



Kaista-avustimen potentiaaliset turvallisuusvaikutukset

2019

www.oti.fi



Onnettomuustietoinstituutti (OTI)
Raportin on laatinut Roni Utriainen



4.4.2019

Raportin on laatinut Roni Utriainen.

Yhteydenotot

Onnettomuustietoinstituutti
Liikennevakuutuskeskus

Itämerenkatu 11-13
00180 Helsinki

p. 040 450 4666

Tietoja lainattaessa lähde on mainittava.

ISBN 978-952-5834-86-4 (verkkojulkaisu .pdf)

Tiivistelmä

Suurin osa Suomen tieliikenteen kuolemista on seurausta kaistalta ulos ajautumisista, jotka onnettomuustyyppinä luokitellaan yleisimmin tieltä suistumiseksi tai kohtaamisonnettomuudeksi. Yleistymässä olevista kuljettajaa tukevista tekniikoista kaistalla pysymisessä avustavalla järjestelmällä (kaista-avustin) voitaisiin estää tahattomia kaistalta ulos ajautumisia. Tutkimuksessa arvioidaan, mitkä kuolemaan johtaneet henkilöauto-onnettomuudet olisi mahdollisesti voitu estää, jos onnettomuuden aiheuttanut henkilö- tai pakettiauto olisi hyödyntänyt kaista-avustinta. Onnettomuusaineistona käytettiin liikenneonnettomuuksien tutkijalautakuntien tutkimia 364 kuolemaan johtanutta yksittäis- ja kohtaamisonnettomuutta vuosilta 2014–2016.

Kaista-avustimen käyttö olisi potentiaalisesti voinut estää 27 % henkilöautojen yksittäis- ja kohtaamisonnettomuuksista, jos järjestelmä olisi ollut käytössä kaikissa henkilö- ja pakettiautoissa. Kaikista kuolemaan johtaneista henkilöauto-onnettomuuksista, sisältäen muutkin onnettomuustyyppit, vähemmän olisi ollut 19 %. Onnettomuusaineisto mahdollistaa useiden kaista-avustimen toiminnan kannalta keskeisten tekijöiden huomioimisen. Kaistamerkintöjen näkyvyys, sääolosuhteet ja tietyt kuljettajan toimintaan liittyvät riskit huomioitiin tapauskohtaisesti arvioitaessa järjestelmän mahdollisuuksia estää onnettomuuksia. Kuljettajan toimintaan liittyvien riskien, kuten tietoisesti aiheutettujen tai sairauskohtauksesta johtuvien onnettomuuksien arvioitiin olleen tyypillisimpiä syitä, miksi kaista-avustin ei olisi voinut estää kaikkia tutkittuja onnettomuuksia. Myös kaistamerkintöjen kuluneisuus, puuttuminen tai peittyminen lumella olivat yleisiä syitä.

Tutkimuksessa esitetty analyysi perustuu tilanteeseen, jolloin kaista-avustin olisi käytössä kaikissa henkilö- ja pakettiautoissa ja sitä hyödynnettäisiin tarkoituksenmukaisesti. Nykyisessä autokannassa järjestelmän käyttö on kuitenkin vasta yleistymässä, joten raportissa keskustellaan järjestelmän oletettavista vaikutuksista nykytilanteessa. Eri sidosryhmien mahdollisuuksista vaikuttaa järjestelmän yleisyyteen, käyttöön ja turvallisuusvaikutuksiin käydään myös keskustelua. Lisäksi tutkimuksessa esitetään ajoneuvovaatimuksiin ja infrastruktuuriin liittyviä toimenpiteitä, joilla järjestelmän turvallisuuspotentiaalia voitaisiin parantaa.

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Järjestelmän toimintaolosuhteet ja rajoitukset.....	2
3	Aiempiä tutkimuksia	3
4	Aineisto ja menetelmät	4
4.1	Analysoitava aineisto	4
4.2	Tutkimusmenetelmä	5
5	Potentiaaliset turvallisuusvaikutukset.....	8
5.1	Kaista-avustimen turvallisuusvaikutukset.....	8
5.2	Kaistamerkintöjen näkyvyys.....	9
5.3	Sääolosuhteet ja vuodenajat	10
5.4	Kuljettajan toimintaan liittyvät riskit.....	10
6	Turvallisuuspotentiaalın arviointi	11
7	Kaista-avustimen toimintakyvyn parantaminen.....	12
8	Yhteenveto	14
9	Lähteet.....	15
	Liite A. Ylinopeudella ajaminen ja päihteiden käyttö.....	17

1 Johdanto

Suurin osa Suomen tieliikenteen kuolemista on seurausta suistumis- ja kohtaamisonnettomuuksista. Vuosina 2012–2016 kaikissa tieltä suistumisissa ja kohtaamisonnettomuuksissa tapahtui vuosittain keskimäärin 157 kuolemaa, joka on 62 % tieliikenteessä kuolleista. Seuraavaksi yleisin onnettomuustyyppi (jalankulkijaonnettomuudet) oli kyseessä 11 %:ssa tapauksista. (Tilastokeskus 2018) Jo nyt uudemmissa autoissa käytössä olevat edistyneet kuljettajaa tukevat järjestelmät voisivat laajemmin levinneinä vähentää onnettomuuksien määrää. Tieltä suistumisissa ja kohtaamisonnettomuuksissa on useissa tapauksissa kyse tahattomasta kaistalta ulos ajautumisesta, jolloin kaistalla pysymisessä avustava (lane keeping assistance) tai kaistalta lähdöstä varoittava järjestelmä (lane departure warning) voisi estää tällaisten onnettomuuksien tapahtumisen. Kaistalla pysymisessä avustava järjestelmä nimensä mukaisesti ainoastaan avustaa auton ohjaamisessa, jolloin vastuu ajotoiminnoista säilyy edelleen kuljettajalla. Kuljettajan käyttäytymisellä onkin edelleen merkittävä vaikutus ajamisen turvallisuudelle.

Korkean automaatiotason autot, joissa järjestelmä on vastuussa ajotoiminnoista ihmiskuljettajan sijaan, poistavat oletettavasti kokonaan ihmiskuljettajan toiminnasta aiheutuvat riskit (esim. virheellinen havainnointi). Tällöin esimerkiksi tieltä suistumisten ja kohtaamisonnettomuuksien voidaan olettaa vähentyvän huomattavasti. Ensimmäisten ilman kuljettajaa toimivien automaattiautojen odotetaan tulevan markkinoille lähivuosina, mutta niiden laajamittainen yleistyminen saattaa tapahtua vasta vuosia tai vuosikymmeniä myöhemmin (KPMG 2015; Litman 2018). Alkuvaiheessa osittain automatisoidun ajon mahdollistavien järjestelmien yleistyminen (esim. kaista-avustin) vähentäne onnettomuuksien määrää, mutta suurimmat turvallisuushyödyt saavutetaan korkeasti automatisoitujen autojen yleistyessä. Kuljettajaa tukevat järjestelmät oletettavasti yleistyvät ennen täysin automatisoituja autoja, joten yksittäisten järjestelmien potentiaalisia turvallisuusvaikutuksia ja vaikutusten tehostamiskeinoja on kannattavaa tutkia tässä vaiheessa.

Tässä tutkimuksessa tarkastellaan nykyisessä autokannassa yleistyvän kaistalla pysymisen avustimen potentiaalisia turvallisuusvaikutuksia Suomen olosuhteissa. Jatkossa tässä raportissa kaistalla pysymisessä avustavasta järjestelmästä, joka varoittamisen lisäksi voi vaikuttaa auton ohjaamiseen, käytetään nimitystä kaista-avustin. Tutkimuksessa käsitellään myös kaistalta lähdöstä varoittavaa järjestelmää, josta raportissa käytetään jatkossa nimitystä kaistavahti. Kaistavahti on ainoastaan kuljettajaa varoittava järjestelmä, joten se ei vaikuta auton ohjaamiseen.

Tutkimuksessa arvioidaan kuolemaan johtaneita onnettomuuksia analysoimalla, olisiko kaista-avustinta hyödyntävä ja tekniseltä kunnoltaan asianmukainen ajoneuvo voinut estää onnettomuuden tapahtumisen, kun tutkimusaineiston todellisissa onnettomuuksissa oli osallisena ainoastaan ilman järjestelmää olleita autoja. Tarkasteltavasta onnettomuusaineistosta ei ole poistettu tapauksia kuljettajan toimintaan liittyvien riskien (esim. tietoisesti aiheutettu onnettomuus) tai olosuhteiden (esim. lumisade) perusteilla, vaikka useilla näihin liittyvillä tekijöillä on kaista-avustimen toiminnan estävää vaikutusta. Tarkoituksena on tarkastella kaista-avustimen kokonaispotentiaalia estää onnettomuuksia ja syitä, miksi järjestelmän avulla ei voitaisi estää kaikkia onnettomuuksia, vaikka järjestelmä olisi käytössä kaikissa autoissa.

Kaista-avustin on kiinnostava järjestelmä, sillä yksittäisenä kuljettajaa avustavana järjestelmänä sen turvallisuusvaikutukset voivat olla merkittävät. Aiemmin Sternlund ym. (2017) arvioivat kyseisen järjestelmän vähentävän kohtaamisonnettomuuksia ja tieltä suistumisia Ruotsissa 30 %. Rämä ym. (2008) mukaan kaista-avustin voisi vähentää kuolemia 20 % Suomen olosuhteissa. Aiemmissa tutkimuksissa tehdyt johtopäätökset eivät kuitenkaan perustu onnettomuuksien tapauskohtaiseen analyysiin, jolloin järjestelmän toimintarajoituksia ei ole kaikkien tekijöiden kohdalla voitu huomioida kattavasti. Tässä tutkimuksessa jokainen onnettomuus analysoidaan tapauskohtaisesti, jotta järjestelmän mahdollisuuksia estää onnettomuus voitaisiin arvioida mahdollisimman tarkasti.

Raportti koostuu kirjallisuuskatsauksesta, aineiston ja menetelmien esittelystä, tulosten esittelystä sekä järjestelmän toimintaan vaikuttavien laajempien tekijöiden ja toimintakykyä parantavien tekijöiden arvioinnista. Tutkimuksessa tarkastellaan myös neljän eri automallin ohjekirjoista, minkälaisissa olosuhteissa kaista-avustin voi aktivoitua ja

minkälaisia rajoituksia järjestelmän toimintaan liittyy. Tutkimuksessa arvioidaan järjestelmien turvallisuusvaikutusten tehostamiskeinoja sekä sitä, mitkä tämän tutkimuksen analyysissä huomioimattomat tekijät voivat vaikuttaa järjestelmän todellisiin turvallisuusvaikutuksiin.

