



Väylävirasto
Trafikledsverket

TRAFICOM
Liikenne- ja viestintävirasto

Väyläviraston julkaisu
62/2023

Havaintovirheet tasoristeyksissä



Anne Silla & Juha Luoma

Havaintovirheet tasoristeyksissä

Väyläviraston julkaisuja 62/2023

Kannen kuva: Kaisa-Elina Porras

Verkkójulkaisu pdf (www.vayla.fi)

ISSN 2490-0745

ISBN 978-952-405-105-7

Väylävirasto
PL 33
00521 HELSINKI
puh. 0295 343 000

Anne Silla & Juha Luoma: Havaintovirheet tasoristeyksissä. Väylävirasto Helsinki 2023. Väyläviraston julkaisuja 62/2023. 30 sivua ja 1 liite. ISSN 2490-0745, ISBN 978-952-405-105-7.

Avainsanat: tasoristeykset, informaatio

Tiivistelmä

Kuljettajien informaation hankinnasta ja käsittelystä tasoristeyksissä on hyvin rajallisesti tietoa. Tieto keskittyy kuolemaan johtaneisiin tasoristeysonnettomuuksiin eikä meillä ole juurikaan tietoa kuljettajien ns. normaalista toiminnasta tasoristeyksiä ylitettäessä. Yleisesti kyllä tiedetään, että kuljettajalle sattuu usein havaintovirheitä.

Liikenne- ja viestintäministeriön 24.3.2022 julkaisema liikenneturvallisuusstrategia vuosille 2022–2026 sisältää liikenneturvallisuuden parantamiseen tähtääviä toimenpiteitä. Tämä taustapaperi liittyy tasoristeysten turvallisuuden parantamiseen tähtäävään toimenpiteeseen, jonka tavoitteena on selvittää, miten tasoristeyksissä tapahtuneista havaintovirheistä voidaan kerätä tietoa myös muissa kuin onnettomuustilanteissa.

Taustapaperin aluksi kuvataan moottoriajoneuvon kuljettajan informaation hankinnan ja käsittelyn periaatteita sekä tasoristeysten ylittämiseen liittyviä haasteita tienkäyttäjän näkökulmasta. Lisäksi käydään läpi tasoristeysonnettomuuksien ja muiden vaaratilanteiden vuosittaisia lukumääriä ja niiden kehittymistä, sekä kuvataan, mitä tasoristeyksissä tapahtuvista havaintovirheistä tiedetään kuolemaan johtaneiden tasoristeysonnettomuuksien perusteella.

Tilakuvan jälkeen esitetään pääasialliset tutkimusmenetelmät, -asetelmat ja tekniikat, joiden pohjalta kuljettajakäyttäytymisen tutkimusta tasoristeyksissä kannattaa suunnitella – kohteena erityisesti vartioimattomat tasoristeykset. Potentiaalisiksi tutkimusmenetelmiksi tunnistettiin tarkkaavaisuuden suuntaamisen rekisteröinti, haastattelut ja kyselyt, suoritusten mittaaminen (esim. ajoneuvon suunnan ja nopeuden muutokset) sekä muut lähestymistavat. Työssä tunnistettiin eri menetelmien keskeisiä vahvuuksia ja rajoituksia sekä pohdittiin niiden toteuttamiseen liittyviä näkökulmia.

Aiheeseen liittyvän tutkimuksen tekeminen todettiin haastavaksi, ja mahdollisesti toteutettavat tutkimukset riippuvat paljon käytettävissä olevista resursseista, aineiston keruutekniikoista ja tutkimuksen toteuttajan ammattitaidosta. Lisäksi arviointiin, että tutkimusongelmaa voidaan tuskin selvittää kattavasti vain yhdellä menetelmällä, joten ongelma on pilkottava osatutkimuksiksi. Tutkimustulosten merkitystä ja vaikuttavuutta on mahdotonta ennustaa etukäteen. Ongelma on kuitenkin vakava ja vaatii ratkaisuja.

Anne Silla & Juha Luoma: Observationsfel vid plankorsningar. Trafikledsverket. Helsingfors 2023. Trafikledsverkets publikationer 62/2023. 30 sidor och 1 bilaga. ISSN 2490-0745, ISBN 978-952-405-105-7.

Sammanfattning

Kunskapen om förarens inhämtning och behandling av information vid plankorsningar är mycket begränsad. Kunskapen koncentreras till plankorsningsolyckor med dödlig utgång och vi har knappt någon information om förarens så kallade normala agerande vid passage av plankorsningar. Rent allmänt är det känt att det ofta inträffar observationsfel hos föraren.

Den trafiksäkerhetsstrategi för 2022–2026 som kommunikationsministeriet publicerade 24.3.2022 innefattar åtgärder som siktar på en förbättring av trafiksäkerheten. Detta bakgrundsdocument anknyter till en åtgärd som siktar till en förbättring av säkerheten i plankorsningar, där målet är att utreda hur information om observationsfel vid plankorsningar kan samlas in även i andra situationer än olyckor.

Bakgrundsdocumentet börjar med en beskrivning av principerna för hur förare av motorfordon inhämtar och behandlar information samt utmaningarna med anknytning till passage av plankorsningar ur en väganvändares perspektiv. Dessutom genomgås antalet årliga plankorsningsolyckor och andra farliga situationer och hur de har utvecklats, och det beskrivs vad som är känt om observationsfel vid plankorsningar baserat på plankorsningsolyckor med dödlig utgång.

Efter lägesbilden presenteras de huvudsakliga studiemetoderna, utformningen av studierna och de tekniker utifrån vilka studier av förarbeteende vid plankorsningar bör planeras – särskilt med fokus på oövakade plankorsningar. Potentiella studiemetoder som identifierades inkluderade registrering av uppmärksamhetsinriktning, intervjuer och enkäter, prestationsmätning (t.ex. förändringar i fordonets riktning och hastighet) samt andra metoder för närmande. I arbetet identifierades de viktigaste styrkorna och begränsningarna hos olika metoder samt begrundades de perspektiv som hade anknytning till genomförandet av dem.

Att bedriva forskning i ämnet konstaterades vara utmanande, och de studier som är möjliga att genomföra är till stor del beroende av tillgängliga resurser, materialinsamlingstekniker och yrkeskunskapen hos den person som utför studien. Dessutom bedömdes att studieproblemet knappast kan utredas heltäckande med enbart en metod, och därför måste problemet delas upp i delstudier. Det är omöjligt att i förväg förutsäga studieresultatens betydelse och effektivitet. Problemet är dock allvarligt och kräver lösningar.

Anne Silla & Juha Luoma: Observation errors at level crossings. Finnish Transport Infrastructure Agency Helsinki 2023. Publications of the FTIA 62/2023. 30 pages and 1 appendix. ISSN 2490-0745, ISBN 978-952-405-105-7.

Abstract

There is very limited information available on the acquisition and processing of driver information at level crossings. The information is focused on fatal level crossing accidents, and we have little information on normal driver behaviour at level crossings. However, it is well known in general that drivers often experience observation-related errors.

The Traffic Safety Strategy for 2022–2026 published by the Ministry of Transport and Communications on 24 March 2022 includes measures aimed at improving traffic safety. This background document is related to a measure aimed at improving the safety of level crossings, for the purpose of finding out how information on observation errors at level crossings can be collected also in situations other than accidents.

At the beginning of the background document, the principles of acquiring and processing the information of the motor vehicle driver are described, as well as the challenges related to traversing level crossings from the perspective of the road user. In addition, the annual numbers of level-crossing accidents and other dangerous situations and their development are reviewed, and a description is provided on what is known about observation errors at level crossings as based on fatal level-crossing accidents.

After those descriptions, the main research methods, designs and techniques are presented on the basis of which it would be beneficial to plan the study of driver behaviour at level crossings – with special focus on unprotected level crossings. Potential research methods identified included the registration of attention orientation, interviews and surveys, and performance measurement (such as changes in vehicle direction and speed) as well as other approaches. The work identified the key strengths and limitations of the above methods and assessed the perspectives related to their implementation.

Conducting research on the topic was found to be challenging, and the studies that may be carried out depend to a large extent on the available resources, data collection techniques and the professionalism of the researcher conducting the study. In addition, it was assessed that the research problem can most likely not be comprehensively investigated with just one method, so the problem must be split into sub-studies. Furthermore, it is impossible to predict the significance and impact of research results in advance. However, the problem is serious and requires solutions.

Esipuhe

Tämän taustapaperin tavoitteena oli selvittää, miten tasoristeyksissä tapahtuneista havaintovirheistä voidaan kerätä tietoa myös muissa kuin onnettomuustilanteissa, tasoristeyksien turvallisuuden parantamiseksi. Päävastuutahoina toimenpiteen toteuttamisen käynnistämiseksi, edistämiseksi ja koordinoimiseksi ovat Liikenne- ja viestintävirasto Traficom sekä Väylävirasto.

Taustapaperin tekemisestä vastasivat Anne Silla liikenne- ja viestintävirasto Traficomista ja Juha Luoma. Taustapaperia suunniteltiin ja sen etenemistä seurattiin kokouksissa, joihin osallistuivat tekijöiden lisäksi Kirsi Pajunen liikenne- ja viestintävirasto Traficomista (04/2023 asti) sekä Tomi Kangas, Noora Airaksinen, Marko Tuominen ja Kaisa-Elina Porrás Väylävirastosta. Tekijät haluavat kiittää kokousten osallistujia hyvistä keskusteluista sekä Onnettomuustietoinstituutin erityisasiantuntija Salla Saleniusta taustapaperiluonnoksen perusteellisesta kommentoinnista.

Helsingissä lokakuussa 2023

Väylävirasto
Turvallisuusosasto

Sisältö

1	JOHDANTO.....	8
2	MOOTTORIAJONEUVON KULJETTAJAN INFORMAATION HANKINNAN JA KÄSITTELYN PERIAATTEET HÄKKISEN JA LUOMAN (1991) POHJALTA.....	9
2.1	Havainnon syntyminen	9
2.2	Ratkaisu	9
2.3	Suoritus ja reaktiot.....	10
3	TASORISTEYSTEN YLITTÄMISEEN LIITTYVIÄ HAASTEITA TIENKÄYTTÄJÄN NÄKÖKULMASTA.....	11
3.1	Tasoristeyksen ja sitä lähestyvän junan havaitseminen.....	11
3.2	Junan nopeuden ja etäisyyden arviointi.....	12
3.3	Häiriötekijät ja tarkkaavaisuuden virheellinen suuntaaminen	12
4	TASORISTEYSONNETTOMUUDET JA MUUT VAARATILANTEET	14
4.1	Onnettomuudet.....	14
4.2	Muut vaaratilanteet	15
5	MITÄ HAVAINTOVIRHEISTÄ TIEDETÄÄN KUOLEMAAN JOHTANEIDEN TASORISTEYSONNETTOMUUKSIEN PERUSTEELLA?	16
5.1	Tulokset kuolemaan johtaneiden tasoristeysonnettomuuksien tutkinnasta	16
5.2	Tutkimustulosten tulkintaa ja arviointia	19
6	SOVELTUVAT TUTKIMUSMENETELMÄT, -ASETELMAT JA TEKNIIKAT	20
6.1	Tarkkaavaisuuden suuntautuminen.....	20
6.1.1	Normaaliajossa olevat kuljettajat	20
6.1.2	Instrumentoitua autoa tai ajosimulaattoria ajavat kuljettajat	20
6.1.3	Tarkkaavaisuuden suuntautumiseen liittyvän tutkimuksen vahvuuksia ja rajoituksia	21
6.2	Sanalliset reaktiot: haastattelut ja kyselyt.....	22
6.3	Suoritusten/reaktioiden mittaaminen.....	23
6.3.1	Tavalliset kuljettajat.....	24
6.3.2	Koekuljettajat.....	24
6.3.3	Suoritusten/reaktioiden mittaamiseen liittyvän tutkimuksen vahvuuksia ja rajoituksia	24
6.4	Muut lähestymistavat.....	25
6.4.1	Jalankulkijat ja polkupyöräilijät	25
6.4.2	Onnettomuus- ja vaaratilannetiedot	25
7	VAIKUTTAVUUS – MAHDOLLISUUDET ASIAN EDISTÄMISEKSI	26
	LÄHDEVIITTEET	29

LIITTEET

- Liite 1 Tasoristeysonnettomuuksiin ja vaaratilanteisiin liittyvät tiedot ja niiden hyödynnettävyys havaintovirheiden määrittämisessä

1 Johdanto

Liikenne- ja viestintäministeriö julkaisi 24.3.2022 liikenneturvallisuusstrategian vuosille 2022–2026 (Rekola ym., 2022). Strategia kattaa kaikki liikennemuodot ja se sisältää 103 toimenpidettä, joista jokaiselle on määritelty vastuutahot. Rautatieliikenteen osalta toimenpiteet liittyvät keskeisesti tasoristeysonnettomuuksiin ja tahallisiin allejäänteihin.

