

---

# Suomen ja Ruotsin tiekaiteiden tuotevertailu



Hämeen ammattikorkeakoulun opinnäytetyö

Rakennustekniikan koulutusohjelma  
Visamäki, kevät 2016

Ari Muttonen



Visamäki  
Rakennustekniikan koulutusohjelma  
Yhdyskuntatekniikka

---

<b>Tekijä</b>	Ari Muttonen	<b>Vuosi</b> 2016
<b>Työn nimi</b>	Suomen ja Ruotsin tiekaiteiden tuotevertailu	

---

## TIIVISTELMÄ

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä selvitys Suomen ja Ruotsin markkinoilla olevista tiekaiteista. Opinnäytetyö oli SSAB Europe Oy Infra-tuoteryhmän toimeksiantama ja sen tarkoituksena oli tuoda lisäselvityksiä tiekaiteiden nykyisiin ohjeisiin ja vaatimuksiin. Samalla haluttiin saada selvitykset maidemme kaidetuotteiden eroista ja yhtäläisyyksistä niin tuotteissa kuin materiaaleissa.

Selvityksen teossa käytettiin olemassa olevia kirjallisia lähteitä ja verkkolähteitä sekä virallisia asiakirjoja. Asiantuntijahaastattelut toimivat kirjallisten lähteiden tukimateriaaleina.

Opinnäytetyön tekeminen perustui käytettävän aineiston analysointiin ja referointiin. Käytettävä aineisto koostui kansallisista maan- ja kaiderakentamisen toimintaohjeista, joiden perustana olivat EN-standardit, lait ja asetukset. Kaidevalmistusyritysten verkkosivut ja painetut aineistot toimivat vertailutyön lähdemateriaaleina.

Lopputuloksena saattoi todeta, että tiukkojen EN 1317- 2- ja 5-standardien vaatimukset määrittelevät kaiteiden valmistuksen laadulliset tekijät. Lisäksi tuotteiden tulee täyttää korkeat laatuvaatimukset saadakseen CE-merkinnän, jolla valmistaja vakuuttaa tuotteen olevan eurooppalaisen harmonisoidun tuotestandardin mukainen. Nämä tekniset vaatimukset pakottavat kaidevalmistajat hyvin samantyyppisiin ratkaisuihin tuotannossaan.

**Avainsanat** liikenneturvallisuus, laatuvaatimukset, törmäyskokeet, kaidevertailu

**Sivut** 45 s.

Visamäki  
Degree programme in Construction Engineering  
Civil Engineering

---

<b>Author</b>	Ari Muttonen	<b>Year</b> 2016
<b>Subject of Bachelor's thesis</b>	Comparison of road barriers in Finland and Sweden	

---

## ABSTRACT

The purpose of this Bachelor's thesis was to compare the road barriers available on the Finnish and Swedish markets. The thesis was commissioned by Infra -Product Group of SSAB Europe Ltd. The aim was to produce further information for the current instructions and requirements. At the same time there was a need to find out the differences and similarities in the barrier products and their materials in the two countries.

The main sources of the thesis were existing written sources and web-materials along with official documents. Expert interviews were used as back-up materials to other sources. The sources included national earth construction and barrier construction directives, which are based on the EN-standards, laws and regulations. The websites of the firms manufacturing road barriers and the printed materials were used as the sources for the comparison. These sources were analyzed and summarized.

As a result of the thesis it can be stated that the strict requirements of EN 1317- 2- and 5-standards define the qualitative factors of the barriers. Furthermore, the products must meet high quality criteria to get CE-marking, with which the manufacturer can assure that the product fulfils the European harmonized product standards. These technical requirements force the manufacturers to make very similar type of solutions in their production.

**Keywords** traffic safety, quality requirements, collision tests, comparison of barriers

**Pages** 45 pages

---

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	TIEKAITEIDEN LAATUVAATIMUKSET SUOMESSA JA RUOTSISSA .....	4
2.1	Lait ja asetukset tienkäytön turvana .....	7
2.2	Yleiseurooppalaiset EN-standardit.....	9
2.3	Kansalliset ohjeet Suomessa ja Ruotsissa .....	12
2.3.1	Liikenneviraston ohjeet ja vaatimukset .....	13
2.3.2	Trafikverketin ohjeet ja vaatimukset .....	14
2.4	Kaiteiden ja tarvikkeiden laatuvaatimukset .....	15
2.4.1	Kaiteiden törmäyskokeet .....	19
2.4.2	Kiinnitys- ja asennustarvikkeet .....	22
2.4.3	Sinkitys .....	22
2.4.4	Muita laadullisia tekijöitä .....	25
3	SUOMEN JA RUOTSIN TIEKAITEIDEN TUOTEVERTAILU.....	26
3.1	Kaidetyypit Suomessa .....	26
3.1.1	SSAB kaidetuotteet .....	27
3.1.2	Muut suomalaiset kaidetuotteet .....	32
3.2	Kaidetyypit Ruotsissa.....	32
3.2.1	Saferoad Birstan kaidetuotteet.....	35
4	VERTAILUN TULOKSET.....	37
5	YHTEENVETO .....	40
	LÄHTEET .....	41

## 1 JOHDANTO

Nykyinen päätiestömme on suunniteltu ja rakennettu pääosin Suomen voimakkaan kasvukauden aikaan 1950–60-lukujen jälkeen kulloistenkin vuosikymmenten standardien ja liikennemäärien ennusteiden pohjalta. Liikenneviraston edeltäjä Tiehallinto käynnisti vuonna 1998 strategisen projektin, S12 Pääteiden parantamisratkaisut, löytääkseen uusia keinoja parantaa kaksoiskäistäisen päätieverkon turvallisuus- ja sujuvuusongelmia. Projektin viralliseksi päätavoitteeksi oli asetettu maanteillä tapahtuvien liikennekuolemien vähentäminen.

Kyseessä oli laajamittainen selvitys pääteiden ongelmista ja niiden ratkaisumalleista. Projektiin sisältyi yhteistyötä mm. muiden Pohjoismaiden tievirastojen, koti- ja ulkomaisten tutkimuslaitosten, EU-viranomaisten, Maanmittauslaitoksen, tuotevalmistajien ja urakoitsijoiden kanssa (Pääteiden parantaminen – tuloksia Tiehallinnon strategisesta projektista (S12) 2007, 5).

S12-projektin tulokset päivitettiin kokonaisvaltaisesti maanteiden ja pääväylien laatuvaatimuksiksi, ohjeiksi ja suunnittelumenetelmiksi. Jo tuolloin nähtiin niiden merkitys tienpidon tavoitteisiin, suunnitteluohjeisiin, pääteiden käytön ja turvallisuuden toimintalinjoihin sekä niiden investointiohjelmiin. Pääteiden turvallisuuden ja sujuvuuden parantamiseksi nähtiin kuitenkin riittävän tutkimustarpeita vielä tulevaisuudessakin. (Nironen. 2007, 3.)

Samoihin aikoihin vuosina 1999 ja 2000 laadittiin liikenne- ja viestintäministeriön, Ajoneuvohallintokeskuksen, Tiehallinnon sekä VTT Yhdyskuntatekniikan yhteistyönä ehdotus liikenneturvallisuuden pitkän aikavälin tutkimus- ja kehittämishjelmasta (LINTU). Ohjelma käynnistettiin keväällä 2002, ja sen ensimmäinen vaihe kesti vuoden 2005 loppuun, mistä sitä jatkettiin jaksottain vuoteen 2012 asti. LINTU-ohjelman aikana tehtiin 61 tutkimusta, 59 raporttia, 5 muistiota ja 10 tutkimusseminaaria. Vuosittainen tutkimusrahoitus oli keskimäärin 300 000–350 000 €. (Korhonen, esitelmä 16.5.2012.)

LINTU-tutkimuksen taustalla oli valtioneuvoston hyväksymä liikenneturvallisuusvisio, jonka mukaan tieliikennejärjestelmä on suunniteltava siten, ettei kenenkään tarvitse kuolla eikä loukkaantua vakavasti liikenteessä. Vastaavaa ajattelumallia olivat toteuttaneet jo aikaisemmin Ruotsissa Nationalföreningen för trafiksäkerhetens främjande ja Norjassa Statens vegvesen, joissa oli sitouduttu niin sanottuun 0-toleranssiin liikennekuolemien suhteen (Langeland 2009, 7).

Molempien projektien keskeisimpänä liikennekuolemien vähentämiseen tähtäväenä toimenpiteenä todettiin tutkimuksien mukaan maanteiden liikenneonnettomuuksien ja -kuolemien kannalta merkittävimpien osuuksien muuttamisen keskikaiteellisiksi teiksi.

LINTU-projektin julkaisussa 1/2009 todetaankin, että enemmän kuin joka kolmas maanteiden kuolema johtuu kohtaamisonnettomuuksista. Silloisten tilastojen mukaan kohtaamisonnettomuudet olivat erityisesti maaseudun kaksikaistaisten pääteiden turvallisuusongelma, ja yli puolet kaikista näiden teiden kuolemista aiheutui kohtaamisonnettomuuksista. Keskikaiteen todettiin tehokkaasti estävän erityisesti vakavat kohtaamisonnettomuudet ja ohitusonnettomuudet, mutta ne vähensivät myös kuolemaan johtaneita yksittäisonnettomuuksia. Suomessa rakennettujen keskikaiteiden tuoman turvallisuusvaikutuksen arvioitiin vähentäneen tieliikennekuolemia noin 50 %, kun samaan aikaan Ruotsissa arvioitiin rakennettujen keskikaideteiden vähentäneen tieliikennekuolemien määrää jopa 77 %. (Peltola, Hytönen & Uljas, esitelmä 20.5.2009.)

Suomessa oli havaittu jo aikaisemmin 1990-luvun alkupuolella tarvetta kehittää ja parantaa suojakaiteita ja niiden asennustapoja. Ennen LINTU-projektia aloitetun S12-projektin avulla saatiin lisäselvityksiä tiekaiteiden valmistusmenetelmiin ja asennustapoihin yhdenmukaistamalla niitä esimerkiksi ruotsalaisen Trafikverketin ohjeistusten kanssa. Tällöin myös kokeilumielessä testatut keskikaiteelliset ohituskaista- ja nelikaistatiet vakinaistettiin yleiseen käyttöön niiden tuoman turvallisuuden tunteen ja onnettomuuksien vähenemisen vuoksi. Lisäksi niiden rakennus- ja ylläpitokustannukset todettiin halvemmiksi kuin moottoritien, vaikka liikenteen välityskyky säilyi miltei samana. (Pääteiden parantaminen – tuloksia Tiehallinnon strategisesta projektista (S12) 2007, 8–9.)

Suojakaiteiden ohjeistukset ja vaatimukset kehittyivät samaan aikaan tarkennettujen EN-standardien ja CE-merkintöjen myötä. Siitäkin huolimatta suojakaiteiden asennuksissa ja valmistuksessa on huomioitu myös kansalliset vaatimukset, jolloin esimerkiksi pohjoisten olojen erityisolosuhteet kunnossapitotöiden esteettömyyden ja käytännöllisyyden suhteen täytyy huomioida kaideratkaisuja toteutettaessa.

Suomalainen terästeollisuuden monitoimiyritys ja myös kaidevalmistajana tunnettu Rautaruukki fuusioitui ruotsalaisen SSAB:n kanssa vuonna 2014. Rautaruukin tehtaat Toijalassa on tuottanut jo ennen fuusioistumistaan suomalaisien teiden varsille suojakaiteita kulloisenkin tarpeen ja ajan vaatimuksen mukaan. Niiden valmistuksessa on aina käytetty voimassa olevia standardeja ja suosituksia, ja tuotteiden testaus on täyttänyt vaaditut laadulliset kriteerit. Tämä tarkoittaa kaidejärjestelmien toimivuuden testausta standardin EN 1317 mukaisilla törmäyskokeilla (SSAB-suojakaiteet 2015, 2).

SSAB tekee jatkuvaa parannustyötä kaiteiden valmistusmenetelmien ja materiaalien teknisen kehityksen kanssa. Keskusteluissa ilmeni, että lisäselvitys nykyisistä tiekaiteiden ohjeista ja vaatimuksista kaidekehitystyön tueksi on tarpeellinen (Häihälä. Haastattelu 18.2.2016.) SSAB esitti opinnäytetyön aiheeksi Suomen ja Ruotsin nykyisten tiekaidetuotteiden vertailua. Toimeksiannossa haluttiin saada selvitykset kaidetuotteiden eroista ja yhtäläisyyksistä maidemme kesken.

Työn toimeksiantajana on SSAB Europe Infra -tuoteryhmä. Työn ohjaajina olivat SSAB:n Infra-yksikön teknologiapäällikkö Antti Perälä ja suojakaiteiden myyntipäällikkö Arja Häihälä. Hämeen ammattikorkeakoulun ohjaavana opettajana oli rakennus- ja yhdyskuntatekniikan lehtori Jari Mustonen.