2 Järjestelmän toimintaolosuhteet ja rajoitukset

Tässä luvussa tarkastellaan nykyisissä automalleissa käytössä olevien kaista-avustimien toimintarajoituksia ja –olosuhteita. Tarkoituksena on selvittää, millaisissa olosuhteissa järjestelmä voi toimia ja millaisissa olosuhteissa järjestelmä ei voisi estää kaistalta ulos ajautumista. Järjestelmän toimintaolosuhteita selvitetään tarkastelemalla neljän eri automallin käyttöohjekirjan tietoja (taulukko 1). Tarkasteltavat automallit ovat eri valmistajilta Euroopasta, Pohjois-Amerikasta ja Aasiasta. Autot ovat myös eri kokoluokista.

Taulukko 1. Automallit, joiden ohjekirjoista selvitetään kaista-avustimen toimintaolosuhteita (Tesla 2017; Toyota 2017; Volkswagen 2017; Volvo 2017).

Valmistaja	Malli	Järjestelmän englannin-kielinen nimi ohjekirjassa	Nopeusalue, jolla järjestelmä voi olla toiminnassa
Tesla	Model S	Autosteer	8–150 km/h
Toyota	Prius	Lane departure alert with steering control	50 km/h tai enemmän
Volkswagen	Tiguan	Lane assist	60 km/h tai enemmän
Volvo	XC 60	Lane keeping aid	65–200 km/h

Kaista-avustin on kuljettajaa tukeva järjestelmä, joka avustaa auton pitämisessä kaistaviivojen välissä estäen kaistalta ulos ajautumisia. Kaista-avustin voi estää ainoastaan tahattomia kaistalta pois ajautumisia, mutta se ei voi kuitenkaan estää esimerkiksi ajoneuvon hallinnan menetyksestä johtuvia tapauksia. Autoa ohjaava vaikutus aiheutuu ohjauspyörän kääntämisestä tai jarruttamisesta vain tietyillä renkailla (Scanlon ym. 2016).

Kaista-avustimen toiminta perustuu kameratekniikalla tehtävään kaistamerkintöjen havainnointiin. Puutteet kaistamerkinnöissä, kuten merkintöjen puuttuminen kokonaan tai osittain, estää järjestelmän toiminnan. Talvella kaistamerkinnät voivat olla lumen tai jään peitossa, mikä estää kamerasensoria havaitsemasta merkintöjä. Lumisade tai sumu voivat olla myös esteitä havainnoinnille.

Kaista-avustin ei ole kaikissa tutkituissa automalleissa oletusarvoisesti päälle kytkettynä, jolloin kuljettajan on erikseen aktivoitava järjestelmä. Aiemmat tutkimukset järjestelmän todellisesta käytöstä osoittavat, että järjestelmä ei ole ajon aikana aina päälle kytkettynä. Reagan ym. (2018) selvitti, että kaista-avustin oli päälle kytkettynä noin 55 %:ssa ja kaistavahti noin 45 %:ssa autoista yhdellä ajan hetkellä Washingtonissa, Yhdysvalloissa. Toisen tutkimuksen mukaan kaista-avustin oli päälle kytkettynä noin puolet ajamiseen käytetystä ajasta (Flannagan ym. 2016).

Tutkituissa automalleissa järjestelmän pysyminen päällä vaatii, että kuljettaja pitää käsillään kiinni ohjauspyörästä, mikä osoittaa kuljettajan olevan keskittynyt ajamiseen. Koska kyseessä on vain kuljettajaa avustava järjestelmä, kuljettaja on aina vastuussa ajamisesta ja ympäristön havainnoinnista. Erityisesti osittaista automaatiota vastaavissa järjestelmissä, kuten kaista-avustimessa yhdessä muiden järjestelmien kanssa, kuljettaja saattaa matkan aikana keskittyä muuhun kuin ajamiseen (Banks ym. 2018). Mikäli kuljettaja irrottaa kätet ohjauspyörästä, järjestelmä antaa varoituksen äänisignaalina ja viestinä kuljettajan näytöllä saadakseen kuljettajan huomion. Varoitustyyppillä on havaittu olevan merkitystä kuljettajan reagointiin, joten erityyppisten varoitusten, kuten äänimerkin ja visuaalisen varoituksen, antaminen on paras keino saada kuljettajan huomio (Winkler ym. 2018).

Nykyisin käytössä olevat järjestelmät on suunniteltu erityisesti korkealuokkaisille teille kuten moottoriteille, joissa on ainoastaan loivia kaarteita ja kaistamerkinnät ovat täysin näkyvissä. Toyota (2017) ilmoittaa, että kaarresäteen

ollessa alle 150 m, järjestelmä ei aina toimi oikein. Liikenneviraston (2013) mukaan Suomen maanteillä alle 150 m kaarresädettä ei suositella käytettäväksi nopeusrajoituksen ollessa 50 km/h tai enemmän, joten liian pieni kaarresäde ei ole oletettavasti tyypillinen este järjestelmän toiminnalle maantieympäristössä. 70 km/h tai korkeamman nopeusrajoituksen teillä alle 150 m kaarresädettä ei tulisi käyttää milloinkaan, edes taajama-alueilla kulkevilla maanteillä. Kaupunkiympäristö, kapeat kaistat, tietyömaat ja liittymät voivat niin ikään olla ongelmallisia järjestelmän toiminnalle. Alin nopeus, jolloin järjestelmä toimii, vaihtelee Teslan (2017) 8 km/h:sta Volvon (2017) 65 km/h:ssa. Volvossa kaista-avustin voi toimia alemmillakin nopeuksilla, jos mukautuva nopeudensäädin on toiminnassa. Järjestelmän toiminnan maksiminopeus vaihtelee 150 km/h ja 200 km/h välillä neljän tarkasteluun valitun automallin osalta.

Tarkasteltaessa kaista-avustimen toimintaa on tarpeellista huomioida, että ajonvakautusjärjestelmä (electronic stability control, ESC) liittyy myös yksittäis- ja kohtaamisonnettomuuksia estäviin tekniikoihin (Høye 2011). Ajonvakautusjärjestelmä estää ajoneuvon hallinnan menetyksiä, mitkä voisivat johtaa kaistalta ulos ajautumiseen. Sen sijaan ohitusonnettomuudet johtuvat osittain eri tekijöistä kuin monet yksittäis- ja kohtaamisonnettomuudet, koska kuljettaja lähtee kaistalta tarkoituksellisesti. Kaista-avustinta ja ajonvakautusjärjestelmää ei ole suunniteltu ohitusonnettomuuksien estämiseen. Joitain ohitusonnettomuuksiksi luokiteltuja tapauksia kaista-avustin saattaisi pystyä estämään yhteistyössä ajonvakautusjärjestelmän kanssa, kun esimerkiksi kuljettaja on menettämässä ajoneuvon hallinnan palatessa ohituksen jälkeen omalle kaistalleen.

3 Aiempia tutkimuksia

Kaista-avustimen ja kaistavahtin turvallisuusvaikutuksia on yleensä tutkittu samassa tutkimuksessa tai järjestelmien vaikutuksia on arvioitu limittäin. Turvallisuusvaikutusten arvioinnissa on hyödynnetty esimerkiksi simulointia, asiantuntija-arviota ja onnettomuusriskien vertailua. Yleisesti ottaen kaista-avustimen turvallisuusvaikutukset ovat jonkin verran kaistavahtia paremmat (Høye 2015).

Aiempien tutkimusten mukaan kaista-avustin voisi potentiaalisesti estää 26–53 % yksittäis- ja kohtaamisonnettomuuksista. Tutkimusmenetelmät eroavat toisistaan ja eri maihin kohdistuvissa tutkimuksissa olosuhteet eroavat toisistaan, millä voi olla vaikutusta tuloksiin. Kaistamerkintöjen olemassaolo ja niiden näkyvyys ovat tärkein ehto järjestelmän toiminnalle. Useimmissa aiemmin tehdyissä tutkimuksissa ei ole kuitenkaan käytetty aineiston ominaisuuksista johtuen voitu hyödyntää tietoa kaistamerkintöjen näkyvyydestä.

Sternlund ym. (2017) vertailivat Ruotsissa loukkaantumiseen johtaneissa onnettomuuksissa osallisena olleita kaista-avustinta tai kaistavahtia hyödyntäviä autoja sellaisiin autoihin, joissa ei ollut kyseistä tekniikkaa asennettuna. Kaista-avustinta hyödyntävien autojen määrä oli 11. Tutkimuksen mukaan ko. järjestelmillä varustetuilla autoilla oli 53 % pienempi todennäköisyys joutua yksittäis- tai kohtaamisonnettomuuksiin. Tapauksissa nopeusrajoitus oli 70–120 km/h ja tienpinta ei ollut jäinen tai luminen. Jos otetaan huomioon kaikki olosuhteet ja nopeusrajoitukset, järjestelmiä hyödyntäville autoille onnettomuuksia tapahtui 30 % vähemmän.

Logan ym. (2017) käyttivät asiantuntijamenetelmää arvioitaessa, olisiko käytössä ollut kaista-avustin voinut estää tapahtuneen onnettomuuden. Kaista-avustin olisi potentiaalisesti voinut estää 33 % (vaihteluväli 26–41 %) tutkituista 27 yksittäis- ja kohtaamisonnettomuudesta Australiassa ja Uudessa-Seelannissa. Vaihteluväli johtuu siitä, että kaikkia onnettomuuksia ei arvioitu, joten esitetty tulos ei välttämättä edusta turvallisuuspotentiaalia kaikkien onnettomuuksien osalta.

