



Juuso Kummala

Matkapuhelimia hyödyntävä matka-aikapalvelu

Järjestelmän arviointi - Tulokset

*Tiehallinnon selvitys
55/2002*



Juuso Kummala

Matkapuhelimia hyödyntävä matka-aikapalvelu

Järjestelmän arviointi - Tulokset

Tiehallinnon selvityksiä 55/2002

Tiehallinto

Helsinki 2002

ISSN 1459-1553
ISBN 951-726-960-9
TIEH 3200787-v

Oy Edita Ab
Helsinki 2002

Julkaisua myy/saatavana:
Tiehallinto, julkaisumyynti
Telefaksi 0204 22 2652
S-posti julkaisumyynti@Tiehallinto.fi
Www.Tiehallinto.fi/julk2.htm

Tiehallinto
LIIKENTEEN PALVELUT
Opastinsilta 12 A
PL 33
00521 HELSINKI
Puhelinvaihde 0204 2211

TIIVISTELMÄ

Tiehallinto ja Radiolinja Oyj toteuttivat matkapuhelinpohjaisen liikenteen seurantajärjestelmäkokeilun valtatiellä 4 sekä Kehä I:llä keväällä 2002. Matka-aikapalvelussa matka-aika mitataan havainnoimalla anonymisti ennalta määrätyissä liikenteellisesti tärkeissä solmupisteissä alueen matkapuhelinverkon liikennettä. Toiminta perustuu siihen, että tiettyä reittiä kulkeva matkapuhelin vaihtaa tukiasemaa aina lähes samassa pisteessä. NAVI-ohjelman Säädöspuitteet -tukiprojekti on tutkinut matka-aikapalveluun liittyviä tietosuojakysymyksiä ja todennut menetelmän olevan voimassaolevan tietosuojalainsäädännön mukainen.

Tässä tutkimuksessa tarkasteltiin ja arvioitiin matka-aikapalvelukokeilun toimivuutta. Tutkimus perustuu pääosin kokeilujaksoilla kahdella eri menetelmällä tuotettujen matka-aikojen vertailuun. Kokeilu toteutettiin tiejaksoilla, joilla oli ennestään automaattiseen rekisterikilpien tunnistukseen perustuva matka-ajan seurantajärjestelmä.

Kokeilun aikana matka-aikapalvelu toimi joitakin poikkeuksia lukuun ottamatta moitteetta. Lyhyitä katkoksia toiminnassa aiheuttivat järjestelmän päivitykset ja kalibroinnit. Järjestelmien tuottamien matka-aikojen vertailut osoittivat matka-aikapalvelun toimivan hyvin ja soveltuvan liikenteen seurantaan. Todetut matka-aikaerot järjestelmien välillä selittyvät suurelta osin kokeilujaksojen tarkastelulinkkien sijaintieroilla. Jos tarkastelulinkit olisivat olleet täysin yhtenevät, olisivat havaitut erot olleet pienempiä. Tulokset olisivat voineet olla myös paremmat, jos seurantapisteet olisi voitu asettaa matkapuhelinverkon kannalta optimaalisiin pisteisiin. Kokeilussa tarkastelupisteet asetettiin vertailtavuuden vuoksi "väkisin" mahdollisimman lähelle automaattisen rekisteritunnusmenetelmän pisteitä.

Kokeilu osoitti matka-aikapalvelun edut ja rajoitteet. Merkittävä etu on sen kyky tuottaa matka-aikahavaintoja ympäristöllisistä ja liikenteellisistä olosuhteista riippumatta. Suuren havaintomäärän ansiosta voidaan esimerkiksi liikennetilanteen muutokset havaita helposti. Tilastollisten vaihteluiden laskeminen suuresta otosmäärästä on mahdollista, ja matka-ajoista voidaan luotettavasti arvioida matka-aikaan perustuvia keskimääräisiä tunnuslukuja. Havaintojen tekoon liittyvät myös menetelmän heikkoudet. Havainnot puhelimista, jotka eivät ole liikkuneet kyseisellä tiellä vaan esimerkiksi rinnakkais- tiellä, pyörätiellä tai joukkoliikennevälineessä vääristävät aineistoista lasket- tavia tunnuslukuja.

Matkapuhelinverkon rakenne ja toiminta voivat aiheuttaa virheellisiä havain- toja joissakin kohteissa. Tästä johtuen ennen matkapuhelimiin perustuvan järjestelmän käyttöönottoa tulee sillä saatavia tuloksia verrata jollakin toisella luotettavaksi todetulla menetelmällä tuotettuun tietoon tieverkolta. Jos mah- dolliset rinnakkaistien havainnot kyetään erottelemaan omaksi havaintojou- kokseen, on tämä ominaisuus selkeä lisä-arvo matka-aikapalvelulle. Tämän avulla on mahdollista hoitaa kahden tieosuuden yhdenaikainen seuranta kustannustehokkaasti ja toteuttaa esim. vaihtoehtoiselle reitille opastaminen tähän tietoon perustuen.

Järjestelmän laajennettavuudesta koko pääteiden runkoverkolle ei voida tehdä yksiselitteistä johtopäätöstä. Periaatteessa menetelmä on käytettävissä kaikkialla, missä matkapuhelinverkko on toiminnassa. Tukiasemien nykyinen sijainti ei kuitenkaan ole aina optimaalinen matka-aikojen seurantaan.

Matkapuhelinverkon ominaisuuksien ja rakenteen soveltumattomuuden vuoksi voidaan joissakin kohteissa joutua joustamaan esim. asetetuista tarkkuusvaatimuksista tai tarkasteltavien linkkien pituuksista tai sijainnista tai jopa muokkaamaan matkapuhelinverkkoa. Riippumattomuus tieverkkoon sidotusta infrastruktuurista antaa kuitenkin tienpitäjälle mahdollisuuden laajentaa tai siirtää seurantalinkkiä helposti. Menetelmää voisi mahdollisesti soveltaa myös verkolliseen tarkasteluun, jolloin yksittäisten linkkien sijasta seurataan liikennettä verkkona ja tarkastellaan liikennevirran siirtymistä myös esimerkiksi toiselle tielle.

Kokeilun perusteella voidaan todeta, että järjestelmän laajentamiselle on selkeitä teknisiä perusteita, jos palvelun tuotantoversion hinnoittelu mahdollistaa palvelun laajamittaisen käytön. Uusia laajennuskohteita on tarkasteltava sekä liikenteellisin perustein että matkapuhelinverkon ominaisuuksiin perustuen. Järjestelmä soveltuu erityisen hyvin matka-aikojen seurantaan pääteiden runkoverkon kohteissa, joissa tarkastelulinkki on pitkä (≈ 10 km) ja linkiltä poistuvia, sille tulevia tai pysähtyviä ajoneuvoja on mahdollisimman vähän. Tällöin havainnot kuvaavat hyvin tieosuuden liikennettä ja laskettavat liikenteelliset tunnusluvut ovat luotettavia. Myös taajamassa järjestelmä voi toimia hyvin ja luotettavasti, kuten Kehä I:n kokeilu osoitti. Taajamassa on usein etuna suuri havaintomäärä, mutta toisaalta havaintoja muista kuin tiellä liikkuvista tai tieltä poikkeavista matkapuhelimista kertyy enemmän. Kokeilussa käytetyllä menetelmällä on vaikea toteuttaa taajamissa alle 2–3 km:n linkkejä.

Jatkotutkimuksena olisi tärkeää toteuttaa lyhyitä seurantalinkkejä taajamissa. Mielenkiintoista olisi myös tutkia, voidaanko matka-aikapalvelua hyödyntää liikenteen ennustemalleja laadittaessa ja voidaanko esimerkiksi tukiaseman matkapuhelinhavaintojen määrien muutoksia käyttää syötesuurena liikenteen ennustemalleissa. Lisäksi tulisi tutkia mahdollisuuksia erotella aineistosta luotettavasti joukkoliikenne ja muut kuin tarkastellulla tiellä liikkujat. Tällainen erottelu parantaisi laskettujen tunnuslukujen luotettavuutta. Joukkoliikenteen paikka-, matka-aika- ja matka-nopeustietoa voisivat mahdollisesti hyödyntää myös joukkoliikenneoperaattorit.

Juuso Kummala: Matkapuhelimia hyödyntävä matka-aikapalvelu. [Travel time service utilising mobile phones]. Helsinki 2002. Finnish Road Administration. Finnra Reports 55/2002. 67 p. + app. 13 p. ISSN 1459-1553, ISBN 951-726-960-9, TIEH 3200787-v.

Keywords: Traffic management, traffic monitoring, travel time

SUMMARY

Finnra and the Finnish mobile operator Radiolinja Ltd. implemented a traffic monitoring system based on mobile phones and the cellular network on Ring Road I and Highway 4 in spring 2002. The travel time service measures travel times based on communication data in the cellular network in a certain area, at predetermined observation points. Operation of the system is based on the fact that a mobile phone travelling on a certain route always changes the base station at almost exactly the same place. The monitoring method was assessed by the Regulatory Framework support project of NAVI programme of the Ministry of Transport and Communications. This assessment showed that the system does not threaten the privacy of mobile phone users.

The purpose of this research was to study the technical performance of this travel time service. The pilot system was implemented on two road sections that already had a monitoring system based on automatic license plate recognition. The study concentrates mainly on comparison of travel time data measured by these two systems.

For the most part, the system functioned well during the test period. Only calibrations and updatings of the system caused a few brief gaps in data collection. Comparison of the travel times showed that the travel time service could be used for traffic monitoring. The observed differences in measured travel times are mostly attributable to the differences in location of the parallel systems. Had the sections been identical the achieved results would have been better. The results might also have been better if the observation points would have been determined based on the structure of the cellular network. In the pilot study, the observation points had to be artificially "forced" close to the monitoring points of the license plate recognition system.

The pilot study showed both the advantages and disadvantages of the system. One significant advantage is the capability to produce travel time observations regardless of the predominant traffic situation or the environmental circumstances. Because of the large amount of observations, the traffic situation could be interpreted easily and statistical variances and parameters based on travel times calculated and estimated reliably. Major disadvantages of the system relate to travel time observations that do not come from the monitoring road or come from the same vehicle. Observations from parallel roads, public transport, bicycles or pedestrians can affect the calculated statistical parameters.

The pilot study also revealed possible technical problems. The structure of the cellular network might cause incorrect observations on some links. In view of these possibilities the cellular based systems should always be tested and calibrated against another reliable monitoring method. However, if observations from parallel roads can be sorted out, this feature would be a clear asset to the travel time service, enabling cost-effective simultaneous monitoring of parallel roads and for example the development of a route-guidance service.

The possibilities to extend the system to cover the whole trunk road network can not be clearly estimated. In principle, the system could be used wherever the cellular network exists. However, the present location of the base

stations is not always optimal for traffic monitoring purposes. In some locations, because of the structure of the cellular network, it might be necessary to cut the accuracy demands or change the optimal length of observation links or even modify the cellular network. However, the independence of the road infrastructure allows the road authority to expand and/or move the observation link easily. The travel time service could possibly be used also for network monitoring. This could enable the monitoring of roads as a network, not only as links e.g. tracking merging and exiting vehicles.

The pilot study showed that from the technical standpoint, expanding the system is reasonable, depending of course on the pricing of the production version. Possible new monitoring links must be planned based on the structure of the cellular network and traffic monitoring purposes. It seems that the system is well suited for traffic monitoring of long observation links (≈ 10 km) on which vehicles leaving or merging with the link or stopping on the link are rare. On such links travel time observations represent the traffic flow well, and the calculated parameters are reliable. Also in urban settings the system can operate well and results can be satisfying, as the pilot on Ring Road I showed. The advantage of the system in urban areas is the large amount of observations, but on the other hand, observations not belonging to the monitored road increase. The tested method allows observation links of at least approximately 2-3 kilometres in urban areas.

As follow-up it would be important to test and estimate the performance of the system on short observation links. It would also be interesting to study whether the travel time service could be used for traffic forecast purposes, or if the observations at the base station could be used as input for prediction models. The possibilities of selecting observations coming from parallel roads or from public transport should also be studied. Sorting would make the calculated parameters more reliable. Public transport operators might also be interested in getting information on location, travel time or travel speed of public transport vehicles.

The project has been granted European Community financial support in the field of Trans-European Networks - Transport.

ESIPUHE

Tiehallinnon Liikenteen palvelut ja Radiolinja Oyj toteuttivat matkapuhelimia hyödyntävän matka-aikapalvelukokeilun valtatiellä 4 sekä Kehä I:llä keväällä 2002. Selvitys arvioi ja tarkastelee kokeilun tuloksia sekä kokemuksia.

Arviointiselvitys on tehty Tiehallinnon toimeksiannosta. Raportin on kirjoittanut Juuso Kummala VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikasta. Olli Knuuttila Radiolinja Oyj:stä sekä Risto Timonen Nethawk Oy:stä ovat osallistuneet järjestelmän kuvaukseen sekä laajennettavuuden arviointiin. Tiehallinnon Liikenteen palveluista projektiryhmään ovat osallistuneet Timo Karhumäki, Sami Luoma ja Jorma Helin.

Teknillisen korkeakoulun liikennelaboratorio suoritti selvityksen yhteydessä rekisteritunnustutkimuksen Kehä I:llä 30.5.2002.

Raportin tekemiseen on saatu Euroopan unionin liikenteen perusrakenteen kehittämiseen tarkoitettua TEN-T (Trans-European Networks - Transport)-rahoitusta.

Helsinki, marraskuu 2002

Tiehallinto
Liikenteen palvelut

Sisältö

<u>TIIVISTELMÄ</u>	<u>4</u>
<u>SUMMARY</u>	<u>7</u>
<u>ESIPUHE</u>	<u>9</u>
<u>1 TAUSTAA</u>	<u>11</u>
<u>2 TAVOITTEET</u>	<u>12</u>
<u>3 TUTKIMUSKOhteET</u>	<u>13</u>
<u>4 SEURANTAJÄRJESTELMIEN KUVAUKSET</u>	<u>16</u>
4.1 Automaattinen rekisterikilpien tunnistus	16
4.2 Matkapuhelimiin perustuva matka-aikapalvelu	16
4.2.1 Toiminnallinen ja tekninen kuvaus	16
<u>5 JÄRJESTELMÄN TOIMINNAN ARVIOINTI</u>	<u>17</u>
5.1 Vertailuasetelma	17
5.2 Valtatie 4	18
5.2.1 Pääsiäisen ja juhannuksen meno- ja paluuliikenne	19
5.3 Kehä 1	33
5.3.1 Pääsiäisen ja juhannuksen meno- ja paluuliikenne	33
5.4 Perinteinen rekisteritunnustutkimus	44
5.5 Havaintoja matka-aikapalvelun toimivuudesta	50
5.6 Järjestelmän edut ja puutteet	52
5.7 Järjestelmän soveltuvuus muihin käyttötarkoituksiin	55
5.8 Toteutukseen sisältyvät riskit	55
5.9 Yhteenveto toimivuudesta	56
<u>6 JÄRJESTELMÄN LAAJENNETTAVUUS</u>	<u>59</u>
<u>7 LAINSÄÄDÄNNÖLLINEN ARVIOINTI</u>	<u>61</u>
<u>8 MATKA-AIKAPALVELUN KEHITTÄMINEN</u>	<u>62</u>
<u>9 LÄHDELUETTELO</u>	<u>65</u>
<u>LIITTEET</u>	<u>66</u>

1 TAUSTAA

Matka-aika eli matkan alku- ja päätepisteen välisen matkan kulkemiseen käytetty aika on helposti ymmärrettävä suure sekä liikennetekniikan ammattilaisille, tiedotusvälineiden edustajille, suunnittelijoille että tienkäyttäjille. Se kuvaa myös hyvin liikenteen sujuvuutta (Eloranta 1999). Liikenteen sujumisella on tärkeä merkitys mm. teollisuuden ja elinkeinoelämän kuljetuksille, joille sujuvuus ilmenee lähinnä kuljetusten varmuutena eli matka-aikabudjetin pitävyytenä (Innamaa et al. 2002). Yksilötasolla tieosuuden tai muun liikennejärjestelmän osan liikenteen sujuvuutta arvioidaan sen perusteella, kuinka häiriöttömästi ja odotusten mukaisesti tienkäyttäjä kykenee kulkemaan sen läpi. Odotusten mukaisuudella kuvataan matkan ennustettavuutta. Liikkujien kannalta olennaista näyttää olevan kokonaismatka-ajan ohella se, kuinka paljon joudutaan poikkeamaan oletetusta tai tavoitematka-ajasta (Luoma 1998).

Perinteisesti liikennettä on seurattu pistekohtaista tietoa keräävillä silmukka-ilmaisimilla tai kamerajärjestelmillä, jotka laskevat ja luokittelevat liikennettä sekä seuraavat liikenteen pistekohtaisia ajonopeuksia. Pistekohtaisen tiedon lisäksi liikenteen sujuvuutta voidaan seurata linkkikohtaisilla liikennetiedoilla. Verkko voidaan jakaa linkkeihin, joiden liikennetilannetta seurataan kokonaisuuksina. Pistetietoon verrattuna linkkitieto kattaa laajemman alueen ja kuvaa liikennetilanteen koko linkin pituudella (Eloranta 1999).

Liikenteen seurannan ja ohjauksen kehittyessä pisteohjauksesta kohti väylä- tai verkko-ohjausta seurattavan alueen koko kasvaa ja seurannan toteuttaminen pistemittausten avulla on vaikeaa ja kallista. Linkkikohtaisilla suureilla verkko voidaan kattaa helpommin ja esimerkiksi keskimääräinen linkin matka-aika antaa hyvän käsityksen liikenteen sujuvuudesta tarkasteltavalla tieosuudella tietyinä tarkastelujaksona.

Tiehallinnon liikenteen hallinnan toimintalinjoissa (Tiehallinto 2000a) on todettu liikenteen hallinnan painopistealueeksi liikenteen hallinnan peruspalveluiden (liikenteen joukkotiedotus ja häiriön hallinta) ja niiden vaatiman ajantasaisen seurannan toteuttaminen koko pääteiden runkoverkolla. Mahdollisimman kustannustehokkaan ja joustavan seurantamenetelmän löytäminen sekä kehittäminen on siksi tärkeää. Laaditun esiselvityksen jatkoksi (Kummala et al. 2001) Tiehallinto toteutti 25.3. - 30.6.2002 matka-aikapalvelukokeilun, jossa ajoneuvon tunnistimena käytettiin ajoneuvossa olevaa matkapuhelinta tai -puhelimia.

2 TAVOITTEET

Tutkimuksessa tarkastellaan ja tutustutaan Radiolinja Oyj:n Tiehallinnolle toteuttamaan matka-aikapalveluun. Matka-aikapalvelu seuraa liikennettä hyödyntäen ajoneuvoissa olevia matkapuhelimia (AMM, Anonymous Mobile Monitoring). Tutkimuksessa verrataan matka-aikapalvelua automaattiseen rekisterikilpien tunnistukseen perustuvaan matka-ajan seurantajärjestelmään. Tutkimuksessa selvitetään, toimiiko matka-aikapalvelu suunnitellun mukaisesti ja soveltuuko se matka-aikojen seurantaan. Tavoitteena on myös selvittää, kuinka luotettavasti seurantajärjestelmä toimii eri olosuhteissa ja kuinka hyvin menetelmä on otettavissa laajempaan käyttöön runkoverkolla.

Raportissa kuvataan lyhyesti järjestelmien toiminnalliset ja tekniset periaatteet sekä vertaillaan järjestelmien tuottamia matka-aikoja. Toimintaa tarkastellaan erityisesti pääsiäis- ja juhannusliikenteessä. Havaintoja vertaillaan myös muutamina muina mielenkiintoisina ajanjaksoina. Lisäksi selvityksessä tutkitaan perinteisen rekisteritunnusmenetelmän avulla mitattuja matka-aikoja välillä Otaniemi-Konala. Tämän työvaiheen suoritti Teknillisen korkeakoulun liikennelaboratorio (TKK).

Palvelukokeilusta saatujen kokemusten sekä tulosten avulla arvioidaan matkapuhelimia hyödyntävän matka-ajan seurantajärjestelmän toimivuutta sekä kilpailukykyä verrattuna automaattiseen rekisterikilpien tunnistukseen perustuvaan seurantajärjestelmään. Tulosten perusteella voidaan suunnitella mahdollisia jatkotoimia ja laatia ehdotus seurantamenetelmän mahdollisesta laajentamisesta.

3 TUTKIMUSKOHEET

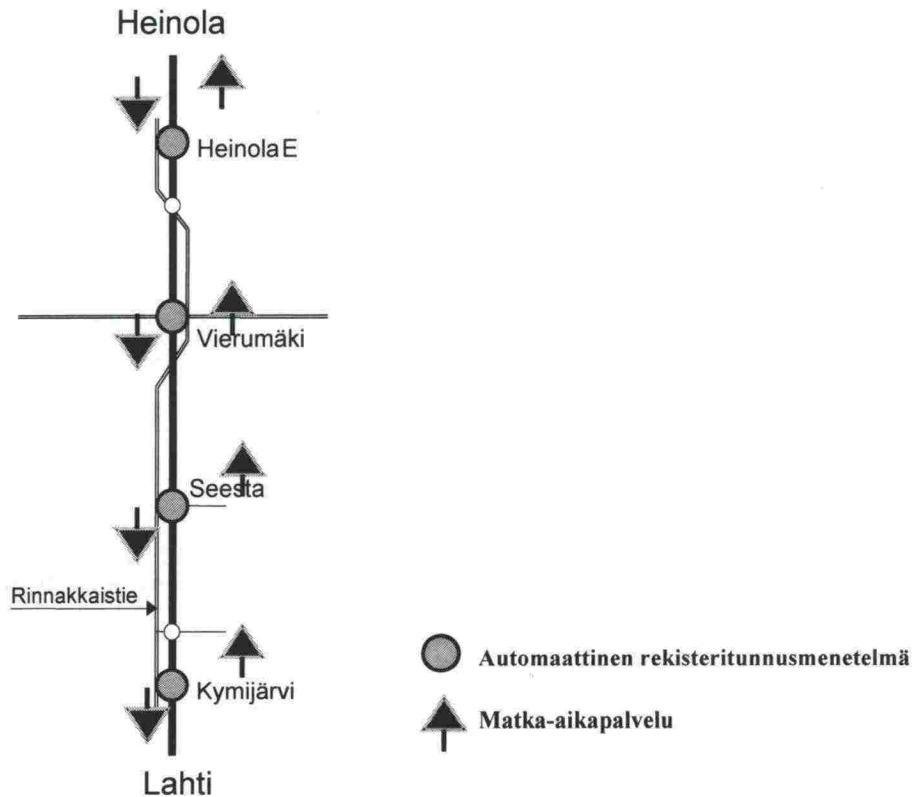
Vertailtavat tiejaksot sijaitsevat valtatiellä 4 Lahden ja Heinolan välillä sekä Kehä I:llä Otaniemen ja Pukinmäen välillä. Molemmat koejaksot on varustettu automaattisella kameroihin perustuvalla rekisterikilven tunnistusmenetelmällä (LPR, License Plate Recognition). Matka-aikapalvelun mittauspisteet eivät olleet täysin yhtenevät LPR-menetelmän pisteiden kanssa ja tästä johtuen tarkastelulinkit voivat olla eri pituisia (Taulukko 1). Vertailuasetelman parantamiseksi on matka-aikapalvelun matka-aikoja muokattu järjestelmien linkkipituuksien suhteella.

Taulukko 1. Seurantajärjestelmien linkit ja linkkipituudet.

	Matka-aikapalvelu	Automaattinen rekisteritunnusmenetelmä
KEHÄ I		
Linkin nimi	Linkin pituus (m)	Linkin pituus (m)
Otaniemi - Konala	4830	7350
Konala - Otaniemi	4530 (5110)*	7350
Otaniemi - Pukinmäki	12490	14830
Pukinmäki - Otaniemi	11470 (12040)*	14830
Konala - Pukinmäki	7660	7490
Pukinmäki - Konala	6930	7490
VT 4		
Linkin nimi	Linkin pituus (m)	Linkin pituus (m)
Heinola - Vierumäki	11200	10280
Vierumäki - Heinola	11490	10280
Vierumäki - Seesta	9150	8820
Seesta - Vierumäki	8810	8820
Seesta - Kymijärvi	8160	9050
Kymijärvi - Seesta	8460	9050
Heinola - Kymijärvi	28510	28150
Kymijärvi - Heinola	28750	28150
Heinola - Seesta	20340	19100
Seesta - Heinola	20300	19100
Vierumäki - Kymijärvi	17310	17870
Kymijärvi - Vierumäki	17270	17870

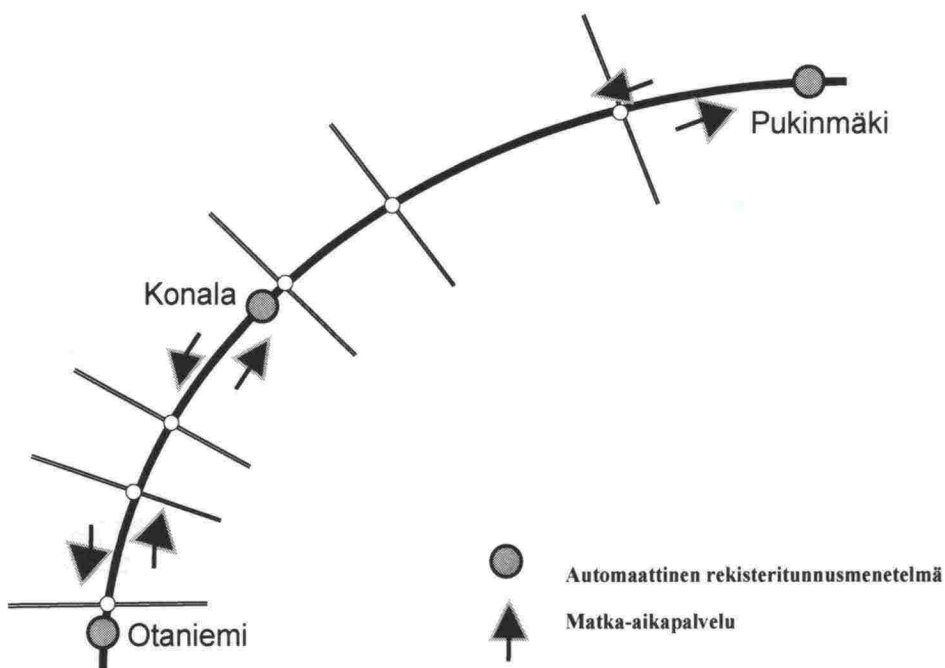
* Pistettä on muutettu 17.4.2002

Valtatiellä 4 Kymijärven ja Heinolan LPR-menetelmän mittauspisteet sijaitsevat moottoritieellä, vajaa kilometri ennen ohituskaistatien alkua / ohituskaistatien loppumisen jälkeen (Kuva 1). Näissä pisteissä kaistoja on kaksi molempiin suuntiin. Seestan ja Vierumäen pisteet sijaitsevat ohituskaistatiellä, jossa on peruskaistojen lisäksi yksi ohituskaista. Ohituskaista on molempien mittauspisteiden kohdalla Lahden suuntaan. Matka-ajanseuranta LPR-menetelmällä kattaa yhden kaistan suuntaa kohti kussakin mittauspisteessä. Seestassa ja Vierumäellä seurataan kaikkia Heinolan suunnan kaistoja, mutta muuten seuranta kohdistuu ainoastaan peruskaistalla eli oikeanpuoleisella kaistalla ajaviin ajoneuvoihin (Innamaa et al. 2002).



Kuva 1. Tutkimusalue ja mittauspisteet valtatiellä 4.

Kehä I:n kokeilujakson läntinen linkki ulottuu Espoon Otaniemestä Helsingin Konalaan ja itäinen Helsingin Konalasta Helsingin Pukinmäkeen (Kuva 2). Läntinen linkki on lähes kokonaisuudessaan valo-ohjattujen tasoliittymien katkomaan 2+2 ja (2+1)+(2+1)-kaistaista kaupunkimootoritietä, kun taas itäinen linkki on eritasoliittymin varustettua 2+2 – 3+3-kaistaista kaupunkimootoritietä. Kehä I:llä LPR-menetelmä seuraa liikennettä kaikilla kaistoilla.



Kuva 2. Tutkimusalue ja mittauspisteet Kehä I:llä.

Linkkien päätepisteinä LPR-menetelmässä toimii kolme Kehä I:n ylittävää siltaa. Läntisen linkin länsipäänä toimii Espoon Otaniemen vesitornin viereinen Tapiolaan johtava kevyen liikenteen silta, linkkien välisenä erottajana Helsingin Konalan puiston kevyen liikenteen silta, itäisen linkin päätepisteeksi on valittu Helsingin Pukinmäenkaaren ajoneuvosilta. Matka-aikapalvelun mittauspisteet on pyritty sijoittamaan mahdollisimman lähelle LPR-järjestelmän mittauspisteitä. Matka-aikapalvelun toimintaperiaatteesta johtuen menetelmä seuraa kaikkia kaistoja molemmissa tutkimuskohteissa. Menetelmän toimintaperiaatetta on kuvattu tarkemmin luvussa 4.

Kokeilun aikana oli Kehä I:n itäisellä linkillä käynnissä tietyö, jonka vuoksi matka-ajat eivät ole vertailukelpoisia mahdollisesti aiemmin Kehä I:llä tehtyjen tutkimusten kanssa. Vertailuasetelma on kuitenkin järjestelmien osalta selvityksessä samanlainen.

4 SEURANTAJÄRJESTELMIEN KUVAUKSET

4.1 Automaattinen rekisterikilpien tunnistus

Automaattiseen rekisterikilpien tunnistukseen perustuva järjestelmä tunnistaa ajoneuvot liikennevirrasta ilman ajoneuvoihin asennettavia erillisiä tunnisteita tai lähettämiä. Järjestelmässä kamera kuvaa ajoneuvoja edestä ja automaattinen kuvantulkintalaitteisto tunnistaa ajoneuvon rekisterikilven. Ajoneuvo pyritään tunnistamaan yksilöllisesti rekisterikilven perusteella aina, kun se ohittaa järjestelmän mittauspisteen. Pisteen ohittaneiden ajoneuvojen rekisterikilvet ja ohitusajankohdat tallennetaan ja peräkkäisten pisteiden tietoja verrataan keskenään. Yhdistämällä saman ajoneuvon rekisteritunnustiedot kahdessa pisteessä saadaan laskettua ajoneuvon matkaan käyttämä aika eli ajoneuvon matka-aika (Tiehallinto 2000b).

Matka-aikatietoa voidaan käyttää mm. tiedotukseen. Tienvarren tiedotusjärjestelmä valtatiellä 4 kertoo tienkäyttäjille arvion Lahden ja Heinolan välisestä matka-ajasta. Matka-aikaestimaatti perustuu viimeisimpiin mittauksiin. Matka-aikaestimaatti lasketaan eri osalinkkien matka-aikojen summana. Osalinkin matka-aika määritetään viimeisten 10 minuutin matka-aikamediaanien perusteella, mikäli jaksolta on vähintään yksi havainto. Tieto saa kuitenkin olla korkeintaan 60 minuuttia vanhaa. Jos jokin kamerapististä ei ole toiminnassa, kyseinen kamerapiste (tai -pisteet) voidaan ohittaa pidempien linkkien matka-ajoilla olettaen, että päätepisteiden kamerat toimivat (Tiehallinto 2000b).

4.2 Matkapuhelimiin perustuva matka-aikapalvelu

4.2.1 Toiminnallinen ja tekninen kuvaus

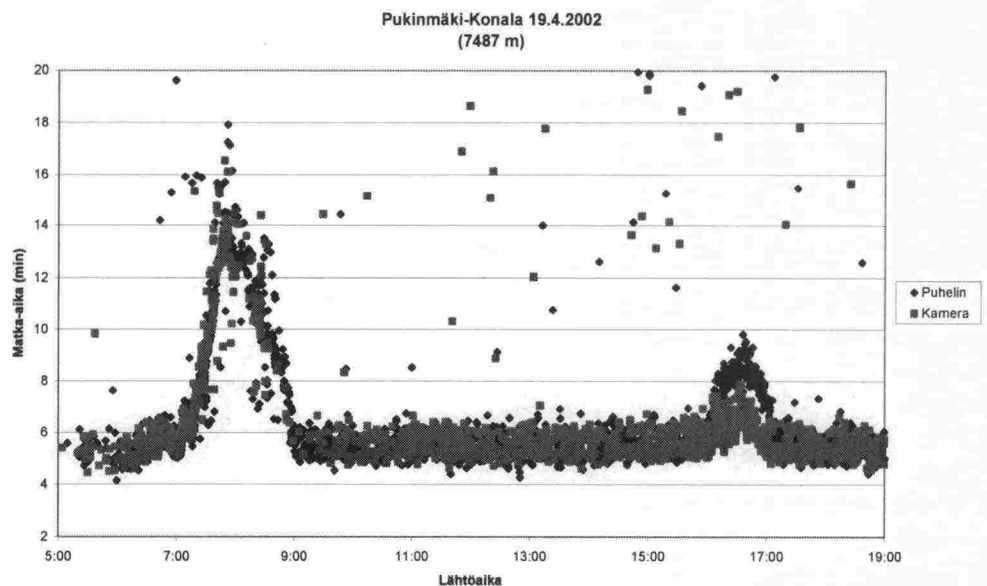
Osio täydennetään myöhemmin ilmestyvässä painetussa raportissa.

