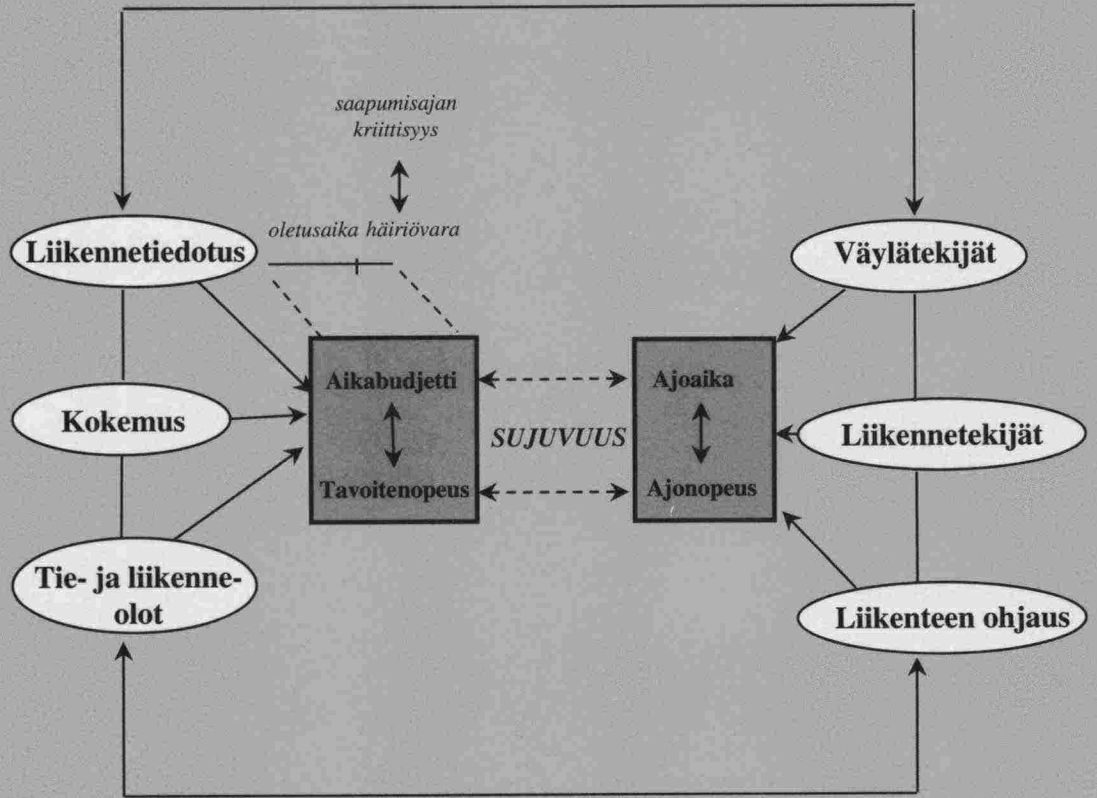


Tielaitos

Sami Luoma

# Tieliikenteen sujuvuus ja sen mittaaminen



Tielaitoksen  
selvityksiä

21/1998

Helsinki 1998

TIEHALLINTO  
Liikenteen palvelut

LIIKENTEEN PALVELUT

Liikenteen hallinta

Tielaitoksen selvityksiä  
21/1998

Sami Luoma

## **Tieliikenteen sujuvuus ja sen mittaaminen**

**Tielaitos**  
TIEHALLINTO

Helsinki 1998



ISBN 951-726-432-1  
ISSN 0788-3722  
TIEL 320 0512

Oy Edita Ab  
Helsinki 1998

Julkaisua myy:  
Tielaitoksen kirjasto



**Tielaitos**  
TIEHALLINTO  
Liikenteen palvelut  
Opastinsilta 12 A  
PL 33  
00521 HELSINKI  
Puhelinvaihde 0204 44 150

**Aiheluokka** 11,12,113

**Asiasanat** sujuvuus, palvelukyky, tavoitenopeus, toimivuus, matka-aika, kokeminen, mittaaminen, raskas liikenne, autonkuljettajat, kevyt liikenne, AVI, AVL

## TIIVISTELMÄ

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, mitä liikenteen sujuvuudella tarkoitetaan, mitkä tekijät vaikuttavat tieliikenteen sujuvuuteen, mitä se on eri intressitahojen kannalta sekä miten sujuvuutta voidaan mitata ajantasaisesti.

Sujuvuuteen liittyvät olennaisesti objektiivisuuden ja subjektiivisuuden käsitteet, sillä sujuvuuden merkitys muuttuu tarkastelunäkökulman mukaan. Sujuvuus merkitsee eri asiaa tienpitäjälle ja tienkäyttäjälle. Tienpitäjä tarkastelee asiaa järjestelmätasolta ja tienkäyttäjä yksilötasolta. Sujuvuuden merkitys vaihtelee myös eri tienkäyttäjryhmien välillä. Tässä työssä sujuvuutta on tarkasteltu erikseen henkilöautonkuljettajien, joukkoliikenteen, kevyen liikenteen sekä elinkeinoelämän kuljetusten näkökulmista.

Tienpitäjälle sujuvuus kuvaa pääasiassa liikenneverkon kykyä palvella liikennettä (palvelukyky), mikä muodostuu sekä teknisestä että liikenteellisestä tasosta. Tekniseen tasoon kuuluvat esimerkiksi verkon kattavuus ja sen tekninen kunto suhteessa normeihin. Toimivuuteen eli liikenteelliseen tasoon puolestaan liittyvät esimerkiksi ajonopeus suhteessa tavoitenopeuteen ja matka-aikojen ennustettavuus.

Sujuvuuteen vaikuttavat tekijät voidaan jakaa väylä- ja liikennetekijöihin sekä muihin tekijöihin. Väylä tekijöillä tarkoitetaan esimerkiksi tien geometriaa, tieverkon rakenteita (esim. liittymiä), kelirikkoa, tien kuntoa ja liikenteen ohjausta, jotka vaikuttavat tien välityskykyyn. Liikennetekijöihin kuuluvat liikennemäärä ja erilaiset liikenteen häiriöt. Muihin tekijöihin kuuluvat keli ja sää sekä liikennetiedottaminen, jonka avulla voidaan vaikuttaa liikenteen sujumiseen ohjaamalla kuljettajien ajokäyttäytymistä. Edellä luetellut tekijät jakautuvat staattisiin ja dynaamisiin. Staattiset tekijät ovat muuttumattomia tai hitaasti muuttuvia, dynaamisten tekijöiden muuttuessa ajan mukana.

Tienkäyttäjien sujuvuuskäsityksiä selvitettiin erilaisten haastattelujen ja kyselyjen avulla. Henkilöauton kuljettajien sujuvuuden kokemista kuvaa parhaiten tavoitenopeuden ja ajonopeuden välinen ero. Liikennetiedottamisen avulla voidaan vaikuttaa tavoitenopeuden suuruuteen ja sitä kautta kuljettajien kokemaan sujuvuuteen. Elinkeinoelämän kuljetuksille matka-aikojen ennustettavuus on tärkeämpää kuin matka-aikojen lyhentäminen. Pahimpia sujuvuusesteitä kuljetusyrityksille muodostavat tien päällysteen huono kunto ja liukkaus. Seuraavaksi ongelmallisimpia ovat tien kapeus, ahtaat liittymät,

huono sää, kelirikko sekä työmatkaliikenteen aiheuttama ruuhka. Polkupyöräilijöille pahimpia sujuvuusongelmia tuottavat kevyen liikenteen puutteelliset järjestelyt, puuttuvat väylät, väylän kapeus ja jatkuvuuden puute, väylien huono kunto ja huono päällyste, huono jalankulku- ja pyöräliikenteen erotelu sekä liikennevalot. Jalankulkijoilla pahimmat sujuvuusesteet ovat samat kuin polkupyöräilijöillä, mutta liikennevaloja enemmän haittaavat erilaiset kiertävyysongelmat.

Muiden maiden tienpitäjien käsityksiä liikenteen sujuvuudesta ja sen arvioimisesta selvitettiin kirjallisuustutkimuksen avulla. Eri maissa käytössä olevat arviointitavat perustuvat pääasiassa matka-aikoihin, viivytyksiin, aikahukkaan ja todennäköisyyteen joutua ruuhkaan. Monissa maissa nähdään matka-aikojen ennustettavuus lupaavana tulevaisuuden kehityskohteena.

Työn lopussa on tarkasteltu erilaisia menetelmiä tieliikenteen sujuvuuden mittaamiseen etenkin tosiaikaisesti. Menetelmät perustuvat matka-aikojen mittaamiseen, sillä sekä tienpitäjälle että tienkäyttäjille sujuvuus liittyy yleensä matka-aikaan ja sen ennustettavuuteen. Menetelminä ovat ensisijaisesti erilaiset AVI (Automatic Vehicle Identification)- ja AVL (Automatic Vehicle Location) –menetelmät, joiden avulla matka-aikoja voidaan mitata. Ensimmäinen perustuu ajoneuvojen tai ajoneuvoryhmien tunnistamiseen ja jälkimmäinen ajoneuvojen sijainnin paikantamiseen.



**Key words** efficiency, service ability, target speed, travel time, perception, estimation, goods transport operators, car drivers, vulnerable road users, AVI, AVL

## **ABSTRACT**

The objectives of this study are to define the concept of transport system efficiency, discover the various factors affecting transport system efficiency, and to study how road authorities and different road user groups perceive it. In addition, it was studied how efficiency can be measured in real-time.

The concepts of objectivity and subjectivity are relevant when considering network efficiency, because the meaning of efficiency varies. Efficiency is different from the road authority and the road user's perspectives. Road authorities consider efficiency from a system level and the road users from an individual level. The meaning of efficiency also varies between various road user groups. In this study, traffic efficiency was investigated from the point of view of car drivers, public transport users, commercial vehicle operators as well as bicyclists and pedestrians.

For the road authority, efficiency describes the ability of the road transport network to serve traffic (service ability). This comprises the technical standard and the ability to function in different traffic conditions. The technical standard of the transport network is associated with the coverage of the network and its technical condition compared to the guidelines. The ability to function can be seen as the difference between driving speed and target speed or the predictability of travel times. Factors affecting network efficiency can be divided into three main categories : road related, traffic related and other factors. Road related factors include the road category, bottlenecks (e.g. intersections), frost damage, the technical quality of the road and traffic control. Traffic related factors include traffic volume and various traffic incidents. Other factors include such elements as the weather and the dissemination of traffic information. With the help of traffic dissemination road authorities are able to control the driving behaviour of road users. The factors mentioned above can be divided into static (relatively stable in time) and dynamic (vary in time).

The way in which road users perceive efficiency was studied with the help of interviews and surveys. The best efficiency indicator for car drivers seems to be the difference between individual, condition dependent desired speed (target speed) and driving speed. Traffic information affects drivers' target speeds and thus their perception of efficiency. For commercial vehicle operators it is more important to improve the predictability of travel times rather



than reduce travel times. The worst problems for these operators are inferior road surfaces and ice on the road. Other major problems are narrow roads and junctions, bad weather, frost damage and congestion caused by commuter and weekend traffic. For cyclists the worst problems are poor arrangements for vulnerable road users, the lack of or inferior cycle paths and facilities, lack of continuity in the bicycle paths, narrow bicycle paths, insufficient separation of cyclists and pedestrians, and traffic signals. For pedestrians, the problems are almost the same as for cyclists with the exception that unnecessary route diversions are considered much more irritating than traffic lights.

The methods on how we estimated transport system efficiency were researched through literature review. The estimation procedures are mainly based on travel times, delays, time losses or the probability to get stuck in congestion. In many countries the predictability of travel times as an indicator is under consideration.

Various methods for real-time measurement of efficiency are discussed. The methods deal with travel time, as for both road authorities and road users, efficiency is closely linked to travel times and their predictability. The most promising methods are various Automatic Vehicle Identification (AVI) and Automatic Vehicle Location (AVL) methods. The AVI is based on the identification of vehicles or vehicle platoons at fixed measurement points and the AVL is based on keeping track of the location of moving vehicles in real-time.

The study has been granted European Community financial aid in the field of Trans-European Networks – Transport.

## ALKUSANAT

Tielaitoksen Liikenteen palvelut –yksikössä on tehty selvitys tieliikenteen sujuvuudesta ja sen mittaamisesta. Työ on samalla Sami Luoman diplomityö, jonka valvojana on ollut ma. Professori Matti Pursula Teknillisestä korkeakoulusta ja ohjaajana tekn. tri. Risto Kulmala VTT:stä.

Selvityksessä on tutkittu sujuvuuden käsitettä eri tienkäyttäjryhmien sekä eri maiden tienpitäjien näkökulmasta. Raskaan liikenteen, henkilöautoliikenteen sekä kevyen liikenteen sujuvuutta on tutkittu erilaisten kysely- ja haastattelumenetelmien avulla. Lisäksi työssä on pohdittu erilaisia tosiaikaisia mahdollisuuksia sujuvuuden mittaamiseksi.

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

Helsingissä huhtikuussa 1998

*Tielaitos, Keskushallinto  
Liikenteen palvelut*

## SISÄLTÖ

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 1     | JOHDANTO  | 11 |
| 2     | TUTKIMUKSEN TAUSTA JA TARKOITUS                           | 13 |
| 3     | TIELIIKENTEEN SUJUVUUTEEN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT             | 14 |
| 3.1   | Sujuvuus tienpitäjän ja tienkäyttäjien näkökulmasta       | 14 |
| 3.2   | Väylätekijät  | 16 |
| 3.2.1 | Tien geometriaan liittyvät tekijät                        | 16 |
| 3.2.2 | Tieverkon rakenteet                                       | 17 |
| 3.2.3 | Liikenteen ohjaus   | 18 |
| 3.2.4 | Muut väylätekijät   | 18 |
| 3.3   | Liikennetekijät   | 18 |
| 3.3.1 | Liikennemäärä ja kapasiteetti                             | 18 |
| 3.3.2 | Liikenteen häiriöt  | 20 |
| 3.3.3 | Muut liikennetekijät                                      | 22 |
| 3.4   | Muut tekijät  | 23 |
| 3.4.1 | Sää ja keli   | 23 |
| 3.4.2 | Liikennetiedottaminen                                     | 25 |
| 4     | SUJUVUUS ERI TIENKÄYTTÄJÄRYHMIEN NÄKÖKULMASTA             | 27 |
| 4.1   | Tienkäyttäjryhmät ja eri tutkimusmenetelmät               | 27 |
| 4.2   | Teollisuus- ja elinkeinoelämä                             | 27 |
| 4.2.1 | Kuljetuskyselyn taustaa                                   | 27 |
| 4.2.2 | Kyselytutkimus ja sen tulokset                            | 29 |
| 4.2.3 | Muita aiheeseen liittyviä tutkimuksia                     | 39 |
| 4.3   | Henkilöautoliikenne                                       | 41 |
| 4.3.1 | Tutkimusmenetelmän kuvaus                                 | 41 |
| 4.3.2 | Haastattelujen tulokset                                   | 41 |
| 4.4   | Joukkoliikenne  | 47 |
| 4.5   | Kevyt liikenne  | 50 |
| 4.5.1 | Yleistä   | 50 |
| 4.5.2 | Haastattelututkimuksen tulokset                           | 51 |
| 5     | SUJUVUUS TIENPITÄJÄN NÄKÖKULMASTA ERI MAISSA              | 61 |
| 5.1   | Pohjoismaat   | 61 |
| 5.1.1 | Suomi   | 61 |
| 5.1.2 | Ruotsi  | 63 |
| 5.1.3 | Norja   | 66 |
| 5.2   | Muut valtiot  | 68 |
| 6     | MATKA-AIKAAN PERUSTUVAT SUJUVUUDEN<br>MITTAAMISMENETELMÄT | 74 |
| 6.1   | Taustaa   | 74 |
| 6.2   | Ajoneuvonopeuksiin ja matka-aikaan liittyvää teoriaa      | 75 |

---

|  |          |
|--|----------|
| 6.3 Induktiosilmukoihin perustuvat menetelmät                        | 78       |
| 6.4 Automaattinen ajoneuvon tunnistus (AVI) matka-ajan mittaamisessa | 79       |
| 6.5 Automaattinen ajoneuvon paikannus (AVL) matka-ajan mittaamisessa | 82       |
| 6.6 Muut menetelmät  | 85       |
| 6.7 Eri menetelmien vertailua  | 86       |
| <hr/> 7 JOHTOPÄÄTÖKSET JA SUOSITUKSET                                | <hr/> 90 |
| 8 YHTEENVETO   | 93       |
| <hr/> 9 KIRJALLISUUS   | <hr/> 96 |
| 10 LIITTEET  | 102      |

---



## 1 JOHDANTO

Yksi Tielaitoksen päätavoite on liikenteen sujuvuuden turvaaminen. Tieliikenteessä sujuvuudella voidaan tarkoittaa monia eri asioita. Jotta liikenteen sujuvuutta voidaan yhdenmukaisesti parantaa Tielaitoksen tavoitteiden ja tienkäyttäjien odotusten mukaan, on päästävä yksimielisyyteen seuraavista asioista.

- Mitä sujuvuus on ?
- Kenen / minkä sujuvuutta mitataan ?
- Miten sitä mitataan ?

Tieliikenteellä tarkoitetaan eriluokkaisilla teillä ja katuverkolla tapahtuvaa moottoriajoneuvo- ja kevyttä liikennettä (Liikenneministeriö 1996). Liikkumisen sujuvuus yhdistetään yleensä autoliikenteeseen, mutta käsite on kuitenkin sama kaikessa liikkumisessa ja liikenteessä riippumatta siitä, miten ja missä liikutaan. Matkan sujuminen on yhdistelmä matkaketjun kaikkien osamatkojen sujumisesta. Tässä tutkimuksessa tarkastellaan liikenteen sujuvuutta ajoneuvoliikenteen lisäksi myös kevyen liikenteen näkökulmasta.

Ruotsin ja norjan kielillä sujuvuus liittyy "framkomlighet" -käsitteeseen. Englanniksi sitä vastaa lähinnä "transport system efficiency". *Sujuvuudella kuvataan liikenneverkon kykyä palvella liikennettä.* Sujuvuuteen vaikuttavat sekä verkon tekninen taso että sen toimivuus eri liikennetilanteissa. *Tekniiseen tasoon* kuuluvat mm. verkon kattavuus ja sen tekninen kunto suhteessa normeihin. *Toimivuuteen* eli *liikenteelliseen tasoon* puolestaan liittyvät esimerkiksi nopeus suhteessa tavoitenopeuteen sekä matka-aikojen ennustettavuus. Liikenne voi olla väyläkohtaisesti toimivaa, mutta sujuvuus (palvelukyky) on huono, koska tekninen taso on alhainen (kelirikko, huono yhdistävyys jne.). Sujuvuus voi olla huono myös tieverkon ollessa kunnossa, jos liikennettä on liikaa.

Sujuvuuskäsitettä on käytetty ilman tarkempaa määrittelyä jo vuosien ajan. Sujuvuuden määritelmään liittyvät seuraavat käsitteet : liikennöitävyys, toimivuus, tavoitettavuus, tehokkuus, vaivattomuus, palvelutaso. Sujuvuuden määritelmä riippuu käytettävästä näkökulmasta. Tienpitäjä tarkastelee sujuvuutta järjestelmätasolta ja tienkäyttäjä yksilötasolta.

*Yksilötasolla tieosuuden tai muun tieliikennejärjestelmän osan liikenteen sujuvuutta arvioidaan sen perusteella, kuinka häiriöttömästi ja odotustensa mukaisesti tienkäyttäjä kykenee kulkemaan sen läpi.*

*Järjestelmätasolla tieliikennejärjestelmän tai sen osan liikenteen sujuvuutta arvioidaan sen perusteella, kuinka häiriöttömästi ja tehokkaasti järjestelmä välittää siihen kohdistuvan liikenteen kysynnän.*

Häiriöttömyydellä tarkoitetaan sitä, miten vähän haitallisia viivytyksiä ja muita haittoja esiintyy matkaprosessin aikana. Odotusten mukaisuudella kuvataan matkan ennustettavuutta. Sen avulla otetaan huomioon myös se, että liikenteessä on ominaisuuksiltaan ja mieltymyksiltään erilaisia kuljettajia. Liikkujien kannalta olennaista näyttää olevan kokonaismatka-ajan ohella se, kuinka paljon joudutaan poikkeamaan tavoitenopeudesta. Hidastettuna tai pysähdyksissä vietetty aika arvotetaan monin verroin kalliimmaksi kuin normaalissa matkavauhdissa kulutettu aika. (Vägverket 1994.)

Määritelmässä tehokkuudella tarkoitetaan koko liikennejärjestelmän ajokustannuksien (onnettomuus-, aika- ja ajoneuvokustannukset) minimoimista eli sitä kuinka hyvin tieliikennejärjestelmä hoitaa siihen kohdistuvan kysynnän. Tehokkuutta voidaan mitata esimerkiksi matka-aikoina koko järjestelmässä tai arvioimalla, kuinka suuri osuus liikenteestä ajetaan HCM:n (Highway Capacity Manual) mukaisesti "sujuvissa olosuhteissa" eli palvelutasoilla A-D (Lyly 1990). Asteikkoa on sovellettu Suomen päätieverkkoon tiejaksoittain ja tuloksina on saatu liikennesuoritteen jakautuma vuositason edellä mainittuihin luokkiin, mutta tämä menetelmä ei ota huomioon esimerkiksi muuttuvia olosuhdetekijöitä.

Liikenteen sujumisella on tärkeä merkitys teollisuuden ja elinkeinoelämän kuljetuksille, joille sujuvuus ilmenee kuljetusten varmuutena eli matka-aikabudjetin pitävyytenä. Matka-ajan minimoinnin sijasta kuljetuksissa on tärkeintä matka-ajan hajonnan minimointi, sillä oletettavasti kuljetusyrityksille on tärkeämpää tietää mahdollisimman luotettavasti kuljetuksen saapumisajankohta määränpäähän kuin pyrkiä matka-ajan minimointiin, jonka jälkeen tavara seisoo esimerkiksi terminaalissa useiden tuntien ajan. (Liikenneministeriö 1997.)

Sujuvuuteen liittyvät monet eri asiat, mutta tärkeimpiä tekijöitä ovat tavoitenopeus tai -aika, matka-aika, matkanopeus, liikennemäärä sekä olosuhdetekijät. Yhtä kaikkiin käyttöihin soveltuvaa sujuvuusmittaria on vaikea toteuttaa. Sen vuoksi on tärkeää tunnistaa sujuvuuden osatekijät ja kehittää niille sopivat mittarit tai ymmärtää mihin sujuvuuden osatekijään mikin mittari liittyy.



## 2 TUTKIMUKSEN TAUSTA JA TARKOITUS

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on perehtyä liikenteen sujuvuuden käsitteeseen mahdollisimman monitahoisesti kartoittamalla eri intressiryhmien mielipiteet ja käsitykset tieliikenteen sujuvuudesta. Tutkimuksessa tarkastellaan sekä sujuvuuden kokemista että sen objektiivisia mittareita, joka liittyy mitattaviin liikenneteknisiin muuttujiin, kuten nopeuteen ja sen vaihteluihin, liikennemääriin, pysähdyksiin jne. Näiden eri muuttujien heijastuminen sujuvuuteen on yksilöllistä ja yhteydessä autoilijoiden erilaisiin taustatekijöihin, odotuksiin ja arvostuksiin.

Tavoitteena on erikseen selvittää sujuvuutta teollisuuden ja elinkeinoelämän kannalta, sillä sujuvuuden ja kuljetusvarmuuden parantamista voidaan pitää perusedellytyksenä alueen tai koko kansakunnan taloudelliselle kehitykselle.

Työn tarkoituksena ei ole kehittää varsinaista kaikkien intressipiirien hyväksymää sujuvuusmittaria Tielaitoksen käytettäväksi vaan tarjota mahdollisimman hyvät lähtökohdat mittarin kehittämiseksi. Työn tavoitteena on löytää vastaus seuraaviin pääkysymyksiin.

- Mitä sujuvuus on eri intressitahojen kannalta ?
- Mitkä tekijät vaikuttavat tieliikenteen sujuvuuteen ?
- Miten sujuvuutta voidaan käytännössä mitata ?
- Voidaanko sujuvuutta mitata ajantasaisesti ?

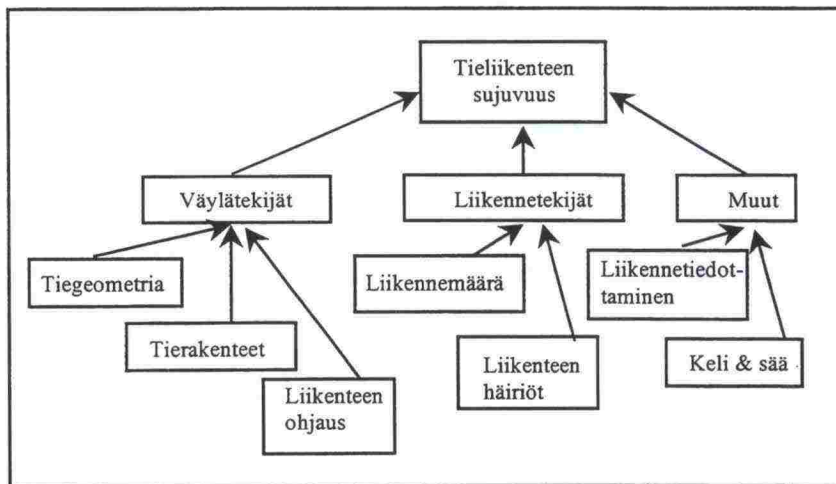
Tutkimuksen tuloksien odotetaan tukevan Tielaitoksen toimintaa siten, että laitoksen eri yksiköille voidaan asettaa sellaiset sujuvuuteen liittyvät tavoitteet, jotka parhaiten toteuttavat Tielaitoksen tehtävää tieliikennejärjestelmän vastuullisena hoitajana. Ensimmäinen yleinen muotoilu on liikenteen hallinnan kannalta ollut seuraava : Tielaitoksen tulee tarjota tienkäyttäjille mahdollisuus matkustaa tai kuljettaa tavaraa määränpäähänsä riittävän sujuvasti kaikissa sää- ja kelioloissa. Matkustamiseen tai kuljetukseen kuluvan ajan on oltava ennakoitavissa ja mahdollisista viivytysten aiheuttajista, kelistä ja häiriötilanteista tieverkolla on tiedotettava tienkäyttäjille mahdollisimman nopeasti (Tielaitos 1997). Tämän sujuvuustutkimuksen tuloksena Tielaitoksen tavoitetta voidaan tarkentaa ja ilmaista yksityiskohtaisemmin sekä määrällisesti että laadullisesti.

### 3 TIELIIKENTEEN SUJUVUUTEEN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT

#### 3.1 Sujuvuus tienpitäjän ja tienkäyttäjien näkökulmasta

Tieliikenteen sujuvuuteen ja sujuvuuden kokemiseen vaikuttavat monenlaiset eri tekijät. Sujuvuuteen liittyvät olennaisesti objektiivisuuden ja subjektiivisuuden käsitteet. Objektiivisella sujuvuudella tarkoitetaan sitä sujuvuutta, jota voidaan mitata tarkkailemalla liikennevirtaa tai yksittäisiä ajoneuvoja määritettyjen mittareiden avulla. Subjektiivinen sujuvuus on tienpitäjän tai tienkäyttäjän tulkinta liikenteen sujuvuudesta. Nämä kaksi näkökulmaa tuleekin pitää erillään toisistaan ja molempia voidaan arvioida - tosin eri mittareilla. Kuljettajien henkilökohtaista liikenteen sujuvuuden kokemista voidaan kartoittaa esimerkiksi haastattelujen avulla.

Tärkein yksittäinen, joskaan ei ainoa, objektiivinen liikenteen sujuvuuden mittari on matka-aika, johon vaikuttavat useat tässä kappaleessa tarkasteltavat tekijät. Matka-ajan merkitys riippuu matkatyypistä, sillä työaikana tehtävälle matkalle annetaan yleensä suurempi arvo kuin esim. vapaa-ajan matkoille. Täten sujuvuuteen liittyy myös oleellisesti arvottamisen ongelma. Kuvasta 1 ilmenee tieliikenteen sujuvuuteen vaikuttavat erilaiset tekijät.



Kuva 1. Tieliikenteen sujuvuuteen vaikuttavat tekijät.

Tässä kappaleessa sujuvuuteen liittyvät tekijät on jaettu kolmeen alaryhmään – väylätekijöihin, liikennetekijöihin ja muihin tekijöihin. Kuvan 1 väylätekijät koostuvat tieverkkoon liittyvistä tekijöistä, joita ovat tietyyppi, sillat, alikulut, liittymät, lautat, kelirikko, tien kunto ja liikenteen ohjaus. Nämä vaikuttavat lähinnä välityskykyyn. Liikennetekijöihin kuuluvat liikennemäärä, erilaiset liikenteen häiriöt, raskaan liikenteen osuus liikennevirrasta sekä liikenteen vaihtelumuodot. Muilla tekijöillä tarkoitetaan edellä mainittuihin



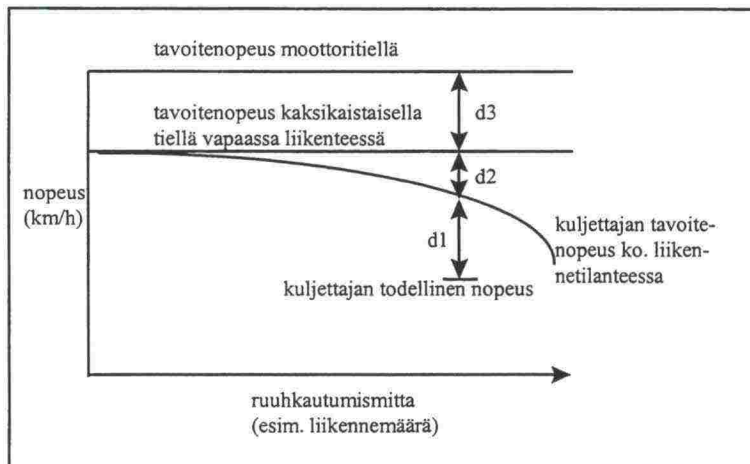
ryhmiin selvästi kuulumattomia tekijöitä kuten keliä ja säätä sekä liikenne-tiedottamista, jolla voidaan vaikuttaa esimerkiksi kuljettajien ajokäyttäytymiseen. Nämä ovat edelleen joko staattisia tai dynaamisia. Staattisilla tekijöillä tarkoitetaan tietyllä ajanjaksolla muuttumattomia tai hitaasti muuttuvia osatekijöitä, dynaamisten tekijöiden muuttuessa ajan mukana.

Tieliikenteen sujuvuuden käsittelyssä on syytä ottaa huomioon myös *tavoitenopeuden* käsite. Joku haluaa ilman suurempaa kiirettä käydä rauhallisesti ostoksilla ja toisen on päästävä mahdollisimman nopeasti satojen kilometrien päässä olevaan neuvotteluun. Tällaisia kuljettajakohtaisia eroja liikennekäyttäytymisessä voidaan käsitellä tavoitenopeuden avulla. Tavoitenopeus on nopeustaso, jonka ylläpitämiseen kuljettaja liikennetilanteessa pyrkii. Hyvin pienillä liikennemäärillä kuljettaja voi valita nopeutensa vapaasti, mutta liikenteen määrän kasvun myötä hän joutuu joko ohittamaan kaikki samaan suuntaan ajavat hitaammat ajoneuvot tai sopeutumaan tilanteeseen laskemalla tavoitenopeuttaan. Liikenteessä esiintyvien satunnaisvaihtelujen vuoksi kuljettajan ei ole kuitenkaan mahdollista pitää yllä tavoitenopeuttaan. (Kiljunen & Summala 1996.)

Jos kuljettajan tavoitenopeus on muun liikenteen nopeutta alhaisempi, hän ei joutu ohittamaan toisia ajoneuvoja ja liikennetilanne tuntuu vapaammalta kuin kuljettajasta, joka muuta liikennettä korkeamman tavoitenopeuden takia tekee ohituksia tai joutuu tinkimään nopeustasostaan. Tavoitenopeuden ja todellisen nopeuden eroa voidaan pitää haluttua käyttäytymistä rajoittavana häirtana, jonka kuljettaja tahtoo poistaa ja joka voidaan arvottaa maksuhalukkuuden avulla. (Kiljunen & Summala 1996.)

Kuvassa 2 esitetään oletus kuljettajan sopeutumisesta liikennetilanteeseen tavoitenopeuttaan laskemalla. Mitta d1 kuvaa tilanteen mukaisen tavoitenopeuden ja todellisen ajonopeuden eroa ja d2 tilanteen mukaisen tavoitenopeuden sekä tieosakohtaisen vapaan liikenteen tavoitenopeuden eroa. Mitta d3 kuvaa eroja tavoitenopeuksissa moottoritiellä ja kaksikaistaisella tiellä pienillä liikennemäärillä. Voidaan olettaa, että kuljettajalla on halu maksaa aikasäästöistä, eli eron d1 sekä myös erojen d1+d2 ja d1+d2+d3 poistamisesta. (Kiljunen & Summala 1996.)

Voidaan olettaa, että kuljettaja on yleensä tarpeeksi "joustava" sopeutumaan vallitsevaan liikennetilanteeseen tavoitenopeuttaan alentamalla, sillä usein tämä jää ainoaksi mahdollisuudeksi vaikuttaa omaan stressaantumiseen ja sujuvuuden kokemiseen.



Kuva 2. Liikennetilanteen oletettu vaikutus kuljettajan tavoitenopeuteen ja todelliseen nopeuteen (Kiljunen & Summala 1996).

## 3.2 Väylätekijät

### 3.2.1 Tien geometriaan liittyvät tekijät

**Tietyypin** vaikutus tieliikenteen sujuvuuteen ja sen kokemiseen on oleellinen. Eri tietyypeillä on erilaiset nopeusrajoitukset, kapasiteetit ja geometriset ominaisuudet. On selvää, että vaikka tiellä ei olisi lainkaan muuta liikennettä suurin osa kuljettajista kokee ajamisen "sujuvammaksi" paremman ajomukavuuden muodossa ajaessaan pitkin moottoritietä kuin kapeaa yksiajorataista maantietä. Tähän vaikuttavat kuitenkin suuresti yksilölliset tekijät. Salovaara (1990) esittää karkean sujuvuuteen soveltuvan tietyyppiehdotuksen, joka koskee päätieverkkoa hyvissä oloissa (kesä, valoisa, kuiva) ja liittymien häiriövaikutuksen ulkopuolella :

*Tyyppi A - Yksiajoratainen (2 ajokaistaa), kapea (6-9 m) ja melko mutkikas tie, jolla on 80-100 km/h nopeusrajoitus. Kapasiteetti vilkkaampaan suuntaan on 1200-1300 autoa tunnissa.*

*Tyyppi B - Yksiajoratainen, leveä (yli 9 m) tie, jolla on hyvä geometria ja jonka nopeusrajoitus on 100 km/h. Kapasiteetti on 1400-1500 autoa tunnissa.*

*Tyyppi C - Kaksiajoratainen (2+2 kaistaa) tie, jolla voi eritasoliittymien lisäksi olla valo-ohjauksisia tasoliittymiä ja joka toimii vilkkaan liikenteen väylänä taajamien lähellä. Nopeusrajoitus on 70-80 km/h. Kapasiteetti voi ylittää E-tyyppin kapasiteetin, jos kyseisellä C-tiellä on alempi nopeustavoite.*



*Tyyppi D - Moottoriliikennetie (yksi ajorata), jolla on edellisen B-luokan ominaisuuksien lisäksi eritasoliittymät ja ajoneuvorajoitus (ei hitaita ajoneuvoja). Nopeusrajoitus on 100 km/h ja kapasiteetti 1500-1600 autoa tunnissa.*

*Tyyppi E - Moottoritie (kaksi ajorataa ja 2+2 kaistaa), jolla on muutoin D-luokan ominaisuudet. Nopeusrajoitus on 120 km/h ja kapasiteetti yli 4000 autoa tunnissa.*

Oleellista sujuvuuden suhteen on tietyypin yksi- tai kaksiajorataisuus sekä kaistojen lukumäärä ajosuunnassa ja kuljettajille tarjotut mahdollisuudet ohitusten suorittamiseen. Myös liittymät ja kevyen liikenteen järjestelyt ovat tärkeitä. Moottoritiellä kuljettajan ei tarvitse lainkaan ottaa huomioon vastaantulevaa liikennevirtaa ja hitaampien ajoneuvojen ohittaminen on helppoa, kun taas yksiajorataisella tietyypillä ohittaminen ei ole aina mahdollista ja on riippuvainen ohituksen mahdollistavien aikavälien esiintymisestä vastaan tulevassa liikennevirrassa. (Kiljunen & Summala 1996.)

### 3.2.2 Tieverkon rakenteet

Tieverkon haitalliset, fyysiset rakenteet (ns. pullonkaulakohdat) saattavat aiheuttaa yksityisautoilijoille ja raskaalle liikenteelle ongelmia tieliikenteen sujuvuuden suhteen. **Sillat, alikulut ja tunnelit** voivat aiheuttaa ongelmia leveys-, korkeus- tai kantavuusrajoitteiden vuoksi lähinnä raskaalle liikenteelle. Nämä sujuvuusesteet aiheuttavat kuljetusyriyksille lisäkustannuksia kasvavina ajokustannuksina. Myös kulkurajoitukset (kelirikko ja huono tien pinnan kunto) kuuluvat tähän ryhmään.

**Liittymien** merkitys tieliikenteen sujuvuuden kannalta on olennainen, sillä usein tielinjan kapasiteetti on riittävä suurienkin liikennemäärien välittämiseen, mutta liittymien välityskyky toimii rajoittavana tekijänä. Liian ahtaat liittymät ovat ongelmallisia kääntyvän raskaan liikenteen kannalta ja muodostavat usein varsinaisia sujuvuusesteitä.

**Lossit** lisäävät liikenteen matka-aikaa kapasiteettirajoitteisuuden, vuorovälien ja aukioloaikarajoitusten vaikutuksesta. Kuljettajat joutuvat lossilta myöhästymisen takia varautumaan normaalia suuremmalla lisäaikavarauksella, sillä kriittinen myöhästymisen saattaa pahimmassa tapauksessa aiheuttaa useiden tuntien lisäviipeen kokonaismatka-aikaan. Tällä on erityisesti merkitystä teollisuus- ja elinkeinoelämälle, sillä epävarmuus kokonaismatkajassa johtaa kuljetuskustannusten kasvamiseen.

### 3.2.3 Liikenteen ohjaus

Liittymien **liikennevalojen ohjauslogiikka** tulee optimoida siten, että liikenteelle aiheutuvat kokonaisviivytykset minimoituvat ja pääsuunnilla on toimiva "vihreä aalto", jos halutaan saavuttaa maksimisujuvuus. Yleensä liikennevalojen optimoinnissa on taustalla myös muita tavoitteita, jotka liittyvät liikenneturvallisuuteen, liikenteen rajoittamiseen sekä kevyen liikenteen järjestelyihin. Koko liikennejärjestelmä saatetaan kokea sujumattomaksi huonosti toimivien liikennevalojärjestelyjen takia, vaikka liikennemäärät olisivat pieniä.

Myös **nopeusrajoitukset** voivat vaikuttaa sujuvuuteen, varsinkin jos tielle on asetettu liian alhainen nopeusrajoitus tien geometriaan verrattuna tai jos nopeusrajoitukset vaihtelevat usein saman tiejakson sisällä aiheuttaen liikennevirtaan kiihdytyksiä ja hidastuksia. Taajama-alueilla myös ajokiellot, yksisuuntaiset kadut, käännyksiellot ja muut liikenteenohjauskeinot vaikuttavat liikenteen sujuvuuteen. Yksisuuntaiset kadut lisäävät toisaalta sujuvuutta korkeamman välityskyvyn ansiosta.

Tienpitäjä voi vaikuttaa dynaamisesti sujuvuuteen myös **muuttuvien opasteiden** avulla. Muuttuvilla opasteilla voidaan velvoittaa (esimerkiksi nopeusrajoitukset ja kaistaohjaus), varoittaa (esimerkiksi ajoittain vaarallisista tienkohdista), opastaa vaihtoehtoisille reiteille tai antaa liikennettä palvelevaa muuta tietoa. Esimerkiksi muuttuvien nopeusrajoitusten avulla voidaan myös parantaa sujuvuutta harmonisoimalla liikennevirtaa lähinnä korkealuokkaisilla väylillä. (Karhunen 1997).

### 3.2.4 Muut väylätekijät

**Talvikunnossapidon** avulla tienpitäjä turvaa tienkäyttäjille riittävän toimintakyvyn normaaleissa talviolosuhteissa ja sään muutostilanteissa. Hyvän talvikunnossapidon avulla tarjotaan liikenteelle häiriötön sujuvuus. Koko tieverkko pidetään talviaikana liikennöintikelpoisena aivan poikkeuksellisia säätilanteita lukuunottamatta. (Tielaitos 1995a). Sujuvuuteen vaikuttavat myös tien kunnan taso (päällyste ja sen laatu, uraisuus) sekä kelirikkoajan tuomat ongelmat alemmalla tieverkolla.

## 3.3 Liikennetekijät

### 3.3.1 Liikennemäärä ja kapasiteetti

**Tien liikenteenvälityskyvyllä eli kapasiteetilla** tarkoitetaan sitä suurinta liikenneyksiköiden määrää, jonka tie tai kaista voi välittää aikayksikössä vallitsevissa tie-, liikenne- ja liikenteenohjausolosuhteissa (Lyly 1990). Välityskykykin voidaan luokitella dynaamiseksi, koska se on sidottu vallitseviin



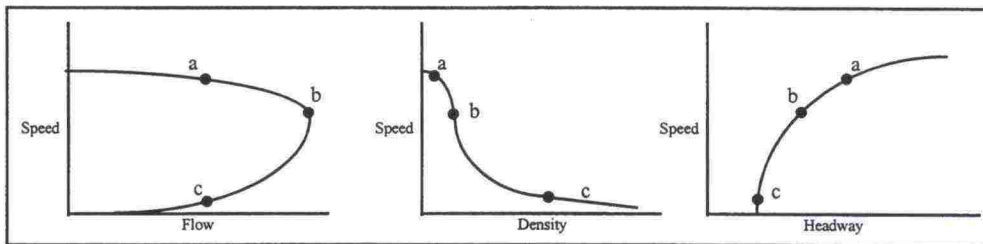
liikenne- ja ohjausolosuhteisiin. Kapasiteetti vaikuttaa tieliikenteen sujuvuuteen lähinnä liikennemäärän ja kapasiteetin välisen suhteen kautta. Pienillä liikennemäärillä liikenne sujuu hyvin ja autoilijat voivat ajaa melko vapaasti omissa oloissaan haluamallaan nopeudella. Lähestyttäessä tien kapasiteettirajaa ajoneuvojen keskinopeudet laskevat ja matka-ajat kasvavat. Tällöin kuljettajat ovat pakotettuja ajamaan liikennevirran määrämällä alhaisella ajonopeudella, mikä ilmenee mm. kuljettajien ajomukavuuden vähenemisenä (Tielaitos 1996a). Tien kapasiteettiin vaikuttavat useat eri tekijät, kuten esimerkiksi tietyyppi, kaarteisuus, näkemät, mäkisyys, kantavuus, tieleveys, päällysteen laatu, jne. Toisaalta myös nopeus vaikuttaa välityskykyyn, sillä suuret nopeudet johtavat pitkiin ajoneuvoväleihin ja alentavat tien palvelutason välityskykyä linjaosuuksilla. Myös tien nopeusrajoitus voi vaikuttaa välityskykyyn.

Liikennemäärän kasvaessa ajoneuvojen matka-ajat yleensä kasvavat. Liikennemäärä vaikuttaa tieliikenteen sujuvuuteen ja sen kokemiseen, sillä kuljettajat ajavat mieluummin vapaasti omissa oloissaan kuin muiden ajoneuvojen pakottamina ruuhkautuneessa liikennevirrassa. Liikennemäärän vaikutusta liikennevirran käyttäytymiseen ja sen häiriytymisalttiuteen voidaan tarkastella seuraavan esimerkin avulla (tavallinen, yksiajoratainen päätieyhteys), (Salovaara 1990).

- a) Liikennemäärän kasvaessa ohitukset lisääntyvät. Tämä johtuu siitä, että eri kuljettajilla on suorituskyvyltään erilaisia autoja ja erilainen käsitys liikennetilanteeseen sopivasta ajonopeudesta.
- b) Liikennemäärä kasvaa edelleen ja liikennevirta tiivistyy. Turvalliset ohitusmahdollisuudet vähenevät ja pitkiä ohituksia tehdään joskus suurillakin nopeuksilla. Liikennevirran nopeus pyrkii vähitellen asettumaan hitaimman auton mukaiseksi.
- c) Tie täyttyy ja autojen välimatkat lyhenevät edelleen. Ohittaminen vaikeutuu entisestään. Liikennevirran nopeus alkaa selvästi laskea, koska ei uskalleta ajaa suurella nopeudella lähellä edelläajavaa autoa. Ajaminen vaatii valppautta ja on stressaavaa. Liikennevirran eteneminen on erittäin häiriöaltista ja pienetkin nopeuden vaihtelut heijastuvat takana ajavaan autojonoon. Autojono tiivistyy nopeuden laskiessa ja tien välityskyky saavutetaan vähitellen.
- d) Kapasiteettiraja on saavutettu ja tie on täynnä aivan peräkkäin ajavia ajoneuvoja. Tien välityskyky on saavutettu ja liikennevirta pysähtele. Liikennevirta on häiriintynyt. Välityskykyhäiriö saattaa jatkua pitkäänkin, sillä takaa suuremmalla nopeudella saapuvat ajoneuvot kasvattavat jonoa nopeasti.

Sama ajatus ilmenee kuvasta 3, jossa on esitetty liikennevirtateorian mukaiset nopeus-liikennemäärä-, nopeus-liikennetiheys-, ja nopeusmatkavälikuvaajat. Piste a kuvaa ruuhkaantumaton tilannetta, jolloin ajo-

neuvot voivat edetä vapaalla nopeudellaan, piste b tilannetta, jolloin ollaan kapasiteettipisteessä ja piste c ruuhkautuneita olosuhteita. Tärkeää on huomata, että eri nopeudet pisteissä a ja c saavutetaan samalla liikennemäärällä, mutta liikennetiheys ja matkaväli ovat erilaisia. Nopeusmatkavälikuvaajasta voidaan havaita, että ajoneuvo saavuttaa vapaan nopeuden ainoastaan, kun sen matkaväli edellä ajavaan on riittävän suuri. Päinvastaisessa tilanteessa eli kun matkaväli muodostuu tarpeeksi pieneksi ja saavuttaa ruuhkatiheyden mukaisen matkavälin, ajoneuvon nopeus hidastuu, kunnes se pysähtyy kokonaan. Käyrien muodon määräävät teorias-  
 sa tien vapaa nopeus, kapasiteettipistenopeus, kapasiteettiliikennemäärä ja ruuhkatiheys. Todellisuudessa kuljettajien käyttäytyminen liikenteessä määrää käyrien muodon. On syytä muistaa, että Suomessa erittäin harvoin liikutaan yleisillä teillä liikennevirtateorian peruskuvaajien käyrillä pisteiden b ja c välissä. Olennainen suure on liikennetiheys, koska tiheyden kasvu yli kriittisen on ruuhkautumisen merkki.



Kuva 3. Liikennevirtateorian mukaiset peruskuvaajat (Van Aerde 1995).

### 3.3.2 Liikenteen häiriöt

Liikenteen **häiriö** voidaan määritellä minä tahansa poikkeavana tapahtumana (non-recurrent event), joka aiheuttaa väylän välityskyvyn pienenemisen tai poikkeuksellisen kysynnän kasvun. Häiriöiden johdosta liikennevirta häiriintyy, jolloin ajoneuvojen nopeus ja kuljettajien ajomukavuus laskee. Häiriöt voidaan jakaa ennustettaviin ja ennustamattomiin. Ennustettavissa ovat esimerkiksi suunnitellut tietyöt tai toistuva virhepysäköinti sekä suurien yleisötapahtumien liikennevaikutukset. Nämä häiriöt ovat liikennettä ohjaavien viranomaisten tiedossa, mutta usein eivät kuitenkaan kuljettajien tiedossa. Ennustamattomia häiriöitä ovat mm. onnettomuudet, ajoradalle rikkoutuneet tai pysähtyneet ajoneuvot sekä muut paikallaan pysyvät tai liikkuvat esteet ajoradalla (Johansson 1996). Taulukossa 2 on nähtävissä erilaiset häiriötyypit ja taulukossa 3 liikenteen häiriöiden vaikutus tien välityskykyyn.