Scanlon ym. (2016) simuloivat 478 onnettomuutta, joissa auto oli ajautunut ulos kaistalta Yhdysvalloissa. Tutkimuksessa vertailtiin onnettomuuksiin osallisia kaista-avustimella varustettuja autoja autoihin, joissa ei ollut kaista-avustinta asennettuna. Kaista-avustin voisi potentiaalisesti vähentää 32 % tutkittujen onnettomuuksien määrää ja 28 % vakavien loukkaantumisten määrää. Kaistavahtin osalta vastaavat luvut olisivat 28 % ja 21 %. Tieto kaistamerkintöjen olemassa olostä oli käytössä, mutta tietoa merkintöjen näkyvyydestä onnettomuushetkellä ei hyödynnetty. Jos kaikilla teillä olisi kaistamerkinntät näkyvissä ja leveät pientareet, kaista-avustin voisi teoreettisesti

estää 78 % kaistalta ulos ajautumisesta johtuvista onnettomuuksista ja 65 % vakavista loukkaantumisista ko. tapauksissa.

Rämä ym. (2008) arvioivat kaista-avustimen potentiaalisia vaikutuksia Suomessa ottamalla huomioon järjestelmän laajemmat vaikutukset, kuten vaikutukset kuljettajan toimintaan, liikkumisen määrään ja kulkutavan valintaan. Järjestelmän onnettomuuksia ehkäisevän vaikutuksen määrittäminen perustui aiempien tutkimusten tuloksiin. Arviolta 20 % tieliikenteen 1 884 kuolemasta vuosina 2002–2006 olisi voitu estää kaista-avustinta hyödyntämällä. Tutkimuksen tulokset perustuvat Suomen onnettomuusaineistoon, mutta onnettomuuksia ei ole arvioitu tapauskohtaisesti, jolloin järjestelmän oletettua toimintaa yksittäisessä onnettomuudessa ei ole voitu arvioida.

Jermakian (2011) luokitteli henkilöauto-onnettomuuksia erilaisiin onnettomuustyyppeihin ja alaryhmiin ja päätteli kaistavahdin voivan estää 17–31 % kuolemaan johtaneista yksittäisonnettomuuksista ja 40–46 % kuolemaan johtaneista kohtaamisonnettomuuksista Yhdysvalloissa. Vaihteluväliin vaikutti ylinopeudella ajamisen huomioiminen analyysissä. Mikäli ylinopeus oli huomioitu, turvallisuusvaikutus oli alarajalla. Kaistamerkintöjen todellista näkyvyyttä ei huomioitu tutkimuksessa. Tutkimuksessa oletettiin, että kaistamerkinnät olisivat näkyvissä kaikilla teillä, joissa nopeusrajoitus oli 40 mph (noin 65 km/h) tai enemmän. Kaistavahti on vain varoitava järjestelmä, joka ei vaikuta auton ohjaamiseen, joten kuljettajan on tehtävä autoa ohjaava liike. Kuljettajan toimintaan vaikuttavia tekijöitä (esim. nukahtaminen) ei kuitenkaan arvioitu tutkimuksessa.

Sternlund (2017) arvioi, että kaistavahti on estänyt 33–38 % kuolemaan johtaneista yksittäis- ja kohtaamisonnettomuuksista Ruotsissa vuonna 2010. Vaihteluväli riippuu siitä, huomioidaanko ajonopeus. Mikäli nopeus ylitti nopeusrajoituksen vähintään 30 km/h, liiallisen nopeuden oletettiin heikentävän kuljettajan toiminta-aikaa kriittisesti. Kaikista kuolemaan johtaneista onnettomuuksista järjestelmä olisi voinut estää 24–28 %. Järjestelmän oletettiin olevan toimintakykyinen, jos ajoneuvo oli ajautumassa ulos kaistalta, kaistamerkinnät olivat näkyvissä ja nopeusrajoitus oli 70 km/h tai enemmän.

Cicchinon (2017) mukaan kaistavahdilla varustettujen autojen osuus kohtaamis-, yksittäis- ja sivukosketusonnettomuuksissa oli 18 % pienempi kuin ilman järjestelmää olleiden autojen. Kuolemaan johtaneissa onnettomuuksissa sama osuus oli jopa 86 % pienempi. Tuloksia tarkasteltaessa on huomioitava, että kaistavahtia hyödyntävät autot olivat oletettavasti muutenkin keskimääräistä paremmin turvavarusteltuja.

4 Aineisto ja menetelmät

4.1 Analysoitava aineisto

Tutkimuksessa tarkastellaan tapahtuneita onnettomuuksia analysoimalla, olisiko kaista-avustin voinut estää onnettomuuden tapahtumisen. Aineistona hyödynnetään Onnettomuustietoinstituutti OTIn ylläpitämää onnettomuustietorekisteriä, joka perustuu liikenneonnettomuuksien tutkijalautakuntien tuottamaan aineistoon kuolemaan johtaneista onnettomuuksista. Tässä tutkimuksessa käytettävä aineisto sisältää yksityiskohtaisia tietoja 364 onnettomuudesta vuosilta 2014–2016, joissa henkilöauto on ollut osallisena (taulukko 2). Aineisto koostuu 192 kohtaamis- ja 172 suistumisonnettomuudesta. Vastaavien vuosien koko aineistosta (721 onnettomuutta) 215 onnettomuutta jätettiin pois, sillä näissä onnettomuuksissa henkilöauto ei ollut osallisena. Lisäksi peräänajo-onnettomuudet (30), jalankulkijaonnettomuudet (32), risteysonnettomuudet (60) ja muut onnettomuudet (20) jätettiin aineistosta pois, sillä kaista-avustin ei pysty estämään tällaisia tapauksia. Aineistossa on yli sata muuttujaa onnettomuuksien ominaisuuksista sisältäen tietoja esimerkiksi tie- ja sääolosuhteista, kuljettajan toiminnasta ja onnettomuuteen liittyvistä taustariskeistä. Aineisto sisältää myös valokuvia onnettomuuspaikalta ja onnettomuustapahtuman sanallisen kuvauksen.

Taulukko 2. Tutkimuksessa käytetty aineisto.

	Kuolemaan johtaneita onnettomuuksia	Onnettomuuksissa kuolleita	Sisältyykö aineisto tutkimukseen?
Kaikki kuolemaan johtaneet onnettomuudet 2014–2016	721	785	Osa sisältyy
-Onnettomuudet, joissa henkilöauto ei ollut osallisena	215	217	Ei
-Onnettomuudet, joissa henkilöauto oli osallisena	506	568	Osa sisältyy
>Kohtaamisonnettomuudet	192	228	Kyllä
>Yksittäisonnettomuudet	172	187	Kyllä
>Peräänajo-onnettomuudet	30	32	Ei
>Jalankulkijaonnettomuudet	32	32	Ei
>Risteysonnettomuudet	60	67	Ei
>Muut onnettomuudet	20	22	Ei

Tässä tutkimuksessa tarkastellaan erityisesti henkilöauto-onnettomuuksia, sillä ne muodostavat suuren uhan liikenneturvallisuudelle. Suomessa tieliikenteen kuolemista 57 % (vuosina 2014–2016) ja Euroopan Unionissa 46 % (vuonna 2015) tapahtui henkilöautolla matkustaville (ERSO 2017; Tilastokeskus 2018). Euroopan Komissio on hiljattain ehdottanut kaista-avustinta pakolliseksi järjestelmäksi uusissa autoissa, sillä järjestelmän nähdään olevan yksi olennainen tekijä onnettomuuksien määrän vähentämiseksi (European Commission 2018a).

Koska tarkastelussa rajaudutaan henkilöauto-onnettomuuksiin, muiden tienkäyttäjien onnettomuudet ovat aineistossa mukana, mikäli henkilöauto on ollut onnettomuudessa osallisena. Muiden tienkäyttäjien kuin henkilöautojen yksittäisonnettomuudet eivät näin ollen sisälly aineistoon. Kolme jalankulkijaonnettomuutta on muutettu aineistossa henkilöautojen yksittäisonnettomuuksiksi, sillä näissä tapauksissa henkilöauto ajautui kaistaltaan ulos törmäten jalankulkijaan, jolloin kaista-avustin olisi mahdollisesti voinut estää onnettomuuden. Muut jalankulkijaonnettomuudet eivät sisälly tarkasteltavaan aineistoon.

4.2 Tutkimusmenetelmä

Järjestelmän potentiaalisia turvallisuusvaikutuksia arvioidaan ns. parhaassa mahdollisessa tilanteessa (maksimi turvallisuuspotentiaali), jolloin järjestelmän oletetaan olevan käytössä kaikissa autoissa ja aina päälle kytkettynä. Kuljettajan ei oleteta muuttavan käyttäytymistään järjestelmän takia, joten järjestelmän oletetaan toimivan tarkoituksenmukaisesti. Nämä oletukset eivät aina toteudu todellisessa liikenteessä. Tehtyjen oletusten vaikutuksista keskustellaan luvussa 6.

Onnettomuusaineiston analysoinnissa käytetään lähestymistapaa, jossa jokaisen onnettomuuden osalta arvioidaan tapauskohtaisesti, olisiko kaista-avustin voinut estää kyseisen onnettomuuden. Analysoinnissa keskitytään tarkastelemaan sen osallisen toimintaa, joka ajautui kaistalta ulos. Lähes kaikissa tapauksissa (96 %) tämä ajoneuvo oli henkilöauto, koska aineisto koostuu henkilöauto-onnettomuuksista. Kaista-avustimen toimintaa tarkastellaan myös pakettiautojen (2 %) aiheuttamissa kohtaamisonnettomuuksissa henkilöautojen kanssa, sillä pakettiautoissa järjestelmän voidaan olettaa toimivan kuten henkilöautoissa. 1 %:ssa kyseessä oli raskaan ajoneuvon aiheuttama kohtaamisonnettomuus henkilöauton kanssa. Tässä tutkimuksessa ei kuitenkaan tarkastella raskaille ajoneuvoille tarkoitettujen kaista-avustimien toimintaa. Raskaiden ajoneuvojen aiheuttamat kohtaamisonnettomuudet eivät ole estettävissä, koska näihin tapauksiin ei voida soveltaa henkilöauton kaista-avustinta. 1 % tapauksista oli moottoripyörän aiheuttamia kohtaamisonnettomuuksia, jotka eivät ole tämän tutkimuksen mukaan estettävissä kaista-avustimella, sillä järjestelmän ei oleteta olevan tulevina vuosina saatavilla moottoripyörille.

