



Tielaitos

Matti Roine

Talvi ja tieliikenne -projekti

Kuljettajakäyttäytyminen kaarre- ja jonoajossa

**Tielaitoksen
selvityksiä**

87/1993

Helsinki 1993

**Liikenteen
palvelukeskus**

Tielaitoksen selvityksiä
87/1993

Matti Roine

Talvi ja tieliikenne -projekti

**Kuljettajakäyttäytyminen kaarre- ja
jonoajossa**



Tielaitos
Liikenteen palvelukeskus

Helsinki 1993

ISSN 0788-3722
ISBN 951-47-8771-4
TIEL 3200212
Painatuskeskus Oy
Helsinki 1994

Julkaisun kustannus ja myynti:
Tielaitos, hallinnon palvelukeskus,
painotuotepalvelut
Telefax (90) 1487 2652



Tielaitos

Opastinsilta 12 A
PL 33
00521 HELSINKI
Puh. vaihde (90) 148 721

Asiasanat: Ajokäyttäytyminen, liikenneturvallisuus, onnettomuusriskit, keli

TIIVISTELMÄ

Tutkimuksessa selvitettiin eri rengastyyppejä käyttäneiden kuljettajien ajokäyttäytymistä kaarre- ja jonoajossa talviliikenteessä. Tutkimuksessa oli mukana sekä nastarenkaita että nastattomia talvirenkaita käyttäneitä kuljettajia. Nastattomia talvirenkaita käyttäneisiin kuljettajiin sisältyi myös pieni määrä uudentyypisiä ns. kitkarenkaita käyttäneitä kuljettajia. Kaarreajon molemmat tutkimuskohteet sijaitsivat pääkaupunkiseudulla ja taajama-alueella. Jonoajoa selvitettiin Kuopion tiepiirissä kahdessa tutkimuskohteessa, jotka sijaitsivat päätiellä suhteellisen hyvissä tieoloissa (valtatie 6).

Kuljettajien käyttämät nopeudet olivat kaarreajossa liukkailla keleillä keskimäärin 6 km/h pienempiä kuin hyvissä kelioloissa. Nastattomat kuljettajat ajoivat yleensä hieman pienemmillä nopeuksilla kaarrekohteissa kuin nastalliset. Naiskuljettajat käyttivät yleensä pienempiä nopeuksia kuin mieskuljettajat. Myös kuljettajan iän todettiin vaikuttavan nopeuksiin siten, että vanhempaan ikäryhmään kuuluneet kuljettajat (vähintään 55-vuotiaat) ajoivat yleensä jonkin verran pienemmillä nopeuksilla kuin nuoremman ikäryhmän kuljettajat. Ne kuljettajat, jotka ajoivat tutkimuskohteissa useita kertoja viikossa, käyttivät myös keskimäärin suurempia nopeuksia kuin kohteissa harvemmin liikkuneet.

Jonossa pääteillä ajettiin hitaammin kuin jonojen ulkopuolella vapaissa ajo-oloissa. Kitkan vaihtelun ei todettu vaikuttavan huomattavasti kuljettajien nopeuksiin näissä pääteiden tutkimuskohteissa riippumatta siitä, ajettiin jonoissa tai jonojen ulkopuolella. Tutkimuskohteet sijaitsivat suhteellisen hyvissä tieoloissa ja kohteissa oli tutkimusten aikana voimassa 80 km/h talviajan nopeusrajoitus, joten saadut tulokset eivät koskeneet käyttäytymistä suurempien nopeusrajoitusten alueella. Nastattomien kuljettajien keskinopeus oli näissä kohteissa jonkin verran pienempi kuin nastallisten, mutta ero ei kuitenkaan ollut tilastollisesti merkitsevä.

Vaaratilanteiden syntymismahdollisuutta arvioitiin turvamarginaalien perusteella. Kaarrekohtissa turvamarginaalina käytettiin kuljettajan mitatun nopeuden ja laskennallisen suistumisnopeuden erotusta. Pääteillä jonoajossa turvamarginaalina käytettiin äkkijarrutuksen perusteella laskettua matkaeroa.

Kaarreajon kohdissa ajettiin liukkaalla kelillä selvästi pienemmillä turvamarginaaleilla kuin hyvällä kelillä. Nastarenkaita ja nastattomia talvirenkaita käyttäneiden kuljettajien turvamarginaaleissa ei todettu merkitseviä tilastollisia eroja, vaikka nastarenkaita käyttäneiden kuljettajien keskimääräinen turvamarginaali olikin jonkin verran suurempi kuin nastattomien.

Pääteillä turvamarginaalit olivat jonossa ajettaessa samaa suuruusluokkaa sekä liukkaalla kelillä että hyvissä kelioloissa. Huomattava osuus (26 %) kuljettajista ajoi niin pienillä etäisyyksillä edellä ajavaan, että laskennallisesti äkkijarrutustilanteessa olisi jouduttu onnettomuuteen. Nastarenkaallisten kuljettajien keskimääräinen turvamarginaali oli jonoajossa hieman suurempi kuin nastattomien kuljettajien, mutta ero ei ollut tilastollisesti merkitsevä.

Keywords: Driving behaviour, road safety, accident risk, road condition

ABSTRACT

The investigation deals with driver behaviour while driving in queues and in sharp curves during winter-time with studded and with non studded winter tires. The measurements of driver behaviour focused on driving on slippery road surface condition. The drivers were stopped for interviews after the measurements of driver behaviour. During the interviews also the type and condition of tires and studs were recorded.

Both locations where speeds of drivers in sharp curves were studied were situated in the capital region. Driver behaviour on a normal main road in queues was studied in the Kuopio region. Driver behaviour in queues indicated the speeds and safety marginals of drivers with studded and non-studded winter tires in traffic flow condition.

The estimated average speed of the drivers was about 6 km/h lower in sharp curves on slippery compared to dry or wet road surface condition. However, the safety marginals were significantly lower on slippery curves pointing out that decreasing friction level seems to increase the accident risk of drivers. Speed models implicated that studded drivers drove with somewhat higher speeds in curves than drivers with non studded winter tires. However, there were no major differences in the average safety marginals between studded and non studded drivers.

Variance of the coefficient of friction did not have any great influence on driver speeds on main roads whether driving in queues or not. The average speed of studded drivers in queues on main roads was a little higher than the speed of drivers with non studded winter tires. There were no statistically significant differences in the average safety marginals of drivers in queues in different road conditions. The average safety marginal of the non studded drivers was somewhat smaller than the studded drivers.

Around 20–30 % of the drivers in queues on main roads drove with so small safety marginals that unexpected braking situations would cause dangerous incidents and perhaps also lead to accidents.

ALKUSANAT

Tehty tutkimus liittyy tielaitoksen Talvi- ja tieliikenne -projektin liikenneturvalisuustutkimuksiin. Tutkimuksessa on selvitetty eri rengastyyppejä käyttäneiden kuljettajien ajokäyttäytymistä kaarre- ja jonoajossa.

Tutkimus on tehty Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen (VTT) tie-, geo- ja liikennetekniikan laboratoriossa. Tutkimuksen toteuttamisesta on VTT:ssa vastannut erikoistutkija Matti Roine. Tielaitoksen yhdyshenkilönä on toiminut Talvi- ja tieliikenneprojektin päällikkö Anne Leppänen.

Helsingissä joulukuussa 1993

Liikenteen palvelukeskus

Talvi- ja tieliikenneprojekti

Anne Leppänen
Projektipäällikkö

SISÄLTÖ

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
ALKUSANAT	5
1 JOHDANTO	7
2 TUTKIMUSKOhteET JA AINEISTO	8
2.1 Tutkimuskohteet	8
2.2 Tutkimusaineisto	9
2.2.1 Kaarreajo	9
2.2.2 Jonoajo	10
3 TUTKIMUSMENETELMÄ	12
3.1 Tausta	12
3.2 Turvamarginaalit	12
3.3 Kitkakertoimet	14
4 TUTKIMUSTULOKSET	16
4.1 Kaarreajo	16
4.1.1 Sivukitka ja ajonopeus	17
4.1.2 Turvamarginaalit suistumisen suhteen	22
4.1.3 Tulosten tarkastelua	25
4.2 Jonoajo	26
4.2.1 Lukkojarrutuskitka ja ajonopeus	28
4.2.2 Turvamarginaalit	29
4.2.3 Tulosten tarkastelu	31
5 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET	33
KIRJALLISUUS	36

LIITTEET

- 1 Mittauskohteet ja aikataulu
- 2 Haastattelu- ja rengastietojen lomakkeet
- 3 Varianssianalyysit
- 4 Nopeusmallit
- 5 Kaarreajon tutkimuskohteet

1 JOHDANTO

Talvi ja tieliikenne -tutkimukseen sisältyy useita talviajan liikenneturvallisuuksi selvitettäviä tutkimusosuuksia. Turvallisuustudkimuksia suunniteltaessa lähdettiin siitä, että ongelmaa selvitetään useasta eri näkökulmasta, jolloin johtopäätöksiä varten on käytettävissä monipuolista uutta tietoa. Kuljettajien ajokäyttäytymistä ja riskinottoa koskevan tutkimuksen tavoitteena oli selvittää rengastyypin vaikutuksia kuljettajakäyttäytymiseen liikenteessä ja käyttäytymisen vaikutuksia liikenneturvallisuuksiin.

Tutkimuksen lähtökohtana oli kaksi koetilannetta, joissa mitattiin kuljettajan liikennekäyttäytymistä. Ensimmäisessä koetilanteessa mitattiin kuljettajien käyttämiä kaarrenopeuksia ja toisessa kuljettajien nopeuksia ja aikavälejä jonoajossa. Jotta tarvittavat taustatiedot voitiin koota, kuljettajat pysäytettiin ja haastateltiin. Koetilanteiden kannalta oli myös tärkeää, että haastattelujen yhteydessä koottiin kuljettajien ajoneuvojen rengastiedot. Tutkimuksen tavoitteena oli vertailla nastallisten ja nastattomien kuljettajien käyttäytymistä ja selvittää eri rengastyyppien vaikutuksia vaaratilanteiden syntymisessä. Ennalta tiedettiin, että ns. kitkarenkaita käyttäviä oli liikenteessä vielä niin vähän, että näistä kuljettajista ei voitu olettaa saatavan riittävästi tietoja käyttäytymisen arvioimiseksi. Tutkimusta suunniteltaessa oletettiin myös, että mittauksia jouduttaisiin ehkä jatkamaan vielä talvikaudella 1993–1994.

2 TUTKIMUSKOHEET JA AINEISTO

2.1 Tutkimuskoheet

Tutkimuksessa mitattiin vapaiden, jonojen ulkopuolella ajaneiden henkilöautojen nopeuksia kaarreajossa ja kuljettajien nopeuksia ja aikavälejä tavallisilla pääteiden tieosuuksilla eri kelioloissa. Tutkimuksen tavoitteiden mukaisesti jokaisessa mittauksessa pyrittiin havainnoimaan mahdollisimman monen nastattoman kuljettajan käyttäytyminen.

Kaarreajo

Tutkimuskohteiksi valittiin sellaisia jyrkkiä tien kaarrekohtia, joissa kuljettaja joutui ottamaan nopeuden valinnassaan huomioon vallitsevat keliolot. Kaarteiden tuli olla niin jyrkkiä, että nopeutta alentamatta olisi vaarana joutua luistoon ja ääritapauksissa myös tieltä suistumisen.

Vaihtoehtoisia tutkimuskohtia oli useita, mutta ne sijaitsivat usein pääteiden ulkopuolella ja pitkien etäisyyksien päässä. Tutkimuskohteilta edellytettiin myös riittäviä liikennemääriä, jotta havaintoja kertyisi kohtuullisella nopeudella ja että myös nastattomia henkilöautoja saataisiin mukaan tutkimusaineistoon.

Kaarreajon tutkimuskohteiksi valittiin tarkastelun jälkeen Länsiväylällä (kantatie 51, moottoritie) oleva Soukan poistumisramppi (Helsingin suunnasta), jonka kaarresäde oli noin 60 m ja nopeusrajoitus 80 km/h. Kohteessa on jo aikaisemmin 1970-luvun lopulla tehty vastaavanlaisia mittauksia /7/. Toiseksi tutkimuskohteeksi valittiin Tapiolan Koivumankkaantien jyrkkä kaarre, ns. Orionin mutka, joka sijaitsee 50 km/h nopeusrajoituksen alueella. Tutkimuskohteiden yksityiskohtaiset tiedot on esitetty liitteissä (liitteet 1 ja 5).

Jonoajo

Tutkimuskoheet sijaitsivat Kuopion tiepiirin alueella, jotta samalla saataisiin myös tietoja kuljettajien liikennekäyttäytymisestä Kuopion suolaamattomuuskokeilun alueelta. Tutkimuskoheet, joita valittiin kaksi, sijaitsivat valtatiellä 5 Siilinjärven ja Leppävirran lähistöllä (liite 5). Ne sijaitsivat päätien liittymien ulkopuolisilla tieosuuksilla ns. linjaosuuksilla sellaisissa tienkohdissa, joissa jonoutunut liikennevirta vielä pysyi jonossa eikä tienkohta houkutellut ohitukseen.

Kuopion tiepiirin alueella olleissa tutkimuskohteissa vähennettiin suolausta huomattavasti talvikautena 1992–1993. Tutkimuskohteissa oli normaalisti 100 km/h nopeusrajoitukset, mutta talvikautena ja mittausten aikana 80 km/h tiekohtaiset nopeusrajoitukset.

2.2 Tutkimusaineisto

Tutkimusaineistossa oli kaarreajon mittauksia 675:stä ja jonoajon mittauksia 435 henkilöautosta. Koko aineistossa oli nastarenkailla ajaneita kuljettajia 84 %, nastattomilla talvirenkailla ajaneita 16 % ja muilla renkailla ajaneita vain vajaan prosentin verran. Tutkimuksen mittaukset tehtiin 1.12.1992–31.3.1993.

Tienpinnan kitka mitattiin vähintään tunnin välein tai keliolojen muuttuessa henkilöautoon asennetulla Digislope-kitkanmittauslaitteella lukkojarrutuksena /2/. Kitkanmittaukset tehtiin hyväkuntoisilla nastarenkailla. Digislophen kalibrointivirheeksi on VTT:n tutkimuksissa todettu 0–2,5 %-yksikköä ja samalla on todettu että liukkaalla kelillä virheen merkitys on vähäinen /2/.

Teiden talvihoitotason kuntoluokituksen mukaan erittäin liukasta on kun kitka on 0,00–0,15 (taulukko 1). Nastarenkaita koskeneissa tutkimuksissa on lähdetty siitä, että uusilla nastarenkailla kitkataso menee harvoin alle 0,20:n, jota on pidetty erittäin liukkaana ja liukkaana kelin raja-arvona. Tutkimusaineiston tarkastelun perusteella lukkojarrutuskitkaa tarkasteltiin kaarreajossa käyttäen luokitteluna 0,0–0,30 (liukas keli), 0,30–0,45 (tyydyttävä kitka) ja 0,45–1,00 (hyvä kitka). Jonoajoa koskevissa analyyseissä kitka luokiteltiin myöhemmin havaintojen pienen määrän johdosta pääasiassa kahteen ryhmään (liukas keli: 0,0–0,25 ja muu keli: 0,25–1,00).

Taulukko 1. Teiden talvihoitotason arviointi liukkauden perusteella /2/.

Kuntoarvo	Kitkakerroin	Tien pinnan kuvaus
1	0,00–0,15	Pääkallokeli tai muuten erittäin liukas
2	0,15–0,25	Kuiva jää- tai lumipolanne
3	0,25–0,35	Karkea jää- tai lumipolanne pakkassäällä
4	0,35–0,45	Paljas ja märkä tai ajourien välissä polanteet
5	0,45–1,00	Paljas ja kuiva

2.2.1 Kaarreajo

Kaarreajon aineiston 558 kuljettajasta käytti 440 (79 %) nastarenkaita, 113 (20 %) nastattomia talvirenkaita (M+S) ja vain 5 (1 %) muita renkaita (kesärenkaat). Nastattomilla talvirenkailla ajaneista 41:llä eli 36,3 %:lla (7,3 %:lla koko aineistosta) oli ns. kitkarenkaat. Mittauksissa mukana olleiden henkilöautojen renkaat määritettiin auton eturenkaan perusteella (taulukko 2).