Tämä taustapaperi liittyy toimenpiteeseen numero 20: "*Selvitetään, miten tasoristeyksissä tapahtuneista havaintovirheistä voidaan kerätä tietoa myös muissa kuin onnettomuustilanteissa, tasoristeysten turvallisuuden parantamiseksi*". Päävastuutahoina toimenpiteen toteuttamisen käynnistämässä, edistämässä ja koordinoimassa ovat Liikenne- ja viestintävirasto Traficom sekä Väylävirasto, ja muina vastuutahoina ovat raideliikenteen toimijat (Rekola ym. 2022). Toimenpide sisältää kolme julkilausumatonta oletusta:

1. Tasoristeuksen onnistuneesti ylittävistä ainakin osa tekee tasoristeystä lähestyessään havaintovirheitä.
2. Näistä virheistä kerätään jatkossa tietoa ja niistä voidaan oppia jotain hyödyllistä turvallisuuden parantamiseksi.
3. Tulosten perusteella toteutetaan tehokkaita toimenpiteitä, jotka parantavat tasoristeysten turvallisuutta.

Osalle liikenneturvallisuusstrategian toimenpideohjelmassa määritetyistä toimenpiteistä tehtiin liikenneturvallisuusstrategian valmistelun aikana arvio niiden liikenneturvallisuusvaikutuksista (Airaksinen & Tuominen, 2021). Tässä taustapaperissa käsitelty toimenpide arvioitiin yhdessä Väyläviraston tasoristeysohjelman¹ kanssa. Seuraavassa on kuvattu vaikutusten sanallinen arvio kyseisille toimenpiteille: "*Tasoristeysten turvallisuuden parantaminen on keskeistä raideliikenteen onnettomuuksien vähentämisessä, koska tasoristeysonnettomuudet ovat suurin kuolemaan johtaneiden onnettomuuksien ryhmä itsemurhien jälkeen. Tasoristeysonnettomuuksien vähentämisellä on vaikutuksia myös veturinkuljettajien sekä uhrien läheisten hyvinvointiin.*"

Määrällisen arvion mukaan näillä toimenpiteillä voitaisiin vähentää 1,2 kuolemaa vuodessa, jos poistetaan kaikista vaarallisimpia tasoristeyskohteita. Vaikutusarviossa tosin todettiin, että arvio on päällekkäinen toimenpiteen numero 55 vaikutusten kanssa (toimenpide 55: Edistetään turvallista liikkumista tasoristeyksissä viestintäkeinoilla).

¹ Tasoristeysohjelmassa parannetaan rautatie- ja tienkäyttäjien turvallisuutta poistamalla tasoristeyskohteita tai parantamalla niiden turvallisuutta muilla keinoilla kuten varustamalla tasoristeysvaarallisuuskorjauksella, korjaamalla tasoristeysten olosuhteita tai parantamalla näkemää radan suuntaan.

2 Moottoriajoneuvon kuljettajan informaation hankinnan ja käsittelyn periaatteet Häkkisen ja Luoman (1991) pohjalta

Moottoriajoneuvon kuljettajan² toiminta jakautuu useisiin tehtäviin, jotka sisältävät kolme toisiaan seuraavaa ja toisistaan riippuvaa vaihetta: havainnon, ratkaisun ja suoritukset. Liikenteessä kohdataan jatkuvasti uusia tilanteita, jotka tuovat mukanaan uusia havaintoja, ratkaisuja ja säätöliikkeitä. Ajaminen vaatii siten jatkuvia oikea-aikaisia säätötoimia, joita ohjaavat kuljettajan omaksumat toimintaperiaatteet (perustuvat tietoihin, koulutukseen, ajokokemukseen ym.) sekä ulkoiset havaintoärsykkeet.

2.1 Havainnon syntyminen

Kuljettajan on aktiivisesti etsittävä vihjeitä vallitsevan liikennetilanteen tai olosuhteiden kehittymisestä. Kuljettajan tarkkaavaisuuden tulisi suuntautua riittävän etäälle, jotta arvioinnille, ratkaisuille ja suorituksille jää riittävästi aikaa. Liikenneympäristöön on tarkoituksellisesti järjestetty informaatiota (mm. liikennemerkkit, opasteet ja tiemerkinnot), jolla pyritään ohjaamaan tienkäyttäjän toimintaa siten, että liikenne olisi mahdollisimman tehokasta ja turvallista.

Kuljettajan toimintojen määrä ja laatu vaihtelevat paljon tilanteiden ja ajotehtävien mukaan. Vilkkaassa liikenteessä havaintoärsykeitä voi olla niin paljon tai ne esiintyvät niin nopeassa tahdissa, että kuljettajan kapasiteetin yläraja ylitetään. Hiljaisella maantieosuudella toiminta voi olla niin vähäistä, että valppaus heikkenee.

Kuljettajan välittömässä läheisyydessä tapahtuvat liikennetapahtumat voivat vaikuttaa tai olla vaikuttamatta hänen toimintaansa. Osa tapahtumista jää havaitsematta, osa havainnoista aiheuttaa ratkaisun ja osa säätösuorituksia.

Kuljettajien informaation käsittelykapasiteetti on rajallinen, mutta kapasiteetin käyttö on joustavaa. Valikointia, kuten kuljettajan toimintaa yleisestikin, ohjaavat sekä ulkoiset että sisäiset tekijät. Ulkoisista tärkeimpiä ovat ärsyksen intensiteetti, äkillisyys ja uutuus, sekä poikkeavuus aikaisempiin ärsykkeisiin nähden. Tärkeimpiä sisäisiä sääteleviä tekijöitä ovat taasen havaintovalmiudet, odotukset ja motivaatio.

Kuljettajan tarkkaavaisuuden tulisi suuntautua pääasiassa liikenteeseen eikä liikaa esimerkiksi kanssamatkustajien kanssa keskusteluun, maisemien katseluun tai työasioiden pohdiskeluun.

2.2 Ratkaisu

Ratkaisun tekemiseksi kuljettaja tekee arviointeja ja olettamuksia liikennetilanteen muuttumisesta ja kehittymisestä. Ratkaisuun vaikuttaa myös motivaatioon kytkeytyvä riskinotto, eli kuljettaja tunnistaa vaaran, mutta arvioi selviävänsä tilanteesta.

² Myöhemmin "kuljettaja"

Useimmissa tilanteissa tarvitaan samanaikaista etäisyyden ja nopeuden arviointia. Ratkaisua tehtäessä on otettava huomioon myös mm. keliolosuhteet sekä oletukset muiden tienkäyttäjien toiminnasta.

Ratkaisun helppous riippuu informaation laadusta ja määrästä sekä kuljettajan taidoista. Koulutuksella on mahdollista opettaa kuljettajaa ennakoimaan ja kehittää kuljettajalle yleisiä toimintamalleja.

2.3 Suoritus ja reaktiot

Suoritukset ovat viimeisenä vaiheena informaatio-havainto-ratkaisu-suoritus-ketjussa. Tehdyn suorituksen jälkeen seuraa palaute suorituksen onnistumisesta, mikä yhdessä uuden liikennetilanteen kanssa käynnistää seuraavan "kierroksen".

3 Tasoristeysten ylittämiseen liittyviä haasteita tienkäyttäjän näkökulmasta

3.1 Tasoristeuksen ja sitä lähestyvän junan havaitseminen

Tasoristeuksen turvallinen ylittäminen edellyttää, että tienkäyttäjällä on mahdollisuus havaita sekä lähestyvä tasoristeys että tasoristeystä mahdollisesti lähestyvä juna onnistuneesti. Käytännössä tämä tarkoittaa, että:

- Tienkäyttäjällä tulisi olla mahdollisuus havaita tasoristeys niin ajoissa, että hänellä on mahdollisuus pysäyttää ajoneuvonsa ennen sitä. Tasoristeuksen aikainen havainnointi on tärkeää etenkin niille tienkäyttäjille, joille tasoristeys ei ole ennestään tuttu. (Kallberg & Ahonen, 2013).
- Tienkäyttäjällä tulisi olla mahdollisuus havaita tasoristeystä lähestyvä juna ajoissa, jotta hänellä on riittävästi aikaa reagoida tilanteeseen asianmukaisella tavalla. Tämä vaatii, että tienkäyttäjät ovat tietoisia tasoristeysten ylittämiseen liittyvistä riskeistä, ja heillä on tarvittavat tiedot tasoristeuksen turvalliseen ylittämiseen, jotta osaavat reagoida tasoristeystä lähestyvään junaan tarkoituksenmukaisella tavalla – erityisesti vartioimattomissa tasoristeyksissä, joissa ei ole varolaitteita tukemassa tienkäyttäjän oikeaa toimintaa tilanteessa.

Tasoristeysten ja junien havaittavuuteen vaikuttaa olennaisesti myös junaradan näkyvyys tienkäyttäjälle. Näkemäesteitä voivat muodostaa mm. tien tai junaradan kaarevuus, junaradan ylityskulma tiehen nähden (liian pieni tai liian jyrkkä lähestymiskulma), kasvillisuus (puut ja pensaat), radan lähellä olevat rakennukset, odotustasanteen puutteet (liian lyhyt tai puuttuu kokonaan) ja tasoristeysmerkkien puuttuminen (Kallberg & Ahonen, 2013; Salenius, 2019 & 2022; SAFER-LC konsortio, 2018). Kallbergin & Ahosen (2013) 524 tasoristeystä koskevan analyysin mukaan varoituslaitteettoman tasoristeuksen havaitsemisetaisyys arvioitiin riittämättömäksi 11–17 %:ssa tapauksista. Havaitsemisetaisyyden riittämättömyyteen vaikutti usein kaksi tai kolme edellä mainituista tekijöistä.

Tasoristeuksen ja junan havaittavuuteen vaikuttavat myös kyseisten kohteiden erottuvuus muusta ympäristöstä (SAFER-LC konsortio, 2018). Kohteiden erottuvuutta ja siten myös havaittavuutta voivat heikentää esim. sää (rankka sade tai sumu), pimeys tai auringonvalon häikäisy.

Lähestyvän junan havaitseminen on kuljettajalle haastavaa, koska liikkuvan ajoneuvon ohjaaminen ja vuorovaikutus muun tieliikenteen kanssa vaatii tarkkaavaisuuden, ja käytännössä katseen, suuntaamista pääasiassa liikkumissuuntaan. Tarkan näkemisen alue eli keskeisalue kattaa vain noin 10 astetta (mm. Karttunen, 1981). Lisäksi 90 % katseen kohdistuksista osuu maantieajossa pienelle alueelle, noin ± 4 astetta keskikohdasta (Rockwell, 1972). Tällöin lähestyvä juna on tasoristeystä lähestyttäessä ääreisnäkökentässä ainakin alkuvaiheessa. Normaali näkökenttä on sinänsä laaja, mutta ääreisnäkökentässä olevat kohteet eivät näy tarkasti, joten luotettavan havainnon tekeminen lähestyvistä junasta vaatii poikkeuksetta laajoja silmän- tai päänliikkeitä, ilmeisesti molempia.