Tapauskohtaisen arvioinnin avulla voidaan huomioida onnettomuustapahtumille yksilölliset olosuhteet ja kuljettajan toimintaan liittyvät riskit. Tässä tutkimuksessa järjestelmän oletettiin potentiaalisesti estävän onnettomuuden, jos kaistamerkinnyt olivat täysin näkyvissä, sääolosuhteet olivat suotuisat ja taulukossa kolme esitettyä kuljettajan toimintaan liittyviä riskejä ei havaittu onnettomuustutkinnassa. Jos yksikin kolmesta tarkasteltavasta tekijästä on epäsuotuisa, järjestelmä ei voi toimia ja estää onnettomuutta. Luvussa 5 tarkasteltavissa tutkimuksen tuloksissa eritellään taulukossa kolme esitettävien tekijöihin perustuen, miksi kaista-avustin ei voisi estää kaikkia suistumis- ja kohtaamisonnettomuuksia. Kaista-avustimen toiminnan kannalta tarkasteltavat tekijät on valittu eri automallien ohjekirjojen (luku 2) ja kirjallisuuskatsauksen (luku 3) perusteella. Tutkijalautakunta-aineiston käyttö mahdollistaa aiempia tutkimuksia yksityiskohtaisemman erilaisten tekijöiden huomioimisen, mutta kuitenkin kaikkia järjestelmän toimintaan vaikuttavia tekijöitä ei voida huomioida analyysissä (esim. kuljettaja luottaa liikaa järjestelmän toimintakykyyn).

Taulukko 3. Suotuisat ja epäsuotuisat tekijät kaista-avustimen toiminnan kannalta.

Onnettomuustyyppi	Suotuisat olosuhteet järjestelmän toiminnan kannalta	Epäsuotuisat olosuhteet järjestelmän toiminnan kannalta
-Kohtaamisonnettomuus -Yksittäisonnettomuus	-Kaistamerkinnyt täysin näkyvissä -Normaalit sääolosuhteet -Ei kuljettajan toimintaan liittyviä riskejä (riskit kuvattu viereisessä sarakkeessa)	-Kaistamerkinnyt vain osittain näkyvissä tai ei ollenkaan näkyvissä -Lumisade, räntäsade tai sumu -Tietoisesti aiheutettu onnettomuus, kuljettajan sairauskohtaus tai ohitusonnettomuus

Kaistamerkinntöjen näkyvyys, osittainen näkyvyys ja merkinntöjen puuttuminen tai peittyminen on havainnollistettu kuvissa 1–3. Kaista-avustimen oletetaan pystyvän tunnistamaan ja seuraamaan täysin näkyvissä olevia kaistamerkinntöjä (kuva 1). Jotkin edistyneet järjestelmät voivat toimia, jos kaistamerkinnyt ovat hetkellisesti huonommassa kunnossa tai vain reuna- tai keskiviiva on näkyvissä (kuva 2). Tässä tutkimuksessa kaista-avustimen ei oleteta pystyvän seuraamaan kuvan kaksi kaltaisia osittain näkyvissä olevia merkinntöjä. Kaistamerkinntöjen osittaisen peittymisen voi aiheuttaa myös lumi- tai jääpeite. Kaista-avustin ei voi myöskään aktivoitua ja avustaa ajamisessa, jos keski- ja reunaviivat eivät ole ollenkaan näkyvissä (kuva 3). Tällainen tilanne voi olla myös liittymäalueilla, joissa kaista-avustin ei aina toimi luotettavasti.



Kuva 1. Esimerkkikuvia tiemerkintöjen ollessa täysin näkyvissä (Kuvat: Liikennevirasto 2015; Tiehallinto 2004).



Kuva 2. Esimerkkikuvia tiemerkinntöjen ollessa osittain näkyvissä (Kuvat: Kelikamerat 2019; Liikennevirasto 2015; Tiehallinto 2004).



Kuva 3. Esimerkkikuvia tiemerkinntöjen puuttumisesta tai peittymisestä (Kuvat: Kelikamerat 2019; Tiehallinto 2004).

Kuljettajan toiminta on olennainen tekijä kaista-avustimen toiminnan kannalta. Järjestelmä on tarkoitettu avustamaan ajotehtävässä estääkseen tarkoituksettomia kaistalta ulos ajautumisia. Jos onnettomuus on tietoisesti aiheutettu (kuten itsemurhat) tai kyseessä on ollut ohitusonnettomuus, kuljettaja on siirtynyt tietoisesti ohjaten kaistalta pois, jolloin järjestelmä ei voi estää kyseisiä onnettomuuksia. Luvussa 2 tarkasteltujen autojen ohjekirjojen mukaan kuljettajan on pidettävä kätet kiinni ohjauspyörässä pitääkseen järjestelmän aktiivisena. Kuljettajan sairauskohtauksista johtuneissa onnettomuuksissa voidaan olettaa, että kuljettaja ei ole voinut pitää ohjauspyörästä kiinni johtuen esimerkiksi tajunnan menetyksestä tai toimintakyvyn huononemisesta, joten järjestelmän ei oleteta tässä tutkimuksessa pystyvän estämään sairauskohtauksesta johtuneita onnettomuuksia. Kuten luvussa 2 todettiin, myös sääolosuhteilla on vaikutusta järjestelmän kamerasensorien toimintaan. Tässä tutkimuksessa lumisateen, räntäsateen tai sumun oletetaan estävän järjestelmän toiminta, koska järjestelmä ei pysty tarkkailemaan kaistamerkinntöjä.

Kuljettajan vireystilan alenemisen tai nukahtamisen ei oleteta vaikuttavan kaista-avustimen toimintaan, sillä järjestelmä hälyttää äänimerkillä, jos kuljettajan kätet ovat liian pitkään pois ohjauspyörästä tai jos ajoneuvo on

ajautumassa ulos kaistalta. Kuljettajan sijaan järjestelmä tekee korjaavan ohjausliikkeen ajoneuvon ajautuessa reunaviivan päälle, joten kuljettajan hetkittäisellä vireystilan alenemisella ei ole merkittävää vaikutusta, jos vireystila palautuu normaaliksi äänimerkin jälkeen.

5 Potentiaaliset turvallisuusvaikutukset

5.1 Kaista-avustimen turvallisuusvaikutukset

Luvussa 4 kuvatun analyysin mukaan kaista-avustin voisi estää sellaiset yksittäis- ja kohtaamisonnettomuudet, joissa kaistamerkinnot ovat täysin näkyvissä, sääolosuhteet ovat suotuisat ja tiettyjä kuljettajan toimintaan liittyviä riskejä ei ole havaittu. Analyysin mukaan järjestelmä olisi potentiaalisesti voinut estää 97 (27 %) 364:sta tutkimukseen sisällytetyn aineiston kuolemaan johtaneesta onnettomuudesta ja 112 (27 %) 415:sta kuolemasta näissä onnettomuuksissa. Järjestelmän vaikutukset olisivat jonkin verran paremmat yksittäisonnettomuuksissa, joista 52 (30 %) 172:sta olisi mahdollisesti voitu estää. Kohtaamisonnettomuuksista 45 (23 %) 192:sta olisi potentiaalisesti voitu välttää. Kaikista henkilöauto-onnettomuuksista, mukaan lukien kaikki onnettomuustyyppit, kaista-avustin olisi potentiaalisesti voinut estää 19 %.

97 estettyä kuolemaan johtanutta onnettomuutta kolmena tarkasteltavana vuotena vähentäisi onnettomuuskustannuksia 301 miljoonaa euroa, kun yhden kuolemaan johtaneen onnettomuuden yhteiskunnalle aiheutuvat kustannukset ovat 3,1 miljoonaa euroa (Tervonen 2016). Vuosittainen vähenemä onnettomuuskustannuksissa olisi keskimäärin 100 miljoonaa euroa, joka on 19 % kaikkien kuolemaan johtaneiden henkilöauto-onnettomuuksien kustannuksista (keskimäärin 523 milj. euroa).

Taulukossa 4 esitetään syyt ja syiden yhdistelmät, miksi kaista-avustin ei olisi voinut estää onnettomuutta tapahtumasta. Tyypillisempänä yksittäisenä syynä järjestelmän toimimattomuuteen olisivat olleet kuljettajan toimintaan liittyvät riskit (tietoisesti aiheutettu, sairauskohtaus tai ohitusonnettomuus), sillä kuljettajaan liittyvä riski olisi ollut ainoa syy 26 %:ssa (94/364) tapauksista. Puutteet kaistamerkinnot olisivat olleet ainoa syy 19 %:ssa tapauksista. Onnettomuuksista 17 %:ssa kaistamerkinnot olivat puutteelliset ja niiden lisäksi tutkinnassa ilmeni jokin kuljettajan toimintaan liittyvä riski. Epäsuotuisaan säähän liittyvät tekijät olisivat olleet harvemmin syynä järjestelmän toiminnan estymiseen. Muita syitä järjestelmän toiminnan estymiseen havaittiin 5 %:ssa onnettomuuksista. Näistä tapauksista kymmenen tapahtui liittymissä. Nykyisin käytössä olevat järjestelmät eivät toimi luotettavasti liittymissä, joten järjestelmä ei välttämättä estä onnettomuuksia liittymäalueilla. Viidessä tapauksessa raskas ajoneuvo ja kolmessa moottoripyörä aiheutti kohtaamisonnettomuuden. Henkilöauton tekninen vika oli kyseessä yhdessä tapauksessa.

Taulukko 4. Onnettomuudet, jotka kaista-avustin olisi voinut estää sekä syyt ja syiden yhdistelmät, jotka olisivat estäneet järjestelmän toiminnan. Tummennetut tekijät ovat syitä, jotka olisivat estäneet järjestelmän toiminnan. Ei-tummennetut sallisivat järjestelmän toiminnan.