Taulukko 2. Erilaiset häiriötyypit (Federal Highway Administration 1991).

| Ennustettavat   | Ennustamattomat   |
|---|---|
| Kunnossapitotoimenpiteet  | Onnettomuus   |
| Tietyöt   | Epäkuntoinen ajoneuvo                                       |
| Tapahtumat (urheilukilpailut, mielenosoitukset, saattueet jne.) | Huono sää (vesi- tai lumisade, jäinen tienpinta, sumu jne.) |
| Erikoiskuljetukset  | Kaatonut kuorma   |
|   | Romahtanut silta tai tie                                    |
|   | Vesi-, viemäri- tai kaasuputkiston rikkoutuminen            |
|   | Ohjauslaitteiden tai ilmaisimien rikkoutuminen              |

Taulukko 3. Häiriöiden aiheuttama välityskyvyn pieneneminen moottoritien toisen suunnan kolmikaistaisella osuudella Houstonissa, Texasissa (Federal Highway Administration 1991).

| Häiriötyyppi  | Välityskyvyn pieneneminen (%) |
|---|-------------------------------|
| Epäkuntoinen ajoneuvo (yksi kaista suljettu)                    | 48                            |
| Omaisuuksivahinkoon johtanut onnettomuus (yksi kaista suljettu) | 50                            |
| Onnettomuus (kaksi kaistaa suljettu)                            | 79                            |
| Onnettomuus pientareella  | 26                            |

Välityskyvyn pienenemisen seurauksena liikenteelle aiheutuu viivytyksiä. Liikennemäärä/viivytys -suhteen epälineaarisuuden vuoksi häiriön aiheuttamat viivytykset ovat suhteellisesti suurempia suurilla liikennemäärillä. Ruuhkautuneilla taajama-alueilla häiriöt aiheuttavat samaa suuruusluokkaa olevia viivytyksiä kuin päivittäin toistuva ruuhka. Viivytykset kasvavat neliöllisesti häiriön poistamiseen kuluvan ajan suhteen. Jos esimerkiksi ajoneuvo tukkii yhden kaistan 30 minuutin ajan 15 minuutin sijasta, liikenteelle aiheutuu nelinkertainen viivytys. (Johansson 1996.)

Tieliikenteen sujuvuuden kannalta häiriöt aiheuttavat odottamattomia viivytyksiä ajoneuvojen kuljettajille. Oleellista on, että häiriöiden havainnointi ja poistaminen olisi mahdollisimman nopeaa ja tehokasta. Kunnossapitotoimenpiteiden ja tietöiden osalta olisi tärkeää, että tietöistä muulle liikenteelle aiheutuva haitta minimoitaisiin välttämällä toimia ruuhka-aikana ja nopeuttamalla toimenpiteiden suorittamista. Kunnossapitotoimenpiteiden urakkarajouksissa tulisi ottaa huomioon myös liikenteelle häiriöistä syntyvien kustannuksien minimoiminen. Lisäksi on tärkeää, että kuljettajat saisivat mahdollisimman nopeasti tiedon häiriöstä, sillä häiriön vaikutus liikenteen suju-

vuuden kokemiseen lienee pienempi, jos siihen on osattu varautua etukäteen. Näin voidaan vaikuttaa kuljettajien tavoitenopeuteen.

### 3.3.3 Muut liikennetekijät

**Ajoneuvojen suuret nopeushajonnat** saattavat vaikuttaa liikennevirran ominaisuuksiin siten, että liikenteestä muodostuu nopeuksien suhteen heterogeeninen, sujumattomasti toimiva kokonaisuus. Sujuvassa liikennevirrassa yksittäisen ajoneuvon ajonopeuden vaihtelu on mahdollisimman pieni ja ajoneuvot etenevät tieverkolla tasaisella nopeudella. Ajoneuvojen nopeuserojen kasvaessa hitaammat ajoneuvot keräävät taakseen (lauttautuminen) suuremmalla tavoitenopeudella eteneviä autoja, jotka pyrkivät suorittamaan ohituksia, joista aiheutuu ajoneuvojonoon kiihdytyksiä ja hidastuksia sekä näiden seurauksena vaaratilanteita. Tilanne tiejaksolla saattaa olla sellainen, että osa ajoneuvoista etenee hitaamman ajoneuvon vetämässä autojonossa ja näiden "lautojen" välillä kulkevat yksittäiset ajoneuvot etenevät lähes vapaissa oloissa kunnes saavuttavat edellä ajavan jonon pään. Usein ruuhkaliikenteestä puhuttaessa ei synny mielikuvaa jouheasti ja sujuvasti etenevästä liikenteestä. Silti jonossa ajaminenkin saatetaan kokea sujuvaksi, jos kuljettajan ajonopeus on lähellä tavoitenopeutta. Nopeusrajoitusta huomattavasti alemmalla nopeudella ajavat kuljettajat haittaavat erityisesti liikenteen sujumista aiheuttaen ohituksia ja liikennevirran nykimistä. (García 1997).

**Raskaan liikenteen** vaikutusta liikenteen sujuvuuteen on tutkittu jonkin verran. Pesun (1996) tutkimuksessa ei ole havaittu raskaan liikenteen aiheuttavan kevyen ajoneuvoliikenteen keskinopeuksien alenemista. Raskaan liikenteen vaikutukset korostuvat tiegeometrian kannalta huonoilla tieosuuksilla. Tutkimuksessa käytetty menetelmä perustui LAM-pisteverkon hyväksikäyttöön tarkastelemalla ajoneuvojen nopeuksia esimerkki- ja vertailuteillä. Hyvän tiegeometrian osuuksilla, joilla LAM-piste yleensä sijaitsee, syntyneitä jonoja pyritään purkamaan ohituksilla, jolloin ohittajien nopeudet kasvavat. Lisäksi on muistettava, että LAM-piste tarjoaa ainostaan pistemäisen kuvauksen ajonopeuksista ja pitkälle meneviä johtopäätöksiä koko tieverkon tilasta on vaikea tehdä. Pidemmällä väleillä suoritettut matka-aikamittaukset antaisivat paremman kuvan raskaan liikenteen nopeusvaihteluista ja niistä aiheutuvista viivytyksistä muulle liikenteelle. (Pesu ym. 1996). Vaikka raskas liikenne ei aiheuttaisikaan liikennevirran keskinopeuden alenemista, on kuorma-autoista aiheutuva subjektiivinen vaikutus sujuvuuteen oleellinen. Useat ihmiset kokevat jo pelkästään kuorma-auton perässä ajamisen epämukavana, näkyvyyttä ja liikenteen sujuvuutta haittaavana tekijänä. Kuorma-autojen takana jätetään yleensä myös pitkä matkaväli.



Enbergin (1988) mukaan raskaiden ajoneuvojen osuus jonon johtajista eli jonon ensimmäisenä ajavista on kolme kertaa suurempi kuin niiden osuus kaikista ajoneuvoista. Täten kuorma-autot keräävät taakseen jonoja ja heikentävät muun liikenteen sujuvuutta.

**Liikenteen vaihtelumuodot** (kausi-, viikonpäivä- ja tuntivaihtelu) vaikuttavat myös sujuvuuden kokemiseen, mutta vaikuttavina tekijöinä ovat pääasiallisesti sää ja liikennemäärä. Vaihtelumuodot vaikuttavat ”matka-aikabudjetin” suuruuteen, sillä huonossa säässä tai ruuhkaliikenteessä varataan matkalle enemmän aikaa kuin normaalisti.

### 3.4 Muut tekijät

#### 3.4.1 Sää ja keli

Sään ja kelin vaikutus liikenteen sujuvuuteen ja ajomukavuuteen on tärkeä. Huono sää vaikuttaa kuljettajien ajomukavuuteen näkyvyyden ja ajoturvallisuuden heikentymisenä. Kelillä puolestaan tarkoitetaan säätekijöiden vaikutusta tienpinnan fyysisiin tekijöihin, jotka vaikuttavat ajettavuuteen, ajoneuvon hallitsemiseen ja kitkaan. Liikennettä haittaavia säätyyppejä ovat tiheä sumu, vesisade, räntäsade ja lumisade sekä voimakas sivutuuli.

Talvikelillä tarkoitetaan yleisesti tien pinnan olosuhteita talvisena aikana, jolloin tien pinta on joko kokonaan tai osittain peitteinen. Tielle muodostunut peite voi olla uutta lunta, pulverilunta rakeista lunta, pakkautunutta lunta, jääpolannetta, jääkalvoa tai sohjoa. Lumi- ja jääpeite aiheuttavat liikenteelle monia haittavaikutuksia. Tien pinta tulee lumen ja jään vaikutuksesta liukkaaksi ja epätasaiseksi. Runsaan lumisateen ja kinostumisen johdosta tielle muodostuu myös lumiesteitä. Liukkaus, epätasaisuus ja lumiesteet vaikeuttavat ajoneuvon hallintaa ja liikennöintiä sekä heikentävät ajomukavuutta. Myös liikenneturvallisuus huononee. (Heinijoki ym. 1990.)

Kelin vaikutus tieliikenteen sujuvuuteen ilmenee mm. ajonopeuksien laskuna. Tielaitoksen tekemän tutkimuksen mukaan ajonopeuksissa tapahtui lumisilla ja jäisillä keleillä suhteellisen suuriakin muutoksia, sillä ajonopeudet laskivat tiesääjärjestelmän perusteella tehdyn tarkastelun mukaan lumisilla keleillä noin 4 km/h (marras-joulukuun tuloksissa) ja ihmisen tekemien kelihavaintojen mukaan 4-5 km/h kuivaan talvikeliin verrattuna. Erityisen huonoilla keleillä ajonopeuksien lasku voi olla jopa 10 km/h (Rämä 1997). Muutosta voidaan pitää suurena siinä mielessä, että esimerkiksi nopeusrajoituksen alentaminen talveksi 100 km/h:sta 80 km/h:iin alensi keskinopeutta vain vajaat 4 km/h. Tämä talvinopeusrajoitustutkimus suoritettiin kymmenessä eteläisimmässä tiepiirissä, Pohjois-Suomea lukuunottamatta, valitsemalla tarkasteltavaksi olosuhteiltaan samankaltaisia tiepareja. Taulukosta



1 ilmenevät nopeuden tunnuslukujen muutokset erilaisilla talvikeleillä kesäkeliin verrattuna. (Saastamoinen 1993.)

*Taulukko 1. Nopeuden tunnuslukujen muutokset (km/h) erilaisilla talvikeleillä (eri nopeusrajoitusalueilla) kesäkeliin verrattuna. Merkinnällä 80 talvi tarkoitetaan 80 km/h - talvinopeusrajoitusalueita ja merkinnällä 80 ympärivuotista 80 km/h - nopeusrajoitusalueita (Saastamoinen 1993).*

|              | Kuiva       |      | Märkä        |      | Kuura        |      | Lumi         |      | Sade         |      |
|--------------|-------------|------|--------------|------|--------------|------|--------------|------|--------------|------|
|              | 80 talvi    | 80   | 80 talvi     | 80   | 80 talvi     | 80   | 80 talvi     | 80   | 80 talvi     | 80   |
| Keskinopeus  | <b>-6.9</b> | -2.1 | <b>-7.6</b>  | -3.0 | <b>-8.3</b>  | -3.2 | <b>-10.2</b> | -4.8 | <b>-8.7</b>  | -5.0 |
| Keskihajonta | <b>-2.3</b> | -0.2 | <b>-1.8</b>  | -0.0 | <b>-2.1</b>  | -0.1 | <b>-1.3</b>  | -0.3 | <b>-1.6</b>  | -0.1 |
| V85- nopeus  | <b>-9.7</b> | -2.4 | <b>-10.1</b> | -3.2 | <b>-11.2</b> | -3.3 | <b>-12.3</b> | -4.5 | <b>-11.1</b> | -4.8 |
| V15- nopeus  | <b>-3.9</b> | -1.8 | <b>-4.7</b>  | -3.0 | <b>-5.2</b>  | -3.3 | <b>-7.7</b>  | -5.2 | <b>-6.3</b>  | -5.2 |

Liukkauden lisääntyessä nopeustasot laskivat kaikilla nopeusrajoitusalueilla. Pitävään keliin (kitka yli 0.46) verrattuna nopeudet alentuivat melko pitävällä kelillä (kitka 0.36-0.45) 0-3 km/h, melko liukkaalla (kitka 0.26-0.35) 3-6 km/h ja liukkaalla (kitka alle 0.26) 4-7 km/h. Huomattavaa oli, että nopeustasot eivät liiemmin muuttuneet tienpinnan liukkauden muuttuessa melko liukkaasta liukkaaksi. (Saastamoinen 1993.)

Kuukausien keskinopeudet olivat alhaisimmillaan marras-tammikuun välisenä aikana. Talvikuukausien (loka-maaliskuu) aikana kuukausien keskinopeudet olivat ympärivuotisilla 100 km/h rajoitusalueilla 3-7 km/h alhaisemmat ja talvinopeusrajoitusalueilla 4-10 km/h alhaisemmat kuin toukokuussa 1993. Ympärivuotisilla 80 km/h -rajoitusalueilla kuukausien keskinopeudet olivat talvikuukausina 1-4 km/h alhaisemmat kuin toukokuussa 1993. Keskinopeudet alenivat vähäliikenteisissä talvinopeusrajoituspisteissä noin 3 km/h enemmän kuin vilkasliikenteisissä. (Saastamoinen 1993.)

Heinijoen ym. 1990 tekemän tutkimuksen mukaan autoilijat eivät huonoilla ja liukkailla talvikeleillä tiedosta tien todellista kuntoa ja liukkautta ennen kuin alhaisten kitka-arvojen lisäksi on olemassa muita keliä huonontavia tekijöitä. Tällöin kuljettajien arvio turvallisesta ajonopeudesta aleni ja samalla tarve nopeuden alentamiseen kasvoi. Käsitykset turvallisista ajonopeuksista alenivat kevyellä ajoneuvoliikenteellä noin 13-25 km/h ja raskaalla ajoneuvoliikenteellä noin 6 km/h, kun mielipiteet tien pinnan kelistä muuttuivat erittäin hyvästä huonoon. Kuljettajien turvallisena pitämä nopeus poikkesi kesäkeliin nopeudesta huonolla talvikelillä henkilö- ja pakettiautoilla 10-20 km/h ja raskailla autoilla 10 km/h. Tuloksista on tosin huomattava, että kuljettajat mittausten mukaan ajoivat talvikelillä hieman lujempaa kuin mitä he pitivät turvallisena nopeutena kyseisellä kelillä. Huono keli vaikuttaa

myös subjektiiviseen sujuvuuteen, sillä kuljettajat näyttävät huonoissa olosuhteissa olevan taipuvaisia laskemaan tavoitenopeuttaan.

Estlanderin (1995) mukaan vesisade vaikuttaa enemmän henkilö- ja pakettiautojen kuin kuorma- ja linja-autojen nopeuksiin. Vesisateen vuoksi keskinopeudet laskevat 0,5 – 4,3 km/h kuivan kelin tasosta. Talvella keskinopeudet pienenevät eniten lumisateella, 0,6 – 6,7 km/h kuivan talvikelin tasosta.

### 3.4.2 Liikennetiedottaminen

**Liikennetiedottamisessa** liikennejärjestelmän ylläpitäjän tavoitteena on ohjauksen tehostaminen, kuormitushuippujen tasoittaminen, järjestelmän häiriötilanteiden ja riskien välttäminen ja sen myötä liikennepalvelusten käyttäjien tyytyväisyys. Liikennetiedottamisella pyritään tieliikenteessä turvalliseen ja sujuvaan liikenteeseen sekä halutaan lisätä kuljettajien ajomukavuutta. Kertomalla ajantasaisesti liikennetilanteista yritetään auttaa autoilijaa valitsemaan liikkumisen kannalta parhaimmat ajat ja reitit. Näin tieverkon kapasiteettia käytetään tehokkaasti hyväksi. (Kiljunen & Summala 1996.)

Liikennetiedottaminen voidaan jakaa ennen matkaa tai matkan aikana tapahtuvaan tiedottamiseen. Matkan suunnittelua varten eli ennen matkaa käytettävää tietoa on jo useiden vuosien ajan tarjottu tietyökartan, sanomalehdistön, radion, television, tekstitelevision tai Internetin välityksellä. Matkan aikana tietoa tarjoavat kiinteät ja muuttuvat opasteet tienvarressa, radio, RDS-radio sekä korkeatasoisten palvelualueiden tiedotuspisteet. Lähivuosina ovat tulossa lisäksi RDS-TMC- ja GSM-pohjaiset tiedotuspalvelut ajoneuvovastaanottimiseen ja taskutietokoneineen. (Polvinen 1997.)

Liikennetiedottamisella pyritään ensisijaisesti tarjoamaan kuljettajille tietoa yllättävistä, liikennettä haittaavista tapahtumista, jotta he voisivat muuttaa reittiä, matkan ajankohtaa tai kulkutapaa. Toisaalta liikennetiedottamisen avulla voitaneen vaikuttaa kuljettajien kokemaan liikenteen sujuvuuteen siten, että he osaavat ennakoita varautua häiriötilanteisiin tavoitenopeutta ja matka-aikatavoitetta laskemalla ja täten kokevat ruuhkan aiheuttaman haitan vähäisempänä. Esimerkiksi japanilaisen, kaupunkiseudun pääväylillä tehdyn tutkimuksen mukaan pahassa ruuhkassa kuljettajat halusivat tilanteesta informaatiota. Tällöin olisi suositeltavaa antaa tietoa matka-ajoista, ruuhkautuneen jonon pituudesta ja ruuhkan syystä kuljettajien ärtymyksen lieventämiseksi sekä vaihtoehtoisten reittien valitsemiseksi. Useat tutkimukset osoittavat, etteivät ihmiset ole kovin innokkaita vaihtamaan matkareittiään eikä tämä usein ole edes mahdollista. Reitin valintaan vaikuttaa lähinnä ennen matkaa saatu tieto, kun taas matkan aikana saatu tieto vaikuttaa ajotavan muuttamiseen. Reittiä vaihdettaessa pysytään mieluummin tutuilla

väylillä ja liikennetiedottamisella on ilmeisesti tehokkain vaikutus autoilijaan ennen tämän saapumista moottoritiele/pääväylälle. Kuljettaja siis vaihtaa reittiään helpommin, jos hän saa tiedon ruuhkasta ennen kuin on tehnyt valinnan kahden vaihtoehtoisen reitin välillä (Kiljunen & Summala 1996.)



## 4 SUJUVUUS ERI TIENKÄYTTÄJÄRYHMIEN NÄKÖKULMASTA

### 4.1 Tienkäyttäjryhmät ja eri tutkimusmenetelmät

Tässä luvussa käsitellään tieliikenteen sujuvuutta tienkäyttäjien näkökulmasta selvittämällä tienkäyttäjryhmien sujuvuuden kokemista mahdollisimman monipuolisesti. Eri tienkäyttäjryhmät on jaettu kahteen pääryhmään - kansalaisiin sekä teollisuus- ja elinkeinoelämään. Kansalaisilla tarkoitetaan yksityisiä henkilöitä, joita tässä tarkastelussa ovat henkilöautoliikenteen, joukkoliikenteen ja kevyen liikenteen käyttäjät. Tutkimusmenetelminä käytetään kirjallisuustutkimusta sekä henkilöautoliikenteen, kevyen liikenteen sekä teollisuus- ja elinkeinoelämän osalta erilaisia haastattelu- ja kyselymenetelmiä.

### 4.2 Teollisuus- ja elinkeinoelämä

#### 4.2.1 Kuljetuskyselyn taustaa

Teollisuus- ja elinkeinoelämän kuljetuksia tarkastellaan omana osana alueenaan, sillä tieliikenteen sujuvuuden merkitys kuljetusyrityksille on hieinan erilainen kuin yksityisautoilijoille. Lisäksi liikenneministeriö on Tielaitokselle asettamissaan tavoitteissa korostanut erityisesti teollisuus- ja elinkeinoelämän merkitystä ja sen tarpeita. Kuljetusyrityksien arvostuksia tieliikenteen sujuvuudesta ja siihen vaikuttavista tekijöistä on kartoitettu erillisen kyselytutkimuksen (postikysely) avulla. Kuljetusyritykset on valittu satunnaisotannalla Suomen Kuorma-autoliiton yritysrekisteristä siten, että maantieteellisestä sijainnista mahdollisesti johtuvat erilaiset sujuvuuteen liittyvät arvostukset ja vaihtelevien tieliikenneolojen vaikutus tulee otettua huomioon. Kuljetuskyselyn tuloksien tarkastelussa yritykset on pyritty jakamaan pääasiassa päätieverkkoa, alemman asteen tieverkkoa tai katuverkkoa käyttäviin yrityksiin.

Kuljettajilla on todennäköisesti erilaiset sujuvuustavoitteet ja -odotukset riippuen siitä tapahtuuko kuljetus pääasiassa päätieverkolla vai alempiasteisella tieverkolla. Pääteille on ominaista se, että matkat saattavat olla pitkiä, liikennettä on paljon ja erityisesti matka-ajan merkitys korostuu. Alempiasteiset tiet mahdollistavat pääsyn syrjäisillekin seuduille (esimerkiksi puutavarakuljetukset). Alempiasteisilla teillä matkat ovat lyhyehköjä, liikennettä on vähän eikä matka-ajan merkitys ole niin oleellinen asia kuin se, että yhteys tarvittaessa on ajokunnossa. (Joutsensaari 1997.)

Alempiasteisen tieverkon kuljetukset koostuvat pääasiassa raakapuun ja maataloustuotteiden (kuten irtomaito ja vilja) kuljetuksista. Alempiasteisen



tieverkon merkitys on huomattava ja vuotuinen kuljetusmäärä vuonna 1995 ilman sorakuljetuksia oli n. 60 milj. tonnia, josta raakapuun osuus on n. 75 %. Taulukossa 4 on esitetty tarkempaa tilastotietoa tieliikenteen tavarakuljetuksista. (Joutsensaari 1997.)

*Taulukko 4. Arvioita tieliikenteen tavarakuljetusten jakautumisesta (Joutsensaari 1997).*

| TIEVERKKO                  | pituus       | osuus |
|----------------------------|--------------|-------|
| Yleiset tiet               | 77 644 km    | 100 % |
| Päätieverkko               | 12 761 km    | 16 %  |
| Alempiasteinen tieverkko   | 64 883 km    | 84 %  |
| KULJETUKSET                | määrä        | osuus |
| Kuljetusmäärä              | 405 milj.t/a |       |
| ilman maa-ainekuljetuksia  | 205 milj.t/a | 100 % |
| - päätieverkko             | 145 milj.t/a | 70 %  |
| - alempiasteinen tieverkko | 60 milj.t/a  | 30 %  |
| Kuljetussuorite            | 23 mrd.tkm/a | 100 % |
| - päätieverkko             | 15 mrd.tkm/a | 65 %  |
| - alempiasteinen tieverkko | 8 mrd.tkm/a  | 35 %  |
| Liikennesuorite            | 2,0 mrd.km/a | 100 % |
| - päätieverkko             | 1,3 mrd.km/a | 65 %  |
| - alempiasteinen tieverkko | 0,7 mrd.km/a | 35 %  |

Valtaosa Suomen tavarakuljetuksista on melko lyhyitä. Alle 50 kilometrin kuljetukset edustavat 66 % kokonaistavaramäärästä. Vain hieman runsaat 20 % tavaratonneista kuljetetaan vähintään 100 kilometrin päähän tai kauemmaksi ja vain noin 3 % tavaramäärästä kuljetetaan yli 400 kilometrin matkan. Tarkasteltaessa tavaralajeja ilman maa-aineksia, alle 50 kilometrin kuljetuksia on 43 %, mutta yli 100 kilometrin kuljetuksia lähes 38 %. Yli 400 kilometrin kuljetusten osuus on 5 %. Vaikka yli 400 kilometriä pitkät kuorma-autokuljetukset edustavat kokonaistonneista vain 3 %, niistä syntyy kuitenkin noin 21 % kuljetussuoritteesta. (Tilastokeskus 1996.)

Huonokuntoisilla alemman asteen teillä ja huonoissa sääolosuhteissa varataan selvästi enemmän ylimääräistä matka-aikaa kuin paremmissa olosuhteissa ja parempikuntoisilla teillä. Tienpidon kohdentamisen vaikutukset kylien kehitykseen -tutkimuksessa suoritetun kyselyn perusteella Lapissa ja Pohjois-Karjalassa matkaan varattava ylimääräinen aika (matka-aikavaraus) äärimmäisissä olosuhteissa kylän yhdysteillä oli noin 80-90 % ja nousi enimmillään 100 %:iin normaalista matka-ajasta (matka-aika hyvissä olosuhteissa). Muilla alueilla matka-aikavaraus jäi keskimäärin 70 %:iin ja oli

suurimmillaan liukkailla ja lumisilla sorapäälysteisillä teillä. (Meriläinen ym. 1996.)

#### 4.2.2 Kyselytutkimus ja sen tulokset

##### Tutkimusmenetelmä

Vuoden 1997 lokakuussa lähetettiin 600:aan eri puolilla Suomea sijaitsevaan kuljetusyritykseen postikysely, jossa tiedusteltiin erilaisia liikenteen sujuvuuteen liittyviä tekijöitä raskaan liikenteen näkökulmasta. Kyselyllä haluttiin selvittää seuraavia asioita.

- Kuinka paljon erilaiset tekijät haittaavat kuljetusyrityksien kannalta tieliikenteen sujuvuutta?
- Mihin asioihin Tielaitoksen tulisi panostaa raskaan liikenteen sujuvoittamiseksi?
- Kuinka tärkeää kuljetusyrityksille on ajoaikojen lyhentäminen ja ajoaikojen ennustettavuus?
- Mikä on ajoajan osuus kuljetusprosessissa?
- Millaiset ovat kuljetusyrityksien varaamat ajoajat ja marginaalit eri yhteysväleillä.
- Mitkä ovat kuljetusyrityksien kokemukset viimeaikaisista myöhästymisistä.

Kuljetusyritykset valittiin Suomen Kuorma-autoliiton yritysrekisteristä ositeulla satunnaisotannalla. Vastausprosenttia pyrittiin kasvattamaan vastanneiden kesken arvottavilla palkinnoilla. Vastausprosentti oli 38, mitä voidaan pitää hyvänä. Taulukosta 5 selviää lähetettyjen ja palautettujen kyselyjen maantieteellinen jakautuminen, joka vastaa aika hyvin perusjoukon jakaumaa. Kyselylomake on liitteenä 4.

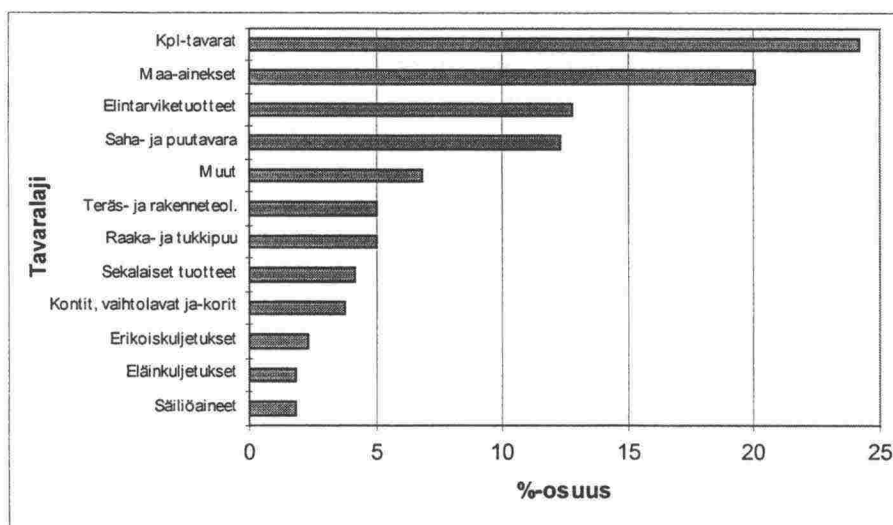
*Taulukko 5. Kuljetusyrityksiin lähetettyjen ja palautettujen kyselyjen maantieteellinen jakautuminen.*

| Alue (SKAL)    | Lähetetyt (kpl) | Vastaukset (kpl) | Alueellinen vastaus - % | Alue (SKAL) | Lähetetyt (kpl) | Vastaukset (kpl) | Alueellinen vastaus - % |
|----------------|-----------------|------------------|-------------------------|-------------|-----------------|------------------|-------------------------|
| Uusimaa        | 70              | 21               | 30                      | Oulu        | 56              | 24               | 43                      |
| Helsinki       | 44              | 12               | 27                      | Kuopio      | 32              | 14               | 44                      |
| Länsi-Suomi    | 102             | 40               | 39                      | Keski-Suomi | 36              | 13               | 36                      |
| Vaasa          | 52              | 19               | 37                      | Lappi       | 26              | 9                | 35                      |
| Sisä-Suomi     | 88              | 35               | 40                      | Itä-Suomi   | 36              | 8                | 22                      |
| Kaakkois-Suomi | 44              | 20               | 45                      | Mikkeli     | 14              | 10               | 71                      |

### Vastaajien taustatiedot

Suurin osa vastanneista kuljetusyrityksistä oli pieniä, 1-2 ajoneuvon yrityksiä. Yrityksistä 58 %:ssa oli yksi kuljetusauto, vajaassa 20 %:ssa kaksi kuljetusautoa. 3-10 kuljetusautoa oli noin 20 %:ssa ja yrityksistä 4 %:ssa yli 10 autoa.

Kuvasta 4 ilmenee kuljetettava pääasiallinen tavaralaji ja sen jakautuminen yrityksissä. Osa yrityksistä kuljetti useampia erilaisia tavaralajeja. Pääasiallisesti kuljetettavat tavaralajit olivat kappaletavara, maa-ainekset, elintarviketuotteet tai saha- ja puutavara.



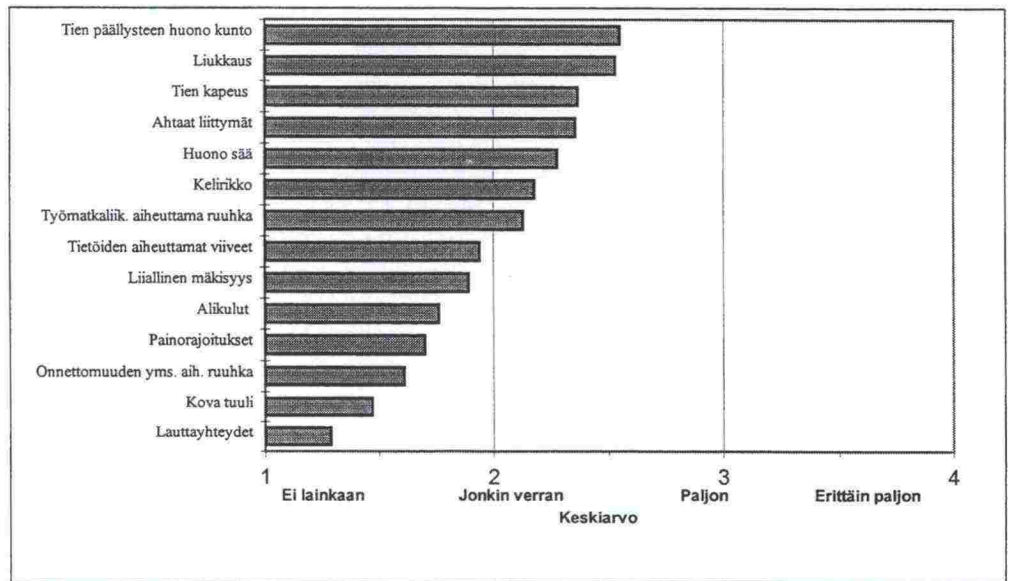
Kuva 4. Yritysten jakautuminen kuljetettavan pääasiallisen tavaralajin mukaan.

Kuljetusyrityksistä 24 % toimi pääasiassa pitkämatkaisessa runkokuljetusliikenteessä, 67 % lyhytmatkaisessa jakelu- ja noutoliikenteessä ja vajaat 10 % molemmissa. Ajosuorite jakautuu tieverkolle siten, että keskimäärin 50 % kilometreistä ajetaan päätieverkolla, 28 % alemman asteen tieverkolla ja 22 % katuverkolla.

### Liikenteen sujuvuutta häiritsevät tekijät

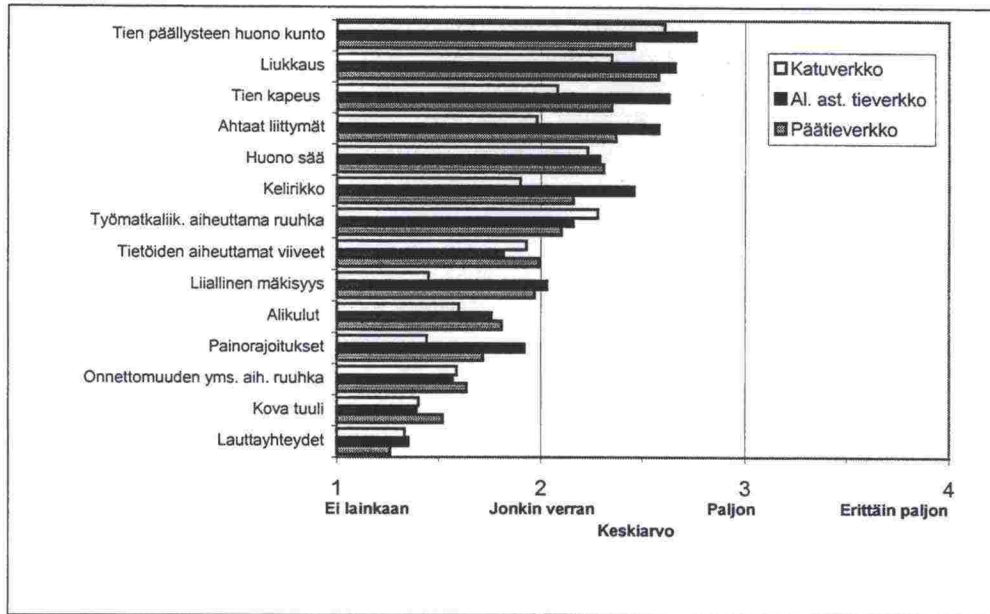
Kuljetusyrityksiltä kysyttiin mitkä tekijät häiritsevät yrityksen kannalta eniten tieliikenteen sujuvuutta (kuva 5). Eniten häiritsevät tien päällysteen huono kunto ja liukkaus, joiden keskiarvot ovat yli 2,5. Yli kahden keskiarvon saivat tien kapeus, ahtaat liittymät, huono sää, kelirikko sekä työmatka- tai viikonloppuliikenteen aiheuttama ruuhka. Kuljetusyrityksien ilmoittamia kyselylomakkeen luettelon ulkopuolelle jääneitä muita sujuvuutta häiritseviä tekijöitä olivat liikennevalot (5 kpl), hitaat ajoneuvot (4 kpl), teiden huono talvikunnossapito (3 kpl), yhteyspuutteet (3 kpl), ahtaat kiertoliittymät (3 kpl) ja so-rateiden huono kunto (3 kpl).





Kuva 5. Kuljetusyrityksien kannalta liikenteen sujuvuutta häiritsevät tekijät.

Kuvasta 6 voidaan tarkastella eri tekijöiden tärkeyttä sen mukaan minkälaisella tieverkolla yritys pääasiassa kuljettaa. Jakoperusteena oli se, millä tieverkon osalla yritys oli kyselyssä ilmoittanut ajavansa suurimman osan ajosuoritteestaan (suurin prosenttiosuus, päätieverkko/alemman asteen tieverkko/katuverkko). Ongelmana tässä on se, että kaikki yritykset käyttävät vaihtelevassa määrin tieverkon eri osia. Kuvan 6 tulokset ovat kuitenkin johdonmukaisia. Ainoastaan painorajoitusten, liiallisen mäkiisyyden, kelirikon, ahtaiden liittymien ja tien kapeuden osalta erot ovat tilastollisesti merkitseviä ( $p < 0,05$ ). Pääasiassa alemmalla tieverkolla ajavat pitävät näitä tekijöitä ongelmallisempina kuin muut ja pääasiassa katuverkolla ajavat vähiten ongelmallisina.



Kuva 6. Kuljetusyrityksien kannalta liikenteen sujuvuutta haittaavat tekijät sen mukaan, miten yritysten ajosuorite jakautuu tieverkon eri osille.

Erot eri tavaralajien välillä (taulukko 6) ovat suhteellisen pieniä. Ulottuvuuk-siltaan suuria kuljetuksia kuten erikoiskuljetuksia, raaka- ja tukkipuukuljetuk-sia sekä saha- ja puutavarakuljetuksia haittaavat eniten alikulut, ahtaat liit-tymät, painorajoitukset ja tien kapeus. Onnettomuuden tai muun poikkeus-tilanteen aiheuttama ruuhka on aina yllättävä ja ennustamattomissa oleva tekijä. Suurimman ongelman tämä aiheuttaa tiukasti aikataulusidonnaisille kuljetuksille kuten elintarviketuotteille. Tietöiden aiheuttamat viiveet muo-dostuvat pahimmiksi yrityksille, jotka kuljettavat pääasiassa eläimiä, kappaletavaraa, elintarvikkeita tai muita tuotteita. Työmatkaliikenteen tai viikon-loppuliikenteen aiheuttama eli ennustettavissa oleva ruuhka aiheuttaa eniten haittaa eläinkuljetuksille, konttiliikenteelle ja kappaletavarakuljetuksille. Kelirikko ja puutavaran kuljetuksille, jotka ovat tyypillisesti erittäin painavia sekä laajalti alemmaa tieverkkoa käyttäviä kuljetuksia.

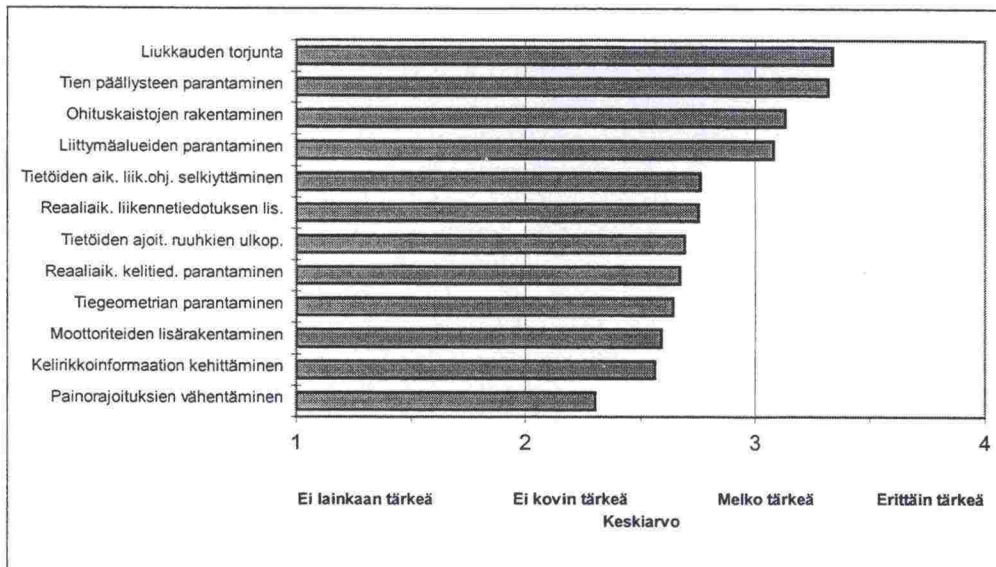
Taulukko 6. Haittaavimpina pidetyt sujuvuusesteet tavaralajeittain (kunkin sujuvuusesteen osalta esitetty ne neljä tavaralajia, joiden kuljetuksissa osoittautunut haittaavimmiksi, 1=ei haittaa lainkaan, 2=haittaa jonkin verran, 3=haittaa paljon, 4=haittaa erittäin paljon).

|                                 | Raaka- ja tukkipuu | Saha- ja puutavara | Kappaletavara | Kontit, vaihtolavat ja korit | Teräs- ja rakenne-teol. | Maa-ai- nek- set | Elintar- vike- tuotteet | Säilö- aineet | Erikois- kuljetuk- set | Eläin- kulje- tukset | Seka- laiset tuotteet | Muut tuotteet |
|---------------------------------|--------------------|--------------------|---------------|------------------------------|-------------------------|------------------|-------------------------|---------------|------------------------|----------------------|-----------------------|---------------|
| Tien päällysteen huono kunto    | 2,8                |                    |               | 3,0                          |                         | 2,7              |                         |               | 3,2                    |                      |                       |               |
| Liukkaus                        | 3,1                | 2,7                |               |                              |                         |                  |                         | 2,8           |                        |                      |                       | 2,7           |
| Tien kapeus                     | 3,2                |                    |               |                              |                         |                  |                         |               | 3                      | 2,8                  |                       | 2,5           |
| Ahtaat liittymät                | 3,1                | 2,6                |               |                              |                         |                  |                         |               | 3,2                    | 2,8                  |                       |               |
| Huono sää                       | 2,7                |                    | 2,3           |                              |                         |                  | 2,4                     |               |                        |                      |                       | 2,6           |
| Kelirikko                       | 2,7                | 2,5                |               |                              |                         | 2,3              |                         | 2,3           |                        |                      |                       |               |
| Työmatkaliik. aiheuttama ruuhka |                    |                    | 2,3           | 2,6                          | 2,3                     |                  |                         |               |                        | 2,5                  |                       |               |
| Tietöiden aiheuttamat viiveet   |                    |                    | 2,1           |                              |                         |                  | 2,1                     |               |                        | 2,5                  |                       | 2,1           |
| Liiallinen märkisyys            | 2,5                | 2,4                |               |                              |                         | 2,1              |                         | 2             |                        |                      |                       |               |
| Alikulut                        |                    | 2,0                |               | 2,1                          | 2                       |                  |                         |               | 3,6                    |                      |                       |               |
| Painorajoitukset                | 2,1                | 2,1                |               | 2                            |                         |                  |                         |               |                        | 2                    |                       |               |
| Onnettomuuden yms. aih. Ruuhka  |                    |                    |               | 1,8                          |                         |                  | 1,8                     | 1,8           |                        | 1,8                  |                       |               |
| Kova tuuli                      | 1,6                |                    | 1,6           |                              | 1,6                     |                  |                         |               |                        |                      |                       | 1,5           |
| Lauttayhteydet                  | 1,6                |                    |               | 1,7                          |                         |                  |                         |               | 1,6                    | 2,8                  |                       |               |

### Liikenteen sujuvuuteen liittyvien tekijöiden kehittämistarpeet

Kuljetusyryksiltä kysyttiin myös mitä tekijöitä Tielaitoksen tulisi parantaa liikenteen sujuvoittamiseksi tulevaisuudessa (kuva 7). Neljä selvästi tärkeintä tekijää ovat liukkauden torjunta, tien päällysteen parantaminen, ohituskaistojen rakentaminen ja liittymäalueiden rakentaminen. Vähiten tärkeinä pidettiin painorajoitusten vähentämistä, kelirikkoinformaation kehittämistä ja moottoriteiden lisärakentamista. Vastaukset ovat myös johdonmukaisia verrattaessa niitä sujuvuutta haittaavia tekijöitä -kohdan vastauksiin.

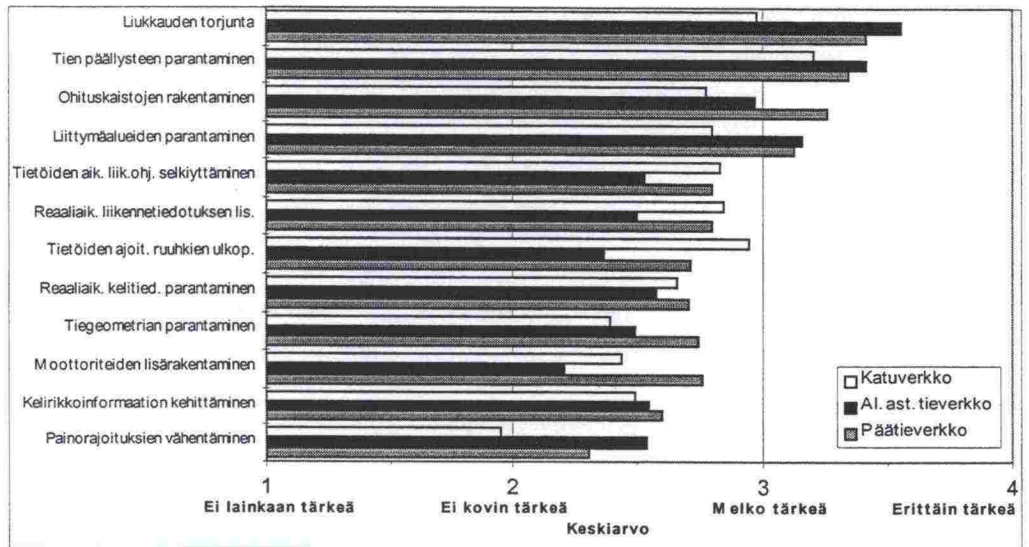




Kuva 7. Liikenteen sujuvuuteen liittyvien tekijöiden kehittämistarpeet raskaan liikenteen näkökulmasta.

Eri tavaralajeja kuljettavien yritysten välillä ei yleensä ole tilastollisesti merkitseviä eroja sujuvuuden kehittämistarpeissa lukuunottamatta tien päällysteen parantamista, joka on erityisen tärkeää tukki- ja raakapuukuljetuksille (keskimääräinen tärkeys 3,6), jotka liikkuvat pääosin alemmalla tieverkolla. Lisäksi painorajoitusten vähentäminen on huomattavan tärkeää yrityksille, jotka kuljettavat tukki- ja raakapuuta (3,2) sekä saha- ja puutavaraa (2,8).

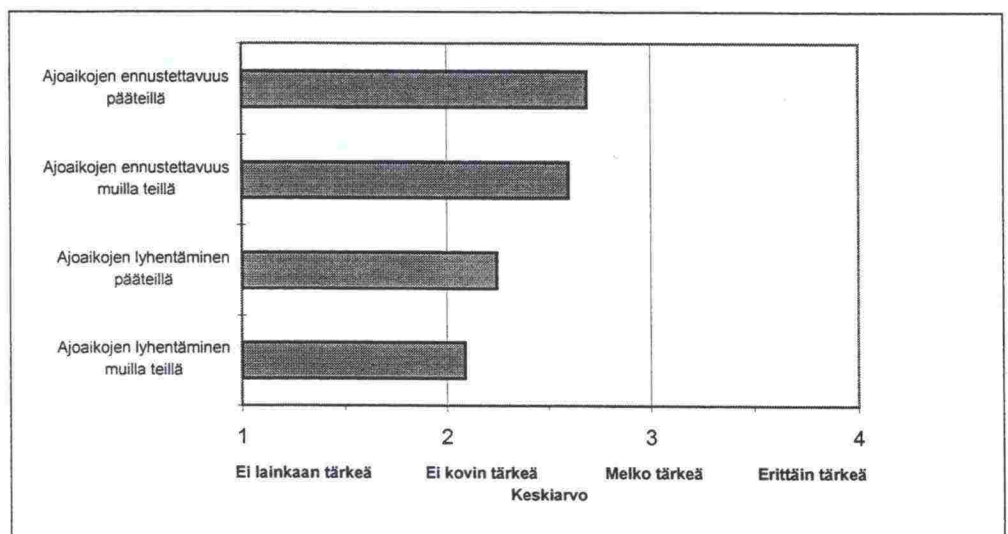
Kuvassa 8 tarkastellaan parannettavien asioiden tärkeyttä sen mukaan miten yrityksen ajosuorite jakautuu tieverkon eri osille. Eniten päätieverkolla liikennöivät pitivät muita tärkeämpänä ohituskaistojen rakentamista, tiegeometrian parantamista ja moottoriteiden lisärakentamista. Alemmalla tieverkolla kuljettavat pitivät tärkeämpinä lähinnä tien kunnan parantamiseen liittyviä asioita. Tietöiden ajoittaminen ruuhkien ulkopuolelle oli muita huomattavasti tärkeämpää paljon katuverkolla kuljettaville. Tilastollisesti merkitseviä ( $p < 0,05$ ) tieverkon käytön välisistä eroista ovat painorajoitusten vähentäminen, tiegeometrian parantaminen, liukkauden torjunta, moottoriteiden lisärakentaminen, ohituskaistojen rakentaminen ja tietöiden ajoittaminen ruuhkien ulkopuolelle. Kuljettajien itse ilmoittamia tekijöitä, joihin pitäisi kiinnittää enemmän huomiota olivat pääasiassa sorateiden kunnostus (2 kpl), suolauksen vähentäminen (2 kpl), kiertoliittymien väljentäminen (2 kpl) ja teiden kunnossapito yleensä (2 kpl).



Kuva 8. Parannettavien tekijöiden tärkeys sen mukaan, miten ajosuorite jakautuu tieverkon eri osille.

### Ajoaikojen lyhentämisen ja ajoaikojen ennustettavuuden tärkeys

Kyselyn yhtenä päätavoitteena oli selvittää kumpi on kuljetusyrityksien kannalta tärkeämpää, ajoaikojen minimointi vai ajoaikojen ennustettavuus. Kysymyksen selventämiseksi oli vielä mainittu, että ajoaikojen lyhentäminen tapahtuu nopeusrajoituksia nostamalla ja ennustettavuus minimoimalla erilaiset liikenteen häiriöt ja niiden vaikutukset. Tuloksien perusteella kuljetusyrityksille on tärkeämpää ennakoita ajoaika luotettavasti kuin se, että ajoaika yleensä on mahdollisimman pieni. Sekä ajoaikojen ennustettavuutta että ajoaikojen lyhentämistä pidettiin hieman tärkeämpänä pääteillä kuin muilla teillä, mutta ero ei ole kovin suuri. Eri tavaralajien välillä ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja.