Periaatteessa tienkäyttäjällä on vastaava tilanne maanteiden liittymissä, mutta erojakin on. Jos verrataan alemman luokan tiellä ajavan tilannetta tasoristeyksessä ja päätien ylitystilanteessa, päätien ajoneuvot tulevat liittymään täysin satunnaisesti, kun taas tasoristeyksissä tienkäyttäjällä voi tutussa paikassa olla oletuksia junien aikatauluista.

Poutanen & Luoma (2009) totesivat, että tasoristeyksen ylityksen jälkeen haastatellut kuljettajat pitivät päätien ylitystä vaikeampana kuin vartioimattoman tasoristeyksen ylitystä, vaikka tasoristeyksen ylitystä pidettiin vaarallisempana. Tämän tulkittiin osoittavan, että kuljettajat arvioivat tasoristeyksen ylitykseen liittyvän onnettomuusriskin suhteellisen pieneksi, vaikka he tietävätkin sen yleisesti olevan vaarallista.

3.2 Junan nopeuden ja etäisyyden arviointi

Tasoristeystä lähestyvän junan nopeuden ja etäisyyden arvioinnin, ja siten myös junan tasoristeykseen saapumisajan arvioinnin on todettu olevan tienkäyttäjille haasteellista (SAFER-LC konsortio, 2018). Lähestyttäessä tasoristeystä kuljettajan havainnointiin käytettävään aikaan vaikuttaa olennaisesti hänen ajoneuvonsa nopeus. Mitä suurempi nopeus, sitä vähemmän hänellä on aikaa havaintojen tekemiseen ja sitä vaativampaa on ajoneuvon hallinta. Useilla tasoristeyksiin johtavilla teillä on Suomessa melko korkea nopeusrajoitus, erityisesti tämä koskee yleisnopeusrajoituksen (80 km/h) alaisia yksityisteitä (Karhu & Voutilainen, 2019). Kyseisillä teillä kuljettajalla on suuri vastuu riittävän hiljaisen lähestymisnopeuden valinnasta.

3.3 Häiriötekijät ja tarkkaavaisuuden virheellinen suuntaaminen

Kuljettajan toiminnan näkökulmasta havaintovirheiden syntymiseen (puutteellinen havainnointi) vaikuttavat sekä ulkoiset tekijät että sisäiset häiriötekijät (SAFER-LC konsortio, 2018).

Ulkoiset tekijät liittyvät mm. edellä mainittuihin tasoristeysten ja junien havaittavuuteen vaikuttaviin tekijöihin (haittaavat junan tai junaradan näkyvyyttä). Havaittavuuteen vaikuttavien fyysisten tekijöiden lisäksi kuljettajan tarkkaavaisuus voi tasoristeystä lähestyttäessä olla suuntautunut muihin asioihin kuin ajamiseen. Tällöin kuljettajan tilannetietoisuus voi heikentyä eikä tarkkaavaisuus suuntaudu riittävästi tasoristeykseen. Vilkkaassa kaupunkiympäristössä kuljettajan huomiota voivat viedä esim. jalankulkijat, liikennevalot tai muu liikenne. Tällaisessa tilanteessa lähestyvä juna voi jäädä kuljettajalta havaitsematta, vaikka se olisikin tasoristeystä lähestyessään täysin näkyvissä. Tarkkaavaisuuden virheellistä suuntaamista voi esiintyä myös silloin, kun tasoristeys sijaitsee maaseutu ympäristössä, jossa sekä tiellä että junaradalla on pienet liikennemäärät. Kuljettaja saattaa esimerkiksi tutussa ympäristössä luottaa tietoonsa junien aikatauluista tai vieraassa ympäristössä tasoristeyksen ominaisuudet ovat yllättäviä. Kuljettajalta voi jäädä havaitsematta joko lähestyvä risteys tai juna.

Kuljettajan näkökulmasta havaintovirheiden syntymiseen voivat vaikuttaa myös keskittyminen muihin asioihin kuin tasoristeykseen eli kuljettajan sisäiset häiriötekijät. Näillä kuljettajan sisäisillä häiriötekijöillä tarkoitetaan kuljettajan toissijaisia

toimia ajon aikana, kuten mobiililaitteen käyttöä, kanssamatkustajien kanssa keskustelua, kydyssä olevien lasten viihdyttämistä tai muita häiritseviä ajatusprosesseja kuten haaveilua tai asioista murehtimista (katse tai ajatukset kohdistuvat muualle). Kuljettajan sisäisten häiriötekijöiden on todettu vaikuttavan kielteisesti kuljettajan ympäristön tarkkailuun. Näiden lisäksi vaikuttavat mm. kuljettajan heikentynyt terveydentila, päihteet, lääkkeet tai heikentynyt kuulo tai näkö, voimakkaat tunnereaktiot, tasoristeyksen ylittäminen rutiinotoimintana (luottaen siihen, ettei juna ole tulossa) sekä kiire (esim. SAFER-LC konsortio, 2018; Salenius, 2019 ja Karhu & Voutilainen, 2019).

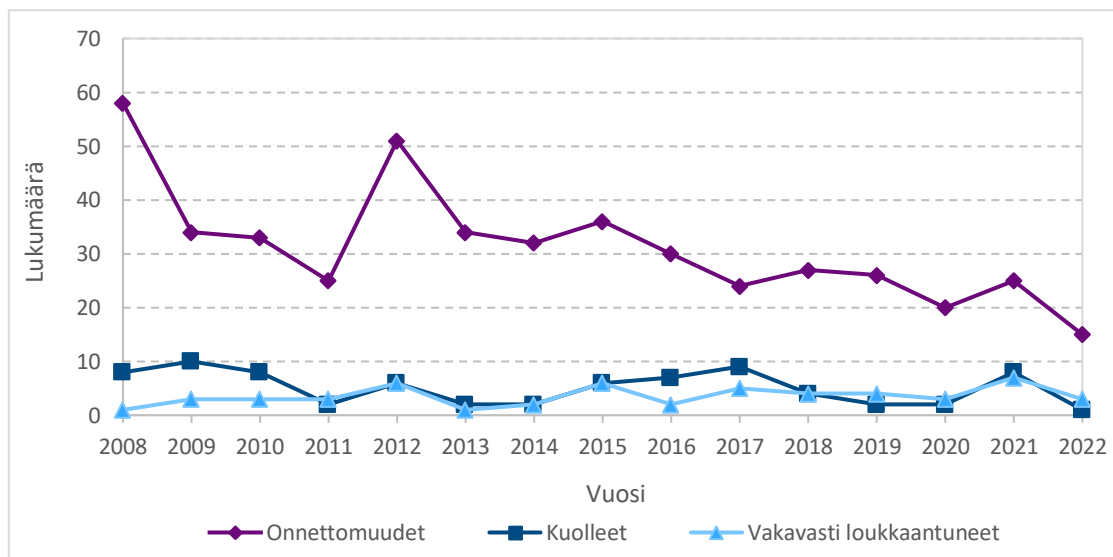
4 Tasoristeysonnettomuudet ja muut vaaratilanteet

4.1 Onnettomuudet

Vuoden 2021 lopussa Suomen valtion rataverkolla (sisältäen sekä pää- että sivuradat) oli hieman alle 2 600 tasoristeystä eli paikkaa, jossa tie tai pyöräily- ja jalankulkuväylä risteää rautatien kanssa samassa tasossa (Väylävirasto, 2022a). Valtaosa (71 %) näistä on vartioimattomia tasoristeysiksiä, eli niissä ei ole varoituslaitetta varoittamassa tienkäyttäjää lähestyvistä junasta. Suurin osa tasoristeysistä sijaitsee vähäliikenteisillä yksityisteillä sekä metsäauto- ja peltoteillä, joilla liikenne saattaa olla hyvin vähäistä tai kausiluonteista (Väylävirasto, 2022b). Valtion rataverkolla sijaitsevien tasoristeysten lisäksi muutamia satoja tasoristeysiksiä sijaitsee yksityisraiteilla.

Tasoristeysien lukumäärä on vähentynyt viime vuosina. Tasoristeysiksiä poistetaan vuosittain kymmeniä, usein ratakankkeiden ja perusparannusten yhteydessä. Vuonna 2017 Väylävirasto ja liikenne- ja viestintäministeriö käynnistivät tasoristeysten parantamisohjelman, jonka nykyisten suunnitelmien mukaan lähivuosina on tarkoitus poistaa tai parantaa yli 400 tasoristeystä eli toimien kohteena on noin 15 % kaikista tasoristeysistä (Väylävirasto, 2022c). Tasoristeysturvallisuutta parannetaan mm. teknisin keinoin, esimerkiksi puolipuumilaitoksia lisäämällä ja näkemiä parantamalla.

Vuosina 2013–2022 Suomessa tapahtui vuosittain keskimäärin 27 tasoristeys-onnettomuutta, joissa kuoli neljä henkilöä ja loukkaantui vakavasti neljä henkilöä (Kuva 1).



Kuva 1. Tasoristeys-onnettomuuksien ja niistä aiheutuneiden henkilövahinkojen lukumäärät vuosina 2008–2022 (Traficom, 2023).

Pidemmän aikavälin tarkastelussa (viimeiset 15 vuotta) tasoristeys-onnettomuuksien lukumäärä on vähentynyt. Tästä vähenevästä trendistä huolimatta tasoris-

teysonnettomuudet ovat edelleen yksi rautatiejärjestelmän suurimmista turvallisuusongelmista. Vuonna 2022 Suomen rautateillä tapahtuneista merkittävistä onnettomuuksista 29 % oli tasoristeysonnettomuuksia. Vuosina 2017–2021 kyseinen osuus vaihteli 41–52 % välillä.

4.2 Muut vaaratilanteet

Valtion rataverkolla olevissa tasoristeyksissä tapahtuvista vaaratilanteista yleisimpiä ovat puomien rikkoutumiset (Taulukko 1). Muita tasoristeyksissä tapahtuvia vaaratilanteita raportoidaan muutamia kymmeniä vuosittain. Näitä ovat tyypillisesti hälytystilassa olevan tasoristeyksen ylittäminen (ajetaan punaisia päin ja/tai kierretään puomit), varoituslaitteettoman tasoristeyksen ylittäminen viime hetkellä tai pysähtynyt/jumiutunut ajoneuvo tasoristeyksessä. Näiden lisäksi tasoristeyksen turvalaitoksen vikatilanteet ja toimintavirheet ovat melko yleisiä, joskin niiden lukumäärä on laskusuunnassa. Tasoristeyksen näkemän estämisiä (tilapäisiä näkemäesteitä kuten puu- tai lumikasoja, ajoneuvoja yms.) raportoidaan muutamia vuosittain.

Haasteena on, etteivät kaikki läheltä piti -tilanteet tule kattavasti toimijoiden tietoon ja siten niihin liittyvä tilannekuva ei ole kattava.

Taulukko 1. Valtion rataverkolla vuosina 2017–2022 tapahtuneet tasoristeyspoikkeamat (Väylävirasto, 2023).

Tasoristeyspoikkeamat	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Muu vaaratilanne tasoristeyksessä ¹	94	13	29	15	37	22
Varoituslaitteiston toimintavirhe ²	-	89	81	44	18	6
Tasoristeyksen näkemän estäminen (tilapäisesti)	-	1	1	1	5	5
Tasoristeyksen puomin rikkoutuminen	131	159	139	90	113	75
Yht.	225	262	250	150	173	108

¹ Ennen vuotta 2020 luokan nimi oli 'Tasoristeysonnettomuuden vaaratilanne'. Vuoteen 2017 saakka luokka sisälsi myös turvalaitoksen vika- ja häiriötilanteet.

² Ennen vuotta 2020 luokan nimi oli 'Tasoristeyksen turvalaitoksen vikatilanne'.