Onnettomuudet, jotka järjestelmä olisi voinut estää	Onnettomuudet, joita järjestelmä ei olisi voinut estää ja syy/syyt järjestelmän toiminnan estymiselle				
Kaistamerkinnot täysin näkyvissä	Osittain näkyvät tai ei ollenkaan näkyvät kaistamerkinnot	Kaistamerkinnot täysin näkyvissä	Osittain näkyvät tai ei ollenkaan näkyvät kaistamerkinnot	Epäsuotuisa sää TAI epäsuotuisa sää ja edellä mainittuja tekijöitä	Muut syyt tai TAI muut syyt ja edellä mainittuja tekijöitä
Ei kuljettajaan liittyviä riskejä	Ei kuljettajaan liittyviä riskejä	Kuljettajaan liittyvä riski	Kuljettajaan liittyvä riski		
Suotuisa sää	Suotuisa sää	Suotuisa sää	Suotuisa sää		
97 (27 %)	69 (19 %)	94 (26 %)	63 (17 %)	22 (6 %)	19 (5 %)
Onnettomuudet yhteensä 364 (100 %)					

5.2 Kaistamerkintöjen näkyvyys

Kaistamerkintöjen näkyminen on olennainen edellytys kaista-avustimen toiminnalle. Kaikkiaan 54 %:ssa (196/364) onnettomuuksista kaistamerkinnot olivat täysin näkyvissä (taulukko 5). Ainoastaan 27 % (97/364) onnettomuuksista olisi voitu estää, sillä onnettomuuksissa ei ilmennyt muita järjestelmän toimintaa rajoittavia tekijöitä. Jotkin edistyneemmät järjestelmät voivat toimia, jos kaistamerkinnoissa ilmenee vain ajoittaista kulumista tai vain reunaviivat tai keskiviiva on näkyvissä. Tässä tutkimuksessa näistä olosuhteista käytetään nimitystä osittain näkyvissä olevat kaistamerkinnot. Onnettomuuksista 39 %:ssa (142/364) kaistamerkinnot olivat täysin tai osittain näkyvissä ja muita järjestelmän toimintaa rajoittavia tekijöitä ei havaittu. Osittain näkyvissä olevia kaistamerkintöjä hyödyntämään kykenevä järjestelmä olisi voinut estää 39 % onnettomuuksista 27 % sijaan. Onnettomuudet (19 kpl), joissa kaistamerkintöjen näkyvyydellä ei ollut merkitystä, tapahtuivat esimerkiksi liittymäalueilla, joissa kaista-avustin ei toimi luotettavasti.

Taulukko 5. Kaistamerkintöjen näkyvyys suhteessa kuljettajan toimintaan liittyviin riskeihin ja sääolosuhteisiin tutkituissa onnettomuuksissa.

Kaistamerkintöjen näkyvyys	Ei kuljettajan toimintaan liittyviä riskejä, suotuisa sää	Kuljettajan toimintaan liittyvä riski ja/tai epäsuotuisa sää	Onnettomuudet esim. liittymissä	Yhteensä
Täysin näkyvissä	97 (27 %)	99 (27 %)	-	196 (54 %)
Osittain näkyvissä	45 (12 %)	33 (9 %)	-	78 (21 %)
Ei näkyvissä	24 (7 %)	47 (13 %)	-	71 (20 %)
Ei arvioitu	-	-	19 (5 %)	19 (5 %)
Yhteensä	166 (46 %)	179 (49 %)	19 (5 %)	364 (100 %)

Kaistamerkintöjen osittainen kuluminen 7 %:ssa ja vain keski- tai reunaviivan näkyminen 7 %:ssa onnettomuuksista olivat yleisimmät syyt osittain näkyvissä oleviin kaistamerkintöihin (taulukko 6). Yleisimmät syyt, miksi kaistamerkinnot eivät olleet lainkaan näkyvissä, olivat kaistamerkintöjen puuttuminen (10 %) ja lumi- tai jääpeitteiset kaistamerkinnot (8 %). Puutteet kaistamerkinnoissa (esim. merkintöjen osittainen kuluminen tai puuttuminen kokonaan) olivat yleisin syy, miksi merkinnät olivat vain osittain näkyvissä tai eivät olleet lainkaan näkyvissä. Tämä ryhmä sisältää myös tapaukset, joissa onnettomuus tapahtui sorapäällysteisellä tiellä, joissa kaistamerkintöjä ei kuulukaan olla.

Taulukko 6. Syyt osittain näkyvissä oleville ja ei näkyville kaistamerkinnoille tutkituissa onnettomuuksissa.

Osittain näkyvissä olevat kaistamerkinnot	Osittainen kuluminen 26 (7 %)	Vain reuna- tai keskiviiva 27 (7 %)	Merkinnät osittain lumen tai jään peittämät 21 (6 %)	Muu syy tai syy ei tiedossa 4 (1 %)	Yhteensä 78/364 (21 %)
Kaistamerkinnot eivät näkyvissä	Ei kaistamerkintöjä 38 (10 %)		Merkinnät täysin lumen tai jään peitossa 29 (8 %)	Muu syy tai syy ei tiedossa 4 (1 %)	Yhteensä 71/364 (20 %)
Yhteensä: osittain näkyvissä tai ei ollenkaan näkyvissä	Puutteita kaistamerkinnoissa 91 (25 %)		Merkinnät lumen tai jään peitossa 50 (14 %)	Muu syy tai syy ei tiedossa 8 (2 %)	Yhteensä 149/364 (41 %)

5.3 Sääolosuhteet ja vuodenaajat

Sääolosuhteet olivat yksi syy tai ainoa syy 22 onnettomuudessa (6 %), miksi järjestelmä ei olisi voinut estää onnettomuutta. Jos kaistamerkinnot ovat lumen peittämät ja onnettomuushetkellä ei sada lunta, järjestelmän toimimattomuuden syyksi luokiteltiin "kaistamerkinnot osittain näkyvissä" tai "kaistamerkinnot eivät ole näkyvissä". Sääolosuhteet luokiteltiin syiksi ainoastaan, kun onnettomuushetkellä satoi lunta tai räntää tai oli sumuista. Sääolosuhteet olisivat olleet ainoana syynä järjestelmän toimimattomuuteen kolmessa onnettomuudessa (1 %). Tällöin kaistamerkinnot olivat täysin näkyvissä ja kuljettajan toimintaan liittyviä riskejä ei havaittu. Sääolosuhteet (esim. lumi- tai räntäsade) olisivat olleet melko harvoin syynä järjestelmän toimimattomuuteen, mutta kuitenkin talvi- ja kesäajan välillä voidaan havaita huomattava ero potentiaalisesti estettävissä olevien onnettomuuksien määrissä. Kaista-avustin olisi voinut estää 20 % onnettomuuksista loka- ja huhtikuun välillä, mutta touko- ja syyskuun välisenä aikana tapahtuneista onnettomuuksista olisi voitu estää 36 %.

5.4 Kuljettajan toimintaan liittyvät riskit

Kuljettajan toimintaan liittyviä riskejä (tietoisesti aiheutettu, sairauskohtauksesta johtunut tai ohittamisesta johtunut onnettomuus) havaittiin 169 onnettomuudessa (46 %). Tietoisesti aiheutettu onnettomuus olisi ollut yleisin este järjestelmän turvalliselle toiminnalle, sillä siitä raportoitiin 24 %:ssa (88/364) tutkituista onnettomuuksista. Kuljettajan sairauskohtaus oli kyseessä 16 %:ssa (60/364) ja ohitusonnettomuus 6 %:ssa (21/364) onnettomuuksista.

Kuljettajan toimintaan liittyvät riskit eroavat yksittäis- ja kohtaamisonnettomuuksien välillä. Tietoisesti aiheutettu onnettomuus ilmeni 40 %:ssa kohtaamisonnettomuuksista, mutta vain 6 %:ssa yksittäisonnettomuuksista. Kuljettajan sairauskohtaus oli vastaavasti yleisempi yksittäisonnettomuuksissa (30 %) kuin kohtaamisonnettomuuksissa (5 %). Tulokset osoittavat, että tietoisesti aiheutetut onnettomuudet (esim. itsemurha) ovat tyypillisesti aiheutettuja törmäämisiä vastaan tuleviin raskaisiin ajoneuvoihin. Sairauskohtaus voi taas tapahtua paikasta riippumatta, jolloin yksittäisonnettomuutta voidaan pitää todennäköisimpänä onnettomuustyyppinä.

Alkoholin vaikutuksen alaisena ja ylinopeudella ajaminen lisäävät onnettomuusriskiä (esim. Aarts & van Schagen 2006; Elvik ym. 2004; Zador ym. 2000). Nämä tekijät eivät joka tilanteessa vaikuta kaista-avustimen toimintaan, mutta niillä voi olla järjestelmän turvalliseen toimintaan vaikuttavia tekijöitä. Liitteessä A on arvioitu ylinopeudella ajamisen ja alkoholin tai huumeiden vaikutuksen alaisena ajamisen vaikutuksia siten, että näiden tekijöiden oletetaan aina estävän järjestelmän toiminta. Jos esimerkiksi ylinopeus 30 km/h tunnissa tai enemmän olisi liiallinen nopeus kaista-avustimelle tai päihteiden vaikutuksen alaisena ajaminen vaikuttaisi järjestelmään, arviolta vain 14 % tutkituista onnettomuuksista voitaisiin estää 27 % sijaan. Turvallisuuspotentiaali lähes puolittuisi, mikäli huomattavan ylinopeuden ja päihteiden käytön oletetaan aina vaikuttavan järjestelmän turvalliseen toimintaan.

6 Turvallisuuspotentiaalin arviointi

Tutkimuksen tulosten mukaan kaista-avustin voisi estää 27 % vuosina 2014–2016 tapahtuneista kuolemaan johtaneista yksittäis- ja kohtamisonnettomuuksista. Aiempiin erilaisia tutkimusmenetelmiä käyttäneisiin tutkimuksiin verrattuna, tulos osoittaa melko maltillista turvallisuusvaikutusta. Aiempien tutkimusten mukaan järjestelmä voisi estää 26–53 % yksittäis- ja kohtamisonnettomuuksista. Käytetyn aineiston laadukkuus mahdollistaa sen, että tässä tutkimuksessa on voitu huomioida laajasti kaista-avustimen toimintaan vaikuttavia tekijöitä, kuten kaistamerkintöjen näkyvyys, sääolosuhteet ja jotkin kuljettajan toimintaan liittyvät riskit. Esimerkiksi tietoisesti aiheutettujen tai sairauskohtauksesta johtuvien onnettomuuksien vaikutuksia järjestelmän mahdollisuuksiin estää tällaisia onnettomuuksia ei oltu huomioitu aiemmissä tutkimuksissa. Suomen talvisilla olosuhteilla, kuten lumella ja jäällä, voi olla myös turvallisuuspotentiaalia alentava vaikutus verrattaessa muissa maissa tehtyihin tutkimuksiin.

