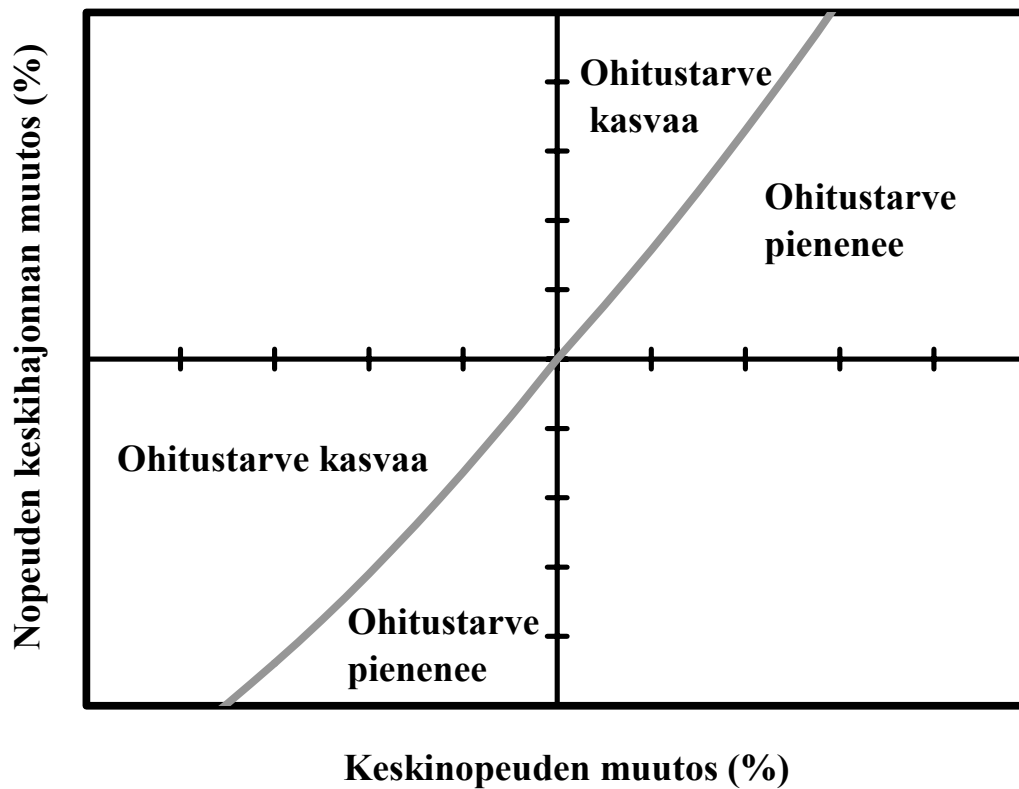


# Nopeusrajoituksen vaikutus ohitukseen kaksikaistaisilla maanteillä

Kirjallisuustutkimus





**S12 Pääteiden parantamisratkaisut**

**Nopeusrajoituksen vaikutus ohituksiin kaksikaistaisilla  
maanteillä**

**Kirjallisuustutkimus**

**Tiehallinnon selvityksiä 57/2001**

**Tiehallinto**

Helsinki 2001

ISSN 1457-9871  
ISBN 951-726-806-8  
TIEH 3200703

Oy Edita Ab  
Helsinki 2001

Julkaisua myy/saatavana:  
Tiehallinto, julkaisumyynti  
Telefaksi 0204 22 2652  
S-posti [julkaisumyynti@tiehallinto.fi](mailto:julkaisumyynti@tiehallinto.fi)  
[www.tiehallinto.fi/julk2.htm](http://www.tiehallinto.fi/julk2.htm)

**Tiehallinto**  
Tie- ja liikennetekniikka  
Opastinsilta 12 A  
PL 33  
00521 HELSINKI  
Puhelinvaihte 0204 2211

**S12 Pääteiden parantamisratkaisut: Paula Tuovinen, Åsa Enberg: Nopeusrajoituksen vaikutus ohitukseen kaksikaistaisilla maanteillä. Kirjallisuustutkimus.** Helsinki 2001. Tiehallinto, tie- ja liikennetekniikka. Tiehallinnon selvityksiä 57/2001 41 s. ISSN 1457-9871, ISBN 951-726-806-8, TIEH 3200703.

**Asiasanat:** ohitus, nopeusrajoitukset, liikennevirta  
**Aiheluokka:** 21

## TIIVISTELMÄ

Kaksikaistaisten teiden liikenneturvallisuuden parantamiseksi on aika ajoin ehdotettu nopeusrajoitusten alentamista. Nopeusrajoituksen vaikutusta ohituskäyttäytymiseen ei kuitenkaan tunneta. Tässä selvityksessä on tarkasteltu nopeusrajoituksen vaikutusta teoreettiseen ohitustarpeeseen sekä todellisiin ohituksiin kirjallisuustutkimuksen avulla. Lisäksi on selvitetty Teknillisen korkeakoulun liikennelaboratorion rekisteritunnustutkimusaineistojen ja liikenteen automaattisten mittauspisteiden (LAM) hyödyntämismahdollisuudet nopeusrajoituksen vaikutusten selvittämisessä. LAM-aineistojen käyttöä on myös kokeiltu kahdessa esimerkkikohteessa.

Teorian mukaan ohitustarve on riippuvainen liikennemäärästä sekä ajoneuvojen tavoitenopeuksien jakaumasta. Nopeusrajoituksen muutoksen vaikutus ohitustarpeeseen tietyllä liikennemäärällä on riippuvainen tavoitenopeuksien keskihajonnan ja keskiarvon neliön suhteen muutoksesta. Nopeusrajoituksen alentuessa tavoitenopeuksien keskihajonnan tulee pienentyä huomattavasti keskinopeutta enemmän, jotta teoreettinen ohitustarve ei kasvaisi.

Tässä työssä tehdyn kokeilun perusteella teoreettinen ohitustarve näyttäisi olevan pienempi nopeusrajoituksella 80 km/h kuin nopeusrajoituksella 100 km/h. Kirjallisuudesta löytyneissä kahdessa selvityksessä oli päädytty erilaiseen tulokseen. Toisen mukaan nopeusrajoituksella ei ole vaikutusta teoreettiseen ohitustarpeeseen, toisen mukaan nopeusrajoituksen alentaminen kasvattaa teoreettista ohitustarvetta. Tulosten erot saattavat ainakin osittain johtua lähtötietojen erilaisesta hankkimistavasta. Nopeusrajoituksen muutoksen vaikutusta teoreettiseen ohitustarpeeseen tulisi selvittää edelleen. Lisäksi tulisi selvittää ja mahdollisesti kehittää sopivia menetelmiä kuljettajien tavoitenopeuksien jakauman määrittämiseksi.

Liikennevirran todellista ohitustiheyttä ei ole mahdollista määrittää pistenopeusmittausten perusteella. Vaikka teoreettinen ohitustarve pienenisikin nopeusrajoituksen alentuessa, ei todellisen ohitusmäärän muutosta voi varmuudella arvioida. Nopeusrajoitusmuutoksen vaikutusta todellisiin ohitusmääriin ei ole edes kovin laajalti tutkittu. Kirjallisuudesta ei löytynyt tutkimuksia, jossa tien nopeusrajoituksen muutoksen vaikutuksia olisi selvitetty kenttämittausten avulla.

Nopeusrajoitusmuutoksen vaikutus todellisiin ohitusmääriin voidaan selvittää rekisteritunnustutkimuksella. Tarkastelukohteena voisivat olla sellaiset tieosuudet, joilla on talvella voimassa alennettu nopeusrajoitus tai joissa nopeusrajoitus olisi mahdollista vaihtaa esimerkiksi muuttuvilla nopeusrajoitusmerkeillä. Rekisteritunnustutkimuksia tulisi tehdä erilaisissa liikennetilanteissa ja geometrialtaan erityyppisissä kohteissa, jotta voitaisiin arvioida myös näkemäolosuhteiden vaikutusta ohitusmäärän muutokseen. Tutkimuksessa on mahdollista käyttää TKK:n liikennelaboratorion aikaisempien rekisteritunnustutkimusten aineistoja. Tällöin vertailuaineisto saataisiin tekemällä rekisteritunnustutkimus samassa kohteessa eri nopeusrajoituksen aikana.

**Nyckelord:** omkörning, hastighetsbegränsning, trafikflöde

## **SAMMANFATTNING**

För att förbättra tvåfältsvägars trafiksäkerhet har man alltid nu och då föreslagit en sänkning av hastighetsbegränsningen. Man känner dock inte till hastighetsbegränsningens inverkan på omkörningsbeteendet. I denna utredning undersöks hastighetsgränsens inverkan på det teoretiska omkörningsbehovet samt på de verkliga omkörningarna med hjälp av tillbudsstående litteratur. Dessutom utreds möjligheterna att använda information från Tekniska högskolans tidigare registernummerundersökningar samt från Vägförvaltningens automatiska mätpunkter för att utreda verkningarna av hastighetsbegränsningen. Material från två automatiska mätpunkter användes för att pröva användningsmöjligheterna.

Enligt teorin är omkörningsbehovet beroende av trafikflödet och fördelningen av fordonens önskade hastigheter. Inverkan av en ändring av hastighetsbegränsningen på omkörningsbehovet för ett visst trafikflöde är beroende av förändringen i förhållandet mellan hastigheternas standardavvikelse och kvadraten på medelhastigheterna. Vid en sänkning av hastighetsbegränsningen bör standardavvikelsen för de önskade hastigheterna minska betydligt mer än medelhastigheterna för att det teoretiska omkörningsbehovet inte skall öka.

Enligt det experiment som gjordes i denna utredning verkar det som om det teoretiska omkörningsbehovet skulle vara mindre då hastighetsbegränsningen är 80 km/h än då hastighetsbegränsningen är 100 km/h. I de två utredningar som hittades från litteraturen hade man kommit till ett annat resultat. Enligt den ena ökar det teoretiska omkörningsbehovet, då hastighetsbegränsningen sänks, och enligt den andra har detta ingen inverkan på det teoretiska omkörningsbehovet. Skillnaderna i resultaten kan åtminstone delvis bero på att utgångsmaterialet har anskaffats på olika sätt. Hur en ändring i hastighetsbegränsningen inverkar på det teoretiska omkörningsbehovet är ett ämne, som borde utforskas vidare. Dessutom borde man utreda och möjligen utveckla lämpliga metoder för att bestämma fördelningen av förarnas önskade hastigheter.

Det är inte möjligt att bestämma trafikflödets verkliga omkörningstäthet med hjälp av punkthastighetsmätningar. Även om det teoretiska omkörningsbehovet skulle minska, då hastighetsbegränsningen sänks, kan man inte med säkerhet uppskatta förändringen i det verkliga antalet omkörningar. Inverkan av en ändring i hastighetsbegränsningen på de verkliga omkörningsmängderna har inte ens undersökts särskilt mycket. I litteraturen hittades inga sådana undersökningar, där man skulle ha undersökt saken med hjälp av fältmätningar.

Inverkan av en förändring av hastighetsbegränsningen på det verkliga antalet omkörningar kan undersökas med hjälp av registernummerundersökningar. Man kunde t.ex. använda sig av sådana vägsträckor, där hastighetsbegränsningen sänks till vintern eller där det är möjligt att ändra begränsningen med hjälp av t.ex. variabla vägmärken. Registernummerundersökningar borde göras i olika trafiksituationer och på vägsträckor med olika geometrisk utformning för att man också skulle kunna uppskatta siktförhållandenas inverkan på antalet omkörningar. En möjlighet är att använda det material som trafiklaboratoriet vid Tekniska högskolan har insamlat vid tidigare registernummerundersökningar. Jämförelsematerialet skulle erhållas genom att göra registernummerundersökningar på samma vägsträcka men med en annan hastighetsbegränsning.

**Keywords:** overtaking, speed limit, traffic flow

## **SUMMARY**

Now and then a lowering of the speed limit on two-lane roads is suggested from traffic safety reasons. However, the impact of different speed limits on the overtaking behaviour is not clearly known. In this study the impact of speed limits on the overtakings is studied by means of a literature review. In addition, the possibilities to use data from earlier license plate measurements done by Helsinki University of Technology and the automatic traffic measurement system of the Finnish Road Administration are found out. An experiment with data from two different automatic measurement points was also done.

In theory the overtaking demand depends on the flow rate and the distribution of the desired speeds of the vehicles. The impact of a change in the speed limit on the overtaking demand for a certain flow rate depends on the changes in the ratio of the standard deviation of desired speeds to the square of the average desired speeds. When lowering the speed limit the standard deviation of the desired speeds must decrease remarkably more than the average speeds in order to not increase the overtaking demand.

According to the results of the experiment done in this study the theoretic overtaking demand seems to be lower when the speed limit is 80 km/h than when the speed limit is 100 km/h. This result is different from the results of two Finnish studies found from the literature. The other one states that a lowering of the speed limit increases the theoretic overtaking demand and the other one states that this has no impact on the overtaking demand. The difference in the results may, at least partly, be due to different methods in gathering the data for the analyses. The impact of changes in speed limits on the theoretic overtaking demand should be studied further. In addition, suitable methods to estimate the distribution of car drivers' desired speeds should be studied and possibly developed.

It is impossible to determine the real overtaking rates from point measurement data. Even if the theoretic overtaking demand would decrease when lowering the speed limit, it is not possible to definitely estimate the changes in the real number of overtakings. The impact of speed limit changes on the real overtaking rates has not even been studied very extensively. From the literature no field measurement studies could be found on this topic.

The impact of different speed limits on real overtaking rates can be found out only by means of the license plate measurement method. The measurements could be done on road sections where speed limits are lowered during the winter time or where it is possible to change the speed limit, for instance with variable speed limit signs. License plate measurements should be done in different traffic circumstances on road sections with different geometry in order to also be able to estimate the impact of different sight distances. One possibility is to use old license plate data from Helsinki University of Technology. Comparison data could be gathered from license plate studies on the same road sections as before but with a different speed limit.





## ESIPUHE

Kaksikaistaisen maantien nopeusrajoituksen noustessa ohitustarve yleensä kasvaa. Ohitusten määrän arvioiminen kaksikaistaisella tiellä on kuitenkin vaikeaa, sillä ohitustarpeen lisäksi myös ohitusmahdollisuudet vaikuttavat ohitusten määrään. Nopeusrajoituksen muuttumisen vaikutusta todellisiin ohitusmääriin ei toistaiseksi tunneta riittävän hyvin. Tässä selvityksessä on kirjallisuuden ja teorian avulla tarkasteltu nopeusrajoituksen vaikutusta ohitustarpeeseen ja nopeuksiin kaksikaistaisilla maanteilla. Lisäksi on selvitetty Teknillisen korkeakoulun liikennelaboratorion rekisteritunnustutkimusaineistojen ja Tiehallinnon liikenteen automaattisen mittausjärjestelmän (LAM) hyödyntämismahdollisuudet. LAM-aineistojen käyttöä on myös kokeiltu kahdessa esimerkkikohteessa.

Selvitys on laadittu Tiehallinnon tie- ja liikennetekniikkayksikön tilauksesta Teknillisen korkeakoulun liikennelaboratoriossa. Tilaaajan yhdyshenkilönä toimi tieinsinööri Jukka Lehtinen. Vastuuhenkilönä TKK:ssa oli professori Matti Pursula. Selvityksen ovat TKK:ssa tehneet DI Paula Tuovinen ja DI Åsa Enberg.

Selvitys on osa Tiehallinnon strategista projektia S12 Pääteiden parantamiskäsit.