Kaarreajon tutkimusaineistosta 13 % mitattiin liukkaalla kelillä (kitka 0,0–0,30), noin 25 % tyydyttävällä kelillä (kitka 0,30–0,45) ja 63 % kitkan mukaan hyvällä kelillä (taulukko 3). Kaikki liukkaiden keliä mittaukset tehtiin Tapiolan tutkimuskohteessa. Länsiväylän rampilla oli kaikissa mittauksissa lukkojarrutuskitkan mukaan vähintään tyydyttävä keli.

Nastattomia talvirenkaita käyttäneitä kuljettajia oli tutkimusaineistossa yhteensä 113 (20,3 %). Näistä kuusi (5,3 %) ajoi liukkaalla kelillä, 44 (38,9 %) tyydyttävällä ja 63 (55,8 %) hyvällä kelillä mitatun nastarengaskitkan (lukkojarrutus) perusteella arvioiden (taulukko 3).

Taulukko 2. Nastarenkaallisten, nastattomien talvirenkaallisten ja muilla renkailla varustettujen henkilöautojen määrä kaarremittausten tutkimuskoh-teissa.

Kohde		Havaintomäärät ja osuudet eri renkailla			
		Nasta-renkaat	Nastattomat talvirenkaat	Muut renkaat	Yhteensä
Tapiola	lkm	107	18	-	125
	%	85,6	14,4	-	100,0
Soukka	lkm	333	95	5	433
	%	75,7	21,9	1,2	100,0
Yhteensä	lkm	440	113	4	558
	%	78,9	20,3	0,9	100,0

Taulukko 3. Nastarenkaallisten, nastattomien talvirenkaallisten ja muilla renkailla varustettujen henkilöautojen määrä hyvän nastarenkaan mukaan määritetyissä kitkaluokissa (Digislope, lukkojarrutus) kaarreajon tutkimusai-neistossa.

Kohde		Havaintomäärät lukkojarrutuskitkan eri luokissa			
		0,00–0,30	0,30–0,45	0,45–1,00	Yhteensä
Tapiola	Nastarengas	64	-	43	107
	Nastaton talvir.	6	-	12	18
	Yhteensä	70	-	55	125
Soukka	Nastarengas	-	94	239	333
	Nastaton talvir.	-	44	51	95
	Muu rengas	-	1	4	5
	Yhteensä	-	139	294	433
Yhteensä		70	139	349	558

2.2.2 Jonoajo

Jonoajon tutkimuskohteissa mitattiin perustiedot 435 henkilöauton aikavälistä ja nopeudesta. Autojen kuljettajista 92,6 %:lla oli nastarenkaat (eturenkaan mukaan) ja 7,4 %:lla nastattomat talvirenkaat. Nastattomia talvirenkaita käyttäneiden osuus oli molemmissa tutkimuskohteissa samaa suuruusluokkaa. Jonoajon aineistossa ei ollut mukana yhtään kesärenkaallista kuljettajaa (taulukko 4).

Tutkimusaineistosta rajattiin aikavälin perusteella jonoajon analyysiin vain enintään viiden sekunnin aikavälillä edellä ajaneeseen liikkuneet henkilöautot /3/. Tällöin jäi varsinaiseen jonoajon tutkimusaineistoon 152 henkilöautoa, joista vain seitsemällä (4,6 %) oli nastattomat talvirenkaat (taulukko 5).

Aineiston 152 havainnosta 62 % (94) mitattiin liukkaalla, 5 % (7) tyydyttävällä ja 29 % (48) hyvällä kelillä. Nastattomat talvirenkaat oli vain seitsemässä henkilöautossa ja näistä kuusi ajoi liukkaalla kelillä (taulukko 6).

Taulukko 4. Nastarenkaallisten ja nastattomien talvirenkaallisten henkilöautojen määrä jonoajon tutkimuskohteissa (jonossa ja jonojen ulkopuolella ajaneet).

Kohde		Havaintomäärät ja osuudet eri renkailla		
		Nastarenkaat	Nastattomat talvirenkaat	Yhteensä
Leppävirta	lkm	156	12	168
	%	92,9	7,1	100,0
Siilinjärvi	lkm	247	20	267
	%	92,5	7,5	100,0
Yhteensä	lkm	403	32	435
	%	92,6	7,4	100,0

Taulukko 5. Nastarenkaallisten ja nastattomien talvirenkaallisten henkilöautojen määrä jonoajossa. Jonossa ajavien aikaväli edeltäneeseen autoon oli enintään 5 s.

Kohde		Havaintomäärät ja osuudet eri renkailla		
		Nastarenkaat	Nastattomat talvirenkaat	Yhteensä
Leppävirta	lkm	59	2	61
	%	96,7	3,3	100,0
Siilinjärvi	lkm	86	5	91
	%	94,5	5,5	100,0
Yhteensä	lkm	145	7	152
	%	95,4	4,6	100,0

Taulukko 6. Nastarenkaallisten ja nastattomien talvirenkaallisten henkilöautojen määrä hyvän nastarenkaan mukaan määritetyissä kitkaluokissa (Digi-slope, lukkojarrutus) jonoajossa.

Kohde		Havaintomäärät lukkojarrutuskitkan eri luokissa				Yhteensä
		0,00–0,30	0,30–0,45	0,45–1,00	≥0,50	
Leppävirta	Nastarengas	56	3			59
	Nastaton talvir.	2				2
	Yhteensä	58	3			61
Siilinjärvi	Nastarengas	32	6	48		86
	Nastaton talvir.	4	1			5
	Yhteensä	36	7			91
Yhteensä		94	7	48		152

3 TUTKIMUSMENETELMÄ

3.1 Tausta

Liikenteessä esiintyy paljon vaaratilanteita, joista vain harvat johtavat liikenneonnettomuuksiin. Vaaratilanteiden syntymiseen vaikuttavat useat eri tekijät, joihin voidaan vaikuttaa eri toimenpitein. Onnettomuusriskin on todettu olevan liukkailla keleillä normaalia suurempi, mikä johtuu siitä, että liukkaus pienentää tienpinnan kitkaa ja lisää jarrutusmatkaa. Kuljettajat eivät näytä yleensä käyttäytymisellään kompensoivan täysin liukkauden aiheuttamaa kitkan pienentymistä, jolloin onnettomuusriski kasvaa.

Liukkauden teknisenä parannustoimenpiteenä on yleensä kitkan lisääminen, mikä voidaan toteuttaa esim. teitä suolaamalla ja hiekoittamalla tai parantamalla esim. renkaiden kitkaominaisuuksia. Tekninen kitkaa parantava toimenpide ei kuitenkaan yksin takaa sitä, että parempi liikenneturvallisuus voitaisiin saavuttaa. Lopputulos riippuu hyvin paljon siitä, miten tienkäyttäjät reagoivat tehtyihin toimenpiteisiin. Teknisin keinoin saatu hyöty voidaan käyttää joko parantuneena turvallisuutena tai sujuvuutena tai näiden yhdistelmänä.

Onnettomuustarkastelujen perusteella voidaan määrittää liikenteen onnettomuusriskejä, kun tunnetaan onnettomuuksien määrä ja onnettomuuksille altistuminen. Pelkkien onnettomuustarkastelujen perusteella ei kuitenkaan pystytä selittämään riittävästi onnettomuusriskien taustalla olevia tekijöitä. Kuljettajien liikennekäyttäytymisen tunteminen on siten välttämätöntä, jotta riskitekijät voidaan selvittää ja ymmärtää eri tekijöiden vaikutukset käyttäytymiseen ja turvallisuuteen.

3.2 Turvamarginaalit

Kaarre- ja jonoajomittauksissa mitattiin kuljettajien ajonopeuksia ja aikavälejä eri kelioloissa. Aikavälimittauksissa käytettiin VTT:n liikenneanalysointia, joka keräsi tiedot induktiosilmukoiden välityksellä. Kaarreajon Tapiolan tutkimuskohteessa ajonopeudet mitattiin tutkalla, koska tutkimuskohteeseen ei ollut asennettu induktiosilmukoita mittauksia varten.

Liikennevirrasta valittiin satunnaisesti henkilöautoja tutkimusta varten. Mittauksissa pyrittiin havainnoimaan mahdollisimman monen nastattoman kuljettajan ajonopeuksia ja aikavälejä. Nastattomuus todettiin kuulohavaintojen perusteella. Nopeuksien ja aikavälien mittauksen jälkeen autot pysäytettiin ja kuljettajat haastateltiin (liite 2, lomake 1) taustatietojen saamiseksi. Kuljettajien haastattelujen aikana tutkittiin myös auton renkaat (liite 2, lomake 2). Erityistä huomiota kiinnitettiin renkaiden ja nastojen kuluneisuuteen. Nastarenkaallisista autoista mitattiin myös eturenkaan nastojen keskimääräinen ulkonema.

Tienpinnan kitka mitattiin tunnin välein tai keliolojen muututtua. Tien kitkan ja ajokäyttäytymisen perusteella voitiin laskea ns. turvamarginaali, joka kuvaa

toimijan ja vaaran lähteen välistä etäisyyttä. Onnettomuusriski kasvaa yleensä turvamarginaalin pienetessä ja samalla kasvaa myös sellaisten toimintavirheiden mahdollisuus, jotka voivat johtaa onnettomuuksiin /7/.

Kaarreaajossa turvamarginaalina käytettiin kuljettajan käyttämän ajonopeuden ja tieltä suistumiseen johtavan nopeuden (laskennallinen) välistä nopeuseroa. Suistumisnopeus määritettiin erikseen kullekin kuljettajalle korjaamalla mitattu hyvän nastarenkaan kitka rengastutkimusten tietojen perusteella ajoneuvokohtaiseksi kitkaksi.

Suistumisnopeus (km/h) voidaan määrittää kaavasta:

$$V_k = \sqrt{\frac{R \times g(\mu + e)}{1 - (\mu + e)}} \quad (1)$$

missä:

R = kaarresäde (m)

g = 9,81 m/s²

μ = sivukitkakerroin

e = ajoradan sivukaltevuus.

Kitka tarkoittaa sivukitkakerrointa (kaava 1). Koska kitkamittaukset tehtiin lukkojarrutuskitkana, muunnettiin lukkojarrutuskitka sivukitkaksi VTT:n tekemän kitkanmittauslaitteiden vertailututkimuksen tietojen perusteella korjatusta lukkojarrutuskitkasta kertomalla lukkojarrutuskitka 1,57:llä, kun lukkojarrutuskitka oli alle 0,40 ja 1,71:llä lukkojarrutuskitkan ollessa vähintään 0,40 /3/.

Jonoajon turvamarginaalia laskettaessa oletettiin edellä ajavan kuljettajan tekevän äkillisen lukkojarrutuksen. Laskelmissa oletettiin lisäksi, että tarkasteltavan henkilöauton kuljettajan reaktioaika oli 1,5 sekuntia ja että hän tekisi reaktioajan kuluttua törmäämisen välttämiseksi myös lukkojarrutuksen. Turvamarginaalina käytettiin sitä laskennallista etäisyyttä, joka jäi näiden kahden auton välille kummankin pysähtyessä lukkojarrutuksen jälkeen. Edellä ajaneen auton kitkana käytettiin mitattua tien kitkaa (Digislope) ja nopeutena sekä auton pituutena tutkimuksessa mitattuja arvoja.

Turvamarginaali (m) voidaan määrittää kaavasta:

$$L = V_e \times t_e + \frac{V_e^2}{(2 \times \mu_e \times g)} - L_e - \frac{V_j \times t_r}{3,6} + \frac{V_j^2}{(2 \times \mu_j \times g)} \quad (2)$$

missä:

V_e = edellä ajaneen auton nopeus (m/s)

V_j = jonossa ajaneen auton nopeus (m/s)

t_e = aikaväli edellä ajaneeseen autoon (s)

t_r = reaktioaika (s)

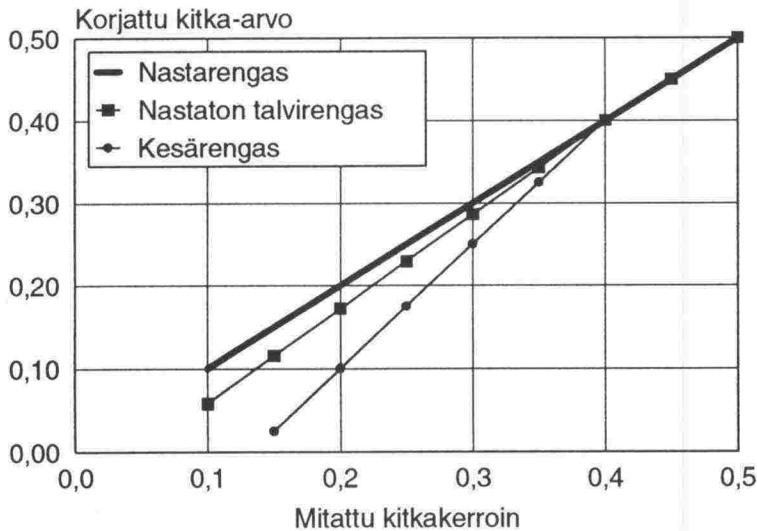
μ_e = edellä ajaneen auto lukkojarrutuskitkakerroin

μ_j = jonossa ajaneen auton lukkojarrutuskitkakerroin

L_e = edellä ajaneen auton pituus (m).

3.3 Kitkakertoimet

Vertailukitkana käytettiin Digislope-mittarin antamaa hyvän nastarenkaan kitka-arvoa (lukkojarrutus). Vertailukitka korjattiin rengastyypin (kuva 1) ja renkaan kuluneisuuden perusteella keskimääräiseksi ajoneuvoikohtaiseksi lukkojarrutuskitkaksi.



Kuva 1. Nastoituksen antama pitolisäys eri kitkaoloissa eri rengastyypeillä /1/.

Renkaan ja nastojen kuluneisuuden korjausta tarkasteltiin kahdella tavalla. Ensimmäinen kuluneisuuskorjaus määritettiin auton renkaan kuluneisuusarvion mukaan nastallisille ja nastattomille renkailla. Renkaan kuluneisuuden luokitteluna oli auton eturenkaan perusteella:

- 1 Likimain uuden veroinen (kulutuspintaa 8–11 mm)
- 2 Ei uuden veroinen, mutta keskimääräistä parempi (5–8 mm)
- 3 Ei loppuun kulunut, mutta keskimääräistä huonompi (3–5 mm)
- 4 Likimain loppuun kulunut tai muuten tehoton (< 3 mm).

Rengastutkimuksissa tulostettiin myös takarenkaan kunto suhteessa eturenkaan kuntoon ja rengastusten epäsäännöllisyydet. Koska takarenkaan kunto oli suuressa osassa tutkimusaineistoa suurin piirtein sama kuin eturenkaan kunto, määritettiin kuluneisuuskorjaus vain eturenkaan kuluneisuuden perusteella.

Vaihtoehtoinen tapa nastarenkaiden kuluneisuuden huomioon ottamiseksi olisi tehdä korjaus nastojen kuluneisuuden mukaan. Nastojen kunto oli rengastutkimuksissa määritelty seuraavasti:

- 1 Likimain uuden veroinen
- 2 Ei uuden veroinen, mutta keskimääräistä parempi
- 3 Ei loppuun kulunut, mutta keskimääräistä huonompi
- 4 Likimain loppuun kulunut tai muuten tehoton.

Kuluneisuuskorjausta tehtäessä oletettiin, että likimain uuden veroisten renkaiden kitka vastaa uusien ko. tyypin renkaiden kitkaa (kuva 1). Keskimääräistä parempien renkaiden kitkasta arvioitiin menetetyin 25 % ja keskimääräistä huonompien renkaiden 50 % ko. rengastyypin ja kesärenkaan välisestä kitkaerosta mitatun nastarengaskitkan arvolla. Loppuun kuluneiden renkaiden kitkana käytettiin kesärenkaan kitkaa.