5 JÄRJESTELMÄN TOIMINNAN ARVIOINTI

5.1 Vertailuasetelma

Järjestelmien toimivuutta on vertailtu ennalta sovittuina tarkastelupäivinä. Tarkastelussa on keskitytty erityisesti pääsiäis- ja juhannusliikenteeseen. Näiden lisäksi on esitetty myös muita havaintoja ja huomioita aineistosta. TKK:n liikennelaboratorio suoritti selvityksen yhteydessä perinteisen rekisteritunnustutkimuksen välillä Otaniemi-Konala. Liitteessä 1 on esitetty lisää kuvaajia tarkastelupäiviltä.

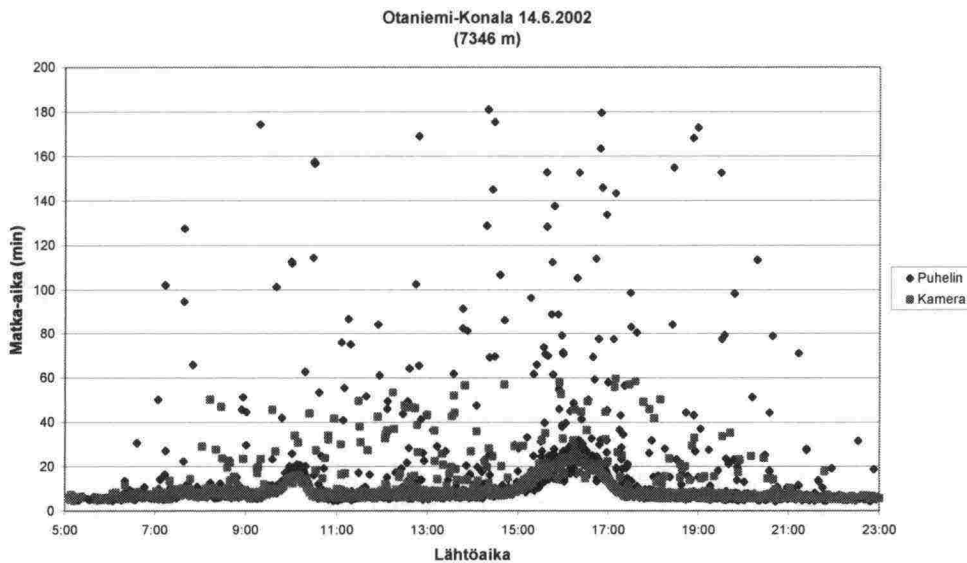
Kuvaajat on laadittu suodattamattomasta aineistosta. Kuvaajissa on mukana kaikki havainnot, mutta luettavuuden parantamiseksi on akselisto valittu niin, että suurimmat havainnot ovat voineet rajautua kuvan ulkopuolelle. Kuvaajia tulkittaessa on muistettava vertailuasetelman puutteellisuus. Joidenkin linkkien systemaattinen ero matka-ajassa voi johtua eri pituisista linkeistä ja linkkien sijaintieroista. Linkin matka-aikoja on korjattu linkkien pituuden suhteella. Sijaintipoikkeamista aiheutuvien erilaisten liikenteellisten olosuhteiden takia eroja voi kuitenkin syntyä. Tällöin esim. aamu- tai iltapäiväruuhkat voivat erottua toisessa menetelmässä selkeämmin ja voimakkaammin kuin toisessa (Kuva 3). Valtatiellä 4 liikenteelliset erot eivät ole yhtä merkittäviä kuin Kehä I:llä. Joihinkin kuviin on liitetty myös Konalan ja Vierumäen LAM-pisteen tuottamia nopeus- ja liikennemäärätietoja.



Kuva 3. Pukinmäki - Konala länteen 19.4.2002.

Esitetyistä kuvista havaitaan järjestelmien tuottamien havaintokuvaajien muoto ja muodon muuttuminen sekä ajankohta. Kuvista näkyy seurantamenetelmien kuvaajien yhdenmuotoisuus ja muutoksen yhdenaikaisuus. Havaintosarjan yläpuolella olevat havainnot ovat ajoneuvoista, jotka ovat kulkeneet poikkeuksellisen hitaasti tai mahdollisesti poikenneet tai pysähtyneet matkalla ja palanneet uudelleen linkille (Kuva 4). Erittäin pitkien matka-

aikahavaintojen määrä vaihtelee linkkikohtaisesti riippuen esim. linkin varrella olevista palveluista.



Kuva 4. Otaniemi – Konala itään 14.6.2002.

5.2 Valtatie 4

Seurantamenetelmän soveltuvuutta moottoriväylille ja pääteiden runkoverkolle on tarkasteltu valtatiellä 4. Matkapuhelinverkon ominaisuudet tarkastelujaksolla on karkeasti yleistettävissä Etelä- ja Keski-Suomen olosuhteisiin taajamien ulkopuolella. Liikenteellisesti poikkeavaa tarkastelujaksolla on valtatie 4 muuta runkoverkkoa suurempi liikennemäärä sekä kesäviikonloppuisin ja juhlapäyhinä ilmenevät poikkeuksellisen suuret ruuhkat.

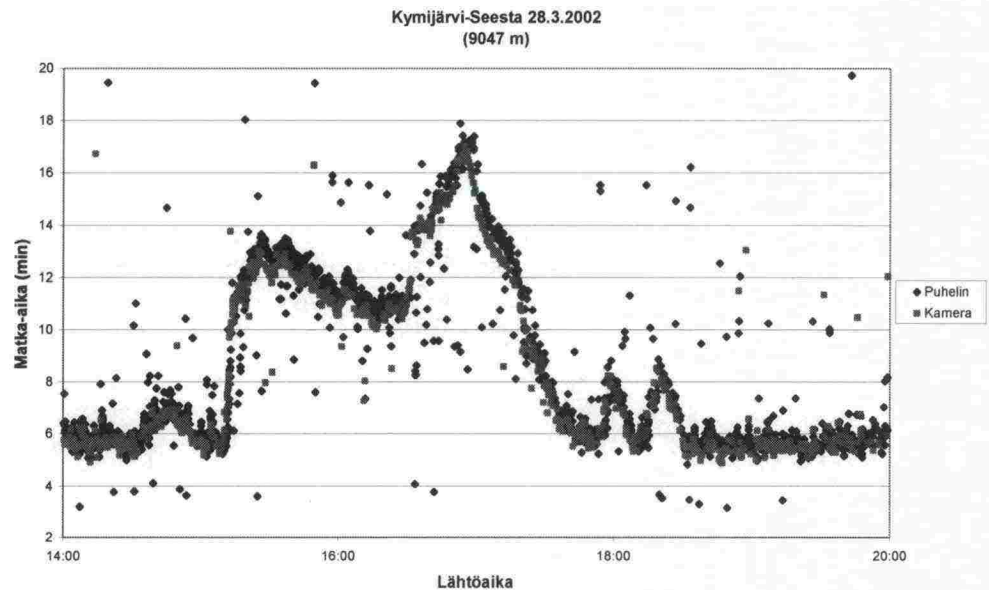
Linkeiltä on laskettu 10 minuutin mediaanimatka-aikoja lähtöaikaan perustuen. Mediaanimatka-ajat on laskettu aineistoista, joista on poistettu yli 60 minuutin havainnot. Laskennassa vuorokausi on jaettu 10 minuutin jaksoihin. Mediaanimatka-ajat ovat suuntaa antavia vertailuasetelman puutteiden takia (mm. linkkipituudet ja niiden sijaintipoikkeamat ja kellojen kalibrointi puuttuu). Mediaanimatka-aikojen ero on esitetty prosentteina rekisteritunnusmenetelmän arvoihin nähden (Kaava 1). On kuitenkin huomattava, että rekisteritunnusmenetelmän arvo on vertailuluku, ei välttämättä oikea todelliseen liikennetilanteeseen nähden. Prosenttiesitys todettiin kuitenkin käyttökelpoiseksi kuvaamaan karkeasti järjestelmän tarkkuutta Tiehallinnon asettamiin tarkkuusvaatimuksiin nähden eri toimintaympäristöissä.

$$\Delta(\%) = \frac{|M_{d \text{ rekisteritunnusmenetelmä}} - M_{d \text{ Matka-aikapalvelu}}|}{M_{d \text{ rekisteritunnusmenetelmä}}} \times 100 \quad (\text{Kaava 1})$$

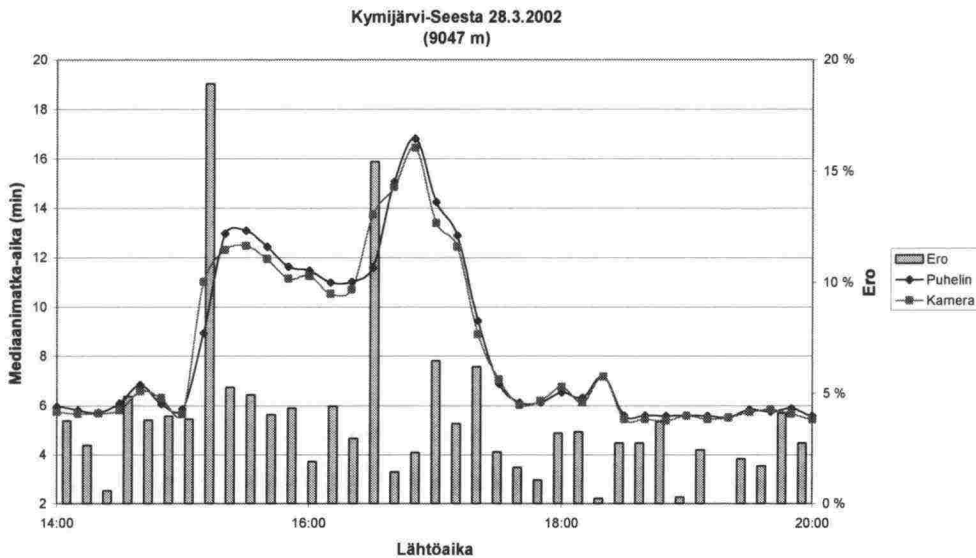
5.2.1 Pääsiäisen ja juhannuksen meno- ja paluuliikenne

Järjestelmä toimi pääsiäisen menoliikenteessä odotetun kaltaisesti. Kuvista havaitaan, että järjestelmien havaintopisteet muodostavat joitakin poikkeuksia lukuun ottamatta lähes yhdenmuotoisia sarjoja. Raportissa ei ole järjestelmällisesti kuvattu kaikkia linkkivälejä. Tekstissä on esitetty tavanomaisesta poikkeavia havaintoja järjestelmien erojen ja yhtäläisyyksien sekä etujen ja puutteiden esiintuomiseksi.

Matka-aikapalvelun ongelmana valtiatiellä 4 olivat havainnot Vierumäen linkeillä. Linkeillä havaintoja on kertynyt mahdollisesti myös rinnakkaistieltä ja/tai havaintoja on kertynyt virheellisesti eri linkkipituudelta. Järjestelmät reagoivat lähes yhdenaikaisesti matka-aikojen muutokseen (Kuva 5 ja Kuva 6). Muutokset ja erikoiset ”hyppäykselliset” ajanjaksot klo. 15.10 ja 16.30 näkyvät molemmissa järjestelmissä selkeästi. Nämä ajankohdat aiheuttavat myös suuret erot mediaanissa.

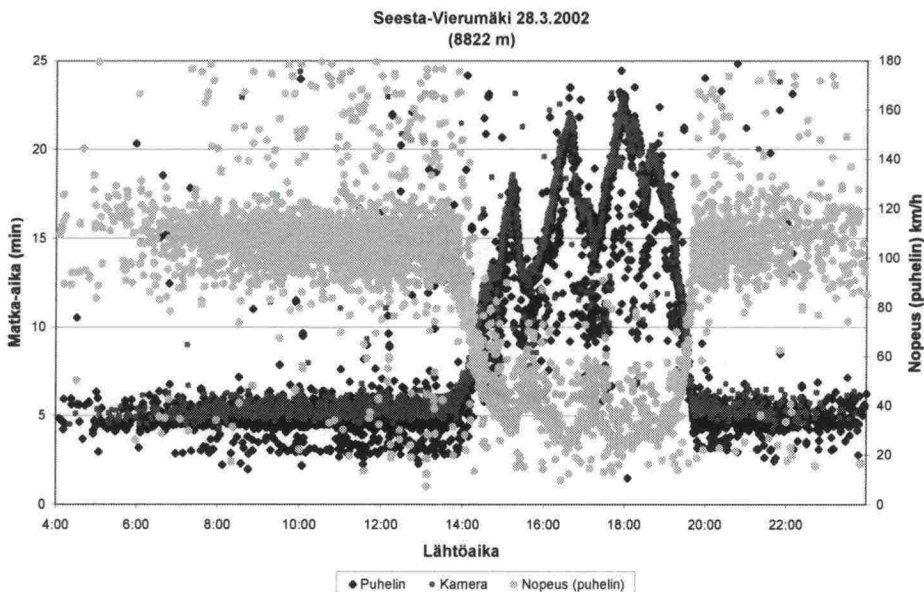


Kuva 5. Kymijärvi – Seesta pohjoiseen 28.3.2002.



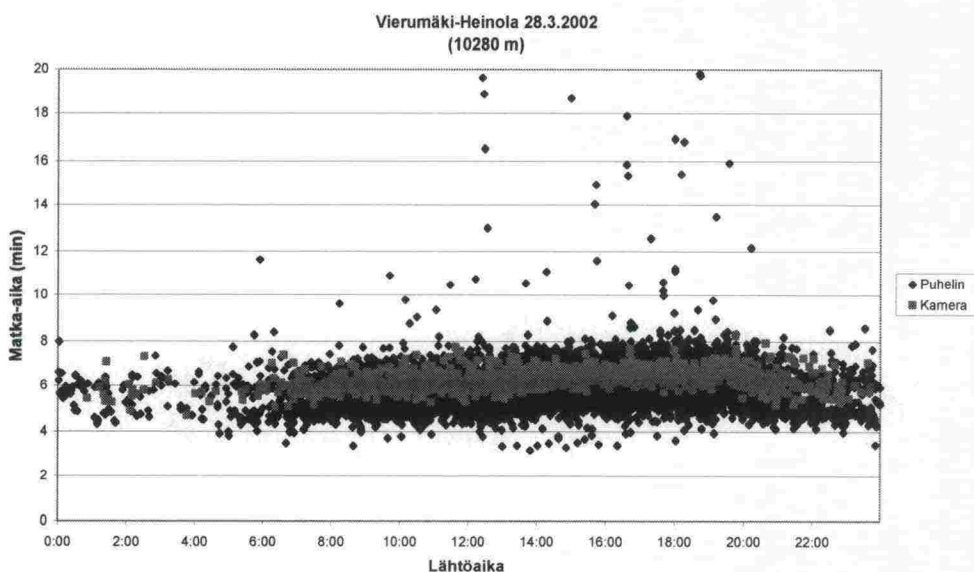
Kuva 6. Mediaanimatka-ajat linkillä Kymijärvi – Seesta pohjoiseen 28.3.2002.

Ruuhka-ajan havaintojen alapuolella näkyvät yksittäiset havainnot voivat olla ajoneuvoista, jotka ovat käyttäneet ohituskaistaa (Kuva 7). Havainnot näkyvät molemmissa järjestelmissä. Havaintoja ajoneuvoista nopeuksilla 120-180 km/h on runsaasti. Oletettavasti tämä onkin merkki järjestelmässä ilmeneestä ongelmasta. Ongelmaa on käsitelty tarkemmin luvussa 5.5.



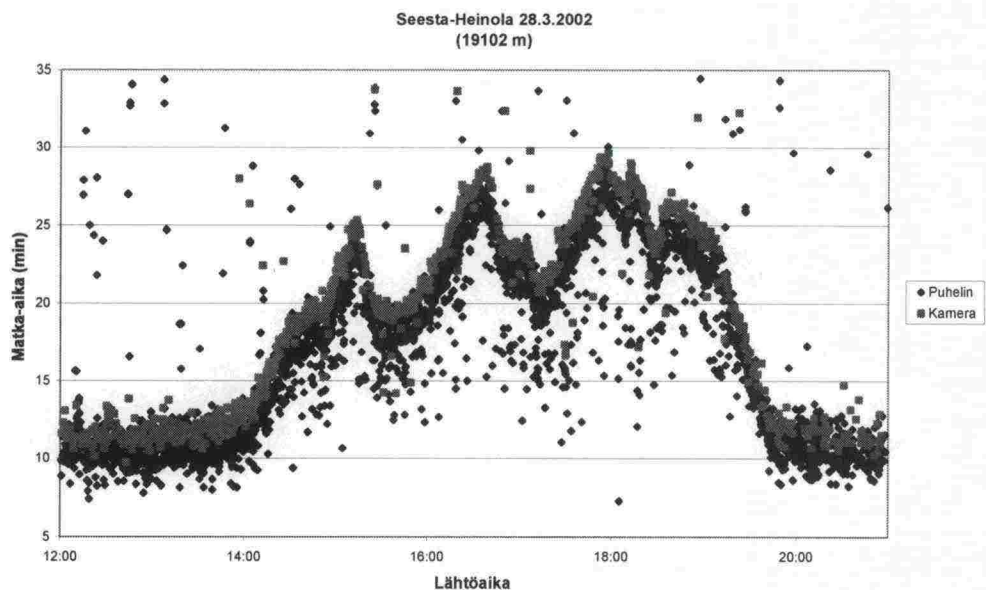
Kuva 7. Seesta – Vierumäki pohjoiseen 28.3.2002.

Ruuhkaa ei erotu enää viimeisellä linkillä (Kuva 8). Tällä linkillä ruuhkat ovatkin yleensä harvinaisia. Rekisteritunnusmenetelmän havaintojen alapuolella oleva runsas matka-aikapalvelun havaintomäärä on luultavimmin myös merkki havaintojen kertymiseen liittyvästä ongelmasta.

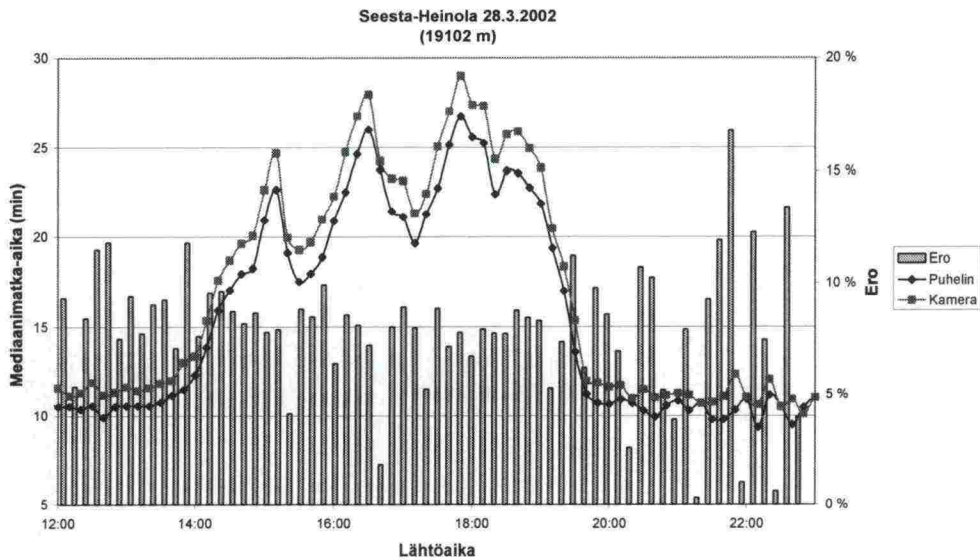


Kuva 8. Vierumäki – Heinola pohjoiseen 28.3.2002.

Systemaattinen ero matka-ajoissa voi johtua linkkien sijaintierosta tai virheellisistä havainnoista (Kuva 9 ja Kuva 10). Linkille laskettu mediaanimatka-aika osoittaa, että jalostettaessa aineistoa liikenteellisiksi tunnusluvuiksi pelkkä yhdenmuotoisuus ei riitä. Pieni ero kaikkien havaintojen kuvaajassa voi aiheuttaa selkeän eron mediaanikuvaajaan.

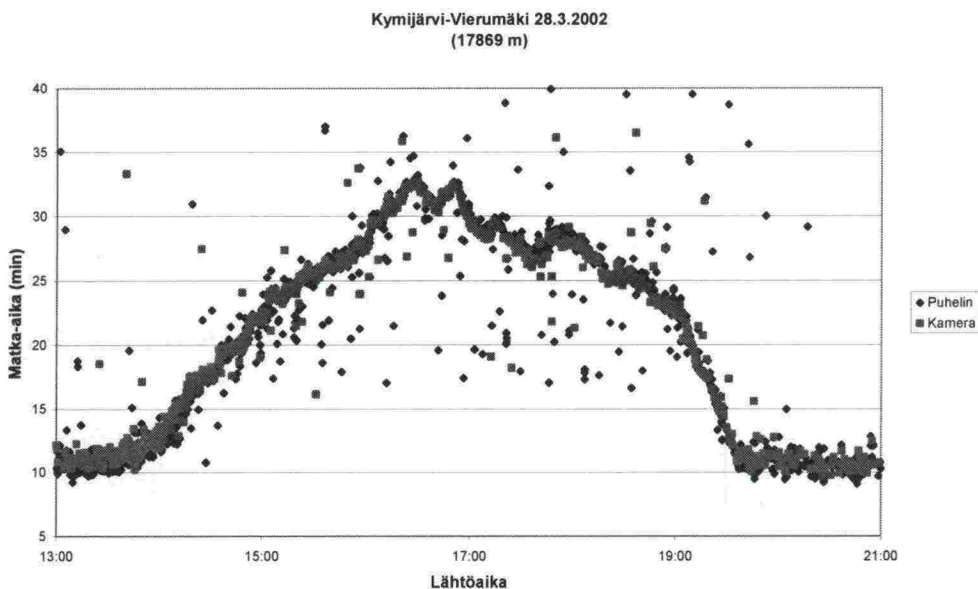


Kuva 9. Seesta – Heinola pohjoiseen 28.3.2002.

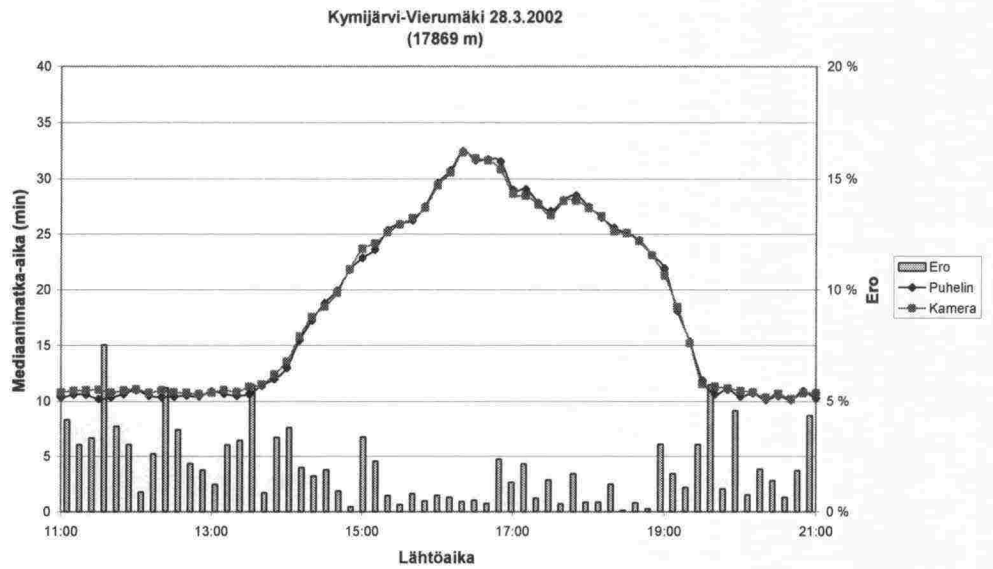


Kuva 10. Mediaanimatka-ajat linkillä Seesta – Heinola pohjoiseen 28.3.2002.

Linkin ollessa pitkä ja vapaa järjestelmän häiriöiltä, muodostavat järjestelmät lähes yhtenevät kuvaajat (Kuva 11 ja Kuva 12). Mediaanimatka-aikojen erot ovat kuvaajassa alle minuutin ja ero prosentteina lähes aina alle 5 %.

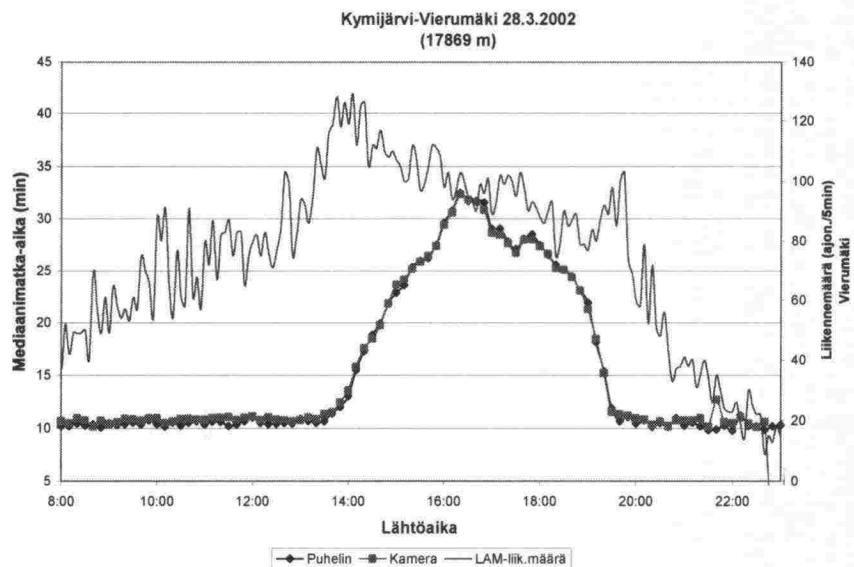


Kuva 11. Kymijärvi – Vierumäki pohjoiseen 28.3.2002.

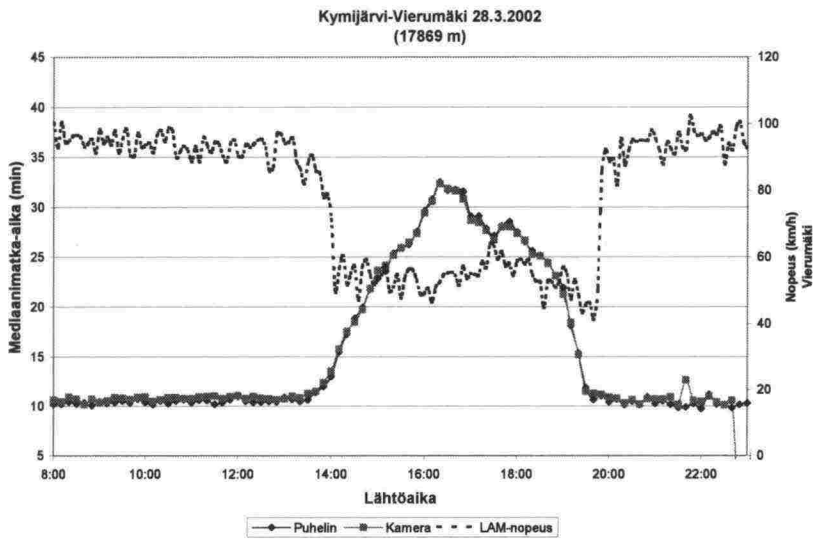


Kuva 12. Mediaanimatka-ajat linkillä Kymijärvi - Vierumäki pohjoiseen 28.3.2002.

Liikennevirran käyttäytyminen ruuhkassa tien kapasiteetin ylärajoilla havaitaan järjestelmässä (Kuva 13 ja Kuva 14). Matka-aikojen kasvaessa myös LAM-pisteen nopeus ja lopulta myös liikennemäärä laskevat. Ruuhkan helpottaessa liikennemäärä lähtee jälleen hetkeksi nousuun ennen lopullista laskua.

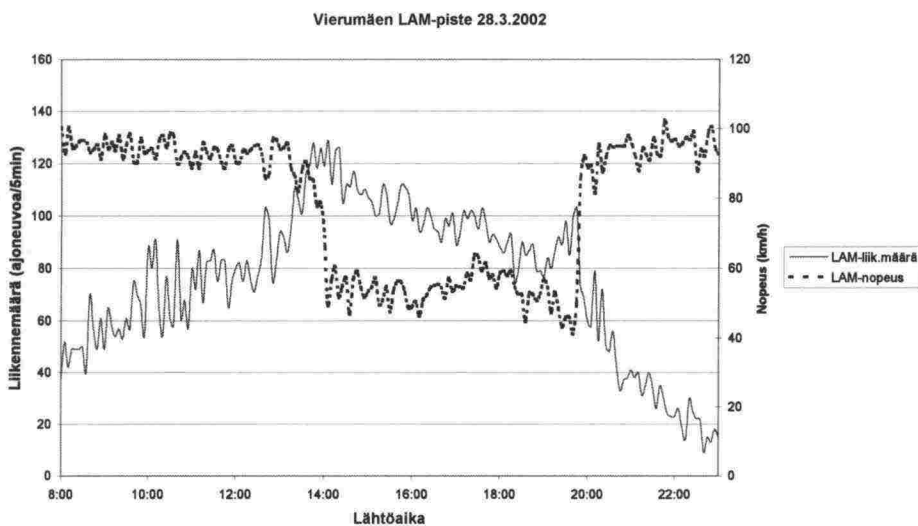


Kuva 13. Vierumäen LAM-pisteen liikennemäärä pohjoiseen 28.3.2002.



Kuva 14. Vierumäen LAM-pisteen nopeustieto pohjoiseen 28.3.2002.

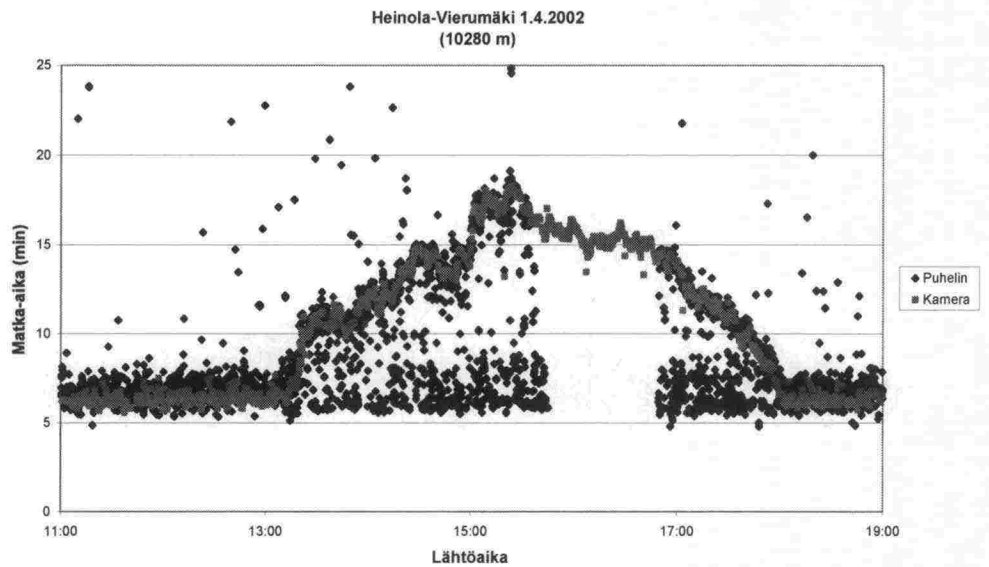
Liikennevirralla kestää "toipua" ruuhkasta (Kuva 15). Vaikka liikennemäärä on jo laskenut samalle tasolle kuin ennen nopeuksien romahdusta ei matkanopeudessa ole kuitenkaan tapahtunut vielä muutosta parempaan.