Helsingissä elokuussa 2001

Tiehallinto  
Tie- ja liikennetekniikka

**Sisältö**

1	JOHDANTO	9
1.1	Tausta ja tarkoitus	9
1.2	Määritelmiä	10
2	TEORIA	11
2.1	Ohitustarve	11
2.2	Ohitusmahdollisuus	12
2.3	Nopeusrajoituksen vaikutus ohitustarpeeseen	15
2.4	Ohitukset kaksikaistaisen tien mikrosimulointiohjelmissa	16
3	OHITUSTUTKIMUKSET	18
3.1	Yleistä	18
3.2	Suomalaiset tutkimukset	18
3.2.1	Piirainen (1974)	18
3.2.2	Peltola (1991)	24
3.2.3	Kallberg (1992) ja Liikenne- ja viestintäministeriö (2000)	25
3.3	Ruotsalaiset tutkimukset	27
3.3.1	Carlsson, Nilsson & Wretling (1992)	27
3.3.2	Nilsson & Obrenovic (2000)	30
4	OLEMASSA OLEVIENTEN AINEISTOJEN KÄYTTÖ OHITUSTARPEEN ARVIOINNISSA	34
4.1	Tiehallinnon liikenteen automaattisen mittausjärjestelmän (LAM) hyödyntäminen	34
4.2	Esimerkki LAM-aineistojen käytöstä	34
4.3	Rekisteritunnustutkimusaineistojen hyödyntäminen	37
5	JOHTOPÄÄTÖKSET JA SUOSITUKSET	38
6	LÄHDELUETTELO	40

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Tausta ja tarkoitus

Kaksikaistaiset tiet muodostavat ja tulevat tulevaisuudessakin muodostamaan Suomen päätieverkon rungon. Suomen maanteistä noin 99 % on kaksikaistaisia (Tiehallinto 2001). Kaksikaistaisten teiden liikenteen sujuvuutta yritetään parantaa vanhan tien linjausta ja rakennetta perusparantamalla tai rakentamalla esimerkiksi ohituskaistoja kriittisiin kohteisiin.

Ohitusten helppous on yksi keskeisiä kaksikaistaisten teiden palvelutasoa kuvaavia suureita. Käytävissä ei kuitenkaan ole selkeää ohituksen helppouden mittaria. Yhtenä mittarina voidaan luonnollisesti pitää suoritettujen ohitusten määrää. Ohitustarve on teorian mukaan riippuvainen liikennemäärästä sekä ajoneuvojen tavoitenopeuksien jakaumasta.

Ohitusten määrän arvioiminen kaksikaistaisella tiellä on vaikeaa, sillä ohitustarpeen lisäksi myös ohitusmahdollisuudet vaikuttavat ohitusten määrään. Ohitusmahdollisuus on puolestaan riippuvainen vastaantulijan liikenteen määrästä ja tien linjauksesta. Kohtaavat ajoneuvot, näkemäesteet ja ohituskiellot rajoittavat ohittamista ja aiheuttavat jonoutumista.

Ohituksilla on huomattava merkitys liikenneturvallisuuden kannalta. Ohitustapahtumaan liittyy turvallisuusriski kuljettajien tekemien virhearviointien vuoksi. Vaaratilanteessa ohitettavan ajoneuvon kuljettaja ja vastaantulija pystyvät kuitenkin useimmiten estämään onnettomuuden alentamalla nopeuttaan ja/tai väistämällä. Tästä seuraa, että virhearvion tehnyt ohittaja saattaa kokea ohituksen jopa onnistuneeksi. Palautteen vähäisyys saattaa olla yksi syy siihen, ettei ohitukseen liittyvä arviointikyky kehity kovin paljon edes ajokokemuksen myötä (Häkkinen & Luoma 1990).

Liikenneturvallisuussyistä on ehdotettu mm. nopeusrajoitusten alentamista kaksikaistaisilla maanteillä. Nopeusrajoitusten alentamisen vaikutusta ohituskäyttäytymiseen ei kuitenkaan tunneta. Teorian mukaan ohitustarve (ohituksia/kmh) pienenee keskinopeuden laskiessa, mikäli nopeuksien keskihajonta pienenee samalla riittävästi. Nopeusrajoituksen alentamisen on toisaalta väitetty lisäävän jonossa-ajoa ja synnyttävän uusia turvallisuusriskejä.

Tässä selvityksessä tarkastellaan yksittäisen kuljettajan ohituskäyttäytymistä sekä liikennevirran ohitustarvetta ja ohitusmääriä teoriassa sekä kirjallisuustutkimuksen avulla. Tarkastelun kohteena on erityisesti nopeusrajoituksen vaikutus ohitukseen. Lisäksi on selvitetty liikenteen automaattisen mittausjärjestelmän (LAM) hyödyntämismahdollisuudet nopeusrajoituksen vaikutuksen selvittämisessä ja kokeiltu LAM-aineistojen käyttöä kahdessa esimerkkitapauksessa.

## 1.2 Määritelmiä

**Tavoitenopeus** on se nopeustaso, jolla kuljettaja pyrkii ajamaan. Tavoite-nopeuteen vaikuttavat tien, ajoneuvon ja kuljettajan ominaisuudet sekä liikennetilanne. (McLean 1989, Kiljunen & Summala 1996).

**Keskimääräinen pistenopeus** ( $\bar{v}_t$ ) eli **aikajakauman keskinopeus** on liikenneyksiköiden pistenopeuksien keskiarvo niiden ohittaessa tien tietyn poikkileikkauksen määrättyä ajanjaksona. (Innamaa & Pursula 2001).

**Keskimääräinen matkanopeus** ( $\bar{v}_s$ ) eli **matkajakauman keskinopeus** on kaikkien tai tiettyyn ajoneuvoryhmään kuuluvien liikenneyksiköiden tietyllä tiellä kulkemien matkojen summan ja niiden matka-aikojen summan osamäärä tietyssä ajanjaksona. (Innamaa & Pursula 2001).

**Ohitustarve.** Ne ohitukset, jotka olisi suoritettava, jotta kuljettajat voisivat ajaa haluamallaan nopeudella. (Nokela & al. 1980).

**Aktiivinen ohitus** on ohitus ohittajan kannalta. (Nokela & al. 1980).

**Passiivinen ohitus** on ohitus ohitettavan kannalta. (Nokela & al. 1980).

**Ajoneuvon ohitustiheys** on ohitusten lukumäärä tien pituusyksikköä ja ajoneuvoa kohti. (Nokela & al. 1980).

**Liikennevirran ohitustiheys** on ohitusten lukumäärä aikayksikköä ja tien pituusyksikköä kohti. Se saadaan kertomalla ajoneuvon ohitustiheys liikennemäärällä. (Nokela & al. 1980).

## 2 TEORIA

### 2.1 Ohitustarve

Ohitustarve aiheutuu ajoneuvojen kuljettajien välisistä tavoitenopeuseroista. Tavoitenopeuteen vaikuttavat nopeusrajoitus ja tien geometria sekä kuljettajan ja ajoneuvon ominaisuudet. Myös ulkoiset olosuhteet, kuten keli ja tien kunto, sekä mm. kuljettajan mahdollinen kiire ja vireystila, vaikuttavat siihen, millä nopeudella kuljettaja haluaa ajaa. Kuljettajan tavoitenopeus saattaa myös vaihdella tien eri osissa.

Ohitustarve voidaan määrittää joko yksittäiselle ajoneuvolle tai koko liikennevirralle yhteensä. Liikennevirran ohitustarvetta kuvataan ohitusten lukumääränä kilometriä ja tuntia kohti, yksittäisen ajoneuvon ohitustarvetta ohitusten lukumääränä ajoneuvoa ja kilometriä tai tuntia kohti.

Liikennevirran ohitustarve voidaan laskea yhtälöstä (1), jos ajoneuvojen kuljettajien tavoitenopeuksien matkajakauma on normaalijakautunut (Wardrop 1952). Ohitustarve on suoraan verrannollinen liikennemäärän neliöön ja nopeuksien hajontaan ja kääntäen verrannollinen matkajakauman keskinopeuden neliöön (tai suoraan verrannollinen nopeuksien hajontaan ja liikennetiheyden neliöön).

$$N = \frac{q^2 \sigma_s}{\bar{v}_s^2 \sqrt{\pi}} = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \cdot k^2 \sigma_s \quad (1)$$

jossa  $N$  = ohitusten lukumäärä liikennevirrassa (ohit/kmh)  
 $q$  = liikennemäärä (ajon/h)  
 $\sigma_s$  = nopeusjakauman hajonta (km/h)  
 $\bar{v}_s$  = matkajakauman keskinopeus (km/h)  
 $k$  = liikennetiheys (ajon/km).

Jokaista aktiivista ohitusta kohti on myös passiivinen ohitus. Aktiivisten ja passiivisten ohitusten lukumäärät ovat yhtä suuret koko liikennevirran kannalta. Yksittäisen ajoneuvon aktiivisten ja passiivisten ohitusten lukumäärän erotus saadaan yhtälöstä (2).

$$N_a - N_p = (v_i - \bar{v}_s)k \quad (2)$$

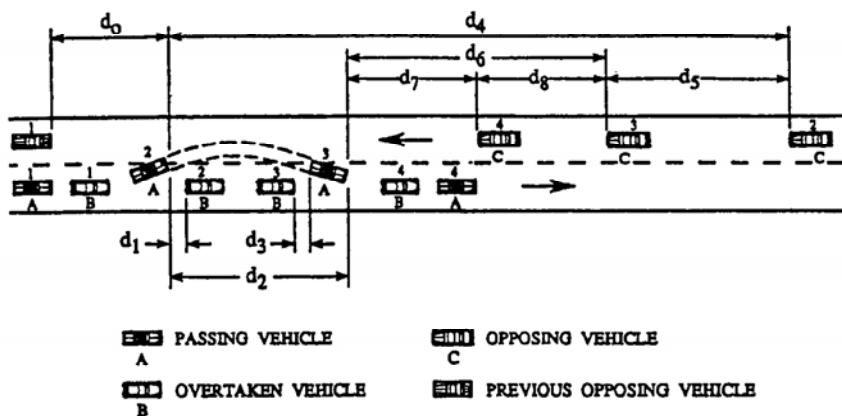
jossa  $N_a$  = aktiivisten ohitusten lukumäärä/h  
 $N_p$  = passiivisten ohitusten lukumäärä/h  
 $v_i$  = ajoneuvon matkanopeus (km/h)  
 $\bar{v}_s$  = liikennevirran matkajakauman keskinopeus (km/h)  
 $k$  = liikennetiheys (ajon/km).

Nopeudella  $v_i$  ajavan ajoneuvon aktiivisten ja passiivisten ohitusten lukumäärän erotus on siis suoraan verrannollinen liikennetiheyteen ja ajoneuvon nopeuden poikkeamaan liikennevirran keskinopeudesta. Jos ajoneuvo liikkuu liikennevirran keskinopeudella, on aktiivisten ja passiivisten ohitusten lukumäärä ajoneuvon kannalta yhtä suuri. Ohitusten lukumäärän minimi saavutetaan mediaaninopeudella. (Pursula & Innamaa 2001).

## 2.2 Ohitusmahdollisuus

Mikäli ohitukset voivat tapahtua rajoituksetta, on liikennevirran ohitustiheys yhtälön (1) mukainen. Teoriassa ohitustiheys on tällöin riippuvainen ainoastaan liikennemäärästä ja tavoitenopeuksien matkajakaumasta. Todellisuudessa ohittaminen ei ole aina mahdollista kaksikaistaisella tiellä. Ohittamista rajoittavat vastaan tuleva liikenne sekä ohituskiellot näkemäesteiden, liittymien, levähdysalueiden ym. kohdalla. Mikäli kaikkia tarvittavia ohituksia ei voida suorittaa, keräävät hitaasti ajavat ajoneuvot taakseen jonoja.

Kuvassa 1 on esitetty ohituksen eri vaiheet. Kun ohituskielto tai näkemä ei rajoita ohittamista, tarvitaan ohittamiseen kaksikaistaisella tiellä riittävän pitkä aikaväli vastakkaisen suunnan liikennevirrassa (kuvassa 1 vastaava etäisyys  $d_0+d_4$ ). Tarvittavan aikavälin pituus on riippuvainen monesta tekijästä. Siihen vaikuttavat ohittajan ja vastaan tulijan nopeudet sekä ohittavan ja ohitettavan ajoneuvon nopeusero ja pituudet. Lisäksi tarvittavaa aikaväliä kasvattavat ohittajan ja ohitettavan sekä ohittajan ja vastaan tulijoiden väliset turvallisuusvälit ( $d_1$  ja  $d_3$  sekä  $d_0$  ja  $d_6$ ).



Stages of the passing process:

1 - Before passing ; 2 - Start of passing ; 3 - End of passing ; 4 - Meeting oncoming vehicle

Kuva 1. Ohituksen vaiheet ja ohitukseen riittävän aikavälin pituuteen vaikuttavat tekijät (Polus et al. 1990).

Kun ajoneuvo saavuttaa edellään hitaasti ajavan ajoneuvon, voidaan yhtälöstä (3) laskea todennäköisyys sille, että vastakkaisen suunnan liikennevirrassa on juuri sillä hetkellä aikaväli (alkuaikaväli), joka on vähintään ohitukseen tarvittavan ajan pituinen. Oletuksena on, että aikavälit (ja siten myös alkuaikavälit) noudattavat eksponenttijakaumaa ja ohittajan saapuminen edellä ajavan ajoneuvon taakse ohitusetäisyydelle on satunnaista.

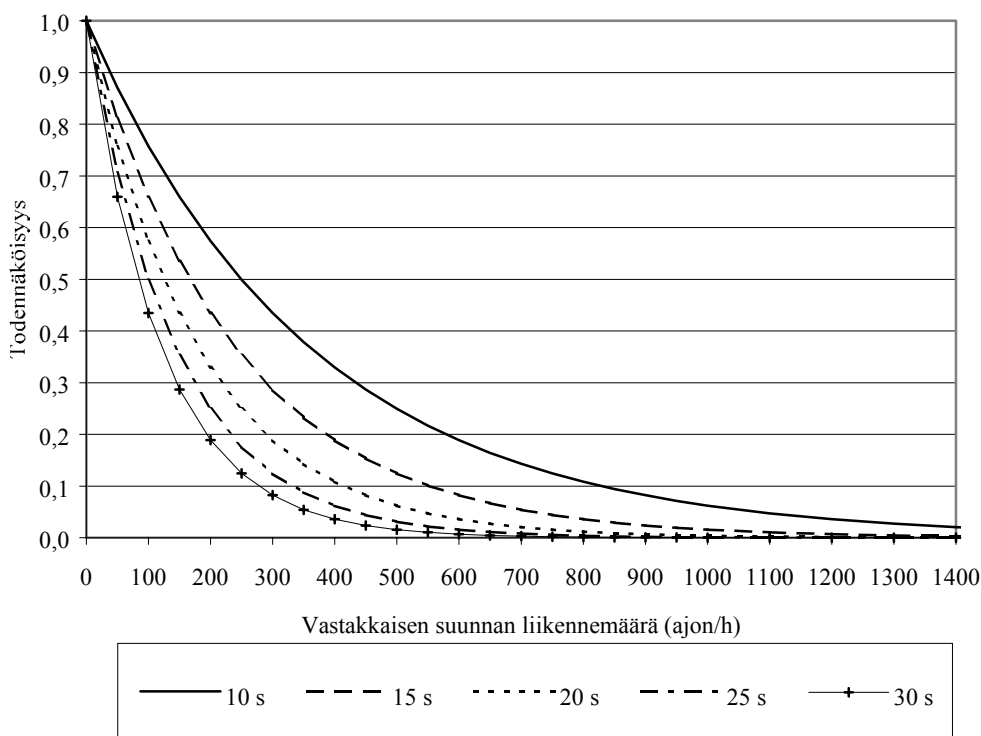
$$P(t \geq k) = e^{-qt} \quad (3)$$

jossa  $t$  = aikaväli vastakkaisen suunnan liikennevirrassa (s)  
 $k$  = ohitukseen tarvittava aikaväli vastakkaisen suunnan liikennevirrassa (s)  
 $q$  = vastakkaisen suunnan liikennemäärä (ajon/s).

