

YHTEISTOIMINNALLISTEN TIETYÖVAROITUSTEN TARKASTELU



Elina Aittoniemi, Pirkko Rämä, Harri Peltola

Yhteistoiminnallisten tietyövaroitusten tarkastelu

Väyläviraston julkaisuja 51/2019

Väylävirasto
Helsinki 2019

Kannen kuva: Väyläviraston kuva-arkisto

Verkojulkaisu pdf (www.vayla.fi)

ISSN 2490-0745
ISBN 978-952-317-743-7

Väylävirasto
PL 33
00521 HELSINKI
Puh. 0295 34 3000

Elina Aittoniemi, Pirkko Rämä ja Harri Peltola: Yhteistoiminnallisten tietyövaroitusten tarkastelu. Väylävirasto. Helsinki 2019. Väyläviraston julkaisuja 51/2019. 44 sivua ja 1 liite. ISSN 2490-0745, ISBN 978-952-317-743-7.

Avainsanat: tiettyöt, varoitukset, tiedotus, yhteistoiminnallisuus, älykäs liikenne, älytekniikka

Tiivistelmä

Tieverkon liikennöitävyyden ylläpitäminen edellyttää säännöllisiä kunnossapito- ja parannustöitä. Tietöistä voi aiheutua haittaa liikenteelle, ja tienkäyttäjät sekä tietöitä suorittavat henkilöt ovat alttiina onnettomuuksille. Tietöistä on perinteisesti tiedotettu liikennemerkein sekä tieliikennekeskusten liikennetiedotteilla. Teknologian kehittyminen mahdollistaa uudenlaisten yhteistoiminnallisten (C-ITS) tiedotusjärjestelmien käyttöönoton osana älykästä liikennejärjestelmää. Yksi esimerkki on yhteistoiminnallinen lyhyen kantaman tietyövaroitusta, jossa kuljettaja saa erillisen ITS-G5-vastaanottimen kautta varoituksen edessä olevasta työmaasta, tyypillisesti noin 300 m ennen kohdetta.

Törmäysvaimentimiin kiinnitettyjen C-ITS-lähettimeiden lähettämät varoitukset ovat käytännöllinen ratkaisu tietyövaroitusten toteuttamiseen. Euroopan ensimmäiset kokeilut keskittyivät pääasiassa järjestelmien tekniseen toimivuuteen ja toimintalinjausten määrittämiseen, eikä vaikutustutkimuksia ole vielä saatavilla kovinkaan monesta kohteesta. Varsinaisia käyttäjiä näiden testien ulkopuolella on vielä vähän, sillä viestien vastaanottaminen vaatii erillisen ITS-G5-vastaanottimen ajoneuvossa. Suomessa törmäysvaimentimet ovat vielä harvinaisia, ja varoituksia on kokeiltu mobiililaitteiden kautta. Tämä ratkaisu ei vaadi erillistä päätettä tai infrastruktuuria ja sen on todettu sopivan Suomen olosuhteisiin. NordicWay-hankkeen tulokset osoittivat, että tieliikenteen häiriötiedon jakelu toimii matkapuhelinverkossa nopeasti, turvallisesti ja tehokkaasti.

Tämän työn tavoitteena oli tuottaa pohjatietoa yhteistoiminnallisten tietyövaroitusten käyttöönotto- ja käyttöstrategian valmisteluun suomalaisessa tieympäristössä. Tutkimusmenetelminä käytettiin kirjallisuuskatsausta, asiantuntijahaastatteluja sekä tietöiden läheisyydessä tapahtuvien onnettomuuksien ja tietöiden turvallisuuspoikkeamien tarkastelua. Eri lähteiden perusteella määritetyt keskeisimmät tietyövaroitusten luokittelutekijät täydentävät toisiaan. Asiantuntijahaastatteluiden tuloksissa korostuvat tieympäristö ja tietyön ominaisuudet, tieliikennekeskusten haitta-asteluokituksessa olosuhteet ja tietyön seuraukset, ja kirjallisuus tarjosi täydennystä etenkin kuljettajan toiminnan näkökulmasta.

Taulukossa 1 on esitetty tärkeimmät kriteerit, jotka tämän työn tulosten perusteella tulisi huomioida varoituksen tärkeyden arvioimisessa. Varoituksen kohteen, eli tietyön ominaisuuksien, lisäksi varoituskriteereihin tulisi vaikuttaa varoituksen tarkoitus ja toteutustapa. Lyhyen ja pitkän kantaman varoituksissa korostuvat hieman eri kriteerit olosuhteista ja käyttötarkoituksesta riippuen. Myös työmaan ja kuljettajan ominaisuuksia tulisi huomioida. Yhteistoiminnallisten järjestelmien yleistyessä laajemmin eri lähteistä tulevien viestien koordinointi on kuljettajan näkökulmasta tärkeää, jotta voidaan välttää liiallista viestien määrää eri järjestelmistä.

Taulukko 1. Tietyövaroituksen tärkeyteen vaikuttavat kriteerit.

Ominaisuudet		Kriteeri
Varoituksen tyyppi	Pitkä kantama	<ul style="list-style-type: none"> • Nopeusrajoitus, nopeusero • Viivytykset, ruuhkautuminen • Päällyste • Aiemmat onnettomuudet • Ulottumarajoitukset
	Lyhyt kantama	<ul style="list-style-type: none"> • Ennakoitavuus, näkemä • Aiemmat onnettomuudet • Sää-, keli- ja valaistusolosuhteet • Työntekijöitä tiellä
Erityistarpeet (ajoneuvon tyyppi/ työmaan ominaisuudet)		<ul style="list-style-type: none"> • Työmaan kaistavaikutukset • Ulottuma- ja painorajoitukset • Ajomukavuuden alenema työmaalla
Kuljettajan ominaisuudet		<ul style="list-style-type: none"> • Paikan tuttuus • Inhimilliset ominaisuudet, kyvyt ja rajoitukset

Elina Aittoniemi, Pirkko Rämä och Harri Peltola: Granskning av samverkande varningar för vägarbete. Trafikledsverket. Helsingfors 2019. Trafikledsverkets publikationer 51/2018. 44 sidor och 1 bilaga. 2490-0745, ISBN 978-952-317-743-7.

Sammanfattning

Regelbundna drifts- och underhållsarbeten krävs för att upprätthålla vägnätets framkomlighet. Vägarbeten kan störa trafiken, och trafikanterna samt vägarbetarna är exponerade för olyckor. Om vägarbeten har traditionellt informerats via trafikmärken samt vägtrafikcentralernas trafikmeddelanden. Teknikens utveckling möjliggör införande av nya typer av samverkande informationssystem (C-ITS) som en del av det intelligenta trafiksystemet. Ett exempel är en samverkande kortdistansvarning för vägarbete där föraren via en separat ITS-G5-mottagare får en varning om en vägarbetsplats, vanligtvis cirka 300 meter före platsen.

Varningarna från C-ITS-sändarna, som är fästa på krockskydd, är en praktisk lösning för att varna för vägarbete. De första europeiska försöken är främst inriktade på systemens tekniska funktion och definitionen av riktlinjer, och särskilt många konsekvensanalyser finns ännu inte tillgängliga. Det finns fortfarande få egentliga användare utanför dessa tester, eftersom mottagande av meddelanden kräver en separat ITS-G5-mottagare i fordonet. I Finland är krockskydd tills vidare sällsynta, och man har testat att ta emot varningar via mobila enheter. Denna lösning kräver inte en separat terminal eller infrastruktur och den har konstaterats fungera i finländska förhållanden. Resultat av projektet NordicWay visar att distributionen av meddelanden om störningar i vägtrafiken fungerar snabbt, säkert och effektivt i mobilnätet.

Syftet med detta arbete var att producera grundläggande information för beredningen av införande- och användningsstrategi när det gäller samverkande varningar för vägarbete i den finländska vägmiljön. Forskningsmetoderna var en litteraturöversikt, intervjuer med experter samt granskningar av olyckor i närheten av vägarbeten och säkerhetsavvikelser vid vägarbeten. De centrala klassificeringsfaktorerna för varningar för vägarbete, definierade utifrån olika källor, kompletterar varandra. I resultaten från expertintervjuerna betonas vägmiljön och vägarbetets beskaffenhet, i vägtrafikcentralernas skadeklassificering omständigheterna och konsekvenserna av vägarbete, och litteraturen bjöd på kompletteringar, särskilt sett ur förarens perspektiv.

I tabell 1 presenteras de viktigaste kriterierna, som utifrån resultaten av detta arbete borde beaktas i bedömningen av hur viktig en varning är. Förutom objektet för varningen, dvs. vägarbetets beskaffenhet, borde varningskriterierna påverkas av syftet med varningen och hur den genomförs. Vid kort- och långdistansvarningar betonas något olika kriterier beroende på omständigheterna och användningsändamålet. Även vägarbetsplatsens och förarens egenskaper borde beaktas. När samverkande system blir mer vanliga är det ur förarens synvinkel viktigt att meddelanden från olika källor samordnas för undvikande av ett överdrivet antal meddelanden från olika system.

Tabell 2. Kriterier som påverkar hur viktig en varning för vägarbete är.

Beskaffenhet		Kriterium
Typ av varning	Lång distans	<ul style="list-style-type: none"> • Hastighetsbegränsning, hastighetsskillnad • Dröjsmål, trafikstockningar • Beläggning • Tidigare olyckor • Räckviddsbegränsningar
	Kort distans	<ul style="list-style-type: none"> • Förutsebarhet, siktsträcka • Tidigare olyckor • Väder-, väglags- och belysningsförhållanden • Arbetare på vägen
Särskilda behov (fordonstyp/ vägarbetsplatsens beskaffenhet)		<ul style="list-style-type: none"> • Vägarbetsplatsens inverkan på körfälten • Räckvidds- och viktbegränsningar • Minskad körkomfort på vägarbetsplatsen
Förarens egenskaper		<ul style="list-style-type: none"> • Hur välbekant platsen är • Mänskliga egenskaper, förmågor och begränsningar

Elina Aittoniemi, Pirkko Rämä and Harri Peltola: Review of cooperative road works warnings for their Finnish implementation strategy. Finnish Transport Infrastructure Agency. Helsinki 2019. Publications the Finnish Transport Infrastructure Agency 51/2019. 44 pages and 1 appendix. 2490-0745, ISBN 978-952-317-743-7.

Abstract

Maintaining operability of the road network requires regular maintenance and improvement works. These roadworks may pose harm to traffic, and both road users and road workers are vulnerable to accidents. Traditionally, road users have been informed about road works with traffic signs and announcements via the radio. Advancements in technology allow for new cooperative intelligent transport systems (C-ITS) to provide information to road users as part of a smart transport system. An example of this information is the short-range road works warning, where drivers receive warnings on upcoming road works via a separate ITS-G5-receiver. Typically, the warning is received about 300 m before the road works site.

Warnings sent by C-ITS transmitters located on truck-mounted attenuators pose a practical way to inform road users about road works. The first trials in Europe have mainly concentrated on the systems' technical functionality and defining action plans and assessment of potential impacts is only available for a limited number of studies. As receiving the warnings requires having a separate ITS-G5 receiver in the vehicle, the systems have few users at present. In Finland, truck mounted attenuators are not yet common, and trials have instead used mobile devices for transmitting warnings. This solution does not require separate receivers or infrastructure and it has been found suitable for use in Finland. The results of the NordicWay project showed that distribution of information on disruptions in road traffic via the mobile network is fast, safe and efficient.

The objective of this study was to produce information for preparing an implementation and usage strategy for cooperative road works warnings in the Finnish road environment. The methods used were literature review, expert interviews and studying accidents near road works sites as well as reported safety deviations at road works sites. The key classification criteria for road works warnings obtained by the different methods complement each other. The road environment and characteristics of the road works site were emphasised by the interviewed experts. Local conditions and consequences of road works emerged as criteria from hindrance ratings of the road traffic management centres. Literature complemented the criteria especially from the human factors point of view.

Table 1 shows the most important criteria that should be considered when defining the importance and significance of road works warnings based on the results of this study. In addition to the characteristics of the road works site, the purpose and implementation of the warning should play a role. Slightly different criteria, depending on the conditions and intended use, are highlighted for short range and long range warnings. As cooperative systems become more common, coordination of messages from different sources is important from the driver point of view, in order to avoid receiving too many messages from many different systems.

Table 1. *Criteria affecting the importance and significance of road works warnings*

Characteristics		Criterion
Type of warning	Long range	<ul style="list-style-type: none"> • Speed limit, speed differences • Delays, congestion • Pavement type • Previous accidents • Restrictions to dimensions of vehicles
	Short range	<ul style="list-style-type: none"> • Anticipation, field of vision • Previous accidents • Road, weather and lighting conditions • Workers on the road
Special conditions (type of vehicle / characteristics of road works site)		<ul style="list-style-type: none"> • Impacts on driving lanes • Restrictions to vehicle dimensions and weight • Deterioration of driving comfort at road works site
Driver characteristics		<ul style="list-style-type: none"> • Familiarity with area • Human factors, capabilities and restrictions

Esipuhe

Tämä tutkimus on tehty Turvallinen liikenne 2025 -konsortiohankkeessa (<http://www.vtt.fi/proj/tl2025/>). Hankkeen jäseniä vuonna 2019 olivat

- Väylävirasto
- Liikenne- ja viestintävirasto Traficom
- Nokian Renkaat Oyj
- Kehto-foorumi (21 kaupunkia)
- Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy.

Tutkimuksen päätekijänä oli tutkija Elina Aittoniemi VTT:stä. Projektin ohjausryhmään kuuluivat Risto Lappalainen ja Arja Toola Väylävirastosta, Anna Schirokoff ja Riikka Rajamäki Liikenne- ja viestintävirasto Traficomista, sekä Pirkko Rämä VTT:stä. Harri Peltola VTT:stä vastasi tietyömailta tapahtuneiden onnettomuuksien tarkastelusta. Raportin esitarkasti Anne Silla VTT:stä

Helsingissä joulukuussa 2019

Väylävirasto
Liikenne ja ympäristöturvallisuus

Sisältö

1	JOHDANTO	11
2	TUTKIMUSMENETELMÄ.....	13
3	TAUSTAA.....	14
3.1	Tietöihin liittyviä määritelmiä	14
3.2	Yhteistoiminnalliset järjestelmät (C-ITS).....	15
3.3	ITS-Direktiivi.....	15
3.4	Asiantuntijaryhmät.....	16
3.4.1	C-ITS deployment platform	16
3.4.2	Amsterdam Group	16
3.4.3	C-ROADS	17
3.5	Yhteistoiminnallisten tietyövaroitusten periaatteet	17
4	NYKYTILAN KUVAUS JA KIRJALLISUUSKATSAUS	20
4.1	Tietyömailla tapahtuneiden onnettomuuksien tarkastelu	20
4.1.1	Tietöiden turvallisuus ja tienvarren varoitukset kirjallisuuden perusteella.....	20
4.1.2	Tietyömaat liikenneonnettomuustilastossa	21
4.2	Turvallisuuspoikkeamat	23
4.3	Päällystys- ja siltatöiden ominaisuuksia	24
4.4	Tietyömaista tiedottaminen	24
4.5	Väyläviraston ohjesarja	25
4.6	C-ITS-kokeilut Euroopassa	26
4.6.1	DRIVE C2X.....	26
4.6.2	NordicWay	26
4.6.3	Muita kokeiluja	28
4.7	Kuljettajan informoinnin näkökulma	29
5	HAASTATTELUT	31
5.1	Kuljettajien informointi ja varoittaminen nykyään	31
5.2	Työmailla esiintyvät ongelmat ja niiden ehkäisy	32
5.3	Varoituskriteerit ja varoitusten optimaalinen käyttö	33
5.4	Esille nostetut kohteet	34
5.5	Muut esille nousseet asiat	35
5.6	Tieliikennekeskusten haitta-asteluokitus	37
6	YHTEENVETO.....	39
7	PÄÄTELMÄT JA SUOSITUKSET	41
8	LÄHDEVIITTEET.....	43
LIITTEET		
Liite 1 Haastattelurunko		

1 Johdanto

Tieverkon liikennöitävyyden ylläpitäminen edellyttää säännöllisiä kunnossapito- ja parannustöitä. Suurin osa näistä töistä on tehtävä tien ollessa avoin liikenteelle, jolloin liikenteelle voi aiheutua haittaa ja onnettomuusriski voi kasvaa (Elvik ja Vaa 2004). Myös tietöitä suorittavat henkilöt, jotka työskentelevät lähellä liikennettä, ovat alttiina onnettomuuksille.

