

TUTKIMUS VAIHTUVIEN NOPEUSRAJOITUSTEN KÄYTÖSTÄ JA EDELLYTYKSISTÄ JORVAKSENTIELLÄ

2. Vaihe

Nopeusohjauksen periaatteita ja analyysejä nopeus-
rajoituksen ja sään vaikutuksesta liikennevirtaan



TVH Liikennetoimisto
TKK Liikennelaboratorio

08
71E-



86 0530

TUTKIMUS VAIHTUVIEN NOPEUSRAJOITUSTEN KÄYTÖSTÄ JA
EDELLYTYKSISTÄ JORVAKSENTIELLÄ

2. vaihe:

Nopeusohjauksen periaatteita ja analyysyjä nopeus-
rajoituksen ja sään vaikutuksesta liikennevirtaan.



TVH Liikennetoimisto
TKK Liikennelaboratorio

HELSINKI 1984

ISBN-951-46-7205-4

ALKUSANAT

Nopeusrajoitusten sovittaminen oikealla tavalla vallitseviin tie- ja liikenneolosuhteisiin on tärkeätä sekä rajoitusten vaikutusten että noudattamisen kannalta. Kiinteä rajoitus ei ota huomioon liikennemäärän, sään, kelin ja valoisuuden vaihteluita ja se on siten tavallaan kompromissi. Jos rajoitusarvoa voitaisiin vaihtaa automaattisesti tilanteen mukaan, osa ongelmista häviäisi. Vaihtuvan nopeusrajoitusjärjestelmän luominen edellyttää kuitenkin runsaasti tietoja liikenteen käyttäytymisestä toisaalta eri nopeusrajoituksilla, toisaalta muuttuvilla säillä ja keleillä.

Sekä tässä että kesällä 1982 valmistuneessa 1. vaiheen tutkimusraportissa em. kysymyksiä on tarkasteltu Jorvaksentien liikennevirrasta tehtyjen havaintojen perusteella. Tutkimusprojektin tavoitteena on nimenomaan ollut perustietojen keräys ja tutkimusvalmiuden kehittäminen mahdollisia vaihtuvien nopeusrajoitusten kokeiluja varten.

Tutkimus on tehty teknillisen korkeakoulun liikennelaboratoriossa tie- ja vesirakennushallituksen käyttöosaston liikenne-toimiston toimeksiannosta. Liikennelaboratoriossa työn ovat tehneet tekn.lis. Matti Pursula ja tekn.yo. Timo Elolähde. Tie- ja vesirakennushallituksessa yhteyshenkilönä on toiminut dipl.ins. Teuvo Puttonen.

Liikennelaboratorion esimies,
professori

Sulevi Lyly

SISÄLLYSLUETTELO	I
TIIVISTELMÄ	IV
SAMMANDRAG	V
ABSTRACT	VI
KURZFASSUNG	VII
KÄYTETYT MERKINNÄT	VIII
1. JOHDANTO	1
2. AUTOMAATTISEEN OHJAUKSEEN LIITTYVIÄ NÄKÖKOHTIA JA JÄRJESTELMÄESIMERKKEJÄ	2
2.1 Yleistä	2
2.11 Tavoitteet	2
2.12 Ohjaustyyppit	3
2.13 Liikenneturvallisuus	4
2.14 Toteutukseen liittyviä näkökohtia	6
2.2 Liikennevirran käyttäytyminen ruuhka- ja häiriötilanteissa	8
2.21 Häiriöt ja niiden havaitseminen	8
2.22 Liikennevirran tilan kuvaaminen	9
2.221 Liikennevirran peruskuvaaja	9
2.222 Dynaaminen peruskuvaaja	10
2.23 Häiriöiden eteneminen	12
2.3 Hajautettu automaattinen nopeusohjausjärjestelmä	15
2.31 Järjestelmän rakenne	15
2.32 Tietojen keruu	17
2.33 Tietojen arviointi ja käsittely	18
2.34 Liikennetilanteen arviointi	18
2.35 Rajoitusarvojen määrittämisperusteet	22
2.36 Ohjaustietojen välittäminen kuljettajille	23
2.4 Esimerkkejä automaattisista ohjausjärjestelmistä	25
2.41 Länsisaksalaisia nopeusohjausjärjestelmiä	25
2.411 Moottoritien A8 järjestelmä	25
2.412 Moottoritien A7 järjestelmä	26
2.42 Länsisaksalainen ruuhkaohjausjärjestelmä	28
2.43 Liikennekäytävien ohjausjärjestelmät Ranskassa	31
2.44 Hollantilainen moottoritien ohjausjärjestelmä	32
2.45 Hollantilainen ruuhkaohjausjärjestelmä	34

2.46	Tunneleiden ohjausjärjestelmiä	35
2.461	Hollantilainen järjestelmä	35
2.462	Ruotsalainen järjestelmä	36
2.47	Varoittaminen poikkeuksellisista olosuhteista	37
2.471	Sää- ja kelivaroitukset	37
2.472	Englantilainen yhdistettyjen opasteiden järjestelmä	38
2.5	Eri järjestelmien yhdistäminen	41
2.6	Päätelmiä	42
3.	MITTAUKSET SYKSYLLÄ 1982	43
3.1	Mittausten suoritus ja onnistuminen	43
3.2	Perusanalyysien tulokset	44
3.21	Liikennemäärän ja keskinopeuden aikavaihtelut	44
3.22	Liikennevirran peruskuvaajien muodostaminen	48
3.23	Liikennevirran peruskuvaajat	49
4.	ANALYYSIT VUOSIEN 1981-82 AINEISTOISTA	56
4.1	Aineistojen yhdistely	56
4.2	Koko ajoradan peruskuvaajat	59
4.3	Kaistajakaumat	68
4.4	Nopeusjakaumat ja nopeuserot	77
4.41	Nopeusjakaumat	77
4.42	Kaistojen keskinopeuserot	82
4.43	Nopeuden hajonnat kaistoittain	87
4.44	Peräkkäisten ajoneuvojen nopeuserot	92
4.441	Laskentaperiaatteet	92
4.442	Nopeuseron jakaumat	92
4.443	Nopeuseron hajonnat	95
4.5	Aikavälijakaumat ja vaaralliset aikavälit	100
4.51	Aikavälijakaumat	100
4.52	Vaaralliset aikavälit	108
4.521	Laskentaperiaatteet	108
4.522	Vaarallisten aikavälien osuudet	110

5.	LIITTYMÄMITTAUSTEN ANALYYSI	115
5.1	Liittymän ominaisuudet	115
5.2	Sekoittumisalueen teoreettinen tarkastelu	115
5.21	Sekoittumisalueen pituus ja kaistamäärä	115
5.22	Sekoittumisalueen välityskyky	119
5.3	Mittaukset ja tulokset	125
5.31	Mittauksissa esiintyvät poikkileikkaukset ja olosuhteet	125
5.32	Liikennemäärän ja keskinopeuden aikavaihtelut	127
5.33	Liikennevirran peruskuvaajat	127
5.34	Kaistajakaumat	140
5.35	Keskinopeuden riippuvaisuus liikennemäärästä	146
5.4	Tulosten tarkastelu	152
6.	TUTKIMUSMENETELMÄN JA TULOSTEN TARKASTELU	153
6.1	Tutkimusmenetelmä	153
6.11	Laitteisto	153
6.12	Analyysimenetelmät	154
6.2	Tulosten tarkastelu	155
6.21	Nopeusrajoituksen vaikutus liikennevirtaan	155
6.22	Sään ja kelin vaikutus liikennevirtaan	164
6.23	Tapiolan-Otaniemen liittymän toiminta	167
6.24	Liikennevirta Jorvaksentien aamuruuhkassa	169
6.3	Vaihtuvien nopeusrajoitusten käyttöperiaatteita	172
6.4	Mahdolliset jatkotutkimukset	174
7.	YHTEENVETO	175
7.1	Yleistä	175
7.2	Ulkomaisia kokemuksia	175
7.3	Perusaineiston analyysit	176
7.4	Liittymämittaukset	178
7.5	Tulosten tarkastelu	179
	LÄHDELUETTELO	180
	LIITTEET	

Elolähde, T., Pursula, M.:
NOPEUSOHJAUKSEN PERIAATTEITA JA ANALYYSEJÄ NOPEUSRAJOITUKSEN
JA SÄÄN VAIKUTUKSESTA LIIKENNEVIRTAAN.

TIIVISTELMÄ

Tutkimus on toinen vaihe projektissa, jossa selvitetään edellytyksiä vaihtuvien nopeusrajoitusten käytölle Jorvaksentielä. Raportissa käsitellään kirjallisuuden perusteella Euroopassa toteutettuja ohjausjärjestelmiä ja analysoidaan mita-
tuista tiedoista nopeusrajoituksen, sään ja kelin vaikutuksia liikennevirtaan.

Ensimmäiseen vaiheeseen verrattuna uusia tarkasteluja ovat koko ajoradan peruskuvaajien määrittäminen, nopeus- ja aikavälijakaumien tarkastelu sekä nopeuden hajonnan, peräkkäisten ajoneuvojen nopeuseron ja kaistojen keskinopeuden analyysit. Lisäksi on käsitelty vaarallisen lyhyiden aikavälien osuutta tarkastelulla, jossa otetaan huomioon ajoneuvojen aikavälin ohella ajoneuvon pituus, nopeusero, reaktioaika ja kitkakerroin. Myös Tapiolan-Otaniemen liittymän toimintaa on selvitetty mittauksin ja laskelmin.

Eri mittauspisteissä saatuja tuloksia vertailemalla on voitu todeta, että nopeusrajoituksen alentaminen vähentää nopeuden ja nopeuseron hajontaa sekä kaistojen keskinopeuseroja ja vaarallisen lyhyiden aikavälien osuutta. Sen sijaan vaikutusta välityskykyyn ei ole voitu todentaa.

Nopeusrajoitusten muuttamisen vaikutusta eri tienkohdissa ei voida selvittää ilman kokeilua. Tutkimusraportin liitteenä on alustava suunnitelma kokeilun suoritustavasta.

Elolähde, T., Pursula, M.:

PRINCIPER FÖR HASTIGHETSSTYRNING OCH ANALYSER AV HASTIGHETS-
BEGRÄNSNINGENS OCH VÄDRETS INVERKAN PÅ TRAFIKFLÖDET PÅ EN
MOTORVÄG.

SAMMANDRAG

Denna undersökning är den andra fasen i ett projekt, i vilket man forskar förutsättningar för användningen av omställbara hastighetsbegränsningar på Jorvasvägen (Västerleden i Helsingfors). I rapporten behandlas enligt litteraturen styrningssystem som har förverkligats i Europa och analyseras enligt uppmätta data effekter av hastighetsbegränsningen, vädret och föret på trafikflödet.

I analyserna av mätdata beaktas i huvudsak parametrar av trafikflödets fundamentaldiagram för hela körbanan, fördelningar av hastigheter och tidsavstånd samt hastighetsdifferenser mellan successiva fordon, medelhastigheter på olika körfält och standardavvikelser av hastigheter. Även andelen av farliga tidsavstånd har behandlats med metoden, som tar hänsyn till tidsavståndet och längden av fordon samt hastighetsdifferensen mellan successiva fordon, reaktionstid och friktionskoefficienten. En växlingssträcka mellan anslutningar av Hagalund och Otnäs har också forskats med mätningar och teoretiska kalkyler.

Genom att jämföra resultat av olika mätningpunkter har man kunnat konstatera, att standardavvikelser av hastigheter och hastighetsdifferenser mellan successiva fordon samt hastighetskillnader mellan körfält och andelen av farliga tidsavstånd är mindre i mätpunkter med lägre hastighetsbegränsning. Hastighetsbegränsningens möjliga effekt på kapaciteten har man dock inte kunnat konstatera.

De effekt, som förändringen av hastighetsbegränsningar i olika punkter på vägen har på trafikflödet, kan inte förtydligas utan ett experiment. Som en bilaga av rapporten finns därför en förberedande plan för experimentet.

Elolähde, T., Pursula, M.:

PRINCIPLES OF SPEED GUIDANCE AND ANALYSES OF THE EFFECTS OF
SPEED LIMIT AND WEATHER TO THE TRAFFIC FLOW ON A MOTORWAY.

ABSTRACT

This study is the second phase in a project where qualifications for the use of changeable speed limits on the Western motorway of Helsinki are considered. In the report some traffic control systems realized in Europe are examined on the basis of literature and the effects of speed limit, weather and state of the road to the traffic flow are analysed from the measured data.

In the report the parameters of the fundamental diagram of the whole carriageway, the distributions of headways and speeds in addition to the speed differences between successive vehicles, mean speeds on different lanes and standard deviation of speeds are analysed. In addition to these the share of dangerous headways is examined through a method where the headway and speed difference between vehicles, length of vehicles, reaction time and coefficient of friction are taken into account. Also the functioning of the weaving section between the junctions of Tapiola and Otaniemi is examined with measurements and theoretical calculations.

When comparing the results of different measuring points it has been noticed that reducing the speed limit reduces not only the standard deviation of the speeds and the speed differences between successive vehicles but also the speed difference between lanes and share of dangerous headways. By contrast the effect to the traffic capacity could not be verified.

Without experiments it is not possible to confirm the effect of changeable speed limits to the traffic flow at different points on the road. Therefore a preliminary plan of an experiment has been prepared and included into the report.

Elolähde, T., Pursula, M.:

GRUNDSÄTZE DER GESCHWINDIGKEITSSTEUERUNG UND ANALYSEN VON DEM EINFLUSS DER GESCHWINDIGKEITSBESCHRÄNKUNG UND DES WETTERS AUF DEN VERKEHRSFLUSS AUF EINER AUTOBAHN.

KURZFASSUNG

Diese Forschung ist die zweite Phase in einem Projekt, wo die Voraussetzungen für den Gebrauch von wechselnden Geschwindigkeitsbeschränkungen auf dem Westlichen Autobahn von Helsinki geforscht werden. In diesem Bericht werden einige von den im Europa verwirklichten Regelungssystemen auf Grund der Literatur behandelt und die Einwirkungen der Geschwindigkeitsbeschränkung, des Wetters und des Strassenzustands auf den Verkehrsfluss auf Grund der Messungen analysiert.

In dem Bericht werden die Parametern des Fundamentaldiagramms der ganzen Fahrbahn, die Geschwindigkeits- und Zeitlückeverteilungen sowie die Geschwindigkeitsdifferenzen zwischen sukzessive Fahrzeuge, die mittlere Geschwindigkeiten der Fahrspuren und die Abweichungen der Geschwindigkeit analysiert. Dazu wird der Anteil der gefährlichen Zeitlücken mit der Hilfe von der Zeitlücken und Geschwindigkeitsdifferenzen zwischen sukzessive Fahrzeuge, der Länge der Fahrzeuge, der Reaktionszeit und dem Reibungswert behandelt. Auch die Wirksamkeit der Verflechtungsstrecke zwischen den Knotenpunkten von Tapiola und Otaniemi ist mit Messungen und theoretischen Berechnungen geforscht worden.

Durch die Vergleichung der Resultaten in verschiedenen Messungspunkten hat man feststellen können, dass die Senkung der Geschwindigkeitsbeschränkung die Abweichungen von Geschwindigkeiten und Geschwindigkeitsdifferenzen zwischen sukzessive Fahrzeuge sowie die Geschwindigkeitsdifferenzen zwischen Fahrspuren und den Anteil der gefährlichen Zeitlücken reduziert. Dagegen die Einwirkungen auf die Leistungsfähigkeit hat man nicht konstatieren können.

Die Einwirkungen der Geschwindigkeitsveränderungen in verschiedenen Punkten der Strasse können nicht ohne Experiment geforscht werden. Als eine Beilage gibt es darum ein vorläufiges Entwurf für ein solches Experiment.

KÄYTETYT MERKINNÄT

a, b	parametreja, kertoimia
d	liikennetiheys
dkr	kriittinen liikennetiheys
F1, F2	sekoittumattomien virtojen liikennemäärät
k	sekoittumiskerroin
L	sekoittumiskaistan pituus
N	sekoittumisalueella tarvittava kaistamäärä
p(vav)	vaarallisten aikavälien osuus
P1	suhteellinen kaistajakauma $(q_1/q)100$
q	liikennemäärä
q0	rampin tai sekoittumiskaistan liikennemäärä
q1	reunakaistan liikennemäärä
qmax	välityskyky, maksimiliikennemäärä
qtot	koko ajoradan liikennemäärä
Q(sek, kap)	sekoittumiskyky (sekoittuvan liikenteen maksimimäärä)
Q(sek, 25%)	sekoittuvan liikenteen määrä, kun häiriöintensi- siteetti on 25 % maksimiarvosta
Q(tot, kap)	sekoittumisalueen kokonaisvälityskyky
r ²	selitysaste (korrelaatiokertoimen neliö)
s	jarrutusmatka
s(reakt)	reaktioaikana kuljettu matka
s(tarv)	tarvittava turvallinen matkaero edelliseen ajoneuvoon
t	aika, ajanhetki
tbr	bruttoaikaväli (keulasta keulaan)
tn	nettoaikaväli (perästä keulaan)
t(reakt)	reaktioaika
u	shokkiaallon nopeus
v	keskinopeus
vkr	kriittistä tiheyttä vastaava nopeus
vs	nopeuden matkajakauman keskiarvo
vv	vapaa nopeus
vt	nopeuden aikajakauman havaintoarvo
Δv	kaistojen keskinopeusero
Δvt	peräkkäisten ajoneuvojen nopeusero
W1	suuremman sekoittuvan virran liikennemäärä
W2	pienemmän -----"-----"
\wedge	eksponentin merkki (esim. L ² tarkoittaa L potenssiin 2)
δ	keskihajonta (varianssin neliöjuuri)
μ	kitkakerroin

1. JOHDANTO

Nopeusrajoituksilla pyritään ensisijaisesti mahdollisimman hyvään liikenneturvallisuuteen ilman, että nopeuksia tarpeettomasti rajoitetaan. Tielle asetettu kiinteä nopeusrajoitus pysyy muuttumattomana vuodenaajoista, säästä, kelistä ja liikenteen vaihteluista huolimatta. Jotta nopeusrajoitus olisi eri tilanteissa optimaalinen, sitä olisi muutettava olosuhteiden ja liikennetilanteen mukaan./10/

Vaihtuvien nopeusrajoitusten käyttö edellyttää mm., että liikennevirran ominaisuudet tunnetaan eri nopeusrajoituksilla ja eri olosuhteissa. Erityisen tärkeitä ovat vaikutukset välityskykyyn ja turvallisuuteen./10/ Tämän tutkimusprojektin tavoitteena on tällaisen tiedon tuottaminen kirjallisuuden sekä Jorvaksentiellä tehtyjen mittauksen ja niiden analyysien perusteella.

Tutkimuksen edellisessä vaiheessa /10/ estimoitiin Jorvaksentien liikennevirralle kaistakohtaisia peruskuvaajia ja tutkittiin vaarallisten aikavälien osuutta eri olosuhteissa. Lisäksi selvitettiin kirjallisuuden perusteella nopeusrajoituksen ja sään vaikutusta liikennevirtaan./10/

Tässä raportissa on jatkettu nopeusrajoituksen ja sään vaikutusten selvittämistä sekä uusin mittauksin että aikaisemman materiaalin tarkemman analysoinnin pohjalta. Lisäksi on tarkasteltu kirjallisuuden perusteella Euroopassa toteutettuja tai ehdotettuja automaattisia tieliikenteen ohjausjärjestelmiä.

2. AUTOMAATTISEEN OHJAUKSEEN LIITTYVIÄ NÄKÖKOHTIA JA JÄRJESTELMÄESIMERKKEJÄ

2.1 Yleistä

2.11 Tavoitteet

Tieliikenteen automaattisilla ohjausjärjestelmillä voidaan pyrkiä mm. seuraaviin päämääriin /16/:

- (1) tien välityskyvyn nostaminen
- (2) vaarallisten aikavälien osuuden pienentäminen
- (3) nopeuserojen pienentäminen
- (4) onnettomusriskin ja onnettomuuksien vakavuusasteen pienentäminen
- (5) ruuhkien vähentäminen
- (6) tieosalla olevien ajoneuvojen kokonaismatka-ajan ja kokonaisajoneuvokustannusten pienentäminen
- (7) kiihdytysten ja jarrutusten vähentäminen
- (8) ajomukavuuden lisääminen
- (9) ympäristöhaittojen kuten melun ja saasteiden vähentäminen
- (10) käytössä olevan tieverkon optimaalinen käyttö.

Tarve ohjaukseen voi olla mm. seuraavissa tilanteissa:

- (1) tie on erityisen altis säästä johtuville häiriöille, esim. sumu, voimakas sivutuuli, liukkaus
- (2) tie ruuhkautuu helposti ja syntyy pitkiä jonoja ylämäen, ylikuormitetun liittymän tms. takia
- (3) tiellä on yksi tai useampi pitkä tunneli
- (4) tiellä tapahtuu paljon onnettomuuksia ylinopeuksien tai suurten nopeuserojen vuoksi
- (5) liikenneverkko kuormittuu epätasaisesti
- (6) tiellä on pullonkaula jatkuvasti (tien huono kunto tai tekninen taso), toistuvasti (avattava silta) tai tilapäisesti (työmaa)
- (7) tietyömaa vaatii nopeustason laskemista sekä työntekijöiden että ohiajavien turvallisuuden parantamiseksi. Lisäksi on varoitettava suljetuista kaistoista.

2.12 Ohjaustyyppit

Ohjaustyyppit voidaan tässä yhteydessä jaotella esim. seuraavasti /5/:

- (1) nopeusohjaus
- (2) ruuhkaohjaus (jonovaroitus, virran tasoitus)
- (3) kaistaohjaus (kaistan sulkeminen tai varaaminen)
- (4) sää- tai kelivaroitus (sumu, tuuli, liukkaus)
- (5) rampin ohjaus (moottoritielelle pääsevien ajoneuvojen määrän ja/tai tyyppin säännöstely)
- (6) ohjaus vaihtoehtoiselle reitille.

Ohjattava kohde voi olla

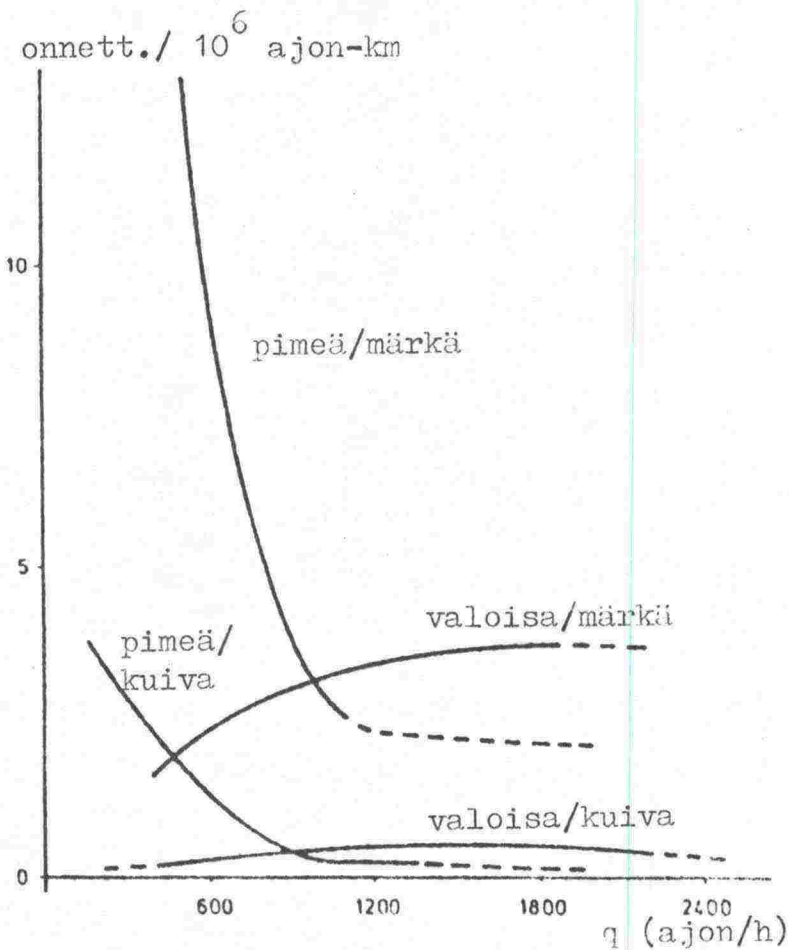
- pistemäinen, esim. liittymä tai sen ramppi, tunneli, jyrkkä nousu, silta
- viivamainen, esim. tieosa tai liikennekäytävä (korridor)
- tieverkko solmuineen ja linkeineen.

Ohjaustyyppeihin (2)...(4) kuuluu yleensä olennaisena osana nopeusohjaus. Liikenteelle ilmoitettava nopeus voi olla joko rajoitus tai suositus. Rajoitusten on noudatettava vahvistettujen nopeusrajoitusmerkkien muotoa, kokoa ja värejä. Suositustaulut voivat olla vapaamuotoisempia, esimerkiksi matriisi-merkkejä.

Lisänä voidaan käyttää muuttuvia opastimia tai liikennemerkkejä tarkempaan perusteluun (esim. sumu, tuuli, onnettomuus) sekä liikennevaloja kaista- ja ramppiohjaukseen.

2.13 Liikenneturvallisuus /16/

Liikenneturvallisuuden parantaminen on ehkä tärkein automaattisen ohjauksen tavoitteista. Säällä ja kelillä on selvä yhteys liikenneturvallisuuteen. Näiden yhteyksien selvittämiseksi tehtiin Saksan liittotasavallassa laaja analyysi 2300 moottoritieonnettomuudesta vuosilta 1972-74. Ympäristöolosuhteet luokiteltiin seuraaviin neljään luokkaan: valoisaa ja kuivaa, valoisaa ja märkää, pimeää ja kuivaa sekä pimeää ja märkää. Mittapuuna käytettiin tuntiliikennemääriä. Tuloksista (kuva 2.1) näkyy, että onnettomuusaste valoisissa ja kuivissa olosuhteissa kasvaa liikennemäärän kasvaessa, mutta tasoittuu keskimääräisillä liikennemäärillä ja niiden yläpuolella. Poikkeuksellisen korkea onnettomuusaste ei ole näissä olosuhteissa todennäköinen pienillä eikä erittäin suurilla liikennemäärillä.



Kuva 2.1. Onnettomuusaste liikennemäärän funktiona. /16/

Yhdistelmällä "pimeä ja kuiva" onnettomuusaste on aluksi korkea pienillä liikennemäärillä. Liikenteen kasvaessa luku pienenee ja menee "valoisan ja kuivan" vastaavien lukujen alle, kun liikenne on yli 1000 ajon/h. Tätä voi ehkä selittää sillä, että pienillä liikennemäärillä autot eivät juurikaan valaise toistensa tietä ja yöllä ajavat ovat väsyneitä. Nämä molemmat johtavat virhearvioihin. Kun liikennetiheys kasvaa, ajajan visuaalista orientoitumista auttaa suuresti hänen näkökentässään oleva suuri autonvalojen määrä.

Märkä tie vaikuttaa liikenneturvallisuuteen kahdella tavalla:

- (1) ohut vesikerros pienentää renkaiden otetta tiestä ja pidentää siten jarrutusmatkaa
- (2) sade huonontaa näkyvyysolosuhteita: kuljettaja näkee huonommin, missä ajaa ja tekee liikennetilanteen virhearviointeja, erityisesti etäisyydestä edellä ajavaan autoon.

Märästä tienpinnasta seuraa sekä päivällä että yöllä noin kymmenkertainen onnettomuusaste verrattuna vastaaviin liikennemääriin kuivissa, mutta muuten samanlaisissa olosuhteissa.

Onnettomuustarkastelujen perusteella erityinen ohjaus on aina tarpeen märällä tiellä, mutta kuivalla kelillä vain, kun yhtäaikaan liikennemäärä on alhainen ja tie on pimeä.

Myös peräänajojen osuus saattaa olla tärkeä tekijä ohjausstrategian kehittämisessä. Se kasvaa lähes lineaarisesti liikennemäärän suhteen. Se on 20-30 % pienillä ja 50 % suurilla liikennemäärillä. Jaottelu ympäristöolosuhteiden mukaan ei vaikuta tulokseen.

2.14 Toteutukseen liittyviä näkökohtia

Opastimiksi kutsutaan tauluja tai merkkejä, joilla annetaan muuttuvia opasteita./9/ Ohjauslaitteistolla varustettu tie-osa on jaettu lyhyempiin osiin, joita kutsutaan tässä ohjausosuuksiksi. Jokaisen ohjausosuuden alussa on opastin tai opastinryhmä. Päinvastoin kuin liikennevaloissa, opastinryhmän opastimet voivat näyttää myös eri opasteita.

Nopeusohjauksessa on otettava huomioon mm. seuraavat seikat /16/,/7/:

- o Liikenteelle ei pidä ilmoittaa nopeusrajoitusta tai -suositusta, joka on olosuhteisiin (sää, keli, näkyvyys, jonot) nähden liian korkea. Näiden tekijöiden luotettava mittaaminen ja havaitseminen ei ole välttämättä helppoa.
- o Nopeusrajoitus tai -suositus ei myöskään saa olla liian alhainen, sillä silloin sen uskottavuus kärsii. Ongelmia tulee erikoisesti silloin, kun jono tai muu häiriö on niin kaukana edessäpäin, ettei autoilija vielä näe sitä, mutta nopeutta on jo kehoitettu pienentämään.
- o Jos järjestelmä menee epäkuntoon, on nopeusopastimet peitettävä, sammutettava tai muulla vastaavalla tavalla poistettava käytöstä taikka saatava näyttämään jonkinlaista yleisrajoitusta.
- o Pääsääntöisesti autoilija on velvollinen valitsemaan nopeutensa niin, että hän hallitsee ajoneuvonsa joka tilanteessa. Tähän ei kuitenkaan voi vedota nopeusohjausjärjestelmiä käytettäessä, sillä jos nopeudesta annetaan ohjeita tai määräyksiä, kuljettajien on voitava luottaa niihin.
- o Nopeussuosituksukset eivät tietenkään saa olla korkeampia kuin tien kiinteät nopeusrajoitukset.
- o Autoilijat pitävät usein rajoituksiakin suosituksina eli enimmäisnopeudesta tulee keskimääräinen nopeus.
- o Nopeusohjaus toteutetaan kiinteissä pisteissä. Se kattaa moottoritieosuuden, jonka pituus on kustannussyistä yleensä useita kilometrejä.

- o Esitettävien rajoitusten on oltava kymmenellä jaollisia, esim. 70, 80, 100 km/h.
- o Nopeusrajoituksia ei pitäisi muuttaa portaissa, jotka ovat suurempia kuin 10 tai 20 km/h.
- o Jos tiellä on monta ohjausosuutta peräkkäin, nopeusrajoitus pitäisi yleensä toistaa tai näyttö asettaa osoittamaan seuraavaa rajoitusta (+/- 10 tai 20 km/h). Jos tien rajoitukset muuttuvat monta kertaa enemmän kuin 20 km/h, niiden uskottavuus ajajien silmissä kärsii, ellei muutosta vastaa muutos liikenneolosuhteissa.

Automaattinen ohjaus edellyttää tietoa liikennetilanteesta. Yleisimmin käytetään induktiivisilmukkaan perustuvia tiedonkeruumenetelmiä. Silmukkaparilla saadaan kerätyksi erilaisia kaistakohtaisia tietoja nopeuksista, liikennemääristä ja -tiheyksistä, aikaväleistä ym. TV-kamerat ja -monitorit antavat ohjauskeskuksen henkilökunnalle yleiskuvan liikenteen tilasta tien eri kohdissa.

2.2 Liikennevirran käyttäytyminen ruuhka- ja häiriötilanteissa

2.21 Häiriöt ja niiden havaitseminen /3/,/11/

Jokin häiriö voi aiheuttaa sen, että liikennevirran tila muuttuu hyvinkin nopeasti. Automaattisen ohjauslaitteiston on pystyttävä reagoimaan siihen nopeasti ja oikein. Kun häiriö havaitaan, se on paikallistettava ja sen jälkeen ryhdyttävä tarpeellisiin toimiin.

Häiriöt jaetaan liikenne- ja ajoneuvohäiriöihin. Liikennehäiriön seurauksena on liikenteen hidastumista, shokkiaaltoja, ruuhkautumista tai jonoja. Yleensä saapuvaa liikennettä on varoitettava häiriöstä. Usein häiriö vaatii ruuhkan purkutoimia. Ajoneuvohäiriöt eivät vaikuta koko liikenteen tilaan, vaan ainoastaan yksittäisiin ajoneuvoihin. Tarvittava apu voi olla polttoaineen täydennys, hinausauto tms.

Häiriöiden havaitsemisjärjestelmää tarvitaan sekä verkon että tieosan ohjauksessa. Jos ohjattavan tieverkon johonkin osaan tulee häiriö, on se otettava huomioon laskettaessa matka-aikoja ja ohjattaessa liikennettä eri reiteille.

Tieosalla häiriönhavaitsemisjärjestelmän tehtävänä on

- estää häiriöt ennakolta paikallistamalla mahdolliset häiriölähteet (jonot, hitaat ajoneuvot) ja varoittaa niistä
- selvittää syntyneet häiriöt mahdollisimman nopeasti liikenteen viivytysten vähentämiseksi sekä pienentää seurannais-
onnettomuuden riskiä
- auttaa yksittäisiä ajajia, jotka ovat häiriön takia joutuneet pulaan.

Häiriöt voidaan luokitella niiden aiheuttaman viipeen perusteella kolmeen luokkaan: merkityksettömiin (viivytys ajoneuvoa kohden alle 2 min), epämiellyttäviin (vast. 2-10 min) ja huomattaviin (vast. yli 10 min).

Ei-automaattiset menetelmät perustuvat näköhavaintoihin. Tieto ohjauskeskukseen saadaan hätäpuhelimella tienkäyttäjiltä tai poliisipartiolta. Liikenteen ohjaaja voi havaita häiriön myös TV-monitoreistaan.

Automaattinen häiriöiden havaitseminen perustuu ilmaisimien keräämien tietojen jatkuvaan analyysiin. Menetelmissä seurataan yleensä liikennetiheyttä tai silmukoiden varattunaoloa aikaa (occupancy). Peräkkäisten ilmaisimien mittaamia tietoja verrataan keskenään. Järjestelmä hälyttää, jos tietyt kriteerit täyttyvät: tiheys tai varattunaoloaika on korkea ja tilanne pahenee ajan tai matkan funktiona.

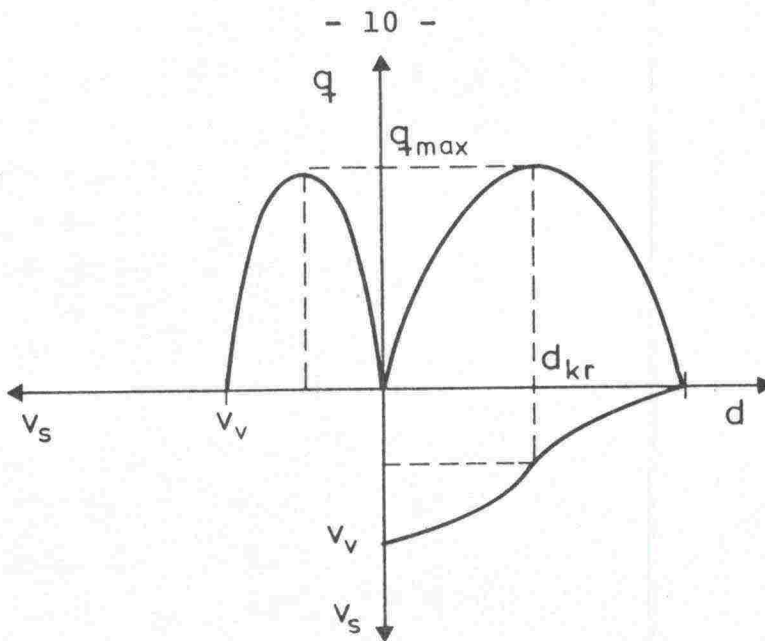
2.22 Liikennevirran tilan kuvaaminen

2.221 Liikennevirran peruskuvaaja /7/

Jotta voitaisiin laatia malli tutkittavan tieosan tai poikkileikkauksen liikenteestä, on kuvattava ko. kohdan liikennevirtaa jollakin tavalla. Tämä voidaan tehdä erilaisilla suureilla: mikroskooppisesti nopeus- ja aikavälijakaumilla ja kaistanvaihtojen määrällä, taikka makroskooppisesti liikennemäärällä ja -tiheydellä, virran keskinopeudella, kaistojen ruuhkautuneisuudella jne.

Liikennevirtaa tietyssä poikkileikkauksessa tai tietyllä tieosalla kuvataan yleensä liikennevirran peruskuvaajalla, joka on graafinen esitys liikennemäärän ja -tiheyden sekä virran keskinopeuden keskinäisestä riippuvaisuudesta (kuva 2.2). Kuten d-v-kuvaajasta ilmenee, tiheyden kasvaessa nopeudet pienenevät. On huomattava, että liikennemäärä on sama kahdella liikennetiheydellä ja siten myös kahdella keskinopeudella.

Jatkuvuusteorialla - se on teoria, joka kuvaa tiheätä liikennevirtaa samalla tavalla kuin virtaavaa ainetta - voidaan kahden poikkileikkauksen liikennemäärien ja -tiheyksien erotuksista laskea, liikkuko jononpää poikkileikkauksien välillä ja jos liikkuu, niin kumpaan suuntaan. Tätä ns. shokkiaaltoa käsitellään tarkemmin kohdassa 2.23.



Kuva 2.2. Liikennevirran perusyhtälön suureiden väliset riippuvaisuudet.

2.222 Dynaaminen peruskuvaaja /7/

Jotta varoitusstrategiaa voidaan arvioida, on välttämätöntä tutkia, miten ilmaisimet (detektorit) rekisteröivät ruuhkan syntymisen, olemassaolon ja purkautumisen. Dynaamisella peruskuvaajalla (kuva 2.3) voidaan havainnollistaa yksittäisissä havaintojaksoissa mitattujen liikenteen tilojen ajallista järjestystä. Satunnaisvaihtelujen tasoittamiseksi ja taustalla olevan ajallisen trendin selventämiseksi otetaan käyttöön liukuva keskiarvonmuodostus.

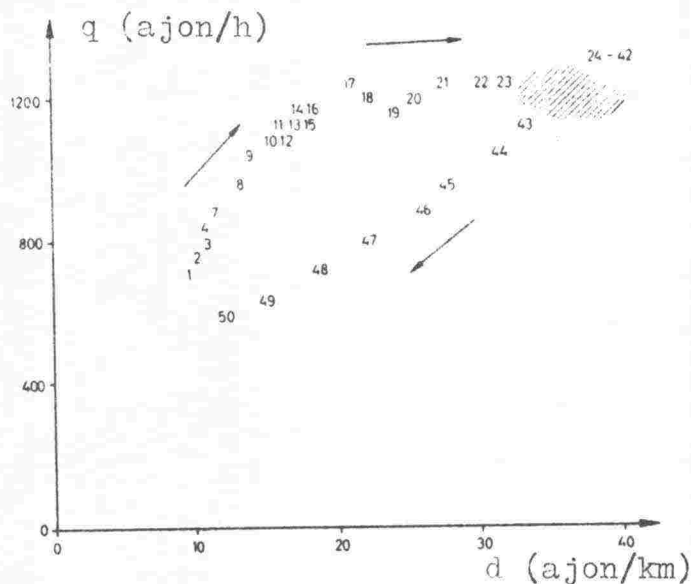
Tutkimukset ovat osoittaneet, että kun ruuhka siirtyy pois tutkittavasta poikkileikkauksesta ja purkautuu jälleen, se näkyy dynaamisessa peruskuvaajassa hystereesikäyrän tapaisena silmukkana. Kuvassa 2.3 on peräkkäiset havaintojaksot numeroitu 1:stä 50:een.

Jaksoissa 1-16 näkyy saapuvan liikenteen määrän kasvu, johon liittyy keskinopeuden pieni aleneminen. Jaksosta 17 alkaen dynaamisen peruskuvaajan muoto määräytyy pullonkaulan ominaisuuksista: siinä saapuvan liikenteen määrä on ylittänyt kapasiteetin. Näin syntyy jono, joka kasvaa vastavirtaan. Jaksot 17-23 osoittavat siirtymistä vapaasta ruuhkautuneeseen liikennevirtaan. Tämä tila jää muuttumattomaksi (jaksot 24-42), kunnes saapuvan liikenteen määrä laskee ja odottava jono alkaa jälleen purkautua (43-50).

Tämän hystereesikäyrän muoto riippuu toisaalta tutkittavan poikkileikkauksen sijainnista pullonkaulaan nähden, mutta toisaalta erittäin voimakkaasti ylävirran liikenteen ominaisuuksista.

Jos todellista liikennevirtaa tarkastellaan dynaamisen peruskuvaaajan muodossa ja seurataan samanaikaisesti, minä ajanhetkinä yksittäiset ohjausportaat otetaan käyttöön, voidaan tutkia, onko ohjausjärjestelmä vaikuttanut liikennevirtaan toivotulla tavalla.

Tätä menetelmää voidaan myös kehittää edelleen joustavaksi on-line-järjestelmäksi. Nykyään voidaan tiedon kaukosierrolla saada liikenteen tila näkymään ohjauskeskuksen kuvaruudulla. Jos vertaa toisaalta kuvaruutua, jossa ohjausstrategia on esitetty, ja toisaalta dynaamista peruskuvaaajaa, jossa ajan mukaan liikkuva piste kuvaa tilanteen kehittymistä, on helppo käsittää, että tämäntyyppinen suuntaus liikennevirran ajantasalla olevaan tarkkailuun kannattaa. Jos ohjaajalla on sen lisäksi mahdollisuus manuaaliohjaukseen, minkä tahansa strategiamuutoksen vaikutukset tulevat selvästi näkyviin.



Kuva 2.3. Liikennevirran dynaaminen peruskuvaaaja./7/

2.23 Häiriöiden eteneminen /7/

Häiriö syntyy äkillisestä liikennevirran tilan muutoksesta. Sen aiheuttajana voi olla esim. äkillinen nopeustason lasku (onnettomuus, pullonkaula) tai äkillinen liikennemäärän kasvu (vilkas liittymä). Liikennevirran tilasta ja muutoksen suuruudesta riippuu, pysyykö häiriö paikallisena vai alkaako se laajentua. Tätä häiriöiden käyttäytymistä tarkastellaan tarkemmin seuraavassa.

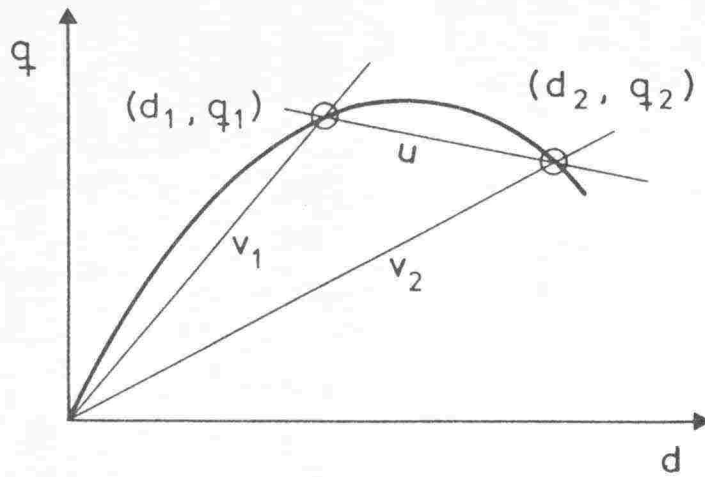
Liikenteen tila poikkileikkauksessa x_i ajanjaksossa t_i on $f(x_i, t_i, q_i, d_i, v_i)$, missä $i=1, 2, \dots, n$. Oletetaan yksinkertaisuuden vuoksi, että yksittäisissä tarkastelujaksoissa liikenne on muuttumaton. Jos tarkasteluhetkellä liikenteen tila on erilainen kahdessa pistessä, on poikkileikausten välillä kohta, jossa tila on muuttunut.

Tilan muutos näkyy aina nopeuden muutoksena ja tässä muutoskohdassa syntyy ns. shokkiaalto. Se voi liikkua joko ajosuuntaan tai sitä vastaan, mutta se voi myös pysyä tiehen nähden paikallaan. Sen sijaan liikennevirtaan nähdenaalto liikkuu aina taaksepäin.

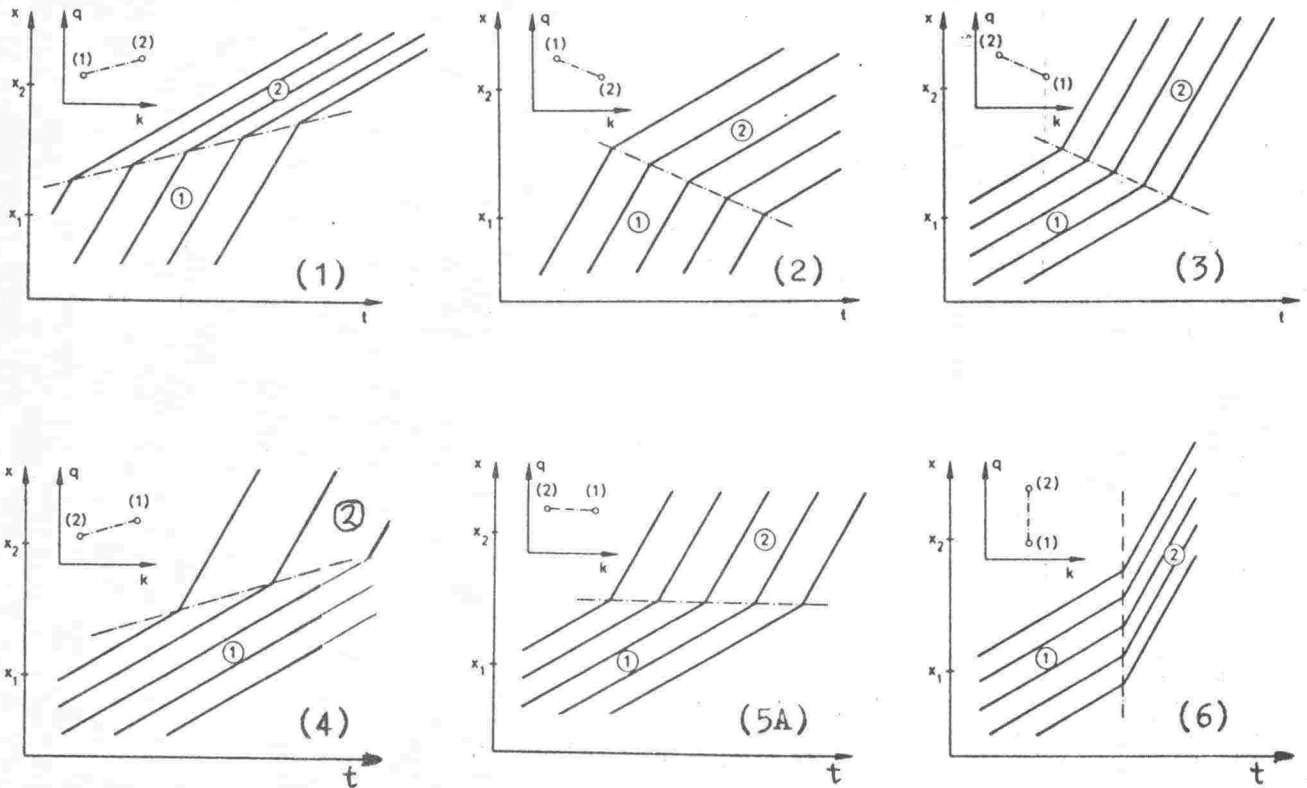
Shokkiaallon nopeus u (tiehen nähden) voidaan laskea jatkuvuusteoriolla tai geometrisen tarkastelun (kuva 2.4) perusteella. Kuvasta näkyy myös, että virran keskinopeus v_s on d - q -koordinaatistossa origosta liikennemääräkäyrälle piirretyyn suoran kulmakerroin, sillä $q = \bar{d}$ vs.

$$u = \frac{q_1 - q_2}{d_1 - d_2}, \text{ kun } t_1 = t_2 \text{ ja } x_1 < x_2 \quad (2.1).$$

Tätä nopeutta voi kuvata graafisesti sekä d - q -koordinaatistossa (viiva, joka yhdistää liikenteen eri tiloja vastaavat pisteet) että matka-aikakäyrällä (kuva 2.5).



Kuva 2.4. Liikennevirran peruskuvaaja.
 u = shokkiaallon nopeus. /7/



Kuva 2.5. Shokkiaaltojen nopeudet eri tapauksissa. /7/

Eri tilanteissa syntyy seuraavanlaisia häiriöitä:

- (1) $d_1 < d_2$ ja $q_1 < q_2$ eli $u > 0$
häiriö siirtyy ajosuuntaan eli myötävirtaan
nopea liikenne saa hitaan kiinni ja jono syntyy
- (2) $d_1 < d_2$ ja $q_1 > q_2$ eli $u < 0$
häiriö (tihentymän takareuna) siirtyy vastavirtaan
nopea liikenne saavuttaa hitaan ja jono syntyy
- (3) $d_1 > d_2$ ja $q_1 < q_2$ eli $u < 0$
häiriö (tihentymän etureuna) siirtyy vastavirtaan
nopea liikenne erkanee hitaasta ja jono purkautuu
- (4) $d_1 > d_2$ ja $q_1 > q_2$ eli $u > 0$
häiriö siirtyy ajosuuntaan
nopea liikenne erkanee hitaasta ja jono purkautuu
- (5) $d_1 \neq d_2$ ja $q_1 = q_2$ eli $u = 0$
häiriö pysyy paikallaan
tapauksessa 5A (kuva) $d_1 > d_2$ ja $v_1 < v_2$
nopeus kasvaa ja tihentymä purkautuu
tapauksessa 5B (ei kuvaa) $d_1 < d_2$ ja $v_1 > v_2$
nopeus pienenee ja tihentymä syntyy
- (6) $d_1 = d_2$ ja $q_1 < q_2$ eli $u \rightarrow -\infty$
nopeudet kasvavat hetkessä koko tieosalla
(kohdan (3) erikoistapaus).

Samankaltaisia erikoistapauksia kuin tapaus (6) saadaan myös kohtien (1), (2) ja (4) tilanteista. Niissä kaikissa nopeus muuttuu hetkessä koko tieosalla joko pienemmäksi tai suuremmaksi, samoin liikennemäärä, mutta tiheys pysyy vakiona.

Esitetyistä tilanteista (6) variaatioineen on lähinnä teoreettinen, sen sijaan muut ovat käytännössä esiintyviä. Tilannetta, jossa nopeusrajoitusta muutetaan, vastaa lähinnä tapaus (5). Tapaus (2) on erityisen vaarallinen, koska siinä nopea liikenne saavuttaa hitaan ja häiriö liikkuu vastavirtaan.

Ohjausjärjestelmillä pyritään pienentämään tässä kohdassa esitettyjen häiriöiden haittoja tai estämään ne kokonaan.

2.3 Hajautettu automaattinen nopeusohjausjärjestelmä

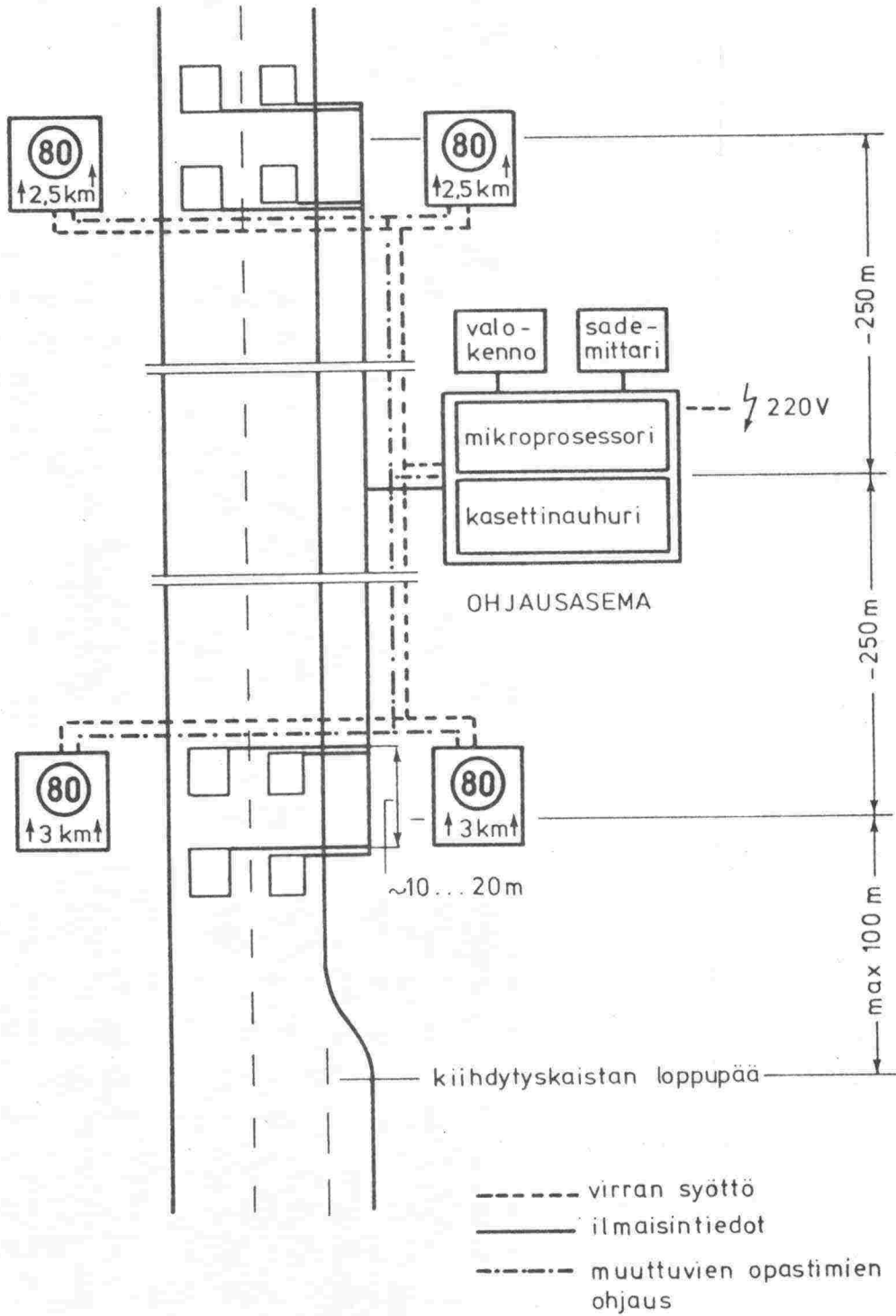
2.31 Järjestelmän rakenne /16/

Yleensä katsotaan, että tieosaa on ohjattava kokonaisuutena ts. peräkkäisiä ohjausosuuksia koskevien opastimien opasteita on koordinoitava ohjauskeskuksesta. Tähän perustuu mm. kohdassa 2.44 esiteltävä hollantilainen MCSS.

Julkaisun /16/ ehdotuksessa on otettu toinen linja. Artikkelin tekijä Zackor on ollut sitä mieltä, että liikennetieto-ohjauksisten nopeusohjausjärjestelmien käyttö laajassa mitassa olisi tähän asti ollut epätyytyttävää johtuen yhteenkytkettyjen järjestelmien melko korkeista investointi- ja valvontakustannuksista. Investointikustannukset taas olisivat korkeat johtuen lähinnä kaapeleiden asennuskustannuksista. Ensiksi mainittujen pienentämiseksi peräkkäisten kommunikointipisteiden yhteenliittämisestä - ja siten yhteenkytketyistä järjestelmistä - olisi luovuttava yksinkertaisemman ratkaisun hyväksi, jos tietyt edellytykset täytetään.

Hän ehdottaa, että tärkeimmille tieosille rakennetaan nopeusohjausjärjestelmiä, joiden periaate on esitetty kuvassa 2.6. Laitteisto mittaa liikennevirtaa ja säätilaa sekä valitsee sopivat rajoitukset. Yksi laitteisto vastaa muutaman kilometrin mittaisesta ohjausosuudesta, joka jää esim. kahden peräkkäisen liittymän väliin.

Olennaista on, että liikenteen tila mitataan yhdestä tai korkeintaan kahdesta paikasta ja että mitattujen tietojen perusteella valitaan nopeusrajoitus koko ohjausosuudelle. Lähtöoletuksena on nimittäin, että tie- ja liikenneolosuhteet ovat samat koko osuudella. Peräkkäisiä ohjausosuuksia ei kytketä toisiinsa, vaan annetaan liikennevirran toimia välittäjänä.



Kuva 2.6. Hajautetun nopeusohjausjärjestelmän rakenne./16/

2.32 Tietojen keruu /16/

Tietoja kerätään liikenteestä ja ympäristöstä ajantasaisesti. Sopivat laitteet mittaavat ajoneuvojen määrän ja nopeudet saadakseen kuvan liikennevirrasta ja ilmoittavat myös märistä tai pimeistä ajo-olosuhteista, koska ne vaikuttavat liikenneturvallisuuteen.

Liikennetietojen kerääjiksi ehdotetaan testattuja ja edullisia induktiivisilmukkailmaisimia. Yksi silmukkapari kaistaa kohti kattaa 10-20 metrin mittaisen moottoritieosuuden. Samaa järjestelyä käytetään 500 metrin päässä toistamaan mitaus. Kaksikaistaisella moottoritien ajoradalla tarvitaan siis kahdeksan silmukkaa tekemään liikennemittauksia. Silmukoiden asennuskaavio on kuvassa 2.6.

On huomattava, että häiriöiden havaitseminen ei onnistu tällä laitteistolla, sillä peräkkäisten ohjausosuuksien silmukkar ryhmät ovat 2-3 km päässä toisistaan, kun välimatkan pitäisi olla suuruusluokkaa 300-500 m./3/

Valoisuuden mittaus rajoittuu yksinkertaiseen jakoon valoisien ja pimeiden olosuhteiden välillä. Tämä mittaus voidaan helposti tehdä valokennolla, johon on yhdistetty hämäräkytkin.

Tien pinta kastuu heti sateen alettua, mutta kuivuu vasta kun tietty aika sateen loppumisesta on kulunut. Tiellä olevan veden määrän luotettava mittaus on vaikeata. Käytettävissä on kuitenkin sademittareita, jotka mittaavat myös heikkoja sateita. Voitaisiin käyttää tämäntyyppistä sademittaria. Tällöin veden poistuminen määritettäisiin tietyn ajan kulumisena sateen päätymisestä.

2.33 Tietojen arviointi ja käsittely /16/

Ajantasaiset tiedot testataan heti mittauspaikan läheisyydessä. Niitä käytetään sitten nopeusrajoituksen määräämiseen kyseiselle osuudelle, mutta niitä ei syötetä kauko-ohjauskeskukseen muista valvontapisteistä tulevan tiedon joukkoon. Tämän tehtävän toteuttava ohjausasema sijoitetaan saman ohjausosuuden mittauspisteiden välisen tieosan puoliväliin eli n. 250 metrin päähän ohjausosuuden alusta. Näin voidaan minimoida tiedonsiirtovirheet ja välttää vahvistuslaitteiden käyttö. Ohjausaseman tärkein osa on mikroprosessori, jolla on mm. seuraavat tehtävät:

- sisääntulevien tietojen järkevyytarkistus, erityisesti verrattuna induktiivisilmukkailmaisimien mittaamiin tietoihin
- lopullisten liikenneparametrien määrääminen
- ympäristöolosuhteiden määrittäminen (valoisuus ja tien pinnan märkyys)
- liikenteelle ilmoitettavien nopeusrajoitusten määrittäminen
- aikaeron laskeminen tai määrittäminen, jotta toistopisteessä (500 metrin päässä) voidaan vaihtaa rajoitus oikealla hetkellä, kun otetaan huomioon edellinen liikenteelle ilmoitettu nopeusrajoitus
- vaihtuvien nopeusmerkkien ohjaus
- muisti, johon talletetaan valittua ja tiivistettyä tietoa liikenteestä, ympäristöolosuhteista ja kulloinkin ilmoitettavista nopeusrajoituksista, jotta voidaan tehdä jatkoanalyysiä ja tarkistaa toiminnallista luotettavuutta.

Tiedot talletetaan magneettinauhakasetille.

2.34 Liikennetilanteen arviointi /16/

Itsenäisen nopeusohjausjärjestelmän on kuvattava ajantasaisesti liikenteen tilaa käyttäen sopivia mitatuista arvoista saatuja tunnuslukuja. Sen on myös määrättävä valittujen kriteereiden mukaan tietty nopeusrajoitus ennustetulle liikennetilanteelle. Lopullisen liikennetilanteen kuvauksessa tarvitaan paljon teoreettisia laskelmia, kun taas nopeudenvaihtostrategiat voidaan suureksi osaksi määrittää empiiristen tutkimusten tuloksena.

Liikennevirta on tilastollinen (stokastinen) ja riippuvainen monista laeista, joita monimutkaisuutensa takia on usein vaikea esittää todennäköisysteorian mallien muodossa. Siksi on usein käytettävä yksinkertaisempia koko liikennevirtaa kuvaavia (deterministisiä) malleja. Sellaiset mallit ovat monissa tapauksissa täysin riittäviä kuvaamaan liikenteen keskimääräistä käyttäytymistä ja niitä pitäisi seuraavassa lähinnä käyttää.

Kun otetaan huomioon, että ehdotettua nopeusohjausta ei voida kohdistaa yksittäisiin ajajiin, vaan suurehkoon ryhmään autoilijoita ja ajoneuvoja, etusijalle olisi asetettava ne suureet, jotka kuvaavat kokonaisen ajoneuvoryhmän käyttäytymistä. Tällaisia suureita ovat liikennemäärä ja -tiheys sekä keskinopeus. Nämä esiintyvät tietyllä todennäköisyydellä ja niiden odotusarvot voidaan esittää suljettuina liikennemäärän ja -tiheyden taikka nopeuden ja tiheyden välisinä funktioina (vertaa kuvaan 2.2).

Mallilla laskettuja arvoja on verrattava todellisiin ja tehtävä tarpeelliset korjaukset. Laskenta-aikajaksojen pituus ja nopeusrajoitusten käytännön porrastus on ratkaistava samanaikaisesti. Seuraavat jaksotussuositukset perustuvat liikennemäärien Poisson-prosessin muotoisten aikasarjojen huomioon ottamiseen ja jaksoihin liittyvien keskinopeuksien variansseihin:

- nopeusjako 10 km/h välein
- laskenta-aikajakson pituus 5 min.

Uusimpiin tutkimuksiin perustuen suositellaan yksinkertaista lyhyen tähtäimen ennustamista, joka saadaan laskemalla liukuva keskiarvo ja liukuva suuntaus (trendi).

Ohjaussuunnitelmassa sekä autojen määrä että nopeus määritetään kullekin kaistalle kahdessa peräkkäisessä pisteessä (joiden välinen etäisyys on n. 500 m) ts. kaksi mittauspistettä kaistaa kohden. Nopeudet mitataan epäsuorasti induktiivisilmukmailmaisimilla ts. lyhyen matkan kulkemiseen tarvittavan

ajan perusteella. Koska nämä arvot määritetään kahdessa peräkkäisessä silmukassa, on mahdollista tehdä tarkistuksia toimintavarmuuden määrittämiseksi.

Jos liikennevirta on vakaa, odotusarvoa kuvaavaa mallitilaa verrataan todelliseen liikenteen tilaan. Näin saadaan seuraavien kaavojen mukaiset liikennemäärän (q), liikennetiheyden (d) ja nopeuden (v) väliset riippuvaisuudet:

$$v(d) = vv - \frac{vv - vkr}{dkr} d = vv - A d \quad (2.2),$$

$$\text{missä } A = \frac{vv - vkr}{dkr} = \text{vakio} .$$

$$q(d) = d v(d) = d (vv - A d) \quad (2.3).$$

Näin voidaan määrittää seuraavat kolme empiiristä vakiota (vertaa kuva 2.7):

- "vapaa" nopeus vv , kun $d = 0$
- maksimiliikennemäärä q_{max} , kun tiheys on dkr
- nopeus vkr , joka vastaa arvoa q_{max} .

Laskelmissa tarvittava liikennetiheys saadaan havaitusta liikennemäärästä ja nopeudesta:

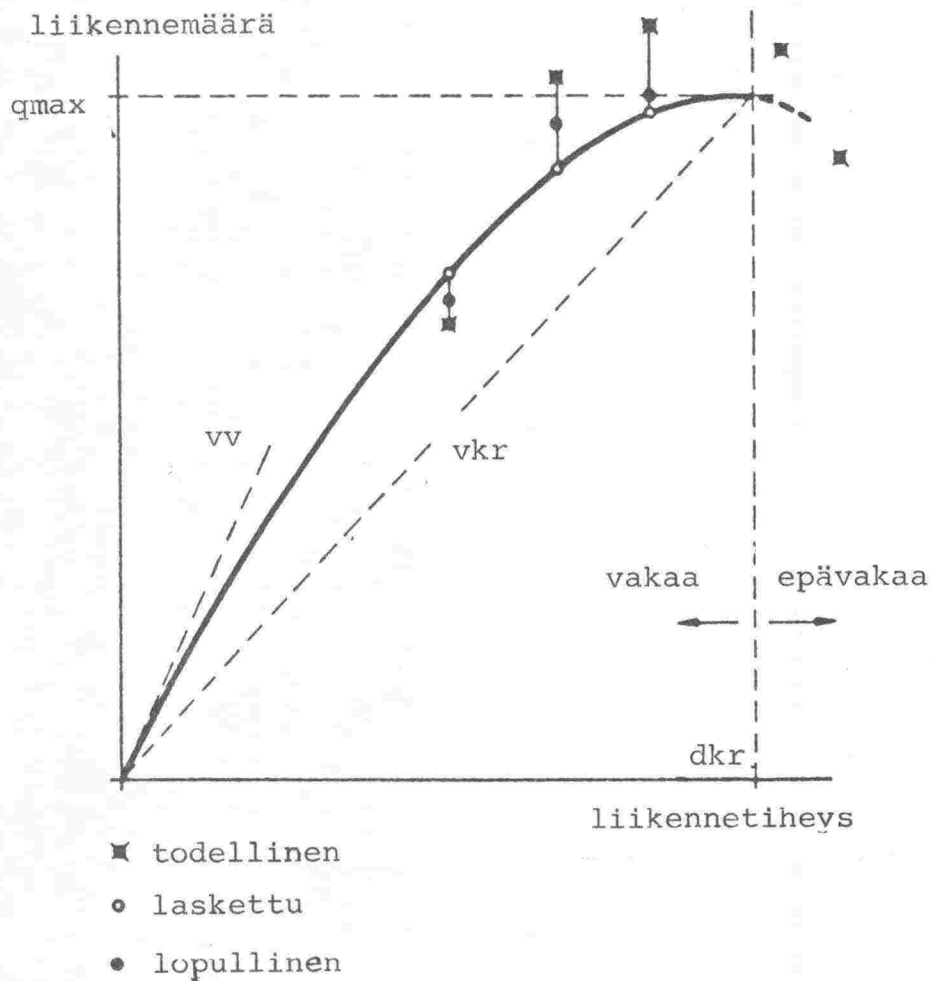
$$d(\text{malli}) = \frac{q(\text{todellinen})}{v(\text{todellinen})} = d(\text{todellinen}) \quad (2.4).$$

Mallin liikennemäärä vakaalla alueella lasketaan määritetyn peruskuvaajan (2.3) mukaan. Epävakaalla alueella ($d(\text{malli})$ on suurempi kuin dkr) ei tilaa lasketa, sillä silloin q on saavuttanut maksiminsa q_{max} eikä malli enää kuvaa tilannetta.

Koska mallin kuvaama pitkäaikaista odotusarvoa ei voi perustaa pelkästään 5 minuutin ennusteeseen, ohjausjärjestelmän parametrit määrätään todellisten ja malliolosuhteiden keskiarvona

$$q(\text{lopullinen}) = (q(\text{todellinen}) + q(\text{malli})) / 2 \quad (2.5).$$

Jos nämä "lopulliset liikennemäärät" ylittävät mallin ennustaman kapasiteetin, $q(\text{lopullinen})$ asetetaan arvoon q_{max} . Esimerkit näiden arvojen määrittämiseksi on esitetty kuvassa 2.7.



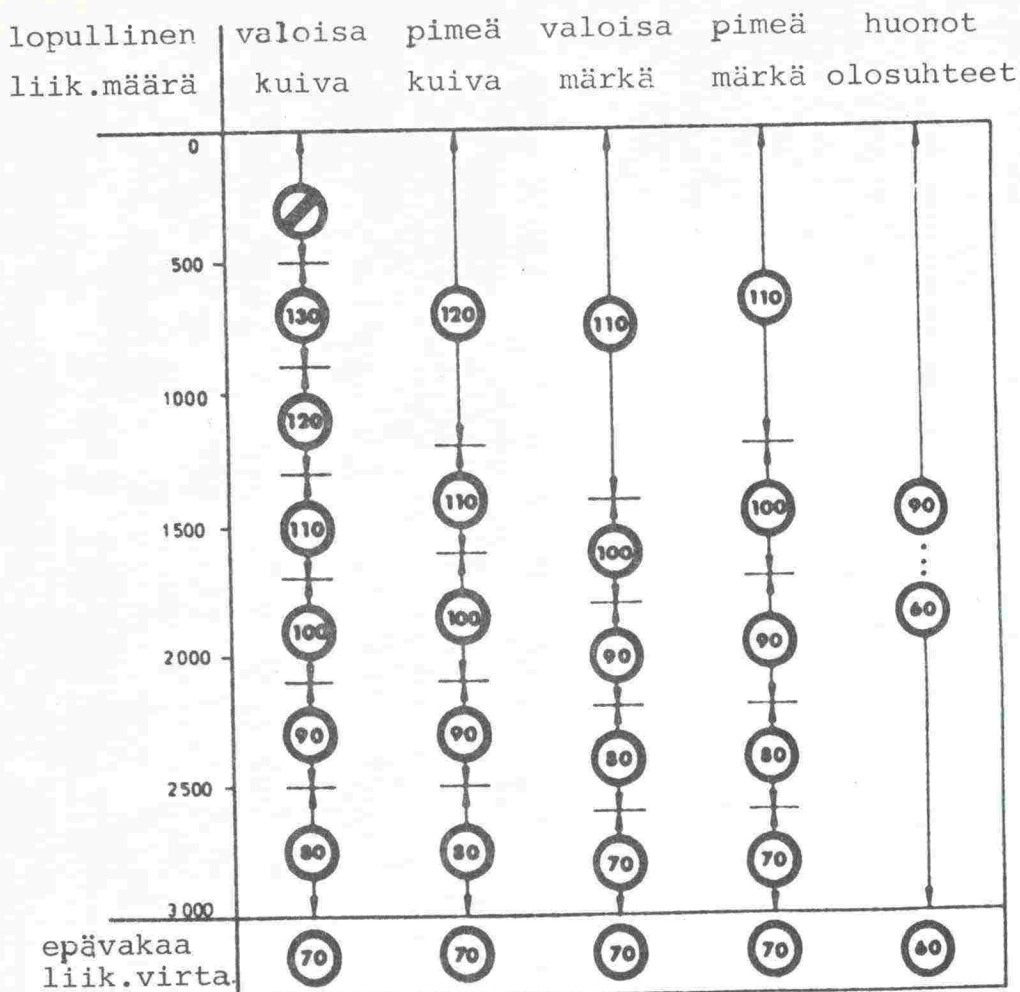
Kuva 2.7. Liikennevirtasuureiden määrittäminen./16/

2.35 Rajoitusarvojen määrittäminen /16/

Nopeusrajoituksen taso määritetään lopullisten parametrien ja ympäristöolosuhteiden funktiona. Jos onnettomuusasteet ovat alhaiset, olisi pyrittävä tasoittamaan nopeuksia. Tässä suhteessa suositellaan, että rajoitusarvona käytetään pyöristettyä lukua, joka saadaan jakamalla q (lopullinen) arvolla d (malli). Kuitenkin, jos onnettomuuden todennäköisyys on suhteellisen suuri, nopeusrajoituksia on alennettava, varsinkin jos ne ovat korkeita.

Vaihtokaavion (kuva 2.8) mukaan nopeusrajoitusta alennetaan valoisaan aikaan ja kuivalla tiellä vain, jos liikennemäärä on suurempi kuin 500 ajon/h. Sen jälkeen rajoitusten vaihteluväli on 130:stä 80 kilometriin tunnissa. Pimeällä ja kuivalla tiellä nopeusrajoitus on 120 km/h jo alhaisilla liikennemäärillä. Kun liikennemäärä kasvaa, pimeyden vaikutus pienenee. Jos tienpinta on märkä, rajoitusten on oltava kaikilla liikennemäärillä alempia kuin kuivissa olosuhteissa eli 70-110 km/h. Vaikeissa olosuhteissa (esim. lumimyrsky, jäinen tienpinta) opastimet asetetaan käsin osoittamaan alempia rajoituksia. Jos liikennevirta on epävakaata, mitä kuvaavat huomattavat vaihtelut ajoneuvojen nopeuksissa, käytetään nopeutta 70 km/h palauttamaan liikennevirta mahdollisimman vakaaksi.

Jos nopeusrajoituksia muutetaan, toistokohdan rajoitusta muutetaan vasta, kun on kulunut keskimääräistä matka-aikaa vastaava ajanjakso.



Kuva 2.8. Nopeusrajoitusten valintakaavio./16/

2.36 Ohjaustietojen välittäminen kuljettajille /16/

Ohjausaseman määräämät luvut on välitettävä ajajalle sopivassa muodossa ts. nopeusopasteiden on oltava yksikäsitteisiä niin, että ajaja ymmärtää ne ja noudattaa niitä. Jotta tähän päästäisiin, nelikaistaisilla moottoriteillä olisi oltava opastimet kummankin ajoradan molemmilla puolilla. Jos ajoradalla on enemmän kuin kaksi kaistaa, jokaisen kaistan yläpuolella olisi oltava opastin. Liittymän jälkeen ensimmäisen ohjauspisteen tulisi olla enintään 100 metrin päässä kiihdytyskaistan lopusta. Opasteet eivät tietenkään saa olla ristiriidassa tien pysyvien nopeusrajoitusten kanssa. Sama rajoitus toistetaan samalla periaatteella noin 500 metrin päässä ensimmäisestä ilmoituksesta (katso kuvan 2.6 periaatekaaviota). Nopeusopastimen yhteydessä käytetään lisäkilpeä, joka ilmoittaa rajoituksen voimassaoloalueen pituuden.

Nopeusrajoituksista ilmoitetaan elektronisesti ohjatuilla värikkäillä matriisimerkeillä. Tällä merkkityypillä on se etu perinteisiin sähkömekaanisesti toimiviin merkkeihin nähden, että se huomataan helpommin ja ajajat reagoivat siihen paremmin.

Jos minimimäärällä ohjauspisteitä halutaan edustava kuva liikennevirrasta, joudutaan automaattisesti nopeusohjaukseen jokaisen liittymis- ja poistumisrampin jälkeen kohdissa, missä liikennemäärä voi äkillisesti vaihdella. Näin otetaan huomioon myös sekoittuva liikenne. Samasta syystä opastimet sijoitetaan huoltoasemien ja levähdysalueiden jälkeen.

Kun etäisyys viimeksi nähdystä nopeusopastimesta (suositus tai rajoitus) kasvaa, autoilija ei todennäköisesti enää noudata sitä, sillä hän ei usko sen pätevyyteen. Edelleen autoilija saattaa unohtaa, mikä opaste oli viimeksi, erikoisesti jos rajoitus on muuttunut usein siihen mennessä. Tämän ongelman ratkaisemiseksi tietyn ohjausosuuden nopeusrajoitus toistetaan noin 500 metrin päässä ja opastimessa myös ilmoitetaan, kuinka pitkällä matkalla rajoitus on voimassa.

Kuinka pitkää ohjausosuutta voidaan hallita kahdella nopeusopastinryhmällä, joista jälkimmäinen toistaa ensimmäisen ilmoittamat nopeudet? Jos olettaa, että ajaja muistaa viimeksi näkemänsä nopeusrajoituksen keskimäärin 2 minuuttia, tämä vastaa 3 kilometrin matkaa nopeudella 90 km/h. Lisäksi on otettava huomioon edellä esitetty vaatimus edustavuudesta. Nämä edellytykset johtavat ohjausosuuden pituuteen 3 km. Tätä arvoa on kuitenkin pidettävä maksimina.

2.4 Esimerkkejä automaattisista ohjausjärjestelmistä

2.41 Länsisaksalaisia nopeusohjausjärjestelmiä

2.411 Moottoritien A8 järjestelmä /10/,/16/

Saksan liittotasavallassa on monta toimivaa järjestelmää. Eräs on moottoritieellä A8 Salzburgista Münchenin suuntaan. Nopeusopastimet on asennettu noin 2 kilometrin välein 30 kilometrin pituiselle osuudelle Weyarnin poistumishaarasta Münchenissä olevaan moottoritien päättymiseen asti. Nopeusopastimet näyttävät nopeuksia 100, 80 ja 60 km/h tai vapaata nopeutta. Nopeudet on porrastettu sekä ajallisesti että paikallisesti, ts. muutos on enintään 20 km/h kerrallaan. Rajoitusta 60 km/h käytetään vain poikkeustapauksissa. Rajoitukset valitaan poliisin ohjauskeskuksesta, jossa voidaan seurata liikenteen tilaa tieosalle sijoitetuilla TV-kameroilla.

Vastaava järjestelmä on asennettu moottoritien A3 13 kilometrin osuudelle Siegburgista Kölniin. Tässä mittauspisteiden väli on noin 1,5 km. Molemmissa projekteissa oli tavoitteena vakauttaa suuri liikennevirta pitkällä tieosuudella, ts. pienentää sen häiriöalttiutta.

A8:n ohjausjärjestelmän vaikutuksista liikenteeseen on tehty yksityiskohtaisia tutkimuksia. Ne ovat johtaneet seuraaviin arvioihin:

- autoilijat pitävät nopeusrajoituksia enemmän nopeussuosituksina kuin maksiminopeuksina, mikä on johtanut keskinopeuden pieneen nousuun
- peräkkäisten ajoneuvojen nopeusero, nopeushajonta ja vaarallisen lyhyiden aikavälien määrä pienenevät, mikä lisää turvallisuutta
- nopeuserojen pienentäminen johtaa yhtenäiseen, tasaiseen liikennevirtaan. Todennäköisyys sen muuttumisesta epävaakaaksi pienenee.
- nopeusrajoitusten porrastus 10 km/h välein on tehokas tapasopeuttaa ohjausjärjestelmä vallitsevaan liikennetilanteeseen.

2.412 Moottoritien A7 järjestelmä /1/

Moottoritiellä A7 on toisenlainen järjestelmä Hannover-Nordin ja Walsroden välillä.

Kyseinen tieosa on pituudeltaan 30 km. Tieosalla on viisi pientä liittymää, mutta molemmissa päissä on suuri haarautumaliittymä. Lähtökohtana oli, että liikennevirta on samanlainen koko tieosalla eli sitä voidaan ohjata niiden tietojen perusteella, jotka saadaan kummassakin suunnassa tieosan alussa olevista mittauspisteistä. Tämä olettamus osoittautui kuitenkin vääräksi. Todettiin, että tieosa kannattaisi jakaa kahteen tai kolmeen ohjausosuuteen.

Moottoritiellä on kaksi kaistaa molempiin suuntiin. Keskimääräinen vuorokausiliikenne on 43 000 ajon/d, mutta viikonloppuisin ja erikoisesti matkailukautena liikennemäärät voivat olla jopa 60 000 ajon/d. Ylikuormituksen takia tielle syntyi helposti jonoja. Onnettomuusluvut olivat keskimääräistä korkeammat.

Laitteiston asennukseen oli käytettävissä vain 1.1 miljoonaa D-markkaa.

Molemmissa ajosunnissa tieosan alussa mitataan induktiivisilmukkailmaisimilla seuraavat tiedot: hetkellinen liikennemäärä, henkilöautojen keskinopeus ja raskaan liikenteen osuus. Mitatut tiedot siirretään Fallingbostelin ohjauskeskukseen keskikaistalla olevaa, maanpinnalle jätettyä kaapelia pitkin. Koska liikenteen tila mitataan vain yhdestä paikasta, laitteisto ei sovi jonovaroitusjärjestelmäksi.

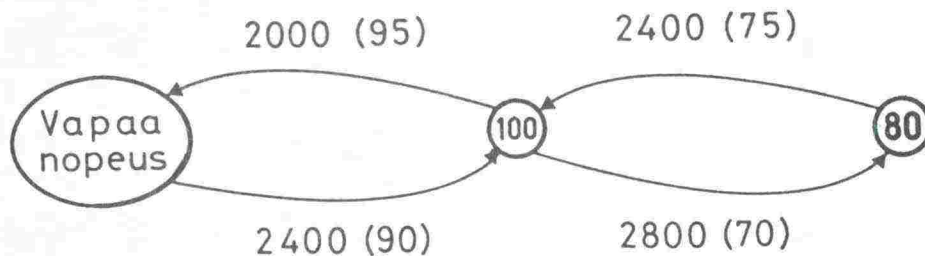
Nopeusrajoitukset välitetään autoilijoille prismamerkeillä, joissa on kolme opastetta: 100 ja 80 km/h sekä "vapaa nopeus". Rajoitus vaihdetaan koko tieosalla samalla hetkellä. Näytettävä opaste valitaan liikennemäärän, keskinopeuden ja raskaiden ajoneuvojen osuuden perusteella. Keskinopeuden perusteella erotetaan toisistaan hiljainen liikenne ja ruuhka, sillä

liikennemäärä voi olla sama molemmissa. Kuvassa 2.9 on esimerkki ohjausmallille annetuista liikennemäärän ja (henkilöautojen) keskinopeuden raja-arvoista. Rajojen määrittämisessä otetaan huomioon raskaiden ajoneuvojen osuus.

Laitteiston toimintaa ja sen vaikutusta liikennevirtaan tutkittiin. Tulokset olivat lyhyesti:

- pienillä ja keskisuurilla liikennemäärillä nopeudet laskivat selvästi nopeusrajoituksen vaikutuksesta
- suurilla liikennemäärillä keskinopeus saattoi myös nousta liikennevirran homogenisoitumisen takia
- nopeusrajoituksen - erikoisesti arvon 100 km/h - vaikutuksesta nopeudet vasemmalla kaistalla pienenevät enemmän kuin oikealla
- nopeusrajoitus pienensi nopeusjakauman variansseja ja nopeushuippuja
- turvallisuus parani
- välityskyky kasvoi.

Todettiin, että valtaosa autoilijoista hyväksyy nopeusrajoituksen laskun arvoon 100 km/h myös silloin, kun se näyttää heidän mielestään perusteettomalta. Sen sijaan rajoituksen laskua arvoon 80 km/h pidettiin liian suurena puuttumisena liikenteen kulkuun.



Kuva 2.9. Esimerkki raja-arvoista, joita ohjausmalli käyttää valittaessa kytkettävää nopeusrajoitusta. Luvut ovat liikennemääriä (ajon/h) ja henkilöautojen keskinopeuksia (km/h, suluissa)./1/

2.42 Länsisaksalainen ruuhkaohjausjärjestelmä /2/,/7/

Moottoritiellä A8 välillä Stuttgart-München on Aichelbergin nousussa Saksan liittotasavallassa toteutettu ruuhkaohjausjärjestelmä. Tieosan alussa on 7 %:n pituuskaltevuus ja 400 metrin kaarresäde.

Nousussa on pullonkaula kahdestakin syystä:

- (1) nousu hidastaa kaikkia autoja
- (2) raskaat kuorma-autot täyttävät oikeanpuoleisen kaistan, jolloin henkilöautot voivat käyttää vain vasenta kaistaa. Näin käy varsinkin, kun raskasta liikennettä on paljon.

Nämä molemmat vaikuttavat siihen, että nousun välityskyky on selvästi alempi kuin vastaantulevan liikenteen ajoradalla. Myös rikkoutuneet autot aiheuttavat ruuhkia, sillä pientareita ei ole.

Jos alueelle saapuu enemmän liikennettä kuin tie pystyy välittämään, syntyy jono, joka vain kasvaa yhä uusien autojen tullessa suurella nopeudella jonoon. Lisäksi peräänajo-onnettomuuksien riski kasvaa. Jono sinänsä voidaan poistaa vain lisäämällä tien välityskykyä esim. ryömimiskaistalla. Tilanne kuitenkin paranee, jos autoilijoita voidaan varoittaa syntyneestä jonosta ja kehottaa heitä vähentämään nopeuttaan. Koska varoituslaitteisto pysyy paikallaan, se voi luonnollisesti täyttää tehtävänsä vain niin kauan kun jono pysyy laitteiston toiminta-alueella.

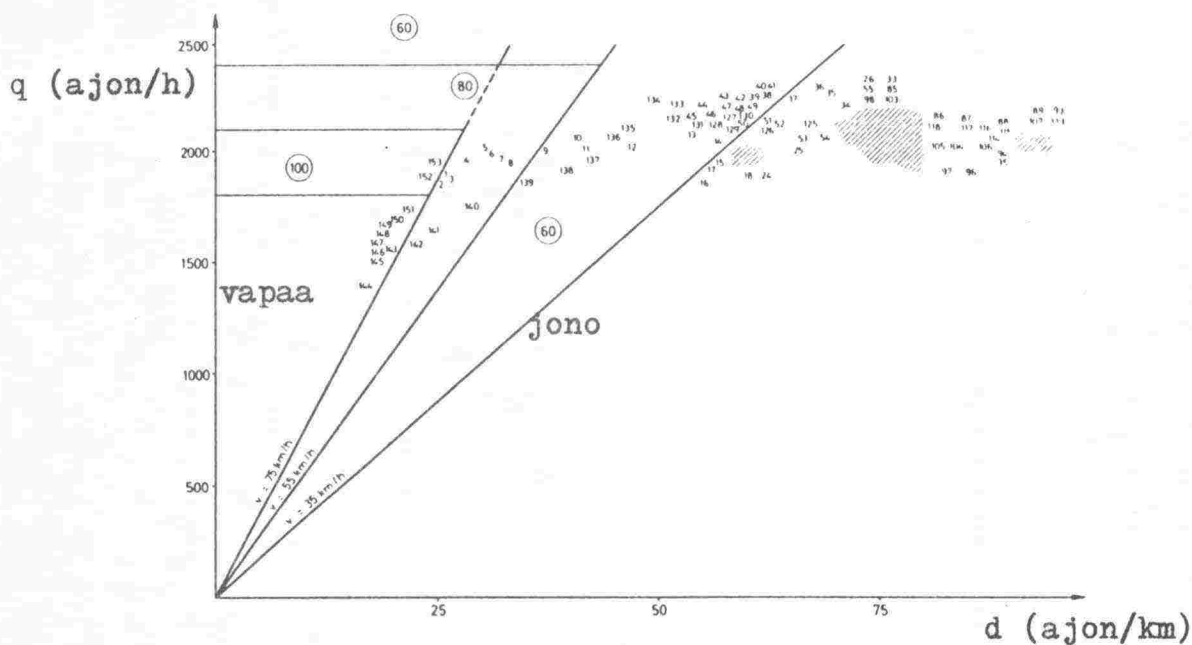
Ennakkovaroituksen edellytys on, että syntynyt ruuhka havaitaan nopeasti ja siitä varoitetaan riittävän aikaisin. Varoitusten on myös muututtava ruuhkan laajuuden mukaisesti. Siksi tie on jaettu peräkkäisiin ohjausosuuksiin.

Liikennettä seurataan 8 kilometrin matkalla kahdessa moottoritien liittymässä ja 15 peräkkäisessä mittauspoikkileikkauksessa, joissa jokaisessa on kaksi induktiivisilmukkaparia.

Mittaustietoina saadaan ajoneuvojen määrä ja lajit sekä odotusajat. Liikenteen tilan arviointiin käytetään paikallisia mittaustietoja, joita verrataan asetettuihin kynnsarvoihin. Arvoihin perustuen tietokone valitsee sopivan rajoituksen. Kuvassa 2.10 on esitetty eräs sellainen varoitusstrategia d-q-koordinaatistossa.

Nopeusopastimet, joiden tarkoituksena on pienentää ruuhkatilanteessa nopeuksien hajontaa, tarjoavat myös mahdollisuuden pitää liikennevirta vakaana mahdollisimman kauan nopeuksia homogeenisomalla. Näin voidaan osuuden todellinen välityskyky käyttää paremmin hyväksi.

Jokaisen 15 ohjausosuuden alussa on portaaleihin kiinnitetty kuituoptiikkaan perustuvat muuteltavat opastimet, jotka voivat näyttää suositeltavia enimmäisnopeuksia 100, 80 ja 60 km/h sekä sanaa "stau" (=jono). Opastimet on koordinoitu niin, että syntyy nopeussuppilo, ts. nopeuserot pienenevät sitä enemmän mitä pitemmälle ajetaan.



Kuva 2.10. Varoitusstrategia esitettynä liikennevirran peruskuvaajalla./7/

Ohjauskeskuksessa on miehitys koko päivän ja laitteistoa voidaan tarvittaessa ohjata manuaalisesti. Sähkökatkoja varten on itsestään käynnistyvä aggregaatti.

Nopeushajonnan pienentämisellä päästään myös siihen, että yksittäisten jonojen esiintyessä voimakkaiden shokkiaaltojen eteneminen jonon päähän estyy. Tämä pitäisi saavuttaa sovitamalla takana tulevan liikenteen nopeus jonon nopeuteen: mallinomaisessa ideaalitapauksessa takaatulevat autot eivät saavuta jonoa. Tällainen jononvarmistus edellyttää, että "vapaastivirtaavat" tienkäyttäjät noudattavat suositeltua enimmäisnopeutta myös silloin, kun he eivät näe nopeustiedotuksen syytä eli edellä ajavaa tiheää jonoa.

Laitteistosta on saatu hyviä kokemuksia. Vuosina 1976-80 onnettomuusaste pieneni 34,4 % , kun se muualla maassa nousi 14,1 %. Laitteiston ansiosta onnettomuusmäärä jäi 415:een. Ennusteen mukaan olisi ilman laitteistoa em. ajanjaksona tapahtunut 173-243 onnettomuutta enemmän. Laitteisto on myös merkittävästi vähentänyt poliisin työtä.

Kuituoptiikkaan perustuvat matriisimerkit osoittautuivat toimintavarmiksi ja helposti luettaviksi, joten autoilijat hyväksyivät ne. Myös tietokone on toiminut häiriöttä. Varalla on pienempi kone, joka ei ole yhtä monipuolinen ja tarvitsee siksi tuekseen manuaalista ohjausta.

Sen sijaan silmukoista tuli alussa ongelmia, sillä niille sahatut urat heikensivät ajoradan betonilaattoja niin, että ne murtuivat. Lisäksi betoniraudoitus heikensi mittaustarkkuutta. Kun betonilaatat korvattiin bitumisilla, päästiin joksikin aikaa korkeaan luotettavuuteen ja toimintavarmuuteen.

Investointikustannukset olivat noin 4,6 milj. DM ja viiden vuoden ylläpitokustannukset noin 1,0 milj. DM. Onnettomuus- ja jonotuskustannuksien laskettiin pienenneen 6,9...13,3 milj. DM eli hyöty-kustannussuhteeksi tuli 1,23...2,38. Lisäksi polttoainetta säästy $80,8...113,5 \text{ m}^3$.

2.43 Liikennekäytävien ohjausjärjestelmät Ranskassa /13/

Ranskassa on viime vuosina toteutettu monen liikennekäytävän (korridorin) ohjaus, mm. moottoriteillä A1 (Lillestä etelään sekä Pariisista pohjoiseen), A6 ja A13 (Pariisista etelään sekä länteen) sekä A7 (Marseillesta pohjoiseen). Niiden kaikkien periaate on jokseenkin sama. Liikenteestä kerätään tietoa ja siirretään ohjauskeskuksen tietokoneelle. Keskuksen työntekijät tekevät päätöksensä saamiensa tietojen mukaan.

Tietoa kerätään sekä induktiivisilmukoilla että TV-kameroilla. Silmukat mittaavat liittymien välillä hetkellisiä liikennemääriä, nopeutta, tiheyttä ja kertymiä sekä saapuvien ramppien hetkellisiä liikennemääriä. Mikroprosessorit käsittelevät silmukoista tulevat tiedot paikallisesti ja lähettävät ne sitten kaapelia pitkin ohjauskeskuksen tietokoneelle, joka esittää ne karttataululla, näyttöpäätteen ruudulla ja kirjoittimen paperilla. Tiedot talletetaan myös magneettinauhalle. Lisäksi liikennettä voi seurata TV-monitoreista.

Mahdolliset keinot ovat:

- tietojen ja ohjeiden anto autoilijoille vaihtuvia opasteita käyttäen
- liittymisramppien liikenteen ohjaus valoilla, suluilla ja muuttuvilla liikennemerkeillä
- liikenteen ohjaus paikassa, jossa on tapahtunut onnettomuus tai muu häiriö. Tieto saadaan paitsi monitoreista myös automaattiselta häiriönhavaitsemisjärjestelmältä.

Joihinkin järjestelmiin kuuluvat lisäksi ajoradan yläpuoliset taulut, joilla voidaan antaa tekstitiedotuksia, sekä tiedonkeruulaitteet, jotta voidaan säädellä nopeuksia ja kaistojen kuormitusta (punainen vinoristi tai vihreä nuoli).

2.44 Hollantilainen moottoritien ohjausjärjestelmä /13/

MCSS (Motorway Control and Signalling System) on kokonainen järjestelmä, joka käsittää kaikki liikenteen hallinnan ja opastuksen muodot reittisuosituksista ajoradan sulkemiseen. Muuttuvat tienviitat, ajoradan yläpuoliset nopeus- ja kaistaopastimet, liikennevalot ja selittävät merkit (lisäykset) antavat ajajille tarvittavaa tietoa. MCSS on täydellinen myös siinä, että se mahdollistaa liikenteen täydellisen valvonnan induktiivisilmukoilla ja liikennetilanteiden keskitetyn arvioinnin. Se tarjoaa myös kokonaisen järjestelmän haitallisten säiden havaitsemiseen.

Kolmanneksi MCSS:n ansiosta ohjauskeskuksesta voidaan tehdä turvallisia liikennemittauksia. Järjestelmän tietokoneelle on vain annettava perustiedot mittauksesta niin se laskee ja tulostaa tarvittavat tiedot. Vuorovaikutuksellinen keskustelu on myös mahdollista.

MCSS:n tärkeä ominaisuus on systeemin suunnittelu, joka perustuu seuraaviin edellytyksiin:

- o Järjestelmä koostuu moduleista (ilmaisimet, paikallisasemat, keskustietokone), jotka voidaan ohjelmoida eri tarkoituksiin. Eri tilanteissa samoja moduleita voidaan käyttää eri tehtäviin (reitinohjaus, jonovaroitus, liikenteen säätely liittymisrampeilla jne) vain vaihtamalla mikrotietokoneen ohjelmia.
- o Tietoliikenne on joustavaa niin, että samaa kaapelia ja linjakuria voidaan käyttää kaikissa sovelluksissa.
- o Luotettavuus ja turvallisuus paranevat, kun käytetään järjestelmää, jossa yhden osan vika ei koskaan johda vaaratilanteisiin. Myös rikkoutumattomien MCSS:n osien on jatkettava mahdollisimman monia toimintoja.