Työssä keskityttiin vain markkinoilla olevien ja joiltakin osin myös suunnitteilla olevien kaiteiden tarkasteluun. Työn ulkopuolella rajattiin luonnollisesti betoniset kaiteet, vaikkakin ne alan törmäyskestävimpinä kaiteina antaisivatkin hyvän vertailukohdan teräskaiteisiin. Työssä ei käsitellä kaiteisiin olennaisesti kuuluvia kaiteen päitä ja niissä olevia törmäyssuojia, kevyenliikenteen kaiteita sekä puomeja. Siinä ei myöskään tarkastella kaiteiden asennusohjeita, eikä niiden muotoiluun liittyviä valmistusmenetelmiä.

Sillat ovat osa tiestöä ja muodostavat tien kanssa yhtenäisen väylän. Sillat asettavat oman erikoisluonteensa takia kaiteille omat vaatimuksensa, mistä johtuen ne ovat vertailussani mukana.

## 2 TIEKAITEIDEN LAATUVAATIMUKSET SUOMESSA JA RUOTSISSA

Tiekaiteiden laadullisia vaatimuksia määriteltäessä ei voida kriteereiksi asettaa ainoastaan varsinaisten tuotteiden teknisiä ominaisuuksia tai niille asetettujen ennalta määrättyjen laatuvaatimusten tarkastelua ja toteutusta. Vaikka annettujen toimintaohjeiden mukaisesti toteutetut kaidevalmistukset ja -asennukset toimivatkin turvallisen tieliikenteen perustana, on myös kaikki muu liikenteen turvaamiseksi tehty työ laadullista vaikuttamista. Turvallisen tienkäytön ja tieliikenteen hyvän sujumisen vuoksi on merkittävää luoda myös sen toimintaa ohjaavia lakeja, asetuksia tai sääntöjä. Ne on luotu joko EU-direktiivien ohjaamina tai puhtaasti kansallisessa päätöksentekoprosessissa. Niiden avulla saadaan luotua ohjeistukset ja laatutason nostamiseen tähtäävät toimintamallit.

Tiekaiteiden teknisten laatuvaatimusten toteutukseen tähtäävässä suomalaisessa suunnittelussa ja toteutuksessa käytetään Liikenneviraston julkaisemia ohjeistuksia ja määräyksiä sekä InfraRYL:n yleisiä asennusohjeita. Ruotsin liikennevirasto Trafikverketin omat tiekaidejulkaisut ohjeistavat niiden oikeanlaiseen käyttöön ja asennukseen. Trafikverketin, Kuntaliiton ja Maakäräjien Sveriges Kommuner och Landstingin julkaisema Krav för Vägars och gators utformning -julkaisu asettaa vaatimukset ruotsalaiselle katusuunnittelulle ja sen myötä myös tiekaidesuunnittelulle. Molemmissa maissa on käytössä törmäystestien ja muiden kaiteiden laatuun vaikuttavien kokeiden perusteella tehdyt tyyppiirustukset.

Suomi ja Ruotsi ovat sitoutuneet EU-jäsenyytensä vuoksi toteuttamaan yleiseurooppalaisia linjauksia liikennepoliittisissa strategioissaan. Muun muassa liikenneturvallisuuteen tähtäävät projektit sekä jatkuva tuotekehitys ja testit joko kentällä tai laboratorioissa ovat siitä hyviä esimerkkejä. Suomessa oli 2000-luvun alkupuolella liikenneonnettomuuksien ehkäisyyn tähtäävää tutkimustoimintaa, joista S12-projekti keskikaiteellisen maantien tutkimisessa tuki EU-rahoituksella toteutettavaa LINTU-projektia. LINTU-projekti tähtäsi liikenneturvallisuuden parantamiseen sen kaikilla onnettomuuksiin vaikuttavilla osa-alueilla. Projekti loppui suunnitelman mukaisesti vuonna 2012, mutta sen tutkimustulokset ovat vielä niin lähihistoriassa, että niitä voidaan käyttää luotettavina lähteinä.

Liikenne- ja viestintäministeriön yleisen liikennepoliittikan strategialinjauksissa turvallisuus on asetettu matkojen ja kuljetusten tärkeimmäksi laatutekijäksi. Tieliikenteen turvallisuus on esillä myös ministeriön toiminnan ja talouden suunnittelussa. Vuosien 2012–2015 toiminta- ja taloussuunnitelman viitteellisenä ohjenuorana oli EU:n liikenneturvallisuusohjelman tavoite puolittaa tieliikennekuolemien määrä vuoteen 2020 mennessä ja vähentää loukkaantumisia neljänneksellä vuoden 2010 tasosta. (HE 39/2012 vp, 6–7.)

Valtioneuvosto on tieliikenteen turvallisuuden parantamista koskevassa periaatepäätöksessään vuonna 2006 sisällyttänyt siihen liikenneturvallisuuden tavoittamiseksi liikennepoliittisessa päätöksenteossa useampikohtaisen toimenpideohjelman, jonka keskeisimpiin toimiin kuuluu pääteiden kohtamisonnettomuuksien vähentäminen. Periaatepäätösten valmistelua ja pää-



tösten täytäntöönpanoa varten liikenne- ja viestintäministeriön johdolla valmisteltiin valtakunnallinen strateginen tieliikenteen turvallisuussuunnitelma. Siinä esitettiin liikenneturvallisuustilanne ja tavoitteet sekä keinot turvallisuuden parantamiseksi. (HE 39/2012 vp, 6.)

Liikenneturvallisuustyön kehittämisen yksi keskeisimmistä painopistealustoista on ollut pääteiden kohtaamisonnettomuuksien torjuminen keskikaideratkaisuilla (Liikenneturvallisuusasiain neuvottelukunnan työjaosto 2010, 60). Liikenne- ja viestintäministeriön hallinnoima Liikennevirasto pyrkii edellä mainitun mukaisesti edistämään toiminnallaan koko liikennejärjestelmän toimivuutta, liikenteen turvallisuutta, alueiden tasapainoista ja kestävä kehitystä. Maanteiden osalta virasto vastaa merkittävien tiehankkeiden toteuttamisesta sekä elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskusten toiminnallisesta ohjauksesta toimialallaan. Toiminnallinen ohjaus konkretisoituu Liikenneviraston ja ELY-keskusten väliseen liikenneturvallisuuden parantamistavoitteeseen tähtäävään vuosittaiseen tulossopimukseen. (HE 39/2012 vp, 7–8.)

Liikenneturvallisuussuunnitelman 2011–2014 taustaraportin mukaan 2000-luvun alkupuoliskolla kuolemaan johtavista tieliikenneonnettomuuksista yli 70 prosenttia tapahtui taajamien ulkopuolisella maantieverkolla ja vajaat 30 prosenttia taajamissa. Raportissa todetaan taajamien ulkopuolisella maantieverkolla tyypillisimmiksi kuolemaan johtaneiksi onnettomuustyypeiksi kohtaamis- ja suistumisonnettomuudet. Loukkaantumisia tapahtuu eniten suistumisonnettomuuksissa. Taajamissa tyypillisiä kuolemaan johtavia onnettomuustyyppisiä ovat jalankulkija- ja suistumisonnettomuudet sekä risteyksessä ajosuunnissa tapahtuneet onnettomuudet. Tyypillinen taajaman loukkaantumisonnettomuus tapahtuu risteyksessä tai tieltä suistumisena. (Liikenneturvallisuusasiain neuvottelukunnan työjaosto 2010, 25–36.)

Taulukko 1. Onnettomuustyytit (Liikenneturvallisuusasiain neuvottelukunnan työjaosto 2010, 25)

Turvallisuuskehitys; onnettomuusluvultaan suurimmat onnettomuus- tyypit	2000– 2004 (ka/v)	2000– 2004 (ka/v)	2005– 2009 (ka/v)	2005– 2009 (ka/v)	vuosi 2009	vuosi 2009
	taajamat	maantiet	taajamat	maantiet	taajamat	maantiet
<i>Tieltä suistuminen;</i>						
Kuolleet	22	83	26	85	27	73
Loukkaantuneet	536	1652	610	1827	625	1779
<i>Vastakkaiset ajosuunnat (kohtaamisonnettomuudet);</i>						
Kuolleet	4	112	4	87	3	63
Loukkaantuneet	217	684	198	553	212	427
<i>Risteyksessä ajosuunnat (ajo suoraan);</i>						
Kuolleet	16	23	14	15	10	14
Loukkaantuneet	969	301	984	306	1014	263
<i>Samat ajosuunnat ajo suoraan);</i>						
Kuolleet	1	13	1	9	2	8
Loukkaantuneet	444	521	487	532	499	486

Liikenne- ja viestintäministeriön kymmenen vuoden seurantajaksoon perustuvan Liikenneturvallisuussuunnitelman 2011–2014 taustaraportin mukaan suistumisonnettomuudet ovat olleet 2000-luvun tieliikenteessä suurin

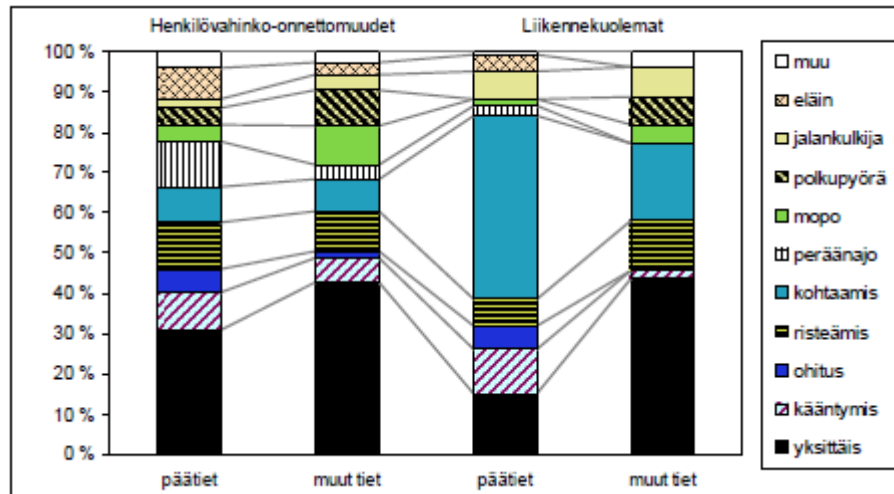
kuolemien ja loukkaantumisten aiheuttaja (Taulukko 1). Tieltä suistumisista johtuvat kuolemat ovat LVM:n mukaan kasvaneet 2000-luvulla noin 6 %. Lisäksi maanteillä tapahtuneita suistumiskuolemia on yli kolminkertainen määrä taajamiin nähden. Tieltä suistumisista johtuvat kuolemat ja loukkaantumiset ovat lisääntyneet raportin mukaan 2000-luvun alkupuoliskolla.

Maanteiden suistumisonnettomuuksissa loukkaantumiset ovat lisääntyneet 2000-luvulla yli 10 % ja taajamissa lähes 14 %. Loukkaantumisten suhteellinen kokonaiskasvu on 11 % eli enemmän kuin kuolemiin johtaneiden. Suistumisten seurauksena tapahtuneet loukkaantumiset ovat myös maanteillä kolminkertaiset taajamiin nähden. (Liikenneturvallisuusasiain neuvottelukunnan työjaosto 2010, 25.)

2000-luvun alun kuolemaan johtaneista tieliikenneonnettomuuksista raportti toteaa toiseksi eniten kuolonkolareita tapahtuvan kohtaamisonnettomuuksissa ajosuunnan ollessa vastakkaiset ja ajolinjan suora. Yleisen liikennepolitiikan strategialinjauksen tavoitteiden mukaisesti kohtaamisonnettomuuskuolemat ovat jatkaneet vähenemistään 2000-luvun ensimmäisen kymmenen vuoden seurantajaksolla 22 %. Kohtaamisonnettomuuksien ehkäisemistoimenpiteinä tehdyt keskikaiteelliset maantieratkaisut liikenteen ongelmakohtiin ovat olleet tähän suotuisaan kehitykseen yksi merkittävimmistä syistä. Suomessa rakennettujen keskikaiteiden tuoman turvallisuusvaikutuksen oli tuolloin arvioitu vähentäneen tieliikennekuolemia pahimmista 1990-luvun kuolonlukuista noin 50 %. Samaan aikaan Ruotsissa oli arvioitu rakennettujen keskikaideteiden vähentäneen tieliikennekuolemien määrää jopa 77 %. (Peltola ym., esitelmä 20.5.2009.)

Taajamissa kohtaamiskuolemien määrä on vähäinen, eikä siinä ole tapahtunut merkittäviä muutoksia. Kuolemien pieneen määrään saattaa vaikuttaa pääsääntöisesti pienet ajonopeudet.

Maanteiden kohtaamisonnettomuuksissa loukkaantuneita on lähes kolme kertaa enemmän kuin taajamissa. Loukkaantumiset kohtaamisonnettomuuksissa ovat vähentyneet maanteillä 2000-luvulla 19 % ja taajamissa noin 9 %. (Liikenneturvallisuusasiain neuvottelukunnan työjaosto 2010, 27.) Loukkaantumisten suhteellinen kokonaisvähenemä on 17 % maanteillä tapahtuneiden suurempien muutosten vaikutuksesta. Suistumis- ja kohtaamisonnettomuudet ovat olleet vuosikymmeniä suurimmat tieliikennekuolemia aiheuttaneet onnettomuustyyppit (Liikenneturvallisuusasiain neuvottelukunnan työjaosto 2010, 29).