Mikäli vastakkaisen suunnan liikennevirrassa oleva alkuaikaväli ei ole riittävän pitkä kun ohittaja saapuu ohitusetäisyydelle, ohittaja joutuu jättäytymään

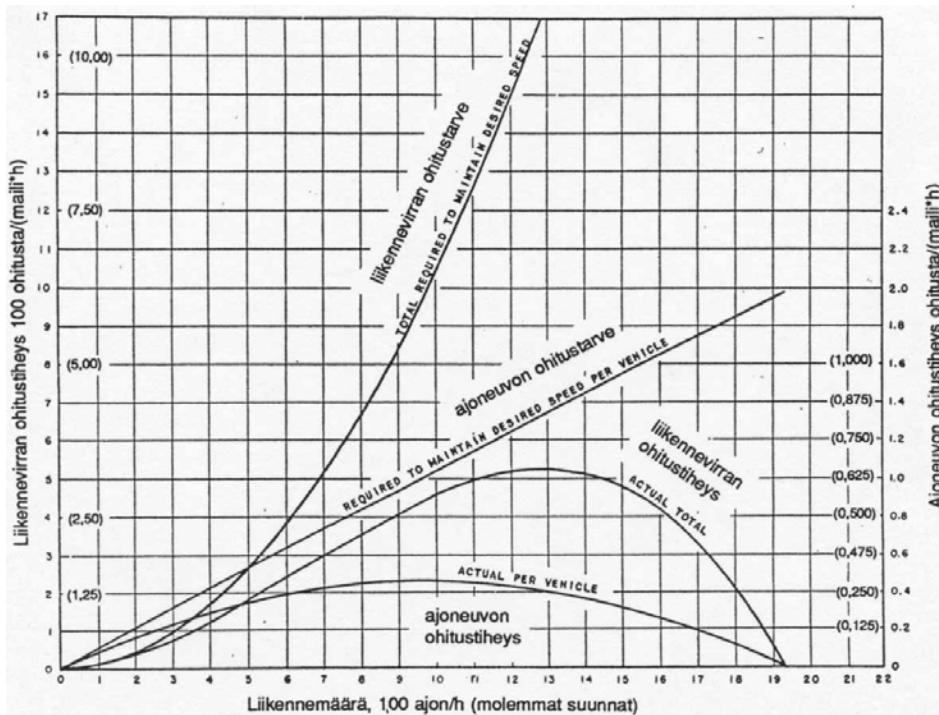
ohitettavan ajoneuvon taakse ja alentamaan nopeuttaan. Tästä seuraa se, että ohitukseen tarvittava aika kasvaa, kun kuljettaja joutuu kiihdyttämään nopeuttaan ohituksen aikana (kiihdytysohitus). Todennäköisyys, että seuraava vastakkaisen suunnan liikennevirrassa oleva aikaväli on vähintään kiihdytysohituksen vaatiman ajan pituinen, voidaan laskea yhtälöstä (3).

Kuvassa 2 on esitetty vastakkaisen suunnan liikennemäärän funktiona todennäköisyys, että vastakkaisen suunnan liikennevirrassa on ohitukseen tarvittavaa aikaa pitempi aikaväli, kun ohitukseen tarvittava aikaväli vaihtelee 10–30 sekuntiin. Oletuksena on, että liikenne on satunnaista. Ohittamiseen riittävien aikavälien osuus vastakkaisen suunnan aikaväleistä vähenee jyrkästi liikennemäärän kasvaessa 400 ajoneuvoon tunnissa. Kuvassa esitetyillä ohitusajoilla ohitusmahdollisuudet puolittuvat vastakkaisen suunnan liikennemäärä-alueella 80–250 ajon/h ja ovat vain neljäsosa liikennemäärillä 170–500 ajon/h.



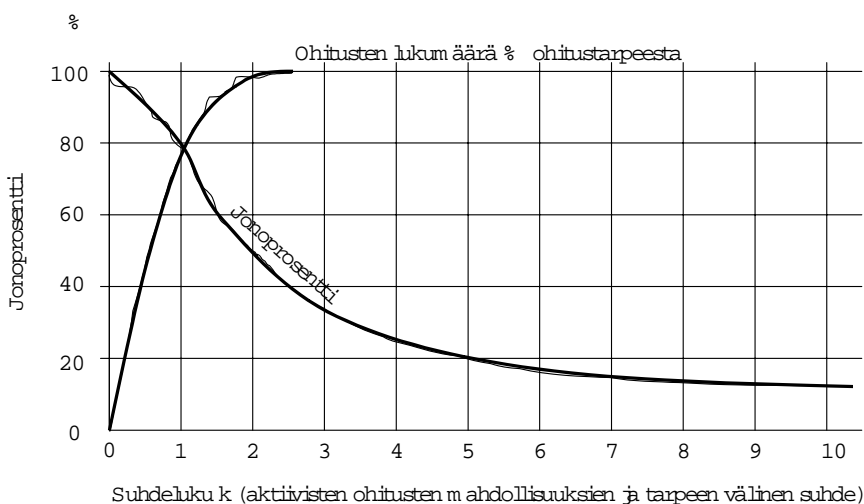
Kuva 2. Todennäköisyys kohdata vastakkaisen suunnan liikennevirrassa vähintään 10–30 sekunnin pituinen aikaväli vastakkaisen suunnan liikennemäärän funktiona.

Kuvassa 3 on havainnollistettu liikennevirran ja yksittäisen ajoneuvon ohitustarvetta ja ohitusmäärää koko poikkileikkauksen liikennemäärän funktiona. Kuva perustuu Yhdysvalloissa 1930-luvulla tehtyihin tutkimuksiin ja se on esitetty 1950-luvun Highway Capacity Manualissa. Tutkimuksissa liikenteen suuntajakauma oli 2:3 ja vapaiden ajoneuvojen keskinopeus 70,5 km/h (44 mph). Kuvan perusteella tehtyjen ohitusten lukumäärä kasvaa poikkileikkauksen liikennemäärän kasvaessa aina 1 300 ajoneuvoon tunnissa, jonka jälkeen ohitusmäärä vähenee nopeasti. Yksittäisen ajoneuvon ohitustiheys kasvaa, kunnes poikkileikkauksen liikennemäärä on 800 ajon/h ja alkaa laskea, kun liikennemäärä ylittää 1 200 ajon/h (Norman 1942).



Kuva 3. Liikennevirran ja yksittäisen ajoneuvon ohitustarpeen ja todellisen ohitusmäärän riippuvaisuus liikennemäärästä. Suluissa olevien arvojen yksiköt ovat 100 ohitusta/kmh ja ohitusta/km (Huttunen 1994).

Kuljettajat eivät aina käytä ohitusmahdollisuutta hyväkseen. Simulointimallin avulla on osoitettu, että kun ohitusmahdollisuuksien määrä on yhtä suuri kuin ohitustarve, suoritetaan 80 % ohitustarpeen mukaisista ohituksista ja jonoprosentti on 80 (kuva 4). Kaikki tarvittavat ohitukset suoritetaan, kun ohitusmahdollisuuksien määrä on lähes kolminkertainen ohitustarpeeseen verrattuna (Kallberg 1980).



Kuva 4. Tehtyjen ohitusten osuus ohitustarpeesta ohitusmahdollisuuden ja ohitustarpeen suhteen funktiona (Kallberg 1980).



### 2.3 Nopeusrajoituksen vaikutus ohitustarpeeseen

Yhtälön (1) mukaan ohitustarve, eli ohitusten lukumäärä kilometriä ja tuntia kohti, on suoraan verrannollinen ajoneuvojen tavoitenopeuksien keskihajontaan ja kääntäen verrannollinen tavoitenopeuksien keskiarvon neliöön. Nopeusrajoituksen muutoksen vaikutus ohitustarpeeseen tietyllä liikennemäärällä on riippuvainen siitä, miten keskihajonnan ja keskinopeuden neliön suhde muuttuu.

Ohitustarve säilyy nopeusrajoitusmuutoksesta huolimatta tietyllä liikennemäärällä ennallaan, jos tavoitenopeuksien keskihajonnan ja keskiarvon neliön suhde  $(\sigma_s/\bar{v}_s^2)$  ei muutu (tai keskihajonnan ja liikennetiheyden neliön tulo ei muutu). Keskihajonnan ja keskinopeuden muutosten välillä on tällöin seuraava yhteys:

$$\frac{\sigma_{s\text{ jälkeen}}}{\sigma_{s\text{ ennen}}} = \left( \frac{\bar{v}_{s\text{ jälkeen}}}{\bar{v}_{s\text{ ennen}}} \right)^2 \quad (4)$$

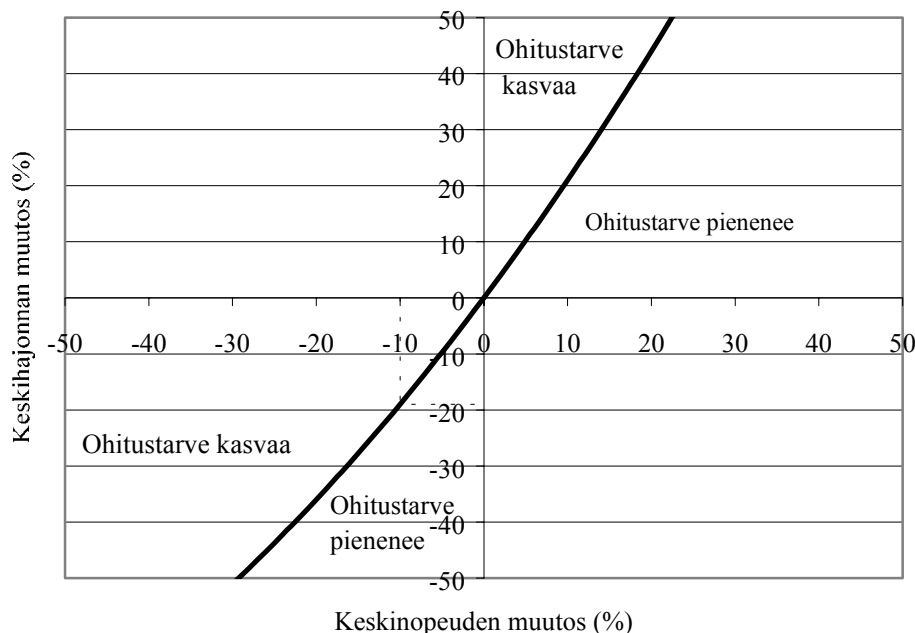
jossa  $\sigma_s$  = tavoitenopeuksien keskihajonta (km/h)  
 $\bar{v}_s$  = tavoitenopeuksien keskiarvo (km/h).

Yhtälö (4) voidaan esittää myös seuraavasti:

$$\Delta\sigma_s = 100 * \left( \left( 1 + \frac{\Delta\bar{v}_s}{100} \right)^2 - 1 \right) \quad (5)$$

jossa  $\Delta\sigma_s$  = tavoitenopeuksien keskihajonnan suhteellinen muutos (%)  
 $\Delta\bar{v}_s$  = tavoitenopeuksien keskiarvon suhteellinen muutos (%).

*Kuvassa 5* on havainnollistettu tavoitenopeuksien keskiarvon ja keskihajonnan muutosten vaikutusta liikennevirran ohitustarpeeseen, kun liikennemäärä on vakio. Keskihajonnan muutoksen tulee olla selvästi keskinopeuden muutosta suurempi, jotta ohitustarve ei muuttuisi. Jos keskinopeus pienenee nopeusrajoituksen alentamisen vuoksi esimerkiksi 10 %, täytyy keskihajonnan pienentyä 19 %, ettei ohitustarve kasvaisi (esitetty *kuvassa 5* katkovivalla). Jos keskihajonta pienenee tätä enemmän, ohitustarve pienenee ja jos keskihajonta pienenee tätä vähemmän, ohitustarve kasvaa.



Kuva 5. Ajoneuvojen tavoitenopeuksien keskiarvon ja keskihajonnan muutosten vaikutus liikennevirran ohitustarpeeseen (ohit/kmh), kun liikennemäärä on vakio.

## 2.4 Ohitukset kaksikaistaisen tien mikrosimulointiohjelmissa

Mikrosimulointi on yleistynyt kaksikaistaisten teiden tutkimusmenetelmänä 1970-luvulta lähtien. Kaksikaistaisten teiden simulointiohjelmistojen kehitys on ollut hitaampaa kuin esimerkiksi liittymätoimintoja tai moottoritien liikennettä simuloivien ohjelmistojen kehitys. Yksi syy tähän lienee se, että kaksikaistaisen tien liikennevirran mallintaminen on monimutkaista ja työlästä eikä vastakkaiseen suuntaan ajavien ajoneuvojen vuorovaikutusta tunneta tarkkaan. (McLean 1989).

Ohittaminen vastakkaisen ajosuunnan kaistaa käyttäen on keskeisin kaksikaistaisen tien ominaisuus, joka tekee linjaosuuksien mallintamisesta vaikeaa esimerkiksi moottoriteliikenteen linjaosuuksien mallintamiseen verrattuna. Ohitusten mallintaminen edellyttää vastakkaisiin suuntiin ajavien ajoneuvojen välisen vuorovaikutuksen sekä itse ohitustapahtuman mallintamista (Lehtinen 2000).

Tärkeimmät kaksikaistaisen tien liikennevirtaa kuvaavat ominaisuudet, jotka mallintamisessa tulisi ottaa huomioon, ovat (Brilon 2000):

- ajoneuvojen aikavälijakaumat
- raskaiden ja kevyiden ajoneuvojen peräkkäisyyden todennäköisyys
- raskaiden ja kevyiden ajoneuvojen tavoitenopeuksien jakaumat
- ohitustilanteeseen liittyvät, kuljettajien päätöksentekoa kuvaavat parametrit
- ajoneuvon seuranta.

Ohitustarve aiheutuu kuljettajien tavoitenopeuseroista, joten ohitusten mallintamisen perustana ovat eri ajoneuvotyyppien kuljettajien tavoitenopeusjakaumat. Ohitustapahtumaan liittyviä mallinnettavia tekijöitä ovat mm. kuljettajan kokemus ohitustarve tavoitenopeuden laskiessa, turvallisen ohituksen aloittamiseen liittyvät raja-arvot, ohittajan, ohitettavan ja vastaantulijan toiminta ohituksen aikana sekä ohituksen päättämiseen liittyvät turvavälit. Lisäksi mallintamisessa tulisi ottaa huomioon kuljettajien tekemät virheelliset arviot vastaantulevan ajoneuvon nopeudesta ja etäisyydestä.

Kaksikaistaisten teiden simulointiohjelmia on kehitetty muutamassa maassa. Merkittävimpinä voidaan pitää ruotsalaista VTI:n simulointiohjelmaa, australialaista TRARR-ohjelmaa ja amerikkalaista TWOPAS-ohjelmaa. Lisäksi on käynnissä hankkeita uusien ohjelmistojen kehittämiseksi sekä olemassa olevien ohjelmistojen käyttöalueen laajentamiseksi. (Lehtinen 2000).

Teknillisen korkeakoulun liikennelaboratoriossa on vuodesta 1989 lähtien kehitetty HUTSIM-simulointiohjelmistoa. HUTSIM kehitettiin alunperin liikennevalo-ohjauksisten liittymien toimivuuden tarkasteluun. Myöhemmin ohjelmistoa on laajennettu kattamaan myös valo-ohjauksettomat liittymät sekä moottoritieympäristö. Ohjelmiston kehitys kaksikaistaisen tien simulointiin sopivaksi on parhaillaan käynnissä. Seuraavassa kappaleessa on esitetty lyhyesti HUTSIMin ohitusmallin tärkeimmät periaatteet.

HUTSIMissa ajoneuvon kuljettaja päättää ohittaa edellään hitaammin ajavan ajoneuvon, jos nopeus laskee ennalta annettavan kynnyksarvon verran kuljettajan tavoitenopeuden alapuolelle. Kuljettaja arvioi ohitukseen tarvittavan ajan ohitettavan ajoneuvon nopeuden ja pituuden, oman ajoneuvon nopeuden ja kiihtyvyyden sekä tarvittavien turvallisuusmarginaalien perusteella. Ohitukseen tarvittavaa aikaa verrataan vastakkaisen ajosuunnan kaistalla olevaan aikaväliin, jota ohituskiellot, näkemäesteet ja vastaantulevat ajoneuvot rajoittavat. Ohitus aloitetaan, kun vastakkaisen ajosuunnan kaistalla on riittävän pitkä aikaväli. Ohituksen aikana ohittaja voi ajaa tavoitenopeuttaan suuremmalla nopeudella. Ohituksen päättyessä ohitettavaan ajoneuvon nähden jätettävän turvallisuusvälin pituus on riippuvainen siitä, kuinka lähellä on vastaantuleva ajoneuvo, näkemäeste tai ohituskiellon alkamiskohta. (Kosonen 2000).

## 3 OHITUSTUTKIMUKSET

### 3.1 Yleistä

Kirjallisuusselvityksen yhteydessä käytiin läpi tiedossa olleet ohituksiin liittyvät tutkimukset. Tutkimustietoja etsittiin lisäksi OECD-maiden ylläpitämästä IRRD-tietokannasta (International Road Research Documentation).