Kuva 15. Vierumäen LAM-piste pohjoiseen 28.3.2002.

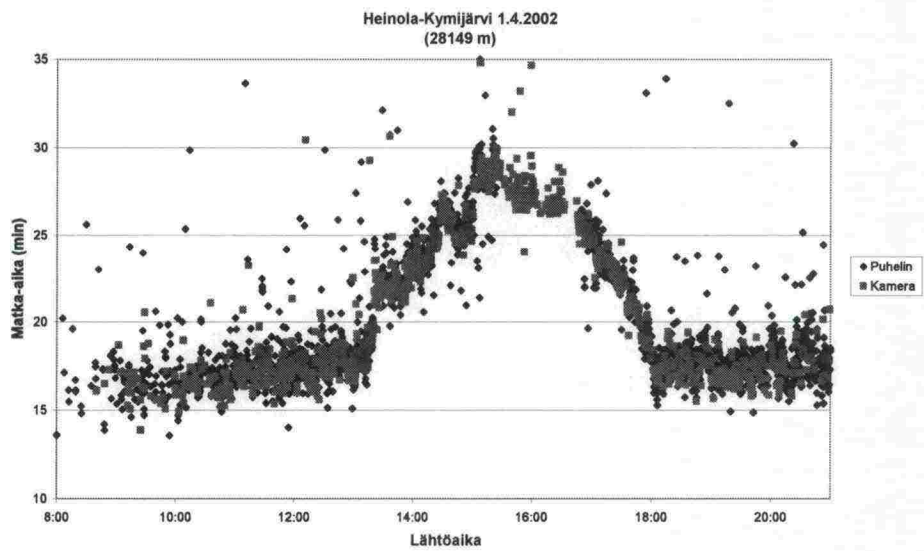
Pääsiäisen paluuliikenne

Pääsiäisen paluuliikenteessä ei ilmennyt poikkeuksellisia havaintoja. Iltapäivällä 1.4.2002 matka-aikapalvelun toiminnassa oli noin tunnin mittainen toimintahäiriö (Kuva 16). Ruuhkan alapuolella oleva yhtenäinen havaintopilvi on rinnakkaistieltä ja/tai havaintojen kulkema matka on ollut lyhyempi. Toimintavirhe matka-aikapalvelussa näkyy myös linkillä Vierumäki – Seesta.

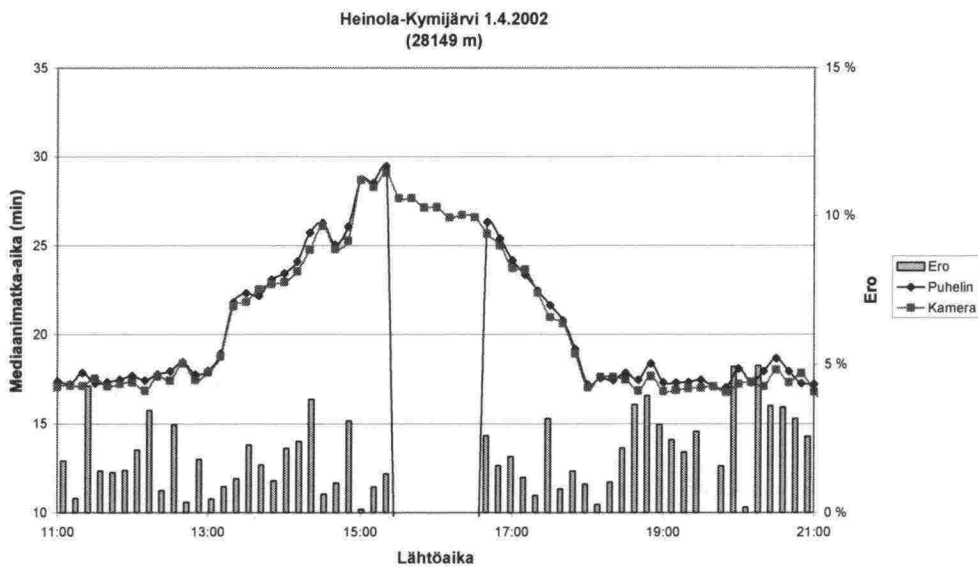


Kuva 16. Katkos matka-aikapalvelun toiminnassa 1.4.2002 klo. 15.30-16.45.

Matka-aikapalvelu on toiminut hyvin pitkällä linkkivälillä ja erot ovat vähäiset. (Kuva 17 ja Kuva 18).



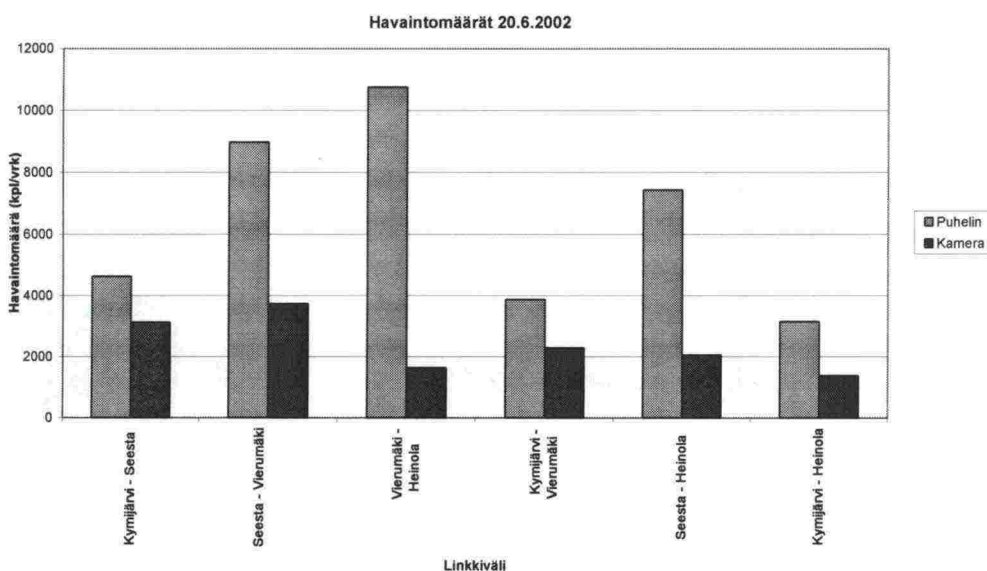
Kuva 17. Heinola – Kymijärvi etelään 1.4.2002.



Kuva 18. Mediaanimatka-ajat linkillä Heinola - Kymijärvi etelään 1.4.2002.

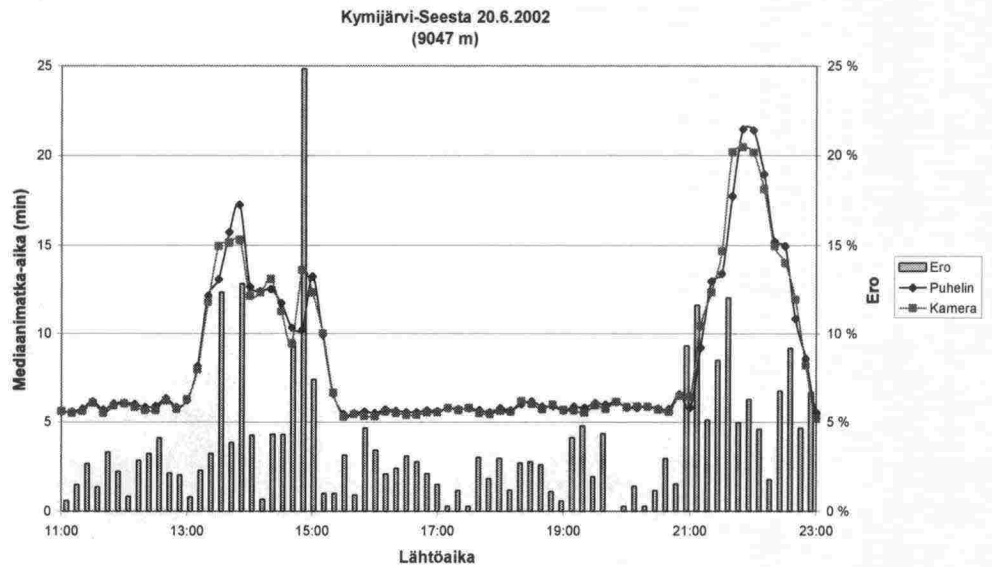
Juhannuksen meno- ja paluuliikenne

Juhannuksen menoliikenteessä ei esiintynyt erityisiä poikkeamia pääsiäisen vastaaviin havaintoihin verrattuna. Paluuliikenteen osalta vertailua vaikeutti Vierumäen pisteen kamerajärjestelmän toimintahäiriö. Valtatien 4 paluuliikennettä on vertailtu sunnuntai 9.6.2002 aineistosta. Havaintomääräkuva menoliikenteeltä 20.6.2002 osoittaa ongelmista Vierumäen läheisyydessä (Kuva 19). Kuvassa matka-aikapalvelun havaintomäärät nousevat äkillisesti Vierumäen linkeillä.

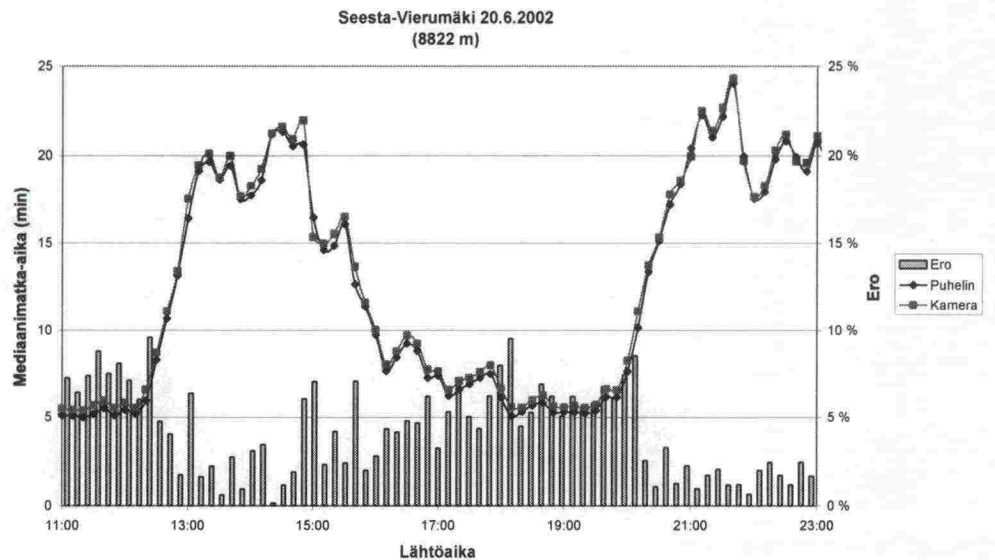


Kuva 19. Vuorokauden havaintomäärät linkkiväleittäin juhannuksen menoliikenteellä 20.6.2002.

Juhannuksen menoliikenteen ruuhka oli kaksivaiheinen. Mediaanikuvaajat osoittavat järjestelmän toimineen hyvin (Kuva 20 ja Kuva 21).

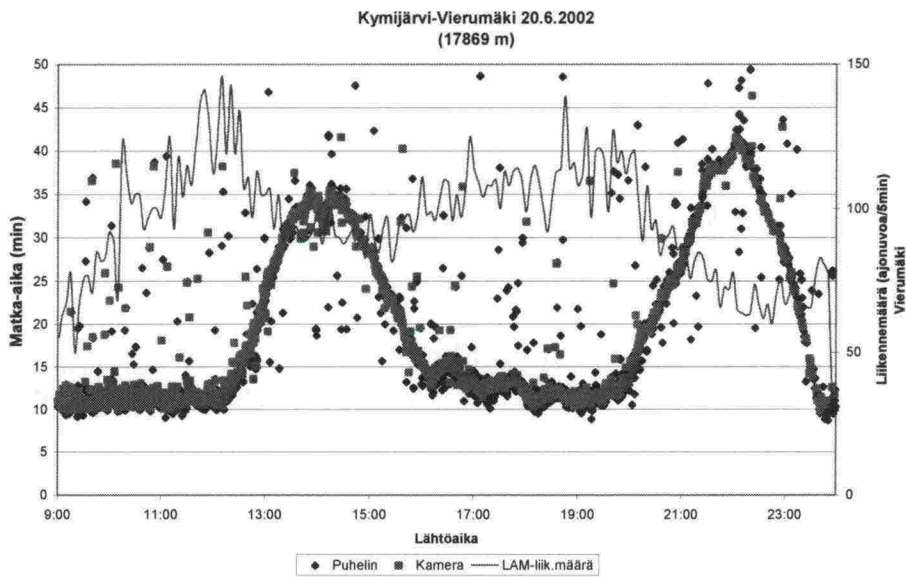


Kuva 20. Mediaanimatka-ajat linkillä Kymijärvi – Seesta pohjoiseen 20.6.2002.



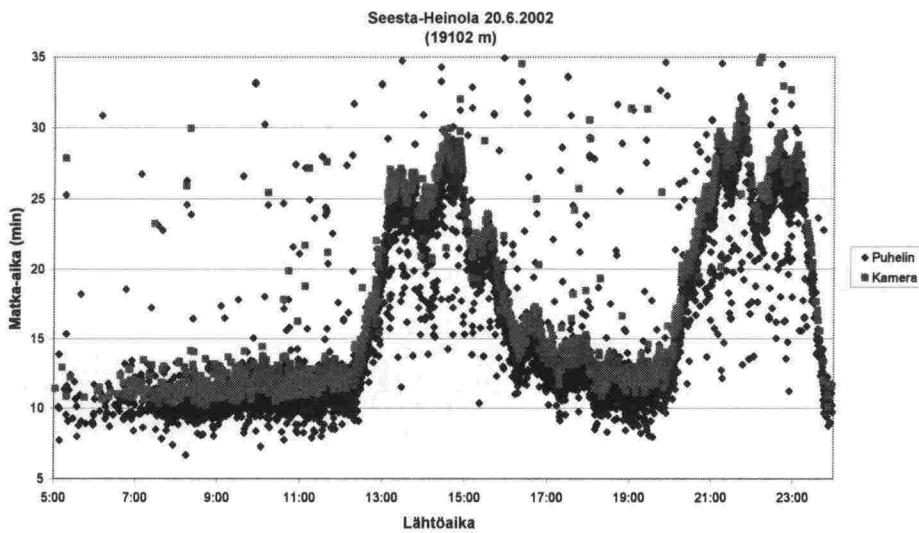
Kuva 21. Mediaanimatka-ajat linkillä Seesta - Vierumäki pohjoiseen 20.6.2002.

Kuten pääsiäisliikenteessä, myös juhannuksena pitkät linkit Kymijärvi-Vierumäki (Kuva 22) ja Kymijärvi-Heinola toimivat moitteetta ja erot järjestelmien välillä olivat vähäisiä.

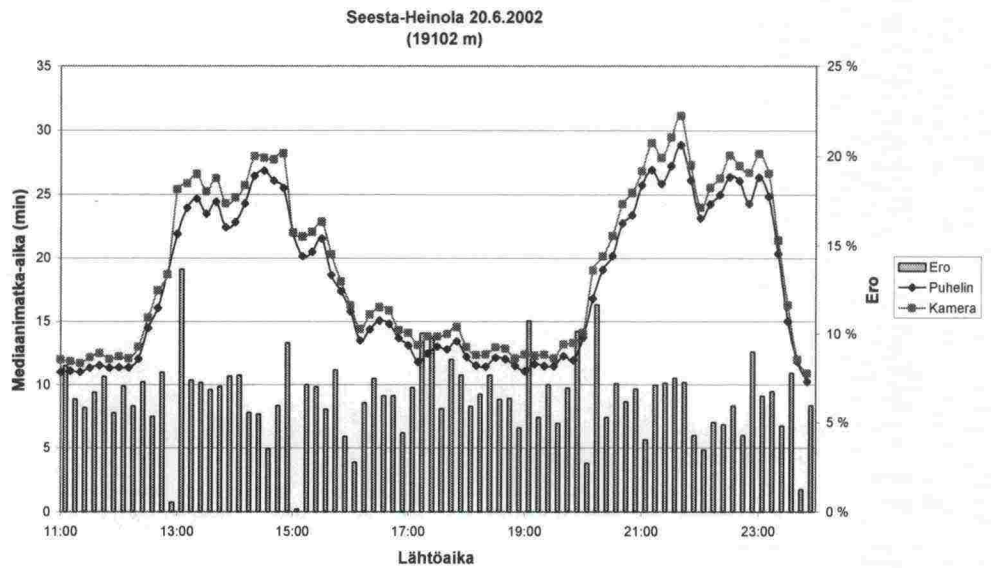


Kuva 22. Kymijärvi – Vierumäki pohjoiseen 20.6.2002.

Kuvaajat välillä Seesta-Heinola ovat muodoiltaan yhtenevät, mutta matka-aikapalvelu on tuottanut hieman pienempiä matka-aikoja (Kuva 23 ja Kuva 24).



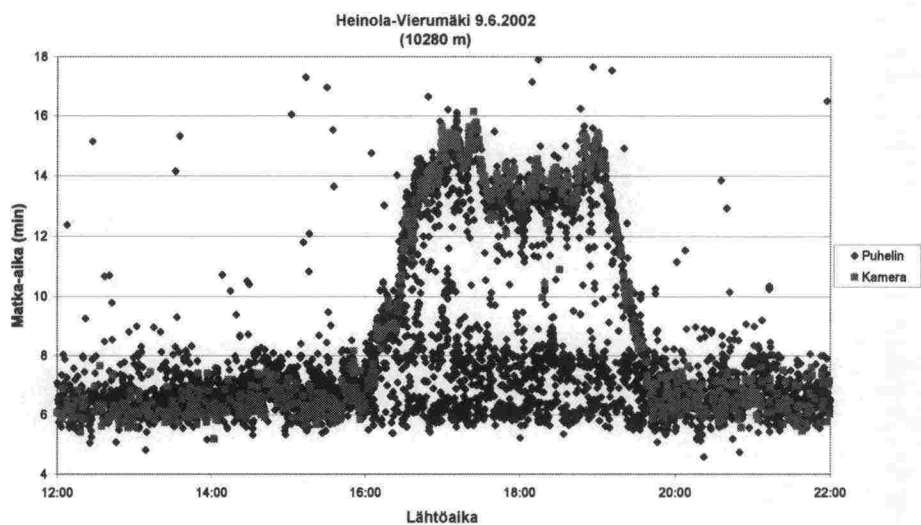
Kuva 23. Seesta – Heinola pohjoiseen 20.6.2002.



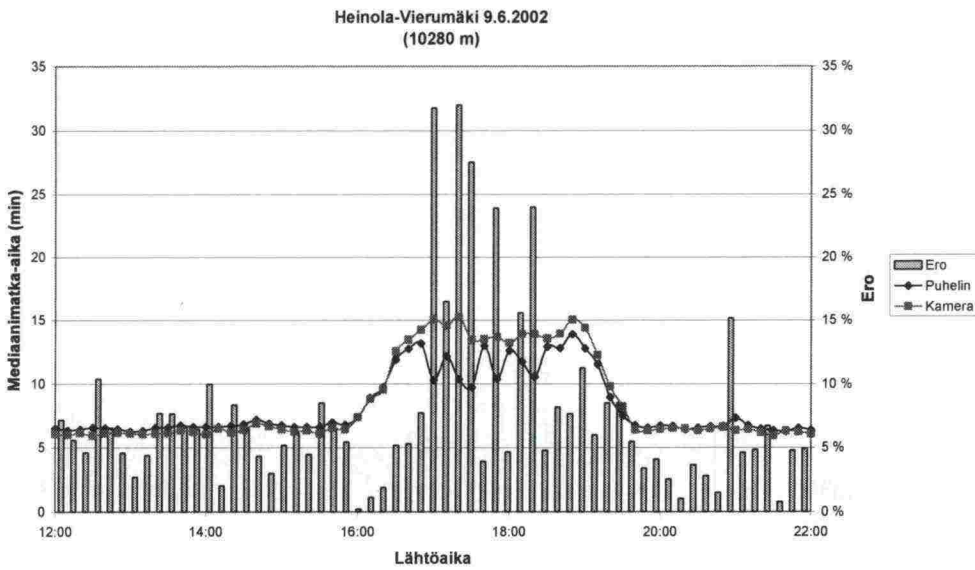
Kuva 24. Mediaanimatka-ajat linkillä Seesta – Heinola pohjoiseen 20.6.2002.

Paluuliikenne valtatiellä 4

Rekisteritunnusmenetelmän Vierumäen pisteen toimintahäiriön vuoksi ei juhannuksen paluuliikenteen kaikkia linkkejä pystytty vertailemaan. Vertailu tehtiin tämän vuoksi aiemmalta sunnuntailta 9.6.2002. Juhannuksen paluuliikenteen kuvaajat ovat liitteessä 1. Virheelliset havainnot erottuvat kuvissa havaintoina ruuhkan alapuolella (Kuva 25 ja Kuva 26). Lisäksi nähdään, kuinka virhe vaikuttaa mediaanissa. Sujuvalla liikenteellä virhettä ei havaitse, mutta ruuhkassa ero on suurempi.

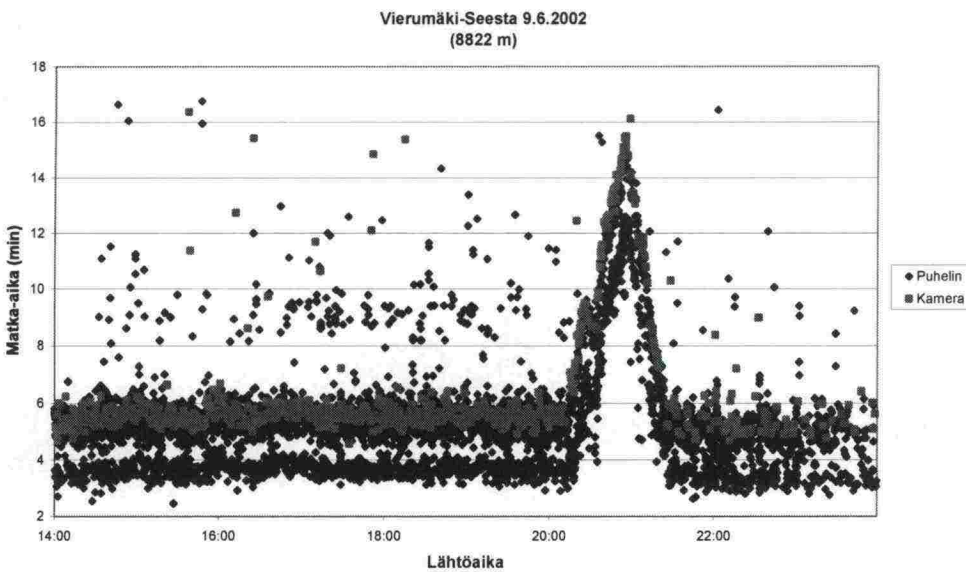


Kuva 25. Heinola - Vierumäki etelään 9.6.2002.



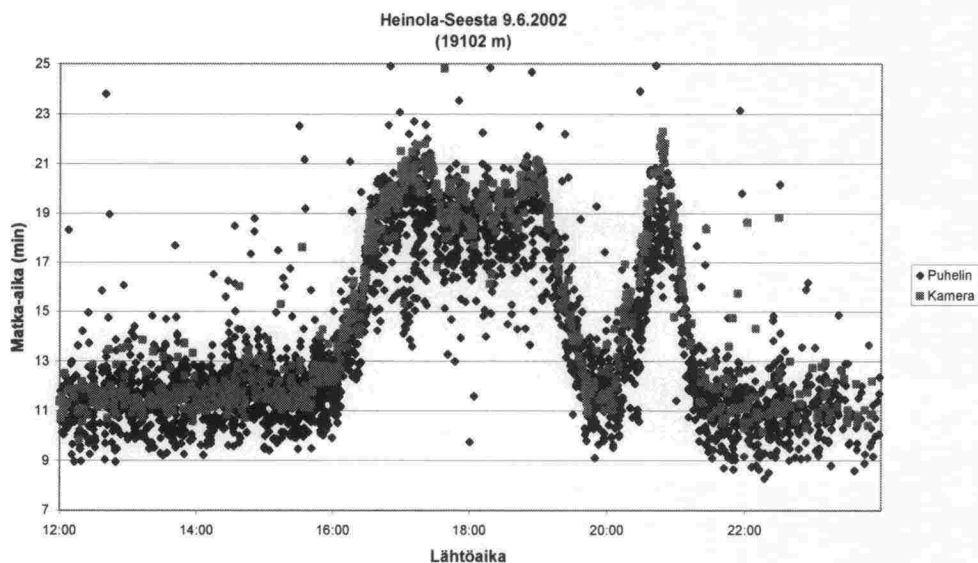
Kuva 26. Mediaanimatka-ajat linkillä Heinola – Vierumäki etelään 9.6.2002.

Kuvassa 30 alemman kuvaajan muoto seuraa lähes identtisesti ylempiä havainnoja (Kuva 27). Jos kyseiset havainnot olisivat rinnakkaistieltä, ne poikkeaisivat todennäköisesti joiltakin osin toisistaan. Havainnot lienevätkin myös seurattavalta tieltä mutta puhelimen havainnointikohta on ollut eri paikassa ja havainnon tuottaneen ajoneuvon kulkema matka on ollut lyhyempi.

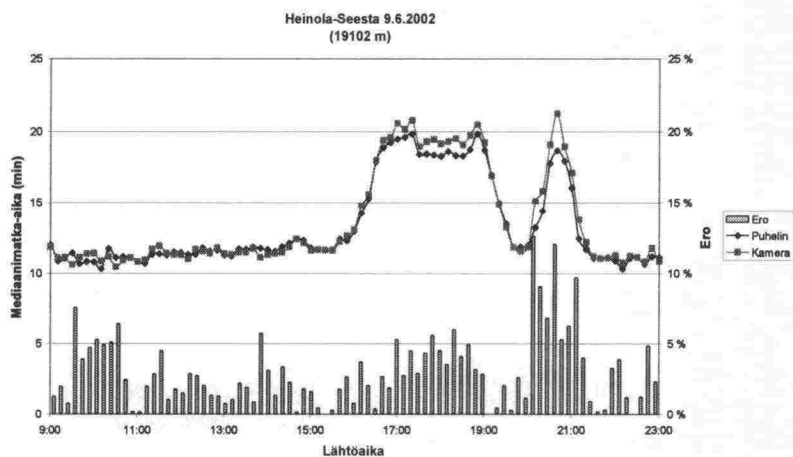


Kuva 27. Vierumäki – Seesta etelään 9.6.2002.

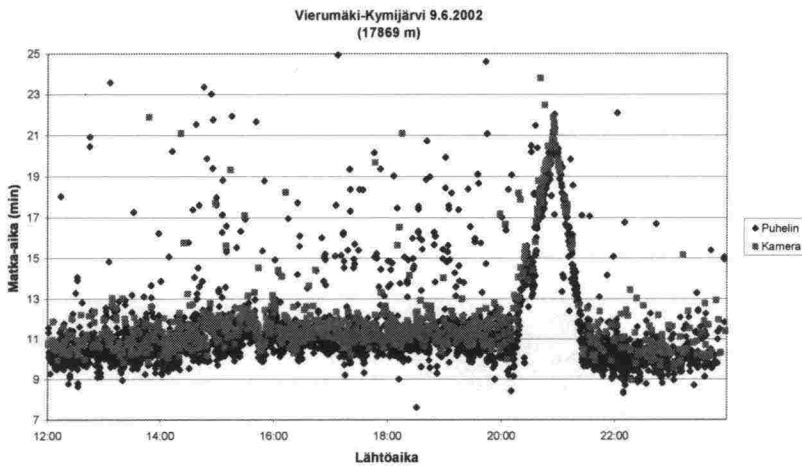
Seuraavassa on valtatie 4 linkkejä etelään (Kuva 28, Kuva 29, Kuva 30 ja Kuva 31). Linkeillä tekniset ongelmat ovat olleet vähäisiä, ja lopputulos on ollut hyvä.



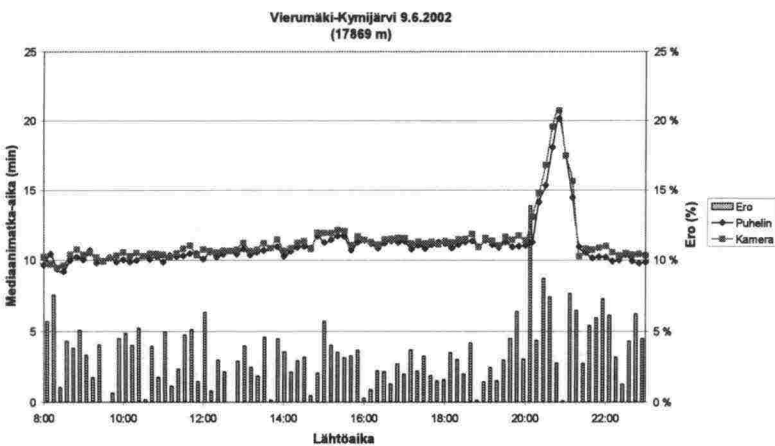
Kuva 28. Heinola – Seesta etelään 9.6.2002.



Kuva 29. Mediaanimatka-ajat linkillä Heinola - Seesta etelään 9.6.2002.



Kuva 30. Vierumäki – Kymijärvi etelään 9.6.2002.



Kuva 31. Mediaanimatka-ajat linkillä Vierumäki – Kymijärvi etelään 9.6.2002.

Taulukkoon 4 on laskettu valtatie 4 linkkien mediaanimatka-aikojen prosentuaalisten erojen itseisarvojen keskiarvot ja keskiarvot sekä sujuvalle että ruuhkaiselle liikenteelle yhdeltä päivältä kumpaankin suuntaan. Keskiarvot on laskettu kello 6.00 – 22.00 väliselle ajalle. Taulukosta havaitaan Vierumäen linkin ongelmien vaikutus. Taulukkoa tulkittaessa on huomattava, että laskelmat perustuvat vain yhteen päivään. Tulosten yleistämiseksi olisi aineistoa tarkasteltava useilta päiviltä. Näyttäisi kuitenkin siltä, että linkit joissa on oletettu systemaattista virhettä olevan, ovat myös taulukossa linkkejä, joilla lukuarvon vaihtelua ei ole esiintynyt. Sen sijaan linkeillä, jotka ovat toimineet hyvin ja erot ovat olleet pieniä, erottuu satunnaista vaihtelua.

Taulukko 2. Valtatien 4 linkkien mediaanimatka-aikojen prosentuaalisten erojen **itseisarvojen keskiarvot** ja keskiarvot.