Kuvio 1. Pääteillä ja muilla maanteillä tapahtuneiden henkilövahinko-onnettomuuksien ja liikennekuolemien jakautuminen onnettomuusluokkiin vv. 2004–2008 (Liikenneturvallisuusasiain neuvottelukunnan työjaosto 2010, 33)

Liikenneviraston edeltäjä Tiehallinto on tilastoinut pääteillä ja muilla maanteillä vuosina 2004–2008 tapahtuneita henkilövahinko-onnettomuuksia sekä liikennekuolemia (Kuvio 1). Tilastossa käsitellään loukkaantumiset henkilövahinko-onnettomuus-nimikkeen alla, ja edellä käsitellyt suistumis-onnettomuudet on sisällytetty käsitteen yksittäisonnettomuudet sisään. Pääteillä on kyseisinä vuosina sattunut eniten henkilövahinko-onnettomuuksia yksittäisonnettomuuksina. Loukkaantumisiin johtaneiden yksittäisonnettomuuksien, joihin siis voidaan katsoa kuuluvan suistumiset tai muut ulosajot ja törmäämiset, osuus pääteillä oli keskimäärin 30 %. Yksittäisonnettomuudet olivat myös muilla maanteillä suurin henkilövahinko-onnettomuuksien aiheuttaja. Yksittäisonnettomuuksien osuus muilla teillä oli keskimäärin 42 %. (Liikenneturvallisuusasiain neuvottelukunnan työjaosto 2010, 31–32.)

Pääteiden kuolemaan johtavien kohtausonnettomuuksien osuus oli noin 50 %. Myös yksittäisonnettomuuksien osuus pääteillä kuolemaan johtaneissa onnettomuuksissa oli tilastoidulla ajanjaksolla yli 15 %. Muilla maanteillä suurin osuus tieliikenteen kuolintapauksissa oli yksittäisonnettomuudet sen ollessa lähes 40 %. Myös kohtausonnettomuuksien noin 20 prosentin osuus muodostaa suurehkon onnettomuusluokan muiden maanteiden liikenteessä.

## 2.1 Lait ja asetukset tienkäytön turvana

Turvallisen tienkäytön ja tieliikenteen hyvän sujumisen vuoksi on tärkeää luoda lakeja, asetuksia tai sääntöjä. Liikennekäyttäytymisen ensisijainen vaikutustapa on yhteisesti sovitut ja opetellut liikennesäännöt, jotka on sisällytetty tieliikennelakiin (TLL 267/1981). Lakiin on kirjattu myös säädökset mm. liikenteen ohjauksesta, liikenneonnettomuustilanteesta ja siinä toimimisesta, ajoneuvon kuljettajaa koskevista yleisistä vaatimuksista, ajoneuvon käytöstä, tieliikenteen valvontalaitteista, liikennevalvonnasta sekä liikennetikoksista.

Tieliikenneasetuksessa (TLA 182/1982) säädetään erityisesti liikenne- ja varoituserkeistä, tien tilapäisestä sulkemisesta sekä erinäisistä säännöksistä.

Maantielaissa (503/2005) säädetään maanteistä ja niiden pidosta. Maantieverkon pitää olla sellainen, että siinä on mahdollisuus turvalliseen ja toimivaan liikkumiseen ja kuljettamiseen kohtuullisin kustannuksin ottamalla huomioon eri väestöryhmien sekä elinkeinojen liikkumis- ja kuljetustarpeet. Maantielain 13 §:n 2 momentin mukaan maantien rakentamisessa on otettava erityisesti huomioon liikenneturvallisuus, tien liikenteellinen ja tekninen toimivuus sekä ympäristönäkökohdat. Rakentamisella tarkoitetaan uuden maantien tekemisen lisäksi myös nykyisen maantien parantamista. Maantielain 2. luvun tarkoittamia suunnitelmia ovat yleissuunnitelma ja tie-suunnitelma. Yleissuunnitelma ei tarvitse laatia, jos hankkeen vaikutukset ovat vähäiset tai maantien sijainti ja sen vaikutus on jo riittävässä määrässä ratkaistu asemakaavassa tai oikeusvaikutteisessa yleiskaavassa.

Jos joudutaan soveltamaan ympäristövaikutusten arviomenettelystä annetun lain (YVAL 468/1994) 2. luvun mukaista menettelyä, on aina laadittava yleissuunnitelma. Sen pohjalta on laadittava ja hyväksyttävä myös tie-suunnitelma ja arvio tien vaikutuksista alueeseen sekä esitettävä toimenpiteet tiehankkeen haitallisten vaikutusten poistamiseksi tai vähentämiseksi. Maantielain 33 §:n mukaan maantie on pidettävä yleistä liikennettä tyydyttävässä kunnossa. Maantie tulee pitää kunnossapitotoimin kuten liukkautta torjumalla sellaisena, että liikenneturvallisuus ei vaarannu.

Liikennevirastosta annetun lain (862/2009) mukaan virasto vastaa liikenteen palvelutason ylläpidosta ja kehittämisestä valtion hallinnoimilla liikenneväylillä.

Julkiset hankinnat -lain (JulkHankL 348/2007 1:1.1§) tavoitteena on tehostaa julkisten varojen käyttöä, edistää laadukkaiden hankintojen tekemistä sekä turvata yritysten ja muiden yhteisöjen tasapuolisia mahdollisuuksia tarjota tavaroita, palveluita ja rakennusurakointia julkisten hankintojen tarjouskilpailuissa. Laki julkisista hankinnoista ja sen perusteella annetut asetukset edellyttävät käytettäväksi laatuvaatimuksena olemassa olevaa EN-standardia. Kaiteisiin on olemassa standardit SFS-EN 1317-2 ja 5. Siksi julkisissa hankinnoissa on normaalisti käytettävä edellä mainittujen standardien mukaisesti törmäyskokein turvallisiksi osoitettuja kaiteita (Tiekaiteiden suunnittelu 2014, 7).

Laki eräiden rakennustuotteiden tuotehyväksynnästä (954/2012, 1–3 §) sovelletaan harmonisoidun tuotestandardin soveltamisalaan kuulumattomien rakennustuotteiden kelpoisuuden toteamiseksi tyyppihyväksynnän, varmennustodistuksen ja valmistuksen laadunvalvonnan käyttämistä.

Monet direktiivit ohjaavat kansallista lainsäädäntöä kuten tieturvallisuusdirektiivi (2008/96/EY), joka ohjeistaa tieturvallisuusvaikutusten arviointeihin, turvallisuusauditointeihin, tieverkon turvallisuuden hallintaan ja turvallisuustarkastuksiin liittyviä menettelyjä eurooppalaisella TEN-tieverkolla.

Direktiivi edellyttää, että kaikista infrastruktuurihankkeista on niiden suunnitteluvaiheessa tehtävä tieturvallisuusvaikutusten arviointi. Tieturvallisuusvaikutusten arviointimenettely vastasi maantielaisissa jo ennen direktiivin voimaantuloa tapahtuvaa suunnitteluvaiheen vaikutusten arviointia vaihtoehtojen valinnassa ja uusien suunnittelukäytäntöjen kehittämisessä, joten tästä direktiivin määräyksestä ei ollut tarpeen säätää erikseen muutosta lakiin. Euroopan parlamentin ja neuvoston tavoitteena on tarjota EU:n maille ja niiden kansalaisille vapaa liikkuvuus Euroopan laajuisen liikenneverkon, TEN-T:n, avulla. Sen liikenneinfrastruktuuri perustuu päätöksen 1692/96/EY mukaiseen malliin, jonka yhtenä ominaispiirteenä voidaan mainita sen pyrkimys saada käyttäjilleen korkea, yhtenäinen ja jatkuva palvelu, mukavuus sekä turvallisuuden taso. (Neuvoston päätös 1692/96/EY art 9.)

Lisäksi tienkäyttäjiä koskettaa muun muassa ajokorttilaki (386/2011) ja sen muutos (70/2015), ajoneuvolaki (AjonL 1090/2002), vaarallisten aineiden kuljetuksesta annettu laki (VAK-laki 719/1994) ja liikennevakuutuslaki (LiikVL 279/1959).

### 2.2 Yleiseurooppalaiset EN-standardit

Euroopan komissio korvasi rakennustuotedirektiivin 89/106/ETY rakennustuoteasetuksella (EU) N:o 305/2011, joka tuli voimaan jäsenmaissa sellaisenaan 1.7.2013. Sen kanssa päällekkäinen kansallinen lainsäädäntö kumottiin. Asetuksen tarkoituksena oli selkeyttää sääntelyä ja keventää erityisesti pienille ja keskisuurille yrityksille aiheutuvaa byrokratiaa sekä poistaa käytännön esteitä, jotka ovat saattaneet hankaloittaa pääsyä rakennustuotteiden markkinoille. (HE 82/2012 vp, 4.)

Asetus on myös osa komission ohjelmaa, joka pyrkii yksinkertaistamaan sääntelyä ja lainsäädäntöä. Suurin muutos aikaisempaan verrattuna oli, että Suomessa vapaaehtoisesta CE-merkinnästä tuli pakollista kaikille harmonisoidun tuotestandardin soveltamisalaan kuuluville rakennustuotteille. Noin 80 % rakennustuotteista kuuluu pakollisen CE-merkinnän piiriin. Hankinnoissa ei tarvitse erikseen vaatia rakennustuotteille CE-merkintää. (LiVi-opas 2015, 2.)

Säädöksen (KTMs 348/2007) perusteella annetut asetukset edellyttävät, että hankintojen laatuvaatimuksena käytetään olemassa olevia EN-standardeja.

CE-merkityn rakennustuotteen valmistaja vakuuttaa sen ominaisuuksien olevan eurooppalaisen harmonisoidun tuotestandardin tai eurooppalaisen teknisen hyväksynnän mukaisia. CE-merkinnän saamiseen riittää vain yhden ominaisuuden testaaminen. Rakennustuotteiden CE-merkintä ei yksinään takaa tuotteen laatua eikä käytettävyyttä rakennuskohteessa. Tuotteen aiottu käyttö, rakennuskohteen paikalliset olosuhteet ja rakentamismääräysten mukainen vaatimus kohteessa on aina arvioitava tuotetta valittaessa. (CE-merkintä 2013.) Liikennevirasto toteaaakin Rakennustuotteiden CE-merkintä -oppaassa, ettei CE-merkitty tuote automaattisesti osoita tuotteen täyttävän Suomen viranomaismääräyksiä ja tilaajana toimivan Liikenneviraston laatuvaatimuksia.

Harmonisoitu tuotestandardi hEN on Eurooppalaisen standardisoimisjärjestön Comité Européen de Normalisationin (yleisimmin käytetään kirjainlyhennettä CEN) laatima CE-merkintään johtava tuotestandardi. Se määrittää tuoteryhmäkohtaisesti tuotteilta selvitettävät ominaisuudet, valmistuksen laadunvalvonnan vaatimukset sekä CE-merkinnässä ilmoitettavat tiedot. Suomessa Suomen standardisoimisliitto vahvistaa ne SFS-EN-standardeiksi. (CE-merkintä 2013.)

Harmonisoidun standardin piiriin kuulumattomille tuotteille antaa Liikennevirasto tyyppihyväksyntää vastaavan hyväksynnän. Käytännössä CE-merkinnän ja tyyppihyväksynnän vaatimukset ovat törmäysturvallisuuden kannalta yhteneväiset. (Suomen törmäyskoepalvelu 2016.)

Rakennustuotteiksi katsotaan rakennuskohteiseen kiinteäksi osaksi tulevat tuotteet, kuten esimerkiksi raidesepele, liikennemerkki tai tiekaide, jolloin on noudatettava näitä koskevia harmonisoituja tuotestandardeja. (LiVi-opas 2015, 2.)

CE-merkitylle rakennustuotteelle on myös laadittava suoritustasoilmoitus DoP (Declaration of Performance), jolla ilmoitetaan tuotteen keskeiset ominaisuudet. Suoritustasoilmoituksessa tulee ilmetä muun muassa tuotteen tyyppi ja käyttötarkoitus, valmistaja ja tuotteen mahdollinen edustaja, ilmoitetut suoritustasot, AVCP-luokka (Assessment and Verification of Constancy of Performance) ja harmonisoidun tuotestandardin päivätty tunnus sekä ilmoituksen numero. Tuotteeseen liitetyn CE-merkinnän ja suoritustasoilmoituksen laadinnalla valmistaja ottaa vastuun siitä ilmoitettujen suoritustasojen oikeellisuudesta (LiVi-opas 2015, 3). AVCP-luokka määrittelee käytettävien suoritustasojen pysyvyyden arviointi- ja varmentamismenettelyt (CE-merkintään vaadittavat toimenpiteet ja asiakirjat 2013).

Tiekaiteisiin on olemassa standardit SFS-EN 1317-2 ja 5, joissa on asetettu tiukat törmäyskestävyyden laatuvaatimukset. Maanteillä käytetään SFS-EN 1317-5:n mukaisesti CE-merkittyjä kaiteita ja myös törmäysvaimentimia.