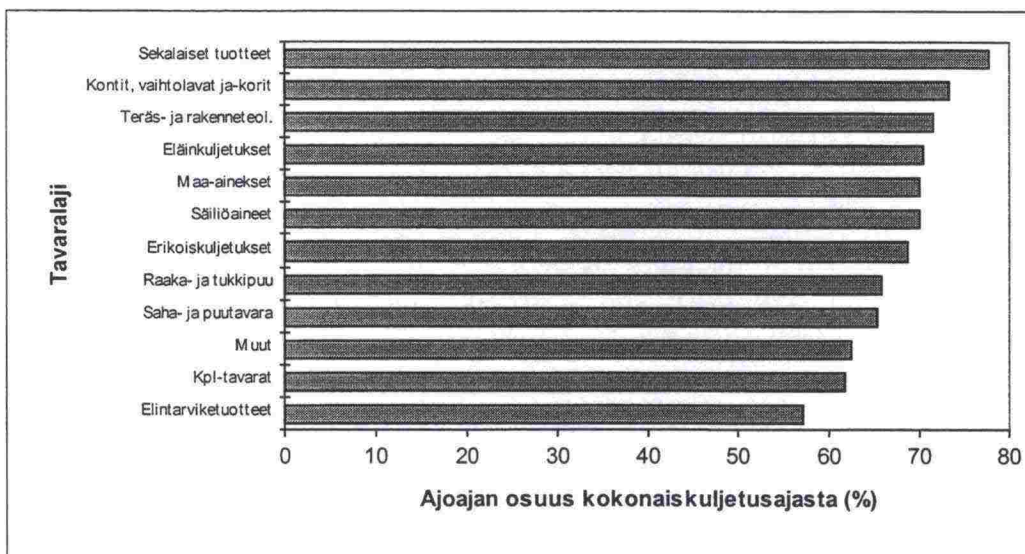


Kuva 9. Ajoaikojen lyhentämisen ja ennustettavuuden tärkeys raskaalle liikenteelle.



### Ajoajan osuus kokonaiskuljetusajasta

Yrityksiltä kysyttiin myös kuinka suuri on varsinaisen ajoajan osuus (%) päivittäisestä kokonaiskuljetusajasta, kun kokonaiskuljetusaikaan lasketaan kuuluvaksi lastaus ja purku sekä niihin liittyvät odotusajat, lepoajat ja muut matkanaikaiset tauot. Kaikkien kuljetusyrietyksien keskimääräiseksi ajoajan osuudeksi kokonaiskuljetusajasta muodostui noin 65 %. Erot eri tavaralajien välillä (kuva 10) ovat melko pieniä eivätkä tilastollisesti merkitseviä. Koko aineiston keskihajonta on 18,2 %. Elintarvikekuljetuksilla hajonta oli suurin eli 25 %. Tämä johtuu siitä, että elintarvikekuljetuksista suuri osa on katuverkolla tapahtuvaa lyhytmatkaista jakelu- ja noutoliikennettä, jossa lastauksia ja purkuja saattaa olla eri jakelupisteissä suhteellisen paljon.



Kuva 10. Ajoajan osuus kokonaiskuljetusajasta tavaralajeittain.

### Matka-ajan ennustettavuus yhteysväleittäin

Yrityksiltä kysyttiin kuinka paljon ne varaisivat ajoaikaa ja marginaalia sekä kesällä että talvella erilaisilla yhteysväleillä. Ajoaika ei sisällä taukoja ja marginaalilla tarkoitetaan ajonaikaisiin yllättäviin viivytyksiin varattavaa aikaa.

Taulukossa 7 esitetään kysytyjen kuljetusvälien keskimääräiset ajoajat ja marginaalit. Kuljetusyrietyksiltä kysyttiin myös onko heillä paljon, vähän vai ei lainkaan ajokokemusta yhteysväleiltä. Tekstissä esitetyt luvut on laskettu reiteiltä, joilta on paljon ajokokemusta, ellei toisin ole mainittu. Lyhyillä, alle 200 kilometrin yhteysväleillä ajoaikaa varataan talvella keskimäärin noin 16-19 minuuttia enemmän kuin kesällä. 200-300 kilometrin yhteysväleillä aikaa varataan talvella noin 17-26 minuuttia enemmän kuin kesällä ja pitkillä, yli 300 kilometrin matkoilla ajoaika talvella on noin 28-33 minuuttia suurempi. Nyrkkisääntönä voidaan todeta talvesta johtuvan lisäyksen olevan pitkillä matkoilla noin 1 min / 10 km.



Ajoajan hajonnan suuruudesta voidaan päätellä, että raskaan liikenteen sisällä on erilaisia tavoitenopeuksia. Ilmoitettujen ajoaikojen keskihajonta vaihtelee kesällä eri yhteysväleillä 12 minuutista 29 minuuttiin ja on pienin Turun ja Tampereen välillä, joka on myös lyhin yhteysväli. Talvella keskihajonta eri yhteysväleillä on 6-18 minuuttia suurempi kuin kesällä .

Marginaali kesäaikana eli ajonaikaisiin yllättäviin viivytyksiin varattava aika (häiriövara) vaihtelee lyhyillä, alle 200 kilometrin yhteysväleillä 16 ja 20 minuutin välillä. 200-300 kilometrin yhteysväleillä 25 ja 32 minuutin välillä ja pitkillä, yli 300 kilometrin matkoilla 23 ja 26 minuutin välillä. Talvella marginaalia varataan enemmän kuin kesällä ja lisäys vaihtelee Turku-Tampere yhteysvälin 5 minuutista Helsinki-Kuopio yhteysvälin 17 minuuttiin. Suhteelliset arvot kesällä ovat alle 300 kilometrin matkoilla noin 12-14 % ja yli 300 kilometrin matkoilla 7-8 %. Talvella suhteelliset arvot ovat alle 300 kilometrin matkoilla noin 14-18 % ja yli 300 kilometrin matkoilla 10-11 %. Liitteessä 5 on lueteltu lisäksi kuljetusyrityksien ilmoittamat muut yhteysvälit, ajoajat ja marginaalit.

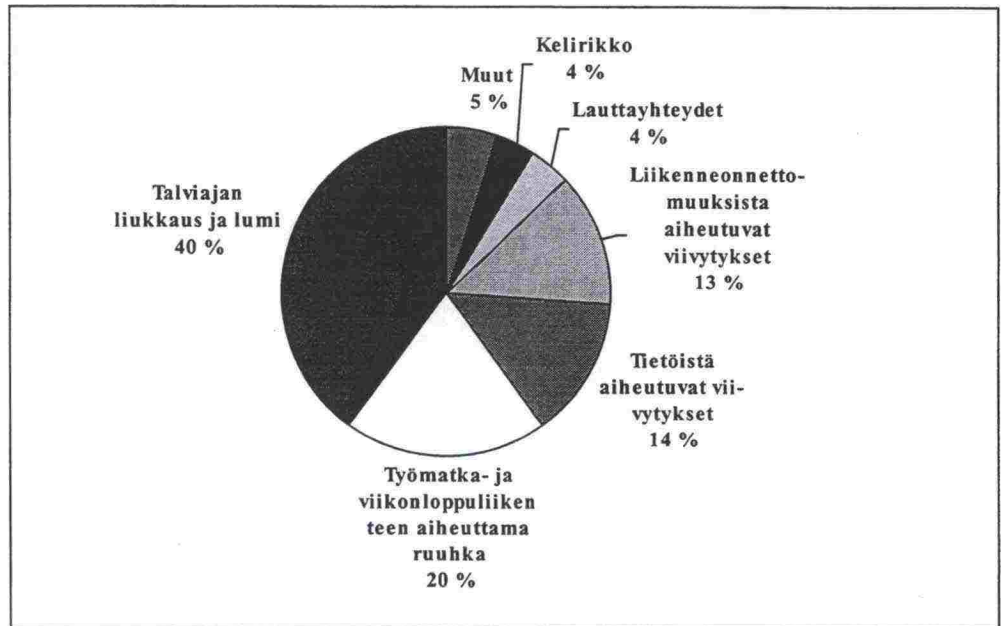
*Taulukko 7. Keskimääräiset ajoajat (h:min) ja marginaalit (min) kysytyillä yhteysväleillä.*

| Reitti                          | Kokemusta reitiltä | Keskim. ajoaika kesällä | Ha-jonta (min) | Keskim. ajoaika talvella | Ha-jonta (min) | Keskim. Margin. Kesällä | Ha-jonta (min) | Keskim. margin. Talvella | Ha-jonta (min) | n (kpl) |
|---------------------------------|--------------------|-------------------------|----------------|--------------------------|----------------|-------------------------|----------------|--------------------------|----------------|---------|
| Helsinki - Turku, 166 km        | <b>Paljon</b>      | <b>2:33</b>             | <b>22</b>      | <b>2:51</b>              | <b>34</b>      | <b>20</b>               | <b>14</b>      | <b>30</b>                | <b>21</b>      | 16      |
| Helsinki - Turku                | Vähän              | 2:22                    | 25             | 2:44                     | 31             | 17                      | 9              | 26                       | 15             | 34      |
| Helsinki - Turku                | Ei lainkaan        | 2:25                    | 21             | 2:44                     | 29             | 24                      | 31             | 35                       | 47             | 12      |
| Helsinki - Tampere, 174 km      | <b>Paljon</b>      | <b>2:30</b>             | <b>25</b>      | <b>2:46</b>              | <b>31</b>      | <b>18</b>               | <b>15</b>      | <b>30</b>                | <b>27</b>      | 16      |
| Helsinki - Tampere              | Vähän              | 2:29                    | 19             | 2:50                     | 26             | 17                      | 8              | 26                       | 14             | 26      |
| Helsinki - Tampere              | Ei lainkaan        | 2:35                    | 28             | 3:03                     | 62             | 23                      | 18             | 35                       | 33             | 16      |
| Helsinki - Kuopio, 383 km       | <b>Paljon</b>      | <b>5:50</b>             | <b>23</b>      | <b>6:18</b>              | <b>41</b>      | <b>26</b>               | <b>20</b>      | <b>43</b>                | <b>44</b>      | 5       |
| Helsinki - Kuopio               | Vähän              | 5:26                    | 56             | 6:08                     | 47             | 27                      | 16             | 38                       | 18             | 20      |
| Helsinki - Kuopio               | Ei lainkaan        | 5:33                    | 51             | 6:04                     | 59             | 29                      | 19             | 41                       | 27             | 23      |
| Helsinki - Lappeenranta, 223 km | <b>Paljon</b>      | <b>3:09</b>             | <b>29</b>      | <b>3:26</b>              | <b>29</b>      | <b>26</b>               | <b>16</b>      | <b>35</b>                | <b>25</b>      | 8       |
| Helsinki - Lappeenranta         | Vähän              | 3:11                    | 28             | 3:33                     | 34             | 18                      | 9              | 27                       | 11             | 19      |
| Helsinki - Lappeenranta         | Ei lainkaan        | 3:07                    | 29             | 3:32                     | 31             | 29                      | 51             | 38                       | 59             | 20      |
| Helsinki - Jyväskylä, 272 km    | <b>Paljon</b>      | <b>3:55</b>             | <b>24</b>      | <b>4:21</b>              | <b>39</b>      | <b>32</b>               | <b>18</b>      | <b>41</b>                | <b>23</b>      | 13      |
| Helsinki - Jyväskylä            | Vähän              | 3:56                    | 41             | 4:17                     | 46             | 20                      | 12             | 43                       | 60             | 26      |
| Helsinki - Jyväskylä            | Ei lainkaan        | 3:53                    | 30             | 4:24                     | 41             | 33                      | 40             | 48                       | 49             | 17      |
| Jyväskylä - Oulu, 339 km        | <b>Paljon</b>      | <b>4:42</b>             | <b>29</b>      | <b>5:15</b>              | <b>38</b>      | <b>23</b>               | <b>13</b>      | <b>31</b>                | <b>16</b>      | 11      |
| Jyväskylä - Oulu                | Vähän              | 4:50                    | 38             | 5:24                     | 44             | 25                      | 14             | 38                       | 20             | 20      |
| Jyväskylä - Oulu                | Ei lainkaan        | 4:52                    | 103            | 5:20                     | 107            | 32                      | 32             | 47                       | 40             | 19      |
| Turku - Tampere, 153 km         | <b>Paljon</b>      | <b>2:12</b>             | <b>12</b>      | <b>2:31</b>              | <b>30</b>      | <b>16</b>               | <b>7</b>       | <b>21</b>                | <b>9</b>       | 15      |
| Turku - Tampere                 | Vähän              | 2:17                    | 25             | 2:38                     | 34             | 18                      | 11             | 26                       | 17             | 21      |
| Turku - Tampere                 | Ei lainkaan        | 2:14                    | 20             | 2:40                     | 48             | 23                      | 32             | 34                       | 40             | 16      |
| Tampere - Vaasa, 244 km         | <b>Paljon</b>      | <b>3:12</b>             | <b>14</b>      | <b>3:37</b>              | <b>26</b>      | <b>25</b>               | <b>6</b>       | <b>40</b>                | <b>14</b>      | 4       |
| Tampere - Vaasa                 | Vähän              | 3:25                    | 24             | 3:48                     | 34             | 21                      | 15             | 31                       | 24             | 22      |
| Tampere - Vaasa                 | Ei lainkaan        | 3:20                    | 34             | 3:43                     | 36             | 26                      | 32             | 35                       | 36             | 19      |

### Kuljetusten myöhästyminen

Kuljetusyryksiltä kysyttiin myös niiden viimeaikaisia kokemuksia kuljetusten myöhästyisestä eli yllättävistä viivästymisistä kuljetuksen aikana sekä viivästymisen suuruutta ja syytä. Noin 30 % vastanneista yrityksistä oli kohdannut myöhästyksiä. Yrityksien ilmoittamat vastaukset on lueteltu liitteessä 6. Myöhästyminen suuruus vaihteli viidestä minuutista muutamaan tuntiin. Talviajan liukkaus ja lumi aiheuttavat selvästi pahimmat ongelmat (40 % ilmoitetuista myöhästyksistä) sekä myöhästyksen suuruudella että toistuvuudella mitattuna. Muita yleisimpiä myöhästyksien syitä ovat työmatka- tai viikonloppuliikenteestä aiheutuva ruuhka (20 %), tietöistä aiheutuvat viivy-

tykset (14 %), liikenneonnettomuudesta aiheutuvat viivytykset (13 %), lauttayhteydet (4 %) sekä kelirikko (4 %) (kuva 11).



Kuva 11. Kuljetusyrityksien ilmoittamat syyt myöhästymisille.

#### 4.2.3 Muita aiheeseen liittyviä tutkimuksia

##### Kuljetusten myöhästyminen

Tampereen Teknillisessä korkeakoulussa tehdyssä tutkimuksessa (Joutsensaari & Laakso 1997), jossa on selvitetty tieliikenneolojen vaikutusta kuljetus- ja yritystalouteen, on tutkittu kuljetusyrityksille aiheutuvia myöhästymisiä. Tutkimuksen mukaan kuljetustäsmällisyyttä pidetään yrityksissä lähes poikkeuksetta tärkeänä kuljetuksiin liittyvänä ominaisuutena. Myöhästymisen merkitys ei ole samanlainen kaikilla aloilla. Toimituksille sallittavan myöhästymisen pituus riippuu tavarain tai tuotannon ominaisuuksista. Pitkiä yli vuorokauden mittaisia myöhästymisiä sallitaan pääasiassa metsäteollisuudessa, kemian teollisuudessa ja metalliteollisuudessa. Rakennusteollisuudessa jo alle tunnin myöhästyminen on haitallinen. Yli kolmen tunnin myöhästymisen arvioitiin aiheuttavan haittoja sähköteknisessä teollisuudessa, elintarviketeollisuudessa ja jakelukuljetuksissa. Myöhästymisen pituutta merkittävämpi tekijä on myöhästymisen toistuvuus, joka kuvaa myöhästymisriskin suuruutta. Noin puolet kaupan ja teollisuuden yrityksistä arvioi lyhyitä alle tunnin myöhästymisiä voivan tapahtua keskimäärin kerran vuorokaudessa. Kolmannes yrityksistä sallisi pieniä myöhästymisiä korkeintaan kerran viikossa. Lähes puolet yrityksistä oli sitä mieltä, että pitkiä myöhästymisiä saisi tapahtua kerran kuukaudessa, muutaman kerran vuodessa tai vielä harvemmin. (Joutsensaari & Laakso 1997.)



Kesäaikana kuljetukset myöhästyvät keskimäärin kerran kuukaudessa. Talvisin myöhästymisiä arvellaan tapahtuvan kerran viikossa ja päivittäisten myöhästymisten määrä on talvisin lähes 2,5 -kertainen kesäaikaan verrattuna. Merkittävimpana syynä yritysten toimittamien tuotteiden myöhästymisiin oli kaupan ja teollisuuden yritysten mielestä oman tuotannon hidastuminen tai keskeytyminen. Kuljetukset oli toiseksi suurin tuotteen toimituksen viivästymistä aiheuttava tekijä. Kemian teollisuudessa ja elintarviketeollisuuden yrityksissä yrityksissä kuljetusaikojen pitenemistä pidettiin merkittävimpana syynä myöhästymiselle kuin tuotannollisia tekijöitä. (Joutsensaari & Laakso 1997.)

Kuljetusyrittäjien näkemyksen mukaan toimitusketjut on rakennettu sellaisiksi, että ne eivät juurikaan siedä aikataulujen pettämistä. Raskas liikenne edellyttää, että tiet ovat liikennöitävässä kunnossa kaikilla keleillä ja kaikkina vuorokauden aikoina. Jos runkoliikenteessä tapahtuu viivästyksiä, ne aiheuttavat jakeluliikenteelle vahinkoa. Jakeluliikenne alkaa alemmalla tie- ja katuverkolla aikaisin, sillä monet asiakkaat vaativat toimitukset jo ennen aamukahdeksaa. Pahimpia ongelmia ovat olleet polanteiset tieosuudet ja suolaamattomuudesta johtuva liukkaus. (Joutsensaari & Laakso 1997.)

Ruotsissa, Tukholmassa tehtiin vuonna 1993 tutkimus, jonka tarkoituksena oli selvittää ruuhkista aiheutuvien myöhästymisten kuljettajille aiheuttamien kustannuksien suuruus. Tutkimuksen mukaan jakelu- ja elinkeinoelämän kuljetukset eivät ole kovin herkkiä satunnaisten myöhästymisten suhteen (taulukko 8). Esimerkiksi 30 minuutin myöhästymisestä ei aiheudu suuria kustannuksia normaalien työaikakustannusten lisäksi ja tavarankuljettajat eivät tavallisesti lupaa tarkkaa kellonaikaa, jolloin kuljetus on perillä. Täten kuljetusten myöhästymisestä aiheutuu vain satunnaisesti suuria taloudellisia kustannuksia. (TFK 1994.)

*Taulukko 8. Myöhästymisistä aiheutuvat kustannukset ruotsalaisen tutkimuksen mukaan (TFK 1994).*

| Matkatyyppi            | Tuntikustannus/<br>henkilö (kr/h) | Henkilöitä /<br>ajon | Myöhästymis<br>kustannus/<br>ajon & h | Osuus ruuhka-<br>ajan matkoista |
|------------------------|-----------------------------------|----------------------|---------------------------------------|---------------------------------|
| Ostosmatka ym.         | 69                                | 1,5                  | 104                                   | 30 %                            |
| Työmatka               | 113                               | 1,1                  | 124                                   | 55 %                            |
| Työn aikainen<br>matka | 175                               | 1,1                  | 192                                   | 5 %                             |

## 4.3 Henkilöautoliikenne

### 4.3.1 Tutkimusmenetelmän kuvaus

Henkilöauton kuljettajien näkemyksiä tieliikenteen sujuvuudesta selvitettiin kaksikaistaisilla teillä haastatteleamalla autonkuljettajia huoltoasemapysähdysten yhteydessä. Haastattelulomake on kuvattu liitteessä 1a. Tutkimus tehtiin yhteistyössä Helsingin yliopiston liikennetutkimusyksikön kanssa, joka tutkii Tielaitoksen toimeksiannosta liikenteen sujuvuuden kokemista kaksikaistaisilla teillä tavoitenopeuden, liikennemäärän, kelin, sään ja valaistuksen funktiona. Tämän tutkimuksen on määrä valmistua maaliskuussa 1998.

Helsingin suunnasta tulevia autoilijoita haastateltiin juhannusliikenteessä torstaina 19.6.1997 valtatie 6:lla (Pukaron Paroni) ja valtatie 4:llä (Tuuliharja). VT 4:llä haastateltiin noin 70 kuljettajaa ja VT 6:lla noin 100 kuljettajaa. Lisäksi haastatteluja tehtiin 22.8.1997 perjantain menoliikenteessä valtatie 1:llä Hiidenveden huoltoasemalla. Otokseksi saatiin noin 130 kuljettajaa. Huoltoasemahaastatteluissa otos vinoutuu jonkin verran, sillä huoltoasemalla pysähtyvien autoilijoiden joukko saattaa poiketa paiknan ohittavien autoilijoiden perusjoukosta. Haastattelujen yhteydessä tehtiin myös rekisteritunnusmittaukset matkanopeuksien laskemiseksi ja kerättiin liikennevirtatietoa Tielaitoksen kiinteistä LAM-mittauspisteistä. Ajatuksena oli jaotella kuljettajat matkatyyppin mukaan, sillä esimerkiksi työhön liittyvillä matkoilla ja matkoilla töihin ajan arvo on suurempi kuin vapaa-ajanmatkoilla. Tällöin myös matka-ajan ennustettavuus ja luotettavuus ovat tärkeämpiä tekijöitä. Haastatelluista kuljettajista suurin osa oli mökki- tai muulla vapaa-ajan matkalla, jolloin matka-ajan ennustettavuudella ei ollut suurta merkitystä.

Haastattelukysymysten avulla oli tarkoitus tiedustella mm.:

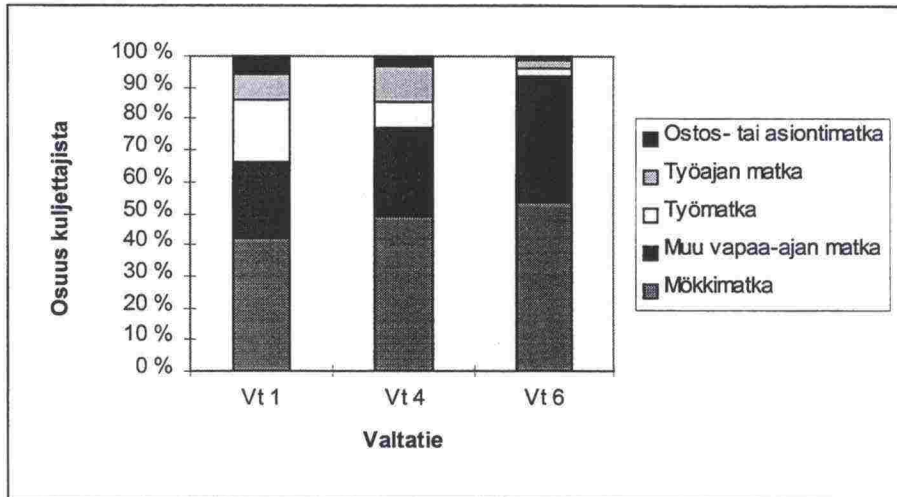
- mikä käytössä olevista liikennetilannekuvauksista (asteikko: liikenne sujuvaa / jonoutunut / hidasta / pysähtelevää / seisoo) kuvaa parhaiten kuljettajan näkemystä tieosan senhetkisistä olosuhteista
- matka-ajan ennustettavuutta ja sen tärkeyttä
- hyväksyttävän epävarmuuden suuruutta matka-aikana sekä arvioitua perilletuloaikaa
- tavoitenopeutta kyseisellä tieosalla ja vallitsevissa olosuhteissa
- arvioitua muun liikenteen aiheuttamaa aikamenetystä matkalla.

### 4.3.2 Haastattelujen tulokset

Kaikkina haastattelupäivinä sää oli helteinen ja lämpötila noin 25 astetta. Vt 1:llä koko mittaustieosan matkalla paikallinen nopeusrajoitus on 80 km/h, tosin piakkoin Hiidenveden jälkeen Salon suuntaan alkaa 100 km/h osuus,



jonka osa kuljettajista mieltää tieosan nopeusrajoitukseksi. Tämä saattaa vaikuttaa tavoitenopeuteen, sillä useilla kuljettajilla tavoitenopeus on tieosan nopeusrajoituksen suuruinen. Vt 6:lla nopeusrajoitus vaihtelee välillä 80 - 100 km/h ja vt 4:lla se on koko matkalla 100 km/h. Tuntiliikenne (15 min jaksoista laskettuna) vaihteli haastatteluaikana vt 1:llä välillä 492-1300 ajon/h. Vt 4:llä vaihteluväli oli 884 - 1492 ajon/h ja vt 6:lla 644 - 1232 ajon/h. Kuvasta 12 selviää matkan tarkoituksien jakautuminen eri teillä.



Kuva 12. Haastateltujen kuljettajien matkan tarkoituksen jakautuminen eri teillä.

Vt 1:llä LAM-pisteestä laskettu keskimääräinen nopeus haastatteluaikana oli 77 km/h ja kuljettajien ilmoittama keskimääräinen tavoitenopeus oli 86 km/h. Vt 4:llä vastaavat arvot olivat 91 / 94 km/h ja vt 6:lla 81 / 91 km/h. Vt 1: llä LAM-piste sijaitsee hieman haastattelupaikan jälkeen, kun muilla teillä sijainti on ennen haastattelupaikkaa. LAM -pisteiden tarkempi sijainti ilmenee liitteestä 1b. Taulukosta 9 ilmenee kuljettajien ilmoittama keskimääräinen, muusta liikenteestä aiheutuva aikamenetys eri teillä. Tämä on saatu selville kysymällä kuljettajilta kuinka paljon aikaa (min) he arvelevat menettävänsä matkan aikana muun liikenteen takia. Hidas ja pysähtelevä liikennetilanne on yhdistetty kaikilla teillä tapausten vähäisyyden vuoksi.

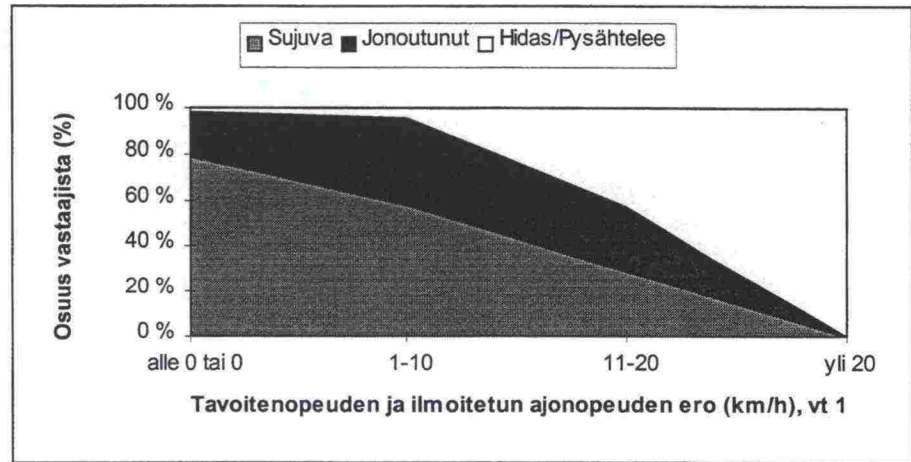
Taulukko 9. Muusta liikenteestä johtuva aikamenetys eri teillä.

|      | Keskiarvo (s/km) | Sujuva liikenne (s/km) | Jonoutunut liikenne (s/km) | Hidas/pysähtelevä liikenne (s/km) |
|------|------------------|------------------------|----------------------------|-----------------------------------|
| VT 1 | 4,2              | 2,7                    | 6,9                        | 9,5                               |
| VT 4 | 4,4              | 3,2                    | 5,7                        | 10,2                              |
| VT 6 | 6,5              | 5,7                    | 8                          | 9,9                               |

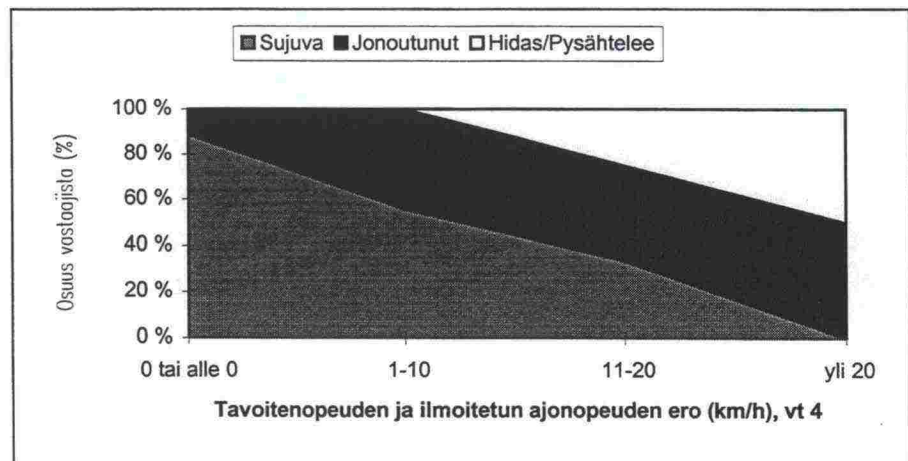
Liitteessä 2 on nähtävissä eri teiden liikennetilanteen kokeminen suhteessa LAM-pisteestä kerättyyn tietoon. Parhaiten henkilöauton kuljettajien liikennetilanteen kokemista kuvaa tavoitenopeuden ja ilmoitetun ajonopeuden



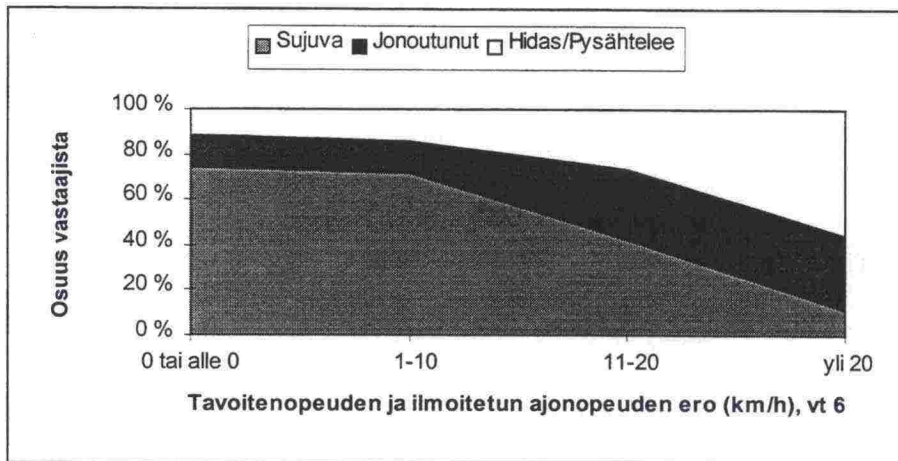
väläinen ero (kuvat 13-15). Erotuksen ollessa yli 20 km/h (tavoitenopeus-ajonopeus) kaikilla teillä liikennettä piti sujuvana enää 0-10 % kuljettajista.



Kuva 13. Liikennetilanteen kokeminen tavoitenopeuden ja ilmoitetun ajonopeuden eron perusteella vt1:llä.



Kuva 14. Liikennetilanteen kokeminen tavoitenopeuden ja ilmoitetun ajonopeuden eron perusteella vt4:llä.



Kuva 15. Liikennetilanteen kokeminen tavoitenopeuden ja ilmoitetun ajonopeuden eron perusteella vt6:lla.

Eräänä matka-ajan ennustettavuuteen liittyvänä kysymyksenä kuljettajilta kysyttiin arvioitua perilletuloaika määränpäähän ja tärkeyttä (asteikko 1-5) tietää perilletuloaika 10 minuutin tarkkuudella sekä matka-ajassa hyväksyttävissä olevaa epävarmuutta. Arvioidun perilletuloajan perusteella laskettuna loppumatkan tavoitteellinen ajonopeus eri matkapituusryhmittäin verrattuna tavoitenopeuteen (liite 2, kuvat 25-27) pyrkii kuvaamaan kuljettajien perilletuloajan ja tavoitenopeuden välistä yhteyttä. Ongelmana tässä on se, että ei tiedetä taukoajojen ja pysähdysten tarkkaa kokonaismäärää. Lisäksi saapumisajan arviointi on melko vaikeaa ja epätarkkaa varsinkin, kun sillä ei mökkiliikenteessä, joita suurin osa matkoista oli, ole suurtakaan merkitystä. On myös mahdollista, että kuljettajat ovat osanneet varautua pahoihin ruuhkiin, jolloin tavoitteellista saapumisajankohtaa siirretään myöhemmäksi ja loppumatkan ajonopeus näin arvioituna muodostuu pieneksi.

Kuljettajien tavoitenopeus oli lähes aina suurempi kuin perilletuloajasta johdettu nopeus. Lyhyet matkat on poistettu aineistosta suuren epätarkkuuden takia. Kaikista loppumatkojen ajoista on vähennetty 20 minuuttia, joka on arvioitu keskimääräiseksi huoltoasemapsähdyn suuruudeksi. Aineiston perusteella ei voida kuitenkaan sanoa, että tavoitenopeus olisi seurausta "tavoiteajankohdasta" perilletulolle vaan tavoitenopeus on erillinen, enemmän ajotapaan liittyvä, kuljettajan kannalta prosessin sujuvuutta kuvaava mittari. Kiireellisillä matkoilla, joilla saapumisajankohta on kriittinen, perilletuloaika vaikuttanee myös tavoitenopeuden suuruuteen. Myös tieluokka vaikuttaa tavoitenopeuden suuruuteen. Vt 4 on leveä moottoriliikennetie, vt1 on tavallinen kaksikaistainen tie ja vt 6 tavallinen (kapea) kaksikaistainen tie.

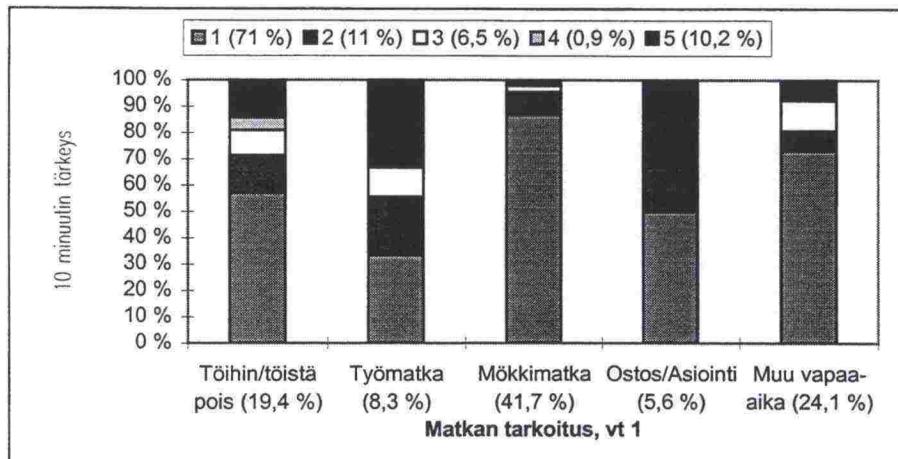
### **Matka-ajassa hyväksyttävä epävarmuus ja tärkeys tietää perilletuloaika 10 minuutin tarkkuudella**

Kuljettajilta kysyttiin myös kuinka suuren epävarmuuden he hyväksyvät matka-ajassa. Tällä tarkoitetaan sitä, että jos kuljettaja ilmoittaa epävarmuudeksi 30 minuuttia ja arvelee olevansa perillä määräpaikassa kello 18.00, on hän tyytyväinen kunhan saapumisaika sijoittuu kello 17.30-18.30 välille. Toisaalta myöhästyminen ja ennenaikainen saapuminen eivät ole samanarvoisia asioita. Keskimääräinen hyväksyttävä epävarmuus matka-ajassa matkan pituuden suhteen oli vt 1:llä oli 28 s/km, vt 4:llä 18 s/km ja vt 6:lla 21 s/km.

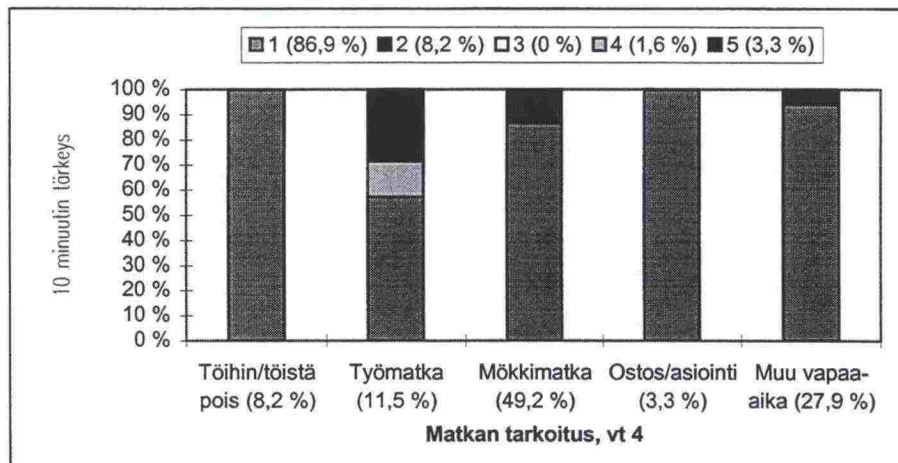
Yhtenä kysymyksenä kuljettajilta kysyttiin kuinka tärkeää heidän on tietää perilletuloaika määränpäähän 10 minuutin tarkkuudella asteikolla 1-5 (1=ei lainkaan tärkeä, 5=erittäin tärkeä). Vt 1:llä 72 %:lle kuljettajista ei ollut lainkaan tärkeää tietää saapumisaikaa 10 minuutin tarkkuudella, mutta noin 10 %:lle se oli erittäin tärkeää. Kun hyväksyttävä epävarmuus on melko pieni eli alle 20 minuuttia, on saapumisajan tietäminen 10 minuutin tarkkuudella huomattavasti tärkeämpää kuin suurilla epävarmuuksilla. Verrattaessa saapumisajan tärkeyttä matkan pituuteen on yllättävää, että vt 1:llä se on keskipitkillä matkoilla tärkeämpää kuin lyhyemmillä matkoilla. Esimerkiksi alle 60 km:n matkoilla keskiarvo on 1,3 ja 150-200 km:n matkoilla 2,5. Tällä etäisyysvälillä sijaitsee mm. Turku, johon suuri osa kuljettajista on matkalla. Tähän vaikuttaneekin matkan tarkoitus enemmän. Matka-ajan epävarmuuteen liittyvät kuvat on esitetty liitteessä 2.

Kuvissa 40-42 tarkastellaan saapumisajan tärkeyden tietämistä 10 minuutin tarkkuudella eri matkan tarkoituksilla. Mökkimatkojen osalta tulos on mielenkiintoinen, sillä vajaan 90 %:n mielestä 10 minuutin tarkkuus ei ole lainkaan tärkeä. Kuitenkin uusien tiehankkeiden kannattavuustarkasteluissa pienten aikasäästöjen summat muodostavat erittäin suuren osan. Suomen yleisillä teillä pahimmat ruuhkat esiintyvät pääasiassa kesäviikonloppujen mökkiliikenteessä, jolloin pienillä aikasäästöillä ei täten olisi kovin suurta merkitystä. Uusien moottoritiehankkeiden kannattavuutta ei siis tule perustella mökkiliikenteelle aiheutuvien aikasäästöjen avulla. Mökkimatkoilla ei perilletuloajalla ole suurta merkitystä, koska sitä ei useinkaan aseteta tarkasti etukäteen. On huomattava, että kokonaismatka-ajalla ja lisäviivytyksellä on merkitystä itse matkaprosessin sujumisessa. Työajan matkoilla ja työmatkoilla saapumisajan tietäminen tarkasti on huomattavasti tärkeämpää.

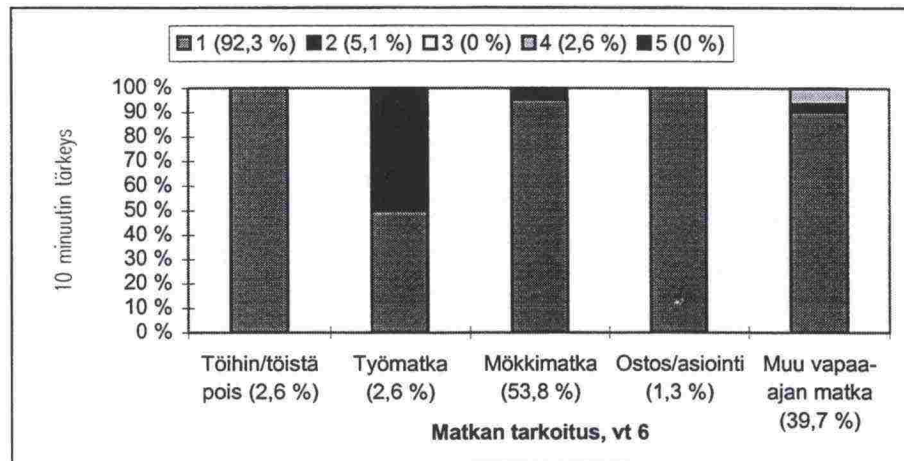




Kuva 40. Matkan tarkoitus ja saapumisajan tietäminen 10 minuutin tarkkuudella vt 1:llä.



Kuva 41. Matkan tarkoitus ja saapumisajan tietäminen 10 minuutin tarkkuudella vt 4:llä



Kuva 42. Matkan tarkoitus ja saapumisajan tietäminen 10 minuutin tarkkuudella vt 6:lla.

Verrattaessa liikennetilanteen kokemista aikaisempien tutkimuksien (Kiljunen & Summala 1996) tuloksiin voidaan todeta, että juhannusliikenteessä ihmiset kokevat liikennetilanteen huomattavasti sujuvampana kuin normaali-liikenteessä. Tämä viittaisi siihen, että ihmiset osaavat liikennetiedottamisen ansiosta varautua ruuhkiin ja alentavat tavoitenopectaan, jolloin liikenne koetaan sujuvampana. Vt 4: llä jopa yli 1400 ajon/h liikennemäärällä yli 50 % kuljettajista piti liikennetilannetta sujuvana juhannusliikenteessä, kun aikaisemmissa tutkimuksissa vastaava raja tavallisena kesäperjantaina on ollut noin 700 ajon/h.

Rekisteritunnusmittauksista lasketuilla matkanopeuksilla (kuvat 37-39, liite 2) on liikennetilanteen kokemisen suhteen omat heikkoutensa ellei tie ole erittäin pahasti ruuhkautunut. Ongelma matkanopeusanalysissä on se, että koskaan ei tiedetä tarkkaan mitä videokamerapisteiden välillä liikenteessä tapahtuu. Vaikka kuljettajan matkanopeus on lähellä vapaan liikennevirran nopeutta, saatetaan liikenne kokea sujumattomaksi, koska pieni osa matkasta ajetaan hitaan ajoneuvon perässä tai "louttautuneena". Hidastuksesta vapautumisen jälkeen loppumatka saatetaan ajaa normaalia suuremmalla nopeudella, jolloin keskimääräinen matkanopeus kasvaa. Parhaiten matkanopeus selittää liikennetilanteen kokemista vt 6:lla, jossa liikennevirta oli pahiten häiriintynyt.

#### 4.4 Joukkoliikenne

Tässä työssä käsitellään liikenteen sujuvuutta taajamien osalta ainoastaan linja-autoliikenteen näkökulmasta, mutta esille tulevat asiat soveltuvat pääosin muihinkin joukkoliikennemuotoihin. Päähuomio kiinnitetään matkustajan kokemaan sujuvuuteen, joka vastaa joukkoliikenteen palvelutasokäsitettä lähinnä matka-ajan kannalta.

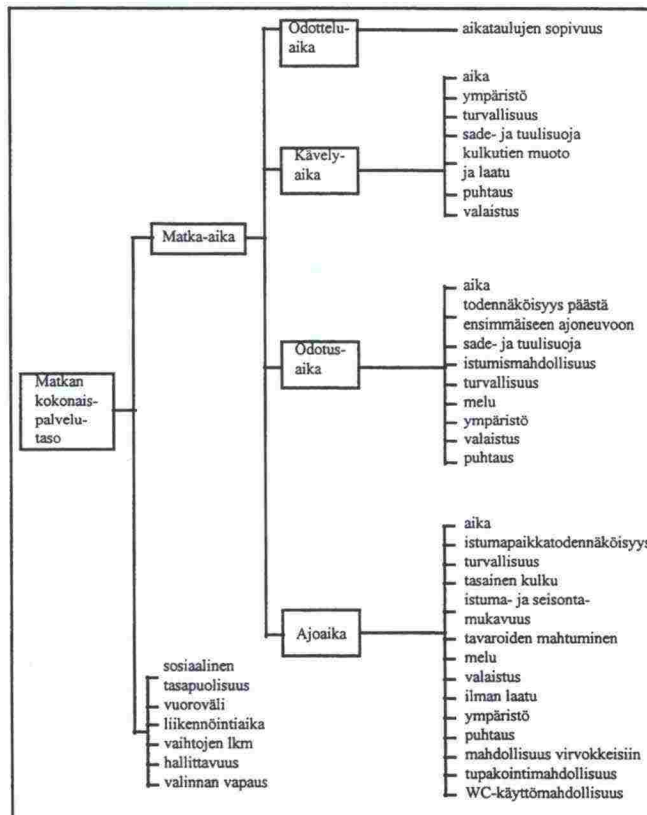
Joukkoliikenteen sujuvuutta voidaan tarkastella joko matkustajan, kuljettajan tai liikennöitsijän näkökulmasta. Matkustaja kokee sujuvuuden liikennepalvelun käyttäjänä ja kuljettajan kannalta sujuvuus liittyy olennaisesti vaivattomasti ja häiriöttä tapahtuvaan ajamiseen. Liikennöitsijälle on tärkeintä sovittaa liiketaloudelliset palvelujen tuotantokustannukset ja niistä saadut korvaukset toisiinsa kannattavalla tavalla (Ojala & Pursula 1994). Myös asiakastytyväisyys on oleellista. Käyttäjän näkökulmasta palvelutaso on matkakokonaisuuden toimivuutta kuvaava suure. Se kuvaa miten hyvin tarjottu palvelu vastaa käyttäjän tarpeita ja odotuksia. Samalla sen avulla käyttäjä vertaa eri liikkumismuotoja toisiinsa. Ojalan & Pursulan (1994) mukaan palvelutaso on matkan kokonaislaadun kuvaus. Yleisesti sillä ymmärretään joukkoliikennejärjestelmään liittyvien tekijöiden tasoa kokonaisuudessaan sellaisena kuin se ilmenee matkustajalle.

Matkustajalle on olennaista mahdollisuus päästä haluamaan ajankohtana paikasta toiseen. Hänelle ei riitä liikennepalvelujen olemassaolo ja kattavuus, vaan matkustus päätökseen vaikuttavat myös mm. matkan nopeus, hinta, tarpeettoman kävelemisen ja odottamisen välttäminen, matkanteon mukavuus sekä maksamisen helppous. Myös jatkoyhteyksien tulee olla toimivia. Informaatio on tärkeä joukkoliikenteen palvelutasotekijä, sillä se luo mielikuvan palvelun laadusta ja antaa tietoa liikkumismahdollisuuksista. Paikallisliikenteessä palvelutason arvioinnin lähtökohtana ovat myös käyttäjän tottumukset ja vaihtoehtoisten kulkumuotojen (yleensä henkilöauton) palvelutaso. (Ojala & Pursula 1994.)

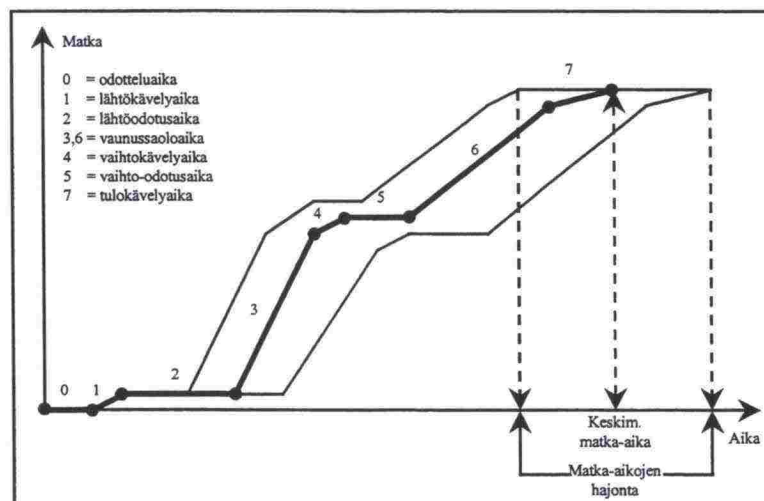
Keskeisiä palvelutasotekijöitä ovat liikennöintiaika, vuoroväli, matka-aika, kävelyetäisyydet, odotusajat, istumapaikan todennäköisyys ja yhteydet muihin liikennemuotoihin. Perinteisesti kokonaispalvelutaso jaetaan liikennepalvelutasoon, pysäkkipalvelutasoon ja vaunupalvelutasoon. Liikennepalvelutaso käsittää mm. vuorovälit, ajoajat, vaihdot, säännöllisyyden ja joukkoliikennelinjaston. Pysäkkipalvelutasoon kuuluvat varusteet, kävelyetäisyydet, kevyen liikenteen väylien taso ja informaatio. Vaunupalvelutaso sisältää istumapaikkatarjonnan, mukavuuden, siisteyden, lämmityksen, ilmanvaihdon, kuljettajien asiakaspalvelun jne. (Välimäki 1995.)