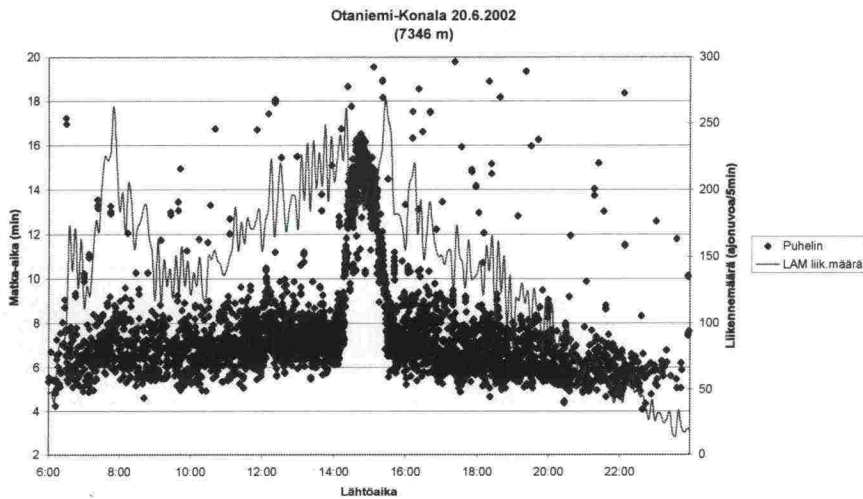
VT 4	28.3.2002 (pohjoiseen)	9.6.2002 (etelään)
Heinola - Vierumäki		
Normaali		7% ja -7%
Ruuhka		11% ja -11%
Vierumäki - Heinola		
Normaali	11% ja 11%	
Ruuhka	ei erityistä ruuhkaa	
Vierumäki - Seesta		
Normaali		9% ja 8%
Ruuhka		15% ja 15%
Seesta - Vierumäki		
Normaali	7% ja 7%	
Ruuhka	4% ja 4%	
Seesta - Kymijärvi		
Normaali		4% ja 3%
Ruuhka		2% ja 1%
Kymijärvi - Seesta		
Normaali	3% ja -2%	
Ruuhka	5% ja -1%	
Heinola - Kymijärvi		
Normaali		3% ja -1%
Ruuhka		2% ja 1%
Kymijärvi - Heinola		
Normaali	4% ja 4%	
Ruuhka	4% ja 3%	
Heinola - Seesta		
Normaali		3% ja 1%
Ruuhka		4% ja 3%
Seesta - Heinola		
Normaali	9% ja 9%	
Ruuhka	8% ja 8%	
Vierumäki - Kymijärvi		
Normaali		4% ja 2%
Ruuhka		6% ja 5%
Kymijärvi - Vierumäki		
Normaali	4% ja 2%	
Ruuhka	2% ja 0%	

5.3 Kehä 1

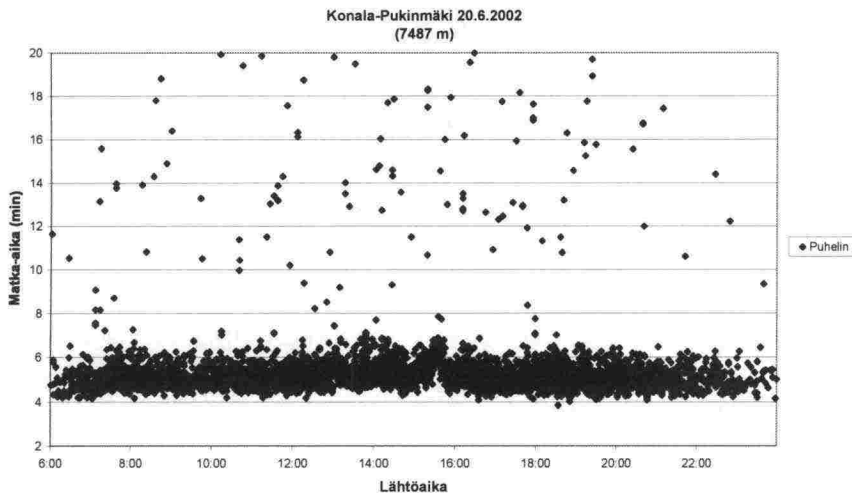
5.3.1 Pääsiäisen ja juhannuksen meno- ja paluuliikenne

Kehä I:n osalta sekä pääsiäis- että juhannusliikenne sujuivat hyvin. Mielenkiintoista oli todeta tiedotuksen vaikutus. Esimerkiksi juhannuksena Kehällä vältyttiin pahoilta ruuhkilta ja linkeillä, joilla jo arkipäivisin on ruuhkaa, liikenne oli sujuvaa. Juhannusliikenteellä ihmisiä neuvottiin käyttämään esim. valtatieta 3 valtatie 4 sijaan pohjoiseen mentäessä. Ruuhka näkyy vielä välillä Otaniemi-Konala, mutta yleensä ruuhkautuva väli Konala-Pukimäki oli

jo sujuva (Kuva 32 ja Kuva 33). Juhannuksena matka-ajat olivat Konala-Pukinmäki -linkillä noin 5-6 minuuttia, kun ne yleensä arkipäivisin voivat ruuhka-aikaan olla 10-15 minuuttia. Vertailua rekisteritunnusmenetelmän kanssa juhannuksen osalta ei voitu tehdä LPR-järjestelmän vian vuoksi.

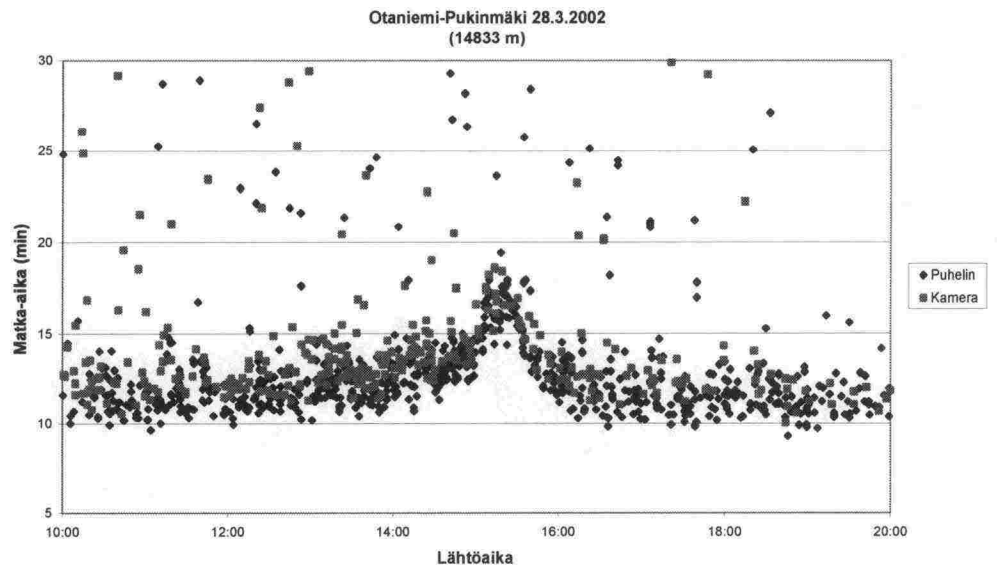


Kuva 32. Otaniemi – Konala itään 20.6.2002.

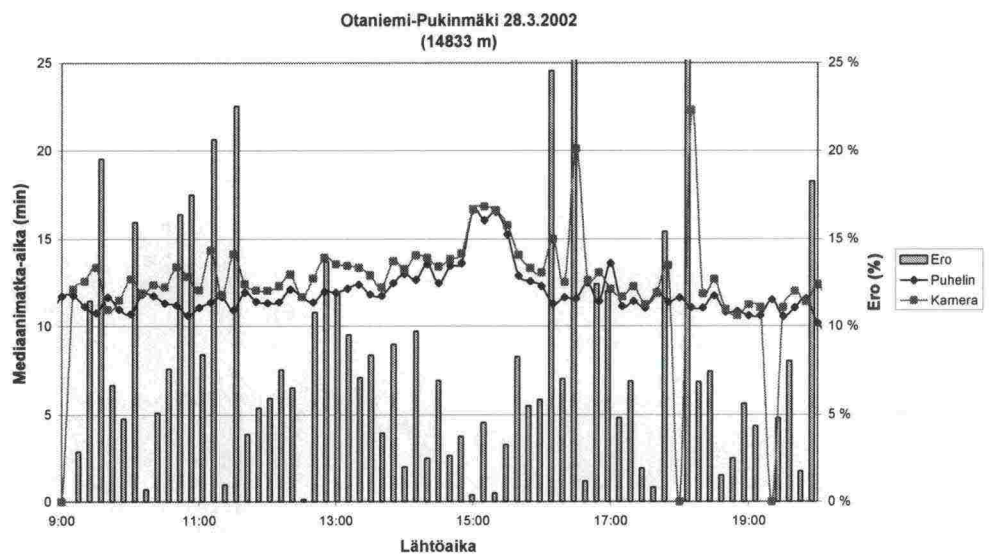


Kuva 33. Konala – Pukinmäki itään 20.6.2002.

Pääsiäisliikenteen Otaniemi-Pukinmäki -linkin kuvista mm. näkyy kuinka herkästi mediaanit voivat järjestelmien välillä vaihdella, mikäli havaintoja on vähän (Kuva 34 ja Kuva 35). Tarkastelupisteiden sijainnit eivät ole myöskään täysin yhtenevät.

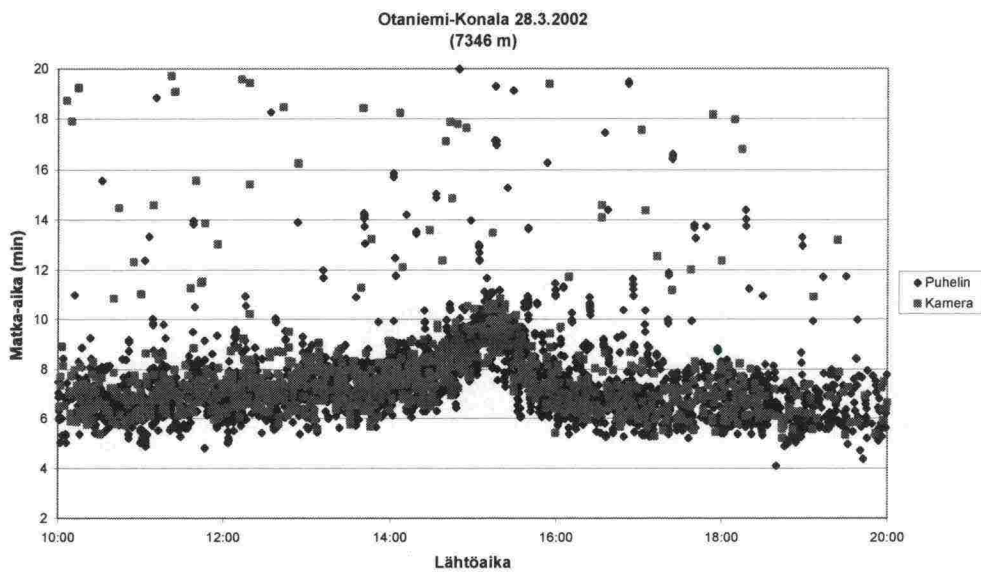


Kuva 34. Otaniemi – Pukinmäki itään 28.3.2002.

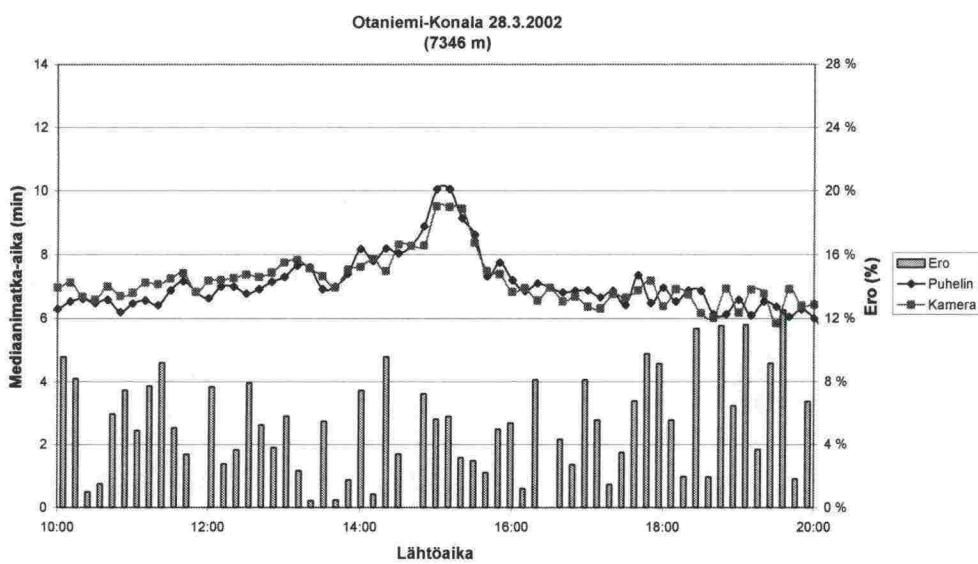


Kuva 35. Mediaanimatka-ajat linkillä Otaniemi – Pukinmäki itään 28.3.2002.

Kun havaintoja on paljon, ovat myös mediaanien yksittäiset vaihtelut vähäisempiä (Kuva 36 ja Kuva 37).

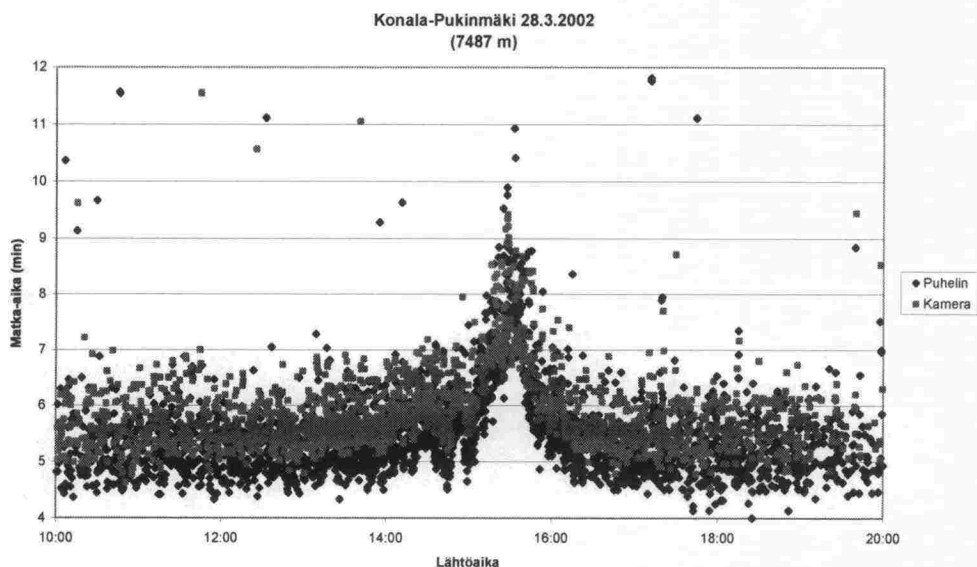


Kuva 36. Otaniemi – Konala itään 28.3.2002.

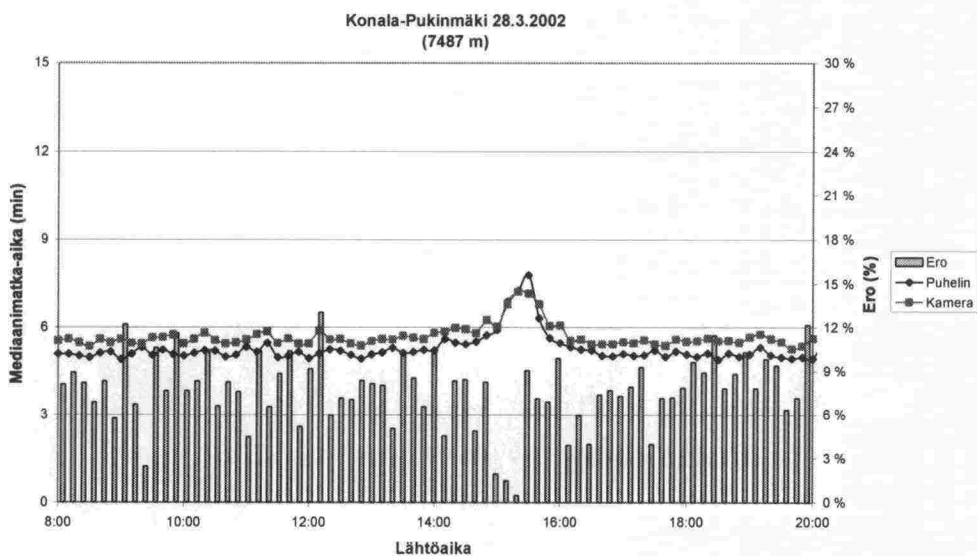


Kuva 37. Mediaanimatka-ajat linkillä Otaniemi – Konala itään 28.3.2002.

Matka-aikapalvelu tuottaa Konala – Pukinmäki -linkillä hieman lyhyempiä matka-aikoja kuin LPR-menetelmä (Kuva 38 ja Kuva 39). Vaikutus näkyy myös mediaanissa.



Kuva 38. Konala - Pukinmäki itään 28.3.2002.

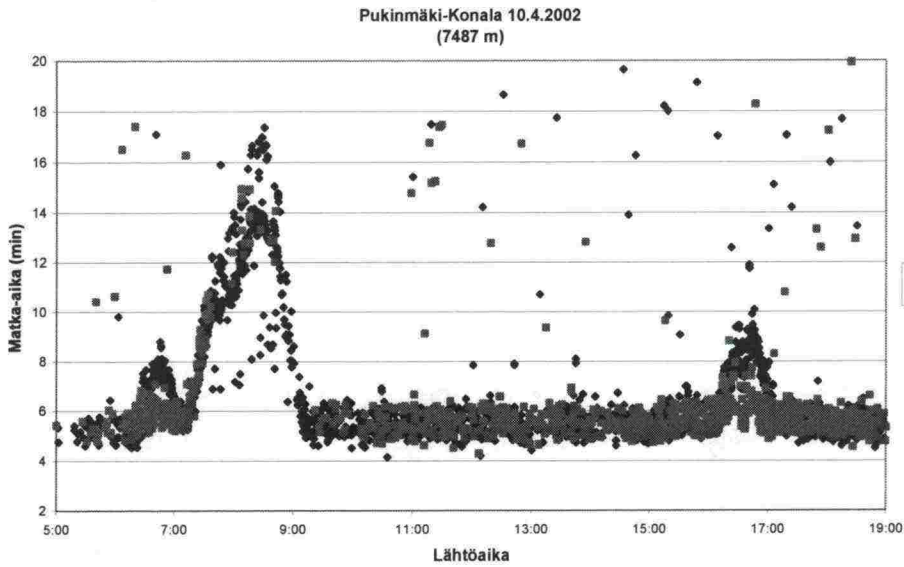


Kuva 39. Mediaanimatka-ajat linkillä Konala - Pukinmäki itään 28.3.2002.

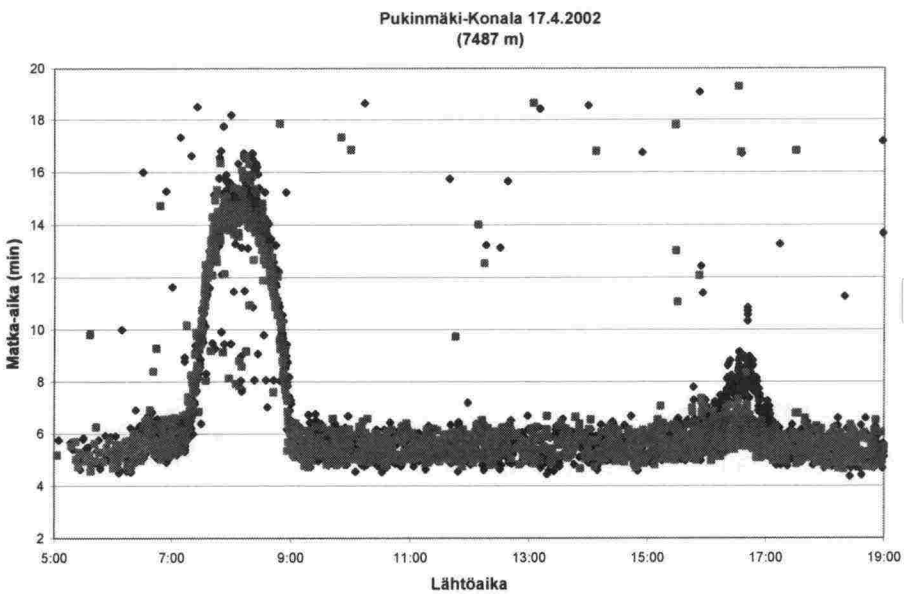
Kehä I länteen

Kokeilun alkuvaiheessa suunnan Kehä I länteen ongelmana oli linkillä Konala-Otaniemi kertyvien havaintojen vähyys. Ongelma korjattiin havaintoihin käytettävää tukiasemaa vaihtamalla. Mielenkiintoisia ovat havainnot ruuhkan tunnistamisesta ja sen voimakkuudesta (Kuva 40 ja Kuva 41). Matka-

aikapalvelu tunnistaa ruuhkan voimakkaammin esim. iltapäiväruuhkassa, vaikka aamuruuhkan yhteydessä kuvaajat voivat olla lähes yhteneviä. Tämä vaihtelu johtunee linkkien sijaintierosta.

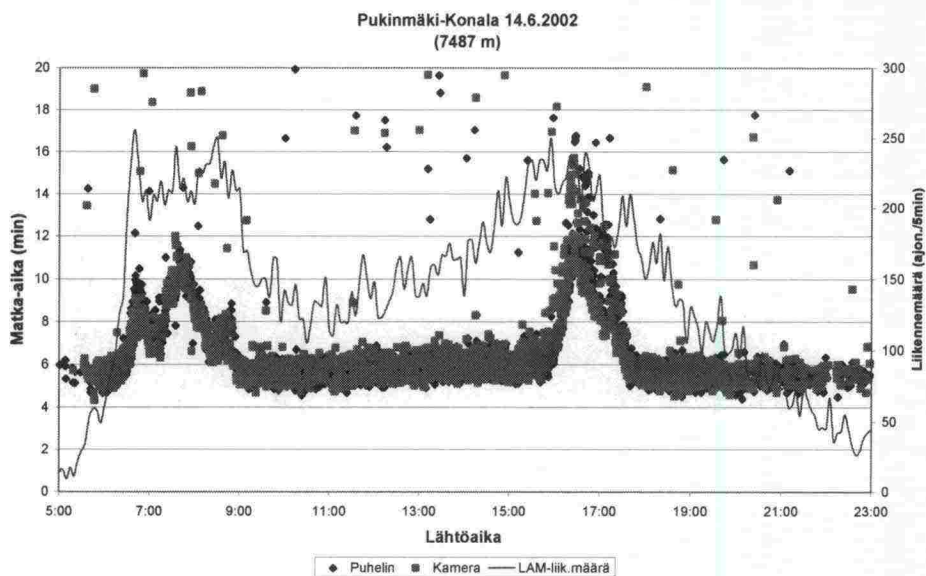


Kuva 40. Pukimäki – Konala länteen 10.4.2002.

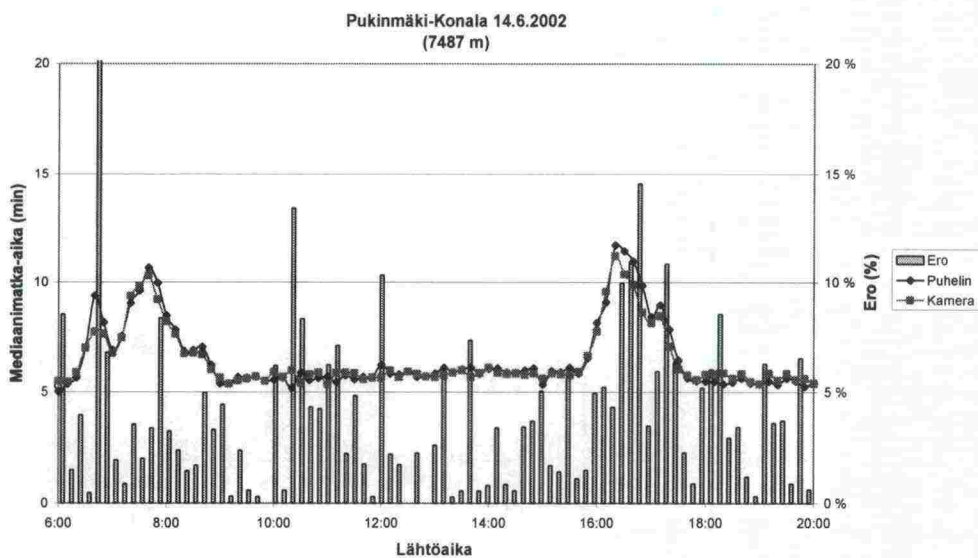


Kuva 41. Pukimäki – Konala länteen 17.4.2002.

Konalan LAM-pisteen liikennemäärätiedot länteen ja Pukinmäki-Konala –linkin matka-aikahavainnot 14.6.2002 käyttäytyvät toisiinsa nähden odotetulla tavalla (Kuva 42 ja Kuva 43).

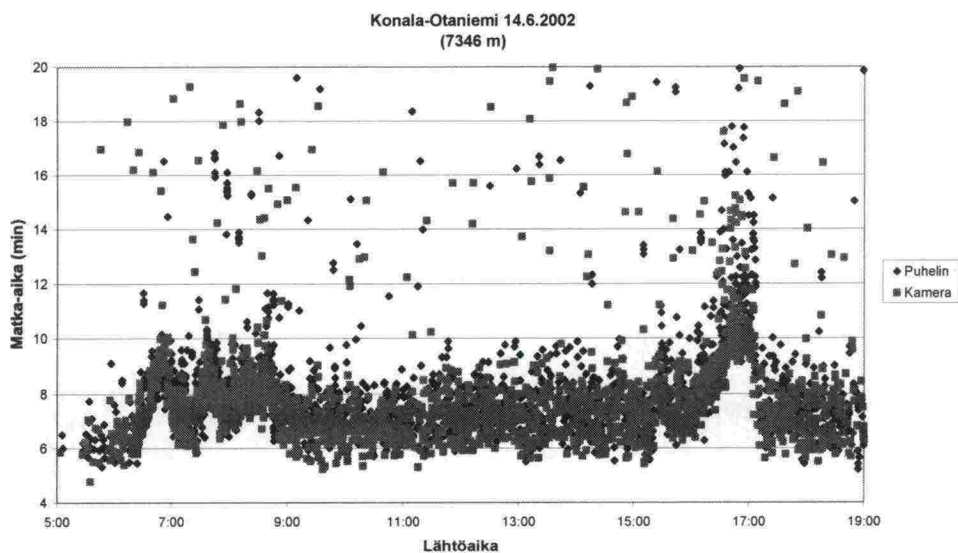


Kuva 42. Pukinmäki – Konala länteen 14.6.2002.

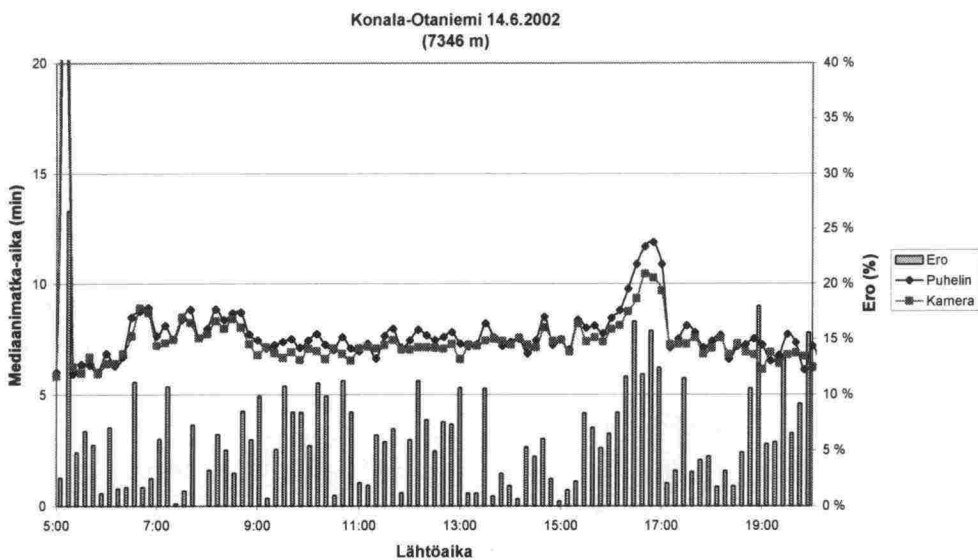


Kuva 43. Mediaanimatka-ajat linkillä Pukinmäki – Konala länteen 14.6.2002.

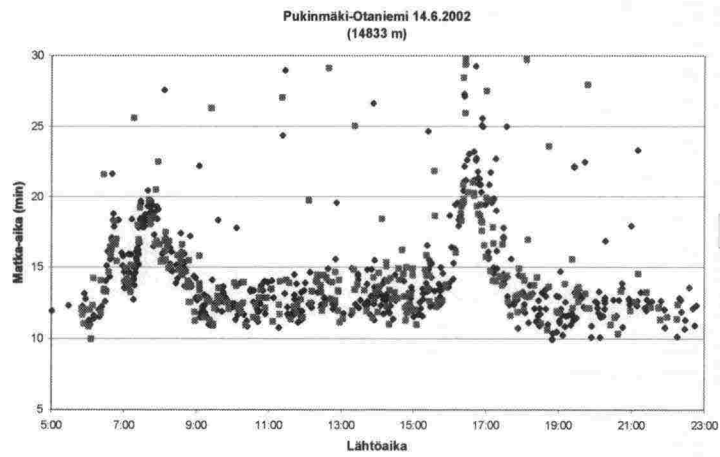
Tarkastelulinkit Konala-Otaniemi ja Pukinmäki-Otaniemi länteen 14.6.2002
(Kuva 44, Kuva 45, Kuva 46 ja Kuva 47).



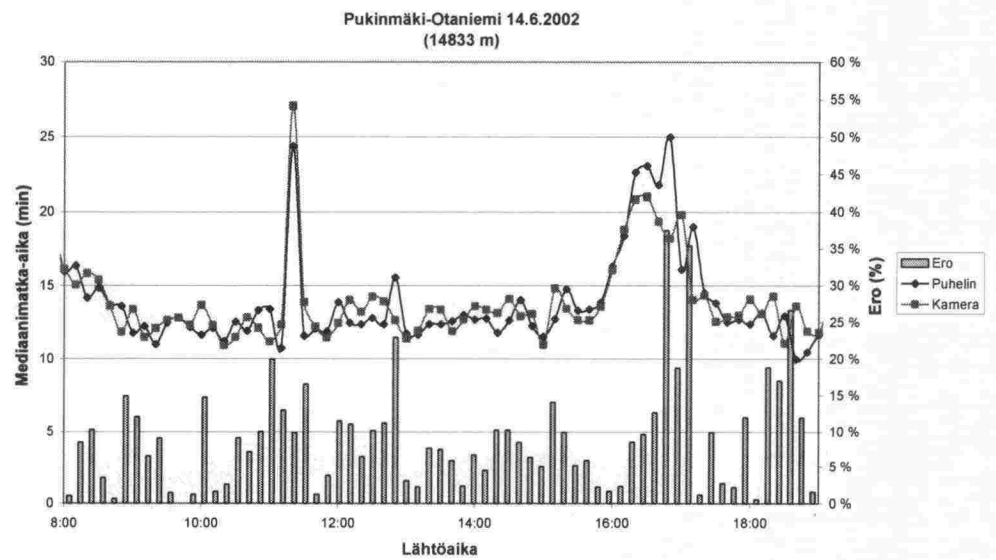
Kuva 44. Konala – Otaniemi länteen 14.6.2002.



Kuva 45. Mediaanimatka-ajat linkillä Konala - Otaniemi länteen 14.6.2002.



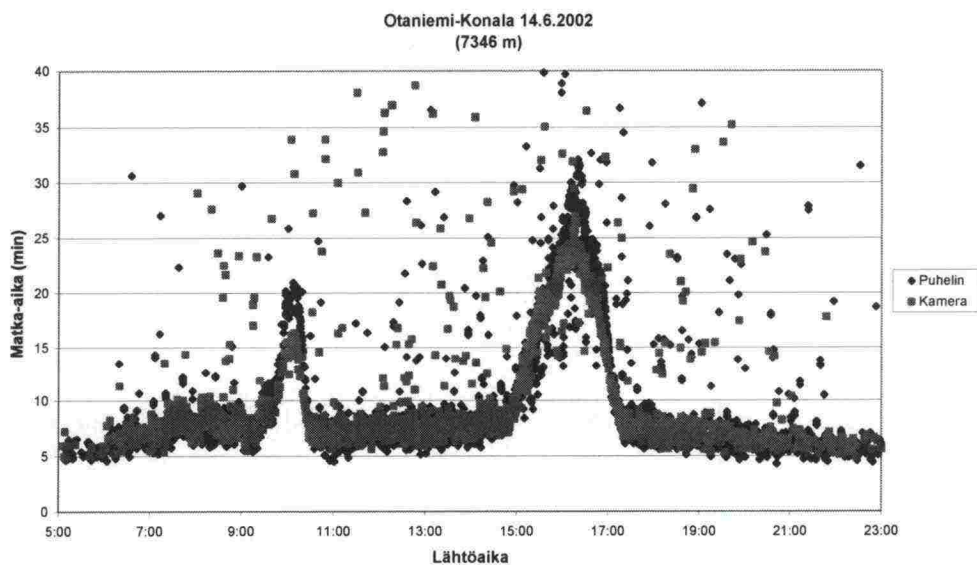
Kuva 46. Pukinmäki – Otaniemi länteen 14.6.2002.