Kitkatarkastelut osoittivat, että rengasten kuluneisuuden perusteella tehdyt korjaukset antoivat loppuun kuluneille nastarenkaille yleensä suurempia kitka-arvoja kuin nastojen kunnon perusteella tehdyt korjaukset. Tämä johtuu siitä, että nastojen ollessa loppuun kuluneita, rengas ei vielä useinkaan ole loppuun kulunut.

Koska molemmat korjausmenetelmät johtivat aineistossa kuitenkin lähes samaan lopputulokseen, tehtiin kitkakorjaus eturenkaan kuntotietojen perusteella. Samaa menetelmää voitiin tällöin käyttää myös nastattomille renkaille.

4 TUTKIMUSTULOKSET

4.1 Kaarreajo

Nastarenkaita käyttäneiden kuljettajien renkaiden kunto oli oikean eturenkaan perusteella tehtyjen mittausten mukaan selvästi parempi kuin nastattomia talvirenkaita käyttäneiden kuljettajien. Nastarenkaiden käyttäjillä 86 %:lla ja nastattomien renkaiden käyttäjillä 60 %:lla renkaiden kunto oli uuden veroinen tai keskimääräistä parempi. Nastarenkaiden käyttäjistä vain vajaalla 2 %:lla todettiin loppuun kuluneita renkaita, kun vastaava osuus nastattomilla talvirenkailla liikkuneilla oli 13,4 %. Nastattomia talvirenkaita käyttäneillä renkaiden keskimääräistä huonompi kunto ei koskenut kitkarenkaallisia kuljettajia, sillä kitkarenkaallisista noin 95 %:lla renkaat olivat keskimääräistä paremmassa kunnossa, eikä loppuun kuluneita kitkarenkaita todettu yhdelläkään kuljettajalla.

Kitkarenkaiden osuus oli keskimääräistä suurempi ABS-jarruilla kuin tavallisilla jarruilla varustetuissa autoissa (ABS-jarrulliset 18 % / keskimäärin 5–6 %). Nastattomia talvirenkaita käyttäneillä kuljettajilla oli myös muita useammin nelivetoisia autoja. Naiskuljettajien osuus kaikista kaarreajon kuljettajista oli 26 %. Naiset käyttivät suhteellisesti enemmän kuin miehet nastarenkaita (90 % naisista, 71 % miehistä).

Nastattomilla talvirenkailla (ei kitkarenkailla) ja kesärenkailla ajaneiden kuljettajien autot olivat iältään jonkin verran vanhempia kuin nastarenkaallisten autot. Nastarenkaallisten autojen keskimääräinen kokonaisajokilometrimäärä oli hieman pienempi kuin nastattomilla talvirenkailla ajaneilla (98 336 km / 125 217 km). Kitkarenkaallisten autojen keskimääräinen kokonaisajokilometrimäärä oli aineistossa 118 086 km. Muilla renkailla (kesärenkaat ja sekarengastus) varustettujen autojen kokonaisajokilometrimäärä oli kuitenkin selvästi muita suurempi (168 000 km).

Nastarenkaallisten ja nastattomia talvirenkaita käyttäneiden kuljettajien ikäkaumoissa ei todettu tilastollisia eroja. Suurin osa kuljettajista (97 %) oli kotoisin lähikunnista tai muualta Uudeltamaalta. Kuljettajista 66,7 % ajoi tienkohdassa useita kertoja viikossa, 18,8 % muutamia kertoja viikossa ja 14,5 % harvemmin. Kuljettajista oli 29,2 % asiointimatalla, 21,5 % matkalla töihin tai töistä, 29,0 % työmatkalla, 14,0 % vapaa-ajan matkalla ja loput muun tyyppisillä matkoilla. Matkan tarkoituksen jakaumissa ei todettu tilastollisia eroja eri rengastyypeillä varustettujen autojen kuljettajien välillä.

Kuljettajista ilmoitti 15,6 % olleensa liikenneonnettomuudessa kahden viimeisen vuoden aikana ja 7,2 % talviajan onnettomuudessa. Nastattomilla talvirenkailla ja kesärenkailla ajaneet kuljettajat olivat omien ilmoitustensa mukaan olleet viimeisen kahden vuoden aikana keskimäärin useammin onnettomuuksissa kuin nasta- ja kitkarenkaalliset kuljettajat.

Mieskuljettajien vuosittainen keskimääräinen ajokilometrimäärä oli kuljettajien mukaan 32 996 km ja naisten 19 077 km. Nastarenkaalliset kuljettajat ajoivat ilmoitustensa mukaan vuosittain keskimäärin 27 463 km, nastattomilla talvirenkailla ajaneet 33 264 km, kitkarenkaalliset 41 585 km ja kesärenkaalliset 42 000 km.

Taajama-ajon osuuden keskiarvo vuosisuoritteesta oli eri rengastyyppejä käyttäneillä noin 60 %, ja osuus vaihteli huomattavasti kuljettajasta riippuen. Taajama-ajon jakaumissa ei ollut tilastollisia eroja eri rengastyyppejä käyttäneiden kuljettajien välillä, mutta naiset ajoivat kuitenkin keskimäärin suuremman osuuden suoritteestaan taajamissa kuin miehet.

Nastallisista kuljettajista 25 %, nastattomia talvirenkaita käyttäneistä 58,4 % ja kitkarenkaita käyttäneistä kuljettajista 85,4 % piti nastoja melko tai täysin tarpeettomina. Nastallisista kuljettajista 43,9 %, nastattomia talvirenkaita käyttäneistä 77,8 % ja kitkarenkaita käyttäneistä kuljettajista 100 % valitsisi nastattomat talvirenkaat, jos joutuisi ne ostamaan ja saisi puolet halvemmalla kuin nastarenkaat.

4.1.1 Sivukitka ja ajonopeus

Soukan tutkimuskohteessa ei mittauksia voitu tehdä liukkailla keleillä, sillä tienpitäjä piti rampin kitkan kunnossapidon toimenpitein vähintään tyydyttävällä tasolla. Soukan tutkimuskohde oli moottoritien ramppi, jolla nopeusrajoitus oli 80 km/h. Tapiolan tutkimuskohteessa oli mittausten aikana sekä hyvin liukkaita että pitäviä kelejä. Se sijaitsi yksiajorataisella kaupungin kadulla taajama-alueella, jolla nopeusrajoitus oli 50 km/h.

Henkilöautojen keskinopeus oli tutkimusaineistossa 9,4 km/h korkeampia moottoritien rampilla kuin Tapiolan kohteessa (taulukko 7). Todettu keskinopeusero oli tilastollisesti erittäin merkitsevä (t-testi, $p < 0,001$).

Tapiolan tutkimuskohde

Koska tutkimusaineistossa oli vain vähäinen määrä kitkarenkailla ja muilla nastattomilla talvirenkailla ajaneita kuljettajia, yhdistettiin nämä ryhmät yhdeksi nastattomien talvirenkaallisten ryhmäksi (taulukko 8). Nastarenkaallisten kuljettajien koko aineiston keskinopeus oli Tapiolan tutkimusaineistossa 35,4 km/h ja nastattomia talvirenkaita käyttäneiden (mukaan lukien kitkarenkaat) 36,0 km/h. Todettu koko aineiston perusteella laskettu keskinopeusero eri rengastyyppejä käyttäneiden kuljettajien välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevä.

Pitävällä kelillä henkilöautojen kuljettajien käyttämä keskinopeus oli 38,9 km/h ja liukkaalla kelillä 32,8 km/h. Keskinopeus oli liukkaalla kelillä (kuva 2) noin 6 km/h (15 %) pienempi kuin hyvällä, pitävällä kelillä (taulukko 8). Keskinopeuksissa todettu ero pitävän ja liukkaan kelin välillä oli tilastollisesti erittäin merkitsevä (varianssianalyysi ja t-testi, $p < 0,001$).

Eri rengastyyppejä käyttäneiden kuljettajien keskinopeudet olivat Tapiolan tutkimuskohteessa hyvällä kitkalla lähes saman suuruisia (taulukot 7 ja 8, noin 39 km/h). Liukkaalla kelillä nastallisten kuljettajien keskinopeus oli 33,1 km/h ja nastattomia talvirenkaita käyttäneiden (mukaanlukien kitkarenkaat) 30,5 km/h (nopeusero 2,6 km/h). Todettu keskinopeusero ei ollut kuitenkaan vielä tilastollisesti merkitsevä (varianssianalyysi ja t-testi, $p < 0,100$).

Eri rengastyyppejä käyttäneiden kuljettajien keskinopeudet ja keskinopeuden 95 %:n luottamusvälit Tapiolan tutkimuskohteessa on esitetty kuvassa 2.

Soukan tutkimuskohde

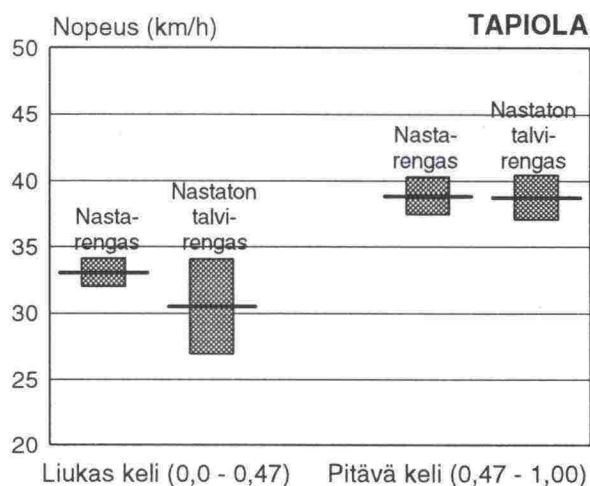
Soukan rampilla kuljettajien keskinopeus oli tyydyttävällä sivukitkalla 43,8 km/h ja hyvällä kitkalla 45,4 km/h. Hyvän kelin keskinopeus oli siten noin 1,6 km/h suurempi kuin tyydyttävän kelin ja keskinopeusero oli tilastollisesti erittäin merkitsevä (t-testi, $p < 0,001$). Erot keskinopeuksissa eri rengastyyppejä käyttäneiden kuljettajien välillä olivat hyvin vähäisiä. Keskinopeuksien eron tilastollinen testaus osoitti, että niissä ei eri rengastyypeillä liikkuneiden kuljettajien välillä (taulukot 7 ja 8) ollut tilastollisia eroja tyydyttävällä eikä hyvällä kelillä.

Taulukko 7. Nastarenkaallisten, nastattomien talvirenkaallisten, kitkarenkaallisten ja kesärenkaallisten (muu rengas) henkilöautojen keskinopeus sivukitkan eri luokissa tutkimuskohteissa.

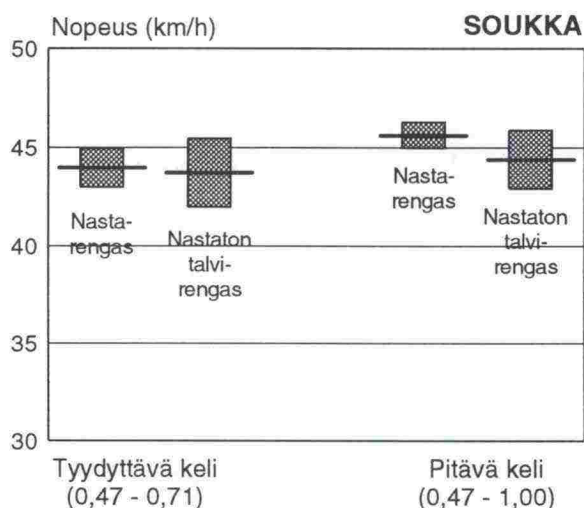
Kohde	Sivukitka	Rengastyyppi	Keskinopeus (km/h)	Keski- virhe (km/h)	95 %:n luottamus- väli	Havainto- määrä (lkm)
Tapiola	0,00– 0,47	Nastarengas	33,06	4,24	34,1–32,0	64
		Nastaton talvir.	29,50	1,29	34,1–26,9	4
		Kitkarengas	32,50	6,36		2
		Yhteensä	32,84	5,16		70
	0,71– 1,00	Nastarengas	38,88	4,60	40,3–37,5	43
		Nastaton talvir.	38,86	2,12	40,4–37,1	7
		Kitkarengas	38,60	3,58	43,0–34,2	5
		Yhteensä	38,85	4,23		55
Soukka	0,47– 0,71	Nastarengas	43,95	4,86	44,9–43,0	94
		Nastaton talvir.	43,22	5,75	45,3–41,1	32
		Kitkarengas	45,00	5,67	48,6–41,4	12
		Muu rengas	35,00			1
		Yhteensä	43,81	5,17		139
	0,71– 1,00	Nastarengas	45,62	5,23	46,3–45,0	239
		Nastaton talvir.	44,93	4,12	46,5–43,4	29
		Kitkarengas	43,64	6,52	46,5–40,7	22
		Muu rengas	44,25	9,88	60,0–28,5	4
		Yhteensä	45,38	5,31		294

Taulukko 8. Nastarenkaallisten, nastattomien talvirenkaallisten ja kesärenkailla varustettujen (muu rengas) henkilöautojen keskinopeus sivukitkan eri luokissa.

Kohde	Sivukitka	Rengastyyppi	Keskinopeus (km/h)	Keski- virhe (km/h)	95 %:n luottamus- väli	Havainto- määrä (lkm)
Tapiola	0,00– 0,47	Nastarengas	33,06	4,24	34,1–32,0	64
		Nastaton talvir.	30,50	3,39	34,6–26,9	6
	0,71– 1,00	Nastarengas	38,88	4,60	40,3–37,5	43
		Nastaton talvir.	38,75	2,67	40,4–37,1	12
Soukka	0,47– 0,71	Nastarengas	43,95	4,86	44,9–43,0	94
		Nastaton talvir.	43,70	5,72	45,5–42,0	44
	0,71– 1,00	Nastarengas	45,62	5,23	46,3–45,0	239
		Nastaton talvir.	44,37	5,27	45,9–42,9	51
		Muu rengas	44,25	9,88	60,0–28,5	4



Kuva 2. Eri rengastyypeillä varustettujen henkilöautojen keskinopeudet ja 95 %:n luottamusvälit Tapiolan tutkimuskohteessa eri sivukitkan arvoilla.



Kuva 3. Eri rengastyypeillä varustettujen henkilöautojen keskinopeus ja 95 %:n luottamusväli Soukan tutkimuskohteessa eri sivukitkan arvoilla.

Eri tekijöiden vaikutukset nopeuksiin

Tutkimuskohteiden, rengastyyppien ja kitkaolojen vaikutuksia kuljettajien käyttämiin nopeuksiin selvitettiin myös varianssianalyysillä. Siinä oli lähtökohdana hypoteesi, että nopeuksissa on eroja eri kohteiden välillä, vallitseva kitka vaikuttaa nopeuksiin ja että myös rengastyyppillä on oma vaikutuksensa nopeuksiin.

Varianssianalyysi osoitti, että tutkimuskohteiden nopeuksissa oli tilastollisesti erittäin merkitseviä eroja ($p < 0,001$). Sivukitkalla oli tilastollisesti erittäin merkitsevä vaikutus nopeuksiin ($p < 0,001$). Rengastyyppillä ei analyysin mukaan ollut tilastollista vaikutusta nopeuksiin, kun testauksessa käytettiin luokitusta: nastat, nastattomat talvirenkaat, kitkarenkaat ja muut renkaat ($p > 0,25$). Rengastyyppin merkitys tuli kuitenkin hieman paremmin esille, kun tarkasteltiin vain nastallisia ja nastattomilla talvirenkailla varustettuja autoja (mukaan lukien kitkarenkaat). Rengastyyppillä oli tällöin tilastollisesti suurempi vaikutus nopeuksiin havaintomäärän kasvaessa, mutta vaikutus ei tällöinkään ollut vielä tilastollisesti merkitsevä (liite 3, taulukko 1, $p > 0,100$).

Varianssianalyyseissä testattiin myös selittäjien yhdysvaikutukset. Ne eivät olleet tilastollisesti merkitseviä. Kitkan vaihtelun voitiin tällöin tulkita vaikuttavan samalla tavalla nastallisten ja nastattomien kuljettajien nopeuskäyttäytymiseen (liite 3).

