

Harri Peltola
Fanny Malin

Maanteiden tasoliittymien turvallisuus Onnettomuudet vuosina 2011–2015



Harri Peltola, Fanny Malin

Maanteiden tasoliittymien turvallisuus

Onnettomuudet vuosina 2011–2015

Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 57/2016

Liikennevirasto

Helsinki 2016

Kannen kuva: Risto Kulmala

Verkojulkaisu pdf (www.liikennevirasto.fi)

ISSN-L 1798-6656

ISSN 1798-6664

ISBN 978-952-317-346-0

Liikennevirasto

PL 33

00521 HELSINKI

Puhelin 0295 34 3000

Harri Peltola ja Fanny Malin: Maanteiden tasoliittymien turvallisuus. Onnettomuudet vuosina 2011–2015. Liikennevirasto, Hankesuunnitteluosasto. Helsinki 2016. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 57/2016. 52 sivua ja 3 liitettä. ISSN-L 1798-6656, ISSN 1798-6664, ISBN 978-952-317-346-0.

Avainsanat: tasoliittymä, turvallisuus, onnettomuusmalli

Tiivistelmä

Tasoliittymien turvallisuutta koskevia uusimpia tutkimustuloksia tarkastettiin kansainvälisestä kirjallisuudesta, jotta ne voitaisiin ottaa huomioon tämän selvityksen onnettomuusmalleissa ja tiensuunnittelun ohjeistuksessa. Selvitys ei tuonut esille tutkimuksia, jotka olisivat olennaisesti muuttaneet käsitystä turvallisuuteen vaikuttavista keskeisistä tekijöistä. Kirjallisuudesta ei myöskään löytynyt kansainvälisesti yleisesti hyväksi todettua tapaa määritellä liittymäonnettomuutta, joten tässä työssä selviteltiin vaihtoehtoisia tapoja. Tässä selvityksessä päädyttiin tarkastelemaan *henkilövahinkoon johtaneita kaikkia muita kuin eläinonnettomuuksia, jotka ovat tapahtuneet enintään 100 metrin etäisyydellä taajamassa olevasta liittymästä tai enintään 200 metrin etäisyydellä taajaman ulkopuolella olevasta liittymästä*. Silloin kun onnettomuuksia jaotellaan linjaosuuksilla ja liittymässä tapahtuneisiin onnettomuuksiin, myös selvästi tätä lyhyempiä etäisyyksiä on käytetty. Kiertoliittymiin saapuvien autojen määriä jouduttiin osin arvioimaan, koska tierekisterissä ei ole tietoja katuhaaroilta saapuvien autojen määristä.

Nelihaaraliittymän henkilövahinko-onnettomuusriskit ja erityisesti kuolemanriskit ovat selvästi T-liittymien riskejä suurempia. Niinpä nelihaaraisessa tasoliittymässä onnettomuuskustannukset yhtä liittymään saapuvaa ajoneuvo kohti ovat 5,4 senttiä, kun ne T-liittymissä ovat vain 3,0 senttiä. Kirjallisuuden sekä nyt saatujen tulosten perusteella kiertoliittymien hvj-onnettomuuksien mutta erityisesti kuolemien riskit ovat pienempiä kuin T-liittymissä ja siten olennaisesti pienempiä kuin X-liittymissä. Kiertoliittymissä onnettomuuskustannukset yhtä liittymään saapuvaa ajoneuvo kohti ovat keskimäärin 2,2 senttiä. Kiertoliittymiä on käytetty lähinnä taajamamaisissa olosuhteissa, mikä osaltaan vaikuttaa onnettomuuskustannusten eroihin.

Tasoliittymien onnettomuusmäärään voimakkaimmin vaikuttavat tekijät ovat liittymään saapuvien ajoneuvojen kokonaismäärä ja liittymätyyppi. Onnettomuusmallinnuksesta saadut tulokset vahvistivat aiempia käsityksiä siitä, että sivutieltä saapuvan liikenteen osuuden kasvaessa hvjo-onnettomuuksien riskit kohoavat sekä T- että X-liittymissä – sekä autoliikenteen että ns. suojattoman liikenteen (jk, pp, mopo) osalta. Sen sijaan suojattoman liikenteen riski ei pienene vuorokaudessa saapuvien autojen lukumäärän kasvaessa, kuten tapahtuu autoliikenteen onnettomuuksille. Suojattoman liikenteen riskit ovat koholla erityisesti alemmalla tieverkolla ja taajamissa – sekä T- että X-liittymissä.

Tehty vertailu ei anna uutta tietoa siitä, millaisissa tapauksissa porrastus on turvallisuuden vuoksi perusteltua, eikä porrastuksen parhaasta toteutustavasta. Vasen–oikea-porrastuksissa hvj-onnettomuuksien riski näyttäisi olevan selvästi pienempi kuin oikea–vasen-porrastuksessa, mutta kuolemanriskissä tilanne on päinvastainen. Nämä erot voivat selittyä satunnaisvaihtelun lisäksi porrastusten erilaisilla käyttökohteilla.

Kuolemanriskien eroja liittymien välillä selittävät lähinnä liittymätyyppi sekä nopeusrajoitus. Mallinnuksessa huomiota kiinnittivät erityisesti 100 km/h nopeusrajoitusalueella olevat X-liittymät, joissa kuolemanriski oli kolminkertainen verrattuna X-liittymiin muilla nopeusrajoituksilla. Tämä siitä huolimatta, että yleensä ottaen 100 km/h rajoitus sallitaan vain teillä, joilla on hyvä turvallisuustaso.

Harri Peltola och Fanny Malin: Trafiksäkerhet i landsvägskorsningar. Olyckor från åren 2011–2015. Trafikverket, Projektplaneringsavdelningen. Helsingfors 2016. Trafikverkets undersökningar och utredningar 57/2016. 52 sidor och 3 bilagor. ISSN-L 1798-6656, ISSN 1798-6664, ISBN 978-952-317-346-0.

Nyckelord: vägkorsning, säkerhet, olycksmodell

Sammanfattning

Målet var att kontrollera ifall det fanns nya forskningsresultat angående vägkorsningars säkerhet, så att de kunde tas i beaktande i denna utredning och i vägplaneringens anvisningar. Det uppdagades inte nya resultat som väsentligt ändrade uppfattningen om vilka faktorer som påverkar säkerheten i vägkorsningar. I utredningen utforskades även olika sätt att definiera korsningsolyckor eftersom det i litteraturen inte hittades ett internationellt använt sätt. I denna utredning undersöktes *alla personskadeolyckor, förutom djurolyckor, som hade skett högst 100 m från en korsning i tätort och högst 200 m från en korsning utanför tätort*. När olyckornas händelseplats delas in som linjedelssträcka och korsning så har även betydligt kortare avstånds använts. Cirkulationsplatsernas trafikmängder måste delvis uppskattas eftersom det i vägregistret inte fanns information om trafikmängden på gatugrenarna.

Personskadeolycksrisken och speciellt dödsrisken i fyrvägskorsningar var klart högre än i trevägskorsningar. Olyckskostnaderna för en fyrvägskorsning var därmed 5,4 sent per ankommande fordon och 3,0 sent per ankommande fordon för en trevägskorsning. Enligt tidigare resultat och denna utredning är riskerna för personskador och dödsfall lägre i cirkulationsplatser än i trevägskorsningar, och därmed klart lägre i fyrvägskorsningar. Olyckskostnaderna i cirkulationsplatser var i snitt 2,2 sent per ankommande fordon. Skillnaderna i olyckskostnaderna kan delvis bero på att cirkulationsplatser används mest i tätortsbebyggelse.

Antalet ankommande fordon och korsningstypen är de faktorer som mest påverkar olycksmängden i vägkorsningar. Olycksmodelleringen bekräftade den tidigare uppfattningen om att när andelen ankommande fordon från sidovägen växer, växer personskadeolycksrisken i både tre- och fyrvägskorsningar för både biltrafiken och s.k. oskyddade trafikanter (fotgängare, cyklister och mopedister). Då antalet ankommande fordon per dag växer minskar biltrafikens risk men de oskyddade trafikanternas risk minskar inte. De oskyddade trafikanternas risk är hög speciellt på det lägre trafiknätet och tätorter – både i tre- och fyrvägskorsningar.

Utredningen anger inte i vilka fall förskjutna korsningar är befogade för säkerhetens skull eller hur förskjutningen är gjord. Personskadeolycksrisken i korsningar med höger–vänster-förskjutning verkar vara klart lägre än i korsningar med vänster–höger-förskjutning men för dödsrisken är situationen motsatt. Dessa skillnader kan i tillägg till slumpmässig variation bero på olika var och hur förskjutningen görs.

Skillnaden i korsningarnas dödsrisk förklarades främst av korsningstypen och hastighetsbegränsningen. I modelleringen framkom det att dödsrisken på fyrvägskorsningar på 100 km/h hastighetsområden var trefaldig jämfört med fyrvägskorsningar på andra hastighetsområden. Trots att hastighetsbegränsningen 100 km/h vanligtvis bara tillåts på vägar med en hög säkerhetsnivå.

Harri Peltola and Fanny Malin: Safety of road intersections. A review of accidents from 2011 to 2015. Finnish Transport Agency, Project Planning Department. Helsinki 2016. Research reports of the Finnish Transport Agency 57/2016. 52 pages and 3 appendices. ISSN-L 1798-6656, ISSN 1798-6664, ISBN 978-952-317-346-0.

Keywords: at-grade junction, safety, accident model

Summary

The objective was to update the knowledge of safety at road intersections (at-grade junctions), for inclusion in this study and in road planning instructions. No new research results were found that substantially change the perception of what influences the safety of intersections. Different ways of defining intersection accidents were also examined, as no internationally recognised definition is found in the literature. This study examined all *injury accidents, excluding animal-related accidents that occurred no more than 100 m from an intersection in urban areas and maximum 200 m in rural areas*. Shorter distances have been used when an accident location was specified to a particular section of road or intersection. Traffic volume on roundabout arms was estimated, as this information is not given in the national road databank.

The risk of injury accidents and especially fatalities was higher at four-way than at three-way intersections. Accident costs averaged 5.4 cents and 3.0 per arriving vehicle at four-way and three-way intersections, respectively. According to previous research and the results of this study, the risk of injury accidents and fatalities is lower at roundabouts than at three-way intersections, and thus even lower compared to four-way intersections. The accident cost for roundabouts was 2.2 cents per arriving vehicle. Roundabouts are commonly used in urban areas, which might explain some of the differences in accident costs.

Number of arriving vehicles and intersection type are the variables that most strongly affect the number of accidents at intersections. Accident models confirm the earlier assumption that as the share of vehicles approaching an intersection from a minor road rises, so does the injury accident risk at both three- and four-way intersections, for both vehicle traffic and vulnerable road users (pedestrians, bicyclists and mopedists). However, when a rise in the overall daily amount of approaching vehicle traffic is considered, the accident risk falls for the vehicles but not for vulnerable road users. The risk to vulnerable road users is high, especially on the lower-grade traffic network and in urban areas, both at three- and four-way intersections.

The study did not reveal any new information on safety justifications for staggered intersections, or how such staggering would be done. The injury accident risk seems to be lower at intersections staggered right-to-left compared with left-to-right, but the opposite is true regarding fatality risk. In addition to random variation, these differences may depend on how and where the staggering is done.

Differences in fatality risk at intersections were mainly attributed to intersection type and speed limit. In the accident model, the fatality risk at four-way intersections in areas with a 100 km/h speed limit was found to be three times higher than in other speed limit areas. Even though, a 100 km/h speed limit is usually only allowed on roads with a high safety level.

Esipuhe

Tasoliittymien turvallisuudesta ei ole Suomessa tehty kattavaa selvitystä vuoden 1995 jälkeen, vaikka tieliikenteen turvallisuustilanne on muuttunut paljon sen jälkeen. Tarkoituksena oli luoda katsaus kansainväliseen kirjallisuuteen ja tarkastella erilais-
ten tasoliittymien riskejä ja onnettomuuskustannuksia sekä niihin vaikuttavia tekijöi-
tä.

Tutkimuksen tekivät Harri Peltola (toimittajan yhdyshenkilö) ja Fanny Malin Teknolo-
gian tutkimuskeskus VTT Oy:stä. Työn ohjausryhmään kuuluivat Liikennevirastosta
Ari Liimatainen (tilaajan yhdyshenkilö), Auli Forsberg, Risto Kulmala, Matti Ryyänen
ja Jorma Saarelainen sekä Liikenteen turvallisuusvirasto Trafista Riikka Rajamäki.

Helsingissä joulukuussa 2016

Liikennevirasto
Hankesuunnitteluosasto

Sisällysluettelo

1	JOHDANTO	8
1.1	Tutkimuksen tausta	8
1.2	Tutkimuksen tavoitteet ja rajaus	8
2	TUTKIMUSMENETELMÄ	9
3	KIRJALLISUUSKATSAUS	11
3.1	Liittymäonnettomuuksien määrittely	11
3.2	Kulmalan väitöskirja	13
3.2.1	Avoin liittymä	13
3.2.2	Tulppaliittymä	13
3.2.3	Kanavointi	14
3.2.4	Porrastettu liittymä	15
3.3	Muita tutkimustuloksia	16
3.3.1	Tulppaliittymä	16
3.3.2	Kanavoitu liittymä	17
3.3.3	Väistötilakanavointi	18
3.3.4	Porrastettu liittymä	18
3.3.5	Kiertoliittymä	19
4	TUTKIMUSAINEISTO JA MÄÄRITELMÄT	21
4.1	Liittymäonnettomuuden määrittely	21
4.2	Porrastettujen liittymien aineisto	27
4.3	Kiertoliittymien tiedot	30
5	ONNETTOMUUDET, RISKIT JA KUSTANNUKSET MAANTEIDEN TASOLIITTYMISSÄ	32
5.1	Erytyypiset tasoliittymät ja niiden onnettomuudet	32
5.2	Onnettomuusriskiin vaikuttavia tekijöitä	33
5.3	Porrastettujen liittymien riskit ja X-liittymien riskit	40
6	ONNETTOMUUSMALLIT	42
6.1	Henkilövahinko-onnettomuudet	42
6.2	Kuolemat	46
7	TULOSTEN TARKASTELU JA JOHTOPÄÄTÖKSET	48
	LÄHTEET	51
	LIITTEET	
Liite 1	Poliisin kirjaukset liittymätiedosta eri etäisyyksillä maantieliittymistä	
Liite 2	T- ja X-liittymät valo-ohjauksen mukaan	
Liite 3	Onnettomuusmallit	

1 Johdanto

1.1 Tutkimuksen tausta

Vuonna 2004 tehdyn tutkimuksen mukaan noin kolmasosa maanteiden henkilövahinko-onnettomuuksista ja noin neljäsosa maanteiden kuolemaan johtaneista onnettomuuksista tapahtuu liittymissä (Peltola ja Rajamäki 2004). Risto Kulmalan väitöskirja (1995) on viimeisin taajaman ulkopuolella sijaitsevien kolmi- ja nelihaaraisten tasoliittymien turvallisuutta koskeva tutkimus Suomessa. Siinä on käytetty onnettomuustietoja vuosilta 1983–1987. Kiertoliittymien turvallisuutta laajemmin on Suomessa viimeksi selvittänyt Montonen (2008).

Vertailtaessa tässä selvityksessä ja Kulmalan (1995) väitöskirjassa olevia tuloksia, tulee ottaa huomioon, että maanteiden yleinen liikenneturvallisuustilanne on muuttunut huomattavasti lähes kolmessakymmenessä vuodessa. Esimerkiksi vuosista 1983–1987 vuosiin 2011–2015 kaikkien Suomen maanteiden hvj-onnettomuuksien riski on pienentynyt 59,1 % (19,5 -> 8,0 hvjo/100 miljoonaa ajoneuvokilometriä) ja kuolemanriski 70,0 % (1,8 -> 0,5 kuolemaa/100 miljoonaa ajoneuvokilometriä) (Liikennevirasto 2016a).

Tarva-työkalussa (Turvallisuusvaikutusten arviointi vaikutuskertoimilla) maanteiden keskinäisten liittymien onnettomuusasteita on mallinnettu liittymähaarojen lukumäärän, tien tyypin ja sivutien liikennemääräosuuden perusteella. Näitä malleja ei ole tarkasteltu useaan vuoteen, vaikka mallien parametrit arvot päivitetään vuosittain.

1.2 Tutkimuksen tavoitteet ja rajaus

Tutkimuksen tavoitteena oli päivittää tasoliittymien turvallisuutta koskevaa tietämystä Suomessa. Pää tavoite jakautui kahteen alatavoitteeseen: (1) laaditaan tiivis katsaus viimeaikaisiin tasoliittymien turvallisuutta käsitteleviin tutkimuksiin kansainvälisesti ja (2) tarkastellaan tasoliittymiä koskevia tie-, liikenne- ja onnettomuustietoja, jotta voidaan päivittää keskeiset erilaisten tasoliittymien turvallisuutta kuvaavat tunnusluvut ja yksinkertaiset onnettomuusmallit.

Tutkimuksessa tarkasteltiin ainoastaan perinteisiä tasoliittymiä ja kiertoliittymiä – eritasoliittymiä ja suuntaistasoliittymiä ei käsitelty tässä tutkimuksessa. Maanteiden perusverkon eritasoliittymien turvallisuutta on tarkasteltu erillisessä selvityksessä (Häkkinen 2016).

Aluksi kuvataan tutkimuksessa käytetyt menetelmät (Luku 2) ja kirjallisuuskatsauksen tulokset (Luku 3). Luvussa 4 on keskitytty aineiston kuvaukseen, jonka jälkeen tarkastellaan onnettomuusmääriä, -riskejä ja -kustannuksia (Luku 5). Luvussa 6 on kuvattu laaditut onnettomuusmallit, minkä jälkeen tulosten tarkastelu ja johtopäätökset ovat luvussa 7.

2 Tutkimusmenetelmä

Tutkimuksen taustaksi koottiin tietoja Kulmalan (1995) väitöskirjan tuloksista, koska niiden päivittäminen oli yksi tämän työn keskeisistä tavoitteista (luku 3.2). Kirjallisuuskatsausta täydennettiin tiedoilla tasoliittymien turvallisuuteen vaikuttavista tekijöistä pääasiassa pohjoismaisista, saksalaisista ja hollantilaisista tutkimuksissa (luku 3.3). Tutkimusaiheen kannalta keskeistä asiaa, liittymäonnettomuuksien määrittelyä tarkasteltiin sekä kirjallisuuskatsauksessa (luku 3.1) että aineistokuvauksessa (luku 4.1).

Onnettomuuksia ja liittymiä koskevat tiedot tilastoanalyysiin ja mallinnukseen saatiin Liikenneviraston rekistereistä ja tilastoista. Liittymäonnettomuuksien määrittelyä koskevissa tarkasteluissa käytettiin hyväksi myös poliisin kirjaamia tietoja onnettomuuksien tapahtumapaikoista (luku 4.1). Mallinnuksen taustatietoihin liittyi myös porrastettujen liittymien tarkastelu, joka perustui tierekisterin mukaan lähekkäin olevien T-liittymien karttatarkasteluun hyödyntäen ONHA-työkalun (Onnettomuustietojen hallinta ja analysointi) karttaominaisuuksia. Sen avulla liittymiä voitiin tarkastella taustakartalla tarkimmillaan mittakaavassa 1:5000 (luku 4.2). Myös kiertoliittymistä tierekisterissä olevia tietoja täydennettiin karttatarkasteluiden avulla (luku 4.3).

Sivuteiden osuus liittymään saapuvien autojen määrästä laskettiin liittymähaarojen liikennemääriin perustuen: sivutieksi tulkittiin X-liittymissä kaksi pieniliikenteisintä ja T-liittymissä pieniliikenteisin liittymähaaroista.

Onnettomuuksien määriä ja seurauksia erilaisissa liittymissä tarkasteltiin perustuen onnettomuustietoihin vuosilta 2011–2015 ja tätä tutkimusta varten täsmennettyyn liittymäonnettomuuksien määrittelyyn, joka on kuvattu luvussa 4.1.

Erilaisissa tasoliittymissä tapahtuvien onnettomuuksien määrää mallinnettiin tilastollisella ohjelmapaketilla SPSS. Käytännössä kullekin mallinnetulle liittymäjoukolle sovitettiin yleistetty lineaarinen malli (Generalized Linear Model, GLIM), jossa virhejakauma oli Poisson-jakautunut ja linkkifunktio logaritminen.

Henkilövahinkoon johtaneiden onnettomuuksien määrän vaihtelua sekä kuolemien määrän vaihtelua T- ja X-liittymissä mallinnettiin käyttäen selittäjinä seuraavia muuttujia ja niiden yhdysvaikutuksia:

- liittymähaarojen lukumäärä (3, 4)
- sivutieltä saapuvien autojen osuus (< 5 %, 5-15 %, > 15 %)
- taajamamerkin alue (on, ei)
- kesäajan nopeusrajoitus (≤ 50 km/h, 60–70 km/h, 80 km/h, 100 km/h)
- toiminnallinen tieluokka (valtatie, kantatie, seututie, yhdystie)
- tien merkittävyys (päätie tai vilkas seututie, muu tie)
- vuorokaudessa liittymään saapuvien autojen määrä (< 3000, 3000–6000, > 6000)
- vuorokaudessa liittymään saapuvien autojen määrä (jatkuva muuttuja)
- kääntymiskaistat (molempiin suuntiin, vasemmalle, oikealle)
- väistötila (vain T-liittymissä, on, ei).

Vertailukelpoisuuden saavuttamiseksi mallinnus tehtiin pyrkien samanlaisiin menettelyihin ja määrittelyihin kuin Kulmalan (1995) väitöskirjassa. Käytännössä tämä tarkoitti mm. sitä, että onnettomuusmallit laadittiin ottaen liittymään saapuvien autojen lukumäärä huomioon ns. offsetilla, mikä käytännössä tarkoittaa sitä, että laaditut mallit kuvaavat onnettomuusriskiä liittymään saapuvien autojen lukumäärää kohti. Mallintaminen aloitettiin tarkastelemalla kaikissa malleissa keskeiseksi osoittautuneita muuttujia: liittymähaarojen lukumäärä ja sivuteiltä saapuvien autojen osuus sekä näiden yhdysvaikutus. Muiden muuttujien mukaantuloa mallinnukseen testattiin muuttujien tilastollisen merkitsevyyden ja mallin selitysasteen avulla.

Laadittuja onnettomuusmalleja kuvataan luvussa 6 ja tulosten tarkastelu on esitetty luvussa 7 .

3 Kirjallisuuskatsaus

Tasoliittymät voidaan luokitella liittymähaarojen määrän mukaan: kolmihaaraisia liittymiä kutsutaan myös T-liittymiksi ja nelihaaraisia X-liittymiksi (Tiehallinto 2001). Liittymäjärjestelyjä on monenlaisia, jotta eri tilanteissa voitaisiin saavuttaa hyvä turvallisuus, liikenteen välityskyky ja ajomukavuus. Liittymä voi olla avoin, kanavoitu, porrastettu tai varustettu väistötilalla, tulpalla tai erikseen oikealle ja vasemmalle kääntyvien kaistoilla. Näiden liittymäjärjestelyjen lisäksi, tasoliittymän muuttaminen kiertoliittymäksi on liikenneturvallisuusperusteilla suosittu ratkaisu. Eritasoliittymät eivät kuulu tämän tarkastelun piiriin.

Liikenneturvallisuutta tarkastellaan usein onnettomuusasteen perusteella. Liittymissä onnettomuusaste määritetään yleensä onnettomuuksien määränä liittymään saapuvien ajoneuvojen määrää kohti. Sivutien liikennemäärän osuus kaikista liittymään saapuvista ajoneuvoista on todettu olevan turvallisuuden kannalta merkittävä tekijä (Kulmala 1995).

Kirjallisuuskatsauksessa pääpaino oli pohjoismaisissa, saksalaisissa ja hollantilaisissa tutkimuksissa tasoliittymien turvallisuuteen vaikuttavista tekijöistä. Tämän selvityksen yhtenä tavoitteena oli päivittää Kulmalan (1995) väitöskirjassa esitetyt tunnusluvut ja tulokset. Kirjallisuuskatsauksessa esitetään erikseen Kulmalan väitöskirjan tuloksia ja sitten muiden tutkimusten tuloksia. Tutkimustulokset esitetään liittymätyypeittäin.