Kunkin kaistan liikennettä mitataan 500 metrin välein olevilla silmukkapareilla. Ilmaisintieto siirretään digitaalisena 300 baudin linjalla paikallisasemiin (outstation). Jokainen paikallisasema käsittelee kolmen peräkkäisen ilmaisinyhmittien tiedot. Paikallisasemat laskevat liikenteen tilan ilmaisinyhmittien välisille osuuksille ja välittävät tietoja keskustietokoneelle. Ne pystyvät ohjaamaan myös itsenäisesti omaa osuuttaan.

Tiedotukset annetaan kuituoptiikkaan perustuvilla muuttuvilla opastimilla, joissa nuolet käskvät vaihtamaan kaistaa ja punaiset vinoristit ilmoittavat suljetuista kaistoista. Käytössä ovat myös vaihtuvat reittiopasteet ja varoitukset liukkaasta tiestä.

Järjestelmästä on kehitetty myös parannettu mutta yksinkertaisempi versio. Se koostuu MCSS:n perusyksiköistä ja voidaan myöhemmin yhdistää täydelliseksi MCSS:ksi. Se on suunniteltu niin haavoittumattomaksi kuin mahdollista laitteiston vikaantumistilanteissa. Siksi kukin paikallisasema ei pelkästään seuraa omia ilmaisimiaan vaan kerää tietoa myös kahdelta seuraavalta ohjausosuudelta kiertämällä niitä ohjaavat mikroprosessorit (paikallisasemat). Siten vika paikallisasemassa ei johda siihen, että edellinen ohjain jäisi ilman tietoa alavirran tilanteesta. Kolmen ohjausosuuden tiedot ohitetaan hienostuneemmin kuin ennen. Muuten järjestelmä on samanlainen kuin ennenkin.

Järjestelmä soveltuu moottori- ja muiden nopeiden väylien pulonkauloihin, jotka eivät ole alueella, jolla tarvittaisiin täydellistä MCSS-järjestelmää.

2.45 Hollantilainen ruuhkaohjausjärjestelmä /13/

Tien jokaisessa mittauspisteessä paikallinen mikroprosessori kerää silmukkapareilla tietoa liikenteen käyttäytymisestä. Mikroprosessori päättää itsenäisesti, mikä on sopiva nopeus liikenteen lähestyä tarkasteltavaa ohjausosuutta.

Tiedot annetaan ajajille muuttuvilla kuituoptiikkamerkeillä. Mikroprosessori ohjaa myös nopeuksia sekä ennen ongelmapaikkaa että sen jälkeen, jotta saataisiin varmistetuksi nopeussuppilo 20 km/h askelin.

Näin kuinka pitkä ketju tahansa, jossa on asemia 500 metrin välein, suojelee saapuvaa liikennettä ruuhkilta tai hitaasti liikkuvilta jonolta käyttämällä nopeussuppiloita.

Kaistakohtainen liikenteen tila luokitellaan nopeuden ja liikennemäärän osalta kolmeen luokkaan. Ilmaisimien luotettavuutta testataan jatkuvasti. Nopeusrajoituksia ei mitenkään perustella, sillä on osoittautunut, että jono sinänsä riittää perusteluksi.

Järjestelmä soveltuu paikkoihin, joissa korkean nopeuden teillä on usein jonoja, jotka kasvavat pitemmiksi kuin kiinteillä merkeillä suojattu osuus. Tällainen tilanne on usein moottoritien pullonkauloissa.

2.46 Tunneleiden ohjausjärjestelmiä

2.461 Hollantilainen järjestelmä /13/

Moottoritiellä A16 Rotterdamista Bredaan Hollannissa on Drecht-tunnelin alueelle rakennettu ohjaus- ja varoitusjärjestelmä. Tunneliryhmässä on neljä tunnelia ja jokaisessa kaksi kaistaa eli yhteensä neljä kaistaa ajosuuntaa kohden. Sekä itse tunnelit että tiet niiden molemmissa päissä on varustettu induktiivisilmukkailmaisimilla ja muuttuvilla matriisimerkeillä. Lisäksi koko tunnelialue on katettu TV-kameraverkolla.

Järjestelmän tarkoituksena on

- o Varoittaa lähestyvää liikennettä jonoista ja onnettomuuksista. Tämä tapahtuu käyttämällä asteittain alenevia nopeusosituksia.
- o Tarjota kaistaohjausjärjestelmä, jotta kunnossapito olisi helpompaa ja vähemmän aikaa vievää.
- o Estää liian korkeita kuorma-autoja ajamasta tunneleihin.

Lisäksi on mahdollista sulkea yksi tunneli esim. onnettomuustapauksissa ja ohjata hälytysajoneuvot sisään vastakkaisesta päästä.

Induktiivisilmukoiden keräämistä tiedoista saadaan paikallisesti ajoneuvojen nopeudet ja liikennemäärät sekä varoitukset hyvin hitaista ajoneuvoista. Nopeudet ja liikennemäärät luokitellaan kaistoittain 3x3 -taulukoksi. Keskuslaitteisto yhdistää paikalliset tiedot ja määrää tarvittaessa nopeusrajoituksen. Jos havaitaan hyvin hidastunut ajoneuvo, liikenteen ohjaaja saa siitä ilmoituksen ja TV-kamera kytkeytyy kuvaamaan havaintopaikkaa.

Jokaisen ajokaistan yläpuolella on matriisimerkki, joka voi näyttää nopeuksia 30, 50, 70 ja 90 km/h, punaista vinoristiä taikka opastetta "kaikki rajoitukset kumottu". Alenevia nopeusrajoituksia tehostetaan keltaisella vilkkuvalolla. Lisäksi ennen tunneleiden sisäänajoja on normaalit liikennevalot.

Muuttuvia opastimia ohjataan kaapeleilla. Tiedot ilmaisimista ja korkeusvaroitukset kulkevat toista kaapeliverkkoa pitkin.

2.462 Ruotsalainen järjestelmä /13/

Hieman toisenlainen järjestelmä on Tingstadin tunneleissa ja niihin liittyvässä E6-korridorissa Göteborgissa. Siellä on toteutettu kaista- ja nopeusohjaus, jossa käytetään muuttuvia liikennemerkkejä ja tunneleissa kolmivärisiä liikennevaloja. Liikenteen tilaa seurataan käyttäen suljettua TV-järjestelmää. Käytössä on myös puhelinkioskeja. Valoja ja merkkejä ohjataan manuaalisesti ohjauskeskuksesta. Tunneleissa on myös hiili-monoksidi-ilmaisimet. Vakavan häiriön tai kunnossapitotyön takia toinen tunneleista voidaan sulkea ja muuttaa jäljelläolevassa tunnelissa liikenteen suuntaa yhdellä tai useammalla kaistalla.

Suunnitteilla on järjestelmä, joka kattaa 9 kilometrin osuuden moottoritietä E6 tunnelista etelään. Osuus varustetaan automaattisella häiriönhavaitsemisjärjestelmällä (AID), joka saa muuttuvat opastimet varoittamaan autoilijoita, jotka lähestyvät moottoritien kuormitettua osaa. Lisäksi asennetaan opastimet, jotka ohjaavat liikennettä rinnakkaistielle.

2.47 Varoittaminen poikkeuksellisista olosuhteista

2.471 Sää- ja kelivaroitukset

Periaatteellisia sää- ja kelivaroitusjärjestelmien käyttökohteita ovat tienkohdat, joissa esiintyy paikallisia, vaaralliseksi todettuja olosuhteita. Näitä ovat voimakkaat tuulet, heikko näkyvyys ja tienpinnalle kerääntyvä vesi sekä yleensä tienpinnan liukkaus. Luonnollisesti sää- ja kelivaroitukset voivat myös olla osa yleistä ohjaus- ja varoitusjärjestelmää.
/11/

Yleisimmät automaattiset säävaroitukset koskevat sumua. Mm. Saksan Liittotasavallassa on toiminnassa automaattisia järjestelmiä, joissa kuljettajia varoitetaan paikallisesta sumusta. Varoitus perustuu näkyvyyden mittaamiseen. Kun näkyvyys laskee alle 150 metrin, alkaa järjestelmä toimia. Varoitus annetaan muuttuvalla liikennemerkillä "muu vaara" ja lisäkilvellä "sumua". Lisäksi käytetään vilkkuvia keltaisia valoja, joilla ilmoitetaan merkin muuttumisesta. Merkki on kytkettynä niin kauan kuin sumua on, mutta kuitenkin vähintään viisi minuuttia./11/

Hollannissa on tuulivaroitusjärjestelmä, joka mittaa tuulta jatkuvasti ja päättää, onko liikennettä syytä varoittaa kuvala, jossa auto on poikennut kaistaltaan. Niin kauan kun vaara jatkuu, saapuvalla liikenteelle näytetään nopeussuositusta ja varoitusvilkkua sekä pysyvää tuulivaroitusliikennemerkkiä. Vaarallisen osuuden lopussa on pysyvä merkki "nopeusrajoitus päätty"./13/

2.472 Englantilainen yhdistettyjen opasteiden järjestelmä /12/

Bedfordshiressä moottoritiellä M1 on kokeiltu järjestelmää, jossa tiedotukset välitetään valomatriisimerkeillä.

Lähtökohtana oli, että moottoriteilläkin on turvallisuusongelmia huolimatta eritasoliittymistä, keskikaistan kaiteista ja tievalaistuksesta. Ongelmien pienentämiseksi on mm. käytetty opastimia, joilla osoitetaan nopeusrajoitusta tai ilmoitetaan suljetusta kaistasta. On kuitenkin todettu, että ensisimainitut opastimet eivät riitä: autoilijat eivät noudata nopeusrajoituksia, koska he eivät näe syytä niiden asettamiseen ennenkuin he ovat jo liian lähellä häiriökohtaa.

Niinpä kehitettiin uudenlainen valomatriisimerkki, jossa on kolme osaa: ylimmäisessä ilmoitetaan nopeusrajoitus tai varoitetaan suljetusta kaistasta, keskimmäisessä on jokin 12:sta varoitusmerkistä ja alimmaisessa etäisyys häiriökohtaan mailleissa. Varoitusmerkit on esitetty kuvassa 2.11.

Laitteistoa testattiin 19 kilometrin tieosalla, joka jää Lontoon ja Birminghamin välisen moottoritien M1 liittymien 10 ja 13 väliin. Tiellä on kolme kaistaa molempiin suuntiin. Ajosuunnassa pohjoiseen liittymävälillä 10...11 (eteläpäässä) liikennemäärä on 38 000 ajon/d ja välillä 12...13 (pohjoispää) vastaavasti 32 000 ajon/d. Kevyiden autojen (ha ja pa) keskinopeus on noin 105 km/h ja raskaiden noin 90 km/h. Raskaan liikenteen osuus on arkisin 20...30 %, lauantaisin 12 % ja sunnuntaisin 6 %.

Tieosalla oli 10 kohdassa nopeusohjaustaulut. 400 metriä jokaisen taulun jälkeen oli mittauspiste, jossa mikroprosessori seurasi kolmea silmukkaparia (yksi pari/kaista) ja laski tiedoista kunkin ajoneuvon nopeuden ja pituuden sekä talletti nämä tiedot ajoneuvon saapumisajan ja kaistan lisäksi magneettinauhalle. Ajoneuvojen pituuksista ja saapumisajoista voitiin laskea aikavälit. Ajoneuvot luokiteltiin pituuden mukaan yli ja alle 5-metrisiin.

Merkkejä ohjattiin poliisin ohjauskeskuksesta. Jos jotakin opastetta tarvittiin, poliisi syötti tietokoneelle häiriön laadun ja myös paikan, jos oli kysymys paikallisesta häiriöstä, esim. onnettomuudesta. Ohjelma laski etäisyydet opastimista häiriökohtaan.

Opastinten vaikutusta verrattiin tilanteisiin, joissa liikenteelle ilmoitettiin vain nopeusrajoitus. Vertailu tehtiin samanlaisista olosuhteista (rajoitus, valaistus, aika, raskaan liikenteen osuus) ja vain hyvällä säällä (selkeä, kuiva). Katsottiin nimittäin, että muunlaisella säällä ei ole kahta samanlaista tilannetta: vesisateetkin ovat erilaisia lumisateista, liukkaudesta yms. puhumattakaan.



Kuva 2.11. Englantilaisessa järjestelmässä käytettävät varoitusmerkit./12/

Yleisimmillä nopeusrajoituksilla 40 ja 50 mph kevyet autot hidastivat nopeuttaan 5.9 % eli arvosta 111 arvoon 105 km/h, kun käytettiin tavallisia nopeusrajoituksia. Näin tapahtui silloin, kun muut syyt (esim. ruuhka, sumu) eivät vaikuttaneet nopeuksiin. Jos rajoitus oli sama, mutta ilmoitettiin syy siihen, nopeudet laskivat 9.3 % eli arvosta 111 arvoon 100 km/h. Näin kävi kaikilla muilla opasteilla paitsi varoitettaessa tietyöstä.

Kun käytettiin tavallisia merkkejä ja yleisintä rajoitusta 50 mph, 11 % autoilijoista noudatti ohjetta ja 40 prosentin ylinopeus oli alle 16 km/h. Kokeiltavilla merkeillä vastaavat luvut olivat 17.5 ja 52.5 %.

Rajoitusten vaikutuksesta autoilijat siirtyivät sisimmältä kaistalta reunakaistalle päin.

Laitteiston suurin hyöty oli onnettomuuksien väheneminen. Lisäksi se vaikutti autoilijoiden käyttäytymiseen niin, että he ovat varovaisempia ja siten vähemmän alttiita onnettomuuksille.

Arvioitiin, että laitteiston asennus maksaa 5000 puntaa/km ja käyttökustannukset ovat 500 puntaa vuodessa. Asennus kannattaa, jos laitteistolla voidaan välttää yksi onnettomuus vuodessa 20 kilometriä kohden.

2.5 Eri järjestelmien yhdistäminen /13/

Kuten edellisen kohdan 2.4 esimerkeistä ilmenee, käytössä on jo monenlaisia järjestelmiä. Maissa, joissa ohjausjärjestelmien toteutus on pitemmällä kuin Suomessa, ollaan yleisesti sitä mieltä, että olisi luotava yhdistettyjä liikenteenohjausjärjestelmiä, joissa kaikki osat olisivat yhteensopivia.

Tarve yhdistää olemassaolevat ja suunnitellut ohjausjärjestelmät taloudellisesti käyttökelpoisiksi yleisjärjestelmiksi on johtanut seuraaviin tutkimuksen pääalueisiin:

- yksittäisten järjestelmien yhteensopivuus ja joustavuus
- autoilijoiden antama hyväksyntä
- yksittäisten ja yleisjärjestelmien taloudellinen tehokkuus
- mahdollisuudet integrointiin
- mahdollisuus paikalliskeskusten yhteistoimintaan
- laajamittainen tietojen vaihto
- itsenäisten ohjausjärjestelmäelementtien optimointi.

Nämä tutkimusalueet eivät ole toisistaan riippumattomia. Yleinen mielipide kuitenkin on, että olisi pikaisesti tarpeen koordinoida erilaisia olemassaolevia liikenteen ohjausjärjestelmiä sekä testi- tai suunnitteluvaiheessa olevia järjestelmiä siten, että niiden osia voidaan käyttää eri tarkoituksiin. Jatkotutkimuksen tarkoituksena voisi myös olla työstää esitetyistä kokoelmasta järjestelmiä yhtenäisen laitesarja, jota tarjottaisiin markkinoille.

2.6 Päätelmiä

Ohjausjärjestelmä ei yleensä lisää tien välityskykyä, mutta liikennevirran tasaantuminen (nopeuserojen pieneneminen, nopeuden hajonnan ja lyhyiden aikavälien osuuden lasku jne.) vähentää ruuhkautumisherkkyyttä ja parantaa siten olemassa-olevan kapasiteetin hyväksikäyttöä (käyttösuhdetta) ja liikenneturvallisuutta.

Liikenneturvallisuuden paranemista ei kuitenkaan yleensä pystytä ennustamaan, ts. etukäteen ei voida sanoa, paljonko onnettomuudet vähenevät ohjauslaitteiston ansiosta. Syynä tähän on, että tarvittavia perustietoja ei aina ole käytettävissä. Järjestelmien vaikutukset näkyvätkin selvemmin välillisesti: virran homogenisoitumisena, vaarallisten aikavälien osuuden pienenemisenä jne.

Järjestelmät valitsevat asetettavan rajoituksen tiettyjen ehtojen vallitessa. Yleensä päätöstauluissa käytetään kriteereinä mitatun liikennemäärän ja olosuhteiden yhdistelmiä. Nopeusrajoitusten sopiva porrastus lienee 10 km/h. Muita yleisohjeita ei juuri voi antaa, vaan kunkin järjestelmän toteutuksessa on otettava huomioon paikalliset olosuhteet.

Suomessa ongelmat ovat sekä paikallisesti että ajallisesti rajoitettuja. Siksi useimmiten kysymykseen tulevat vain paikalliset järjestelmät, lähinnä sää- ja kelivaroitukset sekä nopeusohjausjärjestelmät esimerkiksi koulujen kohdalla. Laajoja keskitettyjä järjestelmiä ei yleensä tarvita. Joillakin ruuhkautuvilla, pitkilläkin tiejaksoilla saattaa olla tarvetta hajautetun nopeusohjausjärjestelmän käyttöön.

Nimenomaan Jorvaksentiellä ruuhkat ovat kuitenkin niin suuret ja liittymävälit niin lyhyet, että keskitetty järjestelmä lienee ainoa mahdollisuus. Tätä puoltaa sekin, että nopeusohjauksen ja ruuhkavaroituksen lisäksi on ilmeisesti tarvetta häiriöiden havaitsemiseen sekä ramppiliikenteen tarkkailuun ja mahdollisesti myös ohjaukseen.

3. MITTAUKSET SYKSYLLÄ 1982

3.1 Mittausten suoritus ja onnistuminen

Tutkimuksen ensimmäisessä vaiheessa jäi puuttumaan suurin osa pimeään syksyn sademittauksista. Muista olosuhteista saatiin täydellinen sarja eli kolme mittauspistettä molempiin suuntiin. Tosin erilaisia lumi- ja räntäsateita ei voi verrata keskenään./10/

Toisessa vaiheessa tehtiin syksyn sateilla lisämittauksia Karhusaaren ja Suvikummun (Päiväkumpu) iltaruuhkassa. Karhusaarella mitattiin myös aamuruuhkaa 14.1.1983, mutta mittaus epäonnistui, koska ohituskaistalta ei saatu havaintoja ilmaisivian takia. Suomenojalla ei enää mitattu, sillä liikennemäärät osoittautuivat sen verran pieniksi, että ruuhkaa ei esiintynyt /10/.

Mittaukset tehtiin liikenneanalyysoija Jari I:llä käyttäen Prodatan ilmaisinvahvistimia. Mittausperiaatteet olivat samat kuin 1. vaiheessa (julkaisun /10/ kohdat 6.1...6.3). Viimeiset mittaukset olivat vasta tammikuun 1983 alussa. Silloin ei vielä ollut lunta, joten mittausten tuloksia voidaan käyttää luokassa "sateeton, pimeä".

Taulukossa 3.1 on esitetty ajoneuvomäärät eri pisteiden ja eri olosuhteiden mittauksissa. Sulkuihin on merkitty päivämittaus Karhusaarella.

Taulukko 3.1. Ajoneuvomäärät eri pisteiden ja olosuhteiden lisämittauksissa (2. vaihe).

olosuhteet	! Suvikumpu !		! Karhusaari !	
	! Hkiin	! Jorv.	! Hkiin	! Jorv.
sateeton, valoisa	! -	! 3102	! (4783)	! -
vesisade, ---"---	! 5469	! -	! -	! -
sateeton, pimeä	! 9274	! -	! 9952	! -
vesisade, --"--	! -	! 7380	! -	! 6214

Karhusaaren ja Suomenojan välisestä mittauspisteestä on käytetty sen oikeata nimeä Suvikumpu aikaisemman (1. vaihe) "Päiväkumpu" asemesta.

Lisämittauksiin kuului myös muutama aamumittaus Tapiolan ja Otaniemen liittymien välisellä sekoittumisalueella. Edustettuina olivat seuraavat olosuhteet: valoisa sateeton, valoisa vesisade ja pimeä sateeton. Pimeää syyssadetta sen sijaan ei saatu mitattua liittymässä.

Liittymämittausten suoritusta, onnistumista ja tuloksia käsitellään luvussa 5.

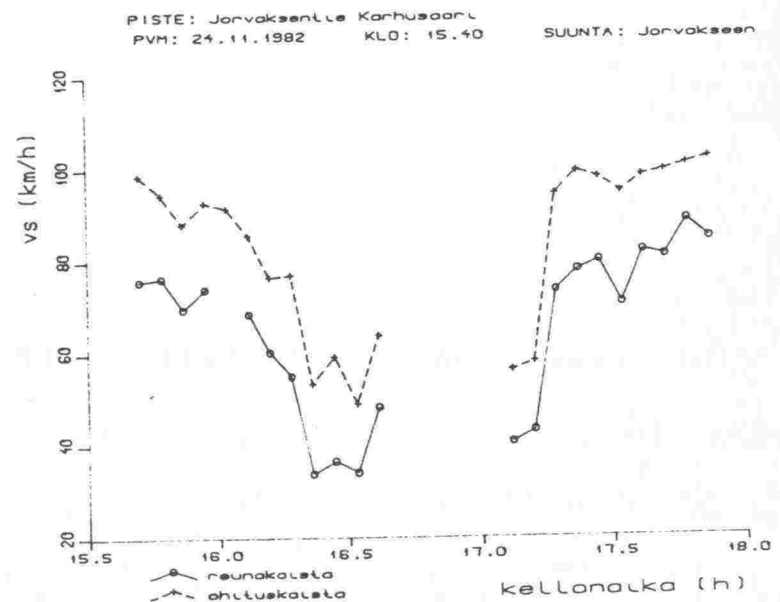
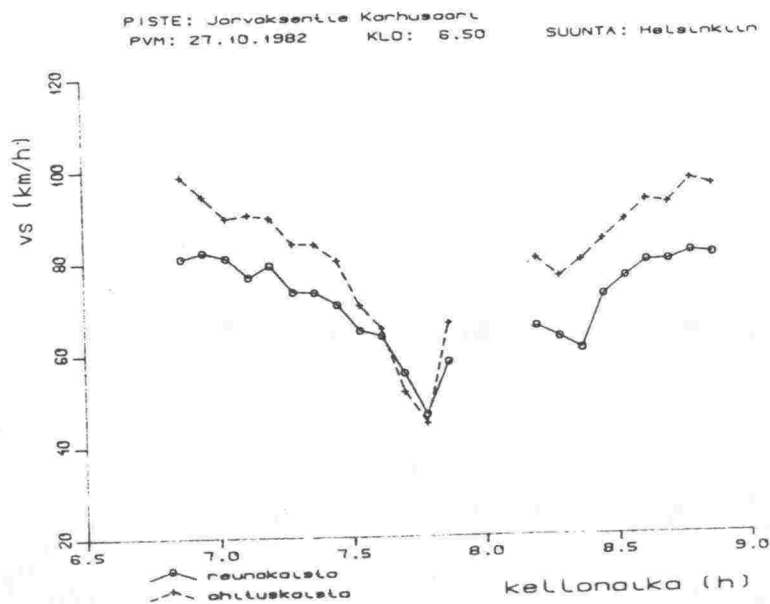
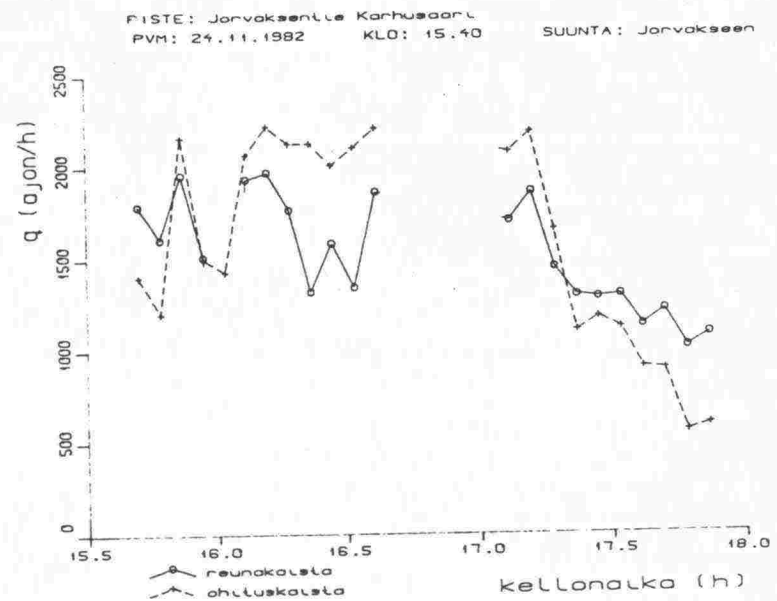
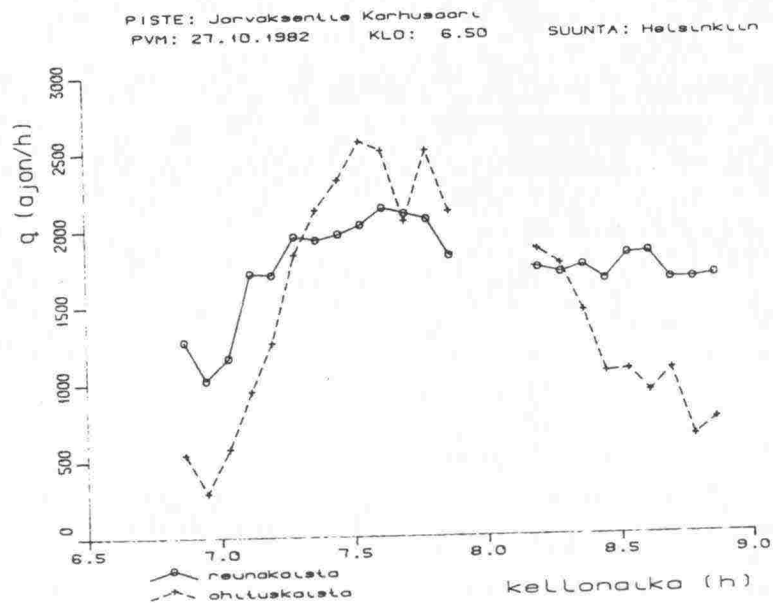
3.2 Perusanalyysien tulokset

3.21 Liikennemäärän ja keskinopeuden aikavaihtelut

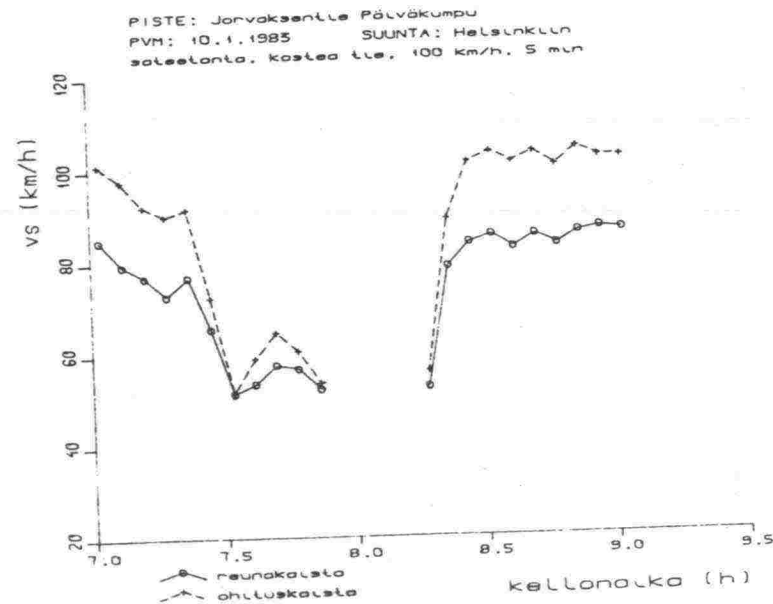
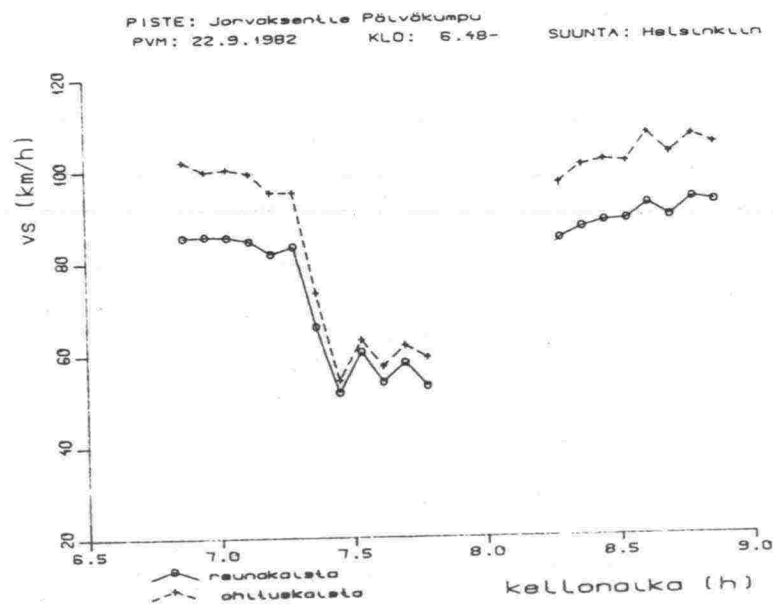
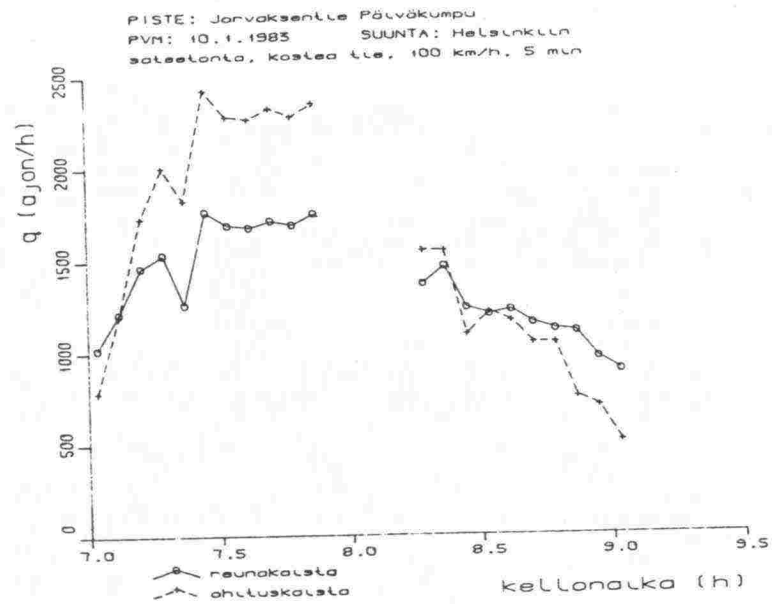
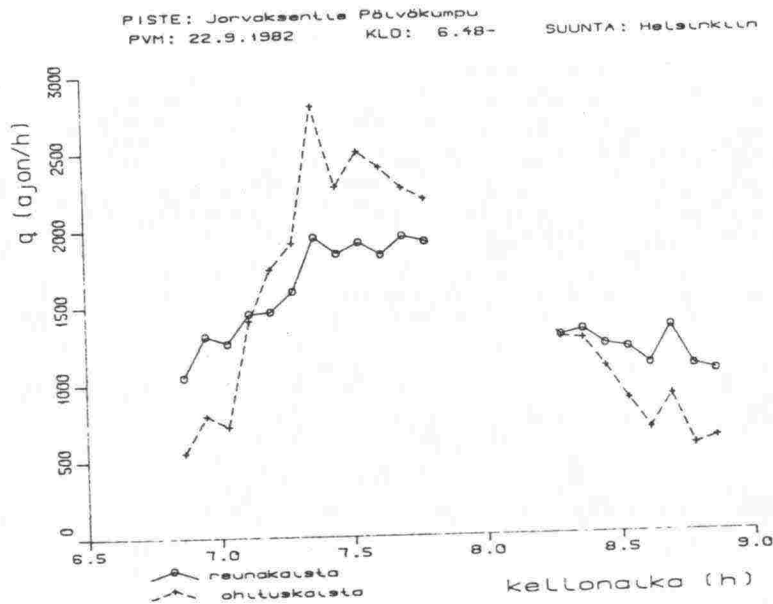
Kuvissa 3.1...3.6 esitetään keskinopeuden (vs) ja liikennemäärän (q) aikavaihtelut eri mittauspisteissä ja olosuhteissa. Kuvien numerointi selviää taulukosta 3.2.

Taulukko 3.2. Kuvien 3.1...3.6 numerointi.

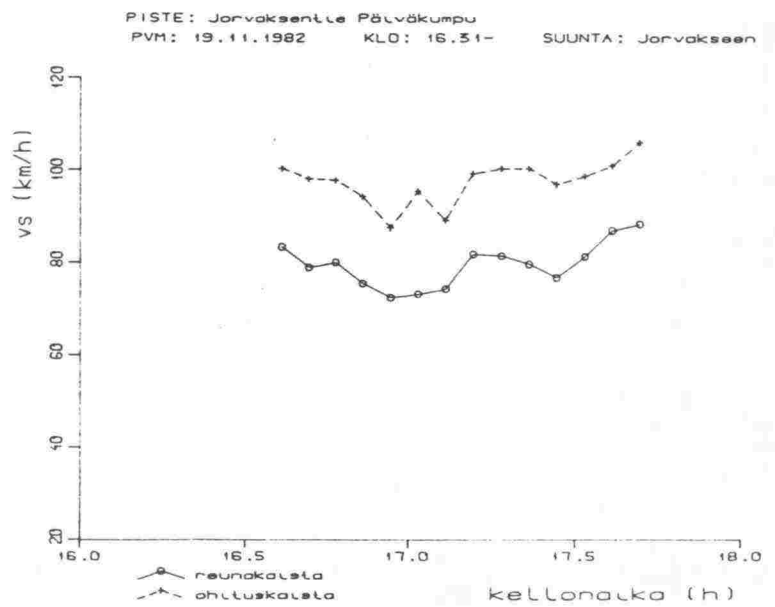
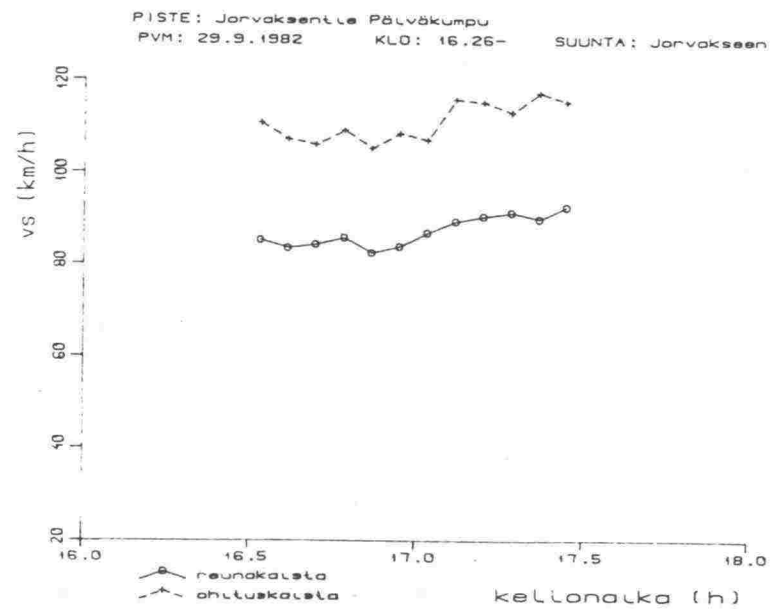
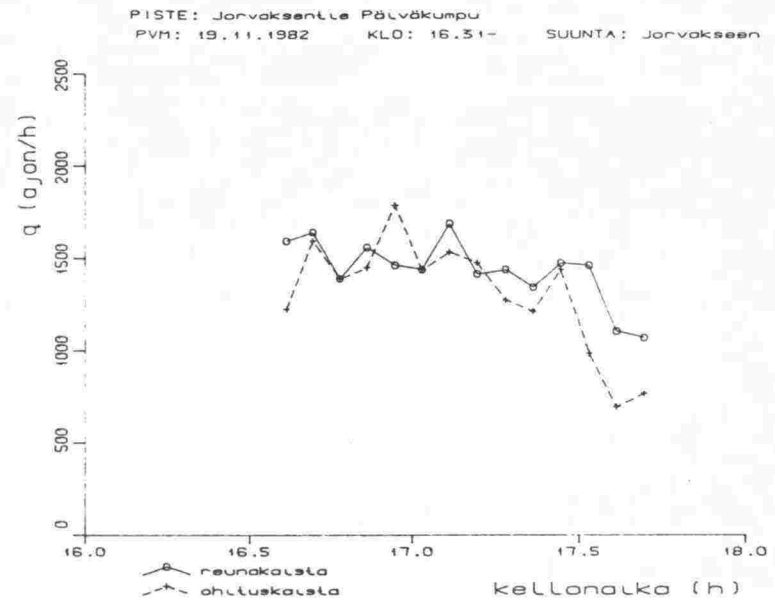
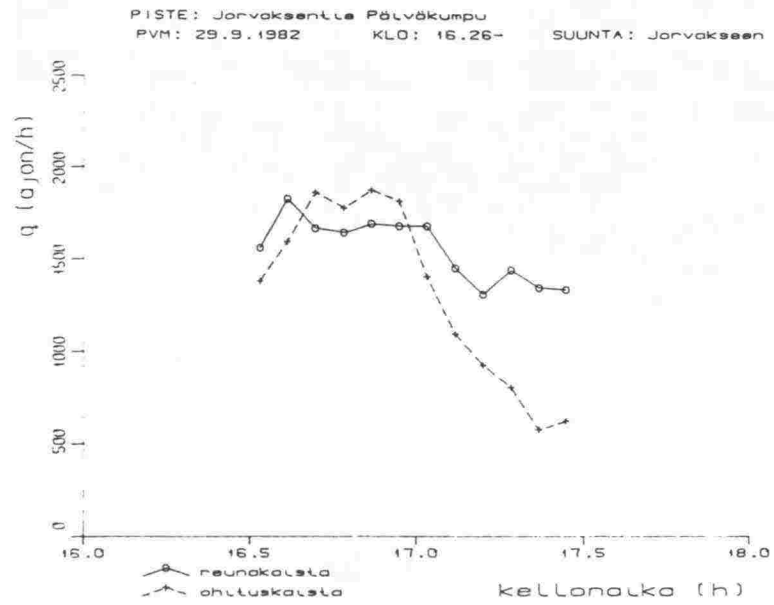
olosuhteet	Suvikumpu		Karhusaari	
	Hkiin	Jorv.	Hkiin	Jorv.
sateeton, valoisa	-	3.5	-	-
vesisade, ----"----	3.3	-	-	-
sateeton, pimeä	3.4	-	3.1	-
vesisade, --"---	-	3.6	-	3.2



Kuvat 3.1 ja 3.2. Liikennemäärän ja nopeuden aikavaihtelut Karhusaareissa 27.10.1982 (suunta Helsinkiin) ja 24.11.1982 (Jorvaksen).



Kuvat 3.3. ja 3.4. Liikennemäärän ja nopeuden aikavaihtelut Suvikummussa 22.9.1982 ja 10.1.1983, suunta Helsinkiin.



Kuvat 3.5 ja 3.6. Liikennemäärän ja nopeuden aikavaihtelut Suvikummissa 29.9.1982 ja 19.11.1982, suunta Jorvukseen.

3.22 Liikennevirran peruskuvaajien muodostaminen

Kuvaajat muodostettiin samalla periaatteella kuin 1. vaiheessa /10/ eli mallina käytettiin Mayn mallia

$$v_s = v_v e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{d}{d_{kr}}\right)^2} \quad (3.1),$$

missä v_s nopeuden matkajakauman keskiarvo (km/h)
 d liikennetiheys (ajon/km)
 v_v vapaa nopeus (km/h)
 d_{kr} kriittinen tiheys (ajon/km).

Kuvaajat sovitettiin vd -pisteistöön lineaarisella regressioanalyysillä. Ottamalla logaritmi kaavasta saatiin mallin lineaarinen muoto

$$\ln(v_s) = \ln(v_v) - \frac{1}{2 d_{kr}^2} d^2 \quad (3.2).$$

selitettävä vakio kerroin selittäjä

Etsityt parametrit saatiin seuraavasti

$$v_v = e^{\text{vakio}} \quad (3.3)$$

$$d_{kr} = 1 / \sqrt{2 \text{ (kerroin)}} \quad (3.4).$$

Liikennemäärän ja -tiheyden väliset kuvaajat saatiin sijoittamalla mallista saadut nopeuden arvot (v_s) liikennevirran perusyhtälöön $q = v_s d$.

3.23 Liikennevirran peruskuvaajat

Taulukoissa 3.3 ja 3.4 on esitetty muodostettujen liikennevir-
takuvaajien parametrit. Taulukossa on vertailun vuoksi myös
1. vaiheen vastaavissa olosuhteissa saatuja parametreja. Vas-
taavat kuvaajat on esitetty kuvissa 3.7...3.12.

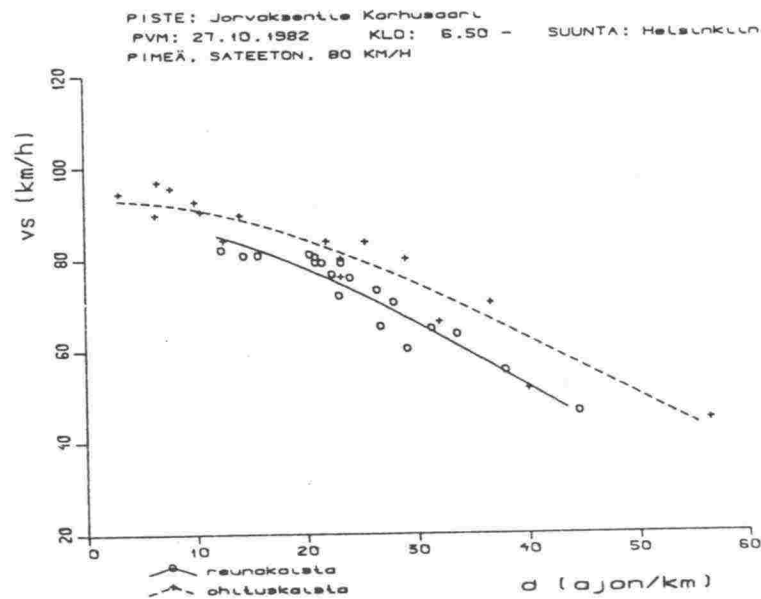
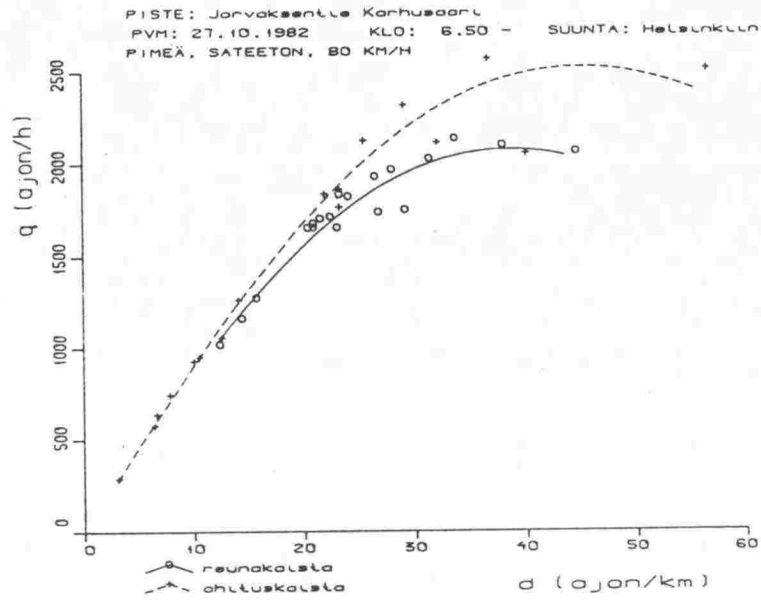
Kuvissa 3.13 ja 3.14 on vertailtu 1. ja 2. vaiheen käyriä.
Kuvan 3.13 tapauksessa (Karhusaari) yhteensopivuus on hyvä.
Sen sijaan kuvan 3.14 tapauksessa (Suvikumpu) käyrillä on suh-
teellisen selvä ero. Syynä on ilmeisesti erilainen ruuhkati-
lanne eri mittauskerroilla, sillä mittauspisteessä esiintyvä
ruuhkautuminen on toisinaan peräisin edessä olevasta Tapiolan-
Otaniemen liittymästä ja toisinaan vain takana olevien liit-
tymien aiheuttamista häiriöistä.

Taulukko 3.3. Karhusaaren lisämittausten liikennevirtakuvaajien tunnusluvut.

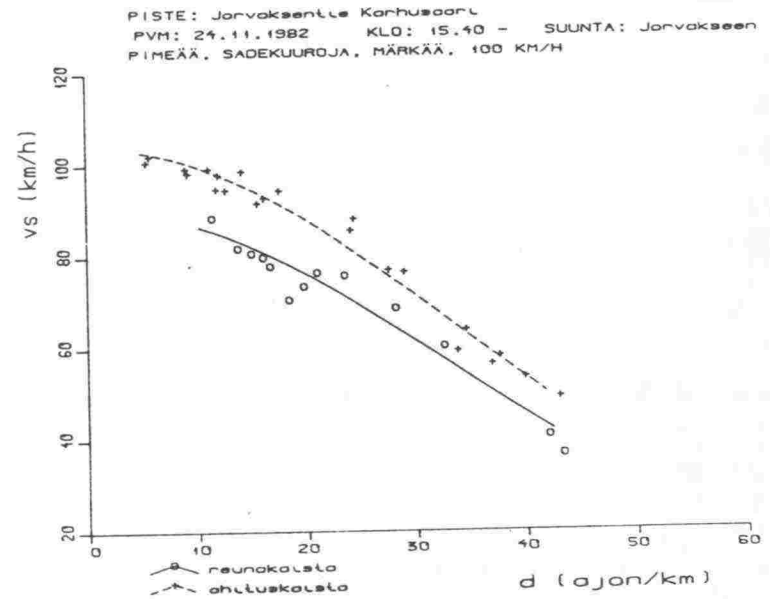
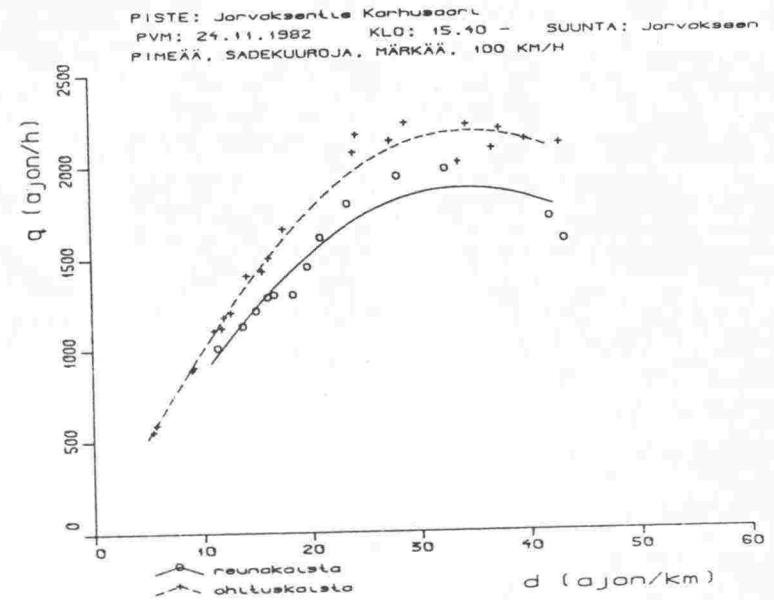
sää	!suunta	!kaista	! vv	! dkr	! d-v	! d-q	! d	!kuva
2. VAIHE								
sateeton,	! Hkiin	! reuna	! 89.3	! 38.4	! 0.873	! 0.891	! 12-45	! 3.7
pimeä	!	! ohit.	! 93.0	! 44.7	! 0.907	! 0.970	! 3-57	!
vesisade,	! Jorv.	! reuna	! 90.3	! 34.1	! 0.917	! 0.965	! 2-43	! 3.8
pimeä	!	! ohit.	! 103.9	! 34.5	! 0.975	! 0.985	! 6-43	!
1. VAIHE								
sateeton,	! Hkiin	! reuna	! 85.9	! 39.5	! 0.907	! 0.991	! 2-40	!
pimeä	!	! ohitus!	! 95.6	! 42.1	! 0.918	! 0.991	! 1-43	!
vesisade,	! Jorv.	! reuna	! 87.2	! 36.1	! 0.946	! 0.973	! 12-31	!
pimeä	!	! ohitus!	! 100.5	! 38.0	! 0.962	! 0.995	! 4-30	!

Taulukko 3.4. Suvikummun lisämittausten liikennevirtakuvaajien tunnusluvut.

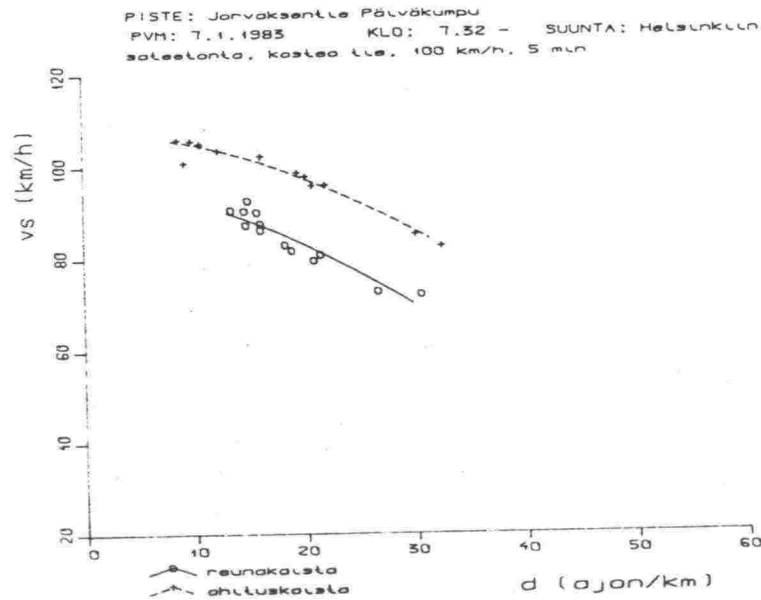
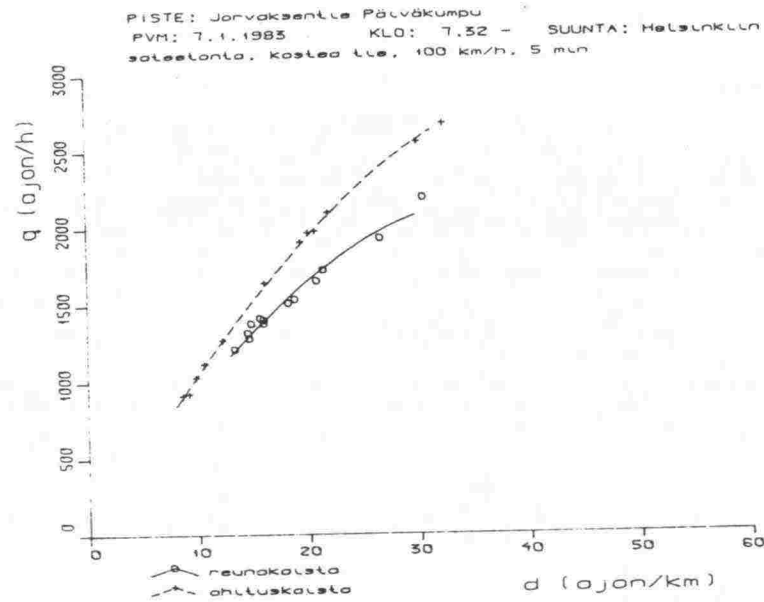
sää	!suunta	!kaista	! vv	! dkr	! d-v	! d-q	! d	!kuva
2. VAIHE								
sateeton,	! Hkiin	! reuna	! 92.3	! 30.2	! 0.951	! 0.931	! 10-34	! 3.9
pimeä	!	! ohit.	! 103.4	! 36.8	! 0.922	! 0.947	! 5-44	!
vesisade,	! Hkiin	! reuna	! 96.7	! 32.3	! 0.985	! 0.989	! 11-36	! 3.10
valoisa	!	! ohit.	! 105.3	! 37.8	! 0.965	! 0.976	! 5-42	!
sateeton,	! Jorv.	! reuna	! 99.1	! 35.4	! 0.886	! 0.986	! 14-22	! 3.11
valoisa	!	! ohit.	! 116.5	! 40.2	! 0.832	! 0.998	! 5-18	!
vesisade,	! Jorv.	! reuna	! 94.0	! 31.6	! 0.712	! 0.916	! 12-23	! 3.12
pimeä	!	! ohit.	! 106.2	! 33.3	! 0.769	! 0.989	! 7-20	!
1. VAIHE								
sateeton,	! Hkiin	! reuna	! 93.9	! 34.9	! 0.953	! 0.999	! 3-31	!
pimeä	!	! ohitus!	! 107.1	! 41.5	! 0.941	! 0.999	! 1-33	!
sateeton,	! Jorv.	! reuna	! 93.5	! 51.7	! 0.602	! 0.993	! 7-25	!
valoisa	!	! ohitus!	! 103.5	! 41.2	! 0.352	! 0.998	! 1-18	!



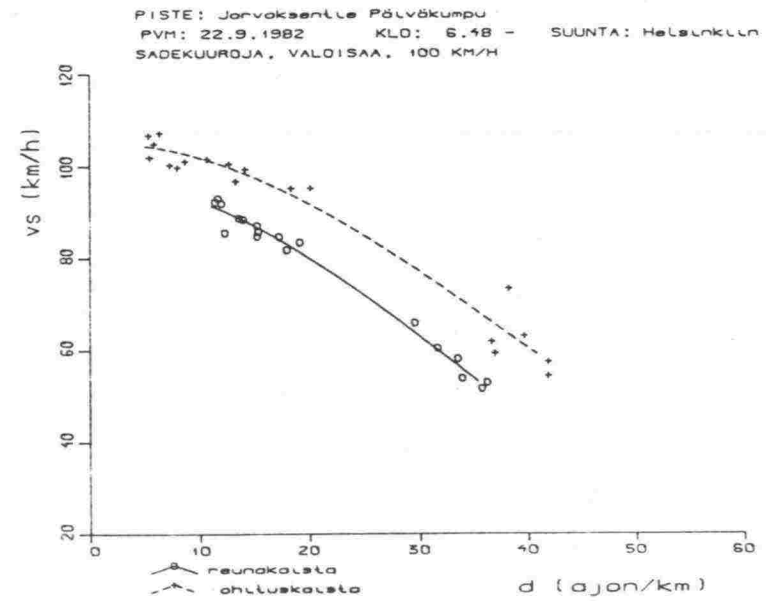
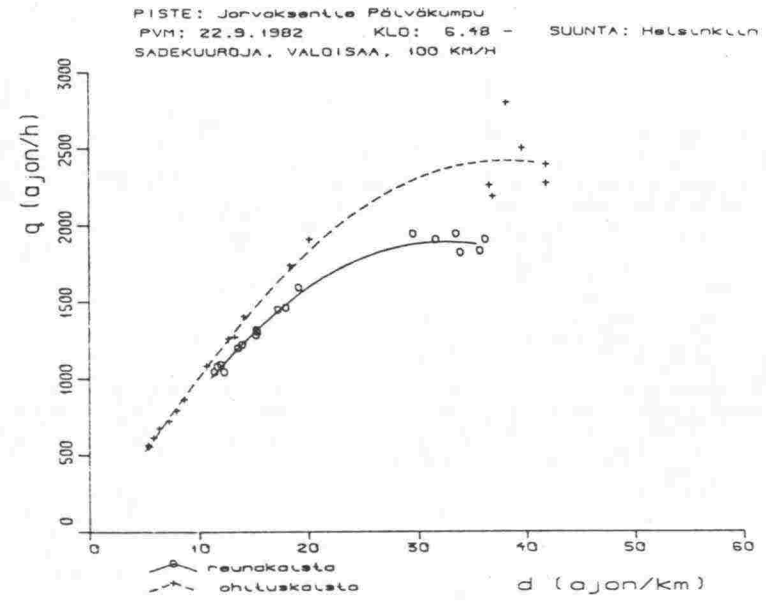
Kuva 3.7. Liikennevirran peruskuvajaajat Karhusaarella (pimeä, sateeton).



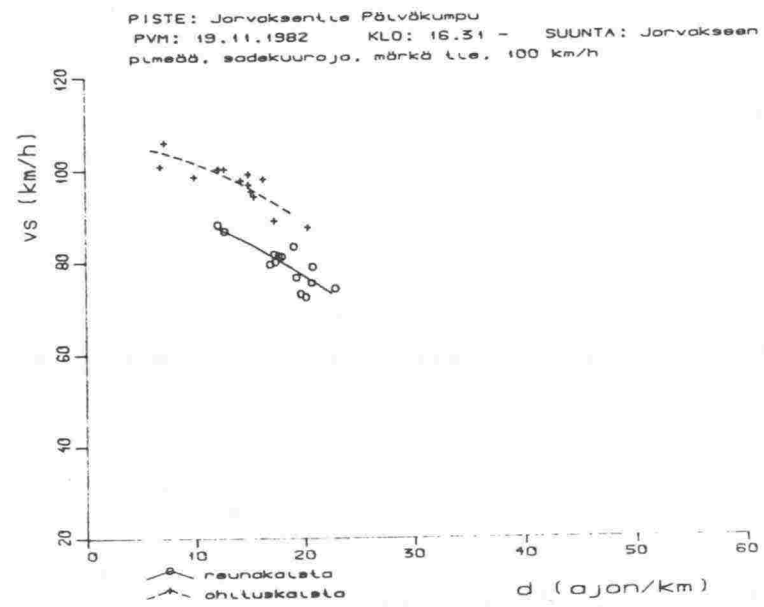
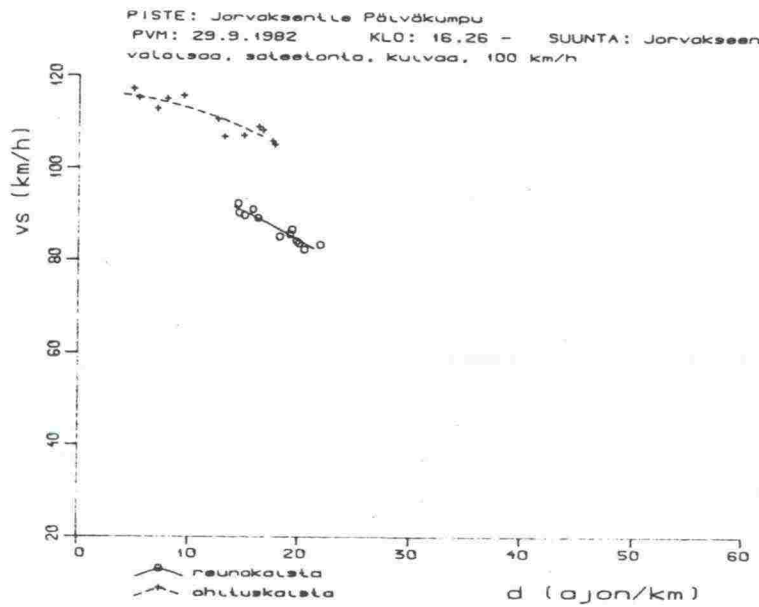
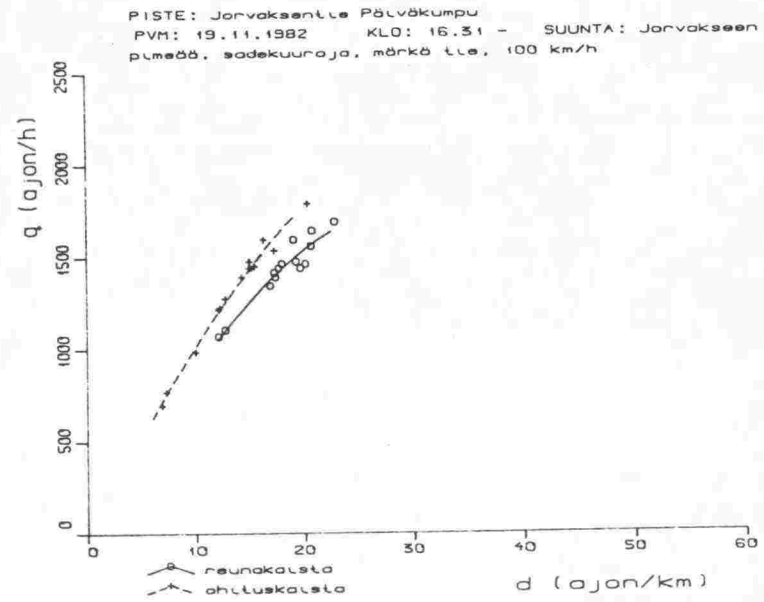
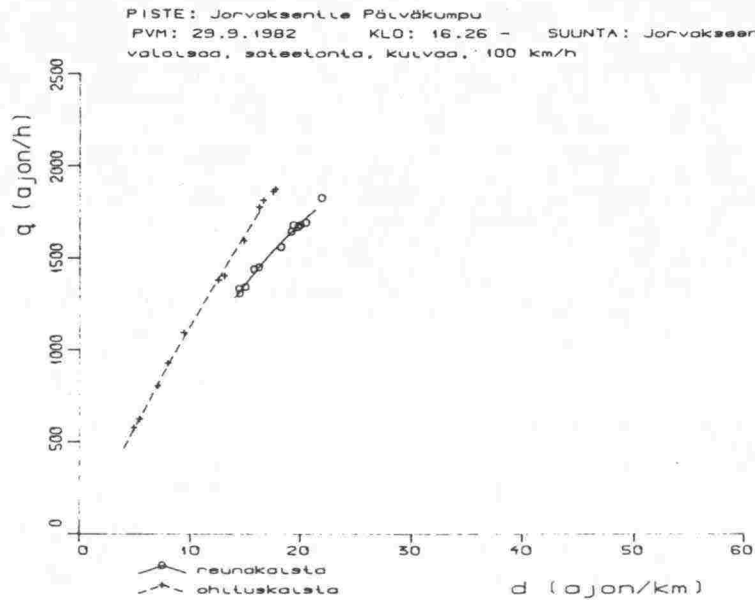
Kuva 3.8. Liikennevirran peruskuvajaajat Karhusaarella (sadekuuroja).



Kuva 3.9. Liikennevirran peruskuvaajat Suvikummussa (pimeä, sateeton).



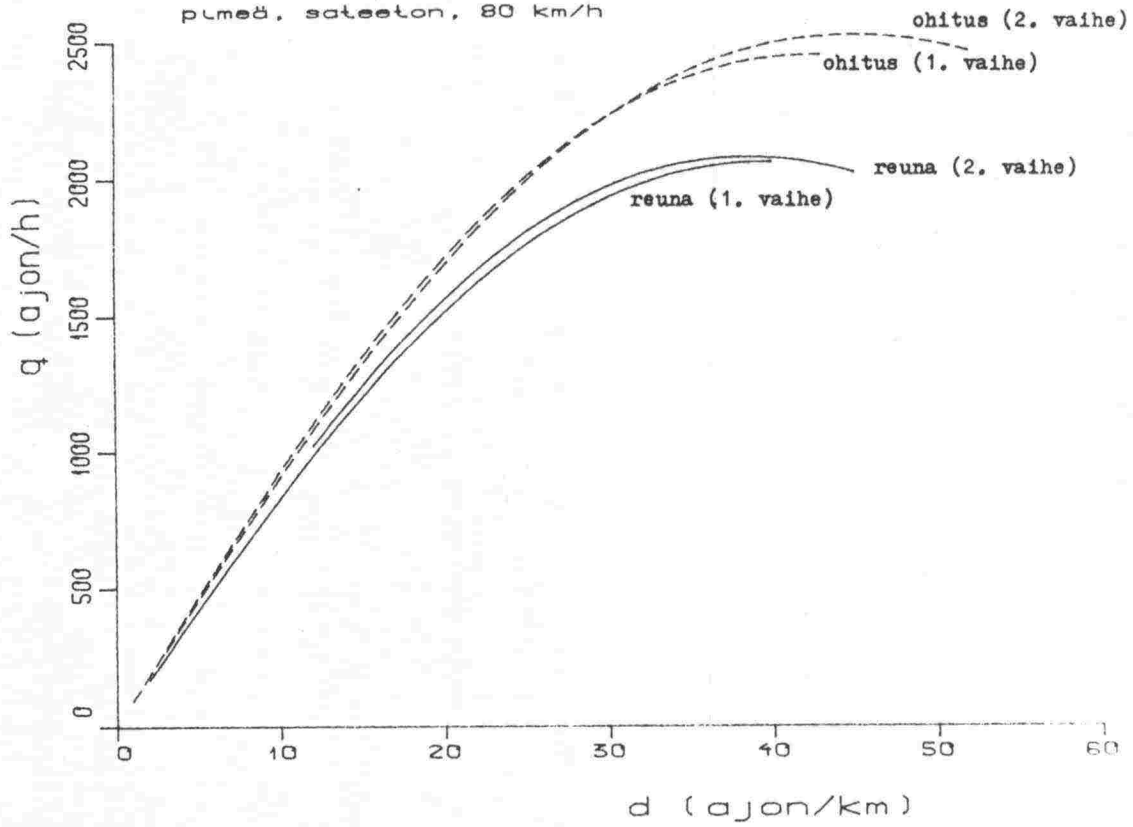
Kuva 3.10. Liikennevirran peruskuvaajat Suvikummussa (valoisa, sadekuuroja).



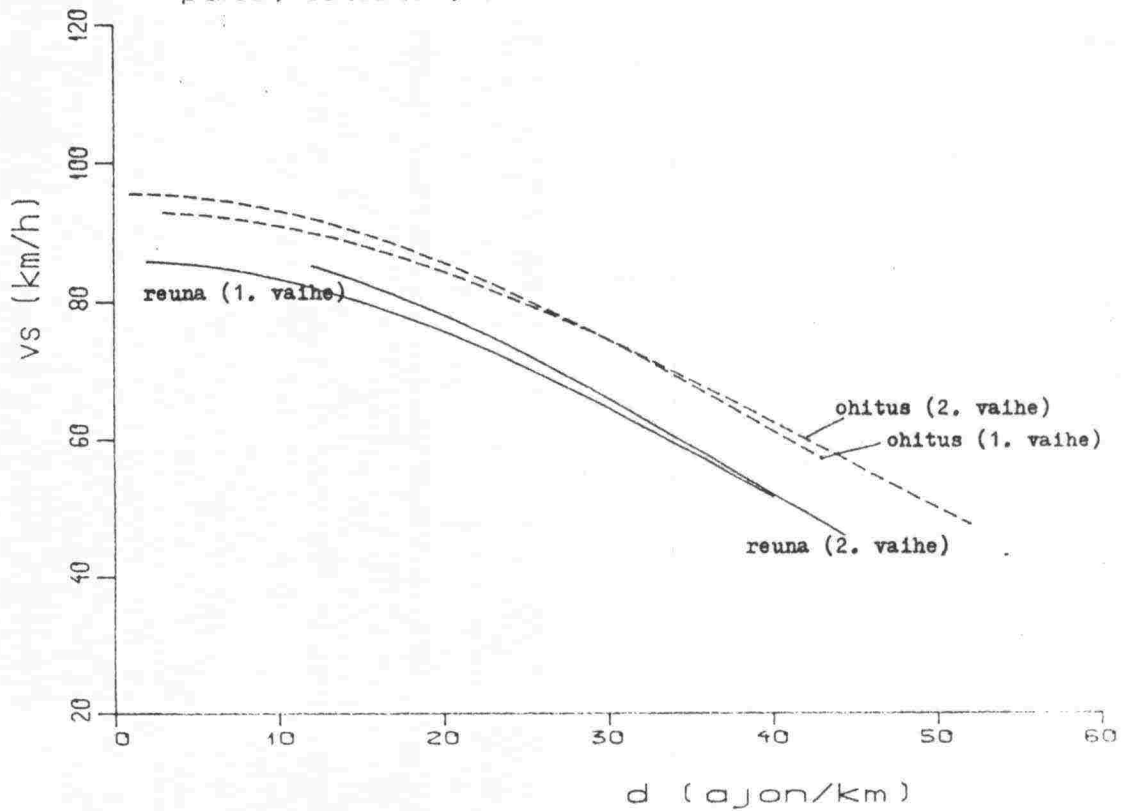
Kuva 3.11. Liikennevirran peruskuvaajat
Suvikummussa (valoisa, sateeton).

Kuva 3.12. Liikennevirran peruskuvaajat
Suvikummussa (pimeää, sadekuuroja).

vertailu 1. vaiheen mittaukseen
Karhusaari Helsinkiin
pimeä, sateeton, 80 km/h

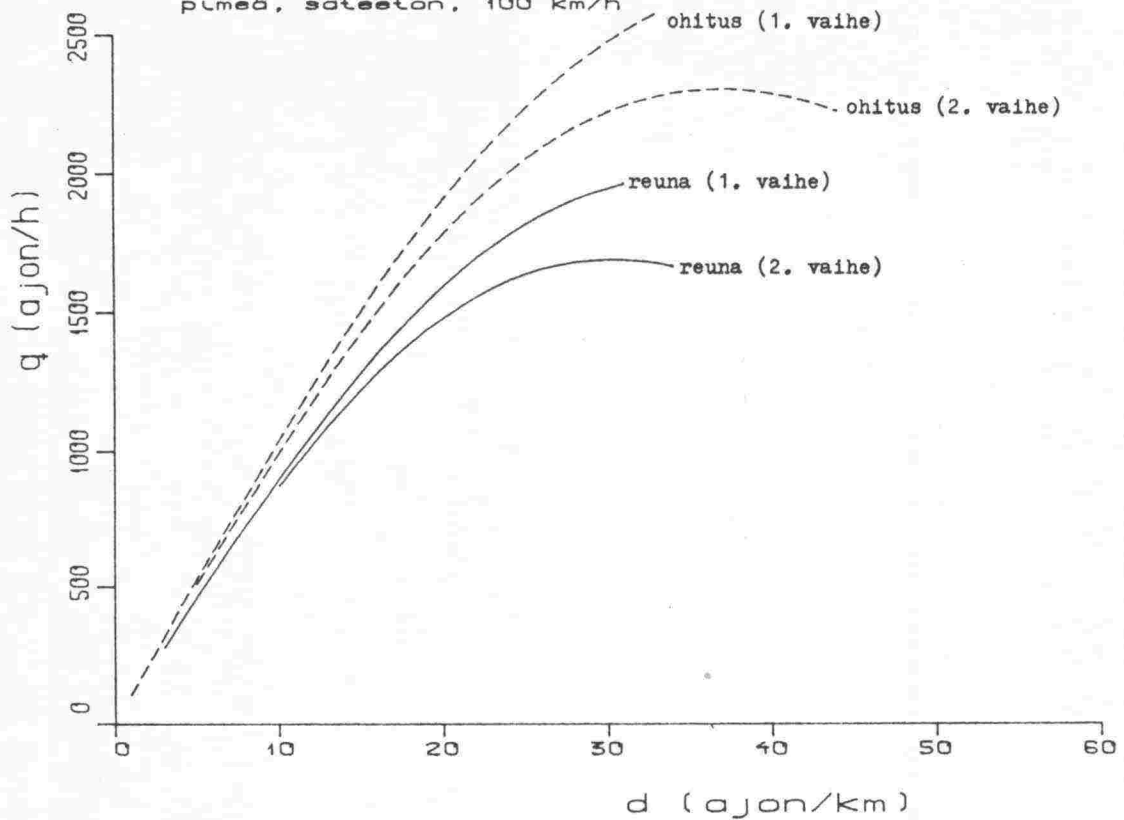


vertailu 1. vaiheen mittaukseen
Karhusaari Helsinkiin
pimeä, sateeton, 80 km/h

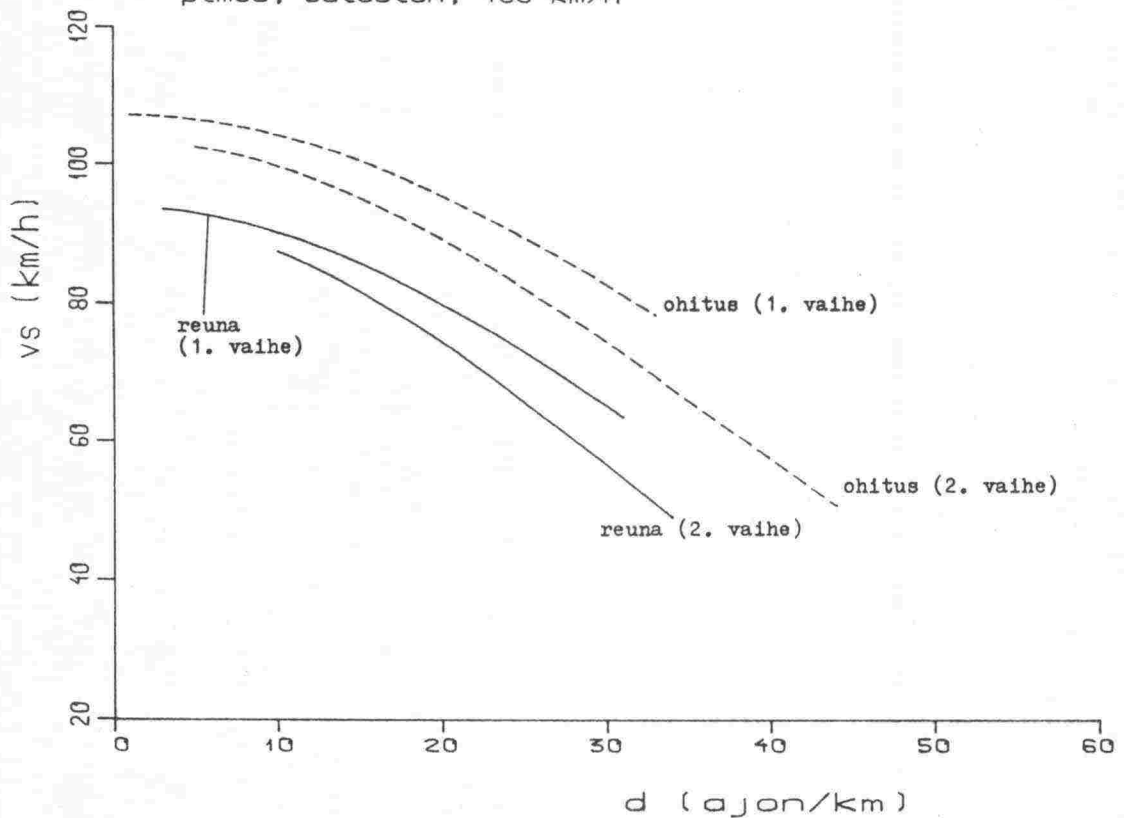


Kuva 3.13. Liikennevirran peruskuvaajat Karhusaarella Helsinkiin (pimeä, sateeton), 1. ja 2. vaiheen vertailu.

vertailu 1. vaiheen mittaukseen
Suvikumpu Helsinkiin
pimeä, sateeton, 100 km/h



vertailu 1. vaiheen mittaukseen
Suvikumpu Helsinkiin
pimeä, sateeton, 100 km/h



Kuva 3.14. Liikennevirran peruskuvaajat Suvikummussa Helsinkiin, (pimeä, sateeton), 1. ja 2. vaiheen vertailu.

4. ANALYYSIT VUOSIEN 1981-82 AINEISTOISTA

4.1 Aineistojen yhdistely

Vaiheissa 1 ja 2 on tuotettu neljä aineistoa:

- 1) 1. vaiheen mittaukset pienellä analysaattorilla (Jari I)
- 2) 1. -----"----- suurella -----"----- (Jari II)
- 3) 2. -----"----- pienellä -----"-----
- 4) 2. vaiheen liittymämittaukset suurella analysaattorilla.

Liittymämittauksia käsitellään kohdassa 5. Muissa analyysissä on käytetty kahta yhdistelmää em. aineistoista. Aineistot 1) ja 2) on yhdistetty seuraavia analyysyjä varten:

- koko ajoradan peruskuvaajat (kohta 4.2)
- kaistajakaumat (4.3).
- kaistojen keskinopeuserot (4.42)
- nopeuden hajonnat kaistoittain (4.43).

Aineistot 1) ja 3) on yhdistetty seuraavia analyysyjä varten:

- nopeusjakaumat (4.41)
- peräkkäisten ajoneuvojen nopeuserot (4.44)
- aikavälijakaumat (4.51)
- vaarallisten aikavälien osuudet (4.52).

Suurella analysaattorilla on tehty mittauksia (aineisto 2) hyvistä olosuhteista, joista muutenkin on paljon havaintoja. Tosin hyvien olosuhteiden iltaruuhkasta Jorvaksen suuntaan on aineistossa 1) melko vähän havaintoja. Toisen vaiheen mittauksissa (aineisto 3) saatiin sademittauksia enemmän kuin ensimmäisessä vaiheessa. Taulukossa 4.1 on esitetty ajoneuvomäärät, jotka on havaittu 1. ja 2. vaiheessa yhteensä.

Aineistot yhdistettiin mittauspaikoittain ja olosuhteittain. Liitteessä 1 on esitetty, mitkä mittaukset edustavat kutakin olosuhdeluokkaa. Sää- ja kelikoodit ovat seuraavat:

- | | |
|-----------------------|---------------------------|
| (1) sateeton, valoisa | (4) lumisade |
| (2) vesisade, pimeä | (5) hyvät talviolosuhteet |
| (3) sateeton, pimeä | (6) räntäsade |
| (8) vesisade, valoisa | (7) heikko lumisade |
| | (9) liukas, sateeton. |

Taulukko 4.1. Ajoneuvomäärät eri pisteiden ja olosuhteiden mittauksissa (1. ja 2. vaihe yhteensä).

koodi	olosuhteet	aika	Suomenoja		Suvikumpu		T-O liitt!		Karhusaari		!	!
			!Helsinki!	Jorvas	!Helsinki!	Jorvas	!Helsinkiin!	Helsinki!	Jorvas	!		
1	sateeton, valoisa	ruuhka	! 3300	! 3737	! 8184	! 8040	! 13061	! 12958	! 7490	! 1	!	!
		päivä	! 670	! 570	! 1663	! 1888	! 5424	! 4783	! 3118	!	!	!
8	vesisade, valoisa	ruuhka	!	!	! 5469	!	! 5890	!	!	! 8	!	!
2	vesisade, pimeä	ruuhka	!	!	!	! 7380	!	!	! 11951	! 2	!	!
3	sateeton, pimeä	ruuhka	! 3413	! 2925	! 15132	! 8336	! 4480	! 15222	! 13116	! 3	!	!
		myöh.ilta	!	!	! 525	! 873	!	! 457	! 558	!	!	!
4	lumisade	ruuhka	!	!	!	! 4921	!	! 3848	! 6822	! 4	!	!
5	hyvät talviolos.	ruuhka	!	!	!	!	!	!	! 3551	! 5	!	!
6	räntäsade	ruuhka	!	!	! 5248	!	!	!	! 5405	! 6	!	!
7	heikko lumisade	ruuhka	!	!	!	!	!	! 5565	!	! 7	!	!
9	liukas sateeton	ruuhka	!	! 2484	!	!	!	!	!	! 9	!	!

Käsittelyohjelmat tuottavat listauksen aikavälien ja nopeuksien sekä nopeuserojen jakaumista kussakin aikajaksossa. Analyyseissä yhdistettiin samaan liikennemääräluokkaan havaintojaksot, joiden liikennemäärät olivat taulukon 4.2 osoittamilla alueilla.

Taulukko 4.2. Liikennemääräluokat.

luokan nimi !	vaihtelualue		!
	! ajon/(5 min) !	ajon/h	!
100	! 8 +- 1	! 84... 108	!
200	! 17 +- 1	! 192... 216	!
300	! 25 +- 1	! 288... 312	!
400	! 33 +- 2	! 372... 420	!
500	! 42 +- 2	! 480... 528	!
600	! 50 +- 2	! 576... 624	!
700	! 58 +- 2	! 672... 720	!
800	! 67 +- 3	! 768... 840	!
900	! 75 +- 3	! 864... 936	!
1000	! 83 +- 3	! 960...1032	!
1100	! 92 +- 3	! 1068...1140	!
1200	! 100 +- 4	! 1152...1248	!
1300	! 108 +- 4	! 1248...1344	!
1400	! 117 +- 4	! 1356...1452	!
1500	! 125 +- 5	! 1440...1560	!
1600	! 133 +- 5	! 1536...1656	!
1700	! 142 +- 5	! 1644...1764	!
1800	! 150 +- 5	! 1740...1860	!
1900	! 158 +- 5	! 1836...1956	!
2000	! 167 +- 6	! 1932...2076	!
2200	! 183 +- 6	! 2124...2268	!
2400	! 200 +- 7	! 2316...2484	!
2600	! 217 +- 7	! 2520...2688	!
2800	! 233 +- 8	! 2700...2892	!

Jakaumiin vaikuttavia tekijöitä ovat mm.

- mittauspaikka ja -suunta
- kaista (reuna- vai ohitus-)
- sää ja keli
- liikennemäärä.

Kuvissa aineistoa on ryhmitelty eri tavoin näiden tekijöiden mukaan.

4.2 Koko ajoradan peruskuvaajat /8/

Ensimmäisen vaiheen raportissa /10/ ehdotettiin, että mitatusta aineistosta muodostettaisiin koko ajoradan liikennevirtakuvaajat, jotka voisivat kuvata liikennevirran kriittistä tilaa selvemmin kuin kaistakohtaiset kuvaajat.

Mayn malli (kaava 3.1) näyttää soveltuvan parhaiten myös koko ajoradan liikennettä edustaviin pisteistöihin.

Taulukossa 4.3 on esitetty Mayn mallin mukaiset liikennevirtakuvaajien parametrit sekä pisteistöjen ja mallin antamien arvojen väliset korrelaatiokertoimet. Taulukossa on myös mainittu liikennetiheyden vaihteluväli pisteistössä, johon kuvaaja on sovitettu. Lisäksi mukana ovat 2. vaiheessa lasketut koko ajoradan peruskuvaajien parametrit. Käyrät on myös piirretty kuviin 4.1...4.6. Liikennetiheyden vaihtelualueen perusteella on arvioitu vapaan nopeuden ja kriittisen tiheyden arvojen luotettavuutta. Näissä subjektiivisissa arvioissa on käytetty seuraavia merkintöjä:

- ++ luotettava vapaan nopeuden arvo
- + melko luotettava vapaan nopeuden tai kriittisen tiheyden arvo.

Mallit antavat joissakin tapauksissa selvästi liian suuria välityskykyarvoja. Suurimmat havaitut lyhytaikaiset liikennemäärät ovat olleet noin 4700 ajon/h.

Taulukko 4.3. Koko ajoradan liikennevirtakuvaajien parametrit.
/8/

koodi	vakaan liikennevirran kuvaaja						! epävakaa liik.!	
	vv	dkr	qmax	v-d r ²	q-d r ²	d:n alue	q	d:n alue
KarhHki								
1	+84.1	130.	6618	.573	.996	9-69	4112	78-96
3/81	++85.4	101.	5219	.803	.994	4-68	3912	69-92
4	+80.8	79.7	3906	.959	.979	24-77		
6	+88.0	74.0	3951	.842	.807	14-104		
7	+81.7	83.3	4130	.928	.995	21-63	3129	70-116
3/82	87.4	84.5	4480			15-101		
KarhJor								
1	+91.4	118.	6540	.564	.996	12-60		
2	+90.3	78.8	4314	.942	.992	18-60		
3	++92.4	102.	5741	.885	.999	4-58		
4	83.7	78.2	3971	.331	.844	15-61		
5	+88.2	87.9	4707	.944	.993	35-59		
6	+80.1	+66.8	3281	.950	.983	13-72		
SuviHki								
1	+95.1	82.0	4730	.845	.993	6-65	3240	71-120
3/81	+95.4	89.2	5163	.965	1.000	4-63		
6	98.4	+68.8	4108	.949	.959	13-89		
3/82	99.5	67.4	4069			15-78		
SuviJor								
1	+96.1	116.	6768	.263	.997	6-41		
3	+95.7	101.	5840	.612	.999	5-42		
4	+91.3	85.0	4707	.715	.996	12-41		
5	89.9	69.1	3767	.854	.995	14-35		
SojaHki								
1/81	95.9	134.	7785	.064	.998	4-28		
3	91.1	117.	6444	.164	.992	11-31		
1/83	97.8	100.	5932			13-60		
SojaJor								
1	97.8	106.	6298	.083	.997	3-32		
3	94.9	127.	7307	.100	.997	10-29		
9	87.7	77.2	4106	.269	.993	9-26		

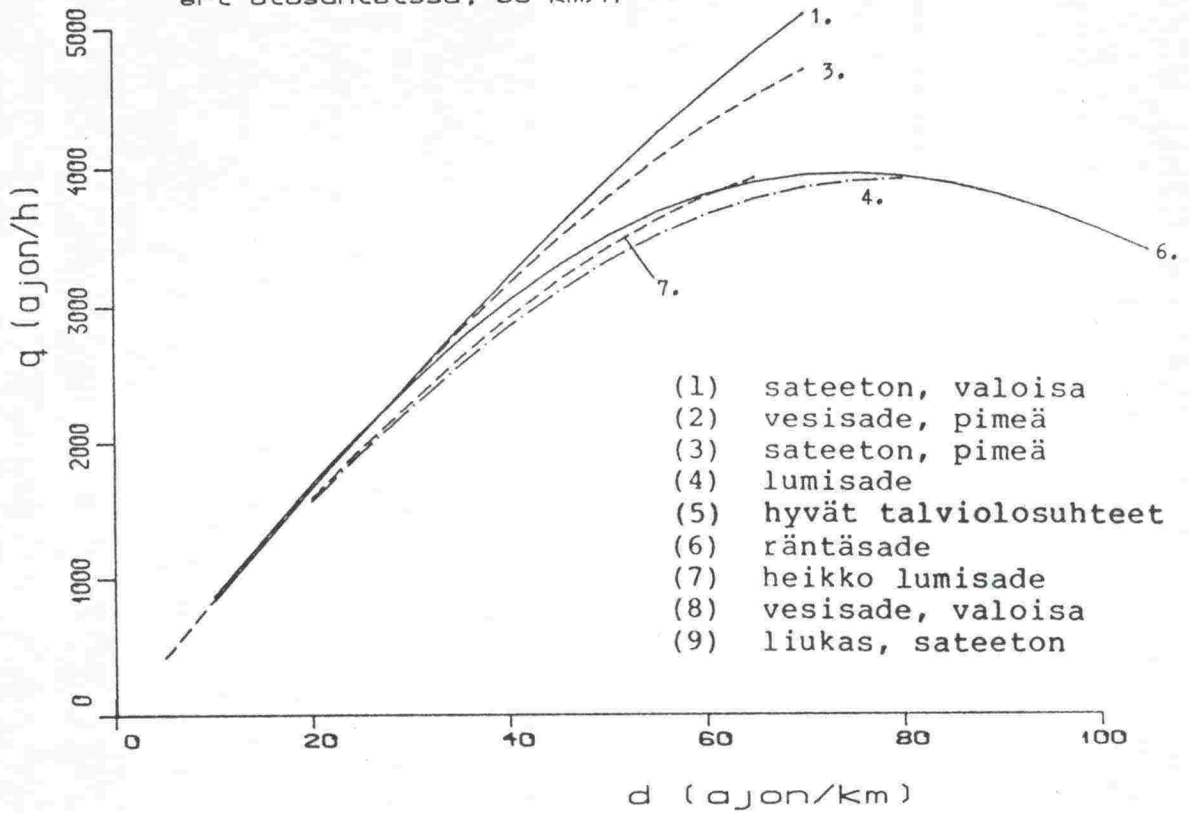
selityksiä:

- 1/81 mittaus syksyllä 1981, nopeusrajoitus 120 km/h
- 3/81 ---"--- 1. vaiheessa syksyllä 1981, olosuhteet 3
- 3/82 ---"--- 2. -----"----- 1982, -----"
- 1/83 ---"--- kesäkuussa 1983, nopeusrajoitus 100 km/h

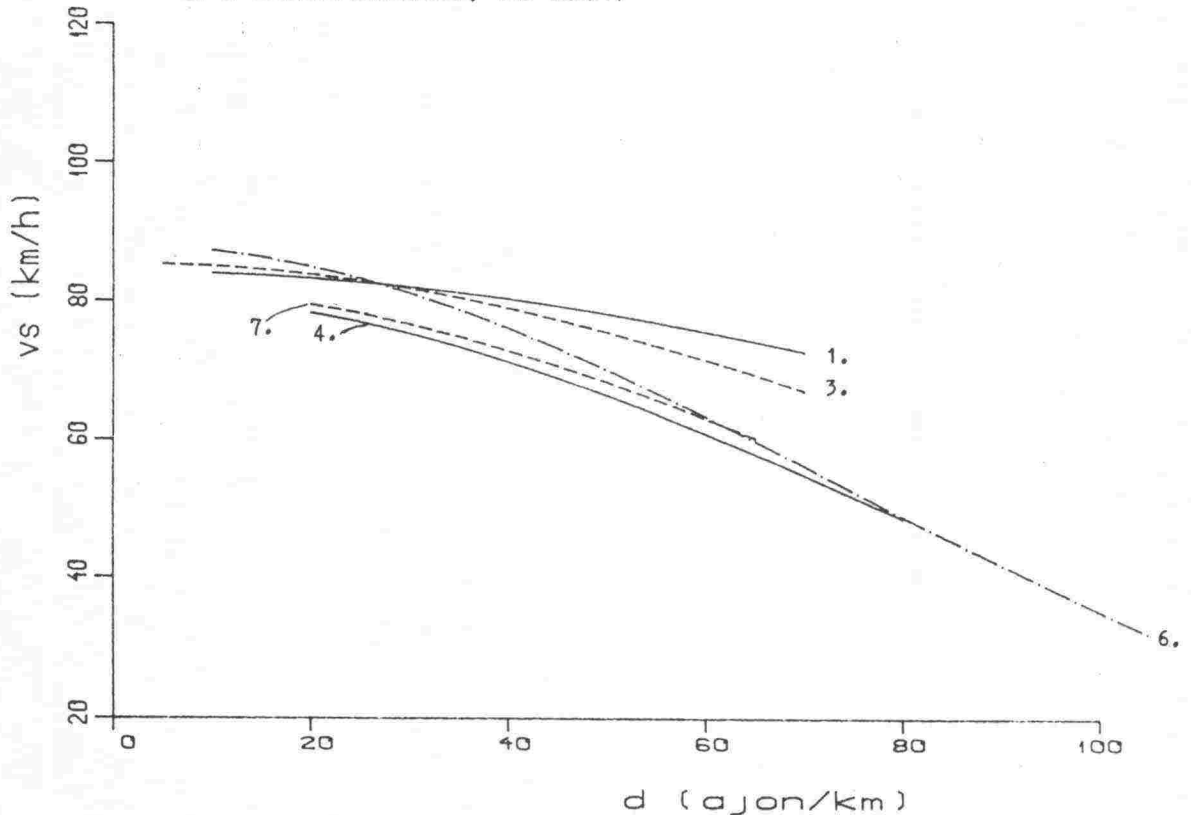
olosuhdekoodit ovat:

- (1) sateeton, valoisa
- (2) vesisade, pimeä
- (3) sateeton, pimeä
- (4) lumisade
- (5) hyvät talviolosuhteet
- (6) räntäsade
- (7) heikko lumisade
- (8) vesisade, valoisa
- (9) liukas, sateeton

Koko ajoradan peruskuvajaajat
Karhusaari Helsinkiin
eri olosuhteissa, 80 km/h

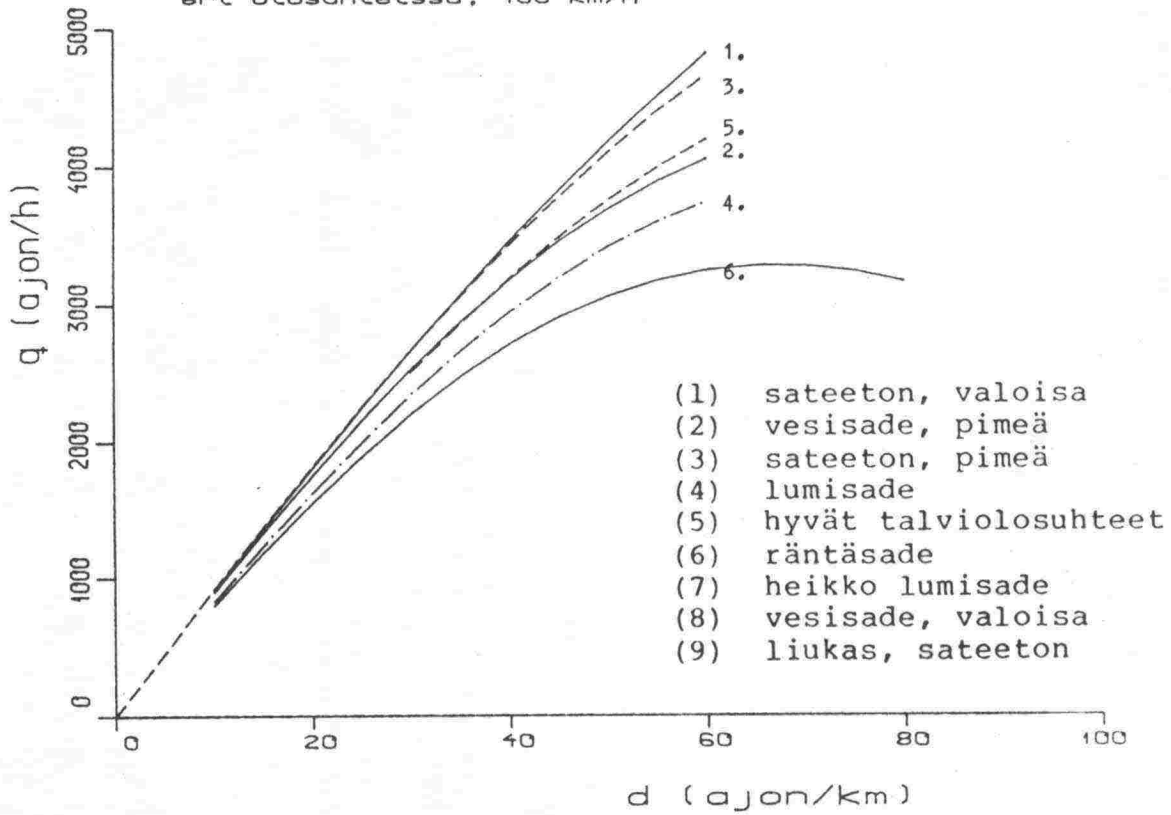


Koko ajoradan peruskuvajaajat
Karhusaari Helsinkiin
eri olosuhteissa, 80 km/h

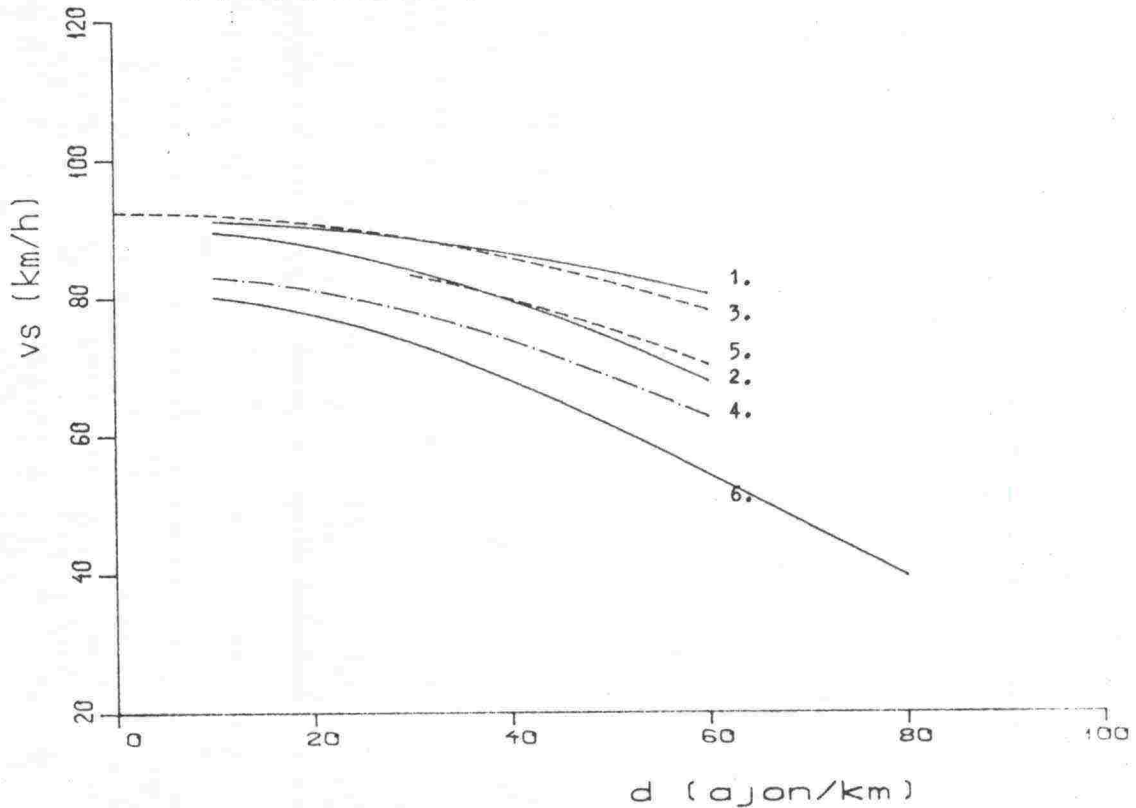


Kuva 4.1. Koko ajoradan peruskuvajaajat Karhusaarella Helsinkiin.