Kuljettajien nopeuskäyttäytymistä selitettiin myös malleilla. Valinnaisina nopeuden selittäjinä olivat kuljettajan taustatekijät (mm. ikä, sukupuoli, autonomistus), kuljettajan liikkuminen (autokilometrit, matkantarkoitus ja ajoreitti), autoon liittyvät selittäjät (vuosimalli, ajokilometrit, rengastyypin) ja tien kitka. Parhaimmiksi kuljettajien nopeuskäyttäytymisen selittäjiksi osoittautuivat (liite 4, taulukko 1):

- tutkimuskohteet
- sivukitka
- rengastyypin (nastat, nastattomat talvirenkaat mukaanlukien kitkarenkaat)
- sukupuoli
- kuljettajan ikä ja
- ajoreitti (paikan tuttuus).

Mallin mukaan moottorin rampilla (Soukka) ajettiin merkittävästi suuremmilla nopeuksilla kuin nopeusrajoituksen 50 km/h alueella olleessa toisessa tutkimuskohteessa (Tapiola). Liukkaalla kelillä ajettiin pienemmällä nopeuksilla kuin tyydyttävissä ja hyvissä keli-oloissa. Nastattomia renkaita käyttäneet kuljettajat ajoivat mallin mukaan keskimäärin 1,1 km/h pienemmällä nopeudella kuin nastarenkaalliset kuljettajat. Naiset ajoivat yleensä pienemmällä nopeuksilla kuin miehet (ero 1,4 km/h).

Myös kuljettajan iällä näytti mallin mukaan olevan merkitystä nopeuskäyttäytymiseen. Eri luokitteluja kokeilemalla päädyttiin siihen, että jakamalla ikä kahteen ryhmään alle 55- ja vähintään 55-vuotiaat kuljettajat maksimoitiin mallin selittävyys. Vähintään 55-vuotiaat kuljettajat ajoivat mallin mukaan hitaammin kuin alle 55-vuotiaat kuljettajat (ero 1,7 km/h). Reitin tuttuuden todettiin vaikuttavan nopeudenväliin siten, että ne kuljettajat, jotka ajoivat useita kertoja viikossa tutkimuskohteiden kautta käyttivät yleensä muita kuljettajia suurempia nopeuksia (ero 1,3 km/h).

Pienet havaintomäärät eivät mahdollistaneet yhdysvaikutusten luotettavaa tarkastelua mallilla. Yhdysvaikutusten alustava tarkastelu osoitti kuitenkin, että laajemmassa aineistossa kannattaisi tarkastella mm. kitkan ja rengastyypin välistä yhdysvaikutusta, joka merkitsisi sitä, että kuljettajan käyttäytyminen eri kelioloissa vaihtelisi myös rengastyypin mukaan.

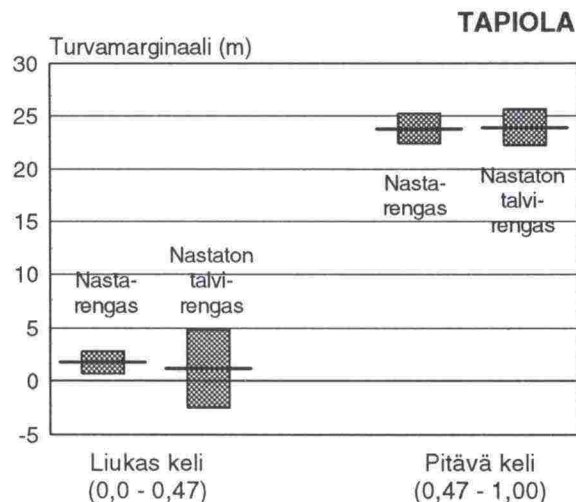
Nopeuksia kuten myös turvamarginaaleja tarkasteltaessa todettiin, että kesärenkaita käyttäneitä kuljettajia (rengastyypin: Muu) oli liikenteessä vain hyvillä keleillä. Liukkaalla keleillä ei nastattomien talvirenkaallisten joukkoon sisällynyt yhtään kesärenkailla ajanutta kuljettajaa.

4.1.2 Turvamarginaalit suistumisen suhteen

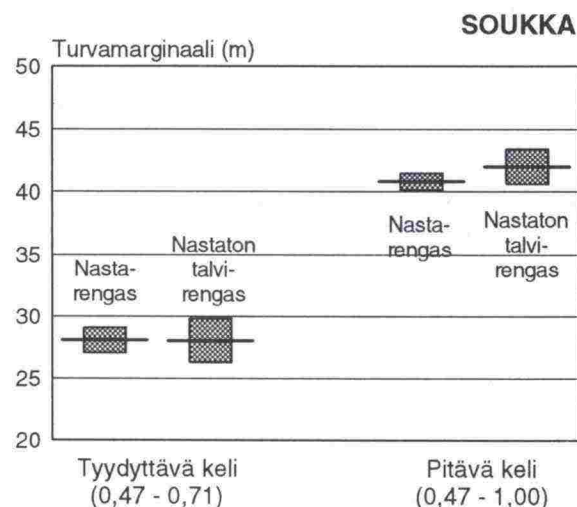
Eri sivukitkaluokkien turvamarginaalien jakaumat eivät noudattaneet täysin normaalijakaumaa (Lillieforsin testi). Pienillä kitkan arvoilla jakaumassa oli vertailun mukaan enemmän pieniä turvamarginaaleja ja suurilla kitkan arvoilla vastaavasti enemmän suuria turvamarginaaleja kuin normaalijakauman mukaan tulisi olla.

Kohteittainen tarkastelu osoitti edelleen, että Tapiolan kohteessa turvamarginaalien jakauma poikkesi normaalijakaumasta tilastollisesti vain nastarenkaallisilla kuljettajilla hyvissä kitkaoloissa (Lilliefors, $p < 0,05$). Soukan tutkimuskohteessa turvamarginaalien jakauma ei poikennut tilastollisesti normaalijakaumasta eri sivukitkaluokissa eikä eri rengastyypeillä. Koska poikkeamat normaalijakaumasta olivat vähäisiä, käytettiin ko. jakaumien vertailussa t-testiä.

Nastallisten ja nastattomien kuljettajien keskimääräisten turvamarginaalien eroja testattiin t-testillä erikseen kummassakin tutkimuskohteessa sivukitkan eri luokissa. Tilastollinen testaus osoitti, että eri rengastyyppejä käyttäneiden kuljettajien turvamarginaaleissa ei ollut tilastollisia eroja ($p < 0,001$). Turvamarginaalien keskiarvot ja keskiarvojen 95 %:n luottamusvälit eri tutkimuskohteissa on esitetty kuvissa 4 ja 5.



Kuva 4. Nastarenkailla ja nastattomilla talvirenkailla varustettujen henkilöautojen kuljettajien turvamarginaalien keskiarvo ja 95 %:n luottamusväli Tapiolan tutkimuskohteessa.



Kuva 5. Nastarenkailla ja nastattomilla talvirenkailla varustettujen henkilöautojen kuljettajien turvamarginaalien keskiarvo ja 95 %:n luottamusväli Soukan tutkimuskohteessa.

Tutkimuskohteen, kitkan ja rengastyypin vaikutusta turvamarginaaliin testattiin varianssianalyysillä (liite 3, taulukko 2). Varianssianalyysi osoitti, että turvamarginaalin suuruus riippuu tilastollisesti erittäin merkitsevästi tutkimuskohteesta ($p < 0,001$) ja vallitsevasta sivukitkasta ($p < 0,001$). Nastarenkailla ja nastattomilla talvirenkailla ajaneiden kuljettajien turvamarginaaleissa ei testauksen mukaan ollut tilastollisia eroja. Sivukitkalla ja rengastyypillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää yhdysvaikutusta, joten turvamarginaali vaihteli eri rengastyypeillä sivukitkan mukaan samalla tavalla.

Turvamarginaaleja kuten kuljettajien nopeuskäyttäytymistä selitettiin myös malleilla. Valinnaisina selittäjinä olivat samat selittäjät kuten nopeuskäyttäytymisessä kuljettajan tausta, liikkuminen, autoon liittyvät selittäjät ja kitka. Parhaimmiksi selittäjiksi osoittautuivat (liite 4, taulukko 2):

- tutkimuskohteet
- sivukitka
- sukupuoli
- kuljettajan ikä ja
- ajoreitti (paikan tuttuus).

Mallin mukaan moottoritien rampilla (Soukka) turvamarginaalit olivat yleensä merkittävästi suurempia kuin Tapiolan tutkimuskohteessa, vaikka Tapiolan kohde oli pienemmän nopeusrajoituksen alueella (50 km/h). Liukkaalla kelillä ajettiin pienemmällä turvamarginaaleilla kuin tyydyttävissä ja hyvissä ajo-oloissa. Nastallisia ja nastattomia renkaita käyttäneiden kuljettajien turvamarginaaleissa ei ollut tilastollisia eroja.

Naisten käyttämät turvamarginaalit olivat yleensä suurempia kuin miesten. Vähintään 55-vuotiaat kuljettajat käyttivät yleensä suurempia turvamarginaaleja kuin alle 55-vuotiaat kuljettajat. Niiden kuljettajien, jotka ajoivat useita kertoja viikossa tutkimuskohteiden kautta, turvamarginaalit olivat yleensä pienempiä kuin harvemmin tutkimuskohteissa liikkuneilla.

Myöskään turvamarginaalien malleissa ei yhdysvaikutuksia saatu luotettavasti esille. Yhdysvaikutusten alustava tarkastelu osoitti kuitenkin, kuten nopeustarkasteluissa jo todettiin, että kuljettajakäyttäytymisessä voi eri kelioloissa olla myös rengastyyppistä johtuvia eroja.

Keskimääräisen turvamarginaalin suuruus riippui tutkimuskohteesta kuten autojen keskinopeudetkin (taulukot 9 ja 10). Keskimääräinen turvamarginaali oli tutkimuskohteissa suurimmillaan hyvällä kitkalla ja pienimmillään pienillä kitkan arvoilla liukkaalla kelillä. Kelillä oli tilastollisesti erittäin merkitsevä vaikutus kuljettajien turvamarginaaliin siten, että liukkaalla ja tyydyttävällä kelillä ajettiin huomattavasti pienemmällä turvamarginaaleilla kuin hyvällä kelillä. Vaikka kuljettajat ajoivat liukkaalla kelillä yleensä pienemmällä nopeudella kuin hyvällä kelillä, ei nopeuden muutos ollut riittävän suuri, jotta se olisi riittänyt kompensoimaan turvamarginaalin pienenemisen.

Liukkaan kelin nastattomia talvirenkaita koskeneet tulokset olivat peräisin Tapiolan tutkimuskohteesta, koska Soukan rampilla ei mittauksissa ollut liukkaita kelejä. Nastattomilla renkailla Tapiolassa liukkaalla kelillä liikkuneiden renkaiden kunto oli kauttaaltaan hyvä ja kuljettajat olivat hyvin kokeneita.

Tulos saattaa johtua vain sattumasta, koska havaintomäärä oli hyvin pieni. Toisaalta kesärenkaallisia havaittiin vain pitävillä keleillä, joten taustalla voi olla myös kelin vaikutus matkapäätöksiin. Taajama-alueilla, joilla on myös hyvät joukkoliikenneyhteydet, ei matkoja ole välttämätöntä aina tehdä henkilöautolla.

Taulukko 9. Nastarenkaallisten ja nastattomien talvirenkaallisten henkilöautojen kuljettajien turvamarginaalit sivukitkan eri luokissa.

Kohde	Sivukitka	Rengastyyppi	Turvamarginaali (m)	Keski- virhe (m)	95 %:n luottamusväli	Havaintomäärä (lkm)
Tapiola	0,00 – 0,47	Nastarengas	1,74	4,25	2,80–0,68	64
		Nastaton talvir.	1,15	3,51	4,84–2,53	6
	0,71 – 1,00	Nastarengas	23,78	4,60	25,19–22,36	43
		Nastaton talvir.	23,91	2,67	25,60–22,22	12
Soukka	0,47 – 0,71	Nastarengas	28,08	4,87	29,08–27,09	94
		Nastaton talvir.	28,05	5,71	29,79–26,31	44
	0,71 – 1,00	Nastarengas	40,80	5,26	41,46–40,13	239
		Nastaton talvir.	42,00	5,05	43,42–40,58	51

Taulukko 10. Nastarenkaallisten, nastattomien talvirenkaallisten, kitkarenkaallisten ja muilla renkailla varustettujen henkilöautojen turvamarginaali sivukitkan eri luokissa.

Kohde	Sivukitka	Rengastyyppi	Turvamarginaali (m)	Keski- virhe (m)	95 %:n luottamusväli	Havaintomäärä (lkm)
Tapiola	0,00–0,47	Nastarengas	1,74	4,17	2,80–0,68	64
		Nastaton talvir.	1,72	2,40	5,53–2,09	4
		Kitkarengas	0,04	6,36		2
	0,71–1,00	Nastarengas	23,78	4,60	25,19–22,36	43
		Nastaton talvir.	23,80	2,12	25,76–21,85	7
		Kitkarengas	24,06	3,58	28,50–19,62	5
Soukka	0,47–0,71	Nastarengas	28,08	4,87	29,08–27,09	94
		Nastaton talvir.	28,48	5,74	30,55–26,40	32
		Kitkarengas	26,93	5,72	30,56–23,29	12
	0,71–1,00	Nastarengas	40,80	5,26	41,46–40,13	239
		Nastaton talvir.	41,66	4,08	43,19–40,13	29
		Kitkarengas	42,44	6,23	45,20–39,68	22
		Muu rengas	42,94	9,88	58,30–27,59	4

4.1.3 Tulosten tarkastelua

Kaarremittauksia tehtiin kahdessa tutkimuskohteessa talvikautena 1992–1993. Vain pieni osa mittauksista saatiin ajoitettua liukkaisuun talvikeleihin talvikelien vähäisten määrän ja leudon talven takia. Koska nastattomien kuljettajien osuus liikenteessä oli vähäinen (keskimäärin 5 %), ei kaarremittauksien aineistoon liukkailla keleillä saatu kuin vajaat kymmenen nastatonta kuljettajaa. Tutkimusmenetelmä osoittautui kuitenkin odotusten mukaiseksi. Kaarreajon perusteella voitiin arvioida kuljettajakäyttäytymistä ja siihen vai-

kuttavia tekijöitä eri kelioloissa. Yleistettävien johtopäätösten tekeminen kaarreajon kuljettajakäyttäytymisestä edellyttäisi kuitenkin laajemman tutkimusaineiston hankkimista.

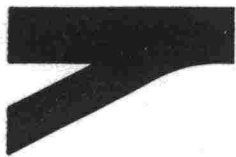
Kaarreaajoa koskeneiden mittausten mukaan ajonopeuksien ja turvamarginaalien suuruus vaihteli kohteiden ominaisuuksien ja olosuhteiden mukaan. Vallitsevalla kitkalla oli huomattava merkitys sekä ajonopeuksiin että turvamarginaaleihin. Verrattaessa nastallisten ja nastattomilla talvirenkailla liikkuneiden kuljettajien nopeuksia todettiin, että liukkaalla kelillä nastarenkaallisten keskinopeus oli hieman suurempi kuin nastattomilla talvirenkailla ajaneiden. Todettu keskinopeusero ei kuitenkaan ollut tilastollisesti merkitsevä. Tyydyttävällä ja hyvällä kelillä ei nastarenkaallisten ja nastattomia renkaita käyttäneiden kuljettajien keskinopeuksissa ollut tilastollisia eroja. Aikaisemmissa tutkimuksissa on todettu, että nastarenkaalliset kuljettajat ajavat liukkaalla kelillä usein hieman suuremmilla nopeuksilla kuin nastattomat kuljettajat /4,7/. Vertailukohtana näissä tutkimuksissa on kuitenkin suurelta osin ollut kesärenkaalliset kuljettajat.