5 Mitä havaintovirheistä tiedetään kuolemaan johtaneiden tasoristeysonnettomuuksien perusteella?

5.1 Tulokset kuolemaan johtaneiden tasoristeysonnettomuuksien tutkinnasta

Kuolemaan johtaneita tasoristeysonnettomuuksia ja niihin liittyviä havaintovirheitä ovat Suomessa tutkineet mm. Onnettomuustutkintakeskus (2011), Laapotti (2016) ja viimeisimpänä Salenius (2019 & 2022). Kaikkien analyysien lähteenä on ollut liikenneonnettomuuksien tutkijalautakuntien tutkimat tasoristeysonnettomuudet, joissa moottoriajoneuvossa ollut osallinen on kuollut (lisätietoja: Onnettomuustietoinstituutti, 2023b).

Onnettomuustutkintakeskuksen (2011) teematutkinnan tutkimusaineisto koostui vuosina 1991–2009 tapahtuneista tasoristeysonnettomuuksista (n=138), joissa sai surmansa 170 henkilöä. Laapotti (2016) laajensi aineistoon vielä kaksi lisävuotta, eli aineiston kattoi vuodet 1991–2011 ja 142 tasoristeysonnettomuutta. Välittömät riskitekijät³ jaettiin viiteen luokkaan:

- Havaintovirhe = Kuljettaja ei nähnyt tai kuullut lähestyvää junaa tai ei kiinnittänyt huomiota varoituslaitteisiin tai -ääniin.
- Ennakointi- tai arviointivirhe = Kuljettaja ei onnistunut ennakoimaan vaaraa tai arvioi tilanteen väärin lähestyessään tai ajaessaan tasoristeyskseen; esim. lähestymisnopeus oli liian suuri, jotta kuljettaja olisi ehtinyt pysähtyä ajoissa tai kuljettaja arvioi lähestyvän junan nopeuden väärin tai tulkitse väärin varoituslaitteita.
- Ajoneuvon käsittelyvirhe = Kuljettaja käsitteli ajoneuvoa virheellisesti, esimerkiksi valitsemalla väärän vaihteen tasoristeystä ylittäessään, minkä seurauksena auto jäi raiteille.
- Muut ihmisen toimintaan liittyvät riskitekijät = Kuljettaja otti tietoisesti riskin tai ajoi tahallisesti saapuvan junan eteen (itsemurha). Ensimmäisessä tapauksessa kuljettaja siis oletti välttävänsä onnettomuuden, mutta jälkimmäisessä ei.
- Ajoneuvoon liittyvät riskitekijät = Tekninen toimintahäiriö tai ajoneuvon hajoaminen.

Tulosten mukaan kuljettajan havaintovirheet olivat tyypillisin välitön riskitekijä (runsas 70 % onnettomuuksista) vartioimattomissa tasoristeyskissä tapahtuneiden onnettomuuksien taustalla (Kuva 2). Vastaava osuus vartioiduissa tasoristeyskissä tapahtuneissa onnettomuuksissa oli 31 % eli huomattavasti pienempi. Tyypillisimpiä välittömiä riskitekijöitä vartioiduissa tasoristeyskissä olivat tahallinen riskinotto tai itsemurha.

³ Tekijä, joka vaikuttaa aktiivisesti onnettomuuden syntymiseen ja selittää sen tapahtumista. Esimerkkejä tienkäyttäjään liittyvistä välittömistä riskeistä ovat nukahtaminen, ohjausvirhe, virheelinen ajolinja ja havaintovirhe. Ajoneuvoon liittyviä välittömiä riskejä voivat olla muun muassa ohjauksen pettäminen tai renkaan puhkeaminen. Liikennenympäristöön liittyviä välittömiä riskejä ovat esimerkiksi tien reunan pettäminen tai puun kaatuminen.

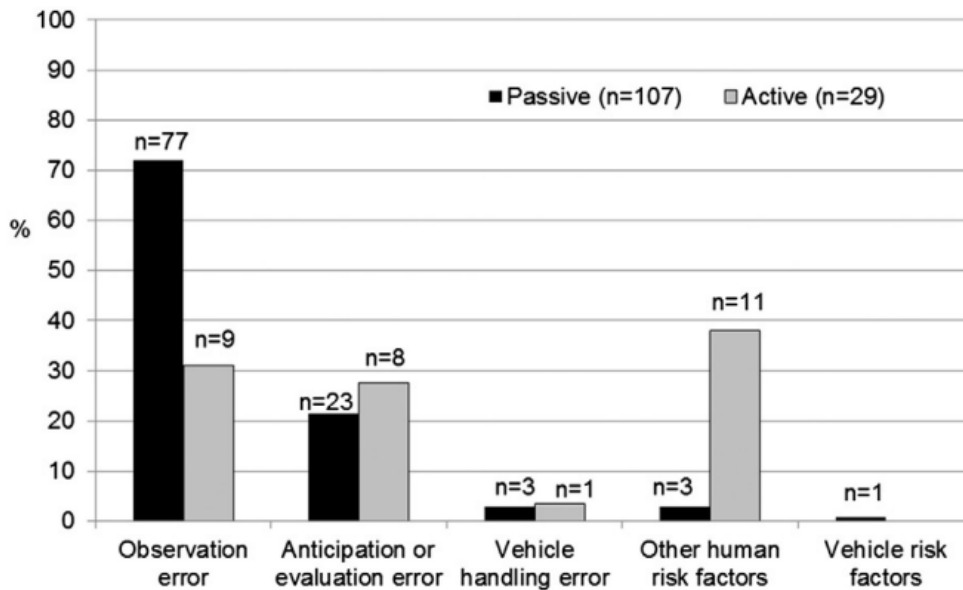


Fig. 1. Immediate risk factors in accidents at passive and active level crossings.

Kuva 2. Kuolemaan johtaneiden tasoristeysonnettomuuksien välittömät riskitekijät vartioimattomissa (passiiviset) ja vartioituissa (aktiiviset) tasoristeyksissä (Laapotti, 2016).

Salenius tarkasteli kuolemaan johtaneita tasoristeysonnettomuuksia sekä vuosina 2007–2016 (n=41) (Salenius, 2019) että vuosina 2011–2020 (n=33) (Salenius, 2022). Vuosien 2007–2016 onnettomuuksissa kuoli 52 moottoriajoneuvossa matkustanutta, joiden lisäksi neljä vammautui vaikeasti ja kaksi lievästi. Näiden lisäksi yksi veturinkuljettaja vammautui lievästi. Vuosien 2011–2020 onnettomuuksissa kuoli 40 moottoriajoneuvossa matkustanutta, joiden lisäksi viisi vammautui vaikeasti ja neljä lievästi. Lisäksi yksi veturinkuljettaja vammautui lievästi.

Saleniuksen (2019 & 2022) tulosten mukaan kuljettajan havaintovirhe oli yleisempi kuin edellä – kummankin tutkimuksen perusteella tasoristeysonnettomuuksista edelsi kuljettajan havaintovirhe 88 %:ssa onnettomuuksista. Näissä tapauksissa kuljettaja ei havainnut saapuvaa junaa tai havaitsi sen niin myöhään, ettei onnettomuuden välttämiseksi ollut mitään tehtävissä. Muita tutkijalautakuntien tunnistamia välittömiä riskitekijöitä olivat osallisen ennakointi- ja arviointivirheet, tilanteeseen ajaminen tietoisesti sekä ajoneuvon hallittavuuteen äkillisesti vaikuttaneet tapahtumat.

Lautakuntien analyysien mukaan noin puolessa onnettomuuksista havainnointia vaikeuttivat muun muassa ympäristön kasvillisuuden muodostamat näkemäesteet (Salenius, 2019 & 2022). Näiden lisäksi havainnointia hankaloitti tasoristeyksien muotoilu: liian pieni risteyskulma, jolloin kuljettajan oli katsottava risteyksessä olkansa yli havaitakseen takaapäin lähestyvä juna tai liian jyrkkä lähestymiskulma ratapenkkaan nähden, jolloin jyrkkä nousu vaati kuljettajalta tavallista enemmän keskittymistä junaliikenteen havainnoinnin kustannuksella. Osasta tasoristeyksiä puuttui määräysten mukainen odotustasanne, mikä vähensi kuljettajan pysähtymisen todennäköisyyttä ja vaikeutti siten havaintojen tekemistä. Havainnointia arviointiin heikentäneen myös tuttuun ympäristöön luottaminen: osa kuljettajista ajoi rutiininomaisesti vähäliikenteiseen risteykseen luottaen siihen, ettei junaa ollut tulossa. Noin joka kolmannessa tapauksessa kuljettajan heikentynyt terveydentila tai

havainnointikyky, kuten heikentynyt kuulo tai näkö, saattoivat vaikeuttaa havainnointia. Edellä mainittuja tavanomaisimpia tutkijalautakuntien tunnistamia taustariskejä on listattuna taulukossa 2.

Taulukko 2. Tyypillisimpiä tutkijalautakuntien tunnistamia taustariskejä moottoriajoneuvon kuljettajille vuosina 2007–2016 tapahtuneissa tasoristeysonnettomuuksissa. Huom. Taustariskit eivät ole taulukossa yleisyysjärjestyksessä (mukailtu Salenius, 2019).

Moottoriajoneuvon kuljettajien taustariskejä
Tuttuun ympäristöön luottaminen
Liiallinen keskittyminen yksittäiseen osa-alueeseen ajosuorituksessa
Näkemäesteet (esim. puut, pensaat)
Varoituslaitteiden puuttuminen/epäkuntoisuus
Puomien puuttuminen/epäkuntoisuus
Risteyksen muotoilu (esim. liian pieni risteyskulma, jyrkkä nousu radalle)
Heikentynyt terveydentila ja/tai havainnointikyky (esim. alentunut kuulo tai näkö)

Onnettomuustietoinstituutti (2023) toimitti pyynnöstä käsillä olevaa työtä varten lisäaineistoa, jonka avulla oli mahdollista syventää jälkimmäisen tutkimuksen (Salenius, 2022) tuloksia. Aineisto kattoi yhden lisävuoden (2011–2021), mutta toisaalta mukana olivat vain onnettomuudet, joiden välittömänä riskitekijänä oli kuljettajan havaintovirhe.

Aineistosta laskettiin, miten näkyvyys- ja ajonopeustiedot kytkeytyvät onnettomuuksiin, jotka ovat tapahtuneet vartioimattomissa tasoristeyksissä, missä havaintovirheet ovat tyypillisesti välittömänä riskitekijänä, toisin kuin vartioiduissa tasoristeyksissä (Taulukko 3). Näkyvyysongelmaksi (kuljettajan kannalta) määriteltiin ohjeiden vastainen näkemä, huomattavan hankala lähestymiskulma, odotustasanteen puute tai näiden yhdistelmät⁴. Yleisesti kyse oli tasoristeyksen olosuhteista, jotka vaikeuttivat junan havaitsemista. Esimerkiksi auringon mahdollisesti aiheuttamaa häikäistymistä ei luettu mukaan. Tutkijalautakunnan kirjaama ajonopeus ennen vaaratilannetta luettiin puolestaan ongelmaksi, jos se oli yli 40 km/h.

Taulukko 3. Näkyvyys- ja ajonopeusongelmat vartioimattomassa tasoristeyksessä vuosina 2011–2021 tapahtuneissa onnettomuuksissa, joissa välitön riskitekijä oli kuljettajan havaintovirhe (n = 28).

Tilanteeseen nähden suuri ajonopeus ennen vaaratilannetta	Näkyvyysongelmia		Yhteensä
	Kyllä	Ei	
Kyllä	3	1	4
Ei	10	14	24
Yhteensä	13	15	28

Tulokset osoittivat, että valtaosa kuljettajista ajoi ennen vaaratilannetta suhteellisen hiljaisella nopeudella. Suuri osa kuljettajista näytti siis varautuvan tilanteeseen,

⁴ Muutamassa tapauksessa oli haasteellista arvioida puuston ja/tai kasvillisuuden luomien näkemäestien vaikutusta, kun näkemävaatimusten ohjeiden vastaisuutta ei mainittu. Tällaiset tapaukset ovat taulukossa "Ei"-luokassa, jos paikassa ei todettu muita näkyvyyttä heikentäviä tekijöitä.

mutta toisaalta pienikin ajonopeus edellyttää tarkkaavaisuuden suuntaamista ajoneuvon hallintaan. Erilaiset näkyvyyttä haittaavat tekijät olivat huomattavan yleisiä eli niitä oli lähes puolessa tapauksista.