Koko ajoradan peruskuvajaat
Karhusaart Jorvakseen
ert olosuhteissa, 100 km/h

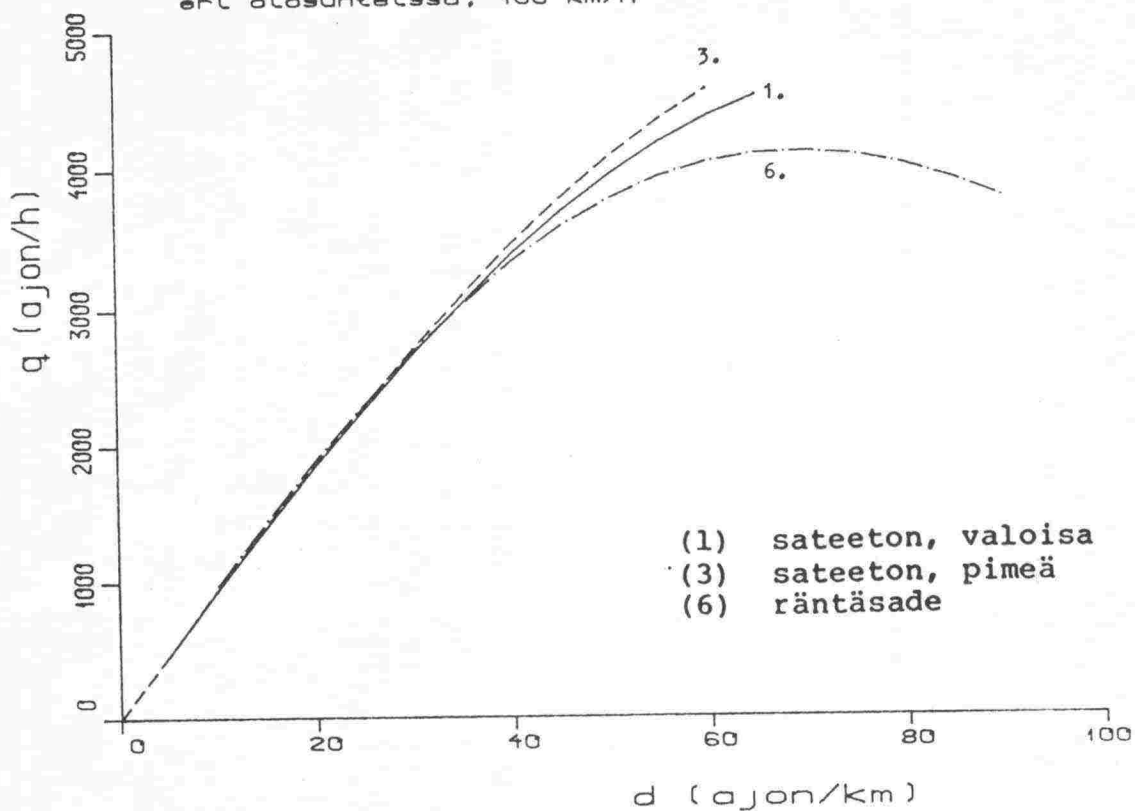


Koko ajoradan peruskuvajaat
Karhusaart Jorvakseen
ert olosuhteissa, 100 km/h



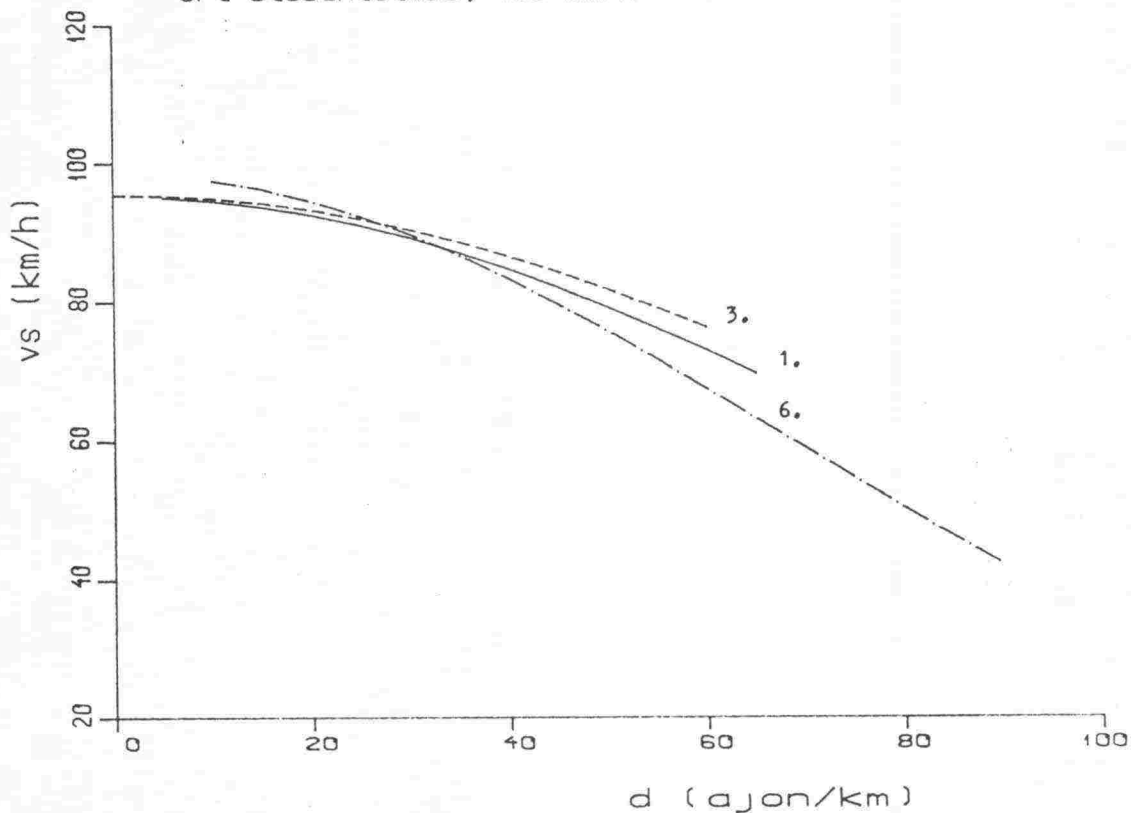
Kuva 4.2. Koko ajoradan peruskuvajaat Karhusaarella Jorvakseen.

Koko ajoradan peruskuvajaajat
Suvikumpu Helsinkiin
eri olosuhteissa, 100 km/h



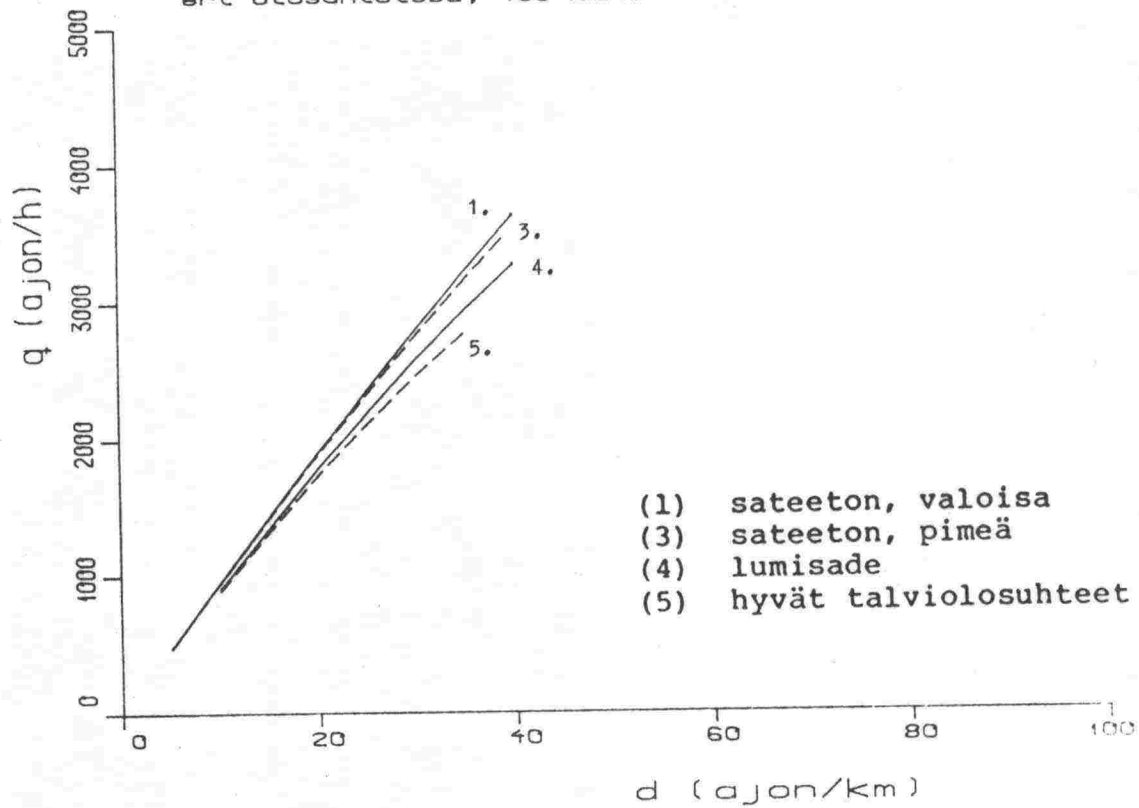
- (1) sateeton, valoisa
- (3) sateeton, pimeä
- (6) räntäsade

Koko ajoradan peruskuvajaajat
Suvikumpu Helsinkiin
eri olosuhteissa, 100 km/h

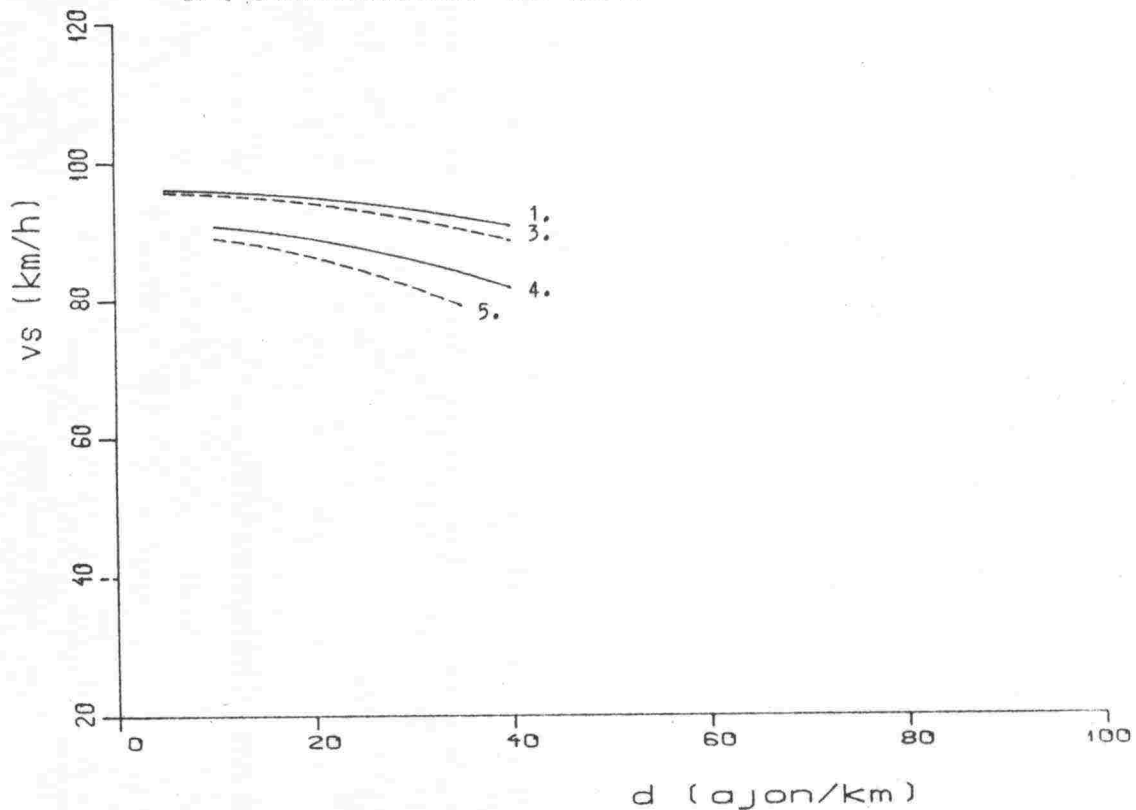


Kuva 4.3. Koko ajoradan peruskuvajaajat Suvikumussa Helsinkiin.

Koko ajoradan peruskuvajaajat
Suvikumpu Jorvukseen
eri olosuhteissa, 100 km/h

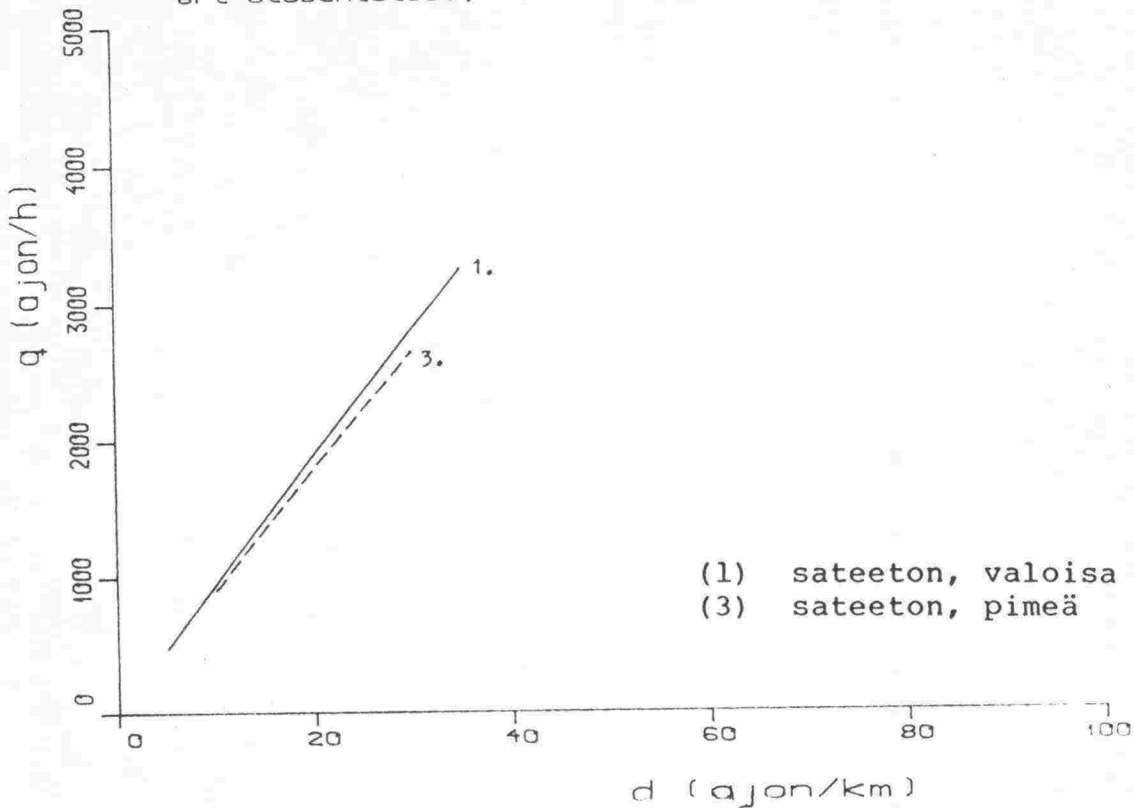


Koko ajoradan peruskuvajaajat
Suvikumpu Jorvukseen
eri olosuhteissa, 100 km/h

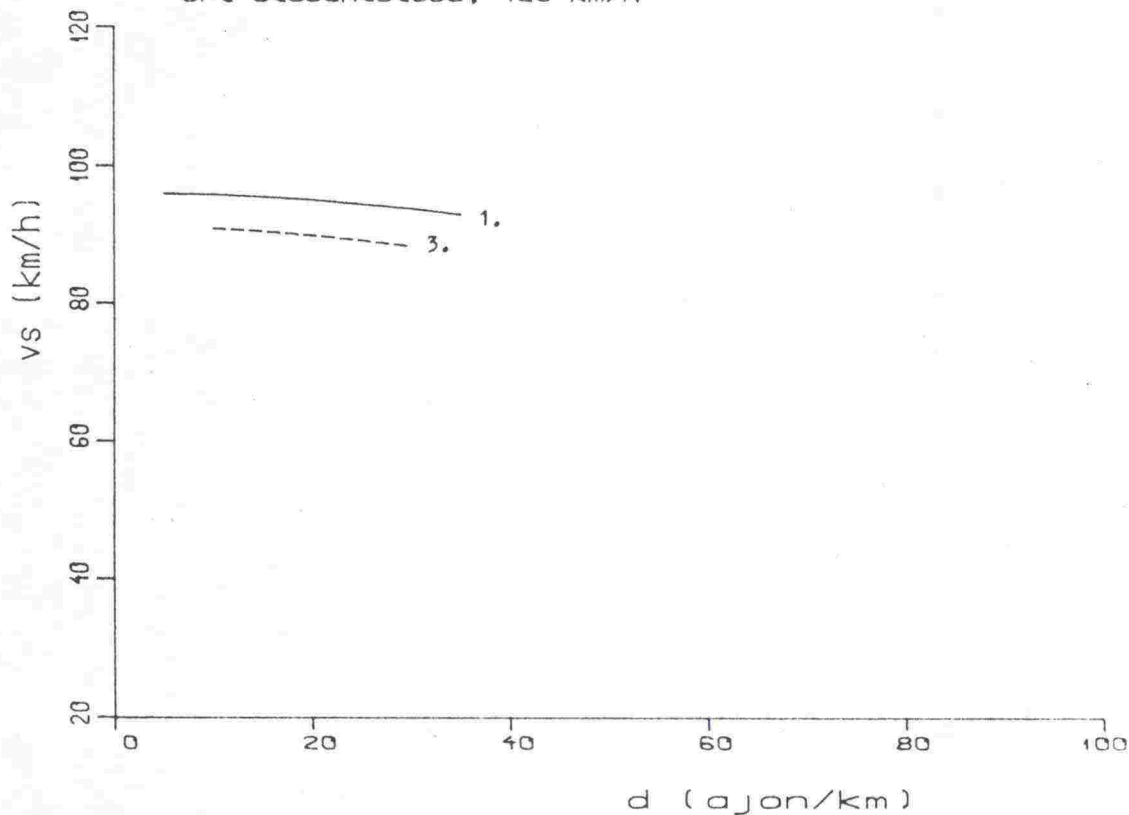


Kuva 4.4. Koko ajoradan peruskuvajaajat Suvikumussa Jorvukseen.

Koko ajoradan peruskuvajaat
Suomenoja Helsinkiin
ert olosuhteessa, 120 km/h

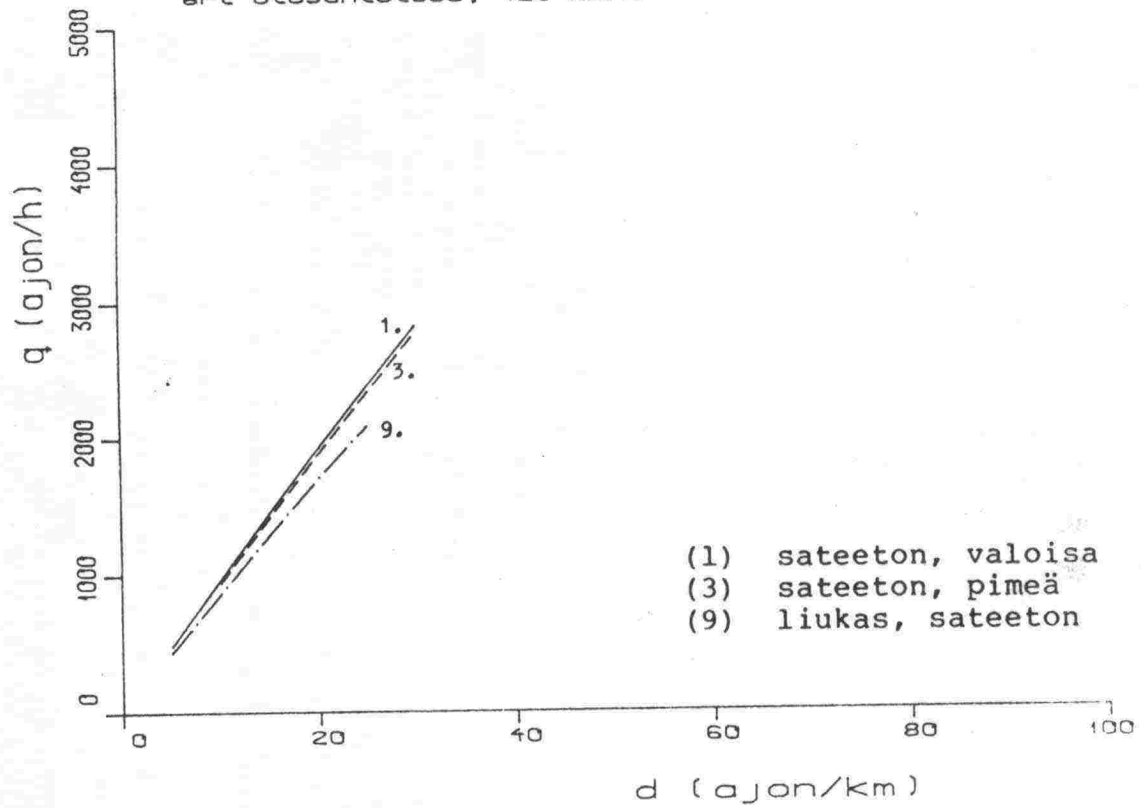


Koko ajoradan peruskuvajaat
Suomenoja Helsinkiin
ert olosuhteessa, 120 km/h

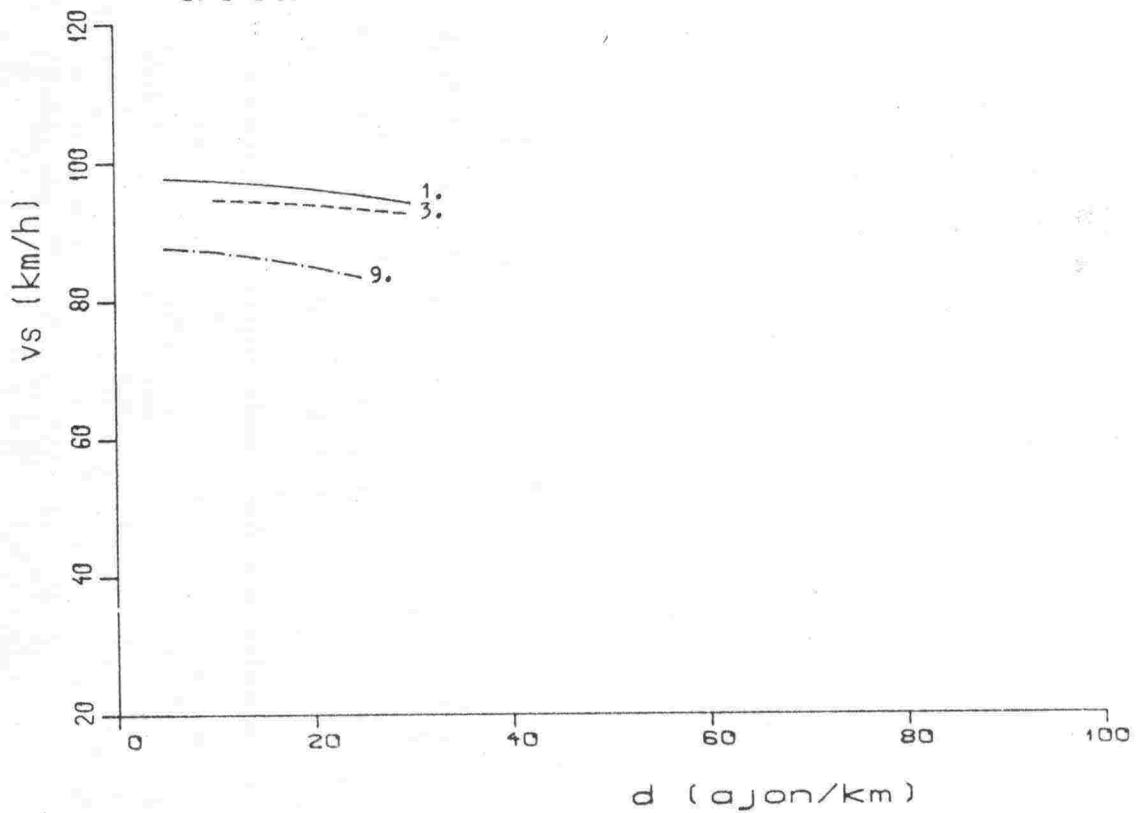


Kuva 4.5. Koko ajoradan peruskuvajaat Suomenojalla Helsinkiin.

Koko ajoradan peruskuvajaajat
Suomenoja Jorvakseen
ert olosuhteissa, 120 km/h



Koko ajoradan peruskuvajaajat
Suomenoja Jorvakseen
ert olosuhteissa, 120 km/h



Kuva 4.6. Koko ajoradan peruskuvajaajat Suomenojalla Jorvakseen.

Tarkasteltaessa nopeusrajoituksen vaikutusta liikennetiheyden ja keskinopeuden väliseen riippuvaisuuteen voidaan tehdä seuraavia havaintoja (ks. kuvat 4.1...4.6):

- o Vapaa nopeus hyvissä olosuhteissa on nopeusrajoituksen 80 km/h vaikutusalueella 7...11 km/h alhaisempi kuin rajoituksen 100 km/h vastaavalla alueella.
- o Vapaaseen keskinopeuteen ei näytä missään olosuhteissa merkittävästi vaikuttavan onko rajoitus 100 km/h vai 120 km/h.
- o Rajoitusalueella 80 km/h keskinopeus on vapaissa, hyvissä olosuhteissa noin 5 km/h suurempi kuin nopeusrajoitus ja vasta liikennetiheydellä 40 ajon/km (tai liikennemäärällä 3500 ajon/h) keskinopeus alittaa nopeusrajoituksen.
- o Vapaissa, hyvissä olosuhteissa rajoitusalueen 100 km/h ajoneuvojen keskinopeus on 4...9 km/h rajoitusta pienempi.

Tarkasteltaessa olosuhteiden vaikutusta voidaan tehdä seuraavia havaintoja:

- o Huonot sääolosuhteet näyttävät alentavan vapaita keskinopeuksia rajoitusalueella 80 km/h 3...4 km/h ja alueella 100 km/h noin 10 km/h hyviin olosuhteisiin verrattuna.
- o Liikennetiheydellä 40 ajon/km huonot sääolosuhteet näyttävät alentavan Karhusaaressa keskinopeuksia Helsingin suuntaan ajettaessa 8 km/h (rajoitus 80 km/h) ja Jorvaksen suuntaan 18 km/h (100 km/h).
- o Huonoimmilla säillä voidaan arvioida kapasiteetin alentuvan noin kolmanneksella (arvosta 4700 arvoon 3200 ajon/h).
- o Valaistuilla ajoradoilla ovat vapaat nopeudet pimeällä yleensä hieman (0...2 km/h) korkeammat kuin nopeudet valoisissa, hyvissä olosuhteissa.
- o Liikennetiheyden kasvu alentaa keskinopeuksia pimeällä, valaistulla tiellä yleensä voimakkammin kuin valoisissa, hyvissä olosuhteissa.
- o Pimeys alentaa valaisemattomalla ajoradalla (Suomenojan mittauspiste, jossa rajoitus 120 km/h) keskinopeuksia 1...5 km/h.

Jorvaksentien yhdistetyt liikennevirtakuvaajat vahvistavat aiemmin kaistakohtaisten selvitysten perusteella tehtyjä arvioita nopeusrajoituksen ja sään vaikutuksesta liikennevirtaan. Optimaalisen rajoitusarvon määrittäminen nyt tehtyihin liikennevirtatutkimuksiin nojautuen on kuitenkin mahdotonta. Tämä johtuu siitä, että käytettävissä oleviin liikennehavaintoihin ovat nopeusrajoitusten ohella vaikuttaneet myös pistekohtaiset tekijät, erityisesti ajoradan valaistus ja liittymäolosuhteet.

4.3 Kaistajakaumat

Kun tehtiin regressioanalyysi 1. kaistan ja koko ajoradan liikennemäärien riippuvaisuudesta, saatiin kuvien 4.7...4.12 mukaisia regressiokäyriä. Absoluuttiset kaistajakaumat ovat kuvissa 4.7...4.9 ja suhteelliset kuvissa 4.10...4.12. Regressiokäyrien parametrit on esitetty taulukoissa 4.4 ja 4.5.

Kuvista voidaan päätellä, että

- liikennemäärän kasvaessa reunakaistan osuus koko ajoradan liikennemäärästä pienenee
- olosuhteiden huonontuessa reunakaistan osuus pienenee, joskin ero on melko pieni (alle 10 prosenttiyksikköä)
- samalla kokonaisliikennemäärällä reunakaistan liikennemäärien ero eri olosuhteissa on enintään 400 ajon/h
- ohituskaistan liikennemäärä ylittää reunakaistan liikennemäärän, kun kokonaisliikennemäärä on - olosuhteiden mukaan - 2800...4000 ajon/h Karhusaarella, 2400...3600 ajon/h Suvikummussa ja 2200...2800 ajon/h Suomenojalla.

Taulukko 4.4. Kaistajakauma-analyysi (absoluuttiset arvot)

$$q_1/1000 = a_1(q/1000) + a_3(q/1000)^3$$

koodi	kerroin a1	kerroin a3	r ²	q:n alue	n
KarhHki!					
1	0.7678	-0.01716	0.992	708-4824	151
3	0.6921	-0.01437	0.993	312-4632	39
4	0.5759	-0.00824	0.996	1884-4092	14
6	0.6365	-0.01053	0.989	1176-4524	25
7	0.7362	-0.02304	0.996	1644-3756	21
KarhJor!					
1	0.7155	-0.01323	0.997	1152-4704	83
2					
3	0.6579	-0.01072	0.996	384-4512	63
4	0.5781	-0.00844	0.995	1140-4200	62
5	0.5505	-0.00702	0.999	2712-3924	12
6	0.6341	-0.01631	0.998	1020-3420	25
SuviHki!					
1	0.6834	-0.01437	0.989	552-4728	110
3	0.5931	-0.00949	0.985	396-4668	25
6	0.6180	-0.01130	0.996	1452-4524	22
SuviJor!					
1	0.7793	-0.02053	0.996	540-3780	103
3	0.7293	-0.02123	0.997	456-3732	46
4	0.7114	-0.01976	0.997	1104-3312	24
5	0.6745	-0.02637	0.998	1224-2808	14
SojaHki!					
1	0.7493	-0.03635	0.995	468-2856	84
3	0.6634	-0.02390	0.997	1020-2520	14
SojaJor!					
1	0.7752	-0.03089	0.995	420-2712	81
3	0.7972	-0.03473	0.998	936-2676	20
9	0.7859	-0.05784	0.997	756-2112	21

- (1) sateeton, valoisa
- (2) vesisade, pimeä
- (3) sateeton, pimeä
- (4) lumisade
- (5) hyvät talviolosuhteet
- (6) räntäsade
- (7) heikko lumisade
- (8) vesisade, valoisa
- (9) liukas, sateeton

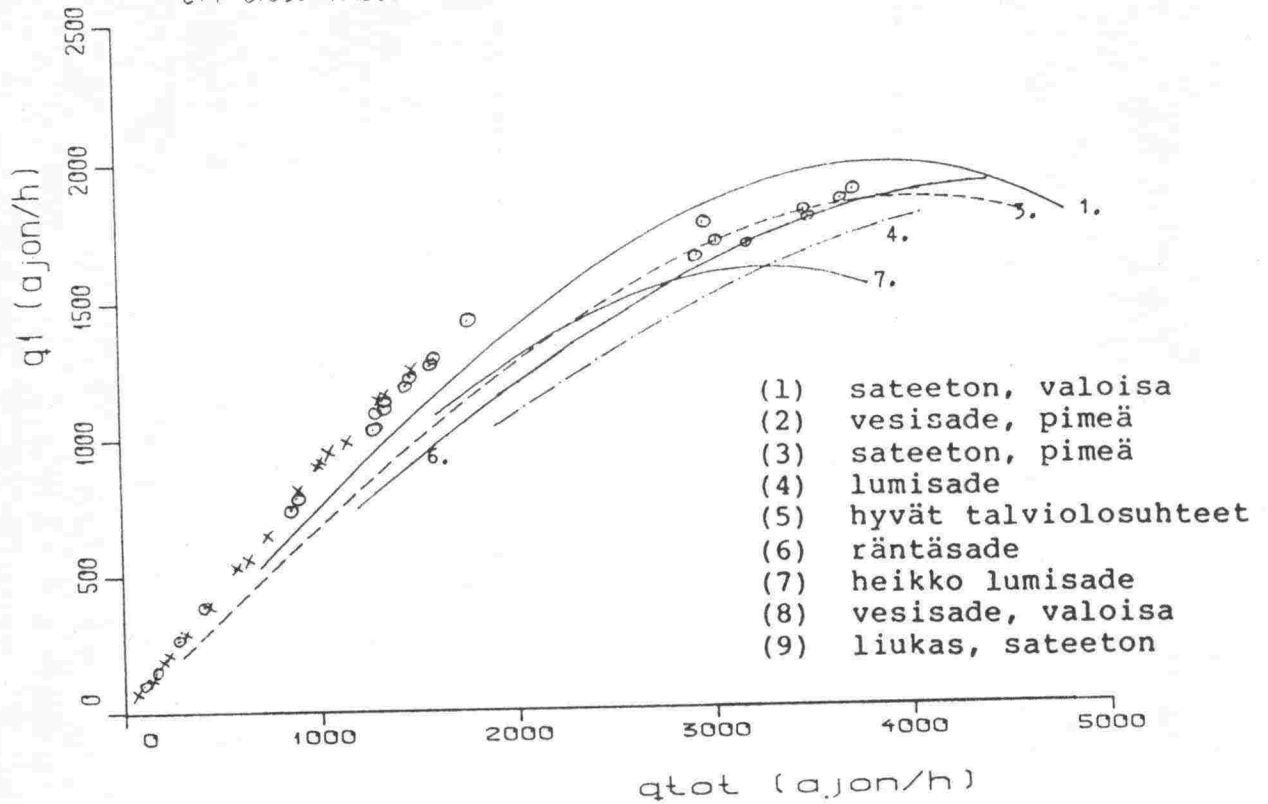
Taulukko 4.5. Kaistajakauma-analyysi (suhteelliset arvot)

$$P1 = (q1/q)100 = a0 + a1(q/1000) + a3(q/1000)^3$$

koodi	!vakio	a0!	kerr. a1	!kerr. a3!	r ²	! q:n alue	! n

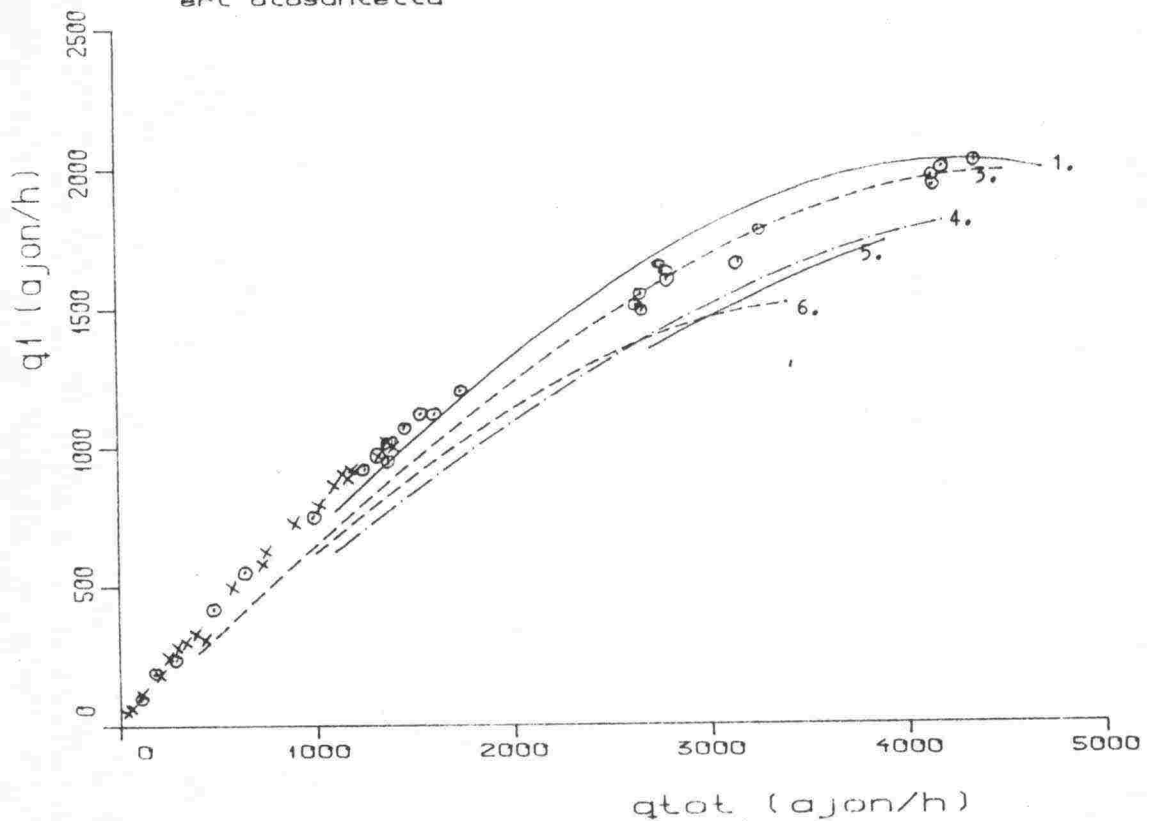
KarhHki!	!	!	!	!	!	!	!
1	!	104.06	!	-17.165	!	0.1950	!
3	!	97.64	!	-16.775	!	0.2348	!
4	!	97.99	!	-20.712	!	0.4856	!
6	!	94.57	!	-16.467	!	0.2691	!
7	!	106.98	!	-22.823	!	0.4449	!
!	!	!	!	!	!	!	!
KardJor!	!	!	!	!	!	!	!
1	!	89.33	!	-11.656	!	0.1033	!
2	!	!	!	!	!	!	!
3	!	95.57	!	-17.411	!	0.3266	!
4	!	72.39	!	-8.941	!	0.1309	!
5	!	73.36	!	-9.333	!	0.1235	!
6	!	79.32	!	-12.830	!	0.2542	!
!	!	!	!	!	!	!	!
SuviHki!	!	!	!	!	!	!	!
1	!	98.22	!	-19.817	!	0.3894	!
3	!	101.67	!	-22.598	!	0.4928	!
6	!	91.80	!	-17.863	!	0.3543	!
!	!	!	!	!	!	!	!
SuviJor!	!	!	!	!	!	!	!
1	!	96.36	!	-16.437	!	0.3538	!
3	!	99.14	!	-19.593	!	0.4249	!
4	!	89.78	!	-15.670	!	0.3719	!
5	!	91.86	!	-20.599	!	0.6179	!
!	!	!	!	!	!	!	!
SojaHki!	!	!	!	!	!	!	!
1	!	94.33	!	-21.997	!	0.7905	!
3	!	92.93	!	-21.884	!	0.8436	!
!	!	!	!	!	!	!	!
SojaJor!	!	!	!	!	!	!	!
1	!	97.32	!	-21.412	!	0.9906	!
3	!	93.07	!	-14.550	!	0.1195	!
9	!	100.14	!	-26.582	!	1.1222	!
!	!	!	!	!	!	!	!

Absoluuttiset kaistajakaumat
Karhusaari Helsinkiin
eri olosuhteissa



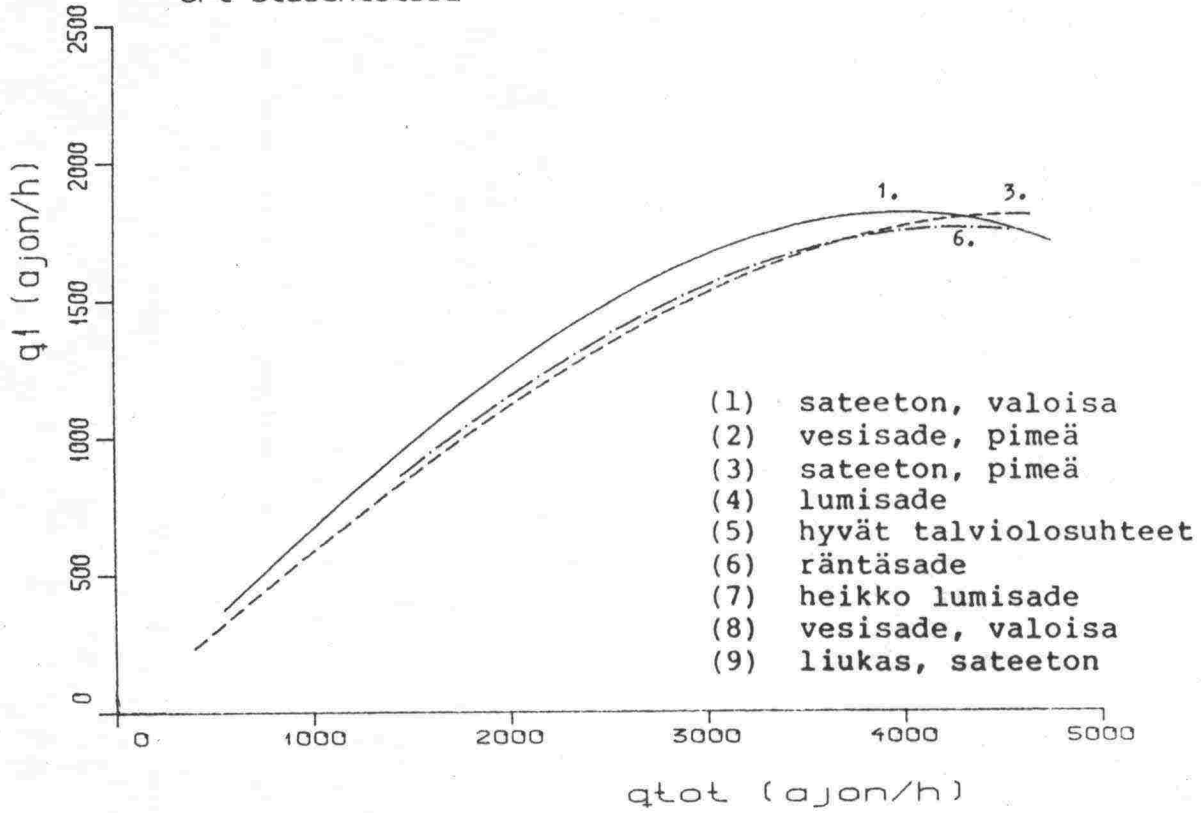
Absoluuttiset kaistajakaumat
Karhusaari Jorvukseen
eri olosuhteilla

○ arkiliikenne (ma-pe)
× sunnuntailiikenne

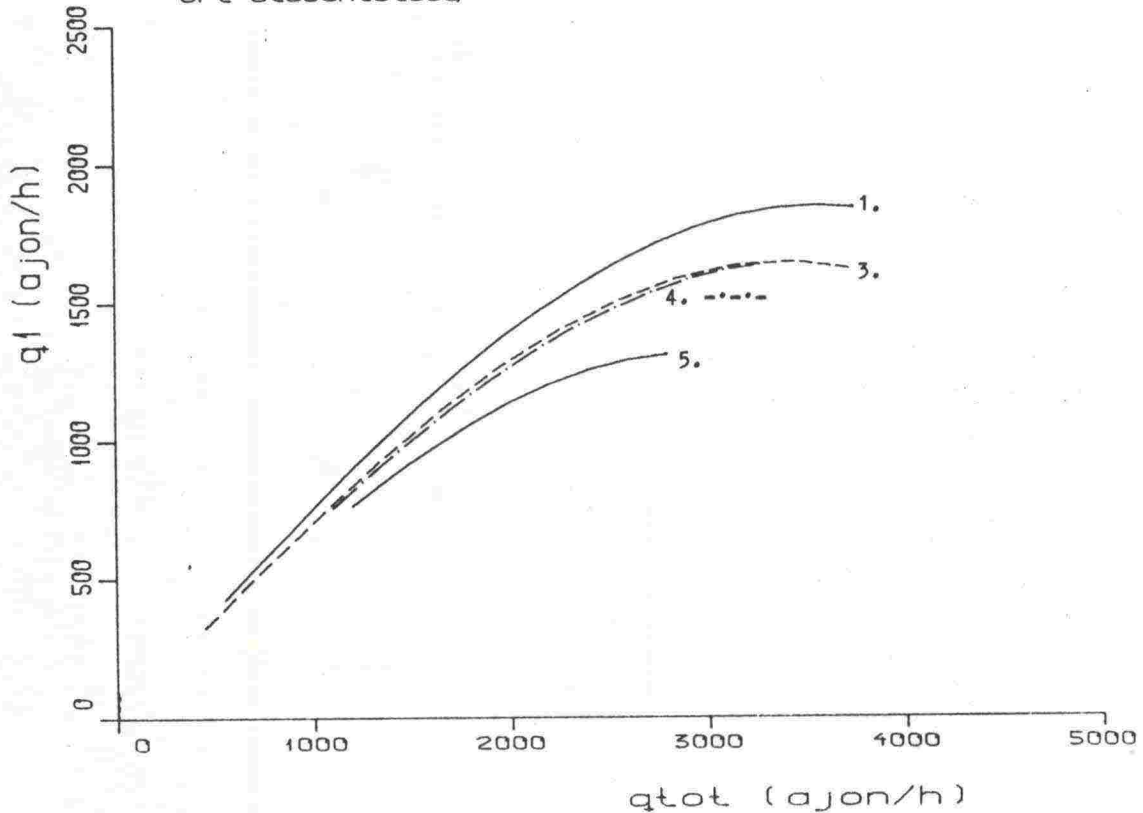


Kuva 4.7. Absoluuttiset kaistajakaumat Karhusaareissa.

Absoluuttiset kaistajakaumat
Suvikumpu Helsingin
eri olosuhteissa

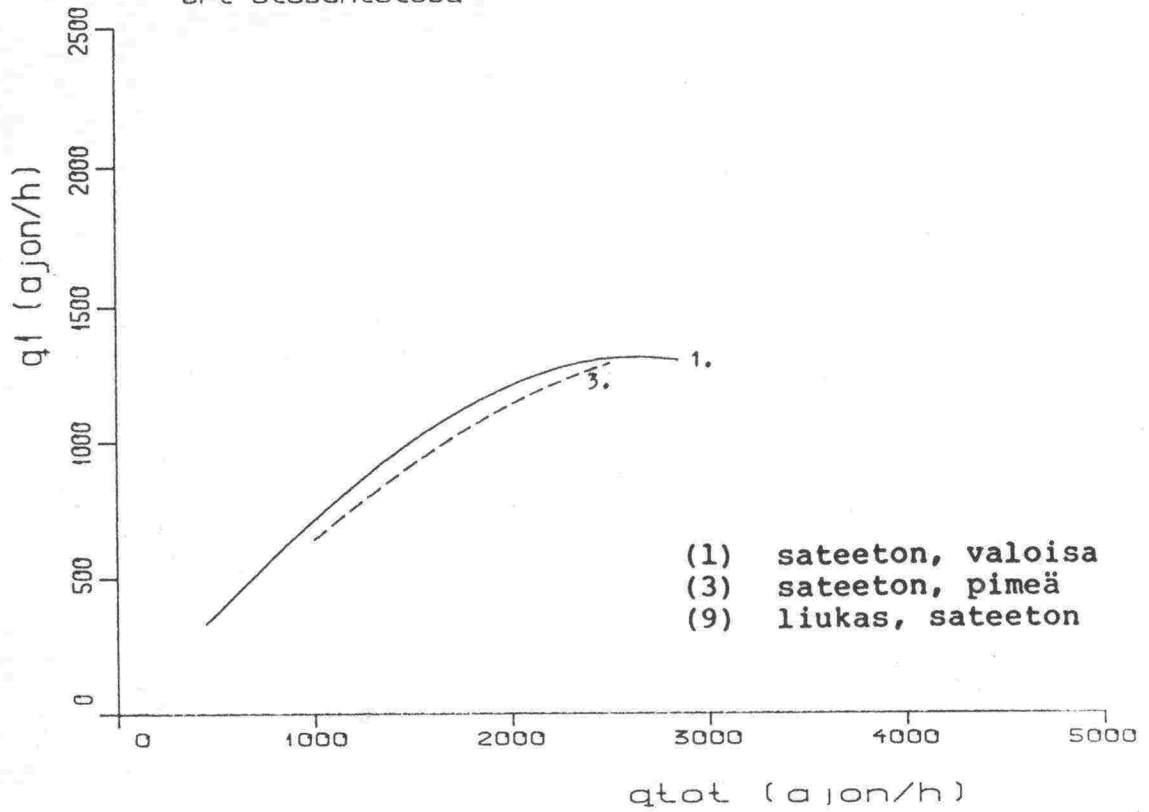


Absoluuttiset kaistajakaumat
Suvikumpu Jorvaksen
eri olosuhteissa

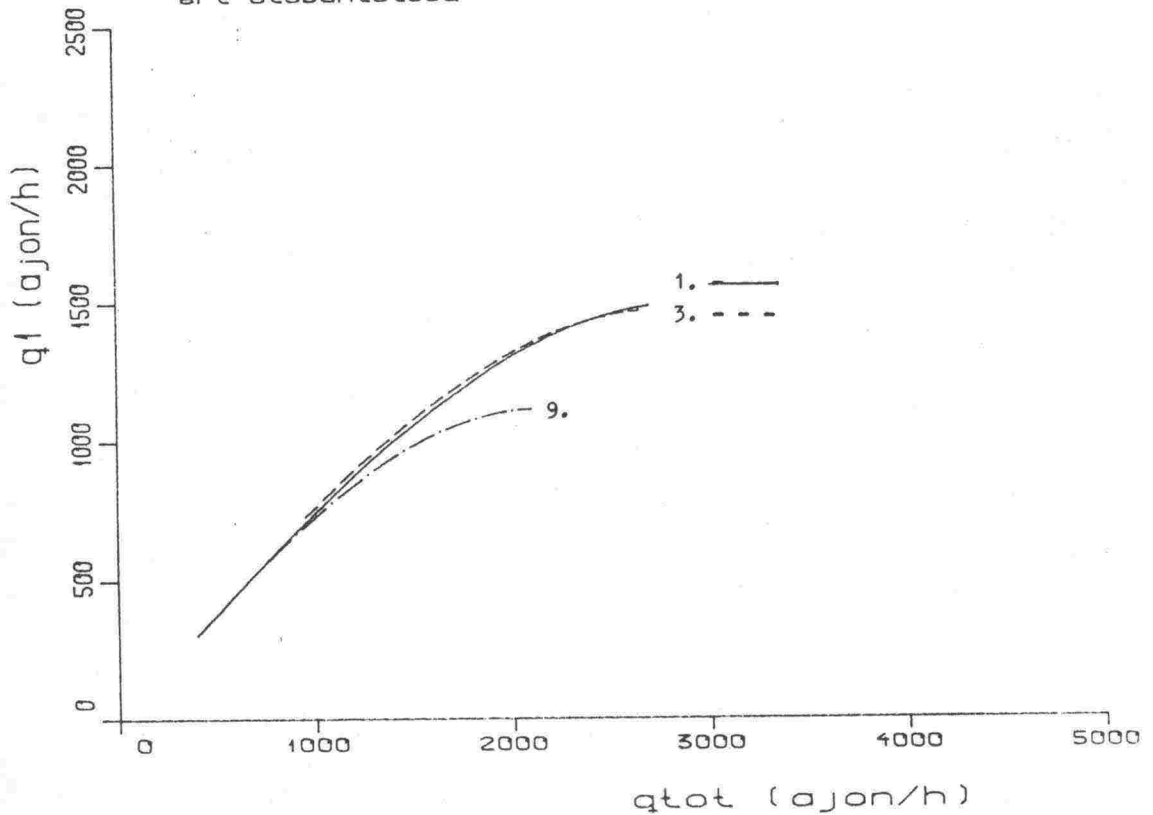


Kuva 4.8. Absoluuttiset kaistajakaumat Suvikummissa.

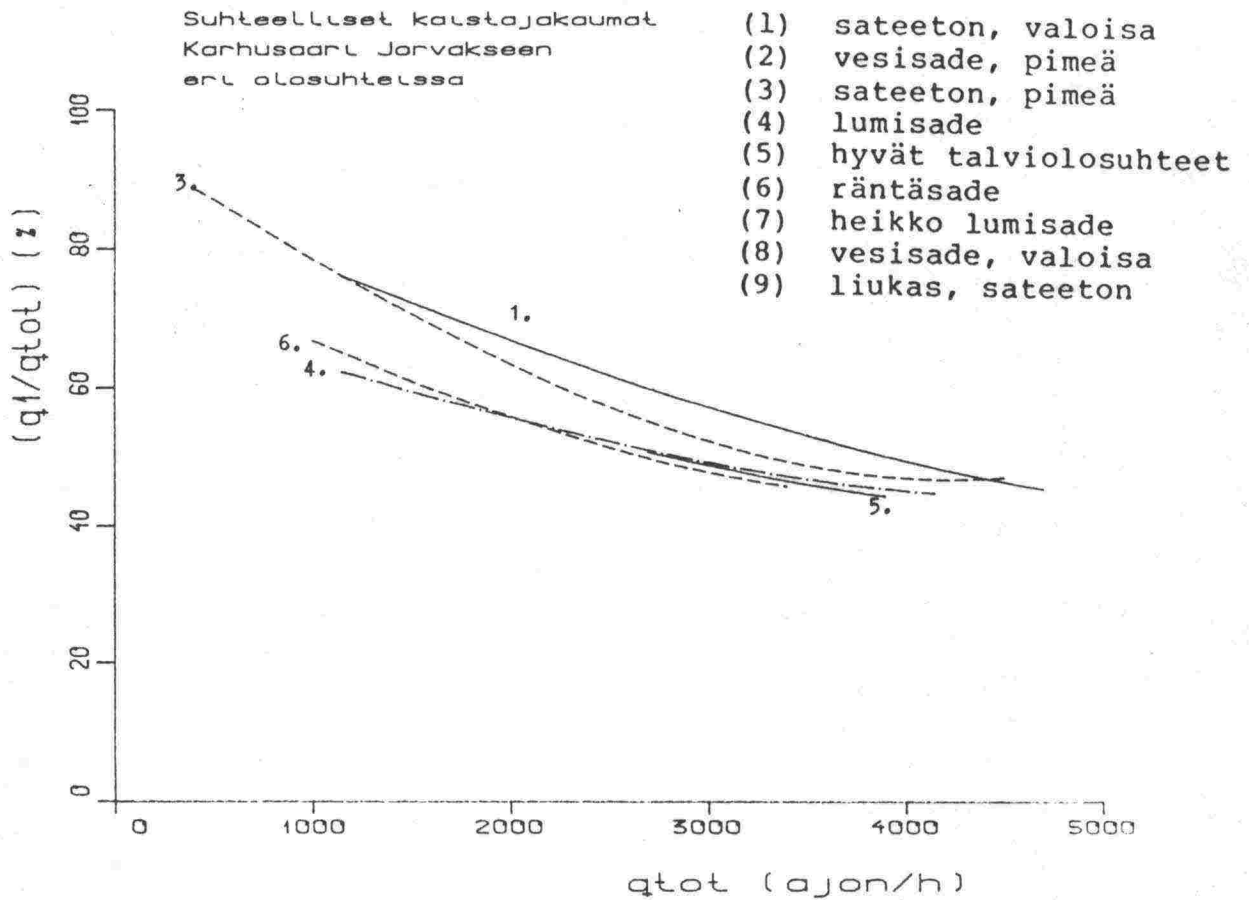
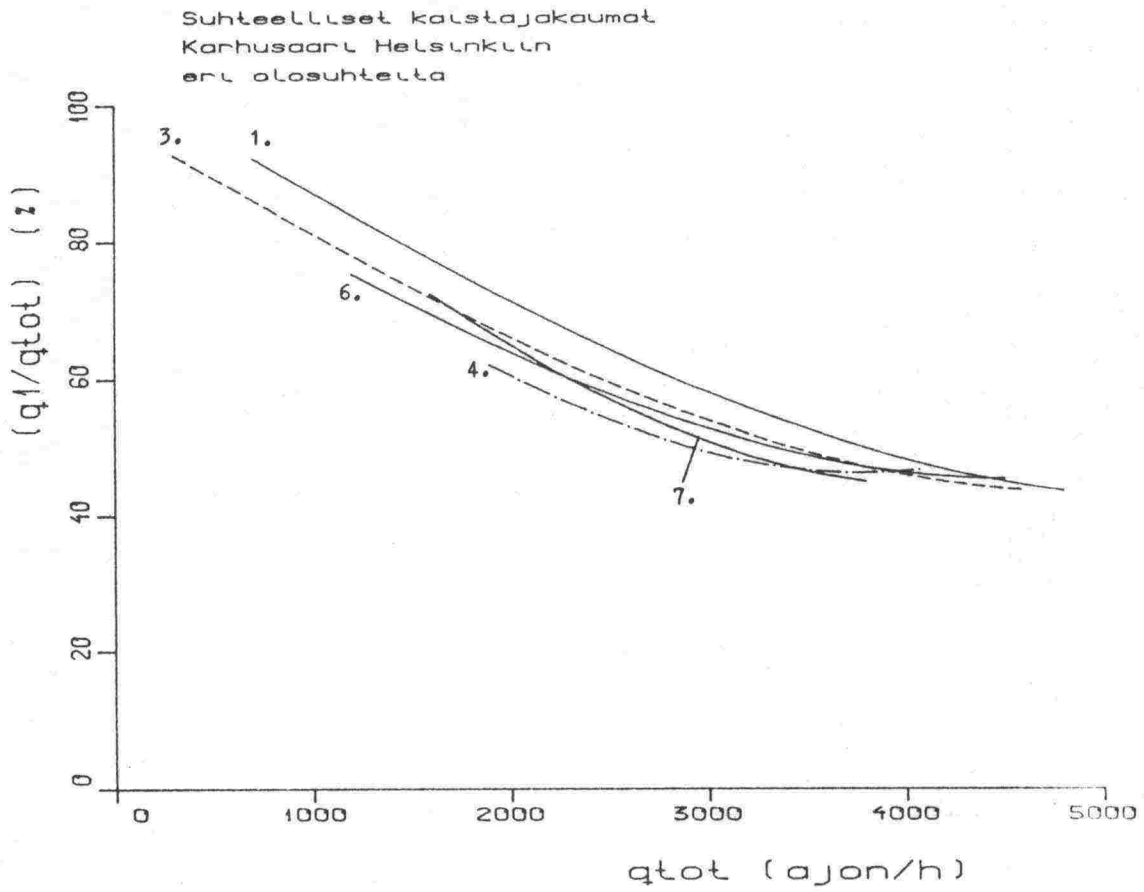
Absoluuttiset kaistajakaumat
Suomenoja Helsinkiin
eri olosuhteissa



Absoluuttiset kaistajakaumat
Suomenoja Jorvukseen
eri olosuhteissa

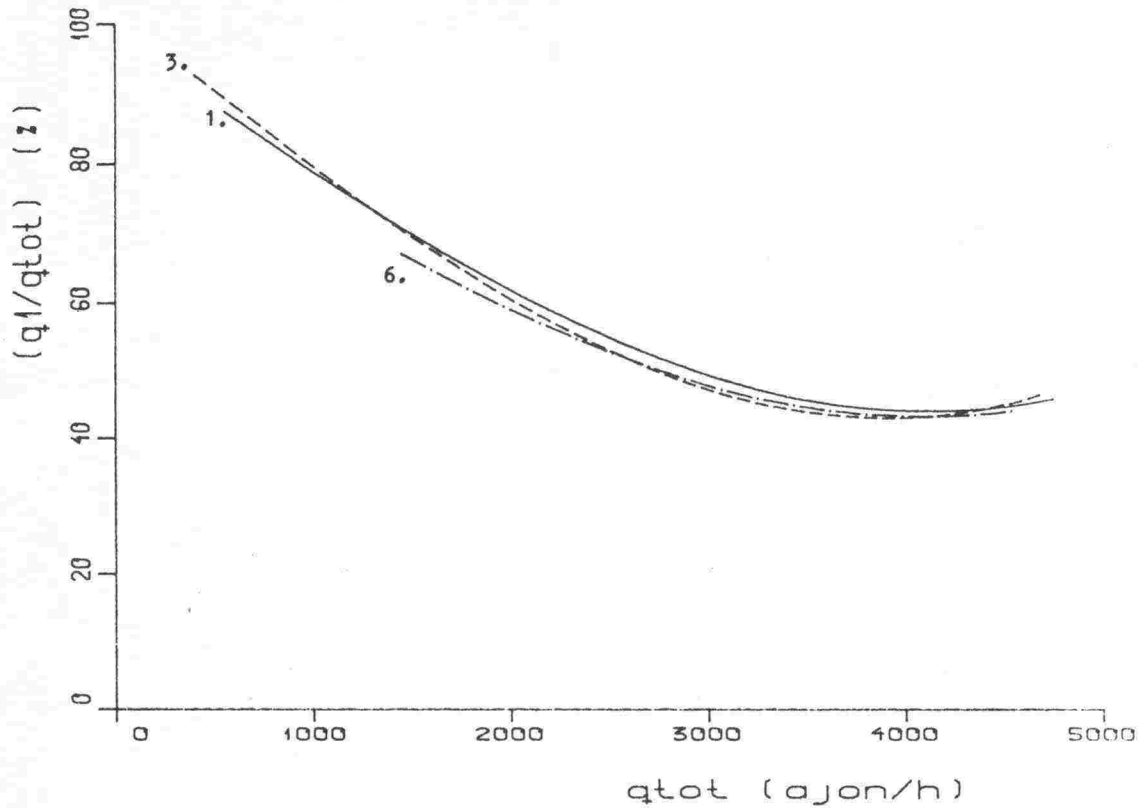


Kuva 4.9. Absoluuttiset kaistajakaumat Suomenojalla.



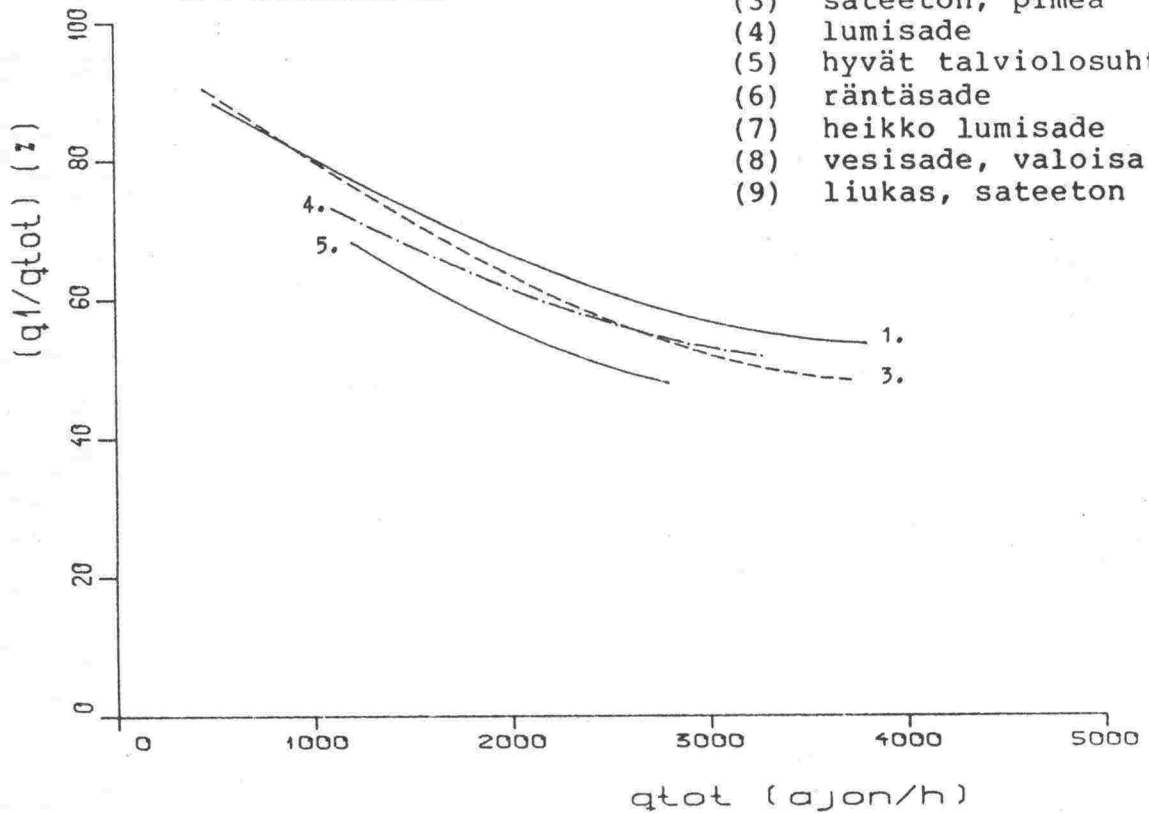
Kuva 4.10. Suhteelliset kaistajakaumat Karhusaareissa.

Suhteelliset kaistajakaumat
Suvikumpu Helsinkiin
eri olosuhteissa



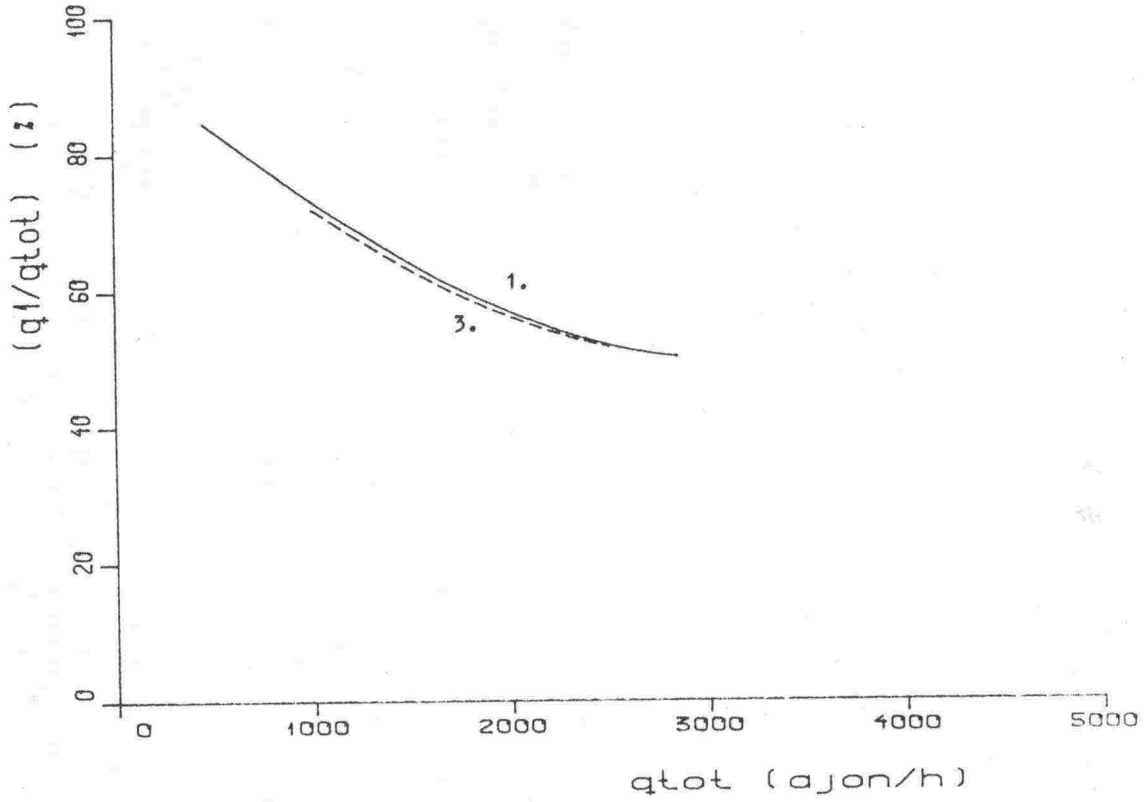
Suhteelliset kaistajakaumat
Suvikumpu Jorvaksen
eri olosuhteista

- (1) sateeton, valoisa
- (2) vesisade, pimeä
- (3) sateeton, pimeä
- (4) lumisade
- (5) hyvät talviolosuhteet
- (6) räntäsade
- (7) heikko lumisade
- (8) vesisade, valoisa
- (9) liukas, sateeton



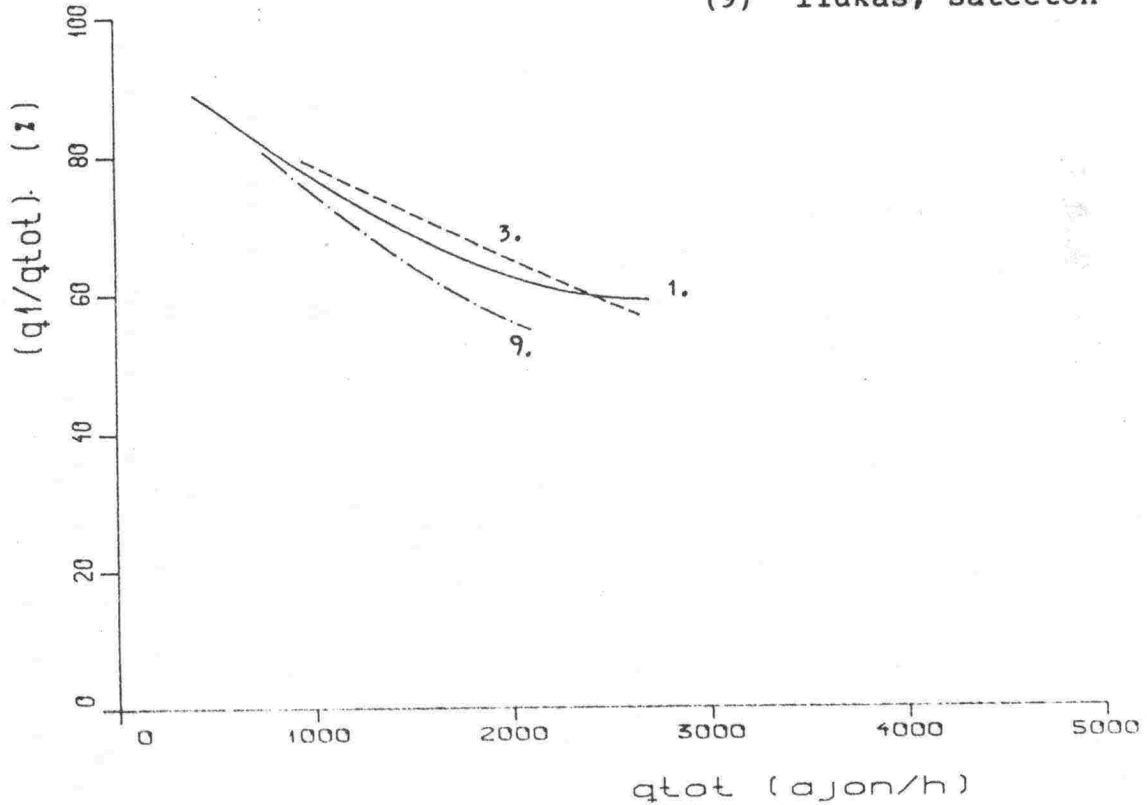
Kuva 4.11. Suhteelliset kaistajakaumat Suvikummissa.

Suhteelliset kaistajakaumat
Suomenoja Helsinkiin
eri olosuhteissa



Suhteelliset kaistajakaumat
Suomenoja Jorvukseen
eri olosuhteissa

- (1) sateeton, valoisa
- (3) sateeton, pimeä
- (9) liukas, sateeton



Kuva 4.12. Suhteelliset kaistajakaumat Suomenojalla.

Syksyllä 1983 tehtiin Karhusaassa liikennelaboratorion uudella Golden Riverin laitteistolla yksi mittaus molempiin suuntiin. Laite laski viikon ajalta tuntiliikenteet. Saaduista liikennemääristä laskettiin kaistajakaumia ja ne merkittiin kuvan 4.7 piirroksiin pisteinä. Voidaan havaita, että

- kun koko ajoradan liikennemäärä on alle 1500 ajon/h, reuna-kaistan osuus on suurempi kuin tässä (5 minuutin tietojen perusteella) saaduissa käyrissä
- kun em. liikennemäärä ylitti 2500 ajon/h, havaitut pisteet osuivat laskettujen käyrien väliin
- kokonaisliikennemääristä 1500...2500 ajon/h ei vertailu-aineistossa ole havaintoja.

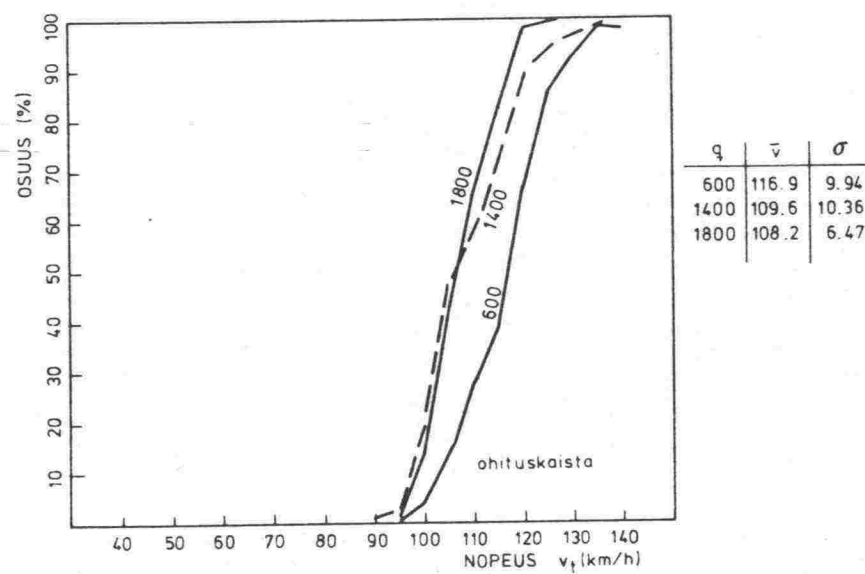
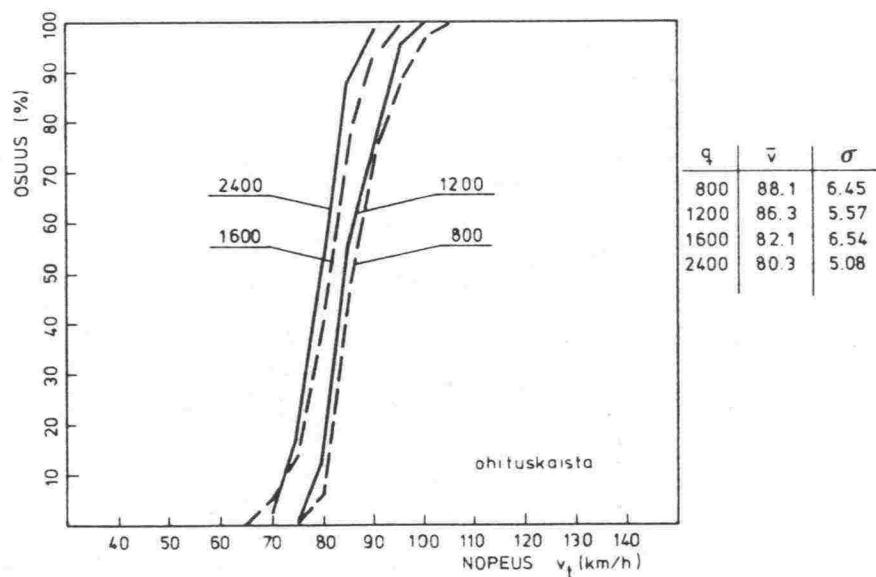
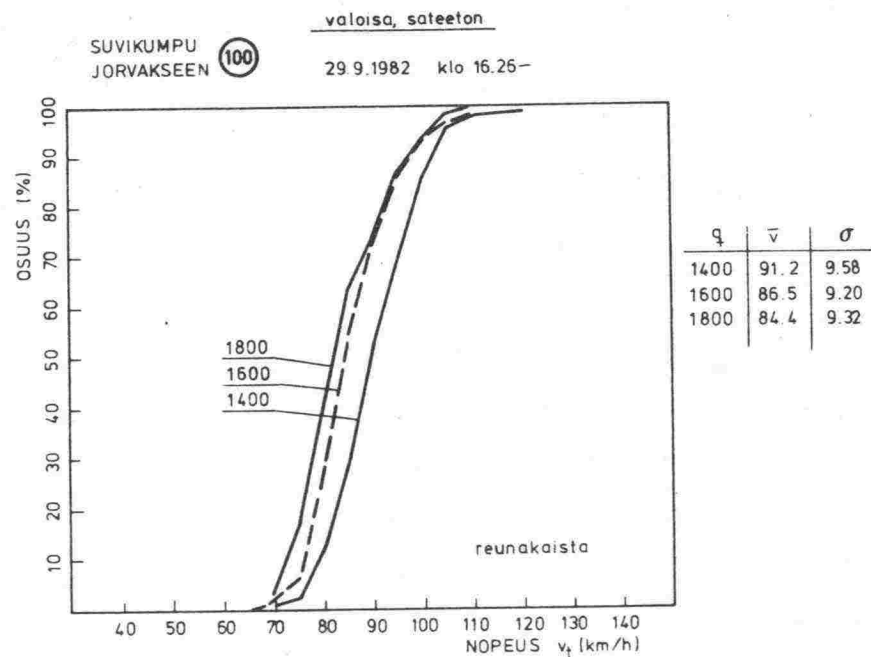
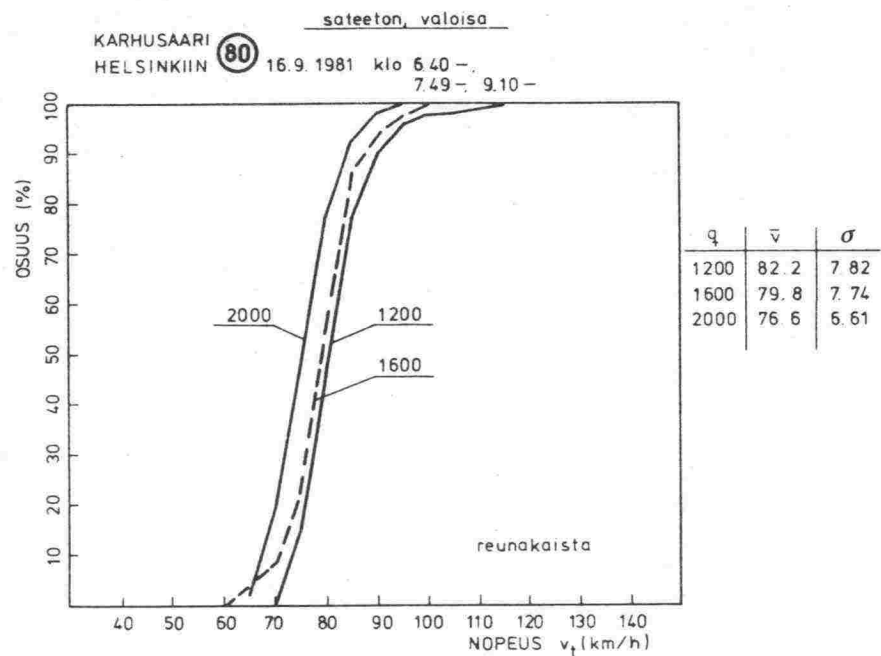
4.4 Nopeusjakaumat ja nopeuserot

4.41 Nopeusjakaumat

Kuvassa 4.13 on esimerkki liikennemäärän vaikutuksesta nopeuden aikajakaumiin. Kuvissa 4.14 ja 4.15 on esitetty esimerkkejä olosuhteiden vaikutuksesta nopeuden jakaumaan. Kuvasta 4.16 taas näkyy esimerkki nopeuden jakaumasta eri kaistoilla, kun samaan kuvaan piirretyt liikennemäärät noudattavat laskettuja kaistajakaumia.

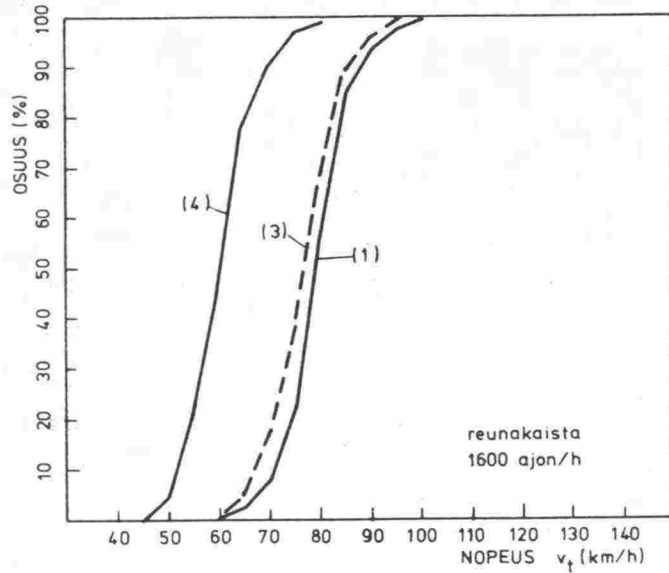
Nopeuden aikajakaumista voidaan päätellä, että

- nopeustaso yleensä laskee liikennemäärän kasvaessa ja olosuhteiden huonontuessa
- ohituskaistalla keskinopeus on suurempi kuin reunakaistalla
- ohituskaistalla ajetaan olosuhteissa 3 (pimeä, sateeton) kovempaa kuin olosuhteissa 1 (sateeton, valoisa). Erot ovat kuitenkin pienet.
- nopeusrajoituksen 80 km/h alueella reunakaistalla 20...50 % autoilijoista ajaa ylinopeutta ja ohituskaistalla 20...95 %
- nopeusrajoituksen 100 km/h alueella vastaavat luvut ovat reunakaistalla 5...15 % ja ohituskaistalla 10 ...85 %, paitsi Suvikummussa Helsinkiin 5...20 %.



Kuva 4.13. Esimerkkejä nopeuden jakaumasta eri liikennemäärillä.

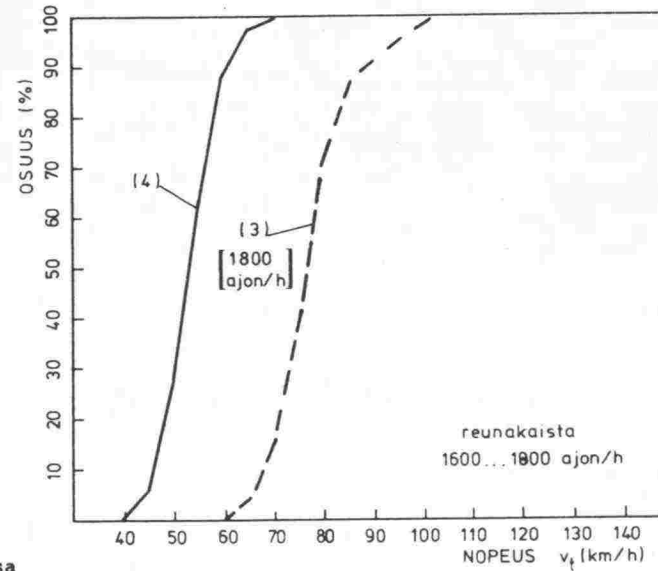
KARHUSAARI HELSINKIIN 80 eri olosuhteita



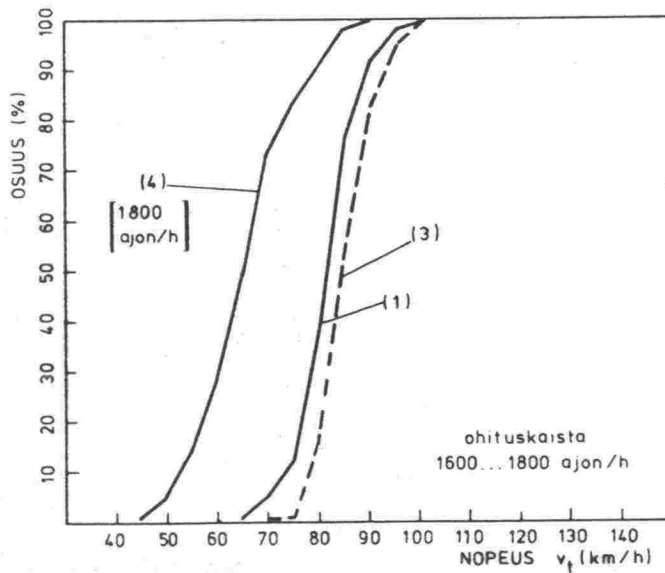
olos	\bar{v}	σ
(1)	79.8	7.74
(3)	77.6	7.98
(4)	61.5	7.60

- (1) sateeton, valoisa
- (3) sateeton, pimeä
- (4) lumisade

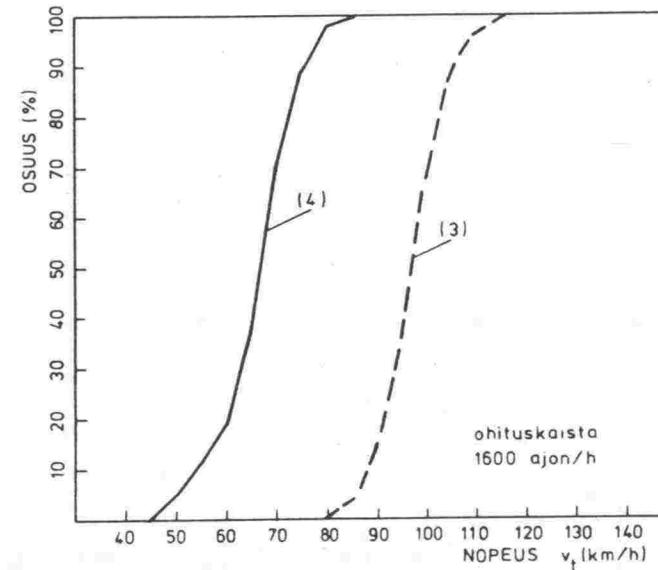
KARHUSAARI JORVAKSEEN 100 eri olosuhteita



olos	\bar{v}	σ
(3)	78.2	8.57
(4)	54.2	6.97



olos	\bar{v}	σ
(1)	82.1	6.54
(3)	86.1	5.52
(4)	66.1	9.49

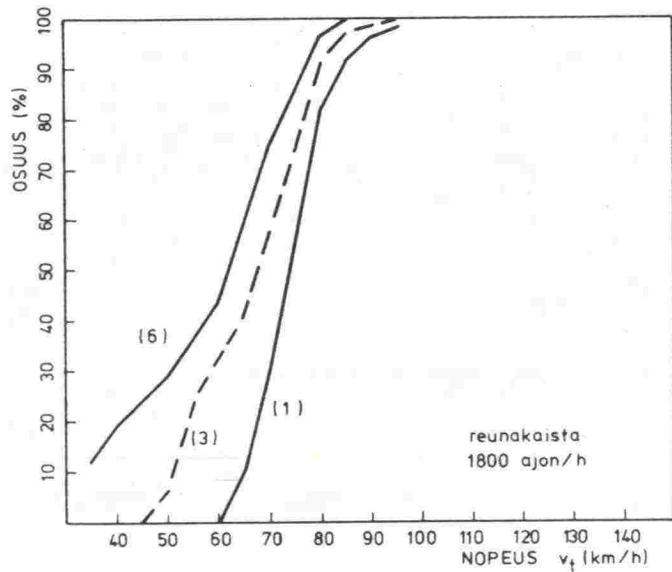


olos	\bar{v}	σ
(3)	98.0	7.07
(4)	66.6	7.95

Kuva 4.14. Esimerkkejä nopeuden jakaumasta eri olosuhteissa (Karhusaari).