Kuljettajien ajokäyttäytymisen tuntemiseksi on myös tärkeä selvittää onko eri rengastyyppejä käyttävien kuljettajien ajonopeuksissa eroja hyvällä keleillä. Saattaisihan olla, että nastattomat renkaat voisivat esim. vähäisemmän melun johdosta houkutella suurempiin ajonopeuksiin hyvällä kelillä. Varianssianalyseissä ja mallitarkasteluissa todettiin, että suuremmassa aineistossa käyttäytymistä selittävät yhdysvaikutukset saattavat tulla esille. Erityisesti kannattaisi selvittää mm. kitka ja rengastyypin välistä yhdysvaikutusta eli vaihteleeko kuljettajakäyttäytyminen eri kitkaoloissa myös rengastyypin mukaan. Toistaiseksi koottu havaintoaineisto oli kuitenkin vielä liian pieni, jotta yhdysvaikutuksista voitaisiin tehdä johtopäätöksiä.

Turvamarginaalit laskettiin kaarreajon tutkimuksessa kuljettaja- ja autokohteisina ottamalla huomioon kunkin auton renkaiden kunto ja pitokyky. Renkaiden kunnan huomioon ottaminen oli tärkeää, koska koko tutkimusaineistossa oli huomattava määrä (18 %) sellaisia autoja, joissa renkaiden kunto oli keskimääräistä huonompi. Keskimääräisen turvamarginaalin suuruus näytti riippuvan tutkimuskohteesta ja erityisesti vallitsevista kitkaoloista. Turvamarginaalit olivat pienimmillään liukkaalla kelillä, jolloin myös kitka-arvot olivat pieniä.

Vaikka kuljettajat sopeuttivat nopeuksiaan keliolojen mukaan siten, että keskinopeus oli liukkaalla kelillä noin 6,4 km/h pienempi kuin hyvällä kelillä, olivat turvamarginaalit liukkaalla kelillä merkittävästi pienempiä kuin hyvällä kelillä. Koska turvamarginaalin voidaan katsoa mittavaan myös kaarreajon onnettomuusriskiä, oli onnettomuusriski liukkaalla kelillä turvamarginaalien mukaan selvästi suurempi sekä nastallisilla että nastattomilla kuljettajilla.

Turvamarginaalien tilastolliset testaukset osoittivat, että nastoilla ja nastattomilla talvirenkailla varustettujen autojen kuljettajien turvamarginaalit olivat näissä kaarremittauksissa lähes samaa suuruusluokkaa. Nastattomien kuljettajien ryhmässä oli tällöin mukana myös kitkarenkaalliset kuljettajat, koska havaintomäärät olivat pieniä.



16.3.1994

TIEPIIRIT

TALVI JA TIELIIKENNE -PROJEKTI

Talvi ja tieliikenne -projektin osatutkimuksina ovat valmistuneet "Kuljettajakäyttäytyminen kaarre- ja jonoajossa" (Tielaitoksen selvityksiä 87/1993) ja väliraportti "Nastarenkaiden vaikutus matkoihin ja kuljettajien riskinottoon"(Tielaitoksen sisäisiä julkaisuja 1/1994).

Molemmat tutkimukset käsittelevät yksilötasolla kuljettajien käyttäymistä erilaisissa tie- ja liikenneolosuhteissa ja erilaisilla renkailla.

Kaarreajon tutkimuskohteissa ajettiin liukkaalla kelillä selvästi pienemmällä turvamarginaaleilla kuin hyvällä kelillä. Nastarenkaita ja nastattomia talvirenkaita (nykyisin liikenteessä olevia) käyttäneiden kuljettajien turvamarginaaleissa ei todettu merkitseviä tilastollisia eroja, vaikka nastarenkaita käyttäneiden kuljettajien keskimääräinen turvamarginaali olikin jonkin verran suurempi kuin nastattomien.

Jonoajon kohteissa pääteillä turvamarginaalit olivat samaa suuruusluokkaa sekä liukkaalla kelillä että hyvissä kelioloissa. Huomattava osuus (26 %, vrt. Oulun yliopiston tutkimuksessa saman verran) kuljettajista ajoi niin pienillä etäisyyksillä edellä ajavaan, että laskennallisesti äkkijarrutustilanteessa olisi jouduttu onnettomuuteen. Nastarenkaallisten kuljettajien keskimääräinen turvamarginaali oli jonoajon kohteissakin hieman suurempi kuin nastattomien kuljettajien, mutta ero ei ollut tilastollisesti merkitsevä.

Ns. kitkarenkasiin siirtyminen ei vaikuttanut tehtyjen matkojen määrään, matka-ajankohtaan, korvaavien kulkumuotojen käyttöön, alueeseen, jolla liikuttiin tai matkan tarkoitukseen. Siirtyminen nastattomiin talvirenkasiin näyttää hieman nostaneen ajonopeuksia. Voimakaimpana se näkyi moottoriteillä, mutta muuallakin oli havaittavissa nopeuden nousua. Toisaalta nopeuksien valinnassa otettiin olosuhteet huomioon. Kitkarenkaita käyttävät ajoivat kaarteet nastoitetuilla renkailla liikkuvia hitaammin. Lisäksi siirtyminen nastattomiin renkasiin muutti jarrujen käytön "pehmeämmäksi".

Raportteja voi tilata tielaitoksen hallinnon palvelukeskuksen painotuotevarastosta puh. 90 - 1487 2053, os. PL 33, 00521 Helsinki.

Projektipäällikkö
Talvi ja tieliikenne -projekti


Anne Leppänen

LIITTEET

"Kuljettajien käyttäytyminen kaarre- ja jonoajossa", Tielaitoksen selvityksiä 87/1993, 3kpl

"Nastarenkaiden vaikutus matkoihin ja kuljettajien riskinottoon", Tielaitoksen sisäisiä julkaisuja 1/1994, 3 kpl

TIEDOKSI LIITTEINEEN (1 kpl, raporttia 80/1993)

Jarmo Hirsto, LM

Mikko Ojajärvi, LM

Martti Mäki, Liikenneturva

Lasse Hantula, Liikennevakuutusyhdistys, Bulevardi 28, 00120 Hki

Seppo Piipponen, SM

Jussi Jokirinta, Suomen kuntaliitto

Hannu Virtasalo, Helsingin kaupunki

Maakuntakonttorit

Yliiemestarit

Piirien tiedottajat

Piirien kirjastot

Johtokunta

Johtajat

Es

Vi

Ts

Yh

Th

Palvelukeskukset

Kehitysyksiköt

Kirjasto, TIEL/Hpk (2 kpl)

VTT:n kirjasto

Helsingin teknillisen korkeakoulun kirjasto

Tampereen teknillisen korkeakoulun kirjasto

Tampereen yliopiston kirjasto

Kuopion yliopiston kirjasto

Oulun yliopiston kirjasto

Kimmo Saastamoinen (5 kpl), Oulun yliopisto, Kasarmintie 8,

90100 Oulu

Matti Roine (5 kpl), VTT

Anna-Kaisa Lehtinen (1 kpl), Rahtarilehti, Pitkäniemenk. 11,

33330 Tre

Matti Syvänen, Tampereen yliopisto, PL 607, 33101 Tampere

Piiri-insinööri Osmo Torvinen, Talttatie 1-3, 00700 Helsinki

Yliiemestari Jorma Ranta, Uusitie 14, 01300 Vantaa

Kunnossapitopäällikkö Pekka Björk, PL 1097, 70111 Kuopio

Jorma Helin, Tk

Olli Penttinen, Ts

Saara Toivonen, Ts

Erkki Nevala, U-piiri

E-L Ryyänen, SK-piiri

Joukkoviestimet erillisen jakelun mukaan

A. Leppänen

Mikäli nopeuskäyttäytymisessä ei nastallisten ja nastattomien kuljettajien välillä olisi eroja, pitäisi nastallisten kuljettajien turvamarginaalien olla keskimäärin suurempia kuin nastattomien kuljettajien. Mittauksissa todetut erot olivat kuitenkin vähäisiä. Kaarremittausten perusteella voidaan epäillä, että nastalliset kuljettajat käyttivät vain osan nastarenkaan tarjoamasta kitkaedusta suistumisriskin (turvamarginaalin) pienentämiseen. Osa kitkaedusta käytettiin ilmeisesti ajonopeuden kasvattamiseen. Turvallisuuden kannalta on mahdollista, että kuljettajat eivät yleensä sopeuta käyttäytymistään riittävästi vallitsevien keliolojen mukaan riippumatta kuljettajan käyttämästä rengastyy-
pistä.

Aikaisemmissa tutkimuksissa on todettu, että nastarenkaallisilla kuljettajilla oli suuremmat turvamarginaalit kuin nastattomilla renkailla liikkuneilla. Ruotsalaiset tutkimustulokset ovat peräisin vuodelta 1976 ja suomalaiset vuodelta 1978. Nastattomat vertailukuljettajat olivat näissä tutkimuksissa kesärenkaallisia kuljettajia /4,7/.

Tutkimusaineiston perusteella selvitettiin myös mitkä muut kuin keli- ja rengastekijät vaikuttivat kuljettajien nopeuksiin ja turvamarginaaleihin tutkimuskohteissa. Mallien perusteella tehty tarkastelu osoitti, että kuljettajan iällä ja sukupuolella näyttäisi olevan merkittäviä vaikutuksia kaarrenopeuksiin ja turvamarginaaleihin. Mallien mukaan näyttäisi myös siltä, että ne kuljettajat, jotka ajoivat säännöllisesti tutkimuskohteiden kautta kulkevaa reittiä, ajoivat keskimäärin suuremmilla nopeuksilla ja pienemmillä turvamarginaaleilla kuin ne kuljettajat, jotka liikkuvat harvoin tutkimuskohteissa.

4.2 Jonoajo

Koko tutkimusaineistossa nastattomia talvirenkaita käyttäneiden kuljettajien osuus oli 6,6 %. Jonossa ajaneista kuljettajista 4,6 %:lla oli nastattomat talvirenkaat. Jonojen ulkopuolella ajaneista kuljettajista 7,8 % käytti nastattomia talvirenkaita. Nastattomia talvirenkaita käyttäneiden osuus oli siten suurempi jonojen ulkopuolisessa aineistossa. Ero ei kuitenkaan ollut tilastollisesti merkitsevä, mutta antaa aiheutta epäillä, että nastattomat kuljettajat voivat tietoisesti välttää jonoajoa. Jonossa ajaneiksi tulkittiin ne kuljettajat, joiden aikaväli edellä ajaneeseen oli enintään 5 sekuntia.

Nastoja käyttäneillä kuljettajilla eturenkaan kunto oli 84 %:lla uuden veroinen tai keskimääräistä parempi. Nastarenkaallisilla oli loppuun kuluneita renkaita vain runsaalla 2 %:lla. Nastattomilla kuljettajilla oli kuten kaarreajossakin keskimäärin jonkin verran kuluneemmat renkaat. Nastattomia renkaita käyttäneillä eturenkaan kunto oli uuden veroinen tai keskimääräistä parempi vain 67 %:lla kuljettajista.

Naiskuljettajien osuus oli kaikista jonoajon kuljettajista 18 %, mikä oli jonkin verran pienempi kuin kaarreajossa (26 %). Naiskuljettajista käytti 96 % ja mieskuljettajista 95 % nastarenkaita. Nastarenkaita käyttäneiden osuus oli jonoajon kohteissa suurempi kuin kaarreajossa. Ero oli erityisen suuri mieskuljettajien välillä sillä kaarreajossa nastarenkaallisia mieskuljettajia oli vain 71 % kaikista mieskuljettajista.

Nastarenkaallisten kuljettajien autojen keskimääräinen kokonaisajokilometri-määrä oli jonoajossa 137 930 km ja nastattomilla talvirenkailla ajaneilla 130 433 km. Nastarenkaallisten ja nastattomia talvirenkaita käyttäneiden kuljettajien ikäjakaumissa ei todettu tilastollisia eroja. Kuljettajista oli 19 % asiointimatalla, 13,2 % matkalla töihin tai töistä, 37,2 % työmatkalla, 25,5 % vapaa-ajan matkalla ja loput muun tyyppisillä matkoilla. Jonoajon kohteiden kuljettajien matkoista oli suurempi osuus työmatkoja kuin kaarreajonkohteissa. Jonoajon valtateillä sijainneissa kohteissa kuljettajat olivat harvemmin asiointimatkoilla, matkoilla töihin tai töistä kotiin ja vapaa-ajan matkoilla kuin kaarreajon kohteissa taajama-alueella.

Kuljettajista ilmoitti 29,0 % ajavansa tutkimuskohdan kautta useita kertoja viikossa, 38,6 % muutamia kertoja viikossa ja 32,4 % harvemmin. Kuljettajista oli ilmoitustensa mukaan 12,5 % ollut liikenneonnettomuudessa viimeisen kahden vuoden aikana ja 3,9 % talviajan onnettomuudessa. Yksikään kuu-desta nastattomasta kuljettajasta ei ilmoittanut olleensa osallisena onnettomuuksissa viimeisen kahden vuoden aikana. Kaarreajon kohteiden kuljettajista oli ollut jonkin verran suurempi osuus onnettomuuksissa viimeisen kahden vuoden aikana kuin jonoajon kohteiden kuljettajista.

Mieskuljettajien ilmoittama keskimääräinen vuotuinen ajokilometrimäärä oli 32 996 km ja naiskuljettajien 19 077 km. Nastarenkaalliset kuljettajat ajoivat ilmoitustensa mukaan vuosittain keskimäärin 39 386 km, nastattomilla talvirenkailla ajaneet 48 667 km, jolloin keskiarvo oli 40 151 km vuodessa. Jonoajon kohteiden kuljettajien keskimääräiset vuotuiset ajosuoritteet olivat siten kauttaaltaan suurempia kuin kaarreajon kohteiden kuljettajien.

Taajama-ajon osuuden keskiarvo vuosisuoritteesta oli eri rengastyyppejä käyttäneillä kuljettajilla noin 60 % ja osuus vaihteli huomattavasti kuljettajasta riippuen kuten kaarreajossakin.

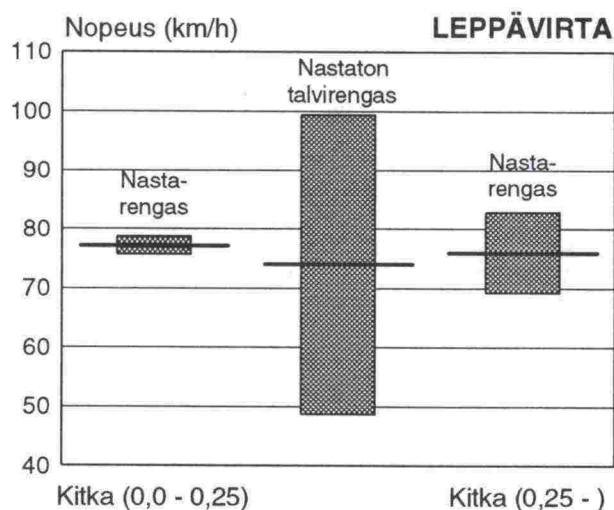
Nastallisista kuljettajista piti 12 % nastoja melko tai täysin tarpeettomina. Nastallisista kuljettajista valitsisi 34 % ja nastattomia talvirenkaita käyttäneistä kuljettajista 67 % nastattomat talvirenkaat, jos joutuisi ne ostamaan ja saisi puolet halvemmalla kuin nastarenkaat. Jonoajon kohteiden kuljettajista piti pienempi osuus nastarenkaita tarpeettomina kuin taajama-alueella olleista kaarreajon kuljettajista.

4.2.1 Lukkojarrutuskitka ja ajonopeus

Vertailtaessa rengastyypin vaikutusta jonoajon nopeuksiin todettiin, että nastallisten kuljettajien keskinopeus oli kummassakin tutkimuskohteessa hieman suurempi kuin nastattomia talvirenkaita käyttäneiden kuljettajien (kuva 6). Ero oli erityisen suuri liukkaalla kelillä Siilinjärvellä, mutta havaintomäärät olivat hyvin pieniä. Kitka luokiteltiin rengastyyppejä koskeneissa vertailussa kahteen luokkaan (taulukko 11, kitkaluokat 0,0–0,25 ja 0,25–1,00) ja nastallisten kuljettajien käyttäytymistä koskeneissa tarkasteluissa neljään luokkaan (taulukko 18: 0,0–0,20, 0,20–0,30, 0,30–0,40 ja 0,40–0,50).