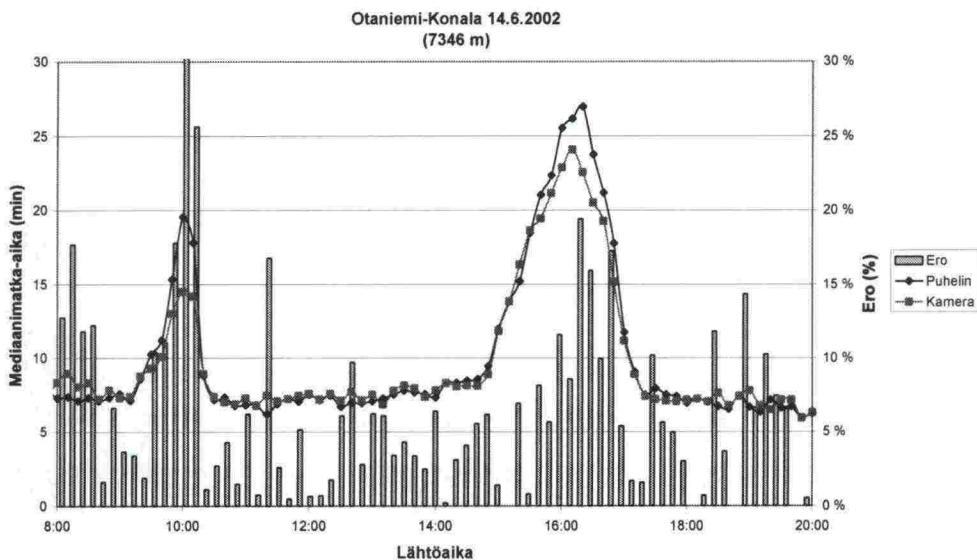
Kuva 47. Mediaanimatka-ajat linkillä Pukinmäki - Otaniemi länteen 14.6.2002.

Kehä I itään

Järjestelmä toimi hyvin ja kuten aiemmissa kuvissakin, eroja syntyi ruuhka-aikoina, mutta myös muina aikoina (Kuva 48 ja Kuva 49). Mediaanikuvaajien erot ovat usein ruuhka-aikana, vaikka järjestelmät muuten näyttäisivät lähes yhteneviä mediaanimatka-aikoja. Tämä johtunee linkkien sijaintipoikkeamasta.



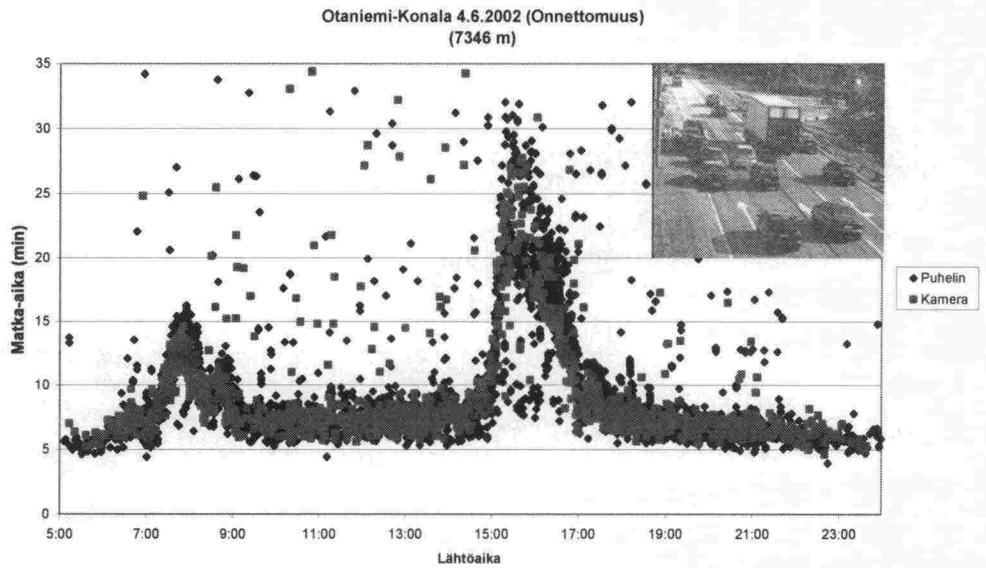
Kuva 48. Otaniemi – Konala itään 14.6.2002.



Kuva 49. Mediaanimatka-ajat linkillä Otaniemi - Konala itään 14.6.2002.

Onnettomuus 4.6.2002

Turun moottoritien liittymän kohdalla itään päin tapahtui 4.6.2002 onnettomuus (Kuva 50). Onnettomuus näkyy aineistossa kahtena erillisenä ruuhka-huippuna aamun liikenteessä.



Kuva 50. Kehä I:llä tapahtunut onnettomuus aamuruuhkassa. Suunta Otaniemi-Konala itään 4.6.2002.

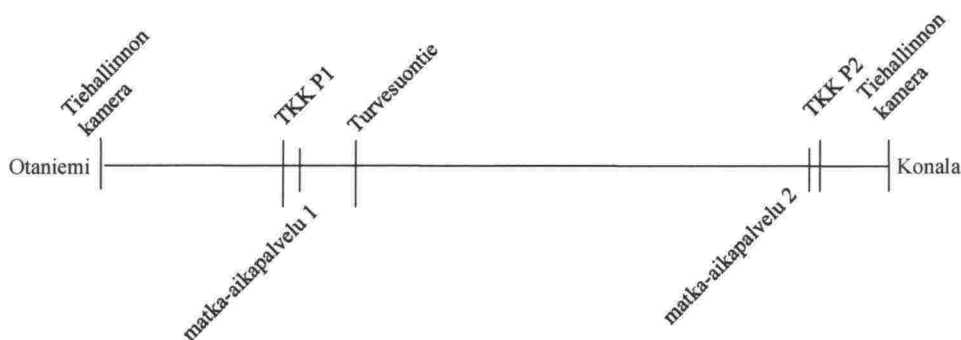
Taulukkoon 5 on kerätty Kehä I:n linkkien mediaanimatka-aikojen prosentuaalisten erojen itseisarvojen keskiarvot ja keskiarvot sekä sujuvalle että ruuhkaiselle liikenteelle yhdeltä päivältä kumpaankin suuntaan. Keskiarvot on laskettu kello 6.00 – 22.00 väliselle ajalle. Taulukkoa tulkittaessa on huomattava, että laskelmat perustuvat vain yhteen päivään. Tulosten yleistämiseksi olisi aineistoa tarkasteltava useilta päiviltä.

Taulukko 3. Kehä I:n linkkien mediaanimatka-aikojen prosentuaalisten erojen itseisarvojen keskiarvot ja keskiarvot.

KEHA I	28.3.2002 (itään)	14.6.2002 (länteen)
Otaniemi - Konala		
Normaali	7% ja 3%	
Ruuhka	4% ja -2%	
Konala - Otaniemi		
Normaali		6% ja -4%
Ruuhka		10% ja -9%
Otaniemi - Pukinmäki		
Normaali	9% ja 8%	
Ruuhka	6% ja 6%	
Pukinmäki - Otaniemi		
Normaali		8% ja 2%
Ruuhka		11% -3%
Konala - Pukinmäki		
Normaali	8% ja 7%	
Ruuhka	5% ja 3%	
Pukinmäki - Konala		
Normaali		4% ja 1%
Ruuhka		5% ja -3%

5.4 Perinteinen rekisteritunnustutkimus

Tulosten vertailemiseksi todelliseen liikennetilanteeseen toteutettiin linkillä Otaniemi-Konala perinteinen rekisteritunnustutkimus 30.5.2002 klo.14.30-18.30. Kamerapisteiden välimatka oli 4965 metriä, ja kamerat oli sijoitettu mahdollisimman lähelle matka-aikapalvelun havaintopisteitä. Linkin pituus-ero matka-aikapalveluun oli noin 134 metriä (Kuva 51). Mittaushetkellä sää oli aurinkoinen.



Kuva 51. Perinteisen rekisteritunnustutkimuksen sijainti (P1 ja P2).

TKK:n mittauspisteessä P1 havaittiin 8079 ajoneuvoa ja pisteessä P2 9237. Pareja löytyi 4087. Erot johtuvat mm. ajoneuvoista, jotka ovat joko poistuneet linkiltä (esim. Leppävaaraan tai Turuntielle) tai tulleet näiltä teiltä. Buskikaistalla tehtiin 161 havaintoa, joista linja-autoja oli 19. Tutkimuksen aikana automaattinen rekisteritunnusmenetelmä muodosti 208 havaintoparia ja matka-aikapalvelu 1540 paria. Järjestelmien kellojen ero voi aiheuttaa vir-

hettä havaintomäärissä vähän. Havaintomäärät ovat melko hyvin myös suhteessa Radiolinjan osuuteen matkapuhelinliittymistä (havainnoista tiellä 38%, oikea noin 35%).

Kuvaajista ilmenee, että automaattinen rekisteritunnusmenetelmä on tuottanut havaintoja vähän. Järjestelmän tulosta heikensi vertailupäivän auringonpaiste. LPR-järjestelmä on vastaavalta linkiltä tuottanut selkeästi paremmin havaintoja pilvisinä päivinä tai aamuisin esim. 4.6.2002 (Kuva 50). Kuten muissakin vertailukuvissa, ruuhka-aikana järjestelmien väliset matka-aikaerot korostuvat, mikä johtunee mittauspisteiden sijaintipoikkeamasta.

Taulukkoon 6 on kerätty matka-aikapalvelun yksittäiset havainnot tukiasemilla. Nämä ovat siis havaintoja, jotka eivät ole välttämättä muodostuneet havaintopareiksi tai kyseisten havaintojen ei ole tarvinnut liikkua tarkasteltavalla tiejaksolla. Taulukon avulla pohditaan alustavasti, kuinka yksittäisen tukiaseman kaikki havainnot ja läheisen LAM-pisteen liikennemäärätiedot vastaavat toisiaan. Liikennemäärää linkillä, jolta poistuvia tai saapuvia ajoneuvoja on vähän voitaneen arvioida karkeasti Radiolinjan matkapuhelinliittymäosuuden avulla, mutta yksittäisen pisteen liikennemäärän arvioiminen on haastavampaa. Linkin liikennemääräarviota parantaisi, mikäli matka-aikapalvelu havaitsisi myös muiden operaattoreiden liittymiä.

Taulukko 4. Havainnot välillä 14:30-18:30 eri järjestelmissä.

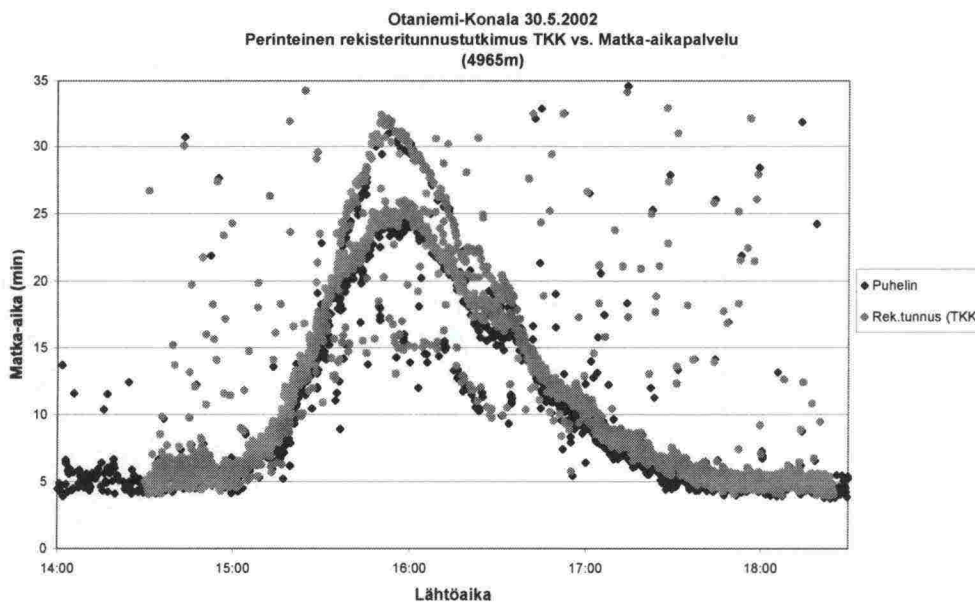
Järjestelmä	Otaniemi	Konala	Linkillä pareja
Matka-aikapalvelu	3945	4272	1540
TKK:n mittaus	8079	9237	4087
LAM		8635	

Taulukossa 7 on laskettu eri pituisille ajanjaksoille järjestelmien tuottamien havaintojen lukumäärät. Esimerkiksi puolen tunnin ajanjaksoilla on yksittäisen matka-aikapalvelun pisteen havaintomäärä noin 40-50%:a vastaavasta liikennemäärästä. Tämän lähtöajatuksen perusteella voitaisiin etsiä yleistä kerrointa liikennemäärän laskemiseksi. Analysoimalla samalla periaatteella yksittäisiä havaintoja eri tukiasemilla sekä läheisen LAM-pisteen tietoja voitaisiin myös määritellä todennäköisyys, jonka sisällä nämä kaksi tekijää vastaavat toisiaan. Haasteena tämän tyyppisessä liikennemäärän mittaamisessa ovat mm. havainnot, jotka eivät ole tieltä ja ajoneuvojen kuormitusasteen vaihtelu eri päivien ja vuorokaudenaikojen suhteen.

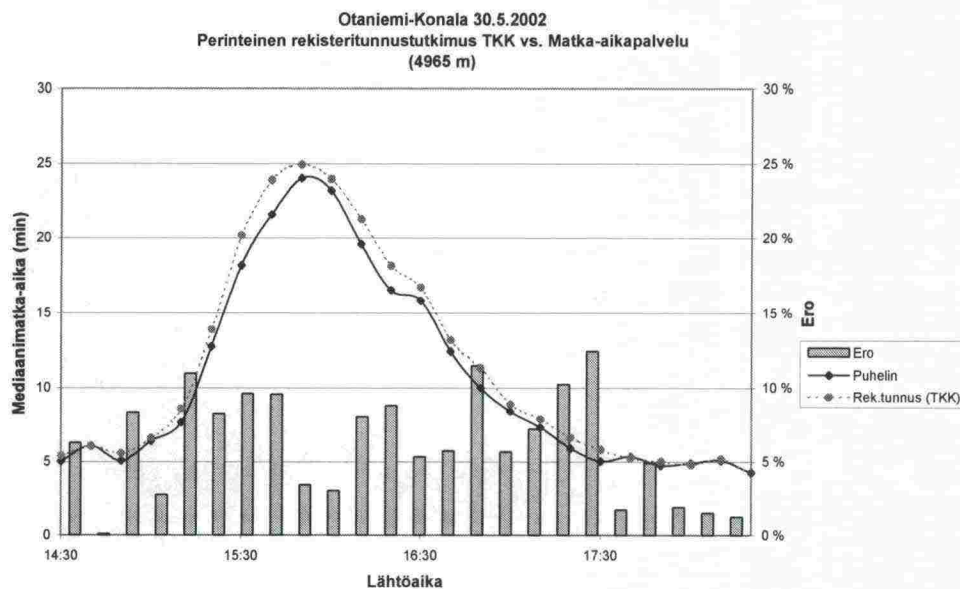
Taulukko 5. Yksittäisen matka-aikapalvelun mittauspisteen havaintojen ja läheisen LAM-pisteen liikennemäärän välinen suhde.

Ajanjakso	LAM (Konala)	Matka-aikapalvelu (Konala)	Suhde
14:30-15:30	2360	1018	0,43
15:30-16:30	1936	964	0,50
16:30-17:30	2235	1243	0,55
17:30-18:30	2104	1046	0,49
14:30-18:30	8635	4271	0,49
14.30-14:35	138	52	0,38
14:35-14:40	190	89	0,46
14:40-14:45	157	65	0,41
15:30-16:00	971	467	0,48
16:30-16:45	498	286	0,57

Matka-aikapalvelun ja perinteisen rekisteritunnustutkimuksen kuvaajat ovat yhdenmuotoisia (Kuva 52 ja Kuva 53). Mediaanikuvaaja osoittaa, että sujuvalla liikenteellä kuvaajat yhtyvät hyvin, mutta ruuhka-aikana ero kasvaa. Ero johtunee linkkien sijaintipoikkeamasta.



Kuva 52. Perinteisen rekisteritunnustutkimuksen ja matka-aikapalvelun matka-aikahavainnot linkillä Otaniemi - Konala itään 30.5.2002.



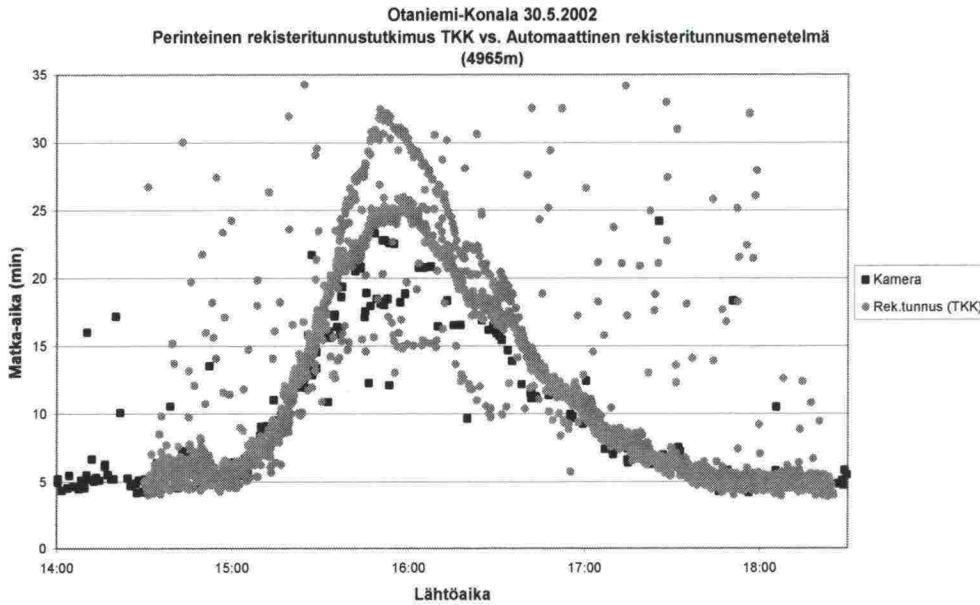
Kuva 53. Perinteisen rekisteritunnustutkimuksen ja matka-aikapalvelun mediaanimatka-ajat linkillä Otaniemi - Konala itään 30.5.2002.

Taulukkoon 8 on laskettu mediaanimatka-aikojen prosentuaalisten erojen itseisarvojen keskiarvot ja keskiarvot sekä sujuvalle että ruuhkaiselle liikenteelle. Taulukkoa tulkittaessa on huomattava, että laskelmat perustuvat vain neljän tunnin aineistoon. Tulosten yleistämiseksi olisi aineistoa tarkasteltava useilta päiviltä ja lisää esim. sujuvan liikenteen ajalta. Näyttäisi kuitenkin siltä, että ruuhkassa matka-aikapalvelu tuotti systemaattisesti hieman lyhyempiä matka-aikoja.

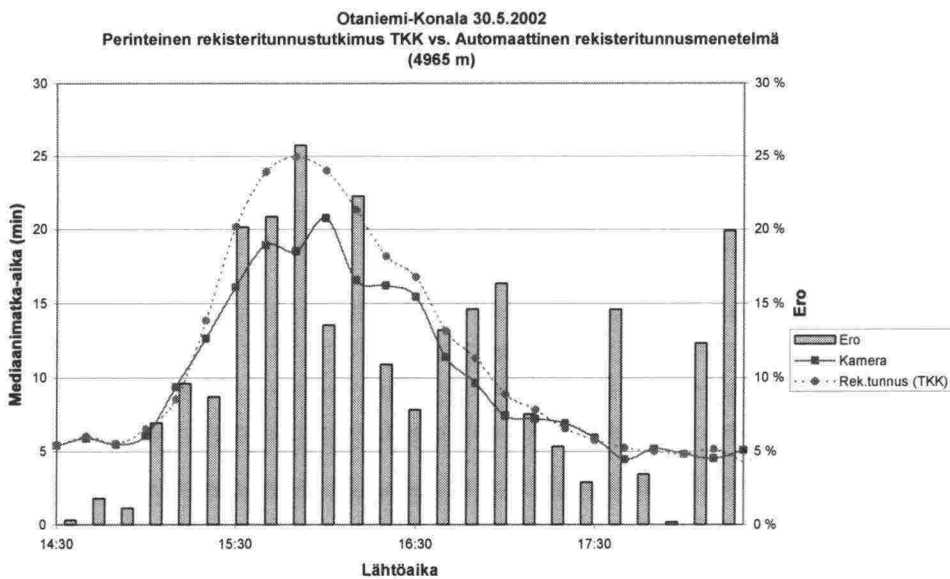
Taulukko 6. Kehä I:n linkkien mediaanimatka-aikojen prosentuaalisten erojen itseisarvojen keskiarvot ja keskiarvot.

KEHÄ I	30.5.2002 klo 14.30-18.30 (itään)
Otaniemi - Konala	
Normaali	5% ja 4%
Ruuhka	7% ja 7%

Automaattisen rekisteritunnusmenetelmän kuvaajaa tarkasteltaessa näkyy yhdenmuotoisuus havaintojen vähyyden takia heikosti (Kuva 54). Matka-aikapalvelun kuvaaja piirtyy selkeästi ja ruuhkan kehittymistä voidaan tulkita helposti. Automaattisen rekisteritunnusmenetelmän linkkipituus on 2381 metriä pidempi kuin perinteisen mittauksen linkki ja tämä aiheuttanee ongelmia vakiokerroin korjauksesta huolimatta Kehän I liikenteellisissä olosuhteissa (sekä Otaniemen liikennevalot) (Kuva 55).

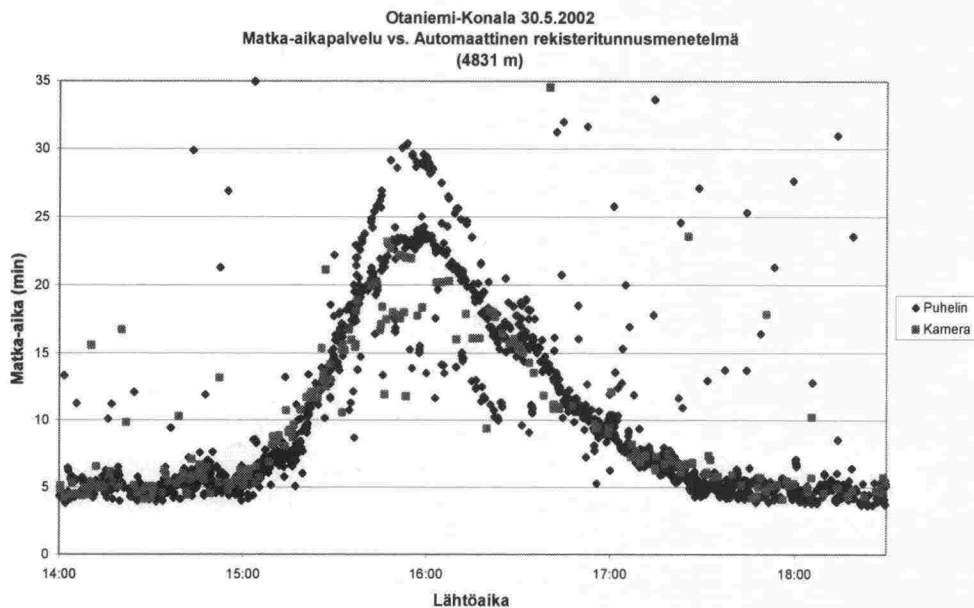


Kuva 54. Perinteisen rekisteritunnustutkimuksen ja automaattisen rekisteritunnusmenetelmän matka-aikahavainnot linkillä Otaniemi - Konala itään 30.5.2002.



Kuva 55. Perinteisen rekisteritunnustutkimuksen ja automaattisen rekisteritunnusmenetelmän mediaanimatka-ajat linkillä Otaniemi - Konala itään 30.5.2002.

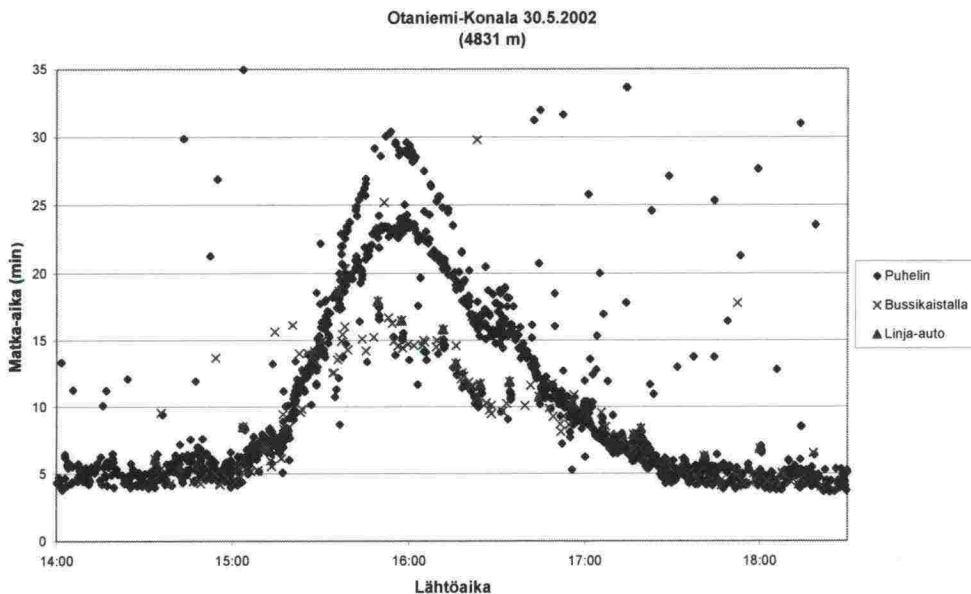
Verrattaessa automaattista rekisteritunnusmenetelmää ja matka-aikapalvelua näkyy ero havaintomäärissä selkeästi (Kuva 56). Aineistossa automaattisen rekisteritunnusmenetelmän matka-aikoja on muokattu linkkipituuksien suhteella. Tästäkin kuvasta havaitaan, että sujuvalla liikenteellä havainnot yhtyvät, mutta ruuhkassa syntyy eroja.



Kuva 56. Matka-aikapalvelun ja automaattisen rekisteritunnusmenetelmän matka-aikahavainnot linkillä Otaniemi - Konala itään 30.5.2002

LPR-menetelmässä ei erotu selkeästi erillisiä havaintopilviä kuten perinteisessä rekisteritunnustutkimuksessa sekä matka-aikapalvelussa. Klo. 15.20-15.30 aikaan tapahtui 30.5.2002 peräänajo noin 50 metriä perinteisen rekisteritunnustutkimuksen Konalan pisteen kameroista eteenpäin eli noin 630-640 metriä Tiehallinnon Konalan kamerajärjestelmän kameroista Otaniemeen päin. Kolaroineet ajoneuvot olivat puoliksi vasemman puoleisen kais-tan ja puoliksi keskikaistan päällä nurmella ja hidastivat liikennettä. Kysei-sistä kuvaajissa onnettomuutta on muuten vaikea erottaa normaalista ruuh-kautumisesta, mutta kolmannen, selkeästi hitaamman kerroksen voi olettaa kuuluvan juuri onnettomuuden häiriöistä kärsineille ajoneuvoille.

Bussikaistaa käyttäneet ajoneuvot erottuvat aineistosta hyvin (Kuva 57). Ku-vasta nähdään, kuinka paljon muita ajoneuvoja kuin busseja käyttää bussi-kaistaa. Takseilla on oikeus liikkua myös bussikaistalla. Bussikaistalla ha-vaittiin 161 paria, joista 19 oli linja-autoja.



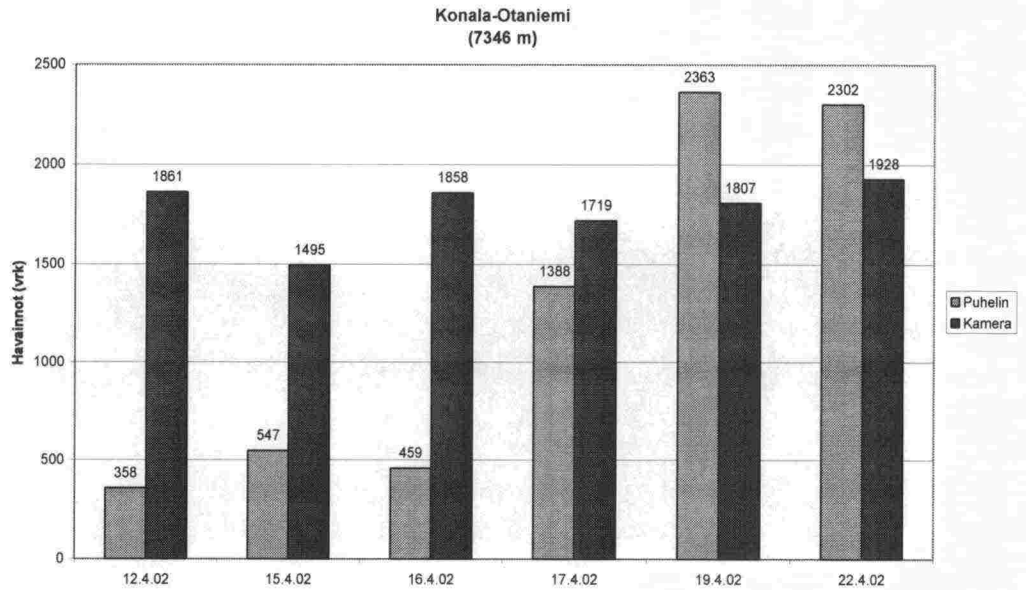
Kuva 57. Bussikaistaa käyttäneet linja-autot ja muut ajoneuvot linkillä Otaniemi-Konala 30.5.2002 itään.

5.5 Havaintoja matka-aikapalvelun toimivuudesta

Matka-aikapalvelu on joitakin poikkeuksia lukuun ottamatta toiminut koko kokeilun ajan hyvin. Katkoksia toiminnassa ovat aiheuttaneet järjestelmän päivitykset ja kalibroinnit. Kriittisten tarkastelujaksojen (pääsiäinen ja juhannus) osalta toiminta on ollut lähes moitteetonta. Pääsiäisen paluuliikenteessä 1.4.2002 klo 15.40 oli noin tunnin mittainen häiriö, jolloin valtatiellä 4 Vierumäen mittauspiste oli epäkunnossa. Tämäkin toisaalta osoitti, kuinka nopeasti järjestelmää voidaan korjata.

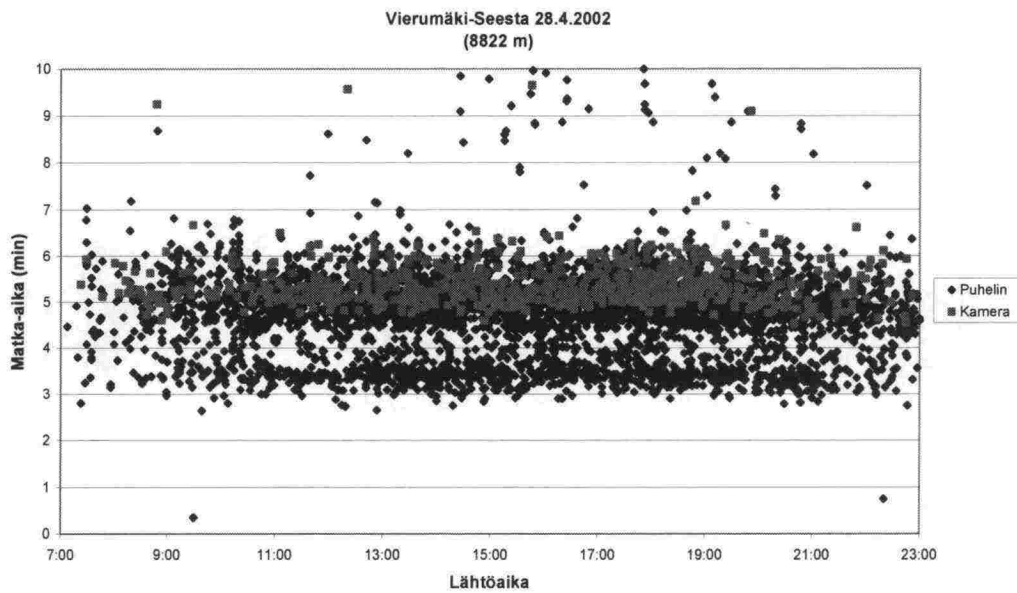
Toiminnan kannalta ongelmallisia kohteita kokeilujaksolla ovat olleet tarkastelupisteet Otaniemessä sekä Vierumäen ympäristössä. Kokeilun alkuvaiheessa kertyi Otaniemen linkille havaintoja heikosti. Tilanne korjattiin 17.4.2002 vaihtamalla havaintoihin käytettävää tukiasemaa (Kuva 58). Havaintomäärän muutos osoittaa, kuinka herkkä matka-aikapalvelu on matkapuhelinverkon rakenteen ominaisuuksille, ja toisaalta, kuinka pienellä muutoksella voidaan menetelmää ja sillä saavutettavaa tulosta parantaa.