Standardi määrittelee liikenneturvallisuutta edistävien laitteiden ts. kaiteiden, törmäysvaimentimien, kaiteiden päiden ja siirtymärakenteiden sekä ajoneuvoliikenteen siltojen kaiteiden vaatimustenmukaisuuden arvioinnille asetetut vaatimukset. Tarkennuksena on mainittava, että SFS-EN 1317-5 + A2 + AC -standardin luvussa 1 kaiteiden päiden ja siirtymärakenteiden arvioinnin vaatimukset tulevat voimaan, kun ENV 1317-4:sta tulee EN.

Pitkäaikaiskestävyyden arvioinnille asetetut vaatimukset sisältyvät sään vaikutuksille altistamisen osalta standardin asiasisältöön. Muita pitkäaikaiskestävyyteen vaikuttavia seikkoja, joita ovat muun muassa meri-ilma- ja hiekan kuluttava vaikutus, ei kuitenkaan käsitellä. Standardi ei käsittele myöskään tilapäisiä kaiteita, eikä jalankulkijoita varten tarkoitettujen kaiteiden vaatimuksia (SFS-EN 1317-5, 8.) Niistä on olemassa prEN 1317-6 -luonnos, mutta sitä ei ole kansallisesti vielä standardoitu. Standardi on suunniteltu käytettäväksi yhdessä SFS-EN 1317-1:n, -2:n ja -3:n sekä ENV 1317-4:n kanssa, joka korvataan prEN 1317-4:llä ja -7:llä.

EU:n rakennustuoteasetus edellyttää, että kiinteään asennukseen tarkoitetut kaiteet ja törmäysvaimentimet CE-merkitään ja niille laaditaan suoritussoilmoitus. Kaiteita ja törmäysvaimentimia koskee edellä mainittu tuotestandardi SFS-EN 1317-5, ja niiden AVCP-luokka on 1+. Luokka 1+ tarkoittaa, että ilmoitettu sertifiointilaitos myöntää tuotteelle suoritusvarmentamistodistuksen, joka pitää sisällään sen tyyppitestauksen ja tuotannon sisäisen laadunvalvonnan sekä jatkuvan valvonnan (LiVi-opas 2015, 5).

Standardi SFS-EN 1317-5 antaa Tiekaiteiden suunnittelu -ohjeen mukaan mahdollisuuden tehdä seuraavia poikkeuksia:

- Nopeusrajoituksen ollessa 50 km/h tai vähemmän sekä yleisen nopeustason ollessa enintään 40 km/h tienpitäjä voi hyvin perustellusta syystä hyväksyä törmäyskokein testaamattoman kaiteen merkityksettömälle sisääntulotielle. Asennetussa testaamattomassa kaiteessa ei saa olla kuitenkaan ajoneuvoa lävistävää päätä eikä sellaisia epäjatkuvuuskohtia, joihin ajoneuvo takertuu, tai helposti katkeavia jatkoksia.
- Liikennevirasto voi antaa olemassa olevan, hyväksytyin kaidetuotteen variaatiolle tilapäisen tai kohdekohtaisen käyttöluvan ennen CE-merkinnän saamista. Näin voidaan toimia tarvittaessa esimerkiksi silloin, kun kaiteen käyttökohteeseen ei ole olemassa muuta sopivaa kaidetta.
- Työmaakäyttöön tarkoitettuja Sulku- ja varoituslaitteet -ohjeen vaatimukset täyttäviä siirrettäviä kaiteita voidaan käyttää, vaikka niillä ei olekaan CE -merkintää. SFS-EN 1317-2 -luokkien T1...T3 kaitteille ei voi saada SFS-EN 1317-5:n mukaista CE-merkintää.
- Vanhaa CE -merkitsemätöntä kaidetta voidaan jatkaa ja korjata samantyyppisellä kaiteella, jos kaidetyyppi ei ole osoittautunut käytössä vaaralliseksi.

SFS-EN 1317-5:n mukaan kaidevalmistajan on annettava CE-merkityn tuotteen tietojen lisäksi

- asennusohje kaiteen pystyttämiseen ja korjaamiseen
- ohje tai suositus kaiteen käyttöön liittyvistä teknisistä seikoista. Tällaisia ovat esimerkiksi maininnat sopivasta maaperästä, luiskakaltevuuksista, vähimmäispituudesta, sallituista kaarresäteistä ja päätyankkuroinnin tarpeesta.
- pyydettyä tietoa törmäyskokeessa olleen kaiteen pituudesta ja päätyankkuroinnista
- toimintaleveys ja ajoneuvon ulottuma ( $W_N$  ja  $VI_N$ ) SFS-EN 1317-5:2012:n mukaisina, jos CE-merkintä perustuu vanhempaan standardiversioon
- TB11-törmäyskokeen tulokset ( $W_N$  ja  $D_N$ ).

Kaiteeseen kiinnitettävässä nimilapussa täytyy olla CE-vaatimusten mukaisuusmerkintä. Merkinnässä täytyy olla varmentamiselimen tunnistenumero, valmistajan nimi tai tunnus ja rekisteröity osoite, merkin kiinnitysvuoden kaksi viimeistä numeroa, todistuksen numero, eurooppalaisen standardin numero, tuotteen kuvaus ja säänneltyjä ominaisuuksia koskevat tiedot. (SFS-EN 1317-5, 48.) Sellaisia ovat törmäysominaisuudet, joihin kuu-

luvut törmäyskestävyysluokka, törmäyksen riskitaso, toimintaleveys, dynaaminen taipuma ja ajoneuvon ulottuma. Lisäksi on ilmoitettava pitkäikäisyyteen vaikuttava teräslaatu ja sen korroosiosuojausmenetelmä, lumenauhauskestävyys ja mahdolliset tuotteeseen liittyvät vaaralliset aineet.

### 2.3 Kansalliset ohjeet Suomessa ja Ruotsissa

Tiekaiteen tyyppi osoitetaan tilaajan suunnitelma-asiakirjoissa tai tilaajan hankekohtaisiin valintaperusteisiin perustuvassa muussa suunnitelmassa. Maanteillä tiekaiteen on täytettävä Liikenneviraston laatuvaatimukset, joissa on määritelty kaidetyypin valintaperusteet, törmäyskestävyysluokka, auraukskestävyysluokka, toimintaleveys ja turvallisuustaso. Nämä otetaan huomioon suunnitelma-asiakirjoissa. (InfraRYL 2015/1.)

InfraRYL:ssä ohjeistetaan käyttämään Liikenneviraston Tiekaiteiden laatuvaatimukset ja kaidetyypin valinta -julkaisua, jossa on esitetty laatuvaatimukset vuonna 2008. Uusin versio on kuitenkin Tiekaiteiden suunnitteluohje (LiVi 2014), johon on sisällytetty InfraRYL:n sekä edellä mainittu että sen jälkeen vuonna 2010 julkaistu Laatuvaatimukset-ohje.

Viimeisin Liikenneviraston kaidesuunnittelun apuna käytettävä toimintaohje on vuonna 2014 julkaistu Tiekaiteiden suunnittelu. Se on tarkoitettu maantiekaitteiden suunnitteluohjeeksi, ja sitä voidaan käyttää myös suunnittelu-urakan laatuvaatimuksena. Ohje määrittelee mm. kaiteen pituuden ja joustovaran tarpeen, opastaa kaiteen törmäyskestävyysluokan valinnassa ja kaidetyypin valinnan perusteissa, kertoo kaiteen alkukohdan ja siirtymärakenteiden vaatimukset sekä standardin SFS-EN 1317-5 soveltamisperiaatteet Suomessa. Ohjeessa ei käsitellä siltojen reunaan sijoitettavia kaiteita. (Tiekaiteiden suunnittelu 2014, 3.) Ohjeessa on kaidesuunnittelun aikaisempien toimintaohjeiden päivitykset mm. standardien prEN 1317-4:n ja prEN 1317-7:n osalta, ja siinä on muutettu toimintaleveysvaatimuksia markkinatilanteita vastaaviksi, tarkennettu avattavia kaiteita ja aukkoja koskevia vaatimuksia sekä muutettu ja lisätty hankintaa ja pituutta koskevia kohtia. (Tiekaiteiden suunnittelu 2014, 4.)

Suunniteltaessa ja valmistettaessa kaiteita siltojen kohdalle noudatetaan Suomessa Siltojen kaiteet -ohjetta. Ohjeessa esitetään vaatimukset ja standardien SFS-EN 1317-1 ... 1317-5 soveltamisperiaatteet sekä InfraRYL-kohdassa 42451 kaikkien väylämuotojen sillankaiteiden osalta. (Siltojen kaiteet 2012, 4–9.)

Yleisiä asennusohjeita on myös InfraRYL 2015/1 -kohdassa 32100 sekä tyyppiinirustuksissa. Jos InfraRYL:n vaatimukset, kaidevalmistajan asennusohjeet tai liikenneviraston ohjeet ovat ristiriidassa keskenään, Liikennevirasto hyväksyy käytettävän toteutustavan (Siltojen kaiteet 2012, 9).

Liikennevirasto julkaisee säännöllisesti Tienpidon tekniset ohjeet -luetteloa. Ohjelueteloon on koottuna päiväyksen hetkellä voimassa olevat Liikenneviraston antamat tienpidon tekniset ohjeet ja normit. Opinnäytetyön teon aikaan uusien Tienpidon tekniset ohjeet oli päivätty 15.2.2016. Uusien



ohjeiden ja normien ilmestymisen jälkeen tehtyjä ohjeita päivitetään Uusimmat ohjeet -luettelona, kunnes ne aikanaan liitetään varsinaiseen luetteloon.

Suomalaisen kaidesuunnittelun viimeisin toimintaohje maanteiden osalta on siis Tiekaiteiden suunnittelu -ohje (2014). Sen lisäksi kaiteita käsitellään muun muassa julkaisuissa Tien poikkileikkauksen suunnitteluohje (2013), Sähkö- ja telejohdot ja maantiet (2015), Tien melusteiden suunnittelu (2015), Tiealueen puomien laatuvaatimukset (2013), Markkinoilla olevia kaidetuotteita (2015), Siltojen kaiteet (2012) ja Liikenneviraston kohteisiin sopivia sillankaidetuotteita (2015).

Ruotsalaisen kaidesuunnittelun pohjana toimii Trafikverketin, Kuntaliiton ja Maakäräjien Sveriges Kommuner och Landstingin julkaisema Krav för Vägars och gators utformning -julkaisun (2012) asettamat vaatimukset. Sen pohjalta luotu Råd för Vägars och gators utformning (2012) sisältää ohjeet, kuinka vaatimuksia ja ohjeita tulkitaan. Lisäksi samaan julkaisusarjaan on tehty viimeisin jatko-osa, joka käsittelee teiden ja katujen rakentamista lähinnä yleisinä vaatimuksina yhteisön edun sekä elinkaarikustannusten seurannan näkökulmasta julkaisussa Övergripande krav för Vägars och gators utformning (2012). Trafikverket on julkaissut myös piirustukset tyyppikaiteista ja niiden asennusohjeista.

### 2.3.1 Liikenneviraston ohjeet ja vaatimukset

Tien poikkileikkauksen suunnitteluohje (2013, 35) määrittelee kaiteiden tarpeellisuuden seuraavasti: Maaleikkaus on turvallisempi poikkileikkauksimuoto ja penkereet ovat yleensä vaarallisempia kuin 0-tasaus. Tien reunalueen suunnitteluun sisällytetään luiskien muotoilu ja kaiteen tarve sekä sen sijainnin määrittely. Luiskat suunnitellaan ensisijaisesti siten, että kaiteita ei tarvita. Jos kiinteitä esteitä ei voida sijoittaa tarpeeksi kauaksi tiestä tai luiskat joudutaan kustannussyistä tai tilanpuutteen takia tekemään vaarallisen jyrkiksi, on käytettävä reunakaiteita.

Kaiteiden ensisijainen tarkoitus on ehkäistä suistumisonnettomuuksia ja parantaa tätä kautta liikenneturvallisuutta. Tiekaiteiden suunnitteluohje (2014) antaa tarkat ohjeet eri kaidetyyppien suunnitteluun ja asentamiseen. Ohje käsittelee eri kaidetyyppejä, niiden aloitus- ja siirtymärakenteita, pituuden määrittelyä, valintaa tien reunassa ja keskellä sekä laatuvaatimuksia ja valintaperusteita.

Tiekaiteiden suunnitteluohjeessa (2014, 17–20) määritellään tien reunakaiteen valintakriteeriksi sen kokonaiskustannuksen edullisuus. Ohjeessa esitetäänkin käytettäväksi silloin N<sub>2</sub>-törmäyskestävyysluokan kaidetta. Jos kuitenkin liikenneturvallisuus muuta vaatii, valitaan muunlainen kaide. Tällöin valitaan yleensä H<sub>1</sub>...H<sub>4</sub>-törmäysluokan kaide. Monesti tilanteen vaatiessa joudutaan toimintaleveys kuitenkin pitämään alemman törmäysluokan mukaisena samalla vahvistaen joko kaidepylväiden perustamistapaa tai lyhentämällä asennusväliä.

Kaidetyypin törmäyskestävyysluokan ja joustovaran määrittelyyn vaikuttavia tekijöitä ovat:

- pelkästään penkereeltä putoamisen estäminen
- kaiteen takana on jäykkä este tai suojattava kohde
- pienen joustovaran vuoksi käytettävä jäykempi kaidetyyppi joustavamman kaiteen jatkeena esteen kohdalla
- runsas joukkoliikenne
- siltapilari, jota ei ole mitoitettu kestäväksi kuorma-auton törmäystä
- suurjännitejohdon (> 110 kV) pylvääseen ja sen haruksiin törmäminen
- rakennuksiin ja rakennelmiin törmäminen
- sillan kaiteen jatke.