Aineistosta oli myös laskettavissa kuljettajien ikä- ja sukupuolijakauma. Keski-ikä oli 48 vuotta ja ikähaarukka 16–88 vuotta. Kuljettajista 84 % oli miehiä.

5.2 Tutkimustulosten tulkintaa ja arviointia

Edellä esitettyjen tutkimusten pohjalta näyttää siltä, että onnettomuuksien taustalla on vuorovaikutustilanne, joka sisältää kuljettajan informaation hankinnan ja käsittelyn liikkuvassa ajoneuvossa, kun ympäristö usein vaikeuttaa kuljettajan tehtävää. Kyse on siis (a) kuljettajan toiminnan, (b) ajoneuveen liittyvän ajotehtävän ja (c) ympäristön vuorovaikutuksesta. Pelkkä havaintotoimintaan tai -virheeseen porautuminen ei todennäköisesti ole hedelmällistä. Tämä näkökulma perustuu seuraaviin näkökohtiin:

1. Tutkijalautakunnan määrittelemät välittömät riskit kasautuvat väistämättä lähinnä inhimillisiin tekijöihin. Välitön riski on se viimeinen, ennen onnettomuutta tapahtunut poikkeama normaalista toiminnasta, joka johtaa onnettomuuteen. Kuten Laapottikin (2016) toteaa, ajoneuvoon tai ympäristöön liittyvät tekijät voivat vain poikkeustapauksissa olla tällaisia onnettomuuden laukaisevia tekijöitä. Silti niiden merkitys onnettomuuden syntymiseen voi olla merkittävä tai jopa ratkaiseva. Vaikka ajoneuvoon tai ympäristöön liittyviä tekijöitä tarkastellaankin ns. taustariskeissä, helposti tuijotetaan liiaksi välittömään riskiin, mikä johtaa virheelliseen tulkintaan. Ainakin Suomessa omaksutun turvallisuusvision perusteella näkökulman olisi oltava laajempi tehokkaita turvallisuustoimenpiteitä etsittäessä.
2. Laapotti (2016) erittelee havaintovirheiden ohella arviointivirheet, jotka voivat koskea omaa ajonopeutta tai junan nopeutta. Nimenomaan junan nopeuden arviointivirheiden osalta tutkijalautakuntien on vaikeaa tai mahdotonta päätellä jälkikäteen, oliko kyseessä tilanne, jossa kuljettaja ei havainnut junaa lainkaan vai arvioiko hän junan lähestymisnopeuden väärin. Jo pitkään on ollut tunnettua (Häkkinen, 1963), että lähestyvän auton etäisyyden ja nopeuden arviointi on vaikeaa ja että virhe on vaaralliseen suuntaan, eli etäisyys yleensä yliarvioidaan ja nopeus aliarvioidaan. Ongelma voi siis olla suurempi kuin pelkästään kirjatut havaintovirheet, joten on perusteltua puhua yleisemmin kuljettajan informaation hankinnan ja käsittelyn ongelmista.

Lisäksi on huomattava, että Suomessa tutkijalautakuntien käyttämään tutkintamenetelmään on omaksuttu käsite *riski*, joka poikkeaa yleisemmin liikennejärjestelmätarkastelussa käytetystä riskikäsitteestä (onnettomuuksien lukumäärä = onnettomuusriski x altistus). Järjestelmätarkastelun näkökulmasta kyse on *myötävaikutaneista tekijöistä*, joiden keskinäistä tärkeysjärjestystä onnettomuuden tapahtumisen kannalta on jälkikäteen vaikeaa arvioida eikä mitään päätekijää ole edes tarpeen määritellä. Onnettomuuksissa on useimmiten kyse useiden onnettomuusriskiä lisäävien tekijöiden kasaumasta.

6 Soveltuvat tutkimusmenetelmät, -asetelmat ja tekniikat

Arvioitaessa miten kuljettajien informaation hankinnasta ja käsittelystä tasoristeystä lähestyttäessä saataisiin jatkossa uutta tietoa, esitetään aluksi ideaalinen lähestymistapa:

Onnettomuuteen joutuneisiin kuljettajiin nähden edustava joukko autonkuljettajia lähestyy onnettomuustietojen pohjalta valittuja tasoristeyskysyjä. Ajotehtävä on mahdollisimman normaali eivätkä kuljettajat tiedä, että heidän käyttäytymistään havainnoidaan. Kuljettajien käyttäytymisestä rekisteröidään tavalla tai toisella (1) tarkkaavaisuuden suuntaaminen (2) ja ajonopeus eri vaiheissa sekä yhdistetään näin saadut tiedot (3) tasoristeuksen ympäristöön (ainakin näkemät, lähestymiskulma ja odotustasanne).

Kuvattu lähestymistapa jo sinällään parantaisi käsitystä tasoristeysten ylityksistä. Yllä mainittujen tekijöiden lisäksi voidaan kerätä tietoa kuljettajien aikomuksista (intentioista), muistetuista havainnoista ja kokemuksista, jotta käsitys tasoristeyksissä tapahtuvista havaintovirheistä olisi vielä monipuolisempi. Käytännössä em. vaatimuksista joudutaan aina empiirisissä tutkimuksissa tinkimään.

Seuraavissa luvuissa esitetään pääasialliset tutkimusmenetelmät, -asetelmat ja tekniikat, joiden pohjalta kuljettajakäyttäytymisen tutkimusta tasoristeyksissä kannattaa suunnitella. Tarkastelu keskittyy vartioimattomiin tasoristeyskysijäin.

6.1 Tarkkaavaisuuden suuntautuminen

Havainnointi voi kohdistua normaaliajossa oleviin kuljettajiin tai koekuljettajiin, jotka on valittu ajamaan joko instrumentoitua autoa tai ajosimulaattoria. Tarkkaavaisuuden suuntautumista mitataan rekisteröimällä silmän- ja/tai päänliikkeitä, koska riittävän tarkan havainnon syntyminen junasta edellyttää yleensä katseen suuntaamista siihen tai lähialueelle, kuten luvussa 3.1. todettiin.

6.1.1 Normaaliajossa olevat kuljettajat

Tässä vaihtoehdossa kuvataan tasoristeystä lähestyviä normaaliajossa olevia, ns. tavallisia kuljettajia videokameroilla, jotka ovat mahdollisimman huomaamattomia. Asetelman etuna on täysin normaali liikennetilanne ja mahdollisuus kerätä paljon aineistoa. Toisaalta riittävän yksityiskohtaisen kuvan saaminen kuljettajan päänliikkeistä on haastavaa ainakin pidemmältä matkalta, vaikka käytettäisiin useita kameroita. Silmänliikkeitä saadaan tuskin rekisteröityä, mutta se ei haitanne tässä tapauksessa, koska lähestyvän junan havaitseminen vaatii jokseenkin poikkeuksetta pään kääntämistä.

6.1.2 Instrumentoitua autoa tai ajosimulaattoria ajavat kuljettajat

Tässä vaihtoehdossa on kyse koekuljettajista, joilla on peitetehtävä ja jotka ajavat navigaattorin avustuksella tietyn reitin yksin ilman kokeenjohtajaa. Koeauton tai simulaattorin kamera, joka kuvaa kuljettajan kasvoja, on piilotettu. Reitin varrella

olevia tasoristeyksiä lähestyttäessä kerätään tiedot silmän- ja päänliikkeistä, jotka yhdistetään ajonopeus- ja ympäristötietoihin ja kuljettajan ominaisuuksiin, kuten ikään. Peitetehtävä on suunniteltava huolellisesti. Hyvästä esimerkistä käy Mäkisen (1994) tutkimus, jossa verrattiin ajokäyttäytymistä nastä- ja kittarenkailla, ja koe-kuljettajille kerrottiin selvitettävän eri talvirengastyypien ajomukavuutta.

Sekä silmän- että päänliikkeiden seurantaan soveltuvat kamerajärjestelmät (esim. Smart Eye Pro) mahdollistavat koe-kuljettajien silmän- ja päänliikkeiden rekisteröinnin laajalla kuvakulmalla. Koska lähestyvän junan havaitseminen edellyttää kuitenkin suhteellisen laajoja silmän- ja päänliikkeitä, vaatimattomammallakin videokuvaustekniikalla, joka on piilotettu kojelautaan, saataneen riittävän tarkkoja tuloksia.

Koe-kuljettajien käyttö mahdollistaa vahvan tutkimusasetelman suunnittelun, koska kerätystä aineistosta voidaan laskea, miten esimerkiksi kuljettajan ikä tai ympäristön puutteet vaikuttavat tarkkaavaisuuden suuntaamisen virheisiin (olettaen että niitä ilmenee). Vahva tutkimusasetelma edellyttää myös selkeiden taustamuuttujien määrittämistä etukäteen: kaksi selvästi toisistaan eroavaa ikäryhmää ja näkemää jne. Menetelmän rajoituksena on puolestaan se, että koe-kuljettajien lukumäärän lisääminen kasvattaa kustannuksia.

Nykyaikaisessa, pitkälle kehitetyssä ajosimulaattorissa ajaminen vastaa paljon autossa ajamista (yleensä istutaan oikean auton sisällä), mutta ajoympäristö ja auton liikkeet (jos liikkuva simulaattori) ovat keinotekoisesti toteutettuja. Kuljettajan ajokäyttäytymistä ja toimintaa auton sisällä voidaan tarkkailla ajosimulaattorissa hyvinkin yksityiskohtaisesti. Ajosimulaattorin käytön etuna on, että liikenneympäristöstä ja liikennetilanteista voidaan tehdä halutun mukaisia ja siten osa muuttujista voidaan vakiodia, mikä helpottaa ajokäyttäytymisen muutosten tutkimista.

Instrumentoidun auton ja ajosimulaattorin käytön pääerot voidaan tiivistää seuraavasti:

- instrumentoitua autoa ajetaan täysin luonnollisessa ympäristössä (hyvä validius), peitetehtävä on helpompi suunnitella ja kuljettajan subjektiivinen onnettomuusriski on todellinen tasoristeystä ylitettäessä, mikä on suuri etu
- ajosimulaattorissa voidaan toteuttaa täysin vakiodut olosuhteet
- aineiston keruun kokonaiskustannuksissa ei liene merkittävää eroa: kenttäkokeissa aineiston keruu vie paljon aikaa ja ajosimulaattoreissa ohjelmointi on puolestaan työlästä.

Tässä ei käsitellä tarkkaavaisuuden suuntautumisen rekisteröintiä niin, että kuljettaja tietäisi aineiston keruun tarkoituksen tai näkisi mittauslaitteiston, koska nykyään ei ole enää mitään tarvetta tyytyä tällaisiin kompromisseihin, jotka heikentävät tulosten validiutta merkittävästi.

6.1.3 Tarkkaavaisuuden suuntautumiseen liittyvän tutkimuksen vahvuuksia ja rajoituksia

Silmän- ja päänliikkeiden rekisteröintitutkimuksiin liittyviä vahvuuksia ja heikkouksia on listattuna taulukossa 4. Huomaa kaksi erilaista lähestymistapaa: joko tavallisten kuljettajien toiminnan seuranta tai koe-kuljettajien käyttäminen.

Taulukko 4. Silmän- ja päänliikkeiden rekisteröintitutkimuksiin liittyviä keskeisiä vahvuuksia ja rajoituksia.

Vahvuuksia	Rajoituksia
<ul style="list-style-type: none"> + Tulokset osoittavat tarkkaavaisuuden suuntautumisen, joka on keskeistä. + Tulokset ovat suhteellisen luotettavia, koska silmän- ja päänliikkeet ovat paljolti tahdosta riippumattomia. + Tulosten pätevyys (validius) on parhaimmillaan ja aineistoa voidaan kerätä melko paljon, jos tarkkaillaan tavallisia kuljettajia huomaamattomasti. + Koekuljettajien käyttö mahdollistaa vahvan tutkimusasetelman. 	<ul style="list-style-type: none"> – Silmän- ja päänliikkeet eivät ilmeisesti, mitä lopulta havaitaan. – Koekuljettajien valppaus on keskimääräistä suurempi ja heillä on todennäköisesti keskimääräistä vähemmän ajosuoritusta heikentäviä tekijöitä, kuten sairauksia ja päihteitä. – Koekuljettajien lukumäärä on usein melko pieni ja aineiston keruu vie aikaa.