Nopeusrajoituksen vaikutusta ohituksiin ei ole kovin laajalti tutkittu. Kirjallisuudesta ei löytynyt tutkimuksia, joissa nopeusrajoitusmuutoksen vaikutuksia ohituksiin olisi selvitetty kenttätutkimuksella. Seuraavissa luvuissa on esitetty tutkimukset, joissa vaikutuksia on arvioitu simuloinnin tai teorian avulla. Lisäksi on esitetty Suomessa nopeusrajoituskokeilun yhteydessä 1970-luvulla tehty tutkimus, jossa tarkasteltiin kenttämittausten avulla nopeuksien ja ohitusmäärien muutoksia. Nopeusrajoitusten asettamisen jälkeen Suomessa ei ole tehty kenttätutkimuksia, joissa olisi tarkasteltu nopeusrajoituksen vaikutusta ohitusmääriin.

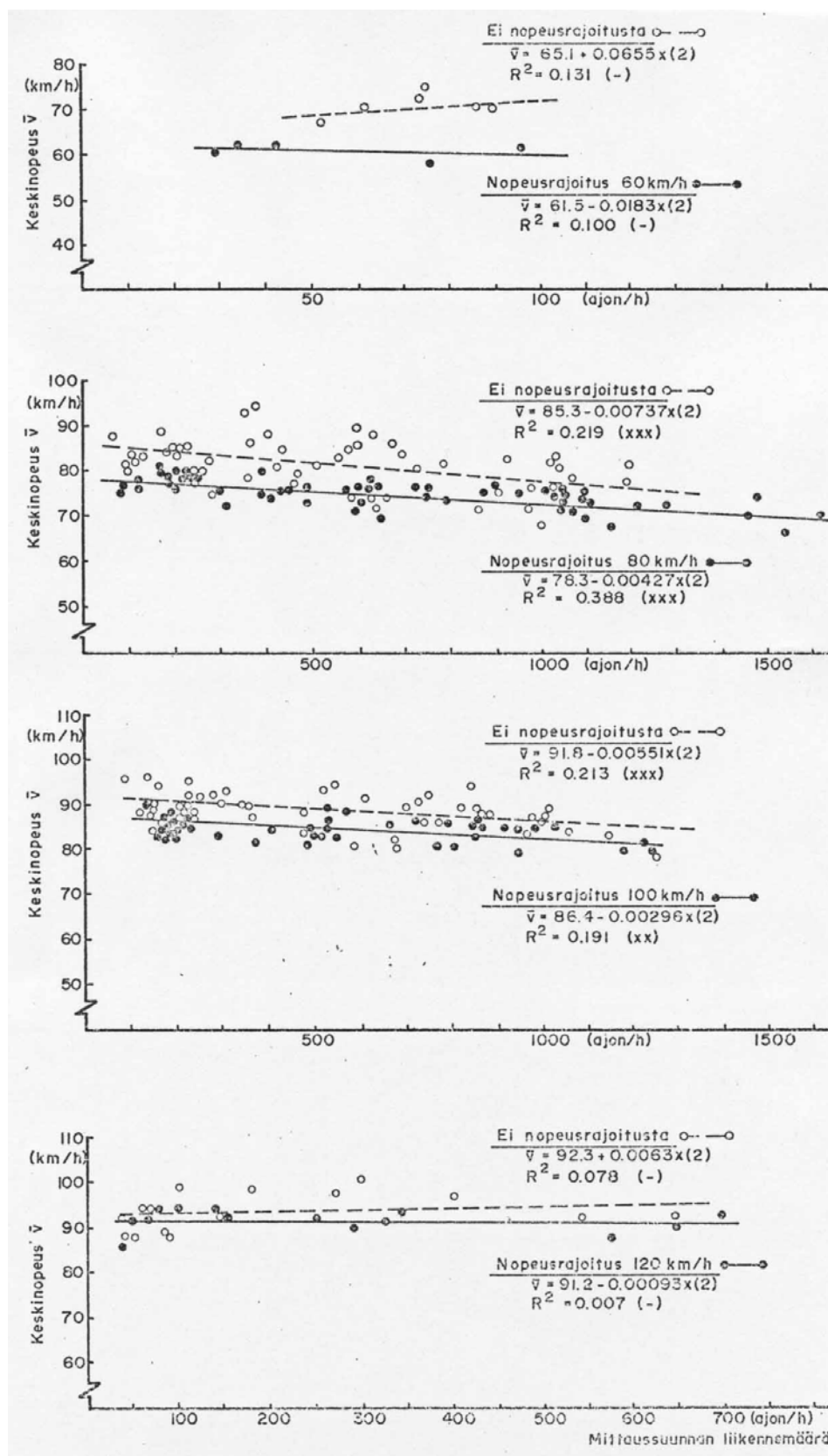
### 3.2 Suomalaiset tutkimukset

#### 3.2.1 Piirainen (1974)

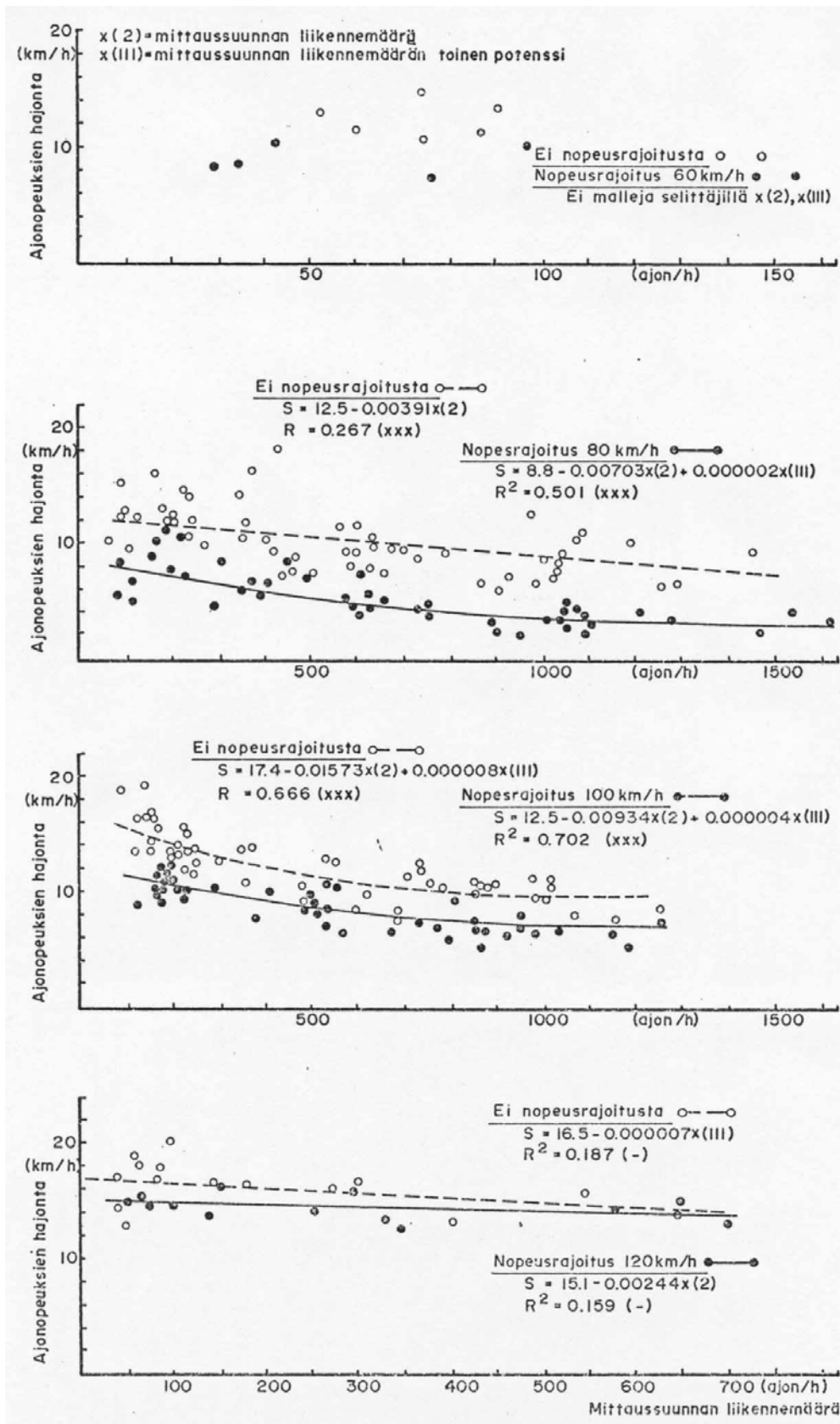
Tiekohtaisen nopeusrajoituskokeilun ensimmäinen vaihe alkoi Suomessa 1.8.1973. Tätä aikaisemmin tiekohtaisia nopeusrajoituksia ei ollut. Kokeiltavien nopeusrajoitusten suuruudet olivat 60, 80, 100 ja 120 km/h. Nopeusrajoituksen suuruuteen vaikuttivat tien leveys ja liikennemäärä sekä kohtaanäkemät. Kokeilu koski Etelä-Suomen valta- ja kantateitä ja sen vaikutuksia kaksikaistaisten teiden matkanopeuksiin, ohituksiin ja jonoihin selvitettiin rekisteritunnustutkimuksella.

Tutkimuskohteet sijaitsivat Etelä-Suomessa, pääasiassa nykyisillä valtateillä 1–4. Kohteita oli 17 kpl, pituudeltaan ne olivat 2–5 km. Nopeusrajoitus 60 km/h tuli voimaan yhdessä kohteessa, 80 km/h kuudessa, 100 km/h seitsemässä ja 120 km/h kolmessa kohteessa.

Kaikkien ajoneuvojen keskinopeuden ja nopeuksien keskihajonnan riippuvaisuus liikennemäärästä ennen nopeusrajoitusten asettamista sekä sen jälkeen on esitetty *kuvissa 6 ja 7*. Kuvien regressiosuorien yhtälöissä  $x(2)$  tarkoittaa mittaussuunnan liikennemäärää ja  $x(III)$  liikennemäärän toista potenssia. Selitysasteen  $R^2$  arvon jälkeen on suluissa esitetty regressiosuoran merkitsevyys seuraavasti: (x)=tilastollisesti melkein merkitsevä, (xx)=tilastollisesti merkitsevä ja (xxx)=tilastollisesti erittäin merkitsevä.



Kuva 6. Kaikkien ajoneuvojen keskinopeus ennen nopeusrajoitusten asettamista sekä sen jälkeen Etelä-Suomessa 1970-luvun alussa tehdyissä mittauksissa (Piirainen 1974).



Kuva 7. Kaikkien ajoneuvojen matkanopeuksien keskihajonta ennen nopeusrajoitusten asettamista sekä sen jälkeen Etelä-Suomessa 1970-luvun alussa tehdyissä mittauksissa (Piirainen 1974).

Nopeusrajoituksen vaikutus keskinopeuteen ja nopeuksien hajontaan selvitettiin valikoivalla regressioanalyysillä. Muuttujina käytettiin mittaussuunnan ja vastakkaisen suunnan liikennemääriä, raskaiden ajoneuvojen osuutta, 300 ja 460 metrin näkemäprosentteja, mäkisyyttä, kaarteisuutta, tien leveyttä sekä nopeusrajoituksen voimassa oloa.

Regressioanalyysin perusteella nopeusrajoitus 60 km/h laski tutkimusaineiston henkilöautojen keskinopeutta 13 km/h ja kaikkien ajoneuvojen keskinopeutta 9 km/h. Nopeusrajoituksen 80 km/h vaikutus oli vastaavasti 6 km/h ja 5 km/h ja nopeusrajoituksen 100 km/h sekä henkilöautoille että kaikille ajoneuvoille 4 km/h. Erot olivat tilastollisesti erittäin merkitseviä. Nopeusrajoitus 120 km/h ei sen sijaan vaikuttanut tilastollisesti merkitsevästi tutkimusaineiston henkilöautojen keskinopeuteen, kaikkien ajoneuvojen keskinopeutta se alensi 3 km/h tilastollisesti melkein merkitsevällä tasolla.

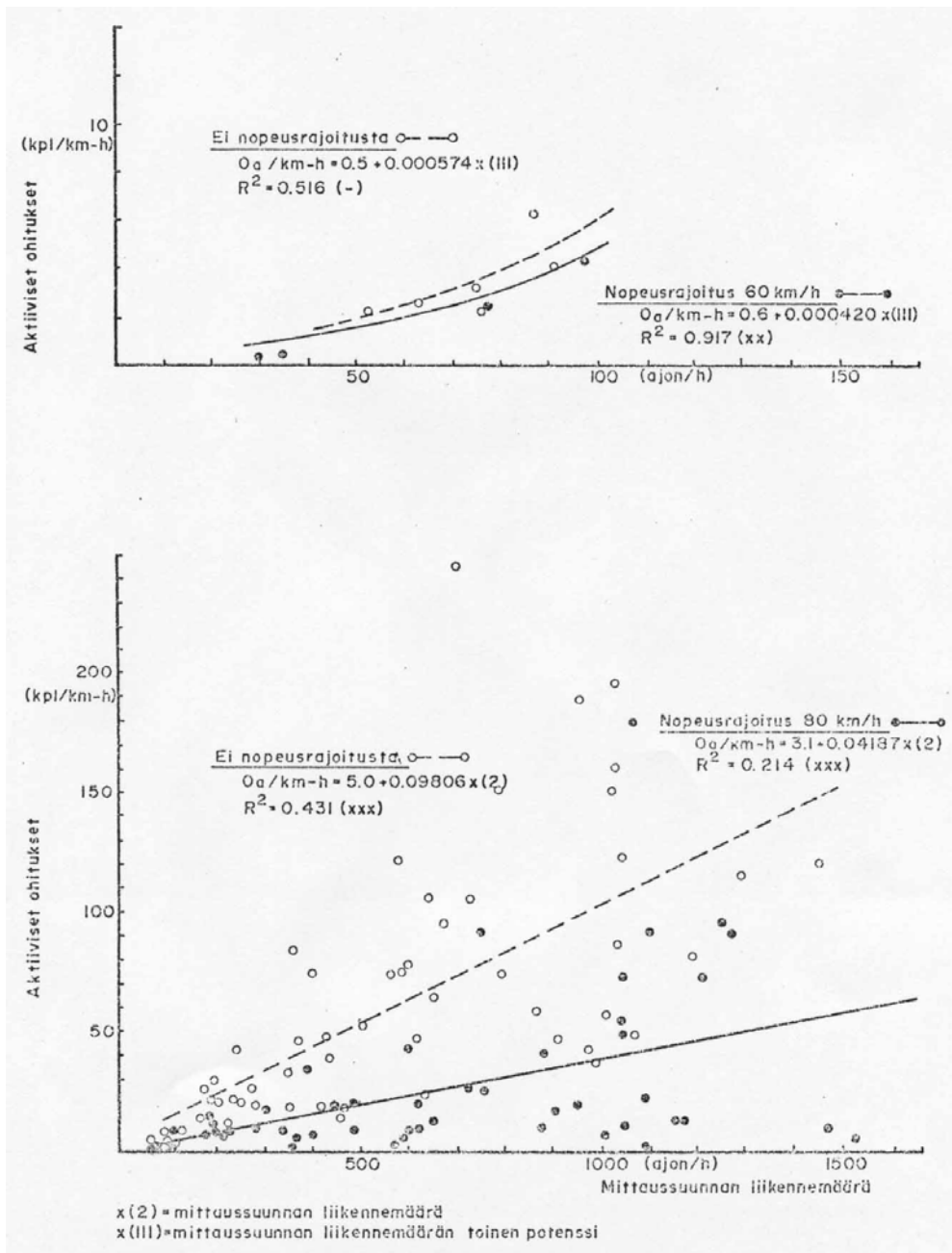
Nopeusrajoitukset pienensivät regressioanalyysin perusteella henkilöautojen nopeuksien keskihajontaa tilastollisesti merkitsevästi. Nopeusrajoituksen 60 km/h vaikutus keskihajontaan oli -3 km/h, 80 km/h vaikutus -5 km/h, 100 km/h vaikutus -4 km/h ja 120 km/h vaikutus -2 km/h.

*Kuvissa 8 ja 9 on esitetty kaikkien ajoneuvojen aktiivisten ohitusten (ohit/kmh) lukumäärän riippuvaisuus mittaussuunnan liikennemäärästä ennen nopeusrajoituksen asettamista sekä sen jälkeen. Regressiosuorien ja selityksasteen merkinnät ovat samat kuin kuvissa 6 ja 7.*

Nopeusrajoituksen vaikutusta ohitusmääriin selvitettiin valikoivalla regressioanalyysillä. Mallien muuttujina käytettiin mittaussuunnan liikennemäärän ja sen toisen potenssin lisäksi vastakkaisen suunnan liikennemäärää, näkemiä, mäkisyyttä, kaarteisuutta, tien leveyttä, raskaiden ajoneuvojen osuutta sekä nopeusrajoituksen voimassa oloa.