Luvussa 5 esitetyissä analyyseissä oletetaan, että kaista-avustin estäisi kaikki yksittäis- ja kohtamisonnettomuudet, joissa tietyt järjestelmän toimintaehdot täyttyvät. Järjestelmän oletetaan olevan aina päälle kytkettynä ja kaikkiin autoihin asennettuna, joten esitetyt tulokset turvallisuusvaikutuksista vastaavat parasta mahdollista tilannetta. Todellisuudessa kaista-avustin ei ole käytössä kaikissa autoissa, eikä se ole aina päälle kytkettynä. Suomen autokanta on suhteellisen vanha, sillä henkilöauton keskimääräinen ikä oli 11,6 vuotta vuonna 2017 (Trafi 2018). Autokannan korkeampi ikä vaikuttaa kaista-avustimen hitaampaan yleistymiseen joihinkin muihin maihin verrattuna. Lähderannan (2017) arvion mukaan, kaista-avustin oli 1–8 %:ssa ja kaistavahti 2–19 %:ssa henkilöautoista vuonna 2017. Vaihteluvälin alaraja tarkoittaa, että järjestelmä on autossa vakiovarusteena ja yläraja tarkoittaa mahdollisuutta, että järjestelmä olisi asennettu lisävarusteena. Uusien henkilöautojen osalta tilanne oli parempi, sillä kaista-avustin oli saatavilla lisävarusteena tai vakiovarusteena 48 %:ssa vuonna 2017 käyttöön otetuista henkilöautoista. Luvussa 2 esitettyjen tutkimustulosten mukaan, kaista-avustin on päälle kytkettynä vain noin puolet ajoajasta tai noin joka toisessa autossa, joten ainoastaan järjestelmän yleistymiseen keskittyminen ei varmista turvallisuuspotentiaalin saavuttamista. Turvallisuuspotentiaalin kannalta oleellista on järjestelmän todellinen käyttö.

Jos oletetaan, että kaista-avustin olisi päälle kytkettynä 50 % ajoajasta ja järjestelmä olisi asennettuna 5 %:ssa henkilöautoista (vaihteluvälin keskiarvo Suomessa), voidaan arvioida parhaalla mahdollisella tarkkuudella järjestelmän todellisia turvallisuusvaikutuksia nykyisessä autokannassa. Laskukaavalla ($0,5 \times 0,05$) saadaan tulokseksi, että kaista-avustin olisi edellä esitetyin oletuksin asennettuna ja päälle kytkettynä 2,5 %:ssa ajoajasta kaikki autot järjestelmällä tai ilman huomioiden. Kun tulokseen yhdistetään tämän tutkimuksen analyysi kaista-avustimen potentiaalista estää kuolemaan johtaneita onnettomuuksia (27 %) järjestelmän ollessa kaikissa autoissa aina päälle kytkettynä, voidaan laskea turvallisuuspotentiaali nykyisessä autokannassa. Laskukaavan ($0,025 \times 0,27$) mukaan, kaista-avustin estäisi noin 0,7 % kuolemaan johtaneista yksittäis- ja kohtamisonnettomuuksista vuoden 2016 arviolla järjestelmän yleisyydestä. Vuositasolla tämä tarkoittaisi keskimäärin yhtä estettyä onnettomuutta, kun vuosina 2014–2016 tapahtui vuosittain keskimäärin 121 yksittäis- ja kohtamisonnettomuutta. Nykyisellä autokannalla ja järjestelmän oletetulla käytöllä vaikutukset ovat laskennallisesti vähäiset. Tulevaisuudessa kaista-avustin on kuitenkin selvästi yleisempi varuste, sillä järjestelmä on jo yleinen varuste uusimmissa autoissa. Järjestelmään liittyvä turvallisuuspotentiaali kasvaa vuosittain.

Tässä tutkimuksessa kaistamerkintöjen näkyvyyden vaikutusta on arvioitu siten, että keski- ja reunaviivojen on täytynyt olla onnettomuuspaikalla täysin näkyvissä. Ajoittaista kulumista tai reuna- tai keskiviivan puuttumista ei ole sallittu. Jos oletetaan, että järjestelmä pystyisi toimimaan, vaikka kaistamerkinnöissä olisi ajoittaista kulumista tai vain toisen kaistaviivan näkyminen riittäisi järjestelmälle, 27 % sijasta 39 % onnettomuuksista olisi potentiaalisesti voitu estää. Ottamalla huomioon järjestelmän yleisyys nykyisessä autokannassa, kuten edellä on laskettu, turvallisuuspotentiaali (0,7 % \rightarrow 1,0 %) paranisi hieman. Estettyjen onnettomuuksien määrä olisi kuitenkin edelleen noin yksi onnettomuus vuodessa.

Kaistamerkinnot ovat olennainen vaatimus kaista-avustimen toiminnan kannalta. Kaistamerkintöjä ei tule kuitenkaan oletettavasti koskaan olemaan Suomen koko tie- ja katuverkolla yksityistiet mukaan lukien, koska sorapäällysteisten teiden osuus on suuri. Tieverkosta noin 35 % on sorapäällysteisiä (Liikennevirasto 2016). Suurin osa tieliikenteen

kuolemista ja liikennesuoritteesta tapahtuu kuitenkin päällystetyillä teillä (Liikennevirasto 2018). Tulevaisuudessa digitaaliset kaistamerkinnot ja teräväpiirtokartat voivat korvata kaista-avustimen ja automaattiautojen tarvitseman tiedon kaistamerkinnotien sijainnista tienpintaan maalattujen merkinnotien sijasta. Nykyisin keski- ja reunaviivat tulisi merkitä kaikille päällystetyille teille. Kapeat tiet (päällysteen leveys < 6,0m) ovat poikkeus, sillä keskiviivaa ei aina tarvitse merkitä. (Liikennevirasto 2015)

Tämän tutkimuksen arvioissa huomioitiin aiempiin tutkimuksiin verrattuna melko kattavasti kaista-avustimen toimintaan liittyviä vaatimuksia (esim. kaistamerkinnot, sääolosuhteet ja kuljettajan riskejä), mutta kaikkia rajoituksia ei voitu tässä tutkimuksessa huomioida. Esimerkiksi järjestelmän toimintaan liittyviä mahdollisia teknisiä ongelmia tai toimintavarmuutta ei ole huomioitu. Teknisestä viasta tai harvinaisista olosuhteista johtuen, järjestelmä ei ehkä aina toimi tarkoituksellisesti. Pienisäteisiä kaarteita tai ajonopeutta ei suoranaisesti huomioitu rajoittavina tekijöinä. Toisaalta herkkyydestä huomioitiin ylinopeudella ajaminen, jonka avulla voidaan osin tarkastella kaarteiden ja ajonopeuden vaikutusta. Tässä tutkimuksessa on oletettu, että mikäli tienpitäjän asettamaa nopeusrajoitusta on noudatettu, järjestelmä pystyisi selviämään pienisäteisistä kaarteista, koska ajonopeus on valittu tieympäristö huomioiden. Ylinopeudella ajamisen lisäksi luvussa 5.4 tarkasteltiin myös alkoholin tai huumeiden vaikutuksen alaisena ajamisen mahdollisia vaikutuksia järjestelmän toimintaan, vaikka yksiselitteisten johtopäätösten tekeminen onkin vaikeaa alkoholi- ja huumetapauksissa.

Kuljettajaa tukevan järjestelmän käyttöönotto voi myös vaikuttaa kuljettajan ajotoimintoihin. Kuljettaja saattaa keskittyä muuhun kuin ajotehtäviin olettaessaan, että järjestelmä pitää joka tapauksessa auton ajokaistalla. Liiallinen luottaminen järjestelmän toimintaan tai muu vuorovaikutus kuljettajan ja järjestelmän välillä (Human Machine Interaction, HMI) on yksi merkittävä turvallisuuden vaikuttaja tekijä. Tässä tutkimuksessa on tarkasteltu järjestelmän oletettua toimintaa, jos järjestelmä olisi ollut käytettävissä ja sitä olisi käytetty, joten ihmisen ja järjestelmän välistä vuorovaikutusta ei suoranaisesti voitu tutkia. On kuitenkin perusteltua olettaa, että ainakin joissain tapauksissa onnettomuus ei olisikaan ollut estettävissä kuljettajan muutettua ajokäyttäytymistään järjestelmän käyttöönoton myötä. Kuljettaja olisi saattanut esimerkiksi yliarvioida järjestelmän toimintakyvyn.

Kulmala (2010) on esittänyt menetelmän kuljettajan tukijärjestelmän potentiaalisten turvallisuusvaikutusten arvioimiseksi, joka huomioi myös järjestelmän laajemmat vaikutukset. Menetelmä huomioi järjestelmän vaikutukset liikennesuoritteeseen, onnettomuusriskiin, ja onnettomuuden seurauksiin sekä arvioi suorita- ja epäsuoria muutoksia tienkäyttäjien käyttäytymisessä. Tällä tavalla voitaisiin huomioida järjestelmän vaikutus ajokäyttäytymiseen tai kuljettajan ja järjestelmän välistä vuorovaikutusta. Menetelmän käyttö kuitenkin edellyttää, että järjestelmän, kuten kaista-avustimen, vaikutukset käyttäytymiseen ja vuorovaikutukseen tunnetaan ja vaikutuksista olisi olemassa laskennallisia arvoja. Uuden kuljettajaa tukevan tekniikan vaikutuksia käyttäytymiseen ei vielä tunneta tarkasti, mutta liiallinen luottaminen järjestelmään tai järjestelmän toiminnan yliarvioiminen ovat potentiaalisia järjestelmän turvallisuusvaikutuksia heikentäviä tekijöitä. Järjestelmän käytöstä aiheutuvista suorista ja epäsuorista vaikutuksista ei aina ole saatavilla tutkittua tietoa, joten Kulmala (2010) on esimerkiksi käyttänyt asiantuntija-arvioita eri tekijöiden vaikutusten arvioimiseksi. Tässä tutkimuksessa ei esitetä laskennallisia arvoja käyttäytymiseen vaikuttavien tekijöiden määrittämiseksi, sillä riittävän tarkkojen arvojen määrittäminen vaatisi simulaattori- tai kenttäkokeita.