6.2 Sanalliset reaktiot: haastattelut ja kyselyt

Sanallisten reaktioiden rekisteröinti voi kohdistua havaintojen muistamiseen tai aikomuksiin heti tasoristeyksen ohittamisen jälkeen tai yleisempään käyttäytymiseen ja kokemuksiin, esimerkiksi lähesonnettomuuksien raportointiin.

Kyselyssä tietyin kriteerein valituilta henkilöiltä tiedustellaan vastauksia ennalta määritettyihin kysymyksiin. Haastatteluissa puolestaan haastattelijan ja haastattelutavan vuorovaikutuksen määrä vaihtelee ennalta määritetyn lomakehaastattelun ja keskustelutilannetta lähestyvän avoimen haastattelun välillä.

Tasoristeysten käyttäjiltä voidaan tiedustella kyselyillä (sähköisesti tai paperilla), henkilökohtaisilla haastatteluilla tai ryhmähaastatteluilla mm. mielipiteitä, käsityksiä, havaintoja ja/tai kokemuksia tasoristeyksen ylitystilanteesta sekä yleisemmin liikenteestä.

Haastattelua ja/tai kyselyä voidaan myös hyödyntää ns. täydentävänä tutkimusmenetelmänä jonkin muun tutkimusmenetelmän rinnalla. Esimerkiksi jos kyselyssä on ilmennyt, että henkilö on ollut osallisena onnettomuudessa tai vaaratilanteessa, niin yhteystietojen perusteella häneen voidaan olla yhteydessä ja haastatella yksityiskohtaisemmin.

Haastattelujen ja kyselyjen vahvuuksia ja rajoituksia on listattu taulukossa 5.

Taulukko 5. Haastattelujen ja kyselyjen tekemiseen liittyviä keskeisiä vahvuuksia ja rajoituksia.

Vahvuudet	Rajoitukset
<ul style="list-style-type: none"> + Mahdollista kerätä suuri aineisto suhteellisen pienin kustannuksin. + Voidaan kerätä tietoja tasoristeysten käyttäjistä (ikä, sukupuoli, ajokokemus, tasoristeysten tutuus yms.). + Voidaan kerätä tietoa ajokäyttämisen yleisyydestä (esim. tasoristeysten ylittämisen yleisyys), motiiveista, omaksutuista asenteista sekä omakohtaisista kokemuksista (kuljettajien toiminta ja havainnot, osallisuus onnettomuuksiin tai vaaratilanteisiin). + Haastatteluissa voidaan tiedustella kuljettajan tekemistä havainnoista tasoristeysten ylittämiseen liittyen (jos haastattelu tehdään heti ylityksen jälkeen). 	<ul style="list-style-type: none"> – Tietojen luotettavuus (miellyttäminen, sosiaalisesti hyväksyttävän vastauksen antaminen). – Aineiston mahdollinen vinoutuminen keskimääräistä turvallisemmin käyttäytyvien suuntaan. – Tulokset jäävät helposti yleiselle tasolle ja niistä on vaikeaa tehdä konkreettisia johtopäätöksiä.

6.3 Suoritusten/reaktioiden mittaaminen

Suoritukset tai reaktiot ilmenevät ajoneuvon suunnan ja nopeuden muutoksina sekä erilaisina toisille tienkäyttäjille tarkoitettuna informaationa (mm. suunta- ja äänimerkin käyttö ja valojen väläyttely). Kuljettajan reaktioiden perusteella tehdään päätelmiä hänen havainnoistaan, mutta saadaan myös välitöntä tietoa ajonopeuden valinnasta ja muusta ajoneuvon liikkeen perusteella rekisteröitävästä toiminnasta. Tasoristeysläheistyessä keskeinen vaadittava reaktio on joka tapauksessa hiljentää nopeutta tai jopa pysäyttää ajoneuvo ennen tasoristeystä.

Suoritusten mittaaminen ja rekisteröinti voi tapahtua mm. tasoristeysten läheisyyteen asennettavilla kameroilla, tutkilla ja/tai muilla mittalaitteilla, tasoristeysten läheisyydessä olevien havainnoitsijoiden toimesta tai ajoneuvossa mukana olevan kokeenjohtajan ja/tai autoon kytkettyjen rekisteröintilaitteiden avulla. Ajosimulaattoreita käytetään haluttaessa vakioita osaa muuttujista.

Tähän kategoriaan kuuluvat myös liikennekonfliktien tai lähesonnettomuuksien tutkimus (ks. Silla, 2016), mutta näitä ei tarkastella tässä yhteydessä yksityiskohtaisemmin.

Kuten tarkkaavaisuuden suuntautumisen selvittämisen yhteydessä (luku 6.1), tutkimustekniikat jaetaan seuraavassa tavallisten kuljettajien ja koekuljettajien käyttämisen rekisteröintiin.

6.3.1 Tavalliset kuljettajat

Jos havainnoinnin kohteena ovat ns. tavalliset kuljettajat, ajoneuvon liikkeitä ja/tai kuljettajan toimintaa voidaan havainnoida ja mitata esimerkiksi tasoristeyksen läheisyyteen asennettavilla kameroilla, tutkilla ja/tai muilla mittalaitteilla tai tasoristeyksen läheisyydessä olevien havainnoitsijoiden toimesta. On tärkeää, että kuljettajien havainnointi tehdään mahdollisimman huomaamattomasti.

6.3.2 Koekuljettajat

Koekuljettajat on valittu aineiston keruuta varten samalla tavalla kuin luvussa 6.1. Kuljettajan ajokäyttäytymistä mitataan auton tai ajosimulaattorin mittalaitteilla. Instrumentoidun auton avulla voidaan kerätä tietoa sekä ajoneuvon liikkeistä (tietoa ajoneuvon ohjausjärjestelmistä sekä ylimääräisistä tutkimuslaitteista kuten antureista, tutkista yms.) että kuljettajan toiminnasta autossa (esim. kamerat).

6.3.3 Suoritusten/reaktioiden mittaamiseen liittyvän tutkimuksen vahvuuksia ja rajoituksia

Toiminnan havainnointiin ja rekisteröintiin liittyviin tutkimuksiin liittyviä vahvuuksia ja rajoituksia on listattu taulukossa 6. Huomaa kaksi erilaista lähestymistapaa: joko tavallisten kuljettajien toiminnan seuranta tai koekuljettajien käyttäminen.

Taulukko 6. Toiminnan havainnointiin ja rekisteröintiin liittyviin tutkimuksiin liittyviä keskeisiä vahvuuksia ja rajoituksia.

Vahvuudet	Rajoituksia
<ul style="list-style-type: none"> + Ei viivettä reaktioiden ja niiden mittauksen välillä. + Jos mittaus kohdistuu tavallisiin kuljettajiin, heidän toimintaansa ei tarvitse puuttua eivätkä he ole tietoisia tutkimuksesta. + Koekuljettajien käyttö: tutkimus voidaan peitetehtävän avulla suunnitella niin, ettei tutkimuksessa mukana olevat kuljettajat tiedä, että tutkimuksen kohteena on tasoristeyksiin liittyvä ajokäyttäytyminen. + Tieto lähestymisnopeudesta on olennainen arvioitaessa kuljettajien riskinottoa. 	<ul style="list-style-type: none"> – Informaation hankinnan aikaisemmista vaiheista voi tehdä johtopäätöksiä vain reaktioista päättelemällä. Reaktiot voivat kuitenkin olla monenlaisia ja useat reaktiot, kuten esim. valppauden lisääntyminen, ovat vaikeasti mitattavissa. Tavallisesti onkin mitattu vain nopeuksia, mikä voi johtaa vääriin johtopäätöksiin, ellei mitata myös muita informaation käsittelyn vaiheita. – Koehenkilöt ovat tietoisia siitä, että heidän käyttäytymistään tutkitaan, joskaan eivät tiedä tutkimuksen täsmällistä kohdetta. – Kuvaus auton ulkopuolelta: kuljettajaa voidaan tarkkailla ilman, että hän on välttämättä tietoinen tutkimuksesta. – Ajosimulaattori: ajosimulaattorissa esiintyvät reaktioajat eivät välttä-

Vahvuudet	Rajoituksia
	mättä anna oikeaa käsitystä todellisissa liikennetilanteissa esiintyvistä reaktioajoista. Koettu onnettomuusriski poikkeaa tavallisesta ajamisesta.

6.4 Muut lähestymistavat

6.4.1 Jalankulkijat ja polkupyöräilijät

Yllä olevissa luvuissa havaintovirheiden tutkimiseen soveltuvia tutkimusmenetelmiä on pohdittu lähinnä autonkuljettajan näkökulmasta. Suurin osa (90 %) tasoristeyksissä tapahtuneista moottoriajoneuvo-onnettomuuksissa kuolleista henkilöistä oli kuljettajana tai matkustajana henkilö-, paketti- tai kuorma-autossa. Autossa matkustavien henkilöiden lisäksi kuolemaan johtaneissa tasoristeysonnettomuuksissa on ollut osallisena mm. traktorin, mopon ja mönkijän kuljettajia sekä jalankulkijoita ja pyöräilijöitä. (Salenius 2022).

Vaikka suurin osa tasoristeysonnettomuuksissa osallisina olevista henkilöistä on ollut autonkuljettajia tai matkustajia, voidaan tasoristeystä lähestyttäessä tapahtuviin havaintovirheisiin liittyvän tutkimuksen kohteeksi valita myös muita tienkäyttäjiä. Tasoristeyksen läheisyyteen asennetut kamerat ja/tai tasoristeyksen läheisyydessä olevat havainnoitsijat voivat mahdollisesti jopa helpommin tunnistaa tasoristeystä lähestyvien jalankulkijoiden tai pyöräilijöiden toiminnan (esim. päännliikkeet) auton sisällä olevaan kuljettajaan verrattuna.

6.4.2 Onnettomuus- ja vaaratilannetiedot

Liitteessä 1 on kuvattu tasoristeysonnettomuuksiin ja vaaratilanteisiin liittyviä tietoja sekä niiden hyödynnettävyyttä havaintovirheiden määrittämisessä. Nämä aineistot keskittyvät onnettomuuksiin, mutta niistä voi löytyä uutta tietoa kuljettajien informaation hankinnan ja käsittelyn virheistä tasoristeyksissä.

7 Vaikuttavuus – mahdollisuudet asian edistämiseksi

Kuljettajien informaation hankinnasta ja käsittelystä tasoristeyksissä on tällä hetkellä hyvin rajallisesti tietoa saatavilla. Tutkimustietoa ei juurikaan ole saatavilla kuljettajien ns. normaalista toiminnasta tasoristeyskiä ylitettäessä. Käytettävissä olevat tiedot tasoristeysonnettomuuksien syntymiseen myötävaikuttavista tekijöistä keskittyvät lähinnä kuolemaan johtaneisiin onnettomuuksiin, joita tapahtuu muutamia vuosittain. Yksityiskohtaisempia tietoja dokumentoidaan jonkin verran myös lievemmistä henkilövahinkoon sekä materiaalivahinkoon johtaneista tasoristeysonnettomuuksista mm. poliisin tilastoon henkilövahinkoon johtaneista tieliikenneonnettomuuksista. Näiden osalta on haasteena, ettei tietoihin pääse kovin helposti käsiksi. Olisikin äärimmäisen tärkeää löytää keinoja jakaa tietoja eri viranomaisten kesken sekä tutkimuskäyttöön, jotta tasoristeysonnettomuuksista hengissä selvinneiltä saatava tieto tapahtumasta ja siihen myötävaikuttaneista tekijöistä saataisiin hyödynnettyä turvallisuuden parantamiseksi.