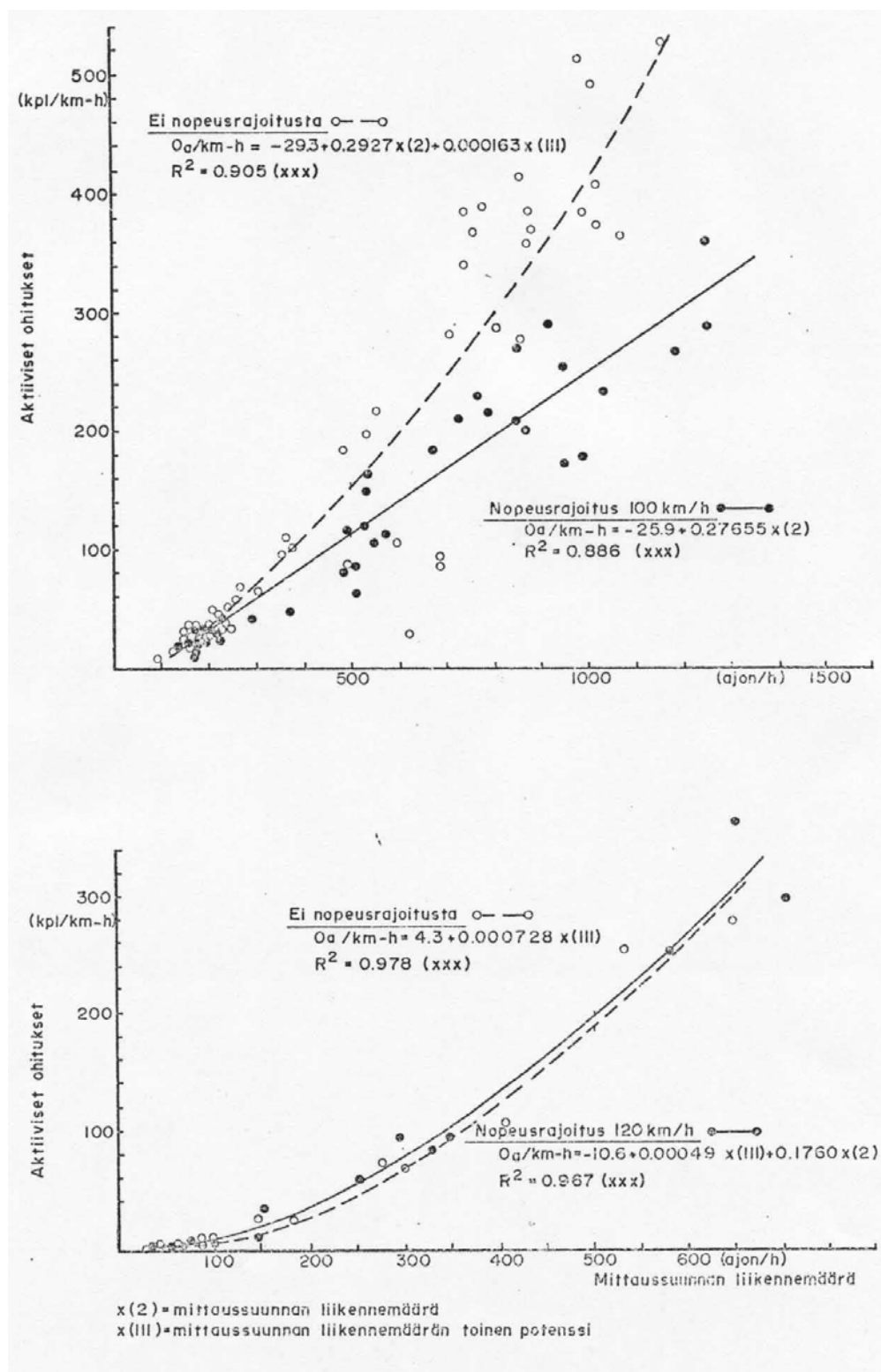
Regressioanalyysin perusteella nopeusrajoituksilla 60 km/h ja 120 km/h ei ollut tutkimusaineistossa tilastollisesti merkitsevää vaikutusta ajoneuvojen kilometriä ja tuntia kohti tekemien ohitusten lukumäärään verrattuna tilanteeseen, jossa nopeusrajoitusta ei ollut. Sen sijaan nopeusrajoitukset 80 km/h ja 100 km/h vähensivät ohituksia tilastollisesti erittäin merkitsevällä tasolla. Nopeusrajoitus 80 km/h vähensi kaikkien ajoneuvojen ohitusten määrää 31 ohit/kmh ja nopeusrajoitus 100 km/h 65 ohit/kmh.

Päätelminä tutkimuksessa todetaan, että tiekohtaisten nopeusrajoitusten asettamisen seurauksena suurimmat ajonopeudet laskevat, nopeuksien hajonnat pienenevät ja tehtyjen ohitusten määrä pienenee verrattuna tilanteeseen, jossa nopeusrajoituksia ei ole. Liikennevirta muuttuu siten tasaisemmaksi ja liikenne turvallisemmaksi rajoittamattomiin olosuhteisiin verrattuna.



Kuva 8. Kaikkien ajoneuvojen aktiivisten ohitusten lukumäärä ennen nopeusrajoitusten 60 km/h ja 80 km/h asettamista sekä sen jälkeen Etelä-Suomessa 1970-luvun alussa tehdyissä mittauksissa (Piirainen 1974).





Kuva 9. Kaikkien ajoneuvojen aktiivisten ohitusten lukumäärä ennen nopeusrajoitusten 100 km/h ja 120 km/h asettamista sekä sen jälkeen Etelä-Suomessa 1970-luvun alussa tehdyissä mittauksissa (Piirainen 1974).

### 3.2.2 Peltola (1991)

Suomessa toteutettiin vuodenajan mukaan vaihdettavien nopeusrajoitusten kokeilu kymmenessä eteläisimmässä tiepiirissä vuosina 1987–1989. Valtion teknillinen tutkimuskeskus selvitti nopeusrajoitusten vaikutuksia nopeuksiin ja turvallisuuteen sekä tienkäyttäjien suhtautumista vaihdettaviin nopeusrajoituksiin. Tutkimuksessa määritettiin myös nopeusrajoitusmuutoksen vaikutus teoreettiseen ohitustarpeeseen.

Talvinopeusrajoituskokeilu toteutettiin kahtena talvena alentamalla nopeusrajoitus (100 → 80 km/h) valituilla teiosilla marras-helmikuun ajaksi. Kesärajoituskokeiluun valituilla teiosilla nopeusrajoitus korotettiin (80 → 100 km/h) huhti-syyskuun ajaksi.

Nopeusrajoituskokeiluihin valittiin olosuhteiltaan samankaltaisia tiepareja, joiden nopeusrajoitukset muutettiin vuoroittain eri vuosina. Tutkimuksessa ajoneuvojen nopeuksia mitattiin 24 talvikokeilukohteessa ja 12 kesäkokeilukohteessa. Nopeuksia mitattiin tutkalla samoilla paikoilla kumpanakin kokeiluvuotena, joten jokaisesta mittauspisteestä on havaintoja sekä koe- että vertailukaudelta. Yhteensä havaittiin noin 176 000 ajoneuvon nopeus.

*Taulukoissa 1 ja 2 on esitetty ajoneuvojen keskinopeus ja nopeuksien keskijajonta talvi- ja kesäkokeilun sekä vertailukausien aikana. Koeteillä keskinopeus aleni talvirajoituksen aikana noin 7 km/h, josta vertailuteiden keskinopeusmuutosten perusteella noin 3 km/h aiheutuu sää- ja kelioloista. Talvinopeusrajoituksen vaikutus keskinopeuteen oli 3,8 km/h. Ero on tilastollisesti erittäin merkitsevä. Kesärajoitus nosti keskinopeutta 3,7 km/h, ero on myös tilastollisesti erittäin merkitsevä. Lisäksi vuodenajan vaikutuksesta keskinopeus kasvoi noin 1 km/h.*

*Taulukko 1. Ajoneuvojen keskinopeus ja nopeuksien keskijajonta talvinopeusrajoituskokeilussa ja vertailuaikana (Peltola).*

	Koekuukaudet (marras-helmikuu)		Vertailuaika (maalis-lokakuu)	
	Koetiet (80 km/h)	Vertailutiet (100 km/h)	Koetiet (100 km/h)	Vertailutiet (100 km/h)
Keskinopeus (km/h)	83,3	87,1	90,3	90,4
Nopeuksien keskijajonta (km/h)	9,3	10,6	10,9	11,0

*Taulukko 2. Ajoneuvojen keskinopeus ja nopeuksien keskijajonta kesänopeusrajoituskokeilussa ja vertailuaikana (Peltola 1991).*

	Koekuukaudet (huhti-syyskuu)		Vertailuaika (loka-maaliskuu)	
	Koetiet (100 km/h)	Vertailutiet (80 km/h)	Koetiet (80 km/h)	Vertailutiet (80 km/h)
Keskinopeus (km/h)	86,1	82,5	81,1	81,4
Nopeuksien keskijajonta (km/h)	10,5	8,7	8,6	8,7

Nopeusjakauman perusteella jokaiselle nopeusmittauskerralle määritettiin teoreettinen ohitustarve. Niiden perusteella teoreettinen ohitustarve oli talvikokeilun teillä talviaikana 8 ohit/kmh ja kesäaikana 11 ohit/kmh, kesäkokeilun teillä vastaavasti 6 ohit/kmh ja 8 ohit/kmh. Erot eivät olleet tilastollisesti merkitseviä.

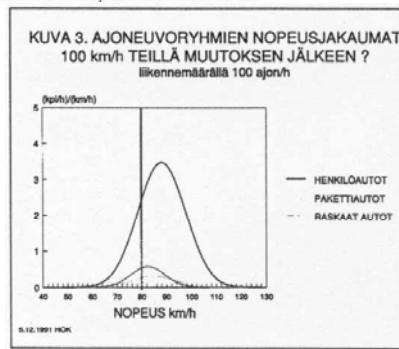
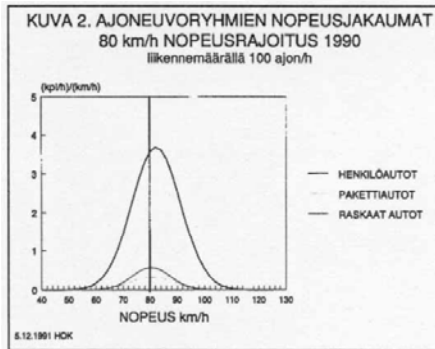
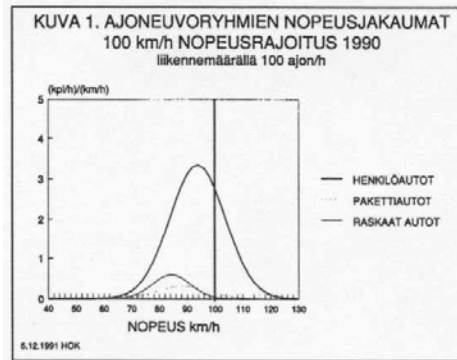
### 3.2.3 Kallberg (1992) ja Liikenne- ja viestintäministeriö (2000)

Liikenneturvallisuusasiain neuvottelukunnan asettama työryhmä ehdotti 1990-luvun alkupuolella tiekohtaisten nopeusrajoitusten 100 km/h alentamista 80 km/h:aan. Ehdotus liittyi työryhmän käsittelemiin moottoriajoneuvo-liikenteen turvallisuuden parantamiskeinoihin. Nopeusrajoitusmuutoksen seurauksena lähes kaikilla pääteillä olisi lähes kaikkia ajoneuvoja koskeva 80 km/h rajoitus. Yhteisen nopeusrajoituksen pääteltiin vähentävän nopeuseroja ja siten myös ohitustarpeita, vaikka ohituksia ei käytetty ehdotuksen välittöminä perusteluina.

Nopeusrajoitusmuutosehdotuksia sisältyy myös Liikenne- ja viestintäministeriön neuvottelukunnan tekemään liikenneturvallisuussuunnitelmaan vuosille 2001–2005 (Liikenne- ja viestintäministeriö 2000). Suunnitelmassa osoitetaan mahdolliset liikenneturvallisuustoimet, joilla valtioneuvoston asettama tavoite liikennekuolemien lukumäärästä vuonna 2005 (alle 250) voidaan saavuttaa. Suunnitelmassa ehdotetaan mm. yleisrajoituksen alentamista 80 km/h:sta 70 km/h:ään sekä talvinopeusrajoitusten käytön laajentamista. Yleisrajoituksen alentamisen vaikutuksia ohitukseen ei ole selvitetty.

Kallbergin artikkelissa vuodelta 1992 on tarkasteltu laskennallisesti Liikenneturvallisuusasiain neuvottelukunnan asettaman työryhmän päätelmien pitävyyttä ja ehdotetun nopeusrajoitusmuutoksen (100 km/h → 80km/h) mahdollisia vaikutuksia liikennevirran ohitustarpeiden määrään ja laatuun. Tarkastelu perustuu Tielaitoksen hyvissä olosuhteissa vuonna 1990 mittaamiin nopeustietoihin teiltä, joilla on 100 km/h tai 80 km/h nopeusrajoitus. Nopeusrajoitusmuutoksen on arvioitu vaikuttavan siten, että nopeudet ovat muutoksen jälkeen korkeammat kuin alkuperäisillä 80 km/h teillä. Muutoksen jälkeiset nopeusarviot on muodostettu 80 km/h:n ja 100 km/h:n jakaumien keskiarvona.

*Kuvassa 10* on esitetty nopeusjakaumat ajoneuvotyypeittäin eri tapauksissa. Henkilöautojen osuus liikennemäärästä on 83 %, pakettiautojen 7 % ja kuorma- ja linja-autojen 10 %. Nopeusjakaumat on oletettu normaalijakaumiksi ja niiden avulla on laskettu eri ajoneuvotyyppien ohitustarve ennen nopeusrajoitusmuutosta ja sen jälkeen. *Taulukossa 3* on esitetty nopeusjakaumien tunnusluvut eri tapauksissa.



Kuva 10. Nopeusjakaumat ajoneuvotyypeittäin eri tapauksissa (Kallberg 1992).

Taulukko 3. Nopeusjakaumien tunnusluvut eri tapauksissa (Kallberg 1992).

#### HYVÄT OLOSUHTEET 100 KM/H lähde: tielaitos

	henkilö	paketti	kuorma & linja-a.
keskin.	93.7	88.5	84.3
keskihaj.	9.9	9.0	6.7

#### HYVÄT OLOSUHTEET 80 KM/H lähde: tielaitos

	henkilö	paketti	kuorma & linja-a.
keskin.	82.3	81.1	80.4
keskihaj.	9.0	8.6	7.0

#### HYVÄT OLOSUHTEET arvio muutoksen jälkeen edellisten keskiarvona

	henkilö	paketti	kuorma & linja-a.
keskin.	88.0	84.8	82.4
keskihaj.	9.5	8.8	6.9

Ohitustarvelaskelmien perusteella nopeusrajoituksen alentamisen seurauksena kokonaisohitustarve kasvaa 12 % (taulukko 4). Ohitustarpeen kasvu johtuu siitä, että nopeuksien keskihajonnan ja keskiarvon neliön suhde on muutoksen jälkeen suurempi kuin aikaisemmin. Jotta ohitustarve ei kasvaisi, kun keskinopeus laskee artikkelissa arvioidulle tasolle, tulisi keskihajonnan pienentyä selvästi voimakkaammin kuin mitä on arvioitu tapahtuvan.

*Taulukko 4. Eri ajoneuvotyyppien ohitustarve nopeusrajoituksella 80 km/h suhteessa ohitustarpeeseen nopeusrajoituksella 100 km/h, kun liikennemäärä pysyy muuttumattomana (Kallberg 1992).*

	Ohitettava			
Ohittaja	Ha	Pa	Ka&La	Yht.
Ha	1,18	0,84	0,61	1,05
Pa	1,73	1,14	0,80	1,49
Ka&La	2,87	1,71	1,15	2,38
Yht.	1,27	0,89	0,65	1,12

Henkilöautojen välisen ohitustarpeen on laskettu kasvavan 18 %, jos nopeusrajoitusta alennetaan 100 km/h:sta 80 km/h:aan. Henkilöautojen tarve ohittaa muita ajoneuvotyyppisiä sen sijaan laskee. Pakettiautojen ja raskaan liikenteen tarve ohittaa muita ajoneuvoja kasvaa selvästi: puolitoista- ja yli kaksinkertaiseksi.