Varianssianalyysi osoitti (liite 3, taulukko 3), että autojen nopeuksissa oli Leppävirralla ja Siilinjärvellä tilastollisesti merkitsevä ero. Testauksen mu-

kaan ei kitkalla eikä renkaan tyypillä ollut tilastollisesti merkitsevää vaikutusta nopeuksiin jonoajossa ($p < 0,05$). Kitkan merkitys (F-testi) oli kuitenkin testauksen mukaan selvästi suurempi nopeuksiin kuin rengastyypin. Tekijöiden yhdysvaikutukset eivät varianssianalyysin mukaan osoittautuneet tilastollisesti merkitseviksi.



Kuva 6. Nastarenkaallisten ja nastattomia talvirenkaita käyttäneiden henkilöautojen kuljettajien keskinopeudet ja 95 %:n luottamusvälit Leppävirran tutkimuskohteessa.

Taulukko 11. Nastarenkaallisten ja nastattomien talvirenkaallisten henkilöautojen keskinopeus lukkojarrutuskitkan eri luokissa. Kitkana käytettiin eturenkaan kunnan mukaan korjattua lukkojarrutuskitkaa.

Kohde	Kitka	Rengastyyppi	Keskinopeus (km/h)	Keski- virhe (km/h)	95 %:n luottamus- väli	Havain- tomäärä (lkm)
Leppä- virta	0,00– 0,25	Nastarengas	77,11	5,58	78,62–75,60	55
		Nastaton talvir.	74,00	2,82	99,34–98,66	2
	0,25–	Nastarengas	76,00	4,24	82,75–69,25	4
		Nastaton talvir.	-	-	-	-
Siilin- järvi	0,00– 0,25	Nastarengas	70,86	8,04	75,50–66,22	14
		Nastaton talvir.	62,00	2,65	68,58–55,42	3
	0,25–	Nastarengas	74,72	6,06	76,14–73,30	72
		Nastaton talvir.	73,50	0,71	79,88–67,12	2

Varianssianalyysillä tutkittiin myös eri tekijöiden vaikutuksia vain nastallisten kuljettajien nopeuksiin koko aineistossa ottaen huomioon sekä jonossa että jonojen ulkopuolella ajaneet kuljettajat (taulukko 12). Vertailu tehtiin vain nastallisille kuljettajille, koska havaintomäärä nastattomien kuljettajien osalta oli riittämätön.

Varianssianalyysin mukaan jonossa ja niiden ulkopuolella ajaneiden nastallisten kuljettajien ajonopeuksissa oli tilastollisesti merkitsevä ero. Jonossa ajettiin yleensä jonkin verran pienemmillä nopeuksilla kuin jonojen ulkopuolella. Kitkalla todettiin olevan vain vähäinen vaikutus nastallisten kuljettajien ajonopeuksiin. Jonojen ulkopuolella ajaneiden kuljettajien nopeuksien jakamat eivät eronneet eri kitkaluokissa toisistaan tilastollisesti kummassakaan kohteessa. Jonossa ajaneiden nopeusjakamat erosivat sen sijaan tilastolli-

sesti toisistaan eri kitkaluokissa vain Siilinjärvellä, jossa liukkaalla kelillä ajettiin selvästi hitaammin kuin muissa kelioloissa.

Taulukko 12. Nastarenkaallisten henkilöautojen keskinopeus, keskivirhe ja 95 %:n luottamusväli lukkojarrutuskitkan eri luokissa jonoissa ja niiden ulkopuolella ajettaessa. Kitkana käytettiin eturenkaan kunnan mukaan korjattua lukkojarrutuskitkaa.

Kohde	Jono	Kitka	Keskinopeus (km/h)	Keskivirhe (km/h)	95 %:n luottamusväli	Havaintomäärä (lkm)
Leppävirta	Ei	0,00–0,20	78,50	9,04	92,9–64,1	4
		0,20–0,30	80,63	6,91	82,7–78,6	46
		0,30–0,40	78,64	5,43	81,0–76,2	22
		0,40–0,50	76,50	5,10	80,8–72,1	8
	On	0,00–0,20	78,50	4,72	83,5–73,5	6
		0,20–0,30	75,85	5,58	77,8–73,9	34
		0,30–0,40	79,50	5,17	83,2–75,8	10
		0,40–0,50	75,00	4,58	86,4–63,6	3
Siilinjärvi	Ei	0,00–0,20	79,44	7,11	84,9–74,0	9
		0,20–0,30	77,75	6,91	80,1–75,4	36
		0,30–0,40	77,92	5,33	81,3–74,5	12
		0,40–0,50	78,96	7,44	80,6–77,3	48
	On	0,00–0,20	71,33	5,51	84,8–57,5	3
		0,20–0,30	71,16	6,53	73,9–68,5	25
		0,30–0,40	71,83	6,37	78,5–65,2	6
		0,40–0,50	75,96	6,15	77,7–74,2	48

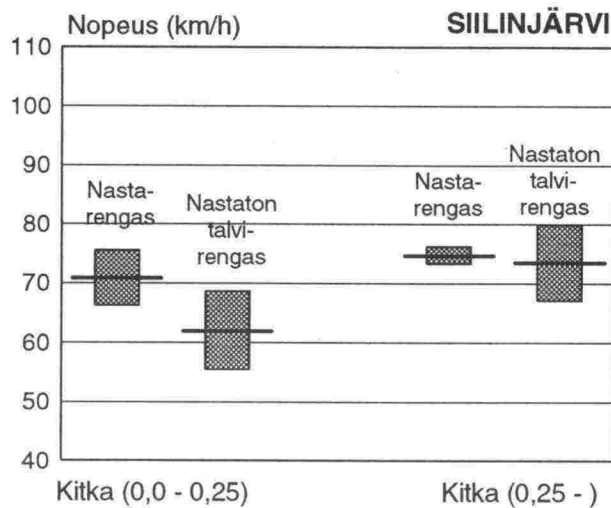
4.2.2 Turvamarginaalit

Jonoajon turvamarginaali kuvasi sitä etäisyyttä mikä jonossa ajavien autojen välille teoreettisesti jäisi, jos edellä ajava tekisi lukkojarrutuksen ja molemmat autot jarruttaisivat törmäämisen välttämiseksi ja pysähtyisivät jarrutuksen jälkeen (taulukko 13).

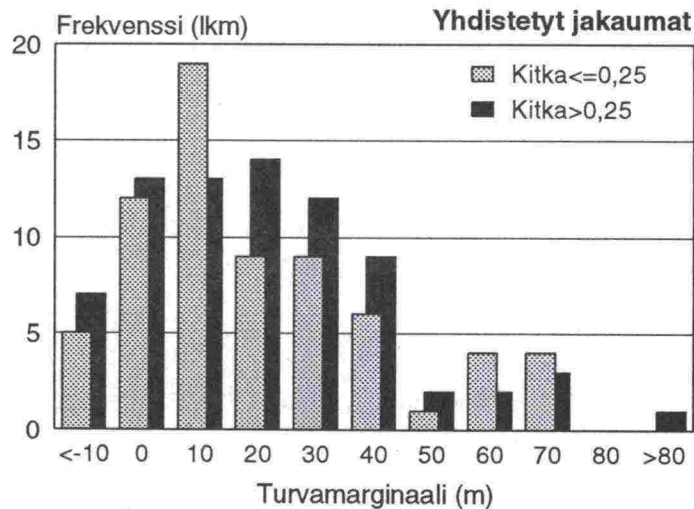
Taulukko 13. Nastarenkaallisten ja nastattomien talvirenkaallisten henkilöautojen turvamarginaali jonoajossa eri tutkimuskohteissa ja lukkojarrutuskitkan luokissa. Kitkana käytettiin eturenkaan kunnan mukaan korjattua lukkojarrutuskitkaa.

Kohde	Kitka	Rengastyyppe	Turvamarginaali (m)	Keskivirhe (m)	95 %:n luottamusväli	Havaintomäärä (lkm)
Leppävirta	0,00–0,25	Nastarengas	16,6	23,4	22,9–10,3	55
		Nastaton talvir.	4,2	23,8	-	2
	0,25–	Nastarengas	18,7	14,1	41,1–3,62	4
		Nastaton talvir.	-	-	-	-
Siilinjärvi	0,00–0,25	Nastarengas	10,3	12,7	17,7–2,98	14
		Nastaton talvir.	11,8	33,9	95,9–72,4	3
	0,25–	Nastarengas	14,5	20,6	19,3–9,6	71
		Nastaton talvir.	4,5	10,2	-	2

Turvamarginaali vaihteli aineistossa suhteellisesti enemmän kuin kuljettajien käyttämät nopeudet. Turvamarginaalin jakauma (kuva 8) näytti myös poikkeavan normaalijakaumasta siten, että aineistossa oli paljon sellaisia kuljettajia, joiden turvamarginaali oli alle nollan (potentiaalinen törmäystilanne) ja suhteellisen paljon sellaisia kuljettajia, jotka ajoivat melko suurilla turvamarginaaleilla. Jakauman vinous voi merkitä sitä, että usein käytetty periaate määritellä jonoajo pelkän aikavälin perusteella (jonossa, jos aikaväli edellä ajaneeseen oli enintään 5 s) ei ole riittävän hyvä peruste eri liikennetilanteiden erottelunsa (kuva 8).



Kuva 7. Nastarenkaalisten ja nastattomia talvirenkaita käyttäneiden henkilöautojen kuljettajien keskinopeudet ja 95 prosentin luottamusväli Siilinjärven tutkimuskohteessa.



Kuva 8. Jonossa ajaneiden nastallisten kuljettajien turvamarginaalien jakaumat eri kitkaluokissa (alle 0,25 ja > 0,25).

Varianssianalyysin mukaan turvamarginaaleissa ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja kohteiden, kitkaluokkien ja rengastyypin välillä. Mahdolliset erot peittyivät turvamarginaalin vaihteluun eivätkä näin pienellä aineistolla ole todettavissa (liite 3, taulukko 4). Vastaava tulos saatiin vertailemalla turvamarginaalien jakaumia eri kitkaluokissa χ^2 -testillä.

Turvamarginaalin keskiarvo oli Siilinjärvellä jonkin verran pienempi kuin Leppävirralla, mutta ero ei ollut tilastollisesti merkitsevää. Kohteet yhdistettiin tämän jälkeen yhdeksi ryhmäksi, jolloin todettiin, että nastallisten kuljettajien keskimääräinen turvamarginaali oli suurempi sekä liukkailla keleillä (kitka $\leq 0,25$) että muilla keleillä (kitka $> 0,25$) kuin nastattomien (taulukko 14). Todetut erot eivät kuitenkaan olleet tilastollisesti merkitseviä.

Taulukko 14. Nastarenkaallisten ja nastattomien talvirenkaallisten henkilöautojen turvamarginaali jonoajossa lukkojarrutuskitkan eri luokissa. Kitkana käytettiin eturenkaan kunnan mukaan korjattua lukkojarrutuskitkaa.

Rengastyppi	Kitka	Turvamarginaali (m)	Keski- virhe (m)	95 %:n luottamuskäyttöväli	Havaintomäärä (lkm)
Nastarengas	0,00–0,25	15,3	21,7	20,6–10,1	69
	0,25–	14,7	20,2	19,3–10,0	75
	Yhteensä	15,0	20,9	18,4–11,6	144
Nastaton talvirengas	0,00–0,25	8,7	27,1	42,4–24,9	5
	0,25–	4,5	10,2	28,4–13,4	2
	Yhteensä	7,5	22,6		7

4.2.3 Tulosten tarkastelu

Kuljettajien käyttämiä nopeuksia koskeneet tarkastelut osoittivat, että tutkimuskohteiden välillä oli tilastollisesti merkitsevä ero nopeuksissa. Siilinjärven kohteessa ajettiin yleensä pienemmillä nopeuksilla kuin Leppävirralla, vaikka kummassakin kohteessa oli voimassa sama 80 km/h talviajan nopeusrajoitus. Jonossa ajaneiden kuljettajien nopeudet olivat myös tilastollisten testien mukaan molemmissa tutkimuskohteissa pienempiä kuin jonojen ulkopuolella ajaneiden nopeudet. Kitkalla ei ollut suurta vaikutusta käytettyihin nopeuksiin jonossa eikä niiden ulkopuolella ajettaessa. Nastattomat kuljettajat ajoivat hieman pienemmillä nopeuksilla kuin nastalliset, mutta nopeuserot eivät olleet tilastollisesti merkitseviä. On huomattava, että tutkimuskohteissa mitattiin vain seitsemän nastattomia talvirenkaita käyttäneen kuljettajan ajokäyttäytyminen.

Tutkimuskohteiden kuljettajien turvamarginaalien jakaumat eivät eronneet tilastollisesti toisistaan. Myöskään kitkalla ei ollut tilastollisesti merkitsevää vaikutusta kuljettajien turvamarginaaleihin tässä aineistossa ja keskimääräiset turvamarginaalit olivat samaa suuruusluokkaa sekä liukkaalla että muilla keleillä. Näissä tutkimuskohteissa oli noin 26 %:lla kuljettajista sekä liukkaalla että muilla keleillä jonoajossa niin pieni turvamarginaali, että äkkijarrutustilanne olisi johtanut törmäämiseen edellä ajaneeseen auton. Nastattomia talvirenkaita käyttäneiden kuljettajien keskimääräinen turvamarginaali oli jonkin verran pienempi kuin nastallisten. Ero ei ollut kuitenkaan tilastollisesti merkitsevä. Nastattomia kuljettajia oli aineistossa niin vähän, että niiden perusteella ei voi tehdä yleistäviä johtopäätöksiä rengastyypin merkityksestä kuljettajan käyttäytymiseen.

5 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Nastarenkaita käyttäneillä kuljettajilla renkaiden kunto oli sekä kaarreajon että jonoajon tutkimuskohteissa parempi kuin nastattomilla renkailla liikkuneilla kuljettajilla. Kitkarenkaita eli erityisesti nastattomiksi talvirenkaiksi tarkoitettuja renkaita käyttäneiden kuljettajien renkaat olivat yleensä hyväkuntoisia. Kitkarenkaallisia kuljettajia oli aineistossa kuitenkin niin vähän, että ne yhdistettiin tarkasteluissa yleensä muihin nastattomia talvirenkaita käyttäneisiin kuljettajiin. Nastattomia talvirenkaita käyttäneissä kuljettajissa ei ollut mukana yhtään kesärenkaallista kuljettajaa.

ABS-jarruilla ja nelivedolla varustettuja autoja oli suhteellisesti enemmän nastattomia talvirenkaita kuin nastarenkaita käyttäneissä kuljettajissa. Nastarenkailla ja nastattomilla talvirenkailla liikkuneiden kuljettajien ikäjakaumissa ei todettu eroja. Naisista käytti suurempi osuus kuin miehistä nastarenkaita. Nastarenkaallisten ja nastattomilla renkailla liikkuneiden autojen ikäjakaumissa ja ajokilometrimäärien jakaumissa ei todettu merkittäviä eroja. Talvella kesärenkailla ajaneiden kuljettajien autoilla oli kuitenkin yleensä ajettu selvästi enemmän kilometrejä kuin muilla autoilla.

Talvi- ja tieliikennetutkimuksen eri kyselytutkimuksissa on selvitetty kuljettajien suhtautumista nasta- ja nastattomiin talvirenkaisiin. Pääteillä, Kuopion läänin alueella, liikkuneista kuljettajista piti selvästi pienempi osuus nastoja tarpeettomina kuin Uudenmaan läänin taajama-alueen kuljettajista. Taajama-alueen kuljettajista oli myös suurempi osuus valmis valitsemaan nastattomat talvirenkaat tehtyjen haastattelujen mukaan.