SUVIKUMPU
HELSINKIIN (100)

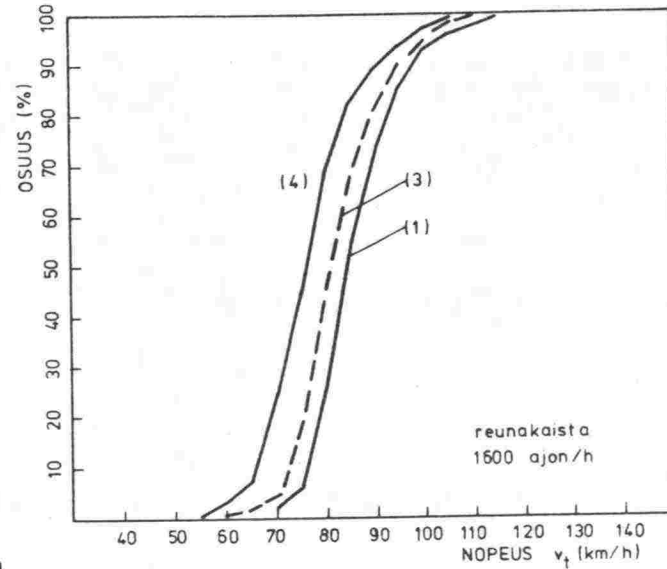
eri olosuhteita



olos	\bar{v}	σ
(1)	74.8	7.68
(3)	67.0	11.47
(6)	58.9	16.00

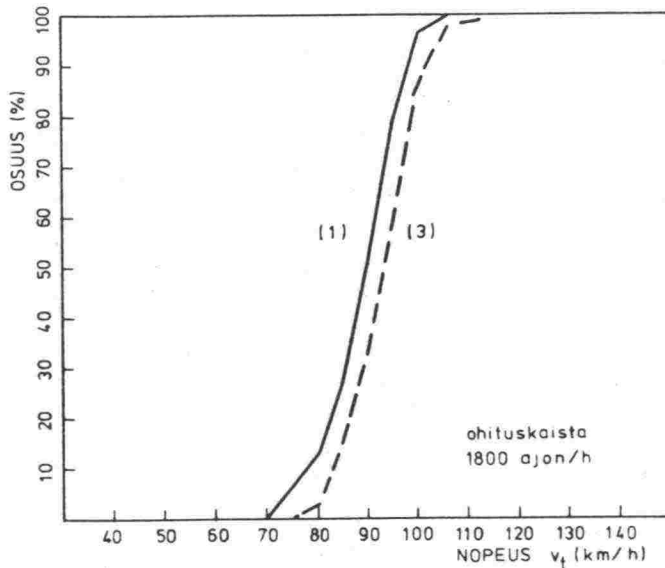
SUVIKUMPU
JORVAKSEEN (100)

eri olosuhteita

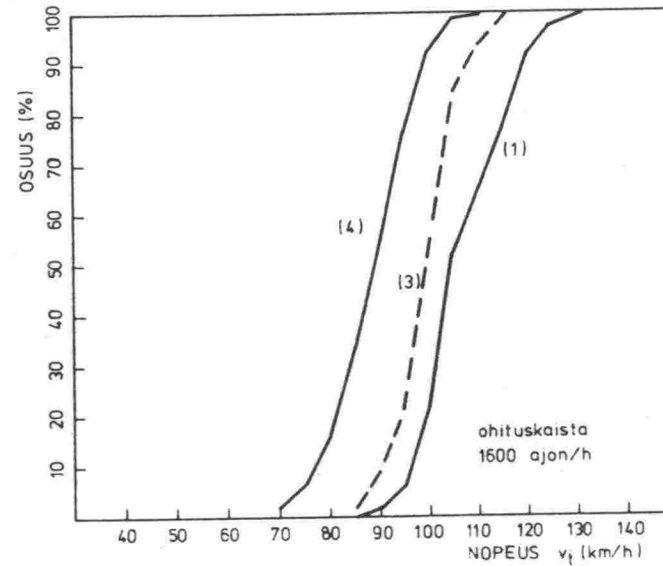


olos	\bar{v}	σ
(1)	86.5	9.20
(3)	83.3	9.41
(4)	77.7	10.44

- (1) sateeton, valoisa
- (3) sateeton, pimeä
- (4) lumisade
- (6) räntäsade

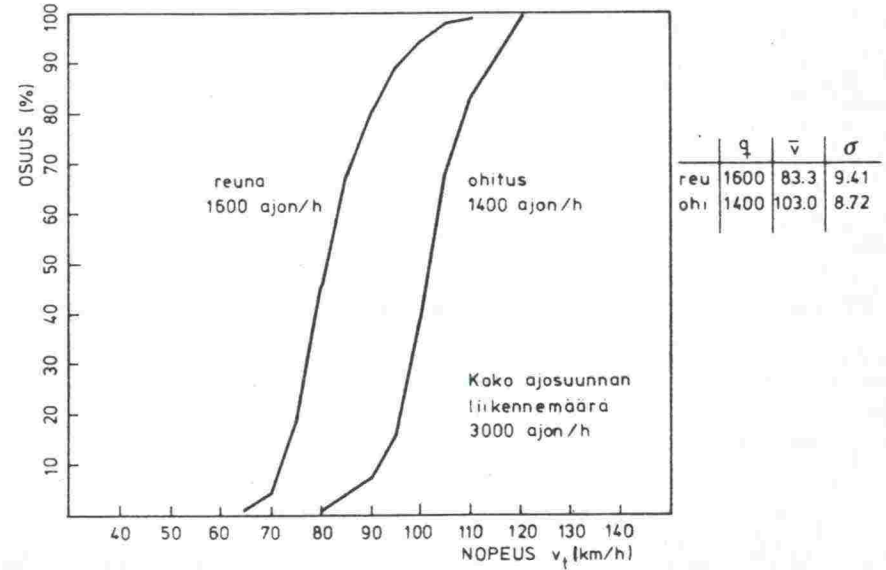
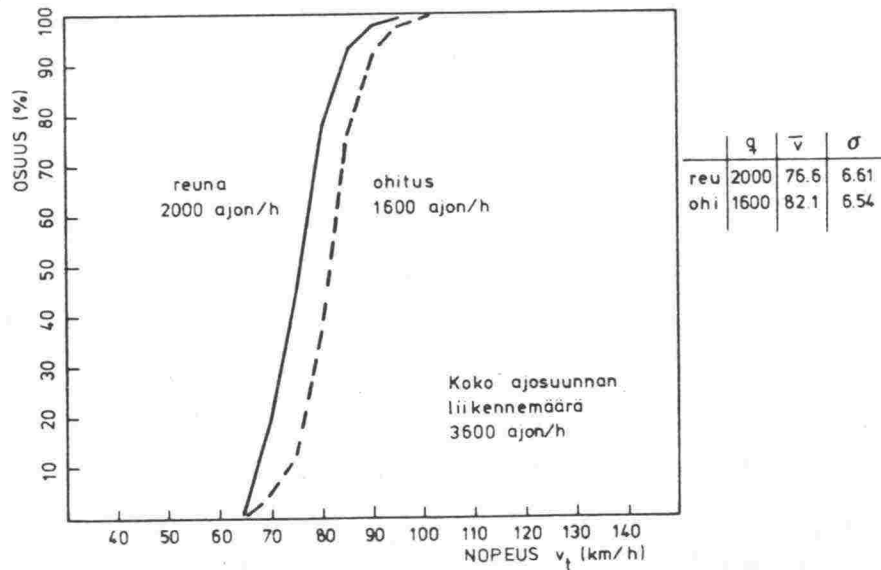
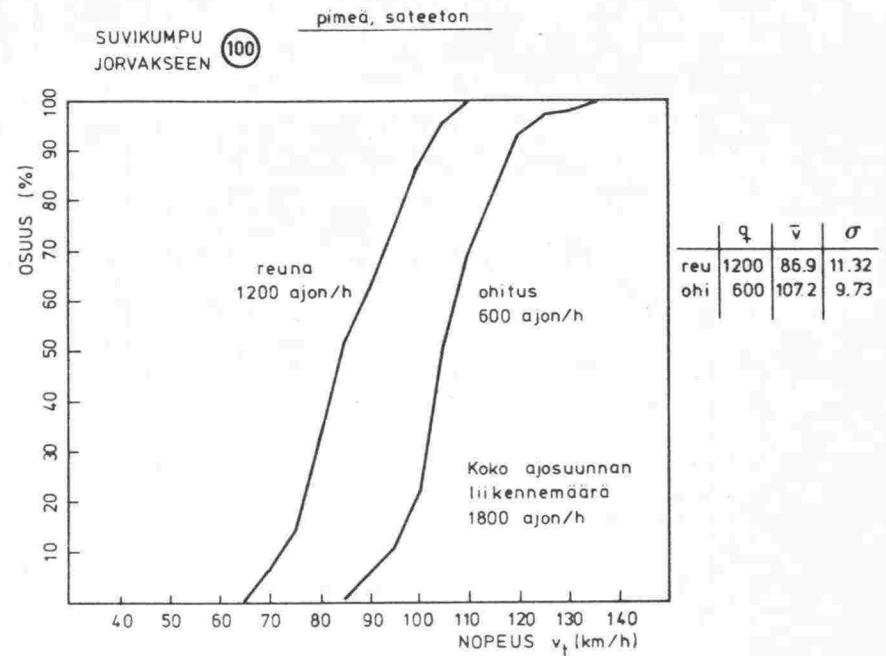
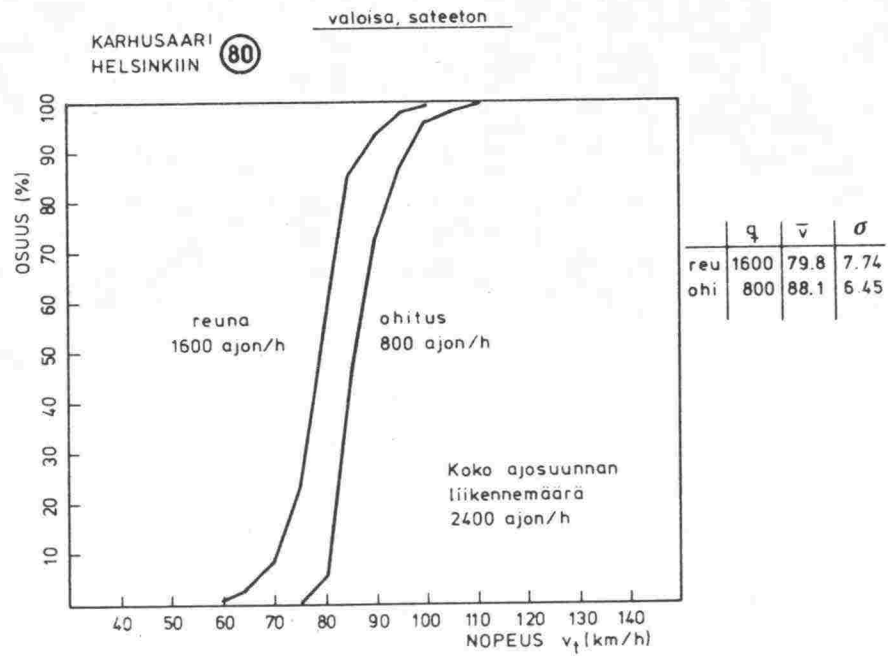


olos	\bar{v}	σ
(1)	89.4	7.58
(3)	93.8	7.25
(6)	—	—



olos	\bar{v}	σ
(1)	107.8	9.06
(3)	100.3	6.63
(4)	89.5	8.70

Kuva 4.15. Esimerkkejä nopeuden jakaumasta eri olosuhteissa (Suvikumpu).



Kuva 4.16. Esimerkkejä nopeuden jakaumasta eri kaistoilla samanaikaisesti.

4.42 Kaistojen keskinopeuserot

Kaistojen keskinopeuserot (5 minuutin keskinopeus ohituskais-talla miinus keskinopeus reunakaistalla) noudattavat suoravii-vaisia malleja liikennemäärään nähden. Suoritettujen analyysien tulokset on esitetty kuvissa 4.17...4.19 ja taulukossa 4.6.

Kuvat ja mallit osoittavat, että

- kaistojen keskinopeusero on pienillä liikennemäärillä suu-rempi kuin nopeus-tiheys-malleilla laskien. Ero johtuu mallien sovitustekniikan ja mallimuotojen erosta.
- ero kasvaa nopeusrajoituksen noustessa
- ero saattaa kasvaa myös olosuhteiden heikentyessä (Suvi-kumpu Helsinkiin)
- nopeusrajoituksen 80 km/h (Karhusaari Helsinkiin) alueella ero on noin 10 km/h pienillä ja noin 5 km/h suurilla lii-kennemäärillä
- nopeusrajoituksen 100 km/h (Karhusaari Jorvakseen ja Suvi-kumpu molempiin suuntiin) alueella ero on noin 15 km/h, mutta saattaa huonoissa oloissa laskea jopa arvoon 5 km/h
- nopeusrajoituksen 120 km/h (Suomenoja molempiin suuntiin) alueella ero on 15...25 km/h.

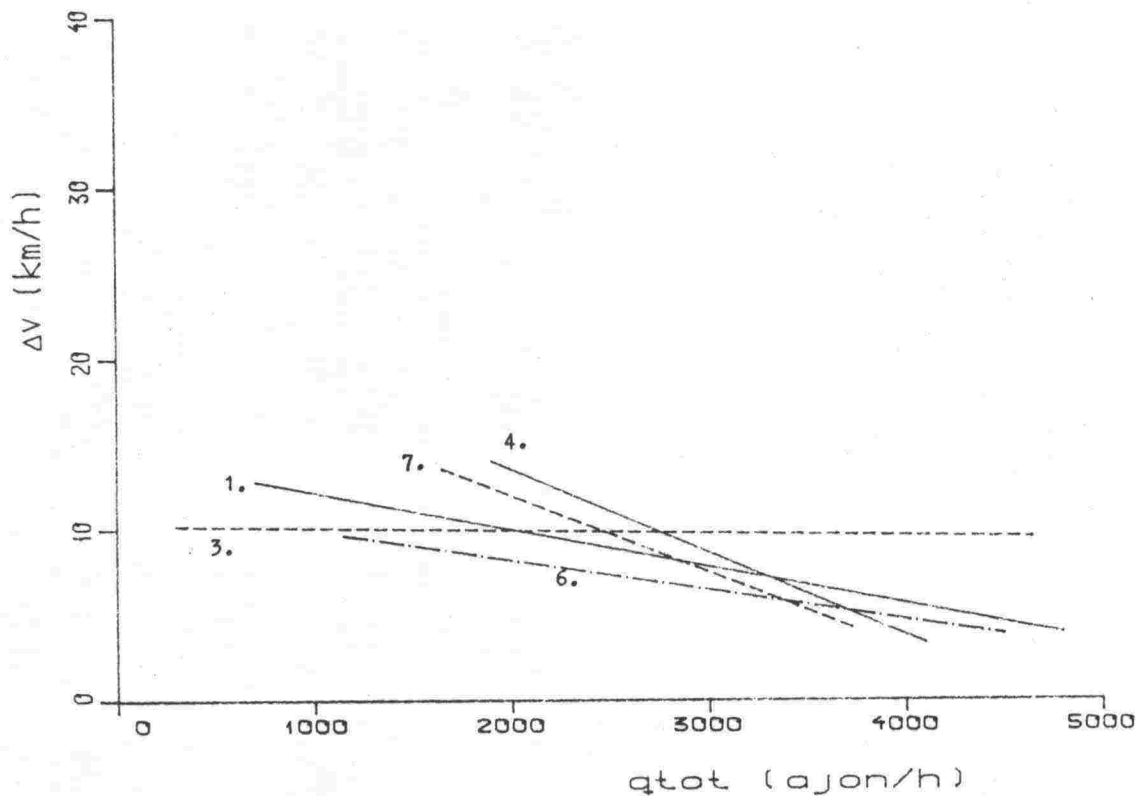
Taulukko 4.6. Kaistojen välinen keskinopeusero koko ajoradan liikennemäärän funktiona.

$$\Delta v = v(\text{ohi}) - v(\text{reu}) = a_0 + a_1 q_{\text{tot}}$$

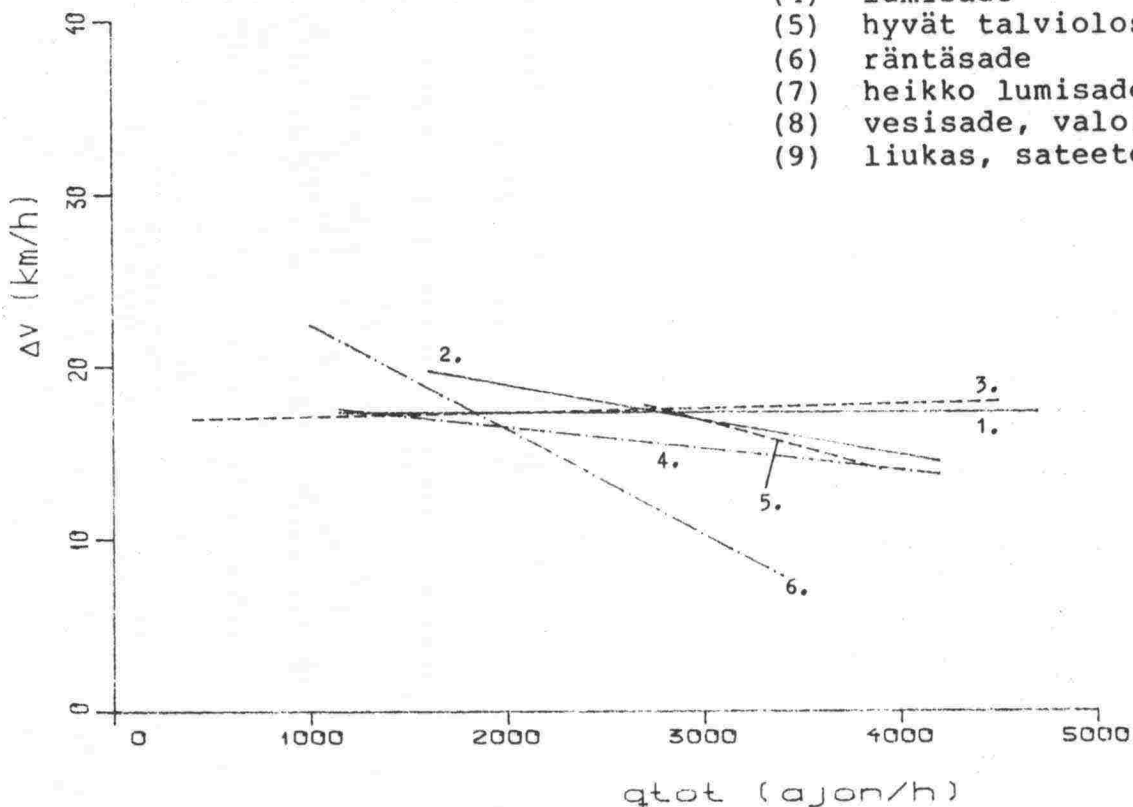
koodi	a0	a1	r ²	!q:n vaiht.	n	kuva
KarhHki						4.11
1	14.298	-0.00216	0.407	708-4824	151	
3	10.248	-0.00016	0.002	312-4632	39	
4	23.203	-0.00485	0.669	1884-4092	14	
6	11.630	-0.00173	0.130	1176-4524	25	
7	20.913	-0.00448	0.435	1644-3756	21	
KarhJor						4.11
1	17.342	0.0	0.0	1152-4704	83	
2	23.047	-0.00206	0.466	1584-4224	21	
3	16.862	0.00024	0.016	384-4512	63	
4	18.953	-0.00126	0.057	1140-4200	62	
5	26.315	-0.00317	0.513	2712-3924	12	
6	28.485	-0.00608	0.693	1020-3420	25	
SuviHki						4.12
1	16.034	-0.00164	0.118	552-4728	110	
3	16.745	-0.00045	0.047	396-4668	25	
6	25.635	-0.00445	0.571	1452-4524	22	
SuviJor						4.12
1	13.681	-0.00042	0.007	540-3780	103	
3	13.397	0.00163	0.168	456-3732	46	
4	19.282	-0.00139	0.245	1104-3312	24	
5	20.472	-0.00156	0.141	1224-2808	14	
SojaHki						4.13
1	19.842	0.00019	0.001	468-2856	84	
3	11.411	0.00297	0.218	1020-2520	14	
SojaJor						4.13
1	20.621	-0.00047	0.004	420-2712	81	
3	17.443	0.00340	0.264	936-2676	20	
9	19.235	0.00051	0.003	756-2112	21	

- (1) sateeton, valoisa
- (2) vesisade, pimeä
- (3) sateeton, pimeä
- (4) lumisade
- (5) hyvät talviolosuhteet
- (6) räntäsade
- (7) heikko lumisade
- (8) vesisade, valoisa
- (9) liukas, sateeton

Kaistojen keskinopeusero
Karhusaari Helsinkiin
erit olosuhteissa



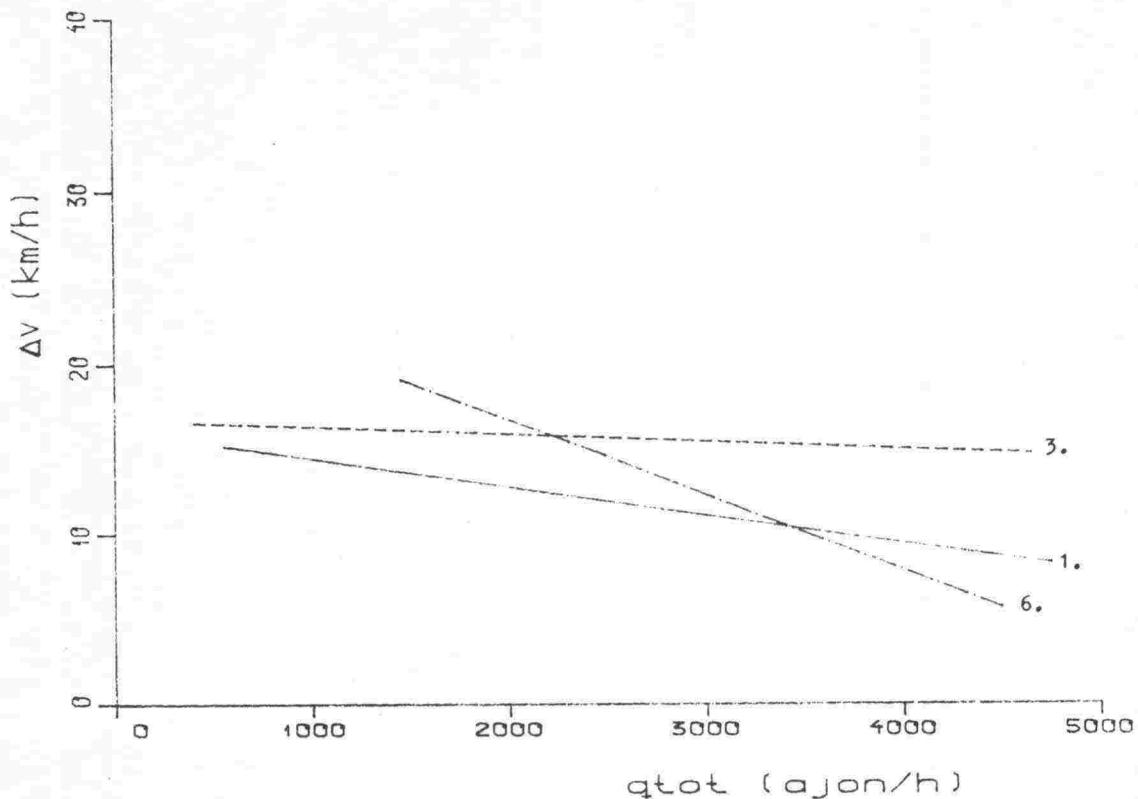
Kaistojen keskinopeusero
Karhusaari Jorvaksen
erit olosuhteissa



- (1) sateeton, valoisa
- (2) vesisade, pimeä
- (3) sateeton, pimeä
- (4) lumisade
- (5) hyvät talviolosuhteet
- (6) räntäsade
- (7) heikko lumisade
- (8) vesisade, valoisa
- (9) liukas, sateeton

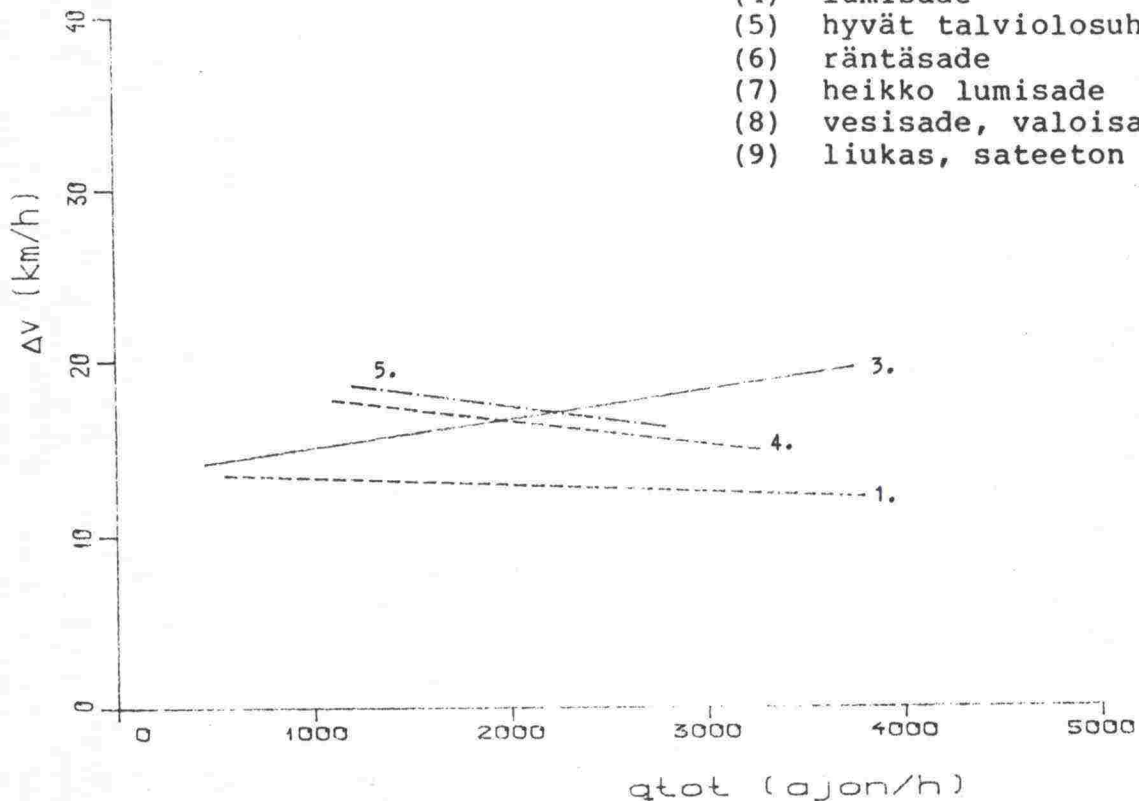
Kuva 4.17. Kaistojen keskinopeusero Karhusaarella.

Kaistojen keskinopeusero
Suvikumpu Helsinkiin
eri olosuhteissa



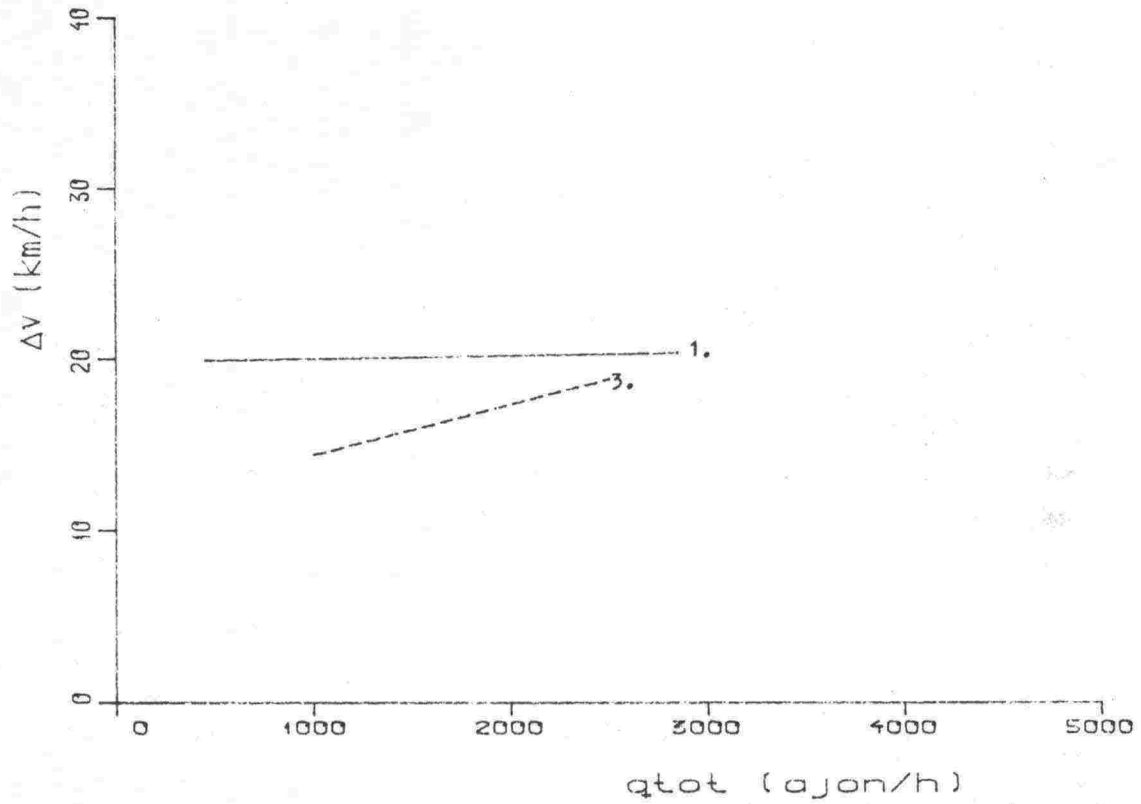
Kaistojen keskinopeusero
Suvikumpu Jorvaksen
eri olosuhteissa

- (1) sateeton, valoisa
- (2) vesisade, pimeä
- (3) sateeton, pimeä
- (4) lumisade
- (5) hyvät talviolosuhteet
- (6) räntäsade
- (7) heikko lumisade
- (8) vesisade, valoisa
- (9) liukas, sateeton



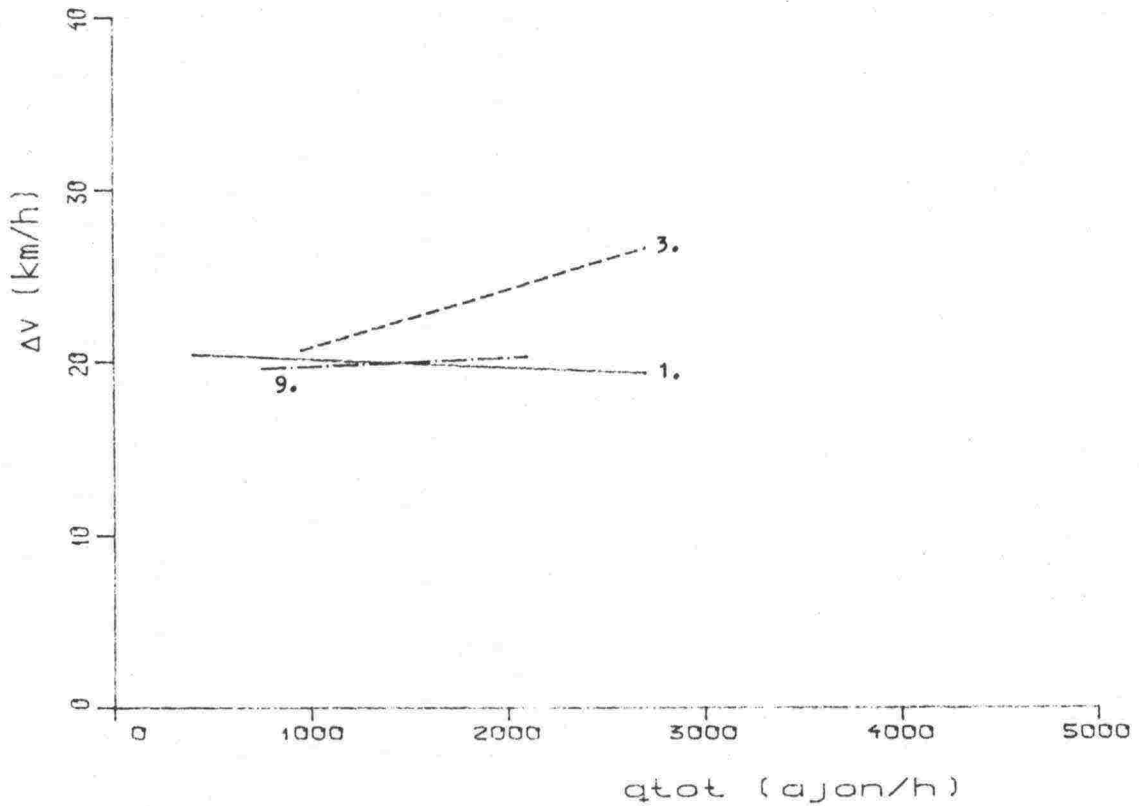
Kuva 4.18. Kaistojen keskinopeusero Suvikummissa.

Kaistojen keskinopeusero
Suomenoja Helsinkiin
eri olosuhteissa



Kaistojen keskinopeusero
Suomenoja Jorvaksen
eri olosuhteissa

- (1) sateeton, valoisa
- (3) sateeton, pimeä
- (9) liukas, sateeton



Kuva 4.19. Kaistojen keskinopeusero Suomenojalla.

4.43 Nopeuden hajonnat kaistoittain

Kun tehtiin kaistoittain regressioanalyysi nopeuden hajonnan ja liikennemäärän riippuvaisuudesta, saatiin kuvien 4.20... 4.22 mukaisia regressiosuoria. Käyrien parametrit on esitetty taulukossa 4.7, jossa on myös piirtämättä jätettyjen suorien parametreja.

Kuvista voidaan havaita, että

- pääsääntöisesti hajonnat pienenevät liikennemäärän kasvaessa ja olosuhteiden huonontuessa (valoisa + sateeton -> pimeä + sateeton -> lumi- tai räntäsade)
- ohituskaistalla hajonnat ovat pienempiä kuin reunakaistalla
- reunakaistalla hajonnan suuruusluokka on 6...12 km/h Karhusaarella ja Suvikummissa (nopeusrajoitus 80 tai 100 km/h) ja 10...16 km/h Suomenojalla (120 km/h)
- ohituskaistalla hajonnan suuruusluokka on vastaavasti 6...10 km/h tai 8...14 km/h.

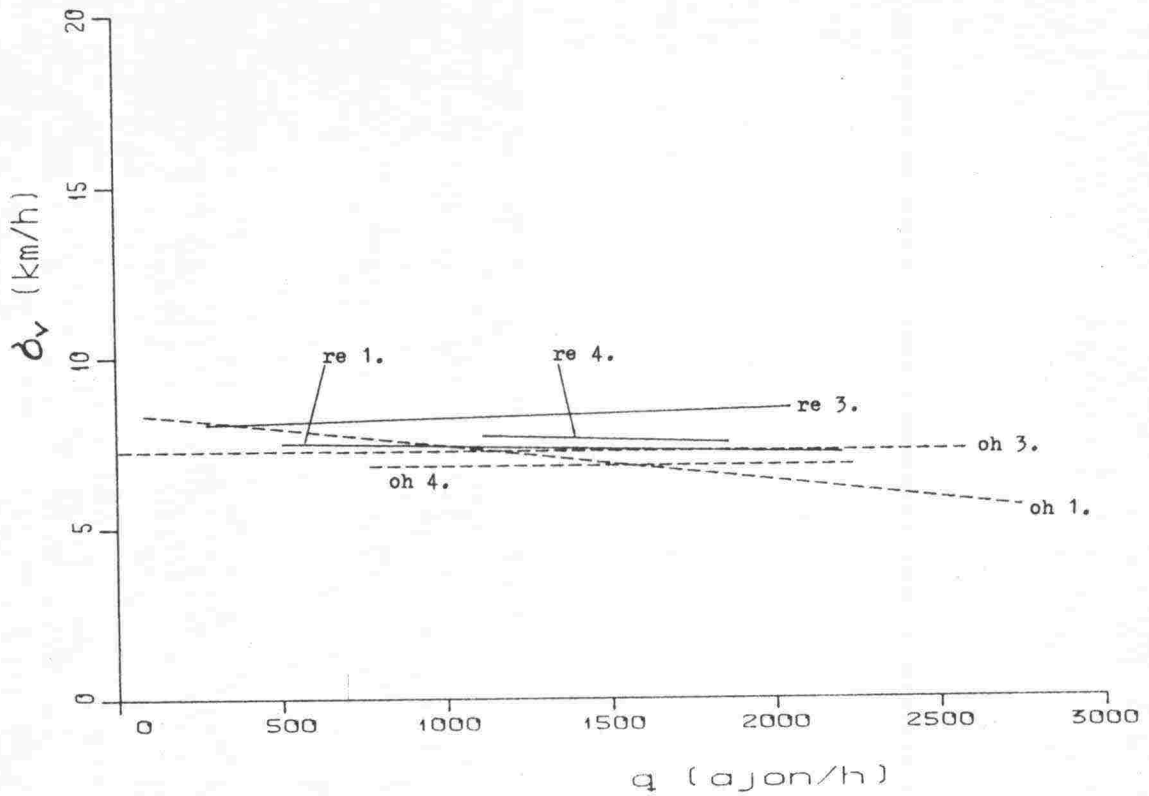
Taulukko 4.7. Nopeuksien hajonnan regressiosuorat.

$$\xi(v) = a_0 + a_1 q$$

koodi	vakio a ₀	kerroin a ₁	r ²	q:n alue	n
KarhHki!					
re 1	7.57	-0.00020	0.003	504-2208	151
oh 1	8.42	-0.00104	0.104	84-2748	151
re 3	7.99	0.00025	0.008	276-2052	39
oh 3	7.24	-0.00001	0.000	12-2580	39
re 4	8.04	-0.00031	0.003	1116-1860	14
oh 4	6.80	0.00000	0.000	768-2244	14
re 6	7.25	0.00124	0.014	792-2100	25
oh 6	5.72	0.00118	0.067	384-2496	25
re 7	5.17	0.00260	0.023	1104-1728	21
oh 7	7.15	0.00050	0.005	396-2028	21
KarhJor!					
re 1	13.49	-0.00241	0.332	852-2184	83
oh 1	9.22	-0.00094	0.107	228-2568	83
re 3	12.90	-0.00257	0.526	360-2172	63
oh 3	9.08	-0.00092	0.117	24-2460	63
re 4	11.65	-0.00261	0.146	756-2016	62
oh 4	9.59	-0.00153	0.248	384-2376	62
re 5	13.84	-0.00430	0.228	1332-1836	12
oh 5	7.79	-0.00057	0.063	1368-2340	12
re 6	16.61	-0.00756	0.452	660-1608	25
oh 6	11.10	-0.00305	0.448	360-1836	25
SuviHki!					
re 1	11.41	-0.00126	0.099	528-2088	110
oh 1	8.97	-0.00001	0.000	48-2640	110
re 3	12.59	-0.00290	0.608	384-2052	25
oh 3	8.25	-0.00049	0.020	12-2612	25
re 6	13.15	-0.00301	0.149	996-1860	22
oh 6	6.59	+0.00110	0.120	456-2664	22
SuviJor!					
re 1	13.35	-0.00221	0.203	456-2064	103
oh 1	10.51	-0.00249	0.175	72-1860	103
re 3	12.60	-0.00232	0.307	372-1824	46
oh 3	11.00	-0.00246	0.383	36-1908	46
re 4	15.06	-0.00361	0.379	792-1740	24
oh 4	9.05	-0.00105	0.158	300-1632	24
re 5	18.84	-0.00809	0.479	828-1344	14
oh 5	9.24	-0.00084	0.052	396-1476	14
SojaHki!					
re 1	17.30	-0.00494	0.514	324-1392	84
oh 1	13.82	-0.00387	0.217	24-1536	84
re 3	15.13	-0.00424	0.215	720-1368	14
oh 3	14.96	-0.00479	0.287	300-1368	14
SojaJor!					
re 1	14.50	-0.00068	0.024	348-1584	81
oh 1	13.53	-0.00389	0.141	36-1176	81
re 3	14.15	-0.00178	0.101	744-1488	20
oh 3	12.83	-0.00335	0.142	192-1188	20
re 9	16.99	-0.00560	0.349	600-1188	21
oh 9	10.64	-0.00131	0.059	120- 924	21

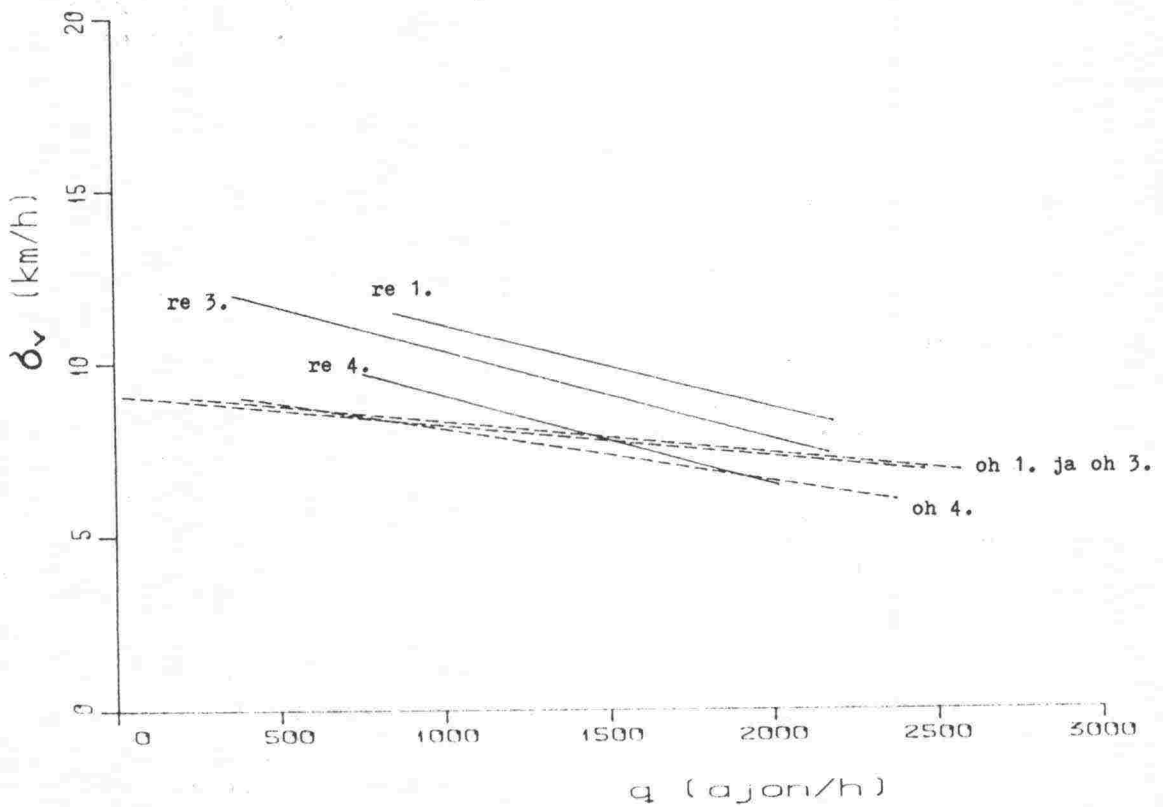
- (1) sateeton, valoisa
- (2) vesisade, pimeä
- (3) sateeton, pimeä
- (4) lumisade
- (5) hyvät talviolosuhteet
- (6) räntäsade
- (7) heikko lumisade
- (8) vesisade, valoisa
- (9) liukas, sateeton

Nopeuden hajonta
 Karhusaari Helsinkiin
 eri olosuhteissa ja kaistalla



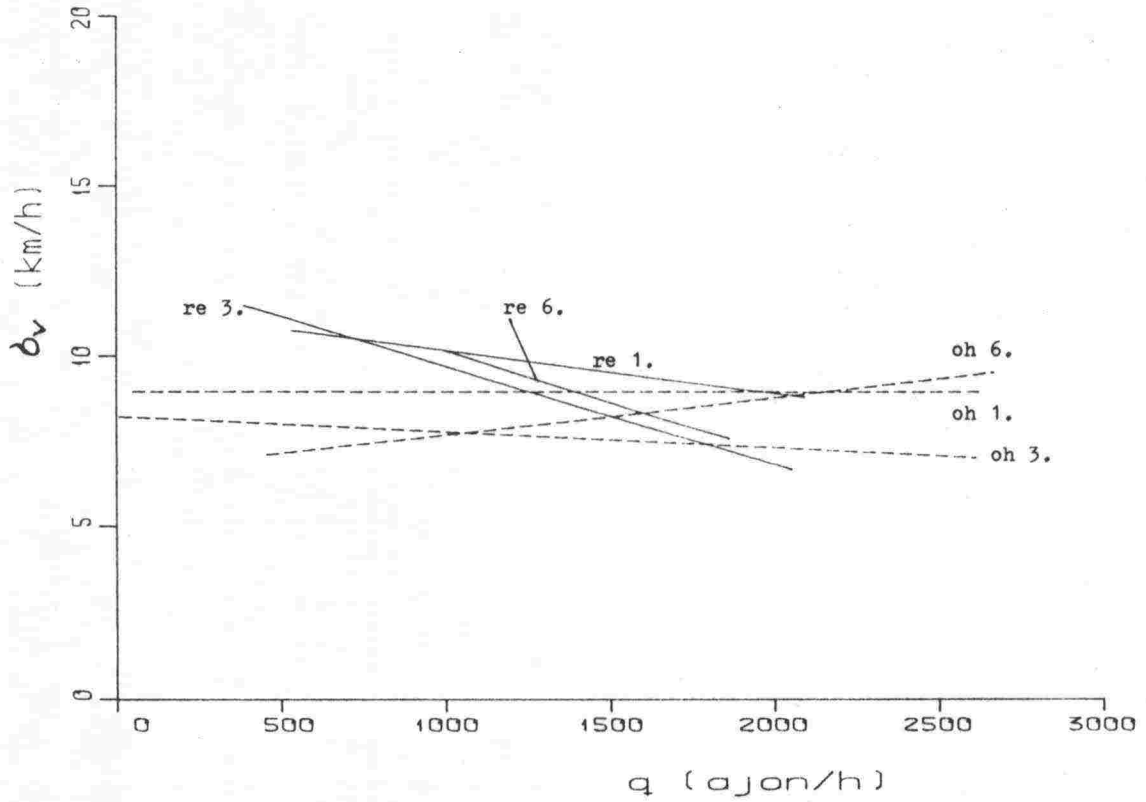
Nopeuden hajonta
 Karhusaari Jorvukseen
 eri olosuhteissa ja kaistalla

- (1) sateeton, valoisa
- (3) sateeton, pimeä
- (4) lumisade



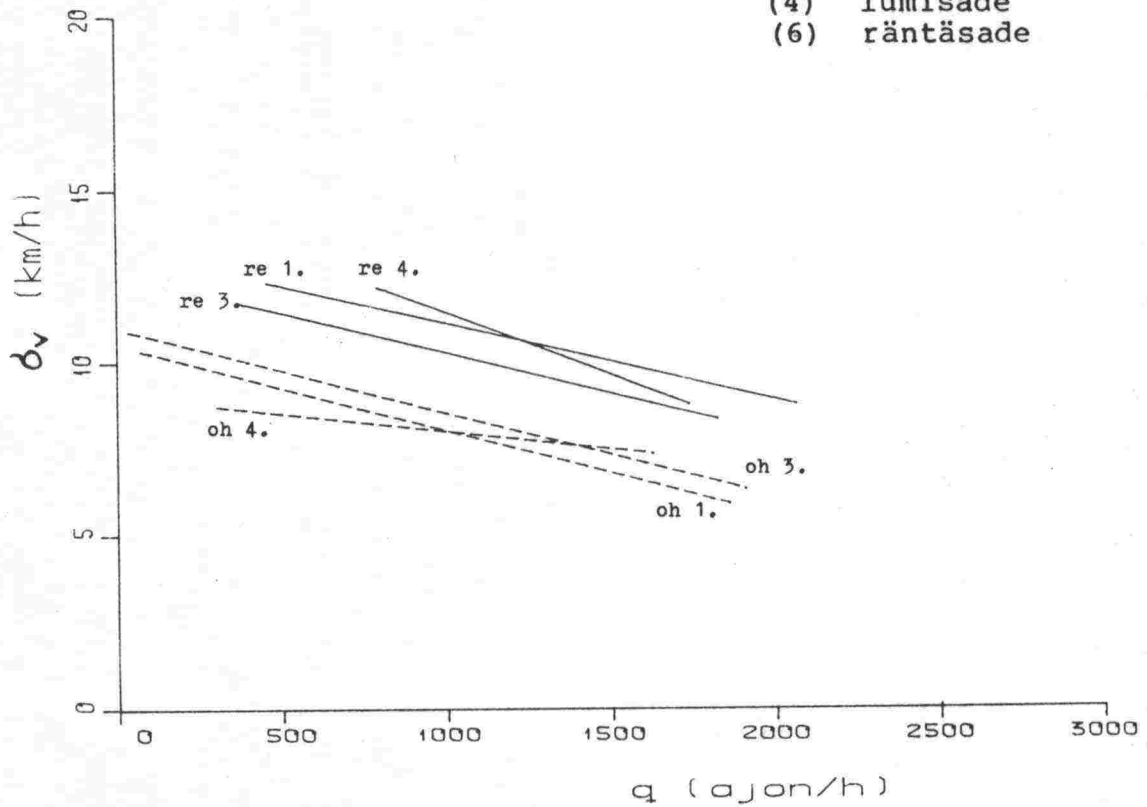
Kuva 4.20. Nopeuden hajonta Karhusaareissa.

Nopeuden hajonta
Suvikumpu Helsinkiin
eri olosuhteissa ja kaistalla



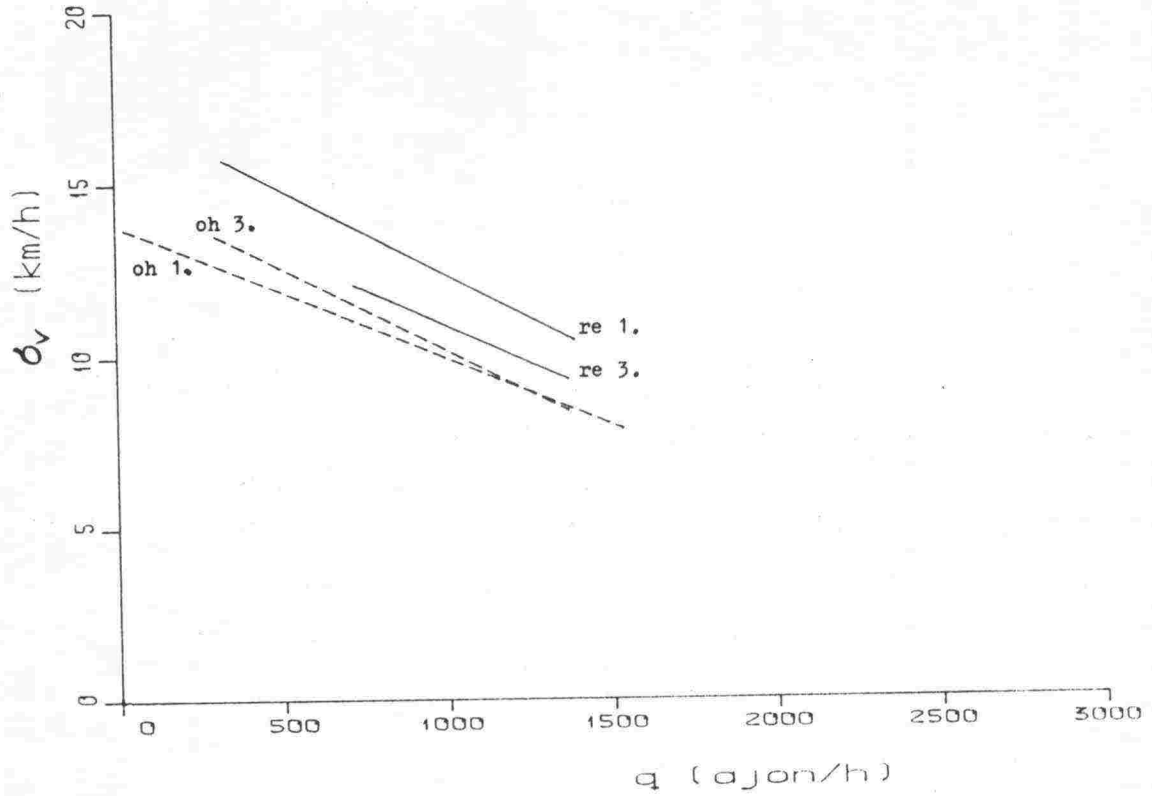
Nopeuden hajonta
Suvikumpu Jorvikseen
eri olosuhteissa ja kaistalla

- (1) sateeton, valoisa
- (3) sateeton, pimeä
- (4) lumisade
- (6) räntäsade



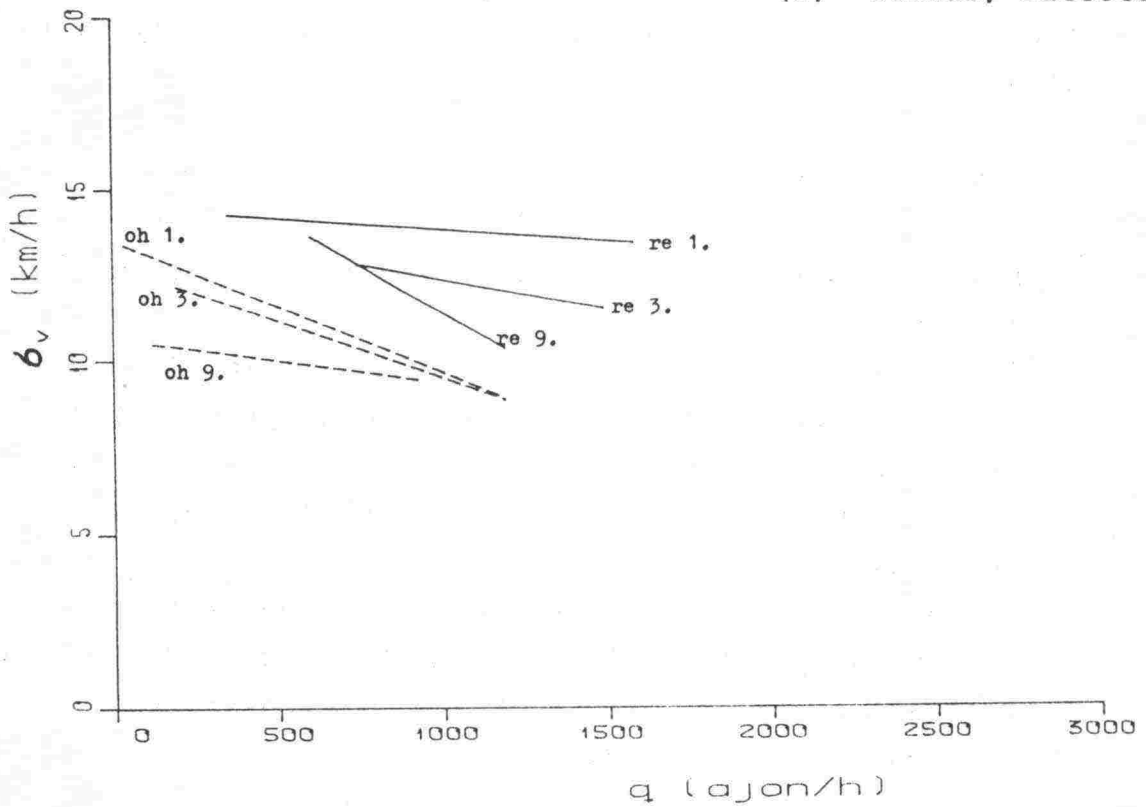
Kuva 4.21. Nopeuden hajonta Suvikummissa.

Nopeuden hajonta
Suomenoja Helsinkiin
eri olosuhteissa ja kaistalla



Nopeuden hajonta
Suomenoja Jorvukseen
eri olosuhteissa ja kaistalla

- (1) sateeton, valoisa
- (3) sateeton, pimeä
- (9) liukas, sateeton



Kuva 4.22. Nopeuden hajonta Suomenojalla.

4.44 Peräkkäisten ajoneuvojen nopeuserot

4.441 Laskentaperiaatteet

Nopeuksien vaihtelua voidaan nopeusjakauman ja sen hajonnan ohella kuvata myös peräkkäisten ajoneuvojen nopeuseron jakaumalla ja sen hajonnalla.

Nopeuserot on laskettu vähentämällä edellä kulkevan auton nopeudesta jälkimmäisen auton nopeus. Havaintoja tulee periaatteessa yksi ajoneuvoa kohden, mutta käytännössä vähemmän, sillä eri tavalla virheellisten havaintojen takia osa arvoista on hylättävä.

4.442 Nopeuseron jakaumat

Kun saadut nopeuserojakaumat luokiteltiin eri liikennemääräluokkiin, saatiin kuvissa 4.23...4.25 esitetyn tyyppisiä käyriä. Kuvassa 4.23 on esitetty esimerkkejä nopeuseron jakaumista eri olosuhteissa ja kuvassa 4.24 eri liikennemäärillä. Kuvassa 4.25 on esimerkki nopeuseron jakaumasta eri kaistoilla, kun kuvan liikennemäärät noudattavat laskettuja kaistajakaumia.

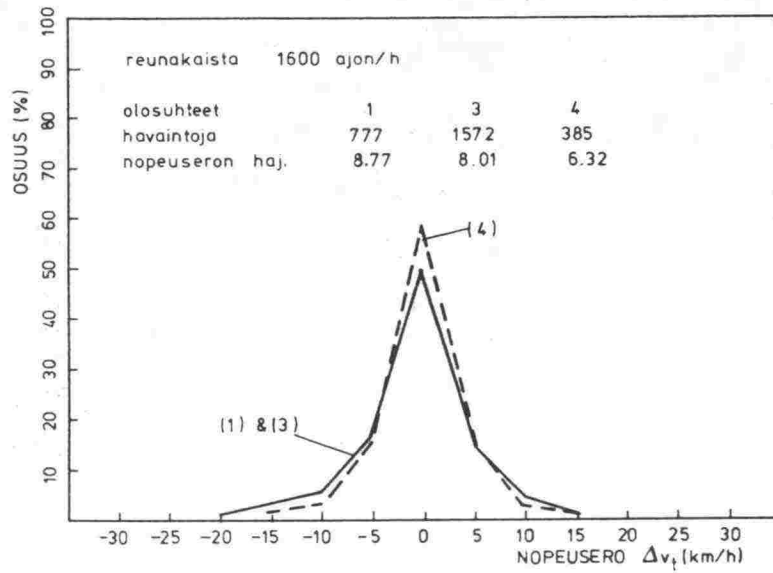
Kuvista voidaan päätellä, että

- jakaumat ovat lähes symmetrisiä, toisin sanoen nopeuserot poikkeavat nolasta molempiin suuntiin suunnilleen yhtä paljon
- liikennemäärän kasvaessa nopeuserot pienenevät
- lumi- ja räntäsateella nopeuserot ovat pienemmät kuin saateettomissa olosuhteissa
- reunakaistalla suurin osa eroista on pienempiä kuin ohituskaistalla
- tietyllä kokonaisliikennemäärällä on reunakaistan jakauman huippu korkeampi, mutta hajonta silti suurempi kuin ohituskaistalla. Tämä johtuu siitä, että reunakaistalla on enemmän suuria nopeuseroja.

KARHUSAARI
HELSINKIIN

80

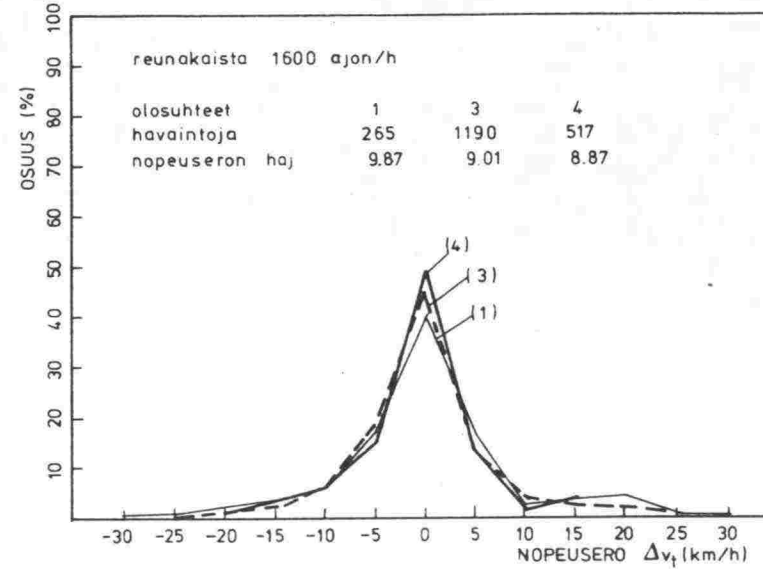
eri olosuhteita



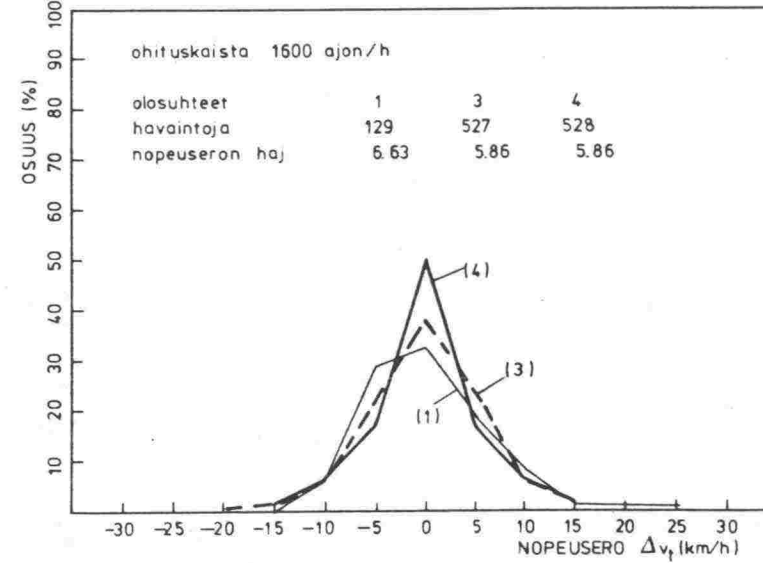
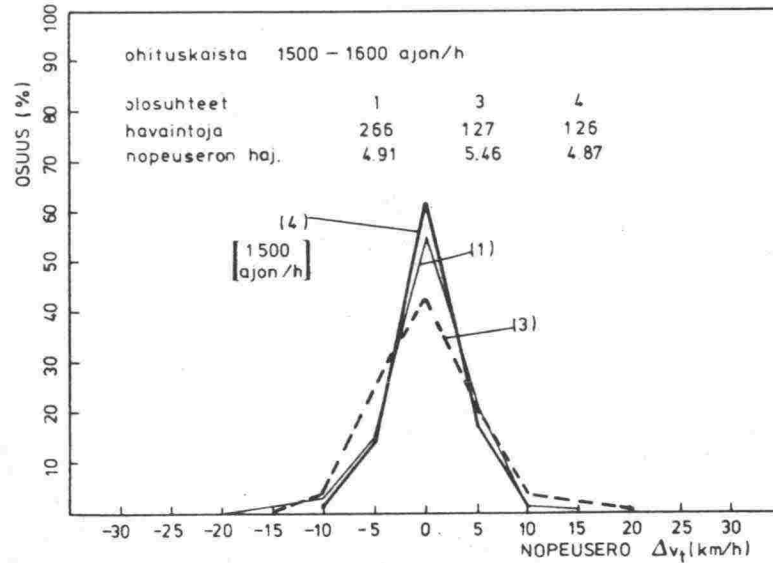
SUVIKUMPU
JORVAKSEEN

100

eri olosuhteita



- (1) sateeton, valoisa
- (3) sateeton, pimeä
- (4) lumisade

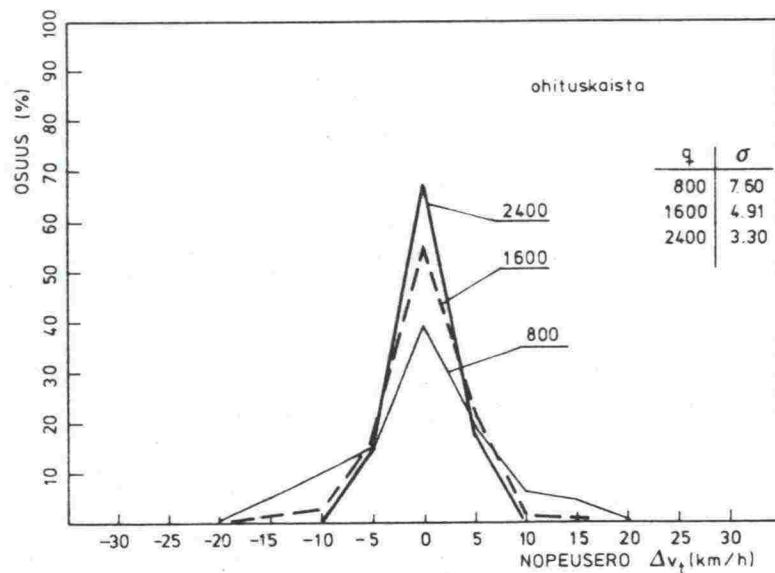
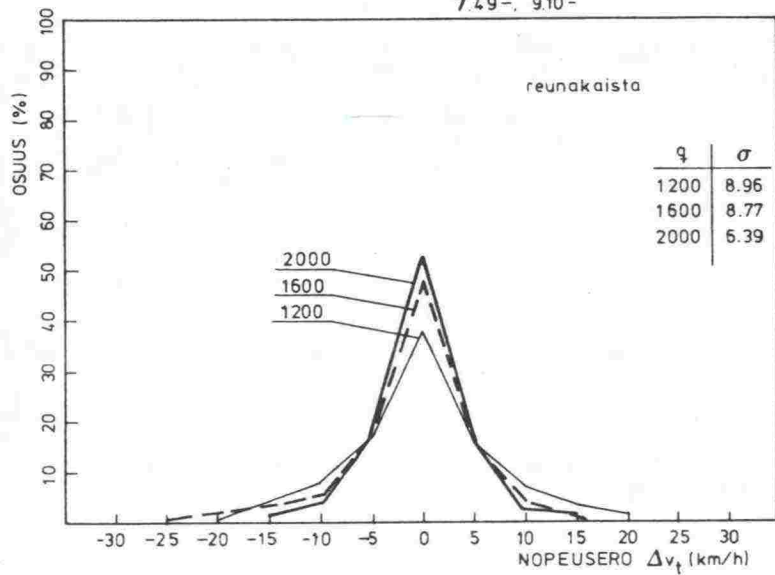


Kuva 4.23. Esimerkkejä nopeuseron jakaumasta eri olosuhteissa.

KARHUSAARI
HELSINKIIN (80)

sateeton, valoisa

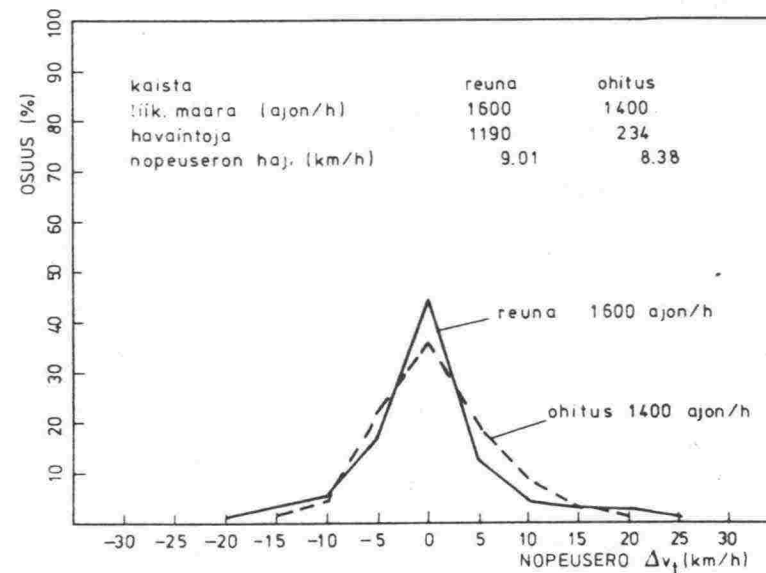
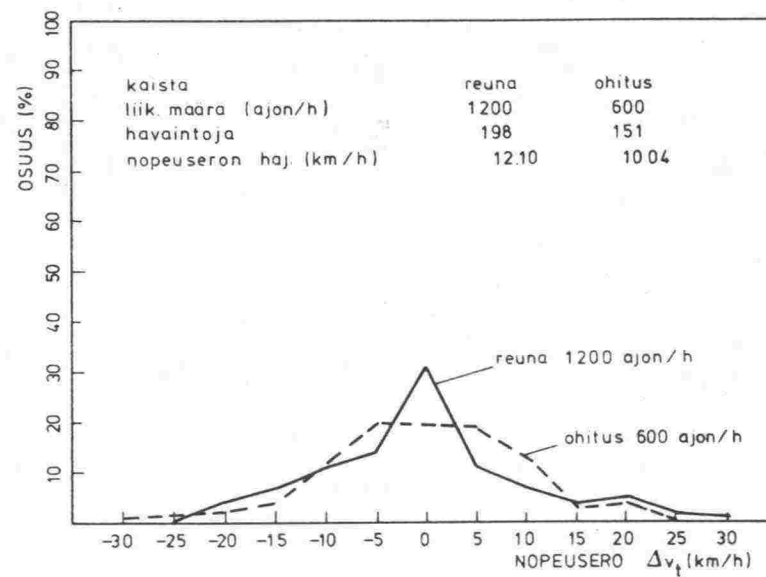
16.9.1981 klo 6.40-
7.49- 9.10-



Kuva 4.24. Esimerkkejä nopeuseron jakaumasta eri liikennemäärillä.

SUVIKUMPU
JORVAKSEEN (100)

pimeä, sateeton



Kuva 4.25. Esimerkkejä nopeuseron jakaumasta eri kaistoilla samanaikaisesti.

4.443 Nopeuseron hajonnat

Regressioanalyysi nopeuseron hajonnan ja liikennemäärän riippuvaisuudesta tuottaa taulukon 4.8 mukaisia regressiosuoria, joista osa on piirretty kuviin 4.26...4.28.

Piirroksista voidaan päätellä, että

- ohituskaistalla nopeuseron hajonnat ovat pienemmät kuin reunakaistalla
- liikennemäärän kasvaessa nopeuseron hajonnat pienenevät, samoin olosuhteiden huonontuessa
- saman mittauspaikan ja -kaistan suorat ovat yleensä lähes yhdensuuntaiset eli eri olosuhteissa havaituilla nopeuseron hajonnoilla on lähes vakioero.

Tuloksia verrattaessa nähdään, että nopeuseron hajonta on suurempi kuin nopeuden hajonta. Riippuvaisuus liikennemäärästä on myös selvempi, sillä nopeuden hajonnan ja liikennemäärän välisten regressiosuorien kulmakertoimet ovat lähellä nollaa.

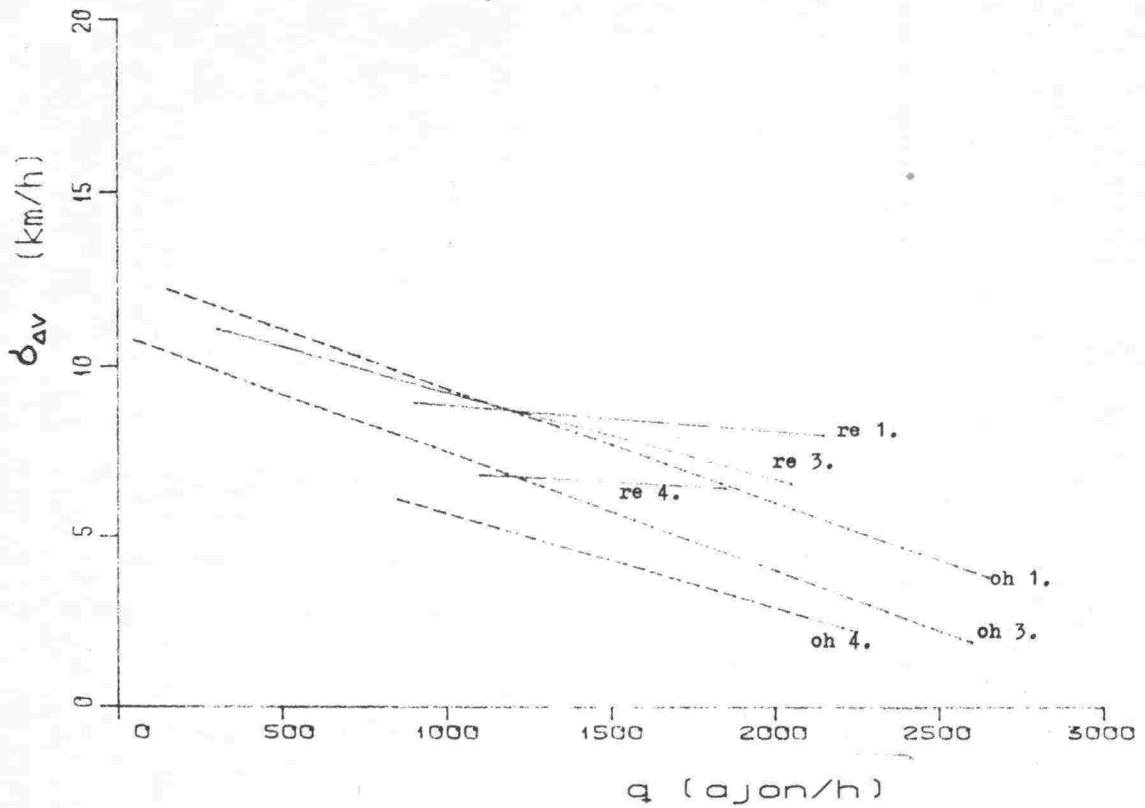
Taulukko 4.8. Nopeuseron hajonnan regressiosuorat.

$$b(\Delta v) = a_0 + a_1 q$$

koodi	vakio a0	kerroin a1	r ²	q:n alue	n
KarhHki!					
re 1 !	9.69	-0.00081	0.013	900-2136	74
oh 1 !	12.75	-0.00339	0.381	138-2652	40
re 3 !	11.85	-0.00260	0.164	318-2052	59
oh 3 !	10.93	-0.00348	0.747	52-2580	46
re 4 !	7.34	-0.00051	0.007	1116-1860	14
oh 4 !	8.42	-0.00276	0.799	846-2244	13
re 7 !	5.95	+0.00145	0.012	1116-1728	19
oh 7 !	10.92	-0.00455	0.879	432-2028	21
KarhJor!					
re 1 !	16.89	-0.00405	0.339	852-1560	15
oh 1 !	7.45	+0.00992	0.178	300-720	9
re 2 !	18.04	-0.00713	0.390	1020-1968	38
oh 2 !	12.31	-0.00388	0.672	552-2304	38
re 3 !	17.94	-0.00605	0.844	368-2172	50
oh 3 !	12.16	-0.00339	0.822	77-2460	42
re 4 !	16.63	-0.00851	0.645	696-1704	26
oh 4 !	12.20	-0.00522	0.940	390-1848	26
re 5 !	14.35	-0.00537	0.322	1332-1812	12
oh 5 !	11.31	-0.00354	0.721	1380-2340	12
re 6 !	15.59	-0.00812	0.863	678-1608	21
oh 6 !	13.12	-0.00569	0.884	372-1836	21
SuviHki!					
re 1 !	19.13	-0.00757	0.699	546-1920	44
oh 1 !	12.10	-0.00385	0.780	132-2580	27
re 3 !	18.95	-0.00756	0.753	384-2208	59
oh 3 !	12.17	-0.00345	0.705	52-2616	48
re 6 !	20.86	-0.00947	0.815	996-1860	18
oh 6 !	11.96	-0.00370	0.752	456-2664	17
re 8 !	24.18	-0.01134	0.884	1044-1944	18
oh 8 !	12.44	-0.00404	0.867	558-2796	16
SuviJor!					
re 1 !	19.40	-0.00602	0.819	564-1824	22
oh 1 !	15.68	-0.00543	0.904	90-1872	15
re 2 !	23.95	-0.01062	0.479	1104-1692	29
oh 2 !	20.89	-0.00943	0.798	696-1860	29
re 3 !	18.35	-0.00596	0.636	372-1824	41
oh 3 !	14.28	-0.00497	0.799	60-1896	31
re 4 !	21.22	-0.00740	0.643	792-1680	21
oh 4 !	13.17	-0.00448	0.704	304-1632	17
SojaHki!					
re 1 !	23.87	-0.00892	0.822	440-1392	19
oh 1 !	20.09	-0.00844	0.790	105-1512	12
re 3 !	29.45	-0.01568	0.868	732-1392	12
oh 3 !	20.96	-0.00981	0.794	240-1368	12
SojaJor!					
re 3 !	20.16	-0.00611	0.618	744-1488	16
oh 3 !	15.72	-0.00487	0.541	222-1188	9
re 9 !	22.66	-0.01083	0.623	600-1188	13
oh 9 !	16.92	-0.01012	0.866	156-924	8

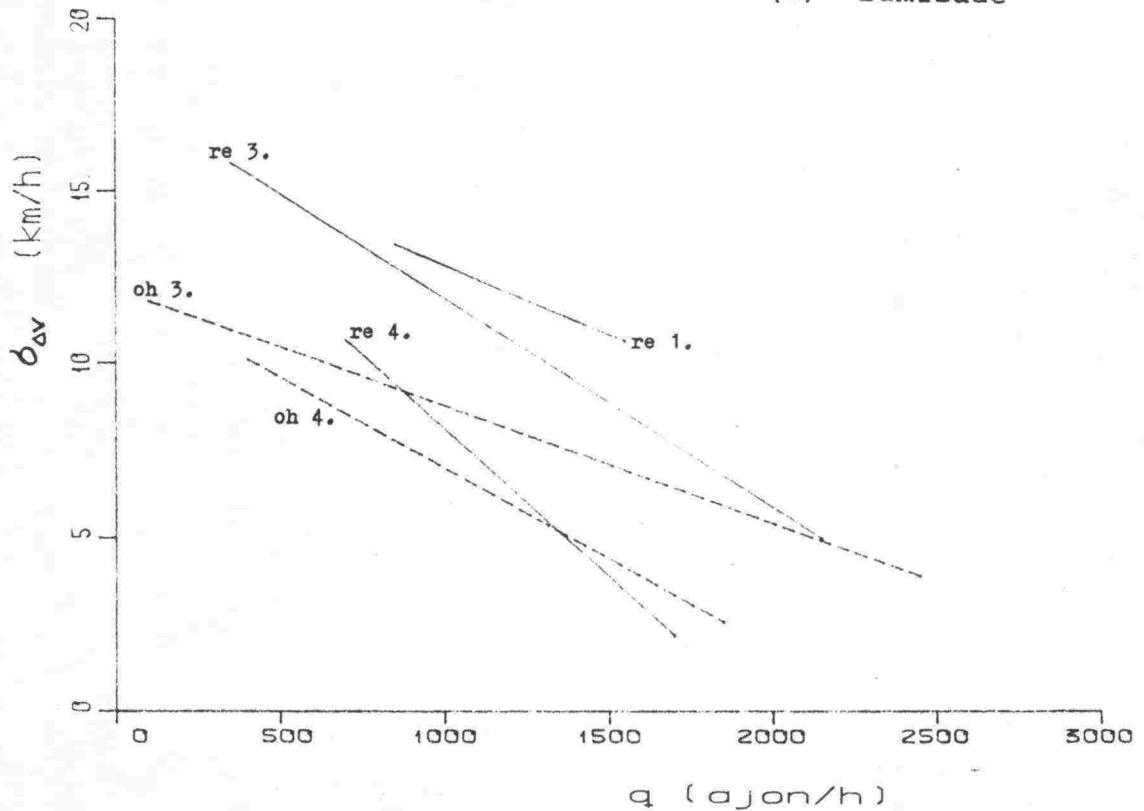
- (1) sateeton, valoisa
- (2) vesisade, pimeä
- (3) sateeton, pimeä
- (4) lumisade
- (5) hyvät talviolosuhteet
- (6) räntäsade
- (7) heikko lumisade
- (8) vesisade, valoisa
- (9) liukas, sateeton

Nopeuseron hajonta
 Karhusaari Helsinkiin
 eri olosuhteissa ja kaistalla



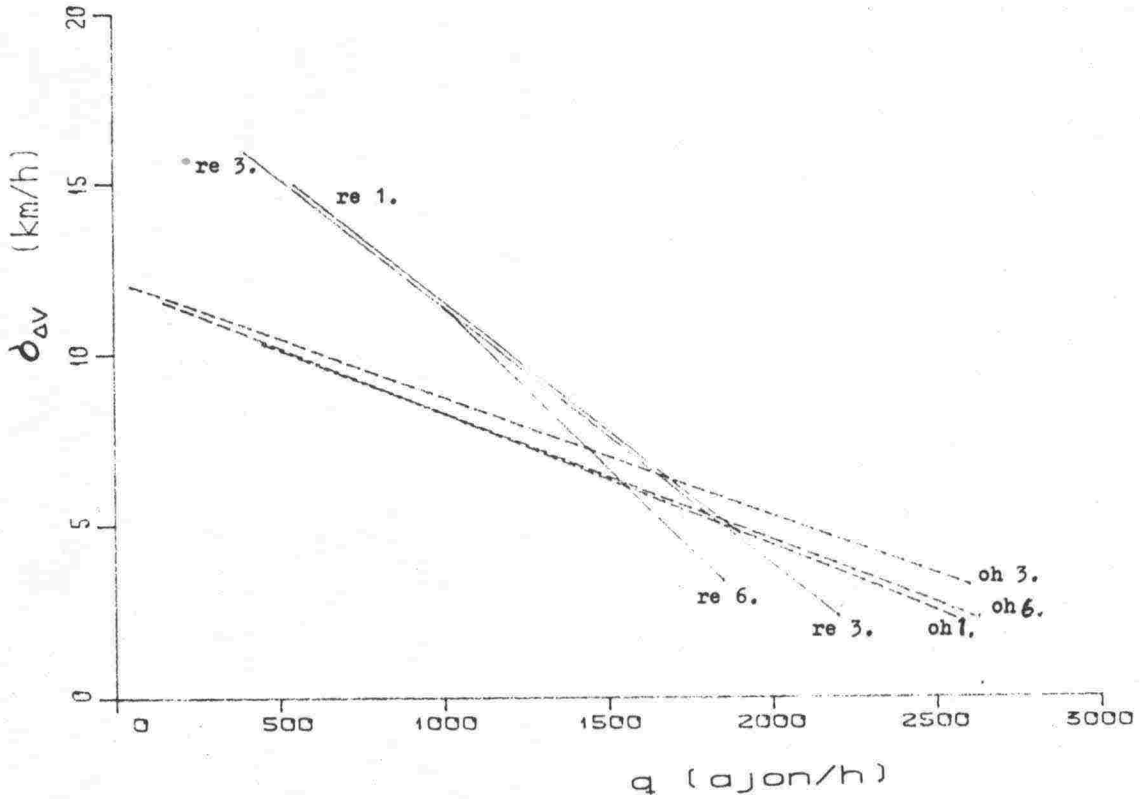
Nopeuseron hajonta
 Karhusaari Jorvukseen
 eri olosuhteissa ja kaistalla

- (1) sateeton, valoisa
- (3) sateeton, pimeä
- (4) lumisade



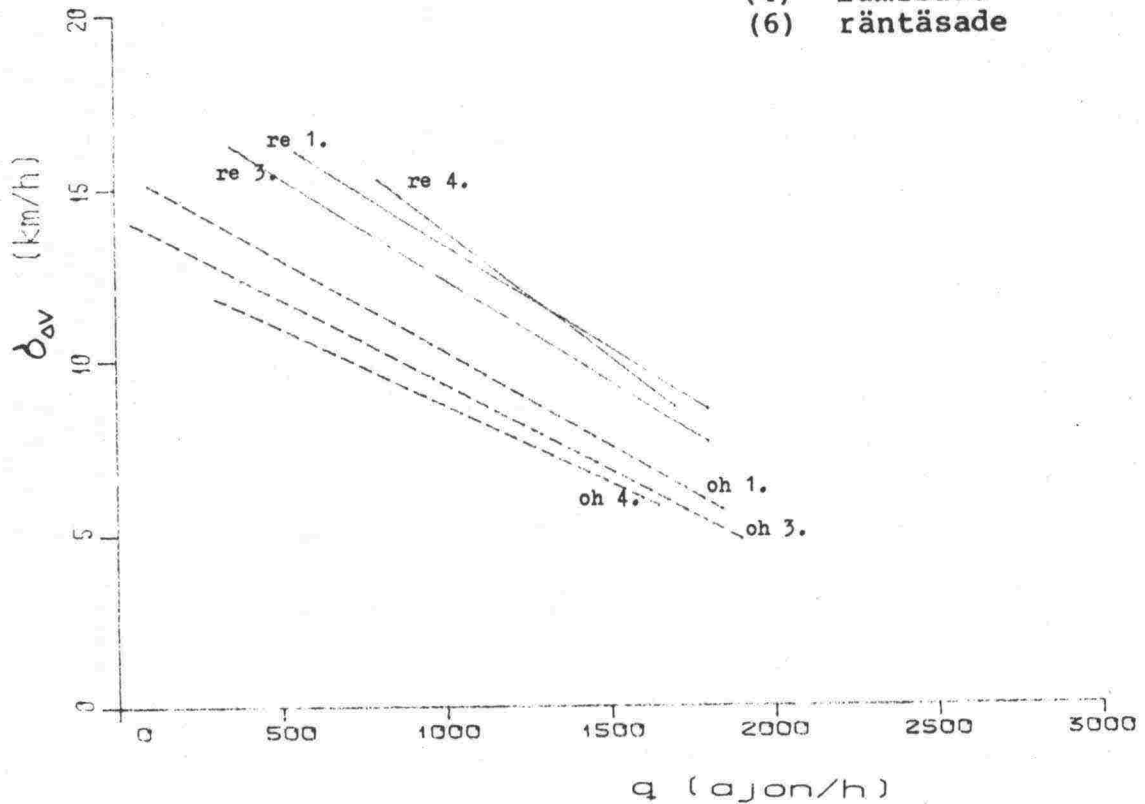
Kuva 4.26. Nopeuseron hajonta Karhusaareissa.

Nopeuseron hajonta
Suvikumpu Helsinkiin
ert olosuhteissa ja kaistalla



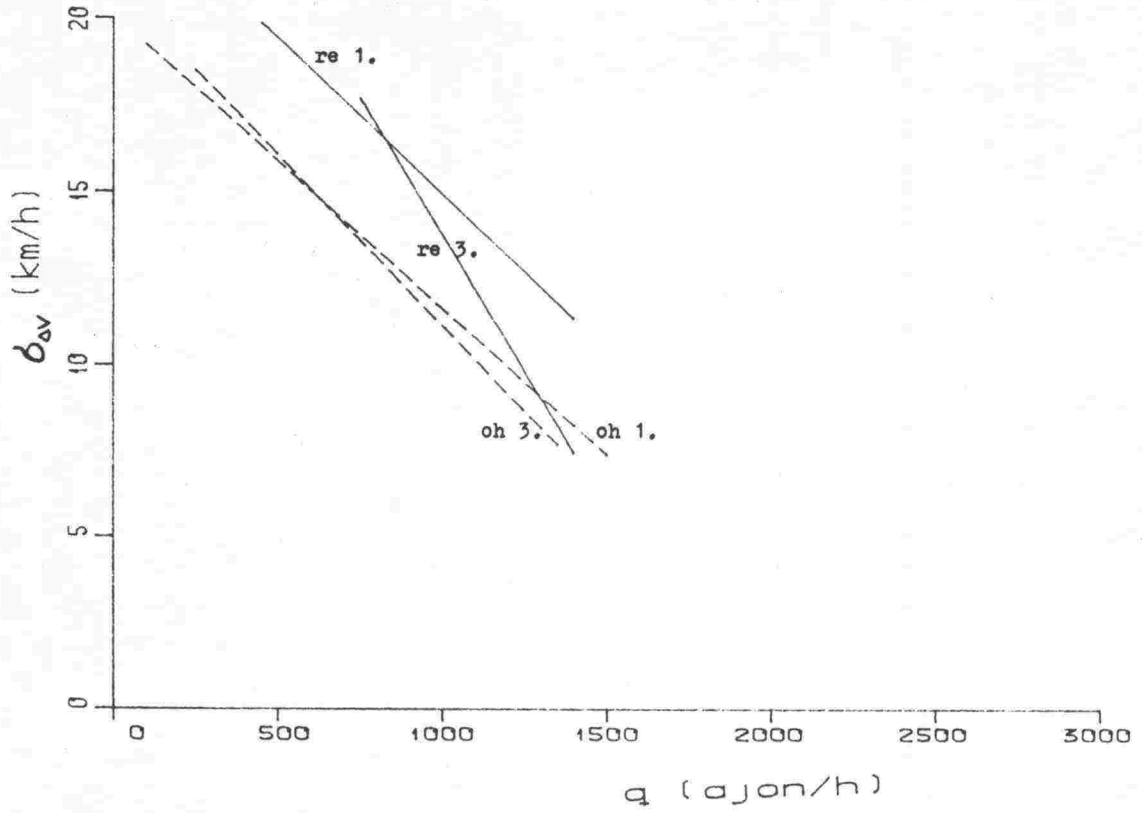
Nopeuseron hajonta
Suvikumpu Jorvukseen
ert olosuhteissa ja kaistalla

- (1) sateeton, valoisa
- (3) sateeton, pimeä
- (4) lumisade
- (6) räntäsade



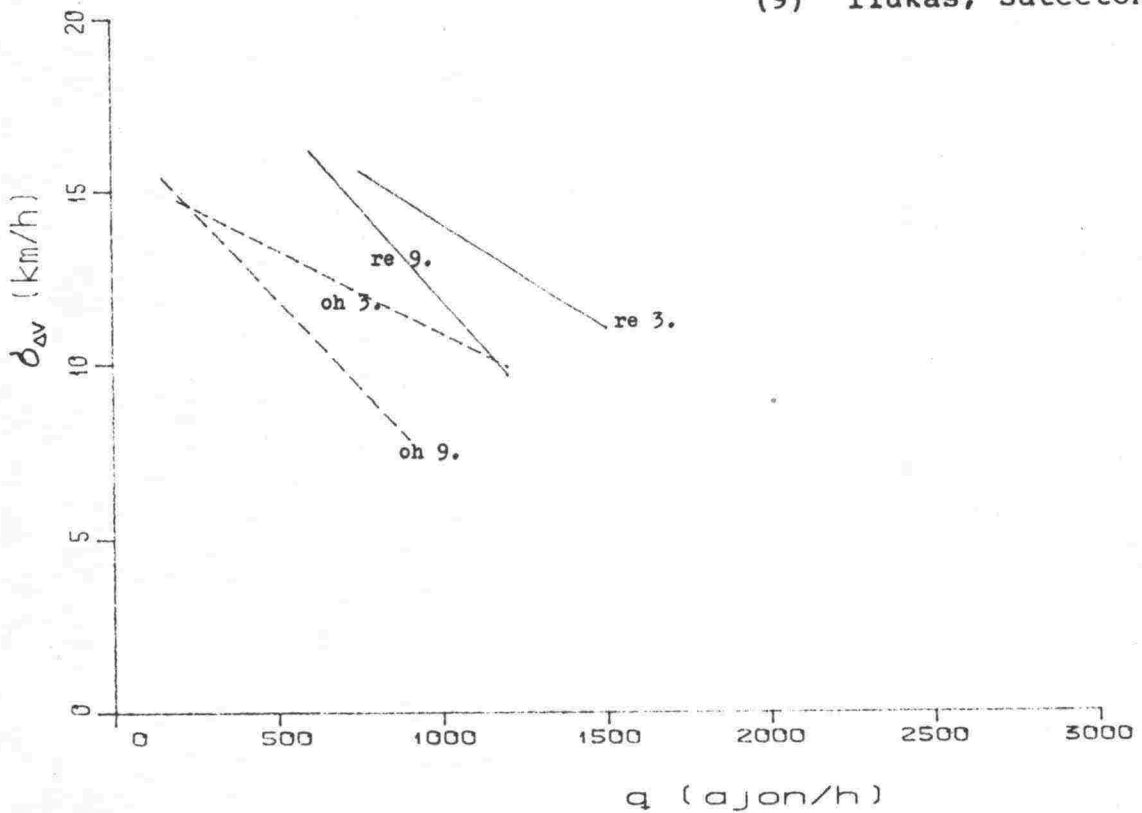
Kuva 4.27. Nopeuseron hajonta Suvikummissa.

Nopeuseron hajonta
Suomenoja Helsinkiin
erit olosuhteissa ja kalustolla



Nopeuseron hajonta
Suomenoja Jorvukseen
erit olosuhteissa ja kalustolla

- (1) sateeton, valoisa
- (3) sateeton, pimeä
- (9) liukas, sateeton



Kuva 4.28. Nopeuseron hajonta Suomenojalla.

4.5 Aikavälijakaumat ja vaaralliset aikavälit

4.51 Aikavälijakaumat

Kun kustakin olosuhdeluokasta saadut jakaumat piirretään koordinaatistoon, saadaan kuvien 4.29...4.35 mukaisia käyrästöjä. Kuvissa 4.29...4.31 näkyy liikennemäärän vaikutus bruttoaikavälijakaumiin (tiheys- ja kertymäfunktio). Kuvissa 4.32 ja 4.33 on esitetty bruttoaikavälien jakauma eri olosuhteissa ja paikoissa sekä kuvissa 4.34 ja 4.35 eri kaistoilla, kun kuvan liikennemäärät vastaavat todellisia kaistajakaumia.

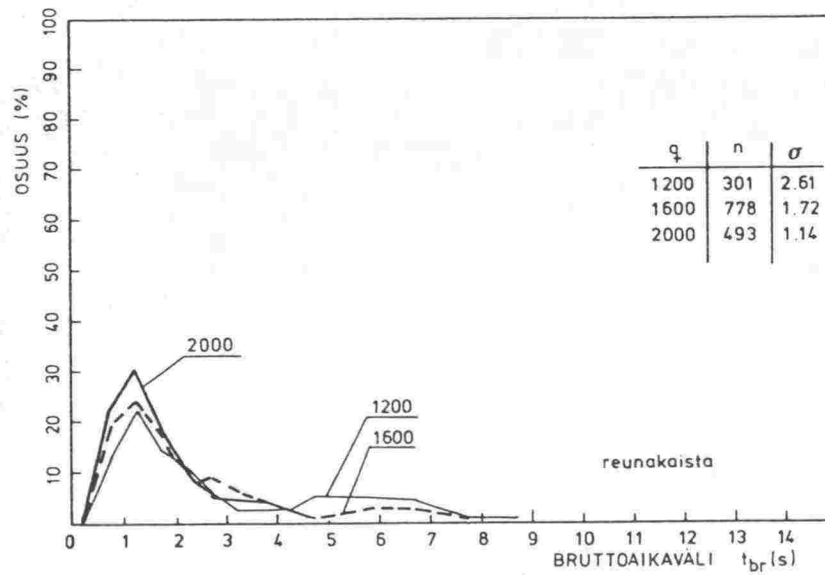
Bruttoaikavälien jakaumista voidaan päätellä, että

- kun liikennemäärät ovat suuret, eri olosuhteissa, paikoissa ja kaistoilla saaduilla bruttoaikavälijakaumilla on vain pieni ero
- liikennemäärien kasvaessa pienten aikavälien osuus kasvaa, mikä onkin luonnollista
- eri olosuhteissa ei saada merkittäviä eroja; huonoissa olosuhteissa yleisin aikaväli on kuitenkin hieman suurempi kuin hyvissä.
- reunakaistalla huippu on yleensä aikaväliluokassa 1.0...1.5 tai 1.5...2.0 ja ohituskaistalla vastaavasti luokassa 0.5...1.0 tai 1.0...1.5 sekuntia.

KARHUSAARI (80)
HELSINKIIN

sateeton, valoisa

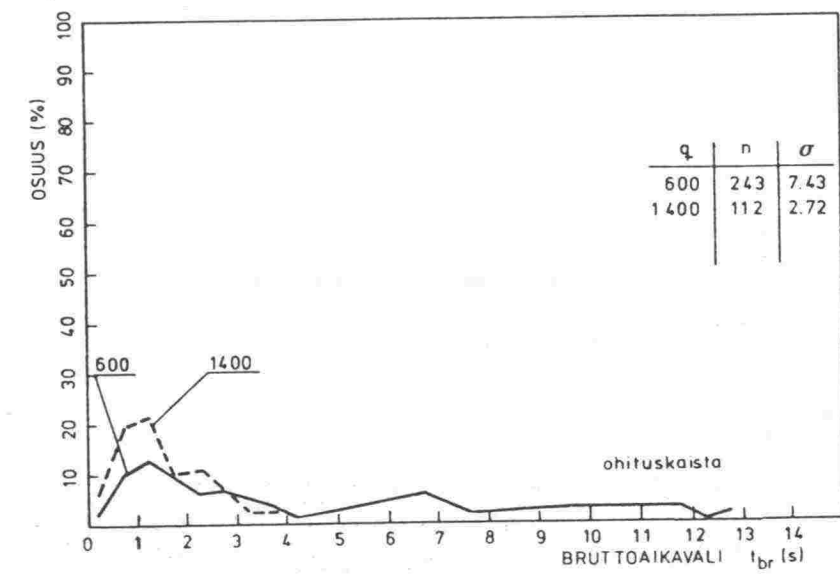
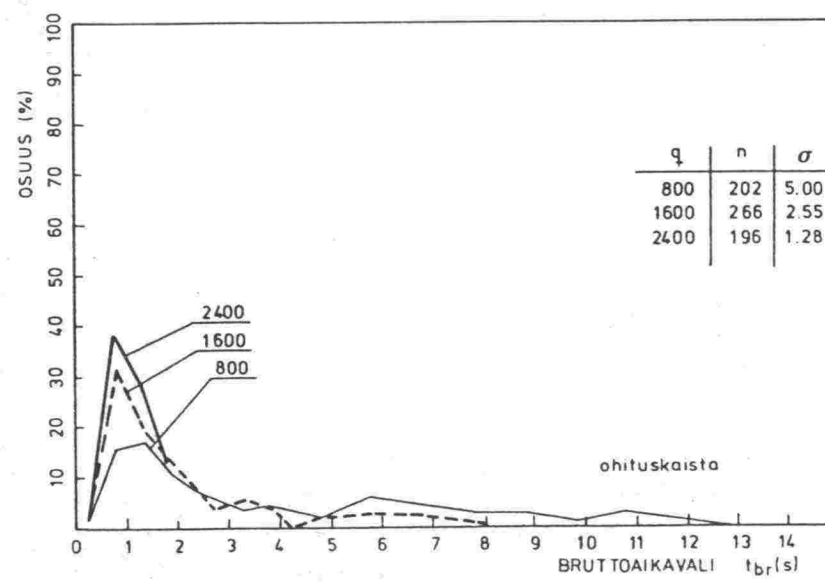
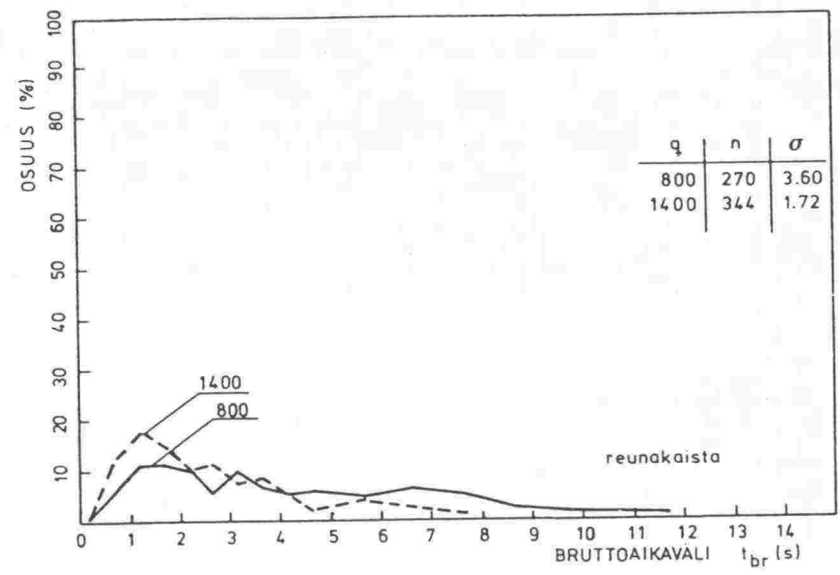
16.9.1981 klo 6.40-7.49-9.10-



SUOMENOJA (120)
HELSINKIIN

sateeton, valoisa

15.9.1981 klo 7.17-

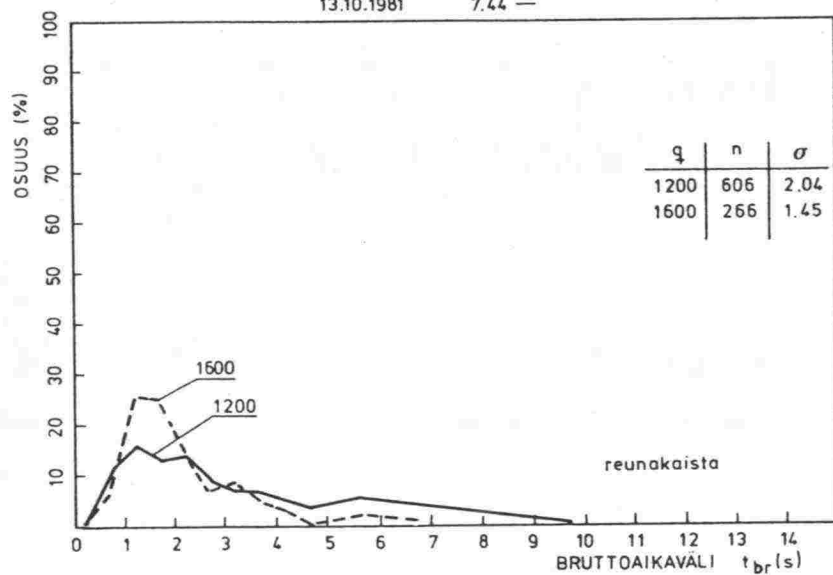


Kuva 4.29. Esimerkkejä bruttoaikavälin jakaumasta eri liikennemäärillä (Karhusaari ja Suomenoja).