Päätelminä artikkelissa todetaan, että ohitustarpeen kasvu johtaa joko jonon tai ohitusten lukumäärän lisääntymiseen. Lisäksi arvioidaan, että raskaiden ajoneuvojen aktivoituvuus osallistuminen näihin ei teoreettisesti tarkasteltuna liene ole omiaan parantamaan liikenneturvallisuutta.

### 3.3 Ruotsalaiset tutkimukset

#### 3.3.1 Carlsson, Nilsson & Wretling (1992)

Nopeusrajoitusjärjestelmän muutosehdotusten yhteydessä Ruotsissa 1990-luvun alkupuolella nousi esiin ajatus nostaa perävaunullisten ajoneuvojen ja raskaiden kuorma-autojen nopeusrajoitus 70 km/h:stä 80 km/h:aan. Perusteeksi mainittiin, että siten eri ajoneuvotyyppien väliset nopeuserot pienensivät teillä, joilla nopeusrajoitus on yli 70 km/h. Nopeuserojen pienentymisen oletettiin vähentävän ohituksia ja ohitusonnettomuuksia. Tosin esiin nousi kysymys siitä, lisääkö nopeuden kasvu muiden onnettomuustyyppien lukumäärää.

Nopeusrajoitusmuutoksen kohteena olevat ajoneuvot vastaavat noin 10 % liikennesuoritteesta Ruotsissa. Raskaat kuorma-autot, perävaunulla tai ilman perävaunua, muodostavat tästä suurimman osan. Kevyiden ajoneuvojen, lähinnä perävaunullisten henkilöautojen, osuus liikennesuoritteesta on noin 1 %. Tämän vuoksi nopeusrajoitusmuutoksen vaikutuksia tarkasteltiin ainoastaan raskaiden kuorma-autojen osalta.

Tutkimus tehtiin simuloimalla kaksikaistaisen tien liikennettä VTI:n liikennesimulaattorilla. Tiet jaettiin kapeisiin teihin (6 – 9 m) ja leveisiin teihin (12 - 13 m), joilla oli päällystetty leveä piennar. Kapealla tiellä nopeusrajoitus oli 70 km/h tai 90 km/h, leveällä tiellä 90 km/h. Raskaiden ajoneuvojen nopeusrajoitus oli vertailuissa 70 km/h / 80 km/h, muun liikenteen nopeusrajoitusta ei muutettu. Lähtöoletuksena simulointimallissa oli, että nopeusrajoitusmuutos nostaa raskaiden ajoneuvojen tavoitenopeutta 5–6 km/h, henkilöautojen tavoitenopeudet pysyvät ennallaan.

Niissä simuloinneissa, joissa nopeusrajoitus oli 90 km/h, tien tasaus oli suora, näkemät olivat hyvät eikä ohituskieltoja ollut. Yli 300 m näkemien osuus oli 70 %. Nopeusrajoituksen ollessa 70 km/h näkemät olivat jonkin verran huonommat, yli 300 m näkemäosuus oli 50 %. Leveimmällä, 13 m tiellä, ohittaminen oli mahdollista omalla kaistalla.

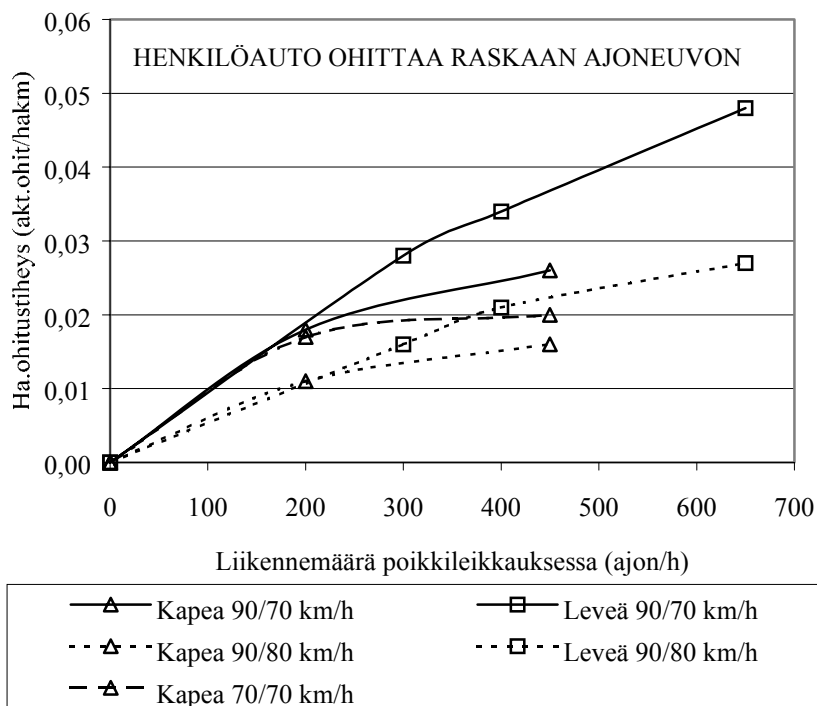
Simulointitarkastelun kohteena oli 8 km pitkä tieosuus. Kapealla tiellä poikaleikkausalueen liikennemäärä oli simuloinneissa 200/450 ajon/h, leveällä tiellä 300/450/650 ajon/h. Ilman perävaunua ajavien kuorma-autojen osuus vaihteli 3,5–5,5 %, perävaunullisten osuus 5,5–7,0 %. Muut ajoneuvot olivat henkilöautoja.

Tulosten perusteella raskaiden ajoneuvojen matkanopeus kasvoi leveällä tiellä noin 6 km/h ja kapealla tiellä hieman alle 6 km/h, kun nopeusrajoitus nostettiin 70 km/h:stä 80 km/h:aan. Raskaiden ajoneuvojen nopeusrajoitusmuutoksella ei ollut juurikaan vaikutusta henkilöautojen matkanopeuteen.

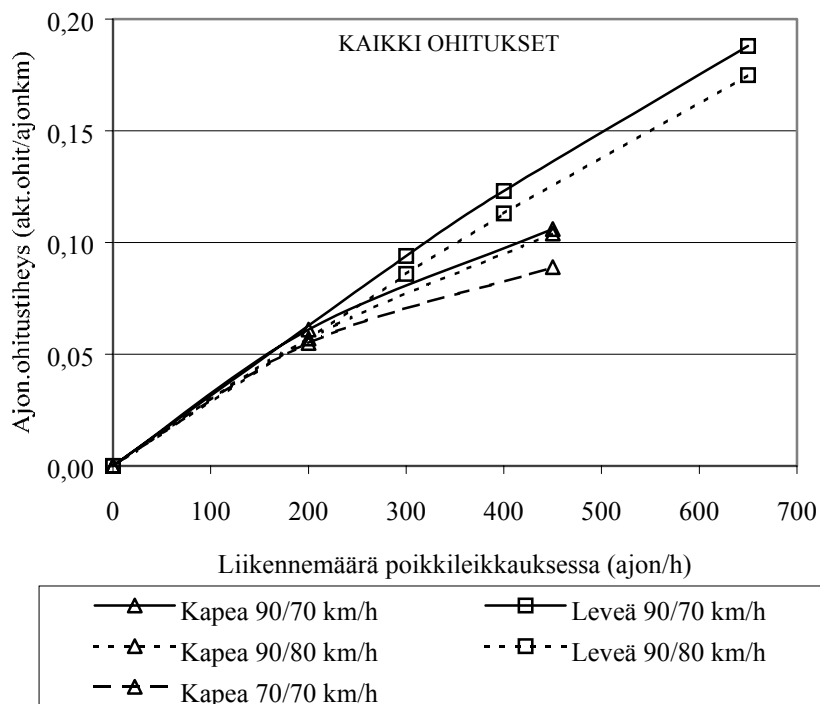
Raskaiden ajoneuvojen nopeusrajoitus vaikuttaa selvästi ohitustiheyteen, kun tarkastellaan henkilöautojen tekemiä raskaiden ajoneuvojen ohituksia (kuva 11). Sekä kapealla että leveällä tiellä ohitustiheys pieneni kaikilla tarkastelluilla liikennemäärillä noin 40 %, kun tien nopeusrajoitus oli 90 km/h ja raskaiden ajoneuvojen nopeusrajoitus nostettiin 70 km/h:stä 80 km/h:aan. Kun nopeusrajoitus on 70/70 km/h, on ohitustiheys suurempi kuin silloin, kun nopeusrajoitus on 90/80 km/h.

*Kuvassa 12* on esitetty kaikkien ajoneuvojen ohitustiheys kapealla ja leveällä tiellä eri nopeusrajoituksilla. Kun tien nopeusrajoitus on 90 km/h ja raskaiden ajoneuvojen nopeusrajoitus nousee 70 km/h:stä 80 km/h:aan, pienenee kaikkien ajoneuvojen ohitustiheys kapealla tiellä 2–7 % ja leveällä tiellä 7–9 % tutkituilla liikennemäärillä.

Ohitustiheyden muutos johtui eri ajoneuvotyyppien välisten nopeuserojen pientymisestä. Raskaiden ajoneuvojen nopeusrajoituksen nostaminen 70 km/h:stä 80 km/h:aan pienensi koko liikennevirran ohitustiheyttä liikennemäärästä ja tien leveydestä riippuen 2–9 %, kun raskaiden ajoneuvojen osuus oli noin 10 %.



Kuva 11. Henkilöautojen ohitustiheys simuloinneissa kapealla (6–9 m) ja leveällä (12–13 m) tiellä eri tien/raskaan liikenteen nopeusrajoituksilla, kun ohitettavana on raskas ajoneuvo (Carlsson et al. 1992).



Kuva 12. Kaikkien ajoneuvojen ohitustiheys simuloinneissa kapealla (6–9 m) ja leveällä (12–13 m) tiellä eri tien/raskaan liikenteen nopeusrajoituksilla (Carlsson et al. 1992).

### 3.3.2 Nilsson & Obrenovic (2000)

Marraskuussa 1998 alennettiin Ruotsissa Östergötlandin ja Kalmarin läänissä E22:lla sijaitsevan kaksikaistaisen tieosuuden nopeusrajoitus 110 km/h:sta 90 km/h:ään. Toimenpide herätti suurta huomiota ja sen vaikutuksia henkilöautojen matkanopeuksiin selvitettiin ennen-jälkeen -tutkimuksella. Lisäksi tarkasteltiin nopeusrajoitusmuutoksen vaikutusta pistenopeuksiin.

Matkanopeuksia tarkasteltiin kahdella standardiltaan samantyyppisellä tieosuudella, jotka sijaitsevat Björnsholmin kaupungin etelä- ja pohjoispuolella. Pohjoisella osuudella (3,6 km) nopeusrajoitus oli ennen-tilanteessa 110 km/h ja se alennettiin 90 km/h:ään. Eteläisen osuuden (2,5 km) nopeusrajoitus oli sekä ennen- että jälkeen-tilanteessa 90 km/h ja matkanopeuksia mitattiin siellä vertailun vuoksi.

Ennen-mittaukset oli tehty keskiviikkona 20.11.1996 lumettomissa olosuhteissa toisen tutkimuksen yhteydessä, jälkeen-mittaukset tehtiin tiistaina 2.2. ja perjantaina 5.2. vuonna 1999. Mittaukset tehtiin päiväliikenteen aikana klo 10.00–14.00, jolloin liikenne oli pääasiassa paikallista ja liikennemäärät olivat vähäiset. Tarkasteluun otettiin mukaan vain ne henkilöautot, jotka ajoivat molempien tutkimusosuuksien läpi. Ennen-tilanteessa saatiin yhteensä 268 havaintoa, jälkeen-tilanteessa tiistailta 368 ja perjantailta 529 havaintoa.

Ennen-tilanteessa henkilöautojen keskimatkanopeus oli 110-osuudella 107 km/h ja 90-osuudella 98 km/h, kun tarkastellaan molempia ajosuuntia yhteensä. Nopeusrajoitusmuutoksen jälkeen entisen 110-osuuden keskimatkanopeus oli pienentynyt 8 km/h, joten matkanopeus oli samalla tasolla kuin 90-osuudella ennen-tilanteessa. Matkanopeus oli pienentynyt myös 90-osuudella (-6 km/h), vaikka osuudelle ei ollut tehty mitään muutoksia. Vaikutuksen arveltiin johtuvan epäsuorasti nopeusrajoituksen alentamiseen liittyvästä tiedottamisesta tai 110-osuuden nopeusrajoituksen alentumisesta. Nopeusrajoitusmuutoksen suora vaikutus matkanopeuteen on siten vähintään -2 km/h ja epäsuora vaikutus korkeintaan -6 km/h.

Matkanopeuden keskihajonta pieneni 110-osuudella nopeusrajoitusmuutoksen jälkeen. Ennen-tilanteessa keskihajonta oli pohjoiseen/etelään 12,8/13,0 km/h, jälkeen-tilanteessa tiistain mittauksissa 7,9/6,4 km/h ja perjantain mittauksissa 6,3/7,0 km/h. Keskihajonta pieneni myös 90-osuudella, mutta muutokset eivät olleet yhtä suuria. Keskihajonta oli sekä ennen- että jälkeen-tilanteessa pienempi 90-osuudella kuin 110-osuudella.

Tutkimuksessa ei tarkasteltu nopeusrajoitusmuutoksen vaikutuksia ohituksiin. Seuraavassa on kuitenkin laskettu teoreettinen ohitustarve tutkimuksessa havaittujen matkanopeuksien keskiarvojen ja keskihajontojen perusteella. Matkanopeustutkimus oli tehty päiväliikenteessä, jolloin liikennemäärät olivat vähäiset. Tutkimuksessa ei mainittu mittausajan kokonaisliikennemääriä, mutta ajo-olosuhteet olivat ainakin tiistain ja keskiviikon mittauksissa todennäköisesti melko vapaat. Tarkastelu on mahdollinen kun oletetaan, että tutkimuksessa havaitut nopeudet ovat vapaiden ajoneuvojen nopeuksia.

*Taulukoissa 5 ja 6 on mittauksissa havaitut henkilöautojen matkanopeuksien keskiarvot ja keskihajonnat suunnittain. Nopeusrajoitusmuutoksen jälkeen tehdyissä perjantain mittauksissa havaintojen lukumäärä on varsinkin pohjoisen suunnassa suurempi ja keskihajonta on selvästi pienempi kuin tiistain mittauksissa. Tämä osoittaa todennäköisesti sitä, että osa ajoneuvoista on ajanut perjantaina jonossa.*



Taulukko 5. Henkilöautojen matkanopeuden keskiarvo ja keskihajonta (km/h) sekä havaintojen lukumäärät suunnittain E22-tien osuudella, jolla nopeusrajoitus oli ennen-tilanteessa 110 km/h ja jälkeen-tilanteessa 90 km/h (Nilsson & Obrenovic 2000).