3.1 Liittymäonnettomuuksien määrittely

Liittymäonnettomuuksien kirjausohje on muuttunut vuosien myötä. Kulmalan (1995) väitöskirjassa todetaan tieviranomaisen ohjeeksi kirjata liittymässä ja sen läheisyydessä tapahtuneet liittymäonnettomuudet päätien liittymän keskipisteeseen. Tehdyn analyysin perusteella liittymäalueeksi määriteltiin kuitenkin 200 m liittymän keskipisteestä sekä pää- että sivutien suunnassa – keskeisenä perusteena se, että onnettomuusriski ajokilometriä kohti oli muutoin liittymissä olennaisesti korkeampi kuin linjaosuuksilla, mikä tulkittiin liittymän liikennevirtaan tuottaman häiriön aiheuttamaksi. Käytännössä Kulmalan väitöskirjassa tarkasteltujen liittymäonnettomuuksien määrä oli siten noin kaksinkertainen kirjausohjeen mukaiseen onnettomuusmäärään nähden. Myöhemmässä vaiheessa kirjausohjetta on muutettu siten, että onnettomuudet kirjataan niiden todellisiin tapahtumapaikkoihin tieosoitteen tai koordinaattien perusteella. Muuttunut kirjausohje on voinut vaikuttaa liittymäonnettomuuksiksi tulkittujen onnettomuuksien määrään.

Liikenneturvallisuuden arviointityökalussa Tarva ja sen seurauksena myös IVAR-työkalussa (Investointihankkeiden vaikutusten arviointi) liittymäonnettomuuksiksi tulkittiin alun perin vain ne onnettomuudet, jotka oli kirjattu tarkalleen liittymän keskipisteeseen (Tiehallinto 2008). Liittymäonnettomuuksien kirjausohjeen muututtua nykyään Tarvassa ja IVARissa liittymäonnettomuuksiksi tulkitaan enintään 30 metrin etäisyydellä liittymäpisteestä tapahtuneet onnettomuudet, joissa onnettomuusluokka on kääntyminen, risteäminen, peräänajo, jalankulku, polkupyörä tai mopo-onnettomuus (Riikka Rajamäki 2016). Saleniuksen (2012) tekemässä analyysissä tasoliittymäonnettomuuksiksi luokiteltiin maanteiden onnettomuudet, jotka olivat tapahtuneet enintään 40 m etäisyydellä liittymän keskipisteestä, minkä lisäksi onnettomuus-

luokka oli kääntymis-, risteämis- tai peräänajo-onnettomuus tai joiden onnettomuustiedoissa oli merkintä liittymän etuajo-oikeusjärjestelyistä.

Liittymäonnettomuuksien osuus kaikista onnettomuuksista vaihtelee eri maissa. Tähän saattavat osaltaan vaikuttaa kirjauskäytännöt. Vertailtaessa liittymähenkilövahinko-onnettomuuksien osuuksia Pohjoismaiden välillä ilmeni, että liittymissä tapahtuvien onnettomuuksien osuus on suurempi Tanskassa kuin muissa Pohjoismaissa (Taulukko 1). Tanskassa noin 40 % kaikista henkilövahinko-onnettomuuksista on tapahtunut liittymissä, Ruotsissa vastaava osuus on noin 25 %. Norjasta löytyi tieto vain vuosilta 2014 ja 2015. Niinä vuosina 17 % kaikista henkilövahinko-onnettomuuksista tapahtui liittymissä.

Taulukko 1. Henkilövahinko-onnettomuuksien määrä ja liittymissä tapahtuneiden onnettomuuksien osuus kaikista henkilövahinko-onnettomuuksista Pohjoismaissa vuosina 2010–2014 (Tilastokeskus, Trafikanalys, Vegdirektoratet ja Vegdirektoratet)

Vuosi	Suomi ¹	Ruotsi ²	Tanska ³	Norja ⁴
2010	43 % (N=6072)	29 % (N=2574)	40 % (N=3498)	
2011	42 % (N=6408)	28 % (N=2794)	40 % (N=3525)	
2012	40 % (N=5725)	27 % (N=2639)	42 % (N=3124)	
2013	40 % (N=5334)	26 % (N=2492)	43 % (N=2984)	
2014	39 % (N=5324)	28 % (N=2184)		17 % (N=5241)
2015		28 % (N=2252)		17 % (N=5096)

1 risteys (tasa-arvoinen, kärkikolmio, STOP-merkki, liikennevalolaitteet, muu risteys tai kiertoliittymä)

2 tilastossa käytetty sana: "korsning", "rondell" tai "trafikplats"

3 tilastossa käytetty sana: "kryds"

4 tilastossa käytetty sana: "vegkryss" (muiden vaihtoehtojen vuoksi ei sisältäne kaikkia liittymäonnettomuuksia)

Ruotsin tilastoissa (Trafikanalys 2016, 2015, 2014, 2013, 2012 ja 2011) onnettomuudet oli jaettu tapahtumapaikan mukaan ja yhtenä vaihtoehtona oli risteys (korsning), toisena kiertoliittymä (rondell) ja kolmantena eritasoliittymä (trafikplats). Muut vaihtoehdot olivat linjaosuuksien (sträcka) ja ei tiedossa (uppgift saknas). Tanskan Vegdirektoratetin ylläpitämällä tilastosivustolla pystyi etsimään yksityiskohtaisia tietoja maan liikenneonnettomuuksista (Vegdirektoratet 2016). Yhtenä muuttujana oli onnettomuuksien jakautuminen linjaosuuden (strækning) ja liittymän (kryds) mukaan. Norjan tilastossa oli tieto eri onnettomuusluokkien suuruudesta, jossa yhtenä vaihtoehtona oli liittymässä tapahtuneet onnettomuudet (i vegkryss). Muut vaihtoehdot olivat samat ajosuunnat (samme kjøretning), vastakkaiset ajosuunnat (motsatt kjøretning), jalankulkija (fotgjengere), yksittäisonnettomuus (enslig kjøretøy) ja muut (andre) (Vegdirektoratet 2015). Vertailuun tulee suhtautua varauksella, sillä tilastoissa ei ole kuitenkaan kerrottu tarkalleen, miten liittymäalue

on määritelty, mutta lukumäärät perustunevat poliisin ilmoittamiin tietoihin. Vertailtaessa tietoja luvun 5 tietoihin, on hyvä huomata, että tässä esitetyt luvut koskevat kaikkia teitä ja katuja, kun taas luvussa 5 käsitellään maanteiden tietoja.

3.2 Kulmalan väitöskirja

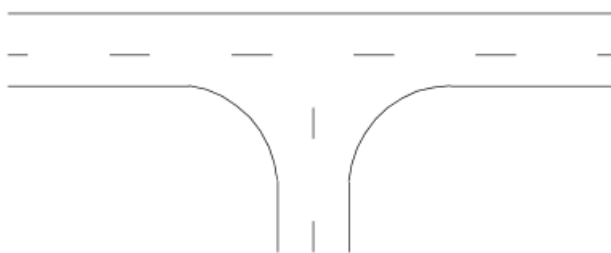
Kulmalan (1995) tekemässä väitöskirjassa tutkittiin maanteiden keskinäisten T- ja X-liittymien turvallisuutta maaseudun pääteillä. Tutkimuksessa käsiteltiin erilaisten tekijöiden turvallisuusvaikutusta. Onnettomuusaineisto oli vuosilta 1983–1987, T-liittymiä oli yhteensä 915 ja X-liittymiä 847. Tutkimuksessa liittymäonnettomuudeksi luokiteltiin kaikki ne onnettomuudet, jotka olivat tapahtuneet enintään 200 metrin etäisyydellä liittymän keskipisteestä. Tämän tutkimuksen kannalta merkittävät analyysiin sisälletyt toimenpiteet olivat:

- liikenteenjakaja
- sulkualue
- oikeallekääntymiskaista
- vasemmallekääntymiskaista
- väistötila
- muu tien leventäminen

Toimenpiteen vaikutus määritettiin tutkimuksessa vertailemalla onnettomuuksien määriä toimenpiteen jälkeen onnettomuusmallin avulla ennustettuihin onnettomuusmääriin, jos toimenpidettä ei olisi tehty.

3.2.1 Avoin liittymä

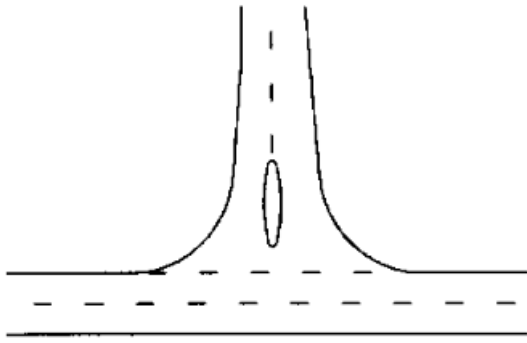
Avoimessa liittymässä pää- ja sivutien suunnassa ei ole rakenteellisia tai tiemerkinnoin tehtyjä sarakkeita tai sulkualueita (Tiehallinto) (Kuva 1). Tutkimuksen mukaan onnettomuusaste avoimessa T-liittymässä oli 0,37 ja X-liittymässä 0,47 onnettomuutta/miljoona saapuvaa autoa (Kulmala 1995). Henkilövahinko-onnettomuusaste oli T-liittymissä 0,12 ja X-liittymissä 0,17 onnettomuutta/miljoona saapuvaa autoa.



Kuva 1. Kolmihaarainen avoin liittymä (Tiehallinto 2002).

3.2.2 Tulppaliittymä

Tulppaliittymä on kanavoitu liittymä missä sivusuunnan haara on varustettu korotetulla sarakkeella tai kanavoitu tiemerkinnoilla (Kuva 2) (Tiehallinto 2001). Tulppaliittymä voi olla kolmi- tai neliharainen, mutta taajamien ulkopuolella olevissa maantieliittymissä se on tavallisesti kolmihaarainen.

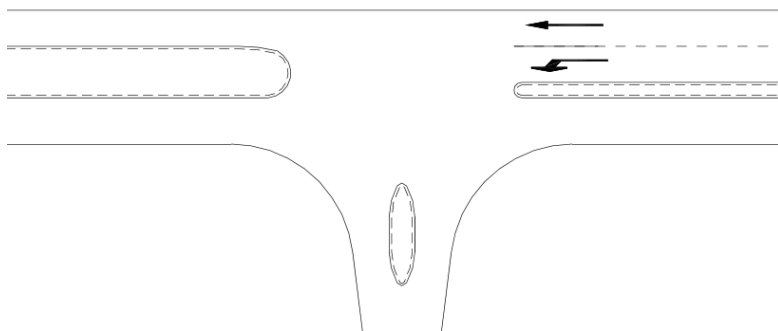


Kuva 2. Kolmihaarainen tulppi liittymä (Tiehallinto 2001).

Tulpalla varustetussa X-liitymässä oli pienempi risteämisonnettomuuksien onnettomuusaste kuin muissa X-liitymissä (Kulmala 1995). Tulpan vaikutuksen syyksi arvioitiin parempi visuaalinen ohjaus ja selkeämpi väistämisvelvollisuus sivutieltä saapuville ajoneuvoille. Tämän lisäksi ajolinjan muuttuminen pakottaa sivutieltä saapuvia ajoneuvoja alentamaan nopeuttaan.

3.2.3 Kanavointi

Kanavoidussa liittymässä päätien ajosuunnat on erotettu toisistaan joko tiemerkinnoillä tai korotetuilla liikennesaarekkeilla (Kuva 3) (Tiehallinto 2001). Liitymässä voi olla erillinen kaista joko pääsuunnasta vasemmalle tai oikealle kääntymiselle tai kummallekin. T-liitymässä pääsuunnan ajokaistaa voidaan myös levenittää niin, että suoraan jatkava liikenne voi mahdollisimman sujuvasti ohittaa pääsuunnalta vasemmalle kääntyvät ajoneuvot. Tätä kutsutaan väistötilaksi. Kanavointi tehdään useimmiten liittymissä, joissa nopeudet ja liikennemäärät ovat korkeita. Myös käytettävissä oleva tila vaikuttaa kanavointiin.



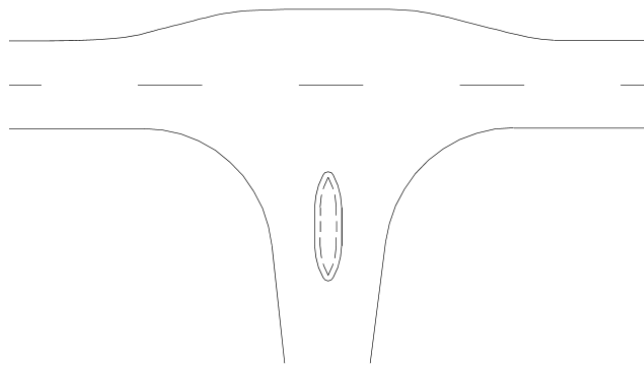
Kuva 3. Kanavoitu liittymä (Tiehallinto, 2002).

Erillinen kaista vasemmalle kääntymiselle vaikutti vähentävän peräänajo-onnettomuuksia (Kulmala 1995). Toisaalta liittymissä missä oli erillinen oikeallekääntymiskaista, risteämisonnettomuudet ja vasemmalle kääntymisonnettomuudet olivat tavallisimpia. Liitymissä missä oli erillinen kaista oikealle kääntymiselle, pääsuunnan onnettomuusaste oli keskimääräistä alhaisempi. Vaikutus oli selvimmillään T-liitymissä ja liittymissä missä pääsuunnan toisessa suunnassa ei ollut vasemmallekääntymiskaistaa. Ennen-jälkeen-tutkimuksessa oikeallekääntymiskaistan rakentamisen jälkeen henkilövahinko-onnettomuuksien määrä näytti laskevan noin 10–15 % T- ja X-

liittymissä. Vaikutus todettiin kuitenkin olevan epävarma pienen otoskoon vuoksi. Kaikkien onnettomuuksien määrä oli T-liittymissä lisääntynyt yli 10 % oikeallekääntymiskaistan rakentamisen jälkeen. Pääsuunnan vasemmalle sekä oikealle kääntyvien erottelun arvioitiin vähentävän henkilövahinko-onnettomuuksien määrää 5–15 %. Ennen–jälkeen-tutkimuksessa todettiin kuitenkin, että onnettomuudet voivat kanavoinnin vuoksi myös lisääntyä, etenkin X-liittymissä missä sivutieltä saapuu paljon risteävää liikennettä.

Väistötilakanavointi

Kolmihaaraisessa liittymässä pääsuunnan ajokaistan leventämistä niin, että suoraan ajava liikenne pystyy väistämään ja ohittamaan pääsuunnalta vasemmalle kääntyvää ajoneuvoa, kutsutaan väistötilaksi (Kuva 4) (Tiehallinto 2001).

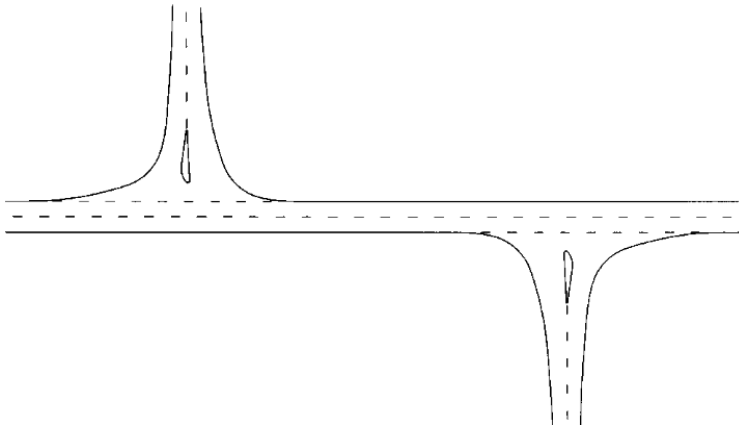


Kuva 4. Väistötila (Tiehallinto 2002).

Väistötilan rakentaminen oli tavallisin parantamistoimenpide T-liittymissä (Kulmala 1995). T-liittymissä väistötilan rakentaminen ei vaikuttanut oleellisesti liittymän turvallisuuteen. Alhainen turvallisuusvaikutus todettiin johtuvan siitä, että sivutien liikennemäärä oli lisääntynyt odotettua enemmän tarkastelujakson aikana ja kompensoi siten väistötilan rakentamisesta saavutettua turvallisuusvaikutusta. Väistötilan vaikutus kaikkiin onnettomuuksiin arvioitiin todennäköisemmin olevan 5 % lisäys, mutta vaikutuksen tilastollinen luottamusväli oli kuitenkin suuri: -29 % ... + 50 % eli vaikutus on 95 % varmuudella välillä 29 % vähenemä ... 50 % lisäys onnettomuuksiin.

3.2.4 Porrastettu liittymä

Porrastetussa liittymässä on kaksi kolmihaaraisesta liittymää yhden nelihaaraisen liittymän sijaan (Kuva 5) (Tiehallinto 2001). Kolmihaaraiset liittymät sijoitetaan lähekkäin ja sivuteiden liittymien järjestys voi olla joko vasen-oikea tai oikea-vasen; vasen-oikea-porrastus tarkoittaa että päätietä risteävä liikenne kääntyy sivutieltä ensin vasemmalle ja sitten päätietä oikealle sivutielle. Porrastamalla liittymä konfliktipisteiden määrä vähenee, nelihaaraisessa liittymässä konfliktipisteitä on 32 ja porrastetussa liittymässä 22.



Kuva 5. Porrastettu liittymä (Tiehallinto 2001).

Tutkimuksessa vertailtiin X-liittymän ja sitä vastaavan vasen-oikea porrastetun liittymän turvallisuutta onnettomuusmallin avulla (Kulmala 1995). Tutkimuksen mukaan X-liittymän porrastaminen parantaa liittymän turvallisuutta, jos sivutien osuus liittymän saapuvista ajoneuvoista on yli 5 %. Henkilövahinko-onnettomuuksien määrä väheni 23 %, mikäli puolet liittymään saapuvista ajoneuvoista tuli sivutieltä. Taajamissa X-liittymän porrastaminen huononsi turvallisuutta, etenkin niissä X-liittymissä missä sivutien osuus liikenteestä oli pieni.

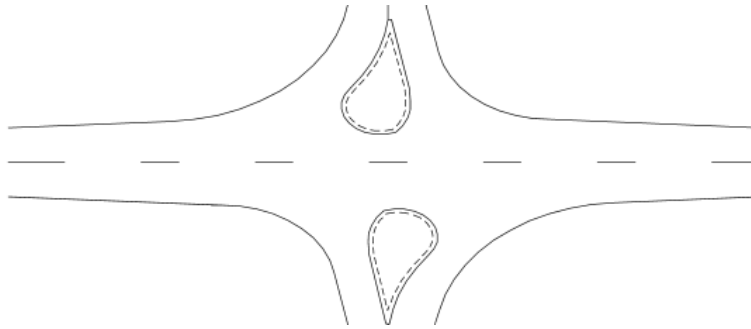
3.3 Muita tutkimustuloksia

3.3.1 Tulppaliittymä

VTI:n (2000) tekemän yhteenvedon mukaan tulpan lisääminen ei vaikuta kaikkien onnettomuuksien määrään T-liittymissä, mutta X-liittymissä se vähentää onnettomuuksien kokonaismäärää 5–10 %.

Turvasaarekeliittymä

Turvasaarekeliittymä on nelihaarainen tulppaliittymä, missä sivuteiden kanavointi on tehty erityisesti muotoilluilla, tavanomaista leveämmillä korotetuilla sarakkeilla (Kuva 6) (Tiehallinto 2001). Turvasaarekeliittymissä molemmat sivusuunnat on yleensä merkitty väistämisvelvollisiksi. Liittymäalueen ollessa valaisematon, turvasaareke varustetaan heijastavilla reunapaaluilla. Turvasaarekeliittymän tavoitteena on alentaa sivutieltä tulevien ajoneuvojen nopeuksia, jonka johdosta kuljettajalla on pidempi aika liikennetilanteen havaitsemiselle. Liittymän välityskyky pienenee turvasaarekkeen myötä, joten turvasaarekeliittymät soveltuvat parhaiten paikkoihin, joissa sivuteiden liikennemäärät eivät ole suuria.



Kuva 6. Turvasaarekeliittyvä (Tiehallinto 2002)

Toorikan (2015) tekemässä opinnäytetyössä tarkasteltiin turvasaarekkeilla varustettujen liittymien turvallisuutta. Liittymäonnettomuudeksi tulkittiin päätiellä enintään 200 metrin ja sivuteillä enintään 100 metrin etäisyydellä maantieliittymästä tapahtuneet onnettomuudet. Tutkimuksessa tarkasteltiin 44 liittymää, joihin tehtiin turvasaarekkeet vuosina 1999–2014. Tutkimuksen mukaan turvasaarekkeiden rakentaminen paransi liittymien turvallisuutta, toimenpiteen arvioitiin vähentävän kaikkia onnettomuuksia 44 % ja henkilövahinko-onnettomuuksia 50 %. Onnettomuusaste oli ennen turvasaarekkeen rakentamista 0,59 onnettomuutta/miljoona saapuvaa ajoneuvoa ja sen jälkeen 0,33 onnettomuutta/miljoona saapuvaa ajoneuvoa. Henkilövahinko-onnettomuuksien asteet olivat vastaavasti ennen 0,20 ja jälkeen 0,10 onnettomuutta/miljoona saapuvaa ajoneuvoa. Tutkimuksessa ei otettu huomioon regressionvaikutusta eikä turvallisuuden yleistä kehitystä tutkimusjakson aikana.

3.3.2 Kanavoitu liittyvä

VTI:n (2000) yhteenvedon mukaan pääsuunnan kääntymiskaista vasemmalle vähentää kaikkien onnettomuuksien määrää T-liittymissä 0–20 % ja X-liittymissä 10 %. T-liittymän kanavoinnin vaikutuksen suuruus riippuu siitä, onko kanavointi tehty rakenteellisesti vai tiemerkinnoin; rakenteellinen kääntymiskaista vähentää onnettomuuksia 0–10 % ja tiemerkinnoin tehty kääntymiskaista 10–20 %. Oikeallekääntymiskaistan olemassaololla ei todettu olevan vaikutusta onnettomuuksien määrään.

Harwoodin ym. (2003) ennen-jälkeen-tutkimuksen mukaan pääsuunnan oikealle- ja vasemmallekääntymiskaistat parantavat maaseudun liittymien turvallisuutta; oikeallekääntymiskaista vähentää henkilövahinko-onnettomuuksia 23 % ja vasemmallekääntymiskaista 35 %.

Elvikin ym. (2009) tekemässä meta-analyysissä kanavoidun liittymän vaikutuksia on tarkasteltu liittymätyypin mukaan. Tarkastellut liittymätyypit olivat: pääsuunnan kanavointi vasemmalle kääntyville, pääsuunnan kanavointi oikealle kääntyville, vasemmalle sekä oikealle kanavoitu liittyvä ja sivusuunnan kanavointi. **Kanavointi päätieltä vain vasemmalle kääntyville** vähentää henkilövahinko-onnettomuuksien määrää T-liittymissä 17 % ja X-liittymissä 24 %. **Päätien kanavointi vain oikealle** vähentää henkilövahinko-onnettomuuksien määrää keskimäärin 7 %, mutta vaikutus vaihtelee liittymätyypin mukaan: kanavointi oikealle lisää henkilövahinko-onnettomuuksien määrää T-liittymissä (12 %) mutta vähentää niitä X-liittymissä (19 %). **Sekä vasemmalle että oikealle kanavoitu liittyvä** lisää henkilövahinko-onnettomuuksien määrää T-liittymissä (24 %) ja vähentää niitä X-liittymissä, 32 % kun rakenteellisesti kanavoitu ja 57 % kun tiemerkinnoin kanavoitu. **Sivusuunnan kanavointi** T-liittymissä li-

sää henkilövahinko-onnettomuuksien määrää 18 %, mutta X-liittymissä se vähentää henkilövahinko-onnettomuuksien määrää 20 %.

Rajamäen (2008) tekemän tutkimuksen mukaan tapahtui 20 % vähemmän kääntymis-, risteämis- ja peräänajo-onnettomuuksia T-liittymissä, joissa oli erillinen kaista vasemmalle kääntyville ja sivusuunnan osuus liittymään saapuvista autoista oli yli 5 % verrattuna pääsuunnassa kanavoimattomaan liittymään. Tulokset viittasivat myös siihen, että erillinen kaista oikealle kääntyville vähentäisi onnettomuuksia, mutta vaikutus ei ollut tilastollisesti merkitsevä. Pääsuunnan kääntymiskaistat X-liittymässä paransivat turvallisuutta silloin, kun sivusuunnan osuus liittymään saapuvista ajoneuvoista oli suuri tai kun liittymän kokonaisliikennemäärä oli suuri. Henkilövahinko-onnettomuusaste vasemmalle- tai oikeallekääntymiskaistalla varustetuissa T-liittymässä oli noin 5 onnettomuutta/100 milj. ajoneuvoa ja X-liittymissä noin 7 onnettomuutta/100 milj. ajoneuvoa. Henkilövahinko-onnettomuusaste liittymissä missä oli kääntymiskaistat sekä vasemmalle että oikealle kääntyville oli T-liittymissä noin 10 onnettomuutta/100 milj. ajoneuvoa ja X-liittymissä noin 22 onnettomuutta/100 milj. ajoneuvoa. Näiden liittymätyyppien aineisto oli kuitenkin varsin niukka (N=1–6 kpl).