Jos tasoristeyksissä tapahtuneisiin havaintovirheisiin liittyvää selvitystä halutaan edistää, niin taulukossa 7 on esitetty pohdintaa potentiaalisimmista tutkimusmenetelmävaihtoehdoista ja niiden toteuttamiseen liittyvistä näkökulmista.

Taulukko 7. Tutkimusmenetelmävaihtoehdot ja niiden toteuttamiseen liittyviä näkökulmia.

Tutkimusmenetelmä	Tutkimustekniikka & tekninen toteutus	Aineisto	Hinta suhteessa toisiin menetelmiin	Aineiston laatu & tiedon hyödynnettävyys
Tarkkaavaisuuden suuntautuminen	<ul style="list-style-type: none"> – Silmän- ja päänniik-keiden rekisteröinti – Autoon asennetut ja piilotetut kamerajär-jestelmät – Tasoristeyksen lähei-syyteen asennetut kamerat 	Katseen suuntautuminen.	<p>Tavalliset kuljettajat: edullinen (< noin 100 k€)</p> <p>Koekuljettajat: kallis (> noin 100 k€)</p>	<p>Mahdollisuus tuottaa uutta tietoa kuljettajan informaation hankin-nasta.</p> <p>Tasoristeyksiin asennettavien ka-meroiden käyttö vaatinee sup-pean esitutkimuksen.</p>
Sanalliset reaktiot (mm. muistatut havainnot ja lä-hesonnettomuuksien ra-portointi)	<ul style="list-style-type: none"> – Kyselyt ja haastatte-lut – Nettikysely + täy-dentävät haastattelut – Otos: Tasoristeysten lähellä asuvia ihmisiä (todennäköisesti käyttävät usein taso-risteystä) 	<p>Kuljettajien muistamat ha-vainnot/kokemukset tasoris-teyksen ylittämistä.</p> <p>Välillistä tietoa ajokäyttäyty-misestä, motiiveista, asen-teista ja omakohtaisista ko-kemuksista.</p> <p>Tietoja tasoristeysten käyttä-jistä (ikä, sukupuoli, ajokoke-mus, tasoristeysten tutuus yms.).</p>	Edullinen (< noin 100 k€)	<p>Haasteena tilanteiden ja koke-musten muistaminen ja niistä ker-tominen neutraalisti.</p> <p>Tulokset eivät tuottane yksityis-kohtaista tietoa.</p>
Suoritusten/reaktioiden mittaaminen	<ul style="list-style-type: none"> – Toiminnan havain-nointi ja rekisteröinti – Tavallisten kuljetta-jien havainnointi – Koekuljettajat (inst-ramentoitu auto) 	Kuljettajan toiminta (esim. hallintalaitteiden käyttö, ajo-nopeus ja sen muutokset).	<p>Tavalliset kuljettajat: edullinen (< noin 100 k€)</p> <p>Koekuljettajat: kallis (> noin 100 k€)</p>	<p>Lähestymisnopeuksien mittaus suhteellisen helppoa.</p> <p>Nopeustulokset olennaisia arvioi-taessa kuljettajien riskinottoa.</p>

Luvussa 1 todettiin, että liikenneturvallisuusstrategian toimenpiteen julkilausumattomana oletuksena on, että tasoristeuksen onnistuneesti ylittävistä ainakin osa tekee tasoristeystä lähestyessään havaintovirheitä. Mitään varmuutta asiasta ei ole ennen kuin kysymystä on selvitetty. Yleisesti kyllä tiedetään, että kuljettajille tapahtuu havaintovirheitä usein, ja sen perusteella niitä sattuu myös tasoristeyksissä. Voi olla kuitenkin niin, että niitä sattuu niin harvoin, että aineistoa on kerättävä paljon.

Joka tapauksessa onnettomuustutkinnat osoittavat selvästi, että kuljettajan informaation hankinnan ja käsittelyn sekä onnettomuuksien välillä on selvä yhteys, ja sikäli ongelmaa on perusteltua tutkia. Samalla on kuitenkin muistettava, ettei kuljettajan tekemiä virheitä irroteta kontekstista eli näkyvyysolosuhteista ja ajonopeudesta.

Tässä paperissa kuljettajien havaintovirheiden tutkimiseksi esitetyt pääasialliset tutkimusmenetelmät, -asetelmat ja tekniikat keskittyvät vartioimattomiin tasoristeuksiin. Tämä perustuu seuraaviin Laapotin (2016) löydöksiin: (1) suurin osa (79 %) kuolemaan johtaneista tasoristeusonnettomuuksista tapahtuu vartioimattomissa tasoristeyksissä ja (2) kuljettajan havainto-, ennakointi- ja arviointivirheet olivat tyypillisin välitön riskitekijä 93 % vartioimattomissa tasoristeyksissä tapahtuvien kuolemaan johtaneiden onnettomuuksien taustalla. Vastaava luku vartioiduissa tasoristeyksissä oli 59 %. Vartioiduissa tasoristeyksissä tapahtuneissa onnettomuuksissa korostui kuljettajan tietoinen riskikäyttäytyminen. Tämän paperin kohteena olevan tutkimuksen tavoitteena on tunnistaa tahattomia havaintovirheitä ja siten tutkimussuunnitelman määrittäminen vartioidussa tasoristeyksessä on hiekan haasteellisempaa.

Tutkimusongelmaa voidaan tuskin selvittää kattavasti vain yhdellä menetelmällä, joten ongelma on pilkottava osatutkimuksiksi. Jos esimerkiksi kerätään tietoa kuljettajien tarkkaavaisuuden suuntautumisesta tasoristeystä lähestyttäessä, tavallisia kuljettajia pystytään tarkkailemaan videoimalla, kun näkemät ovat hyvin lyhyitä. Jos taas näkemät ovat pitkiä, on aineisto kerättävä koekuljettajien avulla.

Mahdollisen tulevaisuudessa toteutettavan tutkimuksen tulosten merkitystä ja vaikuttavuutta on mahdotonta ennustaa etukäteen. Koko tutkimustehtävä on poikkeuksellisen haastava ja paljon riippuu myös käytettävissä olevista resursseista, aineiston keruutekniikoista ja lopulta tutkimuksen toteuttajan ammattitaidosta. Toisaalta ongelma on vakava ja vaatii ratkaisuja.

Lähdeviitteet

- Airaksinen, N. & Tuominen, J. 2021. Liikenneturvallisuusstrategian luonnoksen (8.6.2021) vaikutusten kohderyhmät ja arviointi. Muistio 14.11.2021. Saatavilla: https://api.hankeikkuna.fi/asiakirjat/6587a995-8a92-488d-afb4-f7de87fdf680/b7c9b6e7-53af-4447-a084-7f68bb29a2d7/MUIS-TIO_20211216103802.PDF
- Häkkinen, S. 1963. Estimation of distance and velocity in traffic situations. Reports from the Institute of Occupational Health No. 3.
- Häkkinen, S. & Luoma, J. 1991. Liikennepsykologia. Otatieto Oy, Hämeenlinna.
- Kallberg, V-P. & Ahonen, T. 2013. Varoituslaitteettomien tasoristeysten havaittavuus. Vaatimukset ja niiden toteuttaminen. VTT Technology 123. Saatavilla: <https://www.vttresearch.com/sites/default/files/pdf/technology/2013/T123.pdf>
- Karhu, M. & Voutilainen, J. 2019. Tasoristeysturvallisuus pohjoismaissa. Traficom julkaisu 18/2019. Liikenne- ja viestintävirasto Traficom, Helsinki. Saatavilla: <https://www.traficom.fi/sites/default/files/media/publication/Tasoristeysturvallisuus%20Pohjoismaissa.pdf>
- Karttunen, R. 1981. Ärsykkeiden havaittavuus näkökentän eri osissa, erityisesti ääreisalueilla. Helsingin Teknillinen korkeakoulu, teollisuustalouden ja työpsykologian laboratoriot. Report 58/1981.
- Laapotti, S. 2016. Comparison of fatal motor vehicle accidents at passive and active railway level crossings in Finland. IATSS Research 40, 1–6.
- Mäkinen, T. 1994. Nastarenkaiden vaikutus matkoihin ja kuljettajien riskinottoon. Talvi ja tieliikenne -projekti. Tielaitoksen sisäisiä julkaisuja 1/1994. Helsinki.
- Poutanen, M. & Luoma, J. 2009. Vartioimattoman tasoristeuksen ylitys. Autonkuljettajien käsitykset ja riskin kokeminen. Espoo. VTT Tiedotteita – Research Notes 2474. Saatavilla: <https://www.vttresearch.com/sites/default/files/pdf/tiedotteet/2009/T2474.pdf>
- Onnettomuustietoinstituutti. 2023a. Liikenneonnettomuuksien tutkijalautakuntien tutkimien tie- ja maastoliikenneonnettomuuksien onnettomuustietorekisteri.
- Onnettomuustietoinstituutti. 2023b. Onnettomuuksien tutkinta. Saatavilla: <https://www.lvk.fi/onnettomuustietoinstituutti/onnettomuuksien-tutkinta/>
- Onnettomuustutkintakeskus. 2011. Teematutkinta tasoristeys-onnettomuuksista. Onnettomuustutkintakeskuksen tutkintaselostus S1/2011R. Multiprint Oy, Vantaa. Saatavilla: https://turvallisuustutkinta.fi/material/attachments/otkes/tutkintaselostukset/fi/raideliikenneonnettomuuksientutkinta/2011/qv1mV4Dvb/S1_2011R_Tutkintaselostus.pdf
- Rekola, M., Kolinen, L., Asikainen, E., Heliste, L., Immonen, E., Starck, M., Aho-kas, M., Suomento, J. & Johansson, S. 2022. Liikenneturvallisuusstrategia 2022–2026. Liikenne- ja viestintäministeriö 24.3.2022. Liikenne- ja viestintäministeriön

julkaisuja 2022:3. Saatavilla: https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/163951/LVM_2022_3.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Rockwell, T. H. 1972. Skills, judgment and information acquisition in driving, in Forbes, T. W. (ed.) Human factors in highway traffic safety research. New York, Wiley Interscience, ss. 133-164.

SAFER-LC konsortio. 2018. State of the art of level crossing safety: Identification of key safety indicators concerning human errors and violations. Deliverable D2.1 of the European Commission funded SAFER-LC project. Saatavilla: https://safer-lc.eu/IMG/pdf/saferlc_20180307_d21_v04_ffe_state_of_the_art_of_lc_safety_analysis.pdf

Salenius, S. 2019. OTI-tasoristeysraportti 2019. Onnettomuustietoinstituutti OTI, Helsinki. ISBN 978-952-5834-88-8. Saatavilla: <https://www.lvk.fi/document/89447/9ACC1BACF897C642257F182919BEB68F958E812EDC69BBC572EFD F2D8D03C547>

Salenius, S. 2022. Onnettomuustietoa tiiviisti 3/2022. Tasoristeysonnettomuudet vuosina 2011–2020. Onnettomuustietoinstituutti OTI, Helsinki.

Silla, A. 2016. Liikennekonfliktimenetelmä ja sen mahdollisuudet. VTT Technology 248. Saatavilla: <https://www.vttresearch.com/sites/default/files/pdf/technology/2016/T248.pdf>

Traficom. 2023. Rautateiden turvallisuuden vuosikertomus 2023. Luonnos.

Väylävirasto. 2022a. Tasoristeykset valtion rataverkolla. Saatavilla: <https://vayla.fi/vaylista/rataverkko/tasoristeykset>

Väylävirasto. 2022b. Tasoristeysturvallisuus. Saatavilla: <https://vayla.fi/vaylista/rataverkko/tasoristeykset/tasoristeysturvallisuus>.

Väylävirasto. 2022c. Tasoristeysohjelma. Saatavilla: <https://vayla.fi/vaylista/rataverkko/tasoristeykset/tasoristeysohjelma>

Väylävirasto. 2023. Väyläviraston rautateiden turvallisuuskertomus 2022. Toimitettu Liikenne- ja viestintävirastolle 30.5.2023.