Mittausajan-kohta		Pohjoiseen			Etelään		
		Ka	Haj	N	Ka	Haj	N
Ennen	Ke	106,4	12,8	125	107,5	13,0	143
Jälkeen	Ti	97,4	11,3	178	97,1	10,6	190
Jälkeen	Pe	100,9	8,5	317	101,4	9,7	212

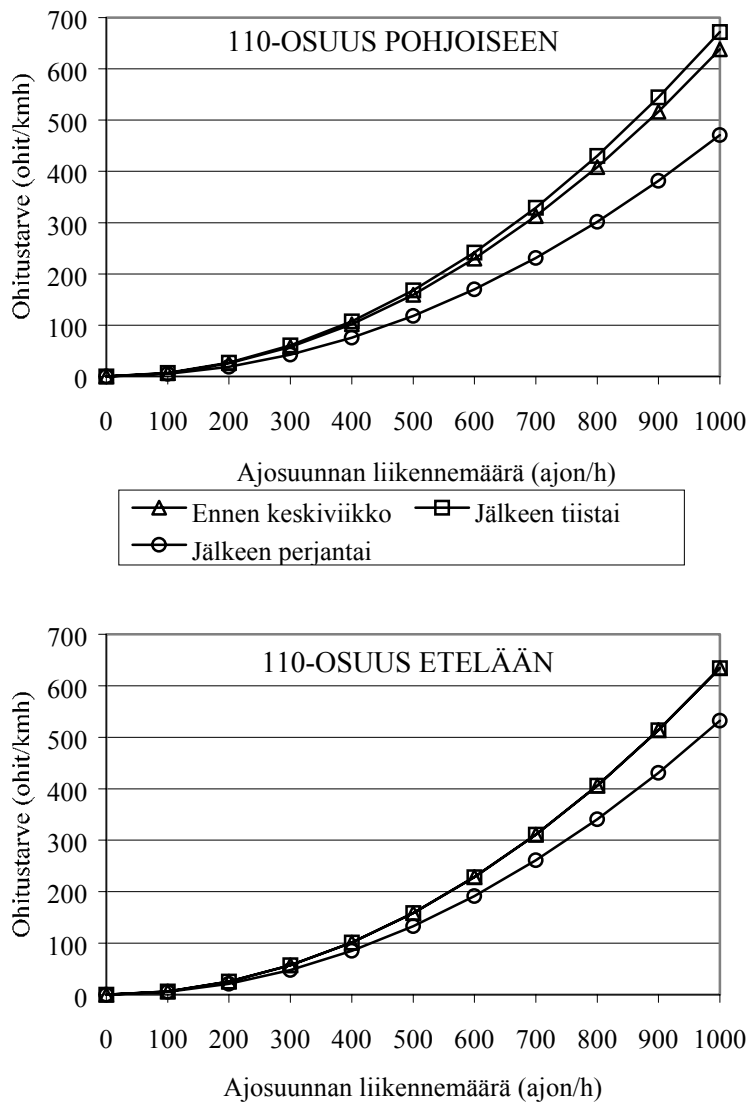
Taulukko 6. Henkilöautojen matkanopeuden keskiarvo ja keskihajonta (km/h) sekä havaintojen lukumäärät suunnittain E22-tien osuudella, jolla nopeusrajoitus oli sekä ennen- että jälkeen-tilanteessa 90 km/h (Nilsson & Obrenovic 2000).

Mittausajan-kohta		Pohjoiseen			Etelään		
		Ka	Haj	N	Ka	Haj	N
Ennen	Ke	96,6	10,1	125	99,3	10,7	143
Jälkeen	Ti	89,5	9,2	178	90,7	9,4	190
Jälkeen	Pe	93,8	7,6	317	94,3	9,6	212

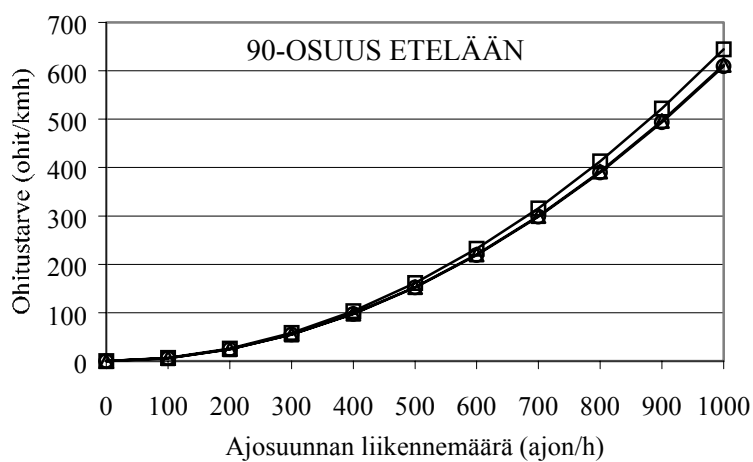
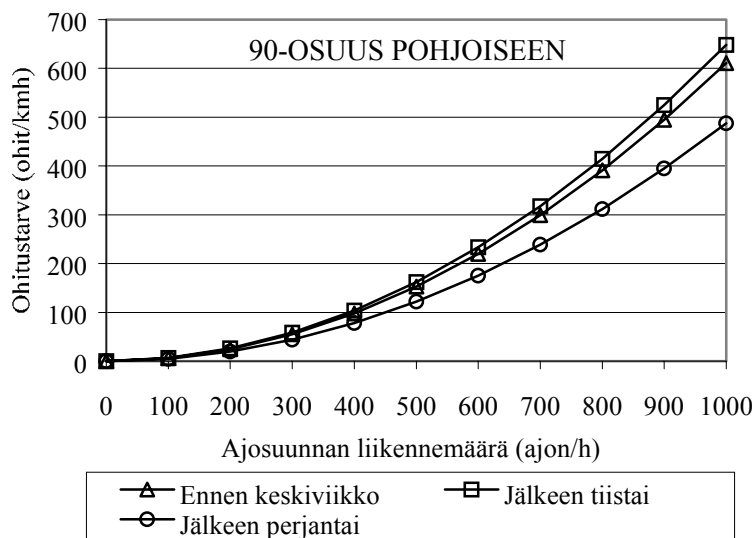
Jos oletetaan, että havaitut matkanopeudet muodostavat edustavan otoksen tieosan henkilöautoliikenteestä ja vastaavat kuljettajien matkajakauman tavoitenopeuksia, voidaan teorian mukaan laskea, mikä on henkilöautojen ohitustarve henkilöautoliikenteeseen nähden. *Kuviin 13 ja 14* on yhtälöstä (1) laskettu teoreettinen ohitustarve suunnittain 110- ja 90-osuuksille. Kuvis- sa on myös perjantain mittausten perusteella laskettu ohitustarve vertailun vuoksi, mutta siihen on syytä suhtautua hyvin varauksellisesti.

Nopeusrajoitusmuutoksella ei ole *kuvan 13* perusteella kovin suurta vaikutusta henkilöautojen väliseen teoreettiseen ohitustarpeeseen 110-osuudella. Pohjoisen suunnassa ohitustarve on nopeusrajoituksen laskemisen jälkeen (tiistain mittaukset) hieman suurempi kuin aikaisemmin (noin 5 %), etelän suunnassa ei ole mitään eroa. Jälkeen-tilanteen perjantain mittauksista laskettu ohitustarve on selvästi pienempi kuin tiistain mittauksista laskettu. Tämä johtuu todennäköisesti siitä, että havaitut matkanopeudet eivät ole kuljettajien tavoitenopeuksien mukaisia, vaan osa ajoneuvoista on joutunut ajamaan jonossa. Nopeusrajoitusmuutoksella ei myöskään ole suurta vaikutusta henkilöautojen väliseen ohitustarpeeseen 90-osuudella (*kuva 14*). Jälkeen-tilanteessa (tiistain mittaukset) ohitustarve on hieman suurempi kuin ennen-tilanteessa (5–6 %).

Tutkimuksessa oli mitattu ainoastaan henkilöautojen matkanopeuksia. Nopeusrajoitusmuutoksella 110 km/h:sta 90 km/h:ään ei näyttäisi olevan kovin suurta vaikutusta henkilöautojen väliseen teoreettiseen ohitustarpeeseen. Tässä on lisäksi huomioitava, että vaikka nopeusmittaukset oli tehty päiväliikenteessä, on tuloksissa mukana todennäköisesti sellaisia jonossa ajaneita, jotka joutuivat ajamaan tavoitenopeuttaan alhaisemmalla nopeudella. Tuloksia onkin syytä pitää vain suuntaa antavina. Nopeusrajoitusmuutoksen vaikutusta koko liikennevirran ohitustarpeeseen ei tutkimuksen perusteella voi arvioida.



Kuva 13. Ohitustarve (henkilöautojen väliset ohitukset) teorian mukaan E2-tiellä osuudella, jonka nopeusrajoitus muutettiin 110 km/h:sta 90 km/h:ään.



Kuva 14. Ohitustarve (henkilöautojen väliset ohitukset) teorian mukaan E22-tiellä osuudella, jolla nopeusrajoitus oli sekä ennen- että jälkeentilanteessa 90 km/h.

## 4 OLEMASSA OLEVIENT AINEISTOJEN KÄYTTÖ OHITUSTARPEEN ARVIOINNISSA

### 4.1 Tiehallinnon liikenteen automaattisen mittausjärjestelmän (LAM) hyödyntäminen

LAM-pisteistä saadaan ajoneuvokohtaista tietoa mm. ajoneuvojen nopeuksista, pituuksista sekä aikaväleistä. LAM-pisteiden tietojen avulla on mahdollista määrittää vapaiden ajoneuvojen nopeusjakauma (jonokriteeri esim. 5 s). Mikäli tämän jakauman voidaan riittävällä tarkkuudella olettaa vastaavan kuljettajien tavoitenopeuksien jakaumaa, voidaan nopeuksien keskihajonnan ja keskinopeuden avulla arvioida tien teoreettista ohitustarvetta eri liikennemäärillä. Todellisen ohitusmäärän selvittäminen ei ole LAM-pisteiden avulla mahdollista.

Nopeusrajoituksen vaikutusta ohitustarpeeseen on mahdollista arvioida LAM-aineistoista, jos tien nopeusrajoitus voidaan vaihtaa esim. muuttuvilla nopeusrajoitusmerkeillä. Tällöin vertailu olisi mahdollista tehdä samassa ympäristössä. Nopeusrajoituksen vaikutusta ohitustarpeeseen on mahdollista arvioida myös sellaisen LAM-pisteen avulla, jonka kohdalla on talvella voimassa alennettu nopeusrajoitus. Kesäajan vertailukohtana tulee tällöin olla lumeton ja kuiva talvikeli, mahdollisesti talvinopeusrajoituksen voimaantulon alku- tai loppuvaiheesta.

### 4.2 Esimerkki LAM-aineistojen käytöstä

LAM-aineistojen käyttöä ohitustarpeen arvioinnissa kokeiltiin tarkastelemalla kahden kaksikaistaisella tiellä sijaitsevan mittauspisteen nopeushavainnot talvi- ja kesänopeusrajoitusten ajalta. Pisteet valittiin sillä perusteella, että niiden läheisyydessä on tiesääasema. Toinen valituista pisteistä sijaitsee Liljendalissa vt 6:lla (nro 111) ja toinen Inkoossa kt 51:llä (nro 134). Vt 6 on Liljendalin kohdalla perinteinen kaksikaistainen sekaliikennetie, jolla on kapeat pientareet. Kt 51 on Inkoon kohdalla leveäpientareinen sekaliikennetie.

Molemmista pisteistä otettiin tarkasteluun mukaan neljän arkipäivän (ma-to) päiväliikenne noin klo 09–15 vuodelta 2001 sekä talvi- että kesärajoituksen ajalta. Inkoon talvirajoituspäivien lukumäärää lisättiin yhdellä (maanantai), sillä neljän talviarkipäivän liikennemäärä oli noin neljäsosan pienempi kuin neljän kesäarkipäivän liikennemäärä.

Tarkasteluun otetut päivät valittiin tiesääaseman kelitietojen perusteella. Ehtona oli kuiva ajokeli. Talviajan päivät ovat noin kahden viikon ajalta ennen nopeusrajoituksen vaihtumista, vertailupäivät ovat toukokuun kahdelta viimeiseltä viikolta. Vuonna 2001 talvinopeusrajoitukset poistettiin Uudenmaan teiltä 4.4.–6.4. välisenä aikana.

Ohitustarpeen arvioimiseksi LAM-aineistoista poimittiin vapaiden ajoneuvojen nopeushavainnot. Ajoneuvo määritettiin vapaaksi, mikäli aikaväli edellä ajavaan oli suurempi kuin 5,0 sekuntia. Aineistosta jätettiin pois ne havainnot, joissa ajoneuvon nopeus oli alle 65 km/h. Näin saatua nopeusjakaumaa käytettiin kuvaamaan kuljettajien tavoitenopeusjakaumaa. Raskaiksi ajoneuvoiksi aineistoissa luokiteltiin kaikki muut ajoneuvot paitsi moottoripyörät ja ilman peräkärriä ajavat henkilö- ja pakettiautot.

Taulukossa 7 on esitetty vapaiden ajoneuvojen nopeuksien matkajakauman keskiarvo ja keskihajonta vertailuaineistoissa. Talvirajoituksen aikana keskinopeus oli Inkoon mittauspisteessä noin 7 km/h (8 %) ja Liljendalin mittauspisteessä noin 5 km/h (5 %) alhaisempi kuin kesärajoituksen aikana. Ero keskihajonnassa oli Inkoossa -2,6 km/h (-26 %) ja Liljendalissa -2,5 km/h (-27 %).

Raskaiden ajoneuvojen osuus oli molemmissa mittauspisteissä maaliskuuhun 22 %. Toukokuun lopulla raskaiden osuus oli Liljendalissa hieman suurempi, 23 %. Inkoossa sen sijaan raskaita ajoneuvoja oli toukokuun lopulla liikkeellä alkukevättä hieman vähemmän, 20 % kaikista ajoneuvoista.

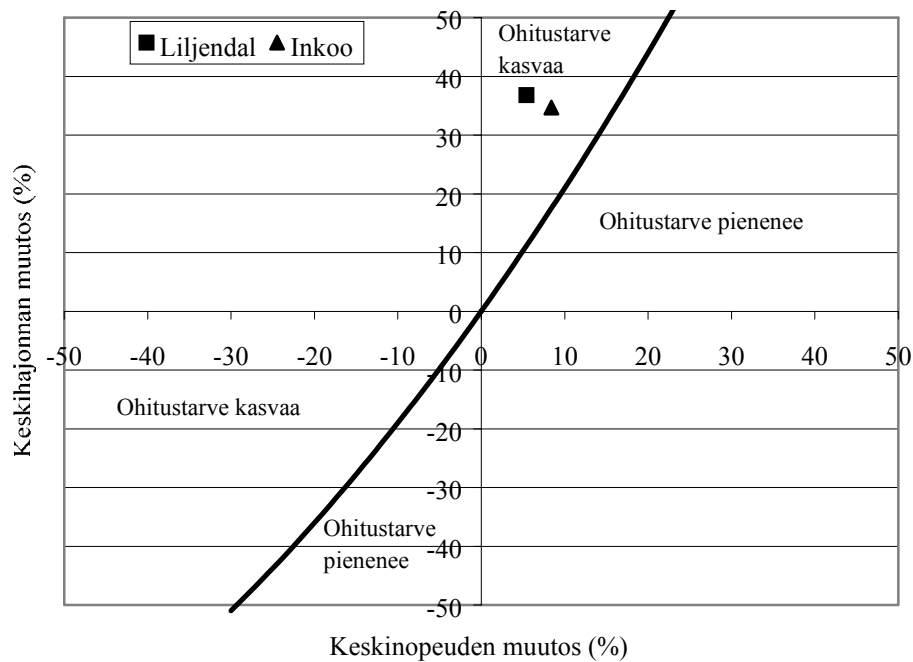
Inkoon mittauspisteessä keskinopeus ja keskihajonta oli molempina ajan kohtina suurempi kuin Liljendalin mittauspisteessä. Tähän saattaa osaltaan vaikuttaa tien leveä poikkileikkaus sekä kesärajoituksen aikana Liljendalin mittauspistettä pienempi raskaiden ajoneuvojen osuus.

Taulukko 7. Vapaiden ajoneuvojen nopeuksien matkajakauman keskiarvo ( $\bar{v}_s$ ) ja keskihajonta ( $\sigma_s$ ), ajoneuvojen lukumäärä (N) ja raskaiden ajoneuvojen osuus neljän tai viiden arkipäivän päiväliikenteestä Liljendalin ja Inkoon LAM-pisteissä talvi- ja kesänopeusrajoituksen aikana keväällä vuonna 2001.