Työntekijöiden ja tielläliikkujien turvallisuutta pyritään parantamaan liikenteen ohjauksen keinoin: Ohjataan liikenne tietyöalueen läpi aiheuttaen mahdollisimman vähän haittaa ja mahdollistetaan siten työn ripeä eteneminen (Elvik ja Vaa 2004). Menetelmiin kuuluvat nopeusrajoituksen väliaikainen laskeminen, liikennevalojen käyttö, liikennettä ohjaavat henkilöt sekä väliaikaiset tiemerkinnot, joilla liikenne ohjataan tilapäisille kaistoille. Tie voidaan myös sulkea kokonaan ja liikenne ohjata muulle tieverkolle. Lisäksi työkoneet ja työntekijöiden vaatetus on varustettava heijastimin tai valoin näkyvyyden lisäämiseksi.

Tietöistä on perinteisesti varoitettu liikennemerkkein sekä radion häiriötiedoilla. Kehittyvä teknologia tarjoaa uusia keinoja tiedotukselle. Yksi kehittyvä alue tieliikenteen tehokkuuden, turvallisuuden ja ympäristöystävällisyyden parantamiseksi laajemminkin ovat yhteistoiminnalliset älyliikennejärjestelmät (*C-ITS, co-operative ITS, co-operative services*¹). Nämä järjestelmät mahdollistavat suoran vuorovaikutuksen ajoneuvojen sekä ympäröivän tieinfrastruktuurin välillä. (Euroopan komissio 2019.)

Toteutuksesta riippuen C-ITS-järjestelmät mahdollistavat viestinnän eri ajoneuvojen välillä (*vehicle-to-vehicle, V2V*), tieinfrastruktuurin ja ajoneuvojen välillä (*infrastructure-to-vehicle, I2V*) tai jopa yleisemmin erilaisten laitteiden, järjestelmien tai tienkäyttäjien välillä (*vehicle-to-everything, V2X*). Tietyövaroitukset ovat yksi esimerkki C-ITS-järjestelmistä. Yhteistoiminnallisia I2V-tietyövaroituksia on kokeiltu kenttäkokein ja ensimmäiset tulokset olivat myönteisiä - kuljettajat reagoivat yksittäisissä kohteissa esitettyihin varoituksiin tarkoitetulla tavalla ja varoitusten arvioitiin parantavan liikenteen turvallisuutta (Malone ym. 2014). Tietöitä esiintyy tieverkolla välillä taajaan, ja kovin tiuha varoittelu voi alentaa niiden informaatioarvoa sekä häiritä tai ärsyttää kuljettajia. Malone ym. (2014) käyttäjähaastatteluissa oli viitteitä tästä - verrattuna muihin C-ITS palveluihin tietyövaroitukseen suhtauduttiin positii-visesti mutta myös jonkin verran varautuneesti. Niiden koettiin parantavan turvallisuutta mutta niitä ei pidetty erityisen innovatiivisina, toiveita esitettiin mm. viestien määrään, esittämisen ajankohtaan (etäisyys tietyöstä) ja viestien rakenteeseen (ohjeiden esittämistapa kuljettajan käyttöliittymässä). Järjestelmien laajamittaista käyttöönottoa varten tarvitaankin tarkempi käyttöönottostrategia ja selkeät käyttöperiaatteet. Tämän työn tavoitteena oli tuottaa tietoa yhteistoiminnallisten tietyövaroitusten käyttöönotto- ja käyttöstrategian valmisteluun. Työssä kuvataan ja tehdään ehdotuksia varoitusten kohteista ja periaatteista suomalaisessa tieympäristössä.

¹ Ilmaisuja käytetään tässä työssä synonyymeina ottamatta kantaa järjestelmien tekniseen toteutukseen.

Työssä tehtiin kirjallisuuskatsaus Euroopassa käytössä ja kokeilussa oleviin yhteistoiminnallisiin tietyövaroituksiin ja niiden käyttöperiaatteisiin. Lisäksi haastateltiin urakoitsijoita ja muita asiantuntijoita sekä tarkasteltiin tietöiden läheisyydessä tapahtuvia onnettomuuksia. Tämä työ rajattiin ohjausryhmässä kattamaan erityisesti päällystystyöt sekä siltatyömaat. Näin mukana on sekä liikkuvia että pysyviä kohteita pitkällä ja lyhyellä aikavälillä. Näissä myös aiheutuu eniten häiriöitä maanteillä, johon tämä työ keskittyy. Työssä ei oteta kantaa ratkaisujen tekniseen toteutukseen tai toimivuuteen.

2 Tutkimusmenetelmä

Tämän työn tutkimusmenetelminä käytettiin kirjallisuuskatsausta, asiantuntija-haastatteluja sekä onnettomuuksien ja turvallisuuspoikkeamien tarkastelua.

Kirjallisuuskatsauksessa hyödynnettiin VTT:n verkostoja, kuten C-ITS-platform ja EU-EIP (*The EU ITS Platform*), sekä päättyneiden projektien tuloksia. Lisäksi aiheen kirjallisuutta etsittiin Internetin tietokannoista.

Työtä varten haastateltiin asiantuntijoita Väylävirastosta, Uudenmaan ELY-keskuksesta (kaksi henkilöä), Helsingin liikennekeskuksesta (yksi asiantuntija ja kaksi päivystäjää), urakoitsijoilta (Destia ja Lemminkäinen), Poliisista ja SKALista (kaksi henkilöä). Haastattelut suoritettiin pääasiassa marraskuussa 2017. Asiantuntijoilta kysyttiin tiedotuksen nykykäytännöistä ja tietyömailla esiintyvistä ongelmista sekä asiantuntijoiden näkemyksiä tietyömaiden varoittamiseen liittyvistä kriteereistä sekä minkä tyyppisistä kohteista he erityisesti varoittaisivat. Haastattelu oli vapaamuotoinen; kysymyslistan (liite 1) avulla tarkistettiin, että aiheet tulivat katetuksi.

Tietyömailla tapahtuneita liikenneonnettomuuksia tarkasteltiin Tilastokeskuksen tieliikenneonnettomuusaineiston (Tilastokeskus 2019) perusteella vuosilta 2014–2017. Turvallisuuspoikkeamia, tässä tapauksessa tietyömaiden työtapa-turmia ja vaaratilanteita, tarkasteltiin vuoden 2015 aineiston pohjalta.

3 Taustaa

3.1 Tietöihin liittyviä määritelmiä

Väyläviraston ohjesarja luokittelee tietyöt niiden keston ja etenemisen perusteella. Liikenne tietyömaalla -ohjesarja (Liikennevirasto 2015a) määrittelee termit seuraavasti:

- **Lyhytaikaisilla tietöillä** tarkoitetaan alle vuorokauden kestäviä töitä.
- **Hetkellisellä työllä** tarkoitetaan työtä, jonka tekemisen voidaan katsoa vievän vähemmän aikaa kuin siitä varoittavaien merkkien pystyttämisen. **Hitaasti liikkuvalla työllä tarkoitetaan** ajoneuvoihin kiinnitetyillä laitteilla tehtävää työtä, joissa ajoneuvo liikkuu hitaasti eteenpäin ja työnopeus on tavallisesti alle 40 km/h.
- **Jaksoittain etenevä työ** tarkoittaa ajoneuvoihin kiinnitetyillä laitteilla tehtäviä töitä, joissa ajoneuvo liikkuu hitaasti välillä pysähdellen ja työnopeus on tavallisesti alle 40 km/h.
- **Nopeasti liikkuva työ** taas on ajoneuvoihin kiinnitetyillä laitteilla tehtävää työtä, jossa ajoneuvo liikkuu koko ajan eteenpäin ja työnopeus on tavallisesti yli 40 km/h.
- **Paikallaan tehtävällä työllä** tarkoitetaan hetkellistä tai lyhytkestoista työtä, jossa ajoneuvo on paikallaan ja työntekijät jalkautuvat ajoneuvosta tai tekevät työn ajoneuvon lavalta tai nostokorista käsin.

Väyläviraston toimintaympäristöluokituksessa tietöiden sulku- ja varoituslaitteet jaetaan koko- ja laatuvaatimusten mukaan kolmeen luokkaan. Luokan valintaan vaikuttavat tien liikennemäärä sekä toiminnallinen luokitus. Toimintaympäristöluokkia ovat S3, S2 ja S1.

Sulkulaitteilla tarkoitetaan laitteita, joilla voidaan sulkea tie tai tienosa liikenteen käytöstä tai eristää työkohte liikenteestä. Sulkulaitteita ovat mm. sulkuaita ja sulkukartio. Varoituslaitteilla varoitetaan autoilijoita edessä olevista vaarallisista tien kohdista, työkohteista tai ajoradalla olevista työntekijöistä. Varoituslaitteita ovat hinattava varoituslaite, kiinnitettävä varoituslaite sekä tielle asetettava varoituslaite.

Varoitusajoneuvo on ajoneuvo, joka on varustettu katolle tai perään kiinnitettävällä toimintaympäristön vaatimusten mukaisella varoituslaitteella. Ajoneuvoa käytetään työkohteen havaittavuuden parantamiseksi ja työkoneisiin törmäämisen estämiseksi hitaasti liikkuvissa ja jaksoittain etenevissä töissä.

Suoja-ajoneuvolla tarkoitetaan vähintään 3,5 t painavaa ajoneuvoa tai perävaunua, joka on varustettu perään kiinnitettävällä, toimintaympäristön vaatimusten mukaisella varoituslaitteella sekä taaksepäin suunnatulla varoitusvalolla. Suoja-ajoneuvoa voidaan käyttää, kun vaatimukset täyttyvät - esimerkiksi silloin, kun ajoradalla tehdään töitä jalkaisin tai työkoneella, joka ei itsessään suoja työntekijää.

TMA (*Truck mounted attenuator*) on ajoneuvoon tai hinattavaan laitteeseen kiinnitettävä törmäysvaimennin. TMA:n on oltava Trafikverketin hyväksymä ja se voidaan asentaa suoja-ajoneuvoon, jos se täyttää vaatimukset (mm. paino ja asennus).

3.2 Yhteistoiminnalliset järjestelmät (C-ITS)

Teknologian kehittyminen, erilaisten palveluiden kenttäkokeet sekä toiminta-periaatteiden (esimerkiksi ITS-direktiivi, ks. luku 2.3) laatiminen vuosituhannen alusta lähtien ovat luoneet pohjaa yhteistoiminnallisten palveluiden käyttöön-ottoon.

Yhteistoiminnalliset järjestelmät ovat osa älykästä liikennejärjestelmää, missä tietoa jaetaan ja välitetään erilaisten ITS-asemien välillä. Asemina voivat toimia esimerkiksi ajoneuvot, tienvarsilaitteet, liikennekeskukset tai henkilökohtaiset mobiililaitteet. Tietoa jaetaan tyypillisesti hyvin paikallisesti – viestien kantama on melko lyhyt, esimerkiksi 200–300 m (Amsterdam Group 2016b). Järjestelmien tavoitteena on välittää tietoa tai ohjeita tai tehdä toimenpiteitä, joiden avulla parannetaan liikenteen turvallisuutta, ympäristöystävällisyyttä, tehokkuutta ja mukavuutta auttamalla kuljettajia liikennetilanteen ennakoimisessa ja päätöksenteossa paremmin, kuin mikä on mahdollista pelkän älyliikenteen (ITS) keinoin. Toiminnan ympärille liittyy laaja verkosto eri toimijoita. Kommunikaatio tielläliikkujien ja infrastruktuurin välillä on lisäksi tärkeää ajatellen tulevaa liikenteen automaatiota ja sen turvallisuutta. C-ITS-järjestelmät perustuvat avoimeen verkkoon, eikä viestintä rajoitu viestien vaihtoon yhden tai useamman ennalta määritetyn yksikön kanssa. (Euroopan komissio 2019.)

Euroopan komission C-ITS Platformin (2016) asiantuntijaryhmä jakoi C-ITS-palvelut nk. "day 1"-palveluihin (lyhemmällä aikavälillä toteutettavat) ja "day 1.5"-palveluihin (hieman pidemmällä aikavälillä toteutettavat). Yhtenä yhteistoiminnallisten järjestelmien nk. day 1 -palveluna on kehitetty järjestelmä tiettyä maista varoittamiseen.

3.3 ITS-Direktiivi

Euroopan parlamentti ja neuvosto ovat asettaneet direktiivin 2010/40/EU (7.7.2010) tielliikenteen älykkäiden liikennejärjestelmien käyttöönoton sekä tielliikenteen ja muiden liikennemuotojen rajapintojen puitteista. Delegoitu asetus 886/2013 (15.5.2013) täydentää direktiiviä datan ja menettelyjen osalta, joiden avulla tarjotaan mahdollisuuksien mukaan liikenneturvallisuuteen liittyviä yleisiä vähimmäisliikennetietoja ilmaiseksi käyttäjille. Näihin kuuluvat mm. lyhytaikaiset tietyömaat (*short-term road works*). Ilmaisella palvelulla tarkoitetaan liikenneturvallisuuteen liittyvän yleisen vähimmäistason liikennetietopalvelun tarjoamista loppukäyttäjille ilman ylimääräisiä kustannuksia käyttöpaikassa.

Asetuksessa lyhytaikaisilla tietöillä tarkoitetaan tilapäisiä tietöitä, joita tehdään tiellä tai tien vierellä ja jotka on merkitty ainoastaan vähimmäisopasteilla, koska työt ovat luonteeltaan lyhytaikaisia. Lyhytaikaisiin tietöihin lukeutuvat raivaustyö, huoltotyöt, hitaasti liikkuvat huoltoajoneuvot sekä tiemerkinätyöt. Lyhytaikaiset tietyöt ovat yleensä suojattu pelkästään (siirrettävällä) törmäysvaimentimella (*TMA, truck mounted attenuator*), johon voidaan asentaa C-ITS-lähetin. C-ITS-viestien lähetys alkaa saman tien, kun vaimennin pystytetään

paikoilleen. Viestin saaminen edellyttää, että käyttäjillä on C-ITS-viestejä vastaanottava laite. Viesti sisältää tyypillisesti tiedon työmaan sijainnista sekä järjestelyistä, kuten nopeusrajoituksista ja kaistajärjestelyistä. Pitkäkestoista työmaista ilmoitetaan tyypillisesti aikaisemmin, eikä niitä yleensä suojata siirrettävällä törmäysvaimentimella, joten ne eivät kuulu tähän kategoriaan.

ITS-direktiiviä ollaan täydentämässä delegoidulla asetuksella yhteistoiminnallisten älyliikennejärjestelmien käyttöönoton ja operatiivisen käytön osalta. Tarkoituksena on laatia C-ITS-järjestelmien yhteentoimivuutta koskevat oikeudelliset vähimmäisvaatimukset ja mahdollistaa C-ITS-järjestelmien ja -palvelujen laajamittainen käyttöönotto vuodesta 2019 alkaen (Euroopan komissio 2019).

3.4 Asiantuntijaryhmät

3.4.1 C-ITS deployment platform

Euroopan komissio perusti vuonna 2014 yhteistoiminnallisten järjestelmien käyttöönottoa edistävän asiantuntijaryhmän (*C-ITS deployment platform*) ottaakseen näkyvämmän roolin yhteistoiminnallisten järjestelmien käyttöönotossa. Ryhmän tarkoitus oli asettaa raamit alan eri toimijoiden ja maiden väliselle yhteistyölle. Asiantuntijaryhmään kuului eri maiden viranomaisia, yhteistoiminnallisten järjestelmien toimijoita sekä komission edustajia. Ryhmän tavoitteena oli kehittää yhteinen visio yhteistoiminnallisten järjestelmien yhteensopivasta käyttöönotosta Euroopan unionissa.