Avoimeksi jää kysymys, kuinka halukas operaattori on matka-aikapalvelun toiminnan vaatiessa muuttamaan verkon rakennetta? Toimenpiteet, jotka vaativat suuria investointeja tai uhkaavat verkon pääasiallista käyttötarkoitusta, ovat operaattorille varmasti epämieluisia toteuttaa.

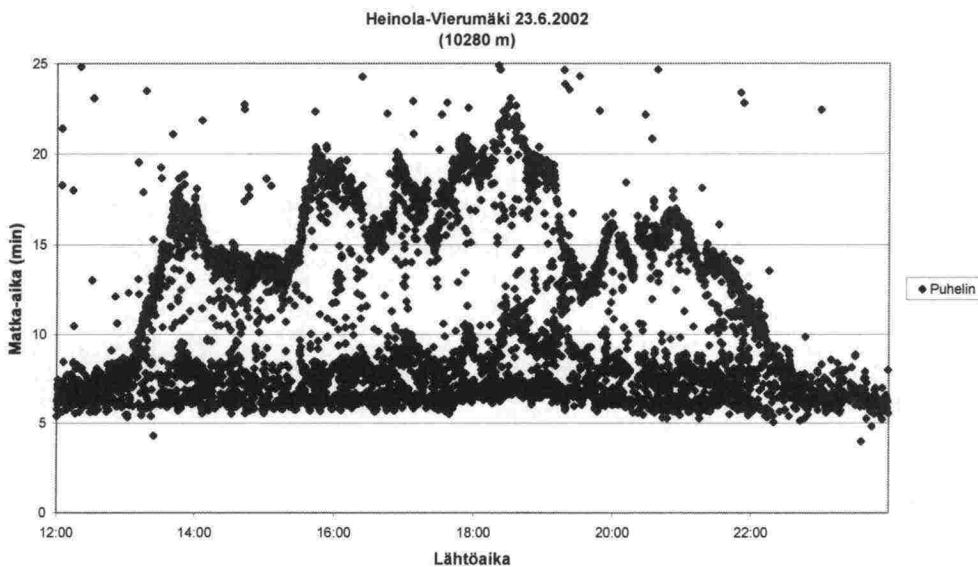


Kuva 58. Havaintomääriä ennen ja jälkeen tukiasemakorjauksen linkillä Konala – Otaniemi.

Vierumäellä, etenkin Vierumäki-Seesta -linkillä ongelmana oli havaintojen kertyminen epäloogisesti. Linkillä syntyi kaksi erillistä havaintopilveä (Kuva 59 ja Kuva 60). Vertailuaineistosta nähdään, että ylempään pilven matka-ajat ovat oikein. Alemman pilven uskotaan olevan myös ns. todellisia havaintoja. Puhelimet ovat tulleet järjestelmän piiriin eri kautta ja näin niille on syntynyt kahdenlaisia matka-aikoja. Havainnot ovat todennäköisesti peräisin rinnakkaiselta tieltä (Kt 140) tai samalta tieltä, mutta havainnon tuottaneen ajoneuvon kulkema matka ensimmäisestä havaintopisteestä seuraavaan on ollut lyhyempi. Virheellinen havainto voi aiheutua esimerkiksi alueen maantieteellisistä ominaisuuksista (mäkisyyttä). Samantyyppinen käyttäytyminen voi syntyä myös ns. ping-pong ilmiön yhteydessä, jolloin puhelin siirtyy solusta toiseen ja takaisin. Viikolla 21 tukiasemalla tehtiin muutoksia ongelman vähentämiseksi, mutta merkittävää parannusta ei tapahtunut.



Kuva 59. Vierumäki – Seesta etelään 28.4.2002.



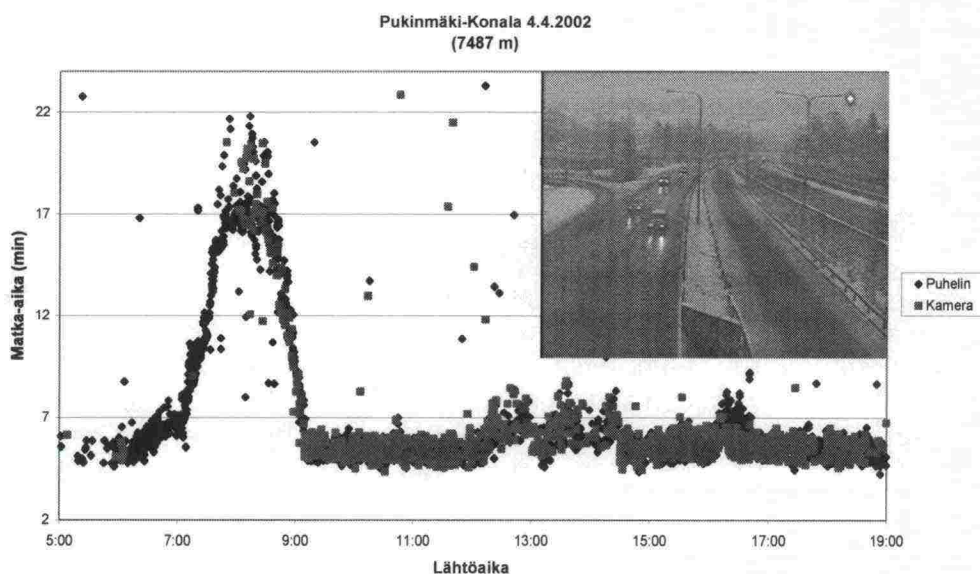
Kuva 60. Heinola – Vierumäki etelään 23.6.2002.

5.6 Järjestelmän edut ja puutteet

Matka-aikapalvelun merkittävänä etuna on sen riippumattomuus tieinfrastruktuurista. Tieverkko ei vaadi minkäänlaisia järjestelmiä eikä datayhteyksiä. Järjestelmän hoito- ja ylläpitokustannukset ovat pienet ja esim. seuran talinkin sijainnin muuttaminen tieto- ja viestintäverkoissa on helpompaa. Siirrettävyyden rajoitteena on järjestelmän kytkeytyminen matkapuhelinverkon

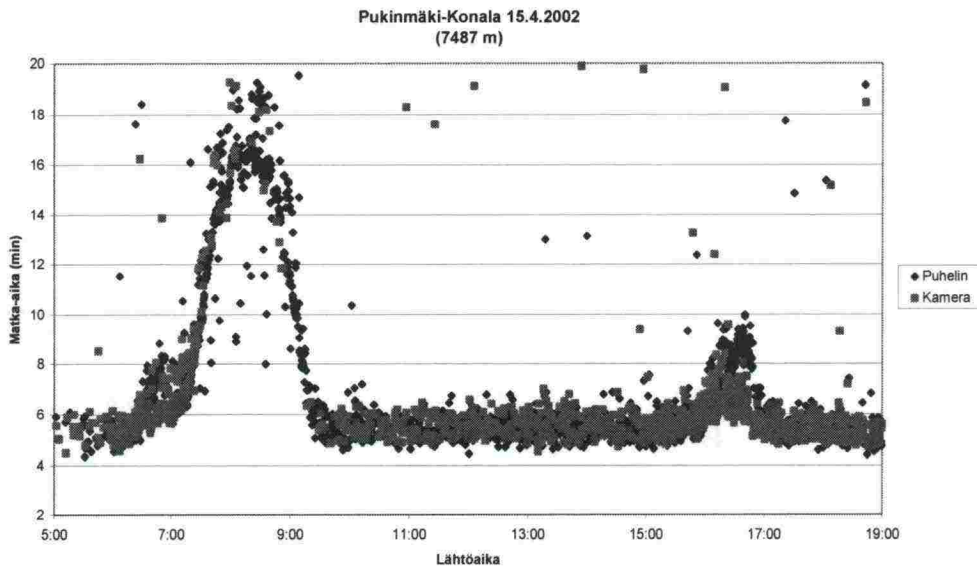
rakenteeseen ja tarkasteltavan kohteen sijaintiin. Kamerajärjestelmissä voidaan tarkastelulinkki sijoittaa vapaasti halutun pituisena ja haluttuun kohteeseen.

Matka-aikapalvelu on osoittanut selkeästi sen edut. Seurantajärjestelmä on toiminut moitteetta tilanteissa, joissa rekisteritunnusmenetelmän toiminta on ollut rajoittunutta, kuten huonolla säällä (Kuva 61). Rekisterikilpien tunnistuksessa ongelmia aiheuttavat mm. auringonpaiste, sää, kameran asennus, ajoneuvon liikerata, kuvaussuunta, rekisterikilpien poikkeavuudet, heijastukset ja varjot. Nämä kaikki ongelmat poistuvat matka-aikapalvelussa. Matka-aikapalvelu on myös vapaa kameroiden likaantumisen aiheuttamilta häiriöiltä, mikä parantaa järjestelmän toimintakykyä sekä vähentää kunnossapitokustannuksia.



Kuva 61. Pukinmäki – Konala länteen 4.4.2002.

Esimerkiksi Konalassa auringonpaisteen aiheuttamat varjot ovat vaikeuttaneet rekisterikilpien tunnistusta. Kuva 62 on esimerkki auringonpaisteen aiheuttamista ongelmista. Tutkimuksessa (Eloranta 1999) todetaan, että matalalla paistava kirkas aurinko aiheuttaa kamerajärjestelmälle ongelmia. Konalan mittapiste sijaitsee lähes suoraan itä-länsi suunnassa. Kun ruuhkasuunta on sekä aamu- että iltahuipun aikaan auringonpaistosuunnasta ja aurinko on nousemassa ja laskemassa ruuhkahuippujen aikaan aiheuttavat syntyvät varjot ongelmia. Vastaava ongelma on havaittu valtaosin 4 keskipäivällä pohjoisen suuntaan (Tiehallinto 2000b). Automaattinen rekisteritunnusmenetelmä on myös herkkä ukkosien aiheuttamille vaurioille.



Kuva 62. Pukinmäki – Konala länteen 15.4.2002.

Matka-aikapalvelun vahvuutena on sen avulla saavutettava suuri havaintomäärä. Olosuhteista riippumattoman suuren havaintomäärän ansiosta voidaan havaita ja tulkita esim. muutokset liikennetilanteessa helposti. Tilastollisten vaihteluiden laskeminen suuresta otosmäärästä on mahdollista, ja matka-ajoista voidaan entistä luotettavammin laskea matka-aikaan perustuvia keskimääräisiä tunnuslukuja. Runsaan havaintomäärän perusteella voidaan myös havaita häiriöitä joko manuaalisesti tai automaattisesti. Menetelmän etuna on myös sen kyky kerätä havaintoja kaistoista riippumatta. Esimerkiksi rekisteritunnusmenetelmällä joudutaan kuvaamaan tietoa kaistakohtaisesti, mikä lisää asennettavien kameroiden määrää ja kustannuksia.

Molemmat menetelmät keräävät jonkin verran havaintoja, jotka poikkeavat selkeästi muusta liikenteestä. Suodattamalla selkeästi liian pitkät matka-aikahavainnot pois, voidaan laskea luotettavammin myös muita tunnuslukuja. Olennaista on, ettei suodatuksella kuitenkaan suljeta pois häiriön havaitsemisen mahdollisuutta.

Havaintojen kertymiseen liittyvät myös menetelmän heikkoudet. Havainnot puhelimista, jotka eivät ole liikkuneet kyseisellä tiellä vaan esim. rinnakkais- tiellä, pyörätiellä tai joukkoliikennevälineessä vääristävät aineistoista lasket- tavia tunnuslukuja. Kokonaishavaintomäärän ollessa suuri näiden havainto- jen paino on kuitenkin vähäinen. Kokeiluvaiheessa menetelmä ei kyennyt erottelemaan esim. joukkoliikennevälineessä olevia matkapuhelimia. Jouk- koliikenteen matka-ajat saattavat joissakin tapauksissa poiketa muusta lii- kenteestä ja näin joukkoliikenteen paino liikenteellisten tunnuslukujen las- kennassa voi vaikuttaa tulokseen. Kehittämällä menetelmää, joka kykenee erottelemaan joukkoliikenteen havainnot voidaan sekä parantaa matka- aikapalvelun tarkkuutta että toisaalta kehittää mahdollisia sovelluskohteita joukkoliikenneoperaattorin tarpeisiin.

5.7 Järjestelmän soveltuvuus muihin käyttötarkoituksiin

Tulevaisuudessa voi ilmetä tarve hyödyntää tai valvoa matka-ajan lisäksi myös liikenteen käyttäytymistä tai kehittää muita liikennetelematiikan seurantaan perustuvia sovelluksia. Yksiselitteistä ajoneuvojen tunnistamista liikennevirrasta voidaan soveltaa erilaisiin liikenteen telemaattisiin sovelluksiin ja järjestelmiin kuten:

- tienkäyttömaksujen perintä
- joukkoliikennekaistojen käytönvalvonta
- automaattiset valvonta- ja sakotusjärjestelmät
- kulunvalvonta
- pysäköintilaitosten toiminnan seuranta
- varastettujen ajoneuvojen paikallistaminen

Ilman liikkujan tunnistamista matka-aikapalvelu toteutettuna nykyisellä tavalla ei sovellu lainkaan tai soveltuu huonosti edellä mainitun kaltaisiin palveluihin. Ongelmina ovat menetelmän "paikannuksen" epätarkkuus ja sen luotettavuus. Lisäksi sovellukset, jotka edellyttävät liikkujan tunnistamista, eivät ole käytetyllä menetelmällä mahdollisia. Lainsäädännölliset rajoitukset tulevat myös vastaan sovelluksissa, joissa liikkuja tunnistetaan. Alueelliseen valvontaan esim. tietullien yhteydessä menetelmä olisi teknisesti mahdollisesti sovellettavissa.

5.8 Toteutukseen sisältyvät riskit

Matkapuhelimiin perustuvan matka-aikapalvelun riskit ovat lähinnä sen teknisessä toteutuksessa. Tulevaisuudessa lainsäädännölliset seikat voivat myös muuttua. Tiehallinnon kannalta riskinä on myös ainoastaan yhteen palvelutoimittajaan ja tekniikkaan tukeutuminen.

Teknisiä ongelmia aiheuttavat, miten ja missä tukiaseman vaihdot tapahtuvat ja onko signaalin kulussa häiriöitä. Nämä seikat riippuvat matkapuhelinverkon rakenteesta seurattavalla alueella. Järjestelmään kerättävä tieto on osa GSM-verkon perustoiminnallisuutta ja sidoksissa koko operaattorin matkapuhelinliikenteeseen. Näin ollen tiedon kertyminen on vakaalla pohjalla, ja mahdolliset häiriöt toiminnassa pyritään varmasti ensitilassa korjaamaan. Muut tekniset riskit ovat vähäiset ja usein vältettävissä riittävillä varmistuksilla ja varajärjestelmillä. Menetelmän laskentaproseduriin ja sen toimintaan liittyvät riskit ovat poistettavissa varajärjestelmillä ja varmistuksilla.

Järjestelmä edellyttää yhteistyötä sekä verkko-operaattorilta että palveluoperaattorilta. Ilman palveluoperaattoria ei tarvittavaa signalointitietoa ole mahdollista saada. Järjestelmä ei ole myöskään kytkettyyn ainoastaan GSM-verkkoon, vaan se on hyödynnettävissä myös muissa tulevaisuuden solupohjaisissa verkoissa (mm. 3G).

Haasteena järjestelmän tuotantokäytössä on kilpailutilanteen puute. Järjestelmätoimittajien rajoituessa yhteen puuttuu aito kilpailuasetelma, mikä voi vääristää hinnoittelua. Yhden toimittajan varassa oleminen on myös riskialtista. Muutokset palveluntarjoajan organisaatiossa voivat muuttaa yrityksen strategiaa (vrt. Sonera-Telia -fuusio) ja näin vaarantaa järjestelmän toiminnan.

5.9 Yhteenveto toimivuudesta

Kokeilun perusteella voidaan todeta, että järjestelmä soveltuu hyvin matka-aikojen seurantaan (Taulukko 7). Erityisen hyvin menetelmä toimi valtatie 4 pitkillä linkeillä, joilla tekniset ongelmat eivät häirinneet tulosta. Myös Kehä I:llä järjestelmä voisi monin osin korvata nykyisen seurantamenetelmän. Todetut erot matka-aikapalvelun ja rekisteritunnusmenetelmän välillä selittyvät usein linkkien sijaintieroilla. Jos tarkastelulinkit olisivat olleet täysin yhtenevät, olisivat erot todennäköisesti pienempiä. Kehä I:llä tulokset voisivat myös olla vielä paremmat, jos seurantapisteet voitaisiin asettaa matkapuhelinverkon kannalta optimaalisiin pisteisiin. Yleisperiaatteena voidaan pitää, mitä enemmän mahdollisimman suljetulla seurattavalla tiejaksolla on liikennettä, sitä paremmin järjestelmä toimii ja tuottaa aineistoa.

Vierumäen lähistöllä havaitut ongelmat osoittivat, ettei järjestelmään voi kuitenkaan kaikin osin varauksettomasti luottaa. Verkon rakenteesta aiheutuvat virheet esim. tukiaseman vaihdot väärässä kohdassa tai rinnakkaistien havainnot voivat tuottaa virheellisiä matka-aikoja. Virheellistä matka-aikatietoa ei ilman vertailuaineistoa havaita helposti. Kokeilujaksoilla on ollut etuna tulosten vertailtavuus. Mikäli menetelmä otetaan käyttöön tiejaksolla ilman käytettävissä olevaa vertailuaineistoa, olisi ennen käyttöönottoa sillä saatavia tuloksia verrattava jollakin toisella luotettavaksi todetulla menetelmällä tuotettuun tietoon. Jos mahdolliset rinnakkaistien havainnot kyetään luotettavasti erottelemaan omaksi havaintojoukokseen, on tämä ominaisuus selkeä lisä-arvo matka-aikapalvelulle. Tämän avulla on mahdollista hoitaa kahden tieosuuden yhdenaikainen seuranta kustannustehokkaasti ja toteuttaa esim. vaihtoehtoiselle reitille opastaminen tähän tietoon perustuen.

Taulukko 7. Yhteenveto matka-aikapalvelun eduista ja rajoitteista verrattuna automaattiseen rekisteri merkittävä, + etu olemassa tai -- rajoite merkittävä, - rajoite olemassa, mutta ei merkittävä).

	ETU	RAJOITE	SEI
Riippumattomuus: Säästä ja kelistä Liikenteellisistä olosuhteista	++		+ Havaintojen kertyminen eri liikenne- ja ympäristöolosuhteissa (esim. sää, lumisade, valaistus yms.) + Kuvauksen ja kuvan tunnistukseen liittyvät suunta, rekisterikilpien poikkeavuudet ja liikkeiden
Riippumattomuus tienvarren infrastruktuurista	++		+ Investointikustannussäästöt + Ylläpito- ja hoitokustannussäästöt + Siirrettävyys/laajennettavuus - Ei omaa perusinfrastruktuuria toiminnan kannalta
Havaintojen määrä	+		+ Parantaa laskettavien tunnuslukujen luotettavuutta + Tilastollisten vaihteluiden luotettavuus parantuu + Helpottaa liikennepäivystäjän ruuhkakuvan seurainta + Häiriön havaitsemisen varmentuminen
Tarkastelulinkin sijoittelu	+	--	- Tarkastelulinkin sijoittelu liikenteellisesti tärkeistä paikoista (esim. asemien sijainti). + Tarkastelulinkin sijoittaminen sekä liikenteellisesti että taloudellisesti kannalta edulliseen paikkaan. Myös kamerajärjestelmä vaatii sijoittelun suoraan liikenteen suuntaan
Lyhyiden tarkastelulinkkien toteuttaminen		--	- Lyhyiden tarkastelulinkkien toteuttaminen vaatii erityistä huomiota - Häiriöiden havaitseminen pitkillä linkeillä vaatii erityistä huomiota
Järjestelmä laajennettavuus ja linkkien vaihtaminen	++	-	+ Riippumattomuus tienvarren infrastruktuurista + Muutokset ja päivitykset tukiasemilla + Myös paikalliset, lyhytkestoiset seurannat - Voi kuitenkin olla vaikeaa löytää sopivia taitajia

	ETU	RAJOITE	SEI
Perustuu operaattorin perustoi- mintaan	+	-	+ Varmuus järjestelmän toimivuudesta + Järjestelmän laajennettavuus mahdollista, + Operaattorin halukkuus yhteistyöhön kun v - Halukkuus modifikaatioihin matkapuhelinliik
Riippuvuus yhdestä toimittajasta		--	- Kilpailu/hinnoittelu Sitoutuminen yhteen tekniikkaan, laite- ja järj muille operaattoreille?)
Ylläpito	++		+ Ukkosen aiheuttamat vauriot vrt. kamerajäi + Vapaa ilkeivallalta + Operaattorin perustoiminnallisuutta
Riippumattomuus kaistoista	+		+ Kustannussäästöt laitehankinnoissa
Rinnakkaistiet, muut havainnot	+	--	- Häiritsevät aineistossa + Havainnot hyödyllisiä, mikäli ne ovat todist
Joukkoliikenteen havaitseminen	+	-	- tulkitsee joukkoliikennematkustajat yksittäis + Mahdolliset joukkoliikenteen sovellukset
Käyttö muihin tarkoituksiin		-	- Liikennemäärän arviointi edes karkealla tas - Nykyisellään ei tunnista puhelimia, edellyttä muuttumista

6 JÄRJESTELMÄN LAAJENNETTAVUUS

Järjestelmän laajennettavuudesta koko pääteiden runkoverkolle ei voida tehdä yksiselitteistä johtopäätöstä. Periaatteessa menetelmä on käytettävissä kaikkialla, missä matkapuhelinverkko on toiminnassa. Tukiasemien nykyinen sijainti ei kuitenkaan ole aina optimaalinen matka-aikojen seurantaan. Matkapuhelinverkon ominaisuuksien ja rakenteen soveltumattomuuden vuoksi joudutaan joissakin tapauksissa ja kohteissa joko joustamaan esim. asetetuista tarkkuusvaatimuksista tai tarkasteltavien linkkien pituuksista ja sijainnista tai muokkaamaan matkapuhelinverkkoa. Riippumattomuus tieverkkoon sidotusta infrastruktuurista antaa kuitenkin tienpitäjälle mahdollisuuden laajentaa tai siirtää seurantalinkkiä helposti.

Asetettaessa tarkastelupisteet runkoverkolle matkapuhelinverkon kannalta edullisiin pisteisiin saadaan kuva liikennetilanteesta, mutta ei välttämättä tietyiltä liikenteellisiltä solmupisteiltä. Laajennettavuutta suunniteltaessa jouduttaneenkin optimitalanne haarukoimaan "yhteisymmärryksessä" sekä suhteessa linkille asetettuun pituuteen ja tarkkuusvaatimukseen että matkapuhelinverkon ominaisuuksiin kyseisessä kohteessa.

Matkapuhelinverkkoon tehtävillä muutoksilla voidaan parantaa lopputulosta seurattavassa kohteessa. Esimerkiksi tukiasema-antennien suuntauksia muuttamalla voidaan ainakin osittain parantaa tukiasemien liikenteen seurannan kannalta epäedullista sijaintia. Verkkoon tehtävät muutokset eivät operaattorin kannalta ole toivottavia, jos nämä heikentävät verkon ensisijaista tarkoitusta, puhelinliikennettä. Verkon tarvitsemien ja siihen tehtävien muutosten määrää ja laajuutta säätelevät asetetut tarkkuusvaatimukset sekä muutoksista aiheutuvat kustannukset operaattorille ja asiakkaan halukkuus korvata kustannuksista.

Nyt saatujen kokemusten ja arviointitulosten osalta on otettava huomioon, että suoritetussa kokeilussa tarkastelupisteet sijoitettiin "väkisin" kamerajärjestelmän pisteiden tuntumaan vertailtavuuden vuoksi. Mikäli seurantapistee voidaan valita tieverkolta matkapuhelinverkon rakenteen kannalta edullisiin paikkoihin, ovat verkkoon tarvittavat muutokset vähäisempiä ja tulokset mahdollisesti parempia.

Järjestelmän laajennettavuutta muihin kohteisiin voi suunnitella toteutettavaksi vaiheittain. Tärkeää on selvittää esimerkiksi järjestelmän toimivuus taajama-alueiden lyhyillä linkeillä sekä toisaalta esim. pitkällä linkillä taajama-alueen ulkopuolella (linkki esim. 20-30 km). Lyhyiden linkkivälien avulla voidaan parantaa matka-ajan ennustettavuutta ja saada tarkempi kuva liikennetilanteesta, jolloin mm. häiriöt voidaan havaita nopeammin ja niiden sijainti paikantaa tarkemmin. Seurantakohteissa kannattaisi tarkastelupisteet valita lähtökohtaisesti ajatellen matkapuhelinverkon ominaisuuksia ja soveltuvuutta. Seurannalle asetettavia tavoitteita on pohdittava kohteittain, kuinka pitkä esim. linkin minimipituuden on oltava. Teknisesti matka-aikapalvelu mahdollistaa taajama-olosuhteissa noin 2,5 – 3,0 km:n tarkastelulinkkien muodostamisen ja muualla noin 2,5-5,0 km:n linkkipituudet, mikäli tukiasemien sijainti sallii tämän pituiset linkit.

Kokeilun perusteella voidaan todeta, että järjestelmän laajentamiselle on selkeitä teknisiä perusteita, jos palvelun tuotantoversion hinnoittelu mahdollistaa palvelun laajamittaisen käytön. Uusia seurantakohteita olisi pohdittava

sekä liikenteellisin perustein että matkapuhelinverkon ominaisuuksiin perustuen. Näin saavutetaan varmasti paras lopputulos sekä seurannan kannalta että taloudellisesti. Operaattorin tarpeet verkon muutoksiin vähenevät ja riski matkapuhelinliikenteen vaarantumiselle minimoituu.

Kokeilun perusteella voidaan todeta, että järjestelmä soveltuu erityisen hyvin matka-aikojen seurantaan pääteiden runkoverkon kohteissa, joissa tarkastelulinkki on pitkä (≈ 10 km) ja linkiltä poistuvia tai sille tulevia ja poikkeavia ajoneuvoja on mahdollisimman vähän. Tällöin havainnot kuvaavat hyvin tieosuuden liikennettä ja laskettavat liikenteelliset tunnusluvut ovat luotettavia. Myös Kehä I:n taajamaolosuhteissa järjestelmä toimi hyvin ja luotettavasti. Taajamassa on etuna suuri havaintomäärä, mutta toisaalta havaintoja muista kuin tiellä liikkuvista tai tieltä poikkeavista matkapuhelimista kertyy enemmän. Kehä I:llä tulokset voisivat myös olla vielä paremmat, jos seurantapisteet voitaisiin asettaa matkapuhelinverkon kannalta optimaalisiin pisteisiin. Yleisperiaatteena voidaan pitää, mitä enemmän mahdollisimman suljetulla seurattavalla tiejaksolla on liikennettä, sitä paremmin järjestelmä toimii ja tuottaa aineistoa. Menetelmää voisi mahdollisesti myös soveltaa verkolliseen tarkasteluun, jolloin yksittäisten linkkien sijasta seurataan liikennettä verkkona ja tarkastellaan liikennevirran siirtymistä myös esim. toiselle tielle.

7 LAINSÄÄDÄNNÖLLINEN ARVIOINTI

NAVI-ohjelman Säädospuitteet -tukiprojekti on selvittänyt tietosuojaa koskevassa raportissaan *Paikannettujen palveluiden toimintamallit ja yleiset tietosuojaedellytykset* (NAVI 2002) paikannusteknologiaa hyödyntävien palveluiden toimintakuvauksia tietosuojavaatimusten määrittämiseksi. Tiehallinnon ja Radiolinjan matka-aikapalvelu on arvioitu yhtenä 10:stä esimerkkitapauksesta (*Anonymous statistical information services*).

Tukiprojekti on todennut matka-aikapalvelun olevan nykyisellään toteutettuna voimassaolevan lainsäädännön mukaista, koska järjestelmä perustuu anonyymiin matkapuhelimien liikkeiden seurantaan.

Anonyymeissa tilastotietoa tuottavissa palveluissa telemarkkinalaki antaa mobiilioperaattorille oikeuden kerätä solualueen mobiililaitteiden tietoja anonyymisti käsiteltäviksi tilastotiedoiksi. Anonyymia tilastotietoa voi tarjota esimerkiksi tieliikenteestä vastaava viranomainen, joka hankkii mobiilioperaattorilta anonyymeja kuljettajille tarjottavia matka-aikapalveluja. "Lisäarvopalvelun tarjoajalla on oikeus käsitellä paikannettuun henkilöön liittyviä tietoja anonyymisti siten, ettei henkilö ole tunnistettavissa, esimerkiksi tilastollisesti tai, että tunnistetieto on hävitetty. Anonyymin käsittelyn edellytys on ettei, tietoja pysytä yhdistämään tiettyyn henkilöön missään olosuhteissa"(NAVI 2002).

8 MATKA-AIKAPALVELUN KEHITTÄMINEN

Matka-aikapalvelukokeilu oli onnistunut ja joitakin kehitysideoita on noussut esille. Yhtenä tärkeänä kehityskohteena on tarkastelulinkkien muodostaminen taajamiin ja kaupunkialueelle sekä lyhyiden seurantalinkkien kokeilut.

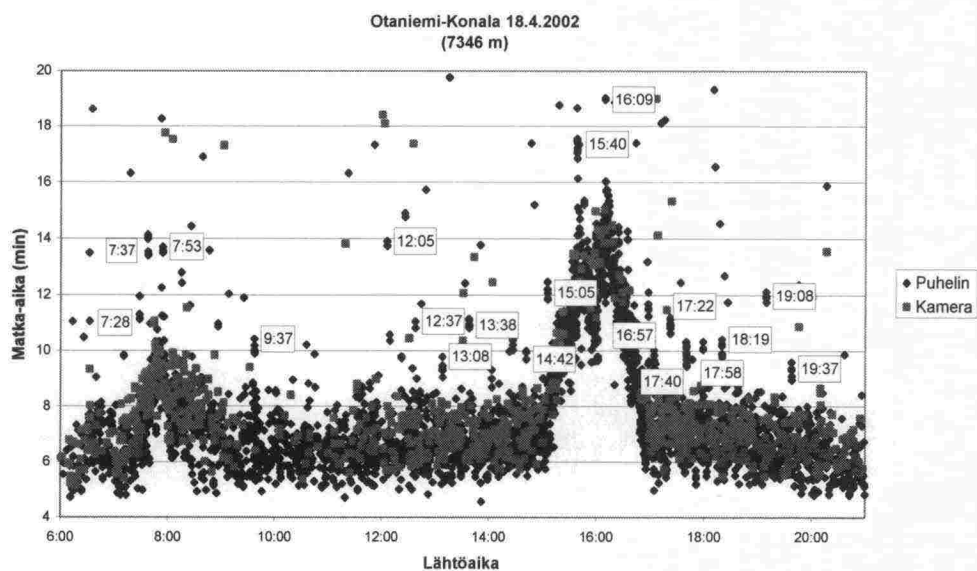
Taajamaan siirtymisessä ongelmana on lisääntyvä muiden kuin ko. tiellä liikuvien havaintojen määrä. Kaupunkialueella solut ovat pienempiä, mutta toisaalta havaintoja muilta kuin kadulta tai tiellä liikkujilta on enemmän. Lyhyet linkit taajamissa edellyttäisivätkin mahdollisesti algoritmien käyttöä suodattamaan kertyvää aineistoa. Yhteistyö muiden operaattoreiden kanssa parantaisi myös tuloksia (menetelmän lisensointi muille operaattoreille). Etenkin havainnointiaste nousisi huomattavasti, mikäli järjestelmä havaitsisi esim. Suomen kahden suurimman operaattorin liittymät, ja menetelmän käyttö mm. liikennemäärän arviointiin olisi luotettavampaa.

Joukkoliikenteen erottaminen aineistosta olisi myös mielekästä. Tutkimuksen yhteydessä havaittiinkin seuraava ilmiö: Tarkastelemalla linkin havaintoja ja poimimalla selkeästi muusta liikenteestä eriyvää nopeutta kulkevia "havaintojonoja" (Kuva 63) voidaan löytää joukkoliikennevälineitä. Seurattavilla pilottijakosoilla Kehä I:llä linja 512 kulkee koko matkan tarkasteltavalla linkillä välillä Otaniemi-Konala. Vertaamalla kyseisten jonojen lähtöaikaleimoja sekä linkin tarkastelupisteen välittömässä läheisyydessä olevan linja-autopysäkin linjan 512 ohitusaikoja on monesti havaittavissa yhtäläisyyksiä.