Samat ohjeet koskevat soveltuvin osin myös tien keskelle sijoitettavia kaitteita. Leveällä keskialueella käytetään tavallisesti kahta yksipuolisesti toimivaa teräspalkki- tai kaksiputkikaiteita, ja kapealla keskikaiteellisella tiellä käytetään tavallisesti putkipalkkikaiteita. Kaksipuolista teräspalkkikaiteita voidaan käyttää silloin, kun tien keskialue kapenee lyhyellä matkalla ja liittyy yhteen. Sitä kuitenkin pidetään huonompana ratkaisuna kuin putkipalkkikaiteita niin ulkonäkönsä kuin vaikkapa moottoripyöräilijöiden turvallisuudenkin kannalta. Sen sijaan vaijerikaiteista, jolle voidaan valita törmäysluokka H<sub>1</sub> tai N<sub>2</sub> tapauskohtaisesti, ei ole Ruotsissa saatujen kokemusten mukaan ollut moottoripyöräilijöille merkittävää vaaraa. (Tiekaiteiden suunnittelu 2014, 21.) Kuitenkin Suomessa LINTU-projektin tutkimuksessa (1/2009, 45) todetaan vaijerikaiteen olevan vaarallisempi moottoripyöräilijöille kuin muut tyypit, mutta mainitaan sen päiden olevan kuitenkin turvallisempia autoilijoille. Suomessa sallitaan vaijerikaiteen käyttö lähinnä vain vähälumisella läntisen ja eteläisen Suomen rannikko-seudulla (Tiekaiteiden suunnittelu 2014, 21).

Tiekaiteiden suunnitteluohje (2014, 24) käsittelee vielä muun muassa kaitteen kovuuden vaikutusta hidastuvuuteen. Henkilöautossa olijoihin ei saa kohdistua törmäystilanteessa ylisuuria hidastuvuuksia. Sen riskitasoa mitataan kirjaintunnuksilla A–C. Ohje ottaa vielä kantaa luiskiin, näkemiin, kiinnostumiin, esteettisyyteen, varaosiin, korroosioon ja auraukestävyyteen.

### 2.3.2 Trafikverketin ohjeet ja vaatimukset

Trafikverketin toiminnalliset ohjeet perustuvat samoihin tiukkoihin EN-standardeihin kuin Suomessakin ja näin ollen toimivat samanlaisina laadullisina ohjeina samalla tavalla määrittellen kaiteiden tekniset vaatimustasot ja ohjeistukset. Nämä tekniset ja laadulliset vaatimukset määrittelevät sekä itse kaidetuotteiden että niiden valmistuksen ja asennuksen laadulliset tekijät. En aio paneutua Trafikverketin laadullisiin vaatimuksiin sen syvämmässä, mutta totean vain, että ruotsalaiset ovat aina pyrkineet olemaan liikenneturvallisuusasioissa kehittäjinä ja edelläkävijöinä. Suomesta on tehty jopa kansallisiin liikenneturvallisuusprojekteihin liittyviä opintomatkoja tutustumaan Ruotsin keskikaiteiden toteutusmalleihin ja Ruotsin Vägverketin suunnitteluperiaatteisiin. Ruotsissa onkin varsin yksityiskohtaiset

ohjeet keskikaideteiden suunnittelusta ja mitoituksesta (Kustannustehokkaat keskikaiteelliset tiejärjestelyt 2007, 46). Suomessa on sekä liikenne- ja viestintäministeriön että Tiehallinnon toimesta julkaistu tutkimuksia, muun muassa S12-projektiin liittyvä Keskikaiteelliset tiet Ruotsissa ja LINTU-projektiin liittyvä Kustannustehokkaat keskikaiteelliset tiejärjestelyt, joita kirjoittaessa käytettiin osittain ruotsalaisten tutkimaa aineistoa ja keskikaiteellisten teiden rakentamisessa syntyneitä tietotaitoa hyväksi.

## 2.4 Kaiteiden ja tarvikkeiden laatuvaatimukset

Tiekaiteille on asetettu laatuvaatimukset, joissa on määritelty kaidetyypin valintaperusteet, törmäyskestävyysluokka, auraukskestävyysluokka, toimintaleveys ja turvallisuustaso. Turvallisuustasoa kutsutaan myös riskitasoksi.

Standardi SFS-EN 1317-2 edellyttää kaiteiden testaamista törmäyskokein, ja niiden tulee täyttää standardin asettamat kriteerit. Tällöin auto ei saa kaiteeseen törmätessään kaatua, mennä läpi eikä yli. Auto ei saa myöskään kaiteeseen osuessaan palata kaiteesta liian jyrkässä kulmassa eikä suuret kaiteen osat saa tunkeutua autoon. Hyväksyntä raskaammassa törmäyskoeloukassa täyttää automaattisesti kevyemmän luokan vaatimukset. Törmäyskokeita tarvitaan yleensä kaksi. Törmäyskestävyysluokat ovat taulukon 2 mukaiset.

Taulukko 2. Törmäyskestävyysluokat (Tiekaiteiden suunnittelu 2013, liite 1)

Törmäyskestävyysluokka	Törmäyskoe				Törmäyskoe TB11 (pieni auto)			
	auto	Paino (tonnia)	Nopeus (km/h)	Kulma (astetta)	Auto	paino (tonnia)	nopeus (km/h)	kulma (astetta)
N1	ha	1,5	80	20	ei vaadita			
N2	ha	1,5	110	20	ha	0,9	100	20
H1	ka	10	70	15	ha	0,9	100	20
H2	la	13	70	20	ha	0,9	100	20
H3	ka	16	80	20	ha	0,9	100	20
H4	ka	30/38	65	20	ha	0,9	100	20

Tiekaiteiden suunnitteluohje (2014, 24) käsittelee vielä muun muassa kaiteen kovuuden vaikutusta hidastuvuuteen. Henkilöautossa olijoihin ei saa kohdistua törmäystilanteessa ylisuuria hidastuvuuksia. Sen riskitasoa mitataan kirjaintunnuksilla A-C (taulukko 3).

Taulukko 3. Törmäyksen riskitason määrittely SFS-EN 1317-2:n mukaan (SFS-EN 1317-2 2011, 9)

Törmäyksen riskitaso	Ohjearvo		
A	ASI ≤ 1,0	ja	THIV ≤ 33 km/h
B	ASI ≤ 1,4		
C	ASI ≤ 1,9		

ASI-arvo tulee sanoista Acceleration severity impact, ja se kuvaa erisuuntaisten kiihtyvyysskomponenttien yhteisvaikutusta törmäyksen aikana. Arvo

saadaan x-, y- ja z-komponenttivoimien erisuuruisten suhdekertoimien avulla muodostetusta keskiarvosta. THIV, Theoretical impact velocity, kuvaa, millä nopeudella ajoneuvon sisällä istunut olisi iskeytynyt ajoneuvon sisätiloihin. Mittausetäisyys on eteenpäin 60 cm ja sivulle 30 cm. (Laakso, haastattelu 8.4.2016.)

Törmäyskestävyysluokan N<sub>2</sub>- ja H<sub>1</sub>-kaiteet kuuluvat parhaaseen riskitasoon A. Teräksisinä H<sub>1</sub>...H<sub>4</sub>-törmäysluokan tiekaiteina löytyy markkinoilta vain H<sub>1</sub>-luokan putkipalkkikaiteita ja H<sub>2</sub>-luokan teräsarkkukaiteita. Siltakaiteina markkinoilla on sen sijaan useita teräksisiä H<sub>2</sub>...H<sub>4</sub>-törmäysluokan kaiteita. Betonisissa suojakaiteissa ollaan törmäyskestävyysluokkien H<sub>2</sub>-H<sub>4</sub> vaatimustasolla riskitasojen ollessa B–C. Parhaimmillaan betonikaiteissa päästään liukuvaluna tehden H<sub>4b</sub>-törmäyskestävyyteen, jolloin estetään 38 tonnin ajoneuvoyhdistelmän läpipääsy riskitasolla C.

Standardin SFS-EN 1317-5 (2012, 32) liite C on velvoittava ja sisältää kaiteiden luokittelun lumenaurauskestävyyden suhteen (Taulukko 4). Se sisältää kaidetta vasten auran ja aurattavan lumen aiheuttaman vaaka- ja pystypaineen kaiteen liikenteen puoleiseen pintaan ja yläreunaan aiheuttamien vähäisten iskujen arviointimenetelmän. Yksinkertaistettu arviointimenetelmä on tarkoitettu normaaleille teräskaitteille, vaijerikaiteille ja elementeistä kootuille tai paikalla valetuille monoliittisille betonikaiteille. Testi on mahdollinen myös muille kaidetyypeille. Kaikki Suomessa myytävät kaiteet ovat aurauskestävyysluokaltaan vaativimmalla tasolla 4.

Taulukko 4. Metallikaiteiden aurauskestävyysluokat määrittely SFS-EN 1317-5:n mukaan (SFS-EN 1317 2012, 32)

Lumenaurauksen kestävyys- luokka	Teräskaitteen muunneltu materiaalivahvuus		Muunneltu taivutusvastus horisontaalikuomia vastaan		Pylvään ja kaiteen liitoksen vertikaali- kuomankestävyys
	Avoin profiili (mm)	Putki (mm)	Kaide (cm <sup>3</sup> )	Pylväs (cm <sup>3</sup> )	
4	≥ 4	≥ 2,9	≥ 10,0	≥ 12,0	≥ M10 4.6 leikkauslujuus
3	≥ 3	≥ 2,2	≥ 5,0	≥ 9,0	≥ M10 4.6 leikkauslujuus
2	Vaijerijohteinen kaide				
1	Muu				

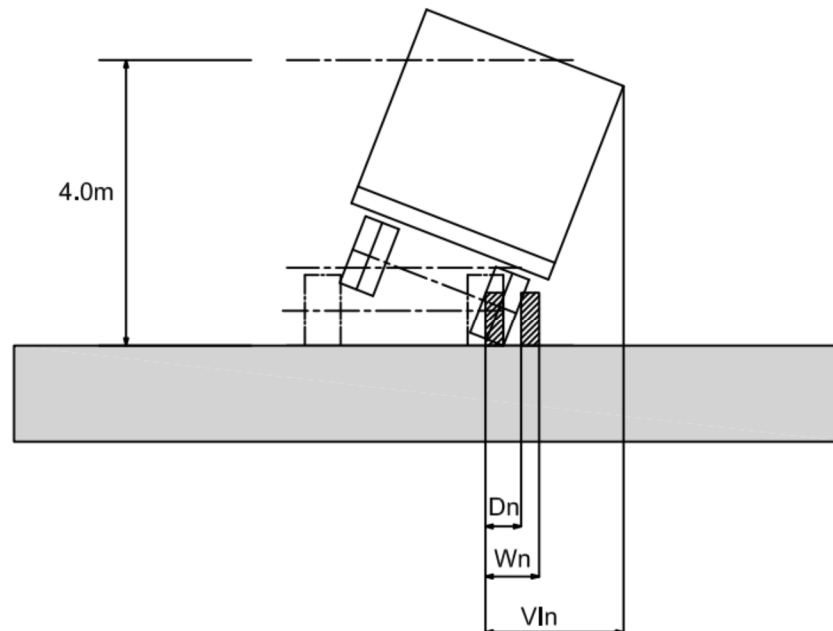
Standardin mukaan luokkien 3 ja 4 suojaetäisyyden tulee olla 40 mm johteen etusivusta pylväiden pintaan. Johteessa ei saa olla pultin tai muun laiteosan aiheuttamia lumiauran kaidetta pitkin liukumisen estäviä epätasaisuuksia. Kuitenkin poikkeuksia on esitetty standardin EN 1317-5 sivulla 34, missä sallitaan esiintulo kontaktilinjasta kuperakantaisen kansipultin laelle enimmillään 12 mm, kuusiopultin kannalle enintään 6 mm, kohtisuora kynnyksen enintään 8 mm ja viistetty 45°:n kynnyksen enintään 25 mm.

Pultin tai sen osan esiintulo ei ole mikään ongelma käytettäessä W-profiilin teräspalkkikaidetta, koska sen muodon mahdollistamana ja jopa pakottamana pylvään ja johteen kiinnityspultit ja/tai esimerkiksi aluslevyt on sijoitettava W-uran pohjaan sekä johteen jatkospalan kiinnittämiseen käytettävät kansipultit johteen kaarevaan ylä- ja alapintaan. Tällöin kiinnityspultit niiden teknisistä rakenteista huolimatta ovat turvassa lumiauran tai muun kunnossapitoon käytettävän laitteen kolhaisuilta. Muissakin kaidetyypeissä

on huomioitu kaiteen kiinnitys- ja asennustarvikkeiden sijainti joko johde- rakenteen sisään tai niin kuin esimerkiksi putkipalkkikaiteen jatkoskoh- dassa kaiteen ylä- ja alapintaan, jolloin ne eivät häiritse sivusuunnasta ta- pahtuvaa teiden kunnossapittoa ollenkaan ja pystysuunnastakin vain vähän.