SUVIKUMPU
HELSINKIIN (100)

sateeton, valoisa

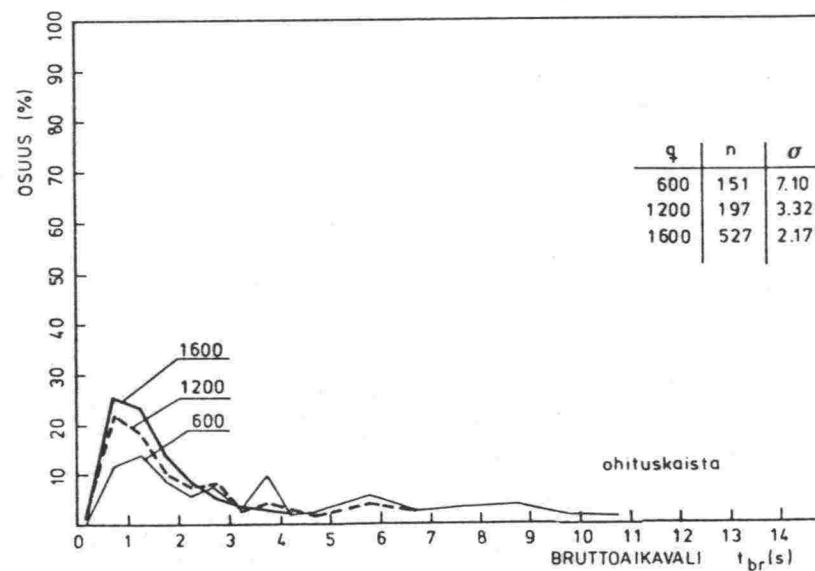
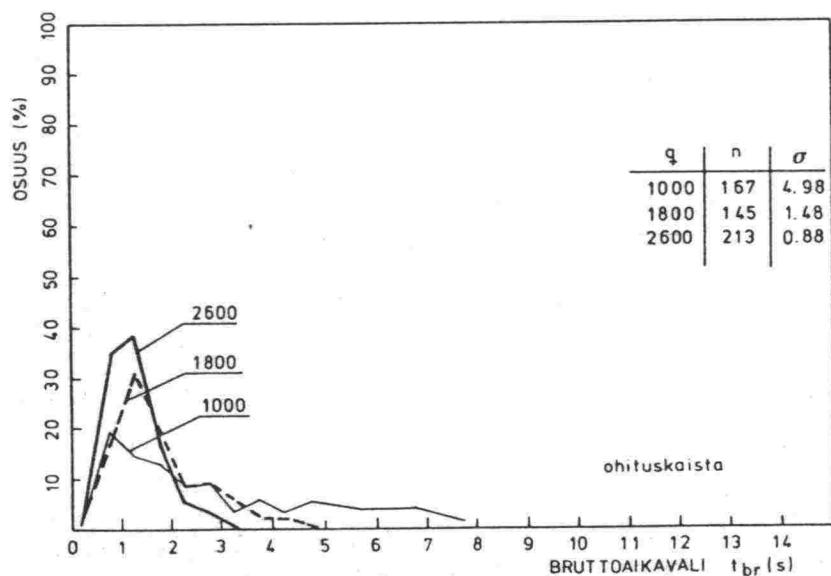
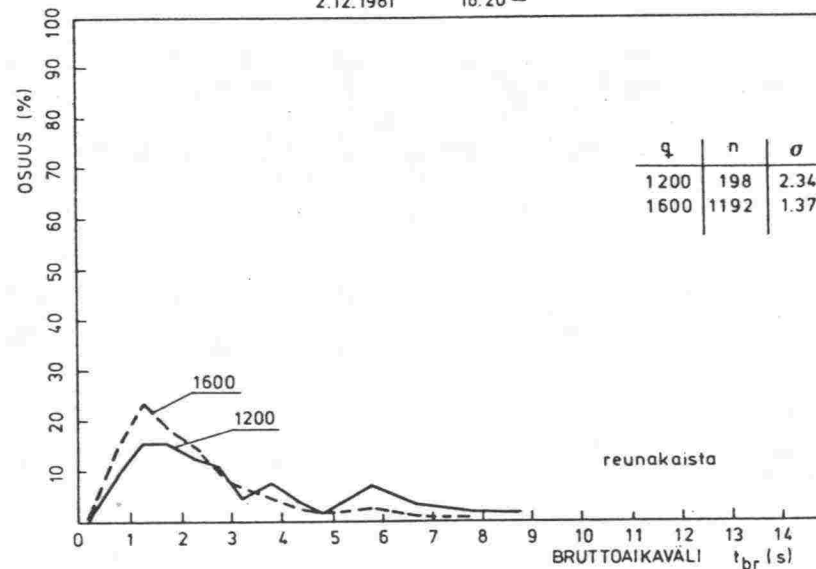
17.9.1981 klo 6.40 - 8.09-
13.10.1981 7.44 -



SUVIKUMPU
JORVAKSEEN (100)

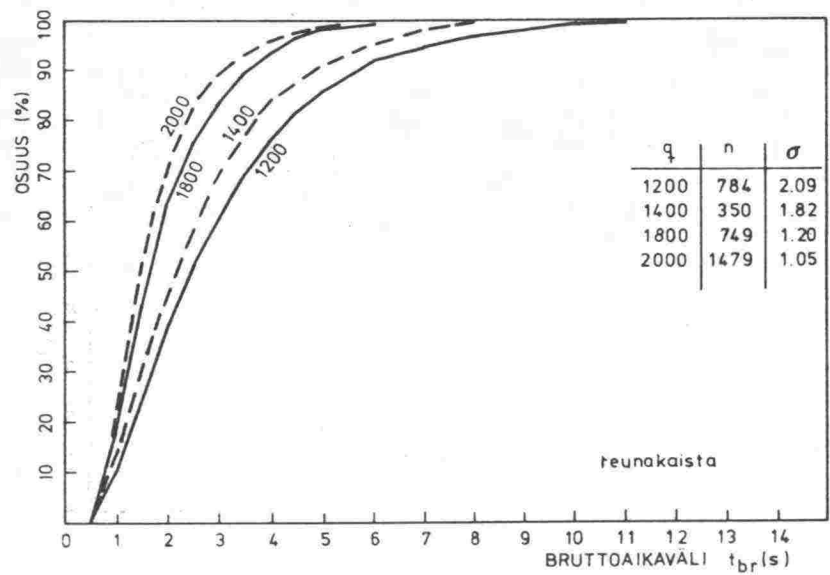
sateeton, pimeä

25.11.1981 klo 15.50 - 17.20-
2.12.1981 16.20 -

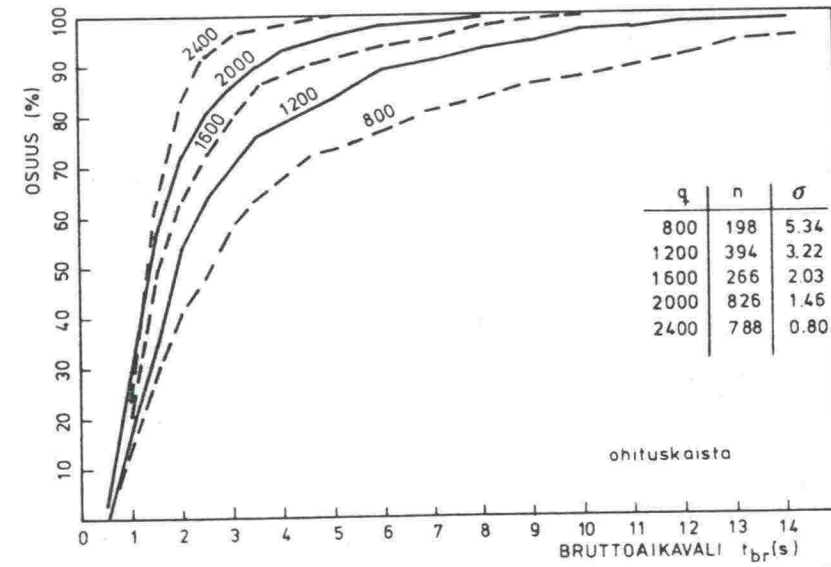
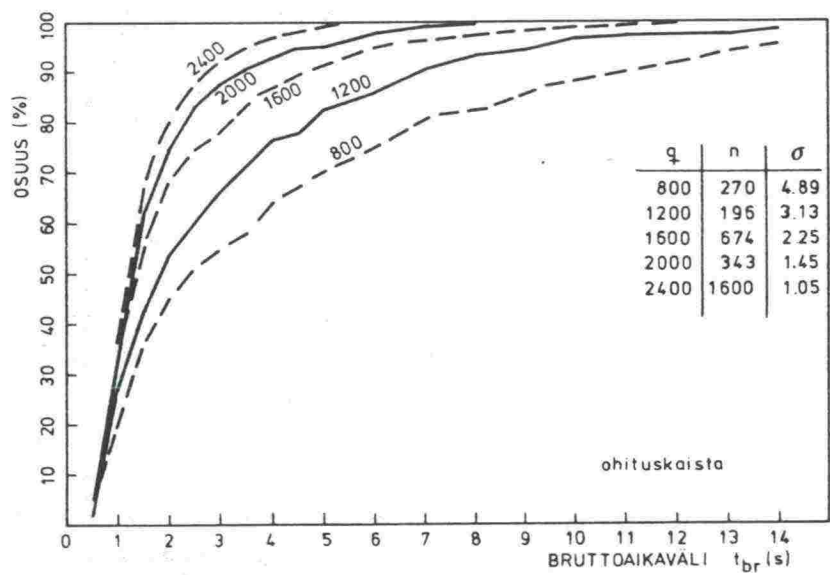
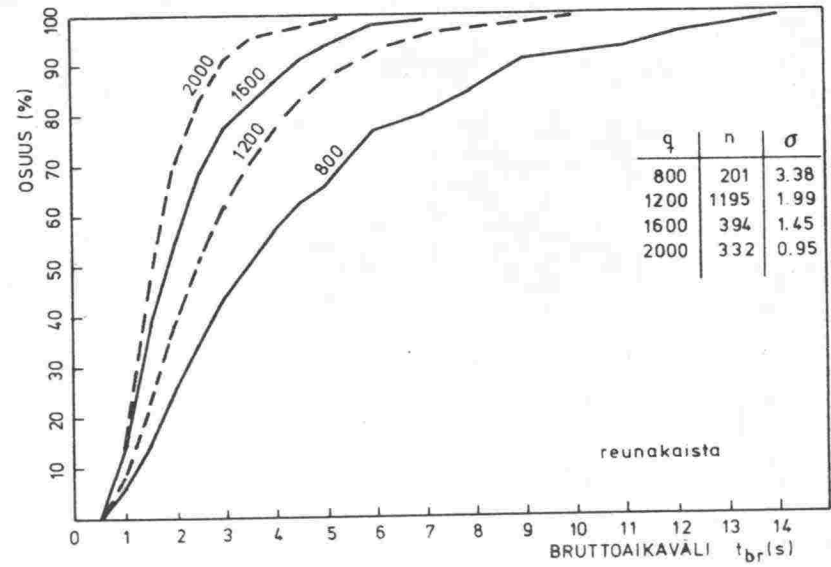


Kuva 4.30. Esimerkkejä bruttoaikavälin jakaumasta eri liikennemäärillä (Suvikumpu).

KARHUSAARI JORVAKSEEN 100 pimeä, sateeton



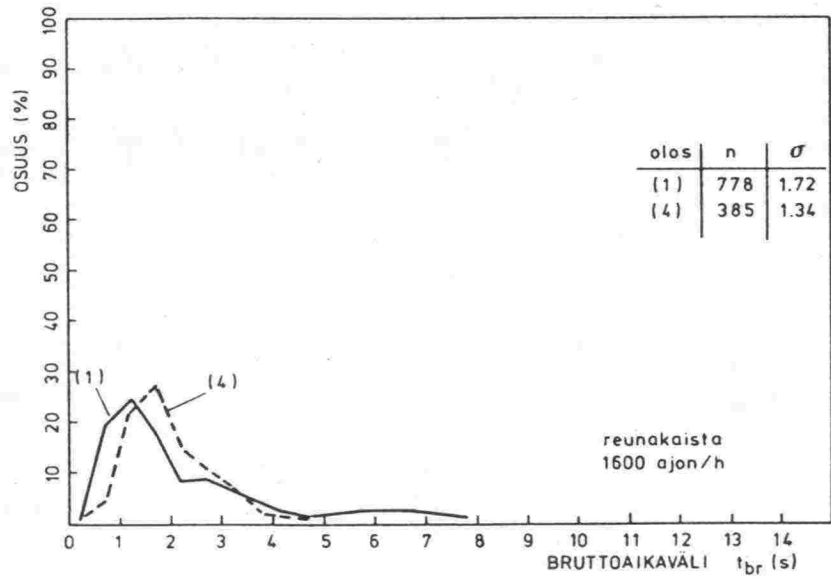
SUVIKUMPU HELSINKIIN 100 pimeä, sateeton



Kuva 4.31. Esimerkkejä bruttoaikavälin jakaumasta (summakäyrät).

KARHUSAARI
HELSINKIIN (80)

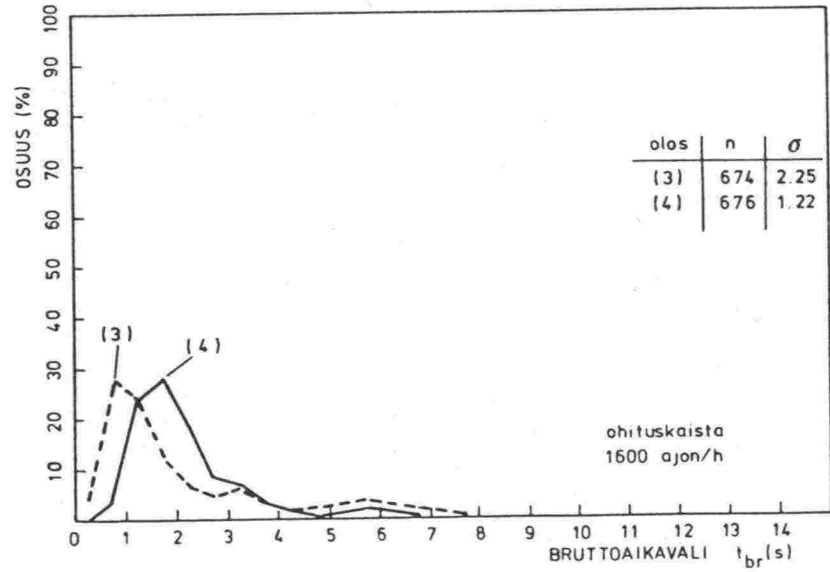
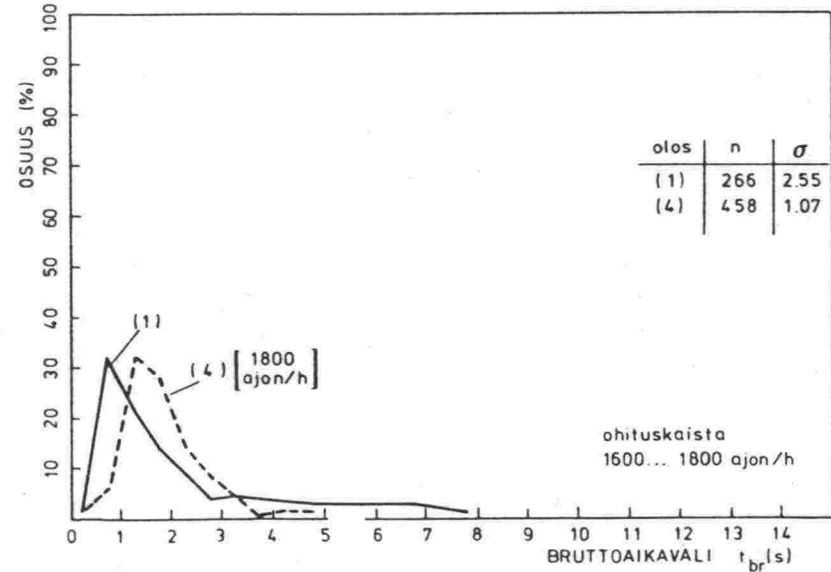
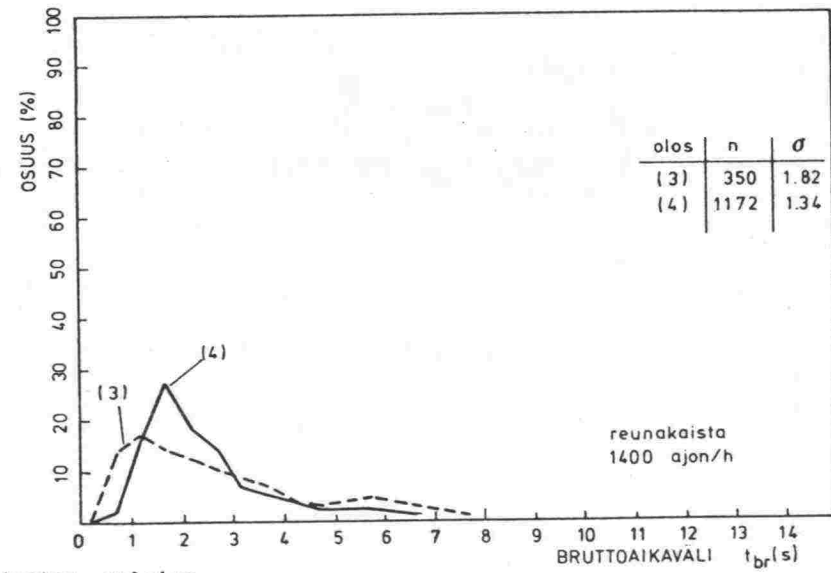
eri olosuhteita



- (1) sateeton, valoisa
- (3) sateeton, pimeä
- (4) lumisade

KARHUSAARI
JORVAKSEEN (100)

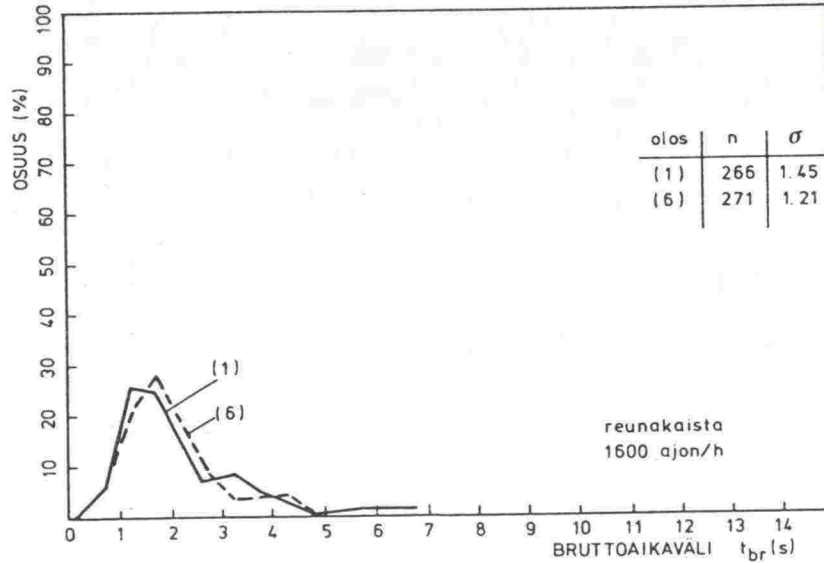
eri olosuhteita



Kuva 4.32. Esimerkkejä bruttoaikavälin jakaumasta eri olosuhteissa (Karhusaari).

eri olosuhteita

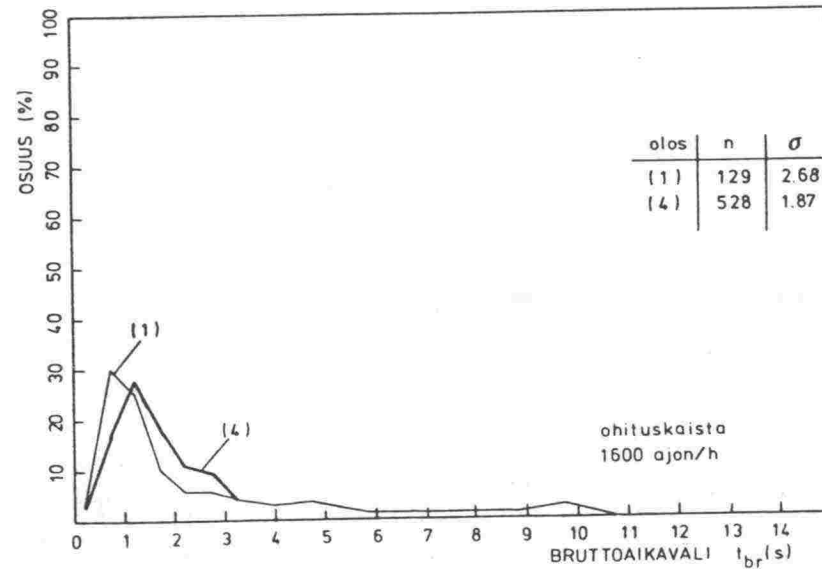
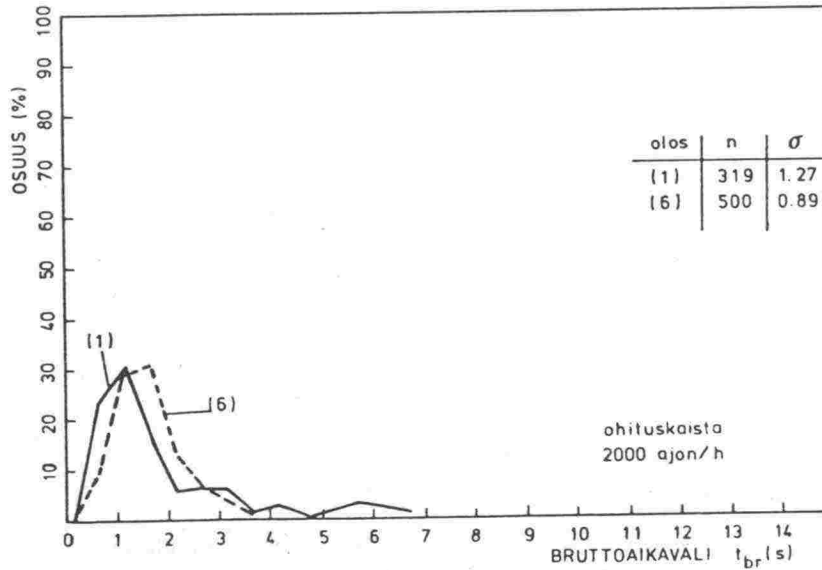
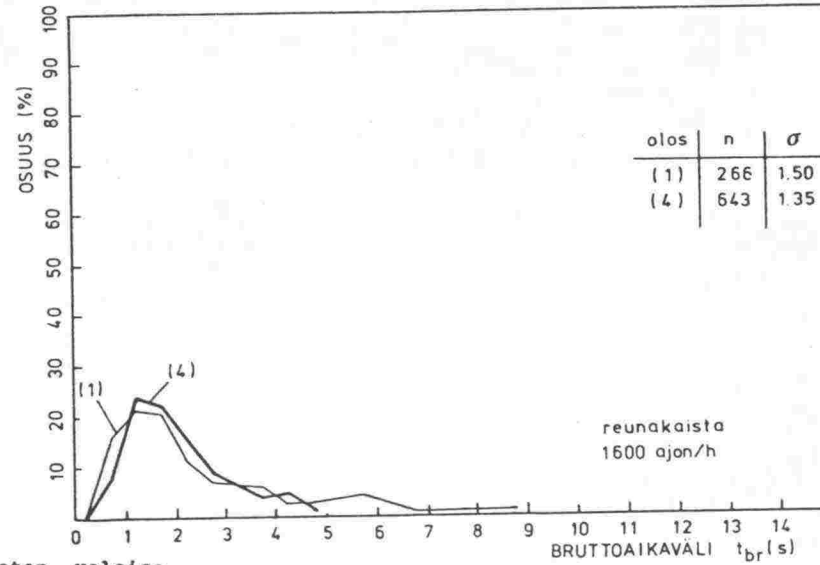
SUVIKUMPU
HELSINKIIN (100)



- (1) sateeton, valoisa
- (3) sateeton, pimeä
- (4) lumisade
- (6) räntäsade

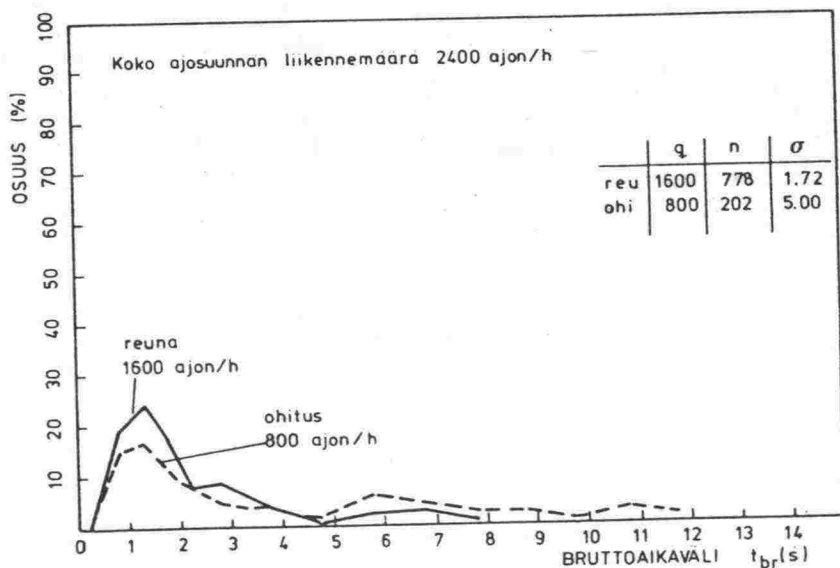
eri olosuhteita

SUVIKUMPU
JORVAKSEEN (100)

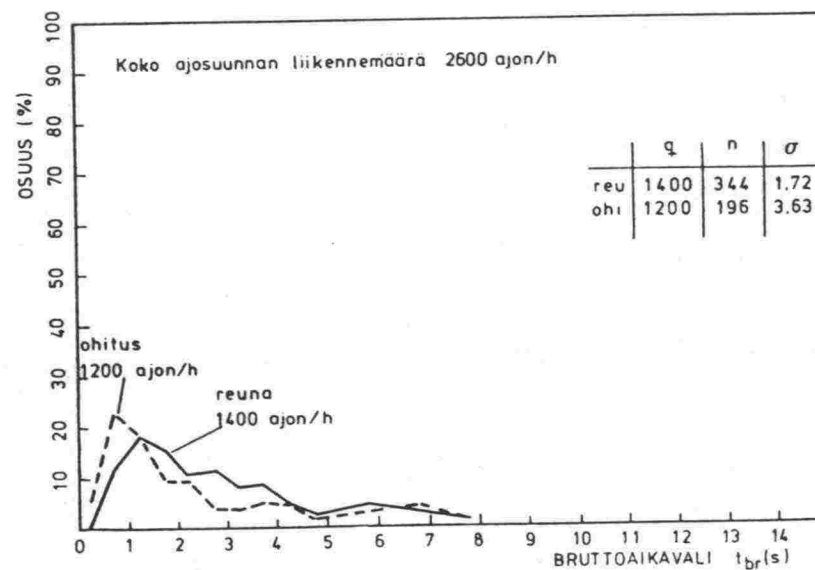
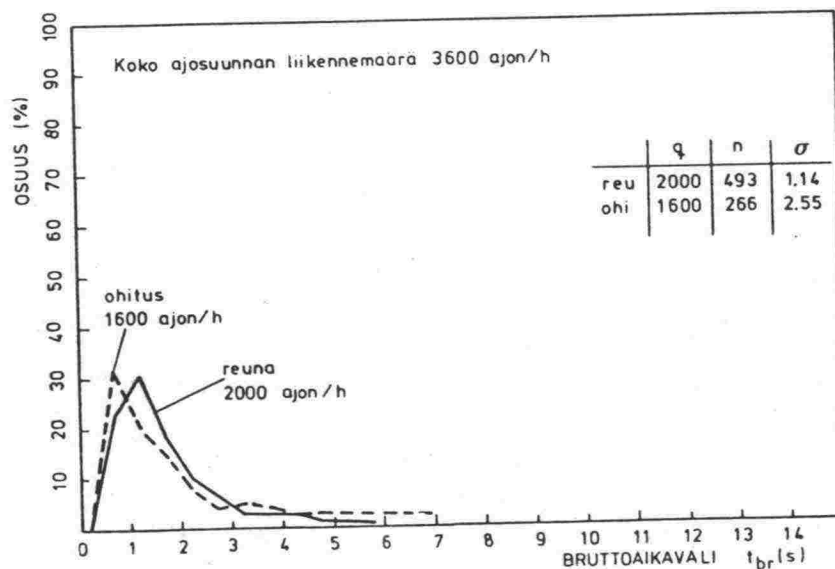
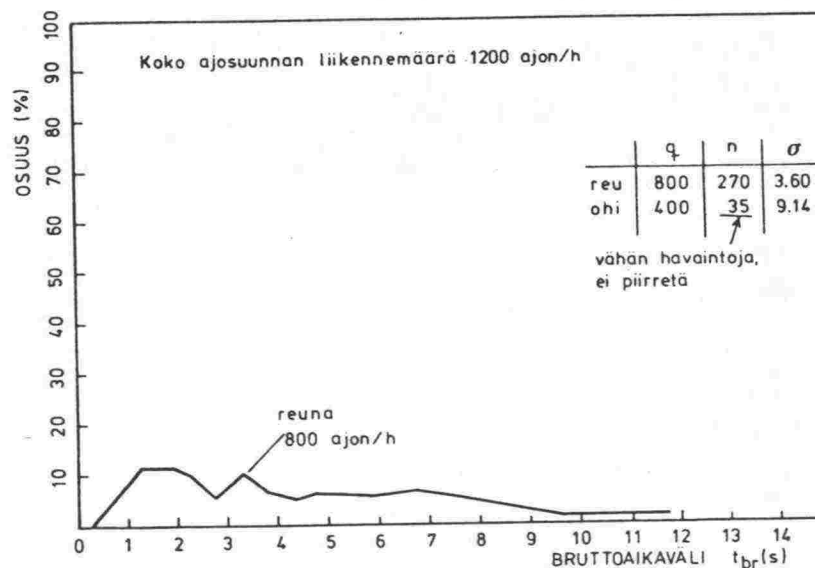


Kuva 4.33. Esimerkkejä bruttoaikavälin jakaumasta eri olosuhteissa (Suvikumpu).

KARHUSAARI
HELSINKIIN (80)

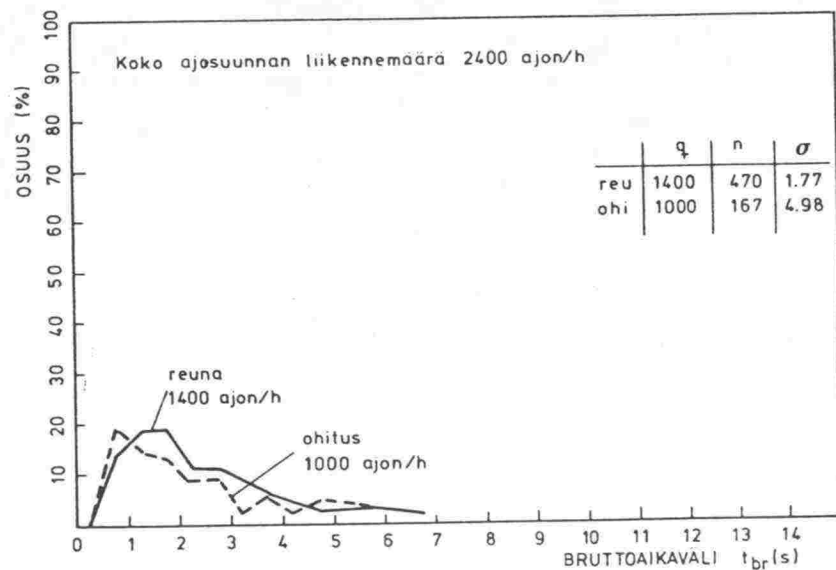


SUOMENOJA
HELSINKIIN (120)

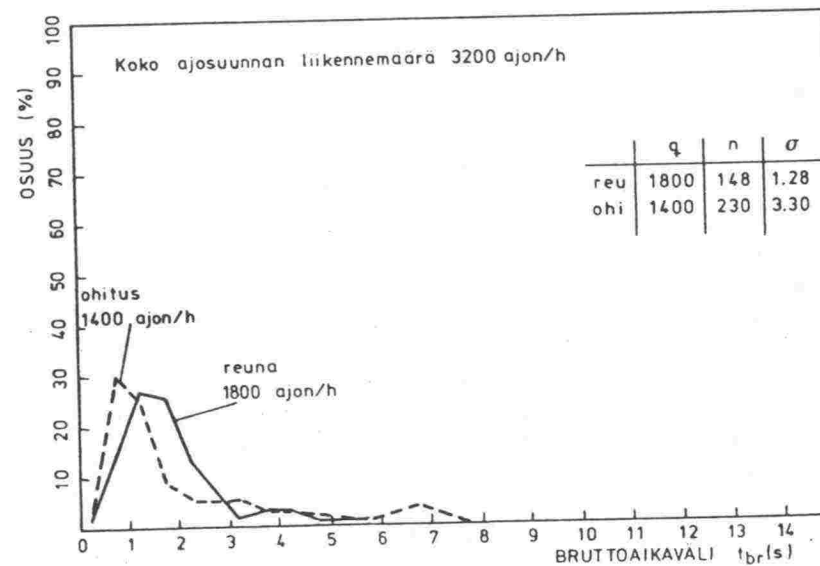
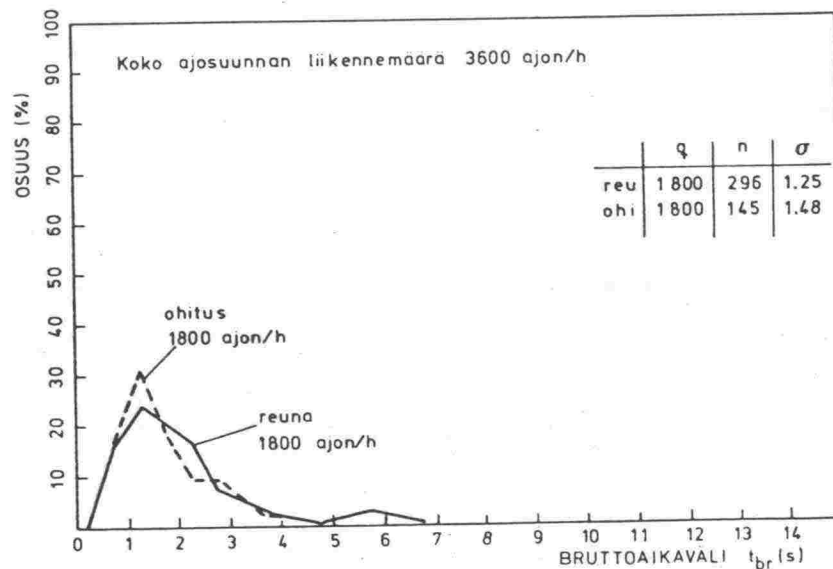
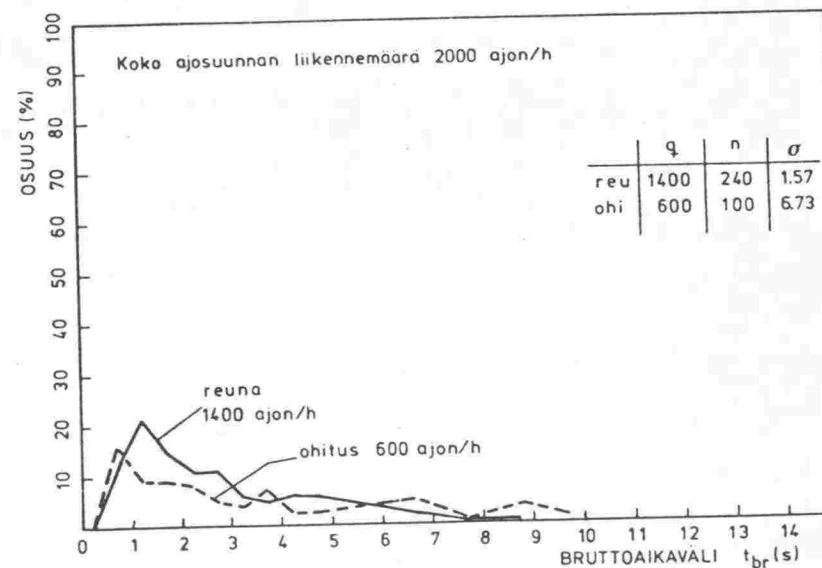


Kuva 4.34. Esimerkkejä bruttoaikavälin jakaumasta eri kaistoilla samanaikaisesti (Karhusaari ja Suomenoja).

SUVIKUMPU
HELSINKIIN (100)



SUVIKUMPU
JORVAKSEEN (100)



Kuva 4.35. Esimerkkejä bruttoaikavälin jakaumasta eri kaistoilla samanaikaisesti (Suvikumpu).

4.52 Vaaralliset aikavälit

4.521 Laskentaperiaatteet

Ensimmäisen vaiheen raportissa vaarallisten aikavälien kriteerinä oli alle 1 sekunnin brutto- ja nettoaikavälien osuus. /10/ Siinä kuitenkin ehdotettiin vaarallisten aikavälien analyysiä myös siten, että aikavälien suuruuden ohella otetaan huomioon peräkkäin ajavien ajoneuvojen nopeus- ja pituuserot.

Jos kahden peräkkäisen ajoneuvon (1 ja 2) nopeudet ovat v_1 ja v_2 , niiden jarrutusmatka s_i ($i = 1, 2$) on

$$s_i = (v_i^2) / 2 \mu g \quad (4.1)$$

eli jarrutusmatkojen erotus

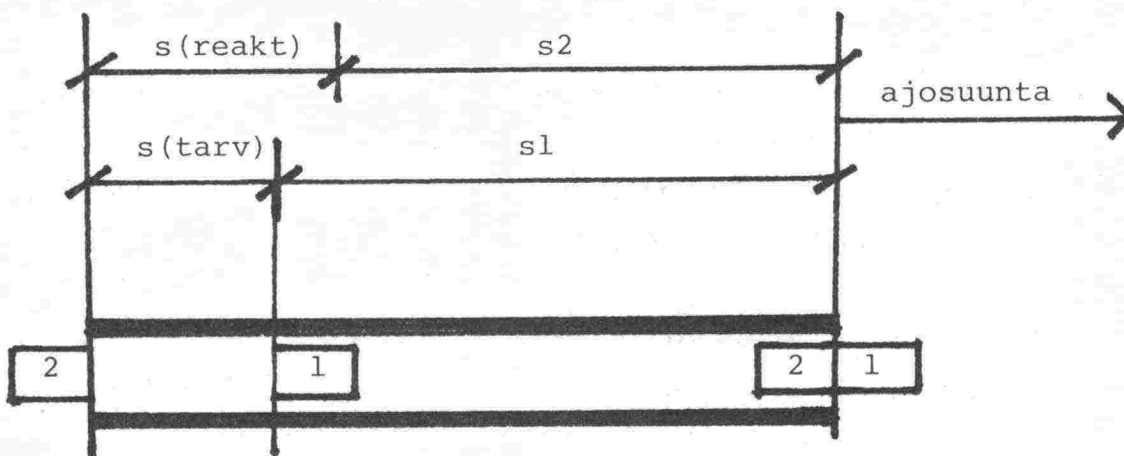
$$\Delta s = s_2 - s_1 = (v_2^2 - v_1^2) / 2 \mu g \quad (4.2).$$

Kun lisäksi otetaan huomioon matka, jonka auto 2 kulkee kuljettajan 2 reaktioaikana, tarvittavan matkaeron $s(\text{tarv})$ on toteutettava epäyhtälö (katso kuva 4.36)

$$s(\text{tarv}) + s_1 \geq s_2 + s(\text{reakt}) \quad \text{eli}$$

$$\begin{aligned} s(\text{tarv}) &\geq \Delta s + t(\text{reakt}) v_2 \\ &\geq (v_2^2 - v_1^2) / 2 \mu g + t(\text{reakt}) v_2 \end{aligned} \quad (4.3).$$

Kun tämä jaetaan jälkimmäisen auton nopeudella v_2 , saadaan tarvittava nettoaikaväli (ajoneuvon 1 perästä ajoneuvon 2 keulaan), jota voidaan verrata käytössä olevaan. Aikaväli on vaarallinen, jos käytössä oleva aikaväli on pienempi kuin tarvittava.



alussa
 $t = 0$
 $v_1, v_2 \neq 0$

lopusa
 $t = t_0$
 $v_1 = v_2 = 0$

Kuva 4.36. Kaaviokuva vaarallisen aikavälin laskemiseen liittyvistä matkoista (s_1 ja s_2 jarrutusmatkoja).

Kun $v_1 = v_2$, on tarvittava aikaväli sama kuin reaktioaika.
 Kun $v_1 = 0$, auto 2 ajaa seisovan autojonon loppuun.
 Kun $v_1 < v_2$, auto 2 saavuttaa hitaammin ajavan auton 1.
 Kun $v_1 > v_2$, auto 1 "pakenee" ja tarvittava aikaväli piene-
 nee, rajatapauksessa jopa nolnaan.

Kaavoissa on käytetty seuraavia vakioita:

- reaktioaika $t(\text{reakt}) = 0.8 \text{ s}$ /15/
- tyypilliset kitkakertoimet μ eri olosuhteissa ovat /4/

kuiva kesä	0.7	hyvä talvi	0.4
märkä kesä	0.5	huono talvi	0.2

Käytetyt talviaajan kitkakertoimet ovat ehkä liian pieniä eli laskelmat yliarvioivat vaarallisten aikavälien osuutta.

Reaktioajan arvo vastaa yhden sekunnin bruttoaikaväliä, kun $v_1 = v_2 = 72 \text{ km/h} = 20 \text{ m/s}$ ja auton pituus on 4 m. Tällöin aika, joka autolta kuluu oman pituutensa kulkemiseen, on $t_{br} - t_n = 4/20 \text{ s} = 0.2 \text{ s}$.

4.522 Vaarallisten aikavälien osuudet

Kun tehtiin kaistoittain ja olosuhteittain regressioanalyysi liikennemäärän ja vaarallisten aikavälien osuuden riippuvaisuudesta, saatiin taulukon 4.9 mukaisia regressiosuoria, joista osa on piirretty kuviin 4.37...4.39.

Piirroksista voidaan päätellä, että

- vaarallisten aikavälien osuus kasvaa liikennemäärän kasvaessa ja laskee olosuhteiden huonontuessa
- ohituskaistalla on enemmän vaarallisia aikavälejä kuin reunakaistalla
- liikennemäärällä 500 ajon/h vaarallisten aikavälien osuus on reunakaistalla 3...8 % ja ohituskaistalla 8...15 %
- liikennemäärällä 1500 ajon/h vaarallisten aikavälien osuus on reunakaistalla 10...22 % ja ohituskaistalla 16...30 %
- liikennemäärällä 2500 ajon/h vaarallisten aikavälien osuus on (silloin kun näin korkea liikennemäärä on mitattu) ohituskaistalla 26...38 %.

Kun saatuja vaarallisten aikavälien osuuksia verrattiin ensimmäisessä vaiheessa /10/ laskettuihin, todettiin että

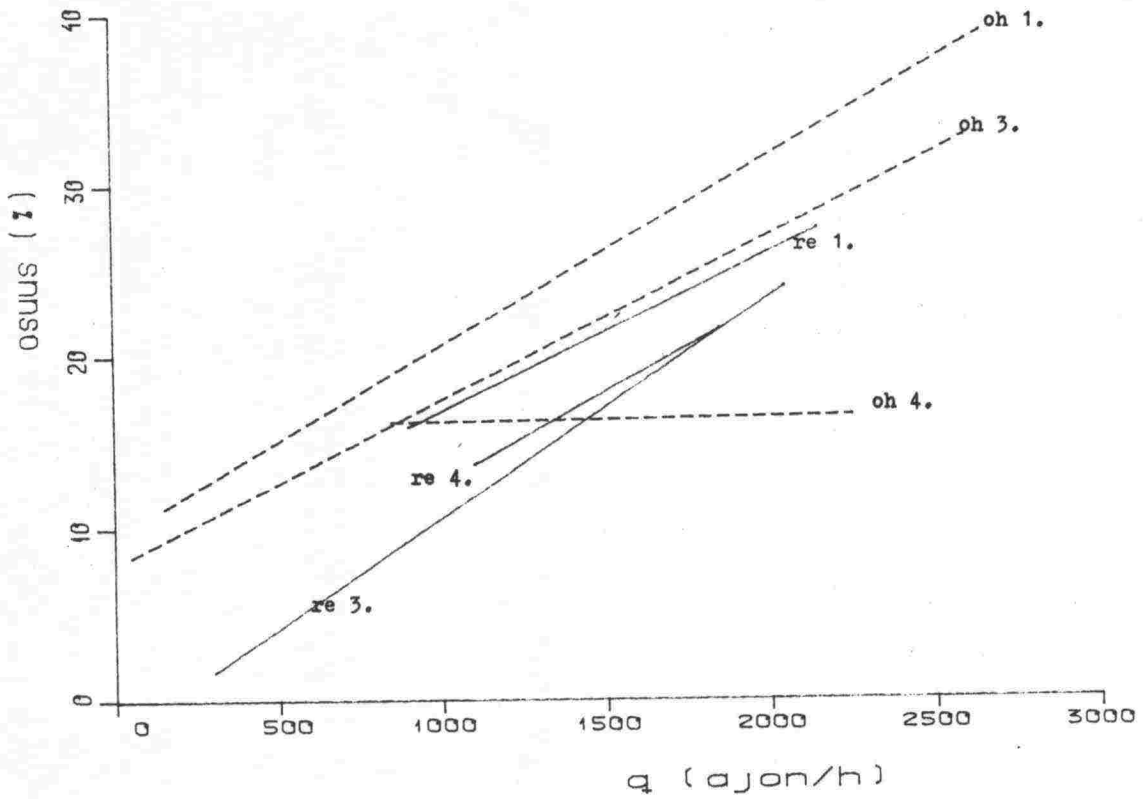
- regressiosuorat ovat lähes poikkeuksetta yhdensuuntaiset eli muuttamalla raja-arvoa bruttoaikavälien osuuteen perustuvassa menetelmässä saataisiin yhteneviä tuloksia
- tämän tutkimuksen menetelmällä on yleensä saatu hieman korkeampia (2...4 prosenttiyksikköä) vaarallisten aikavälien osuuksia kuin 1. vaiheen menetelmällä /10/
- tapauksessa "Suvikumpu Jorvakseen, ohituskaista, pimeä saateeton" saatu suora yhtyy ensimmäisessä vaiheessa saatuun regressiosuoraan.

Taulukko 4.9. Vaarallisten aikavälien osuus.
 $p(\text{vav}) = a_0 + a_1 q$

koodi	vakio a0	kerroin al	r ²	q:n alue	n
KarhHki!					
re 1	7.59	0.00919	0.453	900-2136	74
oh 1	9.59	0.01102	0.758	138-2652	40
re 3	-2.16	0.01278	0.466	318-2052	59
oh 3	7.90	0.00954	0.412	52-2580	46
re 4	2.23	0.01043	0.286	1116-1860	14
oh 4	15.91	0.00026	0.000	846-2244	13
re 7	-0.29	0.00941	0.163	1116-1728	19
oh 7	4.89	0.00555	0.348	432-2028	21
KarhJor!					
re 1	-3.54	0.01356	0.502	852-1560	15
oh 1	5.75	0.01610	0.158	300- 720	9
re 2	-1.10	0.00996	0.364	1020-1968	38
oh 2	11.53	0.00619	0.220	552-2304	38
re 3	-2.48	0.01355	0.768	368-2172	50
oh 3	8.15	0.01300	0.831	77-2460	42
re 4	2.57	0.00458	0.268	696-1704	26
oh 4	8.04	0.00515	0.310	390-1848	26
re 5	4.45	0.00620	0.083	1332-1812	12
oh 5	10.49	0.00760	0.401	1380-2340	12
re 6	0.79	0.00401	0.233	678-1608	21
oh 6	7.23	0.00155	0.115	372-1836	21
SuviHki!					
re 1	3.74	0.00753	0.473	546-1920	44
oh 1	9.88	0.00669	0.397	132-2580	27
re 3	-2.47	0.01092	0.518	384-2208	59
oh 3	4.49	0.01187	0.787	52-2616	48
re 6	5.43	0.00387	0.108	996-1860	18
oh 6	7.38	0.00808	0.445	456-2664	17
re 8	-2.14	0.00910	0.594	1044-1944	18
oh 8	5.81	0.00989	0.699	558-2796	16
SuviJor!					
re 1	3.22	0.00818	0.659	564-1824	22
oh 1	6.23	0.01604	0.894	90-1872	15
re 2	7.73	0.00289	0.022	1104-1692	29
oh 2	16.79	0.00372	0.063	696-1860	29
re 3	0.38	0.01085	0.619	372-1824	41
oh 3	9.25	0.01137	0.752	60-1896	31
re 4	6.72	0.00459	0.198	792-1680	21
oh 4	4.19	0.00992	0.697	304-1632	17
SojaHki!					
re 1	-0.04	0.01075	0.737	440-1392	19
oh 1	4.88	0.01628	0.797	105-1512	12
re 3	-5.06	0.01392	0.667	732-1392	12
oh 3	6.72	0.01540	0.621	240-1368	12
SojaJor!					
re 3	-5.89	0.01523	0.515	744-1488	16
oh 3	4.56	0.01471	0.542	222-1188	9
re 9	11.35	0.00018	0.000	600-1188	13
oh 9	-1.08	0.01925	0.858	156- 924	8

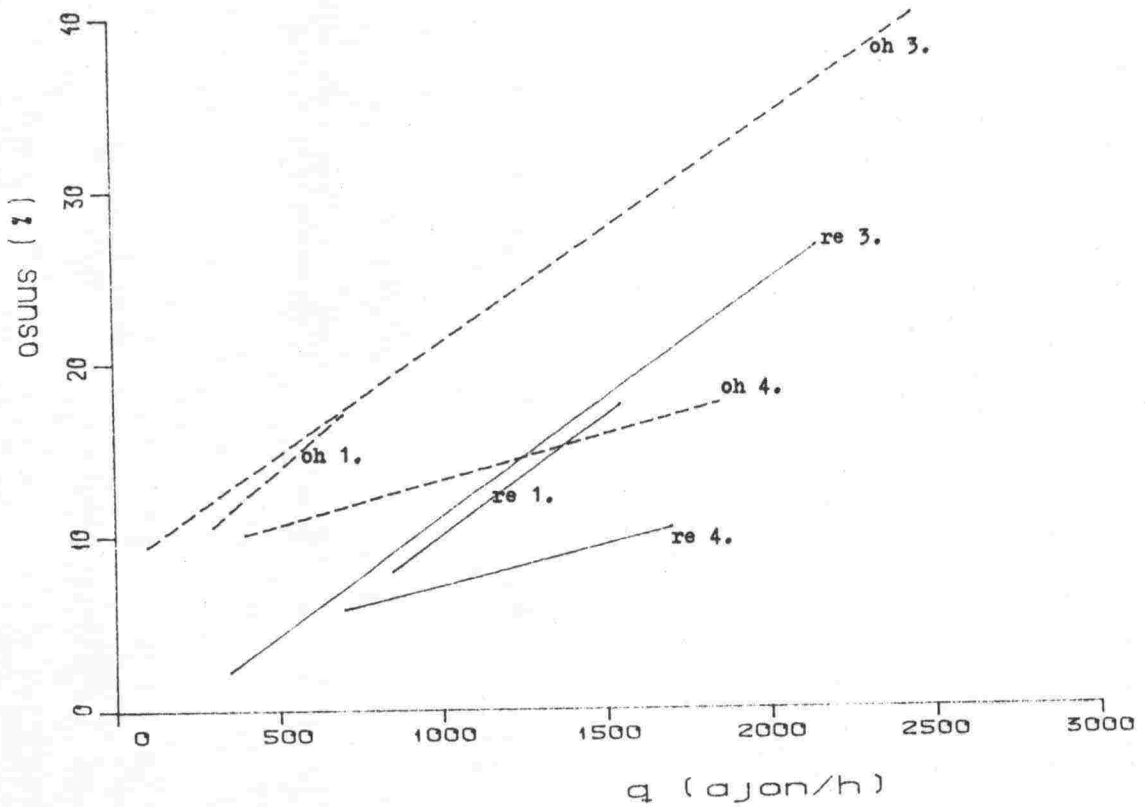
- (1) sateeton, valoisa
- (2) vesisade, pimeä
- (3) sateeton, pimeä
- (4) lumisade
- (5) hyvät talviolosuhteet
- (6) räntäsade
- (7) heikko lumisade
- (8) vesisade, valoisa
- (9) liukas, sateeton

Vaarallisten aikavälten osuus
 Karhusaari Helsingin
 eri olosuhteissa



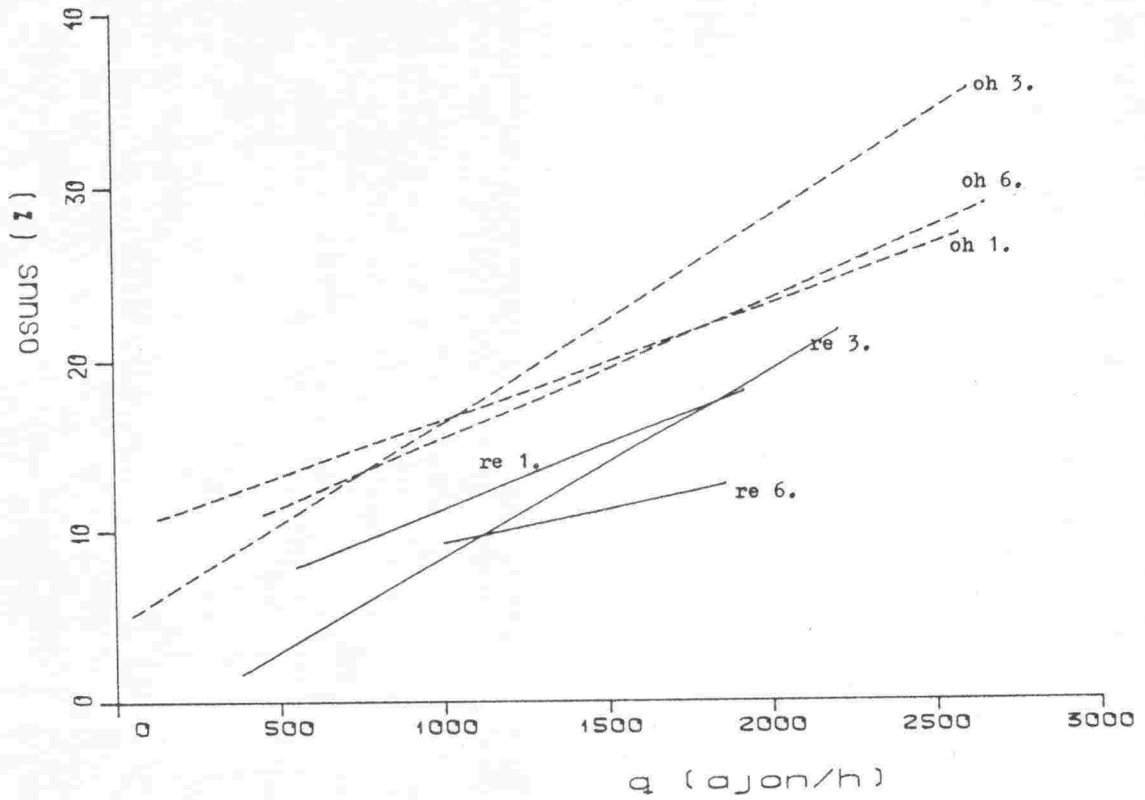
Vaarallisten aikavälten osuus
 Karhusaari Jorvaksen
 eri olosuhteissa

- (1) sateeton, valoisa
- (3) sateeton, pimeä
- (4) lumisade



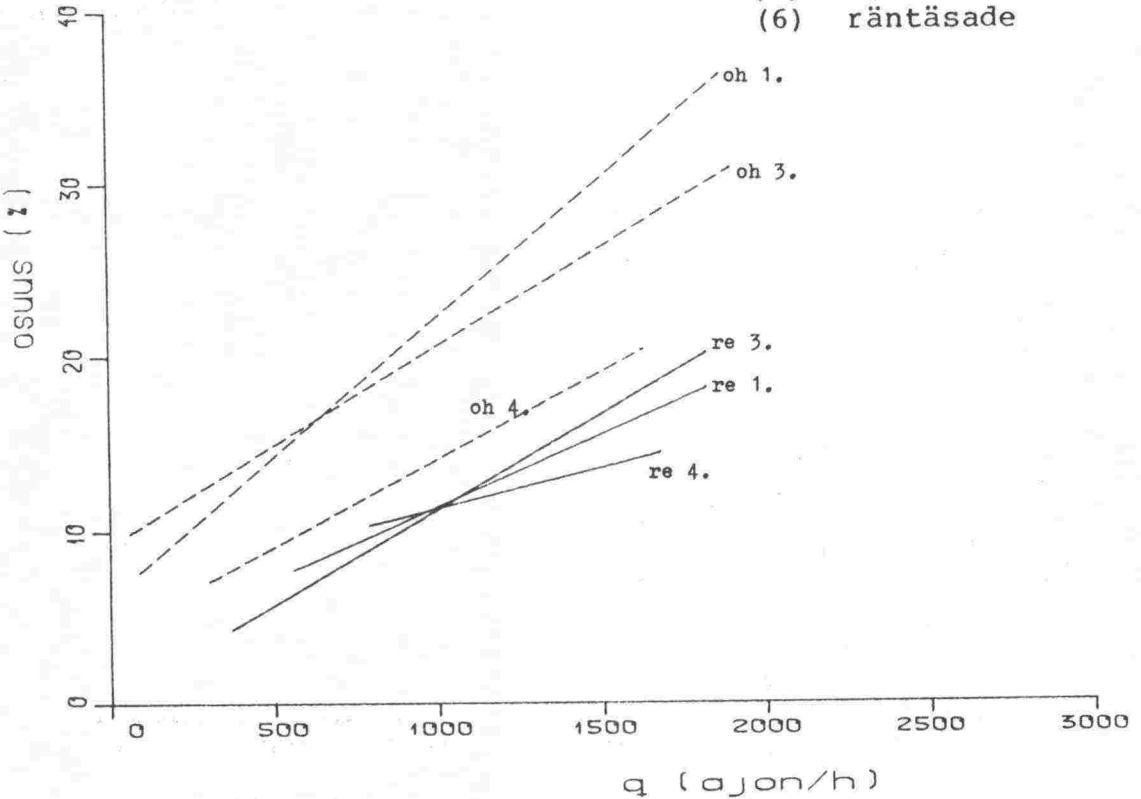
Kuva 4.37. Vaarallisten aikavälten osuus Karhusaarella.

Vaarallisten aikavälten osuus
Suvikumpu Helsinkiin
ert olosuhteissa



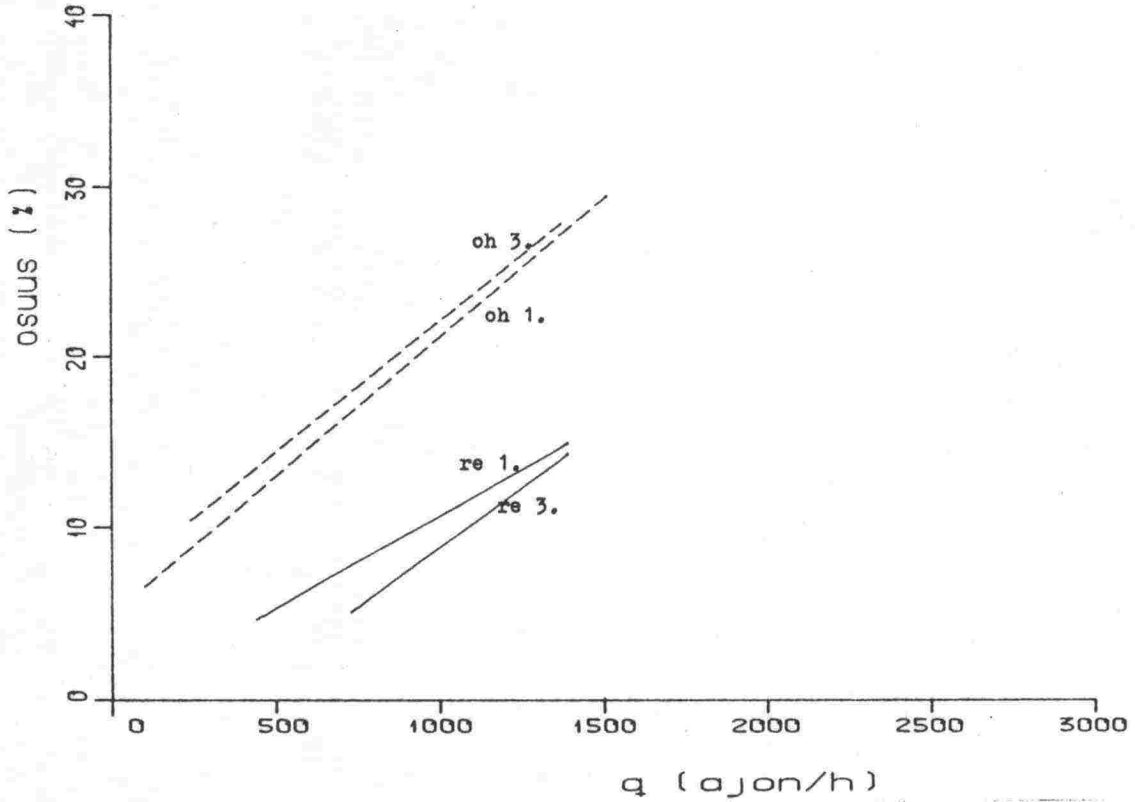
Vaarallisten aikavälten osuus
Suvikumpu Jorvaksen
ert olosuhteissa

- (1) sateeton, valoisa
- (3) sateeton, pimeä
- (4) lumisade
- (6) räntäsade



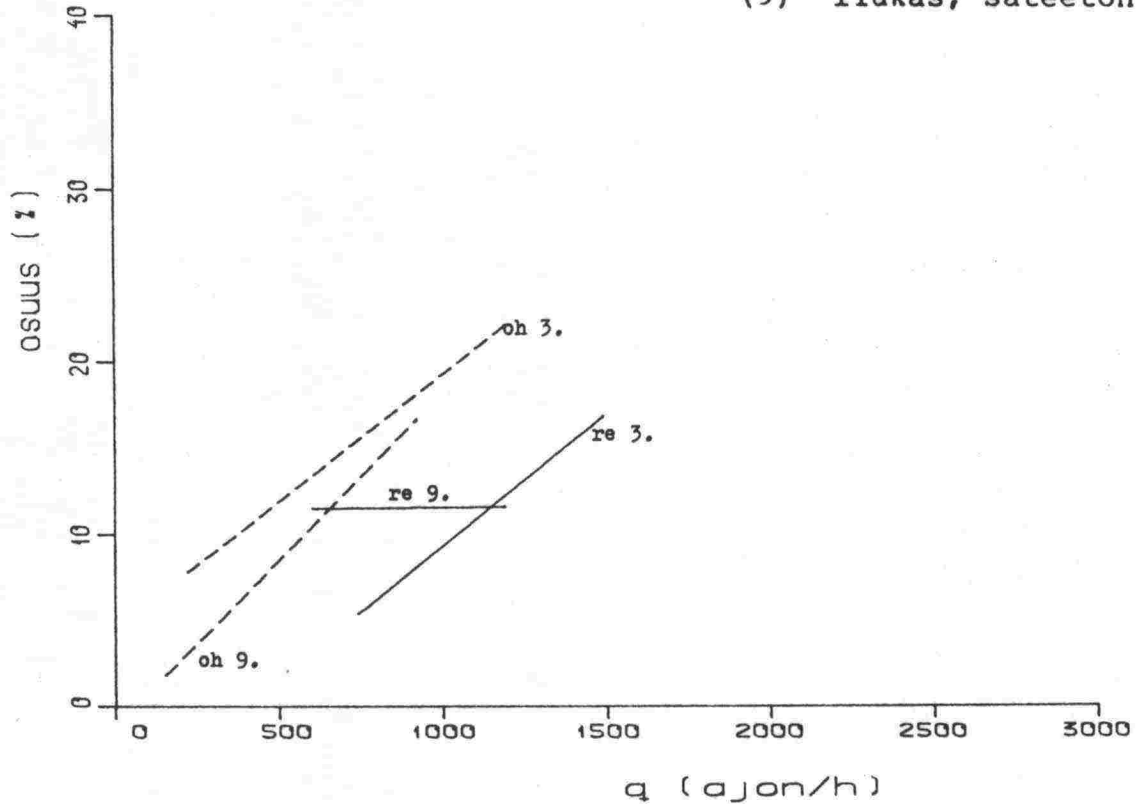
Kuva 4.38. Vaarallisten aikavälten osuus Suvikummissa.

Vaarallisten aikavälten osuus
Suomenoja Helsinkiin
eri olosuhteissa



Vaarallisten aikavälten osuus
Suomenoja Jorvukseen
eri olosuhteissa

- (1) sateeton, valoisa
- (3) sateeton, pimeä
- (9) liukas, sateeton



Kuva 4.39. Vaarallisten aikavälten osuus Suomenojalla.

5. LIITTYMÄMITTAUSTEN ANALYYSI

5.1 Liittymän ominaisuudet

Tutkimuksessa on tehty mittauksia myös Tapiolan-Otaniemen liittymässä. Kuvassa 5.1 on piirros liittymästä suunnassa Tapiolasta Otaniemeen. Sekoittumiskaistan pituus on 264 m. Luku on saatu soveltamalla HCM:ssä esitettyä menetelmää eli alkupisteessä reunakaistan ja rampin reunaviivojen välinen etäisyys on 0.60 m ja loppupisteessä 3.60 m /14/.

Syksyllä 1982 tehtiin liittymäalueella kaksi liikennelaskentaa. Liikennemäärät on esitetty kuvassa 5.2.

5.2 Sekoittumisalueen teoreettinen tarkastelu

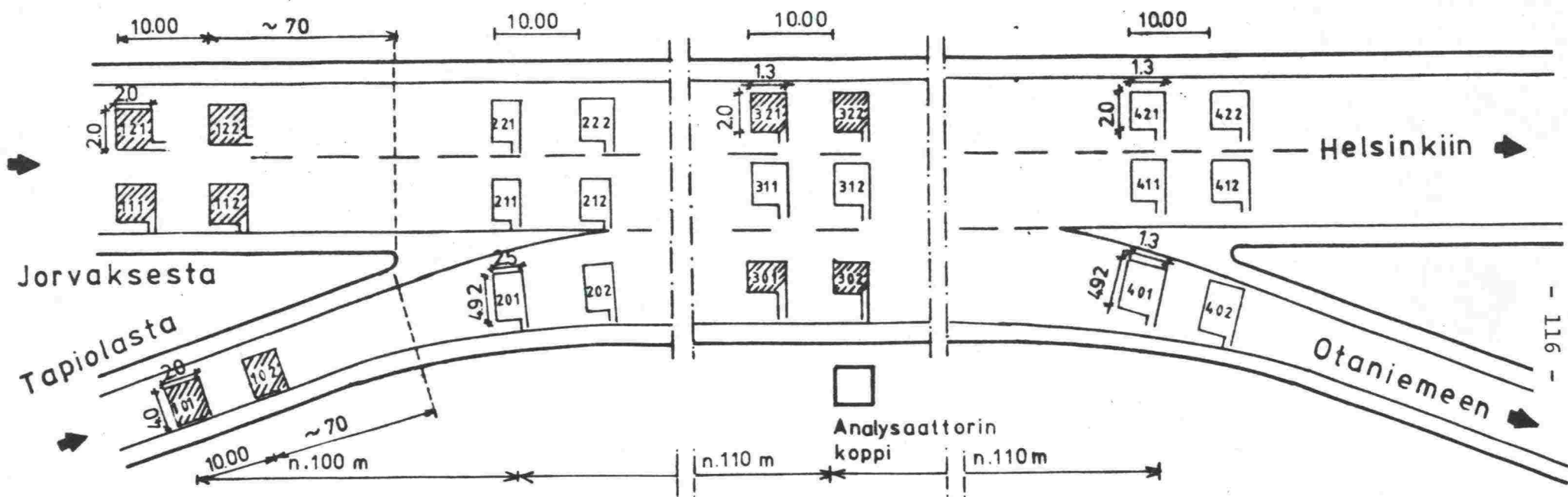
5.2.1 Sekoittumisalueen pituus ja kaistamäärä /6/,/14/

Sekoittumisalueen toimintaa on tarkasteltu Itävallan liikenne ministeriön raportissa /6/. Sekoittumisalueella tarvittavien kaistojen määrä voidaan laskea Mensebachin kaavasta, joka on samanlainen kuin HCM:ssä esitetty (vrt. kuva 5.3):

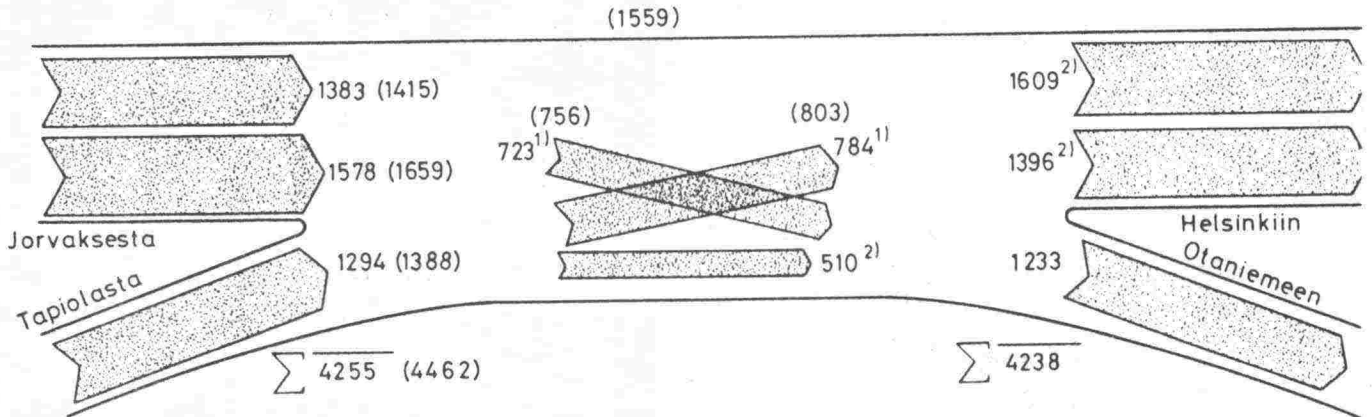
$$N = \frac{W1 + k W2 + F1 + F2}{q_{max}} = \frac{q_{tot} + (k-1) W2}{q_{max}} \quad (5.1),$$

missä N = tarvittavien kaistojen määrä
W1 = suuremman sekoittuvan virran liikennemäärä
W2 = pienemmän -----"
F1,F2 = sekoittumattomien virtojen liikennemäärät
k = sekoittumiskerroin (katso kuva 5.3)
q_{max} = ajokaistan välityskyky
q_{tot} = koko poikkileikkauksen liikennemäärä.

Lasketaan kuvan 5.2 liikennemäärillä N:n arvo. Koska sekoittumiskaistan pituus L on noin 264 m ja sekoittuva liikennemäärä noin 1500 ajon/h, saadaan kuvasta 5.3 käyrä 3 ja arvo k = 3. Kaistan välityskyky q_{max} = 1800 ajon/h (ko. palvelu-

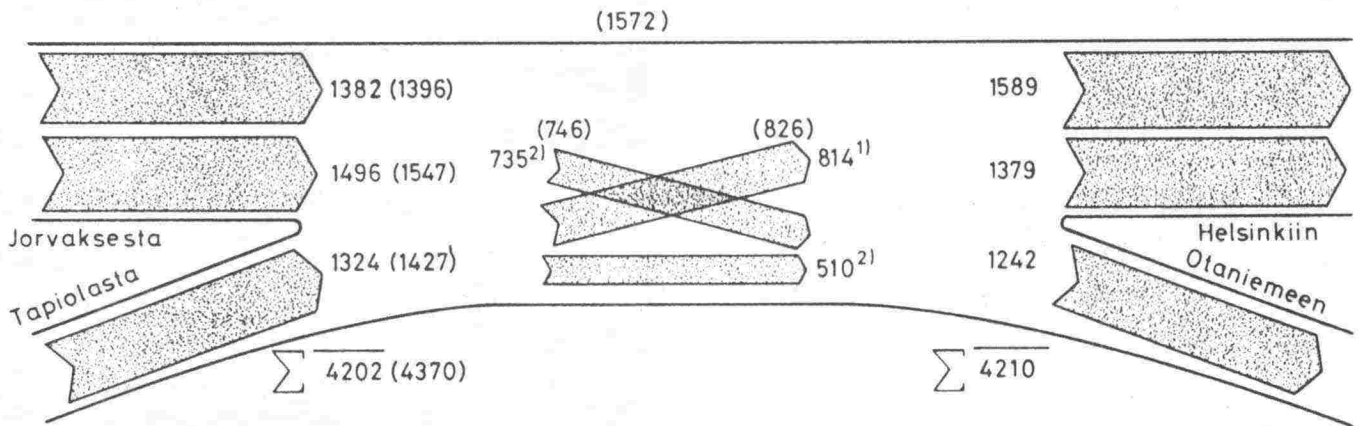


Kuva 5.1. Induktiivisilmukoiden sijoitus Jorvaksentielle Tapiolan-Otaniemen liittymässä.



1) VIRTOJA EI LASKETTU MAASTOSSA
2) KORJATUT LIIKENNEMÄÄRÄT

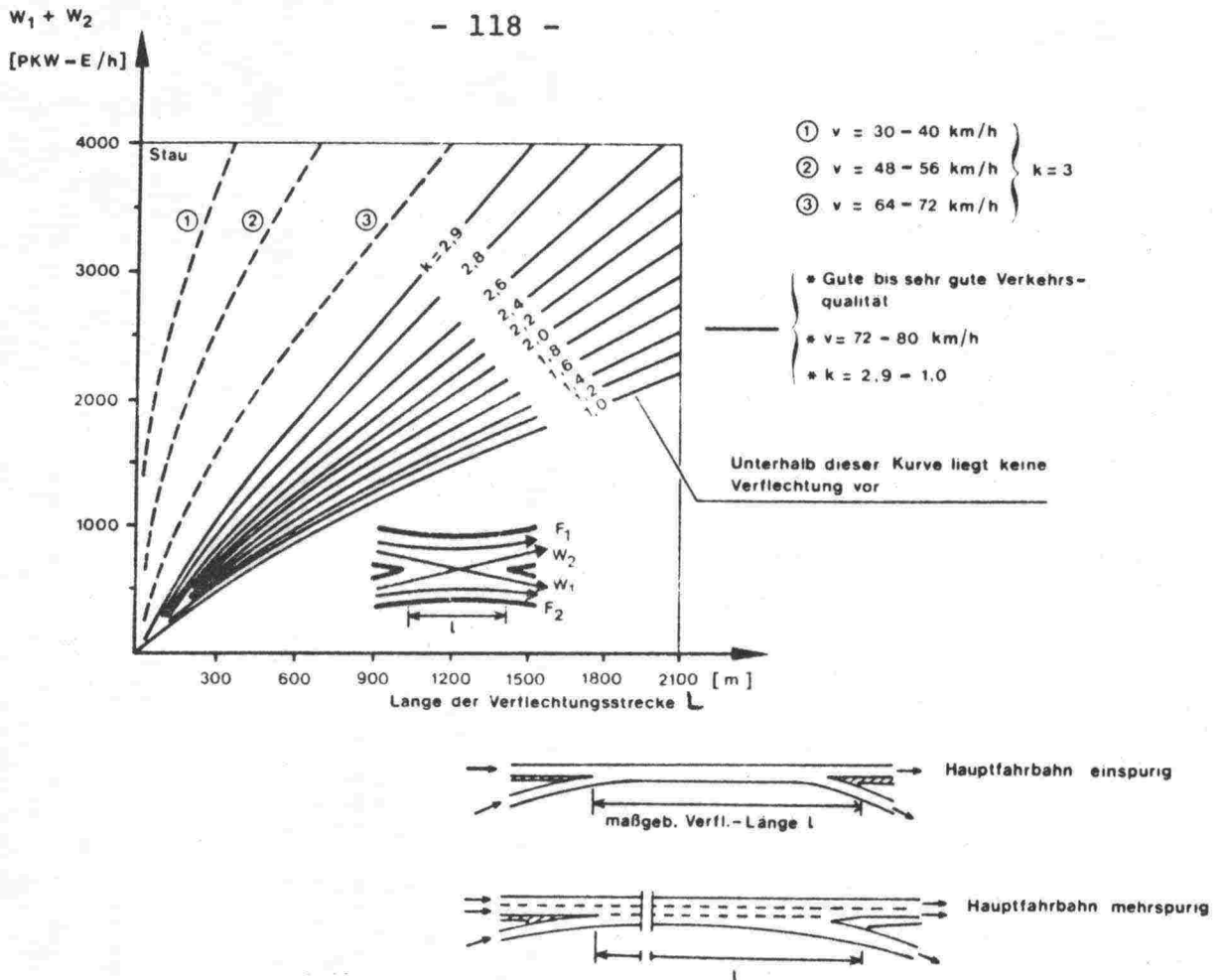
Liikennevirrat Tapiolan-Otaniemen liittymässä
30.9.1982 klo 7.30 - 8.30
1mm = 100 m ajon.



1) VIRTAA EI LASKETTU MAASTOSSA
2) KORJATUT LIIKENNEMÄÄRÄT

Liikennevirrat Tapiolan-Otaniemen liittymässä
7.10.1982 klo 7.30 - 8.30
1mm = 100 m ajon.

Kuva 5.2. Syksyllä 1982 lasketut liikennemäärät Tapiolan-Otaniemen liittymässä (ilman sulkua ajon/h, suluissa hay/h).



Kuva 5.3. Sekoittuvien virtojen liikennemäärän riippuvaisuus sekoittumisalueen pituudesta, kun käytetään Mensebachin menetelmää. /6/

tasoa vastaava arvo). Sijoittamalla liikennemäärät yhtälöön 5.1 saadaan tarvittavien kaistojen määräksi

$$N(30.9.1982) = 3.17 \text{ ja } N(7.10.1982) = 3.15 .$$

Raportissa on laskettu simuloimalla kiihtyvyyksiä, ruuhkautuneisuutta ym. neljässä eri tapauksessa. Liittymän tyyppi on sama kuin Tapiolan-Otaniemen liittymässä. Liikennemäärien suhteet eri tapauksissa ovat:

tapaus	L	P	S	
1	1	1	1	L = läpiajavat
2	2.5	1	1	P = poistuvat
3	1	2.5	1	S = saapuvat
4	1	1	2.5	

Tapiolan-Otaniemen liittymään sopii parhaiten tapaus 2, sillä liikennemäärien suhteet ovat (vrt. kuva 5.2)
(4255 - 723 - 784) : 784 : 723 (laskenta 30.9.1982) ja
(4202 - 814 - 735) : 814 : 735 (laskenta 7.10.1982) eli
(3.6...3.8) : 1.1 : 1.0 .

Sekoittumiskaistan minimipituudeksi ko. liikennemääräjakamalla 2 on raportissa saatu 200 m (kun suurin nopeus on 60 km/h) ja 250 m (kun vastaavasti 120 km/h). Näihin arvoihin on päästy tarkastelemalla suhteellisia kaistanvaihtokohtia (kuinka lähellä sekoittumisalueen loppua suurin osa kaistanvaihtoista on tapahtunut). Toisaalta saman raportin yhteenvedossa suositellaan kaupunkioloihin (nopeus alle 80 km/h) sekoittumiskaistaa, jonka minimipituus on 150 m ja optimipituus 200...250 m.

5.22 Sekoittumisalueen välityskyky /6/

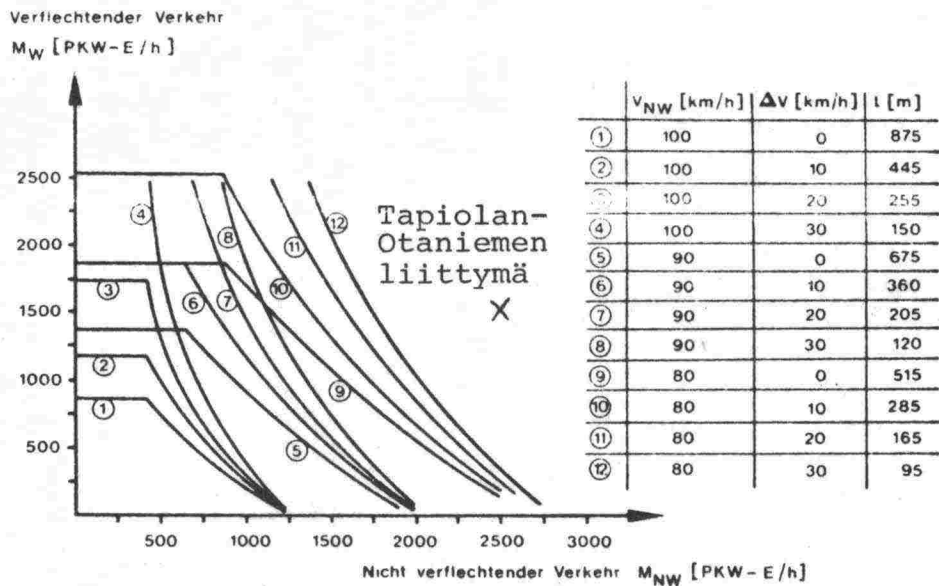
Kuvassa 5.4 on esitetty sekoittuvan liikennemäärän riippuvaisuus sekoittumattomasta. Numerot viittaavat kuvan taulukkoon, jonka sarakkeet ovat sekoittumattoman virran nopeus, nopeusero ja sekoittumiskaistan pituus. Tapiolan-Otaniemen liittymän piste on kaukana kaikista käyristä.

Lasketaan sekoittumisalueen kokonaisvälityskyky $Q(\text{tot}, \text{kap})$ ja "sekoittumiskyky" eli sekoittuvan liikenteen maksimimäärä $Q(\text{sek}, \text{kap})$. Suurin sallittu nopeus on 80 km/h ja sekoittumisalueen pituus 264 m. Kuvasta 5.5 saadaan sekoittumiskyvyksi noin 1500 ajon/h. Tarkat arvot saadaan seuraavista regressioyhtälöistä (vrt. kuva 5.6):

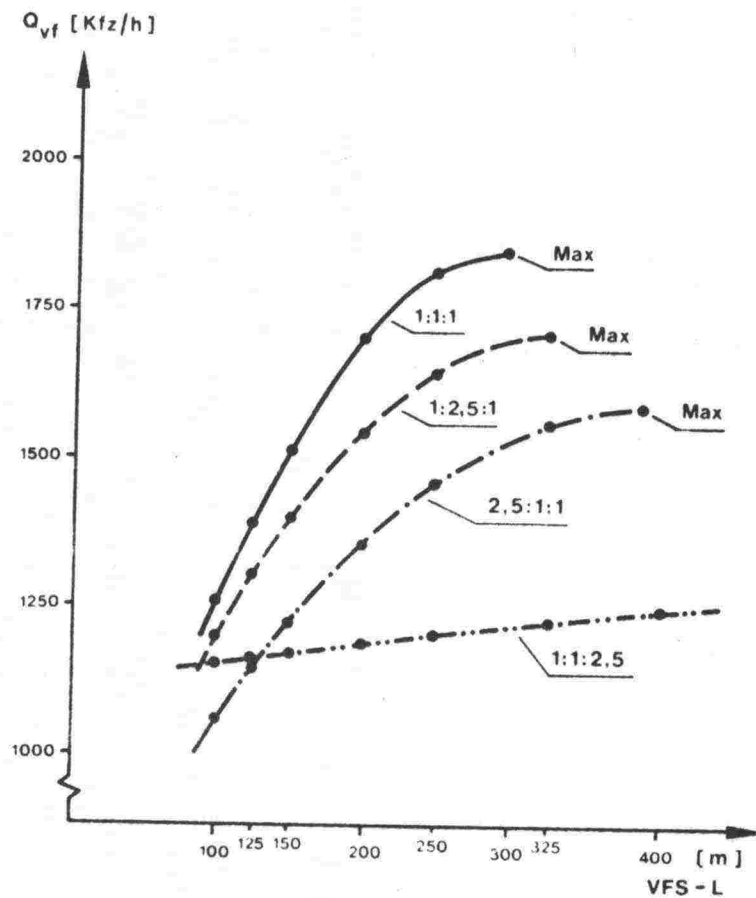
$$Q(\text{tot}, \text{kap}) = 1541.45 + 9.7176 L - 0.0121 L^2 \quad (5.2)$$

$$Q(\text{sek}, \text{kap}) = 686.48 + 4.3003 L - 0.0053 L^2 \quad (5.3)$$

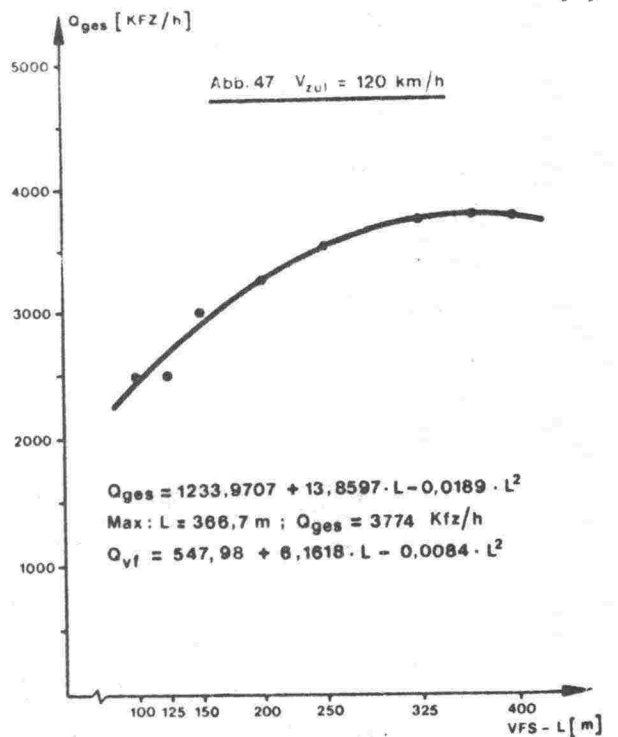
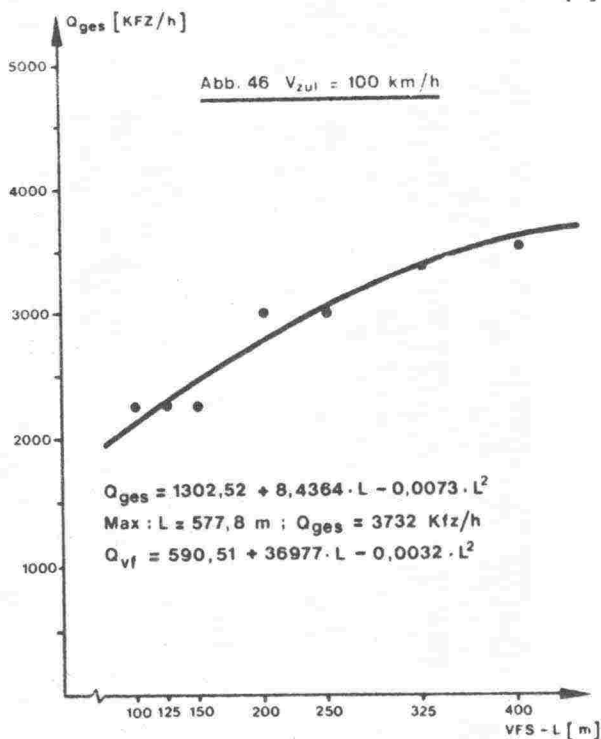
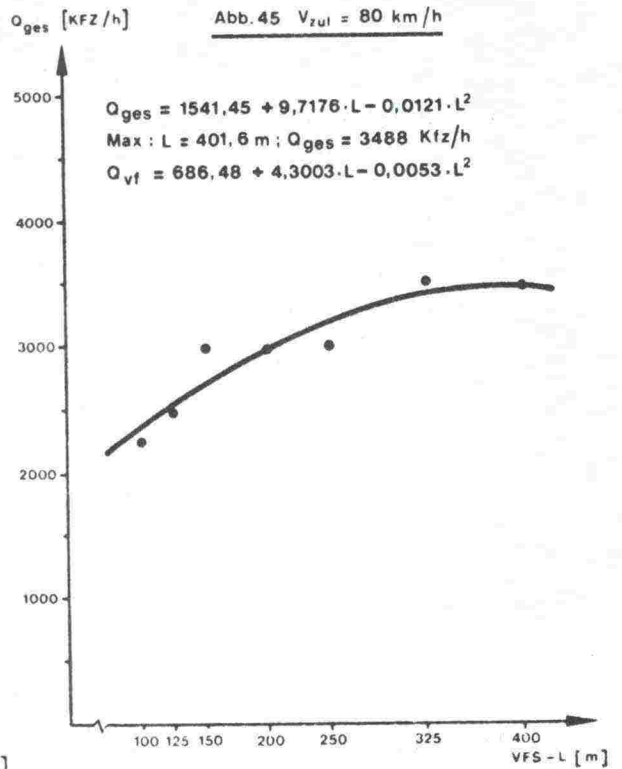
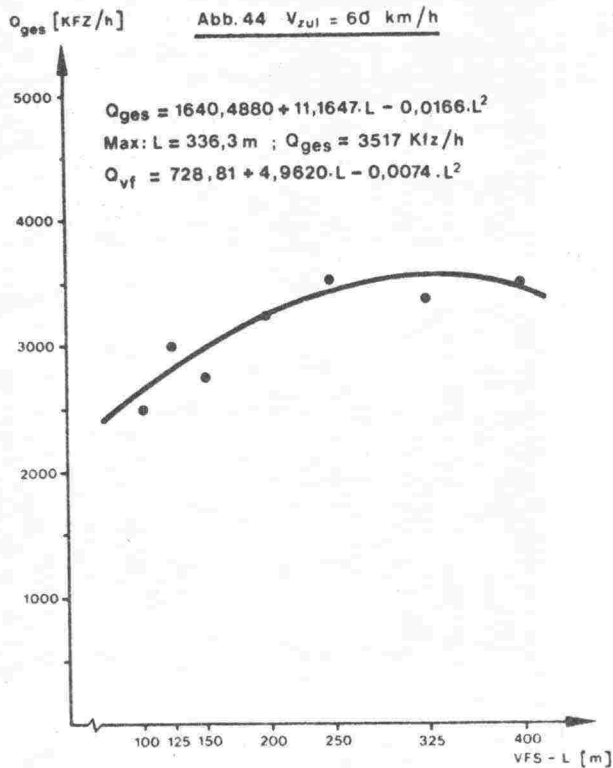
Sijoittamalla sekoittumiskaistan pituus $L = 264$ m saadaan arvoiksi $Q(\text{tot}, \text{kap}) = 3264$ ajon/h ja $Q(\text{sek}, \text{kap}) = 1452$ ajon/h.



Kuva 5.4. Kolmikaistaisen sekoittumisalueen sekoittuvien virtojen liikennemäärien riippuvaisuus sekoittumattomien virtojen liikennemääristä. /N/



Kuva 5.5. Sekoittumiskyvyn riippuvaisuus sekoittumiskaistan pituudesta. /N/



Kuva 5.6. Maksimivälityskyvyn $Q(\text{tot, kap})$ riippuvaisuus sekoittumisalueen pituudesta eri nopeusrajoituksilla. Liikennemäärien suhde on 2.5 : 1 : 1 . /N/

Raportissa /6/ on esitetty viivytyksiä kuvaava suure häiriö-intensiteetti B (Behinderungsintensität). Sen arvon laskemisessa otetaan huomioon hidastuvuuksien painotettu summa, sekoittumiskaistan pituus ja havaintojen lukumäärä minuuttia kohden. Koska B:n maksimiarvo vaihtelee tilanteen mukaan, havainnollisempi suure on suhteellinen häiriöintensiteetti (prosentteina maksimiarvosta).

Tutkittavan liikennemääräjakauman (2.5 : 1 : 1) käyrät ovat kuvassa 5.7. Kuvasta nähdään, että Tapiolan-Otaniemen liittymän huippuliikennemäärällä (4200 ajon/h) B saa arvon 47 (kun $l = 250$ m) ja 34 (kun $l = 325$ m). Molemmat arvot ovat selvästi yli B:n maksimiarvon (100 prosentin suoran).

Koko ajoradan kapasiteetin $Q(\text{tot}, \text{kap})$ ja sekoittumiskyvyn $Q(\text{sek}, \text{kap})$ regressiokäyrien parametrit on esitetty kuvassa 5.8 ja taulukossa 5.1. Sijoittamalla pituus $l = 264$ m saadaan $Q(\text{tot}, \text{kap}) = 3337$ ajon/h ja $Q(\text{sek}, \text{kap}) = 1484$ ajon/h.

Simuloinnissa on oletettu, että 80 % autoista on henkilöautoja, 10 % kuorma-autoja ja 10 % rekkoja. Jos tämä jakauma ei sovi, voidaan laskea todellisia ajoneuvotyyppien osuuksia vastaavat liikennemäärät henkilöautoyksiköissä (hay). Kuorma-auton painoarvo on 2 hay ja rekan 3.5 hay. Tällöin saadaan arvoiksi: $Q(\text{tot}, \text{kap}) = 4505$ hay/h ja $Q(\text{sek}, \text{kap}) = 2002$ hay/h.