Kuvan 66 kaltainen "ryppään" ei voida osoittaa aina tarkoittavan joukkoliikennevälinettä, ja havaintojen löytäminen ajanjaksolta, jolla linja-autot kulkevat muun liikenteen joukossa, on vaikeaa. Älykkään suodatusmekanismin kehittämiseksi tulisikin linjalla kulkevat bussit varustaa tunnistettavalla matkapuhelimella ja näin löytää kyseinen bussi kuvaajasta. Todennäköisempi bussien seurantajärjestelmä lähitulevaisuudessa lienee kuitenkin GPS-pohjainen järjestelmä.

Järjestelmän toimintaperiaatteen kannalta joukkoliikenteen havainnot pitäisi olla periaatteessa päällekkäin yhdessä pisteessä, mutta järjestelmässä aiheutuvien viiveiden takia voidaan olettaa niiden näkyvän jonoina. Joukkoliikennevälineiden tunnistaminen havainnoista ei ole ainoastaan liikenteen seurannan kannalta tärkeää. Jos aineistosta voidaan poimia luotettavasti pois joukkoliikenne, voisivat kyseisistä matka-aika- ja matka-nopeustiedoista olla kiinnostuneita myös joukkoliikenneoperaattorit.

Tiehallinnon laatimassa selvityksessä (Virtanen 2002) tarkasteltiin minkälaisia vaikutuksia joukkoliikenteellä on mittausjärjestelmän tuottamiin tuloksiin. Erylisesti tarkasteltiin, poikkeavatko linja-auton matka-ajat ja matkustajien matkapuhelimien liittymätyypit oleellisesti muun liikennevirran ominaisuuksista aiheuttaen näin häiriötekijöitä järjestelmälle. Selvityksessä havaittiin, että kehä I:n tapaisella vilkkaalla väylällä joukkoliikenne ei näyttäisi merkittävästi vaikuttavan matkapuhelinpohjaisen mittausjärjestelmän tuottamaan tietoon. Joukkoliikenteen vaikutuksia tuloksiin ei voida kuitenkaan suoraan yleistää muihin toimintaympäristöihin.



LINJA 512 -> MALMIN ASEMA
 Maanantai-perjantai

06	27/512m	42/512m	57/512m		
07	10/512m	28/512	38/512m	53/512	
08	12/512m	24/512	27/512	34/512	52/512m
09	07/512m	37/512m			
10	07/512m	37/512			
11	07/512m	37/512m			
12	07/512m	37/512m			
13	07/512m	37/512m			
14	02/512	22/512m	42/512m		
15	02/512m	14/512	34/512m	47/512m	59/512
16	11/512	23/512m	34/512	44/512m	56/512
17	06/512	21/512	39/512m	59/512m	
18	17/512	37/512m			
19	07/512m	37/512m			
20	07/512m	37/512m			

Kuva 63. Mahdolliset joukkoliikennehavainnot matka-aika-aineistossa.

Matka-aikapalvelun avulla voitaneen ainakin karkealla tasolla arvioida myös liikennemääriä tarkasteltavalla linkillä. Kuten perinteisen rekisteritunnusmenetelmän yhteydessä huomattiin, vastaavat Radiolinjan havaintojen suhde liikennemäärään linkillä karkeasti Radiolinjan osuutta matkapuhelinliittymistä. Jos menetelmää käytettäisiin liikennemäärien arviointiin, olisi tarkasteltavalta linkkiväliltä poistuvien sekä linkille liittyvien ajoneuvojen määrän oltava mahdollisimman vähäinen. Mikäli linkiltä poistuvien tai sille liittyvien ajoneuvojen määrä on suuri (esim. Leppävaara), on liikennemäärän arviointi matkapuhelinliittymäosuuden avulla ilman vertailuaineistoa vaikeaa ja monet perinteiset seurantamenetelmät ovat varmasti kilpailukykyisiä. Liikennemäärän

arviointi yksittäisellä tukiasemalla tehtyjen havaintojen perusteella lienee karkealla tasolla mahdollista, mutta menetelmä vaatii jatkokehitystä.

Jatkotyönä mielenkiintoista on selvittää, tarjoaako matka-aikapalvelu mahdollisuuden esim. liikenteen ennustemallien laatimiseen. Voidaanko esimerkiksi tukiaseman matkapuhelinhavaintojen muutoksia käyttää syötesuurena liikenteen ennustemalleissa. Suuri olosuhteista riippumaton havaintomäärä ainakin parantaa ennusteen luotettavuutta. Jos järjestelmän avulla kyetään luotettavasti arvioimaan myös liikennemäärää, voidaan tätä tietoa hyödyntää myös ennustetta laadittaessa ja päällekkäisiltä järjestelmiltä välttään. Ennustemallia laadittaessa on liikennemäärätiedon todettu olevan erityisen tärkeää (Innamaa 2002).

Tällä hetkellä esim. valtatiellä 4 tienvarressa näytetään matka-aikaa, joka perustuu toteutuneisiin matka-aikoihin. Ruuhkan alkaessa ja etenkin tilanteissa, joissa jono pysähtyy, saadaan matka-aikatieto kasvaneen ajoajan viiveellä. Opastetaulu näyttää siis ruuhkan alussa liian pieniä arvoja ja ruuhkan lopulla liian suuria arvoja. Koska matka-aikapalvelu perustuu myös jo toteutuneisiin matka-aikoihin, on viive myös olemassa. On syytä selvittää, miten viive matka-aikapalvelussa käyttäytyy ja miten järjestelmän tuottamat matkajat sekä taululla näytetyt matka-ajan arvot suhtautuvat.

Käyttäjätutkimukset, jotka selvittävät järjestelmän yleistä hyväksyttävyyttä, kokemuksia järjestelmän käytöstä ja tiedon oikeellisuudesta antaisivat tukea menetelmän laajennettavuudelle sekä uusien tiedotuspalveluiden kehittämiseksi. Palvelua voidaan laajentaa esim. aluksi ilmaisiin tai kuukausiveloitteisiin palveluihin. Rekisteröityneenä käyttäjänä voi kuluttaja saada esim. matka-aikatiedot tekstiviestinä Kehä I:ltä itään päivittäin 15.00-17.00 15 minuutin välein sekä aina, kun matka-aika ylittää tietyn raja-arvon. Tarjoamalla matka-aikatiedot standardiin rajapintaan voidaan tarjota mahdollisuudet uudelle yksityisen ja julkisen sektorin yhteistyölle.

Internet-käyttöliittymän parantaminen vastaamaan sekä Tiehallinnon liikennepäivystäjän että mahdollisen liikennetoimittajan tai tiedotuspalveluiden tuottajan tarpeita on myös tärkeää.

9 LÄHDELUETTELO

Eloranta T. (1999). Rekisterikilpien tunnistukseen perustuva liikenteen automaattinen matkanopeuden seuranta. Tielaitoksen selvityksiä 46/1999. Uudenmaan tiepiiri, Tielaitos, Helsinki. 149 s.

Innamaa S. (2002). Matka-ajan lyhyen aikavälin ennustemalli. Kokeiluversio Lahti-Heinola-välille. Tiehallinnon selvityksiä 22/2002, Tiehallinto, Liikenteen palvelut. Helsinki: 2002. 32 s. + liitt. 16 s.

Innamaa S., Lanne L., Vanhanen K., ja Pursula M. (2002). Pääteiden lyhyen aikavälin matka-aikaennusteet. Tiehallinnon selvityksiä 5/2002, Tiehallinto, Liikenteen palvelut. Helsinki: 2002. 81 s. + liitt. 16 s.

Kummala J., Kulmala R., Hautala R., Oinas J., Holm C. (2001). Matkapuhelinpaikannuksen hyödyntäminen liikennetietojen keruussa. Tiehallinnon selvityksiä 61/2001. Tiehallinto, Liikenteen palvelut. Helsinki: 2001. 43 s. + liitt. 9 s.

Luoma S. (1998). Tieliikenteen sujuvuus ja sen mittaaminen. Diplomityö, Teknillinen korkeakoulu, Liikennetekniikka. 122 s.

NAVI Regulatory Framework (2002). Paikannettujen palveluiden toimintamallit ja yleiset tietosuojaedellytykset. Helsinki Institute for Information Technology (HIIT). NAVI-ohjelman sisäiset internet-sivut.

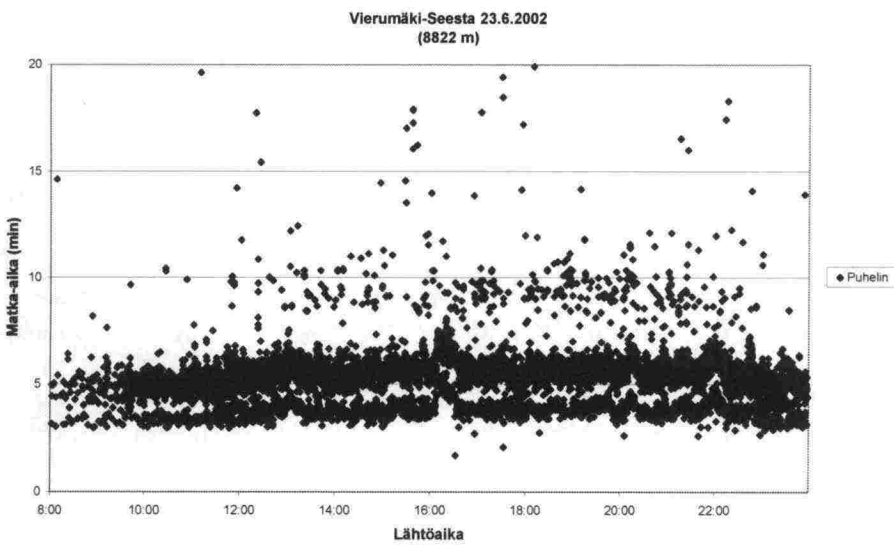
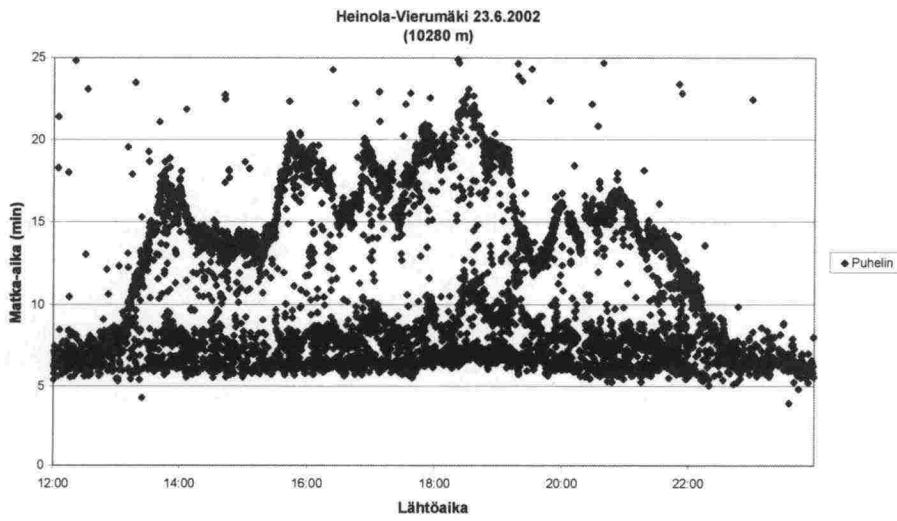
Tiehallinto (2000a). Tiehallinnon liikenteen hallinnan toimintalinjat. Tiehallinto, Liikenteen palvelut. Helsinki: 2000.

Tiehallinto (2000b). Vt 4 Lahti - Heinola matka-ajan seuranta ja informaatiojärjestelmän toiminnan arviointi. Tielaitoksen selvityksiä 58 /2000. Tiehallinto, Hämeen tiepiiri. Tampere. 46 s. + liitt.

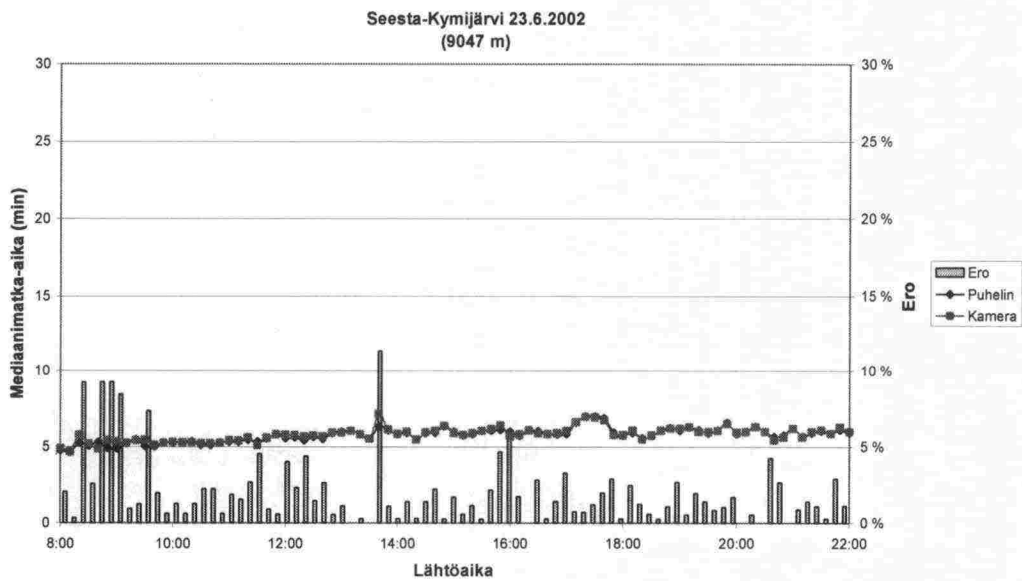
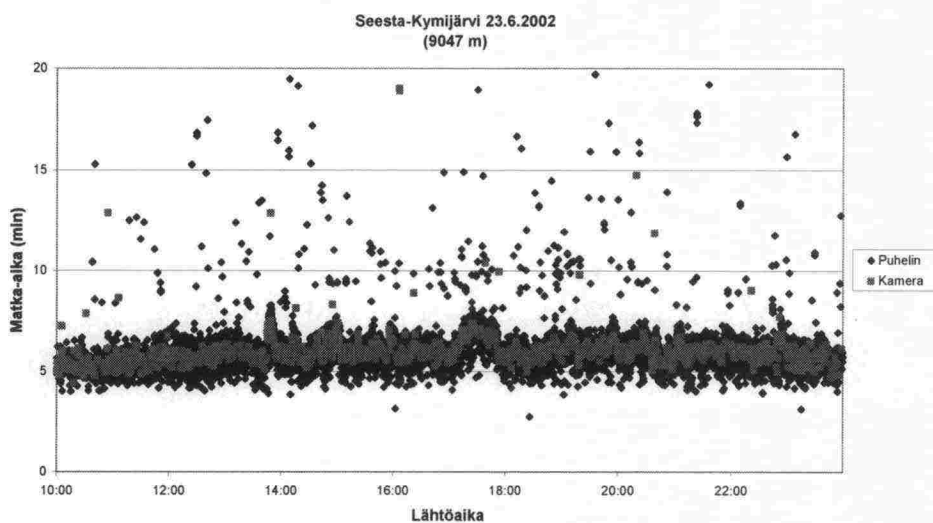
Virtanen J. (2002). Matkapuhelimet matka-ajan mittauksessa – Haastattelututkimus. Tiehallinnon sisäisiä julkaisuja 32/2002, Tiehallinto, Liikenteen palvelut. Helsinki: 2002. 21 s.

LIITTEET

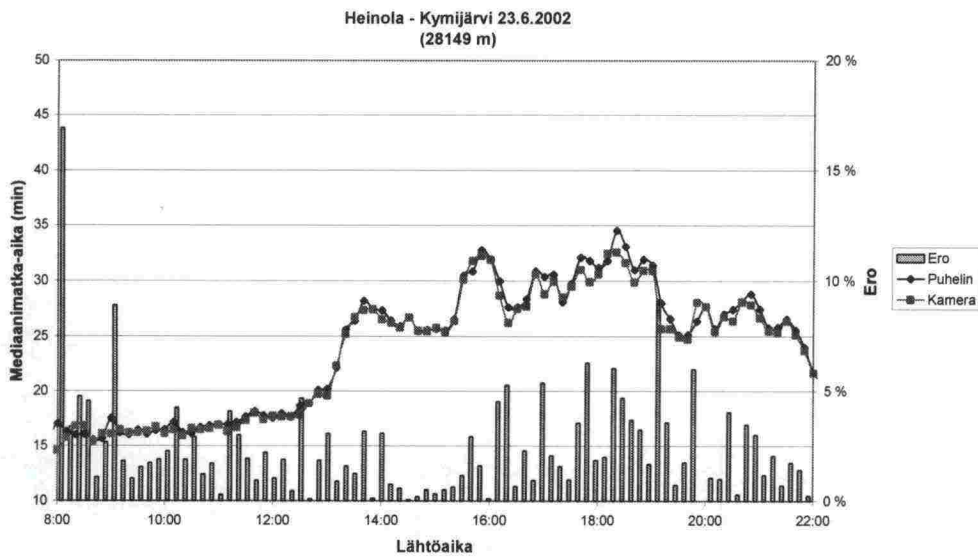
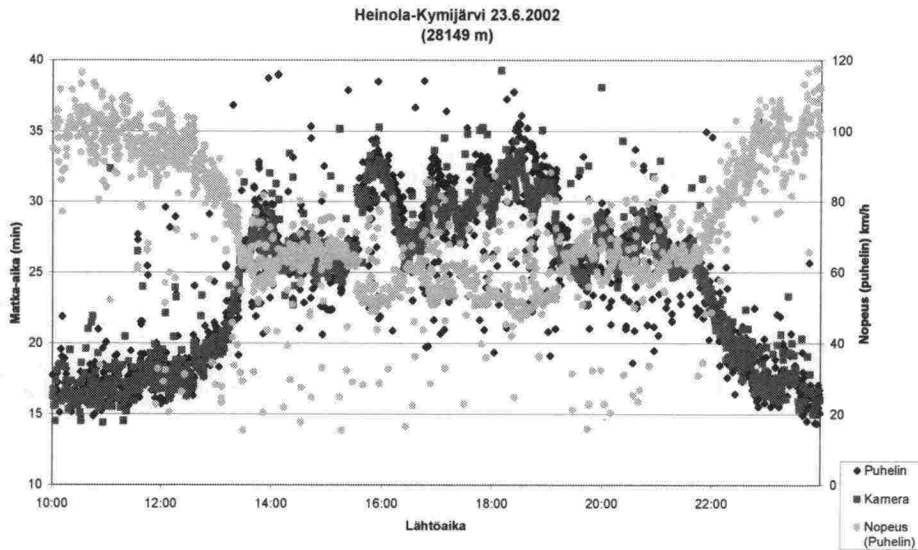
Valtatie 4 etelään



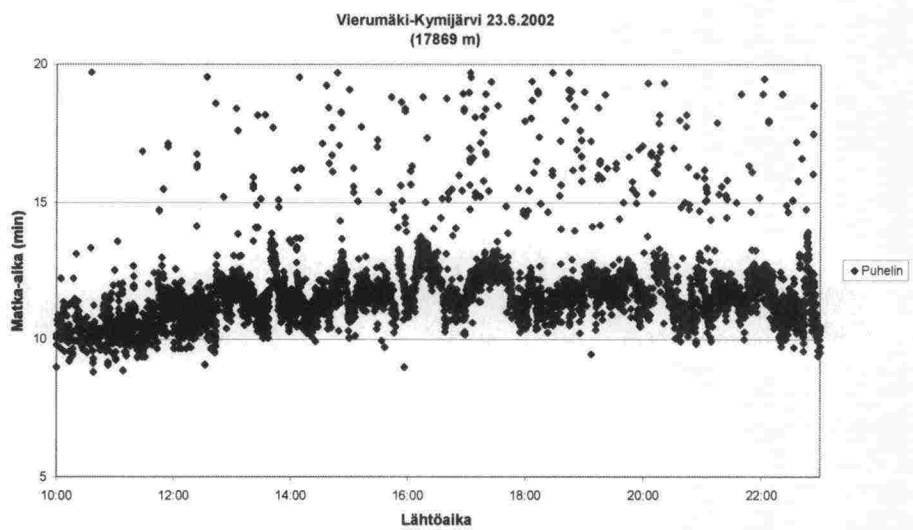
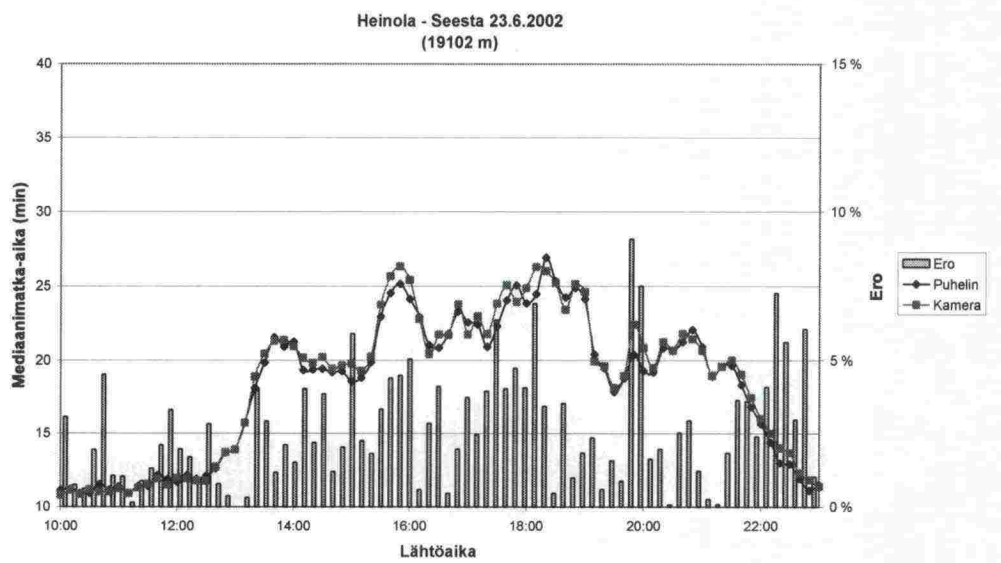
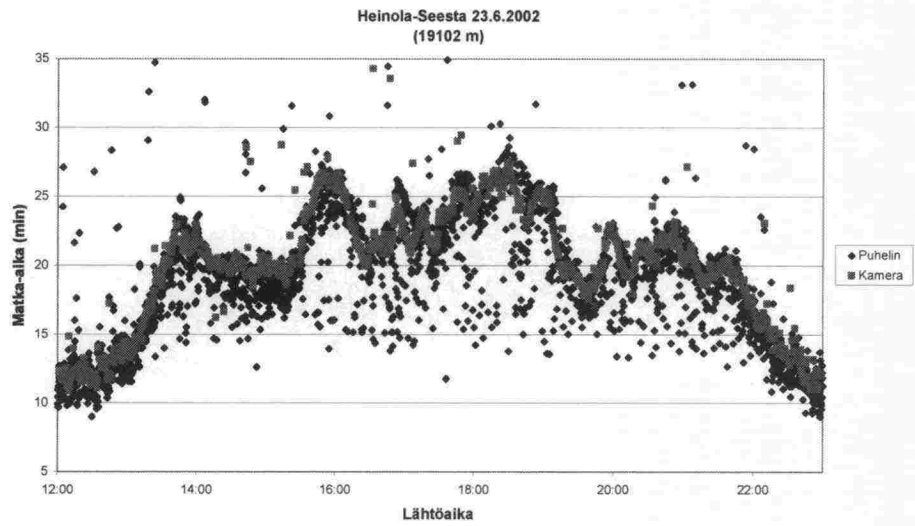
Valtatie 4 etelään



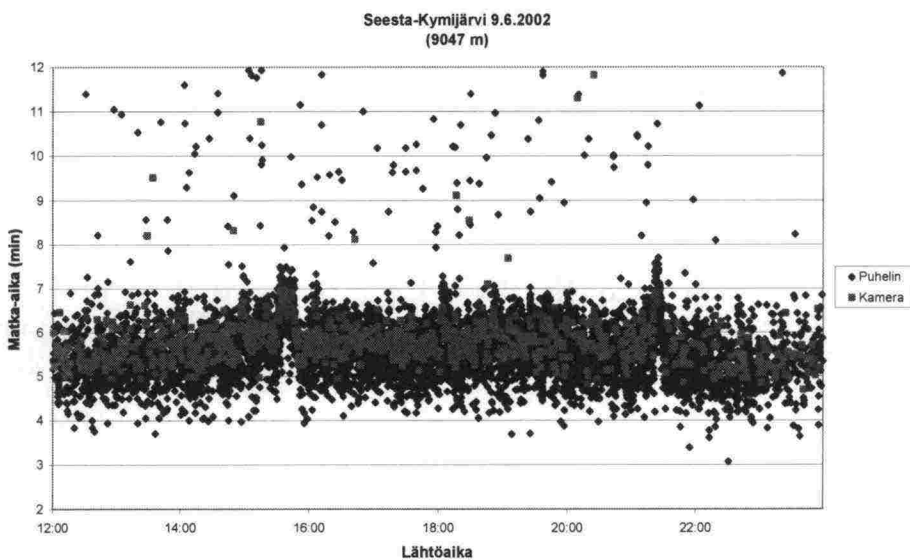
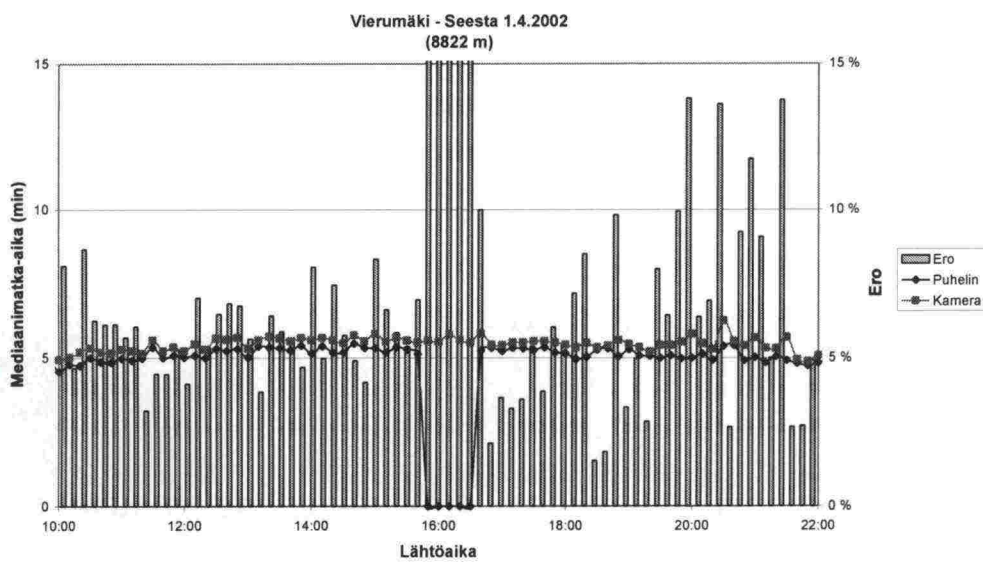
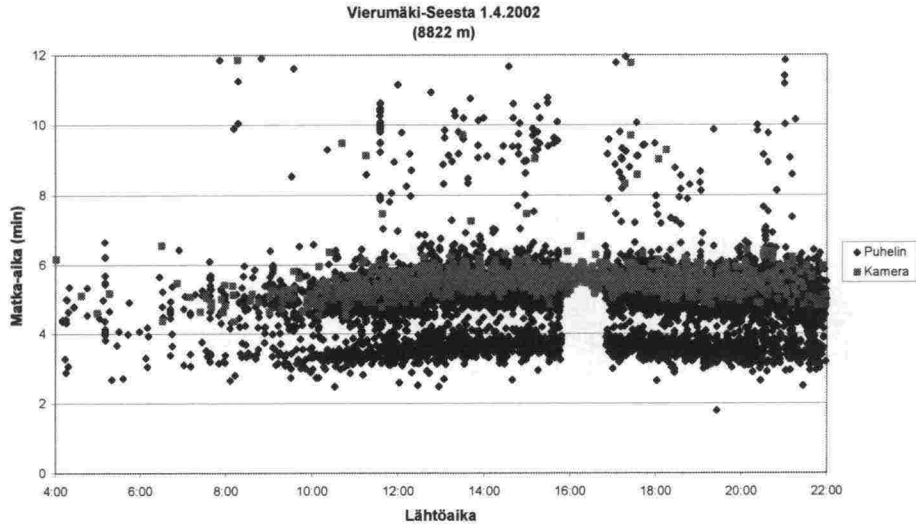
Valtatie 4 etelään



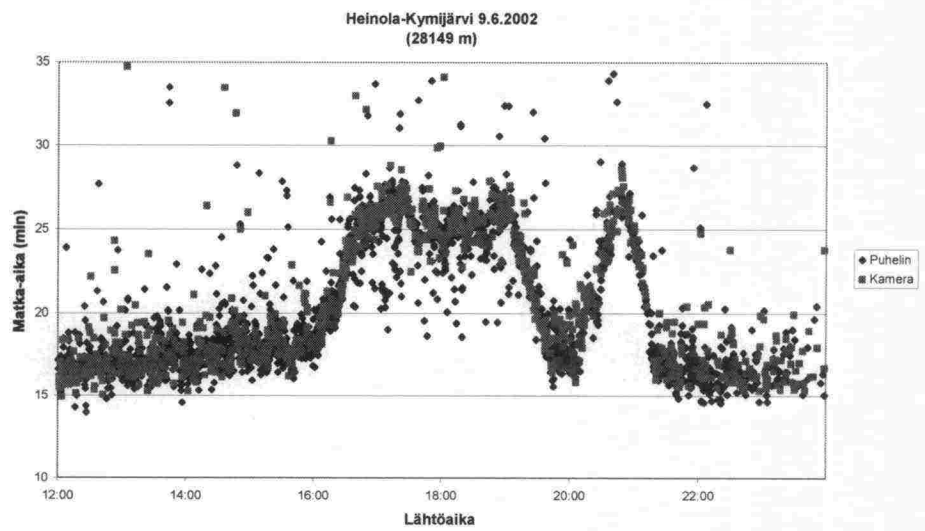
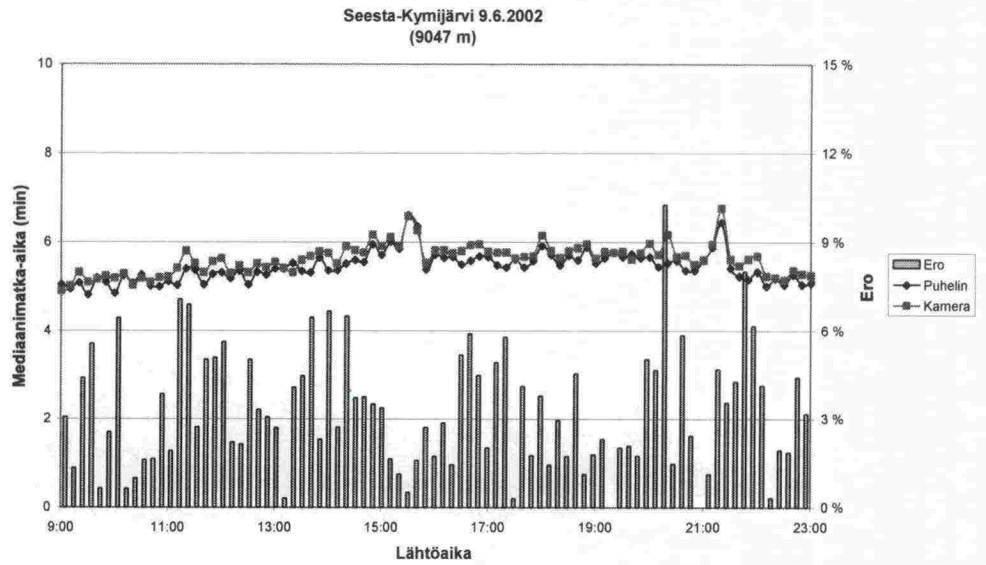
Valtatie 4 etelään