Ensimmäinen merkkipaalu saavutettiin tammikuussa 2016, kun asiantuntijaryhmän tuottama ensimmäinen loppuraportti valmistui. Euroopan komissio (2016) laati euroopanlaajuisen strategian yhteistoiminnallisista järjestelmistä näiden suositusten perusteella. Yhteisön toisen vaiheen tavoitteena oli kehittää yhteinen visio C-ITS-järjestelmien yhteentoimivaan käyttöönottoon. Toisen vaiheen loppuraportti valmistui syyskuussa 2017.

3.4.2 Amsterdam Group

Amsterdamin ryhmä on keskeisten toimijoiden yhteisö (tieviranomaiset ja autoteollisuus), jonka tavoitteena on edistää ja mahdollistaa yhteistoiminnallisten järjestelmien käyttöönottoa koordinoitusti Euroopassa. Ryhmä pyrkii helpottamaan tiedonvälitystä mahdollistamalla keskustelua eri toimijoiden välillä sekä tarjoamaan ratkaisuja C-ITS-palveluiden käynnistämiseen Euroopassa erityisesti käytännön kokeilujen ja implementointien avulla maasta toiseen ulottuvilla älyliikennekäytävillä. Amsterdamin ryhmän tiekartassa vuodelta 2013 hahmoteltiin tarvittavia askeleita ensimmäisten yhteistoiminnallisten järjestelmien toteuttamiseksi. Nykyisin Amsterdamin ryhmä täydentää C-ITS-asiantuntijaryhmien (*C-ITS deployment platform ja C-ROADS*) työtä.

Ryhmä on laatinut julkaisun (*white paper*) tietyövaroitusten toiminnallisuuksista (Amsterdam Group 2016a). Tällä hetkellä ohjeistus kattaa lyhytaikaiset tietyövaroitukset. Pitkäaikaisten tietyövaroitusten toimintakuvaus ja suositukset ovat vielä työn alla.

3.4.3 C-ROADS

Euroopan unionin jäsenvaltioiden ja tienpitäjien perustaman C-Roads-foorumin tavoite on kokeilla ja toteuttaa C-ITS-palveluita rajat ylittävän yhdenmukaisuuden (harmonisation) ja yhteentoimivuuden saavuttamiseksi (Euroopan komissio 2019). Foorumi on osaltaan mahdollistanut eri maiden toimijoiden välisen yhteistyön C-ITS-palveluiden yhdenmukaistamisen ja yhteentoimivuuden testaamiseksi, jotta esimerkiksi tietöitä koskeva viestit voidaan ymmärtää samalla tavalla maantieteellisestä sijainnista ja ajoneuvonvalmistajista riippumatta.

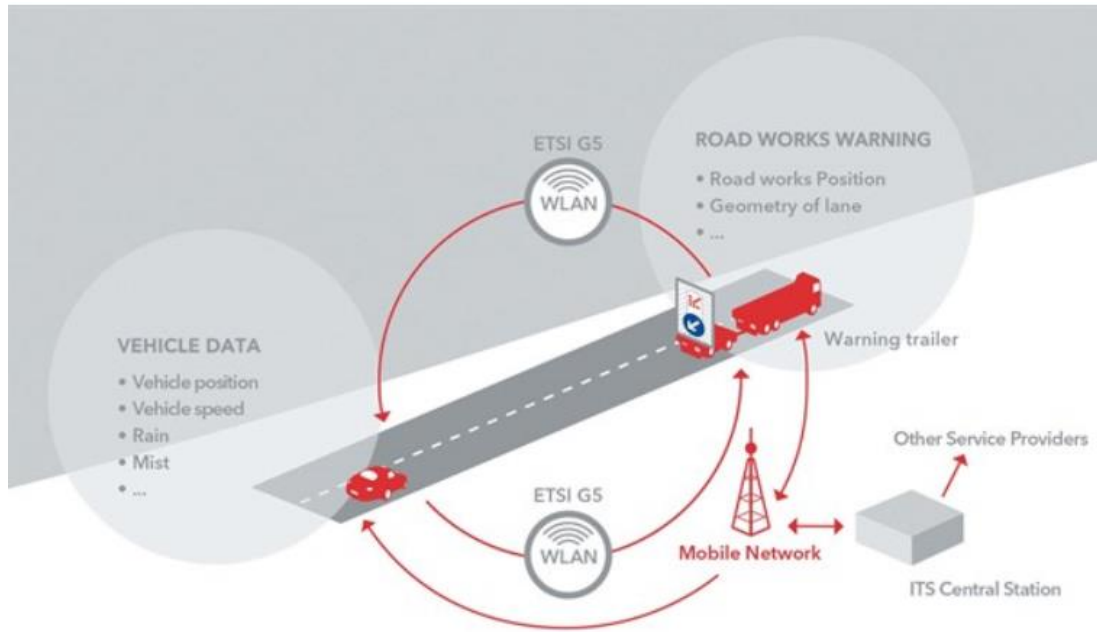
Foorumi pyrkii helpottamaan yhteistyötä kokonaisvaltaisesti jakamalla tietoa ja kokemuksia esimerkiksi järjestelmien käyttöönottoon ja käyttäjien hyväksyntään liittyen. Käytännön testejä aloitetaan ensin paikallisesti eri maissa, ja vähitellen toimintaa pyritään laajentamaan useita maita ja alueita kattaviksi.

3.5 Yhteistoiminnallisten tietyövaroitusten periaatteet

Tietyövaroitusten tarkoitus on varoittaa kuljettajia edessä olevista tietöistä ja niihin liittyvistä olosuhteista (kuten kaistansuluista), jotta kuljettajat olisivat ajoissa tietoisia häiriöstä ja mahdollisista vaarallisista olosuhteista (Amsterdam Group 2016b). Odotetut hyödyt ovat sujuvuuden ja liikenneturvallisuuden parantuminen ennakoinnin ja nopeuden sopeuttamisen kautta. Myös tietyöntekijöiden turvallisuuden odotetaan parantuvan ja omaisuusvahinkojen vähenevän. Yhteistoiminnallisuuden tuoma lisäarvo perinteisiin tiedotusmenetelmiin nähden on tiedon parempi tarkkuus ajan ja paikan suhteen. Myös tietyön taustoista on mahdollista välittää tietoa, minkä odotetaan lisäävän tietöiden hyväksyttävyyttä.

Amsterdamin ryhmä (2016b) jakoi kuvauksessaan tietyöt kolmeen ryhmään: Lyhytaikaiset liikkuvat, lyhytaikaiset paikallaan pysyvät ja pitkäaikaiset paikallaan pysyvät työt. Ensimmäisessä vaiheessa yhteistoiminnallisia tietyövaroituksia ehdotettiin sovellettavan lyhytaikaisiin paikallaan pysyviin tietöihin sekä liikkuviin tietöihin. Pitkäaikaiset tietyöt ovat yleensä lyhytkestoisia monimutkaisempia, ja tarvittavissa liikennejärjestelyissä voi olla suuria eroja. Pitkäaikaiset tietyöt katetaan myöhemmässä vaiheessa.

Yhteistoiminnallinen tietyövaroituspalvelu voidaan toteuttaa eri tavoin: 1) paikallisesti siirrettävässä törmäysvaimentimessa sijaitsevalla lähettimellä, 2) paikallisesti törmäysvaimentimessa sijaitsevalla lähettimellä, jolla on yhteys keskukseen (backend), tai 3) koordinoitusti laajemmalla alueella useiden C-ITS-asemien kautta (kuva 1). Palvelun tuottama tieto voi toimia lisäksi lähtötietona muille C-ITS-palveluille: sitä voidaan käyttää esimerkiksi uuden suositellun reitin laskennassa. Eri vaihtoehtojen toiminnallisuus sekä ominaisuudet kuljettajan ja tieviranomaisten näkökulmasta on esitetty taulukossa 2.

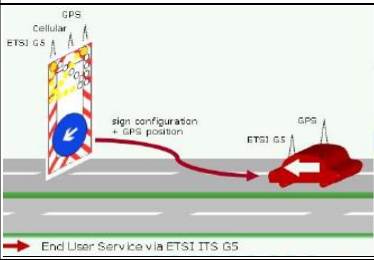
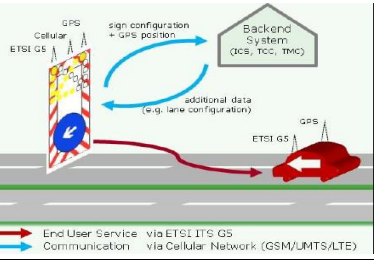
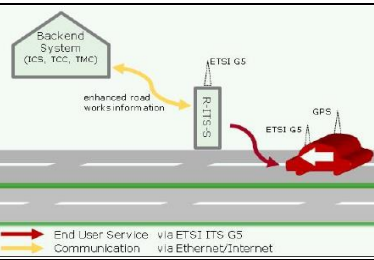


Kuva 1. Yhteistoiminnallisen tietyövaroituksen kuvaus, C-ITS Corridor (ITS International 2016.)

Itse törmäysvaimentimeen kiinnitettyssä lähettimessä voi olla vain rajoitettu määrä tietoa, sillä siinä ei ole karttaa eikä sitä huolleta päivittäin, jolloin tieto ei välttämättä ole ajantasaista. Se voi kuitenkin olla yhteydessä keskukseseen mobiiliverkon kautta, jolloin sitä kautta voidaan välittää tarkempaa tietoa tienkäyttäjille.

Yhteistoiminnallisia tietyövaroituksia kokeillaan useassa maassa Euroopassa. Vaikutusarvioita näistä ei kuitenkaan ole vielä juuri saatavilla. Arvioita turvallisuusvaikutuksista löydettiin ainoastaan kahdesta hankkeesta, DRIVE C2X ja NordicWay. Nämä on esitetty luvussa 4.6.

Taulukko 3. Yhteistoiminnallisten tietyövaroitusten toteutusvaihtoehdot (lähteet: Amsterdam Group 2016a ja 2016b)

	1 - Pelkkä perävaunu (Stand alone mode)	2 - Peruspalvelu (Basic service)	3 - Laajempi tieverkko (Network wide and strategic)
Toiminnallisuus	Viestin lähetyks alkua, kun perävaunun kyltti avataan tai törmäysvaiennin lasketaan. Tietoja päivitetään kun sijainti tai nuolen suunta vaihtuvat, tai säännöllisin väliajoin. Lähetyks lakkaa, kun kyltti suljetaan tai törmäysvaimennin lasketaan, tai jos perävaunu saa yhteyden liikennekeskukseen ja siirrytään peruspalveluun.	Viestin lähetyks alkua, kun yhteys perävaunun ja liikennekeskukseen välillä on muodostettu ja tietoa on saatavilla liikennekeskuksesta. Tietoja päivitetään, kun sijainti tai nuolen suunta muuttuvat, tai päivitetyn tiedon saapuessa liikennekeskuksesta, tai säännöllisin väliajoin. Viestien lähetyks lakkaa, kun kyltti suljetaan tai törmäysvaimennin nostetaan.	
Kuljettajan näkökulma	Kuljettaja lähestyy paikallaan olevaa tai liikkuvaa tietyöaluetta. Ajoneuvon päätelaite antaa kuljettajalle varoituksen.	Kuljettaja lähestyy tietyöaluetta. Ajoneuvon päätelaite antaa kuljettajalle varoituksen sekä mahdollista lisätietoa (kuten kaistansulkuja). Liikennekeskus voi lisätä tietoja (esim. tietyön ominaisuuksista tai seuraavasta tietyöstä tien varrella).	Kuljettaja ohittaa tienvarteen asennetun ITS-aseman ja vastaanottaa ajantasaisen tiedon tietyömaista. Päätelaite tiedottaa kuljettajaa tietyöaluetta lähestyittäessä. Suositeltua reittiä voidaan mukauttaa saadun tiedon perusteella.
Tieviranomaisen /urakoitsijan näkökulma	Tieviranomainen/urakoitsija käynnistää tietyön. Perävaunu pysäköidään kansallisten määräysten mukaan. Tietyövaroituksen lähetyks alkua kun merkki avataan. Viestejä lähetetään säännöllisin väliajoin, jolloin tietyön sijainti päivittyy (tärkeää liikkuville työmaille). Töiden päättyessä merkki suljetaan, ja varoituksen lähetyks loppuu Tässä vaihtoehdossa voidaan lähettää ajoneuvoihin vain perävaunussa olevia tai henkilökunnan manuaalisesti syöttämiä tietoja.	Tieviranomainen/urakoitsija käynnistää tietyöt. Perävaunu pysäköidään kansallisten määräysten mukaan. Kun merkki pystytetään, perävaunu lähettää sijaintinsa ja nuolen aseman liikennekeskukseen. Liikennekeskus täydentää tarvittaessa tietoja ja lähettää takaisin perävaunuun. Töiden päättyessä merkki suljetaan, ja varoituksen lähetyks loppuu.	Tieviranomainen kerää kaiken tiedon tietöistä liikennekeskukseen. Kaikki tiedot toimitetaan tienvarren ITS-asemiin. ITS-asetat lähettävät tietyötiedot päätelaitteisiin. ITS-asetat lähettävät viestejä säännöllisin väliajoin varmistaakseen että kaikki ohiajavat ajoneuvot saavat viestit riittäväällä todennäköisyydellä. Päivityksiä voidaan jakaa keskitetysti liikennekeskuksesta kaikkiin ITS-asemiin, joita tieto koskee.
			

4 Nykytilan kuvaus ja kirjallisuuskatsaus

4.1 Tietyömailla tapahtuneiden onnettomuuksien tarkastelu

4.1.1 Tietöiden turvallisuus ja tienvarren varoitukset kirjallisuuden perusteella

Useimmat tietöiden turvallisuusvaikutuksia arvioineet tutkimukset osoittavat, että onnettomuusriski (onnettomuuksien määrä ajosuoritetta kohti) on suurempi tietyömailla kuin niiden ulkopuolella (Elvik ja Vaa 2004). Tulokset kuitenkin vaihtelevat. Tietyön tyyppin tai paikan on todettu vaikuttavan onnettomuuksien lukumäärään ja riskiin.

Onnettomuustyypeistä peräänajot ovat tyyppillisesti ylliedustettuina tietyömaiden läheisyydessä (Garber ja Zhao 2002). Myös kohtaamisonnettomuudet, tönäisyt ja törmäykset esineisiin nousevat esille. Työmailla sattuu myös muuta tieverkkoa enemmän usean ajoneuvon onnettomuuksia. Onnettomuuksien esiintymiseen vaikuttavia tekijöitä ovat ruuhka, tien rajoitettu leveys, työvälineet tiellä sekä epätasainen tienpinta.

Liljegrenin (2014) mukaan Ruotsissa vuonna 2012 kaikista tieliikenteessä tapahtuvista loukkaantumisista noin 2,3 % ja kuolemista 3,0 % tapahtui työmailla. Yleisimpiä onnettomuustyyppisiä olivat peräänajot (34 % onnettomuuksista), onnettomuudet kevyen liikenteen kanssa (30 %) ja yksittäisonnettomuudet (20 %). Peräänajot tapahtuivat yleisemmin jonoajossa.

Toinen Ruotsissa tehty tutkimus (Trafikverket 2016) tutki vuosien 2003 ja 2015 välillä tietyömailla sattuneita henkilövahinkoon johtaneita onnettomuuksia (3 958 kpl). Noin puolet onnettomuuksista (50 %) tapahtui valtion teillä, hieman alle puolet (44 %) kunnallisilla teillä ja loput (6 %) muilla teillä. Yleisin onnettomuustyyppi (38 %) oli jalankulkijan, pyöräilijän tai mopoilijan kanssa tapahtunut onnettomuus. Tämä onnettomuustyyppi korostui etenkin kunnallisilla teillä (78 % näistä tapahtui kunnallisilla teillä). Toiseksi yleisin onnettomuustyyppi oli peräänajo (31 % kaikista tietyömaiden henkilövahinko-onnettomuuksista), joista valtaosa (82 %) tapahtui valtion teillä, usein korkean liikennemäärän teillä.