Kaarreajoa koskeneet tutkimuskohteet sijaitsivat Espoossa, taajama-alueella. Jonoajoa tutkittiin Kuopion tiepiirin alueella päätiellä maaseutuolosuhteissa (valtatie 6). Tämä heijastui kuljettajien matkojen tarkoituksissa siten, että pääteillä kuljettajista oli suurempi osuus työmatkoilla ja taajama-alueella vastaavasti suurempi osuus asiointi- ja vapaa-ajan matkoilla. Suurin osa taajama-alueen kohteiden kuljettajista ilmoitti ajavansa kohteen kautta useita kertoja viikossa. Selviä eroja todettiin myös vuosittaisissa ajosuoritteissa. Pääteitä käyttäneiden kuljettajien keskimääräinen vuotuinen ajokilometrimäärä oli merkittävästi suurempi kuin taajama-alueiden kohteiden kuljettajien.

Kuljettajakäyttäytymisessä todettiin eroja eri liikennetilanteissa. Kaarreajon tutkimuskohteissa jonojen ulkopuolla ajaneet kuljettajat joutuivat kaarteeseen jyrkkyyden vuoksi valitsemaan nopeutensa omien arvioidensa perusteella. Jonoajossa ei kuljettajien käyttäytymisessä todettu laajaa vaihtelua. Kuljettajat sopeuttivat käyttäytymisensä jonoajossa pitkälti muun liikennevirran mukaan.

Kuljettajien nopeuden valintaa jyrkissä kaarteissa selittävät tutkimuskohteiden ominaisuudet, vallinnut kitka, rengastyypit (nastat/nastattomat talvirenkaat), kuljettajan sukupuoli, kuljettajan ikä ja kohteen tuttuus. Liukkailla keleillä nopeudet olivat kaarreajossa keskimäärin 6 km/h pienempiä kuin hyvissä kelioloissa. Nastattomat kuljettajat ajoivat yleensä hieman pienemmillä nopeuksilla kaarrekohteissa kuin nastalliset. Naiskuljettajat käyttivät yleensä pienempiä nopeuksia kuin mieskuljettajat. Kuljettajan iän todettiin

vaikuttavan nopeuden valintaan siten, että vanhempaan ikäryhmään kuuluneet kuljettajat (vähintään 55-vuotiaat) ajoivat yleensä jonkin verran pienemmillä nopeuksilla kuin nuoremman ikäryhmän kuljettajat. Ne kuljettajat, jotka ajoivat tutkimuskohteissa useita kertoja viikossa, käyttivät myös usein suurempia nopeuksia kuin kohteissa harvemmin liikkuneet.

Jonossa ajettiin hitaammin kuin jonojen ulkopuolella vapaissa ajo-olosuhteissa. Kitkan vaihtelun ei todettu vaikuttavan huomattavasti kuljettajien nopeuksien valintaan päätiellä sijainneissa tutkimuskohteissa riippumatta siitä ajettiinko jonossa tai jonojen ulkopuolella. Pääteiden tutkimuskohteet sijaitsivat suhteellisen hyvissä tieoloissa kohdissa, jossa voimassa oli 80 km/h talviajan nopeusrajoitus. Nastattomien kuljettajien keskinopeus oli näissä kohteissa jonkin verran pienempi kuin nastallisten, mutta ero ei kuitenkaan ollut tilastollisesti merkitsevä.

Tutkimuksessa tehdyissä tarkasteluissa ei voitu pienestä havaintomäärästä johtuen todeta kuljettajan nopeuden valintaan vaikuttavien tekijöiden mahdollisia yhdysvaikutuksia. Jatkossa kannattaisi selvittää mm. kitkan ja rengastyyppien välistä yhdysvaikutusta eli sitä, ajetaanko eri rengastyypeillä eri lailla eri kelioloissa. On mahdollista esimerkiksi, että nastattomilla renkailla ajetaan suuremmilla nopeuksilla hyvissä kelioloissa kuin nastarenkailla, mutta pienemmillä nopeuksilla liukkailla keleillä.

Vaaratilanteiden syntymismahdollisuutta arvioitiin turvamarginaalien perusteella. Kaarreajossa turvamarginaalina käytettiin kuljettajan todellisen nopeuden ja laskennallisen suistumisnopeuden erotusta. Jonoajossa turvamarginaalina käytettiin äkkijarrutuksen perusteella laskettua matkaeroa, joka jäi autojen välille, kun autojen oletettiin jarruttavan pysähtymiseen asti.

Kaareajossa turvamarginaaliin todettiin vaikuttavan erityisesti tutkimuskohteiden ominaisuudet, vallinnut kitka, kuljettajan sukupuoli, kuljettajan ikä ja kohteen tuttuus. Nastarenkaita ja nastattomia talvirenkaita käyttäneiden kuljettajien turvamarginaaleissa ei todettu merkitseviä tilastollisia eroja, vaikka nastarenkaita käyttäneiden kuljettajien keskimääräinen turvamarginaali olikin jonkin verran suurempi kuin nastattomien. Koska nastallisten kuljettajien turvamarginaali ei ollut selvästi suurempi kuin nastattomien, voidaan epäillä, että nastalliset kuljettajat käyttivät vain osan tarjolla olevasta hyödystä turvallisuuden lisäämiseen lopun hyödyn mennessä sujuvuuden parantumiseen.

Pääteillä jonoajossa turvamarginaalit olivat samaa suuruusluokkaa sekä liukkaalla keliillä että hyvissä kelioloissa. Huomattava osuus (26 %) kuljettajista ajoi niin pienillä etäisyyksillä edellä ajavaan, että laskennallisesti äkkijarrutus-tilanteessa olisi jouduttu onnettomuuteen. Nastarenkaallisten kuljettajien keskimääräinen turvamarginaali oli jonoajon kohteissakin hieman suurempi kuin nastattomien kuljettajien, mutta ero ei ollut tilastollisesti merkitsevä.

Aikaisemmat kuljettajien nopeuksia ja turvamarginaaleja kaarteissa koskeneet suomalaiset ja ruotsalaiset tutkimukset on tehty 1970-luvulla /3,7/. Niissä nastallisten kuljettajien vertailukohteena oli pääasiassa kesärenkaalliset kuljettajat. Tällöin havaittiin kuten nytkin, että nastarenkaalliset kuljettajat ajoivat muita kuljettajia hieman suuremmilla nopeuksilla. Ruotsalaisen tutkimuksen mukaan nastarenkaita käyttäneet kuljettajat ajoivat jonkin verran

turvallisemmin kuin nastattomia renkaita käyttäneet turvamarginaalien perusteella arvioiden. Tässä tutkimuksessa todettiin, että nastarenkaallisten ja nastattomia talvirenkaita käyttäneiden kuljettajien turvamarginaaleissa ei ollut merkittäviä eroja ainakaan näissä tutkimuskohteissa. Pienestä havaintomäärästä johtuen ei yleistäviä johtopäätöksiä voitu kuitenkaan tehdä.

Tutkimuksessa otettiin erikseen huomioon kunkin kuljettajan käyttämien renkaiden kunto. Tämä oli mahdollista, koska autot pysäytettiin salaisesti tehtyjen käyttäytymismittausten jälkeen renkaiden tutkimista ja kuljettajien haastatteluja varten. Tutkimusmenetelmällä pystyttiin keräämään tarvittavat tiedot kuljettajakäyttäytymisen selittämistä varten. Tutkimusaineisto jäi nastarenkaattomien kuljettajien osalta kuitenkin pieneksi siksi, että liikenteessä oli vain pieni osuus nastarenkaattomia kuljettajia. Talvikausi 1992–1993 oli Etelä-Suomen alueella myös leuto eikä liukkaan kelin mittauksia pystytty tekemään halutussa laajuudessa.

Tutkimusmenetelmä toimi odotetusti. Vaikeudeksi osoittautui se, että mittauksien, haastattelujen ja rengastutkimusten tekeminen samanaikaisesti vaati melko suuren kenttähenkilöstön (5–6 henkilöä), vaikka mittauksissa hyödynnettiin uusia mittausmenetelmiä. Monia kiinnostaviksi osoittautuneita kysymyksiä jäi selvittämättä ja tutkimatta. Mikäli mittauksia tällä menetelmällä jatketaan, olisi tärkeää tarkistaa mm. ajolinjojen vaihtelun merkitys kaarteissa käytettyihin nopeuksiin ja turvamarginaaleihin kaarreajossa. Olisi myös tärkeää pystyä selvittämään, onko eri rengastyyppisiä käytävillä kuljettajilla yleisesti erilainen ajotapa kaarteissa, sillä on nastarenkaiden tiedetään tutkimusten mukaan säilyttävän ohjattavuuden paremmin lähellä luistotilanteita kuin nastattomien talvirenkaiden.

KIRJALLISUUS

- 1 Ernvall, Timo & Pirtala, Pasi. Oulu 1992. Kuljettajien iän kokemuksen sekä automallin vaikutus onnettomuusriskiin. Oulun yliopiston tie- ja liikennetekniikan laboratorion julkaisuja 16. 48 s. ISBN 951-42-3245-3.
- 2 Laukkanen, Kyösti. Otaniemi 1988. Kitkanmittauslaitteiden vertailututkimus. Valtion teknillinen tutkimuskeskus, Tie- ja liikennelaboratorio. Tutkimuslauseke 738. 32 s.
- 3 Luttinen, R., Tapio. Otaniemi 1990. Johdatus aikavälijakaumien teoriaan. Teknillinen korkeakoulu, liikennetekniikka. Julkaisu 71. 132 s. ISBN 951-22-0474-6.
- 4 Rumar, K., Berggrund, U., Jernberg, P., Ytterbom, U. Driver Reaction to a technical safety measure-Studded Tires. Human Factors 1976, 18(5), 443-454.
- 5 Samuelson, Elisabeth. Linköping 1990. Undersökning av dubbdäckens aktuella status. Väg- och trafikinstitut. VTI meddelande 605. 9 s.
- 6 Samuelson, Elisabeth. Linköping 1990. Dubbade och odubbade vinterdäcks köregenskaper. Väg- och trafikinstitut. VTI meddelande 606. 17 s.
- 7 Summala, H., Merisalo, A., Kallberg, V-P. Helsinki 1978. Nastarenkaiden ja kelin vaikutus luiston todennäköisyyteen moottoritien poistumisrampissa: tutkimusmenetelmän sovellutus. Helsingin yliopisto, psykologian laitos. Tutkimusraportti B(1)/1978.
- 8 Valtonen, Juha. Helsinki 1986. Tutkimus nastarenkaiden liikenneturvallisuuks- ja kustannusvaikutuksista. Liikenneturva. Tutkimusosaston julkaisu 79/1986. 218 s. ISBN 0782-2421.

LIITTEET

- 1 Mittausten aikataulu
- 2 Haastattelu- ja rengastutkimuslomakkeet
- 3 Varianssianalyysit
- 4 Nopeuksien ja turvamarginaalien mallit
- 5 Kaarreajon tutkimuskohteet

MITTAUSTEN AIKATAULU

- 1 Tapiola, Keskuskatu (Orionin mutka)

19.2.1993 klo

05.3.1993 klo

- 2 Soukka, Länsiväylä (Matinkylän ramppi)

07-10.12.1992

26-29.01.1993

- 3 Leppävirta, vt 6 tieosa

11-13.01.1993

- 4 Siilinjärvi, vt 6 tieosa

14-18.12.1992

Tutkimuspaikka

Pvm Klo

Haastattelija

Auto, tunnus

Rek.nro

 1 Sukupuoli 1 mies 2 nainen

 2 Syntymävuotenne

3 Asuinkuntanne

 4 Paljonko ajatte autoa keskimäärin vuodessa (km)

 5 Kuinka suuren osuuden vuosittaisesta ajomäärästä ajatte taajama-ajoa
 (nopeusrajoitus enint. 60 km/h) %

6 Teettekö matkanne pääasiallisesti tällä autolla?

 1 kyllä

 2 en

7 Onko autonne

 1 oma

 2 muun perheenjäsenen

 3 työsuhdeauto

 4 muu, mikä

8 Merkki ja malli

 9 Vuosimalli

 10 Ajokilometrit

 11 ABS

12 Voimansiirto

 1 etuveto

 2 takaveto

 neliveto 3 päällä

 4 ei

13 Ovatko autonne renkaat

 1 hyvät

 2 kohtalaiset

 3 huonot

 4 ei tiedä



- 14 Mitä mieltä olette nastarenkaiden tarpeellisuudesta talviliikenteessä?
- 1 ehdottoman tarpeelliset
- 2 melko tarpeelliset
- 3 melko tarpeettomat
- 4 täysin tarpeettomat
- 5 ei osaa sanoa
- 15 Olette ostamassa talvirenkaita. Saatte nastattomat talvirenkaat puolet halvemmalla kuin nastarenkaat. Kummat valitsette?
- 1 nastarenkaat
- 2 nastattomat talvirenkaat
- 3 ei osaa sanoa
- 16 Onko keli mielestänne
- 1 erittäin liukas
- 2 melko liukas
- 3 melko pitävä
- 4 pitävä
- 5 ei osaa sanoa
- 17 Mikä on matkanne tarkoitus?
- 1 matka töihin tai töistä kotiin
- 2 työhön liittyvä matka
- 3 asiointi- tai ostosmatka
- 4 loma- tai vapaa-ajan matka
- 5 muu
- 18 Ajatteko tätä reittiä
- 1 useita kertoja viikossa
- 2 muutamia kertoja kuukaudessa
- 3 harvemmin
- 19 Oletteko viimeisen kahden vuoden aikana olleet liikenneonnettomuudessa auton kuljettajana?
- 1 Kyllä, monta kertaa (määrä)
- 2 - talviaikana (marras-maaliskuu)
- 3 Ei
- 4 Ei tiedä

Koska olette olleet mukana liikenneonnettomuudessa, pyydämme Teitä myöhemmin vastaamaan oheisiin kysymyksiin ja postittamaan vastauksenne Valtion teknilliselle tutkimuskeskukselle mukana seuraavassa vastauskuoressa (postimaksu maksettu).

VARIANSSIANALYYSIT

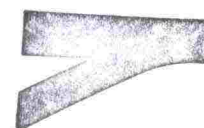
KAARREAJO

Taulukko 1. Tutkimuskohteen, kitkan ja eri rengastyypin (nastarenkaat ja nastattomat talvirenkaat mukaanlukien kitkarenkaat) vaikutus nopeuksiin hierarkkisen varianssianalyysin mukaan.

Variaatio	Neliösumma	Vapausasteet	Keskineliösumma	F-arvo	Merkitsevyys
PÄÄVAIKUTUKSET	9979,0	4	2494,7	99,7	0,000
Kohteet	8582,1	1	8582,1	343,1	0,000
Sivukitka	1332,1	2	666,1	26,6	0,000
Rengastyyppi	64,7	1	64,7	2,6	0,108
SELITETTY	9979,0	4	2494,7	99,7	0,000
RESIDUAALI	13706,7	548	25,0		
YHTEENSÄ	23685,6	552	42,9		

Taulukko 2. Tutkimuskohteen, kitkan ja eri rengastyypin (nastarenkaat ja nastattomat talvirenkaat mukaanlukien kitkarenkaat) vaikutus turvamarginaaliin varianssianalyysin mukaan.

Variaatio	Neliösumma	Vapausasteet	Keskineliösumma	F-arvo	Merkitsevyys
PÄÄVAIKUTUKSET	93224,6	4	23306,2	934,4	0,000
Kohteet	13703,9	1	13703,9	549,4	0,000
Sivukitka	30715,9	2	15357,9	615,8	0,000
Rengastyyppi	26,0	1	26,0	1,0	0,308
SELITETTY	93224,6	4	23306,2	934,4	0,000
RESIDUAALI	13667,8	548	25,0		
YHTEENSÄ	106892,4	552	193,6		



JONOAJO

Taulukko 3. Tutkimuskohteen, lukkojarrutuskitkan ja eri rengastyypin (nastarenkaat ja nastattomat talvirenkaat mukaanlukien kitkarenkaat) vaikutus jonossa ajaneiden henkilöautojen nopeuksiin varianssianalyysin mukaan.