3.3.3 Väistöilakanavointi

Rajamäen (2008) tutkimuksessa arvioitiin väistötilan vaikutusta liikenneturvallisuuteen. Tutkimuksen mukaan liittymän varustaminen väistötilalla parantaa turvallisuutta. Onnettomuuksien arvioitiin vähenevän väistötilan vuoksi noin 10–15 %. Onnettomuusaste oli 11,5 onnettomuutta/100 milj. ajoneuvoa T-liittymissä, joissa ei ollut väistötilaa ja 8,8 onnettomuutta/100 milj. ajoneuvoa T-liittymissä joissa oli väistötila. Vastaavat henkilövahinkojen-onnettomuusasteet olivat 2,6 onnettomuutta/100 milj. ajoneuvoa T-liittymissä ilman väistötilaa ja 2,7 onnettomuutta/100 milj. ajoneuvoa T-liittymissä, joissa oli väistötila. Molemmissa tapauksissa T-liittymien sivuteillä oli tulppa. Väistötilalla varustetuissa T-liittymissä, joissa ei ollut tulppaa sivutiellä, henkilövahinko-onnettomuusaste oli 2,0 onnettomuutta/100 milj. ajoneuvoa. Tutkimuksessa painotettiin, että henkilövahinko-onnettomuuksien pienen otoskoon takia (N=5–15 liittymätyypeittäin) niiden turvallisuusvaikutukset pitäisi tulkita varovaisesti.

Myös Elvik ym. (2009) analysoivat väistötilan rakentamisen turvallisuusvaikutusta. Tutkimuksen mukaan väistötilan lisääminen lisää henkilövahinko-onnettomuuksien määrää T-liittymissä (26 %) ja vähentää niitä X-liittymissä (11 %), mutta vaikutukset eivät ole tilastollisesti varmoja.

3.3.4 Porrastettu liittymä

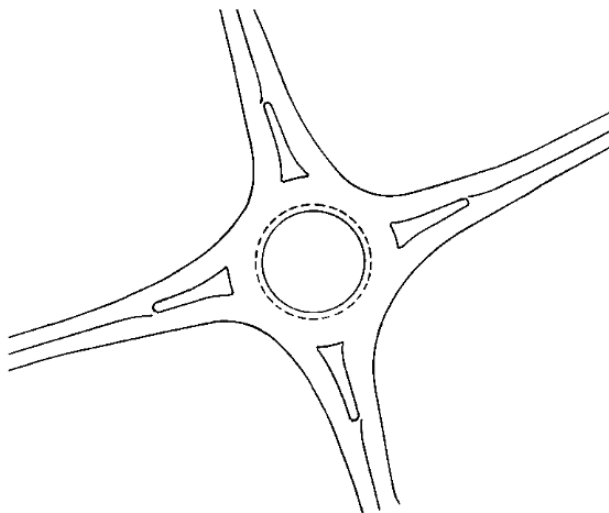
Bared ja Kaisarin (2001) mukaan nelihaaraisen liittymän porrastaminen vähentää kaikkien onnettomuuksien määrää 20–30 % ja henkilövahinko-onnettomuuksien määrää noin 40 %. Onnettomuuksien vähenemä selitettiin tutkimuksessa konfliktipisteiden vähenemisellä.

Elvikin ym. (2009) tekemän yhteenvedon mukaan liittymän porrastamisen vaikutuksen suuruus riippuu sivusuunnasta saapuvien ajoneuvojen osuudesta. Mikäli sivusuunnasta saapuvien ajoneuvojen osuus on pieni, liittymän porrastaminen ei paranna turvallisuutta. Mikäli sivusuunnan liikenteen osuus on yli 30 %, liittymän porrastaminen vähentää henkilövahinko-onnettomuuksien määrää 33 %.

Brüden ja Larssonin (1987) tutkimuksen mukaan porrastettu liittymä vähentää kaikkia onnettomuuksia 0–40 %, vaikutuksen suuruus kasvaa sivusuunnasta saapuvien ajoneuvojen osuuden kasvaessa. Tutkimuksen mukaan vasen–oikea-porrastus vähentää onnettomuuksien määrää 4 % mutta oikea–vasen-porrastus lisää onnettomuuksia 7 %. Vaikutus ei kuitenkaan ollut tilastollisesti merkitsevää. Tutkimuksessa todettiin myös, että turvallisuusvaikutus on suurempi T-liittymien ollessa lähemmäs (< 300 m).

3.3.5 Kiertoliittymä

Kiertoliittymässä ajoneuvot kiertävät liittymän keskelle rakennettua saarekettä (Kuva 7) (Tiehallinto 2001). Tulosuuntia voi olla monta ja kaikille on merkitty väistämivelvollisuus. Kiertoliittymissä voi olla myös useampia kaistoja. Nelihaaraisissa yksi-kaistaisissa kiertoliittymissä konfliktipisteiden määrä vähenee 32:sta 8:aan ja kolmihaaraisessa 9:stä 6:een verrattuna perinteiseen tasoliittymään. Kiertoliittymät vaikuttavat myös ajoneuvojen nopeuksiin, muuttunut ajolinja pakottaa kuljettajia hiljentämään vauhtiaan.



Kuva 7. Nelihaarainen kiertoliittymä (Tiehallinto 2001).

Tiehallinnon (2000) tekemässä selvityksessä kiertoliittymien onnettomuusaste oli 0,26 onnettomuutta/miljoona ajoneuvoa ja henkilövahinko-onnettomuusaste oli 0,04 onnettomuutta/miljoona ajoneuvoa. Selvityksessä luokiteltiin liittymäonnettomuuksiksi kaikki onnettomuudet, jotka olivat tapahtuneet 100 m säteellä kiertoliittymistä. Aineistosta poistettiin ne onnettomuudet, jotka olivat tapahtuneet toisessa liittymässä tällä alueella tai joita selvästi ei voitu luokitella liittymäonnettomuuksiksi.

Montosen (2008) tehdyssä ennen–jälkeen-tutkimuksessa todettiin, että onnettomuuksien määrä väheni 48 % tasoliittymän muuttamisella kiertoliittymäksi. Vaikutus henkilövahinko-onnettomuuksiin näytti olevan vielä suurempi, mutta pienen aineiston vuoksi ei tilastollisesti merkitsevää. Kolmihaaraisen kiertoliittymän onnettomuusaste oli 0,15 onnettomuutta/miljoona ajoneuvoa ja henkilövahinko-onnettomuusaste oli 0,03 onnettomuutta/miljoona ajoneuvoa. Tutkimuksessa käytettiin samaa rajausta kuin Tiehallinnon (2000) selvityksessä, eli liittymäonnettomuuksiksi tulkittiin kaikki onnettomuudet, jotka olivat tapahtuneet 100 m säteellä, paitsi ne onnettomuudet jot-

ka olivat tapahtuneet toisessa liittymässä tällä alueella tai joita selvästi ei voitu luokitella liittymäonnettomuudeksi.

Elvikin ym. (2009) tekemän yhteenvedon mukaan kiertoliittymät vähentävät kaikkien onnettomuuksien määrää 36 %. Vaikutus oli tätäkin suurempi henkilövahinkoonnettomuuksissa: kuolemaan johtaneiden onnettomuuksien määrän arvioitiin vähenvän 66 % ja vakavaan loukkaantumiseen johtaneiden onnettomuuksien 46 %. Toisaalta omaisuusvahinkoonnettomuuksien arvioitiin jopa hieman lisääntyvän, 10 %. T-liittymän muuttaminen kiertoliittymäksi vähentää kaikkia onnettomuuksia 8 % ja X-liittymän muuttaminen kiertoliittymäksi 34 %. Turvallisuusvaikutus liittymän muuttamisesta kiertoliittymäksi oli suurempi maaseudulla kuin taajamissa.

On todettu, että kiertoliittymien onnettomuusasteet ja etenkin henkilövahinkoonnettomuusasteet ovat korkeammat pääteillä kuin muilla maanteillä (Tiehallinto 2000). Paaso (2016) referoi kiertoliittymiä koskevia tuloksia ja totesi mm., että Hollannissa tehdyssä tutkimuksessa tasoliittymän muuttaminen kiertoliittymäksi maaseutumaisessa ympäristössä on vähentänyt kaikkien onnettomuuksien määrää jopa 70 %. Paaso (2016) totesi kuitenkin, että kiertoliittymien rakentaminen pääteillä tulisi harkita kriittisesti lisääntyneen matka-ajan ja polttoainekulutuksen johdosta.

Myös norjalaisen ennen–jälkeen-tutkimuksen mukaan tavallisen liittymän muuttaminen kiertoliittymäksi parantaa turvallisuutta (Odberg 2000). Vakavien onnettomuuksien osuus kaikista liittymien onnettomuuksista oli ennen-vaiheessa 6 %, mutta jälkeen-vaiheessa niitä ei tapahtunut lainkaan (pieni aineisto). Henkilövahinkoonnettomuuksien aste oli tutkimuksessa 0,10 onnettomuutta/miljoona ajoneuvoa. Toisin kuin Suomessa, Norjassa kiertoliittymät ovat tavallisimmin kaksikaistaisia.

Tanskassa tehdyn tutkimuksen mukaan henkilövahinkojen onnettomuusaste kiertoliittymissä vaihteli välillä 0,04–0,06 onnettomuutta/miljoona ajoneuvoa ja kaikkien onnettomuuksien onnettomuusaste oli 0,12–0,19 onnettomuutta/miljoona ajoneuvoa (Jørgensen ja Jørgensen 2002).

4 Tutkimusaineisto ja määritelmät

Liittymäonnettomuuksia ja liittymiä koskevat tiedot tilastoanalyysiin ja mallinnukseen saatiin Liikenneviraston rekistereistä. Tarkastelu kattoi vuosina 2011–2015 ennaltaan säilyneiden maanteiden keskinäiset tasoliittymät: 9036 T-liittymää, 841 X-liittymää sekä 311 kiertoliittymää. Edellä mainituissa T- ja X-liittymissä on vain maantiehaaroja, mutta kiertoliittymissä voi olla myös yksityistie- tai katuhaaroja (luku 4.3).

Tässä luvussa kuvataan tarkasteltavan aineiston laajuus ja määritelmät sekä kuvataan lyhyesti aineiston täydentämistä mm. karttatarkasteluilla. Liittymäonnettomuuksien määrittelyä tarkasteltiin tierekisteritietojen sekä poliisin kirjaamien onnettomuustietojen perusteella (luku 4.1). Porrastettujen liittymien tarkastelu perustui tierekisterin mukaan lähekkäin olevien T-liittymien karttatarkasteluun hyödyntäen ONHA-työkalun (Onnettomuustietojen hallinta ja analysointi) karttaominaisuuksia. Sen avulla liittymiä voitiin tarkastella taustakartalla tarkimmillaan mittakaavassa 1:5000 (luku 4.2). Myös kiertoliittymistä tierekisterissä olevia tietoja täydennettiin karttatarkasteluiden avulla (luku 4.3).

4.1 Liittymäonnettomuuden määrittely

Suomessa tai muissa maissa ei ole olemassa yhtä yhtenevää määrittelyä liittymäonnettomuuksille ja Suomessakin määrittelyssä on vuosien kuluessa tapahtunut muutoksia. Siksi liittymäonnettomuuksien määrittelyä tarkastellaan tässä eri näkökulmista. Eläinonnettomuudet on jätetty pois kaikista liittymäonnettomuuksien tarkasteluisista, koska niiden määrään vaikuttavat pääasiassa muut tekijät kuin liittymät.

Poliisin arvio

Poliisi kirjaa jokaiseen onnettomuusilmoitukseen tietoja mm. sen tapahtumapaikasta, kuten risteyksestä eli Liikenneviraston käyttämän terminologian mukaan liittymästä. Liittymissä tapahtuneiden onnettomuuksien osuus on pääteillä (27,1 %) hieman muita maanteita (32,6 %) pienempi (Taulukko 2). Muihin maanteihin luokiteltiin tässä seutu- ja yhdystiet. Pääteiden liittymäonnettomuuksissa ovat muiden maanteiden onnettomuuksiin verrattuna ylliedustettuina liikennevalo- ja STOP-liittymissä tapahtuneet onnettomuudet – sekä kuolemaan johtavissa, että kaikissa henkilövahinkoonnettomuuksissa. Kirjaukset tasa-arvoisista liittymistä voivat olla kirjausvirheitä, sillä Suomen maanteilla ei ole tasa-arvoisia liittymiä. Taulukosta 2 on syytä huomata, että käytännön syistä tarkasteluvuodet poikkeavat muutoin tässä luvussa esitetyistä tiedoista. Lisäksi poliisin kirjauksista ei voida eritellä, koskeeko poliisin kirjaama tapahtumapaikka maanteiden keskinäisiä liittymiä vai maanteilla olevia yksityistie- tai katuliittymiä.

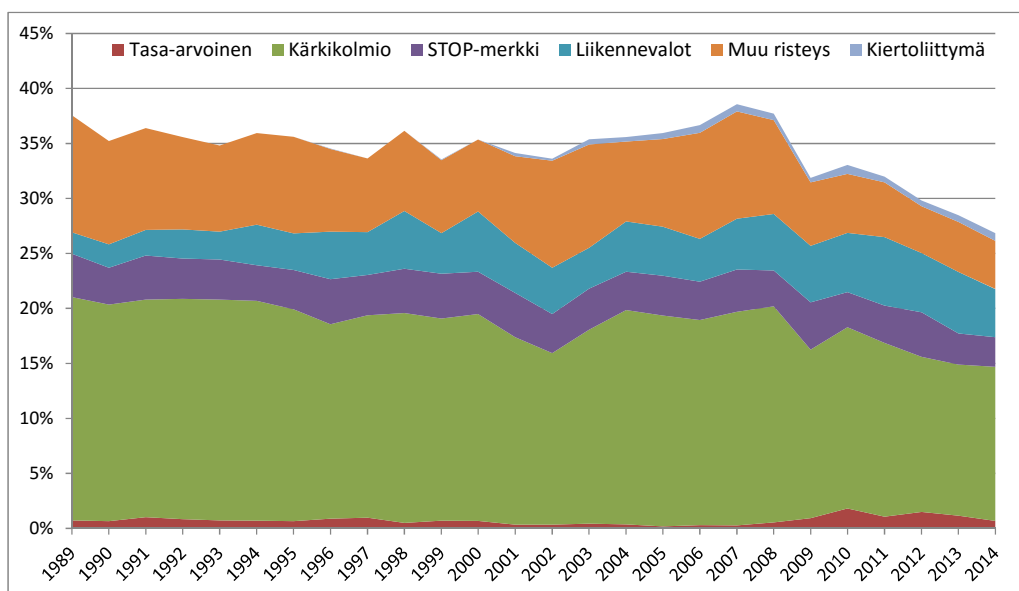
Taulukko 2. Poliisin kirjaama tapahtumapaikka vuosien 2010–2014 onnettomuuksissa pääteillä ja muilla maanteilla ilman eläinonnettomuuksia (Liikennevirasto 2016b).

Risteys (poliisin kirjaama tieto)	Onnettomuuden vakavin seuraus			
	Henkilövahinko		Kuolema	
	Päätie	Muu mt ¹	Päätie	Muu mt ¹
Tasa-arvoinen	0,8 %	1,6 %	0,2 %	1,4 %
Kärkikolmio	11,5 %	17,6 %	8,3 %	10,3 %
STOP-merkki	3,5 %	3,1 %	3,5 %	1,7 %
Liikennevalot	6,1 %	4,8 %	1,7 %	1,1 %
Muu risteys	4,6 %	4,8 %	1,5 %	2,0 %
Kiertoliittymä	0,6 %	0,7 %	0,2 %	0,3 %
Ei risteystä ²	72,9 %	67,4 %	84,6 %	83,0 %
Yhteensä (N=100%)	6443	8051	519	348

¹Seutu- ja yhdystiet

²Tielinjalla tapahtunut onnettomuus

Poliisin liittymässä tapahtuneeksi kirjaamien onnettomuuksien osuus näyttäisi pienentyneen vuoden 2008 jälkeen (Kuva 8). Tasa-arvoisiksi ja liikennevalo-ohjatuiksi merkittyjen liittymien onnettomuuksien osuudet kaikista onnettomuuksista ovat tosin kohonneet, mutta kärkikolmio- ja muiden liittymien onnettomuuksien osuudet ovat vastaavasti pienentyneet vuoden 2008 jälkeen niin paljon, että liittymäonnettomuuksien osuudet ovat kokonaisuudessaan pienentyneet: vuosina 2003–2008 poliisi kirjasi liittymissä tapahtuneiksi 36,7 % henkilövahinko-onnettomuuksista, mutta vuosina 2009–2014 vastaava osuus oli enää 30,5 %. Muutoksiin saattavat vaikuttaa mm. poliisin kirjauskäytäntöjen muutokset ja onnettomuustietojen käsittelyä koskevat muutokset Liikennevirastossa.

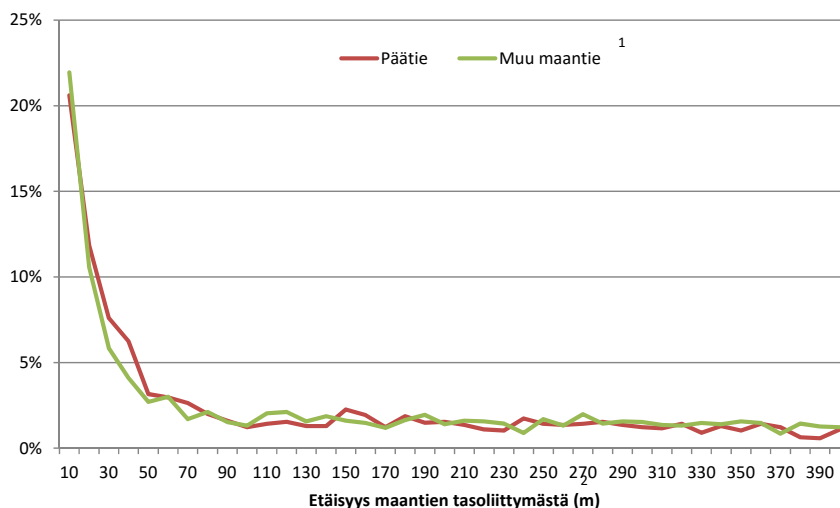


Kuva 8. Poliisin liittymissä tapahtuneiksi kirjaamien onnettomuuksien osuudet (%) kaikista maanteiden onnettomuuksista vuosina 1989–2014, ilman eläinonnettomuuksia (Liikennevirasto 2016b).

Poliisin kirjaaman tapahtumapaikkatiedon hyvänä puolena on kuhunkin onnettomuuteen perustuva arviointi, mutta huonona puolena mahdolliset puutteet kirjauksissa (tyhjä tieto tulkitaan siten, ettei onnettomuus tapahtunut liittymässä) sekä se, ettei tiedosta voi varmuudella päätellä mitä liittymää tieto koskee (kauempana oleva maantien liittymä vai mahdollisesti lähellä oleva katu- tai yksityistieliittymä). Lisäksi kirjauskäytäntöjen muutokset voivat vaikeuttaa mahdollisten muutosten arviointia.

Etäisyys liittymän keskipisteestä

Poliisi kirjaa onnettomuuden tapahtumapaikan joko tierekisterisoihteen tai koordinaattien perusteella. Kun tiedetään liittymien tierekisterisoihteen, voidaan todeta onnettomuuksien tapahtumapaikkojen etäisyys lähimmästä maanteiden tasoliittymästä (Kuva 9). Alle 50 metrin päässä maantieliittymistä tapahtuu selvästi enemmän onnettomuuksia tiepituutta kohti kuin sitä kauempana – tämän voidaan ajatella olevan liittymätoimintojen aiheuttamasta onnettomuuksien lisääntymisestä aiheutuva ilmiö. Ilmiö näkyy suhteellisen samanlaisena pääteillä ja alemman verkon teillä.

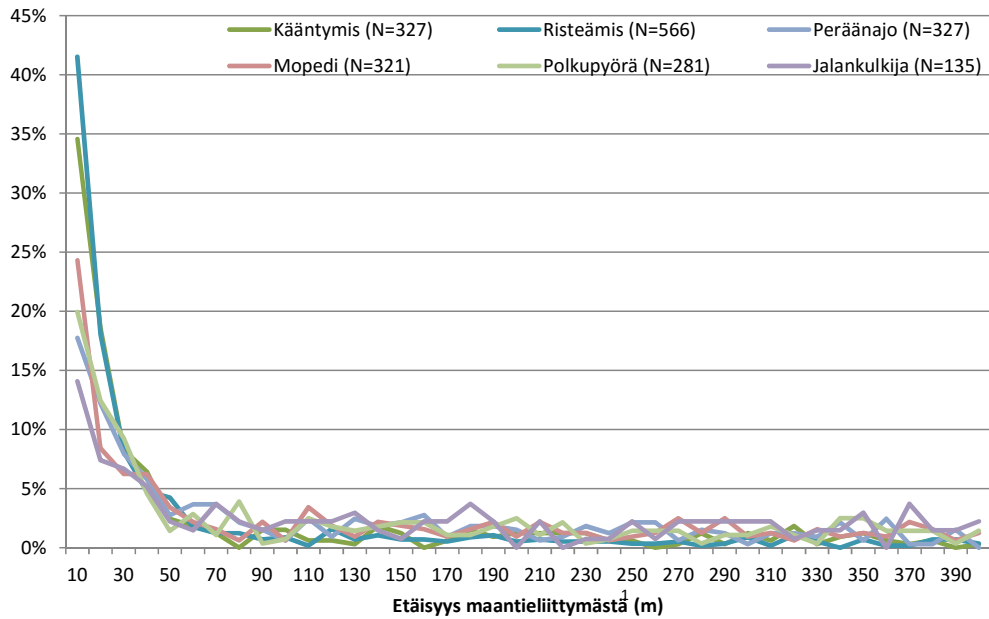


¹Seutu- ja yhdystiet

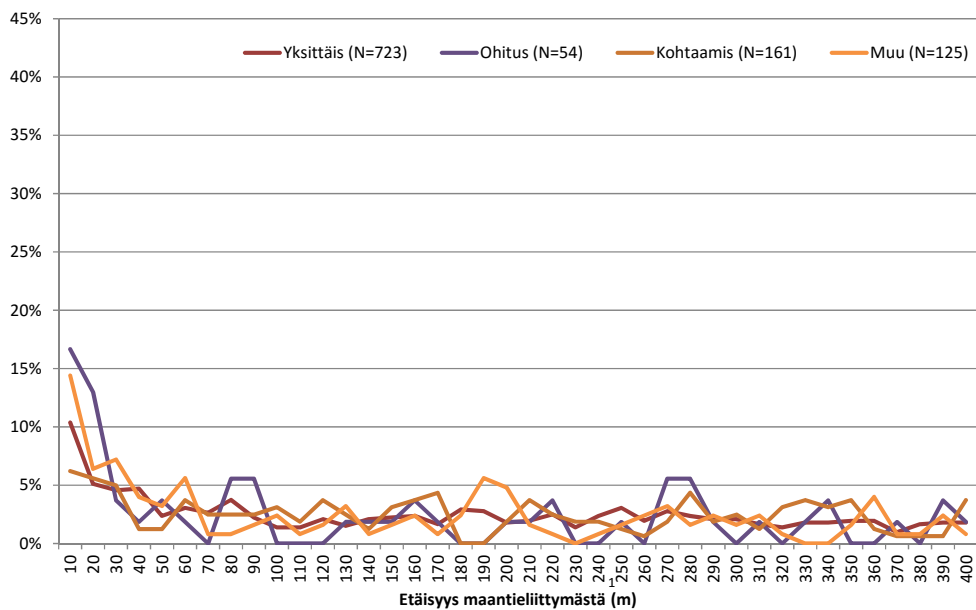
²10 tarkoittaa alle 10 metriä, 20 tarkoittaa 10–20 metriä jne.

Kuva 9. Henkilövahinko-onnettomuuksien jakautuminen (%) lähimmästä maantieliittymästä lasketun etäisyyden mukaan tieluokittain. Tarkastelussa ovat mukana vain enintään 400 metrin etäisyydellä maantieliittymästä tapahtuneet maanteiden henkilövahinko-onnettomuudet vuosilta 2011–2014, ilman eläinonnettomuuksia (Liikennevirasto 2016b).