Tietyöt keskeyttävät liikenteen tavanomaisen kulun ja ajokäyttäytymisen, mikä lisää onnettomuusriskiä verrattuna tilanteeseen ilman tietyömaita. Joidenkin arvioiden mukaan tietyöt lisäävät onnettomuuksia 21,5 %:lla (Khattak ym. 2002).

Tutkimusten mukaan kuljettajat ovat valmiimpia noudattamaan asetettua nopeusrajoitusta, kun tieympäristö sitä vaatii, esimerkiksi kaistojen ollessa tavallista kapeampia. Kuljettajat noudattivat nopeusrajoitusta epätodennäköisemmin, jos tietyöalue ei näyttänyt sitä vaativan, jolloin nopeusrajoitusmerkki koettiin kohtuuttomaksi tai epäluotettavaksi. Toiset tutkimukset osoittavat, että kuljettajat valitsevat nopeuden tietyömailla itsenäisesti, nopeusrajoitusmerkistä huolimatta, ja hylkäävät keinotekoisilta tuntuvat matalat nopeusrajoitukset. (Daniel ym. 2000, Morris 2017).

Yhdysvalloissa tehdyssä tutkimuksessa (McAvoy ym. 2011) valtaosa kuljettajista (94 %) ilmoitti muuttavansa käyttäytymistään tietyömaa-alueella ajaessaan. Puolet vastaajista (51 %) oli kuitenkin eri mieltä väittämän kanssa, että tienkäyttäjät ovat yleensä varovaisia tietyöalueella ajaessaan. Suurin osa (72 %) oli tyytyväinen nykyisiin varoitusmerkkeihin, mutta 60 % toivoi kuitenkin teknisesti edistyneempää (*more tech-savvy*) tapaa saada tieto tulevista tietöistä. Sähköinen tietyömaista annettava tieto arvioitiin luotettavammaksi kuin perinteisin staattisin merkein ilmoitettu tieto.

McAvoy ym. (2011) tutkimus osoitti, että tietyövaroitukset matkapuhelimen kautta ovat lupaava keino ohjata kuljettajia turvalliseen ajoon tietyöalueilla. Lisäksi tulokset osoittivat, että pelkkä ääniviesti sekä ääni- ja visuaalinen viesti tuottivat parempia tuloksia kuin perinteinen tienvarressa ollut liikennemerkki.

4.1.2 Tietyömaat liikenneonnettomuustilastossa

Tietyömaiden läheisyydessä tapahtuneiden onnettomuuksien tarkastelussa selvisi, että Suomessa vuosina 2014–2017 tietyömailla sattuneissa onnettomuuksissa kuoli 13 henkilöä, loukkaantui vakavasti 38 henkilöä ja loukkaantui lievästi 600 henkilöä, mikä vastaa 1,3 % kaikista liikennekuolemista, 2,0 % vakavista loukkaantumisista ja 2,4 % lievistä loukkaantumisista (Tilastokeskus 2019, taulukot 3 ja 4).

Taulukko 4. Tietyömailla ja muulla alueella tapahtuneet henkilövahingot vuosina 2014–2017 (Tilastokeskus 2019).

Tietyö	Kuolleet	Vakavasti loukkaantuneet	Lievästi loukkaantuneet	Yhteensä
Tietyö	13	38	600	651
Ei tietyötä	796	1625	21670	24091
Ei tietoa	186	202	2328	2716
Yhteensä	24598	1865	995	27458

Taulukko 5. Tietyömailla ja muulla alueella tapahtuneiden henkilövahinkojen osuudet vuosina 2014–2017 (Tilastokeskus 2019).

Tietyö	Kuolleet	Vakavasti loukkaantuneet	Lievästi loukkaantuneet
Tietyö	1,3	2,0	2,4
Ei tietyötä	80,0	87,1	88,1
Ei tietoa	18,7	10,8	9,5
Yhteensä	100,0	100,0	100,0

Taulukossa 5 on esitetty tietyöalueella ja muulla alueella tapahtuneiden henkilövahinko-onnettomuuksien lukumääriä onnettomuustyyppittäin.

Taulukko 6. Tietyöalueella ja muulla alueella tapahtuneiden henkilövahinko-onnettomuuksien määrä onnettomuusluokittain vuosina 2014–2017 (Tilastokeskus 2019).

	Yksittäis	Käätymis	Ohitus	Risteämis	Kohtaamis	Peräänajo	Mopedi	Polkupyörä	Jalankulku	Eläin	Muu	Yht.
Tietyö	87	14	11	43	22	100	48	66	34	4	25	454
Ei tietyötä	4766	969	315	1506	1049	1501	1764	2598	1469	483	807	17227
Ei tietoa	497	88	30	121	78	111	199	365	237	157	129	2012
Yhteensä	5350	1071	356	1670	1149	1712	2011	3029	1740	644	961	19693
Tietyö osuus %	1,6	1,3	3,1	2,3	1,9	5,8	2,4	2,2	2,0	0,6	2,6	2,3

Tietyömailla tapahtuneissa onnettomuuksissa korostuvat erityisesti peräänajot (Taulukko 6). Kaikista maanteillä tapahtuneista peräänajo-onnettomuuksista 5,8 % tapahtuu tietyömailla. Peräänajo-onnettomuuksien osuus kaikista henkilövahinko-onnettomuuksista on 8,7 %, mutta tietyömailla tapahtuneiden peräänajo-onnettomuuksien osuus kaikista tietyömailla tapahtuneista henkilövahinko-onnettomuuksista on 22,0 %. Yksittäisonnettomuudet ovat selvästi suurin yksittäinen onnettomuusluokka koko aineistossa. Vaikka tämä onnettomuustyyppi ei erityisesti korostu tietyömailla, on näiden onnettomuuksien osuus tietyömailla tapahtuneista onnettomuuksista suuri (19 %) onnettomuuksien absoluuttisesti suuren määrän vuoksi.

Taulukko 7. Eri onnettomuustyyppien prosentuaaliset osuudet kaikista henkilövahinko-onnettomuuksista eri olosuhteissa (tietyö tai muu alue).

	Yksittäis	Kääntymis	Ohitus	Risteämis	Kohtaamis	Peräänajo	Mopedi	Polkupyörä	Jalankulku	Eläin	Muu
Tietyömaalla tapahtuneiden osuus, % luokan onnettomuuksista	1,6	1,3	3,1	2,6	1,9	5,8	2,4	2,2	2,0	0,6	2,6
Onnettomuusluokan osuus, % kaikista onnettomuuksista	27,2	5,4	1,8	8,5	5,8	8,7	10,2	15,4	8,8	3,3	4,9
Onnettomuusluokan osuus, % kaikista tietyömaalonnettomuuksista	19,2	3,1	2,4	9,5	4,8	22,0	10,6	14,5	7,5	0,9	5,5

4.2 Turvallisuuspoikkeamat

Väylävirasto kerää turvallisuuspoikkeamia kaikkien väylämuotojen ja ELY-keskusten liikennevastuualueiden sopimusten mukaisista töistä. Tietyöhankkeista kerätään turvallisuuspoikkeamia rakentamis- ja ylläpito-hankkeista, päällystystöistä, siltatöistä sekä hoito- ja palvelusopimuksin tehtävistä töistä sekä maasto- ja inventointitöistä.

Turvallisuuspoikkeamalla tarkoitetaan työtaturmaa, työntekijään kohdistunutta vaaratilannetta sekä muita tapahtumia kuten liikenne-, omaisuus-, ja ympäristövahinkoja sekä niiden vaaratilanteita. Tapaturmataajuus on sattuneiden työtaturmien ja tehtyjen työtuntien suhde. Se lasketaan miljoonaa työtuntia kohden.

Uusimmat saatavilla olleet tiedot ovat vuodelta 2015 (Norokorpi ym. 2016). Työtaturmien määrä tietyömailla väheni vuonna 2015, vaikka työtuntien määrä kasvoi. Tapaturmataajuus oli alimmillaan viiteen vuoteen. Tiesankkeilla sattui yksi kuolemaan johtanut työtaturma. Vuonna 2015 tiesankkeissa kirjattiin 144 turvallisuuspoikkeamaa. Näistä 48 oli työtaturmia ja 96 työntekijöihin kohdistuneita vaaratilanteita. Työtaturmista 16 sattui investointihankkeilla ja 32 kunnossapitohankkeilla.

Yleisin työsuoritus ennen työtapaturmaa oli "esineiden tai materiaalin käsitteleminen" ja toiseksi yleisin "kulkuneuvon tai siirtolaitteen ohjaaminen tai sellaisessa matkustaminen".

4.3 Päälylystyö- ja siltatöiden ominaisuuksia

Päälylystyö- ja siltatöiden ominaisuuksia on kuvattu taulukossa 6 (Kalliokoski ym. 2004). Päälylystyöistä aiheutuu häiriöitä liikenteelle kaistojen kavennusten tai sulkemisen myötä. Päälylystyöt ovat yleisimmin lyhytkestoisia liikkuvia työmaita.

Siltatyöt taas ovat päälylystyöitä harvinaisempia ja työmäärältään suurempia. Siltatyöt kestävät yleensä pitkään ja voivat aiheuttaa liikenteelle pidempi-aikaisia häiriöitä kiertoteiden ja kavennettujen tai suljettujen kaistojen vuoksi. Siltatyöt ovat pistemäisiä ja ne pysyvät paikallaan. Uudenmaan ja Hämeen alueella peruskorjataan tai uusitaan vuosittain noin 30 siltaa (ELY-keskus 2019).

Taulukko 8. Päälylystyö- ja siltatöiden ominaisuuksia (Kalliokoski ym, 2004).

	Päälylystyöt	Siltatyöt
Yleistä	Vuosittain noin 3 250 km lyhytkestoisia	Pitkäkestoisia
Muutokset tien ominaisuuksiin	Kavennetut kaistat, suljetut kaistat alennettu nopeusrajoitus heikompi tien pintakunto	Kiertotie, kavennetut kaistat, suljetut kaistat, rajoitettu ulottuvuus alennettu nopeusrajoitus heikompi tien pintakunto
Muut ominaisuudet	Nauhamainen, etenevä välityskyky pienenee, matkajat kasvavat onnettomuusriski kasvaa, liikennöitävyys heikkenee	Pistemäinen, välityskyky pienenee, matkajat kasvavat onnettomuusriski kasvaa, liikennöitävyys heikkenee tilanahtaus haaste

4.4 Tietyömaista tiedottaminen

Työmaista on perinteisesti tiedotettu tienvieressä sijaitsevilla varoitusmerkeillä ja urakoitsijoiden tiedotustauluilla sekä radion liikennetiedottein. Teknologian kehittyessä tiedot ovat tulleet saataville myös internetiin.

Ajantasaista liikennetietoa näytetään havainnollisesti kartalla Traffic Management Finlandin ylläpitämässä liikennetilanne-palvelussa. Palvelu kattaa tie-, meri- ja rautatieliikenteen, ja tieto kerätään tiesää- ja liikenteen mittaussjärjestelmistä, liikenteenohjaussjärjestelmistä sekä muista tietojärjestelmistä. Palvelu sisältää tietoja mm. tieliikennettä haittaavista häiriöistä, ajo- ja liikenteen sujuvuudesta ja ruuhkista sekä liikennekameroiden kuvia.

Myös tietyöt kuuluvat palveluun. Liikennetilanne-palvelun tiedot ovat saatavilla avoimen rajapinnan kautta Digitraffic-palvelusta.

Häiriötiedotteet kertovat liikennettä haittaavista tapahtumista tieverkolla. Niitä laaditaan Traffic Management Finlandin tieliikennekeskuksissa. Tiedotteita lähetetään onnettomuuksista ja muista häiriötilanteista. Häiriötiedotteet sisältävät tiedon häiriön arvioidusta kestosta ja vaikutuksista sekä niiden aiheuttamista liikennejärjestelyistä.

Tietyötiedotteet välittävät tiedon liikennettä häiritsevistä tai vakavasti häiritsevistä tietöistä, niiden kestosta ja mahdollisista erikoisjärjestelyistä. Tietyöt esitetään kartalla eri symbolilla kuin muut häiriöt.

4.5 Väyläviraston ohjesarja

Väylävirasto (ent. Liikennevirasto) julkaisee Liikenne tietyömaalla -ohjesarjaa, jossa kuvataan vaatimukset eri tietyömaiden liikenne- ja tiedotusjärjestelyihin.

Tieliikenteen tiedotuksesta vastaa Traffic Management Finland. Urakoitsijat tekevät ilmoituksen työmaasta tieliikennekeskukselle, joka tiedottaa tienkäyttäjiä liikennetilanne-sivuston kautta. Tieto on saatavissa myös avoimena datana Digitrafficin kautta, josta sitä hakevat palveluntarjoajat kuten Here ja V-Traffic. Palveluntarjoajat puolestaan välittävät tiedot navigointisovellusten kautta tienkäyttäjille.

Urakoitsija ilmoittaa työkohteet, työn ajankohdan sekä liikenteelle aiheutuvat haitat ennakkoon tieliikennekeskukseen. Työkohteesta riippuen tieliikennekeskukseen pidetään yhteyttä päivittäin tai liikennejärjestelyiden muuttuessa.

Häiriötietoihin voidaan sisällyttää lisätietoja haitan suuruudesta, käytössä olevasta nopeusrajoituksesta ja työn kestosta (Liikennevirasto 2017). Töiden erityispiirteitä voidaan esittää yleisölle kohdekohtaisesti.

Urakoitsijataulujen avulla kuljettajia varoitetaan vilkasliikenteisillä pääteillä päällystystöiden aiheuttamista pysähdyksistä. Taulut pystytetään 0,5–2 km päähän päällystettävästä tieosuudesta noin viikkoa ennen päällystystöiden alkua. Lisäksi urakoitsijat tekevät ilmoituksen liikennekeskukselle lomakkeella, johon kirjataan tiedot työmaan kestosta ja laajuudesta.

Jos nopeusrajoituksia on alennettava tietyön ajaksi enemmän kuin 20 km/h verran, alenemat porrastetaan. Porrastus aloitetaan moottoriteillä 800–1 000 m ennen työmaan alkua ja muilla teillä noin 500 m ennen työmaan alkua.

Traffic Management Finlandin Liikennetilanne-palvelussa ovat mukana myös työmaavaroitukset. Liikennekeskus saa urakoitsijoilta tiedot käynnistymässä olevista työmaista. Päivystäjä merkitsee tietyölle haitta-asteen (aiheutuuko merkittävää haittaa, haittaa vai ei haittaa), jonka määrittelyyn vaikuttavat mm. tien luokitus, liikennemäärät ja tien ominaisuudet.

Päällystystöissä käytetään törmäysvaimenninta, kun liikennejärjestelyjä pystytetään tai puretaan moottoriteillä (Liikennevirasto 2017). Tiemerkinäköisissä törmäysvaimenninta käytetään mm. moottori- ja moottoriliikenneteillä sekä

muilla teillä, joiden pysyvä nopeusrajoitus on vähintään 60 km/h. Törmäysvaimennin voidaan kiinnittää joko vaatimukset täyttävään ajoneuvoon tai perävaunuun. Mikäli tehtävä työ ja vaimentimen ominaisuudet sallivat, törmäysvaimennin voidaan kiinnittää myös suoraan työtä tekevään ajoneuvoon tai koneeseen.

Kunnossapitotöissä törmäysvaimenninta on käytettävä työkohdetta tai työkonetta suojaamassa työskenneltäessä kaksiajorataisilla teillä, joilla pysyvä nopeusrajoitus on vähintään 60 km/h (Liikennevirasto 2015b). Törmäysvaimennin voidaan asentaa myös itse työkoneeseen, jos tämän ei katsota vaarantavan työntekijän turvallisuutta.