Matka-aika ovelta ovelle on keskeinen kulkumuodon valintaan vaikuttava tekijä ja hidastuminen heikentää joukkoliikenteen kilpailukykyä. Useiden tutkimusten perusteella merkittävin tekijä siihen, että ihmiset valitsevat henkilöauton joukkoliikenteen sijaan on matka-aika (Blomquist & Jansson 1994). Joukkoliikenteen matka-aikaan liittyy muitakin osatekijöitä kuin pelkkä ajoneuvossa matkustusaika, kuten kuvista 43 ja 44 voidaan havaita.





Kuva 43. Joukkoliikenteen palvelutaso matka-ajan kannalta (Liikenneministeriö 1991).



Kuva 44. Joukkoliikenteen matka-ajan osatekijät (Liikenneministeriö 1991).

Joukkoliikenteen matka-aikaan kuuluu odottelu-aika (0), lähtökävely-aika (1), lähtöodotus-aika (2), vaunussaolo-aika (3,6), vaihtokävely-aika (4), vaihto-odotus-aika (5) ja tulokävely-aika (7). Joukkoliikenteen matkustajan kannalta tulisi matka-ajan hajonnan olla mahdollisimman pieni. Matka-ajan eri osilla

on omat painoarvonsa niiden matkustajalle aiheuttaman rasittavuuden tunteen perusteella. Esimerkiksi 10 minuutin odotusaika vastaa rasittavuudeltaan keskimäärin 30 minuutin ajoaikaa (Riihimäki 1995).

Sujuvuus -käsitteen kannalta tärkeimpiä arviointikriteerejä ovat pysäkkien saavutettavuus (keskimääräinen kävely aika ja -matka sekä pysäkin vaikutusalue), kuljetuksen laatu (keski-määräinen ajo- ja matka-aika, aikataulu-poikkeamat sekä vuorovälit) ja pysäkkitoimintojen laatu (keskimääräinen odotusaika ja liityntäpysäköintijärjestelyjen laatu).

## 4.5 Kevyt liikenne

### 4.5.1 Yleistä

Kevyellä liikenteellä tarkoitetaan jalankulkua, polkupyöräilyä ja mopoilua, jotka muodostavat tärkeän osan liikkumisesta. Joukkoliikennematkojen yhteydessä tapahtuvat matkat pysäkeille ja vaihdot suoritetaan useimmiten kävellen tai pyöräillen. Lyhyillä etäisyyksillä kävely on varteenotettava vaihtoehto. Joukkoliikenteen suunnittelussa olisi kävelyetäisyydet pyrittävä minimoimaan ja vaihtoalueet suunniteltava mahdollisimman miellyttäviksi. Esimerkiksi alle 8 kilometrin polkupyörämatkojen keskinopeus kaupungissa vaihtelee 15-25 km/h välillä. Erittäin ruuhkaisissa kaupunkioiloissa polkupyörä on usein henkilöautoa ja linja-autoa nopeampi kulkumuoto. (Comisión Europea 1996.) Ruotsalaisen Effektkatalogin (Vägverket 1992) mukaan kävelijöiden keskinopeus on 4 km/h ja pyöräilijöiden 16 km/h.

Suomessa kevyen liikenteen väylien kokonaismäärä on kolminkertaistunut viimeisen 15 vuoden aikana ja yleisten teiden varsilla on 3600 km erillisiä kevyen liikenteen väyliä eli kutakin yleisen tien 100 kilometriä kohden on kevyen liikenteen väyliä alle 5 km. Toivottavaa olisi luoda selkeä kevyen liikenteen yhteyksien verkko, joka käyttäjän kannalta on jatkuva ilman haitallisia katkoksia. (Tie ja Liikenne 1997.)

Verrattaessa kevyen liikenteen sujuvuutta henkilöautoliikenteeseen on otettava huomioon kevyen liikenteen täysin erilainen luonne. Kevyt liikenne on erittäin harvoin kapasiteettirajoitteista ja sujuvuuteen vaikuttavat lähinnä väylän kunto, ympäristö- ja säätekijät sekä liikenteen erityispiirteet - erityisesti moottoriajoneuvojen nopeus ja määrä, kun taas ajoneuvoliikenteen sujuvuuteen vaikuttaa enemmän liikennemäärä sinänsä. Tärkeää on myös ottaa huomioon, että kevyt liikenne koostuu kyvyiltään ja arvostuksiltaan laajemman populaation edustajista kuin henkilöajoneuvoliikenne. (Sorton & Walsh 1994.)

Yleisesti kevyen liikenteen verkon tärkeimpiä ominaisuuksia ovat turvallisuus sekä väylien jatkuvuus ja suoruus. Verkko voi olla useita kaupunkeja



tai taajamia yhdistävä laaja seudullinen verkko tai pelkästään taajaman kevyen liikenteen väylistä muodostuva paikallisverkko. Yhtenäisellä, jatkuvalla ja erillisellä verkolla kevyt liikenne saadaan erotettua ajoneuvoliikenteestä, jolloin sujuvuutta hankaloittavia epäjatkuvuuskohtia on mahdollisimman vähän. Mikkolan (1997) mukaan 1,6 kilometrin matka erillisellä pyörätiellä vastaa yhden kilometrin matkaa ajoradalla. Tämä tarkoittaa sitä, että ihmiset ovat valmiita ajamaan jopa 60 % pidemmän matkan, jos he voivat ajaa erillistä pyörätietä pitkin.

Väylät tulee suunnitella mahdollisimman suoriksi ottaen huomioon olemassa olevan maankäyttö- ja liikennejärjestelyt. Myös pystygeometrian huomioiminen kevyen liikenteen kannalta on tärkeää. Usein parannettaessa ajoneuvoliikenteen sujuvuutta nostamalla ajonopeuksia liikenneturvallisuus saattaa huonontua. Yhtenäisen ja toimivan kevyen liikenteen verkon avulla, jossa epäjatkuvuuskohtia on mahdollisimman vähän, saadaan parannettua sekä kevyen liikenteen sujuvuutta että liikenneturvallisuutta (Tuomikko 1996).

Ideaalinen liikenneympäristö kevyen liikenteen kannalta olisi sellainen, että eri liikennemuotojen toiminnot voisivat tapahtua samanaikaisesti siten, että niiden välillä tapahtuisi mahdollisimman vähän konflikteja. Sujuvassa liikenteessä liittymät ovat eritasoisia, jolloin risteämiset moottoriajoneuvoliikenteen kanssa tapahtuvat turvallisesti ja viivytyksittä. Kevyen liikenteen sujuvuuteen vaikuttavat oleellisesti kevyen liikenteen väylien kunto, jatkuvuus, ajomukavuus, turvallisuus, liittymäviiveet, sää, talvikunnossapito, mäkisyys, muun liikenteen aiheuttama melu ja saasteet jne. (Sarkar 1993). Jalankulkijoiden ja pyöräilijöiden arvostuksia tieliikenteen sujuvuudesta käsitellään tarkemmin seuraavassa kappaleessa.

#### **4.5.2 Haastattelututkimuksen tulokset**

Kevyttä liikennettä haastateltiin 18.8.-2.9.1997 välisenä aikana. Sää oli kaikkina päivinä poutainen ja lämmin. Kokonaisotokseksi muodostui noin 200 polkupyöräilijää ja 200 jalankulkijaa. Haastattelut suoritettiin pysäyttämällä satunnaisesti ohikulkijoita pääkaupunkiseudulla seuraavissa paikoissa; Merituulentiellä (Espoo, Tapiola), Länsiväylällä (Helsinki), Kehä I:llä (Espoo, Leppävaara) ja Eläintarhantiellä (Helsinki). Länsiväylän jalankulkijoiden vähäisyyden vuoksi muilla paikoilla haastateltiin enemmän jalankulkijoita. Haastattelulomake on esitetty liitteessä 3.

#### **Taustatiedot**

Haastatelluista polkupyöräilijöistä miesten ja naisten osuus oli suunnilleen yhtä suuri (miehiä 49 %, naisia 51 %). Jalankulkijoista naisten osuus oli suurempi (62 %). Polkupyöräilijöistä suurin osa (55 %) oli työ- tai koulumatkalla, 29 % oli asiointi- tai ostosmatkalla, 13 % kuntoilemassa ja 3 % muulla vapaa-ajan matkalla. Kävelijöistä 44 % oli työ- tai koulumatkalla, 37 % asioin-



ti- tai ostosmatkalla, 11 % kuntoilemassa ja 8 % muulla vapaa-ajan matkalla. Suuri osa sekä pyöräilijöistä että kävelijöistä oli alle 25 -vuotiaita. Tarkempi ikäjakauma ilmenee taulukosta 10.

Taulukko 10. Haastateltujen polkupyöräilijöiden ja jalankulkijoiden ikäjakauma.

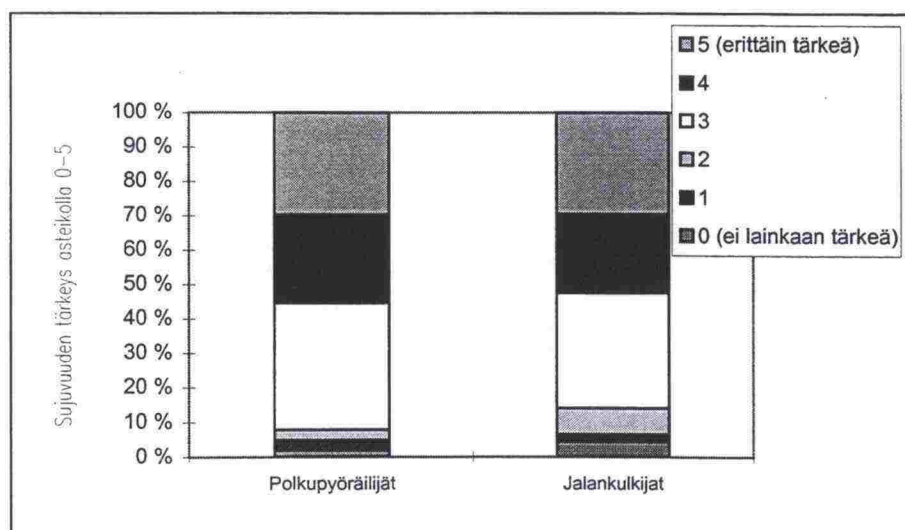
|                      | alle 25 | 26-35 | 36-50 | 51-65 | Yli 65 |
|----------------------|---------|-------|-------|-------|--------|
| Polkupyöräilijät (%) | 33      | 25    | 24,5  | 15,5  | 2      |
| Jalankulkijat (%)    | 37,5    | 26,5  | 14,5  | 14    | 7,5    |

Polkupyöräilijöistä noin 67 % ilmoitti pyöräilevänsä päivittäin. Jalankulkijoilla vastaava luku oli 76 %. Noin viidennes pyöräilijöistä ilmoitti pyöräilevänsä myös talvella.

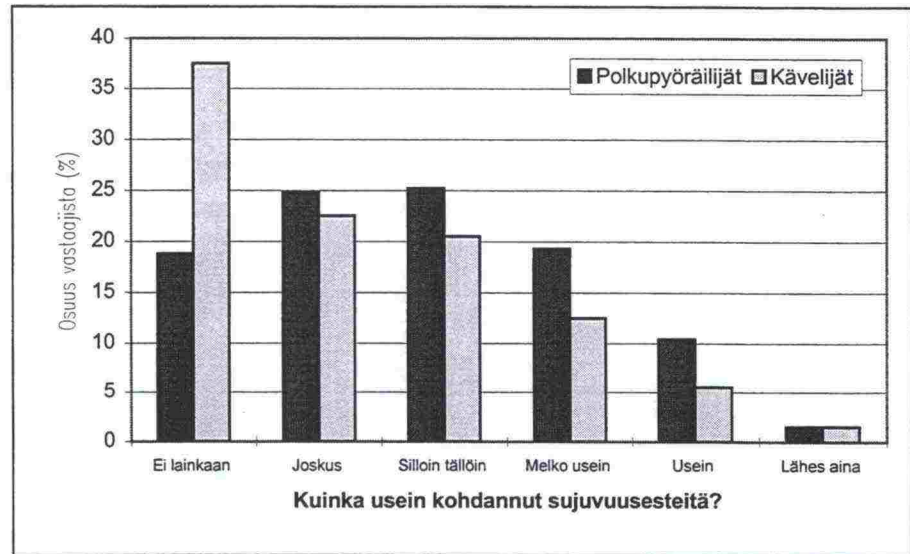
Polkupyöräilijöillä suurin osa matkoista (39 %) oli alle 5 kilometrin mittaisia, mutta noin 10 % matkoista oli kuitenkin yli 20 kilometriä pitkiä. Keskimääräisen matkan pituus pyöräilijöillä oli noin 10 km. Jalankulkijoista melkein puolet (44 %) oli noin kilometrin mittaisella matkalla ja joka viides oli yli 5 km pituisella kävelymatkalla. Jalankulkijoiden keskimääräisen matkan pituus oli 2,7 km.

### Kevyen liikenteen sujuvuuden tärkeys

Johdantokysymyksenä polkupyöräilijöiltä ja jalankulkijoilta kysyttiin kuinka tärkeänä tekijänä he yleensä pitävät kevyen liikenteen sujuvuutta eli ovatko voineet ajaa tai kävellä haluamallaan nopeudella ja suorinta reittiä sekä onko ennakoitu perilletuloaika pitänyt. Kuvista 45 ja 46 selviää yleisesti sujuvuuden tärkeys ja yleisyys. Merkittävyysasteikko on 0-5, jossa 0 tarkoittaa ei lainkaan tärkeää ja 5 erittäin tärkeää.



Kuva 45. Sujuvuuden tärkeys kevyelle liikenteelle.



Kuva 46. Kevyen liikenteen sujuvuusesteiden yleisyys.

Kuvista 45 ja 46 voidaan päätellä, että kevyen liikenteen sujuvuutta pidetään erittäin tärkeänä. Sujuvuuden tärkeyden keskiarvo polkupyöräilijöillä oli 3,7 ja jalankulkijoilla 3,6. Sujuvuus on tällä hetkellä kohtalainen, sillä esimerkiksi polkupyöräilijöistä vain noin 10 % törmää sujuvuusongelmiin usein. Polkupyöräilijät, joiden matkat ovat pidempiä ja joiden matkanopeus on suurempi kuin jalankulkijoiden, kohtaavat sujuvuusongelmia jalankulkijoita huomattavasti useammin.

#### Sujuvuusesteiden merkittävyys

Polkupyöräilijöiltä ja jalankulkijoilta kysyttiin, kuinka merkittävänä haastateltava pitää taulukon 11 mukaisia sujuvuusesteitä. Asteikkona oli 0-5, jossa 0 tarkoittaa ei lainkaan merkittävää ja 5 erittäin merkittävää.

*Taulukko 11. Kevyen liikenteen sujuvuusesteiden merkittävyyden keskiarvot (neljä suurinta haittaa tummennettuina).*

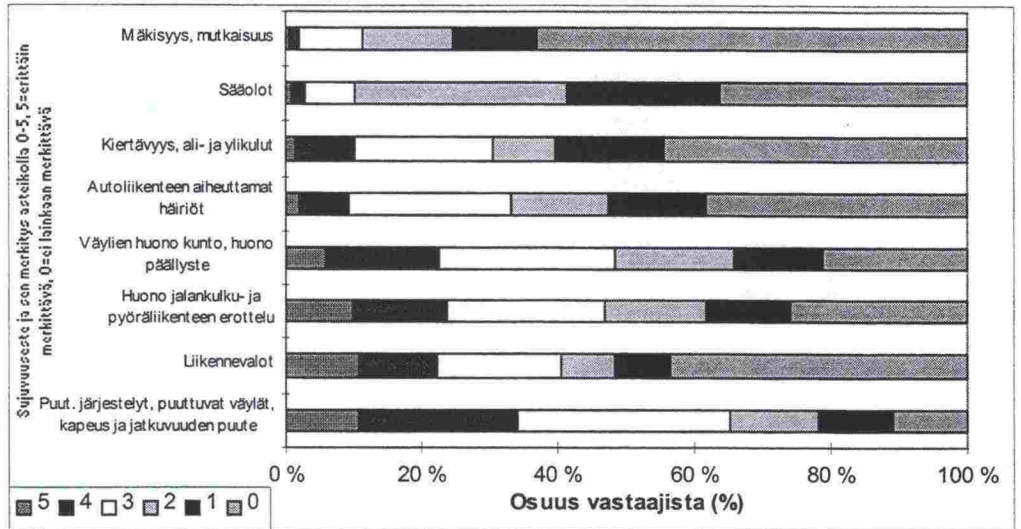
| Sujuvuuseste  | Polkupyöräilijät<br>(keskiarvo) | Jalankulkijat<br>(keskiarvo) |
|---|---------------------------------|------------------------------|
| Kevyen liikenteen puutteelliset järjestelyt, puuttuvat väylät, väylän kapeus ja jatkuvuuden puute | <b>2,8</b>                      | <b>2,3</b>                   |
| Huono jalankulku- ja polkupyöräliikenteen erottelu  | <b>2,2</b>                      | <b>2,2</b>                   |
| Kiertävyys, ali- ja ylikulut  | 1,4                             | <b>1,8</b>                   |
| Liikennevalot   | <b>1,8</b>                      | 1,3                          |
| Autoliikenteen aiheuttamat häiriöt, autojen nopeus ja risteysajo                                  | 1,5                             | 1,5                          |
| Kevyen liikenteen väylien huono kunto, huono päällyste, reunakivet                                | <b>2,2</b>                      | <b>1,9</b>                   |
| Mäkisyys ja mutkaisuus  | 0,8                             | 0,6                          |
| Sääolot   | 1,2                             | 1,4                          |

Eriteltyjen sujuvuusesteiden merkitystä tarkastellaan lisäksi kuvissa 47-50. Kuvissa 48 ja 50 on tarkasteltu haastattelupaikan vaikutusta vastauksiin. Polkupyöräilijöille pahimpia sujuvuusongelmia tuottavat kevyen liikenteen puutteelliset järjestelyt, puuttuvat väylät, väylän kapeus ja jatkuvuuden puute, väylien huono kunto ja huono päällyste, huono jalankulku- ja pyöräliikenteen erottelu sekä liikennevalot. Kävelijöillä pahimmat sujuvuusesteet ovat myös kevyen liikenteen puutteelliset järjestelyt, puuttuvat väylät, väylän kapeus ja jatkuvuuden puute, huono jalankulku- ja pyöräliikenteen erottelu, väylien huono kunto ja huono päällyste sekä kiertävyysongelmat. Polkupyöräilijöillä vähiten haittaavia tekijöitä ovat mäkisyys ja mutkaisuus sekä sääolot ja jalankulkijoilla myös mäkisyys ja mutkaisuus sekä liikennevalot. Jalankulkijoilla liikennevalojen alhainen sijoittuminen on melko yllättävää, mutta tämä johtunee siitä, että jalankulkijoilla pysähdyksen suhteellinen vaikutus matkanopeuteen on paljon vähäisempi kuin polkupyöräilijöillä. Polkupyöräilijät joutuvat lisäksi punaisissa valoissa nousemaan pois pyörän päältä.

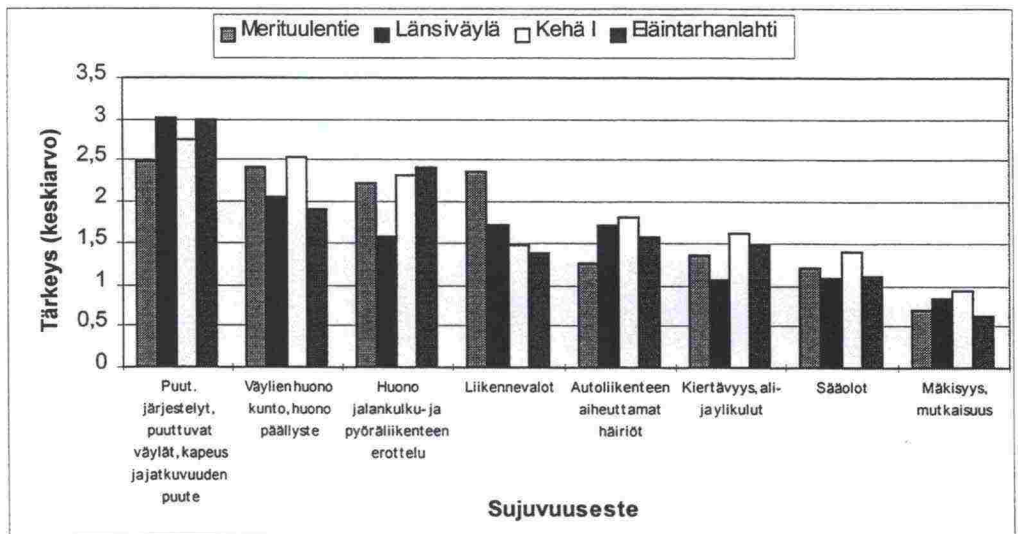
Haastattelu ympäristö vaikuttaa vastauksiin siten, että kussakin paikassa eniten ärsyttävien tekijöiden vaikutus korostuu, esimerkiksi liikennevalot Merituulentiellä, Espoossa. Haastattelupaikalla ei odotetusti ole juurikaan vaikutusta sääoloihin, koska paikat sijaitsivat suhteellisen lähellä toisiaan. Polkupyöräilijöiden osalta erot keskiarvoissa eri haastattelupaikkojen välillä olivat tilastollisesti merkitseviä ainoastaan liikennevalojen osalta ( $p < 0,05$ ).



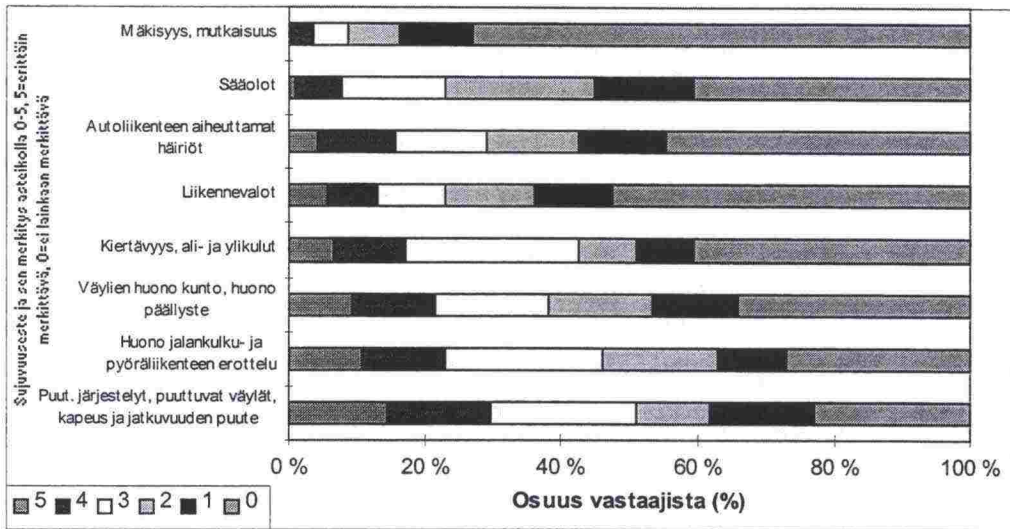
Jalankulkijoilla kaikki erot olivat tilastollisesti merkitseviä sääoloja sekä jalankulku- ja pyöräliikenteen erottelua lukuunottamatta.



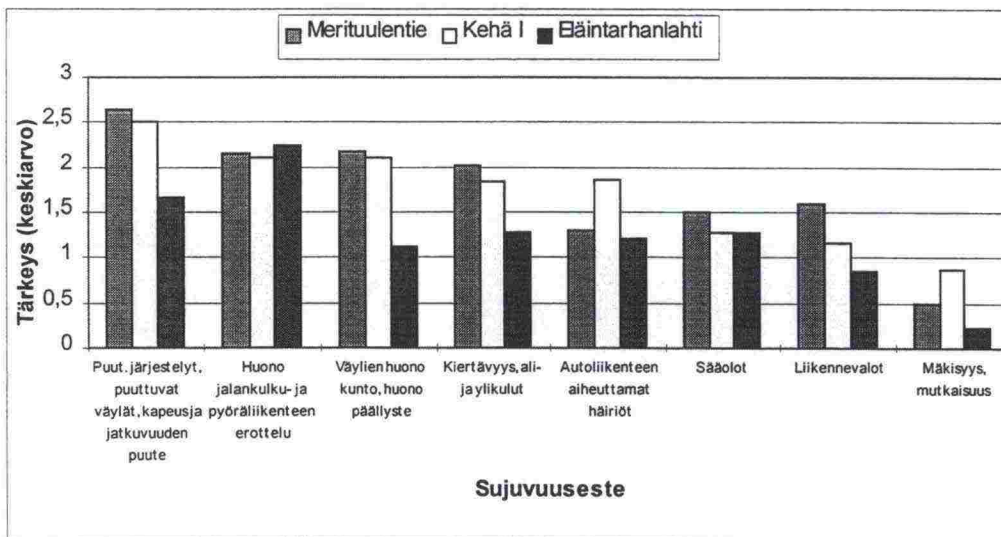
Kuva 47. Polkupyöräilijöiden sujuvuusesteiden tärkeyden suhteellinen jakautuminen.



Kuva 48. Polkupyöräilijöiden sujuvuusesteiden tärkeyden jakautuminen haastattelupaikoittain.



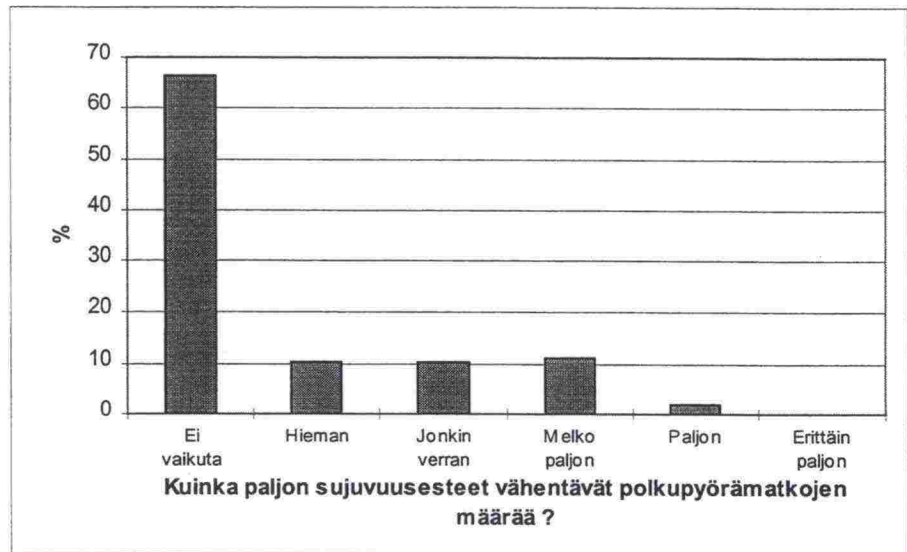
Kuva 49. Jalankulkijoiden sujuvuusesteiden tärkeyden suhteellinen jakautuminen.



Kuva 50. Jalankulkijoiden sujuvuusesteiden tärkeyden jakautuminen haastattelupaikoittain.

### Sujuvuusesteiden vaikutus matkojen määrään (pyöräilijät)

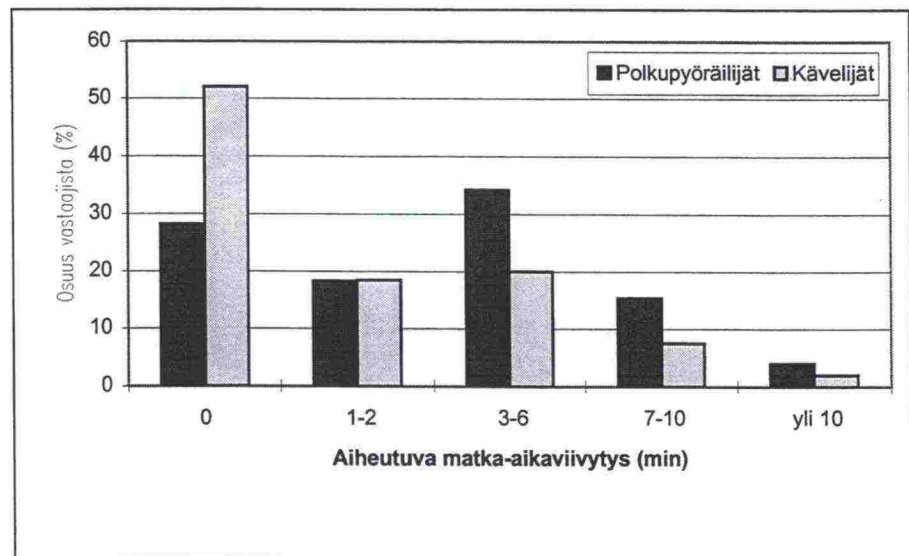
Polkupyöräilijöiltä kysyttiin myös vaikuttavatko edellä mainitut sujuvuusesteet suoritettavien polkupyörämatkojen kokonaismäärään. Kuvasta 51 voidaan havaita, että sujuvuusesteet eivät juurikaan vaikuta vähentävästi polkupyörämatkojen määrään, sillä vajaat 70 % pyöräilijöistä ilmoitti, että puutteilla ei ole tähän lainkaan vaikutusta. Vain reilulla 20 %:lla sujuvuusesteet vaikuttavat jonkin verran tai melko paljon. Harvoin tehtävillä matkoilla ja vapaa-ajan matkoilla vaikutus oli suurin. Miesten ja naisten välillä ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja keskiarvoissa ( $p > 0,05$ ).



Kuva 51. Sujuvuusesteiden vaikutus polkupyörämatkojen määrään.

### Sujuvuusesteistä aiheutuva matka-ajan pidentyminen

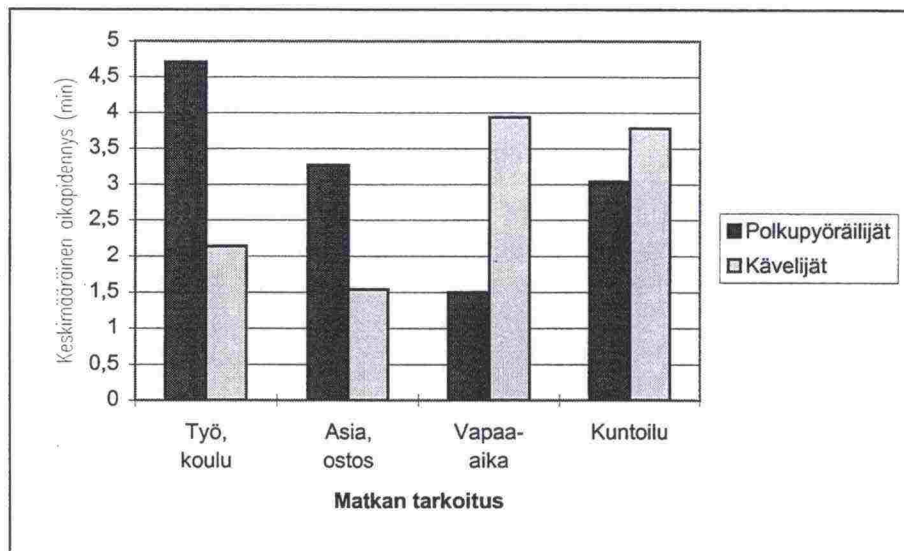
Polkupyöräilijöille aiheutuu sujuvuusesteistä keskimäärin noin 4 minuutin ja kävelijöille noin 2,5 minuutin suuruinen pidennys matka-aikaan. Pyöräilijöille aiheutuva aikapidennys on suurempi kuin kävelijöiden, joskin pyöräilijöiden matkat ovat paljon pidempiä. Toisaalta pyöräilijöiden ja jalankulkijoiden kokonaismatka-aika on keskimäärin samaa luokkaa, sillä polkupyöräilijöiden nopeudet ovat moninkertaisia jalankulkijoihin verrattuna. On syytä muistaa, että nämä ovat haastateltujen henkilöiden subjektiivisia näkemyksiä heille aiheutuvasta aikapidennyksestä.



Kuva 52. Sujuvuusesteistä aiheutuva kevyen liikenteen keskimääräinen matka-ajan pidennys.

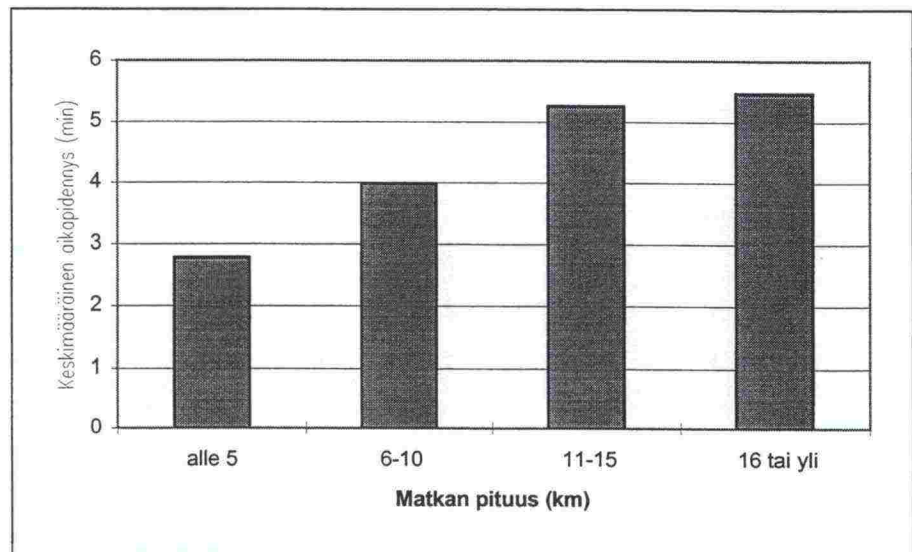


Vajaalle 35 %:lle pyöräilijöistä aiheutui 3-6 minuutin ja 15 %:lle 7-10 minuutin pidennys matka-aikaan (kuva 52). Jalankulkijoiden vastaavat luvut ovat 20 % ja hieman alle 10 %, mutta yli 50 % jalankulkijoista ilmoitti, että sujuvuusesteistä ei aiheudu lainkaan matka-aikaan pidennystä.

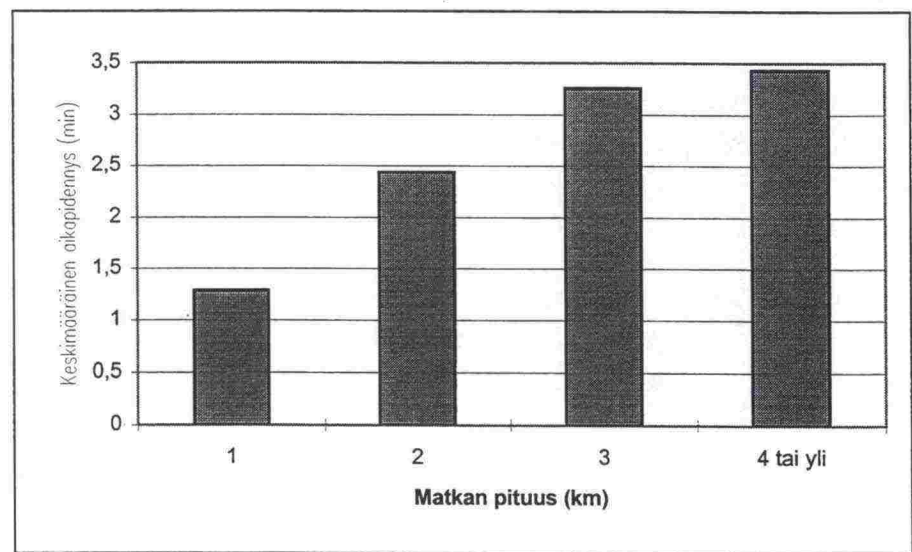


Kuva 53. Sujuvuusesteistä aiheutuva keskimääräinen matka-ajan pidennys matkatyyppin mukaan.

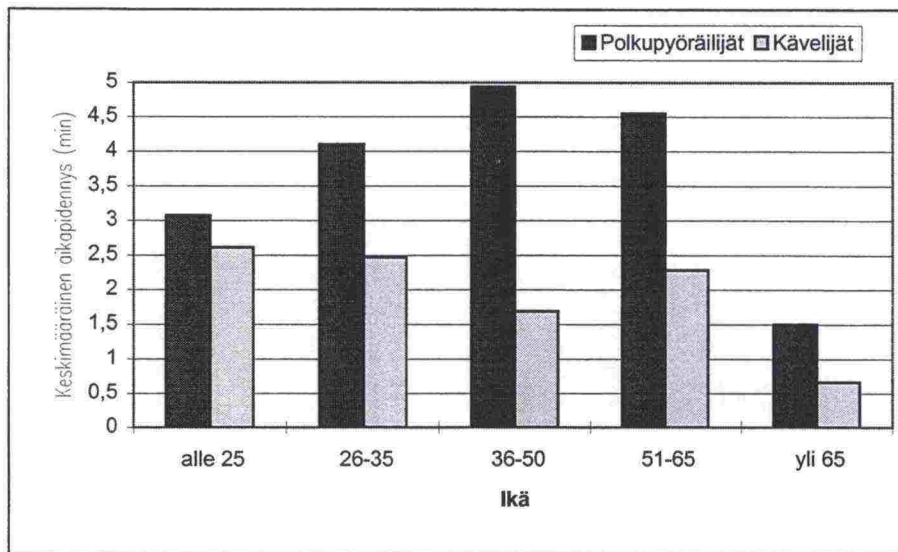
Pyöräilijöillä suurimmat aikapidennykset muodostuvat työ- ja koulumatkoilla (vajaa 5 minuuttia) sekä asiointi- ja ostosmatkoilla (hieman yli 3 minuuttia). Jalankulkijoilla suurimmat aikapidennykset muodostuvat vapaa-ajan matkoilla ja kuntoillessa. Näiden matkojen keskimääräiset pituudetkin ovat suurempia kuin muissa ryhmissä. Matka-ajan pidennys on odotetusti riippuvainen suoritettavan matkan pituudesta (kuvat 54 ja 55).



Kuva 54. Sujuvuusesteistä aiheutuva polkupyöräilijöiden keskimääräinen matka-ajan pidennys matkapituusluokittain.



Kuva 55. Sujuvuusesteistä aiheutuva jalankulkijoiden keskimääräinen matka-ajan pidennys matkapituusluokittain.



Kuva 56. Sujuvusesteistä aiheutuva keskimääräinen matka-ajan pidennys eri ikäryhmissä.

Suurimmat matka-ajan pidennykset polkupyöräilijöillä muodostuvat 36-50 -vuotiaille ja jalankulkijoilla alle 25 -vuotiaille nuorille. Tämäkin selittyy pääasiassa matkan pituuden perusteella. Haastateltuja pyydettiin lisäksi mainitsemaan yksittäisiä paikkoja, joissa esiintyy puutteita sujuvuudessa ja nimeämään parannusehdotuksia.



## 5 SUJUVUUS TIENPITÄJÄN NÄKÖKULMASTA ERI MAISSA

### 5.1 Pohjoismaat

#### 5.1.1 Suomi

Tielaitoksessa työskennellään sujuvuustavoitteen ja sen käyttöönoton puolesta. Tavoitteen sisältöä on kuvattu mm. seuraavasti (Tielaitos 1996).

*Tieverkon tehtävänä on turvata tiellä liikkujan sujuva perillepääsy. Sujuva liikenneverkko takaa alemmat kuljetuskustannukset, ennustettavissa olevan matkustusajan ja hyvän tavoitettavuuden matkakohteeseen.*

Liikenteen sujuvuutta kuvaaviksi päämittareiksi on ehdotettu seuraavia (Tielaitos 1996) :

1. Liikenteen **kokonaismatka-aika**
2. **Luotettavuus** (toimintavarmuus, häiriöttömyys)
3. **Tiestön käyttökelpoisuus** (tekniinen laatu, kunto, hoitotaso).

Liikenneministeriön toivomuksesta liikenteen sujuvuus -tavoitteeseen on sisällytetty uutena tekijänä liikenteen kokonaismatka-aika ja LM:n asettama alustava tulostavoite on muotoiltu seuraavasti (Tielaitos 1996).

*Liikenteen sujuvuus taataan säilyttämällä pääteiden kunto ja hoitotaso nykyisellään sekä vähentämällä ajoneuvoliikenteen päätieverkolla käyttämää kokonaismatka-aikaa.*

Sujuvuustavoitteen painoarvo koko laitoksen tavoitteista on 35/100, josta matka-ajan vähentämistavoitteen osuus on tiepiirikohtaisesti 2/5...3/5.

**Matka-ajalla** tarkoitetaan liikenteeseen käytettävää kokonaisaikaa vuositasolla. Matka-aika voidaan laskea koko tieverkolle, eritellä tieluokittain, yhteysväleittäin ja hankkeittain. Matka-aika ja sen muutokset määritellään erikseen henkilöliikenteelle ja tavaraliikenteelle ja käytettävänä mittareina pidetään henkilöliikenteessä henkilötuntia/vuosi ja tavaraliikenteessä ajoneuvotuntia/vuosi. Kokonaismatka-ajalle voidaan helposti asettaa tavoitteita eri ohjelma- ja suunnitelmatasoilla. Matka-aikatavoite koskee ainakin alkuvaiheessa vain päätieverkkoa (valta- ja kantatiet). (Tielaitos 1996.)

Kokonaismatka-ajan laskentaohjelmistoja (IVAR) on kehitetty ja testattu vuoden 1995 valta- ja kantatieverkolla. Tiepituus oli testiaineistossa 11 468 km ja linkkien lukumäärä 5 072 kpl. Kokonaismatka-ajaksi saatiin henkilöliikenteen (kevyet ajoneuvot) osalta 156 milj.ajon.h/a ja tavaraliikenteen

osalta (raskaat ajoneuvot) 21 milj.ajon.h/a eli yhteensä 178 milj.ajon.h/a. Laskenta tehtiin liikenne-ennusteiden avulla myös vuosille 2000 ja 2010. Samalla määritettiin myös ruuhkista aiheutuva ajanhukka, jonka käyttöä vaihtoehtoisena tavoitteena matka-ajalle on harkittu. Tulokset selviävät taulukosta 12.

*Taulukko 12. IVAR –ohjelmistolla lasketut liikenne-ennusteiden mukaiset kokonaismatka-ajat päätieliverkolla (Tielaitos 1996).*

| Vuosi | kokonaismatka-aika<br>(milj.ajon.h/vuosi) | ruuhkista aiheutuva aikahukka<br>(milj.ajon.h/vuosi) |
|-------|---|--|
| 1995  | 178                                       | 1.0  |
| 2000  | 210                                       | 2.8  |
| 2010  | 248                                       | 6.1  |

Vaikka ruuhkista aiheutuvalle aikahukalle ei aseteta tavoitteita, voidaan sitä käyttää suunnittelun apuvälineenä. Sen avulla voidaan havainnollisesti osoittaa kohteet, joissa ruuhkista aiheutuvat kokonaiskustannukset ovat suurimmat.

**Luotettavuudella** tarkoitetaan tiestön toimintavarmuutta eli sitä todennäköisyyttä, jolla ennakolta asetettu matka-aika ylittyy. Luotettavuus on tärkeää elinkeinoelämän kuljetuksille, linja-autojen aikataulussa pysymiselle, työmatkojen aikataulutavoitteiden toteutumiselle jne. Luotettavuustavoite on ehdotettu asetettavaksi ainakin maan tärkeimmille päätieyhteyksille. Tavoitteena voisi olla esimerkiksi että pääyhteysväleillä häiriöitä ei tulisi esiintyä lainkaan normaalissa arkipäiväliikenteessä. (Tielaitos 1996.)

**Tiestön käyttökelpoisuus** on nimike osamittarille, joka kuvaisi tieverkon teknisiä ominaisuuksia, joilla on selvästi merkitystä tienkäyttäjille esim. ajokelpoisuuden, ajokustannusten, mukavuuden ja turvallisuuden kannalta. Tien leveyden, mäkisyyden jne. lisäksi tähän sisältyisi tien pinnan kunto, talvikunnossapitotaso, liikennerajoitukset sekä liikenteen tiedotus, ohjaus ja oheispalvelut. Mittarilla kuvattaisiin ainakin osaksi niitä puutteita, joita nykyisellä tieyhteydellä on verrattuna siihen tavoitetasoon, joka tieyhteydellä tulisi olla ottaen huomioon tien merkityksen ja liikennemäärän. (Tielaitos 1996.)

Liikenneministeriön painottaessa juuri elinkeinoelämän kuljetusten sujuvuutta vuoden 1998 sujuvuustavoite tarkastelee matka-aikaa pääteillä tärkeimpien taajamaseutujen välillä, kuten esimerkiksi Helsinki - Hämeenlinna, Hämeenlinna - Tampere, Tampere - Vaasa jne. Tarkastelukohteena on erityisesti kuorma-autojen matka-aikojen ennustettavuus, joka on osoittautunut tärkeimmäksi tieverkon sujuvuuden mittariksi elinkeinoelämän kannalta. (Tielaitos 1997b.)



Sujuvuustavoitteen alkuarvot perustuvat tierekisteritietojen perusteella laskettavaan nopeusrajoitusarvojen mukaiseen matka-aikasummaan päätepisteiden välillä. Alkuarvoja tarkistetaan erillisin matkanopeusmittauksin, jolloin määritetään millä todennäköisyydellä matka-ajan tavoitearvo (esimerkiksi  $1.05 \times$  alkuarvo) ylitetään.

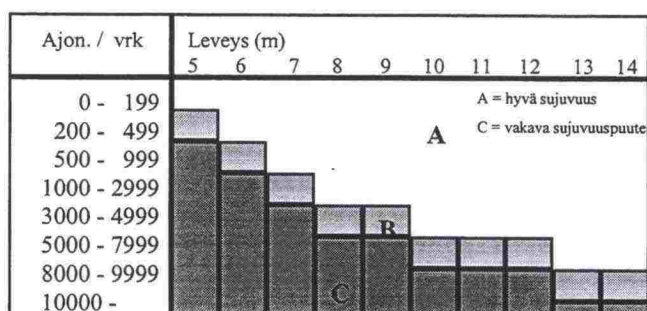
*Sujuvuustavoite : Todennäköisyys sille, että kuorma-autojen matkanopeus yhteysvälillä on annettua tavoitearvoa suurempi, vähenee Y %-yksiköllä tai on enintään X %.*

Tavoitteeseen vaikutetaan huolehtimalla itse aiheutettujen (esimerkiksi tiettyöt) ja muiden häiriöiden (onnettomuudet, ajoneuvorikat, keliongelmat) sekä niiden vaikutusten minimoinnista mm. ylläpito- ja investointitoimenpiteiden hankintamenettelyillä. Tähän tavoitteeseen päästään välttämällä toimintaa ruuhkaisina aikoina, nopeuttamalla toimenpiteitä ja vähentämällä viipeitä liikenteen tiedotuksen ja ohjauksen sekä laajennus- ja uusinvestointien avulla. Nopeusrajoitusten pysyväluonteiset muutokset kuten talvirajoitukset eivät sitävastoin vaikuta tavoitteen saavuttamiseen, koska liikennöitsijät pystyvät ennakoimaan niiden vaikutuksen ajoaikaan ja niiden vaikutus tavoitearvoon otetaan laskelmissa huomioon. Tavoitteen saavuttaminen todennetaan edustavin otoksin kuorma-autojen matka-aikamittausten avulla, jotka perustuvat ajopiirturiekkojen analysointiin. (Kulmala 1997.)

### 5.1.2 Ruotsi

Ruotsin kansallisen tienpitosuunnitelman mukaan tieverkon laadun mittaamiseksi on esitetty tien leveydestä ja liikennemäärästä riippuvia tarkasteluja. Leveyden osalta tiet jaetaan kolmeen luokkaan : moottoritiet, yli 12 m leveät tiet ja alle 12 m leveät tiet. Sujuvuuden kokemisen katsotaan riippuvan tien leveydestä ja muista tienkäyttäjistä. Käytössä on kolme luokkaa A, B ja C, jossa A tarkoittaa hyvää sujuvuutta ja C vakavaa sujuvuuspuutetta. Kuvassa 57 on esitetty sujuvuuden määräytyminen tien leveyden ja liikennemäärän funktiona. (Jaatinen 1995a.)

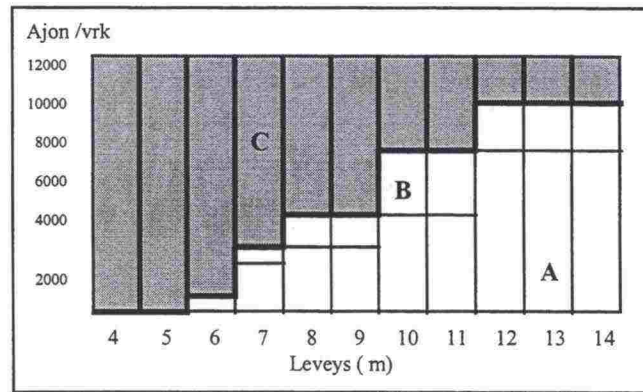




Kuva 57. Sujuvuuden määräytyminen tien leveyden ja liikennemäärän funktiona (Jaatinen 1995a).