Kuvasta 5.9 saadaan arvoiksi (kun $l = 250$ m), käyrä (4):

$$Q(\text{sek}, \text{kap}) = 2000 \text{ hay/h} \quad \text{ja} \quad Q(\text{sek}, 25\%) = 900 \text{ hay/h} .$$

Kuvaan 5.2 on merkitty sulkuihin syksyn 1982 laskennassa saadut liikennemäärät henkilöautoyksikköinä. Linja-autojen ja perävaunuttomien kuorma-autojen yhteinen osuus aamuruuhkassa on noin 3.5...4.6 % ja perävaunullisten kuorma-autojen noin 0.2...0.6 % . Lukujen perusteella välityskyky henkilöautoyksiköissä näyttäisi juuri ja juuri riittävältä. Sekoittuvien virtojen liikennemääriin on kuitenkin suhtauduttava varauksella.

Taulukko 5.1. Kokonaisvälityskykyä $Q(\text{tot}, \text{kap})$ ja sekoittumiskykyä $Q(\text{sek}, \text{kap})$ vastaavat regressioyhtälöt sekoittumisalueen pituuden funktiona, kun liikennemääräjakauma on 2.5 : 1 : 1 . /N/

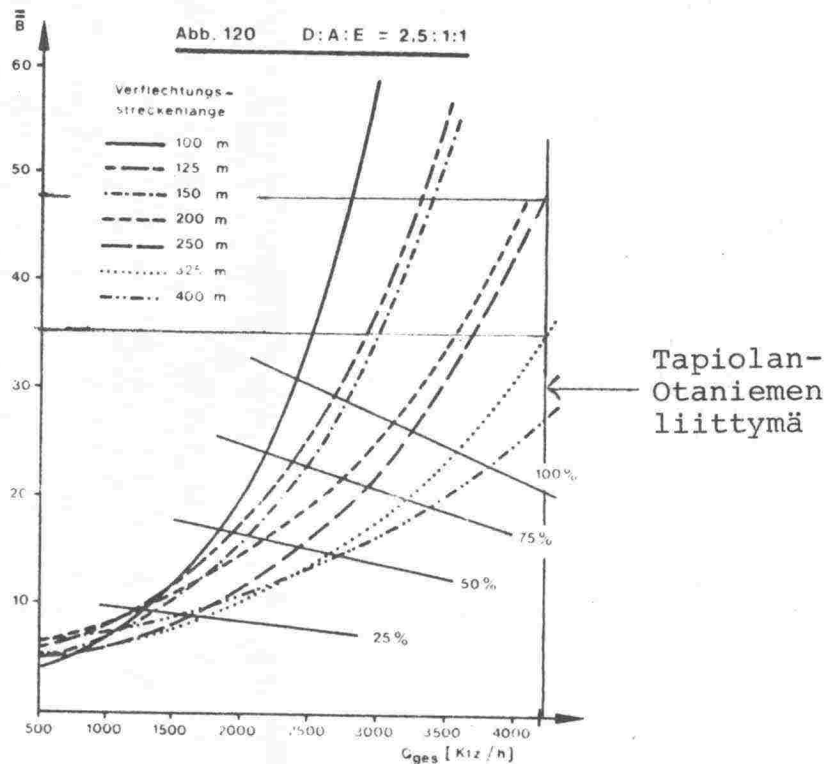
Regressioyhtälö on:

$$Q(\xi l, \text{kap}) = a_0 + a_1 L + a_2 L^2$$

ja yksikkönä joko ajon/h tai hay/h .

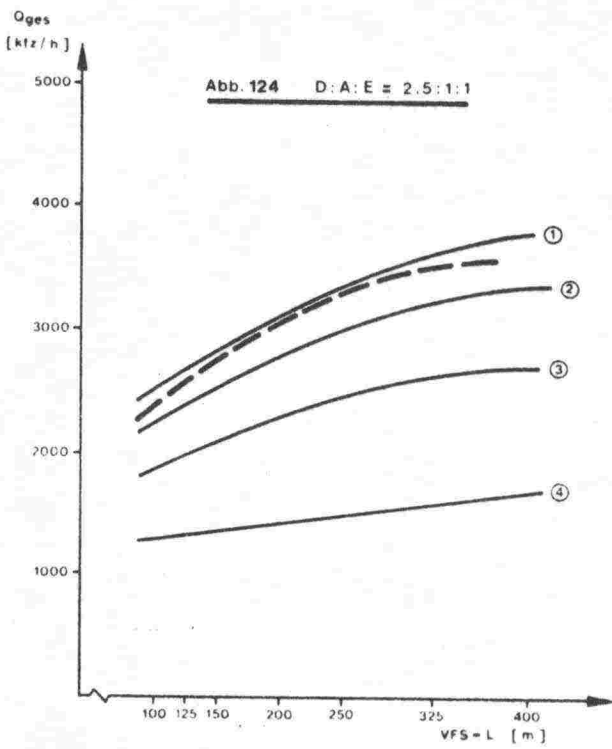
Merkintä ξl tarkoittaa: "tot" tai "sek".

suure	! yksikkö!	a0	! a1	! a2	!
$Q(\text{tot}, \text{kap})$! ajon/h !	1407.95	! 10.9516 !	-0.0138	!
	! hay/h !	1900.75	! 14.7845 !	-0.018630	!
$Q(\text{sek}, \text{kap})$! ajon/h !	628.94	! 4.8509 !	-0.0061	!
	! hay/h !	844.78	! 6.5709 !	-0.008280	!

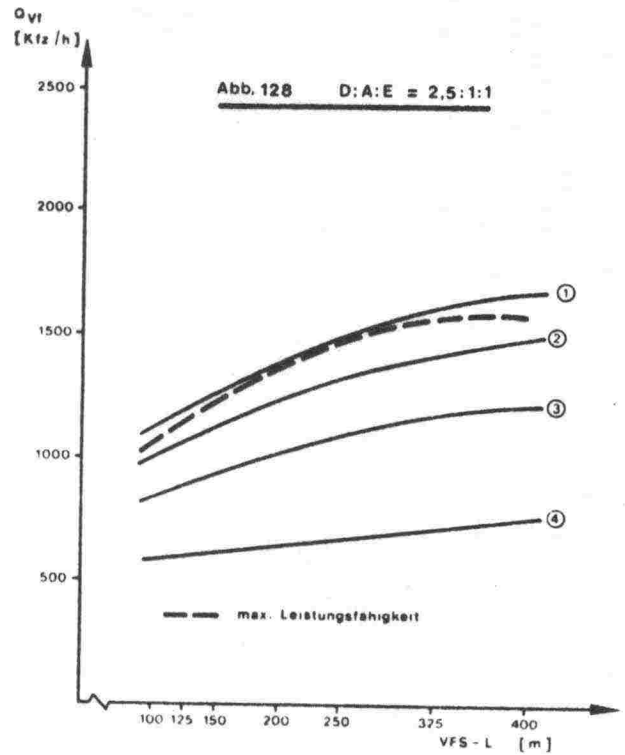


Kuva 5.7. Häiriöintensiteetin riippuvaisuus kokonaisliikennemäärästä. /N/

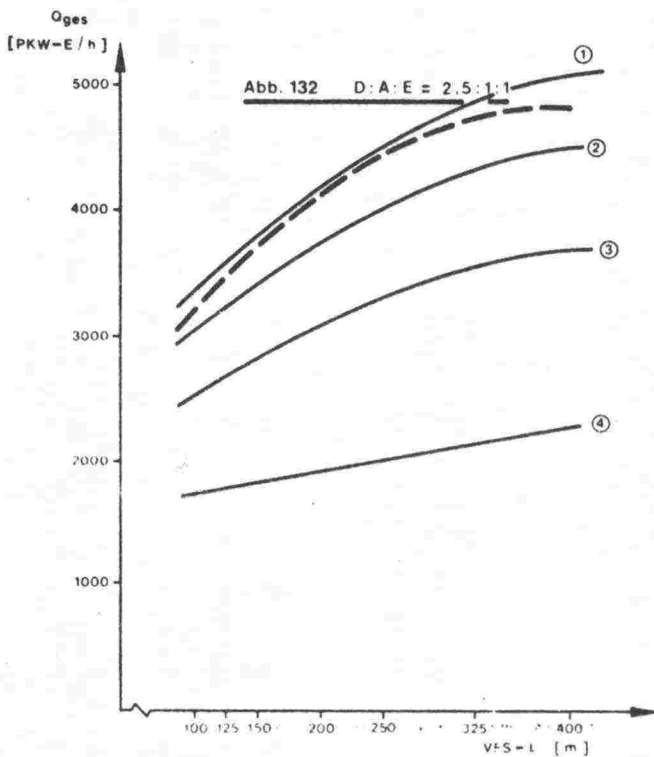
Q(tot, \$2) (ajon/h)



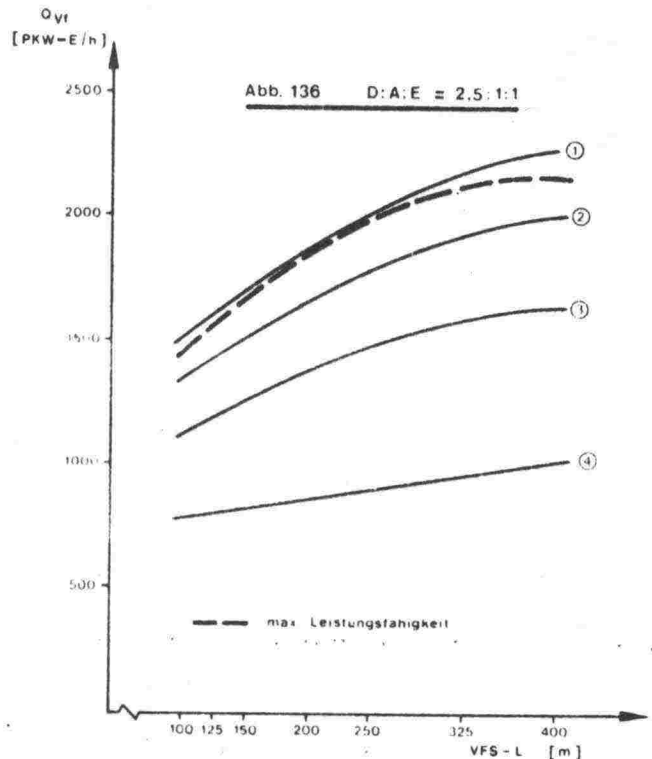
Q(sek, \$2) (ajon/h)



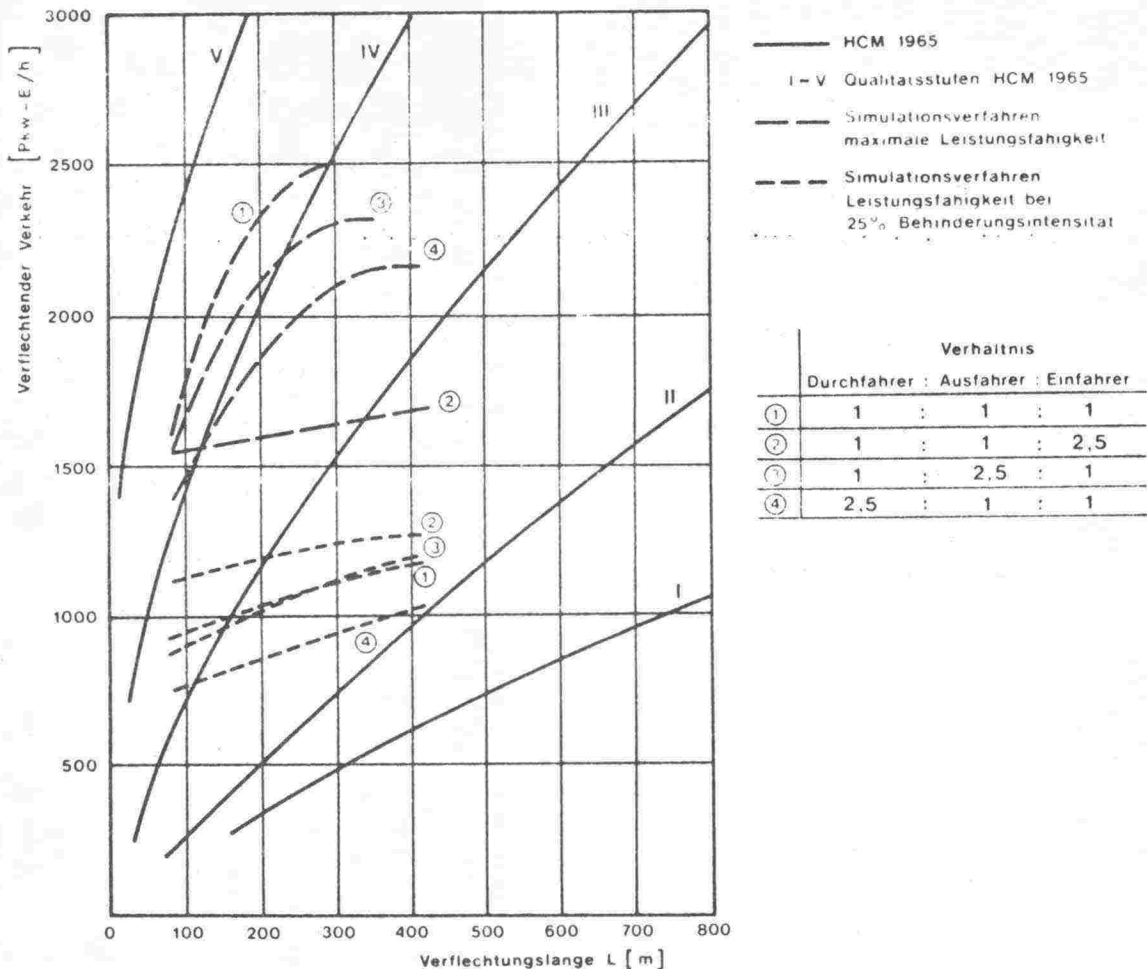
Q(tot, \$2) (hay/h)



Q(sek, \$2) (hay/h)



Kuva 5.8. Kokonaisvälityskyvyn ja sekoittumiskyvyn riippuvaisuus sekoittumiskaistan pituudesta, kun yksikönä on joko ajon/h tai hay/h. Käyrät ovat: (1) 100 %, (2) 75 %, (3) 50 % ja (4) 25 % häiriöintensiteetin maksimista. Katkoviiva kuvaa kapasiteettia. /N/



Kuva 5.9. Sekoittumiskyvyn riippuvaisuus sekoittumiskaistan pituudesta HCM:n ja simuloinnin perusteella. /6/

5.3 Mittaukset ja tulokset

5.31 Mittauksissa esiintyvät poikkileikkaukset ja olosuhteet

Tapiolan-Otaniemen liittymässä tehtiin kaikkiaan 5 mittausta, joista yksi päivällä ja muut aamuruuhkassa. Kolmena mittauskertana oltiin lisäksi toisella laitteistolla mittaamassa liikennettä ennen liittymää (Suvikumpu 22.9.1982) tai sen jälkeen (Karhusaari 27.10.1982). Viimeksimainitulla yhdistelmällä tehtiin myös päivämittaus klo 10.00...15.37.

Ainoa sadesään mittaus oli 22.9, jolloin aamulla oli vielä melko valoisa. Lisäksi 19.11 oli pimeätä ja märkä tie, mutta ei sadetta.

5.32 Liikennemäärän ja keskinopeuden aikavaihtelut

Kuvissa 5.10...5.15 esitetään esimerkkejä keskinopeuden (vs) ja liikennemäärän (q) aikavaihteluista eri olosuhteissa. Kuvien numerointi selviää taulukosta 5.3.

Kuten kuvista näkyy, nopeus laskee hetkeksi hyvin pieneksi (noin 20 km/h).

5.33 Liikennevirran peruskuvaajat

Kuvissa 5.10...5.15 on keskinopeuden ja liikennemäärän aikavaihtelujen rinnalla kaistoittain lasketut regressiokäyrät samojen suureiden ja liikennetiheyden riippuvaisuudesta. Tässäkin on pisteet sovitettu Mayn malliin. Parametrit on esitetty taulukossa 5.3, samoin kuvien numerointi.

Vastaava analyysi voidaan tehdä myös koko ajoradalle, jolloin siis reuna- ja ohituskaistan tiedot yhdistetään. Kustakin mittauksesta saadut käyrät on esitetty poikkileikkauksittain kuvissa 5.16...5.19 ja käyrien parametrit taulukossa 5.4.

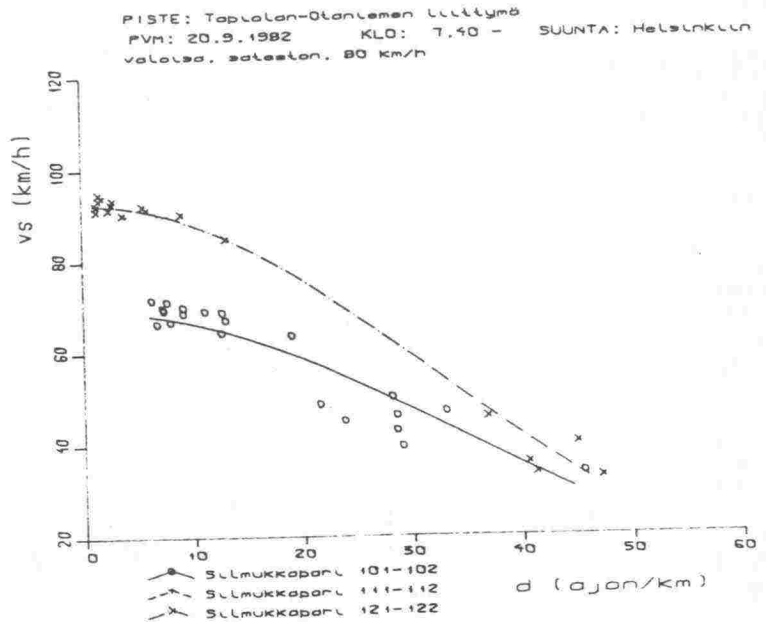
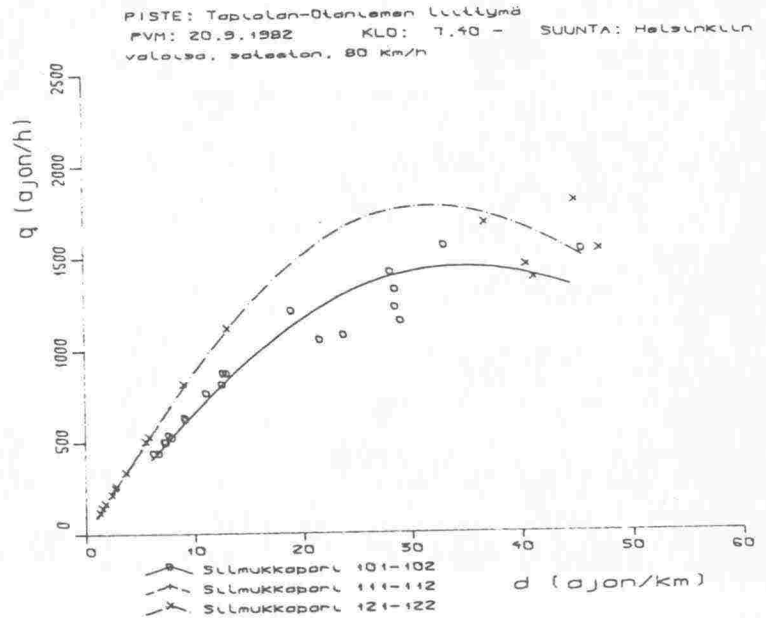
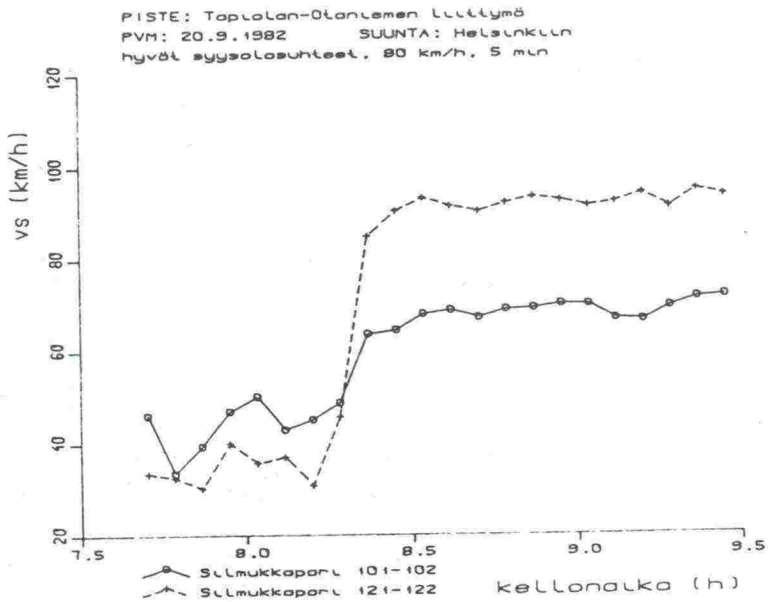
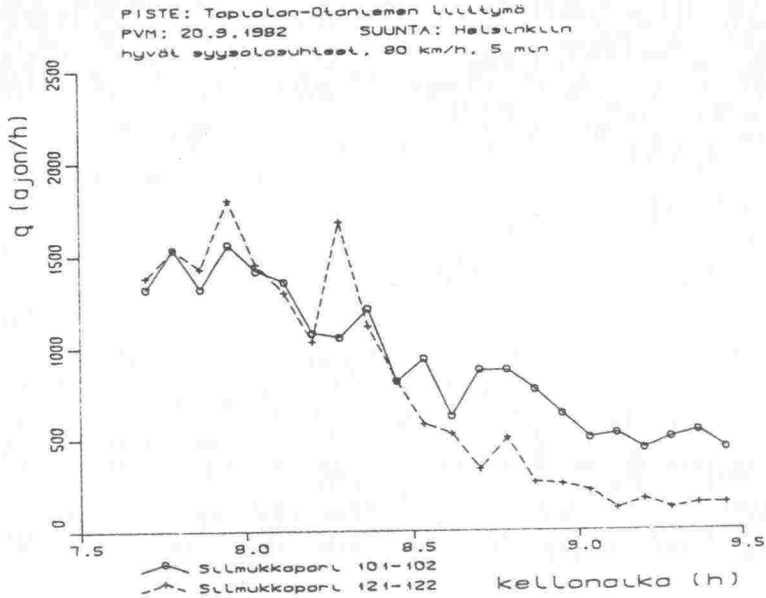
Koko ajoradan kuvaajista voidaan päätellä, että

- o Mittauksesta 19.11 saadut 4. poikkileikkauksen käyrät lähes yhtyvät mittauksen 27.10.1982 vastaaviin 3. ja 4. poikkileikkauksesta saatuihin käyriin.
- o Mittauksessa 22.9 (valoisaa, sadekuuroja) ei poikkileikkausten välillä ollut eroja, mutta 20.9 ero 2. ja 4. poikkileikkauksen välillä oli selvä.
- o 19.11 (pimeä, sateeton) nopeustaso liittymän lopussa (poikkileikkaus 4) oli alempi kuin keskellä (poikkileikkaus 3).

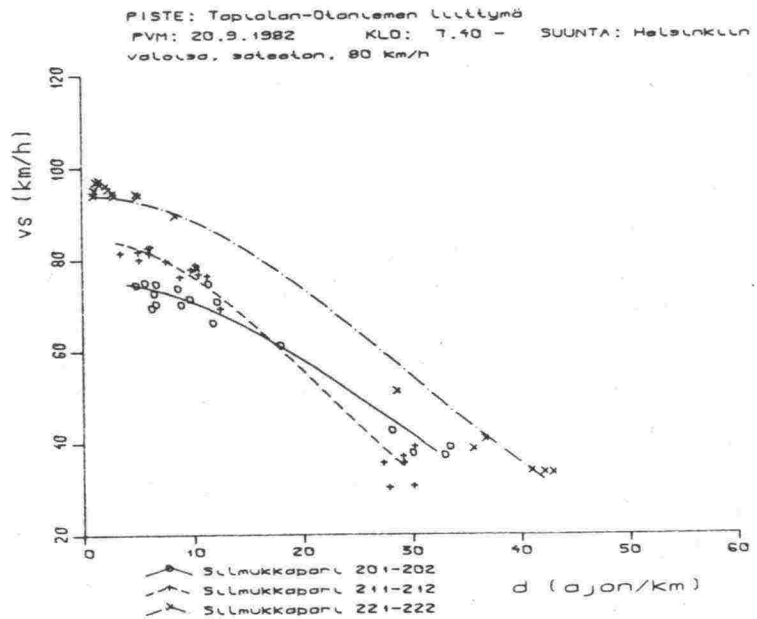
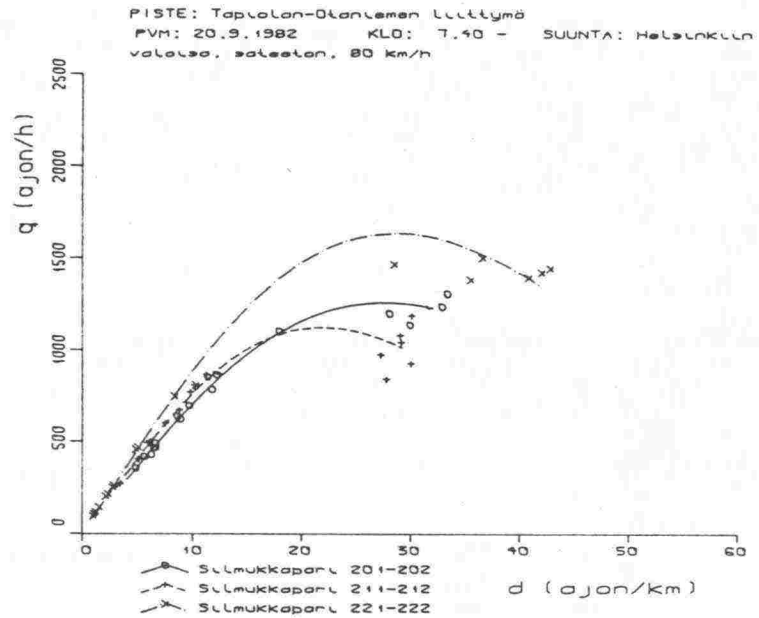
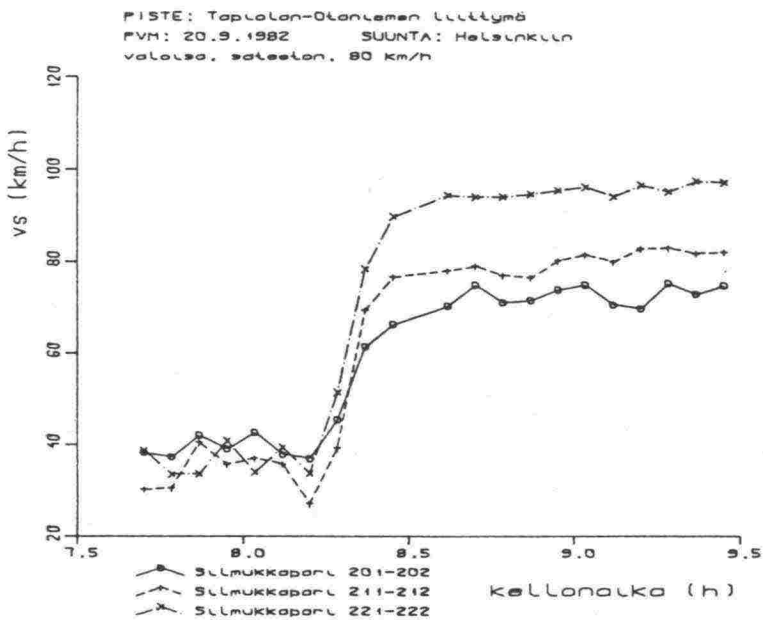
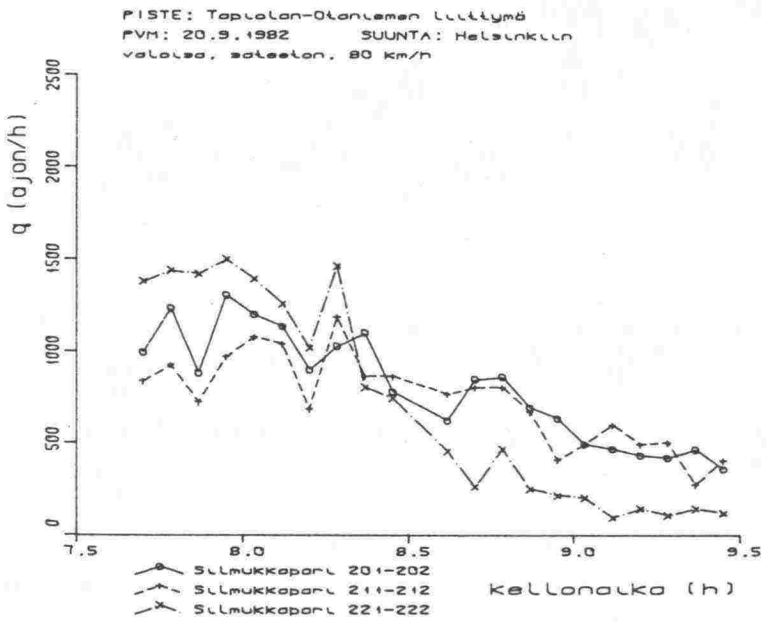
Taulukko 5.3. Liittymämittausten liikennevirtakuvaajien tunnusluvut poikkileikkauksittain (pl).

sää	! pl	! kaista!	vv	! dkr	! qmax	! d	! kuva
valoisa, sateeton 20.9.1982	! 1	! ramppi!	69.2	! 34.5	! 1448.	! 6-46	! 5.10
	! !	! reuna !	-	! -	! -	! -	! !
	! !	! ohit. !	92.5	! 31.6	! 1774.	! 1-47	! !
	! 2	! ramppi!	75.5	! 27.5	! 1260.	! 5-34	! 5.11
	! !	! reuna !	84.6	! 21.8	! 1120.	! 3-30	! !
	! !	! ohit. !	94.0	! 28.6	! 1632.	! 1-43	! !
	! 4	! ramppi!	72.3	! 33.3	! 1462.	! 3-37	! 5.12
! !	! reuna !	84.7	! 34.9	! 1794.	! 10-73	! !	
! !	! ohit. !	94.4	! 33.0	! 1888.	! 0-51	! !	
! !	! !	! !	! !	! !	! !	! !	
valoisa, vesisade 22.9.1982	! 1	! ramppi!	71.2	! 34.1	! 1473.	! 8-44	! 5.13
	! !	! reuna !	86.4	! 33.0	! 1728.	! 11-50	! !
	! !	! ohit. !	91.4	! 34.5	! 1913.	! 2-48	! !
	! 2	! ramppi!	71.0	! 24.8	! 1070.	! 6-31	! -
	! !	! reuna !	80.4	! 27.7	! 1353.	! 6-34	! !
	! !	! ohit. !	90.6	! 33.7	! 1852.	! 2-35	! !
	! 4	! ramppi!	74.5	! 32.6	! 1474.	! 5-12	! -
! !	! reuna !	83.6	! 36.3	! 1839.	! 13-45	! !	
! !	! ohit. !	94.5	! 25.2	! 1442.	! 2-21	! !	
! !	! !	! !	! !	! !	! !	! !	
pimeä, sateeton 27.10.1982	! 1	! ramppi!	69.5	! 39.5	! 1666.	! 8-32	! -
	! !	! reuna !	-	! -	! -	! -	! !
	! !	! ohit. !	-	! -	! -	! -	! !
	! 3	! sekoit!	77.1	! 34.1	! 1595.	! 11-31	! 5.14
	! !	! reuna !	86.2	! 27.5	! 1439.	! 15-26	! !
	! !	! ohit. !	92.5	! 38.4	! 2152.	! 7-32	! !
	! 4	! ramppi!	72.5	! 33.0	! 1450.	! 7-23	! -
! !	! reuna !	84.9	! 29.4	! 1512.	! 11-23	! !	
! !	! ohit. !	93.3	! 31.0	! 1755.	! 7-28	! !	
! !	! !	! !	! !	! !	! !	! !	
pimeä, sateeton 19.11.1982	! 1	! ramppi!	67.4	! 38.9	! 1591.	! 5-40	! -
	! !	! reuna !	-	! -	! -	! -	! !
	! !	! ohit. !	-	! -	! -	! -	! !
	! 3	! sekoit!	75.5	! 34.1	! 1562.	! 6-33	! -
	! !	! reuna !	82.3	! 31.0	! 1548.	! 5-23	! !
	! !	! ohit. !	96.6	! 34.5	! 2021.	! 4-51	! !
	! 4	! ramppi!	69.5	! 27.5	! 1160.	! 3-22	! 5.15
! !	! reuna !	82.7	! 26.2	! 1313.	! 6-35	! !	
! !	! ohit. !	90.6	! 35.8	! 1968.	! 3-52	! !	

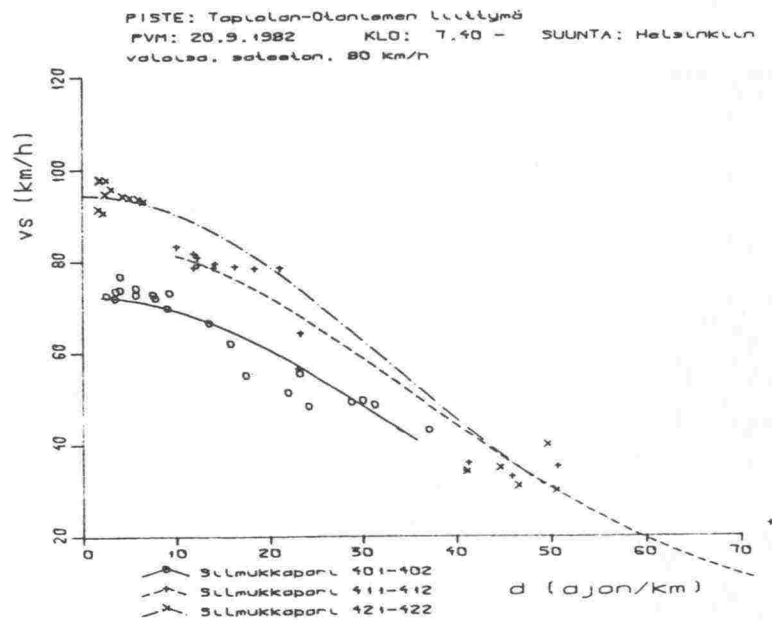
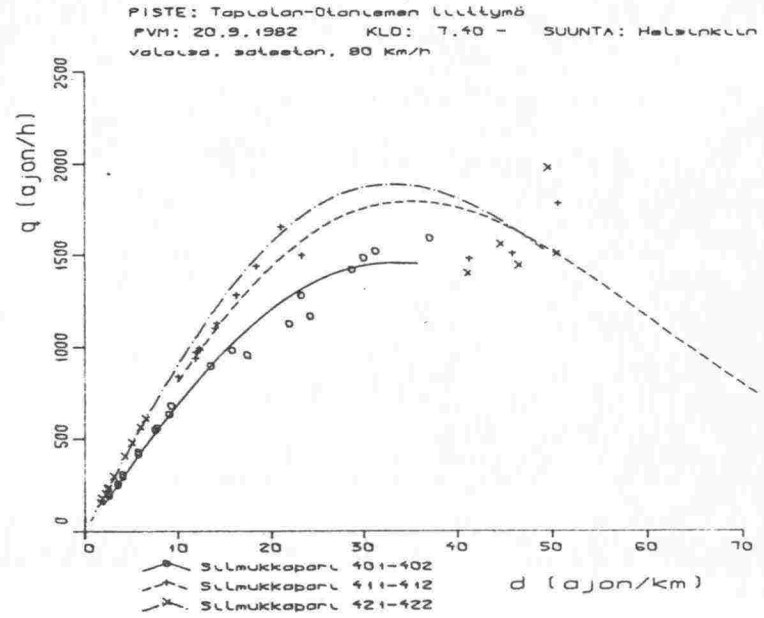
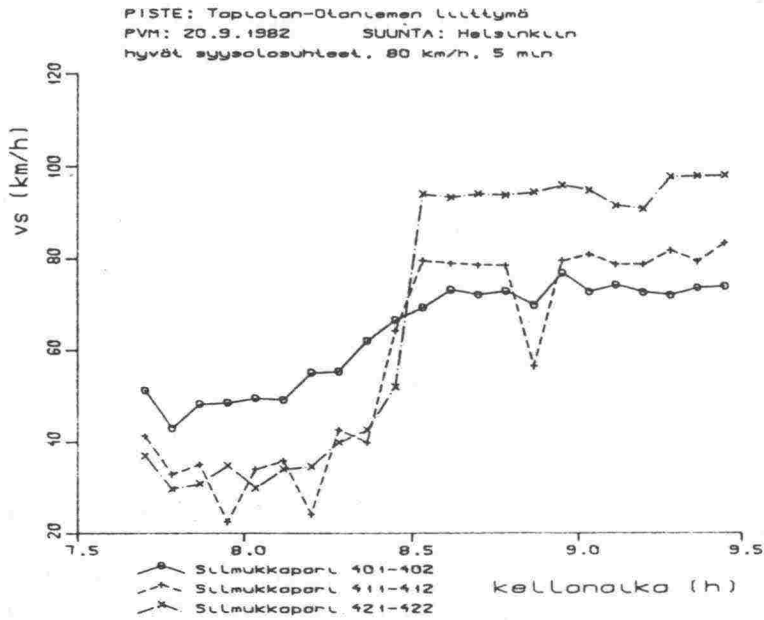
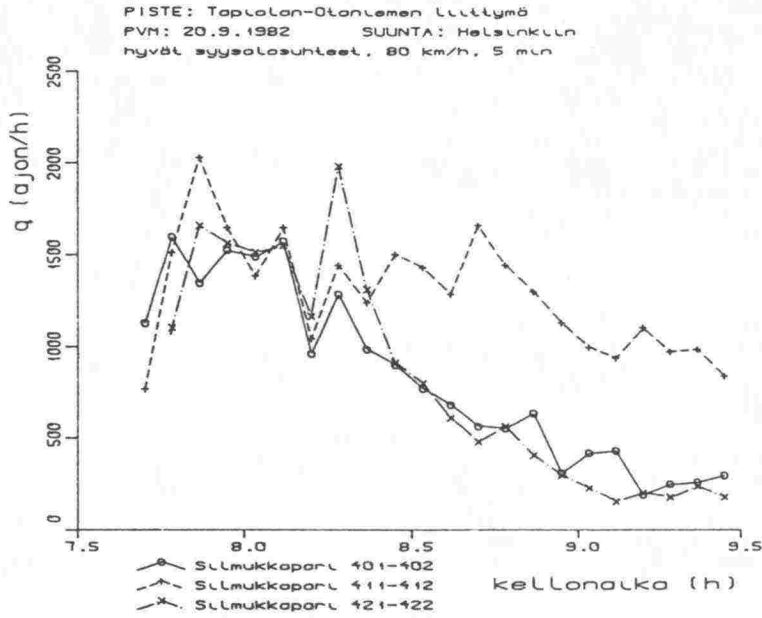
Kuva 5.10. Liittymämittauksen 20.9.1982 peruskuvaajat,
1. poikkileikkaus (valoisaa, sateeton).



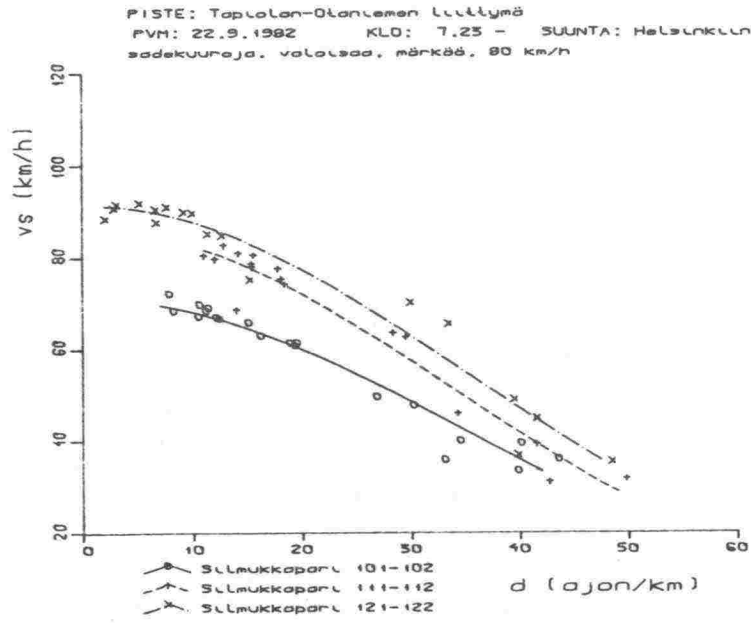
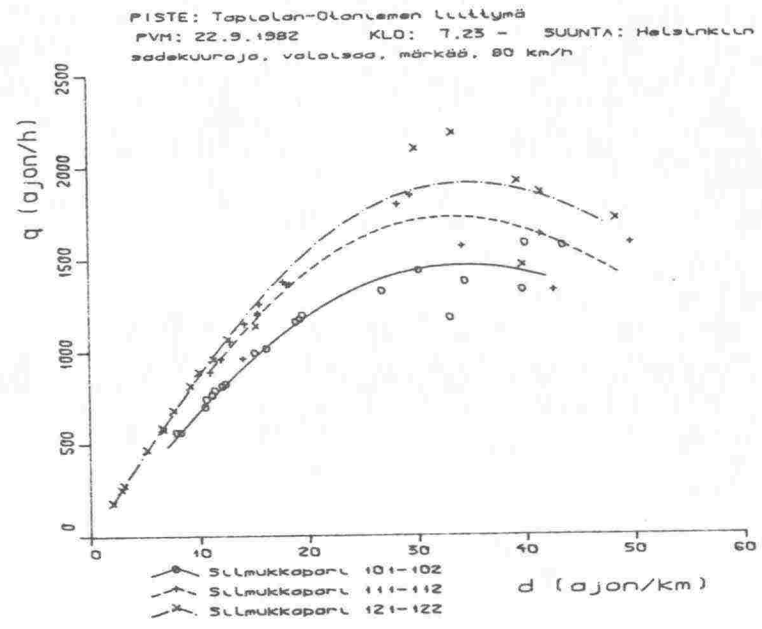
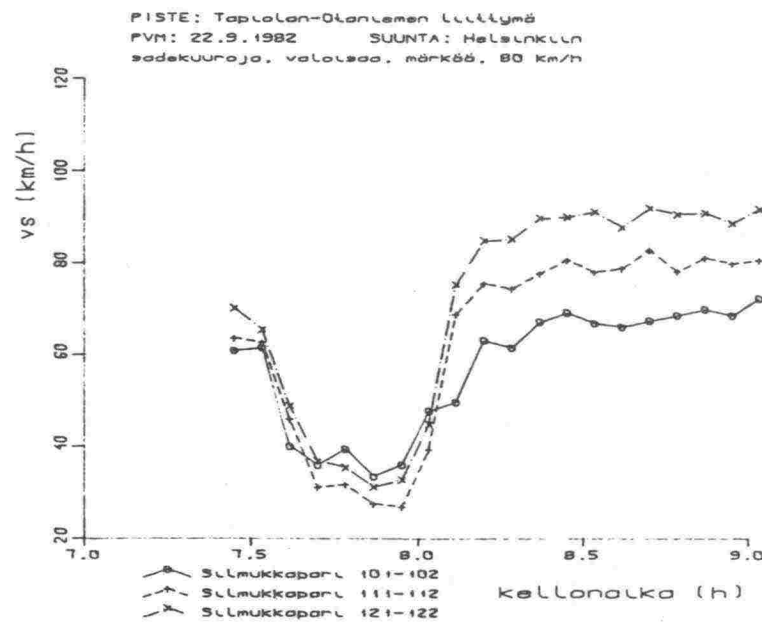
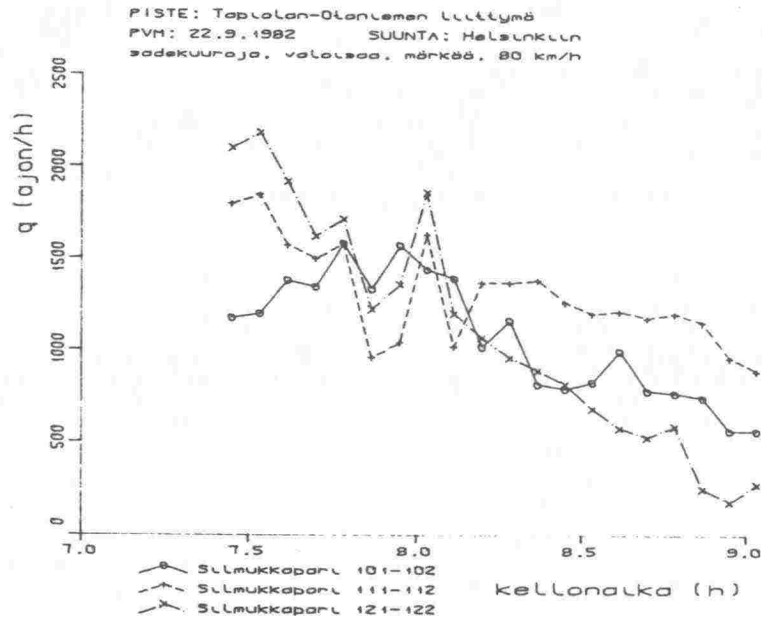
Kuva 5.11. Liittymämittauksen 20.9.1982 peruskuvaajat, 2. poikkeileikkaus (valoisa, sateeton).



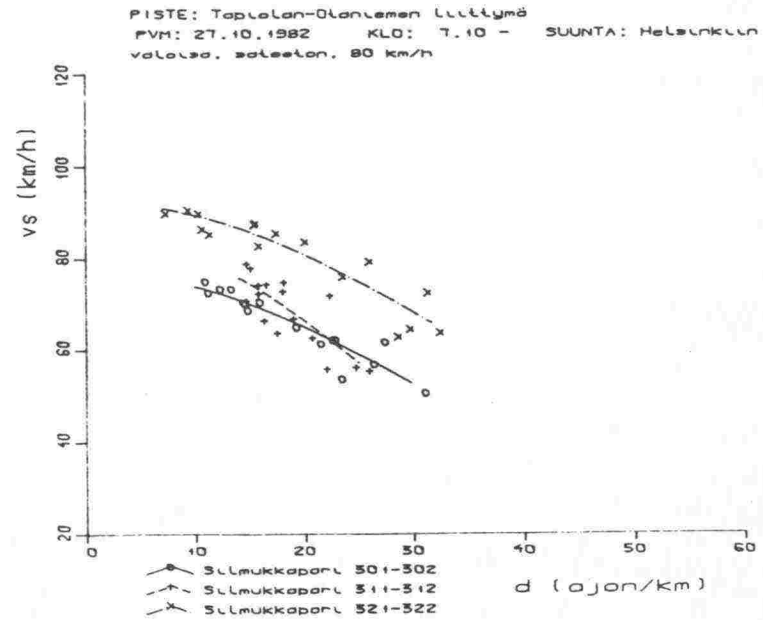
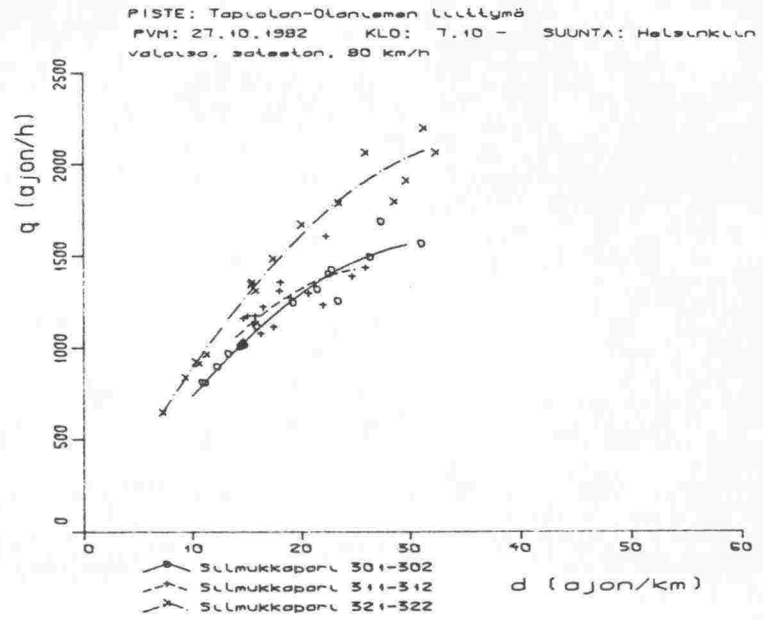
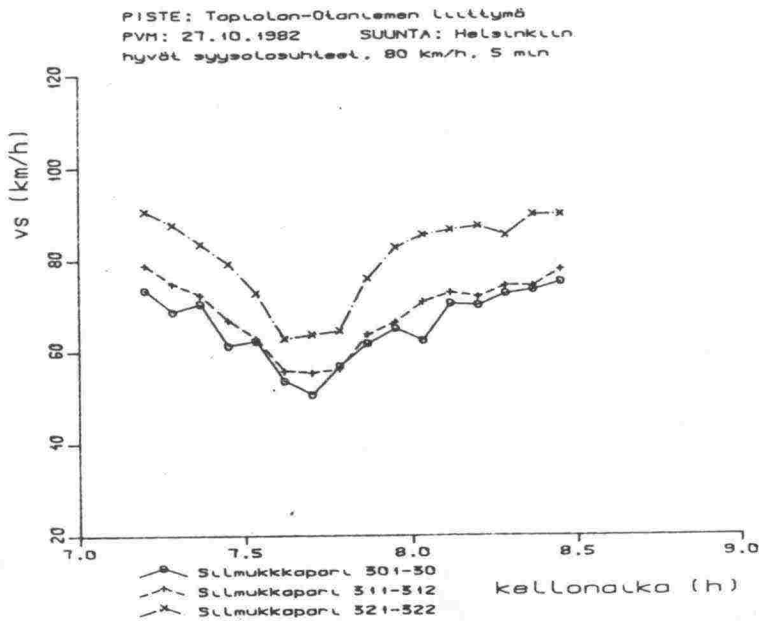
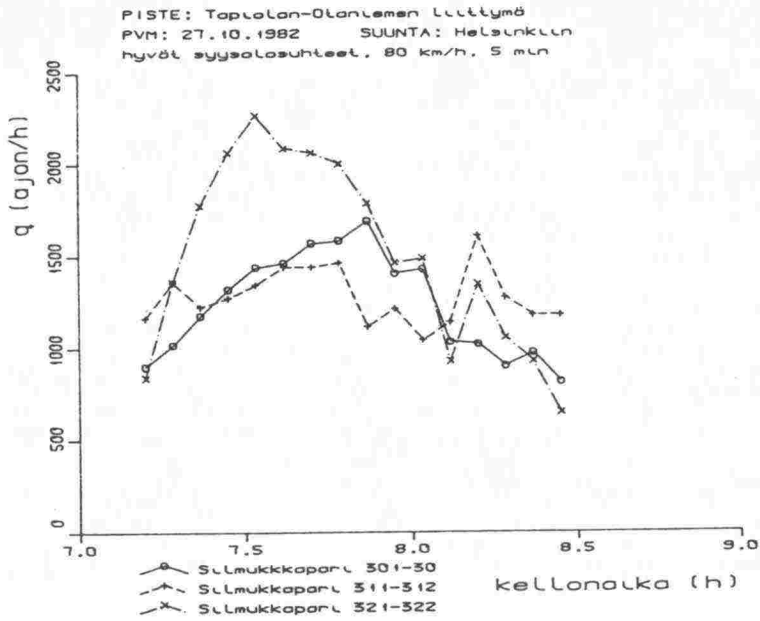
Kuva 5.12. Liittymämittauksen 20.9.1982 peruskvaajat, 4. poikkileikkaus (valoisa, sateeton).



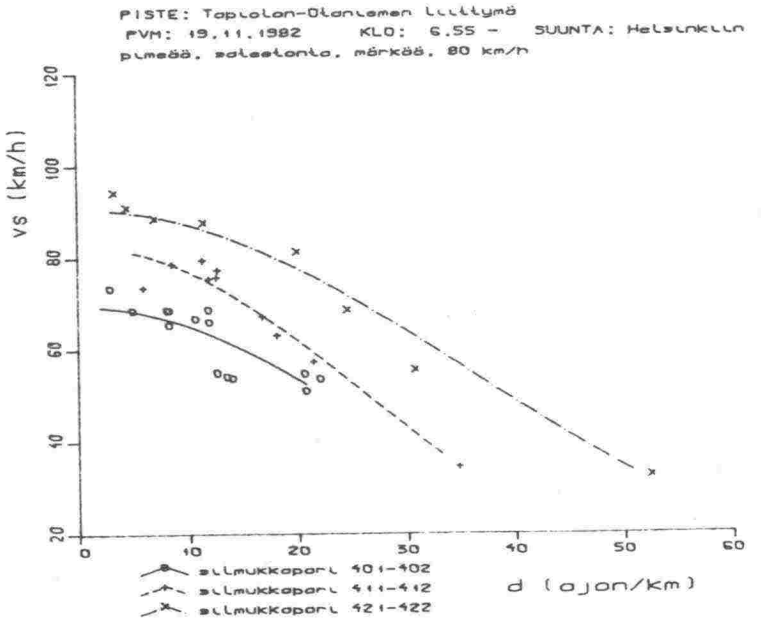
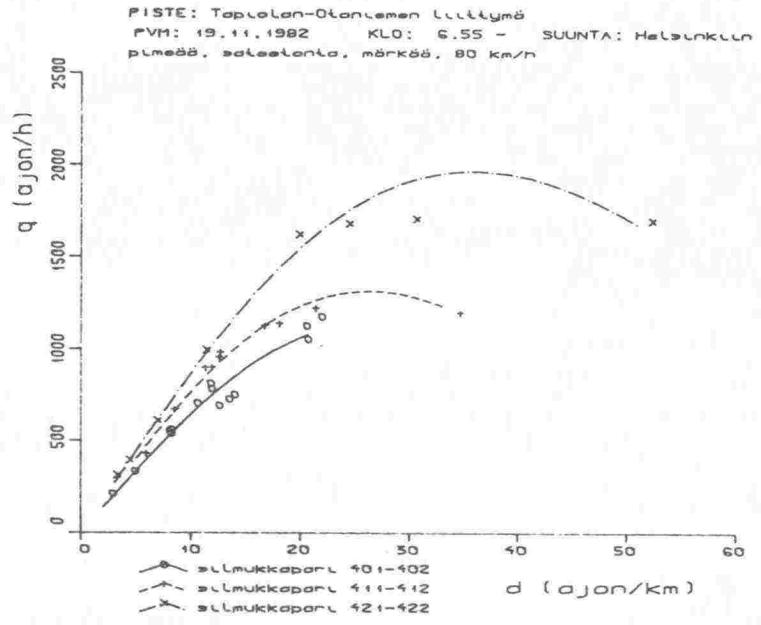
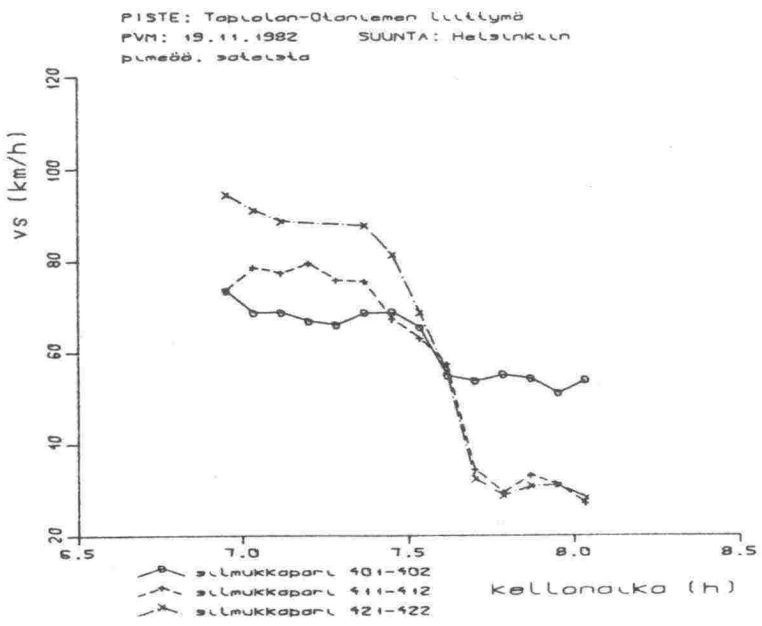
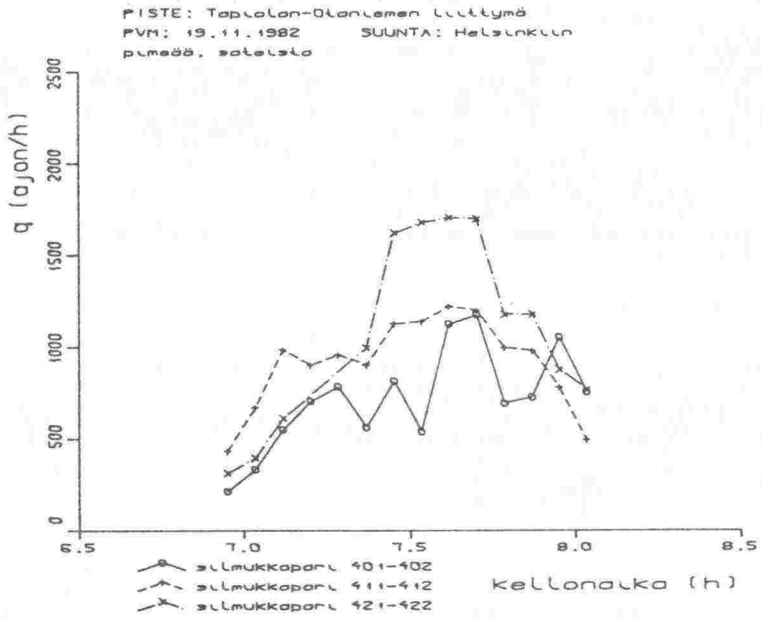
Kuva 5.13. Liittymämittauksen 22.9.1982 peruskvaajat,
1. poikkileikkaus (valoisa, vesisade).



Kuva 5.14. Liittymämittauksen 27.10.1982 peruskuvajaajat, 3. poikkileikkaus (pimeä, sateeton).



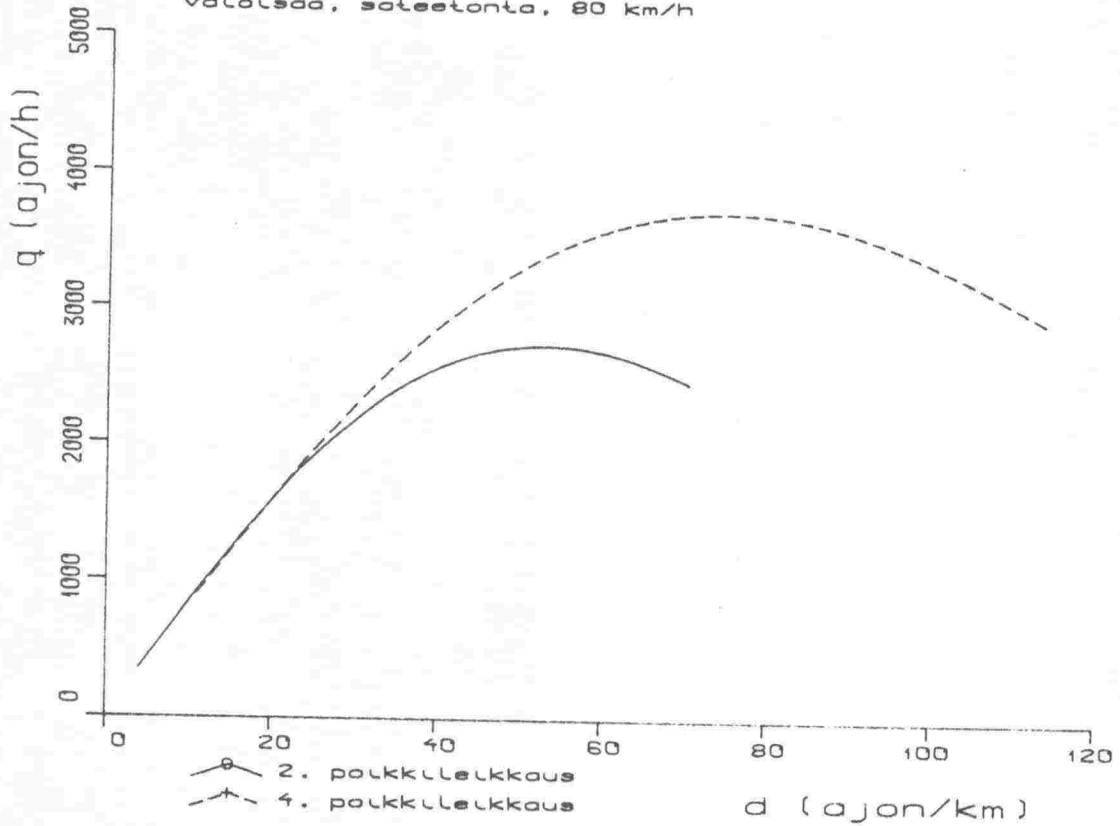
Kuva 5.15. Liittymämittauksen 19.11.1982 peruskuvajaajat, 4. polkikilikausa (pimeä, sateeton).



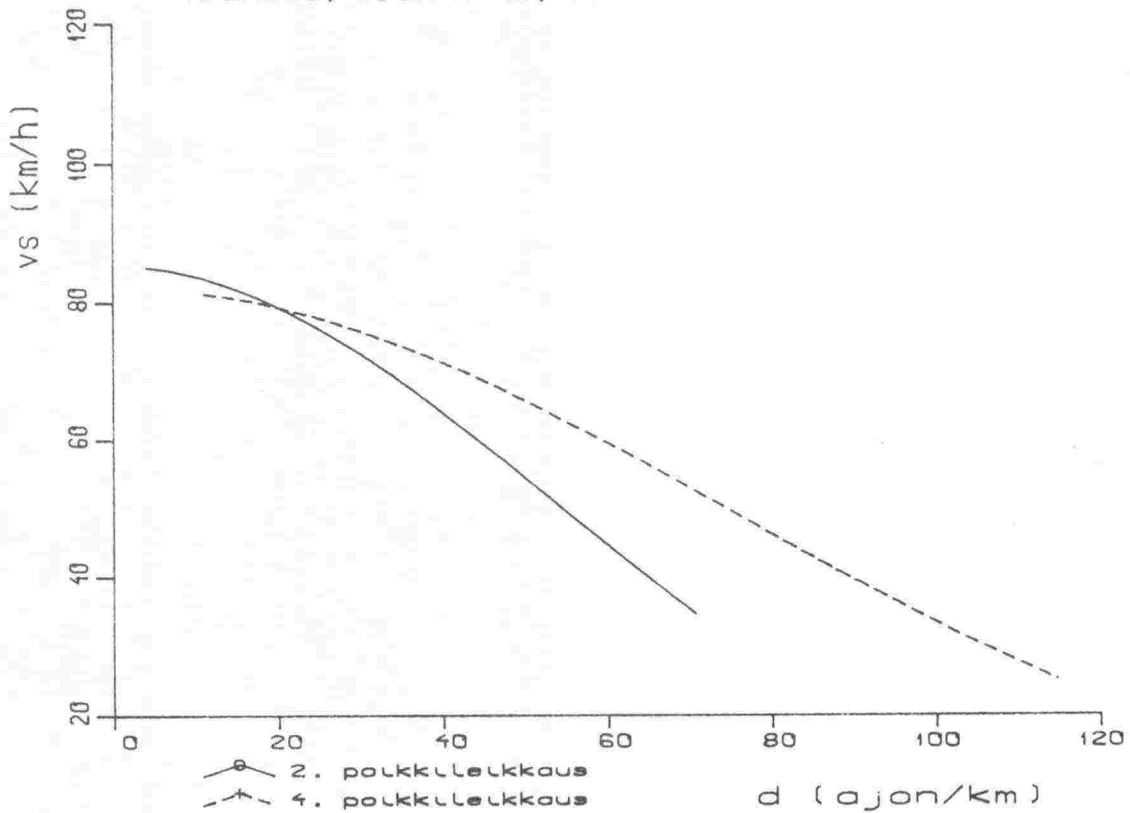
Taulukko 5.4. Koko ajoradan peruskuvaajien parametrit Tapiolan-Otaniemen liittymässä.

olosuhteet	! pl.!	vv	! dkr	! qmax	!	d	!kuva
valoisa, sateeton	! 1. !		!	!	!		!
	! 2. !	85.2	! 52.70	! 2723.	!	5-73	! 5.16
	! 4. !	82.2	! 74.54	! 3716.	!	12-118	!
	! !		!	!	!		!
valoisa, vesisade	! 1. !	86.3	! 67.42	! 3529.	!	14-98	!
	! 2. !	82.9	! 74.54	! 3748.	!	9-69	! 5.17
	! 4. !	82.4	! 100.0	! 4998.	!	17-42	!
	! !		!	!	!		!
pimeä, sateeton	! 1. !		!	!	!		!
	! 3. !	88.1	! 64.55	! 3449.	!	22-58	! 5.18
	! 4. !	89.1	! 59.76	! 3230.	!	18-50	!
	! !		!	!	!		!
pimeä, sateeton	! 1. !		!	!	!		!
	! 3. !	87.3	! 74.54	! 3947.	!	10-51	! 5.19
	! 4. !	84.4	! 64.55	! 3304.	!	9-87	!

PISTE: Tapiolan-Otaniemen Liittymä
PVM: 20.9.1982 KLO: 7.55 - SUUNTA: Helsinkiin
valoisaa, sateetonta, 80 km/h

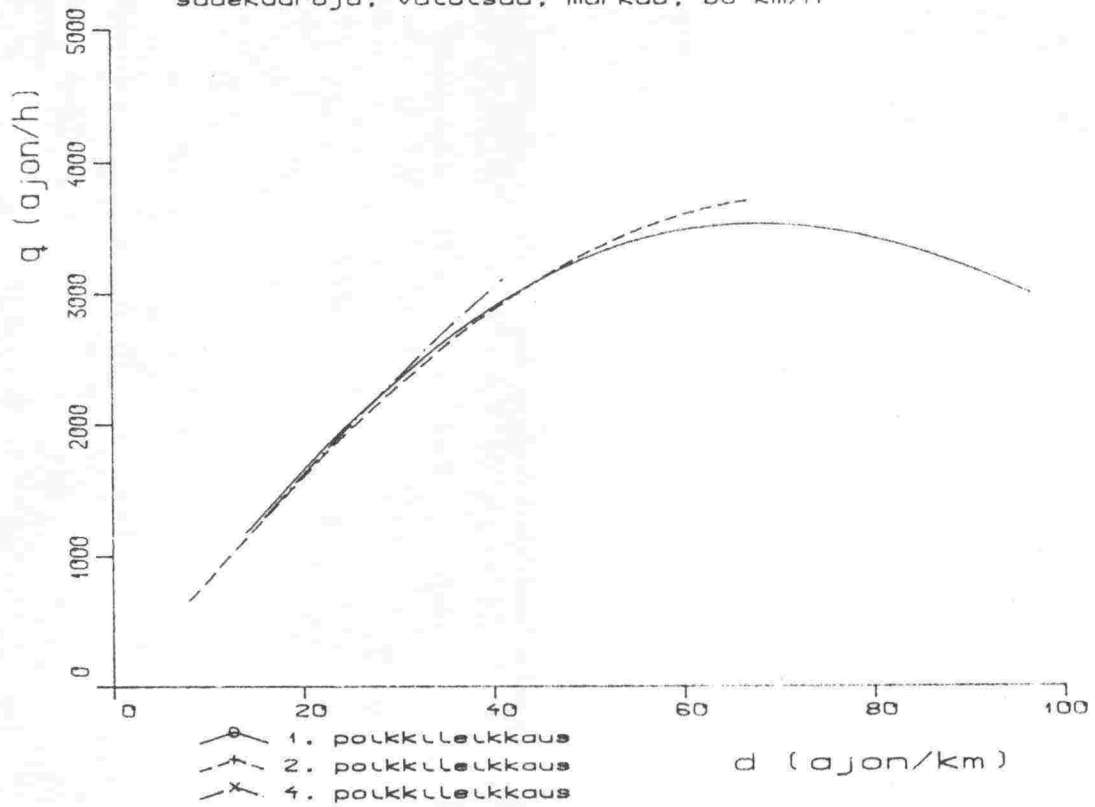


PISTE: Tapiolan-Otaniemen Liittymä
PVM: 20.9.1982 KLO: 7.55 - SUUNTA: Helsinkiin
valoisaa, sateetonta, 80 km/h

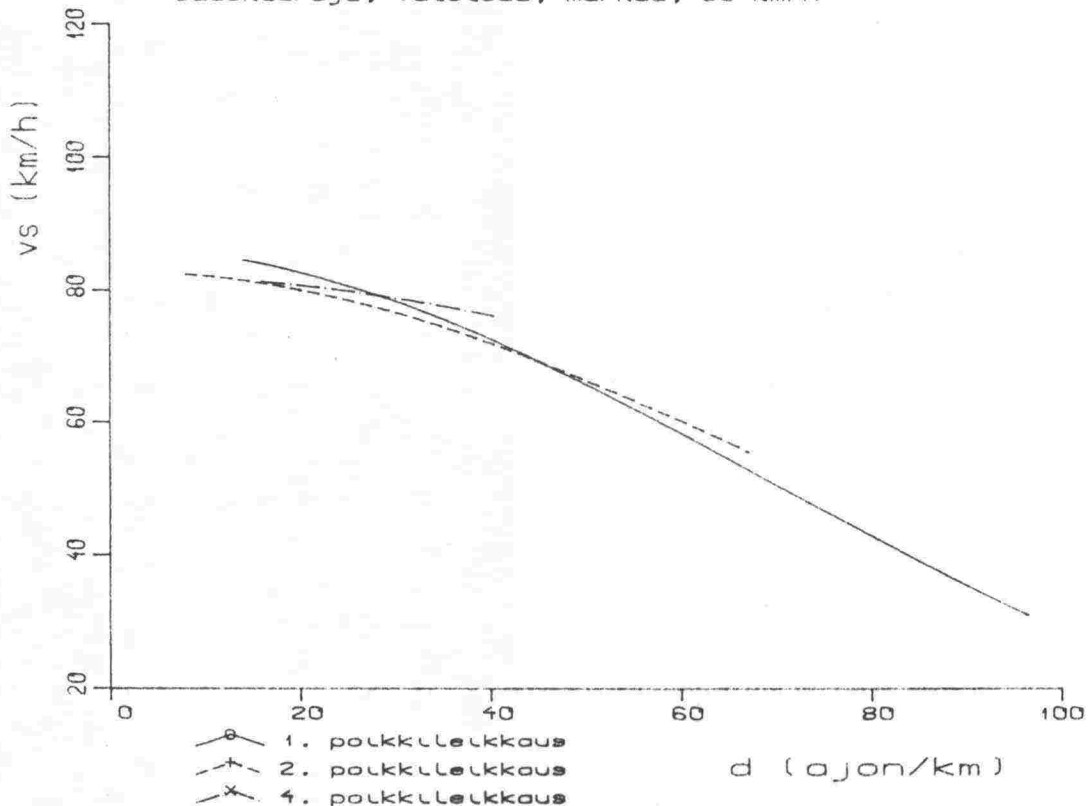


Kuva 5.16. Koko ajoradan peruskuvaajat Tapiolan-Otaniemen liittymässä 20.9.1982 (valoisa, sateeton).

PISTE: Tapiolan-Otaniemen Liittymä
PVM: 22.9.1982 KLO: 7.27 - SUUNTA: Helsinkiin
sadekuuroja, valoisa, märkää, 80 km/h

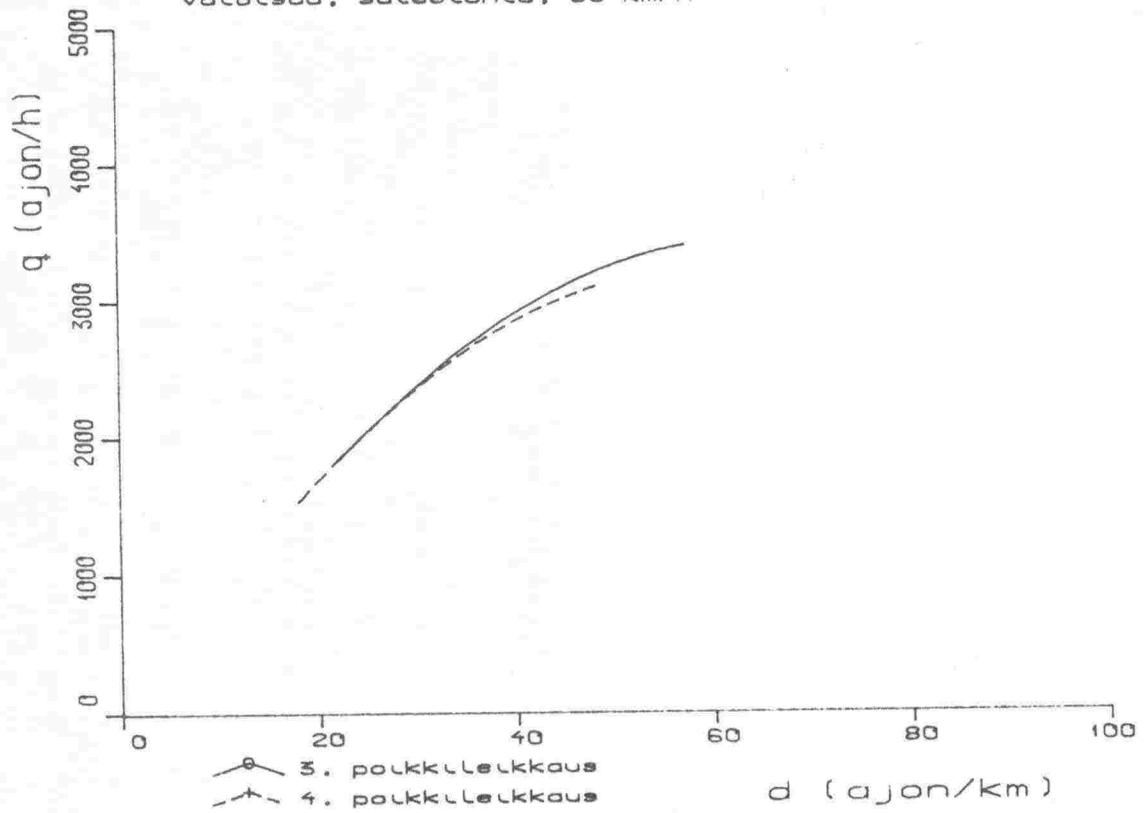


PISTE: Tapiolan-Otaniemen Liittymä
PVM: 22.9.1982 KLO: 7.27 - SUUNTA: Helsinkiin
sadekuuroja, valoisa, märkää, 80 km/h

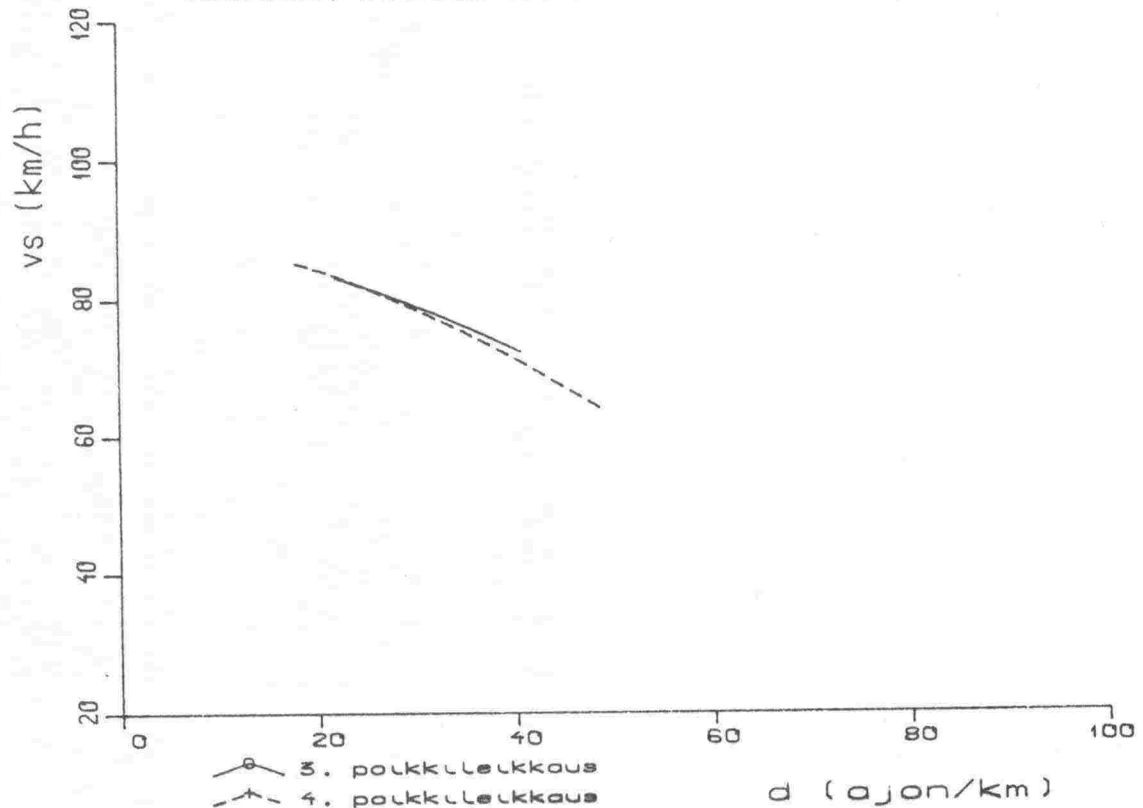


Kuva 5.17. Koko ajoradan peruskuvaajat Tapiolan-Otaniemen liittymässä 22.9.1982 (valoisa, vesisade).

PISTE: Tapiolan-Otanleimen liittymä
PVM: 27.10.1982 KLO: 7.12 - SUUNTA: Helsinkiin
valotasa, sateetonta, 80 km/h

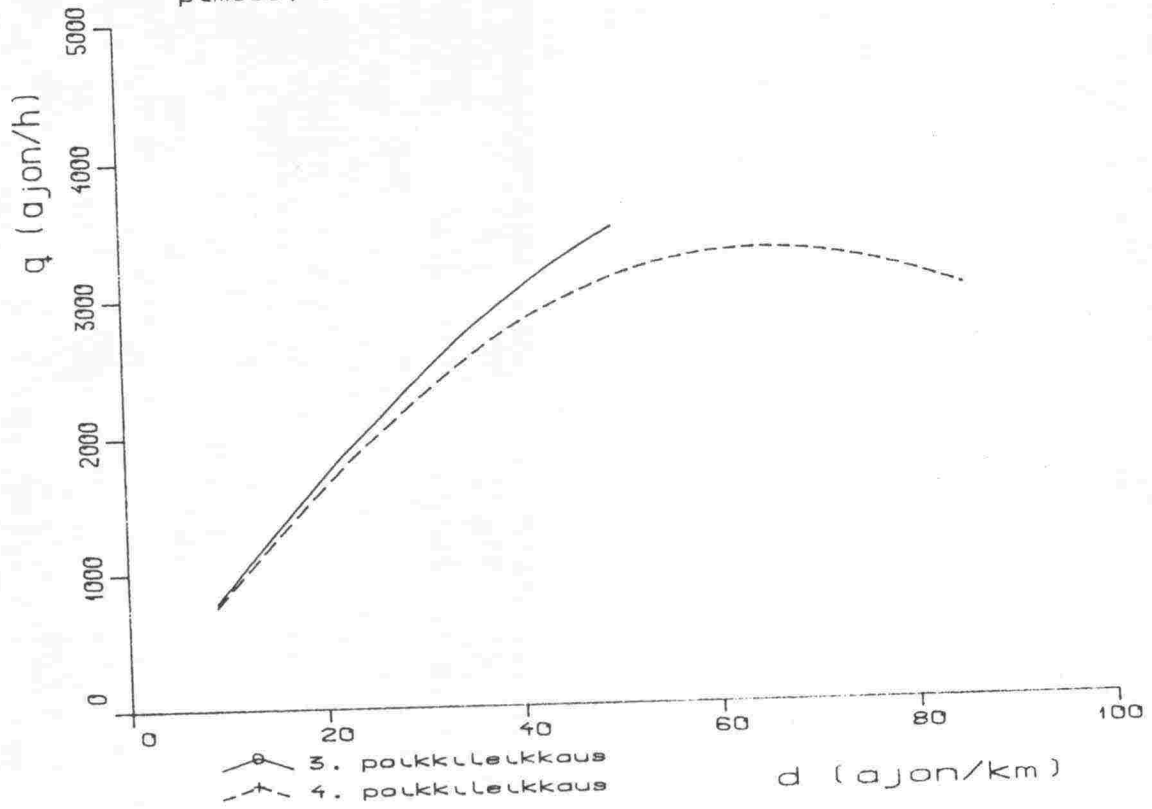


PISTE: Tapiolan-Otanleimen liittymä
PVM: 27.10.1982 KLO: 7.12 - SUUNTA: Helsinkiin
valotasa, sateetonta, 80 km/h

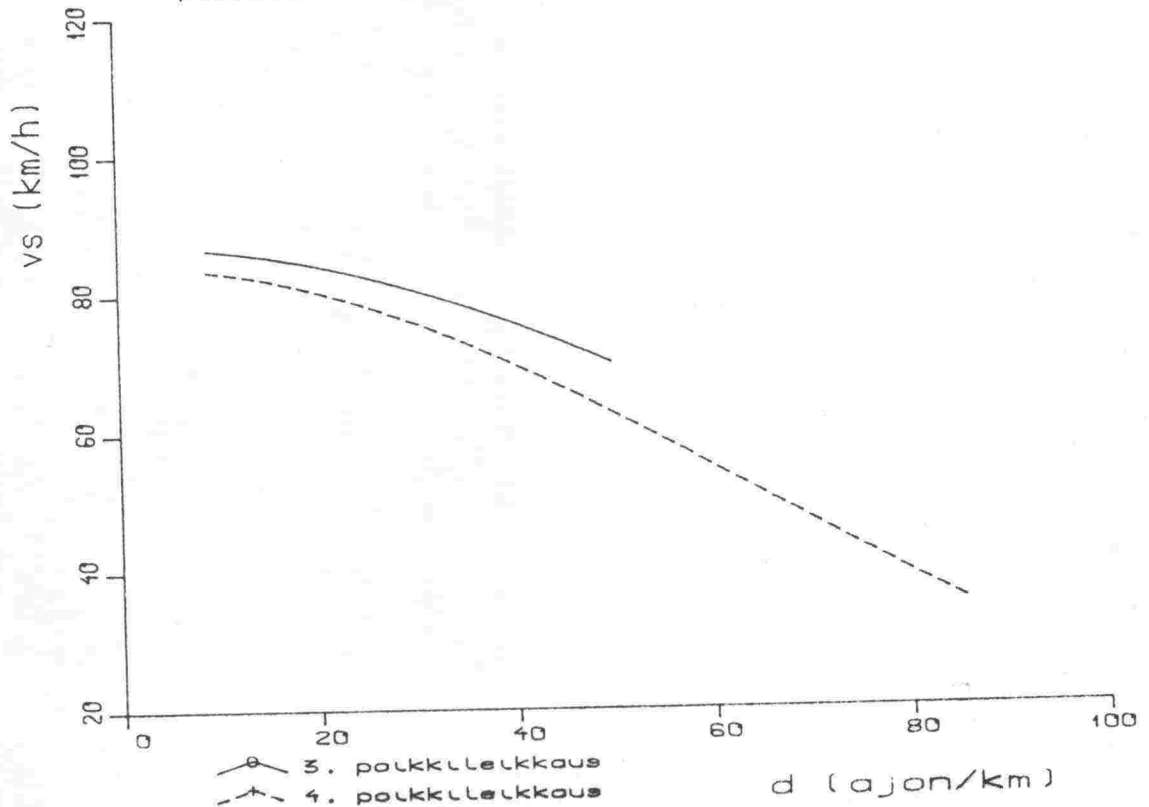


Kuva 5.18. Koko ajoradan peruskuvaajat Tapiolan-Otaniemen liittymässä 27.10.1982 (pimeä, sateeton).

PISTE: Tapiolan-Otaniemen liittymä
PVM: 19.11.1982 KLO: 6.55 - SUUNTA: Helsinkiin
pimeää, sateetonta, märkää, 80 km/h



PISTE: Tapiolan-Otaniemen liittymä
PVM: 19.11.1982 KLO: 6.55 - SUUNTA: Helsinkiin
pimeää, sateetonta, märkää, 80 km/h



Kuva 5.19. Koko ajoradan peruskuvajaajat Tapiolan-Otaniemen liittymässä 19.11.1982 (pimeä, sateeton).

5.34 Kaistajakaumat

Kun eri kaistojen tiedot (q , d ja vs) yhdistetään poikkileikkauksittain samalle riville, saadaan aineisto, johon voidaan sovittaa erilaisia regressiomalleja ja selittää näin mm. kaistajakaumia kussakin poikkileikkauksessa.

Tässä työssä käytettiin absoluuttiselle kaistajakaumalle mallia

$$q_l/1000 = a_0 + a_1 (q/1000) + a_2 (q/1000)^2 + a_3 (q/1000)^3 + b_l(q_0/1000) \quad (5.4),$$

jossa q_l on reunakaistan liikennemäärä
 q koko ajoradan -----"
 q_0 rampin tms. -----" ko. poikkileikkauksessa
 a_0, a_1, \dots ja b_l parametreja.

On huomattava, että suure q_0 on poikkileikkauksen mukaan liittymisrampin, sekoittumiskaistan tai erkanemisrampin liikennemäärä. Samanlaista mallia käytettiin myös suhteelliselle kaistajakaumalle $P_l = (q_l/q)100$. Molemmissa regressioanalyysissä toisen asteen termi $a_2(q/1000)^2$ putosi pois mallista. Muut parametrit on esitetty taulukossa 5.5. Piirroksin on vertailtu kaistajakaumia toisaalta eri olosuhteissa, toisaalta eri rampiliikennemäärillä. Esimerkkejä käyristä on piirretty kuviin 5.20...5.23.

Kuvista voidaan päätellä, että

- o Rampin liikennemäärän kasvaessa reunakaistan suhteellinen osuus pienenee poikkileikkauksessa 1. Tosin olosuhteissa 3 (pimeä, sateeton) käy juuri päinvastoin, mutta erot ovat pienet.
- o Koko ajoradan liikennemäärän kasvaessa reunakaistan suhteellinen osuus pienenee, mikä onkin luonnollista.
- o Ohituskaistan liikennemäärä liittymän alussa (poikkileikkauksessa 2) ylittää olosuhteissa 8 (valoisa, sadekuuroja) reunakaistan liikennemäärän, kun koko ajoradan liikennemäärä on 1400 ajon/h, mutta olosuhteissa 1 (valoisa, sateeton) vastaava liikennemäärä on 2300 ajon/h.

Taulukko 5.5. Liittymän kaistajakauma-analyysi, regressioyhtälön parametrit.

$$P1 = (q1/q)100 = a0 + a1 (q/1000) + a3 (q/1000)^3 + b1 (q0/1000)$$

$$q1/1000 = \text{-----}''\text{-----}$$

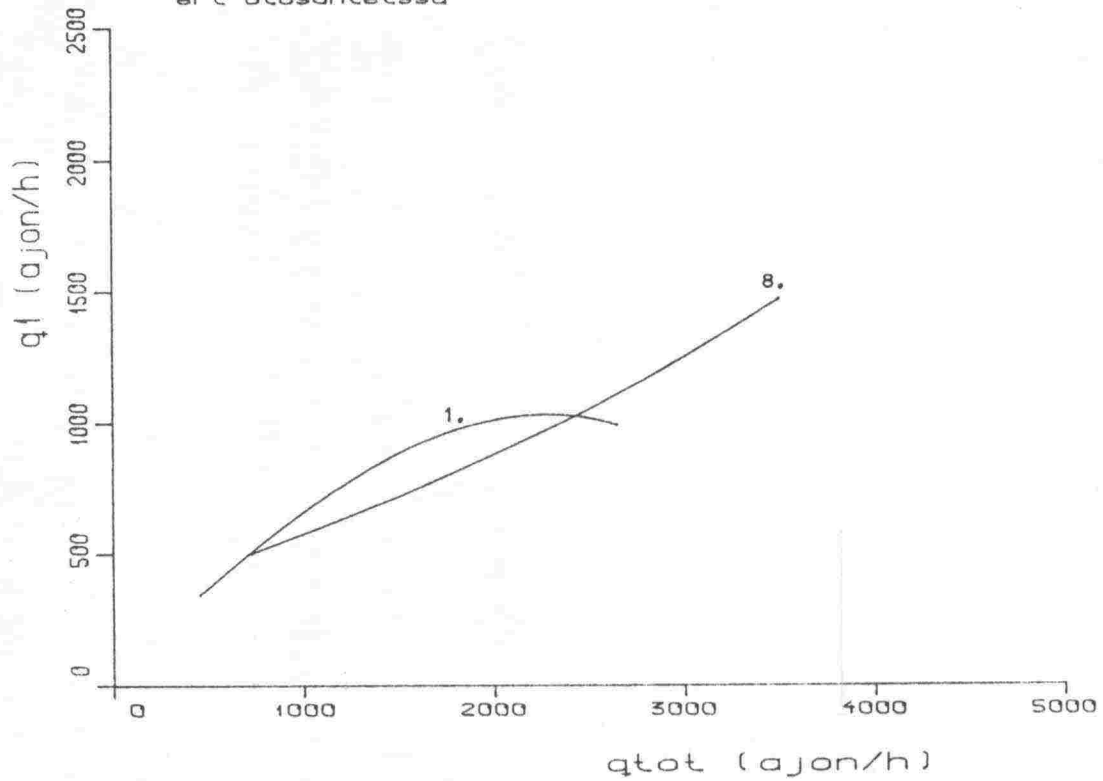
koodi!	a0	!	a1	!	a3	!	b1	!	q:n vaiht.	!	q0:n vaiht!	n

absoluuttinen	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!
12	0.1190	!	0.6459	!	-0.0420	!	-0.0767	!	420-2652	!	360-1308	16
13	1.1410	!	0.2034	!	0.0041	!	-0.4450	!	1824-3504	!	814-1692	16
14	0.7723	!	0.2075	!	0.0092	!	-0.1709	!	1092-3420	!	192-1596	29
33	-0.0367	!	0.5217	!	-0.0116	!	0.0685	!	804-3420	!	408-1212	8
34	0.0459	!	0.5331	!	-0.0236	!	0.1669	!	744-2928	!	216-1179	8
81	0.6468	!	0.4406	!	-0.0032	!	-0.3099	!	1140-4032	!	564-1584	18
82	0.3898	!	0.2620	!	0.0057	!	-0.1011	!	696-3480	!	432-1248	12
84	1.1764	!	0.1017	!	0.0256	!	-0.6262	!	1320-3108	!	396- 804	9
!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!
suhteellinen	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!
12	87.280	!	-7.3888	!	-0.6526	!	-15.782	!	420-2652	!	360-1308	16
13	119.33	!	-25.869	!	0.8317	!	-16.788	!	1824-3504	!	814-1692	16
14	126.60	!	-37.742	!	1.6792	!	-9.688	!	1092-3420	!	192-1596	29
33	49.495	!	0.3449	!	0.3358	!	1.8044	!	804-3420	!	408-1212	8
34	64.049	!	-5.7787	!	-0.5780	!	7.4388	!	744-2928	!	216-1179	8
81	111.39	!	-22.188	!	0.5853	!	-10.240	!	1140-4032	!	564-1584	18
82	97.772	!	-35.315	!	1.6980	!	-3.4168	!	696-3480	!	432-1248	12
84	144.17	!	-40.065	!	2.0687	!	-32.884	!	1320-3108	!	396- 804	9

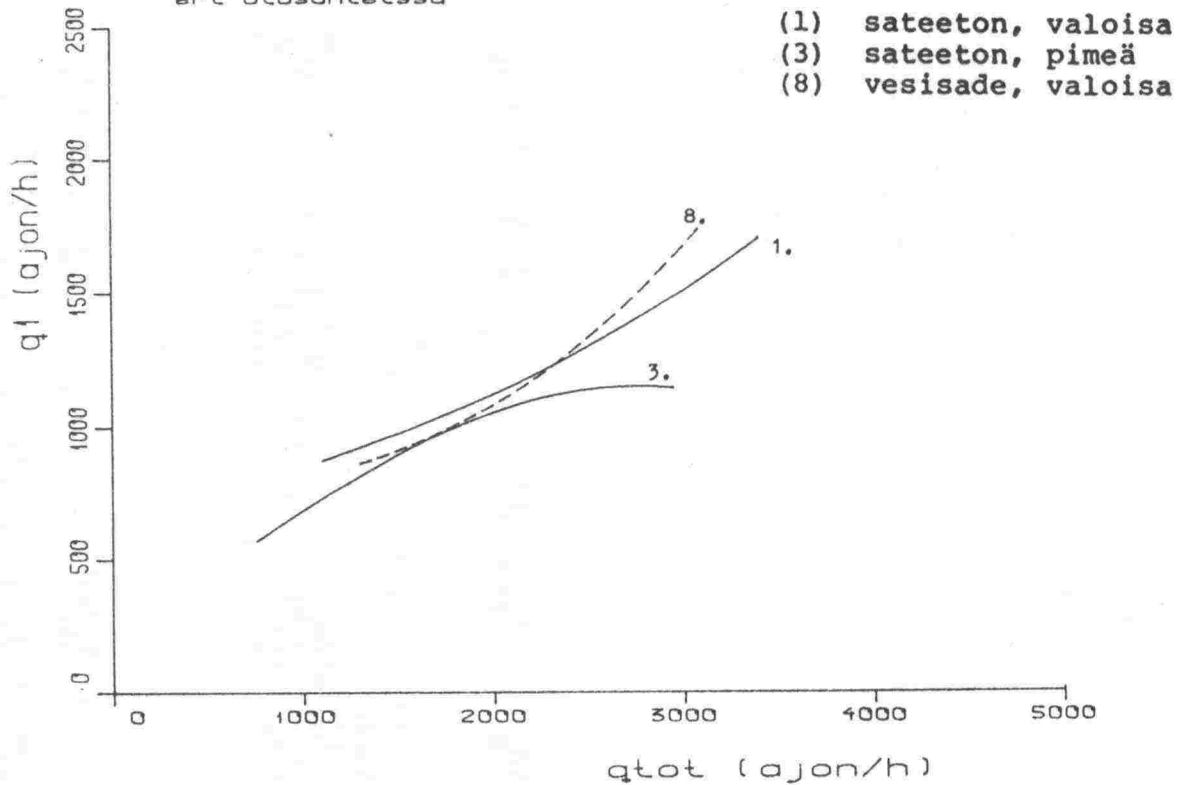
Koodin ensimmäinen numero on olosuhde ja jälkimmäinen poikkileikkaus (vertaa kuva 5.1). Olosuhdekoodit ovat:

- 1 valoisa, sateeton
- 3 pimeä, sateeton
- 8 valoisa, vesisade.