Eri onnettomuusluokkien välillä on suuria eroja siinä, kuinka paljon ne keskittyvät liittymiin. Tämä näkyy selvästi, kun tarkastellaan onnettomuuksien tapahtumapaikkojen etäisyyttä maanteiden keskinäisistä liittymistä onnettomuusluokittain. Tarkastelussa on eriytetty onnettomuusluokat, joiden onnettomuudet Tarvan ja IVARin laskennoissa tulkitaan 30 metrin etäisyydellä liittymän keskipisteestä liittymäonnettomuuksiksi (Kuva 10) ja onnettomuusluokat, joita ei tulkita liittymäonnettomuuksiksi muutoin kuin niiden tapahduttua aivan liittymän keskipisteessä (Kuva 11).



Kuva 10. Tyypillisesti liittymissä tapahtuvien henkilövahinko-onnettomuuksien jakautuminen (%) eri etäisyyksille lähimmästä maantieliittymästä. Tarkastelussa ovat mukana vain enintään 400 metrin etäisyydellä maantieliittymästä tapahtuneet maanteiden henkilövahinko-onnettomuudet vuosilta 2011–2014 (Liikennevirasto 2016b).



Kuva 11. Tyypillisesti liittymien ulkopuolella tapahtuvien henkilövahinko-onnettomuuksien jakautuminen (%) eri etäisyyksille lähimmästä maantieliittymästä. Tarkastelussa ovat mukana vain enintään 400 metrin etäisyydellä maantieliittymästä tapahtuneet maanteiden henkilövahinko-onnettomuudet vuosilta 2011–2014, ilman eläinonnettomuuksia (Liikennevirasto 2016b).

Liittymäpisteestä mitattuun etäisyyteen perustuvassa liittymäonnettomuuden määrittelyssä hyvänä puolena on onnettomuuden yhdistyminen tiettyyn liittymään, mutta huonona puolena se, ettei tiedetä kuinka pitkälle liittymä vaikuttaa erilaisiin onnettomuuksiin ja etenkin juuri tiettyihin onnettomuuksiin. Lisäksi ei voida olla varmoja siitä, ettei maantieliittymän läheisyydessä ole esimerkiksi katuliittymää, jossa tapahtunut onnettomuus voitaisiin erehdyksessä tulkita maantieliittymän onnettomuudeksi.

Poliisin arvio ja etäisyys liittymän keskipisteestä

Seuraavassa on tarkasteltu poliisin liittymässä ja linjaosuudella tapahtuneiksi kirjaamien onnettomuuksien määrää eri etäisyyksillä maantieliittymistä. Onnettomuuksia on tarkasteltu onnettomuusluokittain erotellen tyypilliset liittymäonnettomuudet (Liite 1, Kuva 1) ja tyypillisesti liittymien ulkopuolella tapahtuvat onnettomuudet (Liite 1, Kuva 2). Tässä on tarkasteltu enintään 200 metrin etäisyydellä liittymän keskipisteestä tapahtuneita onnettomuuksia, koska edellä oleva tarkastelu viittaisi siihen, että liittymien vaikutus onnettomuuksiin ei yleensä ylety yli 200 metrin päähän liittymästä.

Poliisin kirjausten mukaan tyypillisesti liittymissä tapahtuvilla onnettomuusluokilla liittymäonnettomuuksien määrä suhteessa linjaonnettomuuksien määrään pienenee hyvin nopeasti etäisyyden liittymästä kasvaessa suuremmaksi kuin 20–30 metriä (Liite 1, Kuva 1). Vaikka liittymäonnettomuuksiksi kirjattujen onnettomuuksien määrä onkin linja-osuusonnettomuuksia suurempi noin 50 metriin asti, liittymäonnettomuuksien absoluuttiset määrät pienenevät erittäin nopeasti etäisyyden maantieliittymistä kasvaessa.

Myös tyypillisesti liittymien ulkopuolella tapahtuvilla onnettomuusluokilla poliisin liittymissä tapahtuneeksi kirjaamien onnettomuuksien määrä on hieman linjaonnettomuuksiksi kirjattujen onnettomuuksien määrää suurempi maantieliittymien läheisyydessä, mutta liittymäonnettomuuksien määrä pienenee nopeasti etäisyyden maantieliittymistä kasvaessa (Liite 1, Kuva 2).

Liittymäonnettomuuksien määrittelyssä käytettävän etäisyyden merkitystä tarkasteltiin laskemalla enintään 30 metrin etäisyydellä maantieliittymästä tapahtuneiden onnettomuuksien määriä onnettomuusluokittain (katso onnettomuusmäärä N, Taulukko 3). Lisäksi laskettiin, kuinka monta prosenttia kunkin onnettomuusluokan liittymäonnettomuuksien määrä kohoaisi, jos 30 metrin sijaan käytettäisiin 40, 50, 100, 150 tai 200 metrin etäisyyttä liittymästä (Taulukko 3). Tarvan ja IVARin liittymäonnettomuudet määritellään enintään 30 metrin säteellä liittymästä tapahtuneina onnettomuuksina. Käytännössä tämä tarkastelu ei vastaa tarkoin tuon määrittelyn muuttamista, koska tässä on tarkasteltu vain lähintä liittymää tiellä, jolle onnettomuus on kirjattu, eikä ole voitu ottaa huomioon sivutielle kirjattuja onnettomuuksia. Tarvan ja IVARin aineistoa muodostettaessa on esimerkiksi vuosien 2011–2015 liittymäonnettomuuksista 8,4 % kirjattu liittymän pienempinumeroiselle tielle.

Taulukko 3. *Erialaisten onnettomuuksien määrä (N) enintään 30 metrin etäisyydellä maantieliittymästä vuosina 2011–2014 sekä prosentuaalinen lisäys onnettomuusmäärään etäisyyden kasvaessa, ilman eläinonnettomuuksia (Liikennevirasto 2016b).*

Liittymä- alueen pituus ¹ (m)	Tyypilliset liittymäonnettomuusluokat ²						Muut onnettomuusluokat			
	Kääntyminen (N=279)	Risteäminen (N=512)	Peräajaja (N=251)	Mopedi (N=235)	Polkupyörä (N=210)	Jalankulkija (N=90)	Yksittäis (N=440)	Ohitus (N=35)	Kohtaamis (N=90)	Muu (N=88)
40	10 %	7 %	15 %	16 %	11 %	18 %	23 %	6 %	7 %	14 %
50	14 %	13 %	23 %	25 %	15 %	26 %	35 %	17 %	15 %	26 %
100	24 %	22 %	53 %	43 %	36 %	66 %	100 %	56 %	100 %	66 %
150	32 %	28 %	79 %	70 %	59 %	100 %	146 %	72 %	174 %	94 %
200	39 %	34 %	102 %	88 %	79 %	137 %	203 %	94 %	233 %	151 %

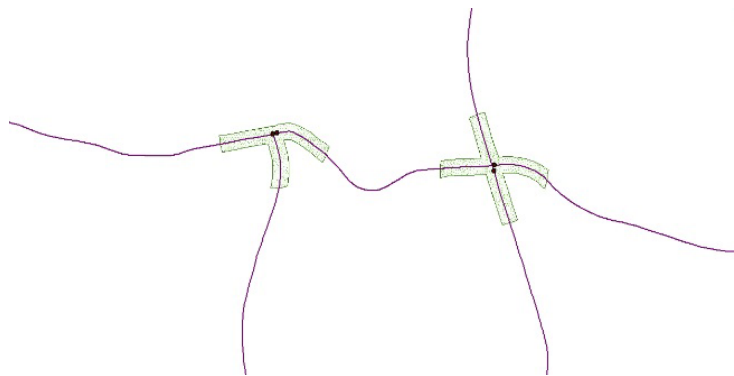
²Onnettomuusluokat, joiden onnettomuudet Tarvassa ja IVARissa siirretään liittymään 30 metrin säteeltä sen keskipisteestä

Tyypillisten liittymäonnettomuuksien määrän prosentuaalinen lisäys olisi suhteellisen pientä, vaikka liittymässä tapahtuneeksi tulkittujen onnettomuuksien määrittelyssä käytettyä 30 metriä kasvatettaisiin hieman, 40–50 metriin. Jos liittymäalueen määrittelyssä käytettäisiin 200 metrin rajaa, eniten lisääntyisivät liittymässä tapahtuneet jalankulkijaonnettomuudet ja peräajajat. Tyypillisesti liittymien ulkopuolella tapahtuvilla onnettomuusluokilla suhteellinen kasvu olisi yleensä suurempaa, koska enintään 30 metrin alueella liittymästä tapahtuu suhteellisen vähän kyseisiä onnettomuuksia – poikkeuksena ohitusonnettomuudet, joita ei ole paljon, mutta jotka keskittyvät liittymän läheisyyteen.

Tässä selvityksessä käytettävä liittymäonnettomuuden määritelmä

Tehtyjen tarkastelujen ja kirjallisuudessa käytettyjen liittymäonnettomuuksien määrittelyjen perusteella tässä työssä päädyttiin käyttämään liittymäonnettomuuden määritelmää: henkilövahinkoon johtanut muu kuin eläinonnettomuus, joka on tapahtunut enintään 100 metrin etäisyydellä taajamassa olevasta liittymästä tai enintään 200 metrin etäisyydellä taajaman ulkopuolella olevasta liittymästä.

Käytännössä liittymäonnettomuuksien määrittely tapahtui seuraavasti: liittymäpisteet normaali tasoliittymä, pieni kiertoliittymä, suuri kiertoliittymä tai Y-liittymä vietiin kartalle. Taajamissa olevien liittymien ympärille piirrettiin 100 m säteinen puskurialue, muualla 200 m puskurialue. Tämän jälkeen alun perin pyöreät puskurialueet supistettiin pienemmiksi teiden ympärille piirrettyillä 60 m leveillä putkillilla (Kuva 12). Käytännössä tarkastelualue mutkaisilla teillä voi olla tielinjaa pitkin mitaten hieman pidempi kuin rajaksi määritetyt 100 tai 200 metriä. Liittymäonnettomuuksiksi tulkittiin kaikki muut putkien alueella tapahtuneet henkilövahinkoon johtaneet onnettomuudet paitsi eläinonnettomuudet.



Kuva 12. Liittymäonnettomuuksien määrittelyalue taajamissa 100 metrin ja muualla 200 metrin säteisen ympyrän sisälle leikattujen 60 metriä leveiden putkien avulla (kaikki tiet maanteitä).

4.2 Porrastettujen liittymien aineisto

Porrastettujen liittymien kartoitus

Tierekisterissä ei ole tietoja ns. porrastetuista liittymistä (luku 3.2.4), joissa yksi X-liittymä on korvattu kahdella T-liittymällä. Liittymien porrastusten määrää ja sijaintia selvitettiin tarkastelemalla tierekisterin perusteella lähekkäin olevia T-liittymiä taustakartalta, joka oli käytettävissä mittakaavassa 1:5000. Tierekisterin tietojen perusteella mahdollisia porrastettuja liittymiä oli 950, kun etsintäkriteerinä käytettiin enintään 500 metrin etäisyydellä toisistaan olevia maanteiden keskinäisiä T-liittymiä. Kukin porrastettu liittymä sisältää siis kaksi lähekkäin olevaa T-liittymää.

Karttatarkastelun perusteella mahdolliset porrastetut liittymät luokiteltiin sen mukaan, näyttäisivätkö ne olevan liittymän porrastuksia ja jos ovat, kuinka ne on porrastettu (Taulukko 4). Esimerkkejä erilaisiin tulkintoihin johtaneista kartoista on esitetty kuvissa 13–16.

Yli puolet liittymien sijainnin puolesta mahdollisista porrastetuista liittymistä jätettiin pois jatkotarkasteluista siksi, että ne eivät näyttäneet olevan todellisia porrastettuja liittymiä.

Taulukko 4. Mahdollisten porrastettujen liittymien lukumäärä karttahavaintojen mukaan tieluokittain.

Lähekkäisten T-liittymien tulkinta kartalta	Kaikki kaksi ¹ ajorataiset tiet	Valta- ja kantatiet	Seututiet	Yhdystiet	Yhteensä
Ei porrastettu liittymä ²	27	75	112	293	507
Oikea–vasen-porrastus ³	6	42	22	37	107
Vasen–oikea-porrastus ³	4	47	28	43	122
Ainakin toinen liittymä on X ⁴	7	65	55	87	214
Yhteensä	44	229	217	460	950

¹Kaksiajorataiset tiet riippumatta tieluokasta

²Sisältäen liittymähaarat samalla puolella tietä, porrastuksen välissä katu tai yksityistie, karttavirhe yms.

³Vasen–oikea-porrastus tarkoittaa, että päätieta risteävä liikenne kääntyy sivutieltä ensin vasemmalle ja sitten päätieltä oikealle sivutielle. Oikea–vasen-porrastus päinvastoin

⁴Kartalla ainakin toinen T-liittymistä näyttää X-liittymältä (katu- tai yksityistiehaara)



Kuva 13. Ei porrastettu liittymä (T-liittymän haarat samalla puolelle päätietä).



Kuva 14. Porrastettu liittymä, oikea + vasen.



Kuva 15. Porrastettu liittymä, vasen + oikea.



Kuva 16. Ei porrastettu liittymä (ainakin toinen liittymä on X-liittymä).

Porrastettujen liittymien lukumäärät

Tehtyjen havaintojen mukaan vasen–oikea-porrastus on yleisempi porrastustyyppi, etenkin taajamanopeusrajoituksilla (Taulukko 5). Vasen–oikea-porrastuksissa lyhyet porrastusvälit näyttäisivät olevan keskimääräistä porrastusväliä yleisempiä. Alle 50 metrin porrastuksia ei tarkastelussa havaittu kuin 17 eli alle kymmenesosa kaikista porrastuksista. Tasoliittymien suunnitteluohjeen mukaan porrastusvälin tulee olla joko alle 10 metriä tai vähintään 50 metriä (Tiehallinto 2001).

Taulukko 5. Porrastettujen liittymien lukumäärä porrastuksen tyyppin ja porrastusvälin sekä nopeusrajoituksen mukaan.

Porrastusväli ²	Oikea–vasen ¹			Vasen–oikea ¹			Yhteensä		
	≤60km/h ³	≥70km/h ³	Yhteensä	≤60km/h ³	≥70km/h ³	Yhteensä	≤60km/h ³	≥70km/h ³	Yhteensä
<50m	2	1	3	9	5	14	11	6	17
50-150m	11	13	24	26	20	46	37	33	70
151-350 m	18	31	49	16	26	42	34	57	91
>350 m	5	14	19	6	9	15	11	23	34
Yhteensä	36	59	95	57	60	117	93	119	212

¹Porrastuksen tyyppi

²Porrastukseen kuuluvien T-liittymien välimatka

³Päätien nopeusrajoitus porrastuksen kohdalla. Pienempi rajoituksista, jos ne ovat erisuuruisia

Pääosa porrastuksista on valta- ja kantateillä tai vilkkailla seututeillä, joista tässä yhteydessä käytetään termiä merkittävät tiet (Taulukko 6). Sekä merkittävillä että muilla teillä vasen–oikea-porrastus on yleisempi porrastustyyppi.

Taulukko 6. Porrastettujen liittymien lukumäärä porrastuksen tyyppin ja porrastusvälin sekä tien merkityksen mukaan.

Porrastusväli ²	Oikea–vasen ¹			Vasen–oikea ¹			Yhteensä		
	Merkittävä ³	Muu tie	Yhteensä	Merkittävä ³	Muu tie	Yhteensä	Merkittävä ³	Muu tie	Yhteensä
<50m	1	2	3	4	10	14	5	12	17
50-150m	11	13	24	23	23	46	34	36	70
151-350 m	29	20	49	21	21	42	50	41	91
>350 m	11	8	19	7	8	15	18	16	34
Yhteensä	52	43	95	55	62	117	107	105	212

¹Porrastuksen tyyppi

²Porrastukseen kuuluvien T-liittymien välimatka

³Merkittäviksi on tässä tulkittu valta- ja kantateiden lisäksi vilkkaat seututiet (KVL yli 3000 ajoneuvoa/vrk)

4.3 Kiertoliittymien tiedot

Vuoden 2016 alussa tierekisterissä oli tieto 311 kiertoliittymästä, joissa oli tierekisterin mukaan vähintään yksi maantiehaara (Taulukko 7). Kaksi kolmasosaa suurista kiertoliittymistä oli pääteillä tai vilkkailla seututeillä. Pieniä kiertoliittymiä (kiertosarekkeen halkaisija enintään 8 metriä) oli vain 15 ja pääosa niistä oli alemmalla tielverkolla.

Tierekisterin tietojen perusteella kiertoliittymissä oli keskimäärin 2,4 maantiehaaraa. Siitä huolimatta Liikennevirastosta saadun listauksen mukaan valta- ja kantateiden kiertoliittymissä oli keskimäärin 3,9 liittymää (Liimatainen 2016). Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että turvallisuustarkastelu pelkkien maantiehaarojen perusteella on vinoutunut, koska muut kuin maantieliittymien liittymähaarat jäävät huomiotta.

Taulukko 7. Kiertoliittymien lukumäärä maantiehaarojen lukumäärän sekä kiertoliittymän koon ja merkityksen mukaan.

Maantie ² -haaroja	Pieni kiertoliittymä ¹			Suuri kiertoliittymä ¹			Yhteensä		
	Merkittävä ³	Muu tie ³	Yhteensä	Merkittävä ³	Muu tie ³	Yhteensä	Merkittävä ³	Muu tie ³	Yhteensä
1				21	15	36	21	15	36
2	2	6	8	91	56	147	93	62	155
3		4	4	55	29	84	55	33	88
4	1	2	3	22	7	29	23	9	32
Yhteensä	3	12	15	189	107	296	192	119	311

¹Pienen kiertoliittymän kiertosaarekkeen halkaisija on 8 m tai alle

²Liittymään saapuvia maantiehaaroja Tarva-aineiston mukaan

³Merkittäviksi on tässä tulkittu valta- ja kantateiden lisäksi vilkkaat seututiet (KVL yli 3000 ajoneuvoa/vrk)

Myös karttatarkastelun perusteella lähes kaikissa kiertoliittymissä on neljä haaraa (Taulukko 8). Taulukosta puuttuvat tiedot yhdestä pienestä ja 29 suuresta kiertoliittymästä, joiden tietoja ei saatu luotettavasti tarkistettua kartalta.

Taulukko 8. Kiertoliittymien lukumäärä maantiehaarojen lukumäärän ja kiertoliittymän koon sekä kokonaisliittymähaaramäärän mukaan.

Maantie ² -haaroja	Pieni kiertoliittymä, haaroja ¹			Suuri kiertoliittymä, haaroja ¹			Yhteensä, haaroja		
	3	4	5	3	4	5	3	4	5
1				4	27	2	4	27	2
2		8		18	112	2	18	120	2
3	1	2		3	74		4	76	
4		3			25			28	
Yhteensä	1	13	0	25	238	4	26	251	4

¹Liittymähaarojen määrä karttatarkastelun perusteella, pienen kiertoliittymän kiertosaarekkeen halkaisija on 8 m tai alle

²Liittymään saapuvia maantiehaaroja Tarva-aineiston mukaan

Turvallisuustarkastelun kannalta ongelmallista on se, että muiden kuin maantiehaarojen liikennemääristä ei ole tietoa tierekisterissä. Jotta kiertoliittymien turvallisuutta voidaan tarkastella mahdollisimman luotettavasti, muiden kuin maantiehaarojen liikennemäärän suuruutta arvioitiin aiemmassa tutkimuksessa kerättyjen liikennemääräarvioiden perusteella (Montonen 2008). Käytetyt tiedot ovat tilanteesta 19.7.2005 (Liimatainen 2016), joten niiden perusteella arvioitiin vain muiden liittymähaarojen liikennemäärän keskimääräistä suuruutta suhteessa maantiehaarojen keskimääräiseen liikennemäärään.

Eri ELY-keskuksista kerättyjen, 61 kiertoliittymää koskevien liikennemääräarvioiden perusteella kiertoliittymien muiden kuin maantiehaarojen keskimääräinen vuorokausi liikennemäärä oli melko tarkasti puolet (49,7 %) kyseisten liittymien maantiehaarojen keskimääräisistä vuorokausiliikennemääristä. Silloin kun nelihaaraliittymässä oli vain yksi muu kuin maantiehaara, sen liikennemäärä oli suhteessa pienempi, 36,5 % kyseisen liittymän maantiehaarojen keskimääräisestä liikennemäärästä. Silloin, kun nelihaaraliittymän liittymähaaroista kaksi oli muita kuin maantiehaaroja, kummankin niiden liikennemäärä oli keskimäärin 60,3 % maantiehaarojen keskimääräisestä liikennemäärästä. Edellä mainitut prosenttiluvut perustuivat 29 ja 27 liittymän tietoihin. Aineistossa oli lisäksi viisi liittymää, joissa oli yksi muu kuin maantiehaara kolmihaara-liittymässä – niissä muun kuin maantiehaaran liikennemäärä oli keskimäärin 69,2 % maantiehaarojen keskimääräisestä liikennemäärästä.

Edellä kuvatun tarkastelun perustella onnettomuusriskien ja kustannusten laskennassa (luku 5) muiden kuin maantiehaarojen liikennemäärän oletetaan riippuvan erilaisien haarojen lukumäärästä seuraavasti:

- kun yksi nelihaarakiertoliittymän haaroista on muu kuin maantiehaara, sen liikennemääräksi arvioidaan 40 % kyseisen liittymän maantiehaarojen keskimääräisestä liikennemäärästä
- kun kaksi nelihaarakiertoliittymän haaroista (tai yksi kolmihaarakiertoliittymän haaroista) on muita kuin maantiehaaroja, niiden liikennemääräksi arvioidaan 60 % kyseisen liittymän maantiehaarojen keskimääräisestä liikennemäärästä.

5 Onnettomuudet, riskit ja kustannukset maanteiden tasoliittymissä

Maanteiden erilaisten tasoliittymäonnettomuuksien ja niiden seurausten määriä, riskejä ja kustannuksia tarkastellaan vuosien 2011–2015 onnettomuustietojen perusteella. Tarkastelut perustuvat luvussa 4.1 kuvattuun liittymäonnettomuuden määrittelyyn. Liittymäonnettomuus on taajamissa enintään 100 metrin ja muualla enintään 200 metrin etäisyydellä liittymästä tapahtunut henkilövahinko-onnettomuus, ei kuitenkaan eläinonnettomuus.

Liittymätyyppien riskejä verrataan tarkastelemalla onnettomuusmääriä liittymään saapuvien ajoneuvojen määrää kohti. Keskimääräisiä onnettomuuskustannuksia tarkasteltiin vuoden 2013 hintatasossa määritettyjen yksikköarvojen perusteella (Liikennevirasto 2015). Koska onnettomuuksia ja niiden seurauksia on tarkasteltu henkilövahinkoon johtaneiden onnettomuuksien ja kuolemien määrinä, onnettomuuskustannuksia arvioidaan kuoleman yksikköarvon (2,4062 milj. €) ja vammautumiseen johtaneen onnettomuuden yksikköarvon (0,4399 milj. €) perusteella. On syytä huomata, että erityisesti kiertoliittymissä kuolemien määrät ovat suhteellisen pieniä, mikä korostaa satunnaisvaihtelun merkitystä.

5.1 Erityyppiset tasoliittymät ja niiden onnettomuudet

Maantieverkolla on lähes kymmenentuhatta maanteiden keskinäistä T- ja X-liittymää, joissa ei tierekisterin tietojen perusteella ole katu- tai yksityistiehaaroja. Koska useimmissa kiertoliittymissä näyttäisi olevan ainakin yksi katuhaara (Taulukko 8), toisin kuin T- ja X-liittymien tapauksissa, tarkasteluun sisällytettiin myös kiertoliittymät, joissa on mukana katuhaaroja. Tarkasteluun saatiin mukaan noin 300 kiertoliittymää (Taulukko 9). Tarkastelussa mukana olleista T-liittymistä 32 (0,4 %) ja X-liittymistä 18 (2,2 %) oli valo-ohjattuja (liite 2). Vaikka valo-ohjattuihin liittymiin keskimäärin vuorokaudessa saapuvien autojen määrä oli huomattavasti valo-ohjaamattomien liittymien vastaavaa arvoa suurempi ja hvjo-riskit runsaat kymmenen prosenttia valo-ohjaamattomien liittymien riskejä pienempiä, jatkossa valo-ohjattuja ja valo-ohjaamattomia liittymiä on tarkasteltu yhdessä.