4.6 C-ITS-kokeilut Euroopassa

4.6.1 DRIVE C2X

Tieliikenteen yhteistoiminnallisten järjestelmien vaikutuksia, ml. tietyömaavaroituksia, tutkittiin kenttäkokeilla Euroopan laajuisessa DRIVE C2X -hankkeessa (2011–2014, Malone ym. 2014). Yhtenä varoituksen kohteena hankkeessa olivat tietyömaat. Tietyövaroituksia kokeili noin 100 kuljettajaa neljässä maassa (Suomi, Ruotsi, Espanja ja Italia). Kuljettajat saivat varoituksen autoon kuvaruudulle tai matkapuhelimeen.

Kokeilujen tulokset osoittivat (Malone ym. 2014) tietyömaavaroituksen alentaneen keskinopeuksia 1,1–5,5 km/h, ja kun usean koepaikan tulokset yhdistettiin, alenema oli 2,1 km/h (tilastollisesti merkitsevä tulos, $p=0,000$). Lisäksi nopeutta alennettiin hieman aiempaa tehokkaammin lähellä varoitettua alennettua ja äkillisten voimakkaiden jarrutusten määrä väheni ($p<0,05$). Myös muut yksittäisten kohteiden varoitukset (esimerkiksi rikkoutunut ajoneuvo) aiheuttivat samansuuntaisia tuloksia, nopeus aleni yhdistetyssä aineistossa 2,9 km/h ($p<0,000$).

Tutkimuksessa arvioitiin (Malone ym. 2014), että yhteistoiminnallisilla tietyövaroituksilla voitaisiin vähentää noin 2,4 % liikennekuolemista ja 1,9 % loukkaantumiseen johtavista onnettomuuksista, jos kaikilla kuljettajilla olisi tietöistä varoitettava järjestelmä käytössään. Järjestelmän hyväksyttävyyttä oli melko korkea. Lisätietona kuljettajat kaipasivat tietoa etäisyydestä työmaan alkuun sekä tietoa työmaan tyypistä. Vaikutuksia matka-aikoihin ei tutkittu.

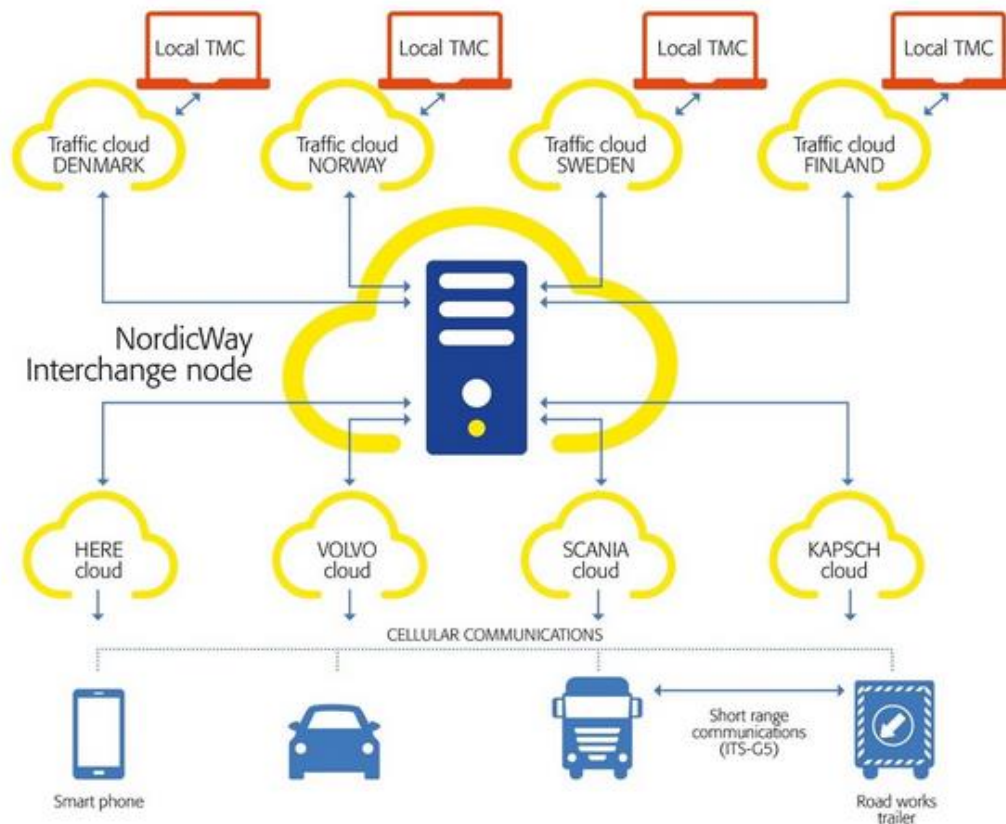
4.6.2 NordicWay

NordicWay-hanke oli vuosina 2015–2017 toteutettu kokeiluhanke, jonka tavoitteena oli testata ja osoittaa C-ITS-palveluiden yhteentoimivuus sekä henkilöettä tavaraliikenteelle Pohjoismaissa (Innamaa ym. 2017). Hanke keskittyi mobiiliverkon kautta toimiviin C-ITS-palveluihin käyttäen 3G ja 4G-verkkoja.

NordicWay-hankkeen tavoitteena oli mahdollistaa matkapuhelinverkon välittämät tieliikenteen häiriöviestipalvelut yli maiden rajojen. Häiriöviestien välittämistä matkapuhelinverkon kautta kokeiltiin käytännössä. Pohjoismaisessa kokeilussa kuljettajat, ajoneuvot ja kuorma-autot olivat yhteydessä toisiinsa matkapuhelinverkon kautta vastaanottaen ja jakaen tieliikenteen häiriötietoa ajoneuvojen ja liikennekeskusten välillä. Tietyövaroituksia kokeiltiin Suomessa ja Ruotsissa.

Suomen kokeilussa käytettiin matkapuhelinsovellusta, jossa kuljettaja pystyi lähettämään ja vastaanottamaan tietoa esimerkiksi onnettomuuspaikasta tai työmaista. Kokeiluun ilmoittautui yli 1300 kuljettajaa.

NordicWayn tärkeimpänä saavutuksena voidaan pitää NordicWay-pilvipalvelukokonaisuuden (*interchange node*) ja verkostokonseptin kehittämistä. Näiden avulla kansalliset tieliikennekeskukset, autonvalmistajat ja palveluntarjoajat voivat jakaa varoituksia ja tietoa maiden rajojen yli alhaisella latenssilla varmistuen samalla käyttäjien yksityisyydensuojan ja kyberturvallisuuden. Konsepti perustuu avoimille ja standardisoiduille ratkaisuille, joten vastaava palvelu on toteutettavissa Eurooppaan tai sen ulkopuolelle. Arkkitehtuurikuvaus on esitetty kuvassa 2.



Kuva 2. NordicWay-arkkitehtuurikuvaus (Innamaa ym. 2017).

Tulokset osoittivat, että tieliikenteen häiriötietoa on mahdollista vaihtaa nopeasti, turvallisesti ja tehokkaasti matkapuhelinverkossa ja tiedonvaihto toimii myös maiden rajojen yli.

Hankkeen vaikutusarviotutkimus osoitti, että liikenneturvallisuus parani, häiriöiden vaikutukset vähenivät ja liikenteen sujuvuus parani (Innamaa ym. 2017). Suomessa varoitus saatiin keskimäärin 1 875 m ennen kohdetta, ja nopeudet laskivat tilastollisesti merkitsevästi välillä 800 ja 0 m ennen kohdetta (-4.3 km/h).

Ruotsissa tehty kokeilu keskittyi teknisen toimivuuden varmistamiseen sekä liiketoimintamalleihin. Tietyövaroituksia lähetettiin sekä ITS-G5- että matkapuhelinverkossa. Molemmat tekniikat osoittautuivat sopiviksi viestien lähettämiseen. (Hjälmdahl ym. 2017.)

Ruotsissa tehtyjen simulointien tulokset osoittivat, että alle 5 % käyttöasteella kommunikation hyödyt olivat rajalliset, mutta vaikutukset kasvoivat nopeasti pienilläkin käyttöasteen kasvuilla. (Hjälmdahl ym. 2017.)

4.6.3 Muita kokeiluja

Euroopassa on käynnissä useita hankkeita, jossa yhteistoiminnallisia tietyövaroituksia kokeillaan osana laajempaa C-ITS-palveluiden testikonaisuutta. Esimerkkejä näistä hankkeista ovat mm. Intercor, C-Mobile ja C-ITS-Corridor.

Alankomaat, Saksa ja Itävalta aloittivat yhteistyön ns. C-ITS-käytävällä (*C-ITS corridor*) vuonna 2013. Kolmen maan halki ulottuva reitti, Rotterdamista Frankfurtin kautta Wieniin, valittiin ensimmäiseksi toteutuskohteeksi. Tieviranomaiset yhteistyössä teollisuuden kanssa toteuttavat asteittain C-ITS-järjestelmiä mahdollistaakseen liikennetiedon vaihdon ajoneuvon ja tienvarsi-infrastruktuurin välillä sekä helpottaakseen ensimmäisten yhteistoiminnallisilla järjestelmillä varusteltujen ajoneuvojen tiedonvälitystä.

Viestien lähetin sijaitsee törmäysvaimentimessa (*road works safety trailer*) tai muussa tienvarsilaitteessa. Järjestelmä toimii sekä itsenäisesti tai ollessaan yhteydessä keskukseen, missä dataa voidaan analysoida ja tarkempia tietoja lisätä viestiin.

Kuljettajille välitettävä tieto vaihtelee hieman eri maissa. Alankomaissa varoitukseen sisältyy tietoa kaistamuutoksista ja väliaikaisista nopeusrajoituksista tai muista rajoituksista. Varoitukset keskittyvät toistaiseksi lyhytaikaisiin paikallaan pysyviin tietoihin moottoriteillä. Rajatusti käytetään myös liikkuvia lyhytaikaisia varoituksia.

Tietyöpalvelu sisältää tiedotuksen yli 5 km ennen tietyön alkua (mahdollistaen uudelleenreitityksen) sekä varoituksen välittömästi ennen vaaratilannetta, alle 1 000 m ennen tietyön alkua. Alkuvaiheessa palvelu on käytössä vain moottoriteillä. Tietyötyypeistä palvelu kattaa lyhyet muuttuvat sekä lyhyet paikallaan pysyvät tietyöt.

Saksassa kokeilua ovat rajoittaneet erilaiset säännöt, jotka vaativat monen eri tahon laajaa yhteistyötä. Palveluiden käyttöönotto on monivaiheinen iteratiivinen prosessi. Yhteistoiminnallisia tietyövaroituksia on kokeiltu Hessenin osavaltiossa moottoriteillä ja muilla korkean luokan teillä.

Itävallassa kuljettajat saavat erilaisiin päätelaitteisiin tietoa välittömässä läheisyydessä olevista häiriöistä, kuten tietyömaista. Viesti sisältää nopeusrajoitustietoa sekä tietoa liikenteen ohjauksesta työmaalla (suljetut kaistat) sekä odotettavissa olevat viivästykset. Kuljettajat saivat viestin tietyömaasta vasta noin 100 m ennen työmaasta kertovaa liikennemerkkiä. Näin ollen kuljettajat siis olivat jo liikennemerkkien näköetäisyydellä, jolloin varoituksilla ei odotettu olevan liikenteellisiä vaikutuksia.

C-ITS-corridorin kokeilut ovat vielä testivaiheessa ja laajamittaista käyttöön-ottoa on suunniteltu, mutta tuloksia niiden vaikutusarvioinneista ei tätä kirjoitettaessa ole käytettävissä.

Yhteistoiminnallisten tietyövarotuksien liikenteellisiä vaikutuksia ei vielä ole juurikaan tutkittu. Saksalaisessa SimTD-hankkeessa (SimTD 2013) tutkittiin yhteistoiminnallisten tietyövaroitusten vaikutuksia liikenteeseen simuloinneilla. Tuloksista selvisi, että jo 20 % penetraatioasteilla saadaan merkittäviä myönteisiä vaikutuksia liikennevirtaan. Ajoneuvot hidastavat nopeuttaan ajoissa ja vaihtavat kaistaa. Tietyövaroituksia vastaanottavat ajoneuvot vaikuttavat myönteisesti koko liikenteeseen ja vaikuttavat myös muiden kuljettajien käyttäytymiseen.

4.7 Kuljettajan informoinnin näkökulma

Euroopan komissio on laatinut suosituksen turvallisista ja tehokkaista ajoneuvoihin asennettavista tieto- ja viestintäjärjestelmistä, ja kuvannut käyttöliittymiä koskevat eurooppalaiset periaatteet (*European Statement of Principles*, Euroopan komissio 2008). Periaatteet sisältävät yhteenvedon niistä tärkeistä turvallisuusnäkökohdista, jotka on otettava huomioon ajoneuvoon asennettavien tieto- ja viestintäjärjestelmien käyttöliittymissä. Esimerkiksi todetaan, että järjestelmien on toimittava kuljettajan apuvälineenä. Ne eivät saa häiritä kuljettajaa tai viedä liikaa huomiota ajotehtävästä.

Häiriöistä (*distraction*) on kyse silloin, kun suuren osan kuljettajan huomiosta vievät ärsykkeet, jotka voivat olla peräisin ajamiseen liittymättömistä tiedoista tai ajamiseen liittyvistä tiedoista, joiden esittämistapa vie kuljettajan huomiota liikaa. Syynä tähän ei-haluttuun ilmiöön voi olla ärsykkeen esiintymistiheys, kesto tai voimakkuus tai mahdollisesti myös se, että ärsykkeellä ei ole merkitystä itse ajosuoritukselle, mikä saattaa aiheuttaa myös ärtymystä. Periaatteissa ei oteta kantaa viestien määrään tai tiheyteen.

Tiedottamisen epäsuorien vaikutusten osalta nousee esiin kaksi huolta: Varoitusten vastaanottamisen aiheuttama tarkkaavaisuuden suuntautuminen pois tieympäristöstä sekä pidemmän käytön aiheuttama käyttäytymisen sopeuttaminen. Ensimmäisillä käyttökerroilla kuljettaja voi yllättyä tai hämmentyä varoituksen saapumisesta. Viestin sisällön prosessoiminen voi viedä huomion. Toisaalta, jos järjestelmä on osoittautunut luotettavaksi ja varoittaa käyttäjiä ajoissa tietöistä, he voivat alkaa luottaa järjestelmään liikaakin ja vähentää itse tarkkaavaisuuttaan tieympäristöä kohti. Näitä vaikutuksia on vaikea tutkia.

Euroopan tieviranomaisten tilaamassa inhimillisiä tekijöitä (*human factors*) liikenteenohjauksessa tutkineessa hankkeessa (Aittoniemi 2016) selvitettiin mm. asiantuntijahaastatteluiden avulla nykyisiä käytäntöjä sekä uuden teknologian tarjoamia mahdollisuuksia eri Euroopan maissa. Selvityksessä kävi ilmi, että tiedon havaitseminen ja ymmärtäminen otetaan liikenteen ohjauksessa huomioon melko hyvin. Sen sijaan kuljettajien taidot ja motivaatio noudattaa viestien ohjeita jäävät vähemmälle huomiolle. Motivaatio on tunnistettu tärkeäksi tekijäksi liikenteen hallinnan keinojen tehokkuudessa, sillä perusteltua tietoa noudatetaan paremmin, mutta sen huomioiminen käytännössä on ollut vaikeaa. Motivointi tunnistettiin tärkeäksi alueeksi, jossa uusilla liikenteen palveluilla, jotka mahdollistavat yksilöllisen tiedon välittämisen kuljettajille, voisi olla tärkeä rooli. Tähän asti tienkäyttäjää on kohdeltu melko homogeenisina

ryhminä. Tarkemmin olosuhteisiin ja henkilöihin räätälöity tieto voi lisätä tiedon luotettavuutta ja sitä kautta ohjeiden noudattamista.