Tasoristeysonnettomuuksiin ja vaaratilanteisiin liittyvät tiedot ja niiden hyödynnettävyys havaintovirheiden määrittämisessä

Taulukko 1. Tasoristeysonnettomuuksiin ja vaaratilanteisiin liittyvät tiedot ja niiden hyödynnettävyys havaintovirheiden määrittämisessä.

Tietolähde	Relevantti tietosisältö	Hyödynnettävyys
<p>Toimijoiden tekemät turvallisuuspoikkeamailmoitukset: Tietoja rautatieliikenteessä tapahtuvista turvallisuuspoikkeamista löytyy sekä rautatieliikenteen harjoittajien ja rataverkon haltijoiden omista tilastoista että Traficomien tilastoista, jotka perustuvat toimijoiden lähettämiin poikkeamailmoituksiin. Rautatieliikenteen harjoittajat ja rataverkon haltijat ovat velvollisia ilmoittamaan rautateillä tapahtuvista onnettomuksista ja vaaratilanteista Traficomille. Tämä ilmoitusvelvollisuus koskee siten myös tasoristeyksissä tapahtuvia onnettomuuksia ja vaaratilanteita. Tapahtumasta tulisi ilmoittaa mm. lyhyt kuvaus tapahtumasta, ajankohta ja paikka, tapahtumatyyppi ja sen osalliset, tapahtuman arvioitu syy sekä tapahtuman aiheuttamat vahingot ja seuraukset.</p>	<p>Puomien rikkoutumiset ja muut vaaratilanteet: Poikkeamaraportit ovat pääasiassa kunnossapitäjän tai veturinkuljettajan tekemiä ja siten heidän näkemysensä tilanteesta. Puomien rikkoutumisista raportoidaan tyypillisesti aika ja paikka sekä satunnaisia lisätietoja tapahtumasta ja siinä osallisena olleesta ajoneuvosta (tyypillisesti veturinkuljettajan näkemys tapahtumasta).</p> <p>Tasoristeysonnettomuudet: Poikkeamaraportti kuvaa tilannetta tyypillisesti rautatieliikenteen toimijoiden näkökulmasta. Raportoitavien tietojen lähteenä on tyypillisesti veturinkuljettaja, joka kuvaa tilannetta, sen syntymiseen vaikuttaneita tekijöitä sekä seurauksia parhaansa mukaan.</p>	<p>Puomien rikkoutumiset ja muut vaaratilanteet: Näitä tapahtumia voisi tarkastella mm. siitä näkökulmasta, onko niihin mahdollisesti vaikuttanut esim. säätila (auringon häikäisy yms.), liukkaus, tietyyppi, ajoneuvotyyppi tms. Puomien rikkoutumisiin ja muihin vaaratilanteisiin liittyvät raportit ovat usein hyvin niukkasanaisia ja siten tämän tyyppinen tarkastelu vaatisi useissa tapauksissa lisätietojen (esim. sää- ja kelitiedot, tasoristeystiedot) keräämistä jälkikäteen. Tietojen täydentäminen on melko työläs prosessi eikä lisätietojenkaan kerääminen takaa sitä, että sen avulla saataisiin kovin tarkkaa kuvaa mahdollisista havaintovirheistä ja siitä, miten suureen osaan tapauksista havaintovirheet ovat olleet vaikuttamassa.</p> <p>Tasoristeysonnettomuudet: Tasoristeysonnettomuuksiin liittyvä tilanteen kuvaus on usein hieman laajempi kuin puomien rikkoutumiseen liittyvä (ja tyypillisesti sitä laajempi, mitä vakavammasta tapauksesta on kyse). Tästä huolimatta monet yllä mainitut haasteet aineiston hyödyntämisen suhteen koskevat myös tasoristeysonnettomuuksia.</p>
<p>Onnettomuustietoinstituutin Liikennevahinkoportti: Sisältää tietoja liikennevakuutuksesta korvatuista omaisuus- ja henkilövahingoista.</p>	<p>Aineistosta voidaan rajata sellaiset omaisuus- ja henkilövahinko-onnettomuudet, joissa vastapuolena on ollut juna. Henkilövahinkoon johtaneiden onnettomuuksien osalta Onnettomuustietoinstituutilta voi anoa sellaista</p>	<p>Tapausten lukumäärän lisäksi aineisto sisältää tietoa mm. tapahtuman ajankohdasta ja olosuhteista. Tapahtumapaikka on merkitty melko yleisellä tasolla (sisältäen mm. tielajin ja nopeusrajoitusalueen sekä taajama/haja-asutus-</p>

Tietolähde	Relevantti tietosisältö	Hyödynnettävyys
	aineistoa, jossa henkilövahinkojen lukumäärä on jaoteltu vakaviin ja lieviin loukkaantumisiin sekä kuolleisiin. Loukkaantumisen vakavuuteen tulee suhtautua varauksella, koska jako vakaviin ja lieviin loukkaantumisiin tehdään vakuutusilmoituksen tekijän määritelmän mukaisesti.	alue jaottelun), eikä tiedoista pääse näkemään tapahtuma- paikkana olleen tasoristeyksen tietoja. Olosuhteiden osalta on kirjattu tienpinnan status ja valoisuus.
Väyläviraston onnettomuusrekisteri: Sisältää yksityiskohtaista tietoa onnettomuudesta ja sen osapuolista (ajoneuvot ja henkilöt). Väylävirastossa onnettomuustietoihin liitetään Tievalhosta tapahtumapaikan tie- ja liikenneoloja kuvaavat tiedot.	Väyläviraston onnettomuusrekisterissä kuhunkin onnettomuuteen liittyviä tietoja kuvataan eri muuttujien avulla. Tarkempaan kuvailevaan tekstiin on mahdollista päästä käsiksi yhdistämällä Väyläviraston onnettomuusrekisterin tiedot (poliisin ilmoitusnumeron avulla) Tilastokeskuksen hallussa olevaan yksityiskohtaisempaan aineistoon.	Havaintovirheiden määrittämisen näkökulmasta kiinnostavia muuttujia ovat mm. tarkka sijaintitieto (koordinaatit), tienpinta, valoisuus, sää, lämpötila, nopeusrajoitus ja päällyste. Erytisen kiinnostavaa tietoa olisi poliisin rekisteristä mahdollisesti löytyvät haastattelutiedot.
Poliisin aineisto henkilövahinkoon johtaneista tieliikenneonnettomuuksista: Sisältää kaikki poliisin tietoon tulleet kuolemaan johtaneet tieliikenneonnettomuudet ja suuren osan loukkaantumisonnettomuuksista. Tasoristeysonnettomuuksissa on tyypillisesti useita osallisia ja ne koskevat kahta eri liikenne- muotoa. Lisäksi ne ovat usein seurauksiltaan vakavia ja aiheuttavat suurta häiriötä liikenteelle. Siten poliisi on melko suurella todennäköisyydellä paikalla.	Tietoaineiston tiedot liittyvät mm. <ul style="list-style-type: none"> - onnettomuuteen (vakavuus, onnettomuustyyppi, ajankohta, osallisten määrät) - onnettomuuspaikkaan (maakunta, kunta, paikka tieverkolla, nopeusrajoitus, risteys) - onnettomuuden olosuhteisiin (keli, sää, valoisuus) sekä - onnettomuuden osallisiin (tienkäyttäjryhmä, ikä, sukupuoli, kansalaisuus, puhalluskokeen tulos, päihteiden käyttö, tiedot ajokortista, tunnistetiedot). Poliisi tyypillisesti haastattelee tapahtuman osallisia (jos tämä on mahdollista), ja haastattelun kohteena on usein myös junan kuljettaja.	Havaintovirheiden määrittämisen näkökulmasta kiinnostavia muuttujia on useita. Erytisen kiinnostuksen kohteena ovat haastattelutiedot, joiden läpikäymiseen tarvitaan käyttö- lupa. Poliisi ilmoittaa henkilövahinkoon johtaneet tieliikenteen onnettomuudet Tilastokeskukselle, joten käyttö- lupa anotaan Tilastokeskukselta. Haasteena on, että poliisin tutkinnan aikana kirjaamien tietojen taso vaihtelee. Tutkintailmoitukseen kirjatut haastattelutiedot voivat joiltain osin puuttua kokonaan ja joissakin tapauksissa ne ovat hyvin niukkoja. Haasteita on myös siinä, ettei tutkintailmoituksen tietoja aina päivitetä jälkikäteen, vaikka tapaukseen liittyviä uusia tietoja ilmenee.
Vammautumiseen johtaneiden onnettomuuksien tutkijalautakunnan tuottama aineisto: Suomessa on yksi tutkijalautakunta, joka suorittaa vammautumiseen johtaneiden liikenneonnettomuuksien	Vammautumiseen johtaneiden liikenneonnettomuuksien tutkinnassa yhdistetään eri tietolähteiden tietoja (mm. sairaalalähtöiset aineistot, poliisin järjestelmät ja vakuutusyhtiöiden aineistot) ja pyritään niiden avulla saamaan kuva mm. onnettomuuden syistä, olosuhteista,	Vakavaan vammautumiseen johtaneiden onnettomuuksien ns. kevyttutkinta aloitettiin vuonna 2021. Tutkittavien tapausten määrä lisääntyy vuosi vuodelta, mutta tällä hetkellä tutkittuna on vasta muutamia vakavaan vammautumiseen johtaneita tasoristeysonnettomuuksia. Menetelmä on

Tietolähde	Relevantti tietosisältö	Hyödynnettävyys
<p>tutkintaa koko maassa (pl. Ahvenanmaa) Onnettomuustietoinstituutin kehittämän uuden tutkintamenetelmän avulla. Tutkijalautakunnassa on edustettuna poliisitoimen, lääketieteen, ajoneuvotekniikan, tienpidon sekä käyttäytymistieteen tuntemus.</p>	<p>osallisista ajoneuvoista, henkilöistä ja heidän vammoistaan sekä turvalaitteista.</p>	<p>myös kuolemaan johtaneiden onnettomuuksien ns. syvä-tutkintaa selvästi kevyempi eikä osallisia esimerkiksi haastatella tutkinnan yhteydessä. Käytössä on kuitenkin kaikki poliisin tutkinnassa selvittämä ja kirjaama tieto. Aineiston kattavuuden parantuessa lisäarvoa tuo erityisesti vammautumisen vakavuustieto sekä tieto mahdollisten turvalaitteiden käytöstä.</p>
<p>Liikenneonnettomuuksien tutkijalautakuntien tuottama aineisto: Liikenneonnettomuuksien tutkijalautakunnat tutkivat kaikki kuolemaan johtaneet tie- ja maastoliikenneonnettomuudet eli tutkinnan kohteena ovat lähtökohtaisesti kaikki kuolemaan johtaneet tasoristeysonnettomuudet. Eri puolelle Suomea sijoittuvissa tutkijalautakunnissa on mukana asiantuntijoita mm. poliisista sekä lääketieteen, ajoneuvotekniikan, tienpidon ja käyttäytymistieteen aloilta.</p>	<p>Kustakin onnettomuudesta laaditaan tutkintaselostus, joka sisältää mm. kuvauksen onnettomuuden kulusta, siihen johtaneista tekijöistä, onnettomuuden seurauksista sekä turvallisuuden parantamisehdotuksista. Tutkinnassa noudatetaan kirjallisesti kuvattua tutkintamenetelmää vakiolomakkeita hyödyntäen ja kerätyt tiedot kootaan Onnettomuustietoinstituutin tietokantaan.</p>	<p>Tutkijalautakunnat määrittävät tutkinnassa yhden välittömän riskitekijän jokaiselle onnettomuuden osalliselle. Tasoristeysonnettomuksiin liittyvät välittömät riskitekijät liittyvät tyyppillisesti tienkäyttäjän toimintaan. Yksi näistä välittömistä riskitekijöistä on havaintovirhe.</p>



Väylävirasto
Trafikledsverket

ISSN 2490-0745
ISBN 978-952-405-105-7
www.vayla.fi