7 Kaista-avustimen toimintakyvyn parantaminen

Luvussa 6 käsiteltiin rajoituksia ja vaikutuksia nykyisessä autokannassa, jotka heikentävät järjestelmän vaikutuksia verrattuna parhaaseen mahdolliseen tilanteeseen. Kaista-avustimen turvallisuusvaikutukset ovat tällä hetkellä oletettavasti vähäiset, sillä järjestelmä ei ole yleinen varuste Suomessa käytössä olevissa autoissa. Vaikka kaista-avustimen toiminta voi muuttaa kuljettajan käyttäytymistä ja siten heikentää järjestelmän turvallisuusvaikutuksia, avustimen turvallisuutta parantavia vaikutuksia voidaan edelleen pitää merkittävämpänä.

Koska kaista-avustin on vielä melko vähän hyödynnetty kuljettajaa tukeva järjestelmä, se ei ole kovin tunnettu ja sen ominaisuudet eivät ole laajasti kuluttajien tiedossa. Taulukkoon 7 on koottu eri sidosryhmien mahdollisia rooleja turvallisuuden parantamiseksi liittyen kaista-avustimen kehittämiseen ja turvallisen käytön edistämiseen.

Ajoneuvovalmistajien ja päättäjien tulisi yhteistyössä varmistaa, että kaikki uudet henkilö- ja pakettiautot olisi varustettu kaista-avustimella. Kun järjestelmät ovat riittävän toimintavarmoja, kaista-avustimen oletusarvoista päälle kytkemistä tulisi harkita. Ajoneuvojen ostajien tulisi olla tietoisia järjestelmästä ja sen rajoituksista, jotta järjestelmää osataan käyttää turvallisesti. Jälleenmyyjillä on keskeinen viestinnällinen ja opastava rooli, jotta ajoneuvon ostaja tuntee järjestelmän ominaisuudet. Väyläviraston ja kuntien tulisi varmistaa kaistamerkintöjen laadukkuus ja valmistautua teräväpiirtokarttojen ja digitaalisten kaistamerkintöjen hyödyntämiseen kuljettajan tukijärjestelmien ja automaattiautojen toiminnassa.

Taulukko 7. Sidosryhmien mahdollisuudet vaikuttaa kaista-avustimen turvallisuuspotentiaaliin.

Sidosryhmä	Toimenpiteitä kaista-avustimen turvallisuuspotentiaalin edistämiseksi
Ajoneuvojen valmistajat	Varusta kaikki henkilö- ja pakettiautot laadukkailla kaista-avustimilla. Varmista, että kaikki kaista-avustimet ovat turvallisia ja helppokäyttöisiä. Kehitä kaista-avustin, joka pystyy hyödyntämään digitaalisia kaistamerkintöjä. Harkitse, pitäisikö kaista-avustin olla oletuksena aina päälle kytkettynä.
Ajoneuvojen jälleenmyyjät	Varmista, että ajoneuvojen ostajat tuntevat kaista-avustimen ominaisuudet ja rajoitukset, ja osaavat käyttää järjestelmää turvallisesti.
Väylävirasto ja kunnat	Varmista, että kaistamerkinnot ovat laadukkaat ja näkyvillä koko tieverkolla ja erityisesti niillä teillä, joilla on suurin liikennemäärä ja onnettomuusriski. Valmistaudu teräväpiirtokarttoihin ja digitaalisiin kaistamerkintöihin.
Ajoneuvojen ostajat	Valitse ajoneuvo, jossa on kaista-avustin. Käytä kaista-avustinta turvallisesti ja niin paljon kuin mahdollista tiedostaen järjestelmän rajoitukset.
Päättäjät ja poliitikot	Aseta kaista-avustin pakolliseksi varusteeksi uusiin henkilö- ja pakettiautoihin ja harkitse pitäisikö järjestelmä olla oletuksena päälle kytkettynä. Viesti uuden ajoneuvotekniikan turvallisuuspotentiaalista ja tekniikan tarkoituksenmukaisesta hyödyntämisestä.
Kaikki sidosryhmät	Edistä myös kaista-avustinta tukevien kuljettajan tukijärjestelmien kehitystyötä ja käyttöä.

Taulukossa 7 esitettyjen toimenpiteiden ja luvussa 5 esitettyjen kaista-avustimen toimintaa estävien syiden perusteella voidaan esittää infrastruktuuriin ja ajoneuvovaatimuksiin liittyviä toimenpiteitä, joiden avulla voidaan parantaa järjestelmän turvallisuuspotentiaalia (Taulukko 8). Samalla esitetään myös vaiheittain toteutettavien parannustoimenpiteiden potentiaalisia turvallisuusvaikutuksia. Mikäli kaista-avustin olisi ollut käytössä ja päälle kytkettynä kaikissa ajoneuvoissa, 27 % suistumis- ja kohtaamisonnettomuuksista olisi mahdollisesti voitu estää. Jos kaikissa onnettomuuspaikoissa olisi ollut kaistamerkinnot ja merkinnät olisivat olleet laadultaan hyvät, 46 % onnettomuuksista olisi voitu potentiaalisesti estää. Jos lisäksi hyödynnetään digitaalisia kaistamerkintöjä, jolloin sääolosuhteet eivät häiritse kaistamerkintöjen näkyvyyttä, 51 % onnettomuuksista olisi voitu estää. Lopulta lähes kaikkien kaista-avustimen kannalta relevanttien onnettomuuksien (98 %) estäminen olisi teoreettisesti mahdollista, kun järjestelmä olisi täysin vastuussa ajamisesta ja kuljettaja ei voisi ottaa ajoneuvoa hallintaansa. Tällöin tietoisesti aiheutetun ja sairauskohtauksesta johtuvan onnettomuuden estäminen olisi mahdollista kaikissa tilanteissa. Tämän aineiston viimeiset yhdeksän (2 %) onnettomuutta, jotka eivät olisi estettävissä edellä kuvatuin toimenpitein, aiheutuivat raskaan ajoneuvon, moottoripyörän tai teknisen vian vuoksi.

Taulukko 8. Vaiheittaiset toimenpiteet kaista-avustimen turvallisuuspotentiaalin parantamiseksi turvallisuus- ja onnettomuuskustannusvaikutuksineen.

Vaatimukset tieverkolle ja infrastruktuurille	Vaatimukset kuljettajalle	Vaatimukset ajoneuvolle	Potentiaalinen onnettomuuksien vähenemä	Potentiaalinen vuosittainen onnettomuus-kustannusten vähenemä
Ei lisävaatimuksia, nykyinen tieverkko	Järjestelmä on aina päällä	Kaikissa ajoneuvoissa kaista-avustin	27 % (97/364 onn.)	100M€
Kaistamerkinntät täysin näkyvissä koko tieverkolla	Järjestelmä on aina päällä	Kaikissa ajoneuvoissa kaista-avustin	46 % (166/364 onn.)	172M€
Teräväpiirtokartta, digitaaliset kaistamerkinntät	Järjestelmä on aina päällä	Kaikissa ajoneuvoissa kaista-avustin, joka pystyy hyödyntämään digitaalisia kaistamerkinntöjä	51 % (187/364 onn.)	193M€
Teräväpiirtokartta, digitaaliset kaistamerkinntät	Ei vaatimuksia (järjestelmä aina päällä)	Kaikissa ajoneuvoissa kaista-avustin, joka pystyy hyödyntämään digitaalisia kaistamerkinntöjä. Kuljettaja ei pysty ohittamaan järjestelmää.	81 % (296/364 onn.)	306M€
Teräväpiirtokartta, digitaaliset kaistamerkinntät	Ei vaatimuksia (järjestelmä aina päällä)	Kaikissa ajoneuvoissa kaista-avustin, joka pystyy hyödyntämään digitaalisia kaistamerkinntöjä. Kuljettaja ei pysty ohittamaan järjestelmää. Järjestelmä pystyy pysähtymään turvallisesti sairauskohtauksen tapahtuessa.	98 % (355/364 onn.)	367M€

8 Yhteenveto

Tutkimuksessa tarkasteltiin kaista-avustimen mahdollisuuksia estää Suomessa tapahtuneita kuolemaan johtaneita suistumis- ja kohtaamisonnettomuuksia. Jokainen aineistoon (364 onnettomuutta) sisältyvä onnettomuus arvioitiin tapauskohtaisesti, mikä mahdollisti kaistamerkinntöjen näkyvyyden, sääolosuhteiden ja joidenkin kuljettajan toimintaan liittyvien riskien huomioimisen kaista-avustimen mahdollista toimintaa arvioitaessa. Kaista-avustin olisi voinut estää 27 % vuosina 2014–2016 tapahtuneista kuolemaan johtaneista suistumis- ja kohtaamisonnettomuuksista, jos järjestelmä olisi ollut käytössä.

Tulokset perustuvat oletukseen, että kaista-avustin olisi asennettuna kaikkiin autoihin ja se olisi aina päälle kytkettynä. Tämä voisi olla mahdollista tulevaisuudessa, mikäli järjestelmä olisi pakollinen turvavaruste uusissa autoissa, kuten Euroopan Komissio on ehdottanut. Nykyisessä autokannassa kaista-avustin on vielä melko harvinainen varuste, mutta järjestelmä on yleistymässä uusimmissa autoissa. Nykytilanteessa kaista-avustimen turvallisuusvaikutukset ovat oletettavasti vähäiset johtuen järjestelmällä varustettujen autojen pienestä määrästä.

Kuljettajan toimintaan liittyvät riskit (esim. tietoisesti aiheutettu onnettomuus) ja puutteelliset kaistamerkinntät tai merkintöjen huono näkyvyys olivat merkittävimmät syyt, miksi kaista-avustin ei olisi voinut estää kaikkia kaistalta ulos ajautumisesta johtuvia onnettomuuksia. Kaistamerkinntöjen laatua ja talvikunnossapitoa tehostamalla voitaisiin parantaa järjestelmän potentiaalisia turvallisuusvaikutuksia. Kaista-avustimen toiminnassa tulisi varautua digitaalisten kaistamerkinntöjen ja teräväpiirtokarttojen hyödyntämiseen, sillä digitaaliset kaistamerkinntät mahdollistaisivat järjestelmän toiminnan maalattujen merkintöjen kunnosta ja näkyvyydestä huolimatta. Kaista-avustimen käyttö voisi siten olla mahdollista myös sorapäällysteisillä teillä. Toimenpiteellä valmistauduttaisiin myös automaattiautojen yleistymiseen.