Muunnettua taivutusvastusta koskevia taulukossa 4 esitettyjä vaatimuksia tulee alentaa 50 % lumiauran kanssa kosketuksiin joutumattomien kapeiden, korkeusmitaltaan alle 120 mm kaiteiden osalta (SFS-EN 1317-5 2012, 32.) Luokassa 2 kaiteen pitkittäissuuntaiset osat tulee suunnitella siten, että ne eivät vaurioidu lumiauran töytäisystä, vaikka pylväs tuhoutuisi kokoaan.

Kun pylväs ja kaide on kiinnitetty yhden pultin liitoksena, sen mitan ja lujuusluokan ominaisuudet ovat esitetty taulukossa 4. Muunlaisissa liitoksissa luokissa 3 ja 4 tulee osoittaa staattisten laskelmien avulla, että liitos kestää saman pystysuoran pistekuorman murtorajatilassa kuin yksi M 10 4.6 -ruuvi yksinkertaisessa liitoksessa.



Kuva 1. Tilantarve kaiteen ja esteen välissä (Tiekaiteiden suunnittelu 2014, 22)

Kuvassa 1 Sivuttaiset sallitut siirtymämitat ovat

- toimintaleveys (Normalised working width)  $W_N$  on kaiteen uloin sallittu liike
- sivusiirtymä, dynaaminen taipuma (Normalised dynamic deflection)  $D_N$  on kaiteen etureunan sallittu liike. Yleensä  $D_N = W_N$  – kaiteen vahvuus
- ajoneuvon ulottuma (Vehicle intrusion)  $V_{In}$ , on sivuheilahduksen vaakasuora mitta kaiteen etureunasta ajoneuvon korkeuden ollessa 4 metriä.

Toimintaleveyden mitoitus ja sen avulla tiealueen tilantarve määritellään kaiteen törmäyskestävyysluokan avulla (Taulukko 5). Kaiteelle määritetään aina esimerkiksi H<sub>2</sub>-törmäyskestävyysluokan mukainen toimintaleveys ja pienen henkilöauton aiheuttama TB<sub>11</sub>-toimintaleveys. H<sub>2</sub>-luokan kaiteelle ei normaalisti tehdä N<sub>2</sub>-luokan törmäyskoetta, jolloin N<sub>2</sub>-luokan toimintaleveys jää määrittämättä. Jos kaiteelle ei ole tehty N<sub>2</sub>-luokan törmäyskoetta tai simulointia, voidaan käyttää seuraavia laskennallisia otaksimia: toimintaleveys N<sub>2</sub>W<sub>N</sub> =

$$\begin{aligned} & (TB_{11}W_N + H_1W_N)/2 \\ & (2TB_{11}W_N + H_2W_N)/3 \\ & (4TB_{11}W_N + H_3W_N)/5 \end{aligned}$$

Lisäksi H<sub>2</sub>W<sub>N</sub> = (2TB<sub>11</sub>W<sub>N</sub> + 3H<sub>4</sub>W<sub>N</sub>)/5 ja N<sub>1</sub>W<sub>N</sub> = TB<sub>11</sub>W<sub>N</sub>. TB<sub>11</sub>W<sub>N</sub> saadaan TB<sub>11</sub> D<sub>N</sub> arvosta lisäämällä tähän johteen tai betonikaiteen etäisyyden pylvään etureunasta (Tiekaiteiden suunnittelu 2014, 22)

Taulukko 5. Minimi toimintaleveys eri kaidetyypeillä (Tiekaiteiden suunnittelu 2014, 24)

Kaidetyyppi ja testipituus	Pylväsväli	Ulottuma V <sub>I</sub> (m)		Toimintaleveys W <sub>N</sub> (m)				
		H <sub>3</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>3</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	TB <sub>11</sub>
Teräspalkkikaide tai kaksiputkikaide	3...5 m						2,1	1,3
	1...1,5 m						1,0	0,8 (0,6)
Putkipalkkikaide						1,7	1,3	0,8
Sillankaide maassa		2,5	2,1	1,7	1,3		0,3	0,6 (0,3)
Sillankaide betonissa			1,7		1,3		0,3	0,3
Liukuvalettu tai ankkuroitu betonik.			1,4		0,8		0,6	0,6
Ankkuroimaton betonielementtik.					2,1			0,8

Valmistajat saattavat ilmoittaa toimintaleveyden W sijaan toimintaleveysluokan W1...W8, jolloin leveysmittoja vastaavat merkinnät ovat:

$$W1: \leq 0,6 \text{ m}$$

$$W2: \leq 0,8 \text{ m}$$

$$W3: \leq 1,0 \text{ m}$$

$$W4: \leq 1,3 \text{ m}$$

$$W5: \leq 1,7 \text{ m}$$

$$W6: \leq 2,1 \text{ m}$$

$$W7: \leq 2,5 \text{ m}$$

$$W8: \leq 3,5 \text{ m}$$

(SFS EN 1317-2 2010, 11.)

Ajoneuvon ulottuma voidaan myös ilmoittaa ajoneuvon ulottumaluokkina V<sub>1</sub>...V<sub>8</sub>, jolloin leveysmittoja vastaavat merkinnät ovat:

$$V1: \leq 0,6 \text{ m}$$

$$V2: \leq 0,8 \text{ m}$$

$$V3: \leq 1,0 \text{ m}$$

$$V4: \leq 1,3 \text{ m}$$

$$V5: \leq 1,7 \text{ m}$$

$$V6: \leq 2,1 \text{ m}$$

$$V7: \leq 2,5 \text{ m}$$

$$V8: > 3,5 \text{ m}$$

(SFS EN 1317-2 2010, 11.)

Hyväksytyn kaiteen osat hankitaan sertifioidulta kaidevalmistajalta tai kaidevalmistajan varmistamalta muulta hyväksytyn tuotannon laadun omaavalta materiaalityöntekijältä. Hyväksytyn kaidemallin eri osilla on samat laadulliset vaatimukset kuin itse kaiteellakin.

Asennettaessa tyyppin Ty 3/51 -kaidetta johteen saa taivuttaa kaarteeseen vaati-  
maan muotoon ja sovituskohdassa lyhentää. Kaidetyypin Ty 3/61–63 joh-  
teiden esitaivutetut osat valmistaa kaidevalmistaja.

Taulukko 6. Yhteenveto törmäyskestävyydestä ja joustovaran tarpeesta sekä riskitasosta (Tiekaiteiden suunnittelu 2014, 23)

Käyttökohde	Törmäyskestävyys- luokka vähintään/ joustovara vähintään	Poikkeus	Riski- taso
<b>Vähäliikenteinen tie</b>			
Penger 1:1,5	N2/0,5 m tasanne	N2/0,3 m <sup>1)</sup>	A
Normaali este	N2/TB11W <sub>N</sub>		A
<b>Vilkasliikenteinen tie (&gt; 3000 autoa/vrk ja ≥ 80 km/h)</b>			
Penger 1:1,5	N2/0,5 m tasanne	N2/0,3 m <sup>1)</sup>	A
Normaali este	N2/N2W <sub>N</sub>	N2/TB11W <sub>N</sub> <sup>2)</sup>	A
Portaali tai pilari, normaalisti	N2W <sub>N</sub> <sup>5)</sup>		A
Portaali tai pilari, ahdas paikka	H2/N2W <sub>N</sub> <sup>5)</sup>		B, C
Betoninen melukaide	H2/N2W <sub>N</sub>		B, C
Pohjaveden suojaus	H2/N2W <sub>N</sub>	H4/N2W <sub>N</sub> <sup>3)</sup>	B, C
<b>Vilkasliikenteinen tie (&gt;6000 autoa/vrk ja ≥ 80 km/h)</b>			
Heikko siltapilari	H2/H2W <sub>N</sub> ja VI <sub>N</sub>	H3-4/ <sup>3-4)</sup>	B, C
Sillankaiteen pidennys	H2/N2W <sub>N</sub>		B, C
Siltapilari, linja-auton suojaus	H2/H2W <sub>N</sub> ja VI <sub>N</sub> <sup>4)</sup>	H2/N2W <sub>N</sub> <sup>5)</sup>	B, C
≥ 110 kV johdon pylväs tms.	H2/H2W <sub>N</sub> ja VI <sub>N</sub>	H3-4/ <sup>3)</sup>	B, C

Liikenneviraston mukaan taulukko 6 on yksinkertaistettu yhteenveto. Se kuitenkin antaa hyvän käsityksen törmäyskestävyysluokan ja riskitason keskinäisen suhteen vaikutuksesta suunniteltavaan joustovaraan. Riskitason katsotaan heikentyvän, kun tieympäristössä on normaalista tilasta poikkeavia häiriötekijöitä, kuten esimerkiksi liian lähellä ajoväylää olevat portaali tai sillan pilari, jolloin kohteeseen täytyy suunnitella joustovaraltaan ja toimintaleveydeltään pienempi sekä törmäyskestävyydeltään parempi kaide.

#### 2.4.1 Kaiteiden törmäyskokeet

Törmäyskoetilanteessa ajoneuvo ohjataan päin testattavaa tuotetta ennalta määrättyyn paikkaan ennalta määrättyllä nopeudella. Törmäysnopeus säädetään testimenetelmän mukaisesti sen ollessa alimmillaan 35 km/h ja enimmillään 110 km/h. Törmäyksissä käytetyt ajoneuvoluokat (Taulukko 7) vaihtelevat pienestä henkilöautosta 38 tonnin rekkaan. Suurin Suomessa käytetty törmäystestiauto on ollut 16 tonnin kuorma-auto (Suomen törmäyskoepalvelu 2016). Tuotteiden toiminnalle törmäyskokeissa on asetettu

joukko vaatimuksia, joita on käsitelty tämän opinnäytetyön luvussa 2.4. Perusvaatimuksena hyväksytylle lopputulokselle on, että tuote toimii suunnitellun mukaisesti ja ajoneuvo ei kaadu testitilanteessa.

Taulukko 7. Ajoneuvoluokat (SFS EN 1317-2 2010, 7)

Testi	Törmäysnopeus km/h	Törmäyskulma °	Ajoneuvon massa kg	Ajoneuvotyyppi
TB 11	100	20	900	Henkilöauto
TB 21	80	8	1300	Henkilöauto
TB 22	80	15	1300	Henkilöauto
TB 31	80	20	1500	Henkilöauto
TB 32	110	20	1500	Henkilöauto
TB 41	70	8	10000	Kuorma-auto
TB 42	70	15	10000	Kuorma-auto
TB 51	70	20	13000	Linja-auto
TB 61	80	20	16000	Kuorma-auto
TB 71	65	20	30000	Kuorma-auto
TB 81	65	20	38000	Yhdistelmäajoneuvo

Törmäyskokeiden merkitys kaiteiden testimenetelmänä lisääntyi vuodesta 1992 lähtien. Vuosina 1993–1999 Teknillisen korkeakoulu teki Suomessa Tielaitokselle ja Rautaruukille 18 törmäyskoetta silloisen standardin prEU 1317-2:1993 mukaisesti. Kokeissa testattiin Ty3/51- ja Ty3/52-piirustuksien kaiteita vuodelta 1988 ja niistä tehtyjä muunneltuja versioita. Pyrkimyksinä oli tuoda seuraavaan testiin teknisiä parannuksia ja seurata niiden vaikutusta törmäystilanteissa. Kokeet jakautuivat neljälle vuodelle niin, että vuonna 1993 oli 4, vuonna 1994 5, vuonna 1998 9 ja vuonna 1999 1 törmäystestiä. Testeissä käytettiin 13 kpl TB<sub>31</sub>- ja TB<sub>32</sub>-törmäyskokeiden 1500 kg painavia autoja sekä 5 kpl TB<sub>11</sub>-törmäyskokeen 900 kg painavia autoja. Törmäykset tehtiin 70–110 km/h -nopeuksilla N<sub>1</sub>- ja N<sub>2</sub>-törmäysluokan kaiteisiin. Lopputuloksena saatiin erilaisten kiinnityspulttikokojen ja niiden leikkauslujuuskokeilujen vaihdon sekä johdeliitoskokeilujen myötä yleisiin toimintaohjeisiin ja asennustapoihin selvyyttä. (Törmäyskokeet tielaitoksen tiekaiteeseen 1993–1999.)

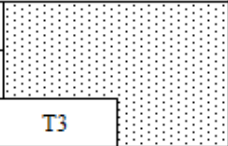
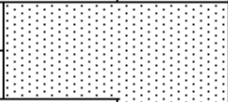
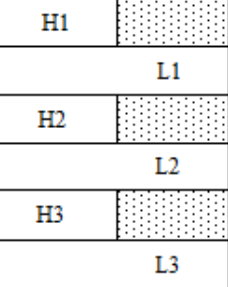
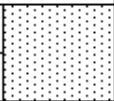
Tämän törmäyskoesarjan loppumisen aikoihin käynnistettiin Suomessa liikenneturvallisuuden parantamiseen, myös muilla keinoilla toteutettuna, tähtääviä projekteja. Silloin nousi esille muun muassa keskikaiteelliset tie-ratkaisut, joista ei edellä mainitussa kaidetutkimuksessa puhuttu ollenkaan.