Ruotsin tielaitos on analysoinut vaihtoehtoisia tienpidon kehittämisstrategioita, joista yhden osakokonaisuuden käsittää tehokkuus. Strategiat perustuvat olettamukseen, että tarkasteltavalla kymmenvuotiskaudella käytettäisiin 70 mrd SEK investointeihin ja 91 mrd SEK käyttöön ja kunnossapitoon. Sujuvuus sisältyy tehokkuustavoitteeseen, jolla tarkoitetaan liikennejärjestelmän kehittämistä siten, että se tukee yhteiskunnan resurssien tehokasta käyttöä kokonaisuudessaan. Tehokkuutta mitataan ajoaikasäästöillä ja tarkastelemalla liikennejärjestelmää osana teollisuuden tuotantokoneistoa. Lisäksi tehdään yhteiskuntataloudellisia tarkasteluja. Tehokkuuden lisäämiseksi infrastruktuuria tulisi kehittää rakentamalla lisää valtakunnallisia teitä sekä kehittämällä muuta tieverkkoa. Tulosta mitataan ajoaikasäästöillä, joita vaihtoehdosta riippuen kertyy henkilöliikenteessä 1,5 - 1,6 milj. työviikkoa vuodessa (joista 60 % tulee valtakunnallisia päätieyhteyksiä kehittämällä). Tavaraliikenteen säästöt arvioidaan vastaavasti 17,5 - 19,3 milj. tonnitunniksi vuodessa. (Jaatinen 1995.)

Tien ominaisuuksista tärkeimpänä pidetään tien pinnan laatua. Urat ja epätasaisuudet koetaan epämiellyttävinä. Tavaraliikenteen puolella kehitys johtaa yhä arvokkaampiin lasteihin ja täsmällisempiin kuljetuksiin. Toimitusvarmuudella on tärkeä merkitys. Tieverkon laatua arvioidaan useiden muuttujien kuten kantavuuden, pinnan laadun, ruuhkautumisen, turvallisuuden, ympäristön jne. avulla. Ruuhkautumista arvioidaan käyttämällä aikaisemmin esitetyn kuvion (kuva 57) käännteiskuvaa ja sen nimenä on ruuhkaportaat (ruots. trängseltrappan) (kuva 58). (Jaatinen 1995a.)



Kuva 58. Ruuhkaisuuden arvioiminen Ruotsissa "ruuhkaportaiden" avulla (Jaatinen 1995a).

Ruuhkan käsitettä voidaan pitää jossain määrin käänteisenä sujuvuuskäsitteelle. Ruotsin kansallisen tienpitosuunnitelman vaikutukset ruuhkautumiseen ovat sellaiset, ettei ruuhkautuminen ainakaan pahene.

Ruotsin tielaitoksen toimintakertomuksessa vuodelta 1993 käsitellään mm. liikenne- ja tiepoliittisten tavoitteiden toteutumista. Sujuvuuteen liittyvät tekijät löytyvät tavoitettavuus- ja tehokkuustavoitteiden sisältä. Tavoitettavuuden kohdalla tavoitteena on: *liikennejärjestelmän tulee tyydyttää elinkeinoelämän ja kansalaisten kuljetus- ja liikkumistarpeet* ja sen toteutumista voidaan edesauttaa toteuttamalla seuraavia toimenpiteitä (Jaatinen 1995a) :

- kantavuuden parantaminen
- kelirikon torjunta
- sorateiden päällystäminen
- sujuvuusesteiden poistaminen
- levähdysalueiden rakentaminen
- linja-autopysäkkien tavoitettavuuden ja palvelutason parantaminen.

Sujuvuusesteillä tarkoitetaan lähinnä elinkeinoelämän kuljetuksia haittaavia kapeita tai matalia siltoja, lauttoja tai jyrkkiä nousuja. Tehokkuustavoitteen mukaan liikennejärjestelmän tulee tukea yhteiskunnan resurssien tehokasta käyttöä. Liikennejärjestelmän resurssienkäytön tehokkuutta voidaan mitata tarkastelemalla miten toimenpiteet vaikuttavat matka-aikameneikkiin henkilömatkoilla ja tavaraliikenteessä. Suurin vaikutus matka-aikoihin on kapasiteetin lisäämisellä tai matkan lyhentämisellä vilkkaasti liikennöidyillä ruuhkautuvilla teillä. (Jaatinen 1995a.)

Ruotsin tielaitos on tehnyt tutkimuksen, jossa kartoitettiin autoilijoiden arvostuksia laitoksen tuotteista ja palveluista. Tutkimusmenetelmänä käytettiin asiantuntijajohtoisia ryhmähaastatteluja. Autoilijat arvostavat Eurooppa- tai valtateitä sekä leveitä teitä. Toisaalta liikenneympäristöltä toivottiin, että



ympärillä olisi mahdollisimman vähän muita tielläliikkuja. Raskaan liikenteen johtamista ohikulkuteille pidettiin toivottavana. Toteutettuihin ohikulkuteihin oltiin erittäin tyytyväisiä. Leveillä teillä ajaminen koettiin turvalliseksi ja mukavaksi. Kielteisenä seikkana pidettiin teiden huonoa kuntoa sekä nopeaa kulumista ja urautumista lyhyen ajan sisällä päällystämisestä. Heijastavia reunapaaluja pidettiin tärkeinä samoin kuin vaaleita päällysteitä ajomukavuuden lisäämiseksi pimeän ja huonon kelin aikana. (Jaatinen 1995a.)

### 5.1.3 Norja

Norjan tienpidon päämääränä on päästä parempaan liikenteeseen ja päätavoitteita on neljä: hyvä sujuvuus, korkea liikenneturvallisuus, hyvä ympäristö ja hyvä asiakaspalvelu. Sujuvuutta kuvataan eri paikkojen välisellä matka-ajalla tieverkkoa pitkin. Esim. ajoaika Oslon ja Fornebun välillä vaihtelee 15 minuutista yhteen tuntiin. Laitoksen strategisena tavoitteena voisi tässä tapauksessa olla se, että ajoaika ko. välillä olisi korkeintaan 30 minuuttia. Strategisen tavoitteen toteuttaminen vaatii päätieverkon parantamista sellaiseen standardiin, että asetettu ajoikatavoite toteutuu. Sujuvuuden strategiset päätavoitteet ovat seuraavat (Jaatinen 1995b) :

- a) *kymmenellä suurimmalla kaupunkiseudulla saa ajoaika päätieverkolla olla ruuhka-aikana 90 % todennäköisyydellä korkeintaan kaksinkertainen verrattuna ajoaikaan muina aikoina*
- b) *joukkoliikenteen matka-ajoissa ei saa olla mainittavia eroja ruuhka-aikoina ja muina aikoina*
- c) *päätieverkolla pitää matkanopeuden olla keskimäärin 70-75 km/h*
- d) *seudullisella tiellä vastaava nopeus on 60-70 km/h*
- e) *muulle tieverkolle ei aseteta määrättyjä nopeustavoitteita*
- f) *pääteiden ja muiden tärkeiden kuljetusreittien tulee olla avoimina normaaleissa sääolosuhteissa vuorokauden ympäri*
- g) *pääteiden lauttayhteyksien tulee olla ympärivuorokautisia ja tarjonnan sellaista, ettei liikenteelle aiheudu merkittävää viivytystä*
- h) *pelkästään lauttaliikenteen varassa olevien alueiden lauttayhteys saa kestää korkeintaan puoli tuntia*
- i) *koko valtion tieverkolla tulee voida liikennöidä ajoneuvoilla, joiden maksimipaino on 50 t, akselipaino 10/11,5 t, korkeus 4 m ja pituus 19 m*
- j) *kevyellä liikenteellä tulee olla oma väylänsä silloin, kun tien ajoneuvoliikenne on yli 1 000 ajon/vrk ja tien suuntaista kevyttä liikennettä on yli 75 hlöä/vrk.*

Tieverkoston perusta on tarve kuljettaa ihmisiä ja tavaroita siten, että saavutettavuus (framkomlighet) on hyvä. Saavutettavuutta parannetaan luomalla uusia tieyhteyksiä, lyhentämällä tieyhteyksiä, raskaiden ajoneuvojen rajoitteiden poistamisella ja teiden talvikunnossapidolla. Saavutettavuus



tarkoittaa lisäksi, että teiden kunto on tarpeeksi hyvä, että ajonopeudet voivat olla tasaisia ja riittävän korkeita. Se tarkoittaa myös, että teiden kapasiteetin tulee olla riittävä. Teiden standardia määritettäessä ei oteta huomioon ainoastaan geometrista standardia vaan myös sujuvuus tulee ottaa huomioon. (Jaatinen 1995.)

Norjassa on sujuvuuden parantaminen liitetty erityisesti seuraaviin yhteyksiin :

- *lauttayhteyksien lyhentäminen ja nopeuttaminen sekä niiden korvaaminen muilla yhteyksillä, matkojen lyhentäminen, uusien tieyhteyksien luominen, tieverkon minimistandardin varmistaminen*
- *eri ajoneuvoryhmien rajoitusten poistaminen, tieverkon pullonkaulojen poistaminen, talviajettavuuden parantaminen, yhtenäisen standardin turvaaminen koko tieverkolla*
- *tiestön parantaminen ruuhka-alueilla.*

Norjan erityisenä ongelmana voidaan pitää maanteihin liittyviä lauttayhteyksiä, jotka lisäävät matka-aikaa kapasiteettirajoitusten, vuorovälien ja aukioloaikojen takia. Jotta lauttayhteyksistä riippuvaiset alueet voisivat edelleen kehittyä, tulisi pyrkiä lauttaliikenteen poistamiseen. Norjassa on lisäksi lukuisia standardit alittavia tieosuuksia, jotka alentavat sujuvuutta. Nämä tieosuudet johtuvat lähinnä norjalaisesta käytännöstä rakentaa suhteellisen lyhyitä tieosuuksia kerrallaan, jolloin yhtenäisen standardin mukaisia teitä ei saada toteutetuksi. (Jaatinen 1995b.)

Ruuhkat merkitsevät autoilijoille ajanhukkaa ja huomattavasti suurempia polttoainekustannuksia. Suurimmat kapasiteettiongelma aiheutuvat kustannukset syntyvät Oslon, Drammenin, Bergenin ja Trondheimin alueella. Liikenteen kasvu on aiheuttanut sen, että kapasiteetti ylittyy suuressa osassa tieverkkoa suurten kaupunkien ympärillä useiden tuntien ajan vuorokaudessa. Aikaisemmin kapasiteettiongelmat olivat tyypillisiä ruuhkahuippuongelmia. Tavaraliikenne ja henkilöautojen käyttö ovat lisääntyneet ja työhön liittyvät matkat ruuhkauttavat liikennettä myös ruuhkahuippujen välillä. (Jaatinen 1995b.)

Asuinalueiden ympärille tulisi rakentaa kehätie/kehäkatujärjestelmiä, jolloin asuinalueilta voidaan vähentää ei-toivottua liikennettä. Tällaisella päätieverkoston rakentamisella saavutetaan parempi sujuvuus, vähennetään paikallisia ympäristöongelmia ja lisätään liikenneturvallisuutta. Konkreettisista rakentamishankkeista päätettäessä tulisi verrata sujuvuuspuutteista aiheutuvia kustannuksia itse tieverkon rakentamisesta aiheutuviin kustannuksiin. Tämä tarkoittaa, että ruuhkaongelma on hyväksyttävä, jos tiestön lisärakentamisesta tai muista sujuvuutta parantavista toimenpiteistä aiheutuvat kustannukset ylittävät ruuhkista aiheutuvat yhteiskuntataloudelliset kustan-

nukset. Täten olemassa olevan tiekapasiteetin hyödyntäminen parhaalla mahdollisella tavalla erityisen tärkeää. (Jaatinen 1995b.)

## 5.2 Muut valtiot

**Saksassa** on yksilölliselle moottoriajoneuvoliikenteelle asetettu mm. seuraavia tavoitteita: väylien ylikuormittumisen välttäminen sekä sujuvuuden ja ajomukavuuden paraneminen. Keinoina ylikuormittumisen välttämiseksi esitetään liikenteen ohjausta paremmin vetäville väylille ja sujuvuuden parantamiseksi pullonkaulojen poistamista ja lisäkapasiteetin rakentamista. Sujuvuuden arvioinnissa esitetään käytettäväksi seuraavia määrällisiä kriteerejä: liikennemäärä tai -tiheys, aikaväli, kuormitusaste, viivytyksistä johtuva aikahukka, ruuhkan pituus ja liikennesuorite. Mukavuuden parantamiseksi esitetään erilaisia liikenteen ohjaus- ja opastustoimenpiteitä, joilla pyritään vähentämään matkanopeuden hajontaa ja pysähdysten lukumäärää. Taulukossa 13 on käsitelty tarkemmin Saksan sujuvuusjärjestelmän määrittelyä (Jaatinen 1995c.)

*Taulukko 13. Saksan tieliikenteen sujuvuusjärjestelmään liittyviä käsitteitä (Jaatinen 1995c).*

| Osatavoite                                     | Toimenpide  | Tunnussuureet   | Tutkimustapa  |
|--|---|---|---|
| Väylän ylikuormituksen välttäminen             | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Liikenteen ohjaus</li> <li>- Ohjaus vaihtoehdoille reiteille</li> <li>- Muuttuvat liikenneopasteet</li> <li>- Ajokiellot</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Matkanopeus</li> <li>- Matka-aika</li> <li>- Liikennemäärä</li> <li>- Liikennetiheys</li> <li>- Liikennesuorite</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Rekisteritunnusmenetelmä</li> <li>- Kyselytutkimukset</li> <li>- Anturiajoneuvot</li> <li>- Poikkileikkauslaskennat</li> </ul> |
| Liikenteen sujuvuuden parantaminen tiejaksolla | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Liikennevalojen ajoitus (vihreät aallot)</li> <li>- Liikenneohjauksinen opastus ja valo-ohjaus</li> <li>- Saapuvan liikenteen säännöstely</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Matka-aika</li> <li>- Matkanopeus</li> <li>- Odotusajat</li> <li>- Pysähdysten lukumäärä</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tarkkailu</li> <li>- Anturiajoneuvot</li> </ul>  |
| Liikenteen sujuvuuden parantaminen liittymissä | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Liikenneohjauksinen valo-ohjaus (ohjelmien kehittäminen)</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ajoaika</li> <li>- Matkanopeus</li> <li>- Odotusaika</li> <li>- Pysähdysten lukumäärä</li> <li>- Jonopituus ja -kesto</li> <li>- Varaus- ja käyttöaste</li> <li>- Kuormitussuhde</li> <li>- Liikennemäärä</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tarkkailu</li> <li>- Rekisteritunnusmenetelmä</li> <li>- Vertailevat poikkileikkauslaskennat</li> </ul>                        |
| Ajomukavuuden parantaminen tiejaksolla         | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Liikennevalojen ajoitus</li> <li>- Liikenneohjauksinen opastus ja valo-ohjaus</li> <li>- Muuttuvat nopeusrajoitukset</li> <li>- Pysähtymiskiellot</li> <li>- Liikenteen rajoittaminen</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pysähdysten lukumäärä</li> <li>- Odotusaika</li> <li>- Matkanopeus ja hajonta</li> <li>- Nopeusprofiili ja nopeuksien kehitys</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tarkkailu</li> <li>- Anturiajoneuvot</li> </ul>  |
| Ajomukavuuden parantaminen liittymissä         | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Liikenneohjauksinen valo-ohjaus</li> <li>- Ajokaista-merkinnät</li> <li>- Ajosuunta-opasteet</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pysähdysten lukumäärä</li> <li>- Kuormitusaste</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tarkkailu</li> <li>- Poikkileikkauslaskennat</li> </ul>  |



**Ranskassa** on kehitetty yksityisten tulliteiden tehokkuuden arvioimiseksi palvelutason laatumittarit. Tarkoituksena on mm. motivoida tulliteiden käyttöä. Perustana on kolme päätekijää: matka-ajan lyhyys/luotettavuus, ajomukavuus ja ajoturvallisuus, joiden pohjalta on edelleen kehitelty laatumittareita. Järjestelmä vastaa teollisuuden kokonaislaatuajattelua ja tavoitteena on määritellä korkein laatutaso, johon pyritään. Tulosta tarkkaillaan kuluttajakyselyillä ja auditoinneilla. Tien käyttäjän kannalta käytetään tien laatua mittaavia mukavuuskriteerejä. Ranskan tielaitos tutkii järjestelmällisesti tienpidon imagoa "kansallisella barometrilla", joka perustuu säännöllisiin mielipidekyselyihin. Näitä täydennetään kahdella teknisellä mittarilla - *saavutettavuudella* (määritetään niiden ihmisten määrä, jotka asuvat yli puolen tunnin etäisyydellä moottoritiestä tai vastaavasta) ja *vapaalla liikennevirralla* (mitataan liikenteen ruuhkautuneisuutta ajoneuvoetäisyyksien avulla tärkeimmillä päätteillä). (Jaatinen 1995d.)

Lisäksi **Ranskassa** Pariisin kehätiellä on kehitetty ns. sujuvuusmittari (fluidity indicator) liikenteen laadun määrittämiseksi. Tämä perustuu liikennevirta-analyysiin ja siinä käytetään liikennevirran perusyhtälöä liikennemäärän ( $q(x,t)$ ), nopeuden ( $v(x,t)$ ) ja tiheyden ( $d(x,t)$ ) välillä (Couton ym. 1997) :

$$v(x,t) = \frac{q(x,t)}{d(x,t)} \quad (1)$$

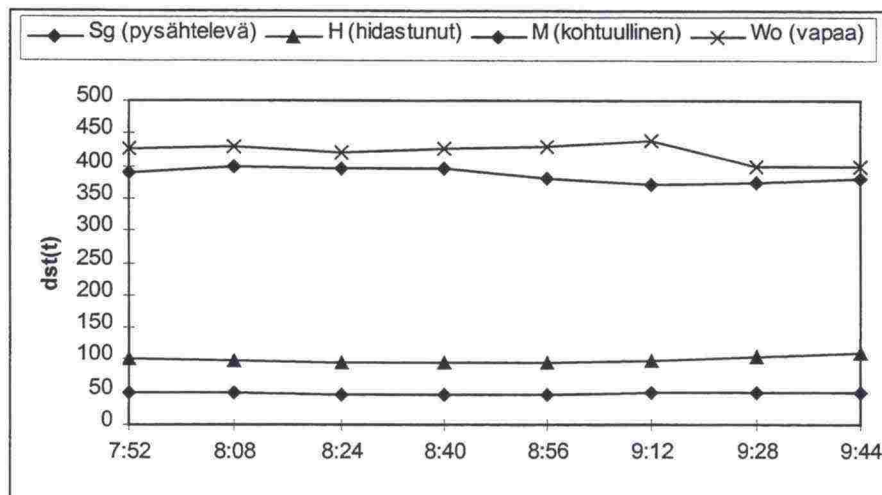
Kun liikennetiheys kasvaa ajoneuvojen väliset vuorovaikutukset lisääntyvät ja liikennevirran nopeus alenee, sillä nopeus on monotonisesti laskeva tiheyden funktio. Tämä tarkoittaa sitä, että annetulle liikennemäärälle on olemassa kaksi eri tiheyttä; yksi joka vastaa vapaata tilannetta ja toinen joka vastaa ruuhkautuneita olosuhteita. Liikennemäärän ja tiheyden välinen suhde mahdollistaa näiden kahden eri tilanteen tunnistamisen. Käytännössä vain silmukoiden varausastetta (%) voidaan käyttää. Varausaste on induktioilmaisimen varattunaoloajan prosentuaalinen osuus mittausajasta. Liikennedatan keräämisessä käytettävät induktiosilmukat eivät voi mitata suoraan liikenteen tiheyttä (liikennetiheys voidaan kyllä päätellä varausasteesta). Tämän takia on kehitetty *sujuvuusmittari dst*, joka on tavallaan liikenteen "raaka nopeus" seuraavan kaavan 2 mukaisesti (Couton ym. 1997) :

$$dst(t) = \frac{liikennemäärä(t)}{varausaste(t)} \quad (2)$$

Liikenteen sujuvuus paranee, kun *dst* kasvaa eli :

- pieni *dst* => pysähtelevä liikennevirta
- korkea *dst* => sujuva liikennevirta





Kuva 59. Pariisin kehätien sujuvuusmittarin  $dst(t)$  parametrien keskiarvot (Couton ym. 1997).

Kuvan 59 eri käyrät kuvaavat liikennevirran tilaa siten, että lyhenne Sg on pysähtelevä, H hidastunut, M kohtuullinen ja Wo täysin vapaa liikennevirta. Samaa menetelmää käytetään matka-aikojen mittaamisessa Pariisin kehätiellä ja niistä tiedotetaan kuljettajille muuttuvien opasteiden välityksellä.

**Japanissa** laaditun tienpitosuunnitelman vaikutuksia arvioidaan mm. säästyneiden ajoneuvo- ja aikakustannusten avulla. Säästynyt aika ilmaistaan tunneissa kuljettajaa kohden vuodessa (arvio säästöstä vuodelle 1998 on 46 h/kuljettaja/vuosi). Suunnitelman lähtökohtana olevat palvelutasotavoitteet ilmenevät taulukosta 14. (Jaatinen 1995d.)

Taulukko 14. Japanin liikenteen sujuvuuteen liittyvät palvelutasotavoitteet (Jaatinen 1995).

| Tavoite                                    | Nykytila | Tavoitetila |
|--|----------|-------------|
| Ajonopeus ruuhka-aikana                    |          |             |
| Paikallisissa kaupungeissa                 | 22 km/h  | 24 km/h     |
| Metropoleissa                              | 18 km/h  | 20 km/h     |
| Bussiliikenteen nopeus                     |          |             |
| Paikallisissa kaupungeissa                 | 16 km/h  | 17 km/h     |
| Metropoleissa                              | 14 km/h  | 15 km/h     |
| Jalkakäytävällä varustettujen teiden osuus | 12 %     | 15 %        |
| Moottoriteiden osuus liikennemääristä      | 11 %     | 13 %        |

Japanissa on lisäksi selkeä ohjelma uuden teknologian kehittämiseksi 21. vuosisadalle. Tavoitteena on mm. ruuhkien vähentäminen, ajomukavuuden parantaminen sekä ihmisystävällisen tieympäristön kehittäminen.

**Australiassa** tieverkolta odotetaan tehokkuutta ja mittareina ovat mm. matkakustannukset, matka-aika, ruuhkautuminen ja tieverkon kunto. Tienkäyttäjien kustannusten alenemista mitataan suoraan mittaamalla ajoaikoja strategisesti tärkeillä reiteillä, ajosuoritetta standardin alittavalla päällysteellä ja tieverkon ruuhkautumista. Taulukosta 15 selviää Australian mittareiden määrittely. (Jaatinen 1995d.)

*Taulukko 15. Australiassa käytössä olevia tieliikenteen sujuvuusmittareita (Jaatinen 1995d).*

| Mittari                        | Kuvaus   |
|--------------------------------|--|
| Todellinen matka-aika          | Laajasta otoksesta mitattu matka-aika                                |
| Nimellinen matka-aika          | Matka-aika vapaissa ajo-olosuhteissa                                 |
| Ruuhkautumisindikaattori       | Mitattujen viivytysten hajonta                                       |
| Matka-aikojen vaihtelu         | Matka-aikojen hajonta  |
| Matkat alle standardin         | Matkat teillä, jotka alittavat standardin                            |
| Käyttäjien tyytyväisyysindeksi | Käyttäjien mielipiteet tyytyväisyydestä tiettyjen funktioiden avulla |

**Portugalissa** mitataan tieverkon sujuvuutta matkanopeuksien perusteella tärkeimpien paikkakuntien välillä. Mukana on 24 paikkakuntaa, eli tarkasteltavana on 24x24 -matriisi.

**Alankomaissa** seurataan ruuhkaongelmaan liittyviä liikenneverkon tehokkuusmittareita säännöllisesti (Stoelhoerst 1997).

Alankomaiden poliisilaitos pitää tilastoa jonopituuksista (queue length), jonon kestosta (queue duration) ja jonon vakavuusasteesta (queue severity, jonopituus \* jonon kesto). Jonotietoja tarkkaillaan sekä manuaalisesti että automaattisesti ja niistä tiedotetaan ajoneuvojen kuljettajille radion välityksellä. Jonotieto rekisteröidään, kun jono on yli 2 kilometriä pitkä.

Ruuhkan aiheuttamia viivytyksiä ajoneuvoille (vehicle loss hours) eli ajanhukkaa käytetään ruuhkaongelman analysoimisessa ja vertailtaessa eri parannustoimenpiteitä ja niistä saatavia hyötyjä. Alankomaiden liikenteen hallintaohjelma (The Dutch Traffic Management Program) perustuu suurelta osin ajoneuvojen hukka-aikojen analysoimiseen. Ajoneuvojen hukka-ajat muodostaa tärkeimmän tehokkuusindikaattorin. Tämä lasketaan vuosittain



koko liikenneverkolle, jotta ruuhkaongelman kehittymistä voidaan seurata ajan funktiona. Ottamalla huomioon matkan tarkoituksittain vaihtelevat erilaiset ajan arvot, lasketaan vuosittain ruuhkista aiheutuvat sosioekonomiset kustannukset. Alankomaissa on käytetty vuodesta 1986 lähtien ns. ruuhkatodennäköisyys - mittaria, jolla tarkoitetaan sitä todennäköisyyttä, jolla ajoneuvon kuljettaja joutuu ruuhkaan saapuessaan tiejaksolle. Tämä lasketaan jakamalla ruuhkan joutuneiden ajoneuvojen määrä koko tieverkon liikennemäärällä tietyinä aikajaksona (vuosi). Tavoitteet on asetettu vuodelle 2010 ja strategisesti tärkeillä yhteysväleillä tämän indeksin tulisi olla korkeintaan 2 % (esimerkiksi Rotterdamin ja Schipolin välillä) ja muulla moottoritieverkolla 5 %. Vuonna 1994 16,4 % Alankomaiden moottoritieverkosta ei vielä täyttänyt näitä laatunormeja. (Stoelhorst 1997.)

Ruuhkautumisen lisäksi on myös tärkeää tarkkailla liikenneverkon suorituskykyyn liittyviä parametrejä, kuten liikennemääriä, käytösuhdetta sekä ajoneuvokilometrejä. Kuljettajat kärsivät enemmän epäsäännöllisestä, odottamattomasta ruuhkasta kuin toistuvasta, päivittäisestä ruuhkasta, johon he ovat osanneet varautua etukäteen. Alankomaissa ollaan kehittämässä mittareita, joiden avulla voitaisiin tarkkailla liikenneverkon luotettavuutta (reliability) esimerkiksi matka-aikojen ennustettavuuden avulla. Tällä tarkoitetaan odotetun ja todellisen matka-ajan välistä eroa ja matka-ajan varianssia. Alankomaissa 25 % ruuhkista aiheutuu erilaisista ennustamattomista häiriöistä liikenteessä (Ministry of Transport, Public Works and Water Management 1994). Matka-aikoja arvioidaan automaattisen liikenteenmittausjärjestelmän avulla ja matka-aikoihin liittyvä tutkimustyö on parhaillaan käynnissä.

**Italiassa** Societa Autostrade SpA:n tullitieverkolla on käytössä järjestelmä, jossa tarkkaillaan muusta liikenteestä, onnettomuuksista ja tietöistä aiheutuvia viivytyksiä liikenteelle. Liikennettä tutkitaan tulliasemien yhteydessä ja päätieverkko on jaettu liikenteen mukaan kolmeen eri luokkaan (vilkas, keskimääräinen ja vähäinen liikenne). Yhtiön tarjoaman palvelun laatua tarkkaillaan "aikahukka" -mittarien avulla, joita ovat :

- niiden ajoneuvojen määrä (%), joille aiheutuu aikahukkaa koko tulli-yhtiön tieverkon liikennemäärään verrattuna
- niiden ajokilometriä osuus (%), jotka ajetaan hidastuneessa tai jonoutuneessa liikenteessä kokonaisajokilometreihin verrattuna
- se osuus ajasta (%), joka ajetaan hidastetussa tai jonoutuneessa liikenteessä ajamisesta kokonaismatka-aikaan verrattuna

Tarkempaa tietoa siitä, miten "aikahukka" -indikaattorit käytännössä mitataan ei ole tietoa. (Schintu 1997.)



OECD:n raportissa "Performance indicators for the road sector" (OECD 1997) on käsitelty mittareita, joilla voidaan verrata tiesektorin viranomaisten toiminnan tuloksellisuutta eri jäsenmaissa. Mittarit on luokiteltu kahdeksaan eri luokkaan, joista tavoitettavuusmittari (accessibility indicator) liittyy sujuvuusasiaan. Eri luokkia on tarkasteltu hallituksen, tien ylläpitäjän ja tien käyttäjän kannalta. Yleisesti tavoitettavuuteen liittyviä mittareita tiehallinnon (road administration) kannalta ovat tienpitomenot suhteutettuna suoritteeseen, kuormituskertaluku, matka-aika ja sen vaihtelut sekä tienkäyttäjille suunnatun informaation laatu. Tienkäyttäjien näkökulmaa tavoittelevia mittareita ovat käyttäjien tyytyväisyys matka-aikaan ja sen ennustettavuuteen (mielipidetutkimukset), tienkäyttäjille suunnatun informaation laatu sekä liikeneruuhkissa kulutettu aika. (OECD 1997.)

Tiehallinnon näkökulmasta katsottuna matka-aikaa ja sen vaihtelua avainkeskusten välillä voidaan pitää erinomaisena mittarina, joka liittyy oleellisesti ruuhkamittariin ja matka-aikojen luotettavuuteen. Matka-aikamittarin avulla voidaan verrata matka-aikojen keskiarvoja ja -hajontaa strategisesti tärkeillä avainyhdysväleillä tai tarkkailla, että tietty prosenttiosuus matkoista voidaan suorittaa tavoitteellisen aikarajan sisällä. Liitteessä 7 ja 8 on vertailtu tiehallinnon ja tienkäyttäjien näkökulmien tarkastelua eri jäsenmaissa. (OECD 1997.)

## 6 MATKA-AIKAAN PERUSTUVAT SUJUVUUDEN MITTAAMISMENETELMÄT

### 6.1 Taustaa

Liikenteen sujuvuuteen vaikuttavat monet erilaiset staattiset ja dynaamiset tekijät, kuten aiemmissa kappaleissa on todettu. Nämä kaikki tekijät vaikuttavat kuljettajien ajonopeuteen ja tämän kautta matka-aikoihin. Liikenteen sujumattomuus ilmenee mm. ajonopeuden alenemisena, joka vaikuttaa matkaan kuluvaan kokonaisaikaan. Erilaiset matka-ajan mittaamismenetelmät tarjoavat hyvän mahdollisuuden liikenteen sujuvuuden mittaamiseksi. Tässä luvussa tarkastellaan erilaisia matka-ajan mittaamismenetelmiä. Käsiteltävät menetelmät antavat yleensä mahdollisuuden tutkia dynaamisia tekijöitä sekä niiden vaikutuksia matka-aikaan ja ne soveltuvat parhaiten henkilöautoliikenteen ja raskaan liikenteen sujuvuuden mittaamiseen taajamien ulkopuolella. Taajamaliikenteen sujuvuuden mittaaminen on huomattavasti hankalampaa, sillä häiritseviä tekijöitä (liittymät, liikennevalot, kaislarjestelyt, ajorajoitukset jne.) on huomattavasti enemmän.

Tosiaikaisen matka-ajan mittaamisen tarve muodostuu tärkeäksi, kun halutaan antaa ajoneuvojen kuljettajille tietoa vallitsevasta liikennetilanteesta. Kuljettajia kiinnostaa saada etukäteen tietoa myös vaihtoehtoisten reittien matka-ajoista. Nykyään kerätään paljon pistekohtaista liikennetietoa tieverkon eri kohdissa. Induktiosilmukoiden avulla kerätään tietoa liikennemäärästä, nopeuksista, aikaväleistä ja varausasteesta. Liikennemäärän kasvessa ja liikennevirran muuttuessa epävakaa pistekohtaisen tiedon luotettavuus heikkenee. Pistekohtainen tieto pitäisi muuttaa tiedoksi, joka kuvaa pidemmän, esimerkiksi kahden mittauspisteen välisen, jakson liikennetilannetta. Sopiva liikenneparametri sekä suunnittelijoiden että kuljettajien kannalta tähän on keskimääräinen matka-aika sekä ruuhkista johtuva viivytys pisteiden välillä. Tämä kävi ilmi mm. Ranskassa, Pariisin sisemmällä kehätiellä vuonna 1994 tehdyssä tutkimuksessa. Tutkimuksessa vertailtiin tiedottamista matka-ajoista ja vallitsevasta liikennetilanteesta mm. jonopituuksien muodossa. Kuljettajat olivat yllättävän yksimielisiä siitä, että he halusivat tiedottamista matka-ajoista (Orselli & Durand-Raucher 1995).

Matka-ajan mittaamismenetelmät voidaan luokitella erilaisin perustein. Kuljettajia kiinnostanee mahdollisimman tosiaikainen ja luotettava tieto liikenteen sujumisesta. Tosiaikaisuudella tarkoitetaan sitä, että kuljettajat saavat tietoa liikennetapahtumista ilman aikaviivettä. Täysin tosiaikainen matka-ajan mittaaminen on käytännössä mahdotonta, sillä "tosiaikainenkin" tieto on aina mittausjakson pituuden verran myöhässä ja toisaalta tämän tiedon käyttäminen tosiaikaisena on jo ennustamista. "Lyhyen aikajakson ennustetuilla matka-ajoilla" tarkoitetaan usein "tosiaikaista matka-aikatietoa". Tältä pohjalta menetelmät voidaan jakaa ei-tosiaikaisiin, tosiaikaisiin ja ennus-



tusmenetelmiin. Menetelmät voidaan jakaa myös käytettävän tekniikan mukaisesti - liikennevirran mukana kulkevat anturiajoneuvot (probe vehicles), jotka mittaavat liikenteen ajoaikoja suoraan käyttämällä erilaisia automaattisia menetelmiä, automaattinen ajoneuvon tunnistus (AVI, Automatic Vehicle Identification) tai automaattinen ajoneuvon paikannus (AVL, Automatic Vehicle Location).

Seuraavassa luvussa tarkastellaan nopeuskäsitteeseen ja matka-aikaan liittyvää teoriaa sekä käsitteistöä. Tämän jälkeen käsitellään erilaisia teoreettisia ja käytännön mittausmenetelmiä sekä niistä saatuja kokemuksia.

## 6.2 Ajoneuvonopeuksiin ja matka-aikaan liittyvää teoriaa

**Nopeuksien matkajakauman keskiarvo (space mean speed,  $v_s$ ) ja aikajakauman keskiarvo eli keskimääräinen pistenopeus (time mean speed,  $v_t$ )**

Vaikka yksittäisiä ajoneuvonopeuksia mitataan, järjestelmien tarjoama tieto on yleensä määrätyn aikajakson ajoneuvojen nopeuksien keskiarvo. Puhutaan *keskimääräisestä pistenopeudesta (ajoneuvojen pistenopeuksien keskiarvo niiden ohittaessa tien tietyn poikkileikkauksen määrättynä ajanjaksona)* ja *nopeuksien matkajakauman keskiarvosta (tieosalla tietyllä hetkellä olevien ajoneuvojen nopeuksien keskiarvo)*. Keskimääräinen pistenopeus ( $v_t$ ) on yksittäisten ajoneuvojen nopeuksien aritmeettinen keskiarvo kiinteässä paikassa ja *nopeuksien matkajakauman keskiarvoa* ( $v_s$ ) voidaan approksimoida nopeuksien harmonisena keskiarvona eli ajoaikojen keskiarvon käänteisarvona.  $v_t$  on aina suurempi kuin  $v_s$ , ja jos nopeuksissa ei ole lainkaan hajontaa, ne ovat yhtäsuuria (Van Grol 1997.)

Pistenopeusmittauksista  $v_t$  ja  $v_s$  lasketaan kaavojen 3 ja 4 mukaisesti (Suhonen 1971):

$$v_t = \left( \sum_{i=1}^n v_i \right) / n \quad (3)$$

$$v_s = n / \left( \sum_{i=1}^n \frac{1}{v_i} \right) \quad (4)$$

jossa  $n$  on havaintojen lukumäärä ja  $v_i$  ajoneuvon  $i$  nopeus.

Näiden kahden nopeuskäsitteen välinen yhteys on kaavan 5 mukainen (Van Grol 1997):



$$v_t = v_s + \frac{\delta_s^2}{v_s}, \quad (5)$$

jossa  $\delta$  on nopeuksien matkajakauman keskihajonta. Induktiosilmukoista saadaan tietyn pisteen keskimääräiset pistenopeudet, jotka voidaan muuntaa reittikohtaiseen matkanopeuden keskiarvoon, jos nopeus on tasainen.

### Matka-ajan määritelmiä

Matkan voidaan ajatella koostuvan peräkkäisistä tieosuuksista, jolloin sen kokonaismatka-aika on tieosuuksien matka-aikojen summa. Ongelma on siten tieosuuksien matka-aikojen määrittäminen. Tieosuus on kahden pisteen, esimerkiksi kahden induktiosilmukan, väli tietä pitkin. Induktiosilmukkamittauksissa oletetaan yleensä, että liikennevirta on homogeenista, jolloin tieolosuhteet pysyvät mittausaikana vakiona tieosuudella. Jos tätä oletusta pidetään hyväksyttävänä, voidaan matka-ajan likiarvo  $\tau_{AB}$  laskea kaavan (6) avulla :

$$\tau_{AB} = \frac{L_{AB}/2}{V_A} + \frac{L_{AB}/2}{V_B}, \quad \text{missä} \quad (6)$$

$L_{AB}$  on osuuden pituus ja  $V_A$  ja  $V_B$  nopeudet osuuksien päissä.

Kaavassa oletetaan, että nopeudet osuuksien päissä kuvaavat hyvin osuuden ensimmäisen ja toisen puoliskon nopeuksia. Menetelmä toimii hyvin, jos induktiosilmukoiden etäisyydet ovat 500 metrin luokkaa ja voi joskus toimia hyvin myös pidemmillä etäisyyksillä. Arviot ovat kuitenkin epäluotettavia, kun liikennevirta ei ole homogeeninen. Tarkemmissa, pidempien välien matka-aikamittauksissa joudutaan käyttämään hyväksi *yksittäisten ajoneuvojen tai ajoneuvoryhmien tunnistamistekniikoita*. Todellisuudessa liikenneolot muuttuvat useasti matkan aikana. Todellisia matka-aikoja ei voida mitata tosiaikaisesti, sillä viivytys on aina vähintään matkaan kuluneen ajan suuruinen ellei tieosuuksittaisia ennusteita ole käytettävissä. (Van Grol 1997.)

### Hetkellinen matka-aika (instantaneous travel time, TPI) (Morin & Fevre 1997)

Hetkellisellä matka-ajalla tarkoitetaan matka-aikaa, jonka ajoneuvo kokee saapuessaan reitille ajan hetkellä  $t$ , jos liikennetilanne säilyy vakiona koko matkan ajan (kellonajasta riippumattomat olosuhteet).  $V_i(t)$  on liikenteen harmoninen keskinopeus, joka on mitattu kiinteän anturiaseman avulla ja

edustaa linkkiä  $i$ , jonka pituus on  $l_i$ . Tällöin reitin, joka koostuu linkeistä 1 -  $n$ , hetkellinen matka-aika voidaan määrittää seuraavasti :

$$TPI(t) = \sum_{i=1}^n \frac{l_i}{v_i(t)} \quad (7)$$

Liikennemäärän avulla painotettuna sama kaava voidaan merkitä seuraavasti :

$$TPI(t) = \frac{1}{\sum_{i=1}^n q_i(t)} \sum_{i=1}^n \frac{l_i q_i(t)}{v_i(t)} \quad (8)$$

$TPI(t)$  on ainoastaan "valokuva" liikenteen tiheydestä tai keskimääräisestä palvelutasosta reitin varrella ajan hetkellä  $t$ .  $TPI(t)$  yleisesti aliarvioi todellista matka-aikaa ruuhkan kasvuvaiheessa ja yliarvioi sitä ruuhkan vähenemisvaiheessa.

#### **Rekonstruoitu matka-aika (reconstructed travel time, TPR) (Morin & Fevre 1997)**

Ajan hetkellä  $t$  tiejaksolta poistuvan ajoneuvon matka-aika,  $TPR(t)$ , on riippuvainen ainoastaan tiejakson aikaisista, menneistä tapahtumista ja on arvioitavissa reaaliajassa. Kun tiedetään linkin tietyn kohdan keskinopeus menneisytydessä on helppo laskea kuvitteellisen ajoneuvon linkille saapumisajankohta, kun ajoneuvo poistuu linkiltä ajanhetkellä  $t$  (takaisinketjutusmenetelmä). Tämä rekonstruoitu matka-aika ( $TPR$ ), reaaliajassa laskettuna, antaa hyvän indikaation todellisesta matka-ajasta ( $TPV$ ), jonka ajoneuvot todellisuudessa kokivat saapuessaan linkille ajan hetkellä ( $t-TPR$ ). :

$$TPR(t) = TPV[t-TPR(t)] \quad (9)$$

Luonnollisesti matka-aika saadaan hieman "myöhässä" todelliseen matka-aikaan verrattuna, mutta se tarjoaa hyvän kuvan tienkäyttäjille tarjotusta palvelutasosta.

#### **Ennustettu matka-aika (forecasted travel time, TPP) (Morin & Fevre 1997)**

Tällä tarkoitetaan matka-aikaa, jonka kuljettajat kokevat reitillä saapuessaan linkille ajan hetkellä  $t$ .  $TPP$ :n merkitys liikenneoperaattorien näkökulmasta katsottuna on erittäin merkittävä, sillä juuri se vaikuttaa päätöksentekoon



tienkäyttäjille tarjottavasta informaatiosta vaihtoehtoisista, paremmista ajo-riteistä. Lisäksi pitkien tieosuuksien matka-ajat saattavat vaihdella melkoisesti eri ajoneuvojen välillä. Täten matka-ajan ennustaminen on keskeinen tekijä. TPP:n arvioiminen on melko hankalaa ja siihen on olemassa kaksi eri keinoa :

- suora, tilastollinen lähestymistapa käyttämällä historiallisia lukuarvoja kuten esimerkiksi :

$$TPP(t) = f[TPI(t), TPR(t), \text{menneen ja nykyisen hetken liikennedata}]$$

- TPR(t):n laskemiseen käytettävien parametrien ennustaminen, jossa ennustusajanjakso on ainakin TPP(t):n pituinen :

$$TPP(t) = TPR [t+TPP(t)].$$

### 6.3 Induktiosilmukoihin perustuvat menetelmät

Induktiosilmukoita voidaan käyttää suoraan matka-aikojen mittaamiseen kahden mittauspisteen välillä tai niiden avulla voidaan päätellä matka-aikoja, kun mitataan perinteisiä liikenneparametrejä kuten liikennemäärää ja varausastetta. Induktiosilmukoilla tarkoitetaan tien pinnan alle upotettuja metallisia silmukoita, jotka havainnoivat ajoneuvon ohituksen silmukan magneettikentän muutoksen avulla. Mittauksissa voidaan käyttää myös muita ilmaisimia (paineletkut, koaksaalikaapelit, infrapunailmaisimet, tutkailmaisimet, ultraääni-ilmaisimet ja videokamerailmaisimet), mutta useissa maissa induktiosilmukat tarjoavat tällä hetkellä laajamittaisimman järjestelmän liikenteen havainnointia varten. (Van Grol 1997.)

Matka-ajan suora mittaaminen edellyttää ajoneuvojen yhdenmukaista tunnistamista mittauspisteissä. Lyhyillä etäisyyksillä ajoneuvoryhmät pysyvät suhteellisen muuttumattomina, mutta etäisyyden kasvaessa tilanne muuttuu. Tämän vuoksi riittävä määrä ajoneuvokohtaisia erityispiirteitä on pystyttävä tunnistamaan. (Dunstan 1997.)

Laajalla tieverkolla, jossa on useita reittivaihtoehtoja, mittauspisteitä tarvitaan useissa teiden solmukohtissa. Kustannustehokkuus vaatii yhä tehokkaampaa infrastruktuurin hyväksikäyttöä ja kustannuksiltaan pienten ja monikäyttöisten liikenteen mittausvälineiden käyttämistä. WS Atkins & Diamonds konsulttitoimisto on kehittänyt häiriöiden havaitsemistutkimusohjelman (Idris) osana mittausmenetelmän, jonka avulla voidaan mitata matka-aikoja tunnistamalla yksittäisiä ajoneuvoja. Järjestelmä perustuu yksinkertaiseen ilmaisintekniikkaan eli yleisesti käytössä olevat induktioilmaisimet soveltuvat erinomaisesti. Induktiosilmukoista saatavan tiedon laatua on parannettu siten, että yksittäiset ajoneuvot pystytään tunnistamaan luotettavasti käyttämällä erilaisia algoritmeja. Vapaassa liikennevirrassa tunnistusvirheiden määrä on luokkaa 1/20 000 ja ruuhkaisissa olosuhteissa 1/5 000.



Järjestelmä pystyy mittaamaan matka-aikoja luotettavasti, vaikka liikenne olisi hidasta, pysähtelevää tai täysin seisahtanutta. Ajoneuvon sijainti tien poikkileikkauksessa, kaistan vaihdot, kahdella kaistalla ajaminen, jne. eivät vaikeuta olennaisesti ajoneuvon tunnistamista. (Dunstan 1997.)

Usean tieosuuden pituisen jakson matka-aikojen määrittäminen suoraan induktiosilmukoiden avulla ei kuitenkaan ole aivan yksinkertaista, jos käytetään keskimääräisiä pistenopeuksia nopeuksien matkajakauman arvioimiseksi, mikä johtaa mahdolliseen nopeuden yliarvioimiseen. Lisäksi pistekohtaiset mittaukset tarjoavat vain karkean arvion liikennetilanteesta, varsinkin liikennevirran ollessa häiriintynyt.

Mittausasemien välisten etäisyyksien mukaan voidaan määrittää seuraavat vaatimukset silmukoiden käyttämiseen ajoneuvojen tunnistamisessa (Dunstan 1997) :

- Lyhyet etäisyydet (200-500 m) : tiedon päivitys minuutin välein, paikallisen ruuhkan, liikenteen sujuvuuden ja häiriöiden nopea havainnointi
- Keskipitkät etäisyydet (1,6-8 km) : ruuhkaseuranta, häiriöt havaitaan muutamien minuuttien kuluessa, liikennetiedon keräys ja seuranta
- Pitkät etäisyydet (16-160 km) : liikennetiedon keräys ja seuranta, tarkat määräraippakatkimukset, liikenteen suunnittelu

Matka-aika on harvoin vakio ja siinä esiintyy usein paljonkin vaihtelua. Tällä on tärkeä merkitys dynaamiselle liikenteen hallinnalle. Olisi suositeltavaa, että *matka-ajan keskiarvon lisäksi tarkastellaan sen keskihajontaa.* (Van Grol 1997.)

## 6.4 Automaattinen ajoneuvon tunnistus (AVI) matka-ajan mittaamisessa

**AVI-tekniikalla** (Automatic Vehicle Identification) tarkoitetaan automaattista ajoneuvon tunnistamista siten, että yksittäiset ajoneuvot, jotka kulkevat liikennevirran mukana, tunnistetaan vastinpisteissä ja tämän perusteella ajoneuvon matka-aika pisteiden välillä saadaan lasketuksi. Periaatteessa aiemmin käsitellyt induktiosilmukkamenetelmätkin, jotka perustuvat ajoneuvojen tai ajoneuvoryhmien tunnistukseen kuuluvat tähän ryhmään. Järjestelmät koostuvat tunnistimista (tags), tunnistinilmaisimista (tag detector) ja tiedonsiirtoverkosta. Tunnistimet voivat olla optisia (viivakoodit) tai elektromagneettisia. Myös rekisteritunnuksiin perustuvan järjestelmän voidaan katsoa kuuluvan tähän luokkaan, jos kuva-analyysi ja ajoneuvojen tunnistaminen tapahtuvat automaattisesti kameroiden avulla. On tärkeätä, että

riittävän useita ajoneuvoja pystytään tunnistamaan joka pistevälillä. Esimerkiksi väylällä, jossa liikennemäärä huipputuntina on noin 1 000 ajoneuvoa ja jossa mittauksia suoritetaan noin kilometrin välein, tunnistin on oltava joka 25. ajoneuvossa (Orsell & Durand-Raucher 1995).

**Tanskassa** Helsingörin moottoritieverkolla on käytössä automaattiseen ajoneuvon tunnistukseen perustuva matka-ajan informaatiojärjestelmä. Menetelmä perustuu ajoneuvon tuulilasiin asennettavaan elektroniseen tunnistimeen (tag), jonka tiedot luetaan moottoritiejakson eri pisteisiin sijoitettujen lukijalaitteiden avulla. Tunnistimet toimivat 5,8 GHz:n taajuudella. Lukijalaitteiden välinen keskimääräinen etäisyys on noin 3,9 kilometriä (minimi 2 kilometriä ja maksimi 6,8 kilometriä). Ajoneuvon ohittaessa lukijalaitteen luetaan automaattisesti tunnistimesta edellisen lukijalaitteen numero ja ohitusaika, jotka taltioidaan tunnistimen muistiin. Keskustietokoneen tehtävänä on kerätä ja käsitellä lukijalaitteista saatava tieto, tallettaa ohitukset ohitustietokantaan ja synkronisoida lukijalaitteiden reaaliaikaisia kelloja. Moottoritiejaksolla säännöllisesti päivittäin kulkeviin noin 3 000 ajoneuvoon on asennettu elektroninen tunnistin. Järjestelmän tarkoituksena on laskea todellisia matka-aikoja, jotka muutetaan kuljettajille annettavaa tiedotusta varten viivytyksiksi, joista annetaan tietoa ennen matkaa sekä matkan aikana muuttuvien opasteiden, paikallisradion, teksti-tv:n ja Internetin välityksellä. (Holm & Lund-Sorensen 1997.)