9 Lähteet

Aarts, L., van Schagen, I. 2006. Driving speed and the risk of road crashes: A review. *Accident Analysis and Prevention*. 38, 215-224.

Banks, V.A., Eriksson, A., O'Donoghue, J., Stanton, N. A. 2018. Is partially automated driving a bad idea? Observations from an on-road study. *Applied Ergonomics*. 68, 138-145.

Cicchino, J. B. 2017. Effects of lane departure warning on police-reported crash rates. Insurance institute for highway safety.

Elvik, R., Christensen, P., Amundsen, A. 2004. Speed and road accidents: an evaluation of the power model. TOI report 740/2004.

European Commission. 2018a. Safe mobility: a Europe that protects. Factsheet.ERSO 2017. Annual Accident Report 2017. European Road Safety Observatory.

Flannagan, C., LeBlanc, D., Bogard, S., Nobukawa, K., Narayanaswamy, P., Leslie, A., Lobes, K. 2016. Large-scale field test of forward collision alert and lane departure warning systems. National Highway Traffic Safety Administration.

Høye, A. 2011. The effects of electronic stability control (ESC) on crashes – An update. *Accident Analysis and Prevention*. 43, 1148-1159

Høye, A. 2015. Feltskiftevarsler, kjørefeltholder og blindsonvarsler. Trafikksikkerhetshåndboken. Transportøkonomisk institutt.

Jermakian, J. S. 2011. Crash avoidance potential of four passenger vehicle technologies. *Accident Analysis and Prevention*. 43, 732-740.

Kelikamerat. 2019. Saatavilla: <https://www.kelikamerat.info/>. Viitattu 11.2.2019.

KPMG. 2015. Connected and autonomous vehicles – The UK economic opportunity.

Kulmala, R. 2010. Ex-ante assessment of the safety effects of intelligent transport systems. *Accident Analysis and Prevention*. 42, 1359-1369.

Liikennevirasto. 2013. Tien suuntauksen suunnittelu. Liikennevirasto ohjeita. Helsinki.

Liikennevirasto. 2015. Tiemerkitöjen suunnittelu. Liikenneviraston ohjeita. Helsinki.

Liikennevirasto. 2016. Tieverkko. Saatavilla: <https://www.liikennevirasto.fi/tieverkko#.XA4hf2NoRmM>. Viitattu 10.12.2018.

Liikennevirasto. 2018. Tietilasto 2017. Liikenneviraston tilastoja 5/2018.

Litman, T. 2018. Autonomous vehicle implementation predictions. Implications for transport planning. 24th April 2018. Victoria Transport Policy Institute.

Logan, B., Young, K., Allen, T., Horberry, T. 2017. Safety benefits of cooperative ITS and automated driving in Australia and New Zealand. Austroads publications.

Lähderanta, T. 2017. Kuljettajan tukijärjestelmien yleistymisen Suomessa. Trafik julkaisu, 13/2017.

Onnettomuustietoinstituutti. 2018. OTI-vuosiraportti 2016.

Reagan, I.J., Cicchino, J.B., Kerfoot, L.B., Weast, R.A. 2018. Crash avoidance and driver assistance technologies – Are they used? *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*. 52, 176-190.

Rämä, P., Sihvola, N., Luoma, J., Koskinen, S., Aittoniemi, E., Kulmala, R. 2008. Ajoneuvojen telemaattisten järjestelmien turvallisuusvaikutukset Suomessa. Ajoneuvohallintokeskus. Tutkimuksia ja selvityksiä.

Scanlon, J. M., Kusano, K. D., Gabler, H. C. 2016. Lane departure warning and prevention systems in the U.S vehicle fleet. Influence of roadway characteristics on potential safety benefits. *Transportation Research Board*.

Sternlund, S., Strandroth, J., Rizzi, M., Lie, A., Tingvall, C. 2017. The effectiveness of lane departure warning systems – A reduction in real world passenger car injury crashes. *Traffic Injury Prevention*. 18, 225-229.

Sternlund, S. 2017. The safety potential of lane departure warning systems – A descriptive real-world study of fatal lane departure car crashes in Sweden. *Traffic Injury Prevention*. 18, 18-23.

Tervonen, J. 2016. Tieliikenteen onnettomuuskustannusten tarkistaminen. Kuolemat sekä vakavat ja lievät loukkaantumiset. *Trafin tutkimuksia* 5/2016.

Tesla. 2017. Owner's manual 8.0. Model S.

Tiehallinto. 2004. Tiemerkitöjen kuntoluokitus. Helsinki.

Tilastokeskus. 2018. Tieliikenneonnettomuustilasto. Viitattu: 27.2.2018.

Toyota. 2017. Owner's manual. Prius.

Trafi. 2018. Liikennekäytössä olevien henkilöautojen keski-ikä. Saatavilla: <https://www.trafi.fi/tietopalvelut/tilastot/tieliikenne/ajoneuvokanta>. Viitattu: 10.12.2018.

Trafikanalys. 2016. Vägtrafikskador 2015. Sveriges officiella statistik. Stockholm, Sweden.

Volkswagen. 2017. Owner's manual. Tiguan Edition 05.2017.

Volvo. 2017. Owner's manual. XC 60.

Winkler, S., Kazazi, J., Vollrath, M. 2018. How to warn drivers in various safety-critical situations – Different strategies, different reactions. *Accident Analysis and Prevention*. 117, 410-426.

Zador, P.L., Krawchuk, S.A., Voas, R.B. 2000. Alcohol-related relative risk of driver fatalities and driver involvement in fatal crashes in relation to driver age and gender: an update using 1996 data. *J. Stud. Alcohol*. 61, 387-395.

Liite A. Ylinopeudella ajaminen ja päihteiden käyttö

Olosuhteisiin nähden liian suuri ajonopeus voi estää kaista-avustimen turvallisen toiminnan, jos järjestelmä ei tarvittaessa pysty riittävästi vaikuttamaan ajoneuvon ohjaamiseen. Jos ylinopeuden oletetaan aina estävän järjestelmän onnettomuutta ehkäisevä toiminta, ainoastaan 53–65 (15–18 %) onnettomuutta olisi voitu estää (taulukko 9). Vaihteluväliin vaikuttaa, kuinka suuri nopeusrajoituksen ylittäminen arvioidaan liialliseksi nopeudeksi. Jos ylinopeus 10 km/h tai enemmän estäisi järjestelmän turvallisen toiminnan, vain 15 % onnettomuuksista voitaisiin estää. Vastaavasti 18 % voitaisiin estää, jos ylinopeus 30 km/h tai enemmän olisi liiallinen nopeus. Mikäli ylinopeutta ei huomioida järjestelmän toimintaa estävänä tekijänä 27 % onnettomuuksista voitaisiin potentiaalisesti estää kuten luvussa 5.1 esitettiin.

Jos alkoholin tai huumeiden vaikutuksen alaisena ajamisen oletetaan liittyvän vaaralliseen ajokäyttäytymiseen ja vaikuttavan aina järjestelmän tarkoitettuun toimintaan, 61 (17 %) onnettomuutta olisi voitu estää. Jos huomioidaan sekä ylinopeus että alkoholin tai huumeiden käyttö järjestelmän toimintaan vaikuttavan tekijänä, 46–52 (13–14 %) onnettomuutta olisi voitu estää 97 (27 %) onnettomuuden sijasta. Mikäli kaista-avustin pystyisi aktivoitumaan, vaikka kaistamerkinnyt olisivat vain osittain näkyvissä (katso luku 5.2), 142 (39 %) potentiaalisesti estettävän onnettomuuden sijasta ainoastaan 66–74 (18–20 %) tapausta olisi voitu estää huomioitaessa ylinopeus ja alkoholin tai huumeiden käyttö.

Taulukko 9. Potentiaalisesti estettävissä olevat onnettomuudet, jos ylinopeus ja alkoholin tai huumeiden vaikutuksen alaisena ajaminen estäisi järjestelmän turvallisen toiminnan.

Tekijät, jotka estäisivät järjestelmän toiminnan	Ei kuljettajan toimintaa liittyviä riskejä, suotuisa sää		
	Kaistamerkinnyt täysin näkyvissä: 97/364 (27 %)	Kaistamerkinnyt osittain näkyvissä: 45/364 (12 %)	Kaistamerkinnyt täysin tai osittain näkyvissä 142/364 (39 %)
Alkoholin tai huumeiden vaikutuksen alaisena ajaminen	61 (17 %)	26 (7 %)	87 (24 %)
Ylinopeus ≥ 10 km/h	53 (15 %)	25 (7 %)	78 (21 %)
Ylinopeus ≥ 20 km/h	57 (16 %)	27 (7 %)	84 (23 %)
Ylinopeus ≥ 30 km/h	65 (18 %)	33 (9 %)	98 (27 %)
Alkoholi/huume tai ylinopeus ≥ 10 km/h tai molemmat	46 (13 %)	20 (5 %)	66 (18 %)
Alkoholi/huume tai ylinopeus ≥ 20 km/h tai molemmat	48 (13 %)	20 (5 %)	68 (19 %)
Alkoholi/huume tai ylinopeus ≥ 30 km/h tai molemmat	52 (14 %)	22 (6 %)	74 (20 %)

OTI osallistuu monipuolisesti liikenneturvallisuustutkimusten toteuttamiseen

Onnettomuustietoinstituutti (OTI) tarjoaa tietoa tieteelliseen sekä tilastolliseen tutkimukseen niin kotimaassa kuin kansainvälisesti. Lisäksi instituutti tuottaa ja rahoittaa tutkimuksia itsenäisesti ja yhteistyössä muiden kanssa.

www.oti.fi/tutkimukset

Onnettomuustietoinstituutti (OTI) tekee työtä ennaltaehkäistäkseen liikenneonnettomuuksia Suomessa. OTI koordinoi liikenneonnettomuuksien tutkijalautakuntien toimintaa ja hallinnoi tutkinnasta kerättyä tietoa muiden liikennevahinkotilastojensa lisäksi. Tilastotiedon määrä ja laatu ovat kansainvälisesti ainutlaatuisia. OTI tarjoaa tärkeää tietoa, jolla voidaan vaikuttaa liikenneturvallisuuteen sekä lainsäädännön että käytännön toimenpiteiden tasolla. Instituutti toimii erillisenä yksikkönä Liikennevakuutuskeskuksessa. www.oti.fi