Variaatio	Neliösumma	Vapausasteet	Keskineliösumma	F-arvo	Merkitsevyys
PÄÄVAIKUTUKSET	362,2	3	120,7	3,4	0,020
Kohteet	160,7	1	160,7	4,5	0,036
Kitka	98,0	1	98,0	2,7	0,101
Rengastyyppi	18,2	1	18,2	0,6	0,478
YHDYSVAIKUTUKSET	171,2	3	57,1	1,6	0,194
Kohteet × rengastyyppi	35,8	1	35,8	1,00	0,320
Kohteet × kitka	70,0	1	70,0	1,95	0,165
Rengastyyppi × kitka	63,5	1	63,5	1,77	0,186
SELITETTY	1008,0	6	168,0	4,68	0,000
RESIDUAALI	5204,0	145	35,9		
YHTEENSÄ	6212,0	151	41,1		

Taulukko 4. Tutkimuskohteen, lukkojarrutuskitkan ja eri rengastyypin (nastarenkaat ja nastattomat talvirenkaat mukaanlukien kitkarenkaat) vaikutus jonossa ajaneiden henkilöautojen turvamarginaaliin analyysin mukaan.

Variaatio	Neliösumma	Vapausasteet	Keskineliösumma	F-arvo	Merkitsevyys
PÄÄVAIKUTUKSET	572,0	3	190,7	0,42	0,736
Kohteet	24,4	1	24,4	0,05	0,816
Kitka	9,9	1	9,9	0,02	0,882
Rengastyyppi	485,8	1	485,8	1,08	0,300
YHDYSVAIKUTUKSET	247,4	3	82,5	0,18	0,908
Kohteet × rengastyyppi	208,0	1	208,0	0,46	0,498
Kohteet × kitka	11,4	1	11,4	0,03	0,874
Rengastyyppi × kitka	142,8	1	142,8	0,32	0,574
SELITETTY	992,8	6	165,5	0,37	0,898
RESIDUAALI	64754,9	145	449,7		
YHTEENSÄ	65747,7	151	438,3		

NOPEUKSIEN JA TURVAMARGINAALIEN MALLIT

Taulukko 1. Kuljettajien nopeuskäyttäytymistä selittävä malli.

Selittäjä	Arvo	Estimoitu kerroin	T-arvo
Vakio		32,66	49,58
Tutkimuskohde	Tapiola Soukka	Vertailutaso 6,26	8,21
Sivukitka	0,00-0,47 0,47-0,71 0,71-	Vertailutaso 4,94 6,43	4,57
Rengastyyppe	Nasta Nastaton	Vertailutaso -1,1	6,89
Sukupuoli	Mies Nainen	Vertailutaso -1,39	1,93
Kuljettajan ikä	Alle 55-v Vähintään 55-v	Vertailutaso -1,73	2,74
Paikan tuttuus	Harvoin Useita kertoja viikossa	Vertailutaso 1,26	2,72

Kuljettajien nopeuskäyttäytymistä selittävässä mallissa nopeuksien jakaumaoletuksen oli normaalijakauma ja mallin ns. link-funktiona käytettiin identiteettifunktiota eli malli oli muodoltaan perinteinen regressiomalli. Mallin selittävyys (R^2 -arvo) oli 0,4427 ja kaikki selittäjät olivat tilastollisesti merkitseviä (t-arvo, $p < 0,05$) mallissa.

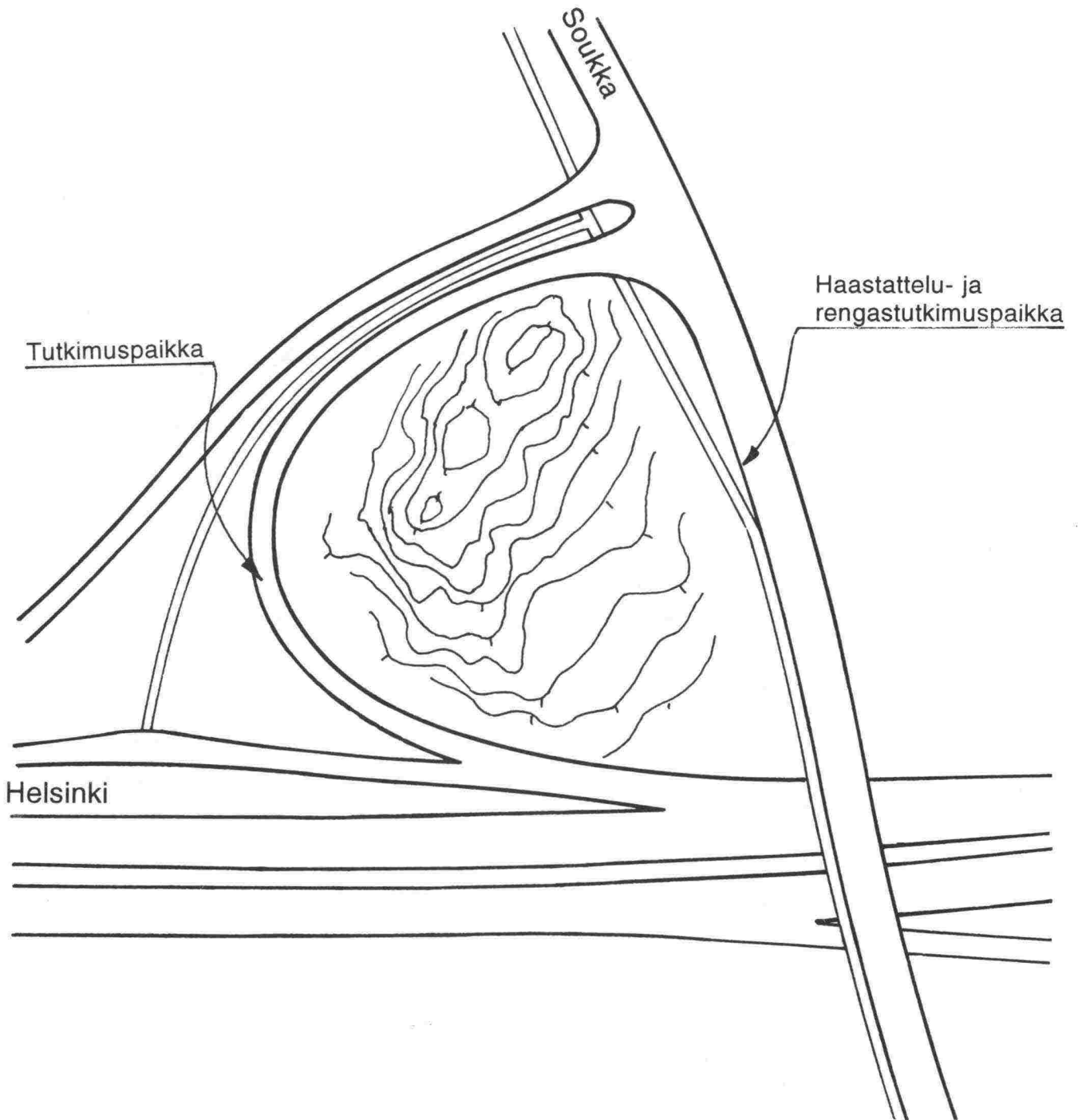
Taulukko 2. Kuljettajien turvamarginaalia selittävä malli.

Selittäjä	Arvo	Estimoitu kerroin	T-arvo
Vakio		1,875	2,87
Tutkimuskohde	Tapiola Soukka	Vertailutaso 17,40	22,86
Sivukitka	0,00-0,47 0,47-0,71 0,71-	Vertailutaso 9,02 21,86	8,45
Rengastyyppe	Nasta Nastaton	Vertailutaso 0,82	1,44
Sukupuoli	Mies Nainen	Vertailutaso 1,47	2,93
Kuljettajan ikä	Alle 55-v. Vähintään 55-v.	Vertailutaso 1,55	2,53
Paikan tuttuus	Harvoin Useita kertoja viikossa	Vertailutaso -1,10	2,37

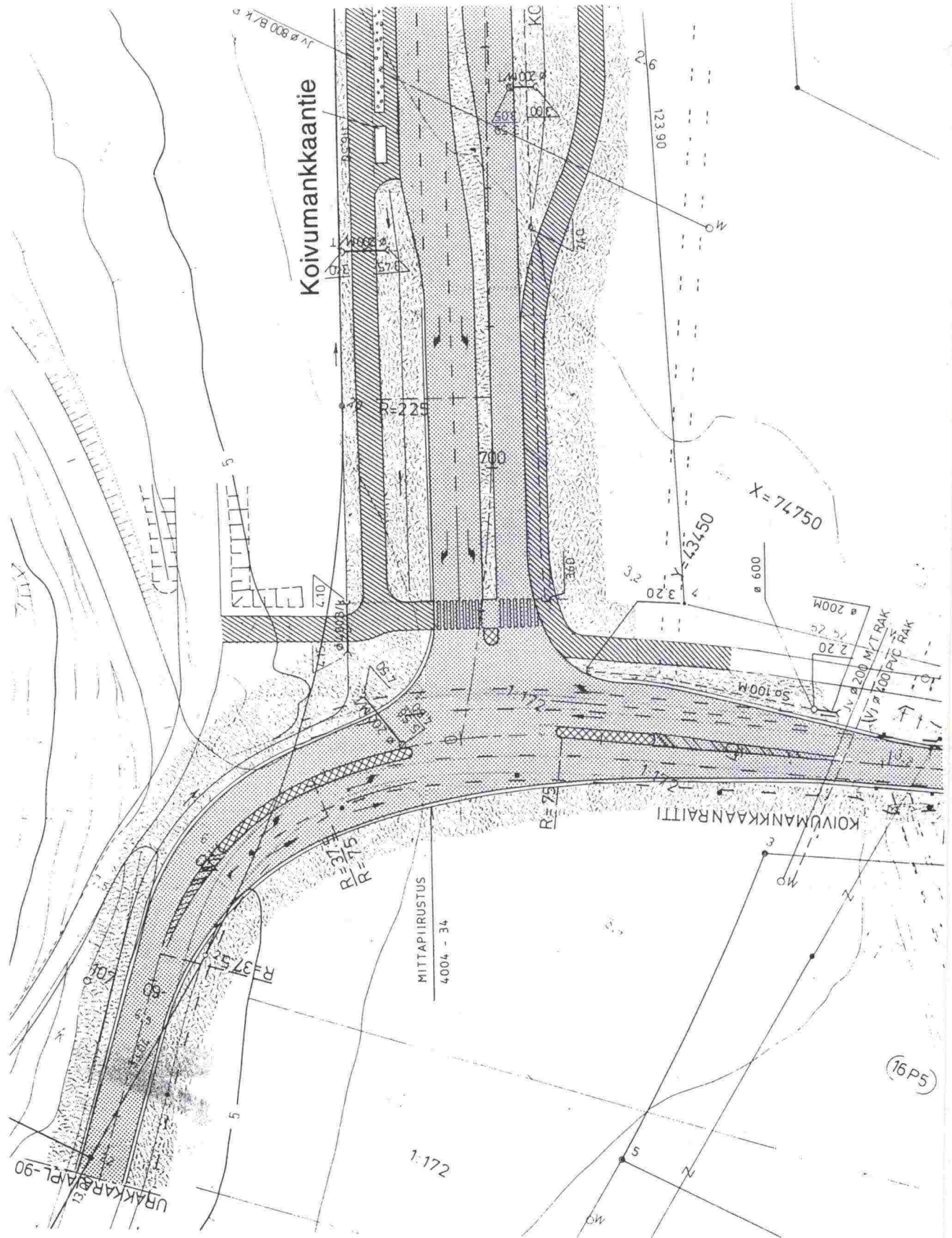
Turvamarginaaleja selittävässä mallissa jakaumaoletuksen oli normaalijakauma. Mallin ns. link-funktiona käytettiin identiteettifunktiota eli malli oli muodoltaan perinteinen regressiomalli. Mallin selittävyys (R^2 -arvo) oli 0,8768 ja kaikki mallin selittäjät olivat tilastollisesti merkitseviä (t-arvo, $p < 0,05$) lukuun ottamatta rengastyypin vaikutusta.

KAARREAJON TUTKIMUSKOHTEET

Länsiväylä, Soukan poistumisramppi



Koivumankaantie



(16P5)



Tielaitos
Uudenmaan tiepiiri

TALVI JA TIELIIKENNE -PROJEKTIN JULKAISUT

CMA:n ympäristövaikutuksia ja käyttökokemuksia, kirjallisuustutkimus.
Tielaitoksen selvityksiä 38/1992. Alaprojekti B: Ympäristö (B2). TIEL 3200092

Nastojen, hiekoituksen ja suolauksen aiheuttama pöly ja sen leviäminen
ympäristöön, kirjallisuustutkimus. Tielaitoksen selvityksiä 79/1992. Alaprojekti B:
Ympäristö (B3). TIEL 3200120

Asfalttipäällysteiden suunnitteluperusteiden vertailu nastallisen ja nastattoman
liikenteen välillä, kirjallisuustutkimus. Tielaitoksen selvityksiä 17/1993, Alaprojekti D:
Päällysteet (D1). TIEL 3200144

Nastallisen ja nastattoman liikenteen päällysteet, yhteenveto. Tielaitoksen selvityksiä
28/1993. Alaprojekti D: Päällysteet. TIEL 3200154

Tiesuolan pohjavesivaikutusten mallintaminen Joutsenonkankaalla (Amelia de Conter,
Kirsti Granlund, Jouko Soveri). Tielaitoksen selvityksiä 33/1993. Keskushallin-
non erillisprojekti. TIEL 3200158

Talvikunnossapidon laadun logistiset vaikutukset (Hanna Kalenoja, Jorma Mäntynen):
Tielaitoksen selvityksiä 37/1993. Alaprojekti C: Kunnossapito (C4). TIEL 3200162

Talvirengastutkimus; Talvirenkaiden käyttö ja kunto sekä kuljettajien arviot talvi-
renkaistaan talvikaudella 1992-1993 (Kimmo Saastamoinen, Heikki heinijoki).
Tielaitoksen selvityksiä 45/1993. Alaprojekti A: Liikenteen sujuvuus ja turvallisuus
(A2b, A3). TIEL 3200170

Tiesuolaus ja pohjavedet; Nykytilan selvitys (Jukka Yli-Kuivila, Anna-Liisa Kivimäki,
Timo Kinnunen). Tielaitoksen selvityksiä 49/1993. Alaprojekti B: Ympäristö (B1).
TIEL 3200174

Tiesuolan pohjavesivaikutukset - Kulkeutumismekanismien moni-ilmiömallinnus
(Terhi Kling, Veijo Pirhonen). Tielaitoksen selvityksiä 65/1993. Keskushallinnon
erillisprojekti. TIEL 3200190

Kokemuksia Japanin nastattomasta talviliikenteestä. Tielaitoksen selvityksiä 66/1993.
Alaprojekti C: Kunnossapito (C3). TIEL 3200191

Suolan käytön vähentäminen, väliraportti väestön asenteista Kuopion läänin kokeiluun
talvikaudella 1992-1993 (Pauli Niemelä, Juhani Laurinkari, Sakari Kainulainen, Risto
Tuunanen). Tielaitoksen selvityksiä 67/1993. Alaprojekti A: Liikenteen sujuvuus ja
turvallisuus (A3). TIEL 3200192

Raskaan liikenteen kuljettajien kyselytutkimus (Kimmo Saastamoinen). Tielaitoksen
sisäisiä julkaisuja 44/1993. Alaprojekti A: Liikenteen sujuvuus ja turvallisuus (A3, C1)
TIEL 4000050

Kelin vaikutus ajokäyttäytymiseen ja liikennevirran ominaisuuksiin (Kimmo Saastamoinen)
Tielaitoksen selvityksiä 80/1993. Alaprojekti A: Liikenteen sujuvuus ja turvallisuus (A3).
TIEL 3200204

Teiden suolauksen vähentäminen Kuopion tiepiirissä; Vaikutukset talvella 1992-1993
(Veli-Pekka Kallberg). Tielaitoksen selvityksiä 86/1993. Alaprojekti A: Liikenteen sujuvuus
ja turvallisuus (A4). TIEL 3200210

Kuljettajakäyttäytyminen kaarre- ja jonoajossa (Matti Roine). Tielaitoksen selvityksiä
87/1993. Alaprojekti A: Liikenteen sujuvuus ja turvallisuus (A2a). TIEL 3200212

Nastarenkaiden vaikutus matkoihin ja kuljettajien riskinottoon (Tapani Mäkinen).
Tielaitoksen sisäisiä julkaisuja 1/1994. TIEL 4000054