Tällä hetkellä matka-ajat lasketaan seuraavasti :

- jos vähintään kaksi havaintoa (ohitusta) saadaan viimeisten viiden minuutin aikana käytetään näiden keskiarvoa matka-aikana, ja jos tämä ehto ei täyty aikaväli kasvatetaan 15 minuuttiin ja edelleen yhteen tuntiin.

Matka-ajan laskemisen jälkeen lasketaan tiejakson viivytys verrattuna ihanematka-aikaan, jolla tarkoitetaan nopeusrajoituksen mukaisella nopeudella laskettua matka-aikaa. Kuljettajille annetaan tietoa viivytyksistä, koska ne kuvastavat paremmin liikenneongelmien vakavuusastetta kuin pelkkä matka-aika.

Järjestelmän käyttöönotossa on esiintynyt joitakin ongelmia. Vaikka tunnistimet jaettiin vapaaehtoisperiaatteella sellaisille kuljettajille, jotka säännöllisesti kulkevat moottoritieosuudella, vain 14 % tunnistimien omistajista käytti ko. osuutta päivittäin. Tämä ongelma on ratkaistu tunnistimien uudelleen jakamisella sekä vaatimalla tunnistimien palatusta, jos moottoritieosuuden käyttö ei ole päivittäistä. Koska informaatio perustuu ajoneuvojen lukijalaitteiden ohitushetkeen, muodostuu ongelmia, kun liikenne tieosuudella pysähtyy kokonaan. Tällöin viivytystietoa ei voida välittää kuljettajille. Ongelma on ratkaistu informoimalla tällöin kuljettajia häiriöstä. Kuljettajat, jotka poistuvat tiejaksolta lyhyelle tauolle ja palaavat nopeasti takaisin tielle muodos-



tavat myös ongelman. Informaatio on virheellistä, jos viivytyksen laskemisessa käytetään näitä ajoneuvoja. Tämä ongelma saadaan poistettua käyttämällä erilaisia laskenta-algoritmeja, jotka hylkäävät haluttujen kriteerien mukaisesti virheelliset, liian suuret matka-ajat. Järjestelmän tarjoama tieto on aina hieman "vanhaa" kuljettajalle, joka saapuu tieosuudelle, koska mitaus tapahtuu tieosuuden lopussa. Liikennetilanne saattaa muuttua huomattavasti ajoneuvon kulkiessa tieosuuden alusta sen loppuun. Tämän ongelman ratkaisemiseksi tarvitaan ennustusmenetelmiä (Holm & Lund-Sorensen 1997.)

**Norjassa, Osloon** tullitieverkolla on myös käytössä automaattiseen ajoneuvon tunnistukseen perustuva kokeilujärjestelmä. Kokeilualue sijaitsee Oslosta hieman etelään Vestfoldin piirikunnassa E18 - moottoritillä, joka on yksi Norjan pahimmin ruuhkautuvista teistä. Yli 400 000 ajoneuvoa on varustettu elektronisilla tunnistimilla, joita on tarkastelujaksolla noin 30-35 %:ssa kaikista ajoneuvoista. Kullakin tunnistimella on oma ID-numeronsa. Osuudelle on sijoitettu kolme tiedonsiirtomajakkaa liikenteen seurantaan varten. Kun tunnistimella varustettu ajoneuvo ohittaa majakan, tallennetaan ID-numero ja ohitusajankohta. Tieto lähetetään 5 minuutin välein keskustietokoneelle, joka etsii havaintoja samasta ajoneuvosta muilta majakoilta. Näiden tietojen avulla lasketaan ajoneuvojen matka-ajat ja viivytykset. Järjestelmä ottaa huomioon sen, että osa ajoneuvoista saattaa pysähtyä matkan varrella, jolloin näitä ei käytetä matka-ajan laskemisessa. Koealueen maksimiliikennemäärä on noin 1 200-1 400 ajon/kaista/h eli täten viiden minuutin aikavälein kulkee noin 100-120 ajoneuvoa kaistalla. Koska noin joka kolmannessa ajoneuvossa on tunnistin saadaan ruuhka-aikaan noin 30-35 anturiajoneuvosta laskettua matka-ajat. Päiväaikana tiellä kulkee keskimäärin 20 anturiajoneuvoa viiden minuutin aikana. Aluksi järjestelmä vaatii jakson (5 min) sisällä vähintään viiden sellaisen ajoneuvon havaitsemista, joiden matka-ajat ovat tietyn vaihtelualueen sisällä. Seuraavan aikavälin matka-aika lasketaan ilman ajoneuvohavaintorajoituksia, mutta sitä verrataan edellisen aikavälin matka-aikaan sen järkevyyden varmistamiseksi. Järjestelmä on toiminut erittäin hyvin ja mitattuja matka-aikoja verrataan säännöllisin väliajoin perinteisen liikkuvan auton menetelmän tuloksiin. (Christiansen & Hauer 1996.)

**Norjassa** on kokeiltu myös WIM-tekniikkaan (Weigh-in-motion) perustuvaa menetelmää, jossa ajoneuvojen tunnistus tapahtuu kokonais- ja akselipainojen perusteella WIM -antureiden mittaamina. Kaikista ajoneuvoista mitataan akselikokoonpano, akselien väliset etäisyydet ja akselipainot. Järjestelmä ei kuitenkaan pysty tunnistamaan kaikkia ajoneuvoja eri mittauspisteissä, joten tähän kehitetty ohjelmisto pyrkii kiinnittämään päähuomion ajoneuvoihin, joiden akselijärjestelmät tai painot ovat poikkeavia. (Christiansen & Hauer 1996.)



**Japanin moottoritietullijärjestelmässä** (Japan Highway Public Corporation) on käytössä ns. suljettu tullijärjestelmä, jossa kuljettaja saapuessaan moottoritielle leimaa tullikortin (magneetikortti), jolloin ajoneuvon tyyppi, kellonaika ja päivä sekä liityntäaseman nimi rekisteröidään. Tullimaksu peritään magneetikortin tietojen perusteella moottoritietä poistuttaessa. Japanissa käytetään magneetikorttien tietoja matka-aikojen laskemisessa. Ajoneuvon poistuessa moottoritietä saadaan magneetikorttien leimauksen aikaeron avulla laskettua kyseisen ajoneuvon käyttämä matka-aika. On huomattu, että yli 120 kilometrin matkoilla matka-aika kasvaa usein merkittävästi, koska useat kuljettajat pitävät taukoja matkan varrella. Tämän takia on kehitetty virheen korjausalgoritmi vääristyneen datan poistamiseksi. Koska järjestelmä laskee matka-ajan ajoneuvon poistuessa linkiltä, muodostuu tästä aina jonkin verran "vaihe-eroa", joka kasvaa moottoritien ruuhkautuessa. (Furukawa ym. 1996.)

## 6.5 Automaattinen ajoneuvon paikannus (AVL) matka-ajan mittaamisessa

**AVL-tekniikalla** (Automatic Vehicle Location) tarkoitetaan automaattista ajoneuvon paikantamista. Ajoneuvoihin sijoitettujen lähetinten avulla niiden sijainti saadaan määritettyä tarvittavin väliajoin. AVL -menetelmä määrittää ajoneuvon sijainnin vertaamalla sitä kiintopisteisiin, joita voivat olla tienvarsimajakat (signpost), radiotornit tai satelliitit. Peräkkäisten sijaintimääritysten perusteella saadaan laskettua ajoneuvojen nopeudet ja matka-ajat. AVL:n sovelluksena ajoneuvot voivat toimia myös anturiajoneuvoina (probe vehicles). (Turner 1996.)

Anturiajoneuvot voivat tarjota tosiaikaista tietoa pysähdyksistä, keskinopeuksista ja matka-ajoista. Esimerkiksi joukkoliikenteen ajoneuvot ja taksit voisivat toimia ympärivuorokautisina anturiajoneuvoina.

**Vektoripaikannuksessa** ajoneuvolaitteistolle annetaan lähtötietoina lähtöpaikan koordinaatit. Tämän jälkeen laite mittaa kuljetun matkan ja suunnan suhteessa lähtöpaikkaan. Uusi sijainti on aikaisempien matkojen ja suuntien summa. Vektoripaikannuksen virhe on kumulatiivinen, koska sijaintikoordinaatit perustuvat aina edellisiin arvoihin. Vektoripaikannusta voidaan tarkentaa hyödyntämällä karttasovitusta. Menetelmässä laitteiston tietokone vertaa jatkuvasti antureiden perusteella laskettua sijaintia ajoneuvolaitteistossa olevaan digitaaliseen karttaan. Vektoripaikannuksen tarkkuutta voidaan parantaa myös korjaamalla sijaintitiedot lähietäisyydellä toimivien tiedonsiirtomajakoiden kohdalla, jolloin päästään noin 10 metrin paikannustarkkuuteen. (Johansson 1996.)

**Radiotekninen paikannus** perustuu tukiasemaverkostoon ja ajoneuvolaitteistoon. Tukiasemien lähettämien radiosignaalien avulla ajoneuvolaitteisto

laskee etäisyyden tukiasemiin ja määrittää ajoneuvon sijainnin. Sijaintitieto lähetään ohjauskeskukseen radioteitse. Paikannus voi tapahtua myös niin, että ajoneuvo lähettää radiosignaaleja tukiasemille ja keskuslaitteisto laskee ajoneuvon sijainnin. Paikannustarkkuus on 5-20 metriä. Radioteknisen paikannusjärjestelmän perustaminen on kallista vaadittavan tukiasemaverkoston vuoksi. (Johansson 1996.)

### **Satelliittipaikannus**

GPS (Global Positioning System) -paikannuksessa eli satelliittipaikannuksessa ajoneuvojen sijainti ja nopeus lasketaan satelliittien lähettämien signaalien avulla. Tässä menetelmässä anturiajoneuvo (probe vehicle) varustetaan GPS-vastaanottimella, kannettavalla tietokoneella (tai tarkoitukseen rakennetulla teollisuus-PC:llä) ja ohjelmistolla sekä tarvittavilla lisäkomponenteilla. Tosiaikaisen tiedon lähettämistä varten tarvitaan matkapuhelin (GSM) sekä anturiajoneuvossa että vastaanottopäässä. Matka-aikatiedot voidaan lähettää sopivin väliajoin anturiajoneuvosta GSM- lyhytsanomaviestien välityksellä. Myös muut tiedonsiirtotekniikat ovat mahdollisia. Liitteessä 9 on tarkempi kuvaus GPS - järjestelmän toiminnasta ja periaatteista.

Australian Melbournessa käytössä oleva GPS- järjestelmä on liitetty MapInfo - paikkatietojärjestelmään, joka tarjoaa tietoa pituus- ja leveyskoordinaateista, havainnointiajasta, kuluneesta ajasta matkan alusta lähtien, kuljetusta matkasta, ajoneuvon nopeudesta ja kuljettavasta suunnasta. Näyttöpäätteeltä voidaan suoraan tarkastella kuljettua ajoreittiä ja siihen liittyviä ominaisuuksia, esimerkiksi tien kohtia, joilla nopeus putoaa alle tietyn nopeustason. (Zito ym. 1995.)

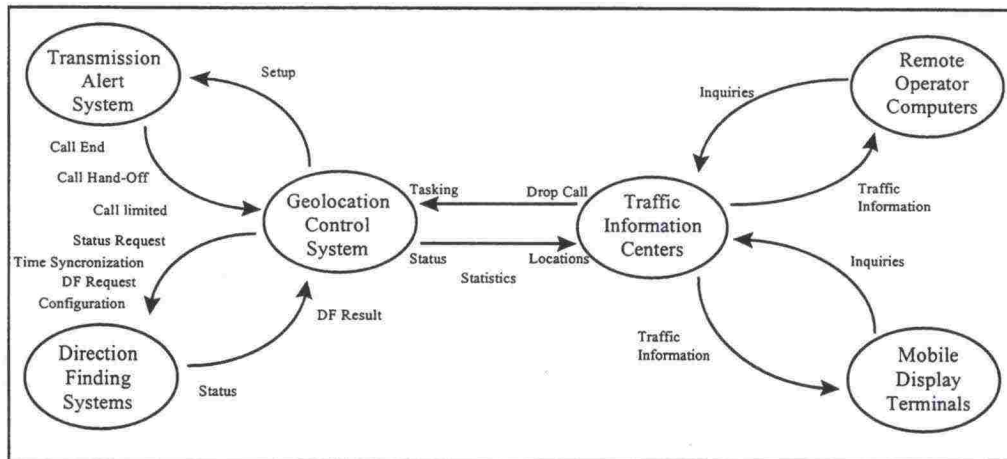
### **Matkapuhelimen paikannus**

Yhdysvalloissa, Washington DC:n alueella on kahden vuoden aikana kerätty kokemuksia matkapuhelimen paikannukseen perustuvasta liikenteen seurantamenetelmästä, jossa käytetään hyväksi olemassa olevaa matkapuhelinverkkoa. Menetelmässä ajoneuvot toimivat passiivisina liikkuvina antureina (probe vehicles), joihin ei tarvitse tehdä lisäasennuksia, koska ajoneuvojen tunnistimina käytetään autoissa olevia tavallisia matkapuhelimia. Ainoastaan matkapuhelinverkon tukiasemien linkkitorneihin joudutaan tekemään muutoksia. (Larsen 1996.)

Menetelmä perustuu radiogeopaikannukseen (radio geolocation), joka koostuu kolmesta eri osakomponentista - lähetyksen hälytysjärjestelmästä (TAS, Transmission Alert System), suunnanmäärittämisjärjestelmästä (DFS, Direction Finding System) ja geopaikannuksen ohjausjärjestelmästä (GCS, Geolocation Control System). Järjestelmän toiminta on esitetty kuvassa 60. TAS:n tehtävänä on etsiä ajoneuvoja, joissa matkapuhelinsoitto aloitetaan käsittelemällä puhelimesta linkkitorniin suuntautuvia signaaleja. Samanai-



kaisesti tutkitaan tukiasemasta puhelimeen suuntautuvia signaaleja. Geo-paikannuskomponentti käyttää suunnanmäärittämijärjestelmää, joka on sijoitettu maantieteellisen peittoalueen eri pisteisiin. Järjestelmä määrittää ajoneuvon sijainnin kolmiomittauksen ja signaalien aikaeron avulla. Kolmiomittaus käyttää ajoneuvon paikantamisessa risteäviä suuntaviivoja, jotka lasketaan puhelimesta lähtevän säteilyn suunnan avulla. (Larsen 1996.)



Kuva 60. Matkapuhelimen paikannusmenetelmän toiminnallinen kulku (Larsen 1996).

Menetelmän etuna on, että matkapuhelinten käyttö tieosuudella lisääntyneen liikennemäärän kasvaessa ja sujuvuuden heikentyessä eli juuri silloin, kun anturitietoa eniten tarvitaan. Menetelmän avulla on päästy nopeuden suhteen noin 8 km/h:n tarkkuuteen ja sijainnin osalta noin 100 metrin tarkkuuteen. Matkapuhelinten käyttäjien yksityisyys on varmistettu anturijoneuvoille osoitettavan satunnaisen tunnistusnumeron avulla. Menetelmän avulla voidaan laskea ajoneuvojen nopeuksia ja matka-aikoja tieverkolla ja tunnistaa ruuhkat. (Larsen 1996.)

Järjestelmällä on seuraavia etuja esimerkiksi perinteiseen induktiosilmukamenetelmään verrattuna :

- kattavuus perustuu pinta-alaan eikä tiejakson pituuteen
- tienpintaa ei tarvitse repiä auki asennuksen tai huollon yhteydessä
- pienemmät kustannukset
- korkea luotettavuus ja pienet ylläpitokustannukset
- voidaan käyttää hyväksi myös kuljetuskaluston hallinnassa ja hätätilanteissa avustamisessa.

Eräänä tulevaisuuden mahdollisuutena olisi syytä tutkia matkapuhelimen sijainnin paikannusta ilman, että soittoyhteyttä tukiasemaan muodostetaan. Matkapuhelimen sijainti voitaisiin tällöin laskea kolmiomittauksen avulla tukiasemien perusteella edellyttäen, että päivitysyhteysväli puhelimen ja tornin



välillä on tarpeeksi tiheä. Tällä hetkellä sijaintina saatavan solualueen suuri koko aiheuttanee taajamien ulkopuolella liian suuren epätarkkuuden.

## 6.6 Muut menetelmät

### Rekisteritunnusmenetelmä

Eräs perinteinen keino ajoneuvojen matka-aikojen ja matkanopeuksien laskemiseksi on rekisteritunnusmenetelmä. Tutkittavan tiejakson molempiin päihin asetetaan videokamerat kuvaamaan tutkittavan poikkileikkauksen ylittävien ajoneuvojen rekisteritunnuksia. Matka-ajat saadaan selville havaintopisteiden välisen etäisyyden ja ajoneuvojen eri pisteiden havaintoajkojen avulla. Videonauhojen purkaminen voidaan tehdä joko automaattisen rekisteri-tunnistustekniikan avulla tai purkamalla nauhat manuaalisesti. Automaattitekniikan käyttö on vielä noin 4-6 kertaa kalliimpaa, mutta toisaalta manuaalinen nauhojen purku on työlästä ja kestää 3-7 h yhtä videotuntia kohden. Tähän vaikuttaa myös liikennemäärä (maksimipurku noin 200 ajon/h ruuhkaliikenteessä). Automaattisen kuvankäsittelyn ja tietokonealgoritmien avulla menetelmän luotettavuutta voidaan parantaa huomattavasti. Rekisteritunnustutkimus ei sovellu reaaliaikaiseen liikenteen seurantaan vaan toimii parhaiten paikallisena liikenteen tilastointi- ja tutkimusmenetelmänä. (Turner 1996.)

Tokiossa on käytössä järjestelmä, joka ottaa kuvan liikkuvasta ajoneuvosta CCD-kameralla. Kuva-analyysin prosessointiaika on alle 0,3 sekuntia. Tämän jälkeen liikenneinformaatiokeskuksen keskusyksikkö laskee matka-ajat pisteestä toiseen numerontunnis-tamismenetelmän avulla. Kuljettajien yksityisyys turvataan helposti käsittelemällä esimerkiksi vain numeroyhdistelmän neljä ensimmäistä merkkiä. Pääongelmaksi muodostuu lisävalaistuksen tarve hämärällä, joka lisää myös kustannuksia. (Orselli & Durand-Raucher 1995.)

### Automaattinen videokuvatulkinta (video imaging)

Videokuvatulkintaa voidaan myös käyttää liikenteen hallinnan tarkoituksiin. Videojärjestelmän ideana on se, että videokameralla tallennetaan digitaalisia kuvia ajoneuvoista tieverkon eri kohdissa ja hahmontunnistusalgoritmien avulla ajoneuvot tunnistetaan eri pisteissä, jolloin matka-ajat saadaan laskeksi. Ajoneuvojen tunnistus tapahtuu eri ajoneuvokohtaisten erityispiirteiden avulla (katto, konepelti, renkaat, muoto, värit jne.). Menetelmän käytöstä ei vielä ole juurikaan kokemuksia, mutta sitä on testattu ainakin Yhdysvalloissa lupaavin tuloksin. Perinteistä videokuva-analyysiä voidaan käyttää sekä liikennelaskentoihin että liikennevirrassa tapahtuvien häiriöiden havainnointiin. Paikallisesti sillä voidaan tarkkailla myös liikenteen sujuvuutta liikennevirran nopeuksien, ajoneuvojen lukumäärän, matkanopeuksien, jonopituuksien jne. avulla. Kameran optimaalinen sijoituspaikka on ha-

vainnoitavan alueen keskellä mahdollisimman korkealla. Esimerkiksi kahdella 10 metrin korkeuteen asennetulla kameralla voidaan valvoa noin 300-500 metriä tietä. Järjestelmän etuna voidaan pitää sitä, että sen avulla saadaan havainnollinen kuva liikennetilanteesta, tosin suppeahkolta alueelta.

### **Etäisyydenmittauslaite (Distance-measuring instrument, DMI)**

Yhdistetty etäisyydenmittauslaitteen ja liikkuvan auton menetelmä tarjoaa helpomman ja turvallisemman keinon matka-ajan mittaamiseen perinteisiin liikkuvan auton menetelmiin verrattuna. Testiajoneuvon vaihteistoon asennettu etäisyydenmittausanturi vastaanottaa peräkkäisiä impulsseja ajoneuvon liikkumisesta. Impulssien taajuus on suoraan verrannollinen kuljetun matkan pituuteen ja etäisyydenmittauslaite laskee impulssien lukumäärän perusteella kuljetun etäisyyden. Etäisyydenmittauslaite toimii samalla periaatteella kuin perinteinen ajoneuvon matkamittari, mutta oikean kalibroinnin avulla etäisyydenmittauslaitteen mittaustarkkuus ( $\pm 0.1\%$ ) on huomattavasti parempi. Etäisyydenmittauslaite pystyy laskemaan hetkittäisiä nopeuksia puolen sekunnin välein ja matka-aikatieto tieto voidaan tallentaa kannettavaan tietokoneeseen helposti työstettävässä muodossa. Tämän menetelmän avulla saadaan tarkkaa tietoa matka-ajoista ja viivytyksistä, mikä on erityisen arvokasta pullonkaulakohtien tunnistamisessa. Menetelmän käytöstä on kokemuksia ainakin Yhdysvalloista, Houstonista. Aikapohjainen, graafinen nopeusprofiili kuvaa viipeiden esiintymistiheyttä ja etäisyyspohjainen nopeusprofiili ilmoittaa pullonkaulakohtien sijainnin. (Turner 1996.)

### **Ajopiirturikiekot**

Kuorma-autot ja linjaliikenteen linja-autot on varustettu ajopiirturikiekoilla, jotka mittaavat ajoneuvojen kulkemaa matkaa, aikaa ja nopeutta. Kiekoja voidaan käyttää hyväksi jälkikäteen ajoneuvojen nopeuksia ja ajoaikoja tutkittaessa. Esimerkiksi Tielaitoksen vuoden 1998 sujuvuustavoitteessa, joka perustuu raskaan liikenteen matka-aikojen ennustettavuuteen, todellisia matka-aikoja eri pääyhteysväleillä tutkitaan kuorma-autojen ajopiirturikiekoavaintojen avulla (Tielaitos 1997a).

## **6.7 Eri menetelmien vertailua**

Liikennetiedon keräämisessä huomattava osa kustannuksista muodostuu yleensä tiedonkeräysverkon kustannuksista. Siksi kannattaa mahdollisimman paljon hyödyntää jo olemassa olevia tietoverkkoja. Yleisesti matka-ajan mittaamenetelmät ovat melko monimutkaisia toteuttaa käytännössä. Täten matka-aikoja ei kannata mitata koko tieverkolla eri osilla, vaan keskittyä päätieverkkoon, jossa suurin osa liikennesuoritteesta ajetaan. Päätieverkon ulkopuolella matkat ovat lyhyempiä ja riittää, että tieto suurista häiriöistä kuten tietyömaista ja onnettomuuksista on saatavilla. Myös suurien taajamien liikenteen monitorointi on tärkeää. (Orselli & Durand-Raucher 1995.)



Taulukossa 16 on käsitelty joidenkin järjestelmien karkeita kustannuksia ilman asennus- ja käyttökustannuksia. Kustannukset on laskettu 2 500 ilmaispisteelle ja 200 000 tunnistimelle.

Taulukko 16. Eri menetelmien karkea kustannusvertailu ilman asennus- ja käyttökustannuksia (Orselli & Durand-Raucher 1995).

| Lukumäärä                                       | Tunnistin   |           | Ilmainen     |          | Yhteensä  |
|---|-------------|-----------|--------------|----------|-----------|
|   | 200 000     |           | 2 500        |          |           |
|   | USD/kpl     | Milj USD  | USD/kpl      | Milj USD | Milj USD  |
| AVI, optinen                                    | 0,5         | 0,1       | 15 000       | 37,5     | 37,6      |
| AVI, rekisteritunnukset                         | 0           | 0         | 15 000       | 37,5     | 37,5      |
| AVI, elektroninen, suunnattu                    | 20          | 4         | 10 000       | 25       | 29        |
| AVI elektroninen, ei suunnattu                  | 20          | 4         | 5 000        | 12,5     | 16,5      |
| AVI (silmukka-anturit, hahmontunnistuslogiikka) | 0           | 0         | 1 000        | 2,5      | 2,5       |
| AVL   | 1 000       | 200       | 5 000-10 000 | 12,5-25  | 212,5-225 |
| GPS/GSM   | 4 000-8 000 | 800-1 600 | 0            | 0        | 800-1 600 |

Silmukka-antureiden asentaminen on melko kallista ja hankalaa puuhaa (n. 50 000 - 60 000 mk/mittaus-piste, LAM). Taulukossa 16 on oletettu, että silmukka-antureihin perustuvassa ajoneuvojoukon tunnistusmenetelmässä käytetään muihin liikenteen hallinnan tarkoituksiin asennettuja antureita, mutta jos näin ei ole, kustannukset nousevat oleellisesti. AVL-menetelmät ovat melko kalliita, ja suurimmat kustannukset muodostuvat anturiajoneuvoihin asennettavista laitteista, mutta myös erilaiset telekommunikaatiomajakat ovat kalliita. Yleensä näitä menetelmiä ei käytetä pelkästään matka-ajan mittaamiseen vaan yhdistettynä dynaamiseen reitinohjaus- tai tietullin keräysjärjestelmään. GPS/GSM -menetelmän kustannukset vaihtelevat paljon valittavien laitteiden ja haluttavan tarkkuuden suhteen. GPS/GSM on toistaiseksi erittäin kallis järjestelmä, mutta teknologian kehittyessä hintatasokin putoaa nopeasti. Tielaitos kokeilee kevään 1998 aikana tämän menetelmän käytännön toteutusta pilottiprojektina Helsingin ja Turun välillä, jossa anturiajoneuvoina toimivat linja-autot.

Taulukoissa 17 ja 18 verrataan uusimpia matka-ajan mittaamistekniikoita tarkkuuden, kustannuksien ja potentiaalisen käyttötarkoituksen mukaan.



*Taulukko 17. Eri matka-ajan mittaamismenetelmien vertailua (Turner 1996).*

| Mittaustekniikka         | Kenttäkokemus | Matka-ajan tarkkuus | Pääoma-kustannukset | Käyttökustannus/yksikkö |
|--------------------------|---------------|---------------------|---------------------|-------------------------|
| Elektroninen DMI         | Kyllä         | Hyvä                | Matala              | Korkea                  |
| Rekisteritunnusmenetelmä | Kyllä         | Erittäin hyvä       | Kohtalainen         | Matala/ Kohtalainen     |
| GSM-paikannus            | Kesken        | Ei tietoa           | Kohtalainen/ korkea | Matala/ Kohtalainen     |
| AVI                      | Kyllä         | Erittäin hyvä       | Kohtalainen/ korkea | Matala                  |
| AVL                      | Kyllä         | Hyvä/Erittäin hyvä  | Korkea              | Kohtalainen             |
| Videokuvatulkinta        | Kesken        | Ei tietoa           | Ei tietoa           | Ei tietoa               |

*Taulukko 18. Eri matka-ajan mittaamismenetelmien käyttösovelluksia (Turner 1996).*

| Mittaustekniikka         | Vuosittainen ruuhkanseuranta | Päivittäinen ruuhkanseuranta | Tosiaikainen matka-aikatieto | Häiriöiden havainnointi |
|--------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------|
| Elektroninen DMI         | Kyllä                        | Rajoitettu                   | Ei                           | Ei                      |
| Rekisteritunnusmenetelmä | Kyllä                        | Rajoitettu                   | Ei                           | Mahdollista             |
| GSM-paikannus            | Kyllä                        | Kyllä                        | Kyllä                        | Kyllä                   |
| AVI                      | Kyllä                        | Kyllä                        | Kyllä                        | Mahdollista             |
| AVL                      | Kyllä                        | Kyllä                        | Kyllä                        | Kyllä                   |
| Videokuvatulkinta        | Mahdollista                  | Mahdollista                  | Mahdollista                  | Mahdollista             |

Elektronisen DMI:n pääomakustannus on matala, mutta sen käyttötarkoitus on pääosin rajoittunut ruuhkanseurantasovelluksiin. Rekisteritunnusmenetelmät ovat kalliimpia, ja ovat parhaiten sovellettavissa myös paikallisessa ruuhkan mittaamisessa ja seurannassa. GSM-seuranta sekä AVI- ja AVL -menetelmät vaativat suuren panostuksen tiedonsiirtoon ja tietokoneisiin, mutta pystyvät välittämään tosiaikaista tietoa liikennetilanteesta. Videokuvatulkinnan mahdollisuuksista (kustannukset, tarkkuus) ei ole varmaa käytännön tietoa tarjolla.

Sujuvuuden mittaamisessa tiedon tosiaikainen saaminen on erittäin tärkeää ja tätä voidaan pitää eräänä järjestelmän valintakriteerinä, jolloin kilpailukyisiä mahdollisuuksia ovat GSM-paikannus sekä erilaiset AVI- ja AVL -menetelmät. Eri järjestelmien soveltumista Suomen oloihin ei ole luotetta-

vasti selvitetty. Harvaan asuttu maa ja kaupunkikeskusten väliset pitkät etäisyydet puhuvat langattomien ratkaisujen puolesta ja näiden hintataso tulee ilmeisesti putoamaan reilusti lähitulevaisuudessa. Toisaalta jo olemassaolevaa LAM-verkkoa kannattaa käyttää hyväksi, mutta nykyisellään mittauspisteitä (yhteensä Suomessa noin 250 kpl) on aivan liian harvassa. Mahdollisesti jokin kahdesta tai useammasta menetelmästä koostuva yhdistetty järjestelmä olisin toimivin Suomen olosuhteissa. Tärkeintä on tunnistaa tietoa hyväksikäyttävien tahojen tarpeet ja menetelmiltä vaadittava tarkkuus sekä tehdä menetelmien valinta näiden mukaisesti.

## 7 JOHTOPÄÄTÖKSET JA SUOSITUKSET

Sujuvuuskäsite on melko monitahoinen ja hankala määritellä siten, että kaikki intressiryhmät sen hyväksyvät. Tienpitäjän kannalta sujuvuuden voidaan katsoa merkitsevän palvelukykyä, joka jakaantuu toimivuuteen ja tekniseen standardiin. Tienkäyttäjän ja usein myös tienpitäjän kannalta sujuvuutena pidetään ainoastaan toimivuutta. Tässä tutkimuksessakin sujuvuutta on pidetty laajalti synonyymina toimivuudelle, mutta on tärkeää ymmärtää myös sen laajempi merkitys.

Sujuvuuden ja palvelutason välinen yhteys on tärkeä. Koettua sujuvuutta on kuitenkin hankala yhdistää HCM:n liikenteellisen palvelutason käsitteeseen. HCM:n mukainen tien liikenteellisen palvelutason luokitus kuvaa sujuvuutta teknisesti keskinopeuden, käyttösuhteen ja operointivapauden eli viivytettyinä ajavien osuuden avulla (moottoriteillä palvelutaso perustuu liikennetiheyteen, 2-kaistaisilla teillä viivytysprosenttiin sekä liittymissä viivytykseen). Palvelutasoluokkien A - F rajat taas perustuvat usein keskimääräiseen nopeustasoon ja sen poikkeamaan toisaalta vapaasta nopeustasosta ja toisaalta kyllästyspisteen nopeustasosta. Palvelutaso on tarkoitettu kuvaamaan tienkäyttäjän kokemusta liikennevirran laadusta, mutta silläkin on heikkoutensa. Esimerkiksi juhlapyhien liikenteessä sujuvuus saatetaan kokea parempana ja pimeällä taas heikompana kuin liikennemäärää vastaava palvelutaso antaisi olettaa (Kiljunen & Summala 1998).

Henkilöauton kuljettajien sujuvuutta kuvaa hyvin tavoitenopeuden ja ajonopeuden välinen ero. Tavoitenopeus on kuitenkin subjektiivinen käsite ja sen mittaaminen on erittäin hankalaa. Useilla kuljettajilla tavoitenopeus on tieosan nopeusrajoituksen suuruinen. Matkanopeuden ongelmana on, että tilanne mittausvälillä saattaa muuttua siten, että korkeillakin matkanopeuksilla saatetaan liikenne kokea sujumattomana, jos pieni osa mittausvälistä joudutaan ajamaan huomattavasti tavoitenopeutta hitaammin. Pistekohtaisesta nopeudesta on puolestaan vaikea tehdä laajempia yleistyksiä koko yhteysvälin liikennetilanteesta. Henkilöautoliikenteen sujuvuuden mittaamiseksi tulisi pilottiprojektien avulla kokeilla erilaisten tekniikoiden soveltumista Suomeen. Esimerkiksi GPS/GSM-perusteisessa menetelmässä mitataan anturiajoneuvojen avulla matka-aikoja ja niiden luotettavuutta eri yhteysväleillä. Myös henkilöauton kuljettajien matka-aika pääyhteysväleillä olisi oltava mahdollisimman hyvin arvioitavissa kulloinkin vallitsevissa olosuhteissa.

Pahimmat sujuvuuteen liittyvät ongelmat Suomen yleisillä teillä ilmenevät viikonloppujen meno- ja paluuliikenteessä. Suomen ongelmat ovat täysin erilaisia verrattaessa Keski-Euroopan liikenneongelmiin, joissa huomattava osa liikenteen aikakustannuksista muodostuu liikenneuhkien aiheuttamista viivytyksistä. Suomessa kaupunkikeskusten väliset pitkät etäisyydet ja pienet liikennemäärät johtavat siihen, että suuri osa aikakustannuksista

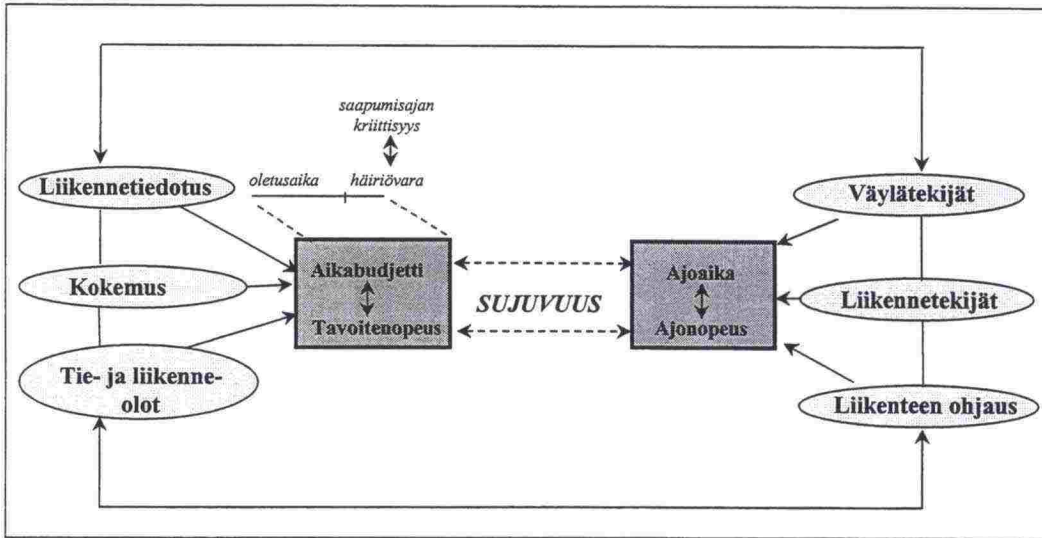


muodostuu itse ajoajasta ja viivytyksien osuus aikakustannuksista on vähäinen. Ongelmia liikennevirtaan, varsinkin kapeilla (kaksikaistaisilla) teillä, aiheuttaa lisäksi lyhytmatkainen liikenne, joka kääntyessään sivuteiltä/sivuteille aiheuttaa päätien liikennevirtaan häiriöitä.

Elinkeinoelämän kuljetuksissa ongelmat ovat enemmän staattisella kuin dynaamisella puolella. Paremman kunnossapidon avulla voidaan vaikuttaa parhaiten elinkeinoelämän tarpeisiin. Varsinkin alemmalla tieverkolla tärkeimpinä kehittämistarpeina nähdään erilaiset tien kunnan parantamiseen liittyvät seikat kuten liukkauden torjunta ja tien päällysteen parantaminen. Eniten päätieverkkoa käyttävät kuljetusyrietykset pitävät muita tärkeämpänä ohituskaistojen rakentamista, tiegeometrian parantamista ja moottoriteiden lisärakentamista. Puutteita on parannettava siten, että matka-aikojen luotettavuustaso paranee.

Kevyen liikenteen sujuvuus nähdään tärkeänä asiana, mutta pahoja ongelmia ei ole. Ongelmat ovat perinteisiä eli kevyen liikenteen verkon taso ei ole aina riittävä. Polkupyöräilijöistä vain 10 % ja jalankulkijoista 5 % ilmoitti kohtaavansa sujuvuuspuutteita usein. Lisäksi näistä aiheutuvat matka-aikapidennykset ovat melko pieniä kokonaismatka-aikaan verrattuna. Kevyt liikenne on saanut viime aikoina yhä enemmän huomiota liikennesuunnittelussa ja olisi hyvä, jos tämä suunta jatkuisi myös tulevaisuudessa.

Kuvasta 61 ilmenee sujuvuuden kokeminen kuljettajan näkökulmasta tarkasteltuna. Kuljettajilla on olemassa erilaisia tavoitenopeuksia, joita he pyrkivät ylläpitämään vallitsevissa tie- ja liikenneoloissa. Haluttu tavoitenopeus vaikuttaa matkaan varattavan ajan suuruuteen eli matkan aikabudjettiin. Aikabudjetin voidaan katsoa koostuvan matkaan varattavasta oletusajasta sekä häiriövarasta, joka varataan matkanaikaisia yllättäviä tapahtumia varten, jotka kasvattavat matka-aikaa. Häiriövaran suuruuteen vaikuttaa ensisijaisesti saapumisajankohdan täsmällisyyden tärkeys. Kuljettajalle erityisen tärkeitä tapahtumia varten (neuvottelu, lentokoneen lähtö jne.) varataan suurempi häiriövara kuin muilla matkoilla. Kuljetusyrietyksillä häiriövara riippuu toimialasta ja logistisen ketjun muiden osien toimintaperiaatteesta. Aikabudjettiin ja tavoitenopeuteen vaikuttavat erilaiset tekijät. Kuljettajan kokemus ja vallitsevat tie- ja liikenneolosuhteet vaikuttavat matkaan varattavaan ajan suuruuteen. Tämä tutkimus vahvistaa sitä käsitystä, että liikennetiedottamisen avulla voidaan vaikuttaa kuljettajien tavoitenopeuteen. Kuljettajat kokevat liikenteen sujuvampana ja hyväksyttävämpänä, jos he osaavat varautua ruuhkiin etukäteen eikä liikenteen alhainen nopeustaso tule yllätyksenä.



Kuva 61. Suvuuden kokeminen tienkäyttäjän näkökulmasta.

Erilaiset väylä- ja liikennetekijät (ks. luku 3) vaikuttavat kuljettajien ajonopeuteen ja tämän kautta matkaan kuluvaan ajoaikaan. Kuvan mukaisesti sujuvuus voidaan käsittää tavoitenopeuden ja ajonopeuden sekä/tai aikabudjetin ja kuluvan ajan välisenä erona. Mitä suurempia erot ovat, sitä huonommaksi liikenneverkon kyky kuljettajien palvelemiseen muodostuu ja sitä huonommaksi liikenteen sujuvuus koetaan. Liikennetiedottamista tulee edelleen kehittää, sillä tämän avulla voidaan melko helposti vaikuttaa kuljettajien sujuvuuden kokemiseen. Lisäksi tie- ja liikenneoloja sekä häiriötilanteiden hallintaa tulee parantaa siten, että pääyhteysvälien (suuret kaupunkikeskukset) väliset matka-ajat ovat mahdollisimman hyvin ennakoitavissa.

Tulevaisuuden kehityssuuntana sujuvuustarkasteluissa näyttää olevan se, että paikallisten pistenopeuksien mittaamisesta ollaan siirtymässä keskimääräisten matka-aikojen mittaamiseen. Matka-ajat kuvaavat huomattavasti pistenopeuksia paremmin yhteysvälikokonaisuutta. Lähitulevaisuudessa tullaan yhä suuremmissa määrin keskittymään myös matka-aikojen ennustamiseen. Mittauspuolella ollaan siirtymässä yhä laajemmassa määrin kiinteistä antureista liikkuviin antureihin, jotka voivat lähettää tosiaikaisesti tietoa liikennetilanteesta tieverkon eri kohteista. Tuskin on Suomessakaan kovin kaukana se päivä, jolloin yksityiset autot toimivat liikkuvina anturiajoneuvoina liikenneverkolla.



## 8 YHTEENVETO

Tienpitäjän kannalta sujuvuudella tarkoitetaan liikennejärjestelmän palvelukykyä. Siihen vaikuttavat sekä verkon tekninen taso että sen toimivuus eri liikennetilanteissa. Tekniseen tasoon kuuluvat mm. verkon kattavuus ja sen tekninen kunto suhteessa normeihin. Toimivuuteen eli liikenteelliseen tasoon puolestaan liittyvät esimerkiksi ajonopeus suhteessa tavoitenopeuteen ja matka-aikojen ennustettavuus. Liikenne voi olla siis väyläkohtaisesti toimivaa, mutta sujuvuus on huono, koska tekninen taso on alhainen. Sujuvuus voi olla myös huono, vaikka tieverkko olisi kunnossa, jos liikennettä on liian paljon.

Sujuvuutta voidaan tarkastella erikseen tienpitäjän ja tienkäyttäjän näkökulmista. Tienpitäjä tarkastelee liikennettä makroskooppisesti järjestelmätasolta ja tienkäyttäjä kokee sujuvuuden yksilöllisesti liikkuaan tieverkolla. Tienpitäjän mielessä sujuvuus vastaa siis lähinnä liikennejärjestelmän palvelukykyä, joka jakaantuu toimivuuteen ja tekniseen standardiin. Tienkäyttäjän kannalta sujuvuutena pidetään usein ainoastaan toimivuuden aspektia. Eri tienkäyttäjien välillä on eroja johtuen kuljettajien erilaisista mieltymyksistä ja tavoitteista (subjektiivisuus). Myös eri tienkäyttäjäryhmien välillä sujuvuus nähdään hieman erilaisena. Tässä tutkimuksessa sujuvuutta tutkittiin erikseen henkilöauton kuljettajien ja elinkeinoelämän kuljetusyritysten näkökulmasta. Lisäksi haastateltiin sekä pyöräilijöitä että jalankulkijoita pääkaupunkiseudulla.

Tieliikenteen sujuvuuteen vaikuttavat tekijät voidaan jakaa väylä- ja liikennetekijöihin sekä muihin tekijöihin. Väylätekijöillä tarkoitetaan esimerkiksi tiegeometriaa, tieverkon rakenteita (esim. liittymiä), kelirikkoa, tien pinnan kuntoa ja liikenteen ohjausta, jotka vaikuttavat tien välityskykyyn. Liikennetekijöihin kuuluvat liikennemäärä ja erilaiset liikenteen häiriöt. Muihin tekijöihin kuuluvat keli ja sää sekä liikennetiedottaminen, jonka avulla voidaan vaikuttaa liikenteen sujumiseen ohjaamalla kuljettajien ajokäyttäytymistä. Edellä luetellut tekijät jakautuvat staattisiin ja dynaamisiin. Staattiset tekijät ovat muuttumattomia tai hitaasti muuttuvia, dynaamisten tekijöiden muuttuessa ajan mukana.

Elinkeinoelämän kuljetuksissa on tärkeää matka-aikojen hyvä ennustettavuus ja samalla matka-aikojen mahdollisimman pieni vaihtelu tietyllä yhteysvälillä. Tämä on kuljetusyritysten kannalta tärkeämpää kuin matka-aikojen minimoiminen. Kuljetusyrityksille pahimpia sujuvuuteen liittyviä ongelmia ovat tien päällysteen huono kunto, liukkaus, tien kapeus, ahtaat liittymät, huono sää, kelirikko ja työmatkaliikenteen aiheuttama ruuhka. Yllättävät ruuhkat ovat pahimpia tiukasti aikataulusidonnaisten kuljetusten (esimerkiksi elintarvikkeet) kannalta. Kuljetusyrityksillä ajoajan osuus kokonais-



kuljetusajasta on keskimäärin noin 65 %. Noin 30 % kyselyyn vastanneista yrityksistä oli kohdannut myöhästymisiä kuljetuksissaan viime vuosina. Pahimpia myöhästymisien aiheuttajia ovat talviajan liukkaus ja lumi (40 %), työmatka- tai viikonloppuliikenteestä aiheutuva ruuhka (20 %), tietöistä aiheutuvat viivytykset (14 %) sekä liikenneonnettomuudesta aiheutuvat viivytykset (13 %).

Henkilöauton kuljettajien liikennetilanteen kokemista kuvannee parhaiten tavoitenopeuden ja ilmoitetun ajonopeuden välinen ero. Erotuksen ollessa yli 20 km/h (tavoitenopeus-ajonopeus) kaikilla teillä vähintään 90 % kuljettajista piti liikennetilannetta muuna kuin sujuvana. Yhdessä kysymyksessä tiedusteltiin henkilöauton kuljettajilta tärkeyttä (asteikko 1-5) tietää saapumisaika määränpähän 10 minuutin tarkkuudella. Mökkimatkojen osalta vajaalle 90 %:lle kuljettajista 10 minuutin tarkkuus ei ole lainkaan tärkeää. Suomen yleisillä teillä huomattava osa ruuhkista esiintyy pääasiassa kesäviikonloppujen mökkiliikenteessä, jolloin pienillä aikasäästöillä ei ole suurtaakaan merkitystä. Esimerkiksi uusien tiehankkeiden kannattavuustarkasteleissa pienten aikasäästöjen summat muodostavat suuren osan. Ruuhkautuneissa olosuhteissa ajaminen vaikuttaa kyllä matkanteon sujumiseen (helppouteen), vaikka mökkimatkalaiset eivät välttämättä lähtiessä asetaakaan tarkkaa tavoitetta perilletuloajalle. Jos kuljettajat osaavat varautua ruuhkiin etukäteen, vaikuttaa siltä, että liikennetilanne koetaan sujuvampana. Esimerkiksi vt 4:llä juhannusliikenteessä jopa yli 1 400 ajon/h liikennemäärällä yli 50 % kuljettajista piti liikennetilannetta sujuvana, kun vastaava raja normaaliperjantain kesäliikenteessä on ollut noin 700 ajon/h. Sujuvuuden kokemiseen voidaan vaikuttaa ilmeisesti myös liikennetiedottamisen avulla.

Polkupyöräilijöille pahimpia sujuvuusongelmia ovat kevyen liikenteen puutteelliset järjestelyt, puuttuvat väylät, väylän kapeus ja jatkuvuuden puute, väylien huono kunto ja huono päällyste, huono jalankulku- ja pyöräliikenteen erottelu sekä liikennevalot. Jalankulkijoilla pahimmat sujuvuusesteet ovat pääosin samat kuin polkupyöräilijöillä lukuunottamatta liikennevaloja, joita huomattavasti enemmän haittaavat erilaiset kiertävyysongelmat, jolloin ei voida kulkea lyhintä mahdollista reittiä pitkin. Polkupyöräilijöillä sujuvuusesteet eivät juurikaan vaikuta tehtävien matkojen määriin, sillä vajaan 70 % pyöräilijöistä ilmoitti, että puutteilla ei ole lainkaan merkitystä. Polkupyöräilijät kokevat sujuvuusesteistä aiheutuvan keskimäärin 4 minuutin ja jalankulkijat 2,5 minuutin suuruisen pidennyksen matka-aikaan.

Eri maiden tienpitäjien tapoja tarkastella sujuvuutta tutkittiin kirjallisuusselvityksenä. Usein sujuvuusarviot liittyvät matka-aikaan. Monissa maissa ollaan siirtymässä kokonaismatka-ajasta matka-ajan ennustettavuuteen, johon Tielaitoksen vuoden 1998 sujuvuustavoitekin perustuu. Alankomaissa mitataan mm. todennäköisyyttä joutua ruuhkaan tietyillä yhteysväleillä,

mutta sielläkin pohditaan matka-ajan ennustettavuuteen ja vaihteluihin perustuvaa järjestelmää. Useissa maissa sujuvuusarviot liittyvät myös aikahukkaan ja viivytyksiin tieverkolla. Lisäksi ainakin Australiassa ja Ranskassa otetaan huomioon käyttäjien mielipiteet liikenneolosuhteista. Tämän kaltaista menetelmää harkitaan myös käyttöönotettavaksi Suomessa.

Tosiaikaisia matka-aikoja voidaan mitata ensisijaisesti erilaisten AVI (Automatic Vehicle Identification)- ja AVL (Automatic Vehicle Location) -menetelmien avulla. Näissä matka-aikojen laskeminen perustuu ajoneuvojen tunnistamiseen ja paikantamiseen. Suomeen parhaiten sopiva menetelmä on todennäköisesti jokin yhdistetty menetelmä. Suomessa pääyhteysvälien matka-aikoja voitaisiin mitata anturiajoneuvojen avulla (GPS/GSM). Lisäksi kannattaa käyttää hyväksi jo olemassa olevaa LAM-pisteverkkoa.