Absoluuttinen kaistajakauma
poikkileikkaus 2, rampin $q_0 = 800$ ajon/h
eri olosuhteissa

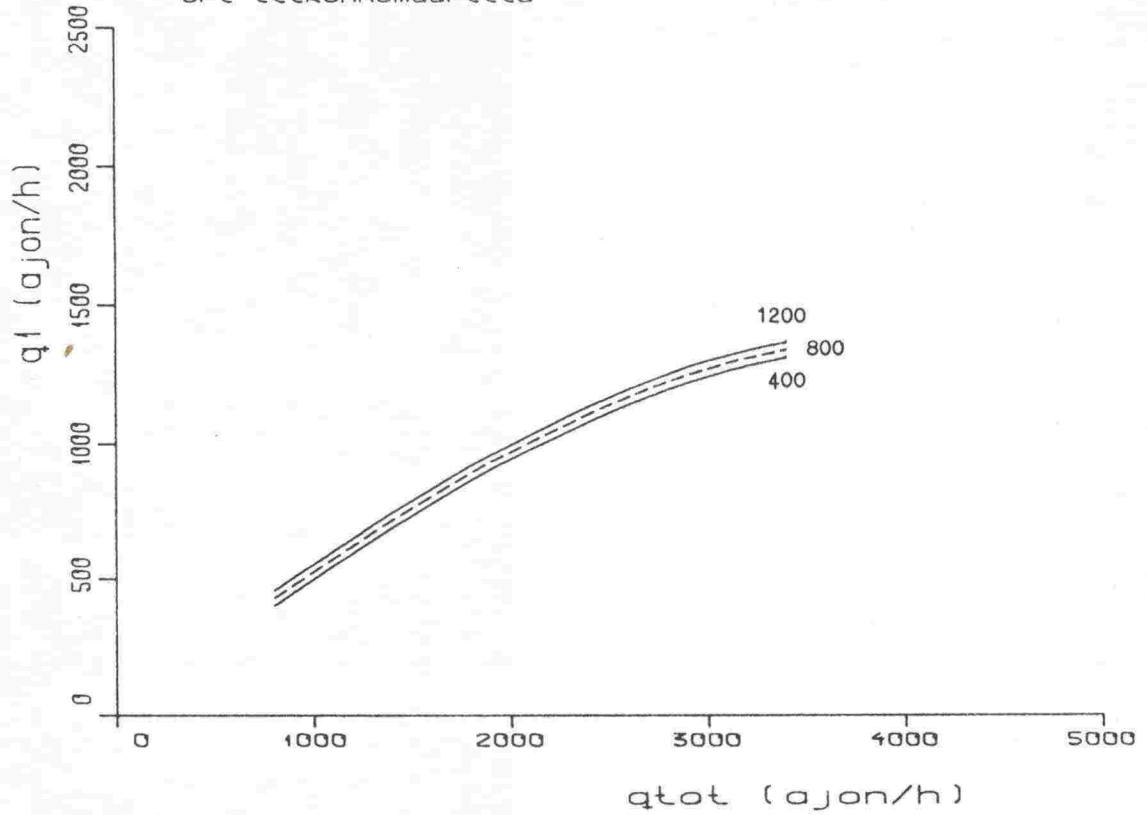


Absoluuttinen kaistajakauma
poikkileikkaus 4, rampin $q_0 = 800$ ajon/h
eri olosuhteissa

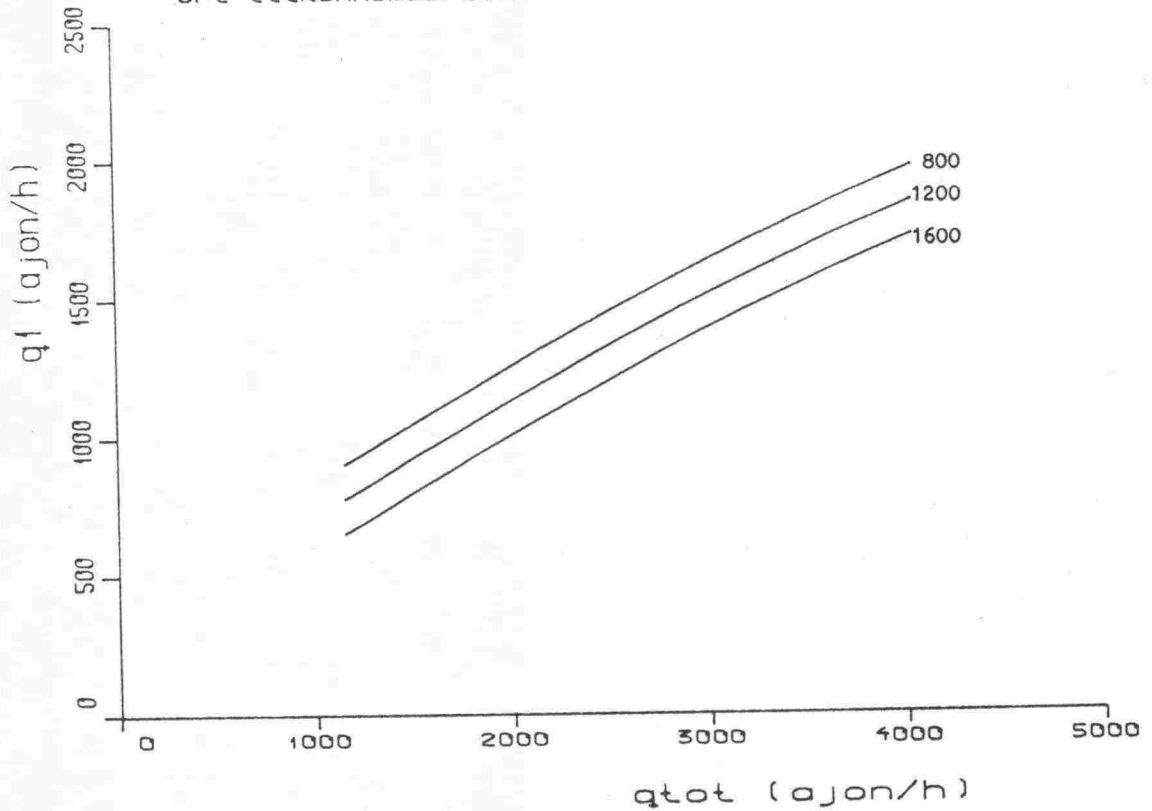


Kuva 5.20. Esimerkkejä absoluuttisesta kaistajakaumasta Tapiolan-Otaniemen liittymässä eri olosuhteissa.

Absoluuttinen kaistajakauma
pimeä, sateeton (3), poikkileikkaus 3
eri liikennemäärillä

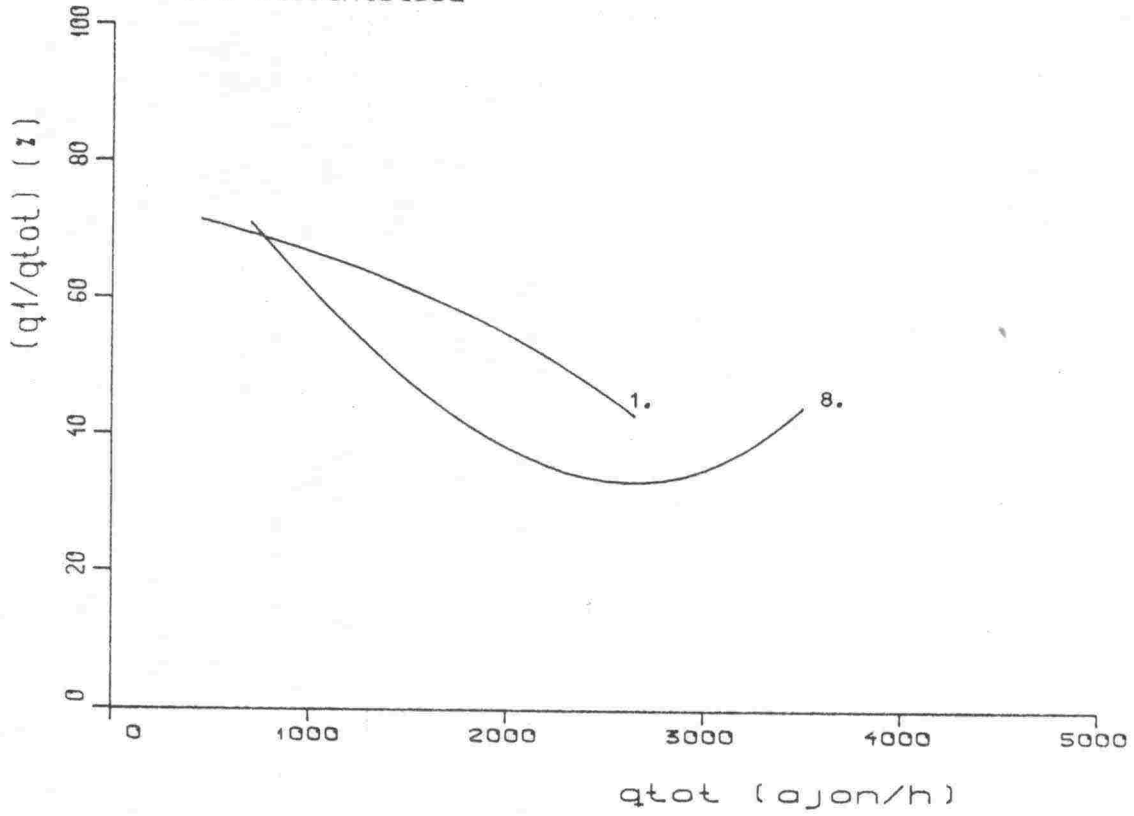


Absoluuttinen kaistajakauma
valoina, sadekuuroja (8), poikkileikkaus 1
eri liikennemäärillä

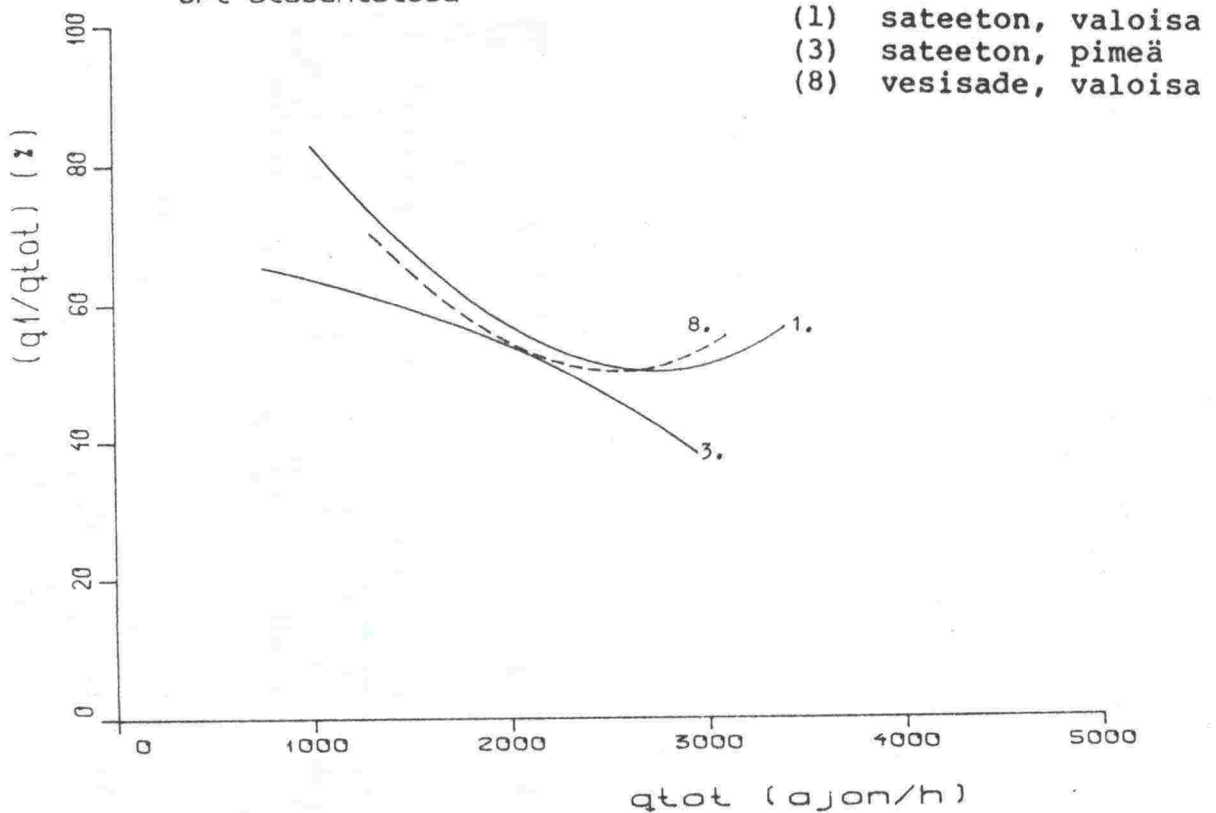


Kuva 5.21. Esimerkkejä absoluuttisesta kaistajakaumasta Tapiolan-Otaniemen liittymässä eri ramppliikennemäärillä

Suhteellinen kaistajakauma
2. polkkileikkaus, rampin $q_0 = 800$ ajon/h
eri olosuhteissa

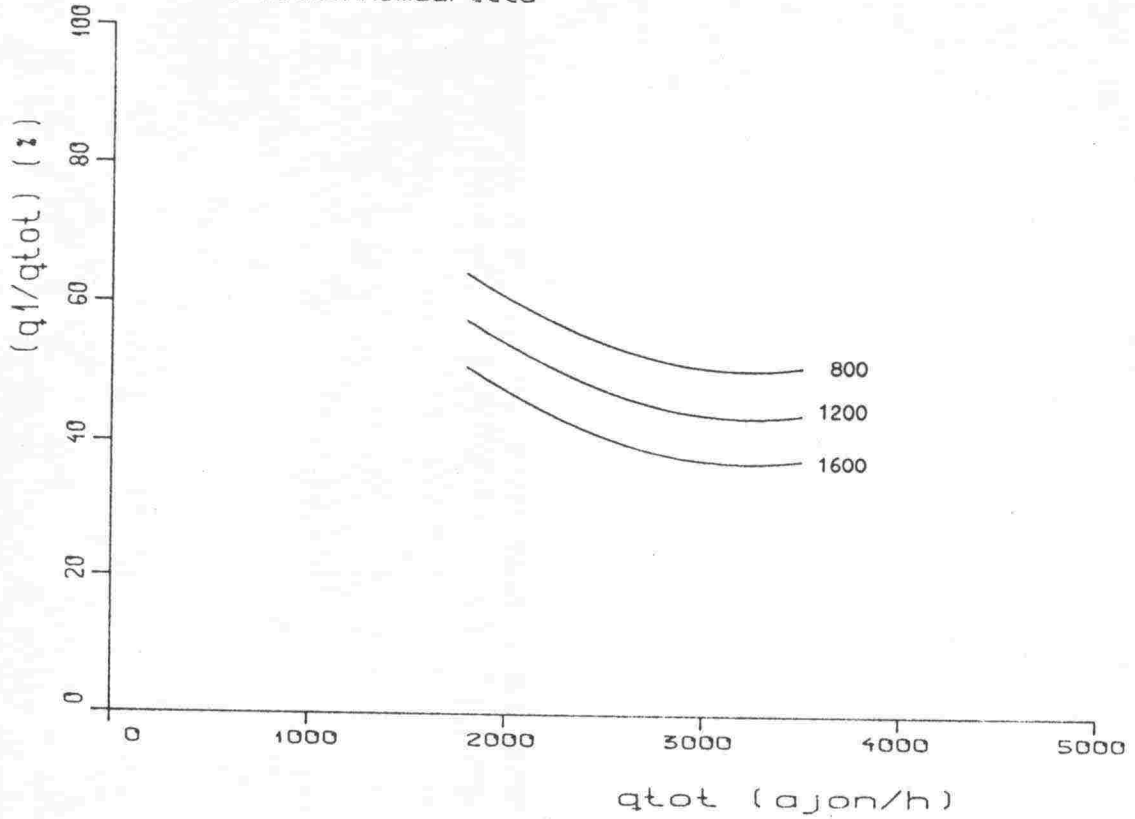


Suhteellinen kaistajakauma
4. polkkileikkaus, rampin $q_0 = 800$ ajon/h
eri olosuhteissa

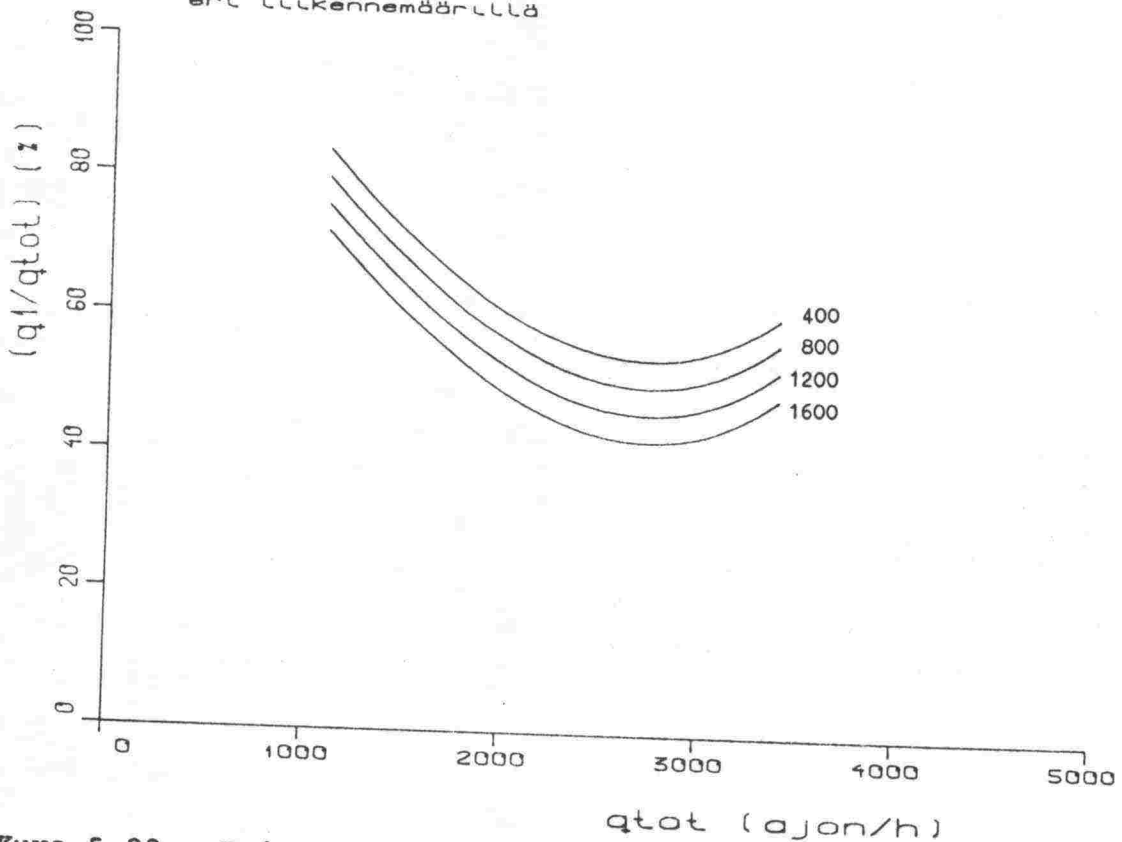


Kuva 5.22. Esimerkkejä suhteellisesta kaistajakaumasta Tapiolan-Otaniemen liittymässä eri olosuhteissa.

Suhteellinen kaistajakauma
valolsa, säteeton (1), polkkileikkaus 3
eri liikennemäärillä



Suhteellinen kaistajakauma
valolsa, säteeton (1), polkkileikkaus 4
eri liikennemäärillä



Kuva 5.23. Esimerkkejä suhteellisesta kaistajakaumasta Tapiolan-Otaniemen liittymässä eri ramppiliikennemäärillä.

- o Liittymän loppupäässä (poikkileikkaus 4) reunakaistan osuus on yli 50 % kaikilla liikennemäärillä, paitsi olosuhteissa 3 (pimeä, sateeton) kyseinen luku alitetaan, kun koko ajoradan liikennemäärä on yli 2300 ajon/h.

5.35 Keskinopeuden riippuvaisuus liikennemäärästä

Reuna- ja ohituskaistan keskinopeuksia kussakin poikkileikkauksessa koetettiin selittää samanlaisella mallilla kuin edellisessä kohdassa. Saadut parametrit on esitetty taulukossa 5.6 . Piirroksin on vertailtu nopeuksia eri kaistoilla, eri olosuhteissa ja eri ramppiliikennemäärillä. Esimerkkejä piirroksista on kuvissa 5.24...5.27.

Käytetty malli ei ole teoriassa aivan oikea, sillä nopeudet eivät saisi nousta liikennemäärän kasvaessa. Näillä malleilla niin kuitenkin tapahtuu, kun liikennemäärät ovat pienet.

Kuvista voidaan päätellä, että

- o Nopeudet laskevat rampin liikennemäärän kasvaessa.
- o Ohituskaistalla on suurempi keskinopeus kuin reunakaistalla. Ero on suurimmillaan 15 km/h ja pienimmillään -5 km/h.
- o Olosuhteissa 1 (valoisa, sateeton) nopeudet poikkileikkauksessa 2 laskevat jyrkästi liikennemäärän kasvaessa. Ko. pisteet on saatu 20.9 tehdystä mittauksesta. Sen sijaan 22.9 mitattiin huomattavasti tasaisempi nopeuden lasku olosuhteissa 8 (valoisa, sadekuuroja).
- o Poikkileikkauksessa 4 saatiin suurimmat nopeudet olosuhteissa 8 (valoisa, sadekuuroja) ja pienimmät olosuhteissa 3 (pimeä, sateeton). Sen sijaan nopeudet "parhaissa" olosuhteissa (valoisa, sateeton) jäivät näiden olosuhteiden nopeuksien väliin.

Tulokset nopeuksien osalta ovat eri olosuhteissa ristiriitaisia, joten eri mittauspäivien välillä on ilmeisesti ollut muitakin eroja kuin sää ja keli.

Taulukko 5.6. Tapiolan-Otaniemen liittymän keskinopeuksien analyysi, regressioyhtälö liikennemäärän funktiona.

$$v_1 = a_0 + a_1 (q/1000) + a_3 (q/1000)^3 + b_1 (q_0/1000) \quad (\text{reunakaista})$$

$$v_2 = \text{-----} \text{-----} \quad (\text{ohituskaista})$$

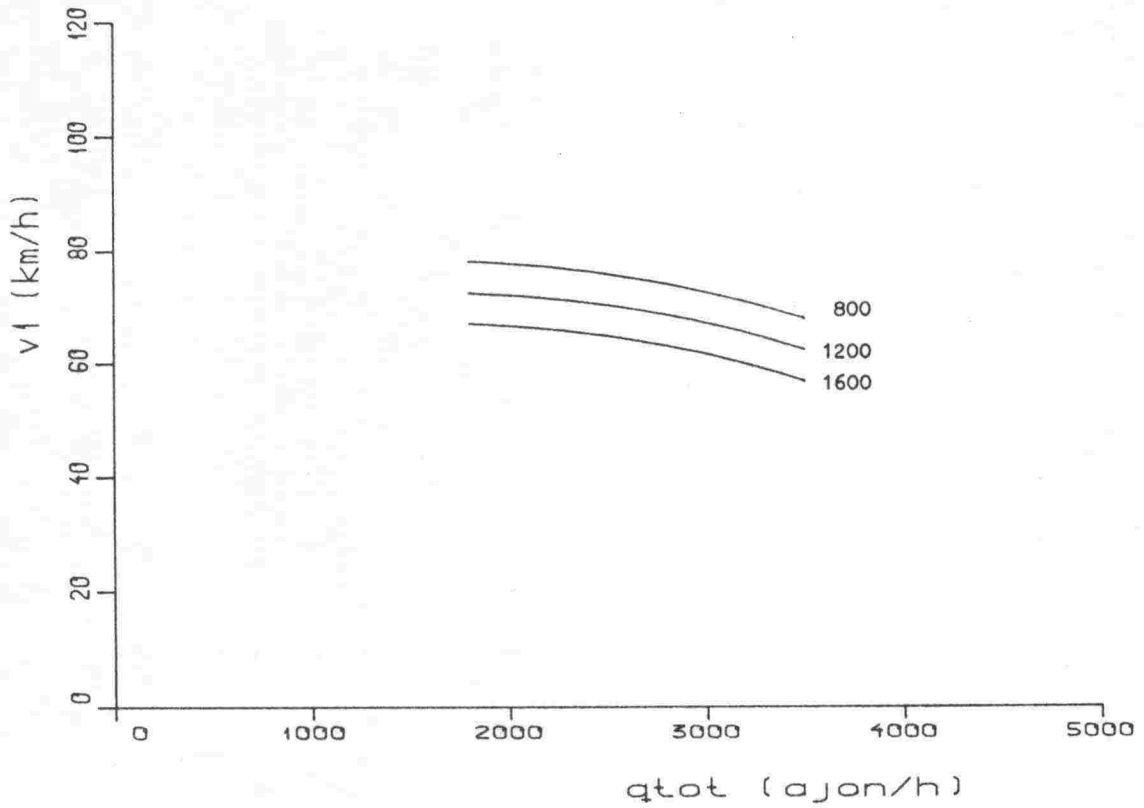
koodi!	a0	!	a1	!	a3	!	b1	!	q:n vaiht.!	q0:n vaiht!	n	

reunakaista (v1)												
12	81.391	!	10.765	!	-3.972	!	-11.898	!	420-2652	!	360-1308	16
13	87.931	!	1.733	!	-0.355	!	-13.726	!	1824-3504	!	814-1692	16
14	63.346	!	22.299	!	-1.748	!	-25.333	!	1092-3420	!	192-1596	29
33	79.890	!	2.581	!	-0.516	!	-4.088	!	804-3420	!	408-1212	8
34	65.115	!	22.325	!	-2.043	!	-28.415	!	744-2928	!	216-1179	8
81	114.09	!	-1.841	!	-0.035	!	-41.189	!	1140-4032	!	564-1584	18
82	86.059	!	-1.409	!	-0.358	!	-10.843	!	696-3480	!	432-1248	12
84	78.234	!	0.247	!	-0.263	!	-1.557	!	1320-3108	!	396- 804	9
!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	
ohituskaista (v2)												
12	93.940	!	12.900	!	-5.352	!	-8.924	!	420-2652	!	360-1308	16
13	89.700	!	8.794	!	-0.795	!	-12.965	!	1824-3504	!	814-1692	16
14	77.828	!	24.752	!	-2.301	!	-28.156	!	1092-3420	!	192-1596	29
33	91.773	!	0.0303	!	-0.452	!	2.007	!	804-3420	!	408-1212	8
34	86.049	!	22.604	!	-2.226	!	-43.567	!	744-2928	!	216-1179	8
81	123.71	!	3.468	!	-0.292	!	-50.078	!	1140-4032	!	564-1584	18
82	90.194	!	6.531	!	-0.887	!	-11.947	!	696-3480	!	432-1248	12
84	89.618	!	-0.664	!	-0.282	!	6.018	!	1320-3108	!	396- 804	9

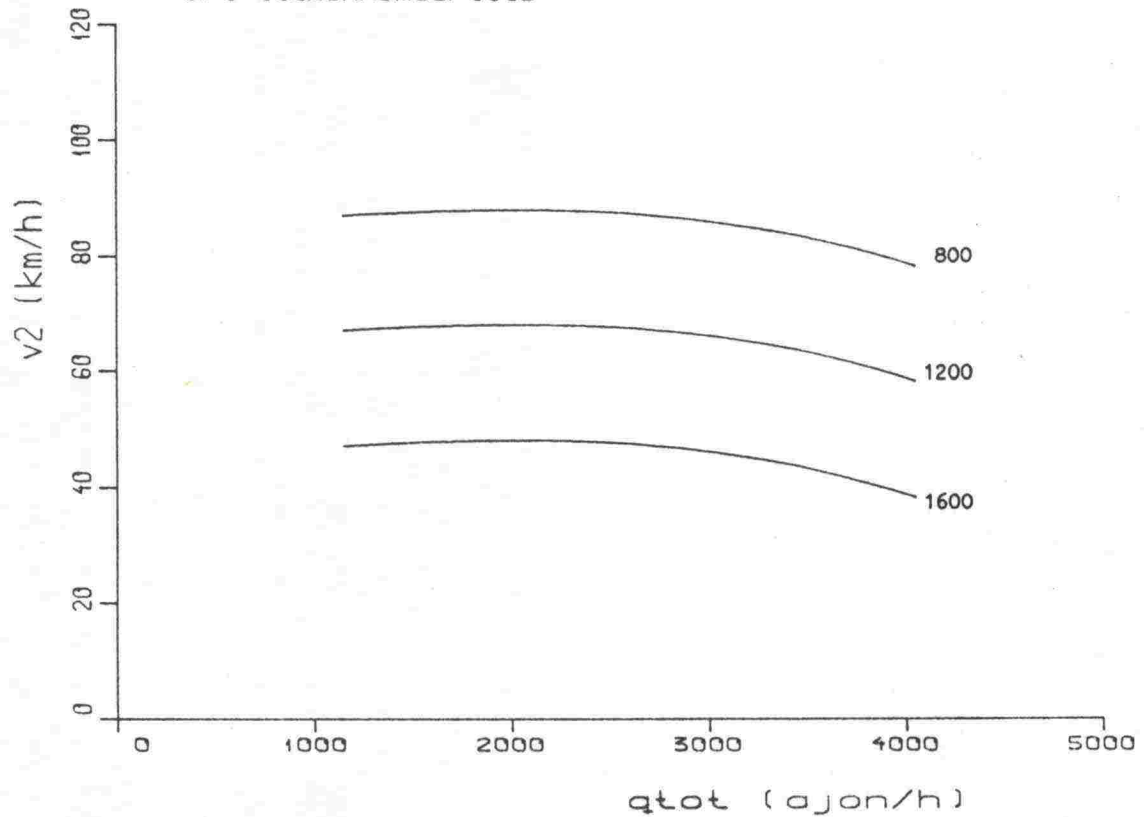
Koodin ensimmäinen numero on olosuhde ja jälkimmäinen poikkileikkaus (vertaa kuva 5.1). Olosuhdekoodit ovat:

- 1 valoisa, sateeton
- 3 pimeä, ----"-----
- 8 valoisa, vesisade.

Keskinopeus reunakaistalla
valoina, säteeton; polkkileikkaus 3
eri liikennemäärillä

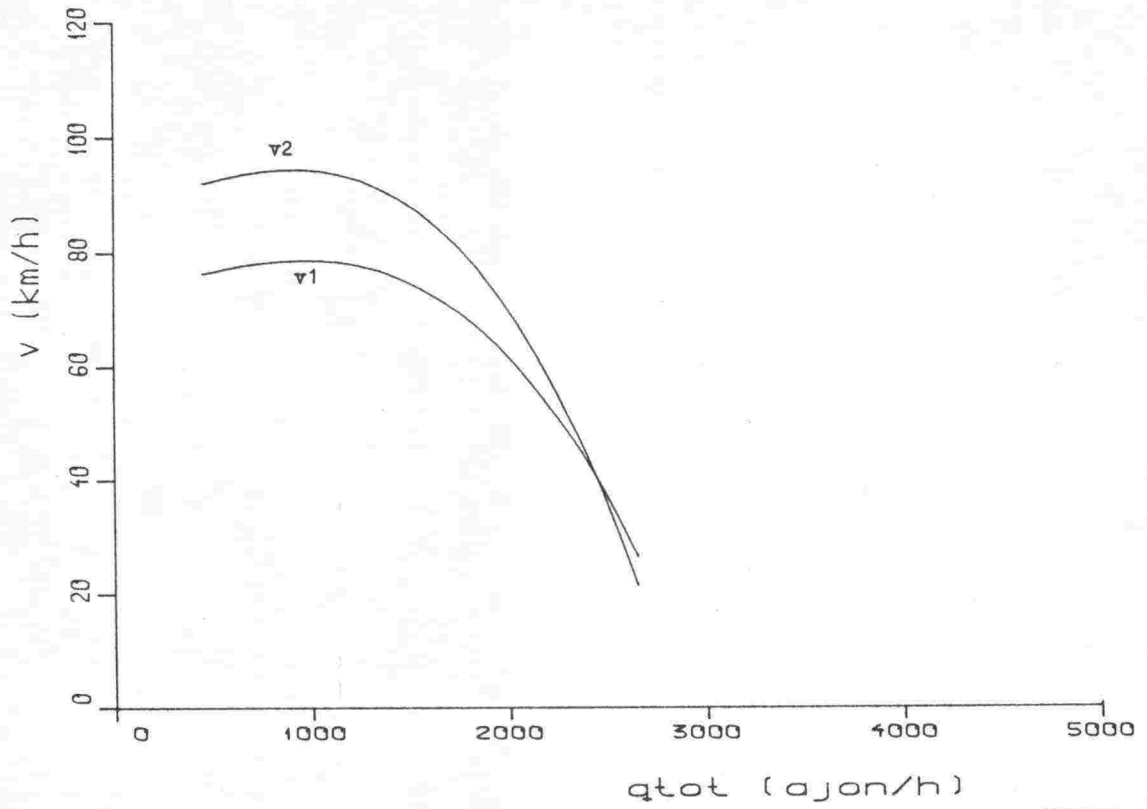


Keskinopeus ohituskaistalla
valoina, sadekuuroja (8); polkkileikkaus 4
eri liikennemäärillä

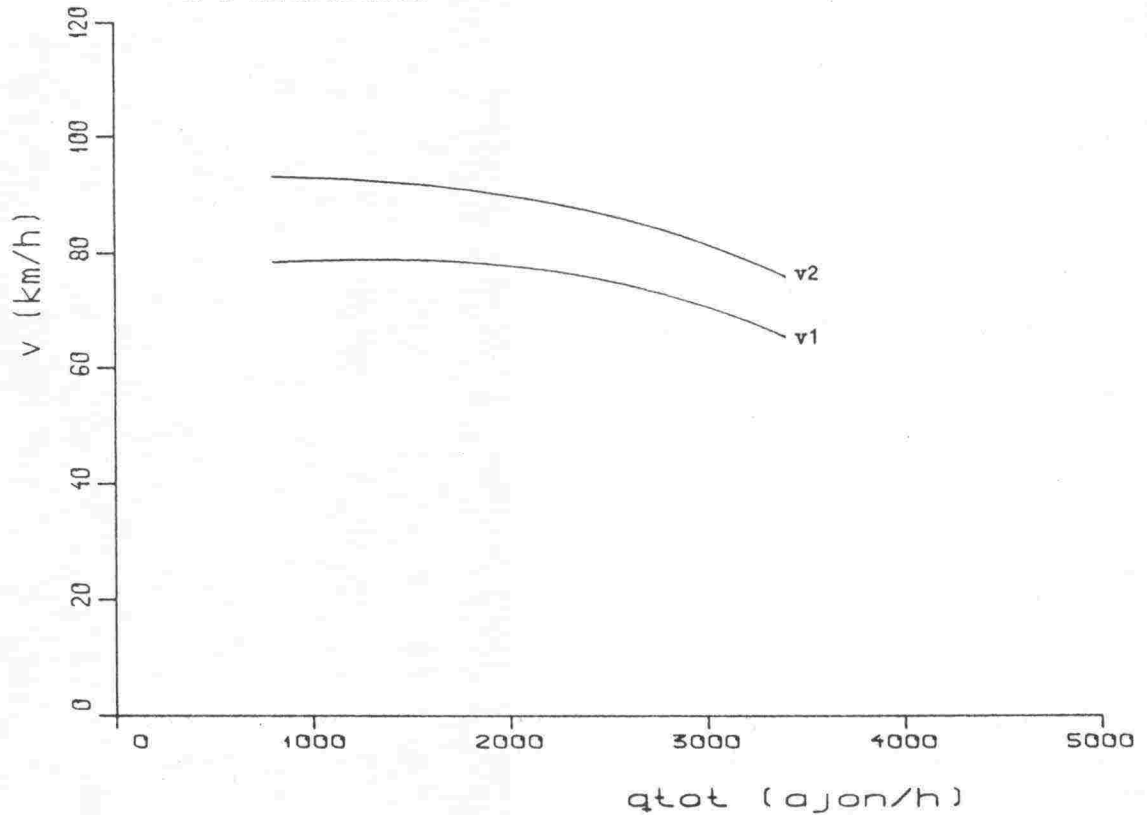


Kuva 5.24. Esimerkkejä keskinopeuksista Tapiolan-Otaniemen liittymässä eri ramppliikennemäärillä.

Keskinopeus, kun rampin $q_0 = 800$ ajon/h
valaistu, sateeton (1) ; polkkileikkaus 2
eri kaistalla

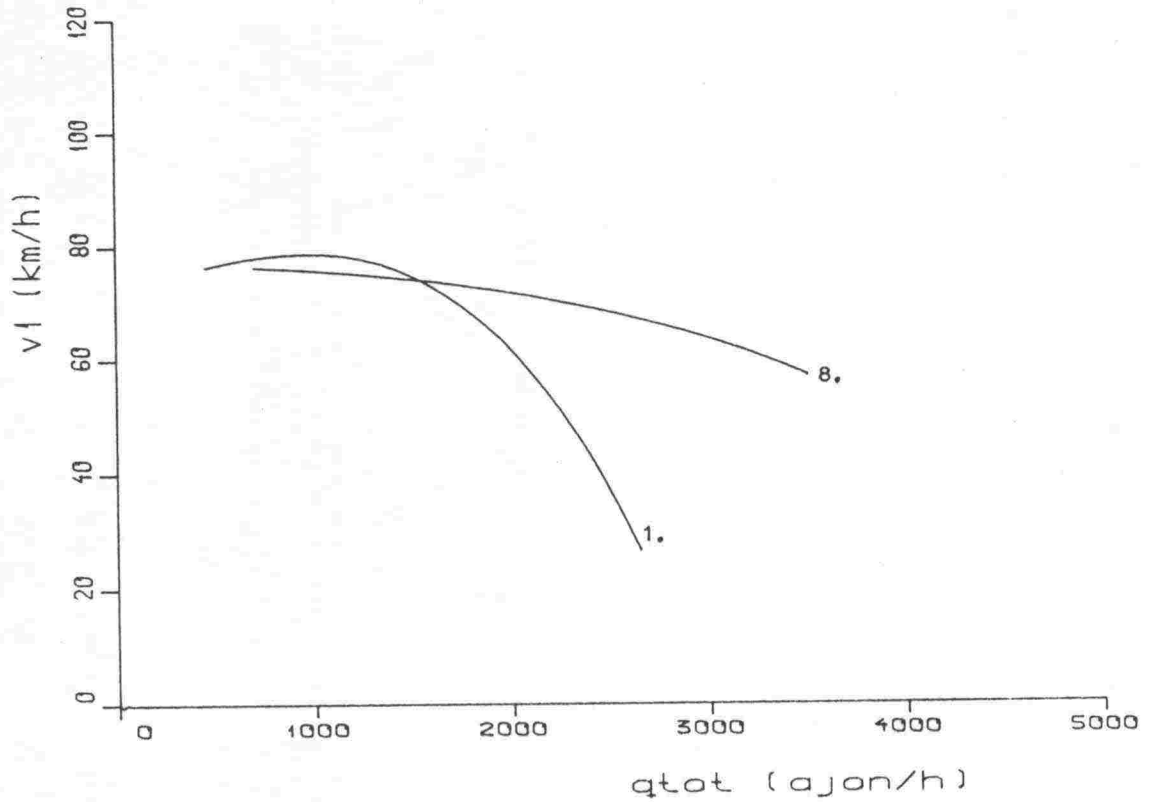


Keskinopeus, kun sek.kaistan $q_0 = 800$ ajon/h
pimeä, sateeton (3) ; polkkileikkaus 3
eri kaistalla



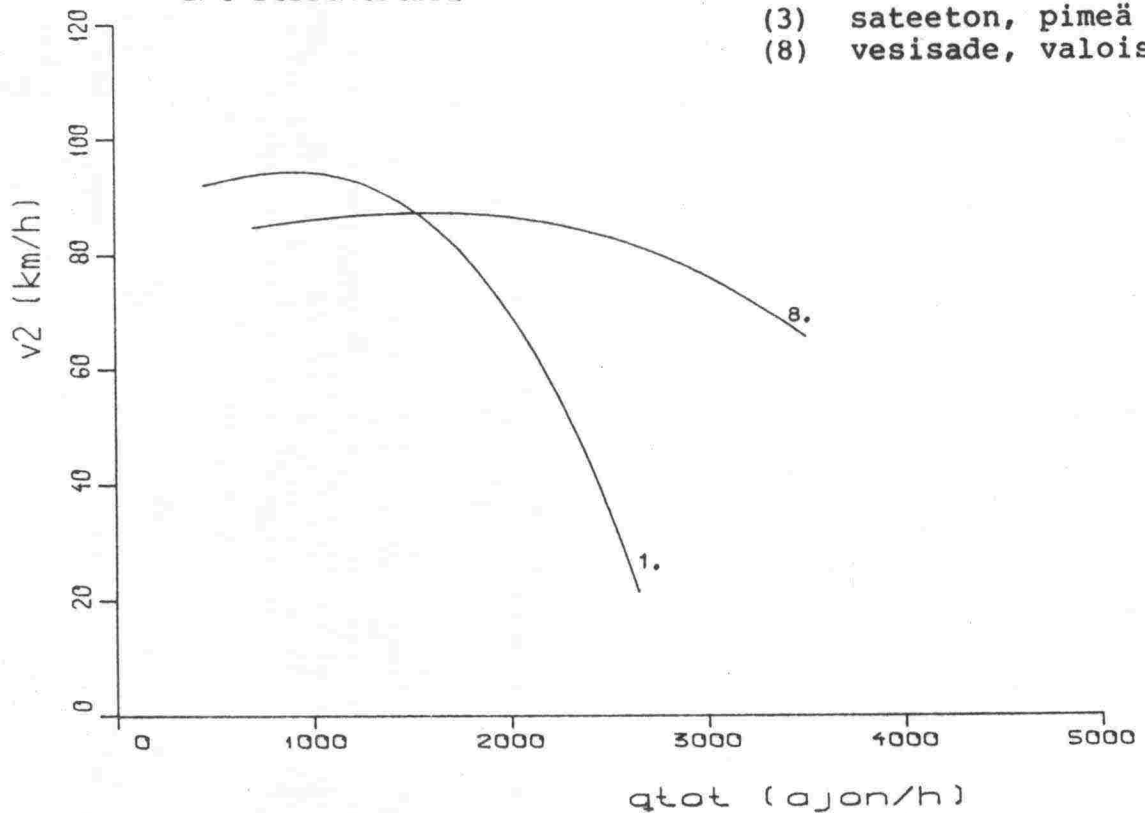
Kuva 5.25. Esimerkkejä keskinopeuksista Tapiolan-Otaniemen liittymässä eri kaistoilla.

Keskinopeus, kun rampin $q_0 = 800$ ajon/h
reunakalsta, poikkileikkaus 2
eri olosuhteissa



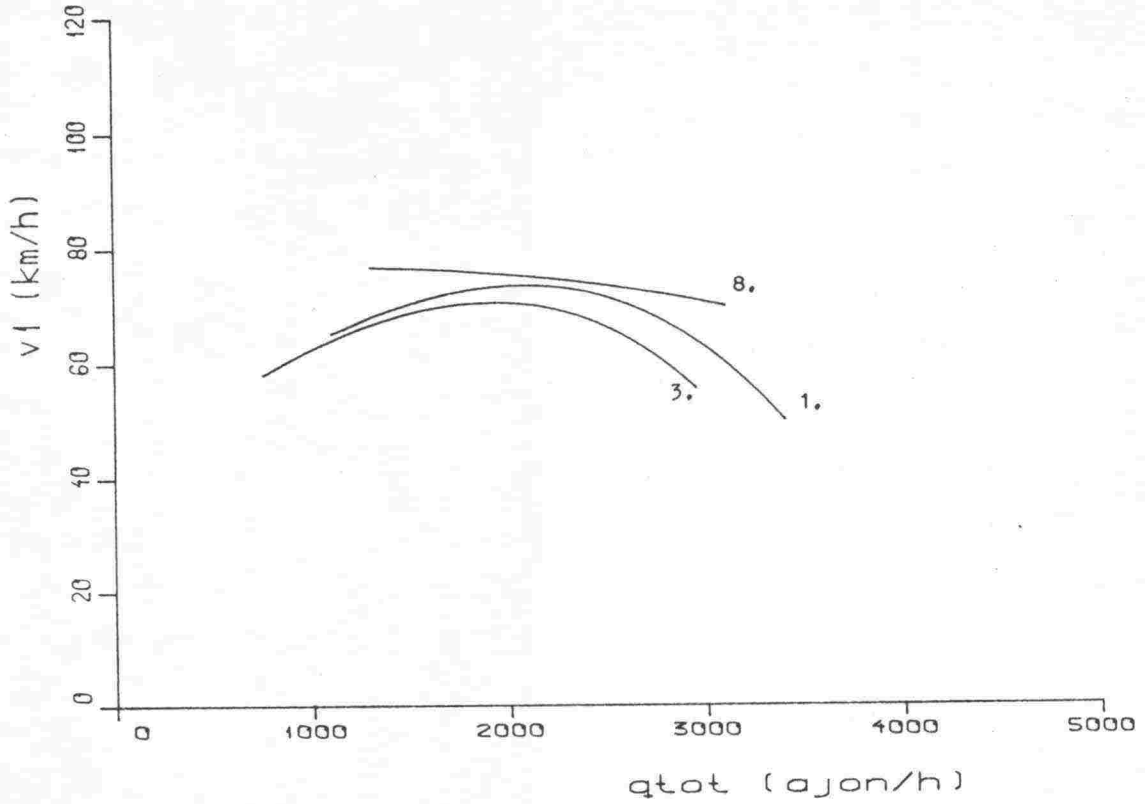
Keskinopeus, kun rampin $q_0 = 800$ ajon/h
ohituskalsta, poikkileikkaus 2
eri olosuhteissa

- (1) sateeton, valoisa
- (3) sateeton, pimeä
- (8) vesisade, valoisa



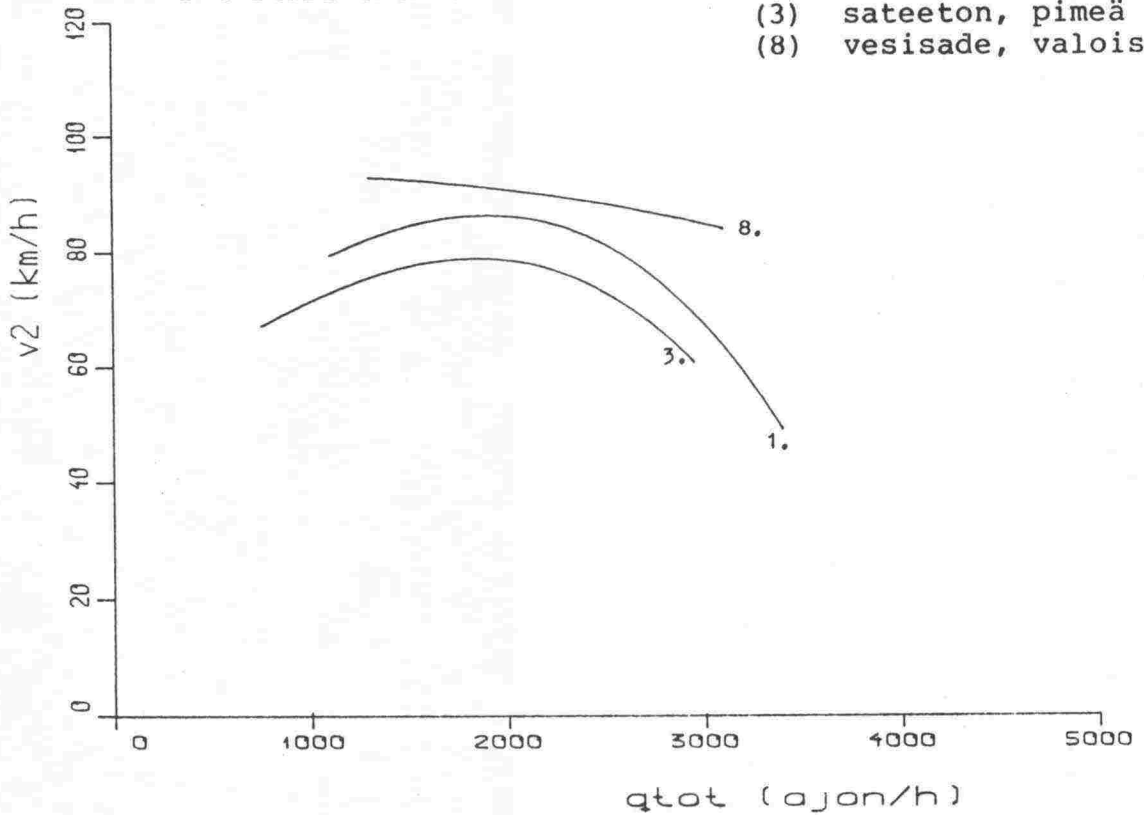
Kuva 5.26. Esimerkkejä keskinopeuksista Tapiolan-Otaniemen liittymässä eri olosuhteissa (2. poikkileikkaus).

Keskinopeus, kun rampin $q_0 = 800$ ajon/h
reunakalusta, poikkileikkaus 4
eri olosuhteissa



Keskinopeus, kun rampin $q_0 = 800$ ajon/h
ohituskalusta, poikkileikkaus 4
eri olosuhteissa

- (1) sateeton, valoisa
- (3) sateeton, pimeä
- (8) vesisade, valoisa



Kuva 5.27. Esimerkkejä keskinopeuksista Tapiolan-Otaniemen liittymässä eri olosuhteissa (4. poikkileikkaus).

5.4 Tulosten tarkastelu

Kirjallisuusselvitys ja laskelmat käytössä olevia mitoitusmenetelmiä soveltaen osoittavat selvästi, että liittymä toimii välityskykynsä äärirajoilla ja ruuhkautuu siten herkästi. Tehdyt mittaukset ja niiden analyysit vahvistavat ruuhkautumisen.

Laadittuja malleja on kuitenkin pidettävä vain esimerkinomaisina, koska mittauksissa esiintyi erilaisia teknisiä ja käytännön ongelmia. Parhaina voitaneen pitää 4. poikkileikkauksessa eli liittymän jälkeen saatuja tuloksia. Niiden mukaan välityskyky liittymäalueen loppuessa on hyvissä olosuhteissa noin 3700 ajon/h koko ajoradalla. Ilmeisesti välityskyky ennen liittymää jää tätä pienemmäksi. Edelleen on huomattava, että varsinaisen moottoritien välityskyky (liittymään saapuvan liikenteen osalta) on luonnollisesti riippuvainen saapuvan ja poistuvan rampin liikennemääristä. Tätä yhteyttä ei näillä mittauksilla saatu selvitettyä.

Ruuhkautuminen liittymäalueella on varsin perusteellista. Se näkyy mm. siitä, että keskinopeustaso laskee joskus pitkäksi ajaksi (n. 15 min) välille 20...30 km/h, kun vastaavat arvot Karhusaaren ja Suvikummun mittauksissa ovat yleensä olleet noin 40 km/h.

6. TUTKIMUSMENETELMÄN JA TULOSTEN TARKASTELU

6.1 Tutkimusmenetelmä

6.11 Laitteisto

Mittauslaitteisto (= pieni analysaattori Jari I + Prodatan ilmaisinvahvistimet + pieni aggregaatti) soveltui hyvin mittauksiin (liittymien välillä), sillä vain pysähtelevän liikennevirran mittaaminen tuotti vaikeuksia./10/ Laitteistoa on helppo käyttää ja se on niin kevyt, että yksi ihminen voi sitä käsitellä.

Sen sijaan tiedonsiirto analysaattorista tietokoneelle on monivaiheista sekä hieman hankalaa ja hidasta. Teknisistä syistä johtuen tiedonsiirto on tehtävä silloin, kun tietokoneen kuormitus on pieni eli hyvin myöhään illalla tai aikaisin aamulla ja silti tiedonsiirtovirheitä ei voida kokonaan välttää.

Suuri laitteisto (= suuri analysaattori Jari II + Canogan ilmaisinvahvistimet + suuri aggregaatti) on monipuolisempi ja helppokäyttöisempi, mutta myös raskaampi ja helpommin rikkoutuva. Sitäpaitsi näyttää siltä, että liittymämittauksissa analysaattorin kapasitetti ei ajoittain riitä käsittelemään sitä valtavaa tietomäärää, joka aamuruuhkan huippuhetkinä saadaan yhdeksästä silmukkaparista.

Nykyisellä silmukkavälillä 10 m kaistanvaihtajat aiheuttavat ongelmia: ajoneuvosta tulee pulssi vain silmukkaparin toiseen silmukkaan ja seuraavat ajoneuvot näyttävät kulkevan takaperin. Tilanteen oikaisu kestää aikansa ja sitä kauemmin, mitä pienempi on miniminopeus. Toisin sanoen ruuhkamittauksissa tulee ongelmia. Jos silmukkaväliä pienennetään, aineiston virheet vähenevät, mutta nopeusmittauksen tarkkuus kärsii. Ratkaisu voisi olla kolmen silmukan käyttö: ruuhkassa käytettäisiin pienempää väliä ja muulloin pitkää, jolloin saadaan nopeudet tarkemmin. Tämä menettely ei kuitenkaan sovi pienelle analysaattorille.

6.12 Analyysimenetelmät

Jotta kriittinen tiheys ja sitä vastaava maksimiliikennemäärä saataisiin lasketuksi luotettavasti, olisi mittauksista saatava myös sellaisia havaintoja, joissa kriittinen tiheys on ylitetty eli liikennemäärä alkanut laskea. Tällaisia pisteitä ei hyvissä olosuhteissa yleensä saatu, minkä vuoksi välityskykyarviot jäivät osittain epäluotettaviksi.

Liikennevirran perusyhtälön parametrien määrittämiseksi Mayn mallin linearisoitu muoto sovitettiin tiheys-nopeus-pisteistöön. Näin tehtiin ensiksikin siksi, että ensimmäisessä vaiheessa /10/ todettiin Mayn mallin sopivan havaintoihin paremmin kuin lineaarisen tai kolmannen potenssin mallien. Toiseksi haluttiin, että tuloksia voidaan verrata tuloksiin, jotka ensimmäisessä vaiheessa on saatu vastaavista olosuhteista tai samasta paikasta.

Tutkimuksen kestäessä on kuitenkin käynyt ilmeiseksi, että Mayn malli ei ole paras mahdollinen kaikkiin tilanteisiin: jos tiheydet jäävät pieniksi, saattaa lineaarinen malli olla parempi. Toisaalta mittauksissa, joissa ruuhkautuminen on tapahtunut, olisi toisinaan parempi käyttää kahden mallin yhdistelmää: toista mallia kriittisen tiheyden ylä- ja toista sen alapuolella. Käytetyn funktioyhdistelmän ei tarvitse olla rajakohdassa jatkuva, sillä pisteistökään ei yleensä ole.

Koska analysaattorit mittaavat tietoja silmukkapareittain, voidaan analyysejäkin tehdä vain silmukkapareittain tai joissakin tapauksissa koko poikkileikkauksesta tai ajoradalta. Sen sijaan yksittäisen ajoneuvon liikkeitä tietyllä tieosalla - esim. Tapiolan-Otaniemen liittymässä - ei voida seurata, sillä ajoneuvon pituus on ainoa analysaattorin mittaamista tiedoista, jonka pitäisi pysyä vakiona silmukkaparista toiseen siirryttäessä. Kuitenkin, koska pituusmittaus on epätarkka, vain linja-autoja sekä perävaunullisia kuorma-autoja voidaan seurata jonkinlaisella tarkkuudella.

Niinpä Tapiolan-Otaniemen liittymän kaltaiselle monimutkaiselle kokonaisuudelle olisi kehitettävä uudenlaisia mittaustapoja, joilla esim. yksittäisten ajoneuvojen tai ajoneuvoryhmien liikkeitä voitaisiin seurata läpi koko tutkittavan tieosuuden.

6.2 Tulosten tarkastelu

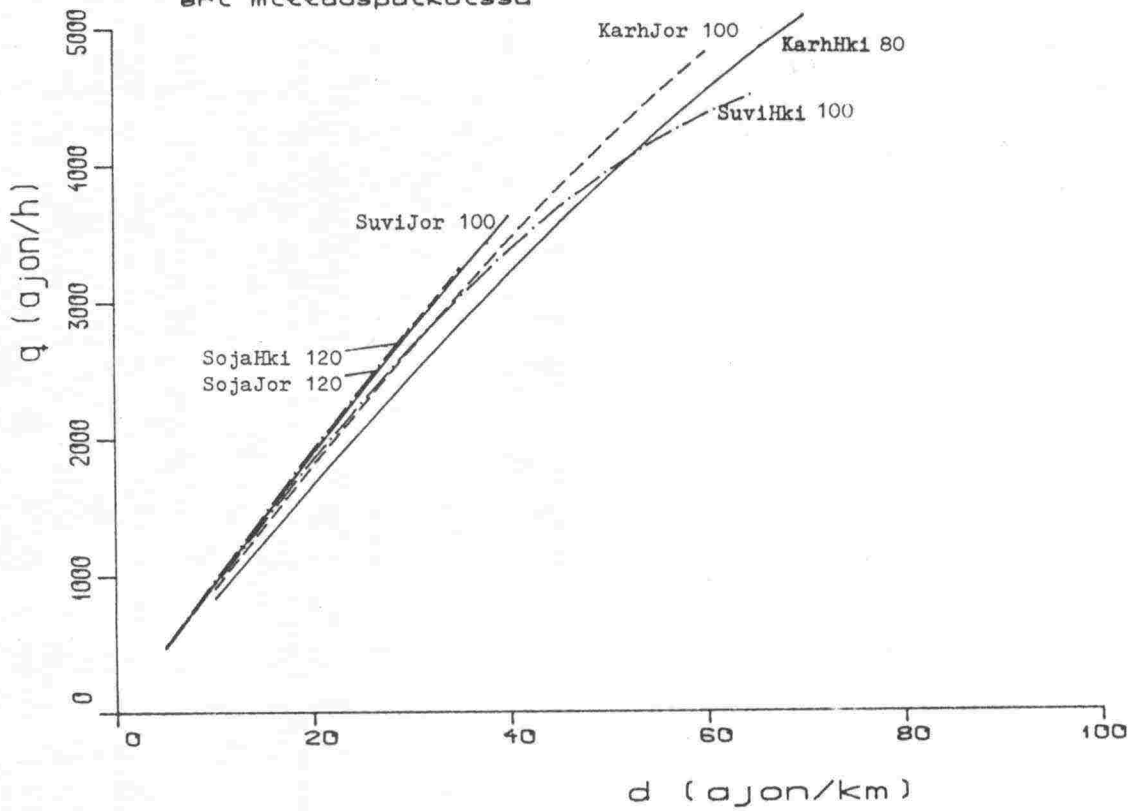
6.21 Nopeusrajoituksen vaikutus liikennevirtaan

Tehtyjen mittausten perusteella ei ole voitu täysin luotettavasti arvioida nopeusrajoituksen vaikutusta välityskykyyn, koska eri rajoitusarvot ovat olleet eri mittauspisteissä. Ensimmäisen vaiheen /10/ aineiston perusteella laadittujen koko ajoradan peruskuvaajien avulla arvioituna välityskyvyt eri mittauspisteissä ovat hyvissä olosuhteissa varsin samansuuruiset (kuva 6.1). Poikkeuksen muodostaa Suvikummun mittauspiste, jossa ajosuunnassa Helsinkiin välityskyky on selvästi alhaisin. Syynä tähän ovat ilmeisesti Niittykummun ja Tapiolan-Otaniemen liittymän yhteiset häiriövaikutukset.

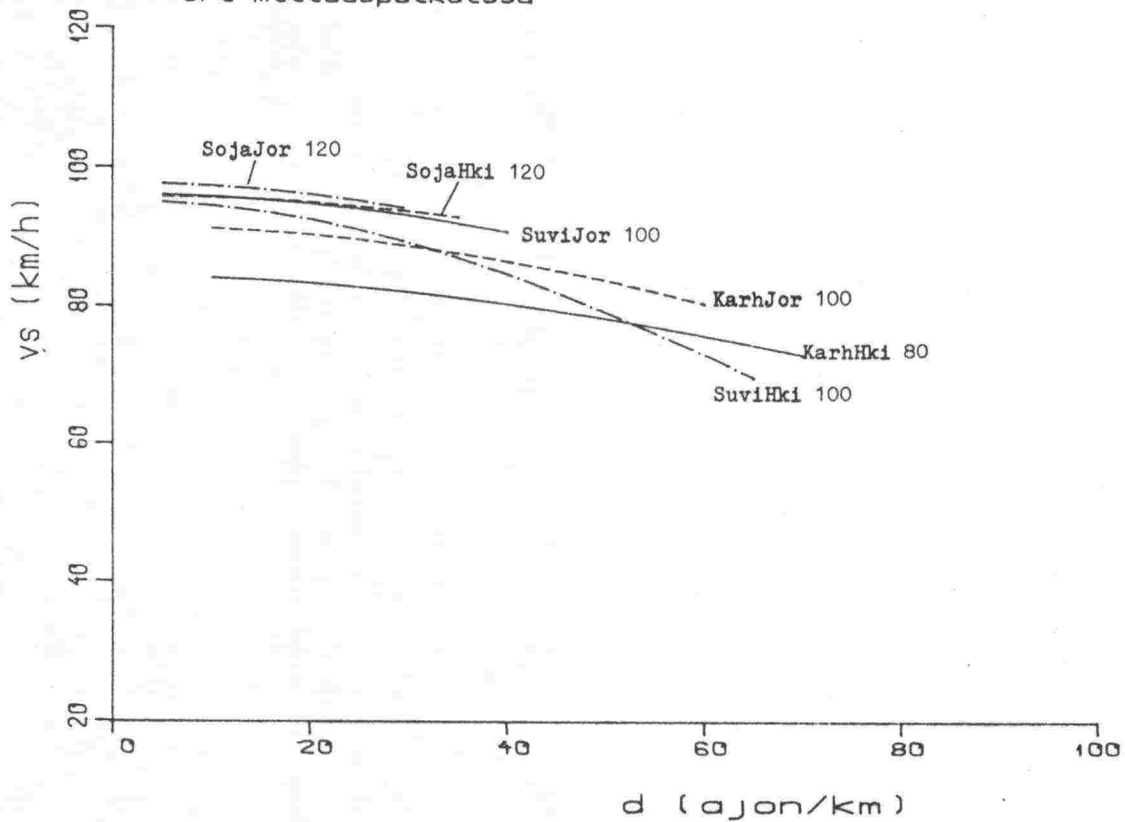
Välityskykyjen vertailu on vaikeata myös siksi, että aineistossa liikennemäärät ovat monessa pisteessä olleet välityskyvyn alapuolella. Esimerkiksi rajoitusalueella 120 km/h liikennemäärät eivät ole nousseet yli arvon 3000 ajon/h.

Toista puolta nopeusrajoituksen vaikutuksista edustavat nopeuksien hajonta, vaaralliset aikavälit ja liikenteen kaistajakaumat. Nopeuksien hajontaa on tässä yhteydessä kuvattu nopeuserojen hajonnalla. Edellä esitetyistä nopeuserotarkasteluista voidaan koota kuvan 6.2 mukainen yhdistelmä. Siitä havaitaan, että nopeusrajoitusarvolla on vaikutusta nopeuseroihin siten, että suurempi rajoitus merkitsee suurempia nopeuseroja, varsinkin pienillä liikennemäärillä. Erot kuitenkin lähes häviävät kaistakohtaisen liikennemäärän noustua noin arvoon 1500 ajon/h. Kuva 6.2 vahvistaa myös jo aiemmin esitetyn havainnon, että nopeuserot reunakaistalla ovat suuremmat kuin ohituskaistalla.

Koko ajoradan peruskuvaajat
valoisa, sateeton
eri mittauspalkoissa

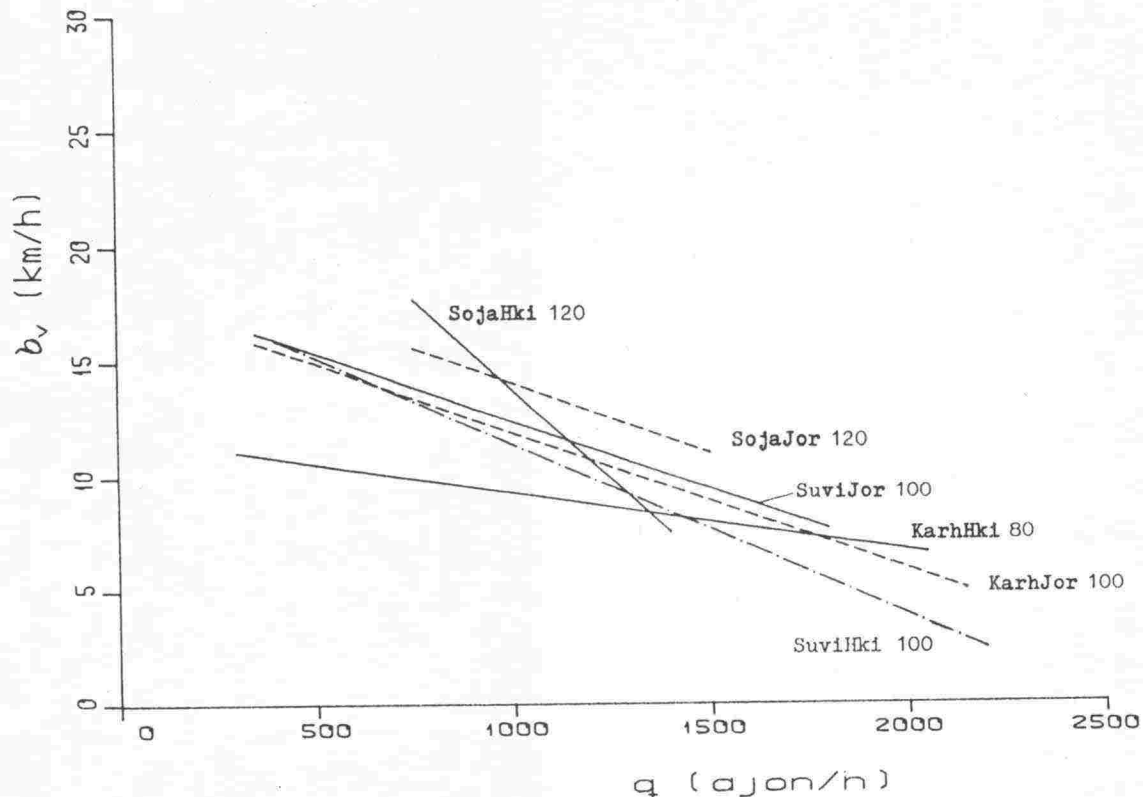


Koko ajoradan peruskuvaajat
valoisa, sateeton
eri mittauspalkoissa

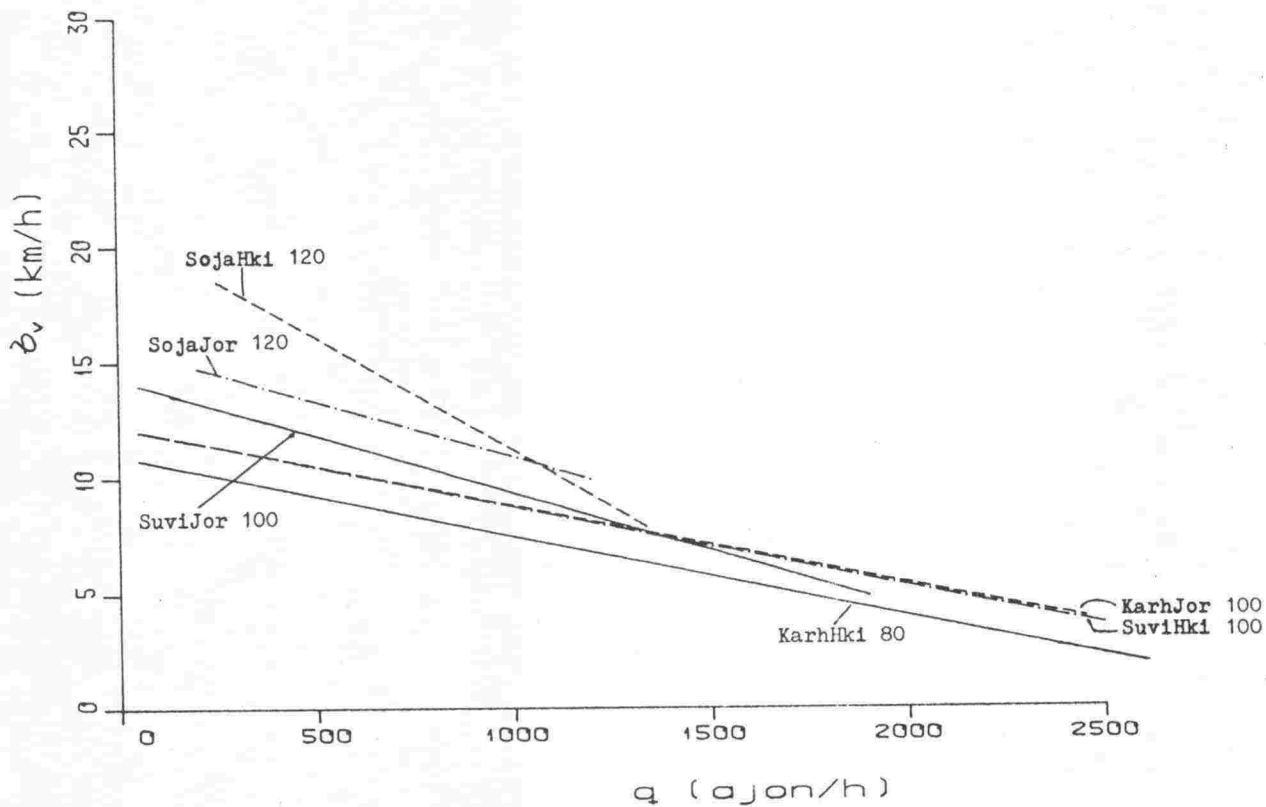


Kuva 6.1. Koko ajoradan peruskuvaajien vertailu hyvissä olosuhteissa (valoisa, sateeton).

Nopeuseron hajonta
eri mittauspaikoissa
sateeton, pimeä, reunakalsta



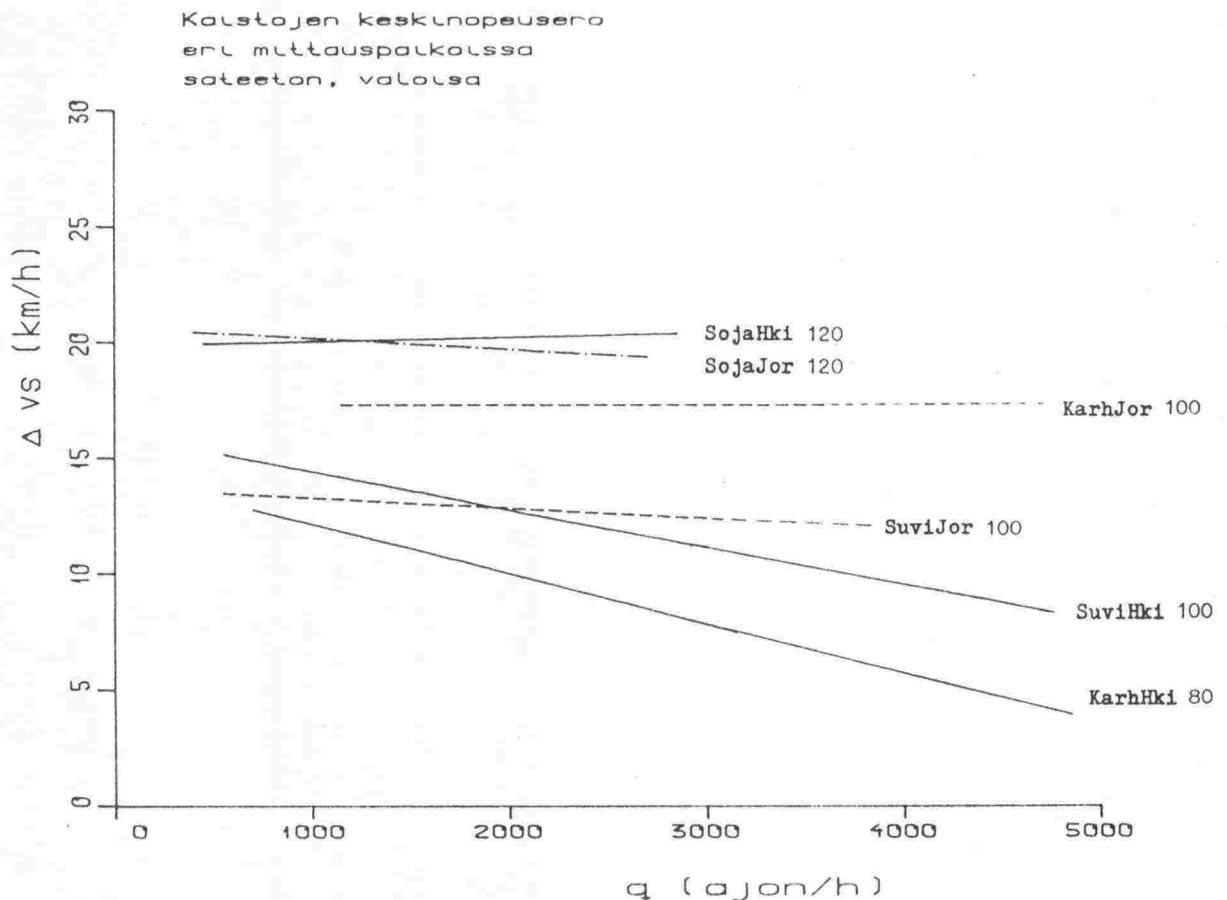
Nopeuseron hajonta
eri mittauspaikoissa
sateeton, pimeä, ohituskalsta



Kuva 6.2. Nopeuseron hajontojen vertailu hyvissä syysolo-
suhteissa (pimeä, sateeton).

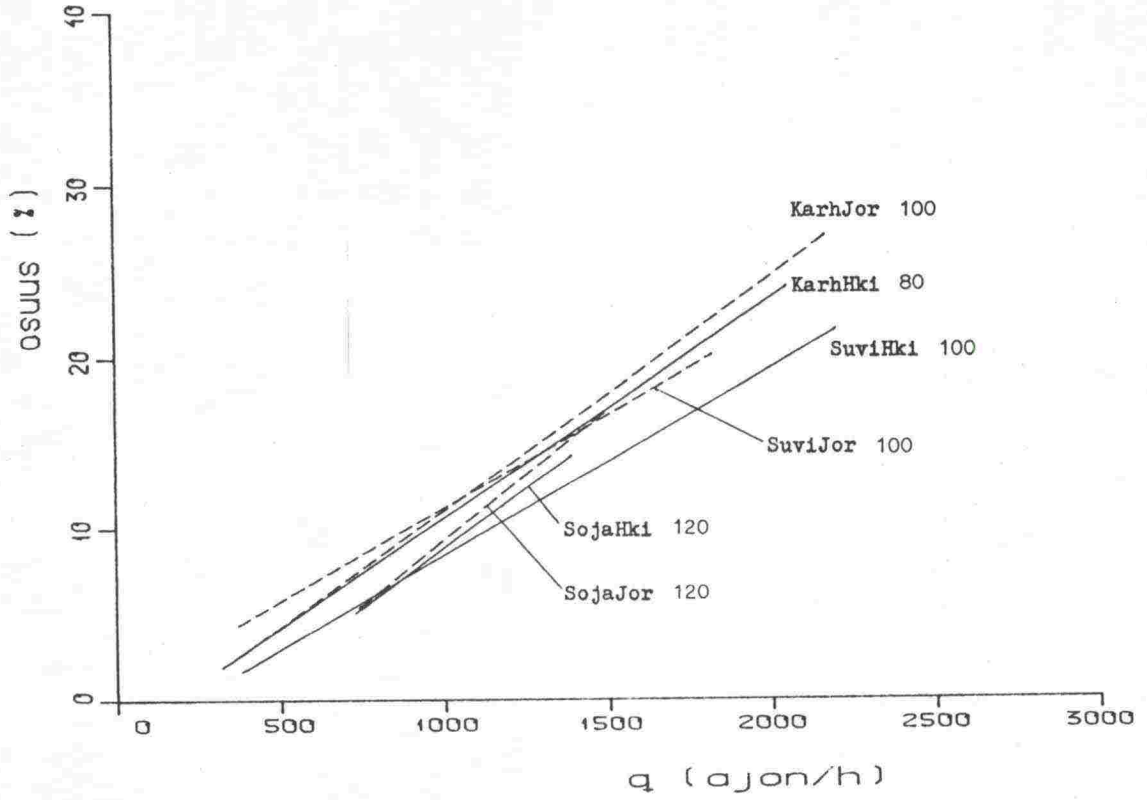
Kuvassa 6.3 on tarkasteltu ohitus- ja reunakaistan keskinopeuksien erotusta liikennemäärän funktiona. Kuva osoittaa, että keskinopeuserot kasvavat selvästi nopeusrajoituksen noustessa. Erityisen poikkeuksellinen on Karhusaaren mittauspiste ajosuunnassa Jorvakseen, jolloin nopeusero on lähes sama kuin yleensä rajoituksen 120 km/h alueella.

Kuvassa 6.4 on tarkasteltu vaarallisten aikavälien osuuden ja nopeusrajoituksen yhteyttä olosuhteissa "pimeä, sateeton". Kuva osoittaa erot reunakaistalla paikallisiksi ja suhteellisen vähäisiksi. Ohituskaistalla näyttäisi olevan hieman selvemmin eroa nopeusrajoituksen mukaan siten, että suurilla liikennemäärillä (yli 1500 ajon/h kaistaa kohden) suurempi rajoitusarvo merkitsee myös suurempaa vaarallisten aikavälien osuutta. Kuva 6.4 vahvistaa myös jo aiemmin esitetyn havainnon, että vaarallisten aikavälien osuus ohituskaistalla on selvästi suurempi kuin reunakaistalla.

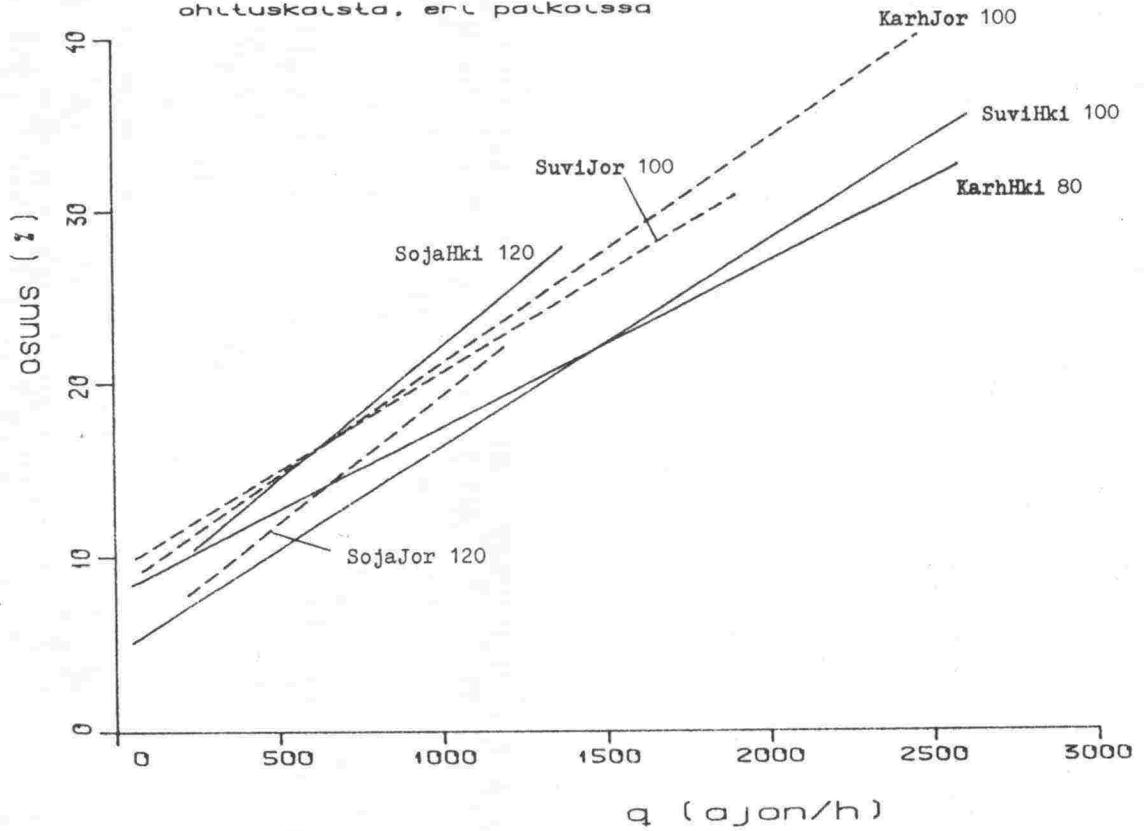


Kuva 6.3. Kaistojen keskinopeuserojen vertailu hyvissä olosuhteissa (valoisa, sateeton).

Vaarallisten aikavälten osuus
pimeä, sateeton (hyvät syysolosuhteet)
reunakalsta, eri palkoissa



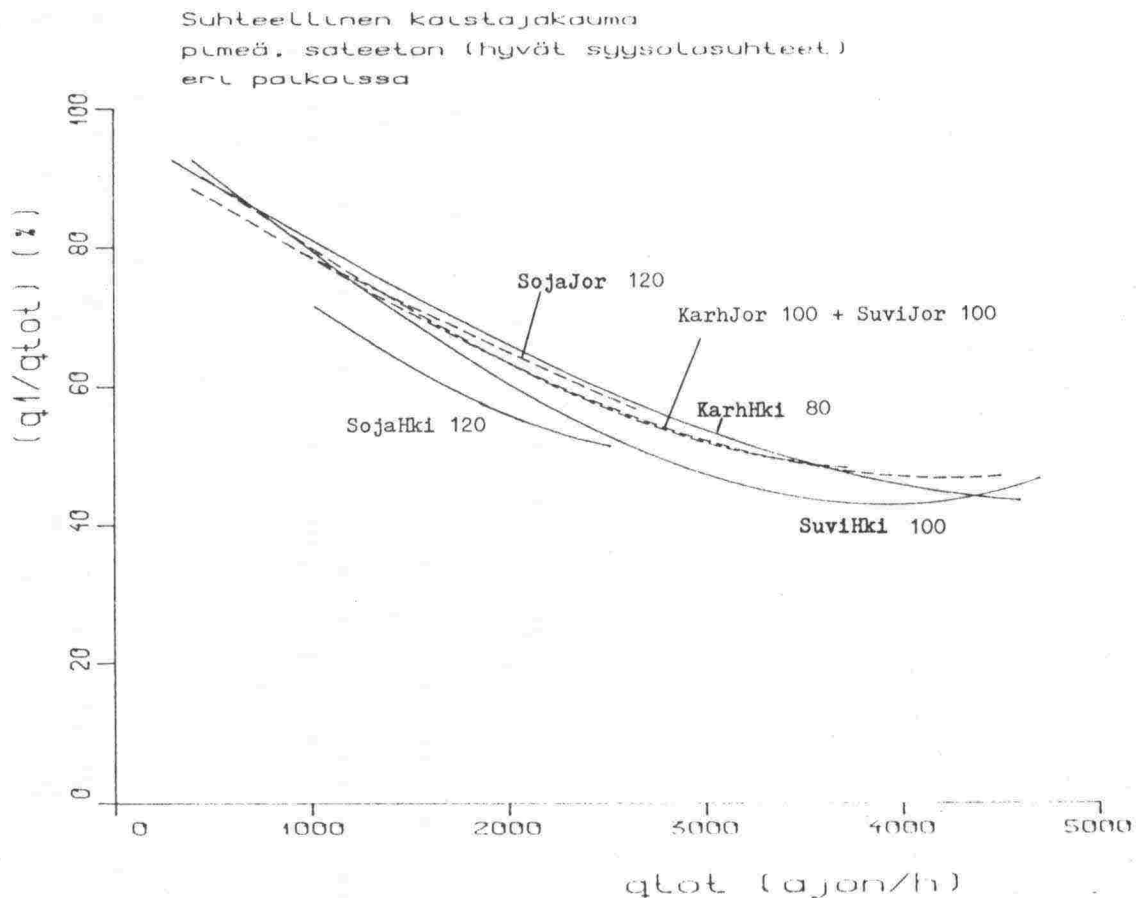
Vaarallisten aikavälten osuus
pimeä, sateeton (hyvät syysolosuhteet)
ohituskalsta, eri palkoissa



Kuva 6.4. Vaarallisten aikavälten osuuksien vertailu
hyvissä syysolosuhteissa (pimeä, sateeton).

Liikenteen kaistajakauma vaihtelee myös mittauspaikoittain. Kuvan 6.5 perusteella nopeusrajoituksella ehkä on jonkin verran vaikutusta kaistajakaumaan pienillä liikennemäärillä (alle 2500 ajon/h ajosuuntaa kohden). Tämän jälkeen jakaumakäyrät ilmeisesti kuvaavat myös paikallisia eroja. Arviointia vaikeuttaa myös, ettei rajoitusalueelta 120 km/h ole havain-toja suurilla liikennemäärillä. Kuvan 6.5 mukaan siis reuna-kaistan käyttö pienillä liikennemäärillä laskee lievästi no-peusrajoituksen noustessa.

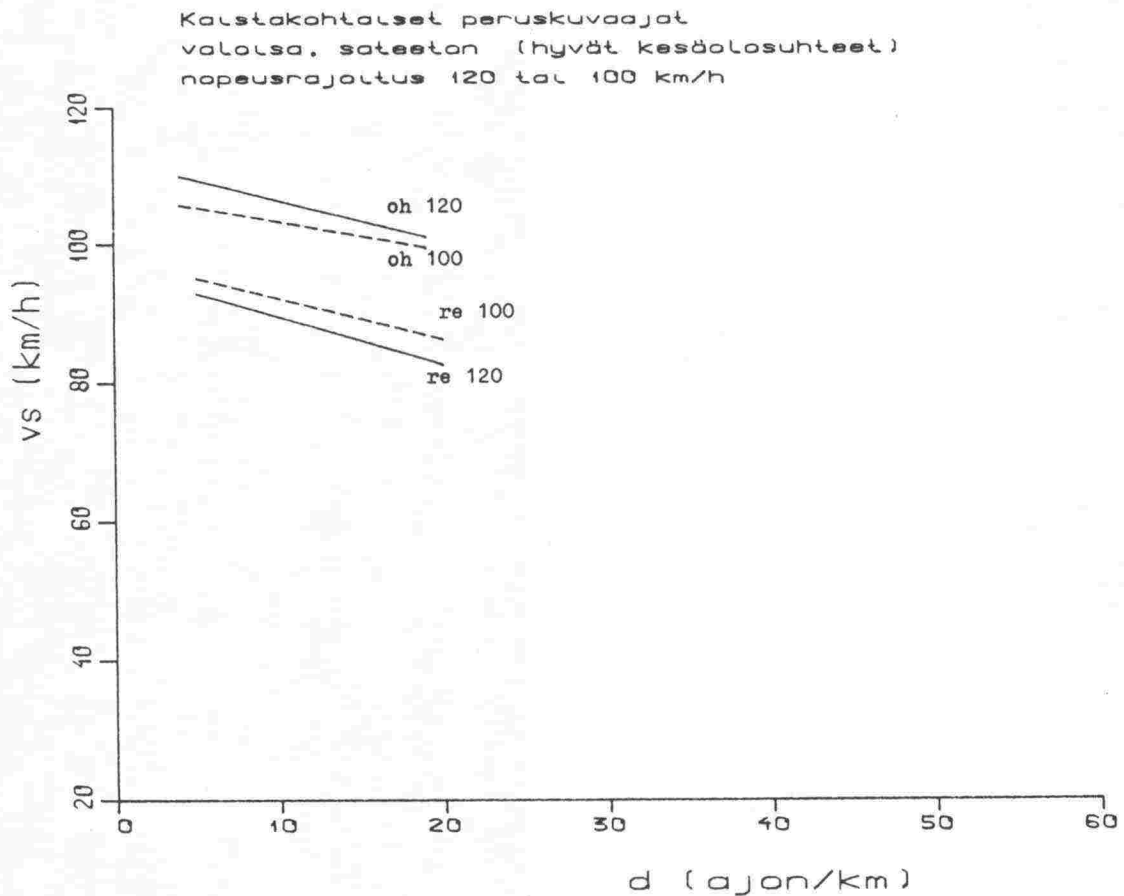
Tutkimuksen varsinaisen mittausjakson jo päätyttyä voitiin Suomenojan mittauspisteessä ajosuunnassa Helsinkiin tehdä yksi mittaus muutetulla nopeusrajoitusarvolla. Rajoitusta oli näet päällystystöiden vuoksi laskettu normaaliarvostaan 120 km/h arvoon 100 km/h. Seuraavassa on lyhyesti vertailtu lii-kennevirtaa tässä pisteessä mainituilla kahdella rajoitusar-volla. Yhtälöiden parametrit eri analyyseissä on esitetty liitteessä 2.



Kuva 6.5. Suhteellisten kaistajakaumien vertailu hyvissä syysolosuhteissa (pimeä, sateeton).

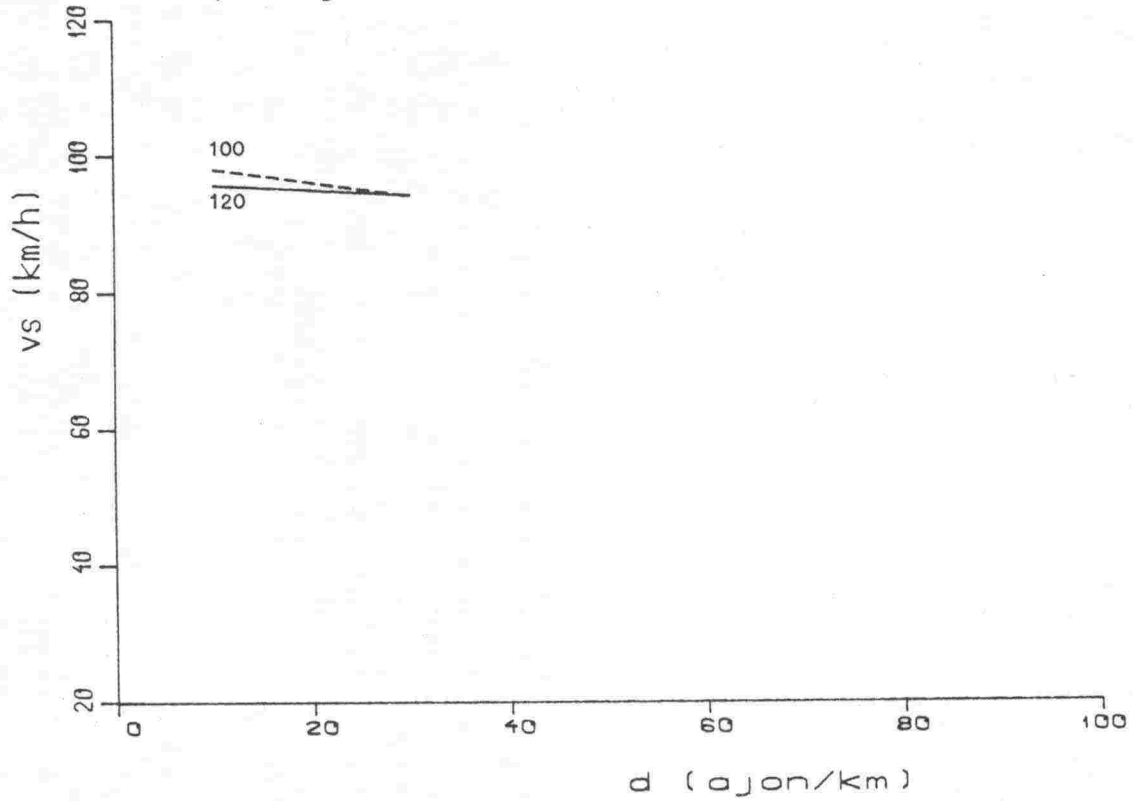
Kuvassa 6.6 on esitetty liikennevirran peruskuvaajien muuttuminen kaistoittain ja kuvassa 6.7 koko ajoradalla. Vertailu on tehty lineaarisilla malleilla liikennemäärien vähäisen vaihtelun vuoksi. Kuvasta havaitaan, että nopeustaso reunakaistalla on noussut ja ohituskaistalla laskenut koko ajoradan tilanteen säilyessä käytännöllisesti katsoen ennallaan. Vaikutuksesta välityskykyyn ei liikennemäärien alhaisuuden vuoksi voida sanoa mitään.

Kuvassa 6.8 on esitetty nopeusrajoituksen muutoksen vaikutus kaistojen keskinopeuseroon ja kuvassa 6.9 peräkkäisten ajoneuvojen nopeuseron hajontoihin. Kuvat osoittavat huomattavaa liikennevirran tasoittumista. Kaistojen nopeusero on laskenut arvosta 20 km/h arvoon 14 km/h ja myös kaistakohtaiset hajonnat ovat alentuneet.



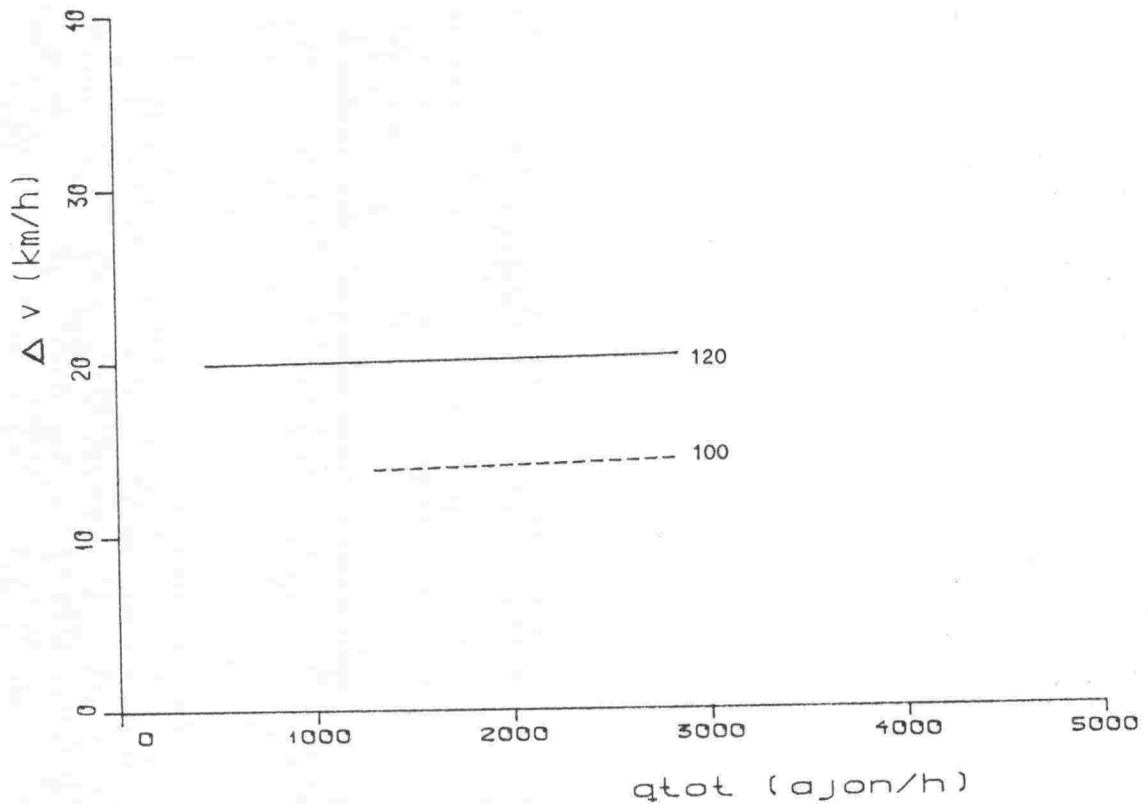
Kuva 6.6. Kaistakohtaisten peruskuvaajien vertailu Suomenojalla, kun nopeusrajoitus on 100 tai 120 km/h.