Henkilöautojen kuljettajia käsitellään usein homogeenisenä ryhmänä, vaikka kuljettajien ominaisuudet ja taidot todellisuudessa poikkeavat paljonkin toisistaan. Havainnointikyky ja reaktioaika vaihtelevat. Myös ajokokemuksessa ja luonteenpiirteissä on eroja. Perinteisin tiedotuskeinoin näihin eroihin ei ole voitu vaikuttaa, mutta yhteistoiminnalliset järjestelmät tuovat mahdollisuuden kohdistaa viestejä yksilötasolle.

Myös varoitusten tiheyden toleranssilla voi olla eroja eri ihmisten välillä. Perinteisillä keinoilla tähän ei ole juuri voitu vaikuttaa, mutta yhteistoiminnalliset järjestelmät mahdollistavat yksilöllisen tiedon jakamisen.

Varoituksen kohteena olevan tilanteen on vastattava kuljettajan odotuksia. Tieympäristön on oltava selkeä ja johdateltava kuljettaja toivottuun käyttäytymiseen. Tietoa tulisi välittää vain silloin kun sitä tarvitaan, ja sen on oltava johdonmukaista. Liikennejärjestelmä ei nykyisellään anna riittävästi palautetta kuljettajalle. Palaute olisi tarpeellista. Lisäksi teknologia mahdollistaa kuljettajakäyttäytymisen monitoroinnin ja informaation muokkaamiseen sen perusteella.

Erilaisten tiedotuspalveluiden yleistyessä on huomioitava, että kuljettajan huomiokyky on rajallinen ja hänen on ensisijaisesti keskityttävä ajotehtävään. Keskittymistä haittaavien viestien määrä tulisi minimoida.

Tietyövaroitusten ohella myös muita yhteistoiminnallisia varoituksia kokeillaan ja ollaan tuomassa ajoneuvoihin. Tällöin on huomioitava kokonaisuus, ja viestejä olisi hyvä koordinoita sen sijaan, että moni järjestelmä lähettää yksittäisiä viestejä. Järjestelmien paketoimista kokonaisuuksiin (*bundles*) on pohdittu myös C-ITS-palveluiden yhteydessä.

5 Haastattelut

Tässä luvussa esitetään asiantuntijahaastatteluiden tulokset aihealueittain. Teksti perustuu haastateltujen asiantuntijoiden näkemyksiin.

5.1 Kuljettajien informointi ja varoittaminen nykyään

Urakoitsija pystyttää tiedotustaulun tienvarteen noin 1 km ennen tietyöaluetta, vähintään viikkoa ennen tietyön alkua. Taulussa ilmoitetaan tietyön tyyppi ja kesto. Lisäksi työmaasta tehdään lomakkeella ilmoitus tieliikennekeskukseen, jolla on vastuu tielläliikkujien tiedottamisesta. Ilmoitusta voidaan päivittää suurempien muutosten pohjalta. Lomake on urakoitsijoiden mukaan toimiva ja helppokäyttöinen. Ilmoitusta päivitetään vaihtelevasti, usein suurimmista muutoksista kuten ulottumarajoitukset muuttuvat tai kaistat ja suunnat vaihtuvat. Hankalaksi päivityksissä koettiin toimenpiteiden keston arvioiminen.

Ennen tietyön alkamista tielle pystytetään myös tietyövaroitukset sekä tarvittaessa väliaikaiset nopeusrajoitusmerkit. Tarvittaessa liikennettä ohjataan liikennevaloilla. Jos hankkeella on paikallisesti merkittävä vaikutus, esimerkiksi jos kylätie joudutaan sulkemaan kuukausiksi siltatyön vuoksi, tiedotetaan työstä myös alueen asukkaille postitse.

Traffic Management Finland ylläpitää verkossa Liikennetilanne-palvelua, missä ajantasaiset tiedot liikenteen häiriöistä ja onnettomuuksista näkyvät kartalla. Tiedot ovat Digitrafficin rajapinnan kautta kaikkien palveluntarjoajien haettavissa, ja niitä käyttävät mm. navigaattoripalveluntarjoajat. Palveluntarjoajat määrittelevät itse, välittävätkö he tiedosta kaiken vai ainoastaan osan.

Liikennekeskus saa ELY-keskuksilta tiedon tietyöluvista sähköisesti. Lomakkeella ilmoitetaan tieväli, jota tietyö koskee, sekä tietyön alku- ja loppuajankohdat. Näitä tietoja päivitetään yleensä vain pitkäkestoisista tietöistä, jos järjestelyt olennaisesti muuttuvat. Eri työvaiheiden vaatiman ajan arviointi koetaan hankalaksi ja "päivityksen päivityksiä" pitäisi luultavasti tehdä usein. Liikennekeskus määrittää tietyölle haitta-asteen määrittelykaavion mukaan.

Asiantuntijat pitivät nykyistä tiedotusjärjestelmää melko hyvänä, mutta huolta nostatti ulkomaisten kuljettajien ja keikkatyötä vieraassa ympäristössä tekevien kuljettajien tiedonsaanti. Nämä kuljettajat eivät välttämättä ole tietoisia tiedotuskanavista tai ymmärrä tiedotusten sisältöä. Tieto olisi hyvä saada myös navigaattoreihin ajantasaisesti ja automaattisesti, niin ettei kuljettajien tarvitse sitä erikseen hakea.

Haastatellut asiantuntijat kokivat radion kautta tulevat liikennetiedot tärkeänä tiedotuskanavana, koska tieto on sitä kautta helposti saatavilla eikä sen vastaanottaminen vaadi erityisiä toimenpiteitä. Lisäksi todettiin, että ammattikuljettajilla on myös omat kanavat tiedon jakamiseen esimerkiksi sosiaalisen median ryhmissä.

Yhteistyön urakoitsijoiden, ELY-keskusten ja Liikenneviraston välillä koettiin sujuvan hyvin.

5.2 Työmailla esiintyvät ongelmat ja niiden ehkäisy

Haastateltujen asiantuntijoiden mukaan yleisiä silta- ja päällystystietyömaiden yhteydessä esiintyviä ongelmia ovat liikenteen ruuhkautuminen, puutteellinen tai epäselvä liikenteenohjaus työmaalla sekä ihmisten havainnointivirheet ja ylinopeudet. Kuljetusyrityksille aiheutuu myös aikatauluongelmia.

Eniten ongelmia esiintyy vilkasliikenteisillä teillä, joilla liikennemäärät ovat suuret ja joissa tarvitaan järeät järjestelyt pieniäkin töitä varten. Hyväksyttävää ajankohtaa tietöille työntekijöiden turvallisuuden ja liikenteen sujuvuuden kannalta on joskus vaikea löytää. Ongelmallisiksi kohteiksi koettiin etenkin moottoritiet, joilla on suuret ajonopeudet, sekä kaupunkialueet, missä on suuret liikennemäärät ja ahtaat olosuhteet.

Pidempikestoiset tietyöt koetaan yleensä selkeiksi. Niiden yhteydessä asiantuntijat toivat esille, että erityisesti muuttuvista liikennejärjestelyistä kannattaisi tiedottaa.

Nopeusrajoitusten noudattaminen tietyöalueilla on heikkoa tai erittäin heikkoa. Haasteena on, ettei rajoituksia aina vaihdeta työajan ulkopuolella. Kuljettajat eivät aina koe alhaista nopeusrajoitusta tarpeelliseksi, mikä johtaa helposti yleiseen välinpitämättömyyteen nopeusrajoituksia kohtaan. Tieympäristön tulisi tukea nopeusrajoitusta. Nopeusnäyttötaulut on koettu melko tehokkaiksi alentamaan nopeuksia, samoin kuin töyssyt ja muut rakenteelliset keinot.

Työntekijöiden turvallisuuden kannalta hankalia töitä ovat moottoritieillä jalkaisin tehtävät lyhytaikaiset työt, joissa ei ole erityisiä suojaimenpiteitä turva-auton lisäksi, sekä muut vilkasliikenteiset kohdat, joilla ajonopeudet ovat suuria.

Autoilijoiden turvallisuuden kannalta ongelmalliseksi koettiin liittymä- ja risteyalueet. Sujuvuuden kannalta hankalimpina mainittiin kaistakavennukset ja työt aamuruuhkaisilla sisääntuloteillä.

Maantieteellisesti pääkaupunkiseutu koettiin vaikeaksi ympäristöksi tietöille: liikennemäärät ovat usein suuria ja pienikin työ vaatii järeät järjestelyt. Ylinopeudet ovat ongelma turvallisuuden kannalta. Etenkin sisääntulotiet ja kehätiet ovat usein ongelmallisia. Sujuvuutta haittaavat etenkin kaistakavennukset ja muut työt aamuruuhkan aikana.

Ammattikuljettajille tietöistä aiheutuu aikatauluongelmia, sillä kuljettajien ajo- ja lepoaikamääräyksiä on noudatettava ja toisaalta kuormanpurulle on usein varattu tietty aikaikkuna. Tietyömaista tiedottaminen on kuljetusten ja reittien suunnittelun kannalta tärkeää.

Liikennejärjestelyissä koettiin olevan ristiriita: autoilijat halutaan pitää tyytyväisinä sujuvilla liikennejärjestelyillä, mutta toisaalta liian sujuvat järjestelyt johtavat korkeisiin ajonopeuksiin.

Tietyömailla esiintyvistä ongelmista liikennekeskuspäivystäjät nostivat esiin lyhytkestoiset työmaat sekä päällystystyömaat. Näissä ongelmia aiheuttavat ruuhkat (tie ruuhkautuu enemmän kuin oltiin ennakoitu), puutteelliset ja epäyhtenäiset ohjaukset, nopeudet sekä ihmisten havainnointivirheet.

Poliisin nopeusvalvonnan koettiin olevan viimeinen ja huonoin vaihtoehto tietyömaiden ylinopeuksien vähentämiseksi, sillä asiat ovat silloin jo huonosti. Tienpitäjän tulisi ensin käyttää keinovalikoimaansa nopeuksien alentamiseksi. Yksittäisen valvontakerran vaikutus ei ole kovin pitkäkestoinen, toistuvuus on tärkeää pysyvien vaikutusten saavuttamiseksi. Työmaiden puutteelliset liikennejärjestelyt lisäävät onnettomuuksia, mikä lisää poliisin työtehtäviä.

5.3 Varoituskriteerit ja varoitusten optimaalinen käyttö

Kaikista tietöistä varoittaminen koettiin tärkeäksi tielläliikkujien ja tietyömaan työntekijöiden turvallisuuden vuoksi. Jos varoituksia kuitenkin halutaan priorisoida ja esimerkiksi näyttää valikoidusti vain osa kuljettajalle näkyvässä ajoneuvon käyttöliittymässä, työmaan sijainnilla, tyyppillä ja luonteella koettiin olevan vaikutusta. Ensisijaisesti tulisi varoittaa töistä, joista koituu eniten haittaa liikenteelle ruuhkautumisen muodossa. Pitkäkestoisista tietöistä sekä moottoritieillä sijaitsevista tietöistä tulisi aina varoittaa. Alemmalla tieverkolla varoituksen tarve riippuu työn laajuudesta.

Myös ajokaistojen leveyteen vaikuttavat työt koettiin tärkeiksi sekä tiejaksot, joilla päällyste puuttuu pitkältä matkalta, sillä osa autoilijoista sekä moottoripyöräilijät haluavat usein kiertää nämä kohteet. Varoituksen yhteydessä tiedottaminen kaistajärjestelyistä ja kiertoteistä nähtiin tärkeäksi.

Isoilla kaupunkialueilla, kuten pääkaupunkiseudulla, tulisi ilmoittaa vain liikkumisen kannalta olennaisimmista kohteista. Väljemmin asutulla seudulla tietöitä on harvemmin ja tiedottamisen kynnyks matalampi. Myös kiertoteitä ja vaihtoehtoisia reittejä saattaa haja-asutusalueella olla vähemmän ja kiertotiet ovat usein pitkiä. Haja-asutusalueella tietöistä ilmoitetaan nykyäänkin herkemmin kuin kaupungeissa, myös silloin, kun ruuhkautumista ei ole odotettavissa, ja siellä liikkujat arvostavat tiedotusta.

Tien tyyppi vaikuttaa varoituksen tärkeyteen. Korkean nopeusrajoituksen teillä tiedon saaminen ajoissa koettiin erityisen tärkeäksi. Sen sijaan kaupungissa alhaisilla nopeuksilla työmaat on mahdollista huomata aiemmin, ja riski peräänajoon on pienempi. Tien lisäksi varoituskohteen maantieteellinen sijainti tulisi ottaa huomioon varoitusten lähettämisessä, sillä samalla tiellä voi olla useita erilaisia olosuhteita.

Myös sääolosuhteet ovat tärkeä varoituskriteeri. Huonolla ajokelillä tai huonoissa näkyvyysolosuhteissa varoitusviesti voisi tulla herkemmin tai aiemmin, sillä pysähtymisaika on pidempi.

Liikkuvista tietöistä tiedottaminen koetaan vaikeammaksi kuin paikallaan pysyvien töiden tiedotus. Tien reunassa tai vieressä sijaitsevat työmaat eivät aiheuta haittaa suurimman osan ajasta, mutta silti esimerkiksi niittokone saattaa yllättäen tulla ajoradalle esimerkiksi vaihtaessaan tien puolta.

Haastateltujen asiantuntijoiden mukaan myös niistä työmaista, joissa ei näy työntekijöitä, tulisi varoittaa. Esimerkiksi työkoneet tai tien jyrskitty pinta voivat aiheuttaa vaaraa.

Varoituksen antamisen suositeltava etäisyys ennen työmaa-alueelle saapumista riippuu asiantuntijoiden mukaan tietyön sijainnista ja liikenteen vilkkaudesta. Harvalla tieverkolla varoitus tulisi antaa aikaisemmin kuin kaupunkiseuduilla. Myös varoituksen saajalla voi olla vaikutusta: ison yhdistelmäajoneuvon liikkumista vaikeuttavista olosuhteista, esimerkiksi kaistojen kavenuksista, olisi hyvä saada tietoa ajoissa. Yleisesti yhteistoiminnallisen viestin varoitusetäisyyden toivottiin olevan pidempi kuin nykyään kiinteillä opasteilla. Esimerkiksi varoitus 1,5–2 km ennen tietyötä antaisi kuljettajille mahdollisuuden ennakoida tulevaa tilannetta eikä nopeusrajoituksen alenema tulisi yllättäen.

Viesteihin olisi hyvä saada lyhyt kuvaus mitä tietyössä tehdään ja mitkä järjestelyt ovat: tietyön tyyppi, tieto suljetuista tai kavennetuista kaistoista ja mahdollisista kiertoteistä, työmaan kesto, vaikutusalueen laajuus.

Vuorokaudenajalla saattaisi olla vaikutusta varoituskriteereihin, esimerkiksi tiedotus olisi taajempaa tiettyihin kellonaikoihin. Myös vuodenaajoissa on eroja tietöiden yleisyyden kannalta.

Työmaan tyyppin, tien ja olosuhteiden mukaan kohdistetuista varoituksista koettiin olevan hyötyä, mutta prosessin tulisi olla automatisoitu, jotta tien varressa työskentelevien työtaakka ei kasvaisi.

Eräs asiantuntija ehdotti algoritmia laskemaan optimaaliset varoituskriteerit eri tilanteissa. Näitä kriteerejä voisi säätää tarpeen mukaan, ja niitä voisivat olla paikan ja onnettomuusmäärän lisäksi esimerkiksi liikennemäärät, ajoneuvon tyyppi, LAM-pistenopeudet, kaistajärjestelyt, sää ja keli, muiden tietöiden läheisyys ja talvirenkaiden käyttö. Algoritmi antaisi eri kriteereille painoarvot tilanteesta riippuen. Järjestelmään syötettäisiin tiedot onnettomuuden tapahtuessa ja se laskisi luokituksen ja suosituksen siitä, kannattaako varoitusta lähettää vai ei. Järjestelmä voisi myös laskea kuinka paljon jonoa on odotettavissa seuraavan tunnin aikana ja ilmoittaa etukäteen ruuhkasta ja suositella kiertoreittejä autoihin, jotka ovat vasta matkalla paikalle.