## 9 KIRJALLISUUS

Van Aerde, M. (1995). Integration - User's guide release 2, Transportation Research Group, Queen's University, 210 s.

Austrroads (1996). National performance indicators, the Australian road system and road authorities, Sydney. 73 s.

Blomqvist, K., Jansson, K. (1994). Restid och information inom lokal och regional kollektivtrafik, Stocholms Universitet, Stockholm. 52 s.

Christiansen, I., Hauer, L. (1996). Probing for travel time, Traffic Technology International Aug/Sept 96. s. 41-44.

Comisión Europea (1996). La red de ciudadanos ; Cómo aprovechar el potencial del transporte público de viajeros en Europa, Euroopan Komissio, Brussel. 47 s.

Couton, F., Danech-Pajouh, M., Broniatowski, M. (1997). Application of the mixture of probability distributions to the recognition of road traffic flow regimes, IFAC Transportation Systems, Chania, Greece. s. 743 - 748.

Dunstan, S. (1997). Travel time data is at hand. Traffic Technology International 1997. S 152-156.

Enberg, Å. (1988). Jononmuodostus kaksikaistaisilla teillä. Diplomityö, Teknillinen korkeakoulu, liikennetekniikka. 255 s.

Estlander, K. (1995). Sään ja kelin vaikutukset eri ajoneuvoryhmien nopeuksiin. Tielaitoksen selvityksiä 23/1995, Tielaitos, keskushallinto, Helsinki. 90 s.

Federal Highway Administration (1991). Freeway Incident Management Handbook, Washington, USA. 127 s.

Furukawa, T., Watanabe, T., Sekiya, T. (1996). Examination of travel time calculation by using magnetic cards. Engineering Department , Traffic Engineer Division, Japan Highway Public Corporation, Tokyo, Japan. 9 s.

García, M. (1997). Un sistema de evaluación del nivel de servicio de las carreteras de dos carriles basado en las necesidades del usuario. Rutas Número 62-septiembre-octubre 1997, Madrid. s. 19-34.

Van Grol, H. (1997). Evaluating the use of induction loops for travel time estimation. IFAC Transportation Systems, Chania, Greece. S. 1187-1192.



Heinijoki, H., Koivuniemi, M., Ehrola, E. (1990). Talvikeliön esiintyminen ja vaikutukset ajettavuuteen ja ajokäyttäytymiseen, Oulun Yliopisto, Oulun Yliopiston tie- ja liikennetekniikan laboratorion julkaisuja 6, Oulu. 89 s.

Holm, J., Lund-Sorensen, P. (1997). Travel time information system based on automatic vehicle identification, The Danish Road Directorate, Copenhagen. 7. s

Jaatinen, A. (1995a). Tie- ja liikenneolot/sujuvuus, referaatteja ulkolaisista käytännöistä (Ruotsi: Inriktningdiskussion inför vägplaneringen 1994-2003, Nationell väghållningsplan 1994-2003, Verksamhetsuppföljning 1993: verksamhetsberättelse för division väg & trafik, trafikanternas krav på Vägverkets produkter och tjänster - en kvalitativ analys, bilisters värdering reskvalitet, vägverket), Tielaitos, Helsinki. 7 s.

Jaatinen, A. (1995b). Tie- ja liikenneolot/sujuvuus, referaatteja ulkolaisista käytännöistä (Norja: **Målstyring**, Veiledning Handbok-158, Statens Vegvesen, **Strategiske mål**, Norsk veg- og vegtrafikplan 1994-97, Veiledning 8, **NOU-Norges offentlige utredninger**, Nytt overordnet styringssystem for Statens vegvesen, Nou 1993:23, **Norsk veg- og vegtrafikplan 1994-97**, Samferdselsdepartement, St.meld. nr 34), Tielaitos, Helsinki. 10 s.

Jaatinen, A. (1995c). Tie- ja liikenneolot/sujuvuus, referaatteja ulkolaisista käytännöistä (Saksa, Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen (1992). Hinweise zur Überprüfung von Steuerungsmassnahmen in innerörtlichen Strassennetzen, Köln), Tielaitos, Helsinki. 3 s.

Jaatinen, A. (1995d). Tie- ja liikenneolot/sujuvuus, referaatteja ulkolaisista käytännöistä (Ranska, Japani, Australia, Portugali : **PIARC**, XXth World Road Congress 1995, Montreal), Tielaitos, Helsinki. 4 s.

Johansson, M. (1996). Liikenteen seuranta ja häiriöiden havaitseminen, Tielaitoksen selvityksiä 52/1995, Tielaitos, Keskushallinto, Helsinki. 94 s.

Joutsensaari, J. (1997). Alempiasteisen tieverkon strategiat: tienpidon kohdentamisen vaikutukset kuljetuksiin, Tie ja Liikenne 5-6/97, Helsinki. s. 14-17.

Joutsensaari, J., Laakso J. (1997). Tieliikenneolojen vaikutus kuljetus- ja yritystalouteen, raporttiluonnos 30.10.1997, Tielaitoksen selvityksiä xx/1997, Helsinki. 41 s.

Karhunen, M. (1997). Miksi muuttuvia opasteita, Tiennäyttäjä tammi-kuu/1997, s. 17.

Kulmala, R. (1997). Vuoden 1998 tulostavoitteiden valmistelu - sujuvuus. Muistio 25.4.1997. Tielaitos, Keskushallinto. 2 s.

Larsen, R. (1996). CAPITAL - Using cellular phones as traffic probes, Traffic Technology International Aug/Sept 96. s. 46-50.

Liikenneministeriö (1991). Kaupunkien joukkoliikenteen palvelutaso, liikenneministeriön julkaisu 16/91, Helsinki. 42 s.

Liikenneministeriö (1993). Pikavuorojen nopeustutkimus, Liikenneministeriön julkaisu 53/93, Helsinki. 29 s.

Liikenneministeriö (1996). Liikennetelematiikan kehittämisen suuntaaminen - Osaraportti 1- Liikennetelematiikan tila vuonna 1996, Helsinki. 86 s.

Liikenneministeriö (1997). Liikennetelematiikan kehittämisen suuntaaminen - Osaraportti 2- Liikennetelematiikan kehittäminen vuoteen 2005, Liikenneministeriön julkaisu B:37/97, Helsinki. 110 s.

Lyly, S. (1990). Tien liikenteenvälityskyky - Highway capacity manual, Teknillinen Korkeakoulu, Liikennetekniikka, Julkaisu 68, Espoo. 119 s.

Mikkola, J. (1997). Kulkutavan valintaan vaikuttavat tekijät pääkaupunkiseudulla. Diplomityö, Teknillinen Korkeakoulu. 90 s.

Meriläinen, A., Saarlo, A., Rinta-Piirto, J. (1996). Alempiasteisen tieverkon strategiat; tienpidon kohdentamisen vaikutukset kylien kehitykseen, Tielaitoksen selvityksiä 80/1996, Tielaitos, Tienpidon yhteiskunnalliset vaikutukset, Helsinki. 88 s.

Ministry of Transport, Public Works and Water Management (1994). Towards a better use and less congestion - The traffic management program for the primary road network in the Netherlands, Hague. 23 s.

Morin, J., Fevre, R. (1997). Real-time estimation of travel times on inter-urban motorways. IFAC Transportation Systems, Chania, Greece, 1997. s. 1193-1998.

OECD (1997). Performance indicators for the road sector, report prepared by an OECD scientific expert group. Road Transport Research. 162 s.

Ojala, J., Pursula, M. (1994). Taajamien joukkoliikenteen suunnittelu ja hoito. Suomen paikallisliikenneliitto. Teknillinen korkeakoulu, liikennetekniikka. Opetusmoniste 13, Otaniemi. 238 s.

- Orsell, J., Durand-Raucher, Y. (1995). Assesment of Existing Methods of "Travel Times" acquisition and measurement. The Second World Congress on Intelligent Transport Systems '95 YOKOHAMA, Pariisi. S.100-105.
- Pesu, P., Torkkeli, J. (1996). Raskaan liikenteen vaikutukset liikenteen sujuvuuteen, Tie ja Liikenne 4/96, Helsinki. s. 20-22.
- Polvinen, M. (1997). Tiedotuksella turvallisuutta ja sujuvuutta liikenteeseen. Tiennäyttäjätammikuu/1997, s. 10-11.
- Riihimäki, E. (1995). Paikallisliikenteen palvelutaso Tampereella. Diplomityö, Tampereen teknillinen korkeakoulu, liikenne- ja kuljetustekniikka, Tampere. 86 s.
- Rämä, P. (1997). Sää- ja kelitietoon perustuvan liikenteen ohjausjärjestelmän vaikutukset Kotka-Hamina -moottoritieellä, Tielaitoksen selvityksiä 1/97, Helsinki. 64 s.
- Saastamoinen, K. (1993). Kelin vaikutus ajokäyttäytymiseen ja liikennevirran ominaisuuksiin, Tielaitoksen selvityksiä 80/1993, Tielaitos, Liikenteen palvelukeskus, Helsinki. 49 s.
- Salovaara, V. (1990). Tien liikenteellinen palvelutaso. Tie ja liikenne 12/90, Helsinki. s. 10-14.
- Sarkar, S. (1993). Determination of service levels for pedestrians, with European examples, Transportation Research Record 1405, Washington D.C. s. 35-42.
- Schintu, M. (1997). Haastattelu 30.4.1997. Società Autostrade SpA. Italia.
- Sorton, A., Walsh, T. (1994). Bicycle stress level as a tool to evaluate urban and suburban bicycle compatibility, Transportation Research Record 1438, Washington D.C. s. 17-24.
- Southwest Region University Transportation Center (1995). Performance measures and a framework for decision-making under the national transportation system, University of Texas at Austin, Texas. 54 s.
- SRUTC (1995). Katso Southwest Region University Transportation Center
- Stoelhorst, H. (1997). Indicators for traffic network efficiency in The Netherlands. Haastattelu 25.07.1997. Rijkswaterstaat/Transport Research Center.



Suhonen, M. (1971). Nopeustutkimukset. Tekniikan käsikirja 6. Liikente-tekniikka, Jyväskylä. s. 154-161.

Tapio, J. (1996). Kokemuksia liikennesektorin eurooppalaisista strategioista, Tielaitoksen selvityksiä 61/1996, Tielaitos, Tienpidon yhteiskunnalliset vaikutukset, Helsinki. 38 s.

TFK (1994). Bättre flyt i trafiken, TFK-rapport 1994:5, Tukholma. 24 s.

Tie ja Liikenne (1997). Pääkirjoitus, Tie ja Liikenne 5-6/97. 39 s.

Tielaitos (1995a). Teiden talvihoito, talvihoidon toimintalinjat 1996 -, Keskushallinto, Helsinki. 19 s.

Tielaitos (1995b). Tie- ja liikenneolot/sujuvuus, muistio 29.5.1995, Kehittämiskeskus, Helsinki. 11 s.

Tielaitos (1996). Sujuvuustavoite ja sen käyttöönotto, muistio 12.6.1996, Kehittämiskeskus, Helsinki. 3 s.

Tielaitos (1997a). Tielaitoksen liikenteen hallinnan strategia ja visio 2010, muistioluonnos 4.4.1997.

Tielaitos (1997b). Tiehallinnon vuoden 1998 tulostavoitteiden täydentäminen. Tielaitos, tiehallinnon esikunta. 10 s.

Tilastokeskus (1996). Tieliikenteen tavarankuljetustilasto 1996, Liikenne ja matkailu 1997/6, Helsinki. 44 s.

Tuomikko, J. (1996). Kevyen liikenteen verkon muodostaminen. Tie ja Liikenne -päivät 2.-3.10.1996, Suomen Tieyhdistys s. G16-G19.

Turner, S. (1996). Advanced techniques for travel time data collection, Transportation Research Record 1551, Washington D.C. s. 51-58.

Vägverket (1992). Effektkatalog –kollektivtrafikinvesteringar, VV-rapport 6/92. Stockholm. 105 s.

Vägverket (1994). Bilisters värdering av reskvalitet, VV-rapport 81/94, Stockholm. 99 s.

Välämäki, S. (1995). Porin joukkoliikenteen palvelutaso- ja laatutavoitteet. Diplomityö, Tampereen teknillinen korkeakoulu, liikenne- ja kuljetustekniikka, Tampere. 112 s.

Zito, R., D'Este, G., Taylor, M. (1995). Global Positioning Systems in the domain: How useful a tool for IHVS, TRC, Vol. 3, No. 4, Australia. s. 193-209.

## 10 LIITTEET

- LIITE 1a. Henkilöauton kuljettajien haastattelulomake.
- LIITE 1b. Haastattelupaikkojen ja LAM -pisteiden sijainti.
- LIITE 2. Henkilöautokuljettajien haastattelujen analyysi.
- LIITE 3. Kevyen liikenteen haastattelulomake.
- LIITE 4. Kuljetusyrityksiin lähetetty sujuvuuskyselylomake.
- LIITE 5. Kuljetusyrityksien ilmoittamat lisäyhteysvälit, joilta heillä on paljon ajokokemusta sekä niille ilmoitetut ajoajat ja varattavat marginaalit.
- LIITE 6. Kuljetusyrityksien ilmoittamat kokemukset myöhästymisistä.
- LIITE 7. Tavoitettavuusindikaattori tiehallinnon (road administration) näkökulmasta eri jäsenmaissa (OECD).
- LIITE 8. Tavoitettavuusindikaattori tienkäyttäjien (road users) näkökulmasta eri jäsenmaissa (OECD).
- LIITE 9. GPS -satelliittimenetelmän kuvaus.

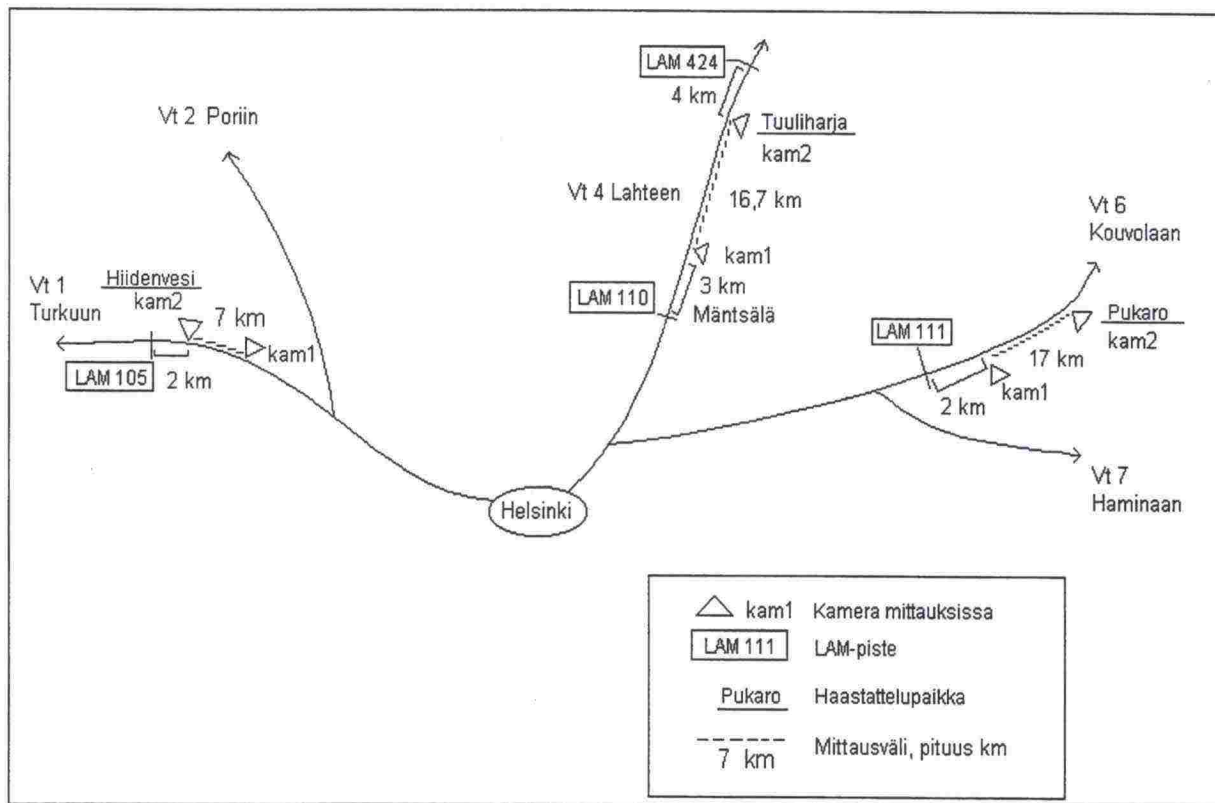


**LIITE 1a. Henkilöauton kuljettajien haastattelulomake :**

HY/Tielaitos juhannus vt4 19.6.1997 peräv/pa/ka/rekka KELLONAIKA \_\_\_\_\_ henkilöitä autossa 1 2 3 4 5 \_\_\_ mo \_\_\_\_\_ sukupuoli (mies/nainen)  
*Hyvää päivää, teemme haastattelututkimusta Tielaitokselle! Olisiko teillä muutama minuutti aikaa?*

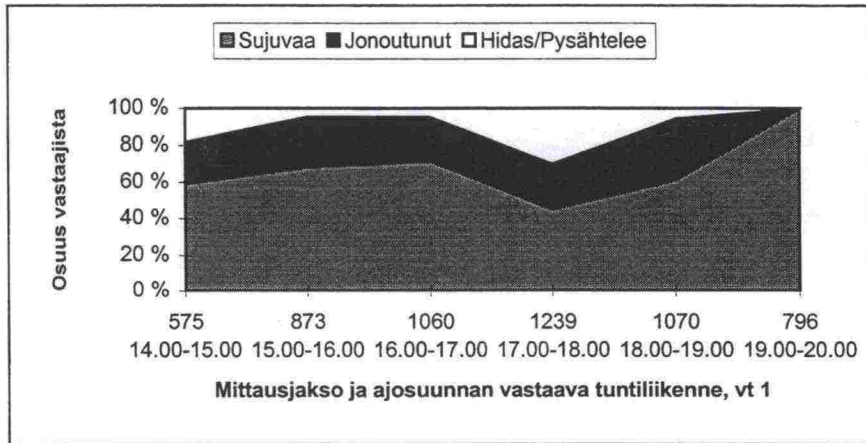
1. Mikä on tämän matkanne lähtöpaikka \_\_\_\_\_ 2. Määräpaikka \_\_\_\_\_
3. Mikä on matkanne tarkoitus? ( töihin, töistä pois, työasioita hoitamassa, ostos/asiointi, mökki, muu vapaa-ajan, opiskelu) \_\_\_\_\_
4. Mikä seuraavista sanoista kuvaa mielestänne tieosan tämänhetkistä liikennetilannetta:  
SUJUVAA JONOUTUNUT HIDASTA PYSÄHTELEE SEISOO
5. Vähentääkö tämä liikennemäärä ajomukavuuttanne KYLLÄ / EI
6. Paljonko arvioitte menettävänne aikaa ajamallanne välillä muun liikenteen takia? \_\_\_\_\_ min
7. Milloin yleisimmin joudutte ruuhkaan pääkaupunkiseudulla?  
a) työmatkalla vai b) vapaa-ajan matkalla jos b. niin missä tilanteissa?  
(esim. mökkimatka, harrastusmatka, ostosmatka) \_\_\_\_\_
8. Mihin aikaan arvioitte olevanne perillä määräpaikassanne tänään? Klo \_\_\_\_\_
9. Miten tärkeää teille on tällä matkalla tietää perilletuloaikanne 10 minuutin tarkkuudella asteikolla 1 2 3 4 5 (1=ei lainkaan tärkeää, 5=erittäin tärkeää)
10. Monenko minuutin epävarmuuden matka-ajassa hyväksytte tällä matkalla? \_\_\_\_\_ min
11. Montako ajoneuvoa olette nyt ohittanut vt 4:lla? (moottoritien jälkeen) \_\_\_\_\_ kpl.
12. Mikä on tavoitenopeutenne, eli mitä nopeutta pyritte ylläpitämään tieosalla näissä liikenneoloissa (moottoritien jälkeen) TÄTÄ EI KERROTA POLIISILLE! \_\_\_\_\_ km/h.
13. Onko tämä mittari- vai todellinen nopeus? (mittari/todell) \_\_\_\_\_
14. Mitä nopeutta olette todellisuudessa pystynyt ajamaan? \_\_\_\_\_ km/h
15. Koetteko ajamisen näissä oloissa hermostuttavaksi KYLLÄ / EI
16. Milloin päätitte matkallelähdön kellonajasta? (vko, 2vrk, vrk, aamulla, 1h) \_\_\_\_\_
17. Mikä oli tavoitenopeutenne moottoritiellä? \_\_\_\_\_ km/h
18. Jos Mäntsälä - Lahti -välillä olisi maksullinen moottoritie, montako markkaa maksaisitte tällä matkalla sen käytöstä? (kertamaksu yhteen suuntaan) \_\_\_\_\_ mk /ei ajaisi/vastustaa
19. Kuinka usein ajatte tätä tietä? (päivittäin, 2-3/vk, 1/vk, 2-3/kk, 1/kk tms) \_\_\_\_\_
20. Paljonko ajatte autoa vuodessa? (jos ei osaa sanoa, niin viikossa tai päivässä) \_\_\_\_\_ tkm/vuosi \_\_\_\_\_ km/viikko \_\_\_\_\_ km/päivä
21. Mikä on ammattinne? (autonkulj, myyntiedust, yrittäjä, toimisto...) \_\_\_\_\_
22. Syntymävuotenne? \_\_\_\_\_
23. Saanko tiedustella tutkimusta varten, ovatko taloutenne tulot ryhmässä alle 10/ 10-30/ vai yli 30 tuhatta mk kuukaudessa? (brutto/netto)  
KIITOS VAIVANNÄÖSTÄ HYVÄÄ JUHANNUSTUSTA! Muista karkit, klo, rek

LIITE 1b. Henkilöautonkuljettajien haastattelupaikkojen ja LAM -  
pisteiden sijainti

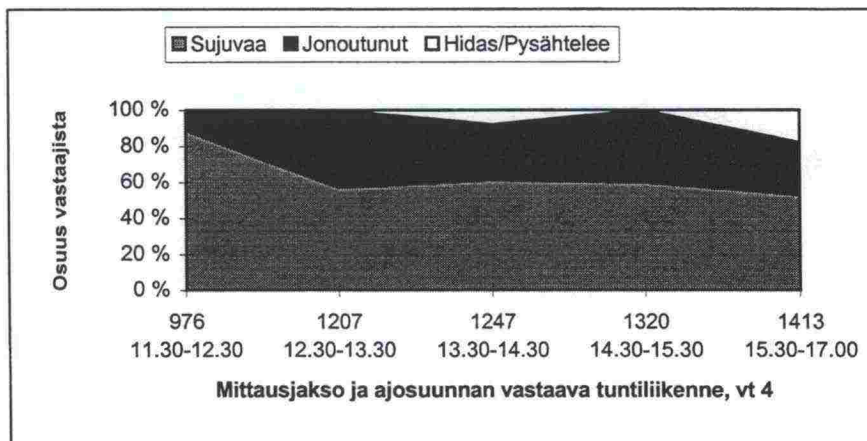


## LIITE 2. Henkilöautokuljettajien haastattelujen analyysi

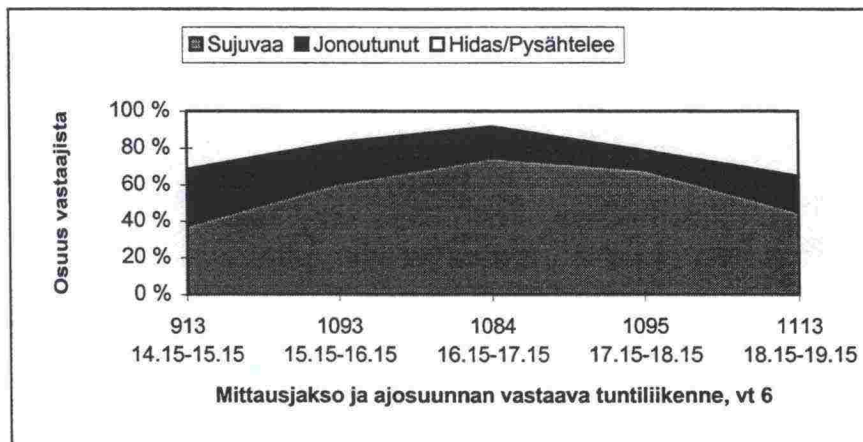
*Liikennetilanteen kokeminen suhteessa LAM -pisteestä kerättyyn liikennetietoon :*



Kuva 16. Liikennetilanteen kokeminen vt 1:llä perjantaina 22.8.1997.



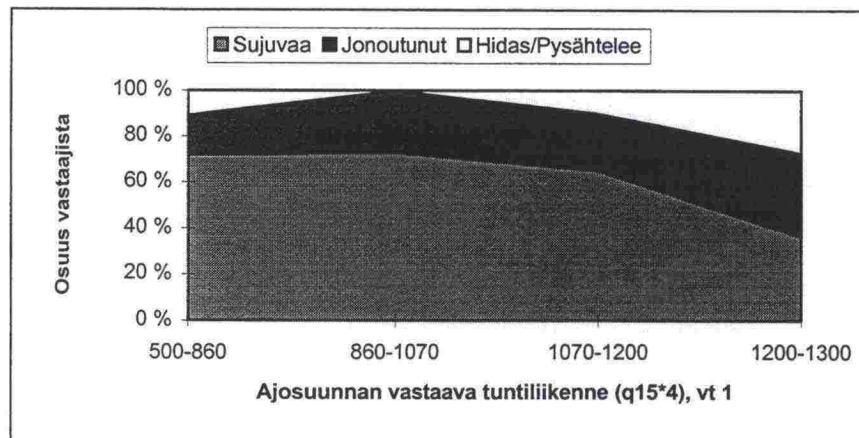
Kuva 17. Liikennetilanteen kokeminen vt 4:llä juhannustorstaina 19.6.1997.



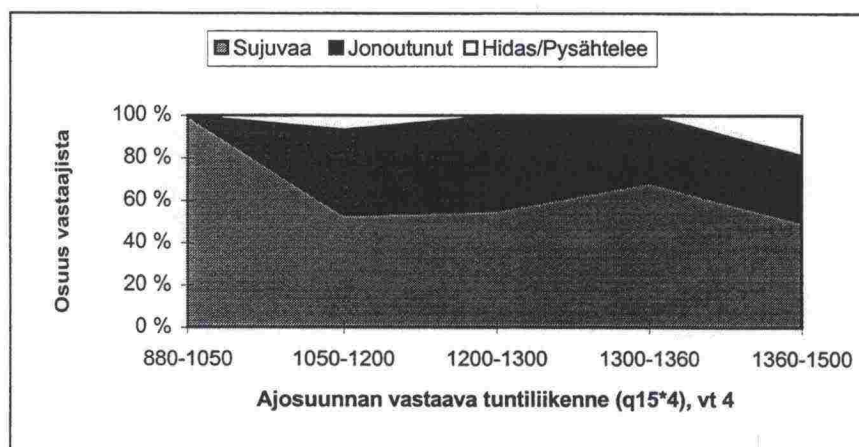
Kuva 18. Liikennetilanteen kokeminen vt 6:lla juhannustorstaina 19.6.1997.



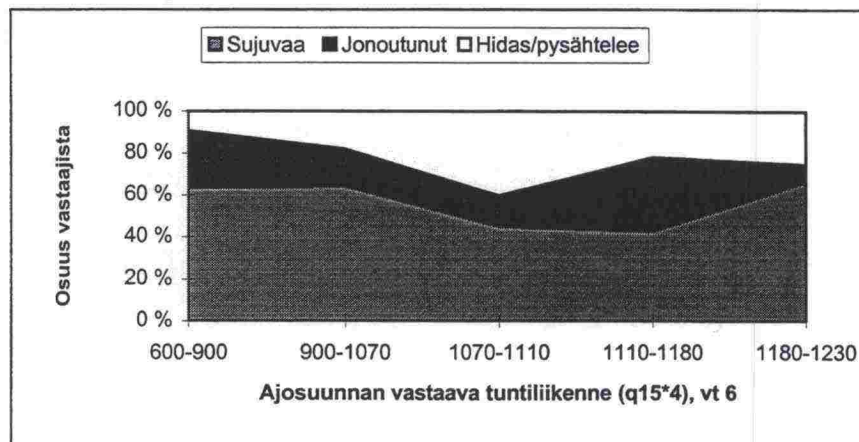
**LIITE 2. Henkilöautokuljettajien haastattelujen analyysi**



Kuva 19. Liikennetilanteen kokeminen suhteessa ajosuunnan liikennemäärään vt 1:llä perjantaina 22.8.1997.

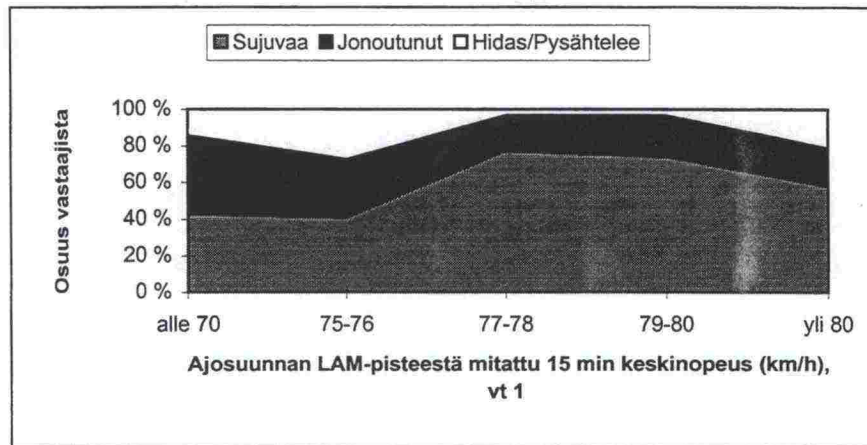


Kuva 20. Liikennetilanteen kokeminen suhteessa ajosuunnan liikennemäärään vt 4:llä juhannustorstaina 19.6.1997.

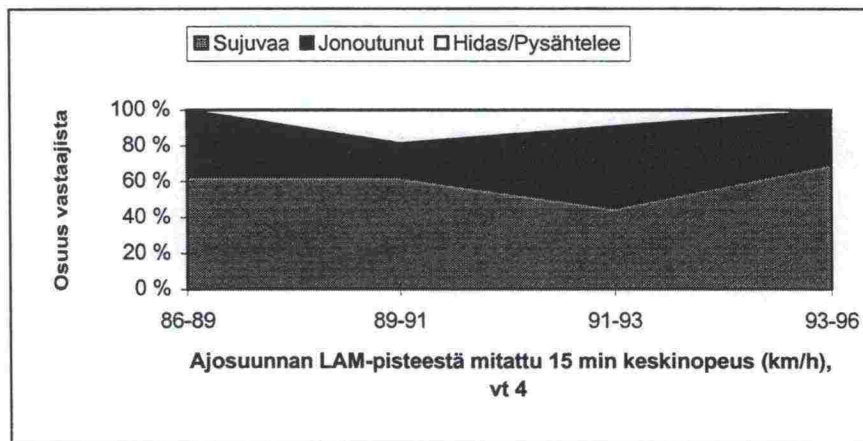


Kuva 21. Liikennetilanteen kokeminen suhteessa ajosuunnan liikennemäärään vt 6:lla juhannustorstaina 19.6.1997.

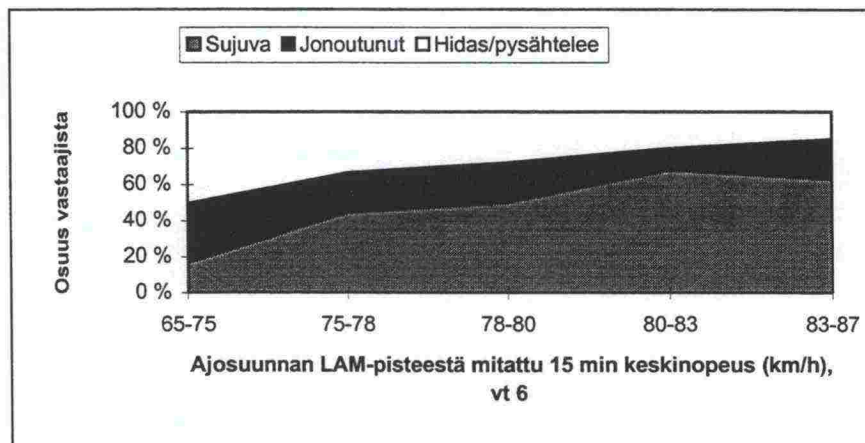
## LIITE 2. Henkilöautokuljettajien haastattelujen analyysi



Kuva 22. Liikennetilanteen kokeminen suhteessa ajosuunnan keskinopeuteen vt 1:llä perjantaina 22.8.1997.

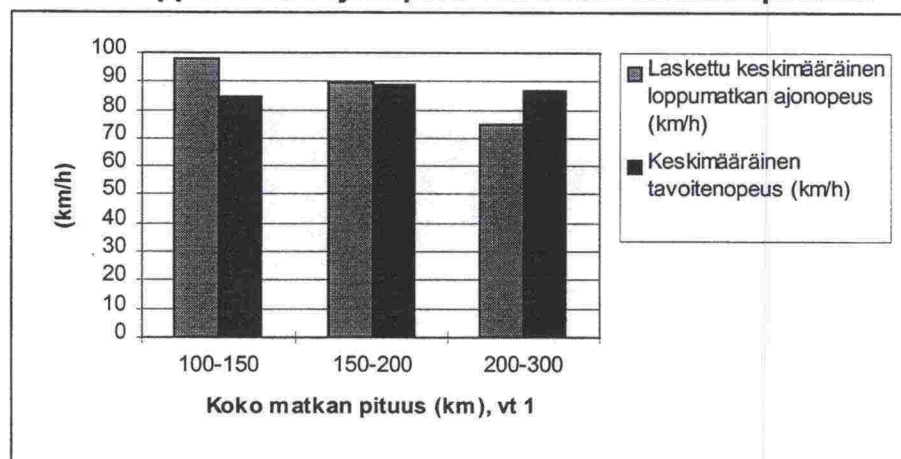


Kuva 23. Liikennetilanteen kokeminen suhteessa ajosuunnan keskinopeuteen vt 4:llä 19.6.1997.

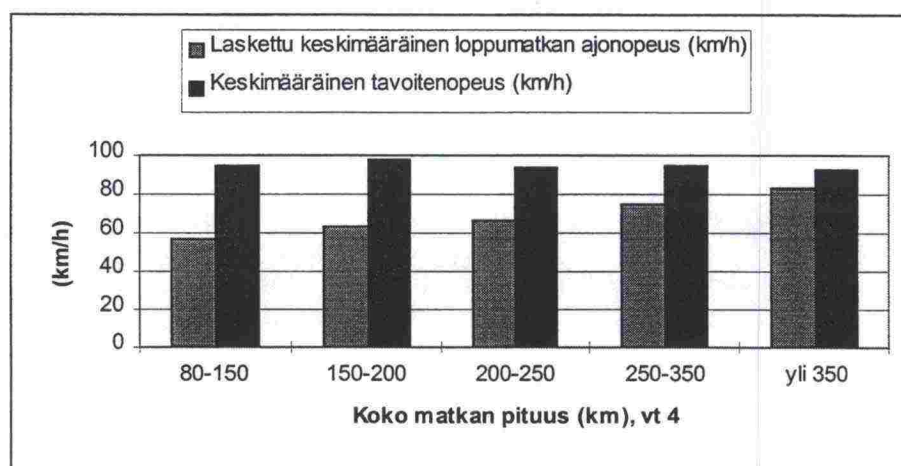


Kuva 24. Liikennetilanteen kokeminen suhteessa ajosuunnan keskinopeuteen vt 6:lla 19.6.1997.

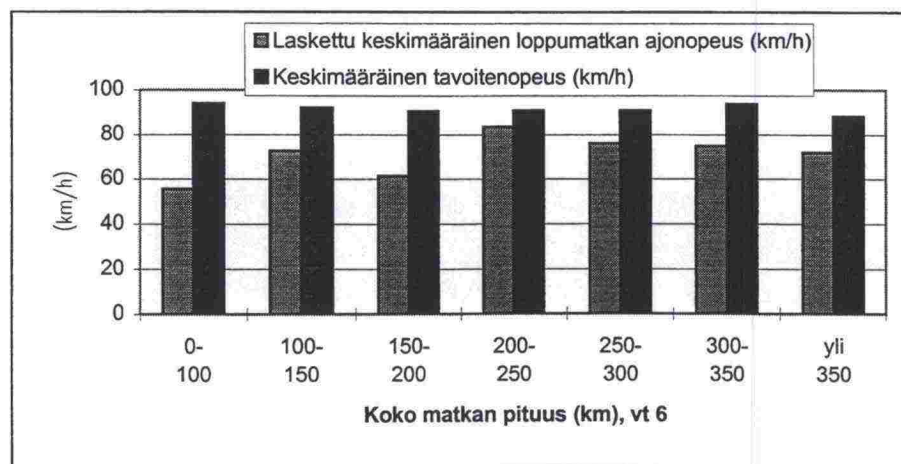
**LIITE 2. Henkilöautokuljettajien haastattelujen analyysi**  
**Arvioitu loppumatkan ajonopeus verrattuna tavoitenopeuteen**



Kuva 25. Arvioitu loppumatkan ajonopeus verrattuna tavoitenopeuteen vt 1:llä.



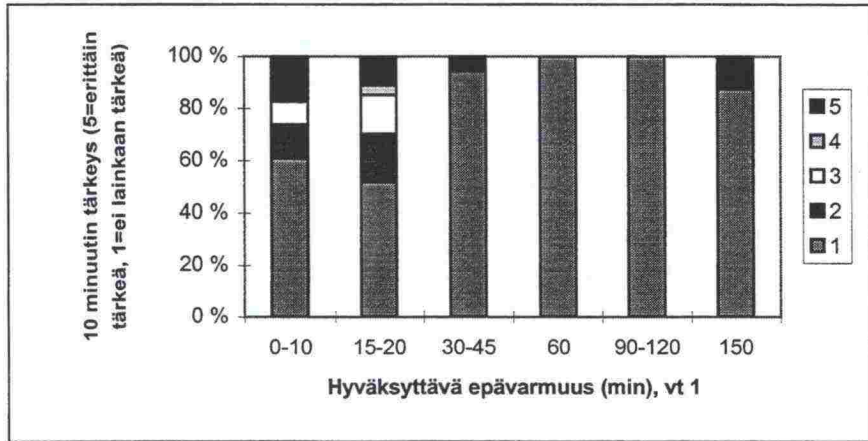
Kuva 26. Arvioitu loppumatkan ajonopeus verrattuna tavoitenopeuteen vt 4:llä.



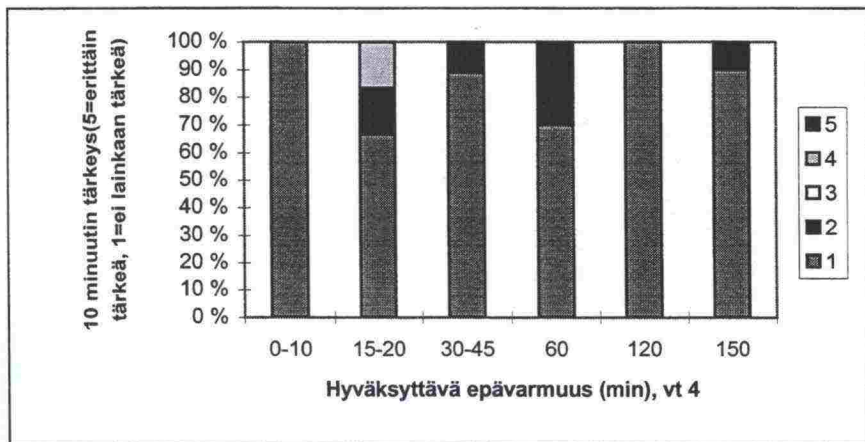
Kuva 27. Arvioitu loppumatkan ajonopeus verrattuna tavoitenopeuteen vt 6:lla.



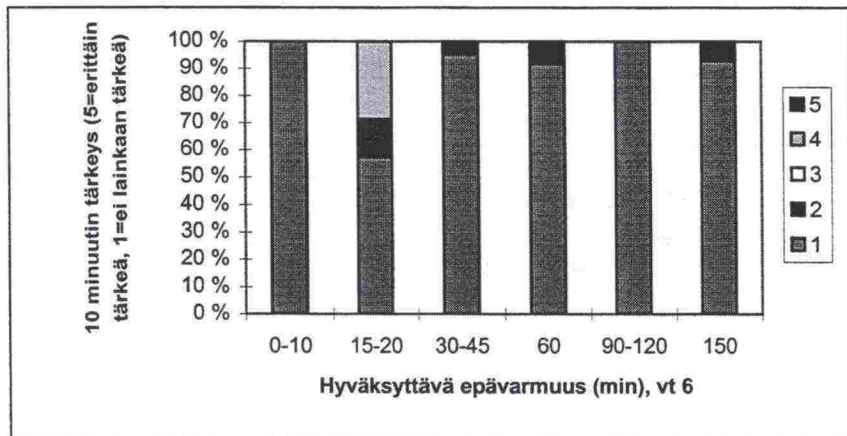
**LIITE 2. Henkilöautokuljettajien haastattelujen analyysi**  
**Matka-ajassa hyväksyttävä epävarmuus**



Kuva 28. Hyväksyttävän epävarmuuden ja 10 minuutin tärkeyden välinen suhde vt 1:llä.

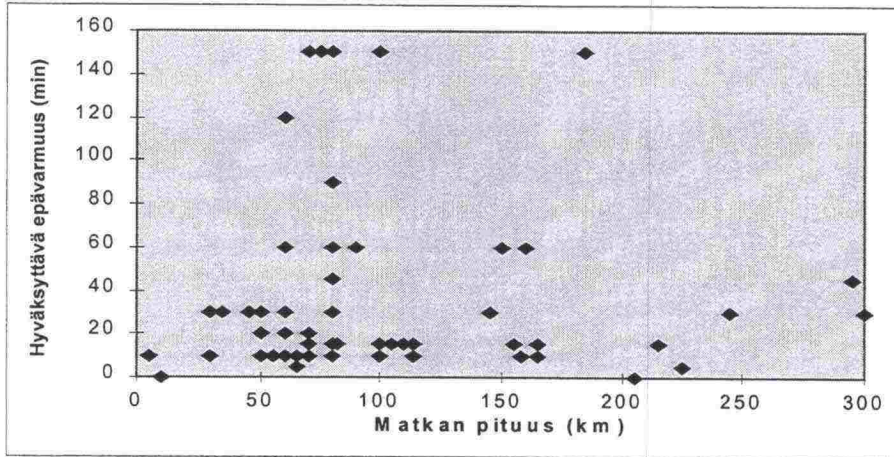


Kuva 29. Hyväksyttävän epävarmuuden ja 10 minuutin tärkeyden välinen suhde vt 4:llä.

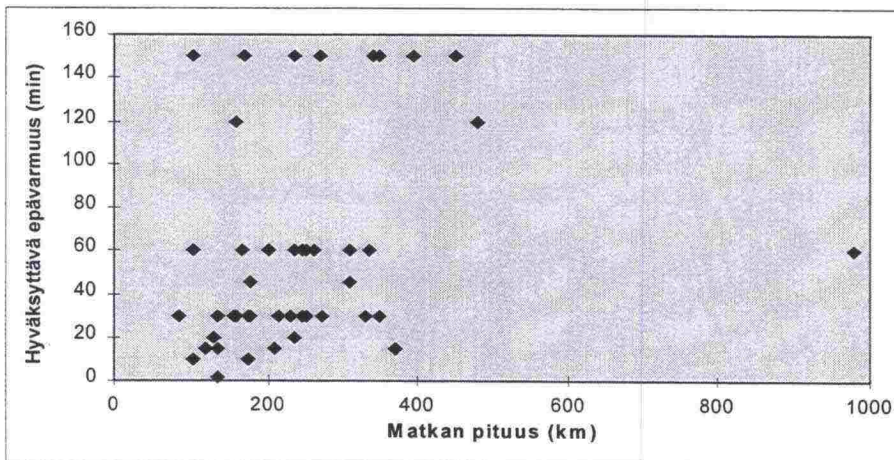


Kuva 30. Hyväksyttävän epävarmuuden ja 10 minuutin tärkeyden välinen suhde vt 6:lla.

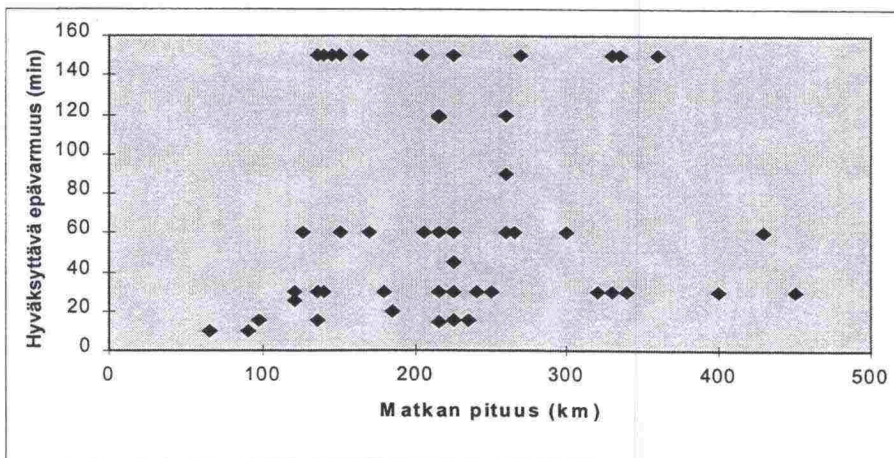
LIITE 2. Henkilöautokuljettajien haastattelujen analyysi



Kuva 31. Matkan pituuden ja hyväksyttävän epävarmuuden välinen suhde vt 1:llä.



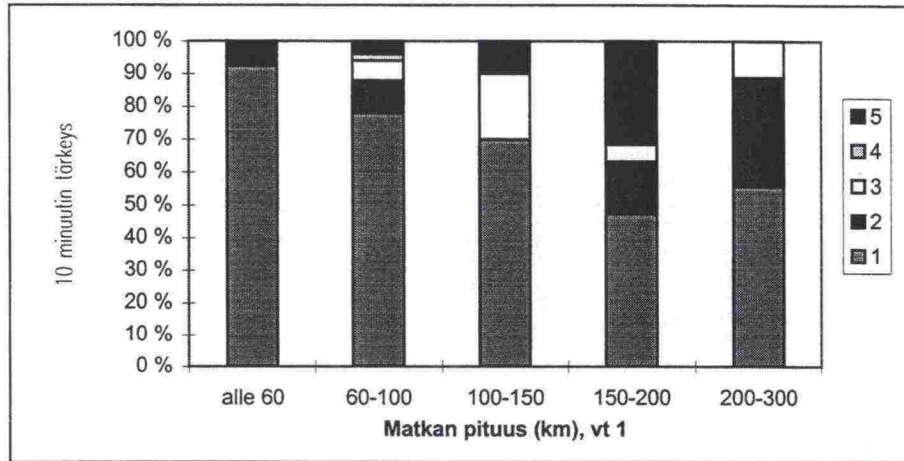
Kuva 32. Matkan pituuden ja hyväksyttävän epävarmuuden välinen suhde vt4:llä.



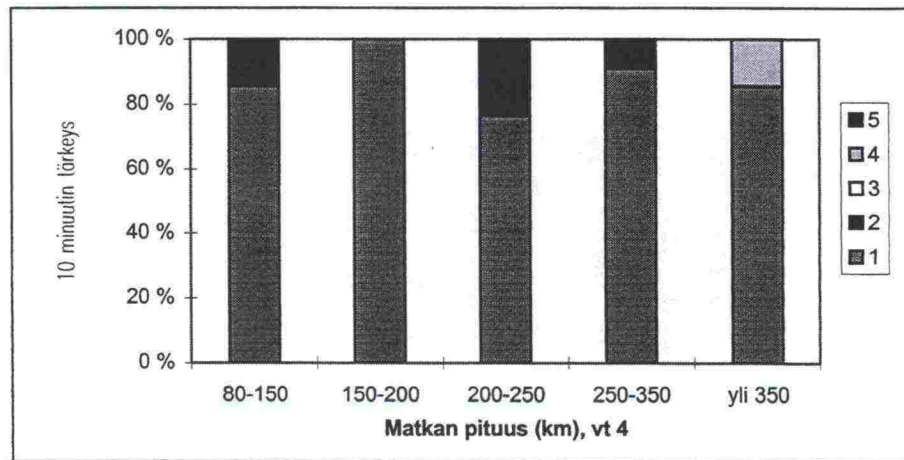
Kuva 33. Matkan pituuden ja hyväksyttävän epävarmuuden välinen suhde vt 6:lla.