Koko ajoradan peruskuvaajat
valoina, sateeton (hyvät kesäolosuhteet)
nopeusrajoitus 120 tai 100 km/h



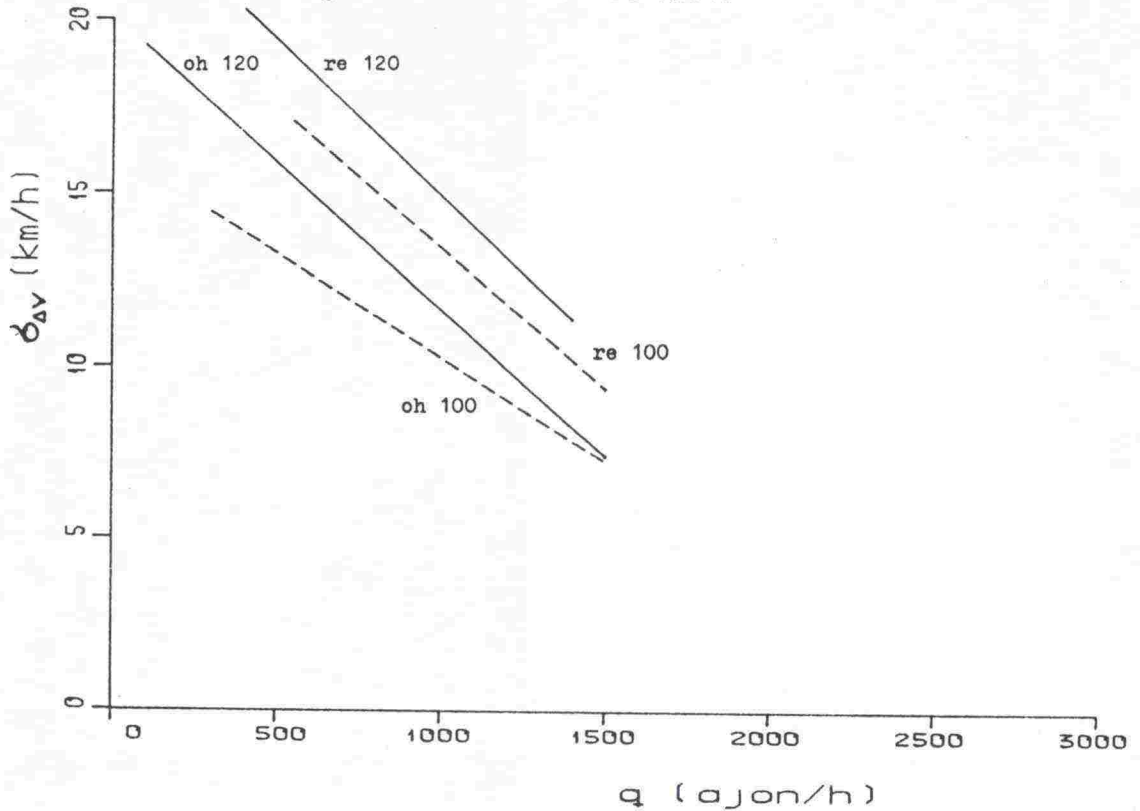
Kuva 6.7. Koko ajoradan nopeus-tiheyskuvaajien vertailu Suomenojalla, kun nopeusrajoitus on 100 tai 120 km/h.

Kaistojen keskinopeusero
valoina, sateeton (hyvät kesäolosuhteet)
nopeusrajoitus 120 tai 100 km/h



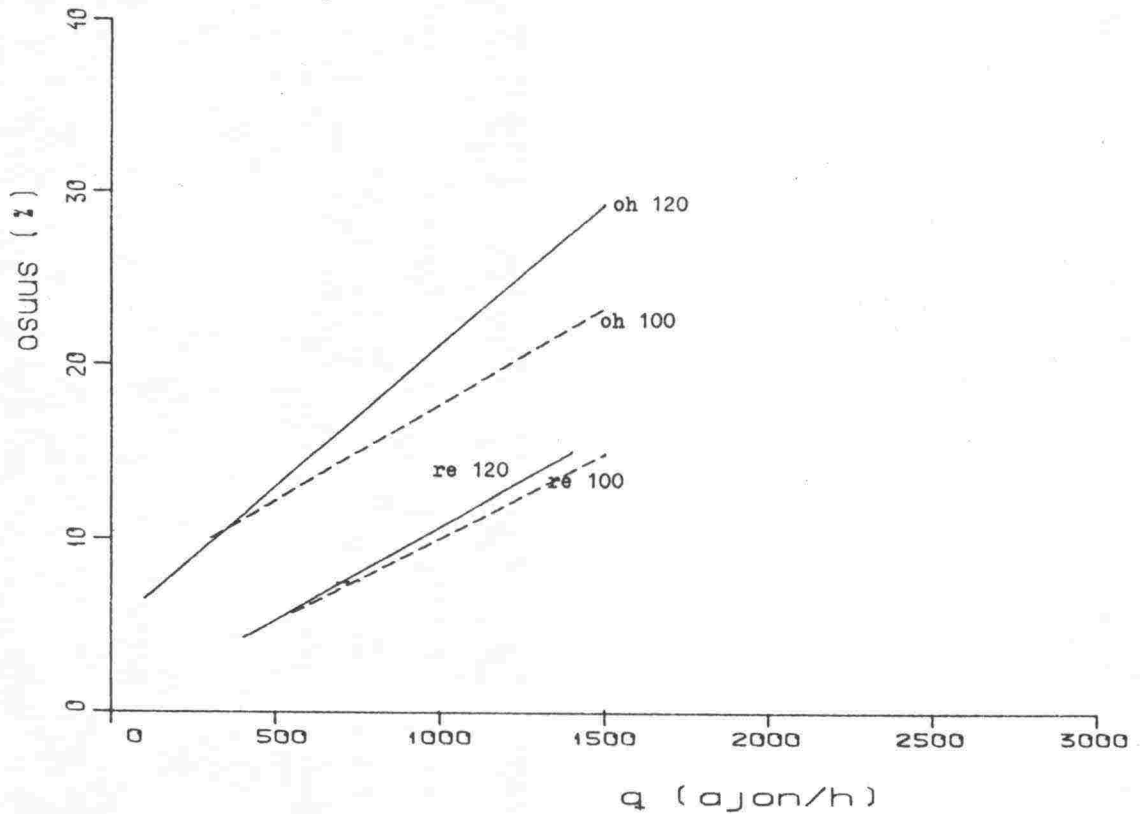
Kuva 6.8. Kaistojen keskinopeuserojen vertailu Suomenojalla, kun nopeusrajoitus on 100 tai 120 km/h.

Nopeuseron hajonta
valoina, sateeton (hyvät kesäolosuhteet)
nopeusrajoitus 120 tai 100 km/h



Kuva 6.9. Nopeuseron hajontojen vertailu Suomenojalla, kun nopeusrajoitus on 100 tai 120 km/h.

Vaarallisten aikavälien osuus
valoina, sateeton (hyvät kesäolosuhteet)
nopeusrajoitus 120 tai 100 km/h



Kuva 6.10. Vaarallisten aikavälien osuuksien vertailu Suomenojalla, kun nopeusrajoitus on 100 tai 120 km/h.

Kuvassa 6.10 on tarkasteltu muutosta vaarallisissa aikaväleissä. Ohituskaistalla vaarallisten aikavälien osuus on selvästi laskenut ja reunakaistalla säilynyt likimain ennallaan. Kais-tajakaumat eivät olennaisesti muuttuneet.

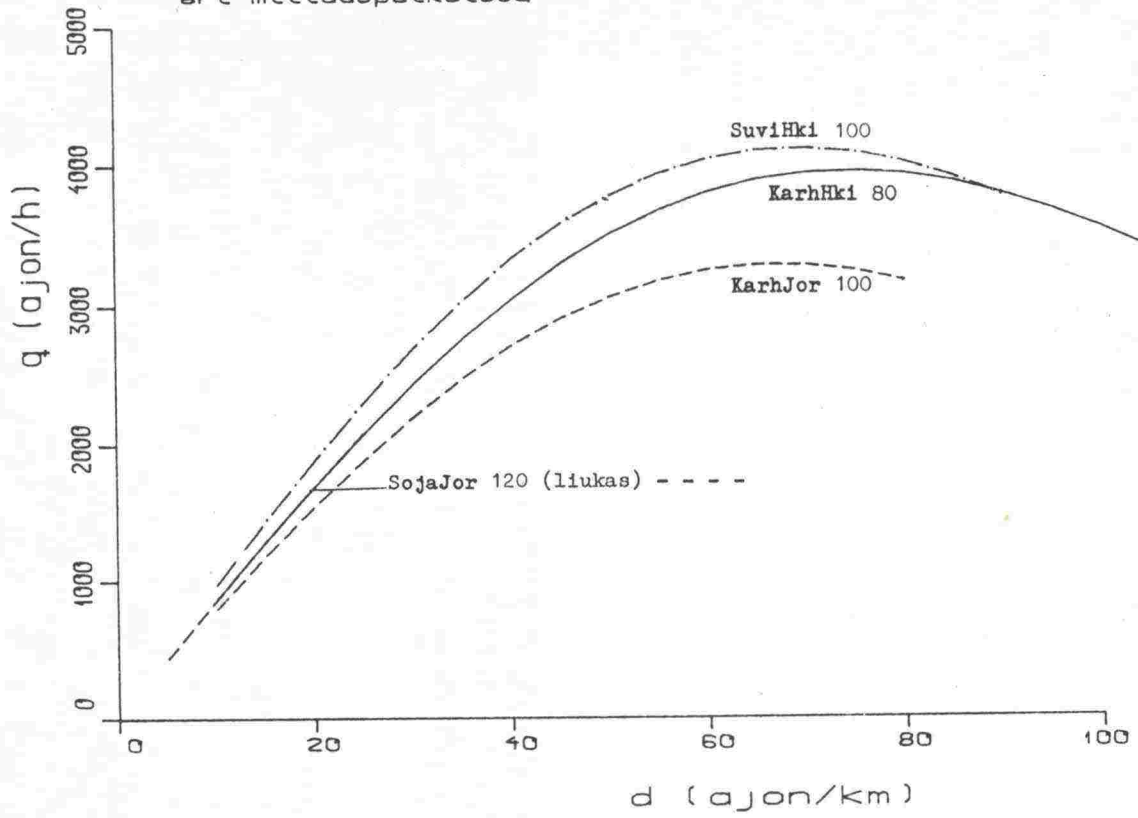
Kaiken kaikkiaan nopeusrajoituksen muutos on siis tasannut liikennevirtaa ja muuttanut sitä ainakin teoriassa turvalli-semmaksi.

6.22 Sään ja kelin vaikutus liikennevirtaan

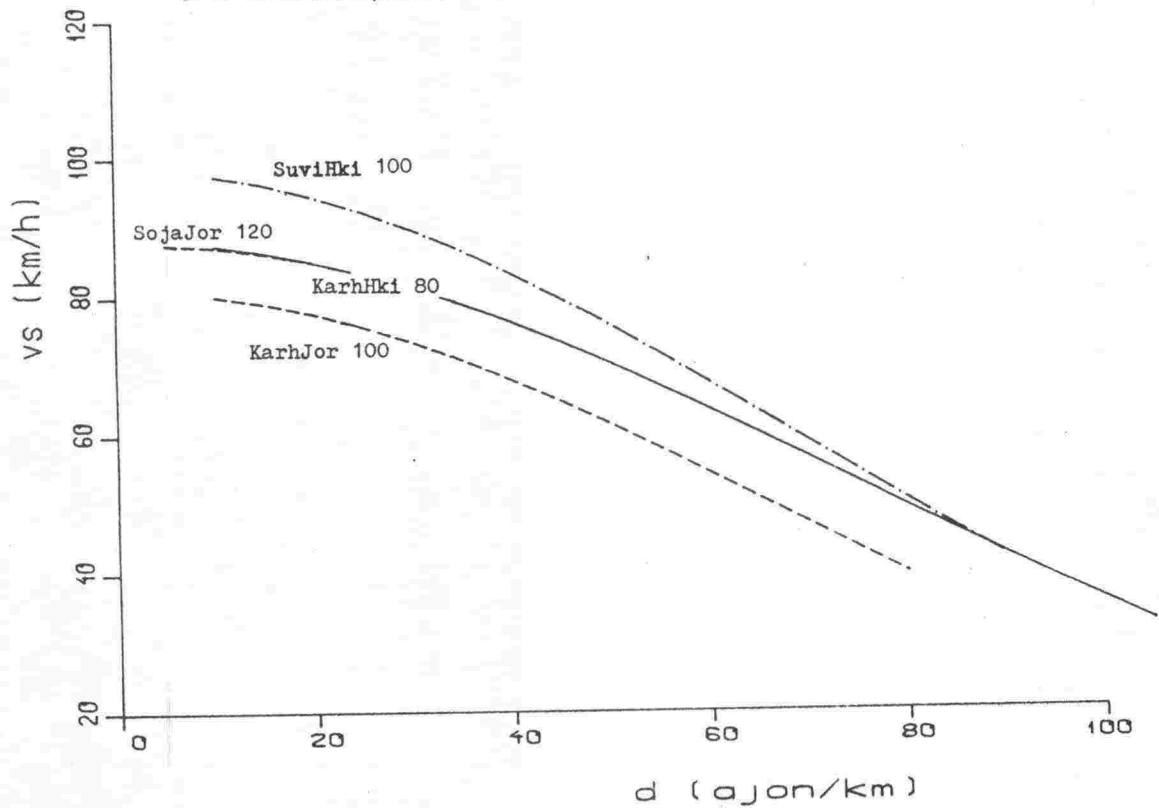
Sään ja kelin vaikutus välityskykyyn on huomattava. Kuvassa 6.11 on esitetty lasketut välityskykykäyrät räntäsateella (rajoitusalueet 80-100 km/h) ja liukkaalla talvikelillä (120 km/h). Havaitaan, että välityskyvyt on mittaustilanteessa saavutettu aluetta 120 km/h lukuunottamatta ja että yleensä arvo on noin 4000 ajon/h. Poikkeuksen muodostaa Karhusaaren mittauspisteen ajosuunta Jorvakseen. Eräänä syynä voi olla eri mittauspäivien olosuhde-erot sekä läheisten liittymien häiriövaikutukset.

Kuvassa 6.1 on vertailtu eri mittauspaikkojen liikennevirran peruskuvajia olosuhteissa "sateeton, valoisa" ja kuvassa 6.11 vastaavasti räntäsateella (Karhusaari ja Suvikumpu) tai liukkaalla (Suomenoja). Näitä ääritapauksia vertaamalla voi todeta paitsi alentuneet välityskyvyt myös selvästi laskeneen nopeustason. Korkein vapaa nopeus on Suvikumussa Helsingin suuntaan. Myös hyvissä olosuhteissa vapaa nopeus ko. pisteessä on erittäin korkea.

Koko ajoradan peruskuvaajat
räntäsade (raj. 80 tai 100) tai liukas (120)
eri mittauspaikoissa



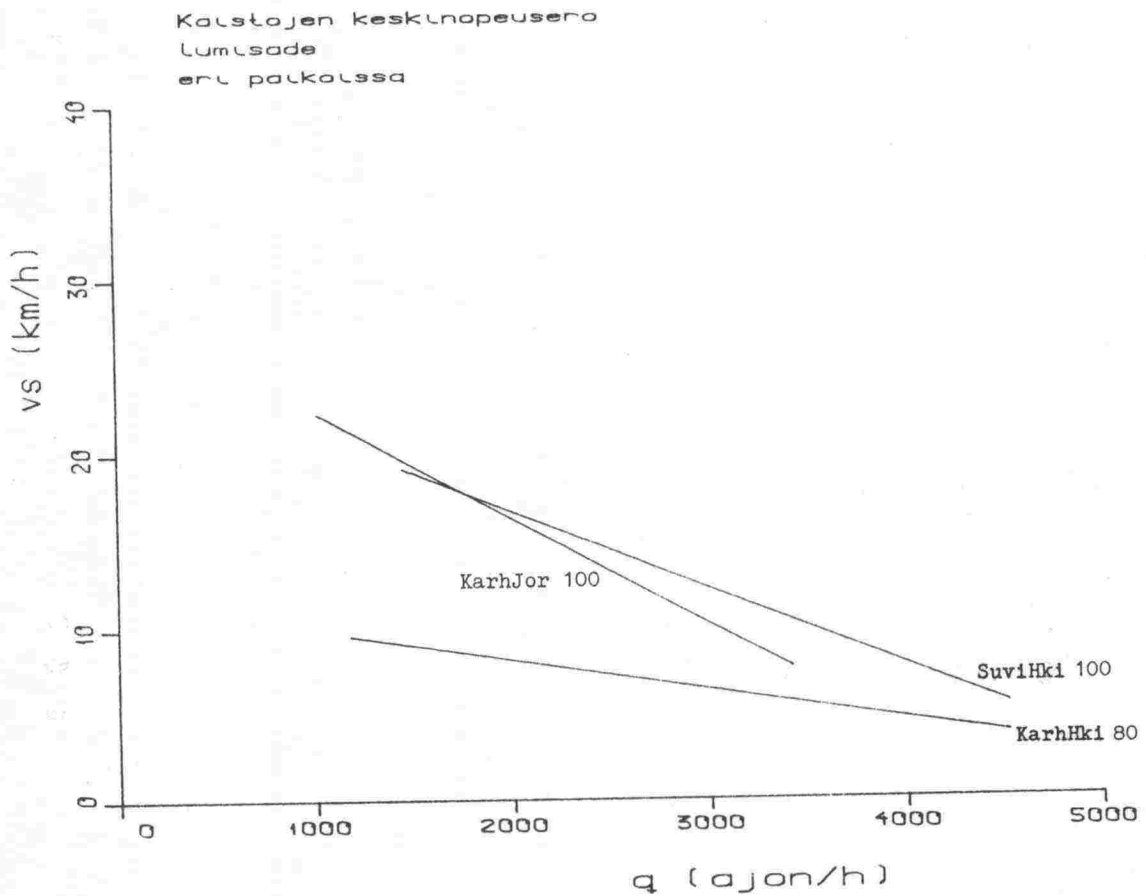
Koko ajoradan peruskuvaajat
räntäsade (raj. 80 tai 100) tai liukas (120)
eri mittauspaikoissa



Kuva 6.11. Koko ajoradan peruskuvaajien vertailu huonoissa olosuhteissa (räntäsade tai liukas).

Jo aikaisemmin on todettu, että vaarallisten aikavälien osuus pienenee ja peräkkäisten ajoneuvojen nopeuserot tasoittuvat sään ja kelin huonontuessa. Sen sijaan kaistojen keskinopeuserot saattavat myös nousta olosuhteiden huonontuessa, kuten kuvia 6.3 ja 6.12 vertailemalla voi todeta. Siten kaikki muutokset eivät tapahdu turvallisuutta lisäävään suuntaan.

Kaistajakauma näyttää sään ja kelin huonontuessa muuttuvan siten, että ohituskaistan käyttö lisääntyy. Tämä on ilmeisesti yhteydessä kaistojen keskinopeuseron kasvuun.

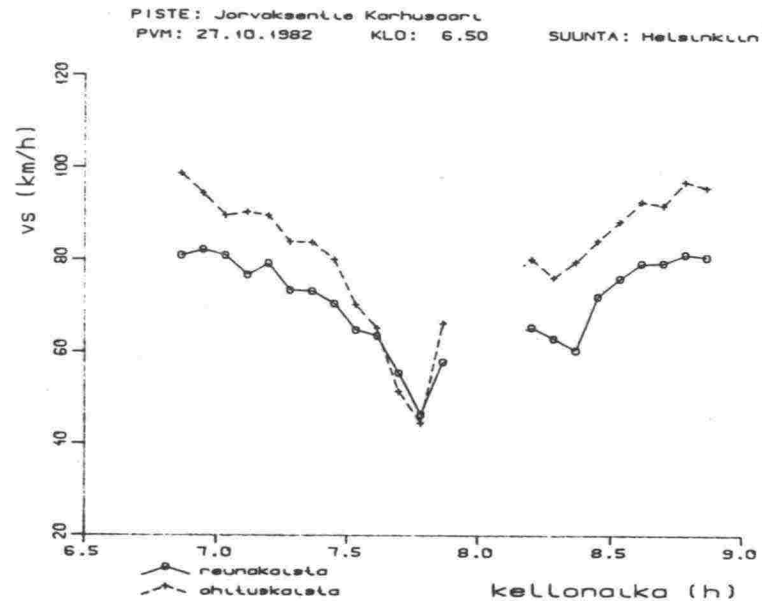
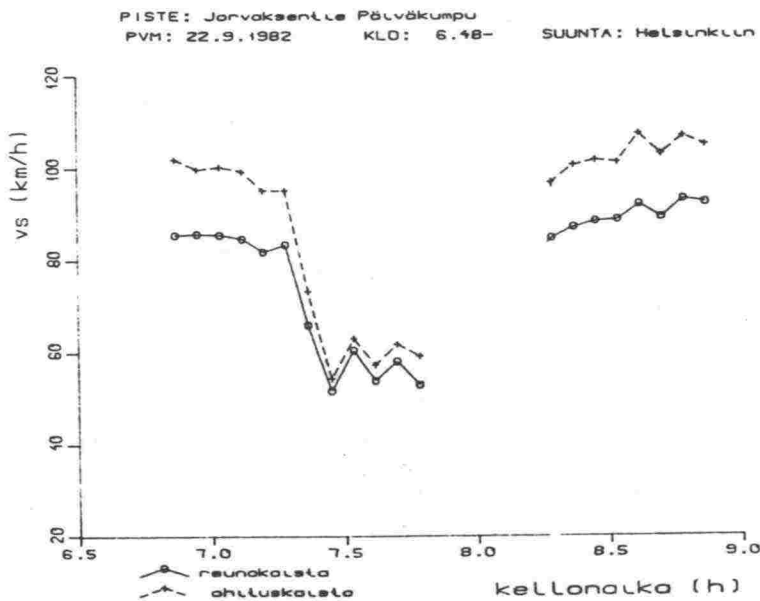
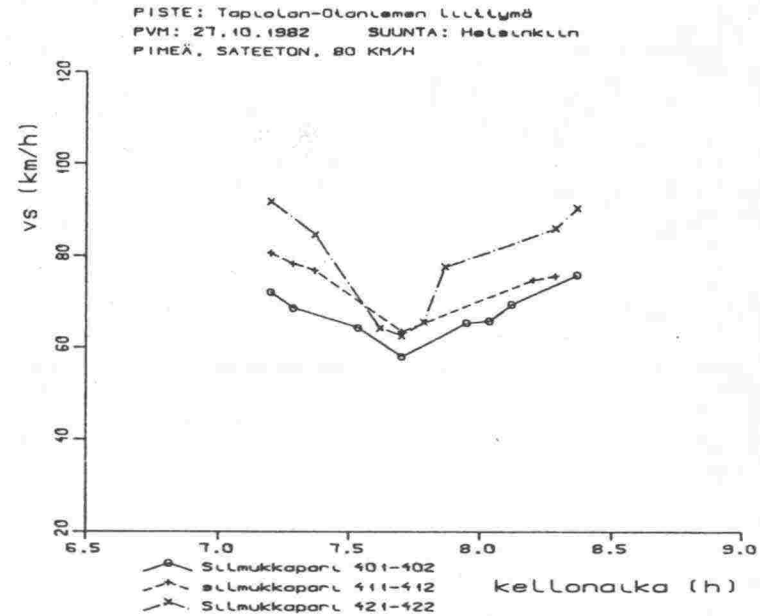
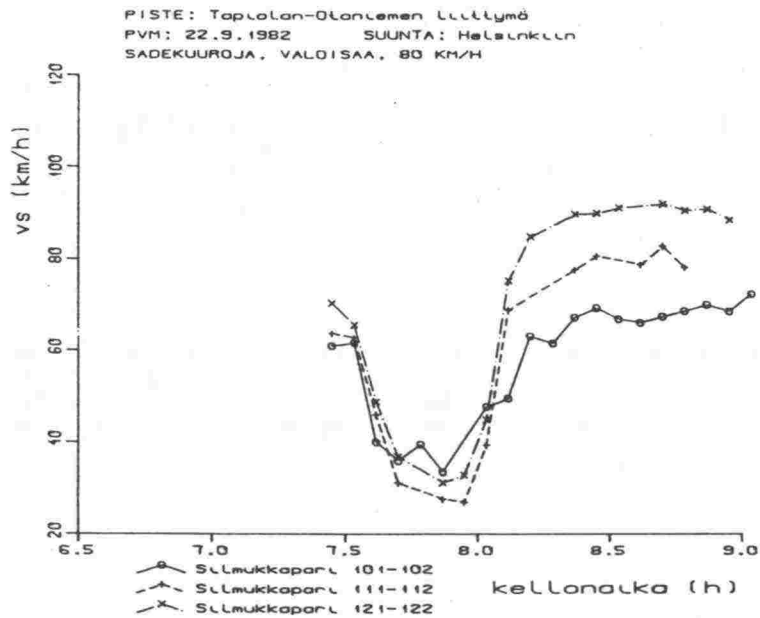


Kuva 6.12. Kaistojen keskinopeuserojen vertailu lumisateella.

6.23 Tapiolan-Otaniemen liittymän toiminta

Tapiolan-Otaniemen liittymän liikennemäärät ylittävät usein välityskyvyn ja liittymä ruuhkautuu. Tämä ruuhka ei kuitenkaan välttämättä ole syynä Niittykummun-Matinkylän alueen ruuhkaan. Tämä näkyy, kun verrataan Suvikummussa ja Tapiolan-Otaniemen liittymässä samanaikaisesti mitattujen nopeuksien vaihtelua ajan funktiona. Kuvan 6.13 mukaisesti ruuhkautuminen Suvikummussa on alkanut klo 7.20:n aikoihin ja nopeustaso on laskenut noin arvoon 60 km/h. Ruuhkautuminen Tapiolan-Otaniemen liittymässä on alkanut vasta klo 7.30:n tienoilla. Siten Suvikummussa havaittu ruuhka ei ilmeisestikään ole Tapiolan-Otaniemen liittymäalueen ruuhkan heijastumaa, vaan johtuu Niittykummun liittymän alentaman linjavälityskyvyn ylittymisestä. Teoreettisesti laskien shokkiaallon tulo Tapiolan-Otaniemen liittymäalueelta Suvikummun mittauspisteeseen kestää havaituilla maksimiliikennemäärätasolla 8...9 minuuttia. Koska nopeustaso Suvikummussa on kuitenkin jäänyt korkeammaksi kuin liittymäalueella, on ilmeistä, ettei liittymän tukkeutuminen ole vaikuttanut mittaustuloksiin Suvikummun pisteessä.

Jos taas vertaillaan Tapiolan-Otaniemen liittymässä ja Karhusaarella samanaikaisesti mitattuja nopeuksia (kuva 6.13), voidaan todeta, että liittymä ei ko. mittauskerralla ole varsinaisesti ruuhkautunut ja Karhusaarellakin välityskyky on ylitetty vain lyhytaikaisesti. Myöskään tässä tapauksessa eivät ruuhkat ole varsinaisesti kasvaneet yhteen, vaan häiriöt ovat pysyneet erillisinä. On kuitenkin mahdollista, että ruuhka Karhusaarella on syntynyt nimenomaan siksi, että liittymäalue ei ole ruuhkautunut vaan se on kyennyt syöttämään enemmän liikennettä Karhusaaren mittauspisteeseen.



Kuva 6.13. Tapiolan-Otaniemen liittymän nopeusvaihtelut verrattuna samaan aikaan mitattuihin nopeuksiin Karhusaarella ja Suvikummussa.

6.24 Liikennevirta Jorvaksentien aamuruuhkassa

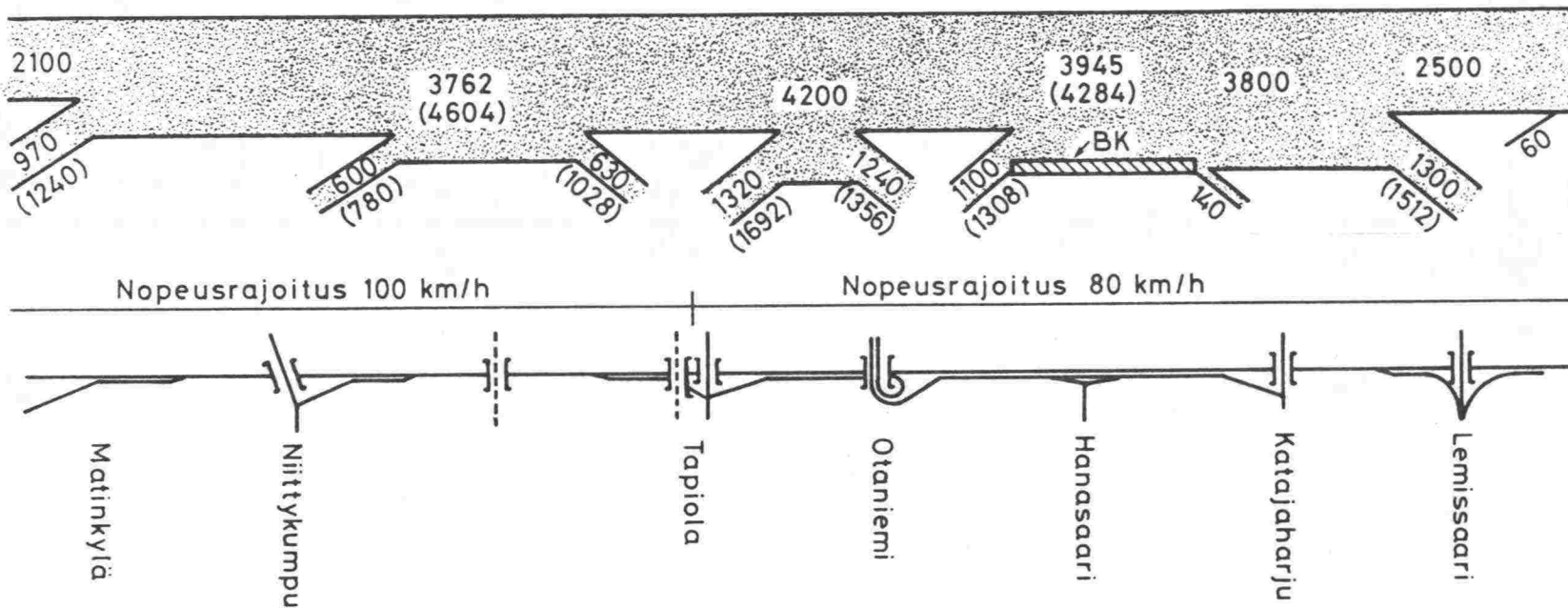
Kuvassa 6.14 on esitetty Jorvaksentien aamuruuhkan liikennemäärät välillä Matinkylä-Lemissaari. Kuvan perustana olevat laskennat on suoritettu syksyjen 1982 ja 1983 aikana pääasias-
sa käsinlaskentoina. Suvikummun ja Karhusaaren mittauspis-
teiden luvut perustuvat samana päivänä tehtyihin koneellisiin
laskentoihin. Luvut ovat konelaskentapisteiden huipputuntia
vastaavalta ajalta (klo 7.10...8.10) paitsi Tapiolan-Otaniemen
liittymän rampeissa (luvut 1320, 1240 ja 1100) ajalta 7.30...
8.30.

Taulukkoon 6.1 on koottu joitakin konelaskentapisteistä saa-
tuja huipputuntiliikenteitä. Kuvan 6.14 ja taulukon 6.1 pe-
rusteella arvioiden jaksot Niittykumpu-Tapiola ja Otaniemi-
Lemissaari ovat liikennemääriltään varsin samantasoisia. Liik-
enne Otaniemen-Tapiolan liittymien välillä on suurempi ja
lisäksi sitä häiritsee voimakas sekoittuminen. Tilanne Suvi-
kummun ja Karhusaaren mittauspisteissä on huomattavan saman-
lainen, jos otetaan huomioon linja-autokaistan osuus liikene-
teestä, joka on huipputuntinakin vain 240 ajon.

Taulukko 6.1. Suvikummun ja Karhusaaren mittauspisteiden
huippuliikennemäärät (ajon/h) aamuruuhkassa
ajosuunnassa Helsinkiin. Luvut ovat 60, 15
ja 5 minuutin keskiarvoja.

päivämäärä	Suvikumpu			Karhusaari		
	Q(60)	Q(15)	Q(5)	Q(60)	Q(15)	Q(5)
26.10.1983	3742	4352	4584	-	-	-
2.11.1983	3821	4348	4392	3876	4344	4488
3.11.1983	3769	4604	4716	3945	4284	4716

Itse asiassa koko huipputuntiliikenteen perusteella tilanne
on vaikein Suvikumussa ja Lauttasaassa, sillä Katajahar-
jussa poistuu Jorvaksentieltä vähemmän autoja kuin linja-auto-
kaistalla kulkee.



3762 = huipputuntiliikenne (ajon/h)
 (4604) = 15 minuutin huippuarvo (ajon/h)

Kuva 6.14. Liikennemäärät Jorvaksentien eri liittymäväleillä.

Ongelmat alkavat Matinkylän ja Niittykummun liittymien yhteisestä häiriövaikutuksesta. Kuvan 6.14 mukaisesti hetkellinen liikennemäärä on linjan välityskyvyn suuruinen. Kun tähän lisätään liittymän häiriövaikutus, syntyy helposti ruuhkatilanteita, jotka vähitellen selviävät siirryttäessä kohti Tapiolan-Otaniemen liittymää. Siellä uudet häiriöt alkavat selvitäseen jälleen vähitellen Karhusaaren mittauspisteen tienoilla. Seuraavan häiriökohdan muodostaa Lauttasaari, jossa ollaan lähellä välityskyvyn äärirajaa. Lisäksi Lemissaaren liittymän poistumisramppi Lauttasaareen on ylikuormitettu ja häiritsee siten ajoittain päätien liikennettä.

Häiriöiden keskinäisestä ajoittumisesta ja dynaamisista ominaisuuksista riippuu, jäävätkö ne paikallisiksi vai yhdistyvätkö yhdeksi ruuhkaksi. Tämän seikan analysointi edellyttää yhtäaikaista liikennelaskentatietoja koko Matinkylän ja Lemissaaren väliseltä tieosalta sekä erityistä analysointiin kehitettyä dynaamista tietokoneohjelmistoa. Lisäksi tarvitaan perustietoina selvitys liittymien häiriövaikutuksista, jota toistaiseksi ei ole tehty muualla kuin Tapiolan-Otaniemen liittymässä.

Tulevaa liikennetilannetta arvioitaessa on ilmeistä, että liikenne lännestä Tapiolaan tulee lisääntymään. Jo nyt Tapiolaan poistuvassa liikenteessä on selvä huippu, joka on eri aikaan kuin muun väylän huippu. Siten tilanne Suvikummun-Matinkylän seudulla ilmeisesti pahenee tulevaisuudessa.

6.3 Vaihtuvien nopeusrajoitusten käyttöperiaatteita

Edellä on todettu nopeusrajoituksen alentamisen pienentävän nopeuden hajontaa sekä kaistojen keskinopeuseroa ja vaarallisten aikavälien osuutta. Sen sijaan vaikutusta välityskykyyn ei ole voitu todentaa. Kuitenkin kirjallisuustutkimuksen mukaan liikenteen tasaantuminen (nopeuserojen pieneneminen, nopeuden hajonnan ja lyhyiden aikavälien osuuden lasku jne.) vähentää häiriöherkkyyttä ja voi siten välillisesti parantaa välityskykyä.

Nopeusrajoitusarvojen vaihto kelin ja liikennetilanteen mukaan on pääosin perustettava nopeusrajoitusten turvallisuusvaikutuksiin. Koska suoria havaintotuloksia tästä ei ole, on käytettävä välillisiä muutoksia.

Jos esimerkiksi asetetaan tavoitteeksi, että vaarallisten aikavälien osuus ohituskaistalla ei saa olla yli 20 %, on nopeusrajoituksesta 120 km/h luovuttava hyvissä olosuhteissa (vaaloisa, sateeton), kun liikennemäärä on 2200...2500 ajon/h. Edelleen on vastaavasti arvosta 100 km/h luovuttava, kun liikennemäärä on paikan mukaan 2500...3000 ajon/h. Samalla muutuu kaistojen nopeusero ensin arvosta 20 km/h arvoon 12...14 km/h ja edelleen arvoon 6 km/h, kun rajoitus on 80 km/h ja liikennemäärä noin 3500 ajon/h.

Välityskykynopeudeksi saadaan malleilla yleensä 50...60 km/h ja liikennesuoritemaksimin nopeudeksi 65...75 km/h eri pisteissä ja olosuhteissa. Jos huonoissa olosuhteissa (lumisade) vaaditaan alempaa vaarallisten aikavälien määrää ja pienempää kaistojen keskinopeuseroa, voitaisiin nopeusrajoitukset valita esimerkiksi seuraavaan tapaan: rajoitusta 120 km/h ei voi lainkaan käyttää, arvosta 100 km/h on siirryttävä arvoon 80 km/h jo liikennemäärällä 1500 ajon/h ja rajoitusta on vielä alennettava, kun liikennemäärä kasvaa yli arvon 2000 ajon/h. Hyvä syyskeli (pimeä, sateeton) taas olisi arvoiltaan edellä mainittujen ääritapausten välissä. Taulukko 6.2 havainnollistaa em. arvoja.

Taulukko 6.2. Esimerkki nopeusrajoitusarvojen muutostavasta liikennemäärän funktiona.

liik.määrä ajon/h	r a j o i t u s a r v o (k m / h)		
	hyvä kesäkeli	hyvä syyskeli	lumisade
< 1500	120	120	100
< 2000	120	100	80
< 2500	100	100	70
< 3000	100	80	60
< 3500	80	80	60
>= 3500	70	70	60
ruuhka	60	60	60

Muita olosuhteita ei tässä ole selvitetty tarkemmin. Merkkien vaikutusta ajatellen on kyseenalaista, voiko lumisateella aina lainkaan näyttää nopeusrajoitusta (tai -suositusta) 100 km/h, sillä se voi johtaa nopeustason nousuun normaaliin, kiinteään rajoitukseen verrattuna.

Esitetyt arvot merkitsisivät, että hyvällä säällä Suvikummun aamuruuhkassa nopeusrajoitus olisi 100 km/h ennen klo 7.10, 80 km/h klo 7.10...7.15 ja 70 km/h klo 7.15...8.15. Tämän jälkeen rajoitusarvo jälleen nousisi arvoon 80 km/h klo 8.15...8.30 ja olisi 100 km/h klo 8.30:n jälkeen. Karhusaarella rajoitus olisi 70 km/h klo 7.10...8.30.

Luonnollisesti rajoitusta automaattisesti valittaessa on liikennemäärän ohella seurattava myös nopeustasoa. Nopeuden avulla erotetaan ruuhkautunut tilanne (pieni liikennemäärä, pieni nopeus) sujuvasta liikenteestä (pieni liikennemäärä, suuri nopeus).

Liikennemäärään (ja nopeuteen) sidottu rajoitusarvojen vaihtaminen voidaan periaatteessa järjestää teknisesti suhteellisen yksinkertaisesti. Käytännössä näytettävät nopeusarvot voisivat olla myös suosituksia, jolloin nykyisten kaltaiset pysyvät nopeusrajoitukset jäisivät voimaan ja olisivat ajo-ohjeena silloin, kun järjestelmä esimerkiksi on epäkunnossa. Suositusten vaikutus saattaa luonnollisesti poiketa rajoitusten vaikutuksista.

6.4 Mahdolliset jatkotutkimukset

Jatkossa olisi pyrittävä selvittämään Jorvaksentien liikennevirran ominaisuuksia dynaamisena kokonaisuutena, jolloin myös ramppien liikennemäärät ja häiriövaikutukset otettaisiin huomioon tarkasteluissa. Siten erillisselvitys saapuvien ja poistuvien ramppien toiminnasta on tarpeen. Selvitys voitaisiin kohdistaa esimerkiksi Matinkylän ja Niittykummun liittymien saapuviin rampeihin (ajosuunnassa Helsinkiin) sekä Tapiolan saapuvaan ramppiin (ajosuunnassa Jorvakseen). Poistuvista rampeista tutkimuskohteeksi sopii Otaniemen liittymän poistuva ramppi (ajosuunnassa Jorvakseen).

Kun rampin liikenteen ominaisuudet ja häiriövaikutukset on selvitetty, voidaan pyrkiä koko ajoradan (yhden ajosuunnan) dynaamiseen tarkasteluun, jossa seurataan liikennetilanteen kehittymistä ruuhka-aikana käyttäen parametreina saapuvan ja poistuvan liikenteen kehitystä ajan funktiona. Tällaisella dynaamisella mallilla voidaan myös arvioida erilaisten liikenteen ohjaustoimenpiteiden (kuten nopeusrajoitusten muutosten) vaikutusta kokonaistilanteeseen.

Jatkotutkimusten kannalta keskeisin on kuitenkin mahdollinen nopeusrajoituskokeilu, jolla selvitetään rajoitusarvojen muutosten vaikutusta tärkeimpiin liikennevirran parametreihin. Kokonaisvaltaisen arvion tekemiseksi vaihtuvien nopeusrajoitusten vaikutuksista on tällainen kokeilu ilmeisesti välttämätön. Mahdollisen kokeilun suunnittelussa ja toteutuksessa voi apuna käyttää tämän selvityksen yhteydessä laadittua alustavaa ehdotusta, joka on liitteenä 3.

7. YHTEENVETO

7.1 Yleistä

Tutkimus on toinen vaihe projektissa, jossa on selvitetty edellytyksiä vaihtuvien nopeusrajoitusten käytölle Jorvaksentiellä. Ensimmäisessä vaiheessa tutkittiin sään ja nopeusrajoituksen vaikutusta liikennevirtaan.

Ensimmäisen vaiheen aineistosta, jota täydennettiin muutamalla lisämittauksella, on tehty erilaisia analyysejä. Mittauksia on tehty Karhusaaren, Suvikummun ja Suomenojan mittauspaikoissa sekä Tapiolan-Otaniemen liittymässä. Lisäksi kirjallisuudesta on etsitty kuvauksia ja kokemuksia erilaisista liikenteenohjausjärjestelmistä.

7.2 Ulkomaisia kokemuksia

Euroopassa toteutetut ja suunnitellut järjestelmät ovat yleensä nopeus-, kaista- ja ruuhkaohjausjärjestelmiä. Mukana on myös järjestelmiä, jotka varoittavat poikkeuksellisista olosuhteista, kuten säästä ja kelistä.

Kaikissa esitellyissä järjestelmissä liikennetietoja kerätään induktiivisilmukkailmaisimilla. Joissakin järjestelmissä käytetään lisäksi TV-kameroita ja -monitoreja. Sää- ja kelitietoja kerätään erilaisilla antureilla.

Yleensä mitatut tiedot analysoidaan tietokoneella, joka valitsee liikennemäärän ja olosuhteiden perusteella sopivan nopeusrajoituksen tai -suosituksen. Ohjeet ja määräykset välitetään kuljettajille muuteltavilla liikennemerkeillä.

Järjestelmät ovat joko keskitettyjä tai hajautettuja. Jako tehdään sen mukaan, yhdistetäänkö koko tieosan tiedot ohjauskeskuksessa vai onko jokaista muutaman kilometrin ohjausosuutta varten erillinen, itsenäinen järjestelmä. Jälkimmäistä tyyppiä olevaa järjestelmää on ehdotettu käytettäväksi pitkillä tasalaatuisilla moottoritiejaksoilla.

Niiden järjestelmien, joista tietoja on ollut käytettävissä, toteutus on yleensä kannattanut, ts. hyödyt ovat olleet kustannuksiin nähden riittävän suuret. Laitteistojen ansiosta viivytykset ovat lyhentyneet, liikenneturvallisuus kasvanut ja tien kapasiteetin käyttösuhde parantunut.

Ulkomaisten kokemusten perusteella arvioiden Suomessa tulevat kyseeseen lähinnä vain paikalliset automaattiset järjestelmät. Näitä ovat erilaiset sää- ja kelivaroitukset sekä paikalliset vaihtuvat nopeusrajoitukset. Jorvaksentiellä kuitenkin mahdollisen ohjausjärjestelmän tulisi olla keskitetty pienten liittymäväliden ja suurten liikennemäärien vuoksi.

7.3 Perusaineiston analyysit

Kerätystä aineistosta on määritetty mm. koko ajoradan peruskuvaajat, kaistajakaumat, vaarallisten aikaväliden osuus, kaistojen keskinopeusero sekä nopeuden jakaumat ja hajonnat.

Koko ajoradan peruskuvaajista todettiin mm., että vapaa keskinopeus on kaikissa olosuhteissa lähes sama riippumatta siitä, onko nopeusrajoitus 100 vai 120 km/h. Sen sijaan rajoituksen 80 km/h alueella vapaa nopeus on alempi. Välityskyky on parhaimmillaan noin 4700 ajon/h, mutta se laskee huonoissa olosuhteissa jopa arvoon 3200 ajon/h.

Reunakaistan osuus koko ajoradan liikennemäärästä pienenee olosuhteiden huonontuessa, joskin ero on melko pieni (alle 10 prosenttiyksikköä). Ohituskaistan liikennemäärä ylittää reunakaistan liikennemäärän, kun ajoradan kokonaisliikennemäärä on olosuhteiden mukaan 2800...4000 ajon/h Karhusaassa, 2400...3600 ajon/h Suvikummissa ja 2200...2800 ajon/h Suomenojalla.

Keskinopeudet pienenevät olosuhteiden huonontuessa ja liikennemäärän kasvaessa. Ylinopeutta ajaa rajoituksen 80 km/h alueella reunakaistalla 20...50 % ja ohituskaistalla 20...95 %

autoilijoista. Osuus vaihtelee olosuhteiden mukaan. Vastavat luvut rajoituksen 100 km/h alueella ovat 5...15 % reuna-kaistalla ja 10...85 % ohituskaistalla. Kuitenkin Suvikumussa Helsingin suuntaan vain 5...20 % ohituskaistalla ajavista kulkee ylinopeutta.

Kaistojen keskinopeuserot ovat 5...25 km/h. Ne vaihtelevat paikan ja nopeusrajoituksen mukaan. Ero kasvaa nopeusrajoituksen noustessa ja pienenee pääsääntöisesti olosuhteiden huonontuessa tai liikennemäärän kasvaessa.

Nopeuden hajonnat pienenevät pääsääntöisesti olosuhteiden huonontuessa ja liikennemäärän kasvaessa. Hajonnan suuruusluokka on 6...16 km/h. Se vaihtelee olosuhteiden ja nopeusrajoituksen mukaan.

Peräkkäisten ajoneuvojen nopeuserot pienenevät liikennemäärän kasvaessa ja olosuhteiden huonontuessa. Yleisin nopeusero on luonnollisesti lähellä nollaa.

Nopeuden hajontojen ohella voidaan tutkia myös nopeuseron hajontoja. Nekin pienenevät liikennemäärän kasvaessa ja olosuhteiden huonontuessa. Saman mittauspaikan ja -kaistan regressiosuorat ovat yleensä lähes yhdensuuntaiset eli eri olosuhteissa havaituilla nopeuseron hajonnoilla on lähes vakioero.

Bruttoaikavälien tiheysjakaumien huiput ovat reunakaistalla yleensä aikaväliluokassa 1.0...1.5 tai 1.5...2.0 ja ohituskaistalla luokassa 0.5...1.0 tai 1.0...1.5 sekuntia. Eri olosuhteissa ei saada merkittäviä eroja.

Vaarallisten aikavälien osuus laskettiin vertaamalla tarvittavaa aikaväliä käytössä olevaan nettoaikaväliin. Siinä otettiin huomioon kahden peräkkäisen ajoneuvon aikavälin lisäksi kummankin ajoneuvon nopeus, tien kitkakerroin ko. olosuhteissa ja reaktioaika.

Vaarallisten aikavälien osuus kasvaa liikennemäärän kasvaessa ja olosuhteiden huonontuessa. Ohituskaistalla on enemmän vaarallisia aikavälejä kuin reunakaistalla. Pienillä liikennemäärillä (500 ajon/h kaistaa kohden) aikaväleistä 3...15 % on vaarallisia mutta suurilla (2500 ajon/h) jopa 20...38 %. Tulokset yhtyvät varsin hyvin 1. vaiheessa saatuihin. Silloin kriteerinä oli alle 1 sekunnin bruttoaikavälien osuus.

7.4 Liittymämittaukset

Tapiolan-Otaniemen liittymän ja sekoittumisalueen toimintaa tarkasteltiin sekä teoreettisesti että mittauksin. Kun käsinlaskennalla saadut liikennemäärät sijoitettiin HCM:ssä esitettyyn kaavaan, saatiin tarvittavaksi kaistojen määräksi 3.15 . Nykyinen kaistamäärä on kolme. Sekoittumisalueen todellinen pituus 264 metriä vaikutti laskentamenetelmän mukaan melko sopivalta. On kuitenkin huomattava, että käytetyt mallit perustuvat tilanteeseen, jossa läpiajava liikennemäärä on 2.5-kertainen saapuvaan ja poistuvaan verrattuna, kun Tapiolan-Otaniemen liittymässä vastaava suhdeluku on 3.6...3.8 .

Koko ajoradan välityskyvyksi sekoittumisalueen kohdalla saadaan Itävallan liikenneministeriön menetelmillä laskien 3340 ajon/h tai 4500 hay/h ja sekoittumiskyvyksi 1480 ajon/h tai 2000 hay/h. Käsinlaskennassa saatiin ruuhkatunnin liikennemääräksi noin 4200 ajon/h ja sekoittuvan liikenteen määräksi noin 1500 ajon/h. Liikennemäärät ovat siis kapasiteetin rajoilla.

Liikenneanalysoijalla tehdyistä mittauksista tutkittiin mm. liikennevirran peruskuvaaajia, kaistajakaumia ja keskinopeuden riippuvaisuutta liikennemäärästä. Todettiin, että koko ajoradan tai rampin liikennemäärän kasvaessa reunakaistan suhteellinen osuus pienenee. Tällöin myös nopeudet laskevat. Liittymämittauksissa oli teknisiä ongelmia, joten näihin tuloksiin on kuitenkin suhtauduttava varauksella.

Kaikenkaikkiaan todettiin, että liittymä toimii välityskykyssä ääri rajoilla ja ruuhkautuu siten herkästi. Ruuhkautuminen liittymäalueella on varsin perusteellista. Mm. keskinopeus-taso laskee joskus pitkäksi ajaksi välille 20...30 km/h, kun vastaavat arvot Karhusaaren ja Suvikummun mittauksissa ovat yleensä olleet noin 40 km/h.

7.5 Tulosten tarkastelu

Nopeusrajoitusarvojen vaihto kelin ja liikennetilanteen mukaan on pääosin perustettava nopeusrajoitusten turvallisuusvaikutuksiin. Koska suoria havaintotuloksia tästä ei ole, on käytettävä välillisiä muutoksia.

Eri mittauksissa saatuja tuloksia tarkastelemalla voidaan päätellä, että nopeusrajoitusten alentaminen pienentää nopeuden hajontaa, kaistojen keskinopeuseroa ja vaarallisten aikavälien osuutta ja lisää siten turvallisuutta. Sen sijaan vaikutusta välityskykyyn ei ole voitu todentaa.

Jorvaksentien ruuhkautumista tarkasteltiin erikseen aamuruuhkan osalta käytettävissä olevien liikennelaskentatulosten perusteella. Varsinainen linjakapasiteetti todettiin likimain riittäväksi. Ongelmat ovat liittymissä ja ne alkavat Matinkylän ja Niittykummun liittymien yhteisestä häiriövaikutuksesta. Muut häiriökohdat ovat Tapiolan-Otaniemen liittymä ja Lemissaaren liittymä. Näiden ongelmakohtien välillä ruuhkatilanteet ja muut häiriöt selviävät osittain ennen uusien alkamista. Odotettavissa on, että tilanne erityisesti Matinkylän - Suvikummun seudulla pahenee tulevaisuudessa.

Jatkossa olisikin pyrittävä selvittämään Jorvaksentien liikennevirran ominaisuuksia dynaamisena kokonaisuutena, jolloin myös ramppien liikennemäärät ja häiriövaikutukset otettaisiin huomioon. Tällöin voitaisiin seurata liikennetilanteen kehittymistä ajan funktiona tien eri kohdissa.

Tutkimustuloksista voidaan päätellä, mihin suuntaan nopeusrajoitusten muuttaminen vaikuttaa. Pistekohtaisten erojen vuoksi ei kuitenkaan voida täsmällisesti arvioida nopeusrajoituksen vaikutusta liikennevirtaan tien eri kohdissa. Asian selvittämiseksi olisi voitava vaihdella rajoitusarvoja eri pisteissä. Tämä edellyttäisi nopeusrajoituskokeilua. Tutkimusraportin liitteenä onkin alustava kokeilusuunnitelma.

LÄHDELUETTELO

- /1/ Bode, K-R., Haller, W., Geschwindigkeitssteuerung auf der A 7 zwischen den Autobahndreiecken Hannover-Nord und Walsrode. Strassenverkehrstechnik Heft 5/83.
- /2/ Bolte, F., Die Wirksamkeit der Stauwarnanlage Aichelberg. Strasse und Autobahn, Heft 7/1982.
- /3/ Bång, K-L., Incident Detection in Europe. International Symposium on Traffic Control Systems. Proceedings, volume 2A (Keynote Addresses, Concepts and Strategies). University of California, Institute of Transportation Studies & U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration. Berkeley 1979.
- /4/ Huhtala, M., kitkakertoimet eri keleillä. Suullinen tiedonanto 19.4.1983. VTT tie- ja liikennelaboratorio.
- /5/ Keller, H., Strategies and Effectiveness of Traffic Control Systems on Freeways in the Federal Republic of Germany. International Symposium on Traffic Control Systems. Proceedings, volume 2A. Berkeley 1979.
- /6/ Knoflacher, H., Schopf, J.M., Smek, E., Verkehrstechnische Grundsätze für die Bemessung von Verflechtungsstrecken. Bundesministerium für Bauten und Technik, Strassenforschung, Heft 199. Wien 1982.
- /7/ Leutzbach, W., Modellkonzeption für eine Stauwarnung. Verkehrsbeeinflussung auf Strassen, pp. 99-103. Forschungsgesellschaft für das Strassenwesen. Köln 1979.
- /8/ Mantere, J., Jorvaksentien yhdistetyt liikennevirtakuvaajat. Liikennetekniikan erikoistyö. Espoo 1983.

- /9/ Nokela, I., Lyly, S., Aho, E., Liikennetekniikan sanasto. Helsingin teknillinen korkeakoulu, liikennetekniikka, julkaisu 45. Otaniemi 1980.
- /10/ Nopeusrajoituksen ja sään vaikutus liikennevirtaan. Tutkimus vaihtuvien nopeusrajoitusten käytöstä ja edellytyksistä Jorvaksentiellä, 1. vaihe. TVH Liikennetoimisto ja TKK Liikennelaboratorio. Raportti TVH 741940. Helsinki 1982.
- /11/ Pursula, M., Liikenteen ohjaus ruuhka- ja poikkeustilanteissa. INSKO:n seminaari 117-82 (Liikenteen ohjaus). Insinöörijärjestöjen koulutuskeskus. Helsinki 1982.
- /12/ Rutley, K.S., Hodge, A.R., Lines, C.J., A New Motorway Signal. TRRL Laboratory Report 1075. Transport and Road Research Laboratory. Crowthorne 1983.
- /13/ Seminar on Traffic Control and Driver Communication Systems. State-of-the-Art Report. OECD. Aachen 1982.
- /14/ Tien liikenteenvälityskyky (Highway Capacity Manual 1965). TVH julkaisu 2.388. Helsinki 1971.
- /15/ Transportation and Traffic Engineering Handbook, pp. 47...48. Institute of Transportation Engineers. New Jersey 1976.
- /16/ Zackor, H., Self-Sufficient Control of Speeds on Freeways. International Symposium on Traffic Control Systems. Proceedings, volume 2A. Berkeley 1979.

Liite 1. Analyysissä käytetyt mittaukset olosuhdeluokittain.

		K a r h u s a a r i			
		H e l s i n k i i n		J o r v a k s e e n	
1	valoisa, sateeton ruuhka	16.9.1981	6.40-7.40 7.49-9.01 9.10-9.30	7.9.1981	15.16-17.25
1	valoisa, sateeton päivä	27.10.1982	10.10-12.02 12.18-14.00	29.9.1981 16.11.1981	14.17-15.15 12.20-13.20
3	pimeä, sateeton ruuhka	27.11.1981 2.12.1981 19.11.1982	6.50-8.03 8.20-8.50 6.50-8.06 8.20-9.22 7.18-8.15	23.11.1981 26.11.1981	15.50-16.50 17.00-18.25 15.50-16.46 17.00-18.11
3	pimeä, sateeton ilta	23.11.1981	20.55-21.55	23.11.1981	22.05-23.06
2	pimeä, vesisade			24.11.1981 24.11.1982	15.55-16.54 17.05-18.00 15.40-16.44 17.01-18.00
4	lumisade	10.2.1982	7.05-8.15	15.12.1981	15.50-17.01 17.15-19.01
5	hyvät talviolosuht.!			10.2.1982	15.45-16.46
6	räntäsade			12.3.1982	16.18-17.25 17.37-18.40
7	heikko lumisade	7.12.1981	6.50-7.37 8.18-9.20		

		S u v i k u m p u			
		H e l s i n k i i n		J o r v a k s e e n	
1	valoisa, sateeton ruuhka	17.9.1981	6.40-8.00	29.9.1982	16.26-17.31
			8.09-9.30	9.9.1981	15.10-16.28
		13.10.1981	7.44-8.30		16.28-16.47
1	valoisa, sateeton päivä	30.9.1981	12.45-13.46	30.9.1981	14.03-15.06
		18.11.1981	14.05-15.06	18.11.1981	12.40-13.46
3	pimeä, sateeton ruuhka	25.11.1981	7.00-8.06	25.11.1981	15.50-17.08
			8.20-9.50		17.20-18.00
		7.1.1983	7.32-8.45	2.12.1981	16.20-17.45
		10.1.1983	6.59-8.00		
			8.15-9.06		
3	pimeä, sateeton ilta	26.11.1981	19.40-20.41	26.11.1981	20.55-21.56
8	valoisa, vesisade	22.9.1982	6.48-7.55		
			8.11-9.00		
2	pimeä, vesisade			19.11.1982	16.31-17.45
				22.11.1982	16.00-17.17
4	lumisade			26.1.1982	15.49-17.08
					17.39-18.35
6	räntäsade	15.3.1982	6.50-8.00		
			8.15-9.00		

		S u o m e n o j a			
		H e l s i n k i i n		J o r v a k s e e n	
1	valoisa, sateeton ruuhka	15.9.1981	7.17-9.21	10.9.1981	15.38-17.43
1	valoisa, sateeton päivä	1.10.1981	13.59-15.00	1.10.1981	12.43-13.43
3	pimeä, sateeton	26.11.1981	6.53-8.53	18.11.1981	16.04-17.46
9	liukas, sateeton			25.1.1982	16.29-18.15

Liite 2. Suomenojan regressiosuorien parametrit, kun nopeus-
rajoitus on 100 tai 120 km/h (suunta Helsinkiin).

kaistakohtaiset peruskuvajaajat:			vaihtelualue
100	reuna	$vs = 98.03 - 0.59582 d$	5...20
	ohitus	$vs = 107.39 - 0.41547 d$	4...19
120	reuna	$vs = 96.18 - 0.67533 d$	5...20
	ohitus	$vs = 112.36 - 0.59795 d$	4...19

koko ajoradan peruskuvajaajat:			
100		$vs = 99.83 - 0.19719 d$	10...30
120		$vs = 96.33 - 0.07458 d$	10...30

kaistojen keskinopeusero:			
100	$\Delta vs =$	$13.31 + 0.00036 q$	1300...2850
120	$\Delta vs =$	$19.84 + 0.00019 q$	450...2850

nopeuseron hajonta:			
100	reuna	$b_{\Delta v} = 21.50 - 0.00807 q$	550...1500
	ohitus	$b_{\Delta v} = 16.26 - 0.00600 q$	300...1500
120	reuna	$b_{\Delta v} = 23.87 - 0.00892 q$	400...1400
	ohitus	$b_{\Delta v} = 20.09 - 0.00844 q$	100...1500

vaarallisten aikavälien osuus:			
100	reuna	$p = 0.43 + 0.00963 q$	550...1500
	ohitus	$p = 6.73 + 0.01103 q$	300...1500
120	reuna	$p = -0.04 + 0.01075 q$	400...1400
	ohitus	$p = 4.88 + 0.01628 q$	100...1500

TUTKIMUS VAIHTUVIEN NOPEUSRAJOITUSTEN VAIKUTUKSISTA JA EDELLYTYK-
SISTÄ JORVAKSENTIELLÄ

EHDOTUS NOPEUSRAJOITUSKOKOILUIKSI 1983 - 1984

Tausta ja tavoitteet

Nopeusrajoitusten sovittaminen vallitseviin tie- ja liikenneolo-
suhteisiin oikealla tavalla on tärkeää sekä rajoitusten vaikutus-
ten että noudattamisen kannalta. Kiinteän rajoitusarvon heikkou-
tena on mm., että se ei ota huomioon liikennemäärän, sään, kelin
ja valoisuuden vaihteluita ja on siten tavallaan kompromissi.
Luomalla automaattisesti vaihtuva rajoitusjärjestelmä voitaisiin
näitä ongelmia osaksi voittaa. Lähinnä tällaiset järjestelmät
olisivat perusteltuja tieosilla, joilla esiintyy voimakkaita
ruuhkahuippuja tai vaikeita keliolosuhteita ja tienkohdissa,
joissa esiintyy yllättäviä paikallisia sään ja kelin vaihteluita.

Ruuhkatilanteissa automaattisella nopeusrajoitusjärjestelmällä
on kaksi eri tavoitetta. Nämä ovat liikenteen sujuvuuden paran-
taminen ja turvallisuuden lisääminen. Sujuvuuden paraneminen
perustuu nopeusrajoitusten liikennevirtaa tasoittavaan vaikutuk-
seen sekä mahdollisesti vähäisessä määrin myös välityskyvyn nou-
suun. Turvallisuus lisääntyy virran tasoittuessa ja lisäksi ra-
joituksen porrastettu laskeminen varoittaa edessä olevasta ruuh-
kasta ja pienentää siten peräänajoriskiä.

Tie- ja vesirakennushallitus ja teknillinen korkeakoulu ovat
vuodesta 1981 alkaen yhteistyössä selvittäneet vaihtuvan nopeus-
rajoitusjärjestelmän edellytyksiä Jorvaksentiellä Helsingin seu-
dulla. Jorvaksentie on valittu tutkimuskohteeksi, koska tie on
ruuhkautumisaltis ja sää- ja keliolosuhteet varsinkin talviai-
kaan ovat vaihtelevat.

Teoreettisten perusselvitysten ja nykytilannetta koskevien tutkimusten ohella on tarpeen myös vaihdella rajoitusarvoja tutkimuskohteessa, jotta saataisiin käytännön tietoa nopeusrajoitusten vaikutuksesta liikenteen sujuvuuteen. Tämän vuoksi on laadittu erityinen kokeilusuunnitelma syksyn 1983 ja kevään 1984 väliselle ajalle.

Ehdotettu kokeilu

Kokeilun tavoitteena on selvittää nopeusrajoitusten vaikutusta liikenteen sujuvuuteen eri sää- ja keliolosuhteissa erityisesti ruuhkatilanteissa. Mahdollisimman monipuolisen tiedon saamiseksi on rajoituksia vaihdeltava sekä ylös- että alaspäin nykyisistä arvoistaan. Kokeilu on suunniteltu muistuttamaan järjestelyä, jossa rajoitukset vaihtuvat kellonaikaan ja säätilaan sidottuina. Kaikkiaan on kokeilusuunnitelma jaettu viiteen vaiheeseen. Kunkin vaiheen kesto on 1 - 4 viikkoon

Suunnitelmissa nopeusrajoitusmuutokset on kytketty tutkimuksen mittauspisteisiin, joita on varsinaisella kokeilualueella kolme: Karhusaarella ja Suvikummun kohdalla molemmissa ajosuunnissa ja Tapiolan - Otaniemen liittymäalueella Helsinkiin johtavalla ajoradalla. Lisäksi on tutkimuspiste Matinkylän ja Suomenojan välisellä tieosalla molemmissa ajosuunnissa.

Vaiheet ovat seuraavat:

1. Kesäkeli 29.8. - 9.9.1983

Vaiheessa tutkitaan sekä nykyistä alempia että korkeampia rajoitusarvoja hyvissä sää- ja keliolosuhteissa.

2. Syyskeli 10.10. - 21.10.1983

Vaiheessa kokeillaan nykyistä alhaisempia rajoitusarvoja hyvissä sääolosuhteissa pimeän aikana (tie on valaistu).

3. Huono syys- ja talvikeli 21.11. - 16.12.1983

Tarkoituksena on kokeilla nykyistä alempia rajoitusarvoja syystalven vesi- ja lumisateiden ja liukkaiden kelien aikana.

4. Talvikeli 6.2. - 17.2.1984

Tarkoituksena on kokeilla nykyistä alhaisempia rajoituksia tavanomaisissa talvikeleissä.

5. Poikkeusolosuhteet 21.5. - 25.5.1984

Tarkoituksena on kokeilla erittäin alhaista rajoitusarvoa (60 km/h), joka normaalisti liittyy poikkeustilanteisiin (tietyöt, onnettomuudet)

Ehdotetulla kokeiluohjelmalla saadaan tutkittua eri rajoitusarvoja eri olosuhteissa. Tulokset yhdessä nykytilanteesta jo kerättyjen tietojen kanssa mahdollistavat yksityiskohtaisten vertailujen ja arvioiden teon nopeusrajoituksen vaikutuksista liikenteen sujuvuuteen.

Sujuvuusvaikutusten lisäksi arvioidaan turvallisuutta. Arviot perustetaan lähinnä vaarallisen lyhyiden aikavälien määrään liikenteessä.

Käytännön järjestelyt

Käytännössä kokeilun aikana rajoitusarvot muutettaisiin kellonaikaan sidottuina. Vaihtotyön suorittaisi erityinen työkuunta (mahd. vain yksi henkilö) työpäivinä kokeiluohjelman mukaan. Viikonloppuisin ei rajoituksia vaihdettaisi vaan voimassa olisivat kunkin koevaiheen korkeimman vaihtoehdon mukaiset arvot.

Kokeilu edellyttää erityisen huolellista tiedottamista, jotta asia saadaan tienkäyttäjien tietoon.

Nykyiset nopeus-
rajoitukset

Aamuruuhka
klo 06 - 09

Päivä
klo 09 - 15

Iltaruuhka
klo 15 - 18







Ilta ja yö
klo 18 - 06

Kokeilun aikaiset nopeusrajoitukset



Nykyiset
rajoitusmerkit

Kokeilun aikaiset
rajoitusmerkit

Nopeusrajoitukset:

	120 km/h
	100 km/h
	90 km/h
	80 km/h
	70 km/h
	60 km/h

Merkinnät:

	Päivittäin vaihdettava merkki
	Uusi tai kokeilun alkaessa vaihdettava merkki

JORVAKSENTIEN NOPEUSRAJOITUSKOEILU
1983 - 1984

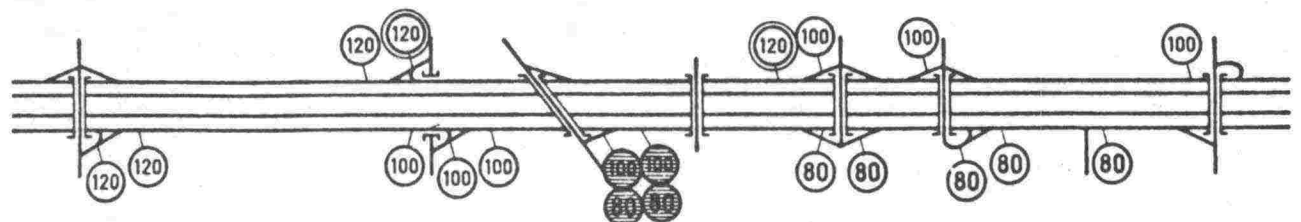
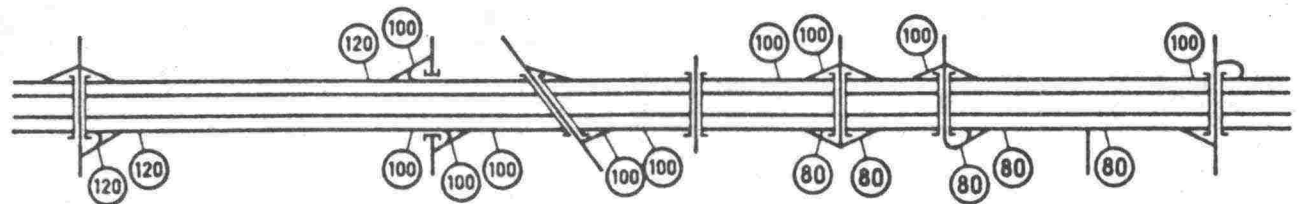
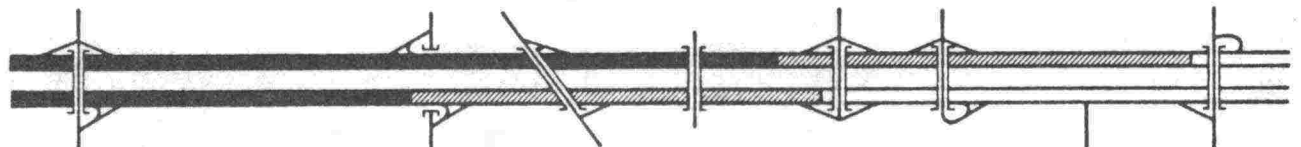
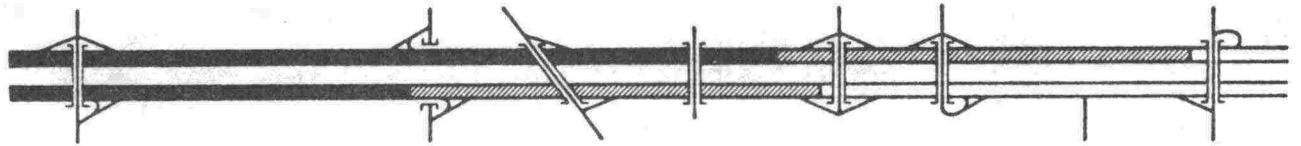
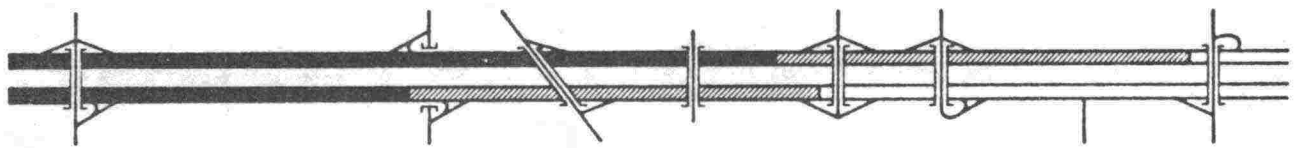
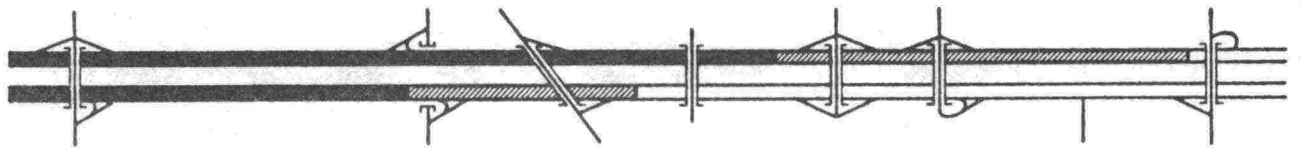
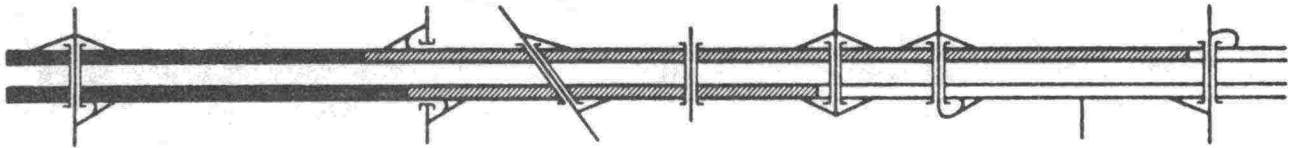
Eri vaiheiden nopeusrajoitukset ja merkkijärjestelyt

Luonnos 13.1.1983

Vaihe 1: Kesäkeli 29.8. - 9.9.1983

Suomenoja

Matinkylä Niittykumpu Suvikumpu Tapiola Otaniemi Hanasaari Katajajarju



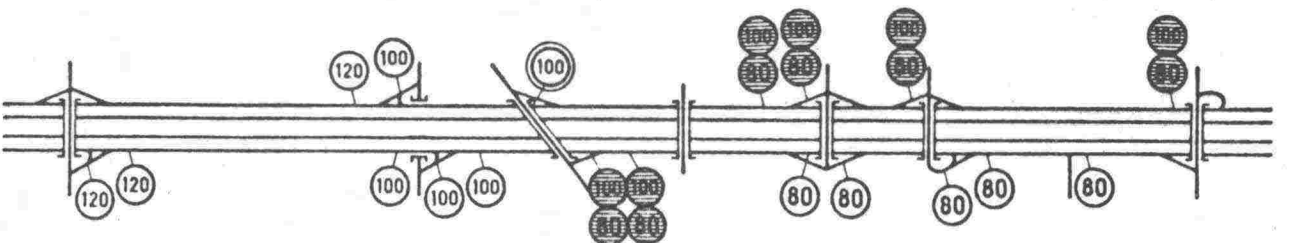
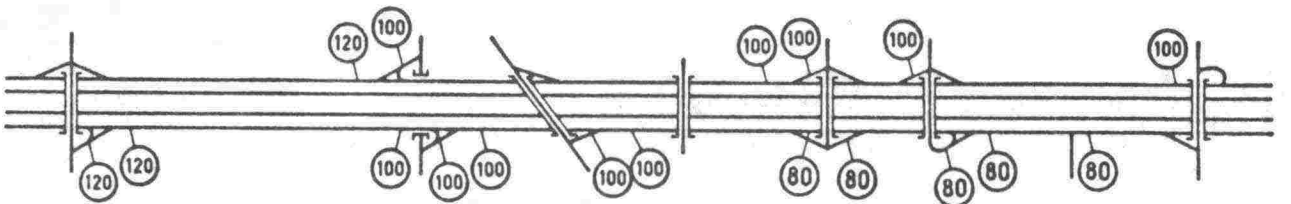
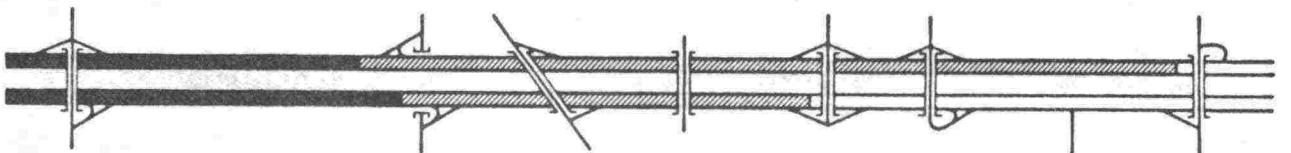
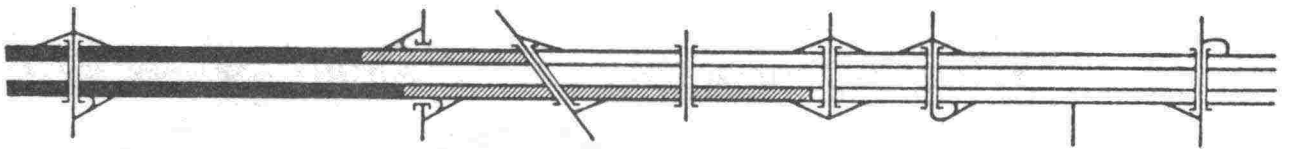
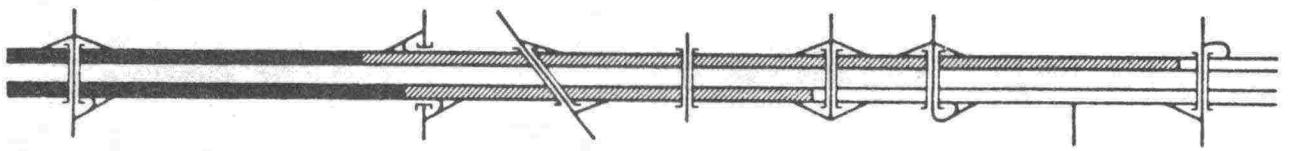
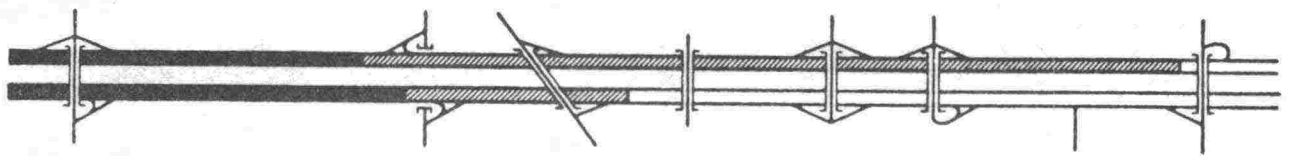
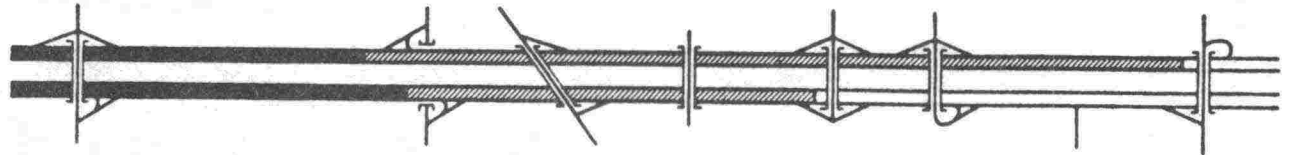
Suomenoja

Matinkylä Niittykumpu Suvikumpu Tapiola Otaniemi Hanasaari Katajajarju

Vaihe 2: Syyskeli 10.10. - 21.10.1983

Suomenoja

Matinkylä Niittykumpu Suvikumpu Tapiola Otaniemi Hanasaari Katajaharju



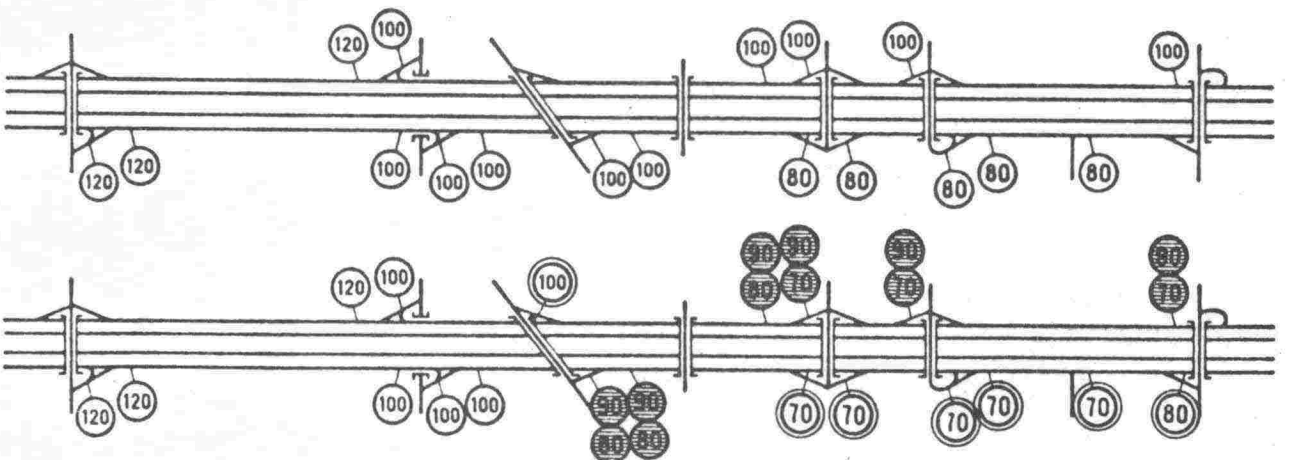
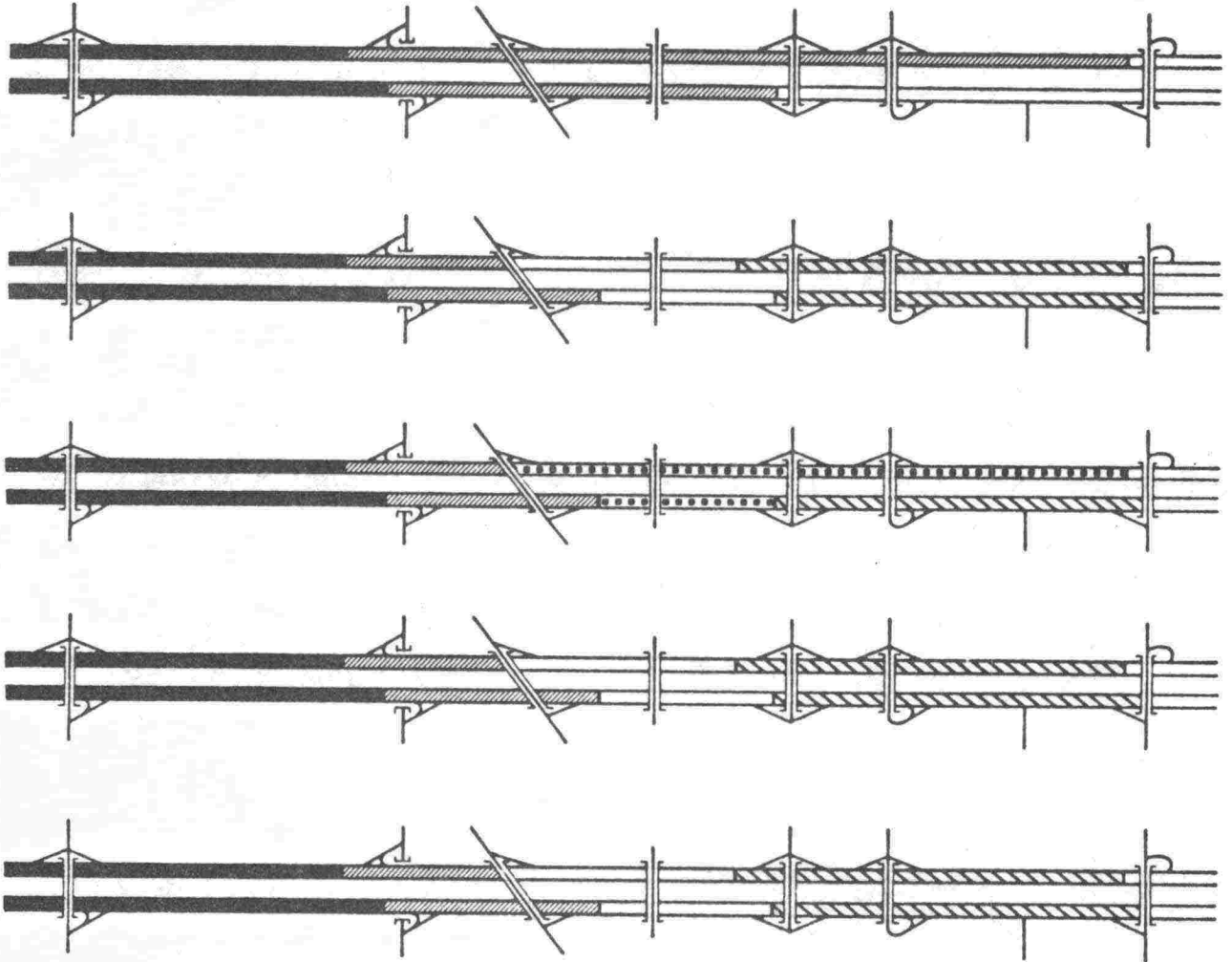
Suomenoja

Matinkylä Niittykumpu Suvikumpu Tapiola Otaniemi Hanasaari Katajaharju

Vaihe 3: Huono syys-, talvikeli 21.11. - 16.12.1983

Suomenoja

Matinkylä Niittykumpu Suvikumpu Tapiola Otaniemi Hanasaari Katajaharju

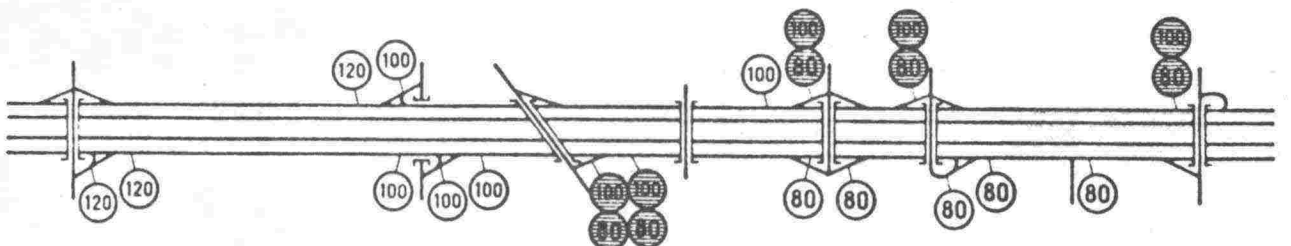
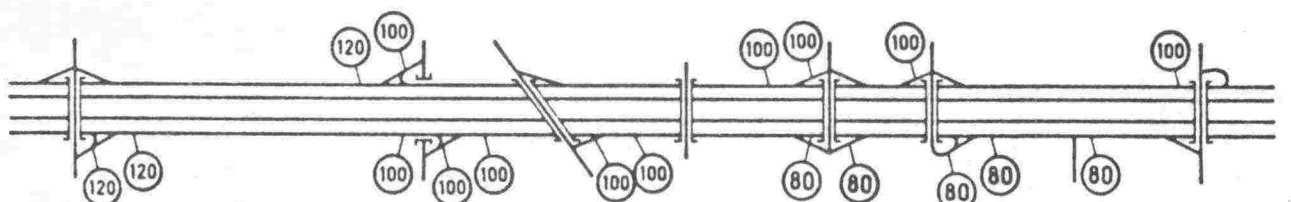
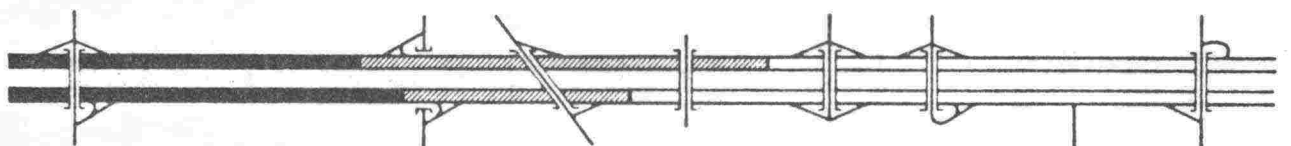
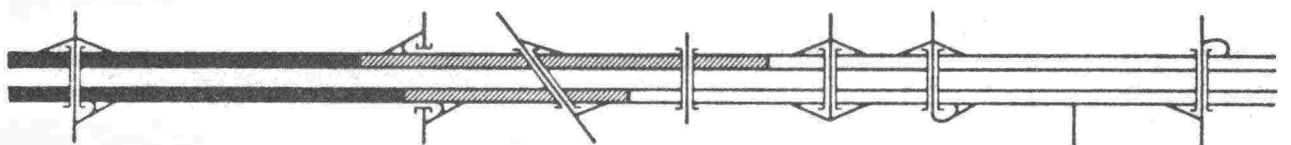
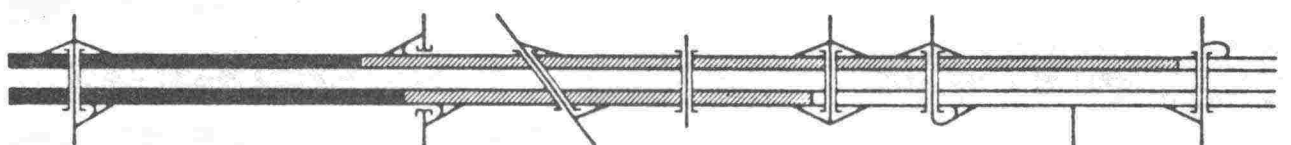
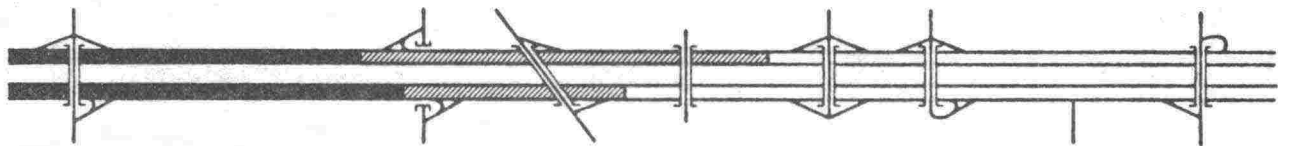
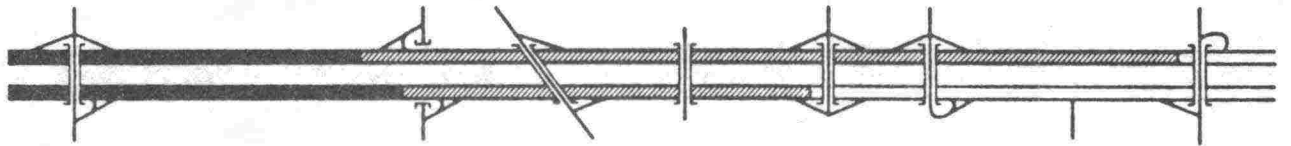


Suomenoja

Matinkylä Niittykumpu Suvikumpu Tapiola Otaniemi Hanasaari Katajaharju

Vaihe 4: Talvikeli 6.2. - 17.2.1984

Suomenoja Matinkylä Niittykumpu Suvikumpu Tapiola Otaniemi Hanasaari Katajajarju

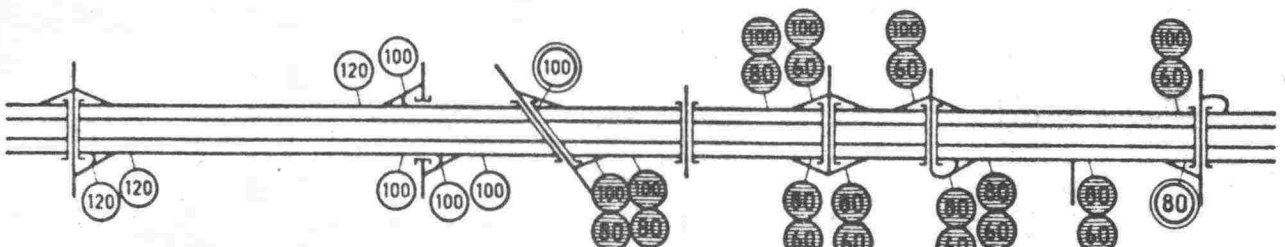
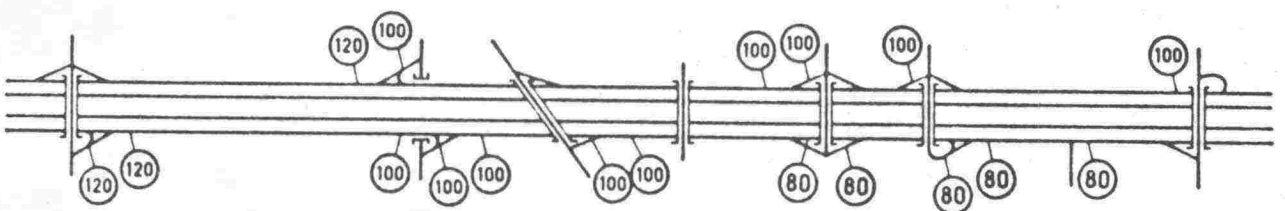
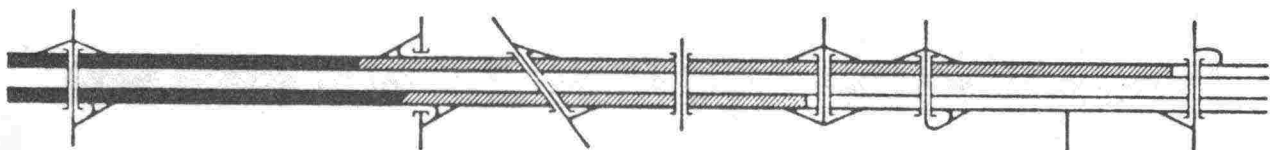
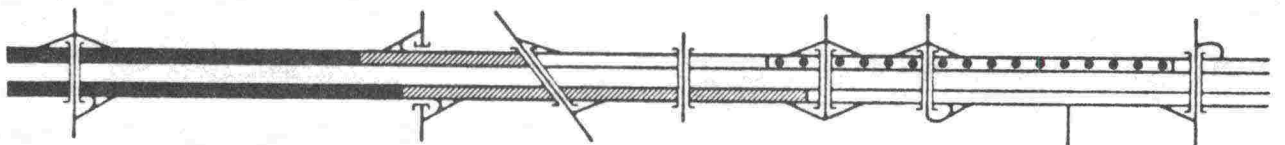
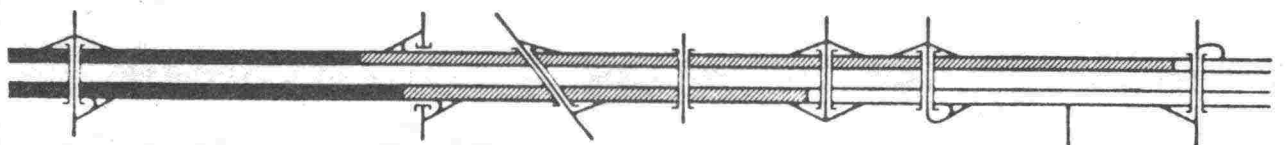
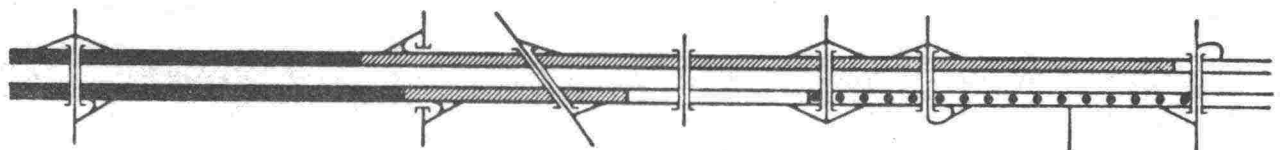
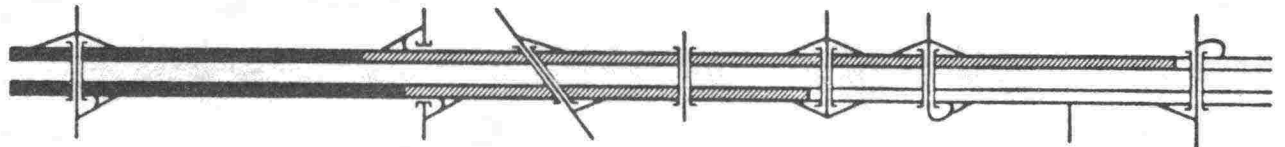


Suomenoja Matinkylä Niittykumpu Suvikumpu Tapiola Otaniemi Hanasaari Katajajarju

Vaihe 5: Poikkeusolosuhteet, kesäkeli 21.5. - 25.5.1984

Suomenoja

Matinkylä Niittykumpu Suvikumpu Tapiola Otaniemi Hanasaari Katajaharju



Suomenoja

Matinkylä Niittykumpu Suvikumpu Tapiola Otaniemi Hanasaari Katajaharju

ISBN-951-46-7205-4