Valtaosa maantieliittymistä on T-liittymiä ja niissä tapahtuukin pääosa maantieliittymien onnettomuuksista, vaikka henkilövahinkoon johtaneiden onnettomuuksien (hvjo) ja kuoleman riskit liittymään saapuvaa ajoneuvoa kohti ovat suurempia X-liittymissä kuin T-liittymissä. Kiertoliittymien määrä on suhteellisen pieni ja henkilövahinko-onnettomuuksien riski niissä on T- ja X-liittymiä pienempi. Kuolemanriski oli suurin X-liittymissä - yli kaksinkertainen T-liittymiin verrattuna. Toisaalta kuolemanriski kiertoliittymissä on alle puolet T-liittymien vastaavasta riskistä. On syytä huomata, että tarkastelluissa kiertoliittymissä on tapahtunut vain 5 kuolemaa viidessä vuodessa, mikä on pieni luku luotettavien johtopäätösten tekoon.

X-liittymiin vuorokaudessa saapuvien autojen keskimääräinen lukumäärä (3 615) oli kaksinkertainen T-liittymiin verrattuna (1 776), mutta vain noin puolet siitä, mitä se oli kiertoliittymissä (7 607). Onnettomuuskustannukset liittymään saapuvaa ajoneuvoa kohti olivat pienempiä kiertoliittymissä, seuraavaksi pienimpiä T-liittymissä ja selvästi suurimpia X-liittymissä.

Taulukko 9. Maanteiden keskinäiset liittymät ja niiden onnettomuudet vuosina 2011–2015 muuttumattomina pysyneillä maanteillä liittymätyypin mukaan, ilman eläinonnettomuuksia.

Liittymä- tyyppi	Liitty- miä, kpl	Hvjo/ 5v.	Hvjo/ 100liitt/v	Kuolleet /5v.	Kuoll./ 100liitt/v	Saapu- ¹ vat/vrk	Riski/100 milj. saap. ²		Onnett. ³ kust/saap
							Hvjo	Kuolema	
3	8441	1469	3,5	76	0,18	1776	5,4	0,28	3,0
4	820	463	11,3	36	0,88	3615	8,6	0,67	5,4
Yhteensä ⁴	9261	1932	4,2	112	0,24	1939	5,9	0,34	3,4
Kierto ⁵	296	175	11,8	5	0,34	7607	4,3	0,12	2,2

¹Yhteen liittymään vuorokaudessa keskimäärin saapuvien autojen määrä

²Riski sataa miljoonaa liittymään saapuvaa autoa kohti

³Onnettomuuskustannukset, senttiä/liittymään saapuva ajoneuvo

⁴Kolmi- ja nelihaaraiset liittymät yhteensä

⁵Kiertoliittymät. Toisin kuin T- ja X-liittymissä, mukana ovat myös kiertoliittymät, joissa on katuhaaroja - niihin saapuvien autojen määrät on arvioitu luvussa 4.3 kuvatulla tavalla

5.2 Onnettomuusriskiin vaikuttavia tekijöitä

T-, X- ja kiertoliittymien lukumääriä, onnettomuuksien ja niiden seurausten määriä sekä onnettomuuskustannuksia eri taustatietojen mukaan tarkastellaan taulukoissa 12–28. Yksi muuttuja kerrallaan tehdyt tarkastelut eivät kuitenkaan tekijöiden yhdysvaikutusten vuoksi välttämättä kuvaa pelkästään kyseisen muuttujan vaikutuksia riskeihin ja onnettomuuskustannuksiin. Siksi eri tekijöiden turvallisuusvaikutuksia pyrittiin selvittämään myös onnettomuusmallinnuksella (Luku 6). Erilaisten liittymien riskin vaihteluita on kuvattu lähinnä mallinnuksen taustatiedoksi.

T-liittymät

Kolmihaaraissa maantieliittymissä keskimääräistä suurempia riskejä liittymään saapuvien autojen määrää kohti oli seuraavan kaltaisissa olosuhteissa:

- hvjo-riskit ovat suurimpia alemmalla tieverkolla, mutta kuolemanriskit merkittäväillä teillä (Taulukko 10)
- hvjo-riskit kohoavat sivutien liikennemääräosuuden kasvaessa, mutta kuolemanriskeissä ei ole eroja sivutien liikennemääräosuuksien välillä (Taulukko 11)
- hvjo-riskit ovat suuria taajamissa, mutta kuolemanriskit taajamien ulkopuolella (Taulukko 12)
- hvjo-riskit ovat suurimpia alhaisilla nopeusrajoituksilla, mutta kuolemanriskit ovat suurimpia 80 km/h rajoituksella (Taulukko 13)
- hvjo-riskit ovat suurimpia automaattisen nopeusvalvonnan jaksojen ulkopuolella, mutta kuolemanriskit ovat suurimpia automaattisen nopeusvalvonnan jaksoilla (Taulukko 14)
- hvjo-riskit ovat suurimpia liittymissä, joissa on suhteellisen pieni liittymään saapuvien autojen määrä, mutta kuolemanriskit ovat koholla sekä suurilla että pienillä liittymään saapuvien autojen määrillä (Taulukko 15)
- hvjo-riskit ovat suurimpia liittymissä, joissa ei ole väistötillaa, mutta kuolemanriskit ovat puolet (50,5 %) suurimpia väistötillallisissa kuin muissa liittymissä (Taulukko 16)

- liittymässä, joissa on sekä vasemmalle että oikealle kääntymiskaistat, hvjo-riskit näyttäisivät olevan suurempia mutta kuolemanriskit pienempiä kuin kanavoimattomissa liittymässä. Silloin kun liittymässä on vain oikealle tai vasemmalle kääntymiskaistat, onnettomuusriskit poikkeavat kanavoimattomista liittymistä päinvastaisiin suuntiin kuin liittymässä, joissa on sekä vasemmalle että oikealle kääntymiskaistat (Taulukko 17).

Taulukko 10. Maanteiden vuosina 2011–2015 muuttumattomina pysyneet keskinäiset T-liittymät ja niiden onnettomuudet ja onnettomuusasteet tieluokan mukaan.

Tieluokka	Liittymiä, kpl	Hvjo/5v.	Hvjo/100liitt/v	Kuolleet/5v.	Kuoll./100liitt/v	Saapu- ¹ vat/vrk	Riski/100 milj. saap. ²		Onnett. ³ kust/saap
							Hvjo	Kuolema	
Merkittävä ⁴	2318	862	7,4	56	0,48	4244	4,8	0,31	2,9
Muu tie	6123	607	2,0	20	0,07	842	6,5	0,21	3,4
Yhteensä	8441	1469	3,5	76	0,18	1776	5,4	0,28	3,0

¹Yhteen liittymään vuorokaudessa keskimäärin saapuvien autojen määrä

²Riski sataa miljoonaa liittymään saapuvaa autoa kohti

³Onnettomuuskustannukset, senttiä/liittymään saapuva ajoneuvo

⁴Merkittäviksi on tässä tulkittu valta- ja kantateiden liittymien lisäksi liittymät, joissa vähintään yksi liittymähaara on vilkas seututiet (KVL yli 3000 ajoneuvoa/vrk)

Taulukko 11. Maanteiden vuosina 2011–2015 muuttumattomina pysyneet keskinäiset T-liittymät ja niiden onnettomuudet ja onnettomuusasteet sivutien liikkemäärän osuuden mukaan.

Sivutien osuus ⁴	Liittymiä, kpl	Hvjo/5v.	Hvjo/100liitt/v	Kuolleet/5v.	Kuoll./100liitt/v	Saapu- ¹ vat/vrk	Riski/100 milj. saap. ²		Onnett. ³ kust/saap
							Hvjo	Kuolema	
<5 %	2064	407	3,9	35	0,34	2931	3,7	0,32	2,4
5-15 %	2913	485	3,3	20	0,14	1613	5,7	0,23	3,0
>15 %	3464	577	3,3	21	0,12	1226	7,4	0,27	3,9
Total	8441	1469	3,5	76	0,18	1776	5,4	0,28	3,0

¹Yhteen liittymään vuorokaudessa keskimäärin saapuvien autojen määrä

²Riski sataa miljoonaa liittymään saapuvaa autoa kohti

³Onnettomuuskustannukset, senttiä/liittymään saapuva ajoneuvo

⁴Sivutien osuus liittymään saapuvista ajoneuvoista, %

Taulukko 12. Maanteiden vuosina 2011–2015 muuttumattomina pysyneet keskinäiset T-liittymät ja niiden onnettomuudet ja onnettomuusasteet liikenneympäristön mukaan.

Liikenneympäristö	Liittymiä, kpl	Hvjo/5v.	Hvjo/100liitt/v	Kuolleet/5v.	Kuoll./100liitt/v	Saapu- ¹ vat/vrk	Riski/100 milj. saap. ²		Onnett. ³ kust/saap
							Hvjo	Kuolema	
Maaseutu	7827	1259	3,2	73	0,19	1680	5,2	0,30	3,0
Taajama ⁴	614	210	6,8	3	0,10	2999	6,2	0,09	3,0
Yhteensä	8441	1469	3,5	76	0,18	1776	5,4	0,28	3,0

¹Yhteen liittymään vuorokaudessa keskimäärin saapuvien autojen määrä

²Riski sataa miljoonaa liittymään saapuvaa autoa kohti

³Onnettomuuskustannukset, senttiä/liittymään saapuva ajoneuvo

⁴Liittymä taajamamerkin vaikutusalueella

Taulukko 13. Maanteiden vuosina 2011–2015 muuttumattomina pysyneet keskinäiset T-liittymät ja niiden onnettomuudet ja onnettomuusasteet nopeusrajoituksen mukaan.

Nopeusrajoitus	Liittymiä, kpl	Hvjo/5v.	Hvjo/100liitt/v	Kuolleet/5v.	Kuoll./100liitt/v	Saapu ¹ vat/vrk	Riski/100 milj. saap. ²		Onnett. ³ kust/saap
							Hvjo	Kuolema	
30-50 km/h	1327	254	3,8	2	0,03	1732	6,1	0,05	2,8
60-70 km/h	1804	439	4,9	19	0,21	2154	6,2	0,27	3,4
80 km/h	4411	594	2,7	42	0,19	1413	5,2	0,37	3,2
100 km/h	899	182	4,0	13	0,29	2865	3,9	0,28	2,4
Yhteensä	8441	1469	3,5	76	0,18	1776	5,4	0,28	3,0

¹Yhteen liittymään vuorokaudessa keskimäärin saapuvien autojen määrä

²Riski sataa miljoonaa liittymään saapuvaa autoa kohti

³Onnettomuuskustannukset, senttiä/liittymään saapuva ajoneuvo

Taulukko 14. Maanteiden vuosina 2011–2015 muuttumattomina pysyneet keskinäiset T-liittymät ja niiden onnettomuudet ja onnettomuusasteet automaattisen nopeusvalvonnan olemassaolon mukaan.

Automaattivalvonta	Liittymiä, kpl	Hvjo/5v.	Hvjo/100liitt/v	Kuolleet/5v.	Kuoll./100liitt/v	Saapu ¹ vat/vrk	Riski/100 milj. saap. ²		Onnett. ³ kust/saap
							Hvjo	Kuolema	
On ⁴	585	297	10,2	24	0,82	6351	4,4	0,35	2,8
Ei	7856	1172	3,0	52	0,13	1436	5,7	0,25	3,1
Yhteensä	8441	1469	3,5	76	0,18	1776	5,4	0,28	3,0

¹Yhteen liittymään vuorokaudessa keskimäärin saapuvien autojen määrä

²Riski sataa miljoonaa liittymään saapuvaa autoa kohti

³Onnettomuuskustannukset, senttiä/liittymään saapuva ajoneuvo

⁴Liittymä automaattisen nopeusvalvonnan tiejaksolla

Taulukko 15. Maanteiden vuosina 2011–2015 muuttumattomina pysyneet keskinäiset T-liittymät ja niiden onnettomuudet ja onnettomuusasteet liittymään vuorokaudessa saapuvien autojen määrän mukaan.

Saapuvat autot/vrk	Liittymiä, kpl	Hvjo/5v.	Hvjo/100liitt/v	Kuolleet/5v.	Kuoll./100liitt/v	Saapu ¹ vat/vrk	Riski/100 milj. saap. ²		Onnett. ³ kust/saap
							Hvjo	Kuolema	
<3000	6869	670	2,0	33	0,10	849	6,3	0,31	3,5
3000-6000	1025	378	7,4	17	0,33	4170	4,8	0,22	2,7
>6000	547	421	15,4	26	0,95	8930	4,7	0,29	2,8
Yhteensä	8441	1469	3,5	76	0,18	1776	5,4	0,28	3,0

¹Yhteen liittymään vuorokaudessa keskimäärin saapuvien autojen määrä

²Riski sataa miljoonaa liittymään saapuvaa autoa kohti

³Onnettomuuskustannukset, senttiä/liittymään saapuva ajoneuvo

Taulukko 16. Maanteiden vuosina 2011–2015 muuttumattomina pysyneet keskinäiset T-liittymät ja niiden onnettomuudet ja onnettomuusasteet väistötilan olemassaolon mukaan.

Väistötila	Liittymiä, kpl	Hvjo/5v.	Hvjo/100liitt/v	Kuolleet/5v.	Kuoll./100liitt/v	Saapu ¹ vat/vrk	Riski/100 milj. saap. ²		Onnett. ³ kust/saap
							Hvjo	Kuolema	
Ei	8022	1315	3,3	63	0,16	1644	5,5	0,26	3,0
On	419	154	7,4	13	0,62	4316	4,7	0,39	3,0
Yhteensä	8441	1469	3,5	76	0,18	1776	5,4	0,28	3,0

¹Yhteen liittymään vuorokaudessa keskimäärin saapuvien autojen määrä

²Riski sataa miljoonaa liittymään saapuvaa autoa kohti

³Onnettomuuskustannukset, senttiä/liittymään saapuva ajoneuvo

Taulukko 17. Maanteiden vuosina 2011–2015 muuttumattomina pysyneet keskinäiset T-liittymät ja niiden onnettomuudet ja onnettomuusasteet kääntymiskaistojen mukaan.

Kääntymiskaista	Liittymiä, kpl	Hvjo/5v.	Hvjo/100liitt/v	Kuolleet/5v.	Kuoll./100liitt/v	Saapu ¹ vat/vrk	Riski/100 milj. saap. ²		Onnett. ³ kust/saap
							Hvjo	Kuolema	
Ei	8011	1211	3,0	64	0,16	1529	5,4	0,29	3,1
Molemmat	108	106	19,6	1	0,19	8828	6,1	0,06	2,8
Oikealle	186	68	7,3	6	0,65	4699	4,3	0,38	2,8
Vasemmalle	136	84	12,4	5	0,74	6708	5,0	0,30	2,9
Yhteensä	8441	1469	3,5	76	0,18	1776	5,4	0,28	3,0

¹Yhteen liittymään vuorokaudessa keskimäärin saapuvien autojen määrä

²Riski sataa miljoonaa liittymään saapuvaa autoa kohti

³Onnettomuuskustannukset, senttiä/liittymään saapuva ajoneuvo

X-liittymät

Nelihaaraisissa maantiel liittymissä keskimääräistä suurempia riskejä liittymään saapuvien autojen määrää kohti oli seuraavan kaltaisissa olosuhteissa:

hvjo-riskit ovat suurimpia alemmalla tieverkolla, mutta kuolemanriskit merkittäväillä teillä (Taulukko 18)

- hvjo-riskit kohoavat sivutien liikennemääräosuuden kasvaessa, mutta kuolemanriskit ovat suurimmillaan sivutien liikennemääräosuuksilla 5–15 % (Taulukko 19)
- hvjo-riskit ovat suuria taajamissa, mutta kuolemanriskit taajamien ulkopuolella (Taulukko 20)
- hvjo-riskit ovat suurimpia alhaisilla nopeusrajoituksilla, mutta kuolemanriskit ovat selkeästi suurimpia 100 km/h rajoituksella (Taulukko 21)
- hvjo-riskit ovat suurimpia automaattisen nopeusvalvonnan jaksojen ulkopuolella, mutta kuolemanriskit ovat suurimpia automaattisen nopeusvalvonnan jaksoilla (Taulukko 22)
- hvjo-riskit ovat suurimpia liittymissä, joissa on suhteellisen pieni tai suhteellisen suuri liittymään saapuvien autojen määrä, mutta kuolemanriski on suurin keskisuurilla liikennemäärillä (Taulukko 23)
- liittymissä, joissa on kääntymiskaistat sekä vasemmalle että oikealle tai pelkästään vasemmalla, hvjo-riski näyttäisi olevan suurempi kuin kanavoimattomissa liittymissä. Kääntymiskaistallisten liittymien kanavoimattomia liittymiä suuremmista liittymään saapuvien autojen määrästä huolimatta kuolemien määrät ovat suhteellisen pieniä yksityiskohtaisten johtopäätösten tekoon. Yleensä ottaen kääntymiskaistallisten liittymien kuolemanriskit näyttäisivät kanavoimattomien liittymien riskejä pienemmiltä (Taulukko 24).

Taulukko 18. Maanteiden vuosina 2011–2015 muuttumattomina pysyneet keskinäiset X-liittymät ja niiden onnettomuudet ja onnettomuusasteet tieluokan mukaan.

Tieluokka	Liittymiä, kpl	Hvjo/5v.	Hvjo/100liitt/v	Kuolleet/5v.	Kuoll./100liitt/v	Saapu ¹ vat/vrk	Riski/100 milj. saap. ²		Onnett. ³ kust/saap
							Hvjo	Kuolema	
Merkittävä ⁴	487	368	15,1	32	1,31	5046	8,2	0,71	5,3
Muu tie	333	95	5,7	4	0,24	1522	10,2	0,43	5,6
Yhteensä	820	463	11,3	36	0,88	3615	8,6	0,67	5,4

¹Yhteen liittymään vuorokaudessa keskimäärin saapuvien autojen määrä

²Riski sataa miljoonaa liittymään saapuvaa autoa kohti

³Onnettomuuskustannukset, senttiä/liittymään saapuva ajoneuvo

⁴Merkittäviksi on tässä tulkittu valta- ja kantateiden liittymien lisäksi liittymät, joissa vähintään yksi liittymähaara on vilkas seututiet (KVL yli 3000 ajoneuvoa/vrk)

Taulukko 19. Maanteiden vuosina 2011–2015 muuttumattomina pysyneet keskinäiset X-liittymät ja niiden onnettomuudet ja onnettomuusasteet sivutien liikennemäärän osuuden mukaan.

Sivutien osuus ⁴	Liittymiä, kpl	Hvjo/5v.	Hvjo/100liitt/v	Kuolleet/5v.	Kuoll./100liitt/v	Saapu- ¹ vat/vrk	Riski/100 milj. saap. ²		Onnett. ³ kust/saap
							Hvjo	Kuolema	
<5 %	349	160	9,2	13	0,74	4161	6,0	0,49	3,8
5-15 %	221	111	10,0	12	1,09	3112	8,9	0,96	6,2
>15 %	250	192	15,4	11	0,88	3299	12,7	0,73	7,4
Total	820	463	11,3	36	0,88	3615	8,6	0,67	5,4

¹Yhteen liittymään vuorokaudessa keskimäärin saapuvien autojen määrä

²Riski sataa miljoonaa liittymään saapuvaa autoa kohti

³Onnettomuuskustannukset, senttiä/liittymään saapuva ajoneuvo

⁴Sivutien osuus liittymään saapuvista ajoneuvoista, kun sivuteiksi on tulkittu muut kuin liittymän kaksi vilkkainta haaraa.

Taulukko 20. Maanteiden vuosina 2011–2015 muuttumattomina pysyneet keskinäiset X-liittymät ja niiden onnettomuudet ja onnettomuusasteet liikennerympäristön mukaan.

Liikennerympäristö	Liittymiä, kpl	Hvjo/5v.	Hvjo/100liitt/v	Kuolleet/5v.	Kuoll./100liitt/v	Saapu- ¹ vat/vrk	Riski/100 milj. saap. ²		Onnett. ³ kust/saap
							Hvjo	Kuolema	
Maaseutu	744	391	10,5	33	0,89	3557	8,1	0,68	5,2
Taajama ⁴	76	72	18,9	3	0,79	4218	12,4	0,52	6,6
Yhteensä	820	463	11,3	36	0,88	3615	8,6	0,67	5,4

¹Yhteen liittymään vuorokaudessa keskimäärin saapuvien autojen määrä

²Riski sataa miljoonaa liittymään saapuvaa autoa kohti

³Onnettomuuskustannukset, senttiä/liittymään saapuva ajoneuvo

⁴Liittymä taajamamerkin vaikutusalueella

Taulukko 21. Maanteiden vuosina 2011–2015 muuttumattomina pysyneet keskinäiset X-liittymät ja niiden onnettomuudet ja onnettomuusasteet nopeusrajoituksen mukaan.

Nopeusrajoitus	Liittymiä, kpl	Hvjo/5v.	Hvjo/100liitt/v	Kuolleet/5v.	Kuoll./100liitt/v	Saapu- ¹ vat/vrk	Riski/100 milj. saap. ²		Onnett. ³ kust/saap
							Hvjo	Kuolema	
30-50 km/h	117	71	12,1	3	0,51	3161	10,5	0,44	5,7
60-70 km/h	206	171	16,6	9	0,87	4349	10,4	0,55	5,9
80 km/h	349	169	9,7	10	0,57	3383	7,8	0,46	4,6
100 km/h	148	52	7,0	14	1,89	3499	5,5	1,48	6,0
Yhteensä	820	463	11,3	36	0,88	3615	8,6	0,67	5,4

¹Yhteen liittymään vuorokaudessa keskimäärin saapuvien autojen määrä

²Riski sataa miljoonaa liittymään saapuvaa autoa kohti

³Onnettomuuskustannukset, senttiä/liittymään saapuva ajoneuvo

Taulukko 22. Maanteiden vuosina 2011–2015 muuttumattomina pysyneet keskinäiset X-liittymät ja niiden onnettomuudet ja onnettomuusasteet automaattisen nopeusvalvonnan olemassaolon mukaan.

Automaattivalvonta	Liittymiä, kpl	Hvjo/5v.	Hvjo/100liitt/v	Kuolleet/5v.	Kuoll./100liitt/v	Saapu- ¹ vat/vrk	Riski/100 milj. saap. ²		Onnett. ³ kust/saap
							Hvjo	Kuolema	
On ⁴	167	155	18,6	14	1,68	6579	7,7	0,70	5,1
Ei	653	308	9,4	22	0,67	2857	9,0	0,65	5,5
Yhteensä	820	463	11,3	36	0,88	3615	8,6	0,67	5,4

¹Yhteen liittymään vuorokaudessa keskimäärin saapuvien autojen määrä

²Riski sataa miljoonaa liittymään saapuvaa autoa kohti

³Onnettomuuskustannukset, senttiä/liittymään saapuva ajoneuvo

⁴Liittymä automaattisen nopeusvalvonnan tiejaksolla

Taulukko 23. Maanteiden vuosina 2011–2015 muuttumattomina pysyneet keskinäiset X-liittymät ja niiden onnettomuudet ja onnettomuusasteet liittymään vuorokaudessa saapuvien autojen määrän mukaan.

Saapuvat autot/vrk	Liittymiä, kpl	Hvjo/5v.	Hvjo/100liitt/v	Kuolleet/5v.	Kuoll./100liitt/v	Saapu ⁻¹ vat/vrk	Riski/100 milj. saap. ²		Onnett. ³ kust/saap
							Hvjo	Kuolema	
<3000	423	99	4,7	7	0,33	1360	9,4	0,67	5,8
3000-6000	257	161	12,5	18	1,40	4339	7,9	0,88	5,6
>6000	140	203	29,0	11	1,57	9080	8,7	0,47	5,0
Yhteensä	820	463	11,3	36	0,88	3615	8,6	0,67	5,4

¹Yhteen liittymään vuorokaudessa keskimäärin saapuvien autojen määrä

²Riski sataa miljoonaa liittymään saapuvaa autoa kohti

³Onnettomuuskustannukset, senttiä/liittymään saapuva ajoneuvo

Taulukko 24. Maanteiden vuosina 2011–2015 muuttumattomina pysyneet keskinäiset X-liittymät ja niiden onnettomuudet ja onnettomuusasteet kääntymiskaistojen mukaan.