Uusimmista törmäystesteistä ei ole julkaistua tietoa. Kari Laakson (haastattelu 8.4.2016) mukaan testejä on tehty ja tehdään edelleenkin alan firmojen tilaamina, mutta niistä saadut tutkimustiedot ovat salaisia. Lisäksi hän kertoi testeissä siirrytyn yhä useammin tietokonesimulaatioihin, jotka parhaimmillaan ovat halvempia toteuttaa. Standardissa EN 1317-5 (liite A, 24) todetaankin, että kaide ja törmäysvaimennin voidaan arvioida vähäisemmän testimäärän perusteella tai laskelmin, tietokonesimulaation tai yksinkertaisin kuormitustestein. Standardi myös määrittelee tietokonesimulaation käytön edellytykset, vaatimukset ja menettelytavat.



Aalto-yliopiston Yhdyskunta- ja ympäristötekniikan laitoksen Tietekniikan tutkimusyksikkö jatkoi Teknillisen korkeakoulun tielaboratorion aloittamaa suistumisturvallisuuden tutkimista vuoteen 2013 (Laakso, haastattelu 8.4.2016). Yliopiston verkkosivuilla mainitaan heidän toteuttaneen vuosina 1992–2013 lähes 400 testausta valaisinpylväiden, opasteiden, kaiteiden sekä EU-standardien mukaiseen tuotekehitystyöhön. Törmäystesteihin liittyvä tutkimustoiminta siirtyi vuonna 2014 Euro Kari Oy Suomen törmäyskoepalvelun toimialaan sen ostaessa Tietekniikan tutkimusyksiköltä kaikki törmäyskokeiden laitteet. Toimitusjohtaja Kari Laakson mukaan törmäyskokeita ei ole julkaistu 2000-luvun alun jälkeen, koska niitä on tehty vain kaidevalmistusta tekevien yritysten omaan käyttöön. Törmäyskokeet on suoritettu Suomessa Rajamäen ja Porin lentokentän yhteydessä olevilla koealueilla. Koealueilla on pystytty tekemään törmäyستestit henkilöautojen lisäksi myös kuorma- ja linja-autoilla. (Aalto-yliopisto 2016.)

Taulukko 8. Törmäyskestävyysluokkien vaatimat törmäyskoetyypit (SFS EN 1317-2 2010, 8)

Törmäyskestävyysluokat			Törmäyskoetyypit
Matala törmäyskestävyys	T1		TB 21
	T2		TB 22
	T3		TB 41 ja TB 21
Normaali törmäyskestävyys	N1		TB 31
	N2		TB 32 ja TB 11
Korkea törmäyskestävyys	H1		TB 42 ja TB 11
	L1		TB 42 ja TB 32 ja TB 11
	H2		TB 51 ja TB 11
	L2		TB 51 ja TB 32 ja TB 11
	H3		TB 61 ja TB 11
	L3		TB 61 ja TB 32 ja TB 11
Erittäin korkea törmäyskestävyys	H4a		TB 71 ja TB 11
	H4b		TB 81 ja TB 11
	L4a		TB 71 ja TB 32 ja TB 11
	L4b		TB 81 ja TB 32 ja TB 11

Matalan törmäyskestävyyden omaavat törmäyskokeet on tehty pienillä törmäyskulmilla ja nopeuksilla, minkä takia T<sub>1</sub>...T<sub>3</sub>-luokkien suojakaiteita käytetään vain väliaikaiseen suojaamiseen esimerkiksi tietyömailla. Tosin, kun väliaikaisille kaiteille asetetaan korkeampia laatuvaatimuksia, käytetään haluttuun tasoon vaadittavia törmäyskoetyyppejä.

Törmäyskoetyypit TB<sub>71</sub> ja TB<sub>81</sub> on sisällytetty tämän hetkiseen standardiin Euroopan maissa käytettävän merkittävästi erityyppisen raskaan ajoneuvokaluston ja erittäin korkean törmäyskestävyyden kaiteille tapahtuvan testauksen ja kehityksen vuoksi. Törmäyskestävyysluokkia H<sub>4a</sub> ja H<sub>4b</sub> ei saisi

ottaa huomioon aivan samantasoisena, vaikka törmäyskokeen ero ei olekaan kovin suuri. Samaa voidaan pitää ohjeistuksena verrattaessa törmäysluokkia L<sub>4a</sub> ja L<sub>4b</sub>. (SFS EN 1317-2 2010, 8.)

Vuonna 2010 käyttöön tulleet törmäyskestävyysluokat L<sub>1</sub>...L<sub>4</sub> eroavat luokista H<sub>1</sub>...H<sub>4</sub> siinä, että niissä vaaditaan lisäksi hyväksyty TB<sub>32</sub>-törmäyskoe 1500 kg:n autolla 110 km/h -nopeudella. L-törmäysluokan kaiteen turvallisuus on näin ollen perusteellisemmin tutkittu kuin H-törmäysluokan kaiteen. (Siltojen kaiteet 2012, 8.)

Lisäksi ajoneuvokokeita analysoidessa voidaan todeta, että N<sub>2</sub>-luokasta korkeampitasoisimpiin törmäyskestävyysluokkiin siirryttäessä on perustestinä ollut TB<sub>11</sub>-koeluokan 900 kg painava, 100 km/h -nopeudella testattu henkilöauto. Törmäyskokeen vaatimustason noustessa ajoneuvot ja niiden massat ovat olleet joko 10 000 kg:n, 16 000 kg:n ja 30 000 kg:n kuorma-autot, 13 000 kg:n linja-auto tai 38 000 kg:n ajoneuvoyhdistelmä ajonopeuksien ollessa 65–80 km/h.

### 2.4.2 Kiinnitys- ja asennustarvikkeet

Tiekaide koostuu perusjohteiden lisäksi pylväistä, johteiden kaarreosista ja mahdollisesta päitekappaleesta. Lisäksi johteiden ja pylväiden kiinnityksessä käytetään side- ja välilevyjä, alus- ja korialuslaattoja, eri leikkauslujuden omaavia kuusio- ja lukkoruuveja sekä kuusiomuttereita.

### 2.4.3 Sinkitys

Kaiteet ja sen kiinnitys- ja asennustarvikkeet pitää suojata korroosiota vastaan niille asetettujen standardien mukaisesti. Liikenneviraston tyyppipiirustukset ohjeistavat, että johteet ja pylväät sinkitään paikallisesti vähintään 75 µm ja muut osat paikallisesti vähintään 50 µm.

Kuumasinkitys suoritetaan kansainvälisen standardin SFS-EN ISO 1461 mukaisesti. Koska jotkut tuotteet vaativat tavallista paksumman sinkkipinnoitteen, on standardiin SFS-EN ISO 1461 lisätty kansallinen liite F paksumpia luokan B- ja C-pinnoitteita varten. Näitä valittaessa tulee aina huomioida teräkselle asetettava pii-pitoisuusvaatimus. (Suomen kuumasinkitsijät 2016.)

Käytettävän teräksen pii- ja fosforipitoisuus sekä sinkkiin kasto aika ovat olennaisimmat kuumasinkityn teräsrakenteen sinkkipinnan ulkonäköön, pinnoitteen paksuuteen ja kiinnipysyvyyteen vaikuttavat tekijät. Teräsrakenteen muoto ja mitat vaikuttavat kuumasinkityskaston suoritustapaan ja sitä kautta lopputulokseen. Teräksen lujuusluokalla ei ole suoraa vaikutusta sinkkipinnoitteen ulkonäköön tai paksuuteen. (Teräksen valinta kuumasinkittävään rakenteeseen 2004, 2.)

### Alapiiteräkset

Teräksien sinkitettävyyteen vaikuttavia pii- ja fosforimääriä muuntelemalla saadaan edellä mainitun mukaisesti eri käyttökohteisiin sopivat pinnoitteet. Jos sinkityn teräsrakenteen ulkonäkö on tärkeä tai rakenne vielä maalataan sinkityksen jälkeen, käytetään pii- ja fosforipitoisuudeltaan  $\leq 0,04$  % alapiiterästä. Tällöin rakenteen sinkkipinta on SFS-EN ISO 1461:n mukainen kirkas, tasavärinen ja hyvin kiinnittynyt. Kerrospaksuudet ovat tyypillisesti  $< 90$   $\mu\text{m}$  ja ne ovat Suomen ilmasto-olosuhteisiin riittävät. (Teräksen valinta kuumasinkittävään rakenteeseen 2004, 2.)

### Keskipiiteräkset

Jos sinkkipinnoitteen paksuus on määräävä tekijä ja halutaan standardin SFS-EN ISO 1461 luokan B mukaisia pinnoitteita (Taulukko 9), suositellaan valittavaksi pii-pitoisuudeltaan  $0,15$ – $0,25$  %:n keskipiiteräs. Keskipiiterästen sinkkipinnoite on paksumpi, mutta pinnoitteen kiinnipysyvyys on heikompi kuin alapiiteräksillä ja pinnoitteessa saattaa esiintyä värieroja sekä tummempia alueita. Käyttämällä ns. rajoitettuja, piipitoisuudeltaan  $0,15$ – $0,20$  %:n, teräksiä voidaan varmemmin saavuttaa parempi ulkonäkö ja pinnoitteen kiinnipysyvyys. Teräsrakenteet ovat maalattavissa sinkityksen jälkeen, mutta hyvä pinnan laatu on vaikeampi saavuttaa kuin alapiiteräksillä. Fosforin vähäisellä määrällä ei ole vaikutusta keskipiiterästen sinkitykseen. (Teräksen valinta kuumasinkittävään rakenteeseen 2004, 2.)

### Yläpiiteräkset

Haluttaessa erityisen suurta sinkkipinnoituspaksuutta, esimerkiksi maahan upotettavissa rakenteissa, käytetään standardin SFS-EN ISO 1461 luokan C mukaista piipitoisuudeltaan  $0,25$ – $0,35$  %:n yläpiiterästä. Tällöin pinnoitteet ovat paksuja, karkeita, hauraita ja ne tummuvat nopeasti. Teräksen valinta kuumasinkittävään rakenteeseen -ohjeessa todetaan myös sen laadukkaan esikäsitteilyn ja maalauksen olevan vaikeaa.



Kuva 2. Pengerkaiteen sinkityksen värisävyerot johteessa ja pylväissä (SSAB suojakaiteet 2016, 3)

Kaiteiden johteina käytettävät teräslaadut ovat pääsääntöisesti keskipiiteräksisiä ja pylvät yläpiiteräksisiä (Kuva 2).

Kaiteiden kuumasinkitys voidaan tehdä joko kappalekuumasinkityksenä tai jatkuvatoimisena kuumanauhasinkityksenä (Perälä, haastattelu 18.2.2016). Kappalekuumasinkityksenä maksimissaan 12 metriä pitkä ja valmiiksi muodoiltaan puristettu, valssattu tai muuten työstetty johde kastetaan esikäsitteilyjen jälkeen 460 °C:n sulaan sinkkiin. Teräksessä oleva sinkkipitoisuus ja upotusaika aikaansaavat halutun sinkkikerroksen paksuuden. Kerrospaksuudet vaihtelevat tällä menetelmällä 60–150 µm.

Nauhamaisen levyn sinkitystä kutsutaan myös ohutlevyn kuumasinkitysprosessiksi. Siinä perusmateriaalina kylmävalssattu kelalla oleva nauha syötetään linjaston läpi erilaisten käsitteilyjen läpi. Menetelmän eduksi SSAB:n teknologiapäällikkö Antti Perälä totesi haastattelussa 18.2.2016 sinkkipinnoitteen olevan tasalaatuisempi verrattuna ensin mainittuun kastomenetelmään koko prosessin paremman hallinnan perusteella. Prosessissa kylvyn jälkeen tapahtuva nauhan pintaan puhallettava ilmasuihku poistaa pinnalta ylimääräisen sinkin aikaansaaden tasaisen, ennalta määritetyn sinkkikerroksen. Prosessissa tehtävän pinnoituksen jälkeen nauha voidaan viedä haluttuun jatkokäsittelyyn, esimerkiksi kaideprofiilin kylmämuokkaukseen. Lisäksi Perälä mainitsi sinkityksen tartunnan perusaineeseen olevan parempi nauhan esilämmityksen vuoksi.

Taulukko 9. SFS-EN ISO 1461 mukaiset linkoamattomien tuotteiden sinkkikerrosvahvuudet (Suomen kuumasinkitsijät 2016).

Tuote ja sen nimellispaksuus	Paikallinen kerrospaksuus (vähintään) µm	Keskimääräinen kerrospaksuus (vähintään) µm
Teräs, ≥ 6 mm	70	85
Teräs, ≥ 3, < 6 mm	55	70
Teräs, ≥ 1,5, < 3 mm	45	55
Teräs, < 1,5 mm	35	45
Valut, ≥ 6 mm	70	80
Valut, < 6 mm	60	70

Pultit, mutterit ja aluslevyt sinkitään kiinnittimiä ja kuumasinkkipinnoitteita käsittelevän SFS-EN ISO 10684 + AC, Kiinnittimet. Kuumasinkkipinnoitteet -standardin mukaan. Standardi asettaa esimerkiksi työstötoleranssit sinkittäville ruuvikierteille, jolloin ennakoidaan sinkityksen tuoma ainepaksuuden lisäys (Taulukko 10). Standardi käsittelee myös erikokoisten pulttien ja muttereiden pinta-aloja ja niiden vaatimaa sinkkimäärää. Kerrospaksuus kiinnittimissä pitää olla vähintään 40 µm, ja tarkastettavan erän keskimääräisen kerrospaksuuden on oltava vähintään 50 µm (SFS-EN ISO 10684 + AC, 18).