5.4 Esille nostetut kohteet

Asiantuntijoita pyydettiin nostamaan esille konkreettinen kohde, josta he ainakin varoittaisivat. Vastauksissa korostui valtatie 1 painuma- ja siltatyömaa Espoossa, kehäteiden siltaremontit sekä rampeilla tehtävät työt. Perusteluina näille valinnoille olivat suuret liikennemäärät, muuttuneet liikennejärjestelyt, paljon työmatkaliikennettä ja pitkäkestoisuus. Valtatiellä 1 Espoossa kesällä 2017 olleen painuma- ja siltatyömaan järjestelyt koettiin toimiviksi, sillä urakkaan kuului monta perättäistä kohdetta, joista oli tiedotettu yhdessä ennen työmaajakson alkua. Rampeilla tehtävät työt taas vaativat koko rampin sulkeamisen päällystystöiden ajaksi.

Yksi esille nostettu kohde olivat myös pitkäkestoiset työmaat, esimerkiksi useamman viikon kestävä pidempi päällystystyömaa, josta on odotettavissa haittaa pidemmälle aikavälille, ja tielläliikkujat voivat varautua etukäteen selvittämällä vaihtoehtoisia reittejä.

Myös kehäteiden siltaremontit nostettiin esille. Siltatöissä pitäisi varoittaa ensisijaisesti ajokaistojen leveyksiin vaikuttavista töistä.

Tarkemmin kysyttäessä kohteet, joista urakoitsijat ainakin varoittaisivat, olivat tietyöt vilkkaissa kaupunkikohteissa, moottoriteillä sekä kaupunkien risteys-alueilla sekä pitkäkestoiset työt etenkin vilkkailla teillä.

5.5 Muut esille nousseet asiat

Tienkäyttäjien palaute

Palautetta tulee usein nopeusrajoituksista, jotka koetaan liian alhaisiksi tilanteeseen nähden, esimerkiksi jos ei ole näkyvää työtä käynnissä. Ruuhkat ja epäselvät liikennejärjestelyt tulevat myös esille.

Siltatöistä aiheutuu usein kiukkuista palautetta. Valtatie 1:n pitkä tietyö Espoossa kesällä 2017 oli onnistunut, sillä negatiivista palautetta tuli selvästi vähemmän. Hyviä kokemuksia on muutenkin saatu "paketeista" eli hankkeista, joissa moni lähekkäin sijaitseva kohde on korjattu yhtä aikaa ja joissa tiedotus on hoidettu kerralla ja selkeästi koko työmaa-aluetta koskien.

Ajonopeudet tietyömailla

Liian suureksi koetut ajonopeudet tietyömaiden kohdalla herättivät keskustelua. Työmaa-alueiden nopeusrajoituksia ei usein noudateta. Ajonopeuksia pyritään hillitsemään esimerkiksi optisella ohjauksella nuolitauluja käyttämällä, jolloin nk. porttivaikutus havahduttaa kuljettajan tieympäristön muutoksiin.

Joillakin yksiajorataisten teiden työmailla on otettu käyttöön saattoauto, joka ohjaa autoletkan tietyöalueen läpi. Saattoauto on koettu tehokkaaksi keinoksi ylinopeuksien vähentämisessä. Lisäksi tienkäyttäjien ei tarvitse tulkita väliaikaisia tiemerkeitä hahmottaakseen ajoreittiä. Myös nopeusnäyttötauluista on saatu positiivisia kokemuksia.

Muuttuvat nopeusrajoitusmerkit on koettu tehokkaiksi, mutta niiden käyttöä estää kallis hinta.

Keskusteluissa nousi esiin, että nopeuksia voisi ohjata tehokkaasti erilaisilla liikennejärjestelyillä, mutta tässä on oltava varovainen, sillä liikenteen on oltava tarpeeksi sujuvaa mutta järjestelyt eivät saa ohjata suuriin nopeuksiin. Oikea tasapaino on löydettävä.

Liikenteen on voitava sujua niin, että tienkäyttäjät uskaltavat ajaa tietyömaan läpi, esimerkiksi siirtymien on oltava loivia. Jos reitti toisaalta on liian sujuva, se houkuttelee ajamaan ylinopeutta.

Autoilijat halutaan pitää tyytyväisinä, mutta olosuhteet eivät saa olla liian hyvät. Työmaalla on oltava jonkinasteinen estevaikutus.

Nopeusrajoituksen palauttaminen heti työmaan jälkeen koettiin tärkeäksi ja todettiin, että se ei aina toteudu.

Hyvät käytännöt ja ongelmakohdat

Nykyistä tiedotusjärjestelmää pidettiin hyvänä, sillä myös kaikki pelastusviranomaiset ovat siinä mukana. Myös radion liikennetiedotusta pidettiin kattavana ja toimivana.

Lähekkäin sijaitsevien tietöiden "paketointi" tiedotuksessa koettiin hyväksi. Pidemmällä matkalla tehdään useita töitä kerralla ja tiedotetaan kaikista samanaikaisesti, jolloin kuljettajat osaavat varautua tilanteeseen, eikä uusi tietyömaa yllätä heti edellisen jälkeen.

Työmaihin, joilla ei aktiivisia töitä, koettiin olevan vaikea puuttua. Autoilijoiden mahdollinen turhautuminen on tiedossa, mutta työntekijät voivat myös olla työssä tielläliikkujien näkymättömissä. Lisäksi, vaikkei työmaalla olisikaan lainkaan työntekijöitä, edellytykset normaalitilanteen nopeusrajoitukseen eivät täyty, esimerkiksi tien reunojen ollessa viimeistelemättä.

Tarpeettomat liikennemerkkit poistetaan aina päivän päätteeksi, mutta usein liikennejärjestelyt ja esimerkiksi tien vieressä oleva kalusto vaativat alempien nopeusrajoitusten jättämistä voimaan. Lyhytaikaisissa tietöissä rajoitukset ovat voimassa vain työn ajan ja puretaan sen jälkeen pois. Pidempikestoisilla työmailla tämä ei ole mahdollista.

Tiedotusetäisyys liikennemerkkein on nyt noin 1 km ennen alennettua nopeusrajoitusta. Haastatteluissa ehdotettiin, että yhteistoiminnallinen varoitus voisi tulla aiemmin, noin 1,5–2 km ennen alennetun nopeusrajoitusalueen alkamista. Nopeusrajoitusten palauttaminen heti tietyön jälkeen nähtiin tärkeäksi.

Ajantasaisen tiedon tarjoamista tietyömaan tilanteesta koettiin tärkeäksi, mutta sen toteutustapaa tulisi miettiä. Tietyöalueella työskentelevien tulee keskittyä varsinaisiin työtehtäviinsä ja tieympäristöön. Mahdollisen ajantasaisen tiedon ylläpidon vaatiman lisätyön on oltava mahdollisimman automatisoitu prosessi.

Yleisön tietoisuutta tietyömaista voisi lisätä kampanjoilla, joissa muistutetaan tietyöalueella työskentelevistä ihmisistä.

Joillain tietyöalueilla onnettomuudet voivat kasautua. Poliisilla ei tällä hetkellä ole järjestelmää kasaumien tunnistamiseksi. Myöskin järjestelmä, josta näkisi missä poliisi on käynyt, puuttuu. Erityisen vaarallisten työmaiden (esimerkiksi kolme onnettomuutta lyhyessä ajassa) tiedotusta voisi tehostaa. Tällä hetkellä kasaumat tunnistetaan vasta jälkikäteen. Myöskään Väylävirasto ei seuraa onnettomuuksia tarkan paikan mukaan.

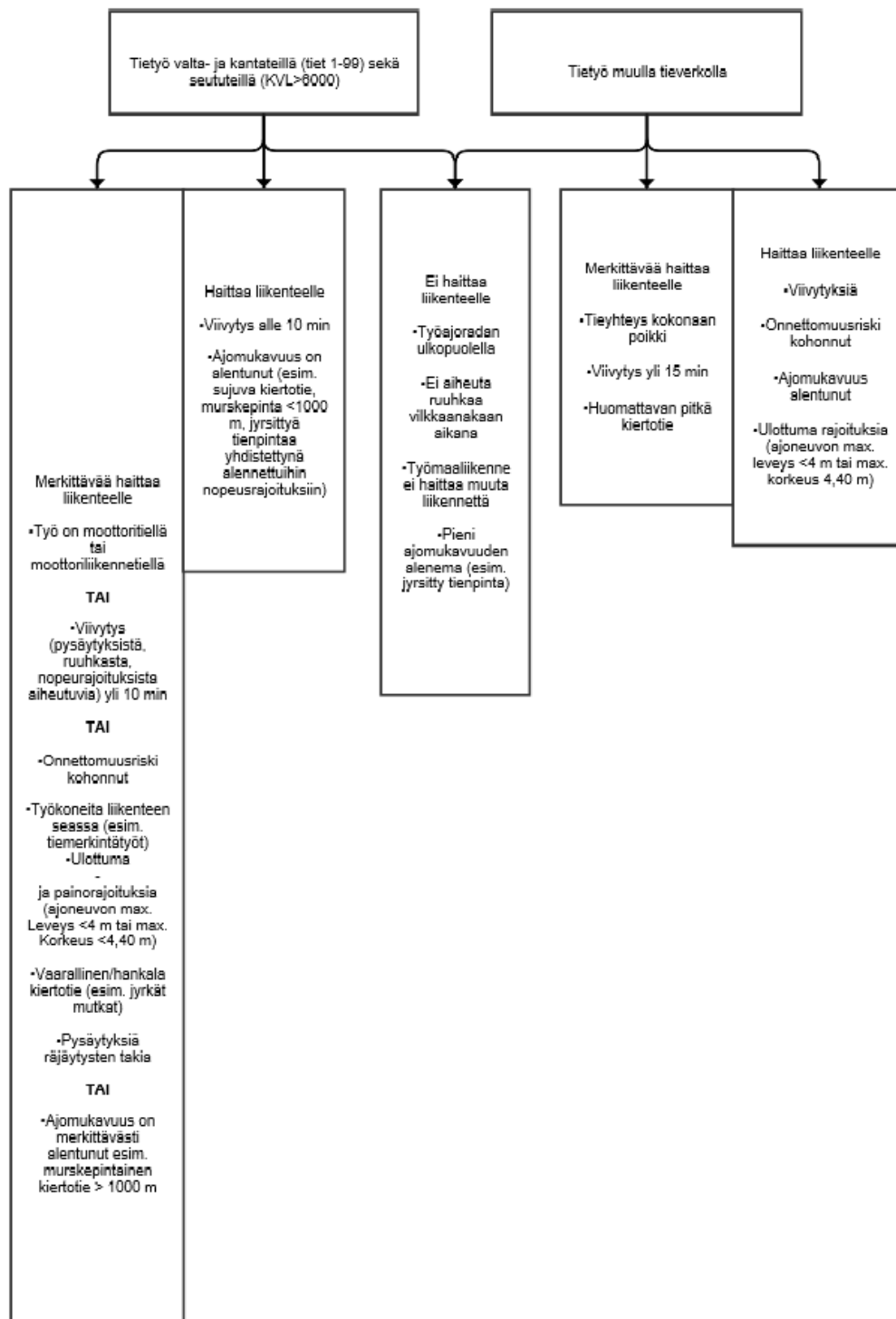
Jotta tiedosta olisi hyötyä, sen on oltava ajantasaista. Prosessin olisi hyvä olla automatisoitu, niin ettei siitä aiheudu tietöitä tekeväälle henkilökunnalle ylimääräisiä työtehtäviä. Harja-järjestelmää, joka mahdollistaa ajantasaisen työajoneuvojen seurannan, ehdotettiin lähteeksi ajantasaisille viesteille. Järjestelmä on kuitenkin vasta tulossa käyttöön eikä suoraa yhteyttä liikennekeskuksen järjestelmiin vielä ole.

5.6 Tieliikennekeskusten haitta-asteluokitus

Tieliikennekeskukset jaottelevat tietyöt kolmeen luokkaan sen perusteella, miten paljon ne aiheuttavat liikenteelle haittaa: "merkittävää haittaa liikenteelle", "haittaa liikenteelle" ja "ei haittaa liikenteelle". Haitta-asteen määrittelyyn vaikuttavat tieluokka, viivytysten kesto, onnettomuusriski, työkoneiden läsnäolo, painorajoitukset, kiertotien ominaisuudet, pysäytykset, ajomukavuus, työn sijainti tieympäristössä, ruuhkan muodostuminen, tien katkaisu sekä rajoitukset ulottumissa (Kuva 3).

Luokituskriteerit riippuvat siitä, tapahtuuko tietyö valta-, kanta- tai vilkkailla seututeillä (joiden KVL yli 6 000 ajoneuvoa) vai muulla tieverkolla. Pääteillä ja vilkkailla seututeillä kriteerit luokille "merkittävää haittaa liikenteelle" ja "haittaa liikenteelle" täyttyvät helpommin kuin muulla tieverkolla.

Muut luokituskriteerit ovat tietyyppi, odotettavissa olevat viivytykset liikenteelle, kohonnut onnettomuusriski, kiertotie, ajomukavuus ja rajoitetut ulottumat.



Kuva 3. Tielikennekeskusten häirtä-asteluokitus.

6 Yhteenveto

Työn tavoitteena oli tuottaa pohjatietoa yhteistoiminnallisten tietyövaroitusten käyttöönotto- ja käyttöstrategiaa varten. Menetelminä käytettiin kirjallisuuskatsausta, asiantuntijahaastatteluja sekä tietyömailla tapahtuneiden onnettomuuksien ja turvallisuuspoikkeamien tarkastelua.

Kirjallisuuskatsauksesta ja onnettomuustarkastelusta kävi ilmi, että onnettomuusriski on suurempi tietyömailla kuin niiden ulkopuolella. Peräänajot ovat tyypillisesti yliedustettuina, mikä näkyy myös Suomen vuosien 2014–2017 tietyömaiden onnettomuustilastoissa.

Euroopassa on tunnistettu yhteistoiminnallisten järjestelmien potentiaali liikenneturvallisuuden ja liikenteen sujuvuuden parantamisessa, ja Euroopan komissio on pyrkinyt edesauttamaan niiden käyttöönottoa. Järjestelmien kokeilut Euroopassa keskittyvät tällä hetkellä pääasiassa järjestelmien tekniseen toimivuuteen eikä vaikutustutkimuksia ole vielä saatavilla kovinkaan monesta kohteesta. Saatavilla olevien arvioiden mukaan järjestelmillä näyttäisi olevan pieni positiivinen vaikutus. DRIVE C2X -hankkeessa arvioitiin yhteistoiminnallisten tietyömaavaroitusten voivan vähentää liikennekuolemia Euroopassa 2,4 % ja loukkaantumiseen johtaneita onnettomuuksia 1,9 % (vaikutuspotentiaali). Tietyömaavaroitusten todettiin alentaneen keskinopeuksia keskimäärin 1,1–5,5 km/h. NordicWay-hankkeessa keskinopeuden alenema oli 4,3 km/h.

Varoitusjärjestelmien käyttöasteen merkityksestä ei löytynyt yksityiskohtaista tietoa, mutta eri hankkeissa on arvioitu, että alle 5 % käyttöasteella palvelulla ei ole merkittävästi hyötyä, mutta jo 20 % käyttöasteella voidaan saavuttaa merkittävä vaikutus liikennevirtaan (SimTD 2013).

Asiantuntijoiden haastatteluissa tietöiden ongelmakohtina nousivat esille vilkasliikenteiset tiet (moottoritiet, kehätiet, suuret kaupungit) ja erityiskohteet (liittymät, kavennetut kaistat) sekä ihmisten havainnointi ja ylinopeudet. Tärkeimpinä varoituskriteereinä pidettiin työmaan maantieteellistä sijaintia ja tietyyppiä sekä tietyön liikenteelle aiheuttaman haitan luonnetta ja kestoa.