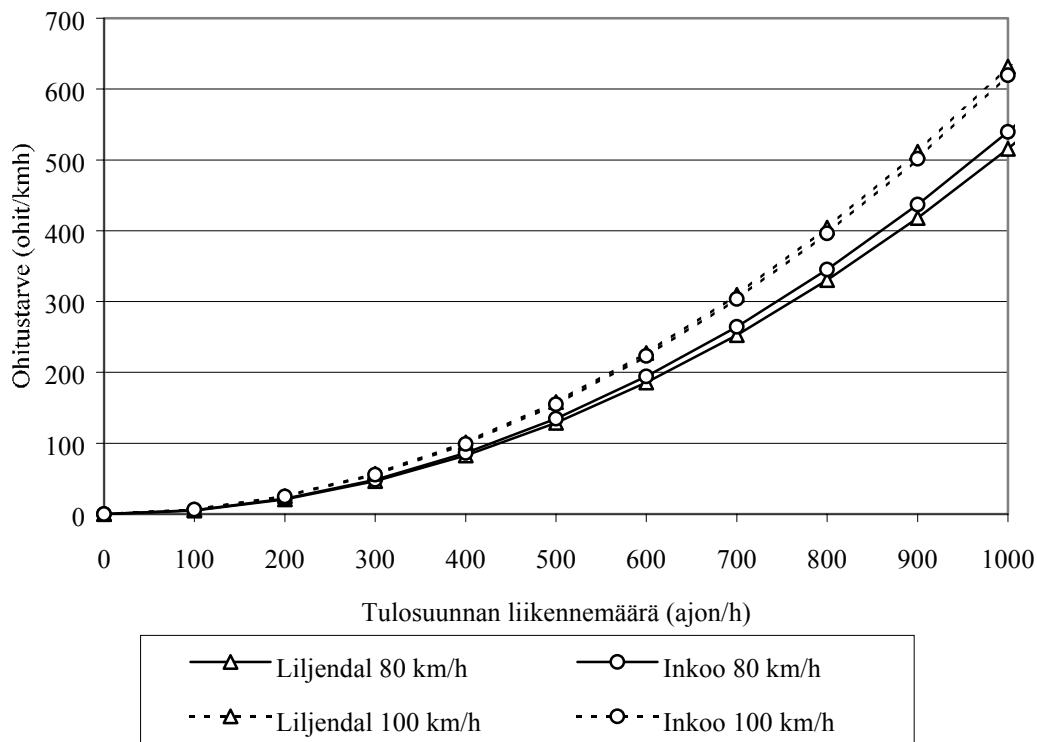
Nopeusrajoitus	Liljendal vt6				Inkoo kt 51			
	$\bar{v}_s$ (km/h)	$\sigma_s$ (km/h)	N	Raskaiden osuus (%)	$\bar{v}_s$ (km/h)	$\sigma_s$ (km/h)	N	Raskaiden osuus (%)
80 km/h	86,6	6,8	4252	22	88,4	7,5	4814	22
100 km/h	91,3	9,3	4427	23	95,8	10,1	4603	20

Kuvassa 15 on esitetty nopeuksien keskiarvojen ja keskihajontojen suhteelliset muutokset ja niiden vaikutus teoreettiseen ohitustarpeeseen, kun nopeusrajoitus nostetaan 80 km/h 100:aan km/h. Kuvan perusteella teoreettinen ohitustarve kasvaa sekä Liljendalissa että Inkoossa nopeusrajoituksen noustessa. Liljendalissa muutos suurempi kuin Inkoossa. Yhtälöstä (1) laskeutu teoreettinen ohitustarve eri liikennemäärillä on esitetty kuvassa 16.

Yllä oleva tulos perustuu oletukseen, että vapaiden ajoneuvojen pistenopeusjakauma vastaa kuljettajien tavoitenopeusjakaumaa. Ajoneuvon hetkeliseen nopeuteen saattaa kuitenkin vaikuttaa moni asia. Mitattu pistenopeus ei välttämättä ole sama kuin kuljettajan tavoitenopeus, vaikka mittauspiste olisi tasaisella ja suoralla tieosuudella. Jatkossa tulisikin selvittää ja mahdollisesti kehittää muitakin menetelmiä tavoitenopeusjakauman määrittämiseksi.



Kuva 15. Nopeuksien keskiarvojen ja keskihajontojen suhteelliset muutokset ja niiden vaikutus teoreettiseen ohitustarpeeseen Liljendalin ja Inkoon LAM-pisteissä, kun talvinopeusrajoitus 80 km/h muutetaan kesänopeusrajoitukseksi 100 km/h.



Kuva 16. Vapaiden ajoneuvojen nopeuksien matkajakauman perusteella laskettu teoreettinen ohitustarve kesä- ja talvinopeusrajoituksen aikana Liljendalin ja Inkoon LAM-pisteissä.

### 4.3 Rekisteritunnustutkimusaineistojen hyödyntäminen

Teknillisen korkeakoulun liikennelaboratorio on 1990-luvun alkupuolelta lähtien tehnyt rekisteritunnustutkimuksia videokuvausten avulla. Rekisteritunnustutkimuksella saadaan tietoja ajoneuvojen matkanopeuksista ja todellisista ohitusmääristä. Ilmakuvausten ja haastattelujen lisäksi rekisteritunnustutkimus on ainoa menetelmä selvittää todellisia ohitusmääriä.

Ohitusmääriä on selvitetty lähinnä moottoriliikenneteillä, joilla nopeusrajoitus on 100 km/h. Tutkimukset ovat liittyneet uusien poikkileikkaustyyppien kokeiluihin (Siimes 1998).

Tavallisilta kaksikaistaisilta maanteiltä on kerätty rekisteritunnustutkimusaineistoja vuonna 1996 Mäntsälän ja Lahden väliltä vanhalta Lahdentieltä (mt 140) Lahdentien määräpaikkatutkimuksen yhteydessä (Rajamäki 1999). Tieosuuden nopeusrajoitus oli 80 km/h. Vuonna 1998 teiden linjaosuuksien palvelutasotutkimuksen yhteydessä kerättiin aineistoja kahdelta nopeusrajoitusalueelta: 100 km/h (vt6 Koskenkylä - Liljendal ja kt 51 Degerby - Tähtelä) sekä 80 km/h (mt 120 Luukki - Otalampi). Näitä aineistoja voitaisiin käyttää selvittäessä nopeusrajoituksen vaikutusta ohitukseen, jos nopeusrajoitus olisi mahdollista vaihtaa ja tehdä vertaileva rekisteritunnustutkimus.

## 5 JOHTOPÄÄTÖKSET JA SUOSITUKSET

Nopeusrajoituksen muutoksen vaikutus ohitustarpeeseen on teorian mukaan riippuvainen kuljettajien tavoitenopeusjakauman muutoksista. Tietyllä liikennemäärällä ohitustarpeen suuruus voidaan laskea tavoitenopeusjakauman keskiarvon ja keskihajonnan perusteella. Kaksikaistaisen tien todellisen ohitusmäärän arvioiminen teoreettisesti on sen sijaan vaikeaa, sillä vastaantuleva liikenne ja tien linjaus sekä ohituskiellot rajoittavat ohitusmahdollisuuksia.

Nopeusrajoitusmuutoksen vaikutuksia ohitukseen ei ole kovin laajalti selvitetty. Kirjallisuudesta ei löytynyt tutkimuksia, joissa olisi selvitetty kenttämittausten avulla tien nopeusrajoituksen muutoksen vaikutuksia todellisiin ohitusmääriin. Ruotsalaisessa VTI:n tutkimuksessa oli tarkasteltu simuloimalla raskaiden ajoneuvojen nopeusrajoitusmuutoksen vaikutuksia ohitusmääriin (Carlsson et al. 1992). Suomalaisessa 1970-luvun tutkimuksessa ohitusmäärien muutoksia oli selvitetty kenttätutkimuksella, mutta tutkimus oli tehty nopeusrajoitusten asettamisen yhteydessä (Piirainen 1974).

Nopeusrajoituksen alentamisen (100 km/h → 80 km/h) vaikutusta teoreettiseen ohitustarpeeseen on tarkasteltu kahdessa suomalaisessa selvityksessä vuosilta 1991 ja 1992 sekä tämän työn yhteydessä. Näissä selvityksissä on saatu toisistaan poikkeavia tuloksia.

Tämän työn yhteydessä kokeiltiin liikenteen automaattisen mittausjärjestelmän (LAM) tietojen käyttöä teoreettisen ohitustarpeen määrittämiseen kahdessa kohteessa. Tulosten perusteella ohitustarve näyttäisi olevan pienempi nopeusrajoituksella 80 km/h kuin nopeusrajoituksella 100 km/h. Talvinopeusrajoituskokeilun yhteydessä vuonna 1991 tehdyssä vertailussa saatiin tulos, että nopeusrajoitus ei vaikuta teoreettiseen ohitustarpeeseen (Peltola 1991). Kolmannessa selvityksessä sen sijaan arvioitiin, että ohitustarve kasvaa, kun nopeusrajoitus alennetaan 100 km/h:sta 80 km/h:aan (Kallberg 1992).

Tässä työssä teoreettisen ohitustarpeen arviointiin käytettiin vapaiden ajoneuvojen (jonokriteeri 5 s aikaväli) nopeusjakaumaa. Peltolan tutkimuksessa ajoneuvojen nopeudet oli mitattu tutkalla, joten nopeusjakauma muodostui myös vapaiden ajoneuvojen nopeuksista. Kallbergin selvityksessä nopeustiedot perustuivat tielaitoksen vuoden 1990 mittauksiin ja nopeusrajoituksen alentamisen vaikutus oli arvioitu eri nopeusrajoitusalueiden mittaustulosten perusteella. Selvityksessä ei mainittu, oliko nopeusjakaumat muodostettu vapaiden vai kaikkien ajoneuvojen nopeushavainnoista. Erot tuloksissa saattavat ainakin osittain johtua lähtötietojen erilaisesta hankkimistavasta.

Nopeusrajoituksen vaikutusta teoreettiseen ohitustarpeeseen tulisi edelleen selvittää. LAM-pisteiden tietojen avulla on mahdollista arvioida vaikutuksia sellaisissa kohteissa, joissa on talvella voimassa alennettu nopeusrajoitus ja joiden lähistöllä on kelitietoja tallentava tiesääasema. Talvinopeusrajoituksen aikaisten vertailuaineistojen tulisi olla lumettoman ja kuivan kelin ajalta, jotta olosuhteet olisivat vertailukelpoisia. Toinen mahdollisuus on mitata ajoneuvojen nopeuksia kohteessa, jossa tien nopeusrajoitus on mahdollista vaihtaa esimerkiksi muuttuvilla nopeusrajoitusmerkeillä. Lisäksi tulisi selvittää ja mahdollisesti kehittää menetelmiä tavoitenopeusjakauman määrittämiseksi, sillä ajoneuvojen tavoitenopeuksien jakauma saattaa poiketa vapaiden ajoneuvojen nopeusjakaumasta.



Pistenopeusmittausten avulla ei ole mahdollista määrittää liikennevirran todellista ohitustiheyttä. Vaikka teoreettinen ohitustarve pienenisikin nopeusrajoituksen alentuessa, ei todellisen ohitusmäärän muutosta voi varmuudella arvioida. Nopeusrajoituksen alentuessa ohitukseen tarvittava matka lyhenee, joten todellinen ohitusmäärä saattaa jopa kasvaa sellaisella tiellä, jolla näkemät ovat aikaisemmin rajoittaneet ohittamista.

Nopeusrajoituksen vaikutus todellisiin ohitusmääriin voidaan selvittää rekisteritunnustutkimuksen avulla. Ohitusmääriä voidaan tutkia myös helikopterikuvausten tai kuljettajien haastattelujen avulla, mutta nämä menetelmät ovat käytännössä vaikeampia toteuttaa kuin rekisteritunnustutkimus.

Rekisteritunnustutkimuksessa nopeusrajoituksen vaikutus ohitusmääriin saadaan selville videokuvaamalla liikennettä sopivissa kohteissa eri nopeusrajoitusten aikana. Tarkastelukohteet voisivat olla sellaisia, joissa on talvella voimassa alennettu nopeusrajoitus tai joissa nopeusrajoitus olisi mahdollista vaihtaa esimerkiksi muuttuvien nopeusrajoitusmerkkien avulla. Videokuvauksia tulisi tehdä erilaisissa liikennetilanteissa ja geometrialtaan erityyppisissä kohteissa, jotta näkemäolosuhteiden vaikutusta ohitusmäärän muutoksiin voitaisiin myös arvioida. Tutkimuksessa on mahdollista käyttää TKK:n liikennelaboratorion aikaisempien rekisteritunnustutkimusten aineistoja. Tällöin vertailuaineisto saataisiin tekemällä rekisteritunnustutkimus samassa kohteessa eri nopeusrajoituksen aikana.

## 6 LÄHDELUETTELO

Brilon Werner (2000). Proposed Parameters for 2-lane Traffic Flow Simulation. Report – draft version. Meeting at Helsinki University of Technology. August 21-22, 2000. 12 p.

Carlsson Arne, Nilsson Göran, Wretling Peter (1992). Hastighetsgräns 80 km/h för tunga lastbilar. VTI meddelande 683/1992. 45 s. + liitteet.

Huttunen Iiro (1994). Ohitukset ja palvelutaso moottoriliikenneteillä. Diplomityö. Teknillisen korkeakoulun rakennus- ja maanmittaustekniikan osasto. 161 s.

Häkkinen Sauli, Luoma Juha (1990). Liikennepsykologia. Otatiето 534. 171 s.

Kallberg Harri (1980). Overtakings and Platoons on Two-lane Rural Roads. Tiedonanto 61. Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen tie- ja liikennelaboratorio. 98 s. + liitteet.

Kallberg Harri (1992). Vähentäisikö 80 km/h nopeusrajoitus ohitustarpeita pääteillä? Tie- ja liikenne -lehti 9/1992. s.16–17.

Kiljunen Matti, Summala Heikki (1996). Ruuhkaisuuden kokeminen ja liikennetiedottaminen. Tielaitoksen selvityksiä 25/1996. 77 s. + liitteet.

Kosonen Iisakki (2000). Microscopic Modelling of Overtaking and Traffic Flow on 2-lane Roads. Draft. Meeting at Helsinki University of Technology. August 21–22, 2000.

Liikenne- ja viestintäministeriö (2000). Liikenneturvallisuussuunnitelma vuosille 2001-2005. Ohjelmia ja strategioita 2/2000. 51 s.

Lehtinen Jukka (2000). Kaksikaistaisten teiden mikrosimulointi – nykytila ja kehityssuunnat. Diplomityö. Teknillisen korkeakoulun rakennus- ja ympäristötekniikan osasto. 109 s.

Maycock G., Brocklebank P.J. (1998). Road Layout Design Standards and Driver Behaviour. Transport Research Laboratory. Report 332. 43 s.

McLean J. R. (1989). Two-Lane Highway Traffic Operations. Theory and Practice. Gordon and Breach Science Publishers. 408 s.

Nilsson Göran, Obrenovic Alexander (2000). Sänkning av hastighetsgränsen 110 km/h till 90 km/h. Effekt på reshastighet. VTI meddelande 899/2000. 19 s.

Nokela I., Lyly S., Aho E. (1980). Liikennetekniikan sanasto. Helsingin teknillinen korkeakoulu, liikennetekniikka. Julkaisu 45. 298 s.

Norman O. K. (1942). Results of Highway-Capacity Studies. Public Roads. VOL. 23, NO. 4. pp. 57–81.

Peltola Harri (1991). Autojen nopeudet vuodenajan mukaan vaihdettavien nopeusrajoitusten kokeilussa. Valtion teknillinen tutkimuskeskus. Tiedotteita 1222. 36 s.+liitteet.

Piirainen Saara (1974). Tiekohtaisen nopeusrajoituksen vaikutus jonoihin ja ohituksiin. Diplomityö. Teknillisen korkeakoulun rakennusinsinööriosasto. 112 s. + liitteet.

Polus Abishai, Livneh Moshe, Frischer Benyamin (2000). Evaluation of the Passing Process on Two-Lane Rural Highways. Transportation Research Record NO 1701. pp.53–60.

Pursula Matti, Innamaa Satu (2001). Liikennevirran ominaisuudet -kurssin opetusmoniste. Teknillinen korkeakoulu, liikennelaboratorio. 150 s.

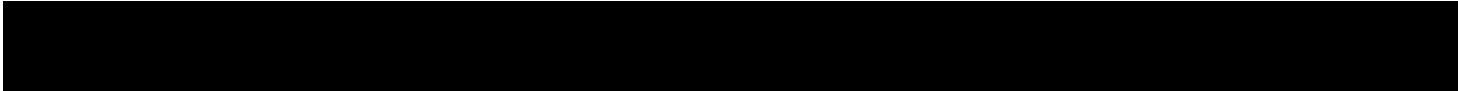
Rajamäki Riikka (1999). Valtatien 4 ja maantien 140 rekisteritunnustutkimus 14.8.1996-16.8.1996. Erikoistyö. Teknillinen korkeakoulu, liikennelaboratorio. 31 s.+liitteet.

Siimes Heli (1998). Uudet tietyypit – Yhteenveto Suomen koeteistä. Tielaitoksen sisäisiä julkaisuja 31/1998. 42 s.+liitteet.

Tiehallinto (2001). Yleiset tiet 1.1.2001. Tiehallinnon selvityksiä 16/2001. 43 s. + liitteet.







ISSN 1457-9871  
ISBN 951-726-806-8  
TIEH 3200703