Kääntymiskaista	Liittymiä, kpl	Hvjo/5v.	Hvjo/100liitt/v	Kuolleet/5v.	Kuoll./100liitt/v	Saapu ⁻¹ vat/vrk	Riski/100 milj. saap. ²		Onnett. ³ kust/saap
							Hvjo	Kuolema	
Ei	682	292	8,6	31	0,91	3049	7,7	0,82	5,4
Molemmat	34	55	32,4	1	0,59	8139	10,8	0,20	5,3
Oikealle	28	20	14,3	0	0,00	5186	7,5	0,00	3,3
Vasemmalle	76	96	25,3	4	1,05	6056	11,4	0,48	6,2
Yhteensä	820	463	11,3	36	0,88	3615	8,6	0,67	5,4

¹Yhteen liittymään vuorokaudessa keskimäärin saapuvien autojen määrä

²Riski sataa miljoonaa liittymään saapuvaa autoa kohti

³Onnettomuuskustannukset, senttiä/liittymään saapuva ajoneuvo

Kiertoliittymät

T- ja X-liittymistä poiketen, tarkastelluissa kiertoliittymissä oli maantiehaarojen lisäksi myös katuhaaroja (Luku 4.3). Kiertoliittymissä kuolemanriskejä ei voitu pienen aineiston vuoksi luotettavasti tarkastella, mutta keskimääräistä suurempia hvjo- riskejä liittymään saapuvien autojen määrää kohti oli seuraavan kaltaisissa olosuh-teissa:

- hvjo-riskit ovat suurimpia kolmihaaraisissa kiertoliittymissä (Taulukko 25)
- hvjo-riskit ovat yhtä suuria alemmalla tieverkolla kuin merkittävillä teillä (Taulukko 26)
- hvjo-riskit ovat suurimpia maaseudulla (Taulukko 27)
- hvjo-riskit ovat hieman koholla 60 km/h nopeusrajoituksella (sisältää joitakin liittymiä 80 km/h rajoituksella) (Taulukko 28)
- hvjo-riskit ovat sitä suurempia, mitä pienempi on liittymään saapuvien autojen määrä (Taulukko 29).

Taulukko 25. Maanteiden vuosina 2011–2015 muuttumattomina pysyneet kiertoliittymät ja niiden onnettomuudet ja onnettomuusasteet liittymähaarojen lukumäärän mukaan.

Liittymähaaroja	Liittymiä, kpl	Hvjo/5v.	Hvjo/100liitt/v	Kuolleet/5v.	Kuoll./100liitt/v	Saapu ⁻¹ vat/vrk	Riski/100 milj. saap. ²		Onnett. ³ kust/saap
							Hvjo	Kuolema	
3	31	23	14,8	1	0,65	7954	5,1	0,22	2,8
4	265	152	11,5	4	0,30	7568	4,2	0,11	2,1
Yhteensä	296	175	11,8	5	0,34	7608	4,3	0,12	2,2

¹Yhteen liittymään vuorokaudessa keskimäärin saapuvien autojen määrä

²Riski sataa miljoonaa liittymään saapuvaa autoa kohti

³Onnettomuuskustannukset, senttiä/liittymään saapuva ajoneuvo

Taulukko 26. Maanteiden vuosina 2011–2015 muuttumattomina pysyneet kiertoliittymät ja niiden onnettomuudet ja onnettomuusasteet tieluokan mukaan.

Tieluokka	Liittymiä, kpl	Hvjo/5v.	Hvjo/100liitt/v	Kuolleet/5v.	Kuoll./100liitt/v	Saapu- ¹ vat/vrk	Riski/100 milj. saap. ²		Onnett. ³ kust/saap
							Hvjo	Kuolema	
Merkittävä ⁴	167	119	14,3	4	0,48	9171	4,3	0,14	2,2
Muu tie	129	56	8,7	1	0,16	5586	4,3	0,08	2,1
Yhteensä	296	175	11,8	5	0,34	7608	4,3	0,12	2,2

¹Yhteen liittymään vuorokaudessa keskimäärin saapuvien autojen määrä

²Riski sataa miljoonaa liittymään saapuvaa autoa kohti

³Onnettomuuskustannukset, senttiä/liittymään saapuva ajoneuvo

⁴Merkittäviksi on tässä tulkittu valta- ja kantateiden liittymien lisäksi liittymät, joissa vähintään yksi liittymähaara on päätie tai vilkas seututiet (KVL yli 3000 ajoneuvoa/vrk)

Taulukko 27. Maanteiden vuosina 2011–2015 muuttumattomina pysyneet kiertoliittymät ja niiden onnettomuudet ja onnettomuusasteet liikenneympäristön mukaan.

Taajama-merkki	Liittymiä, kpl	Hvjo/5v.	Hvjo/100liitt/v	Kuolleet/5v.	Kuoll./100liitt/v	Saapu- ¹ vat/vrk	Riski/100 milj. saap. ²		Onnett. ³ kust/saap
							Hvjo	Kuolema	
Maaseutu	88	72	16,4	0	0,00	7534	5,9	0,00	2,6
Taajama ⁴	208	103	9,9	5	0,48	7640	3,6	0,17	2,0
Yhteensä	296	175	11,8	5	0,34	7608	4,3	0,12	2,2

¹Yhteen liittymään vuorokaudessa keskimäärin saapuvien autojen määrä

²Riski sataa miljoonaa liittymään saapuvaa autoa kohti

³Onnettomuuskustannukset, senttiä/liittymään saapuva ajoneuvo

⁴Liittymä taajamamerkin vaikutusalueella

Taulukko 28. Maanteiden vuosina 2011–2015 muuttumattomina pysyneet kiertoliittymät ja niiden onnettomuudet ja onnettomuusasteet nopeusrajoituksen mukaan.

Nopeusrajoitus	Liittymiä, kpl	Hvjo/5v.	Hvjo/100liitt/v	Kuolleet/5v.	Kuoll./100liitt/v	Saapu- ¹ vat/vrk	Riski/100 milj. saap. ²		Onnett. ³ kust/saap
							Hvjo	Kuolema	
30-40	109	51	9,4	3	0,55	6058	4,2	0,25	2,5
50	129	85	13,2	2	0,31	8665	4,2	0,10	2,1
60-80	58	39	13,4	0	0,00	8219	4,5	0,00	2,0
Yhteensä	296	175	11,8	5	0,34	7608	4,3	0,12	2,2

¹Yhteen liittymään vuorokaudessa keskimäärin saapuvien autojen määrä

²Riski sataa miljoonaa liittymään saapuvaa autoa kohti

³Onnettomuuskustannukset, senttiä/liittymään saapuva ajoneuvo

Taulukko 29. Maanteiden vuosina 2011–2015 muuttumattomina pysyneet kiertoliittymät ja niiden onnettomuudet ja onnettomuusasteet liittymään vuorokaudessa saapuvien autojen määrän mukaan.

Saapuvat autot/vrk	Liittymiä, kpl	Hvjo/5v.	Hvjo/100liitt/v	Kuolleet/5v.	Kuoll./100liitt/v	Saapu- ¹ vat/vrk	Riski/100 milj. saap. ²		Onnett. ³ kust/saap
							Hvjo	Kuolema	
<3000	56	17	6,1	0	0,00	2104	7,9	0,00	3,5
3000-6000	81	37	9,1	2	0,49	4431	5,6	0,30	3,2
6000-9000	67	42	12,5	2	0,60	7483	4,6	0,22	2,5
>9000	92	79	17,2	1	0,22	13848	3,4	0,04	1,6
Yhteensä	296	175	11,8	5	0,34	7608	4,3	0,12	2,2

¹Yhteen liittymään vuorokaudessa keskimäärin saapuvien autojen määrä

²Riski sataa miljoonaa liittymään saapuvaa autoa kohti

³Onnettomuuskustannukset, senttiä/liittymään saapuva ajoneuvo

5.3 Porrastettujen liittymien riskit ja X-liittymien riskit

X-liittymiä on turvallisuusperusteilla muutettu kahdeksi T-liittymäksi. Jos näiden ratkaisujen turvallisuusvertailussa käytettäisiin onnettomuuksien altistuksen määränä erikseen kumpaankin T-liittymään saapuvien autojen määrien summaa, vertailu ei antaisi oikeaa kuvaa liikenneturvallisuuden muutoksista, koska päätien liikenne tulisi laskentoihin mukaan osittain kahteen kertaan. Siksi tässä luvussa porrastettujen liittymien turvallisuutta tarkastellaan määrittelemällä altistus onnettomuuksille samoin kuin se lasketaan X-liittymille: päätietä sekä sivutietä saapuvien autojen määrät lasketaan vain kertaalleen. Samoin sivutien liikenne on muualta kuin päätietä X-liittymään (tai T-liittymiin) saapuvien osuus koko saapuvien autojen määrästä.

Taulukoiden 29–33 tarkastelu perustuu yhteensä 205 porrastetuksi tulkitun liittymän tietoihin (410 erillistä T-liittymää), joihin ei ole tehty muutoksia vuoden 2011 jälkeen. Myös nämä tarkastelut on tehty ilman eläinonnettomuuksia. Onnettomuuksien riskilukuja voidaan suoraan verrata vastaaviin X-liittymien riskilukuihin, mutta kuten jo edellä todettiin, riskieroihin vaikuttavat monet asiat em. taulukoissa tarkasteltujen yksittäisten tekijöiden lisäksi. Tarkastelussa ei voitu erotella esimerkiksi tarkoituksella porrastettuja liittymiä muutoin lähekkäin olevista T-liittymistä. Erityisesti vaaralliseksi todettuja X-liittymiä porrastetaan ja muutoinkin porrastettujen liittymien järjestelyt saattavat poiketa muutoin lähekkäin olevien liittymien järjestelyistä.

Hvjo-riskit ja kuolemanriskit näyttäsivät olevan koholla erilaisissa porrastuksissa, mutta porrastettujen liittymien kuolemien määrissä satunnaisuus korostuu pienten lukumäärien vuoksi. Keskimääräistä suurempia hvjo-riskejä liittymään saapuvien autojen määrää kohti on seuraavan kaltaisissa olosuhteissa:

- hvjo-riskit ovat suurempia oikea–vasen-porrastuksissa (Taulukko 30)
- hvjo-riskit ovat suurimpia pisimmissä porrastuksissa, mutta toisaalta tällaisissa porrastuksissa onnettomuudet kertyvät pisimmältä tiejaksolta (Taulukko 31)
- hvjo-riskit ovat hieman koholla enintään 60 km/h nopeusrajoituksella (Taulukko 32) suurempiin liittymän kohdan nopeusrajoituksiin verrattuna
- hvjo-riskit ovat suurimpia merkittäväillä teillä olevissa porrastetuissa liittymissä (Taulukko 33)
- hvjo-riskit ovat sitä suurempia, mitä suurempi on liittymään sivuteiltä saapuvien autojen osuus (Taulukko 34).

Taulukko 30. Maanteiden porrastettujen liittymien onnettomuusmäärät ja riskit porrastuksen tyypin mukaan vuosina 2011–2015.

Porrastus-tapa	Porras- ¹ tuksia, kpl	Hvjo/ 5v.	Hvjo/ 100porr/v	Kuolleet /5v.	Kuoll./ 100porr/v	Saapu- ² vat/vrk	Riski/100 milj. saap. ³		Onnett. ⁴ kust/saap
							Hvjo	Kuolema	
Oikea–vasen	92	59	12,8	2	0,43	3425	10,3	0,35	5,4
Vasen–oikea	113	50	8,8	5	0,88	3346	7,3	0,73	4,9
Yhteensä	205	109	10,6	7	0,68	3381	8,6	0,55	5,1

¹ Kussakin porrastuksessa kaksi erillistä T-liittymää

² Yhteen porrastettuun liittymään vuorokaudessa saapuvien autojen määrä, kun päätien liikenne laskettu kertaalleen

³ Riski sataa miljoonaa porrastukseen saapuvaa autoa kohti

⁴ Onnettomuuskustannukset, senttiä/porrastukseen saapuva ajoneuvo

Taulukko 31. Maanteiden porrastettujen liittymien onnettomuusmäärät ja riskit T-liittymien välimatkan mukaan vuosina 2011–2015.

Välimatka	Porras- ¹ tuksia, kpl	Hvjo/ 5v.	Hvjo/ 100porr/v	Kuolleet /5v.	Kuoll./ 100porr/v	Saapu- ² vat/vrk	Riski/100 milj. saap. ³		Onnett. ⁴ kust/saap
							Hvjo	Kuolema	
<50 m	17	6	7,1	0	0,00	2095	9,1	0,00	4,1
50-150 m	67	26	7,8	5	1,49	3067	6,9	1,33	6,3
151-350 m	88	58	13,2	1	0,23	3985	9,0	0,16	4,4
>350 m	33	19	11,5	1	0,61	2906	10,7	0,56	6,2
Yhteensä	205	109	10,6	7	0,68	3381	8,6	0,55	5,1

¹ Kussakin porrastuksessa kaksi erillistä T-liittymää

² Yhteen porrastettuun liittymään vuorokaudessa saapuvien autojen määrä, kun päätien liikenne laskettu kertaalleen

³ Riski sataa miljoonaa porrastukseen saapuvaa autoa kohti

⁴ Onnettomuuskustannukset, senttiä/porrastukseen saapuva ajoneuvo

Taulukko 32. Maanteiden porrastettujen liittymien onnettomuusmäärät ja riskit nopeusrajoituksen mukaan vuosina 2011–2015.

Nopeus- rajoitus	Porras- ¹ tuksia, kpl	Hvjo/ 5v.	Hvjo/ 100porr/v	Kuolleet /5v.	Kuoll./ 100porr/v	Saapu- ² vat/vrk	Riski/100 milj. saap. ³		Onnett. ⁴ kust/saap
							Hvjo	Kuolema	
≤60 km/h	91	43	9,5	3	0,66	2950	8,8	0,61	5,3
≥70 km/h	114	66	11,6	4	0,70	3725	8,5	0,52	5,0
Yhteensä	205	109	10,6	7	0,68	3381	8,6	0,55	5,1

¹ Kussakin porrastuksessa kaksi erillistä T-liittymää

² Yhteen porrastettuun liittymään vuorokaudessa saapuvien autojen määrä, kun päätien liikenne laskettu kertaalleen

³ Riski sataa miljoonaa porrastukseen saapuvaa autoa kohti

⁴ Onnettomuuskustannukset, senttiä/porrastukseen saapuva ajoneuvo

Taulukko 33. Maanteiden porrastettujen liittymien onnettomuusmäärät ja riskit päätien tieluokan mukaan vuosina 2011–2015.

Tieluokka	Porras- ¹ tuksia, kpl	Hvjo/ 5v.	Hvjo/ 100porr/v	Kuolleet /5v.	Kuoll./ 100porr/v	Saapu- ² vat/vrk	Riski/100 milj. saap. ³		Onnett. ⁴ kust/saap
							Hvjo	Kuolema	
Merkittävä ⁵	116	101	17,4	7	1,21	5361	8,9	0,62	5,4
Muu tie	89	8	1,8	0	0,00	770	6,4	0,00	2,8
Yhteensä	205	109	10,6	7	0,68	3381	8,6	0,55	5,1

¹ Kussakin porrastuksessa kaksi erillistä T-liittymää

² Yhteen porrastettuun liittymään vuorokaudessa saapuvien autojen määrä, kun päätien liikenne laskettu kertaalleen

³ Riski sataa miljoonaa porrastukseen saapuvaa autoa kohti

⁴ Onnettomuuskustannukset, senttiä/porrastukseen saapuva ajoneuvo

⁵ Merkittäviksi on tässä tulkittu valta- ja kantateiden lisäksi vilkkaat seututiet (KVL yli 3000 ajoneuvoa/vrk)

Taulukko 34. Maanteiden porrastettujen liittymien onnettomuusmäärät ja riskit sivutiiden liikennemääräosuuden mukaan vuosina 2011–2015.

Sivutiiden osuus liikenteestä	Porras- ¹ tuksia, kpl	Hvjo/ 5v.	Hvjo/ 100porr/v	Kuolleet /5v.	Kuoll./ 100porr/v	Saapu- ² vat/vrk	Riski/100 milj. saap. ³		Onnett. ⁴ kust/saap
							Hvjo	Kuolema	
<5%	21	10	9,5	0	0,00	4958	5,3	0,00	2,3
5-15%	73	41	11,2	3	0,82	3678	8,4	0,61	5,2
>15%	111	58	10,5	4	0,72	2888	10,0	0,69	6,0
Yhteensä	205	109	10,6	7	0,68	3381	8,6	0,55	5,1

¹ Kussakin porrastuksessa kaksi erillistä T-liittymää

² Yhteen porrastettuun liittymään vuorokaudessa saapuvien autojen määrä, kun päätien liikenne laskettu kertaalleen

³ Riski sataa miljoonaa porrastukseen saapuvaa autoa kohti

⁴ Onnettomuuskustannukset, senttiä/porrastukseen saapuva ajoneuvo

6 Onnettomuusmallit

Yksinkertaisia onnettomuusmalleja laadittiin T- ja X-liittymissä tapahtuneiden onnettomuuksien määrälle sekä onnettomuuksissa kuolleiden määrälle. Mallien laatimistapa sekä mallinnuksessa käytettävät muuttujat on esitelty luvussa 2. Mallinnuksen yksityiskohtaiset tulokset on esitetty liitteessä 2.

6.1 Henkilövahinko-onnettomuudet

Kaikki kolmi- ja nelijaaraliittymien hvj-onnettomuudet

- Kaikkien T- ja X-liittymien hvj-onnettomuuksien mallinnuksessa oli mukana 1932 onnettomuutta vuosilta 2011–2015 (Taulukko 35). Mallinnus tehtiin erikseen T- ja X-liittymille sekä yhdessä siten, että yhdysvaikutusten avulla mahdollistettiin saman muuttujan erilainen vaikutus T- ja X-liittymiin. Näiden tulos oli hyvin samankaltainen, joten tässä esitetään eri liittymätyypit yhdessä mallinnettaessa saadut tulokset.

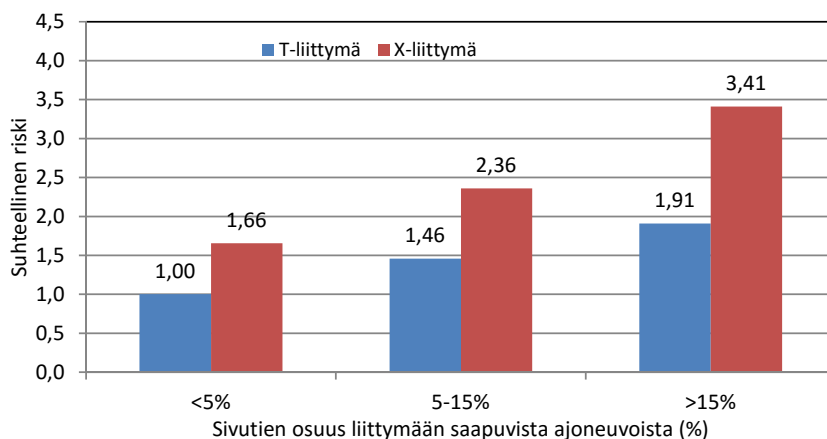
Taulukko 35. Mallinnuksessa mukana olevien henkilövahinkoon johtaneiden onnettomuuksien määrä vuosilta 2011–2015 (ilman eläinonnettomuuksia) liittymähaarojen lukumäärän ja sivutieltä saapuvien autojen osuuden mukaan.

Liittymähaaroja	Sivutien osuus ¹ liikenteestä (%)	Henkilövahinko-onnettomuudet		
		Auto ²	Jk, Pp, Mopo	Yhteensä
3	<5	350	57	407
	5-15	373	112	485
	>15	447	130	577
	Yhteensä	1170	299	1469
4	<5	138	22	160
	5-15	92	19	111
	>15	160	32	192
	Yhteensä	390	73	463

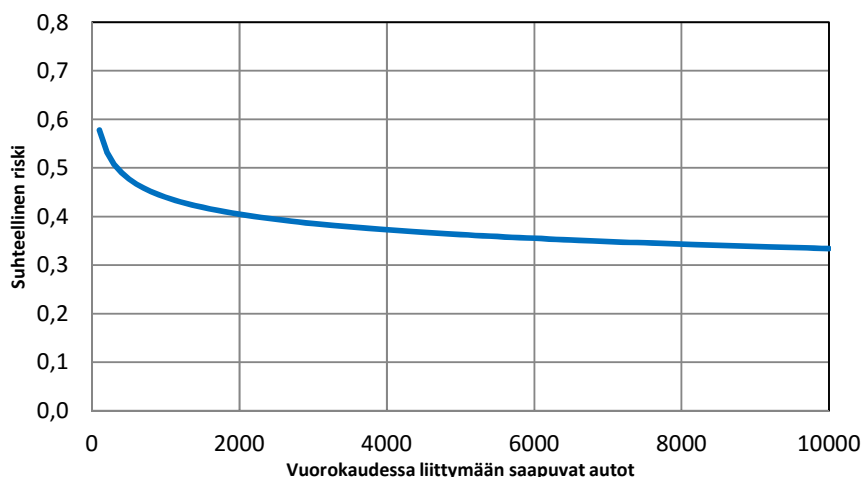
¹Sivutieltä liittymään saapuvien autojen osuus

²Kaikki muut onnettomuusluokat kuin jalankulku, pyöräily, mopo- ja eläinonnettomuudet

Onnettomuusriskin vaihtelua parhaiten kuvaavaksi osoittautui malli, jossa vakio-termillä kerrotun altistuksen ($e^{-9,411}$ x liittymään viidessä vuodessa saapuvien autojen määrä tuhansina autoina) lisäksi onnettomuusmäärän selittäjänä oli sivutieltä liittymään saapuvien autojen osuudesta riippuva suhteellisen riskin kerroin (erikseen T- ja X-liittymille, (Kuva 17) sekä liittymään vuorokaudessa saapuvien autojen määrästä riippuva kerroin (Kuva 18) ja mahdollisten kääntymiskaistojen olemassaolosta riippuva kerroin: 1,15, jos kääntymiskaista vasemmalle kääntyville, 0,92, jos kääntymiskaista oikealle kääntyville ja 1,23, jos kääntymiskaistat on sekä vasemmalle että oikealle kääntyville. Onnettomuusmäärän ennuste kullekin liittymälle saadaan em. tekijöiden tulona (vakio x altistus x suhteellinen riski sivutien osuudesta x suhteellinen riski vuorokaudessa saapuvien autojen määrästä x suhteellinen riski kääntymiskaistoista). Malli selitti 49,8 % hvj-onnettomuuksien systemaattisesta vaihtelusta.



Kuva 17. Sivutien liikennemäärän osuuden vaikutus kaikkien hvj-onnettomuuksien riskiin T- ja X-liittymissä.



Kuva 18. Liittymään vuorokaudessa saapuvien autojen vaikutus kaikkien hvj-onnettomuuksien riskiin T- ja X-liittymissä.

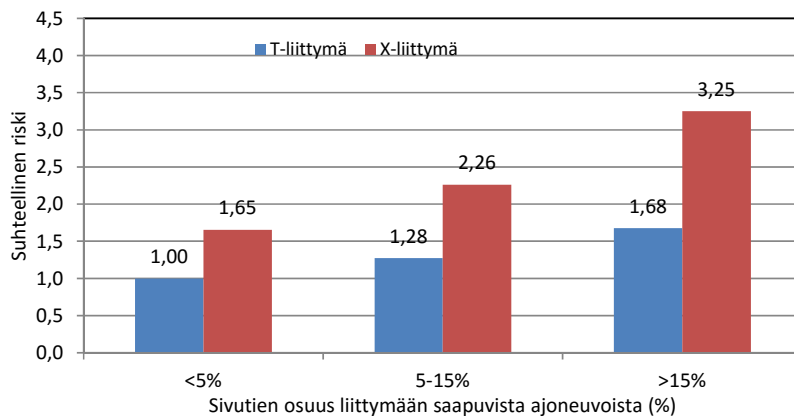
Malli sisälsi tarkastelussa olevista muuttujista kaikki tilastollisesti (vähintään 90 % varmuudella) merkitsevät muuttujat ja siitä voidaan päätellä, että:

- hvj-onnettomuuksien riski saapuvien autojen määrää kohti on suurempi X- kuin T-liittymissä, riippumatta sivutieltä saapuvien autojen osuudesta
- riski on sitä suurempi, mitä suurempi on sivutieltä saapuvien autojen osuus, mutta sivutien osuuden vaikutus on hieman erilainen T- ja X-liittymissä; X-liittymissä riskit kohoavat yli 15 % sivutien osuudella vielä enemmän kuin T-liittymissä
- saapuvien autojen määrää kohti laskettu riski pienenee liittymään saapuvien autojen määrän kasvaessa
- kääntymiskaista vasemmalle kääntyville ja varsinkin kääntymiskaistat vasemmalle sekä oikealle kääntyville ovat yhteydessä kohonneisiin hvj-riskihin. Kääntymiskaista oikealle kääntyville näyttäisi puolestaan olevan yhteydessä alentuneisiin riskeihin (-8%), mutta kyseinen ero ei ole tilastollisesti merkitsevä (katso liite 3).
- seuraavilla muuttujilla ei ollut mallissa jo olevien lisäksi tilastollisesti merkitsevää vaikutusta riskiin: toiminnallinen tieluokka, tieluokka (merkitsevät/muu tie), automaattinen nopeusvalvonta ja taajama sekä T-liittymien väistötie.