Taulukossa 8 on esitetty haastatteluiden, tieliikennekeskusten haitta-asteluokituksen ja kirjallisuuden perusteella määritetyt tietyömaiden varoittamiseen liittyvät keskeisimmät tekijät kriteeristön luokittelua varten. Tärkeimmiksi luokiksi nousivat tieympäristö, tietyön ominaisuudet, olosuhteet, tietyön seuraukset sekä kuljettajien yksilöllisyys.

Taulukko 9. Yhteenveto eri lähteistä johdetuista tietyövaroitusten luokittelutekijöistä.

Luokka	Haastattelut	Tieliikennekeskus- ten haitta-aste- luokitus	Kirjallisuus
Tie- ympäristö	<ul style="list-style-type: none"> • Maantieteellinen sijainti • Tietyyppi (moottoritie) • Kaistavaikutukset • Liikennemäärä • Muuttuneet järjestelyt • Muiden tietöiden läheisyys 	<ul style="list-style-type: none"> • Työ ajoradalla vai ulkopuolella • Työkoneita liikenteen seassa • Ulottuma- ja painorajoitukset 	<ul style="list-style-type: none"> • Nopeuserot
Tietyön ominaisuudet	<ul style="list-style-type: none"> • Työn laajuus ja kesto • Liikkuva työ • työntekijät • tien pinta • Onnettomuus-historia (tiedossa oleva) 		
Olosuhteet	<ul style="list-style-type: none"> • Vuorokauden- ja vuodenaika 		<ul style="list-style-type: none"> • Sää-, keli- ja valaistus-olosuhteet
Tietyön seuraukset		<ul style="list-style-type: none"> • Odotettavissa olevat viivytykset • Kohonnut onnettomuus-riski • Hankala tai pitkä kiertotie • Tieyhteyden katkaisu • Liikenteen pysäytykset • Ajomukavuuden alentuma (esim. murskepintainen kiertotie) 	<ul style="list-style-type: none"> • Ruuhkautuminen
Yksilöllisyys			<ul style="list-style-type: none"> • Inhimilliset ominaisuudet, kyvyt ja rajoitukset • Kokemus, ennakoitavuus

7 Päätelmät ja suositukset

Teknologian kehittyminen, kenttäkokeet sekä Euroopan yhteisten toimintaperiaatteiden laatiminen ovat luoneet pohjaa yhteistoiminnallisten varoitusten käyttöönotolle, ja ensimmäisiä kokeiluja yhteistoiminnallisista tietyövaroituksista on toteutettu. Euroopassa tehdyt ja käynnissä olevat kokeilut keskittyvät moottoritieympäristöön ja järjestelmien tekniseen testaukseen sekä yhteisten toimintalinjausten määrittämiseen. Varsinaisia käyttäjiä testien ulkopuolella on vielä vähän, sillä viestien vastaanottaminen vaatii erillisen ITS-G5-vastaanottimen ajoneuvossa.

Törmäysvaimentimiin kiinnitetyt C-ITS-lähettimet ovat käytännöllinen ratkaisu tietyövaroitusten toteuttamiseen. Varoitus kytkeytyy päälle, kun törmäysvaimennin pystytetään, ja pois päältä, kun vaimennin otetaan pois käytöstä, eli työmaa ei ole aktiivinen. Euroopassa yhteiset toimintalinjat ovat toistaiseksi keskittyneet tietoihin, joissa tällainen vaimennin on käytössä. Suomessa törmäysvaimentimet ovat vielä harvinaisia, ja varoituksia on kokeiltu mobiililaitteiden kautta. Tämä ratkaisu ei vaadi erillistä päätettä tai infrastruktuuria ja sen on todettu sopivan Suomen olosuhteisiin. NordicWay-hankkeen tulokset osoittivat, että tieliikenteen häiriötiedon jakelu toimii matkapuhelinverkossa nopeasti, turvallisesti ja tehokkaasti.

Euroopassa kokeiltavat tietyövaroitukset ovat tyypillisesti hyvin paikallisia varoituksia, joissa viesteillä on lyhyt (noin 200–300 m) kantama. Viestin saatuaan kuljettaja osaa varautua reitillään eteen tulevaan tietyömaahan alentamalla ajonopeutta ja suuntaamalla tarkkaavaisuuttaan tielle. Lyhyen kantaman varoitus ei kuitenkaan yleensä mahdollista reitinmuutosta tietyön ja siitä mahdollisesti johtuvan ruuhkan ohittamiseksi. Reitinmuutoksen mahdollisuus Suomen maanteilla on usein vain teoreettinen, mutta kaupunkiolosuhteissa sillä voi olla merkitystä. Reitinmuutoksia mahdollistavia pitkän kantaman varoituksia voidaan antaa esimerkiksi matkapuhelinverkon kautta.

Eri lähteiden perusteella määritetyt keskeisimmät tietyövaroitusten luokittelutekijät täydentävät toisiaan. Haastatteluiden tuloksissa korostuvat tieympäristö ja tietyön ominaisuudet, haitta-asteluokituksessa olosuhteet ja tietyön seuraukset, ja kirjallisuus tarjosi täydennystä inhimillisten ominaisuuksien näkökulmasta.

Varoituksen kohteen, eli tietyön ominaisuuksien, lisäksi varoituskriteereihin vaikuttaa varoituksen tarkoitus ja toteutustapa. Lyhyen ja pitkän kantaman viesteillä voi olla erilaiset tarkoitukset: pitkän kantaman viesti voi mahdollistaa reitinmuutoksen tai antaa kuljettajalle enemmän aikaa tilanteeseen reagoimiseen.

Taulukossa 9 on esitetty tärkeimmät kriteerit, jotka tämän työn tulosten perusteella tulisi huomioida varoituksen tärkeyden arvioimisessa. Lyhyen ja pitkän kantaman varoituksissa korostuvat hieman eri kriteerit olosuhteista ja käyttötarkoituksesta riippuen. Myös työmaan ja kuljettajan ominaisuuksia tulisi huomioida.

Taulukko 10. Tietyövaroituksen tärkeyteen vaikuttavat kriteerit.

Ominaisuudet		Kriteeri
Varoituksen tyyppi	Pitkä kantama	<ul style="list-style-type: none"> • Nopeusrajoitus, nopeusero • Viivytykset, ruuhkautuminen • Päällyste • Aiemmat onnettomuudet • Ulottumarajoitukset
	Lyhyt kantama	<ul style="list-style-type: none"> • Ennakoitavuus, näkemä • Aiemmat onnettomuudet • Sää-, keli- ja valaistusolosuhteet • Työntekijöitä tiellä
Erityistarpeet (ajoneuvon tyyppi/ työmaan ominaisuudet)		<ul style="list-style-type: none"> • Työmaan kaistavaikutukset • Ulottuma- ja painorajoitukset • Ajomukavuuden alenema työmaalla
Kuljettajan ominaisuudet		<ul style="list-style-type: none"> • Paikan tuttuus • Inhimilliset ominaisuudet, kyvyt ja rajoitukset

Yhteistoiminnallisten järjestelmien yleistyessä laajemmin eri lähteistä tulevien viestien koordinointi on kuljettajan näkökulmasta tärkeää, jotta voidaan välttää liiallista viestien määrää eri järjestelmistä. Esimerkiksi NordicWay-arkkitehtuuri tarjoaa mahdollisuuden koordinoituun viestien jakamiseen, yhdistäen tietoa eri palveluista.

Lisäksi tiedon on oltava ajantasaista ollakseen hyödyllistä. Ajantasaista, perusteltua ja personoitua tietoa noudatetaan yleensä paremmin (Tertoolen ym. 2012). Viestien määrään tulisi kiinnittää huomiota, joten koordinaatio on tärkeää. Useiden työmaiden "niputtamisesta" on saatu hyviä kokemuksia niin urakoitsijoilta kuin tienkäyttäjiltäkin. Myös yhteistoiminnallisissa varoituksissa lähemmäs olevista kohteista voisi tiedottaa samalla kertaa yksinkertaisen viestin avulla.

Lähdeviitteet

Aittoniemi E. (2016). Human Factors in traffic management operations – Best practices and recommendations. METHOD technical report no.2. CEDR, 2016.

Amsterdam Group (2016a). Road Works Warning Service – Functional Description. White paper, version 1.0.

Amsterdam Group (2016b). Message Set and Triggering Conditions for Road Works Warning Service. White paper, version 2.0.

Daniel, J., Dixon, K., & Jared, D. (2000). Analysis of fatal crashes in Georgia work zones. Transportation Research Record, 1715(1), 18-23.

Elvik, R.; Vaa, T. (2004). The handbook of road safety measures. Amsterdam, Elsevier, 2004.

ELY-keskus (2019). <https://www.ely-keskus.fi/web/ely/sillat>.

Euroopan komissio (2008). Komission suositus, annettu 26 päivänä toukokuuta 2008, turvallisista ja tehokkaista ajoneuvoihin asennettavista tieto- ja viestintäjärjestelmistä: ajantasaistetut käyttöliittymiä koskevat eurooppalaiset periaatteet (tiedoksiannettu numerolla K(2008) 1742). <https://eur-lex.europa.eu/>

Euroopan komissio (2016) C-ITS Platform. Final report, January 2016. <http://ec.europa.eu/transparency/regexpert/index.cfm?do=groupDetail.groupDetail&groupID=3188>

Euroopan komissio (2019). Komission delegoitu asetetus, annettu 13.3.2019, Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin 2010/40/EU täydentämisestä yhteistoiminnallisten älyliikennejärjestelmien käyttöönoton ja operatiivisen käytön osalta. <https://eur-lex.europa.eu/>

Garber, N.J. & M. Zhao (2002). Distribution and characteristics of crashes at different work zone locations in Virginia. Transportation Research Record. 1794 pp. 19-25.

Hjälmdahl M., Sundberg J., Viktorsson C., Janusson U. (2017). Evaluation Outcome Report, Sweden. NordicWay Evaluation of the Swedish Pilot.

Innamaa, S., Koskinen, S., & Kauvo, K. (2017). NordicWay Evaluation Outcome Report: Finland.

ITS International (2016). Tri-nation cooperation on C-ITS Corridor. <https://www.itsinternational.com/categories/networking-communication-systems/features/tri-nation-cooperation-on-c-its-corridor/>

Kalliokoski, A., Ristikartano, J., Vitikka, H., Tervonen, J. (2004). Tietyömaiden ja muiden tieliikenteen häiriötilanteiden vaikutukset. Tiehallinnon selvityksiä 34/2004. <https://julkaisut.vayla.fi/pdf/3200884-vtietyomjamuidentieliikhair.pdf>

Khattak, A.J., Khattak, A.J., Council, F.M., 2002. Effects of work zone presence on injury and non-injury crashes. Accid. Anal. Prev. 34 (1), 19e29.

Liikennevirasto (2015a). Liikenne tietyömaalla - Yleiset käytännöt ja turvallisuusvaatimukset. Liikenneviraston ohjeita 2/2015.

https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo_2015-02_liikenne_tietyomaalla_web.pdf

Liikennevirasto (2015b). Liikenne tietyömaalla – Kunnossapitotyöt. Liikennejärjestelyt ja työturvallisuus teiden kunnossapitotöissä. Liikenneviraston ohjeita 3/2015.

https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo_2015-03_kunnossapitotyot_web.pdf

Liikennevirasto (2017). Liikenne tietyömaalla – Päällystys- ja tiemerkinätyöt. Liikennejärjestelyt ja työturvallisuus päällystys- ja tiemerkinätyöissä. Liikenneviraston ohjeita 6/2017.

https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo_2017-06_paallystys_tiemerkintatyot_web.pdf

Liljegren, E., 2014. Traffic accidents in connection to road work in Sweden. Transport Research Arena, Paris.

Malone, K., Rech, J., Hogema, J., Innamaa, S., Hausberger, S., Dippold, M., van Noort, M., de Feijter, E. Rämä, P., Aittoniemi, E., Benz, T., Burckert, A., Enigk, H., Giosan, I. Gotschol, C., Gustafsson, D., Heinig, I., Katsaros, K., Neef, D., Ojeda, L., Schindhelm, R., Sütterlin, C. & Visintainer, F. (2014). Impact Assessment and User Perception of Cooperative Systems. DriveC2X Deliverable D11.4. Large-scale integrating project, 7th Framework programme. Objective ICT-2009.6.2: ICT for Mobility of the Future.

McAvoy, D. S., Duffy, S., & Whiting, H. S. (2011). Simulator study of primary and precipitating factors in work zone crashes. Transportation Research Record, 2258, 32-39.

Morris, N. (2017). In-vehicle work zone messages. Final report. Minnesota Department of Transportation. Report no MN/RC 2017-19.

Norokorpi N., Penttinen M., Peni-Nyman, A. (2016). Tie-, rata- ja vesiväylähankkeiden turvallisuuspoikkeamat 2015 - Liikenneviraston ja ELY-keskusten liikennevastualueiden hankkeet. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 31/2016. 72 sivua ja 1 liite.

https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lts_2016-31_tie_rata_vesivaylahankkeiden_web.pdf

SimTD (2013). Deliverable D5.5 TP5-Abschlussbericht – Teil B-4 – Ökonomische Analyse. Sichere Intelligente Mobilität, Testfeld Deutschland.

Tertoolen, G., Grotenhuis, J.-W., Lankhuijzen, R. (2012). Human factors and dynamisch Verkeersmanagement: waar psychologie en techniek samenkomen. [Human factors and dynamic traffic: where psychology and engineering come together.] Contribution to the transport planning research colloquium November 2012, Amsterdam.

Tilastokeskus (2019). Tieliikenneonnettomuustilasto. Tutkimuskäyttöön Tilastokeskukselta hankittu aineisto.

Trafikverket (2016). Trafikolycker vid vägarbeten 2003–2015. Publikation 2016:122. Trafikverket, Ruotsi

Haastattelurunko

1. Työmaiden määrä ja laatu ko. organisaation kannalta
 - a. Tilanne juuri nyt
 - b. Tilanne yleensä, kokonaiskuva
2. Miten kuljettajien informointi ja varoittaminen toteutetaan nykyään?
 - a. työmaailmoitukset
 - b. niiden päivitykset
 - c. yhteistyö muiden toimijoiden kanssa
3. Minkä tyyppisissä työmaissa on eniten ongelmia?
 - a. Liikenteen turvallisuuden kannalta
 - b. Työntekijöiden turvallisuuden kannalta
 - c. Liikenteen sujuvuuden kannalta
 - d. Muu asia (esim. tietyömaan sujuminen)
4. Kaikista tietöistä ei haluta tai voida varoittaa (kuljettajat turhautuvat, varoitusten merkitys saattaa heikentyä, jos niitä tulee liian tiuhaan – tavoitteena optimaalinen varoitusten käyttö). Minkälaisista tietöistä pitäisi ensisijaisesti varoittaa?

(Tarkistuslista, vaikuttavatko seuraavat tekijät)

 - a. Tietyömaatyypit
 - b. Paikallaan pysyvät vs. liikkuvat tietyöt
 - c. maantieteellinen sijainti
 - d. ajankohta
 - e. liikennemäärä
 - f. liikennejärjestelyt yms. tilanteet
5. Jos voisit valita kaksi tai kolme kohdetta tai tilannetta, joista varoittaisit, mitkä ne olisivat ja miksi?
6. Mitkä ovat yleisesti tärkeimmät kriteerit varoituksille?
 - a. Arveletko kriteerien olevan yleispäteviä (koko maahan sopivia) vai paikallisia
7. Mitä palautetta tulee työntekijöiltä, tienkäyttäjiltä?
 - a. Onko palautetta kerätty systemaattisesti, esim. kyselyllä?
8. Keitä muita olisi hyvä haastatella (urakoitsijat alueella ym.)?



ISSN 2490-0745
ISBN 978-952-317-743-7
www.vayla.fi