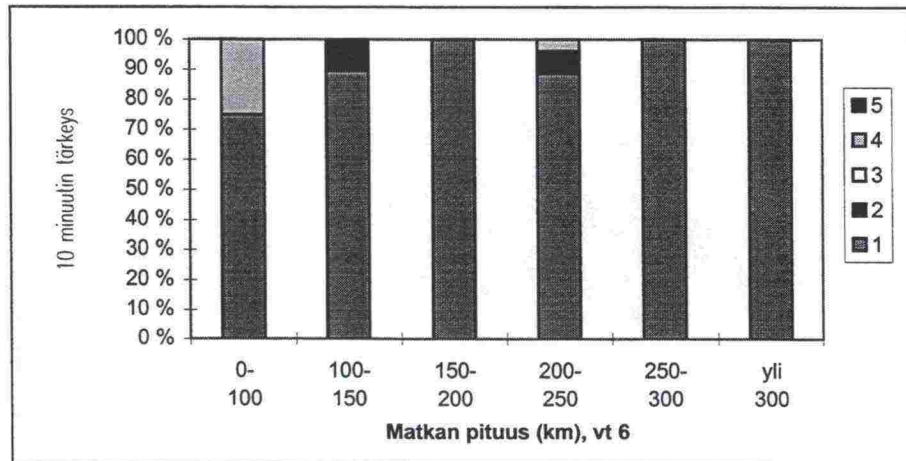
**LIITE 2. Henkilöautokuljettajien haastattelujen analyysi**



Kuva 34. Matkan pituuden ja 10 minuutin tärkeyden välinen suhde vt 1:llä.



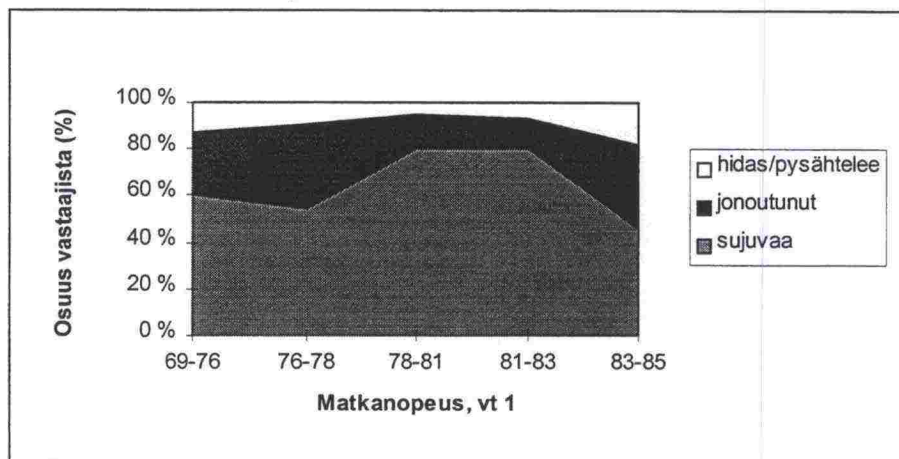
Kuva 35. Matkan pituuden ja 10 minuutin tärkeyden välinen suhde vt 4:llä.



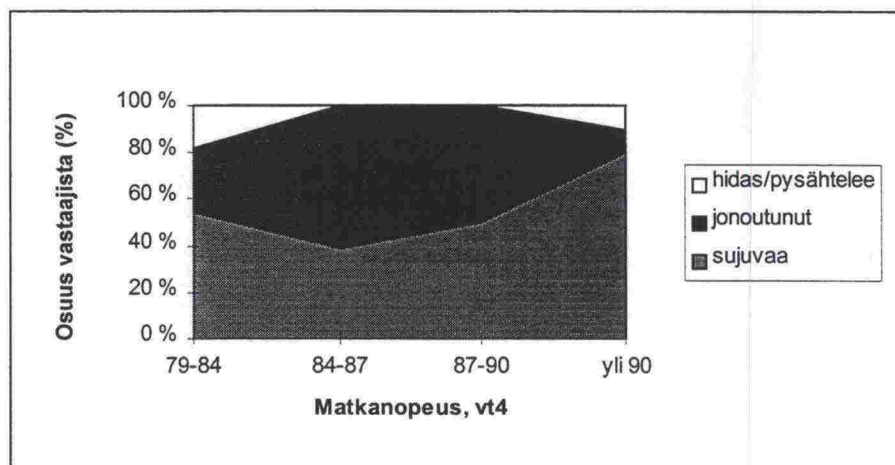
Kuva 36. Matkan pituuden ja 10 minuutin tärkeyden välinen suhde vt 6:lla.



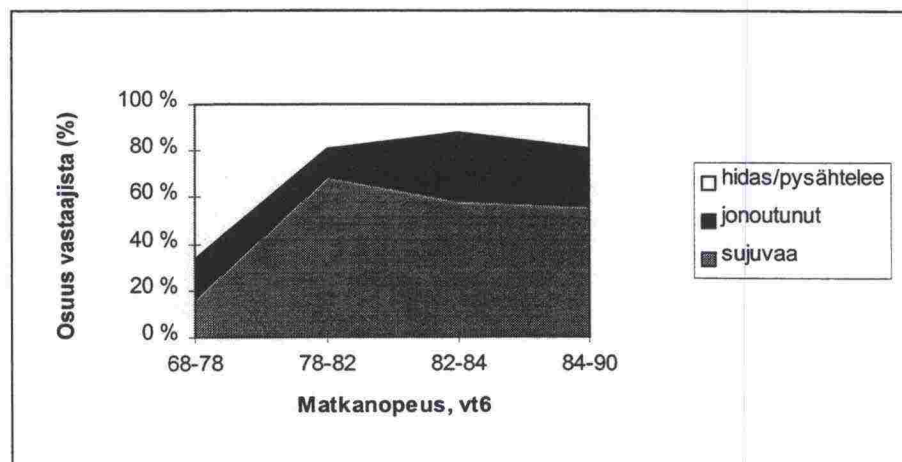
**LIITE 2. Henkilöautokuljettajien haastattelujen analyysi**  
**Liikennetilanteen kokeminen suhteessa rekisteritunnusaineistosta laskettuun matkanopeuteen**



Kuva 37. Liikennetilanteen kokeminen suhteessa matkanopeuteen vt 1:llä.



Kuva 38. Liikennetilanteen kokeminen suhteessa matkanopeuteen vt 4:llä.



Kuva 39. Liikennetilanteen kokeminen suhteessa matkanopeuteen vt 6:lla.

### LIITE 3. Kevyen liikenteen haastattelulomake

1. Johdantokysymys: "Tielaitos tutkii nyt pyöräilyn/jalankulun sujuvuutta. Mitä asioita yleensäkin tulee mieleen vai tuleeko mitään kun puhutaan pyöräilyn/jalankulun sujuvuudesta. Esim. onko voinut ajaa haluamallaan nopeudella tai suorinta reittiä. Onko ennakoitu perille-tuloaika pitänyt, jne. Onko sujuvuus yleensäkin **merkittävä** tekijä pyöräilyn / jalankulun kannalta?

Luokitellaan: 0. Ei merkittävä, 1. Jonkin verran merkittävä, 2. Melko merkittävä jne... 5. Erittäin merkittävä.

2. Onko yleensäkin **havainnut** sujuvuuspuutteita, ts. Matka ei ole sujunut niin kuin on etukäteen ajatellut tai on ollut häiriöitä, jotka ovat haitanneet matkantekoa.

Luokitellaan: Havainnut sujuvuuspuutteita 0. Ei lainkaan, 1. Joskus, 2. Silloin tällöin, 3. Melko usein, 4. Usein, 5. Lähes aina (ts. mitä isompi numero sitä useammin).....Jos ei osaa sanoa, jätetään tyhjäksi.

3. Seuraavaksi selvitetään, kuinka merkittävänä haastateltava pitää erilaisia sujuvuuspuutteita. Käydään läpi alla oleva lista:

1. Kevyen liikenteen puutteelliset järjestelyt, puuttuvat väylät, väylän kapeus, jatkuvuuden puute jne
2. Huono jalankulku- ja polkupyöräliikenteen erottelu
3. Kiertävyys, ali- ja ylikulut
4. Liikennevalot
5. Autoliikenteen aiheuttamat häiriöt, autojen, nopeus, risteysajo...
6. Kevyen liikenteen väylän huono kunto, huono päällyste, reunakivet
7. Mäkisyys, mutkaisuus
8. Sääolot
9. Muita mieleentulevia? Kirjataan ylös seuraavalle riville

Kunkin kohdalla kysytään kuinka **merkittävänä** pitää ko. **puutetta**, käytetään asteikkoa: 0. Ei lainkaan merkittävä, 1. Ei niin kovin merkittävä, 2. Jonkin verran merkittävä, 3. Melko merkittävä, 4. Merkittävä, 5. Erittäin merkittävä. Jos ei jossain kohdassa osaa sanoa, jätetään kohta tyhjäksi

4. (Vain pyöräilijöille) Vaikuttavatko edellä luetellut sujuvuuspuutteet matkojen määriin?

Luokitellaan: 0. Ei vaikuta, 1. Vaikuttaa ehkä hieman, 2. Vaikuttaa jonkin verran, 3 vaikuttaa huomattavasti, 5. Vaikuttaa paljon.

5. Aiheuttaako sujuvuuspuutteet matka-ajan **pidentymistä** tällä matkalla, jota juuri ollaan tekemässä, jos niin kuinka paljon?

Kirjataan vastaus minuuteissa

6. Matkan tarkoitus

1. Työ, koulu
2. Asia, ostos
3. Vapaa-ajan matka
4. Kuntoilee, ajelulla, kävelyllä, jne. (matka on itsetarkoitus)

7. Matkan pituus, merkitään **kilometreissä**

### LIITE 3. Kevyen liikenteen haastattelulomake

7. Kuinka **paljon** pyöräilee / kävelee. Luokitellaan seuraavasti, (jalankulkijoiden kohdalla pyritään soveltamaan samaa periaatetta). Mitä isompi numero sitä enemmän pyöräilee/kävelee:

1. Harvoin
2. Alle 1 kerta viikossa
3. 2 -3 kertaa viikossa
4. Päivittäin
5. Himopyöräilijä/-kävelijä

Lisäkysymys pyöräilijöille: "Pyöräileekö myös **talvella**?" Jos kyllä, niin merkitään ruutuun lisäksi T-kirjain.

Kysytään **esimerkkejä kohteista**, joissa esiintyy selvää sujuvuuspuutetta?

Kirjataan suorasanaisia vastauksia, (luokitellaan myöhemmin). Mikäli vastaus ei mahdu sille varattuun tilaan, jatketaan kääntöpuolelle (muista laittaa vastauksen haastattelunumero)

10. **Toimenpide-ehdotuksia** (Suorasanaisia vastauksia luokitellaan myöhemmin), ks. Edellinen kohta.

Lisäksi merkitään ylös **taustatiedot** (ei kysytä):

- Kellonaika  
Suunta. 1. Kaupunkiin, 2. Poispäin (ks. Paikkakohtainen ohje)  
Mies/nainen 1. mies, 2. nainen  
Ikä (arvio)  
Pyörän tyyppi:  
1. Kilpa tai retkipyörä (kapeat renkaat, kippurasarvet)  
2. Maastopyörä (leveät renkaat)  
3. "Pappa- tai mammamalli"



**LIITE 4. Kuljetusyrityksiin lähetetty sujuvuuskyselylomake**

|            |           |
|------------|-----------|
| Vastaaja : | Puhelin : |
| Yritys :   | Osoite :  |

*Kuinka monta kuljetusautoa yrityksessänne on? \_\_\_\_\_*

*Pääasiallinen suoriteala(t)?*

\_\_\_\_\_

*Toimitteko pääasiassa? a) pitkämatkaisessa runkokuljetusliikenteessä  
b) lyhytmatkaisessa jakelu- ja noutoliikenteessä  
c) muussa, missä? \_\_\_\_\_*

*4) Kuinka paljon seuraavat tekijät haittaavat yrityksenne kannalta tieliikenteen sujuvuutta? Sujuvuudella tarkoitetaan ajonopeuden ja ajomukavuuden alenemiseen, matka-ajan ennakoitavuuteen ja muuhun vastaavaan liittyviä tekijöitä. Merkitse rasti alla olevaan taulukkoon.*

| Haittaava tekijä   | Kuinka paljon haittaa ? |        |               |             |
|--|-------------------------|--------|---------------|-------------|
|  | Erittäin paljon         | Paljon | Jonkin verran | Ei lainkaan |
| Painorajoitukset   |                         |        |               |             |
| Lauttayhteydet   |                         |        |               |             |
| Tien päällysteen huono kunto                                   |                         |        |               |             |
| Tien kapeus  |                         |        |               |             |
| Ahtaat liittymät   |                         |        |               |             |
| Alikulut   |                         |        |               |             |
| Liiallinen mäkisyys  |                         |        |               |             |
| Kelirikko  |                         |        |               |             |
| Työmatkaliikenteen tai viikonloppuliikenteen aiheuttama ruuhka |                         |        |               |             |
| Onnettomuuden tai muun poikkeustilanteen aiheuttama ruuhka     |                         |        |               |             |
| Tietöiden aiheuttamat viiveet                                  |                         |        |               |             |
| Liukkaus   |                         |        |               |             |
| Huono sää (vesisade, lumisade, sumu)                           |                         |        |               |             |
| Tuuli  |                         |        |               |             |
| Muu, mikä _____  |                         |        |               |             |

#### LIITE 4. Kuljetusyrityksiin lähetetty sujuvuuskyselylomake

5) Miten tärkeää Teidän kuljetusyrityksenne kannalta on Tielaitoksen parantaa seuraavia asioita? Merkitse rasti ruutuun.

| Tekijä  | Tärkeys         |              |                 |                    |
|---|-----------------|--------------|-----------------|--------------------|
|   | Erittäin tärkeä | Melko tärkeä | Ei kovin tärkeä | Ei lainkaan tärkeä |
| Painorajoitusten vähentäminen                                 |                 |              |                 |                    |
| Tien päällysteen parantaminen                                 |                 |              |                 |                    |
| Liittymäalueiden parantaminen                                 |                 |              |                 |                    |
| Tiegeometrian parantaminen                                    |                 |              |                 |                    |
| Liukkauden torjunta   |                 |              |                 |                    |
| Moottoriteiden lisärakentaminen                               |                 |              |                 |                    |
| Ohituskaistojen rakentaminen                                  |                 |              |                 |                    |
| Tietöiden ajoittaminen ruuhkien ulkopuolelle                  |                 |              |                 |                    |
| Tietöiden aikaisen liikenteen ohjauksen selkiyttäminen        |                 |              |                 |                    |
| Ajantasainen tiedottaminen vallitsevista liikenneolosuhteista |                 |              |                 |                    |
| Ajantasaisen keltitiedotuksen parantaminen                    |                 |              |                 |                    |
| Kelirikkoinformaation kehittäminen                            |                 |              |                 |                    |
| Muu, mikä _____   |                 |              |                 |                    |

6) Kuinka tärkeitä ovat Teidän yrityksenne kannalta seuraavat asiat?

| Tekijä   | Tärkeys         |              |                 |                    |
|--|-----------------|--------------|-----------------|--------------------|
|  | Erittäin tärkeä | Melko tärkeä | Ei kovin tärkeä | Ei lainkaan tärkeä |
| Ajoaikojen lyhentäminen pääteillä nopeusrajoituksia nostamalla                               |                 |              |                 |                    |
| Ajoaikojen lyhentäminen muilla teillä nopeusrajoituksia nostamalla                           |                 |              |                 |                    |
| Ajoaikojen ennakoitavuus pääteillä minimoimalla liikenteen häiriöt ja niiden vaikutukset     |                 |              |                 |                    |
| Ajoaikojen ennakoitavuus muilla teillä minimoimalla liikenteen häiriöt ja niiden vaikutukset |                 |              |                 |                    |

#### LIITE 4. Kuljetusyrityksiin lähetetty sujuvuuskyselylomake

7) Kuinka suuri prosentteina (%) on varsinaisen ajoajan osuus päivittäisestä kokonaiskuljetusajasta Teidän yrityksessänne? Kokonaiskuljetusaikaan lasketaan kuuluvaksi lastaus ja purku sekä niihin liittyvät odotusajat, lepoajat ja muut matkanaikaiset tauot.

| Osuus (%) |
|-----------|
|           |

8) Kuinka paljon varaisitte ajoaikaa seuraaville reiteille? Ajoaika ei sisällä taukoja ja marginaalilla tarkoitetaan ajonaikaisiin yllättäviin viivytyksiin varattavaa aikaa. Voitte tarvittaessa lisätä 1-2 yrityksellenne tyypillistä yhteysväliä.

| Reitti                  | Kokemusta reitiltä         | Matka-aika kesällä (tuntia ja min) | Matka-aika talvella (tuntia ja min) | Marginaali kesällä (min) | Marginaali talvella (min) |
|-------------------------|----------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------|---------------------------|
| Helsinki - Turku        | Paljon/ vähän/ ei lainkaan |                                    |                                     |                          |                           |
| Helsinki - Tampere      | Paljon/ vähän/ ei lainkaan |                                    |                                     |                          |                           |
| Helsinki - Kuopio       | Paljon/ vähän/ ei lainkaan |                                    |                                     |                          |                           |
| Helsinki - Lappeenranta | Paljon/ vähän/ ei lainkaan |                                    |                                     |                          |                           |
| Helsinki - Jyväskylä    | Paljon/ vähän/ ei lainkaan |                                    |                                     |                          |                           |
| Jyväskylä - Oulu        | Paljon/ vähän/ ei lainkaan |                                    |                                     |                          |                           |
| Turku - Tampere         | Paljon/ vähän/ ei lainkaan |                                    |                                     |                          |                           |
| Tampere - Vaasa         | Paljon/ vähän/ ei lainkaan |                                    |                                     |                          |                           |
|                         |                            |                                    |                                     |                          |                           |
|                         |                            |                                    |                                     |                          |                           |



#### LIITE 4. Kuljetusyrytyksiin lähetetty sujuvuuskyselylomake

9) Mitkä ovat viimeaikaiset kokemuksenne kuljetuksien myöhästymisestä eli yllättävistä viivästymisistä kuljetuksen aikana? Mikä oli myöhästymisen suuruus ja syy?

| Kuljetusväli | Myöhästymisen suuruus (min) | Myöhästymisen syy (katso kysymys 1:n haittaavat tekijät) | Tapahtuman ajankohta |
|--------------|-----------------------------|--|----------------------|
|              |                             |  |                      |
|              |                             |  |                      |
|              |                             |  |                      |

10) Kuinka yrityksenne kuljetusten kilometrimäärä jakautuu prosentteina päätieverkolle (valta- ja kantatiet), alemman asteen tieverkolle (muut tiet eli seutu-, yhdys- ja paikallistiet) ja katuverkolle?

|                   | Päätieverkko | Alemman asteen tieverkko | Katuverkko | Summa (%) |
|-------------------|--------------|--------------------------|------------|-----------|
| Ajokilometrit (%) |              |                          |            | 100       |

**LIITE 5. Kuljetusyrityksien ilmoittamat lisäyhteysvälit, joilta heillä on paljon ajokokemusta sekä niille ilmoitetut ajoajat ja varattavat marginaalit**

| Yhteysväli           | Ajoaika kesällä | Ajoaika talvella | Marg. kesällä | Marg. talvella |
|----------------------|-----------------|------------------|---------------|----------------|
| Heinola-Helsinki     | 1:50            | 2:00             | 15            | 30             |
| Heinola-Kotka        | 1:45            | 1:55             | 15            | 30             |
| Helsinki-Joensuu     | 6:30            | 7:30             | 30            | 45             |
| Helsinki-Rauma       | 3:00            | 4:00             | 30            | 45             |
| Hirvaskangas-lisalmi | 2:30            |                  | 30            |                |
| Honkajoki-Pori       | 1:00            | 1:15             | 10            | 5              |
| Hyrnsalmi-Kemi       | 4:30            | 4:30             |               |                |
| Hämeenlinna-Helsinki | 1:15            | 1:30             |               |                |
| Iisvesi-Pori         | 5:00            | 5:00             | 15            | 15             |
| Imatra-Lappeenranta  | 0:45            | 0:50             | 10            | 15             |
| Isokyrö-Siilinjärvi  | 4:30            | 5:00             | 30            | 60             |
| Isokyrö-Uusikaupunki | 4:15            | 4:30             | 30            | 30             |
| Joensuu-Kuopio       | 1:40            | 1:40             | 5             | 5              |
| Jyväskylä-Mikkeli    | 1:50            | 2:00             | 30            | 60             |
| Jyväskylä-Varkaus    | 1:40            | 1:50             | 20            | 30             |
| Järvijoki-Raisio     | 0:35            | 0:50             | 5             | 15             |
| Kajaani-Oulu         | 3:00            | 3:00             | 30            | 30             |
| Kauhajoki-Alajärvi   | 1:40            | 2:00             | 15            | 30             |
| Kauhajoki-Pori       | 2:00            | 2:30             | 20            | 40             |
| Kauhava-Helsinki     | 6:00            | 7:00             | 15            | 35             |
| Kauhava-Joensuu      | 6:30            | 8:00             | 20            | 60             |
| Kotka-Imatra         | 2:00            | 2:00             |               |                |
| Kotka-Mikkeli        | 2:30            | 2:30             |               |                |
| Kotka-Vaalimaa       | 1:00            | 1:00             |               |                |
| Kouvola-Helsinki     | 2:00            | 2:20             |               |                |
| Kouvola-Rauma        | 5:00            | 5:30             |               | 30             |
| Kuopio-lisalmi       | 1:30            | 1:45             | 20            | 30             |
| Kuopio-Joensuu       | 1:30            | 1:50             |               |                |
| Kuopio-Oulu          | 4:15            | 4:50             |               |                |
| Kuopio-Savonlinna    | 2:00            | 2:00             | 5             | 5              |
| Kuusamo-Kemi         | 4:30            | 5:00             | 30            | 60             |
| Kuusamo-Oulu         | 2:20            | 2:35             | 10            | 40             |
| Laitila-Siikainen    | 1:35            | 1:45             | 10            | 15             |
| Laitila-Vampula      | 0:58            | 1:15             | 5             | 15             |
| L.ranta-Savonlinna   | 2:00            | 2:30             | 20            | 25             |
| Myrkkö-Kojjoki       | 0:13            | 0:20             | 10            | 20             |
| Myrkkö-Teuva         | 0:20            | 0:35             | 10            | 20             |
| Orivesi-Jämsä        | 1:00            | 1:00             | 15            | 15             |
| Oulu-Kajaani         | 2:30            | 3:00             | 10            | 20             |

Tieliikenteen sujuvuus ja sen mittaaminen  
LIITTEET

| Yhteysväli                      | Ajoaika kesällä | Ajoaika talvella | Marg. kesällä | Marg. talvella |
|---------------------------------|-----------------|------------------|---------------|----------------|
| Oulu-Rovaniemi                  | 3:10            | 3:40             | 10            | 30             |
| Parkano-Tampere                 | 1:35            | 1:50             | 10            | 25             |
| Petäjavesi-Jämsänkoski          | 0:45            | 1:15             | 10            | 15             |
| Petäjavesi-Korkeakoski          | 1:15            | 1:20             | 5             | 10             |
| Pieksämäki-Kajaani              | 5:30            | 5:45             | 20            | 30             |
| Pori-Helsinki                   | 3:10            | 1:30             | 15            | 20             |
| Pori-Kaskinen                   | 1:10            | 1:20             | 5             | 10             |
| Pori-Kuopio                     | 6:00            | 7:00             |               |                |
| Pori-Rauma                      | 0:45            | 0:50             | 5             | 10             |
| Pori-Tampere                    | 1:30            | 1:40             | 10            | 15             |
| Pori-Vaasa                      | 2:30            | 3:00             | 10            | 20             |
| Pyhtää-Porvoo                   | 0:45            | 0:50             | 10            | 20             |
| Raisio-Naantali                 | 0:13            | 0:16             | 3             | 6              |
| Riihimäki-Joensuu               | 6:00            | 6:30             | 15            | 30             |
| Riihimäki-Porvoo                | 1:20            | 1:30             | 10            | 15             |
| Riihimäki-Voikkaa               | 4:20            | 4:40             |               |                |
| Rovaniemi-Oulu                  | 3:00            | 3:10             | 10            | 20             |
| Rovaniemi-Oulu                  | 3:00            | 3:10             | 5             | 10             |
| Seinäjoki-Kokkola               | 1:50            | 1:55             | 10            | 20             |
| Sotkamo-Oulu                    | 3:15            | 3:30             | 20            | 30             |
| Tampere-Jyväskylä               | 1:50            | 2:00             | 20            | 20             |
| Tampere-Oulu                    | 7:00            | 7:30             | 30            | 30             |
| Tampere-Seinäjoki               | 2:40            | 3:00             | 20            | 30             |
| Tampereen ympäristö             | 8:00            | 8:00             | 45            | 45             |
| Teisko-Ruovesi                  | 1:00            | 1:20             |               |                |
| Tohmajärvi-Uimaharju            | 1:30            | 1:40             |               |                |
| Turku-Forssa                    | 1:10            | 1:15             | 5             | 10             |
| Turku-Kankaanpää                | 2:40            | 2:50             |               |                |
| Turku-Kokkola                   | 6:00            | 6:30             |               |                |
| Turku-Kouvola                   | 4:30            | 5:00             |               | 30             |
| Turku-Laitila                   | 0:45            | 60               |               |                |
| Turku-Rauma                     | 1:00            | 1:05             | 5             | 5              |
| Turku-Rauma                     | 1:10            | 1:20             |               |                |
| Turku-Rauma                     | 1:30            | 2:00             | 15            | 15             |
| Turku-Riihimäki                 | 2:10            | 2:20             |               |                |
| Uukuniemi-Lappeenranta          | 1:45            | 1:50             |               |                |
| Vantaa-Joensuu                  | 5:50            | 6:05             | 10            | 25             |
| Viitasaari-Pihtipudas-Pielavesi | 6:00            | 8:00             | 60            | 60             |
| Ylistaro-Raisio                 | 4:00            | 4:30             |               |                |
| Ylistaro-Uusikaupunki           | 4:00            | 4:20             |               |                |



LIITE 6. Kuljetusyrityksien ilmoittamat kokemukset myöhästymisistä

| Yhteysväli                    | Myöh. suuruus (min) | Myöhästymisen syy                             | Ajankohta             |
|-------------------------------|---------------------|---|-----------------------|
| Ylihärmä-Toijala              | 360                 | tien kapeus työmaalla                         | 1.4.                  |
| Ylihärmä-Toijala              | 360                 | painorajoitus, Tielaitoksen tie               | 1.4.                  |
| Uusikaupunki-Kuopio           | 360                 | rankka lumisade                               | talvi                 |
| Anttola-Lappeenranta          | 240                 | tie tukossa, toinen kuorma-auto kiinni mäessä | talvi -97             |
| Honkajoki-Pori                | 195                 | liukkaus                                      | joulukuu              |
| Harjavalta-Uusikaupunki       | 180                 | tie oli aurattu monttuiseksi                  | talvi                 |
| Turku-Outokumpu               | 180                 | suolaamattomuus                               | talvi                 |
| Raahe-Tervakoski              | 150                 | liukkaus välillä Tepua-Jalasjärvi             | talvi                 |
| Karvia-Pori                   | 135                 | liukkaus                                      | maaliskuu             |
| Ilomantsi-Kitee               | 120                 | liukkaus                                      | jouluk. -96           |
| Puolanka-Utajärvi             | 120                 | liukkaus                                      | 15.11 - 20.12 useasti |
| Pori-Alavus                   | 120                 | aurauskalusto pahasti myöhässä                | syksy -96             |
| Raisio-Oulu                   | 120                 | tietyöt                                       | kesä                  |
| Iisvesi-Närpiö                | 105                 | liukkaus                                      | marraskuu 96          |
| Karvia-Tampere                | 105                 | liukkaus                                      | tammikuu              |
| Helsinki-Jyväskylä            | 90                  | onnettomuus                                   | kesä.97               |
| Helsinki-Jyväskylä            | 90                  | ruuhka  | perjantai/heinäkuu    |
| Lahti-Oulu                    | 90                  | liukkaus                                      | talvi                 |
| Jyväskylä-Oulu                | 90                  | jäätä tiellä                                  | kevät -97             |
| Turku-Rauma-Eurajoki-Lappi TI | 90                  | auraamaton, liukas                            | talvi                 |
| Rovaniemi-Ivalo               | 60                  | liukkaus                                      | helmikuu              |
| Oulu-Nurmo                    | 60                  | lumi  | kevät -97             |
| Hamina-Lappeenranta           | 60                  | onnettomuus                                   | syyskuu               |
| Riihimäki-Joensuu             | 60                  | liukkaus, huono sää, lumimyrsky               | v-96 talvi            |
| Lahti-Kuopio                  | 60                  | kelirikko                                     | talvi                 |
| Turku-Korppoo                 | 60                  | lautta-aikataulun muutos                      | kesä.97               |
| Sotkamo-Kajaani               | 60                  | kelirikko                                     | toukok.-97            |

Tieliikenteen sujuvuus ja sen mittaaminen  
LIITTEET

| Yhteysväli                      | Myöh. suuruus (min) | Myöhästymisen syy                       | Ajankohta                  |
|---------------------------------|---------------------|---|----------------------------|
| Lahti-Mikkeli                   | 60                  | tietyöt                                 | kesä                       |
| Pihtipudas-Pielavesi            | 60                  | kelirikko, liukkaus                     | 1996                       |
| Hyvinkää-Varkaus                | 50                  | ruuhkaa                                 | kesä.97                    |
| Tampere-Turku                   | 50                  | sumu, tietyöt                           |                            |
| Helsinki-Lappeenranta           | 45                  | työmatka / viikonloppu ruuhka           | 27.8.1997                  |
| Jyväskylä-Äänekoski             | 45                  | työpaikka + muu liikenne                | aina ruuhkaa               |
| Savonlinna-Sulkava-Lappeenranta | 40                  | lautta/lossi yht.                       | jatkuvaa                   |
| Raisio-Naantali                 | 40                  | onnettomuuden aiheuttama ruuhka         | 19.9.1997                  |
| Tampere-Helsinki                | 40                  | työmatkaliikenteen aiheuttama ruuhka    | toukok. -97                |
| Kuopio-Vehmersalmi              | 40                  | lauttayhteys                            | kesä.97                    |
| Kuusamo-Oulu                    | 40                  | liukkaus, lumi                          | 23.9.1997                  |
| Tampere-Helsinki                | 35                  | työmatkaliikenteen aiheuttama ruuhka    | kesäk. -97                 |
| Sotkamo-Kajaani                 | 30                  | liukkaus                                | helmik.-97                 |
| Anttola-Mikkeli                 | 30                  | liukkaus, mäkeen kiinni juuttuminen     | talvi -97                  |
| Helsinki-Kotka                  | 30                  | tien kapeus, ruuhka                     |                            |
| Vehmersalmi-Kuopio              | 30                  | lauttayhteys                            | kesä.97                    |
| Helsinki-Tampere                | 30                  | ruuhkat                                 | aamut                      |
| Joensuu-Kuopio                  | 30                  | tietyö                                  | 1997                       |
| Tampere-Vaasa                   | 30                  | ruuhkat                                 | perjantai iltap.           |
| Tampere-Helsinki                | 30                  | kolari                                  | kesä.97                    |
| Kuortti-Lohja                   | 30                  | liikenneonnettomuus                     | elok. -97                  |
| Kouvola-Helsinki                | 30                  | tien kapeus ja runsas liikenne          | viikonloput                |
| Vierumäki-Mäntsälä              | 30                  | viikonloppuliikenne                     | kesä.97                    |
| Rovaniemi-Kemi                  | 30                  | liukkaus                                | joulukuu                   |
| Oulu-Rovaniemi                  | 30                  | huono sää, sumu                         |                            |
| Heinola-Kotka                   | 30                  | talviliukkaus                           | syksytalvesta              |
| Jakoajossa                      | 30                  | päällystystyöt                          | kesäkuukaudet              |
| Oulu-Kuusamo                    | 25                  | liukkaus                                | 24.9.1997                  |
| Jyväskylä-Helsinki              | 20                  | viikonloppuliikenteen aiheuttama ruuhka | kesä-, heinä- ja elokuussa |

Tieliikenteen sujuvuus ja sen mittaaminen  
LIITTEET

| Yhteysväli               | Myöh. suuruus (min) | Myöhästymisen syy              | Ajankohta              |
|--------------------------|---------------------|--------------------------------|------------------------|
| Hamina-Vaalimaa          | 20                  | onnettomuus                    | syyskuu                |
| Uurainen-Joutseno        | 20                  | tekninen vika                  | 7.10.1997              |
| Vt 4 Temmeksen työmaa    | 20                  | työmaa erittäin huonokuntoinen | koko vuosi             |
| Oulu-Kajaani             | 20                  | huono sää, sumu                |                        |
| Petäjävesi-Jämsänkoski   | 20                  | kapeus, liukkaus               | loka/tammik.           |
| Petäjävesi-Jämsänkoski   | 20                  | routaväänteet, mutkaisuus      | kevättalvella          |
| Petäjävesi-Korkeakoski   | 20                  | liukkaus                       | loka/tammik.           |
| Siilinjärvi-Kuopio       | 15                  | tietyöt                        | kesä-syyskuu           |
| Nurmijärvi-Helsinki      | 15                  | tietyöt                        | loka.97                |
| Turku-Rauma              | 15                  | pohjavesien suojaaminen        | Mynämäki, kesä/lokakuu |
| Imatra-Lappeenranta      | 15                  | ruuhka + nopeusrajoitus        | jatkuvaa               |
| Kemi-Hailuoto            | 15                  | kesällä paljon tietöitä        | kesä.97                |
| Laitila-Siikainen        | 15                  | liukkaus                       |                        |
| Laitila-Vampula          | 15                  | liukkaus                       |                        |
| Riihimäki-Voikkaa        | 15                  | hitaat ajoneuvot               |                        |
| Oulun kaupungin alueella | 15                  | peräänajo-onnettomuus          | perjantai iltapäivä    |
| Joensuu-Kuopio           | 10                  | Tietyöt ja huono kunto         | 1997                   |
| Tre-Hki                  | 10                  | onnettomuus                    |                        |
| Karkkila-Helsinki        | 10                  | hiljaa ajavat henkilöautot     | 19.9.1997              |
| Helsinki-Vaalimaa        | 10                  | viikonloppuliikenne            | 19.9.1997              |
| Turku-Rauma              | 10                  | tienparannustyöt               | kesä.97                |
| Alavus-Kuortane          | 10                  | tietyöt                        | heinä-elokuu           |
| Siilinjärvi-Kuopio       | 5                   | Kallansillan takia n. 5 kertaa | kesä.97                |



**LIITE 7. Tavoitettavuusindikaattori tiehallinnon (road administration) näkökulmasta eri jäsenmaissa (OECD 1997).**

*Tiehallinto :*

| Tavoitettavuus              | Australia   | Belgia   | Tanska        | Suomi  | Ranska  | Kreikka  |
|-----------------------------|---|--|---------------|--|---|--|
| Tieluokittainen palvelutaso | * käytetään tieverkon suoritteiden mittana<br>- kaistavara usaste<br>- matkojen osuus pääteillä | * palvelutaso määritelty tieluokittain sekä talvikunnossapidolle | - Ei käytössä | * Palvelutaso määritelty talvikunnossapidolle sekä lauttaliikenteelle<br>* Tien kunto<br>* Siltojen rakenteellinen kunto | * Laatutason indikaattori eri tieluokilla ja eri näkökulmista<br>* Talvikunnossapidossa indikaattori toimenpideajan suuruudelle | * Palvelutaso jaksottain kansallisella tieverkolla (ei analyyttisiä menetelmiä tai standardeja tällä hetkellä) |

*Tiehallinto :*

| Tavoitettavuus              | Japani  | Norja   | Ruotsi   | Sveitsi       | Iso-Britannia  | Yhdysvallat                                      |
|-----------------------------|---|---|--|---------------|--|--|
| Tieluokittainen palvelutaso | * Tiehallinto määrittelee palvelutasot, jotka ohjaavat kunnossapito- sekä hallintatoimenpiteitä | * Palvelutaso määritelty päätieverkolla (valtateillä) | * Palvelutaso määritelty talvikunnossapidolle (toimenpide-aika), tien kunnon, tieluokkien laadulle, standardeille päätieverkolla (valtateillä) | - Ei käytössä | * Ei käytetä ruuhkaluokittelussa<br>* Palvelutaso kunnossapidon puutteiden korjaamiselle ja talvikunnossapidon toimenpiteiden priorisointia varten | * Käytetään pääriteiden toimivuuden mittaamiseen |

**LIITE 8. Tavoitettavuusindikaattori tien käyttäjien (road users) näkökulmasta eri jäsenmaissa (OECD 1997).**

*Tienkäyttäjät :*

| Tavoitettavuus          | Australia  | Belgia  | Tanska  | Suomi                      | Ranska                     | Kreikka                   |
|-------------------------|--|---|---|----------------------------|----------------------------|---------------------------|
| Matka-aika              | - todellinen matka-aika kaupunkiteillä (min/km)<br>- Nimellinen matka-aika kaupunkiteillä (min/km) | * Käytetään indikaattorina  | * Matka-aikaa ja matkanopeutta tarkkaillaan valituissa kontrollipisteissä   | * Käytetään indikaattorina | * Käytetään indikaattorina | * Pidetään indikaattorina |
| Matkakustannus          | - Käyttäjän kustannus / kuljettu matka   | * Käytetään indikaattorina hyöty-kustannussuh-teessa multikriteeritutkimuksissa | * Sosioekonomisia matkakustannuksia käytetään ja päivitetään säännöllisesti | * Käytetään indikaattorina | * Käytetään indikaattorina | * Pidetään indikaattorina |
| Matka-ajan luotettavuus | - Matka-ajan vaihtelu  | - Ei käytetä  | - Ei käytetä  | * Käytetään indikaattorina | * Käytetään indikaattorina | - Tuskin käytetään        |

*Tienkäyttäjät :*

| Tavoitettavuus          | Japani                                       | Norja                      | Ruotsi   | Sveitsi       | Iso-Britannia  | Yhdysvallat   |
|-------------------------|--|----------------------------|--|---------------|--|---|
| Matka-aika              | * Matkanopeuksia ja matka-aikaa tarkkaillaan | * Käytetään indikaattorina | * Matka-aikaa ja matkanopeutta tarkkaillaan valituissa kontrollipisteissä  | - Ei käytössä | * Aika : harkinnan alla<br>* Nopeus : tarkkaillaan valituissa kontrollipisteissä | * Matka-aikaa töihin tarkkaillaan                   |
| Matkakustannus          | * Sisällytetty hyöty-kustannus - laskelmiin  | * Käytetään indikaattorina | * Matkakustannusta käytetään yhtenä indikaattorina hyöty-kustannus -suhteessa ja se perustuu maksuhalukkuus-tutkimuksiin | - Ei käytetä  | * Käytetään hyöty-kustannus-suhteessa indikaattorina                             | * Ei tarkkailla                                     |
| Matka-ajan luotettavuus | - Ei käytössä                                | - Ei käytössä              |  | - Ei käytössä | - Harkinnan alla   | * Kumulatiivinen matka-aika töihin suurkaupungeissa |

## LIITE 9. GPS (Global Positioning System) -järjestelmän kuvaus

**GPS (Global Positioning System) -järjestelmä** käsittää 24 satelliittia, jotka kiertävät avaruudessa maapalloa 60 asteen kulmassa kiertoratansa suhteen. Näiden lisäksi maan pinnalla on kuusi ohjausasemaa, jotka lähettävät päivitystietoja satelliiteille. GPS - järjestelmä on Yhdysvaltain puolustusministeriön omistama ja kaikkien GPS-vastaanottimien käytettävissä maailmanlaajuisesti. Vastaanottimen perustietoina saadaan liikkuvan tai paikallaan olevan kappaleen x-, y- ja z - koordinaatit. (Zito ym. 1995.)

**GPS-satelliitit** lähettävät tietoa noin 1500 Mhz:n taajuudella. Tieto otetaan vastaan ja käsitellään GPS - vastaanottimien avulla paikannustietojen laskemiseksi. Järjestelmän avulla vastaanottimen koordinaatit voidaan laskea sääoloista tai maantieteellisestä sijainnista riippumatta ja se tarjoaa ympäri- vuorokautisen ja muihin järjestelmiin verrattuna parhaimman maailmanlaajuisen kattavuuden. Järjestelmä ei kuitenkaan ole täysin aukoton, sillä signaalikatkoksia esiintyy tunneleissa, siltojen alla ja paikoissa, joissa signaalit eivät pääse etenemään vapaasti.

**GPS-järjestelmä** perustuu kolmiomittaukseen, jossa etäisyydet satelliiteista GPS - vastaanottimeen lasketaan valon nopeuden ja matkaan kuluneen ajan avulla. Aika saadaan selville tarkastelemalla vastaanottimen ja GPS-signaalin välistä vaihesiirtymää. Tästä johtuen ajoitus on GPS-järjestelmän peruspilari, ja vastaanottimet on varustettu yhdenmukaisilla kelloilla, joiden tarkkuus on nanosekunnin luokkaa. Satelliitit käyttävät ajan laskemisessa atomikelloja. Satelliittien sijainti avaruudessa selvitetään maanpäällisten ohjausasemien avulla, jotka lähettävät tiedon vastaanottimelle satelliitin välityksellä. Lopuksi suoritetaan maapallon ilmakehästä johtuvat korjaukset , sillä GPS-signaali (elektromagneettista säteilyä) kulkee ilmakehän eri osissa eri nopeudella. Nämä ilmakehän eri osista aiheutuvat virheet on korjattava, sillä esimerkiksi yhden mikrosekunnin virhe ajoituksessa johtaa 300 metrin virheeseen sijainnissa. Kolmiomittauksen laskentayhtälössä on neljä tuntematonta muuttujaa ; vastaanottimen x-, y- ja z-koordinaatti sekä vastaanottimen kellosiirtymä, joka tarkoittaa synkronoitujen satelliittien ja vastaanottimen kellojen aikaeroa. Kaikki neljä muuttujaa saadaan laskettua, kun näkyvissä on neljä satelliittia, mutta usein laskenta joudutaan suorittamaan kolmen satelliitin avulla, jolloin z-koordinaatti jätetään määrittämättä. (Zito ym. 1995.)

**GPS- järjestelmä** lähettää tietoa kahdella eri aallonpituudella ; karkeaa paikannusta varten (aallonpituus 24 cm , Coarse Acquisition Code, C/A Code) tai tarkkaa paikannusta varten (aallonpituus 19 cm, Precise Acquisition Code, P Code). Sijainti saadaan sitä tarkemmin lasketuksi mitä pienempi aallonpituus on. Ohjausasemat lähettävät satelliiteille kellojen tarkkuuteen, ilmakehän tiheyteen ja satelliittien kiertorataan liittyvää korjausdataa kerran



tunnissa. Järjestelmä on varustettu tiedon luotettavuuden varmistamiseksi lähettämään ns. PDOP -parametrejä (position dilution of precision), koska tiedon on oltava tarkkaa ja luotettavaa. Kolmiomittaukseen perustuvan GPS -järjestelmän sijainnin tarkkuuden laatu on riippuvainen laskennassa käytettävien satelliittien geometrisesta muodostelmasta. Paikannustarkkuus on heikko, kun satelliitit sijaitsevat lähellä horisonttia. Tällöin PDOP -arvo on korkea (yli viisi). Tilanne on ideaalinen satelliittien sijaitessa juuri vastaanottimen yläpuolella tasaisin välimatkoin. PDOP -arvot, jotka ovat alle kolmen takaavat korkealaatuisen sijaintitiedon. GPS- järjestelmä ei ole 100 %:sen luotettava ja tämän epäkohdan tarkkailemiseksi on kehitetty edellä mainittu luotettavuusindikaattorijärjestelmä. (Zito ym. 1995.)

Liikenteen hallinnasta puhuttaessa on syytä käsitellä **GPS-järjestelmän** tosiaikaista **tarkkuutta**. Tosiaikaisuus voidaan määrittellä GPS -vastaanottimen hetkellisenä sijainti-ilmoituksena, joka on saatavilla jokaisena ajanhetkenä ilman jälkikäsitteilyä tarvetta. Yhdysvaltain puolustusministeriön virhemäärityksen mukaan GPS pystyy 95 % käyttöajastaan 50 metrin paikannustarkkuuteen ja jos koordinaatit korjataan differentiaalikorjauksen avulla saavutetaan viiden metrin tarkkuus. **Differentiaalikorjauksessa** käytetään hyväksi toista GPS-vastaanotinta, joka on sijoitettu tunnettuun referenssipisteeseen. Täten GPS -paikannuksen aikana syntyneet virheet saadaan määritettyä ja korjattua korjausvektorien avulla. (Zito ym. 1995.)

GPS -järjestelmän tuottamaa aika-, sijainti- ja nopeusdataa voidaan mainiosti käyttää hyväksi myös liikennetutkimuksissa ja ajoneuvojen paikantamisessa. **Nopeus ja kiihtyvyys** ovat tärkeitä indikaattoreita arvioitaessa ajoneuvon ja liikennejärjestelmän suorituskykyä - varsinkin ruuhkaisissa olosuhteissa. Nopeus voidaan laskea GPS:n avulla kahdella eri tavalla. Ensimmäinen ja selvempi keino on johtaa nopeus sijaintilaskelmista, sillä nämä kaikki ovat aikasidonnaisia. Tämä tapahtuu yksinkertaisesti jakamalla GPS -lukemien välillä kuljettu matka tähän kuluneella ajalla. Nykyajan vastaanottimet pystyvät tulostamaan sijaintilukemia jopa 10 kertaa sekunnissa. Korjaamattomat GPS -koordinaatit voivat sisältää jopa 50 metrin epätarkkuuden ja saattavat johtaa nopeuden laskennassa jopa 180 km/h suuruisen virheeseen pieniä aikavälejä käytettäessä. Halvemman hintaluokan vastaanottimissa tämä on usein ainoa keino nopeuden laskemiseksi. Täten joudutaan soveltamaan erilaisia korjaustekniikoita (esimerkiksi Kalman -suodatus) nopeuskomponentin tarkkuuden varmistamiseksi. (Zito ym.1995.)

Toinen ja parempi tapa nopeuden selvittämiseksi on käyttää GPS -vastaanottimia, jotka tulostavat nopeuden suoraan (esimerkiksi Trimble SV6). Tämä menetelmä käyttää hyväksi Doppler -ilmiötä ja mittaa suoraan ajoneuvon nopeuden GPS -signaalin taajuuseron muutoksen avulla. Samaa ilmiötä käytetään pistoolitutkamittauksessa nopeuden laskemiseksi. Tällä menetelmällä mitatut nopeudet ovat huomattavasti tarkempia kuin edellä

mainitussa menetelmässä ja esimerkiksi Australiassa tehtyjen kokeiden perusteella virhe on luokkaa 2 km/h riippumatta tarkasteltavasta nopeustasosta. Käytännössä nopeuden mittaamisessa olisi pyrittävä käyttämään aina tätä menetelmää ja ko. GPS -vastaanottimet ovat myyntihintojen laskiessa yleistymässä nopeasti. Kiihtyvyys on johdettu määre ja se lasketaan jakamalla nopeuden muutos ajan muutoksella. Kiihtyvyyden virheen on havaittu pysyvän vakiona sekä pienillä että suurilla kiihtyvyyksillä ja olevan noin 2 km/h/s.

### **GPS:n käyttäminen kaupunkialueilla**

Eräänä GPS:n haittana voidaan pitää ajoittaisia signaalikatkoksia, joita esiintyy varsinkin kaupunkialueilla, joissa korkeat rakennukset muodostavat katvealueita, jotka saattavat estää satelliitin signaalin saapumisen vastaanottimeen. Australian Adelaidessa tehdyn tutkimuksen mukaan CBD (Central Business District) -alueilla saavutettiin 0.6 km/h tarkkuus nopeuden suhteen. Virhettä analysoitaessa ajan funktiona havaittiin, että nopeusvirhe kasvaa, kun PDOP-arvo on korkea tai kun NSAT (havaittavissa olevien satelliittien määrä) -arvo laskee. (Zito ym. 1995.)

GPS ei kykene tarjoamaan täysin luotettavaa tietoa ajoneuvojen paikannukseen kaikissa olosuhteissa. Siitä minkälaiseksi ongelmaksi tämä muodostuu riippuu käytettävän sovelluksen käyttötarkoituksesta. GPS:n luotettavuutta voidaan parantaa erilaisten tekniikoiden avulla. GPS-järjestelmään voidaan liittää ns. vektoripaikannusjärjestelmä (dead reckoning system), joka käyttää hyväkseen jatkuvuuslaskentaa sijainnin laskemiseksi tunnetun lähtöpisteen suhteen. Nämä järjestelmät tukevat toisiaan, sillä vektoripaikannuksessa virhe kumuloituu kuljetun matkan pituuden suhteen ja tätä virhettä voidaan korjata GPS-paikannuksen avulla ja päinvastoin. Tämä menetelmä on suhteellisen kallis, sillä GPS-vastaanottimen lisäksi tarvitaan vektoripaikannukseen gyroskoopit ja ohjelmisto näiden kahden järjestelmän yhteensovit- tamiseksi. Toinen, helpompi mahdollisuus on käyttää magneettista kompassia ja anturi-ilmaisinta, jotka kiinnitetään ajoneuvon nopeusmittarin kaapeliin. Nämä mittaavat suuntaa ja kuljettua etäisyyttä, kun GPS-järjestelmä on katvealueella. (Zito ym. 1995.)



ISBN 951-726-432-  
ISSN 0788-3722  
TIEL 320 0512