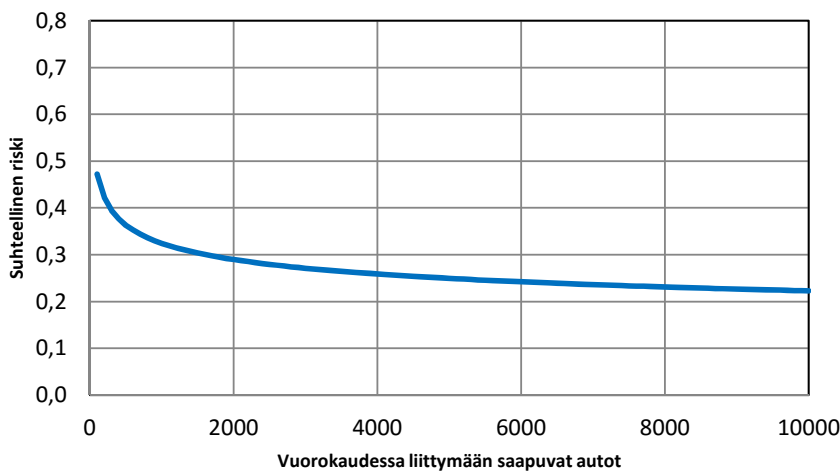
Onnettomuusluokitteiset mallit

Kaikkien hvj-onnettomuuksien määrän lisäksi laadittiin onnettomuusmalli erikseen suojaamattoman liikenteen onnettomuuksille (jalankulku-, polkupyörä-, mopo-onnettomuudet) sekä auto-onnettomuuksille (kaikki muut kuin suojaamattoman liikenteen ja eläinonnettomuudet).

Auto-onnettomuuksien malli vastasi melko tarkasti edellä kuvattua kaikkien onnettomuuksien mallia. Kaikkien onnettomuuksien kertoimiin verrattuna vakiotermi oli hieman suurempi ($e^{-9,039}$ vs. $e^{-9,234}$) ja suhteellisen riskin arvot vastaavasti pääosin hieman pienempiä (Kuva 19, Kuva 20), mutta mahdollisten kääntymiskaistojen olemassaolosta riippuvat kertoimet suurempia: 1,25, jos kääntymiskaista vasemmalle kääntyville, 1,06, jos kääntymiskaista oikealle kääntyville ja 1,43 jos kääntymiskaistat sekä vasemmalle että oikealle kääntyville. Malli selitti 46,5 % auto-onnettomuuksien systemaattisesta vaihtelusta. Johtopäätökset auto-onnettomuuksista ovat hyvin samankaltaisia kuin kaikista onnettomuuksista, mikä on sikäli luonnollista, että valtaosa onnettomuuksista oli auto-onnettomuuksia (Taulukko 35).



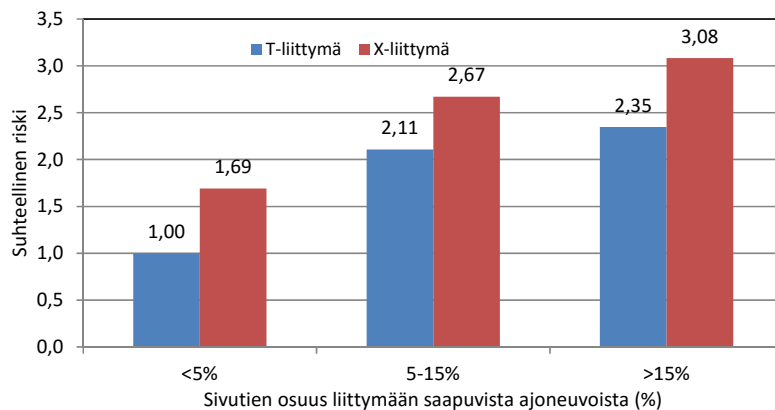
Kuva 19. Sivutien liikennemäärän osuuden vaikutus auto-onnettomuuksien riskiin T- ja X-liittymissä.



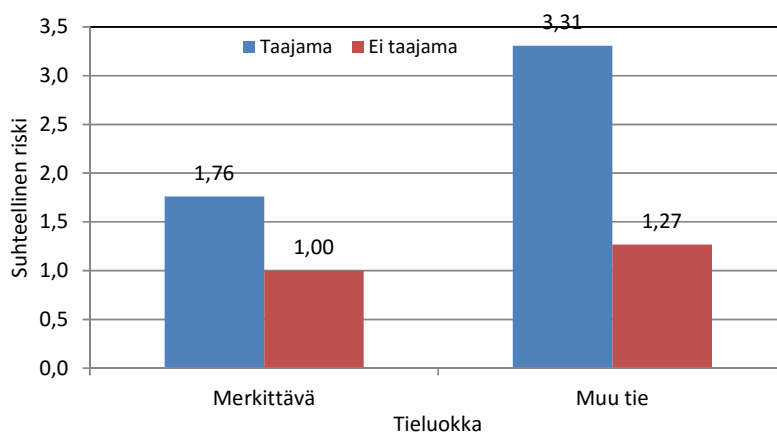
Kuva 20. Liittymään vuorokaudessa saapuvien autojen määrän vaikutus auto-onnettomuuksien riskiin T- ja X-liittymissä.

Liittymään vuorokaudessa saapuvien autojen määrä ei selittänyt **jalankulku-, polkupyörä- ja mopo-onnettomuuksien määrää** samalla tavalla kuin auto-onnettomuuksien määrää. Onnettomuusmäärän malliin tuli vakiotermillä kerrotun altistuksen ($e^{-12,261}$ x liittymään viidessä vuodessa saapuvien autojen määrä tuhansina autoina) lisäksi sivutien osuudesta riippuva suhteellisen riskin kerroin erikseen T- ja X-liittymille (Kuva 21) sekä tieluokasta riippuva taajaman vaikutuskerroin (Kuva 22).

Malli selitti 38,7 % suojaamattoman liikenteen hvj-onnettomuuksien systemaattisesta vaihtelusta.



Kuva 21. Sivutien osuuden vaikutus jk, pp- ja mopo-onnettomuuksien riskiin T- ja X-liittymissä.



Kuva 22. Tieluokasta riippuva taajaman vaikutus jk, pp- ja mopo-onnettomuuksien riskiin T- ja X-liittymissä yhteensä. Merkittäviksi on katsottu pääteiden ja vilkkaiden seututeiden liittymät.

Jalankulku- polkupyörä- ja mopo-onnettomuuksien mallista voidaan päätellä, että:

- onnettomuuksien riski saapuvien autojen määrää kohti on hieman suurempi X- kuin T-liittymissä, riippumatta sivutieltä saapuvien autojen osuudesta
- riski on sitä suurempi, mitä suurempi on sivutieltä saapuvien autojen osuus
- saapuvien autojen määrää kohti laskettu riski on suurempi muilla kuin merkittävillä teillä ja taajamissa maaseutua suurempi. Taajaman vaikutus on keskimääräistä suurempi muilla kuin merkittävillä teillä
- seuraavilla muuttujilla ei ollut mallissa jo olevien lisäksi tilastollisesti merkitsevää vaikutusta riskiin: toiminnallinen tieluokka, automaattinen nopeusvalvonta ja vuorokaudessa liittymään saapuvien autojen määrä sekä T-liittymien väistötila.

6.2 Kuolemat

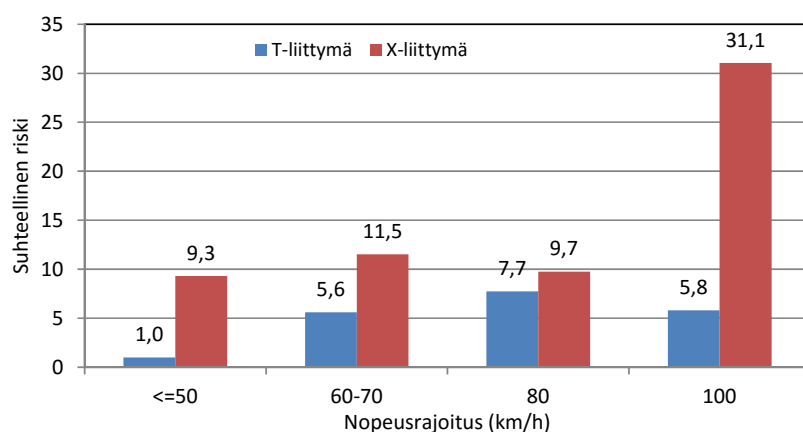
T- ja X-liittymissä tapahtuneiden kuolemien lukumäärä on mallinnuksen kannalta suhteellisen pieni, 112 kuolemaa vuosina 2011–2015 (Taulukko 36). Lisäksi yhdessä onnettomuudessa voi kuolla useampia henkilöitä, mikä ei ole mallinnuksessa käytetyn jakauma-oletuksen mukaista. Liittymäkuolemien kokonaismäärää päätettiin kuitenkin mallintaa, koska kuolemien ja hvj-onnettomuuksien jakautumien mahdolliset erot ovat tienpidon kannalta tärkeitä tietoja.

Taulukko 36. Mallinnuksessa mukana olevien kuolemien määrä vuosilta 2011–2015 liittymähaarojen lukumäärän ja nopeusrajoituksen mukaan.

Liittymähaaroja	Nopeusrajoitus	Kuolleet		
		Auto ¹	Jk, Pp, Mopo	Yhteensä
3	≤50 km/h	0	2	2
	60-70 km/h	13	6	19
	80 km/h	35	7	42
	100 km/h	9	4	13
	Yhteensä	57	19	76
4	≤50 km/h	3	0	3
	60-70 km/h	8	1	9
	80 km/h	8	2	10
	100 km/h	14	0	14
	Yhteensä	33	3	36

¹Kaikki muut onnettomuudet kuin jalankulku, pyöräily, mopo- ja eläinonnettomuudet

Kuolemanriskin vaihtelua parhaiten kuvaavaksi osoittautui malli, jossa vakiotermillä kerrotun altistuksen ($e^{-14,557} \times$ liittymään viidessä vuodessa saapuvien autojen määrä tuhansina autoina) lisäksi onnettomuusmäärän selittäjänä oli vain nopeusrajoituksesta riippuva suhteellisen riskin kerroin (erikseen T- ja X-liittymille, Kuva 23). Kuolemien määrän ennuste kullekin liittymälle saadaan em. tekijöiden tulona (vakio \times altistus \times suhteellinen riski nopeusrajoituksesta). Malli selitti 31,7 % kuolemien määrän systemaattisesta vaihtelusta.

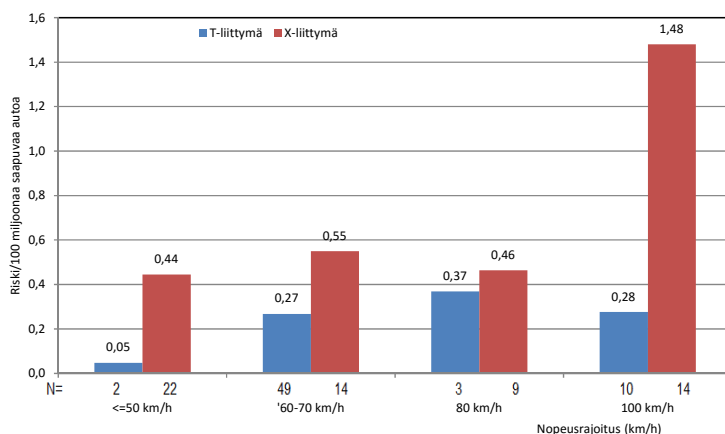


Kuva 23. Nopeusrajoituksen vaikutus kuolemanriskiin T- ja X-liittymissä.

Kuolemien määrän mallista voidaan päätellä, että:

- kuoleman riski saapuvien autojen määrää kohti on suurempi X- kuin T-liittymissä, riippumatta nopeusrajoituksesta
- T-liittymissä kuolemanriski on suurin nopeusrajoituksella 80 km/h, mutta X-liittymissä nopeusrajoituksella 100 km/h on erityisen suuri suhteellinen riski
- seuraavilla muuttujilla ei ollut mallissa jo olevien lisäksi tilastollisesti merkitsevää vaikutusta riskiin: liittymään vuorokaudessa saapuvien autojen määrä, sivutieltä saapuvien autojen osuus, toiminnallinen tieluokka, tieluokka (merkitsevät/muu tie), automaattinen nopeusvalvonta ja taajama.

Koska kuolemanriski näyttäisi mallin mukaan olevan koholla erityisesti X-liittymissä, joissa on 100 km/h nopeusrajoitus, tarkastelimme kuolemanriskin vaihtelua nopeusrajoituksen mukaan T- ja X-liittymissä (Kuva 24). X-liittymissä kuolemanriski saapuvien autojen määrää kohti oli 100 km/h rajoituksella 1,48 sataa miljoonaa liittymään saapuvaa ajoneuvoa kohti, kun se X-liittymien alemmilla nopeusrajoituksilla oli keskimäärin 0,49. Kaikissa T-liittymissä kuolemanriski oli keskimäärin 0,28 ja kiertoliittymissä 0,12 kuolemaa sataa miljoonaa liittymään saapuvaa ajoneuvoa kohti. Neliharaliittymän 100 km/h rajoituksella oli noin viisinkertainen kuolemanriski vastaavaan T-liittymien riskiin nähden.



Kuva 24. Kuolemanriski nopeusrajoituksen mukaan T- ja X-liittymissä vuosina 2011–2015. Pylväiden alapuolella olevat luvut (N) osoittavat, kuinka moneen kuolemantapaukseen kukin riski perustuu.

X-liittymissä nopeusrajoituksella 100 km/h tapahtuneiden onnettomuuksien määrä (14 vuosina 2011–2015) on suhteellisen pieni luotettavien johtopäätösten tekoon, mutta onnettomuustyyppijakauma antaa viitteitä siitä, ettei nopeusrajoituksen lisäksi ole yhtä yksittäistä syytä, joka poistaisi turvallisuusongelman:

- ajo risteäviä ajosuuntia suoraan, 3 kuollutta
- peräänajo jarruttavaan ajoneuvoon, 2 kuollutta
- törmäys oikeassa reunassa olevaan pysäköityyn ajoneuvoon, 2 kuollutta
- kohtaaminen kaarteessa, 1 kuollut
- kohtaaminen suoralla, 1 kuollut
- kääntyminen vasemmalle toisen eteen tai kylkeen, 1 kuollut
- kääntyminen vasemmalle vastaantulevan eteen tai kylkeen, vastakkainen ajosuunta, 1 kuollut
- kääntyminen vasemmalle vastaantulevan eteen tai kylkeen, risteävä ajosuunta, 1 kuollut
- muu risteämisonnettomuus - ei kääntymisiä, 1 kuollut
- muu törmäys käännäytessä vasemmalle, 1 kuollut.

7 Tulosten tarkastelu ja johtopäätökset

Tasoliittymien turvallisuutta koskeva kirjallisuuskatsaus osoitti, että Kulmalan (1995) väitöskirjan jälkeen ei kansainvälisestikään ole tehty tutkimuksia, jotka muuttaisivat olennaisesti käsitystä liittymien turvallisuuteen vaikuttavista tekijöistä. Tasoliittymän onnettomuusmäärän kannalta olennaisimmat tekijät ovat liittymään saapuvien ajoneuvojen määrä ja liittymätyyppi. Kiertoliittymien turvallisuus on osoitettu lukuisissa tutkimuksissa ja T-liittymät ovat X-liittymiä turvallisempia. Lisäksi sivutieltä saapuvien autojen osuuden kasvu näyttäisi yhä olevan yksi tärkeimpiä tekijöitä, jotka vaikuttavat henkilövahinko-onnettomuuksien riskiin liittymään saapuvien autojen määrää kohti.

Liittymäonnettomuuksien määritelmä

Liittymäonnettomuuksien oikea määritelmä näyttää yhä olevan ratkaisematon kysymys. Poliisi kirjaa liittymäonnettomuuksiksi eri maissa noin 20–40 % onnettomuuksista. Turvallisuuden vaikutusarviointiin tarkoitettun Tarva-työkalun tietokannassa liittymäonnettomuuksiksi tulkitaan *enintään 30 metrin etäisyydellä liittymäpisteestä tapahtuneet, henkilövahinkoon johtaneet onnettomuudet, joissa onnettomuusluokka on kääntyminen, risteäminen, peräänajo, jalankulku, polkupyörä tai mopo-onnettomuus*. Tällä määritelmällä liittymäonnettomuuksien osuus on vain noin 9 % maanteiden onnettomuuksista. Tässä tutkimuksessa liittymäonnettomuudeksi tulkittiin *henkilövahinkoon johtanut muu kuin eläinonnettomuus, joka on tapahtunut enintään 100 metrin etäisyydellä taajamassa olevasta liittymästä tai enintään 200 metrin etäisyydellä taajaman ulkopuolella olevasta liittymästä*. Tällä määritelmällä tasoliittymäonnettomuuksien osuus on vähintään 15 % maanteiden onnettomuuksista. Näiden määritelmien lisäksi Suomessa on käytetty ainakin 100 metrin rajaa liittymäonnettomuuksille ja karsittu pois onnettomuudet, jotka eivät vaikuttaneet liittymäonnettomuuksilta (Tiehallinto 2000).

Onnettomuuskustannukset eri liittymätyypeillä

Liittymätyyppien välillä näyttäisi olevan huomattavia eroja henkilövahinkojen mutta varsinkin kuolemien määrässä liittymään saapuvien autojen määrää kohti. Onnettomuuskustannukset yhtä liittymään saapuvaa autoa kohti ovat pienimpiä kiertoliittymissä (2,2 senttiä), seuraavaksi pienimpiä T-liittymissä (3,0 senttiä) ja suurimpia X-liittymissä (5,4 senttiä).

Turvallisuuden vaikuttavia tekijöitä eri liittymätyypeillä

Kiertoliittymien turvallisuutta tarkasteltiin tierekisteritietojen perusteella, mutta täydentäen niitä karttataarkasteluilla ja aikaisemmasta tutkimuksesta saatujen saapuvien autojen keskimääräistä osuutta katuhaaroilla koskevilla tiedoilla. Kirjallisuuden sekä nyt saatujen tulosten perusteella kiertoliittymien hvj-onnettomuuksien, mutta erityisesti kuolemien riskit ovat pienempiä kuin T-liittymissä ja olennaisesti pienempiä kuin X-liittymissä. Kiertoliittymiä on käytetty lähinnä taajamamaisissa olosuhteissa, mikä osaltaan vaikuttaa onnettomuuskustannusten eroihin.

Onnettomuusmallinnuksesta saadut tulokset vahvistivat aiempia käsityksiä siitä, että sivutien liikennemääräosuuden kasvaessa hvjo-onnettomuuksien riskit kohoavat sekä T- että X-liittymissä – sekä autoliikenteen että ns. suojattoman liikenteen (jk, pp, mopo) osalta. Sen sijaan suojattoman liikenteen riski ei pienene liittymään saapuvien autojen lukumäärän kasvaessa, kuten tapahtuu autoliikenteen onnettomuuksille. Suo-

jattoman liikenteen riskit ovat koholla erityisesti alemmalla tieverkolla ja taajamissa – sekä T-, että X-liittymissä.

Kuolemanriskin eroja selittävät lähinnä liittymätyyppi (T vs. X) sekä nopeusrajoitus. Mallinnuksessa huomiota kiinnittivät erityisesti 100 km/h nopeusrajoitusalueella olevat X-liittymät, joissa kuolemanriski oli kolminkertainen verrattuna X-liittymiin muilla nopeusrajoituksilla. Tämä siitä huolimatta, että yleensä ottaen 100 km/h tiet ovat niin korkealuokkaisia, että niiden kuolemanriskit ovat jopa pienempiä kuin 80 km/h rajoituksilla (Salenius 2012) ja tässä tutkimuksessa hvjo-onnettomuuksien riskit X-liittymissä olivat 100 km/h rajoituksella pienempiä kuin 80 km/h rajoituksella (5,5 vs. 7,8). Onnettomuudet X-liittymien 100 km/h nopeusrajoituksilla näyttäisivät siis johdettavan poikkeuksellisen usein kuolemaan.

Porrastukset

Neliharaliittymän porrastamisen vaikutusta onnettomuusriskiin tarkasteltiin vertaamalla kahden lähellä toisiaan sijaitsevan T-liittymän liittymäjärjestelyjen ja vastaavanlaisten X-liittymien hvj-onnettomuusriskiä. Tarkastelutavasta johtuen kahden T-liittymän onnettomuusmäärä koostuu vastaavia X-liittymiä hieman pidemmältä tiepituudelta – mutta silti onnettomuuskustannukset saapuvien autojen määrää kohti olivat alhaisempia porrastetuissa liittymissä kuin X-liittymissä. Tämä johtui T-liittymien pienemmistä kuolemanriskeistä saapuvien autojen määrää kohti. Vertailu ei anna uutta tietoa siitä, millaisissa tapauksissa porrastaminen on turvallisuuden vuoksi perusteltua. Vasen–oikea-porrastuksissa hvj-onnettomuuksien riski näyttäisi olevan selvästi vastaavaa oikea–vasen-porrastusten riskiä pienempi, mutta kuolemanriskin osalta tilanne on päinvastainen. Nämä erot voivat selittyä satunnaisvaihtelun lisäksi eri porrastustapojen erilaisista käyttökohteista.

Tulosten tulkinnasta

Toisin kuin Kulmalan (1995) väitöskirja, tämä selvitys ei sisältänyt kontrolloituja ennen-jälkeen vertailuja, mistä syytä pitää ottaa huomioon, että:

- vaikka ristiintaulukoinneissa onnettomuusriskejä ja kustannuksia tarkastellaan yksi muuttuja kerrallaan, onnettomuusriskit ovat monien tekijöiden yhdysvaikutuksia. Esimerkki 1: kiertoliittymiä käytetään suhteellisesti useammin alhaisilla nopeusrajoituksilla ja alemmalla tieverkolla kuin T- ja X-liittymiä. Nämä olosuhteet ovat yleisesti ottaen yhteydessä keskimääräistä suurempiin hvj-onnettomuuksien riskeihin mutta keskimääräistä pienempiin kuolemanriskeihin. Esimerkki 2: alennetun nopeusrajoituksen, automaattisen nopeusvalvonnan, porrastuksen ja liittymän kanavoinnin toteutuksen perusteena on usein huono turvallisuustilanne. Siksi näiden ratkaisujen yhteydestä keskimääräistä suurempiin onnettomuusriskeihin ei voida päätellä sitä, että ne eivät olisi parantaneet turvallisuutta – riskit olisivat vielä suurempia ilman niitä.
- myös onnettomuusmallinnuksessa havaittuja yhteyksiä tulee tulkita varovaisesti, koska ne eivät kuvaa syy–seuraus-suhdetta. Esimerkiksi liittymissä, joissa on kääntymiskaistat sekä vasemmalle että oikealle, havaitut keskimääräistä korkeammat hvj-onnettomuuksien riskit saapuvien ajoneuvojen määrää kohti voivat olla seurausta kääntyvien autojen suuresta määrästä, eivätkä riskit ole välttämättä lisääntyneet kääntymiskaistojen vuoksi – vaan kääntymiskaistoja on tehty riskien vuoksi.

Maanteiden tasoliittymien turvallisuuskehityksestä

Vertailtaessa liittymään saapuvien autojen riskejä liittymään saapuvien autojen määrää kohti tässä selvityksessä ja Kulmalan väitöskirjassa, tulee ottaa huomioon, että maanteiden yleinen liikenneturvallisuustilanne on muuttunut huomattavasti lähes kolmessakymmenessä vuodessa. Esimerkiksi vuosista 1983–1987 vuosiin 2011–2015 kaikkien Suomen maanteiden hvj-onnettomuuksien riski ajoneuvokilometriä kohti on pienentynyt 59 % vastaava kuolemanriski 70 %. Lisäksi tässä selvityksessä liittymä-onnettomuuksien määritelmä kattaa taajamissa enintään 100 metrin etäisyydellä liittymän keskipisteestä tapahtuneet onnettomuudet, kun raja Kulman väitöskirjassa oli 200 metriä. Taajamien ulkopuolella määrittelyt ovat samanlaisia, enintään 200 metrin etäisyydellä liittymästä tapahtuneet onnettomuudet onnettomuusluokasta riippumatta – lukuun ottamatta sitä, että toisin kuin Kulmalan tutkimuksessa, tämän selvityksen ulkopuolelle jätettiin eläinonnettomuudet.