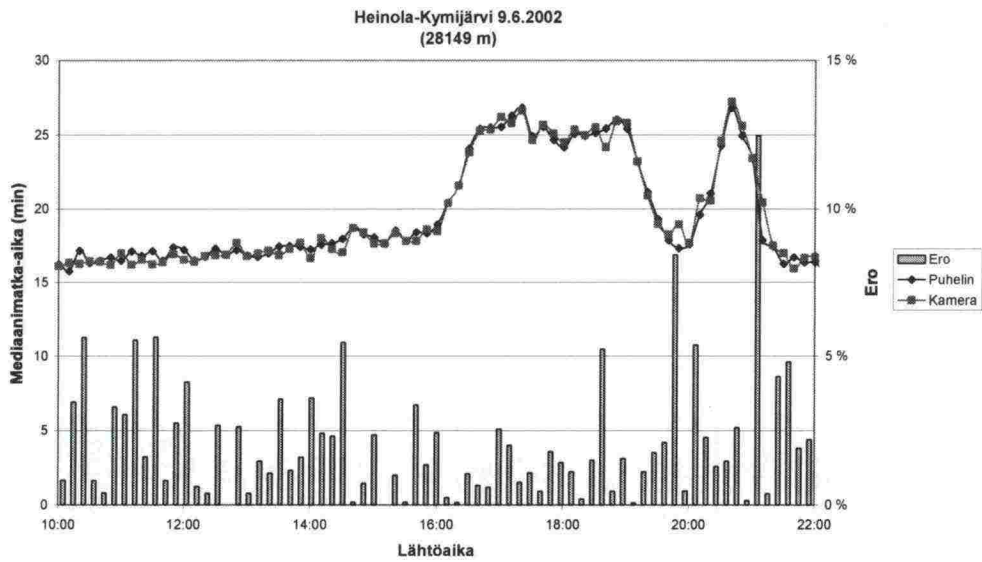
Valtatie 4 etelään



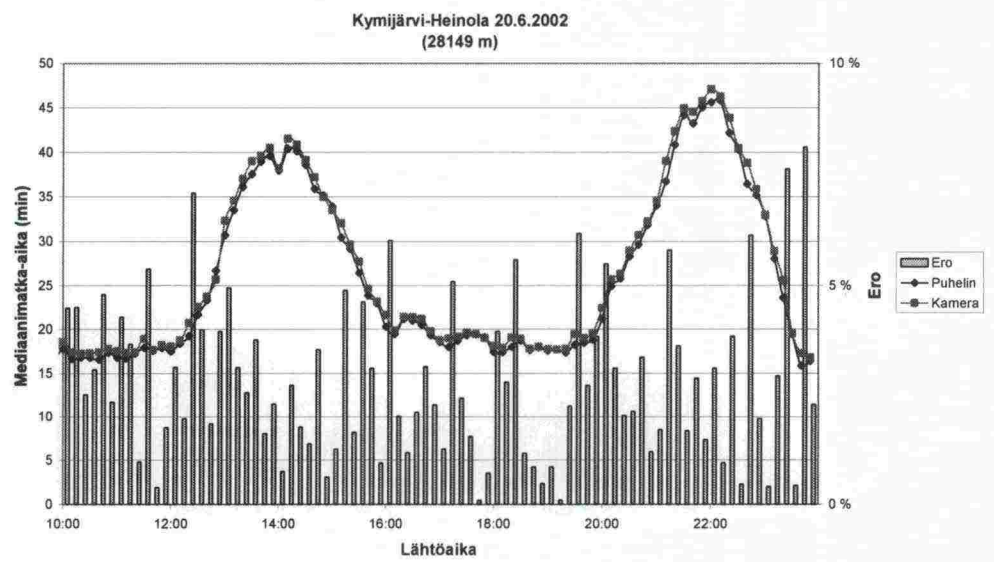
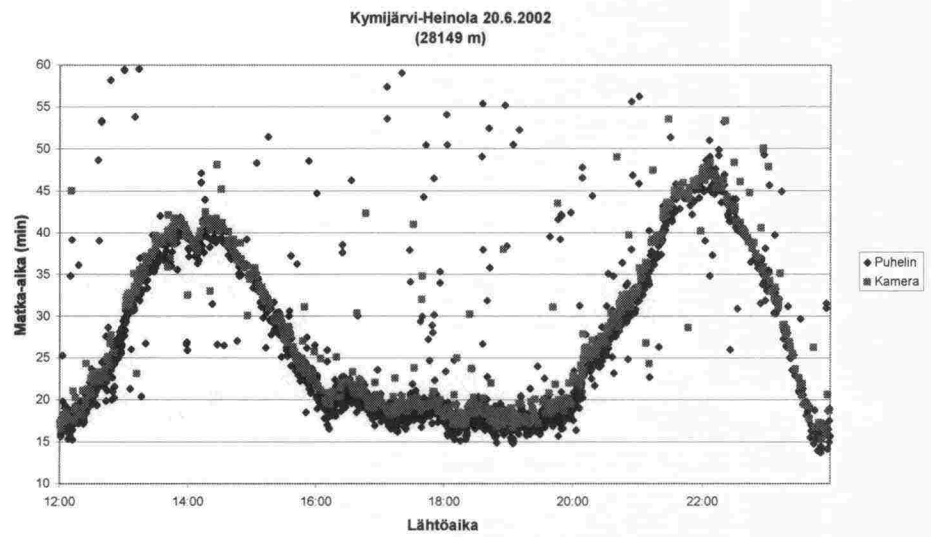
Valtatie 4 etelään



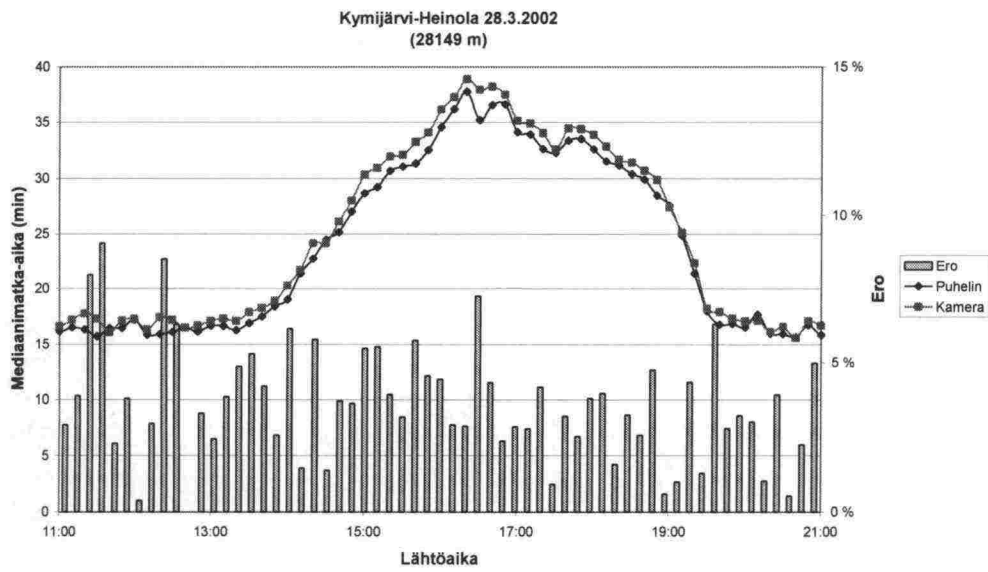
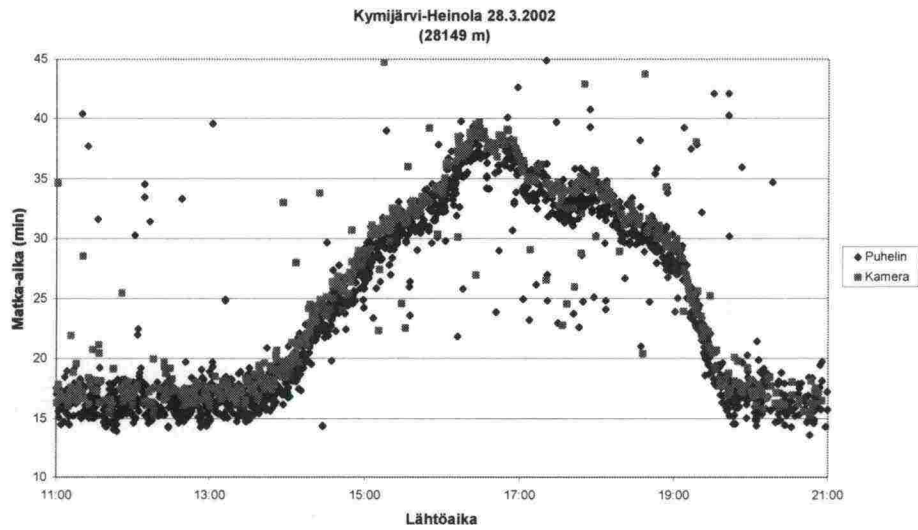
Valtatie 4 etelään



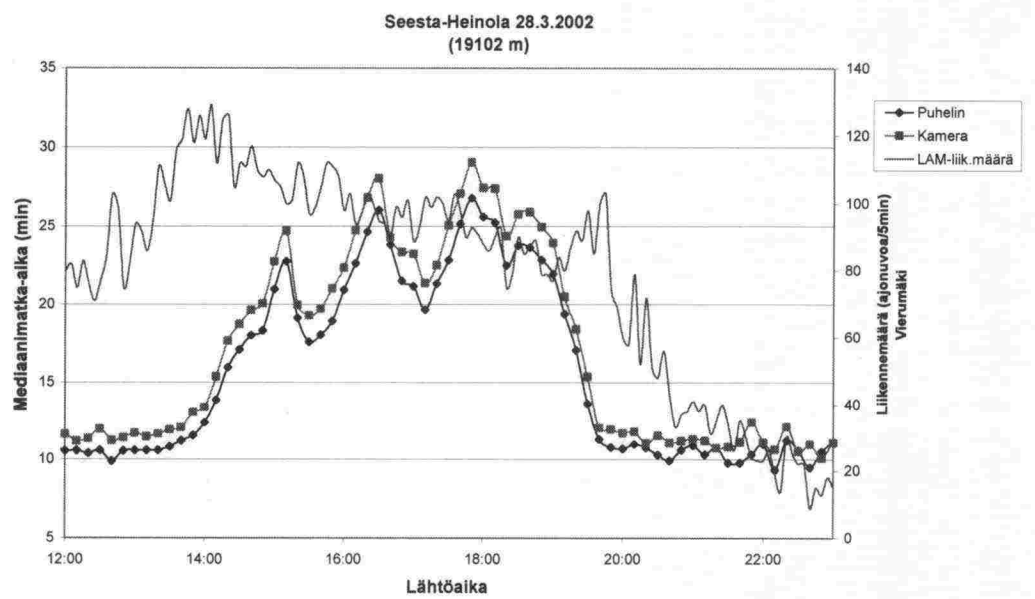
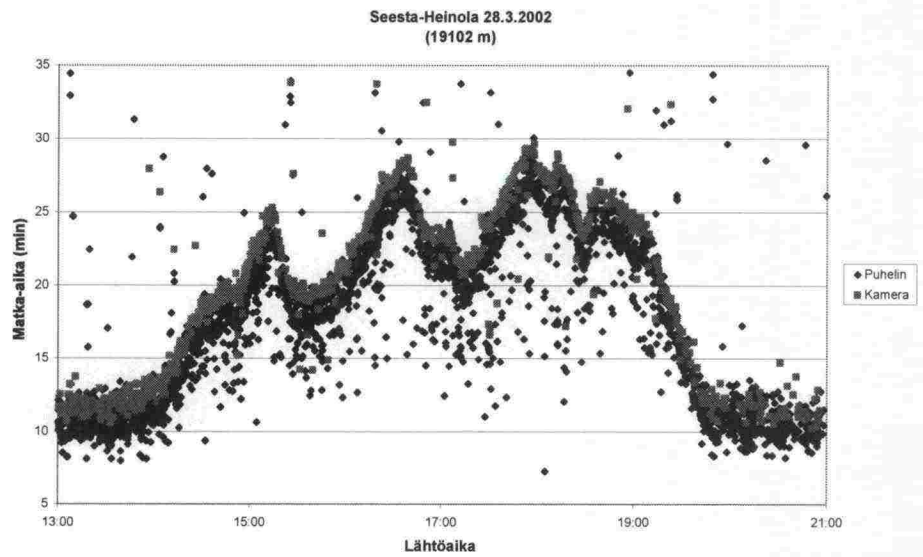
Valtatie 4 pohjoiseen



Valtatie 4 pohjoiseen

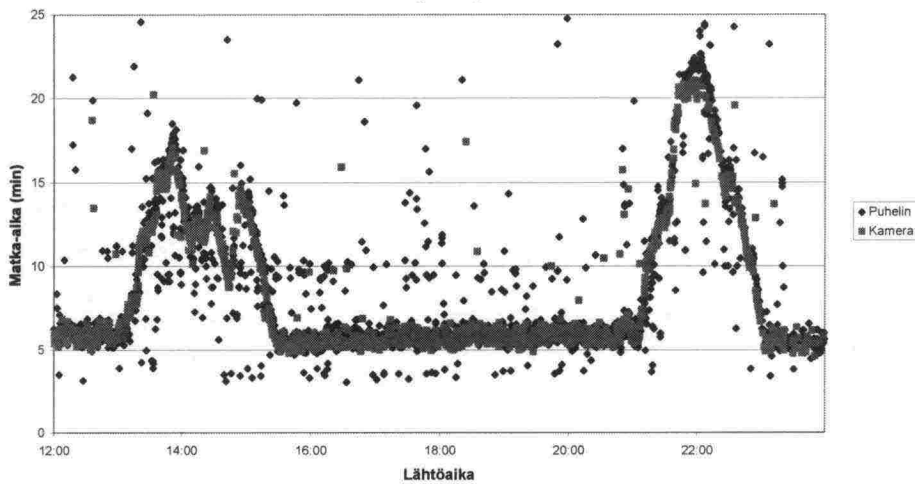


Valtatie 4 pohjoiseen

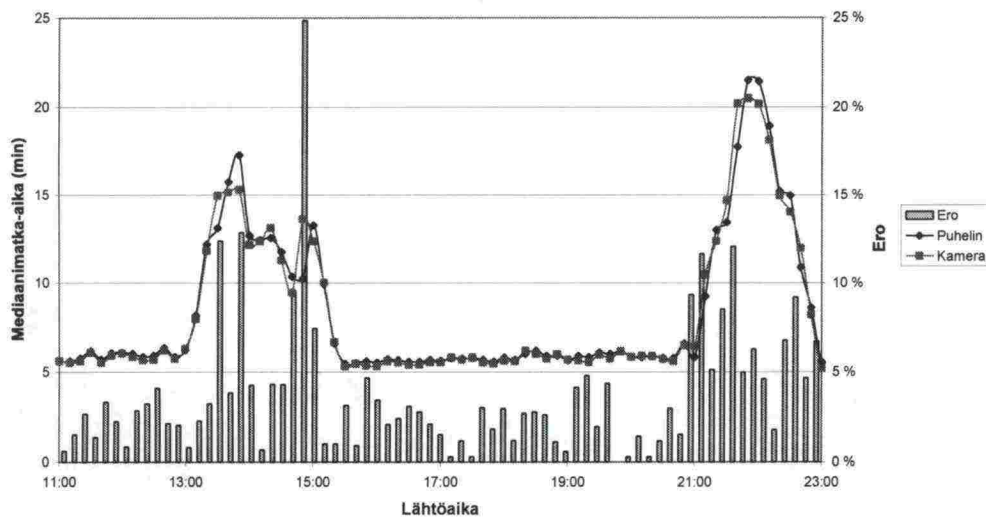


Valtatie 4 pohjoiseen

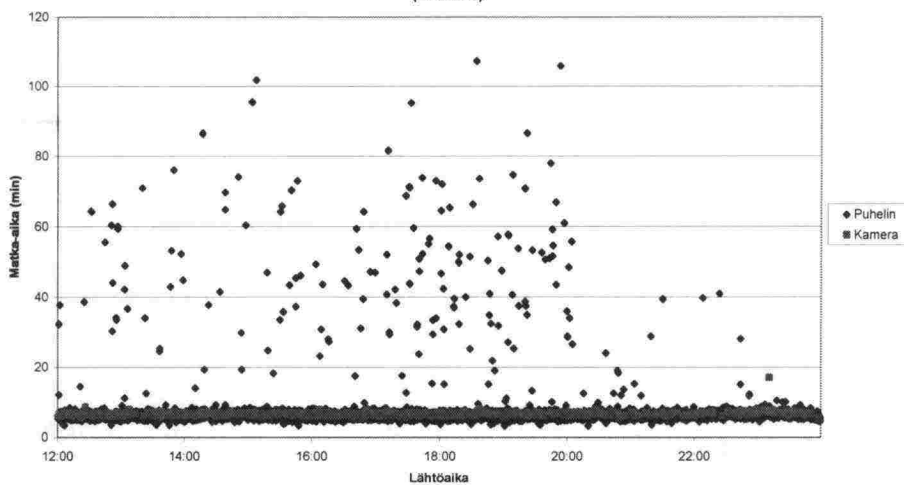
Kymijärvi-Seesta 20.6.2002
(9047 m)



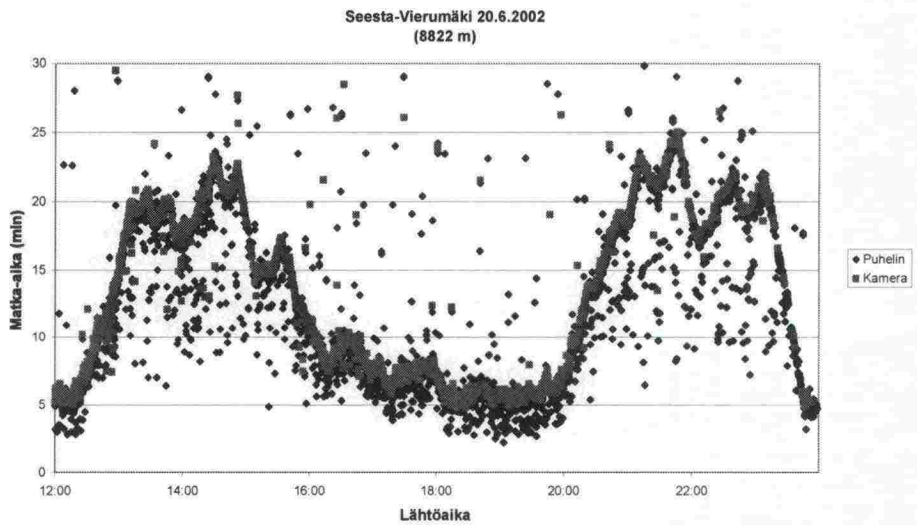
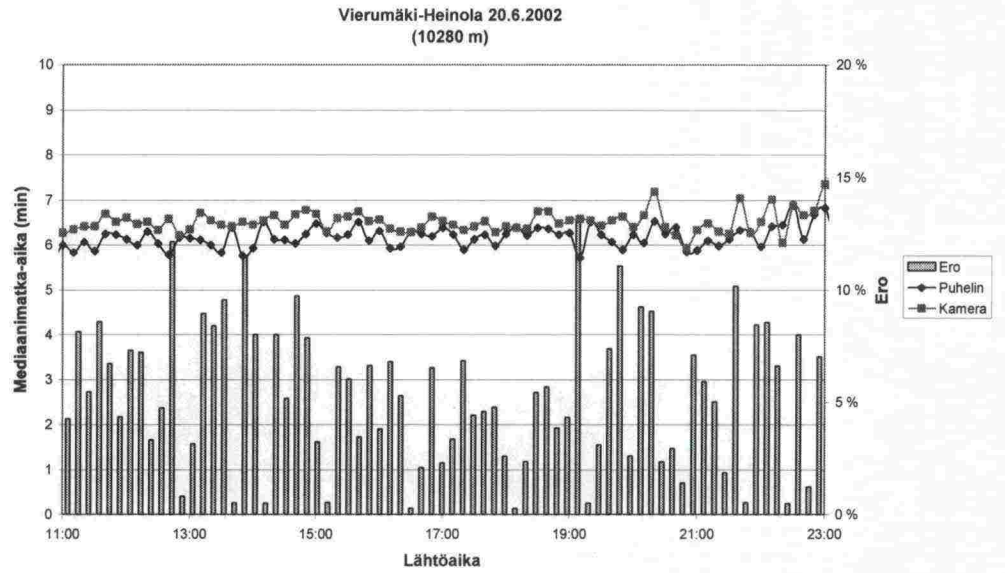
Kymijärvi-Seesta 20.6.2002
(9047 m)



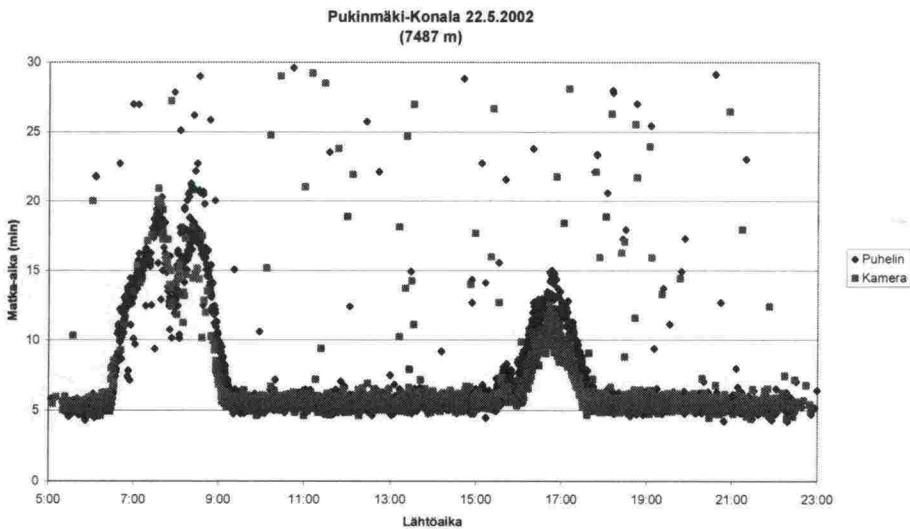
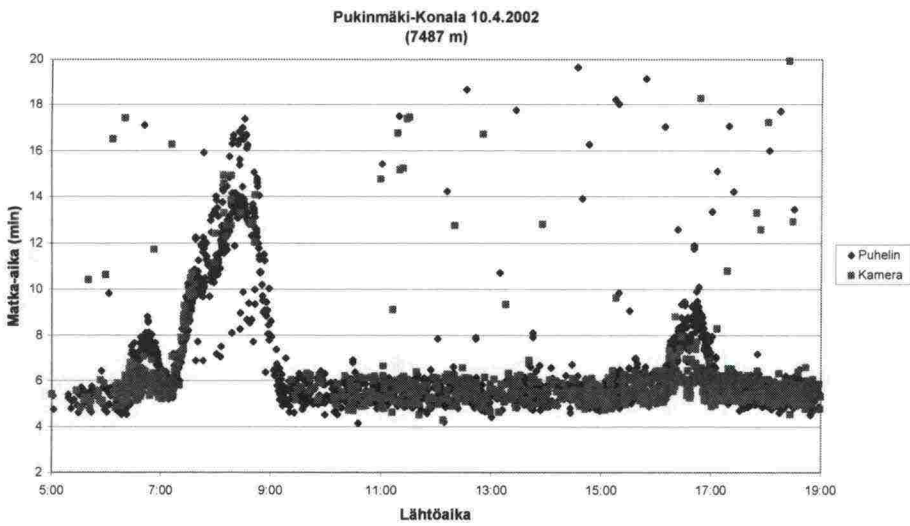
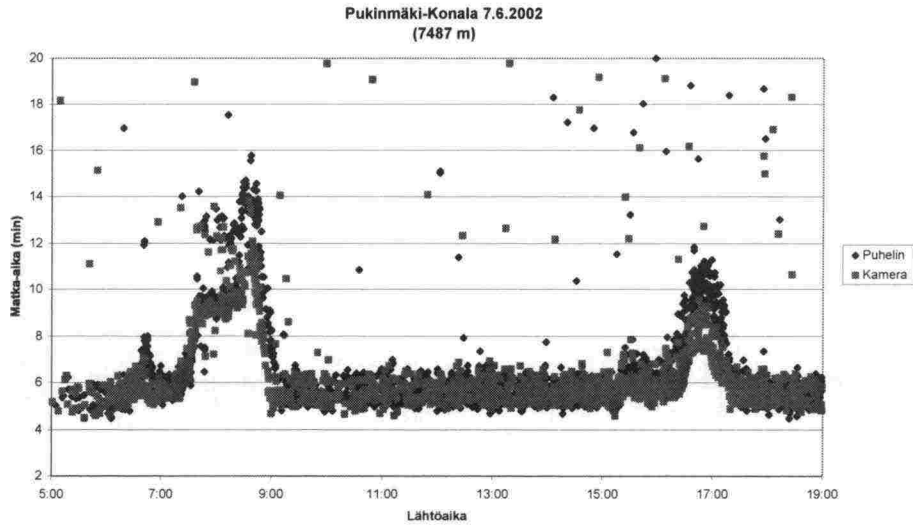
Vierumäki-Heinola 20.6.2002
(10280 m)



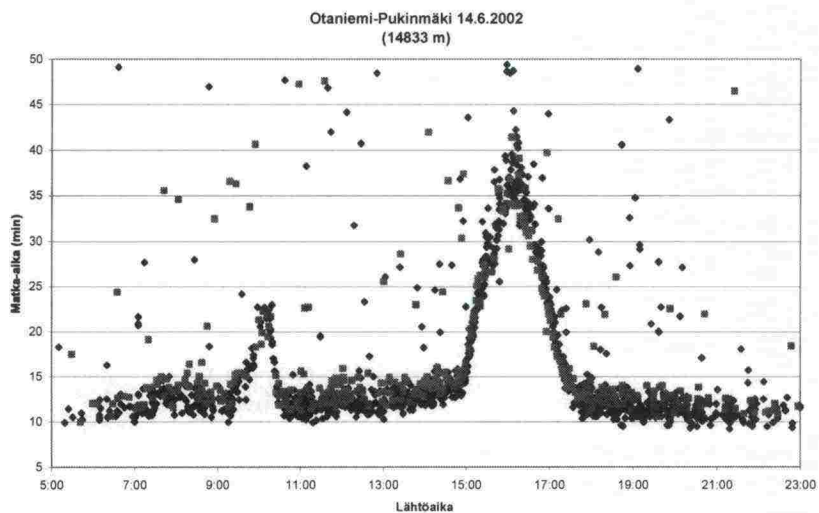
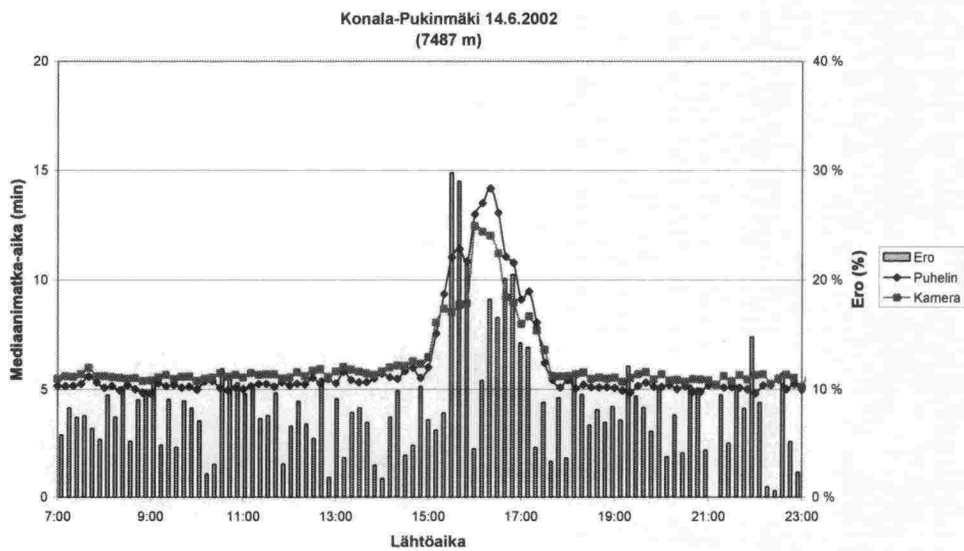
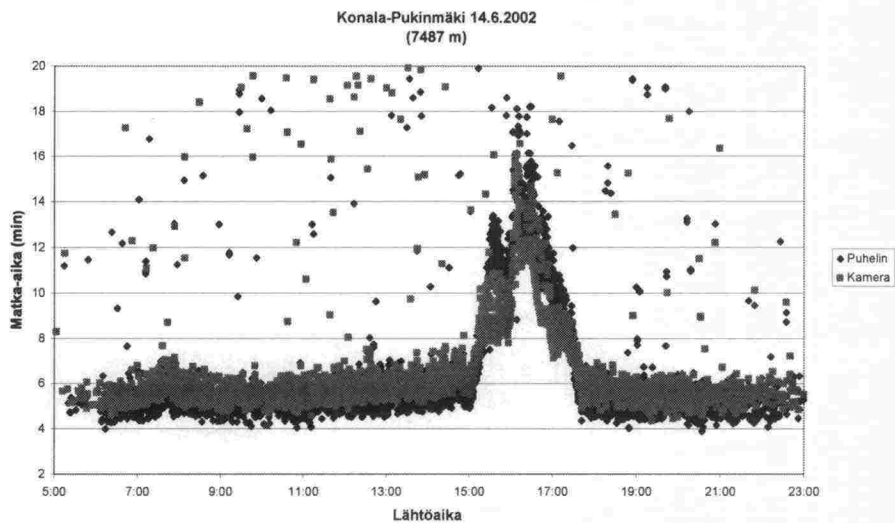
Valtatie 4 pohjoiseen



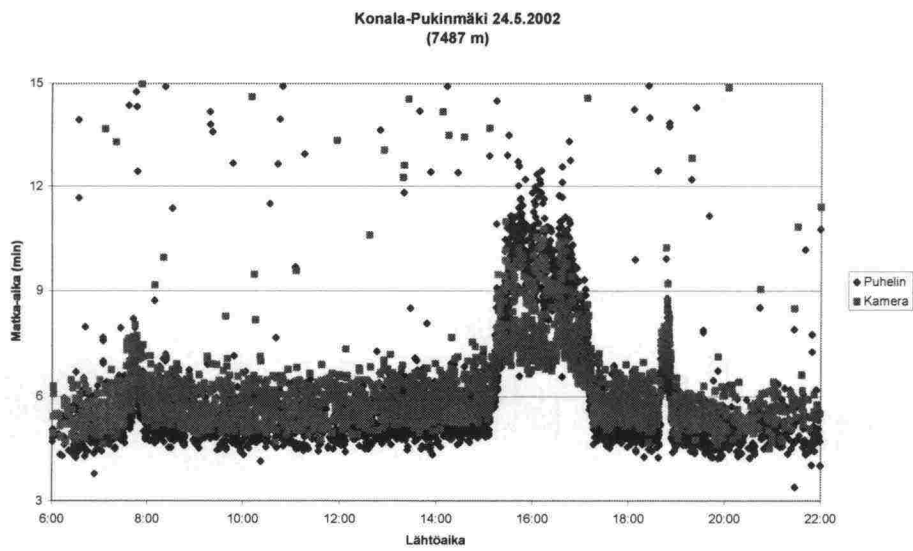
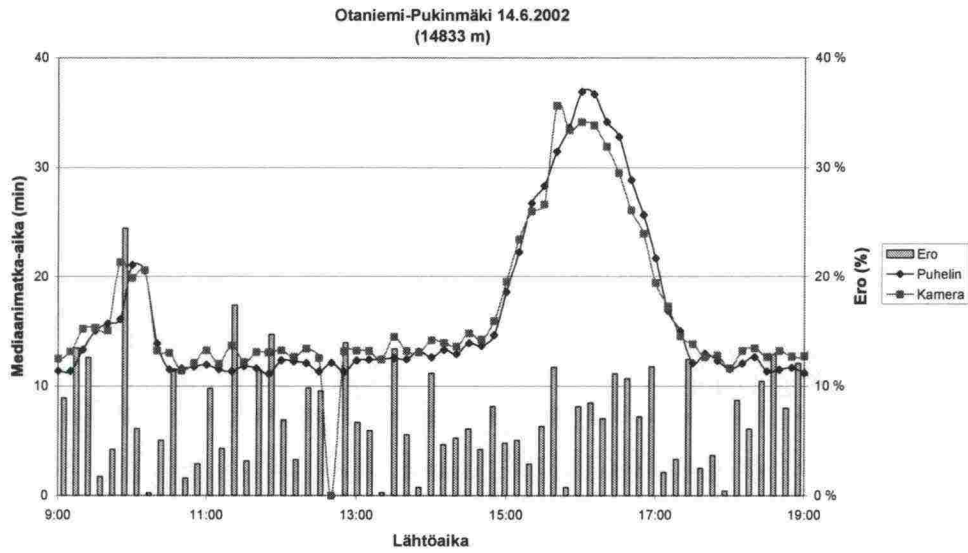
Kehä I länteen



Kehä I itään



Kehä I itään





ISSN 1459-1553
ISBN 951-726-960-9
TIEH 3200787-v