Poliisin liittymissä tapahtuneiksi kirjaamien onnettomuuksien osuus näyttäisi jonkin verran pienentyneen vuodesta 2009 alkaen (Kuva 8), mutta sen syitä tai kohdentumista ei tiedetä. Karkeasti arvioiden hvj-onnettomuuksien riski ajoneuvokilometrien määrää kohti on selvityksessä mukana olevissa liittymissä kaksinkertainen maanteiden linjaosuuksien riskiin verrattuna. Tämä suhde vastaa hyvin Kulmalan (1995) vastaavaa arviota. Niinpä ei ole syytä olettaa maanteiden tasoliittymien ja linjaosuuksien suhteellisessa turvallisuudessa tapahtuneen huomattavia muutoksia viimeisten kolmenkymmenen vuoden aikana.

Jatkotutkimustarpeet

Tässä selvityksessä ei voitu mennä yksityiskohtiin kaikissa mielenkiintoa herättäneissä havainnoissa. Jatkotarkasteluja suositellaan tehtäväksi ainakin seuraavista asioista:

- X-liittymien suuret kuolemanriskit erityisesti 100 km/h nopeusrajoituksella ja yleisemmin mahdollisuudet vähentää turvattomien X-liittymien määrää
- liittymän kääntymiskaistojen vaikutus erityyppisiin hvj-onnettomuuksiin, koska kääntymiskaistat näyttäisivät olevan yhteydessä korkeampiin onnettomuusasteisiin, vaikkakaan ei korkeampiin kuolemanasteisiin
- väistötilan turvallisuusvaikutuksista ei saatu selkeätä näyttöä ja tuloksiin saattavat vaikuttaa tekijät, joita ei tässä tutkimuksessa saatu kontrolloitua, mutta huolestuttavalta vaikuttaa se, että kuolemanriskit ovat puolet (51 %) suurempia väistötilallisissa kuin väistötilattomissa T-liittymissä
- jalankulkijoiden, pyöräilijöiden ja mopoilijoiden turvallisuutta liittymissä tulisi tarkastella menetelmillä, joilla voidaan ottaa huomioon niiden suorite
- vuoden 2014 onnettomuuksista alkaen käytettävissä olevat vakavat loukkautumiset tuovat arvokasta lisätietoa liittymäratkaisujen vaikutuksesta vakavien henkilövahinkojen määriin.

Lähteet

Brüde, U. ja Larsson, J. 1987. Förskjutna 3-vägs korsningar på landsbygd. Effekt på trafiksäkerhet. VTI-meddelande 544. Statens väg- och trafikinstitut (VTI), Linköping.

Bared, J. ja Kaiser, E. 2001. Advantages of offset T-intersections with guidelines. *Traffic Safety on three continents*. Moscow, Russia.

Harwood, D., Bauer, K., Potts, I., Torbic, D., Richard, K., Rabbani, E.R.K, Hauer, E., Elefteriadou, L., ja Griffith, M. 2003. Safety effectiveness of intersection left- and right-turn lanes. *Journal of the Transportation Research Board*, 1840, 131-139.

Häkkänen, A., 2016. Maanteiden perusverkon eritasoliittymien turvallisuus. Liikennevirasto. Opinnäytetyö 16/2016. 86 s. + liitt.

Jørgensen, E., Jørgensen, N.O. 2002. Trafiksikkerhed i rundkørsler i årene 1991-1996. Rapport 235, Vejdirektoratet.

Kulmala, R. 1995. Safety at rural three- and four-arm junctions. Development and application of accident prediction models. VTT Publications 233. Espoo, Finland.

Liikennevirasto. 2015. Tie- ja rautatieliikenteen hankearvioinnin yksikköarvot 2013. Liikenneviraston ohjeita 1/2015.

Liikennevirasto 2016a. Tietilasto 2015. Liikenneviraston tilastoja 6/2016.

Liikennevirasto. 2016b. TIIRA, Liikenneviraston extranet-portaalista ladatut onnettomuustiedot.

Liimatainen, A. (Liikenneviraston liikennetekniikan asiantuntija) 2016. Sähköpostiviesti Harri Peltolalle 14.9.2016.

Montonen, S. 2008. Kiertoliittymien turvallisuus. Tiehallinnon selvityksiä 8/2008. Helsinki. Tiehallinto.
http://alk.tiehallinto.fi/julkaisut/pdf/3201089-v_kiertoliittymien_turvallisuus.pdf

Odberg, T.A. 2000. Experiences with roundabouts in the Vestfold region, Accidents Traffic Behaviour and Geometric Design. VTI konferens 15 A 2001.

Paaso, A. 2016. Kiertoliittymät pääteillä. Liikennevirasto. Opinnäytetyö 16/2016. 108 s. + liitt.

Peltola, H., Rajamäki, R. 2004. Liikenneturvallisuus yleisillä teillä vuosina 1997–2001. Tieryhmittäisiä tarkasteluja. Tiehallinnon selvityksiä; 7/2004. Helsinki.
http://alk.tiehallinto.fi/julkaisut/pdf/3200857-vliikenneturvallisuus_yleisilla_teilla_1997-2001.pdf

Rajamäki, R. 2008. Väistötilan ja pääsuunnan kääntymiskaistojen vaikutus liikenneturvallisuuteen. Helsinki 2008. Tiehallinto.

Rajamäki, R. 2016. Suullinen tiedonanto.

Salenius, S. 2012. Liikenneturvallisuuden analysointi - maanteiden onnettomuudet vuosina 2001-2010. Diplomityö. Aalto yliopisto, Insinööritieteiden korkeakoulu. Espoo. 158 + 33 s. <http://lib.tkk.fi/Dipl/2012/urn100622.pdf>

Tilastokeskus 2016. Tieliikenneonnettomuustilasto. Tutkimuskäyttöön Tilastokeskukselta hankittu aineisto.

Tiehallinto. 2000. Kiertoliittymien turvallisuus. Helsinki. Tiehallinto. <http://alk.tiehallinto.fi/thohje/pdf/3200613kiertoliitturv.pdf>

Tiehallinto. 2001. Tasoliittymät, Suunnitteluvaiheen ohjaus. Helsinki. Tiehallinto. http://alk.tiehallinto.fi/thohje/pdf/tasoliittymat_ohje.pdf

Tiehallinto. 2002. Pääteiden liittymästandardi. Helsinki. Tiehallinto. <http://alk.tiehallinto.fi/s12/htdocs/photo/julkaisut/4000320.pdf>

Toorikka, S. 2015. Liikenneturvallisuukselvitys, Turvasarakkeella varustetut liittymät. Opinnäytetyö. Lahden ammattikorkeakoulu, Ympäristötekniikan koulutusohjelma. 55 s+ 36 s.

Trafikanalys. 2016. Vägtrafikskador 2015. http://www.trafa.se/globalassets/statistik/vagtrafik/vagtrafikskador/vaegtrafikskador_2015.pdf

Trafikanalys. 2016. Vägtrafikskador 2015. Stockholm, Sverige. http://www.trafa.se/globalassets/statistik/vagtrafik/vagtrafikskador/vaegtrafikskador_2015.pdf

Trafikanalys. 2015. Vägtrafikskador 2014. Stockholm, Sverige. http://www.trafa.se/globalassets/statistik/vagtrafik/vagtrafikskador/vaegtrafikskador_2014.pdf

Trafikanalys. 2014. Vägtrafikskador 2013. Stockholm, Sverige. http://www.trafa.se/globalassets/statistik/vagtrafik/vagtrafikskador/vaegtrafikskador_2013.pdf

Trafikanalys. 2013. Vägtrafikskador 2012. Stockholm, Sverige. http://www.trafa.se/globalassets/statistik/vagtrafik/vagtrafikskador/vaegtrafikskador_2012.pdf

Trafikanalys. 2012. Vägtrafikskador 2011. Stockholm, Sverige. http://www.trafa.se/globalassets/statistik/vagtrafik/vagtrafikskador/vaegtrafikskador_2011.pdf

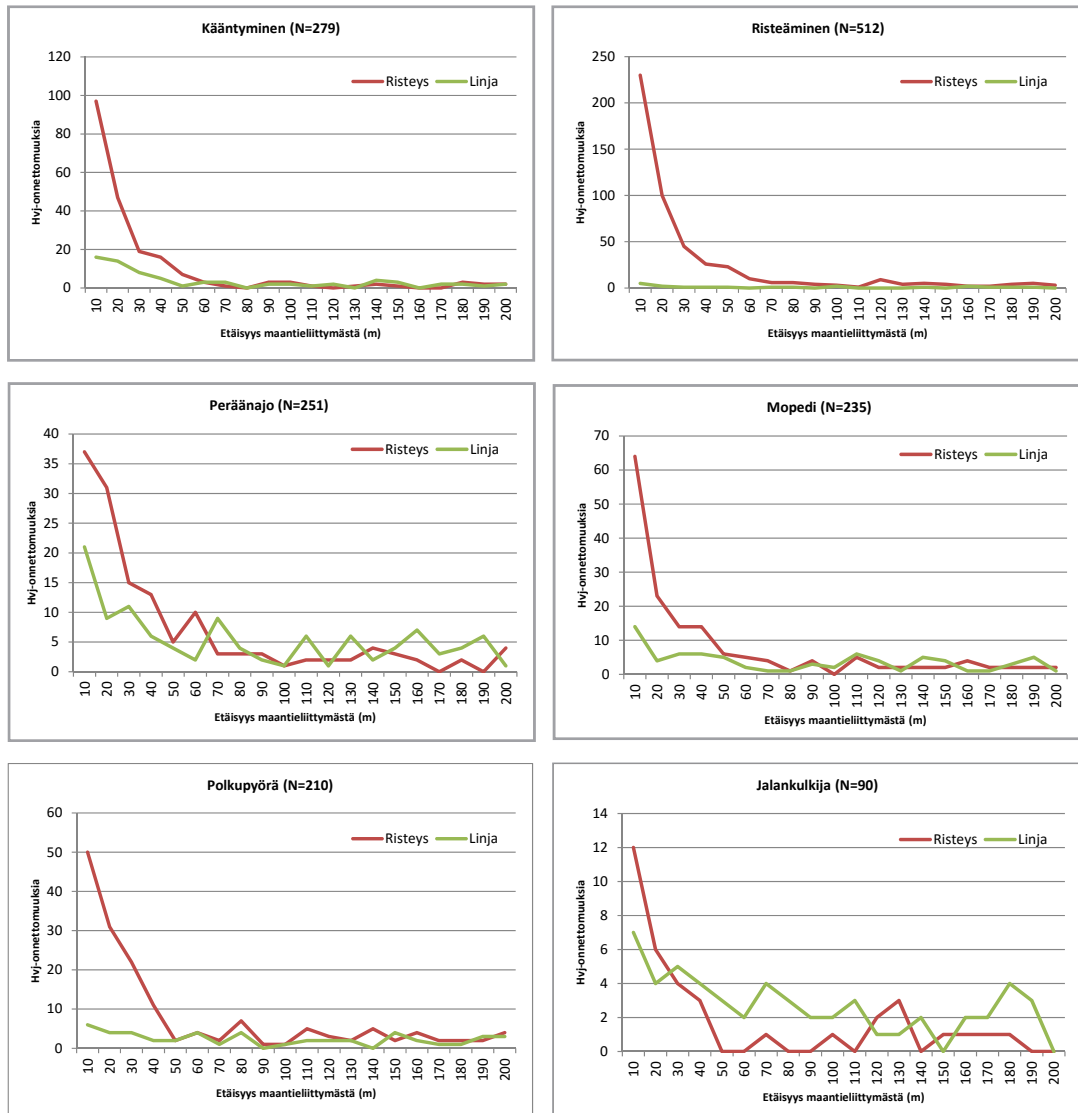
Trafikanalys. 2011. Vägtrafikskador 2010. Stockholm, Sverige. http://www.trafa.se/globalassets/statistik/vagtrafik/vagtrafikskador/vaegtrafikskador_2010.pdf

Vegdirektoratet. 2015. Drepte i vegtrafikken. Årsrapport 2014. <http://www.asapmedia.no/pdf/15-0218-arsrapport-trafikkulykker-2014.pdf>

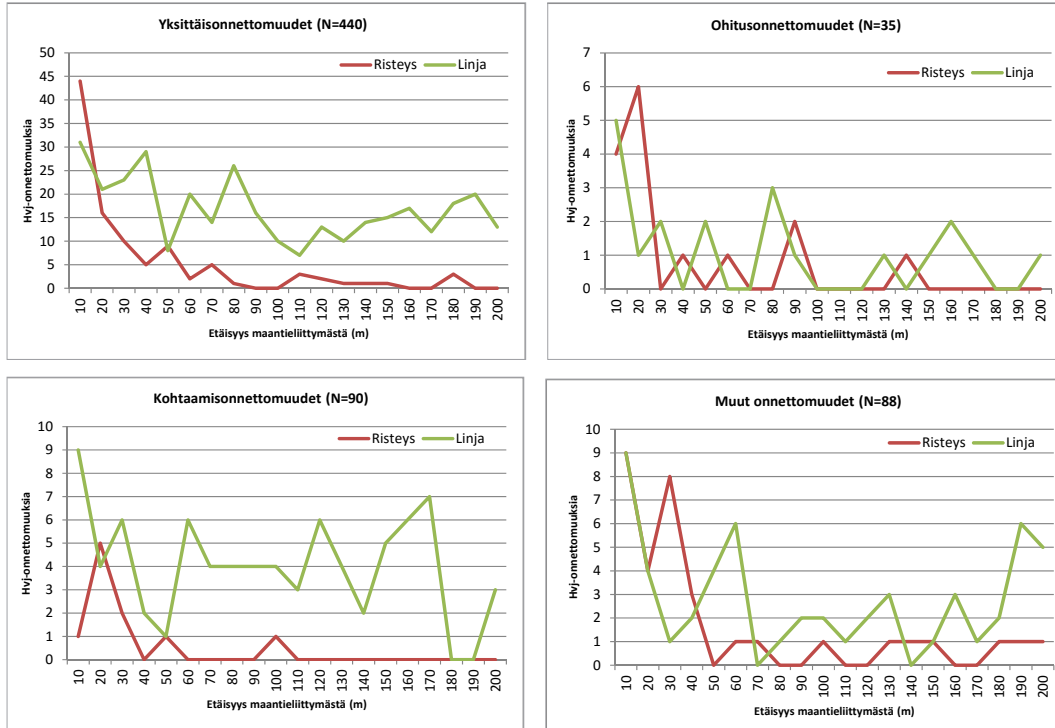
Vejdirektoratet. 2016 http://vejdirektoratet.dk/DA/viden_og_data/statistik/ulykkestal/%C3%85rsstatistik/Sider/Interaktiv-%C3%85rsstatistik.aspx

VTI. 2000. Korsningar – en kunskapsöversikt.

Poliisin kirjaukset liittymätiedosta eri etäisyyksillä maanteliittymistä



Kuva 1. Poliisin risteys- ja linjaonnettomuuksiksi kirjaamien onnettomuuksien määrä eri etäisyyksillä maanteliittymästä onnettomuusluokilla, jotka tapahtuvat tyypillisesti liittymässä. Tarkastelussa ovat mukana vain enintään 200 metrin etäisyydellä maanteliittymästä tapahtuneet maanteidenhenkilövahinko-onnettomuudet ilman eläinonnettomuuksia vuosilta 2011–2014 (Liikennevirasto 2016b).



Kuva 2. Poliisin risteys- ja linjaonnettomuuksiksi kirjaamien onnettomuuksien määrä eri etäisyyksillä maanteliittymästä onnettomuusluokilla, jotka tapahtuvat tyypillisesti liittymien ulkopuolella. Tarkastelussa ovat mukana vain enintään 200 metrin etäisyydellä maanteliittymästä tapahtuneet maanteiden henkilövahinko-onnettomuudet ilman eläinonnettomuuksia vuosilta 2011–2014 (Liikennevirasto 2016b).

T- ja X-liittymät valo-ohjauksen mukaan

Taulukko 1. Maanteiden keskinäiset T- ja X-liittymät ja niiden onnettomuudet vuosina 2011–2015 muuttumattomina pysyneillä maanteillä valo-ohjauksen mukaan, ilman eläinonnettomuuksia.

Liittymätyyppi	Liitty- miä, kpl	Hvjo/ 5v.	Hvjo/ 100liitt/v	Kuolleet /5v.	Kuoll./ 100liitt/v	Saapu- ¹ vat/vrk	Riski/100 milj. saap. ²		Onnett. ³ kust/saap
							Hvjo	Kuolema	
T-liittymä:									
Ei liikennevaloja	8409	1426	3,4	76	0,18	1722	5,4	0,29	3,1
On liikennevalot	32	43	26,9	0	0,00	15925	4,6	0,00	2,0
Yhteensä	8441	1469	3,5	76	0,18	1776	5,4	0,28	3,0
X-liittymä:									
Ei liikennevaloja	802	424	10,6	33	0,82	3344	8,7	0,67	5,4
On liikennevalot	18	39	43,3	3	3,33	15830	7,5	0,58	4,7
Yhteensä	820	463	11,3	36	0,88	3615	8,6	0,67	5,4

¹Yhteen liittymään vuorokaudessa keskimäärin saapuvien autojen määrä

²Riski sataa miljoonaa liittymään saapuvaa autoa kohti

³Onnettomuuskustannukset, senttiä/liittymään saapuva ajoneuvo

Onnettomuusmallit

1. Kaikkien hvj-onnettomuuksien malli

Muuttuja ja sen arvo	B ¹⁾ , kerroin mallissa	Std. Error	Interval		Hypothesis Test			Muuttujan ³⁾ vaikutuskerroin (yleensä e ^B)
			Lower	Upper	Wald Chi-Square	df	Sig. ²⁾	
Vakio	-9,234	,2011	-9,628	-8,840	2109,432	1	,000	0,000098
X, >15%	1,227	,0895	1,052	1,403	188,163	1	,000	3,41
X, 5-15%	,858	,1076	,647	1,069	63,541	1	,000	2,36
X, <5%	,504	,0939	,320	,688	28,851	1	,000	1,66
T, >15%	,648	,0660	,519	,777	96,375	1	,000	1,91
T, 5-15%	,376	,0681	,243	,510	30,531	1	,000	1,46
T, <5%	,000	.	.	.	.	.	.	1,00
Vasen kanavoitu	,140	,0833	-,023	,303	2,821	1	,093	1,15
Oikea kanavoitu	-,081	,1111	-,298	,137	,528	1	,467	0,92
Vasen+Oikea kanavoitu	,207	,0906	,030	,385	5,243	1	,022	1,23
Ei kanavointia	0	.	.	.	.	.	.	1,00
ln(Saapuvat/vrk)	-0,119	,0212	-,122	-,039	14,433	1	,000	Saapuvat ^{0,119}

Mallin selitysaste (%): 49,8 K-arvo: 2,5

2. Auto-onnettomuuksien malli

Muuttuja ja sen arvo	B ¹⁾ , kerroin mallissa	Std. Error	Interval		Hypothesis Test			Muuttujan ³⁾ vaikutuskerroin (yleensä e ^B)
			Lower	Upper	Wald Chi-Square	df	Sig. ²⁾	
Vakio	-9,039	,2229	-9,476	-8,602	1643,843	1	,000	0,000119
X, >15%	1,179	,0977	,988	1,371	145,638	1	,000	3,25
X, 5-15%	,816	,1178	,585	1,047	47,967	1	,000	2,26
X, <5%	,503	,1012	,304	,701	24,677	1	,000	1,65
T, >15%	,517	,0729	,374	,660	50,198	1	,000	1,68
T, 5-15%	,243	,0754	,095	,391	10,378	1	,001	1,28
T, <5%	,000	.	.	.	.	.	.	1,00
Vasen kanavoitu	,227	,0918	,047	,407	6,133	1	,013	1,25
Oikea kanavoitu	,057	,1186	-,176	,289	,228	1	,633	1,06
Vasen+Oikea kanavoitu	,359	,0985	,166	,552	13,275	1	,000	1,43
Ei kanavointia	0	.	.	.	.	.	.	1,00
ln(Saapuvat/vrk)	-0,163	,0212	-,122	-,039	14,433	1	,000	Saapuvat ^{0,163}

Mallin selitysaste (%): 46,5 K-arvo: 2,6

3. Jk, Pp- ja Mopo-onnettomuuksien malli

Muuttuja ja sen arvo	B ¹⁾ , kerroin mallissa	Std. Error	Interval		Hypothesis Test			Muuttujan ³⁾ vaikutuskerroin (yleensä e ^B)
			Lower	Upper	Wald Chi-Square	df	Sig. ²⁾	
Vakio	-12,261	,1357	-12,527	-11,995	8165,576	1	,000	0,000005
X, >15%	1,126	,2269	,681	1,571	24,631	1	,000	3,08
X, 5-15%	,983	,2656	,463	1,504	13,708	1	,000	2,67
X, <5%	,526	,2515	,033	1,019	4,374	1	,036	1,69
T, >15%	,854	,1687	,523	1,184	25,602	1	,000	2,35
T, 5-15%	,745	,1678	,416	1,074	19,731	1	,000	2,11
T, <5%	,000	.	.	.	.	.	.	1,00
Taajama, muu tie	1,196	,1467	,909	1,484	66,460	1	,000	3,31
Taajama, merkittävä tie	,565	,2040	,165	,964	7,661	1	,006	1,76
Ei taajama, muu tie	,237	,1341	-,026	,500	3,117	1	,077	1,27
Ei taajama, merkittävä tie	0	.	.	.	.	.	.	1,00

Mallin selitysaste (%): 38,7 K-arvo: 2,0

1) Kerroin GLIM-mallissa. Sitä voi verrata seuraaviin sarakkeisiin, mutta kertoimen tulkintaa auttaa sarake "Muuttujan vaikutuskerroin"

2) Kaikki mallissa olevat muuttujat ovat tilastollisesti merkitseviä (99,9 %). Significance on esitetty virheellisen tulkinnan todennäköisyytenä (esim. 0,010 = 99 % varmuustasolla)

3) Perusriski tarkoittaa onnettomuuksien lukumäärää tiettyä saapuvien autojen määrää kohti muuttujien perusarvoilla (=ne muuttujien arvot, joiden vaikutuskerroin on 1). Muiden muuttujien vaikutuskertoimet tarkoittavat millä kertoimella perustilan riski kerrotaan, kun ollaankin ko. tilassa. Saapuvat/vrk on liittymään vuorokaudessa saapuvien autojen määrä

Liite 3 / 2 (2)

4. Kaikkien kuolemien malli

Muuttuja ja sen arvo	B ¹⁾ , kerroin mallissa	Std. Error	Interval		Hypothesis Test			Muuttujan ³⁾ vaikutuskerroin (yleensä e ^B)
			Lower	Upper	Wald Chi-Square	df	Sig. ²⁾	
Vakio	-14,557	,7071	-15,943	-13,171	423,800	1	,000	0,0000005
X, 100 km/h	3,436	,7559	1,954	4,917	20,658	1	,000	31,06
X, 80 km/h	2,277	,7746	,759	3,795	8,640	1	,003	9,75
X, 60-70 km/h	2,446	,7817	,914	3,978	9,790	1	,002	11,54
X, <=50 km/h	2,233	,9129	,444	4,022	5,984	1	,014	9,33
T, 100 km/h	1,759	,7596	,270	3,247	5,360	1	,021	5,81
T, 80 km/h	2,047	,7237	,629	3,466	8,003	1	,005	7,74
T, 60-70 km/h	1,727	,7434	,270	3,184	5,399	1	,020	5,62
T, <=50 km/h	0							1,00

Mallin selitysaste (%):

31,7

K-arvo:

0,2

- 1) Kerroin GLIM-mallissa. Sitä voi verrata seuraaviin sarakkeisiin, mutta kertoimen tulkintaa auttaa sarake "Muuttujan vaikutuskerroin"
- 2) Kaikki mallissa olevat muuttujat ovat tilastollisesti merkitseviä (99,9 %). Significance on esitetty virheellisen tulkinnan todennäköisyytenä (esim. 0,010 = 99 % varmuustasolla)
- 3) Perusriski tarkoittaa onnettomuuksien lukumäärää tiettyä saapuvien autojen määrää kohti muuttujien perusarvoilla (=ne muuttujien arvot, joiden vaikutuskerroin on 1). Muiden muuttujien vaikutuskertoimet tarkoittavat millä kertoimella perustilan riski kerrotaan, kun ollaankin ko. tilassa. Saapuvat/vrk on liittymään vuorokaudessa saapuvien autojen määrää

ISSN-L 1798-6656
ISSN 1798-6664
ISBN 978-952-317-346-0
www.liikennevirasto.fi

Liik
enne
vira
sto