Taulukko 10. SFS-EN ISO 10684 mukaiset lingottavien tuotteiden sinkkikerrosvahvuudet (Suomen kuumasinkitsijät 2016).

Tuote ja sen nimellispaksuus	Paikallinen kerrospaksuus (vähintään) µm	Keskimääräinen kerrospaksuus (vähintään) µm
Kierteitetyt tuotteet		
≥ 20 mm halkaisija	45	55
≥ 6...< 20 mm halkaisija	35	45
< 6 mm halkaisija	20	25
Muut tuotteet (mukaan lukien valurautaesineet)		
≥ 3 mm paksut	45	55
< 3 mm	35	45

#### 2.4.4 Muita laadullisia tekijöitä

Teknisten laatutekijöiden lisäksi tuotteen valmistamisessa ja toimittamisessa sekä niiden asennuksissa on hyvä olla kunnolliset ja tuotteen pitkäikäisyyteen tähtäävät toimintatavat. Tuotteen huolellisen kuljetuksen ja varastoinnin sekä valmistavassa tehtaassa että työmaalla on oltava ennalta sovitujen käytänteiden ja tapojen mukaisia. Varastoitaessa kaidetuotteita on huomioitava, etteivät ne pinottaessa joudu alttiiksi taipumisrasituksille tai kolhaisuille. Tuotteiden purkamiset ja nostot on tehtävä sekä tuotteita vaurioittamatta että työturvallisuus huomioon ottaen. Nostettaessa pitkiä ja painavia kappaleita on nostoketjujen ja liinojen oltava niihin tarkoitettussa kunnossa. Yksi 12-metrinen W230/4 -teräspalkkikaiteen johde painaa noin 140 kg, jolloin esimerkiksi 96 metrin kaiteen 8 johteen painoksi muodostuu noin 1 150 kg.

Kaidevalmistajan on myös annettava CE-merkitystä kaiteesta tuotetietojen lisäksi nämä tiedot:

- asennusohje kaiteen pystyttämiseen ja korjaamiseen
- ohje tai suositus kaiteen käyttöön liittyvistä teknisistä seikoista; esimerkiksi maininta sopivasta maaperästä, luiskakaltevuuksista, vähimmäispituudesta, sallituista kaarresäteistä ja päätyankkuroinnin tarpeesta
- pyydettyä tietä törmäyskokeessa olleen kaiteen pituudesta ja päätyankkuroinnista
- toimintaleveys ja ajoneuvon ulottuma ( $W_N$  ja  $V_{IN}$ ) standardin SFS-EN 1317-5 mukaisina, jos CE-merkintä perustuu vanhempaan standardiversioon
- TB11-törmäyskokeen tulokset ( $W_N$  ja  $D_N$ ).

Kaiteeseen kiinnitettävässä nimilapussa täytyy olla CE-vaatimusten mukaisuusmerkintä, jossa täytyy olla ilmoitettuna varmentamiselimen tunnistenumero, valmistajan nimi tai tunnus ja rekisteröity osoite, merkin kiinnitysvuoden kaksi viimeistä numeroa, todistuksen numero, eurooppalaisen standardin numero, tuotteen kuvaus ja säänneltyjä ominaisuuksia koskevat tiedot. Sellaisia ovat törmäysominaisuudet, joihin kuuluvat törmäyskestävyysluokka, törmäyksen riskitaso, toimintaleveys, dynaaminen taipuma ja ajoneuvon ulottuma. Lisäksi on ilmoitettava pitkäikäisyyteen vaikuttava teräslaatu ja sen korroosiosuojausmenetelmä, lumenaurauskestävyys ja mahdolliset tuotteeseen liittyvät vaaralliset aineet.

### 3 SUOMEN JA RUOTSIN TIEKAITEIDEN TUOTEVERTAILU

Suomessa oli vuonna 2015 kolme teräskaidetuotteita valmistavaa ja niitä myyvää yritystä: SSAB Europe Oy, Miranet Oy ja Kanerva Oy Kaide ja Kuljetus. Lisäksi teräskaitteita valmistutti ja myi Proxocon Oy. Teräspalkki- ja putkipalkkikaiteita sekä niiden päitä ja törmäysvaimentimia pelkästään tuontituotteina myyviä yrityksiä oli muutama. Lisäksi betonikaiteita valmistavia yrityksiä oli kaksi ja niitä vuokraavia yksi.

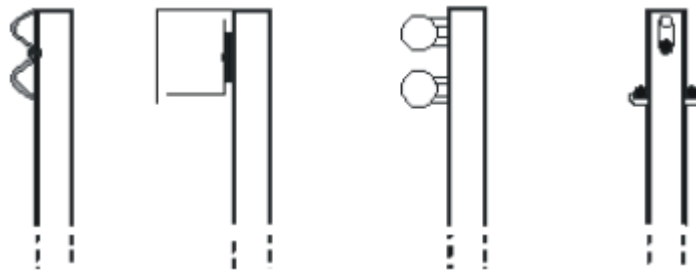
Puhuttaessa vain kaiteiden valmistuksesta ja myynnistä Suomen markkinoilla todellista kilpailua syntyy vain SSAB:n, Miranet/Saferoadin ja Kanerva Oy:n kesken.

Ruotsin markkinoilla on myös useampia toimijoita, joista päätin ottaa ruotsalaiskaiteiden suurimman valmistajan Saferoad Birstan vertailukohteeksi.

#### 3.1 Kaidetyypit Suomessa

Liikenneviraston julkaisemaan Markkinoilla olevia kaidetuotteita -oppaaseen (2015) on koottu kaidetuotteet, jotka täyttävät SFS-EN 1317-2:n ja -5:n mukaiset vaatimukset. Siinä on koottuna vähintään N<sub>2</sub>-törmäyskestävyysluokan teräspalkkikaiteet ja kaksiputkikaiteet sekä vähintään H<sub>1</sub>-törmäyskestävyysluokan putkipalkkikaiteet. Myös suuremman, vähintään H<sub>2</sub>-törmäyskestävyysluokan omaavat betoni- ja teräsarkkukaiteet on luetteloitu siihen. Lisäksi luetteloitujen metallisten kaiteiden auraukskestävyysluokaksi on määritelty 4, ja kaikkia tuotteita on aktiivisesti markkinoitu Suomessa.

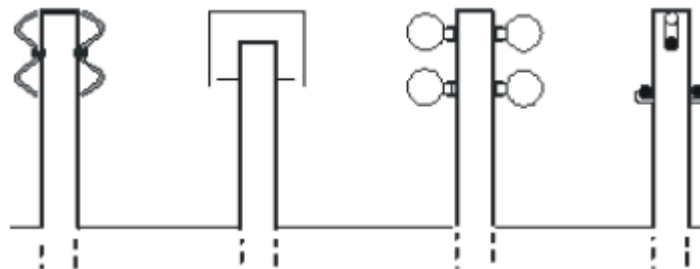
Vaikka Liikenneviraston julkaisujen luonne on yleensä ohjeistava, tämän oppaan osalta tuodaan esille, ettei sitä yksistään saa käyttää laatuvaatimukseksi kaidehankinnoissa. Oppaassa todetaankin tasapuolisen kilpailutuksen hengessä, että markkinoille tulee jatkuvasti uusia, samat laatuvaatimukset täyttäviä tuotteita.



Kuva 3. Kaidetyypit tien tai leveän keskialueen reunassa (Tiekaiteiden suunnittelu 2014, 16)

Teräskaitteet vasemmalta oikealle kuvassa 3: Teräspalkkikaide N<sub>2</sub>, putkipalkkikaide H<sub>1</sub> ja N<sub>2</sub>, kaksiputkikaide N<sub>2</sub> ja vaijerikaide N<sub>2</sub>.

Tien reunassa käytetyin kaidetyyppi on N<sub>2</sub>-törmäyskestävyyssluokan teräspalkkikaide.



Kuva 4. Kaidetyypit tien keskellä (Tiekaiteiden suunnittelu 2014, 16)

Teräskaitteet vasemmalta oikealle kuvassa 4:

Teräspalkkikaide kaksipuolisena N<sub>2</sub> (loittokappaleella varustettuna myös H<sub>1</sub>), putkipalkkikaide H<sub>1</sub> ja N<sub>2</sub>, kaksiputkikaide kaksipuolisena N<sub>2</sub> ja vaijerikaide N<sub>2</sub>.

Tien keskellä käytetyin kaidetyyppi Suomessa on H<sub>2</sub>-törmäyskestävyyssluokan putkipalkkikaide (Keskikaiteen toteutettavuus nykyisille teille 2009, 45).

### 3.1.1 SSAB kaidetuotteet

SSAB:n kaidejärjestelmät ovat CE-hyväksytyjä standardin EN1317-5 mukaisesti ja törmäysturvallisuus on todennettu standardin EN1317-2 mukaisilla törmäyskokeilla. Kaiteiden teknisen toimivuuden lisäksi valmistaja mainitsee niiden kehitystyössä kiinnitetyn huomiota turvallisuuden lisäksi myös kokonaistaloudellisuuteen, joiden saavuttamisessa on käytetty tuotteita valmistettaessa korkean lujuuden teräksiä. Lujuus ilmenee muun muassa myötölujuuden lisääntymisenä, joka taas saavutetaan materiaalien seosaineiden oikeilla suhteilla. SSAB:n kaidevalmistus ja tuotekehitys perustuvat heidän vuosikymmenten kokemukseen kaiteiden toimittajana.

Toimituksen sisältö voi olla joko asennusvalmis kaidejärjestelmä tai haluttaessa rajatumpi komponenttitoimitus. Täydelliset kaidejärjestelmät koostuvat ajojohteiden ja kaidepylväiden lisäksi aloitus- ja päätteosista, kaarre- ja nurkkakappaleista sekä kiinnitystarvikkeista. (SSAB Suojakaiteet 2016, 3.)



Kuva 5. SSAB:n avoprofiili keskikaiteessa (SSAB Suojakaiteet 2016, 5)

SSAB:n keskikaide perustuu avoprofiilin asennusväljyyteen, mikä mahdollistaa pylvään kiinnittämisen johteeseen ilman johteen pituussuunnan asennustoleransseja (Kuva 5). Keskikaiteen jatkoksen ruuvien määrä (16 kpl/12 m) on minimoitu asennuksen nopeuttamiseksi. Johteen vakiopituus on 12 metriä.

Taulukko 11. Keskikaiteen ominaisuudet (SSAB Suojakaiteet 2016, 5)

Kaide	Törmäyskestävyysluokka	Auruskestävyys	Riskitaso	Pylväs-välj., m	Törmäysajoneuvo				Pylvästyyppi
					Massa, kg	Nopeus, km/h	Törmäyskulma	Toiminta-levyys $W_n$ , m	
SSAB C210/130x4	H1	4	A	4	900	100	20	1,0	Sigma120
					10000	70	15	1,9 (W6)	
	N2	4	A	4	900	100	20	1,0	
					1500	110	20	1,6 (W5)	

Neljän metrin välein asennettava pylväs voidaan upottaa suoraan maahan tai esiasennettuun holkkiin. Holkkiasennusta käytetään esimerkiksi avattavien kaidejaksojen yhteydessä. Kaiteen korkeus vastaa Suomessa yleisesti käytettyä keskikaidetta, jolloin SSAB-keskikaide on liitettävissä olemassa oleviin kaiteisiin, hyväksytyihin törmäysvaimentimiin ja kokoon painuviin kaiteiden päihin. (SSAB Suojakaiteet 2016, 5.) Kaide täyttää törmäyskestävyysluokan H<sub>1</sub> ja N<sub>2</sub> vaatimukset (Taulukko 11).

Reunakaide SSAB W230 on lujiin teräsiin perustuva järjestelmä. Se on tehtaan mukaan täysin yhteensopiva Suomessa aiemmin yleisesti käytettyjen reunakaiteiden kanssa. Kaidetyyppi täyttää törmäyskestävyysluokan N<sub>2</sub> vaatimukset ja korkeimman auruskestävyysluokan 4 vaatimukset. Koska SSAB W230 -kaide on täysin yhteensopiva kaidetyypin W230/4 kanssa, päästään optimaaliseen ratkaisuun hyödyntämällä molempien parhaat omi-



naisuudet. Näin on esimerkiksi tilanteissa, joissa tarvitaan pienempi toimintaleveys. Reunakaide W230 toimitetaan valmiiksi rei'itettynä ja kuumasinkittyinä tarvikkeineen. Tarvittaessa kaiteita voidaan toimittaa myös taivutettuina. Kaidetyyppiin W230 saa samoja 45°:n ja 90°:n kulmakappaleita kuin W230/4-kaiteeseen. Kaidetyypin W230 vakioitoimituspituus on 12 m ja vakio pyläsväli 4 m. (SSAB Suojakaiteet 2016, 6.)

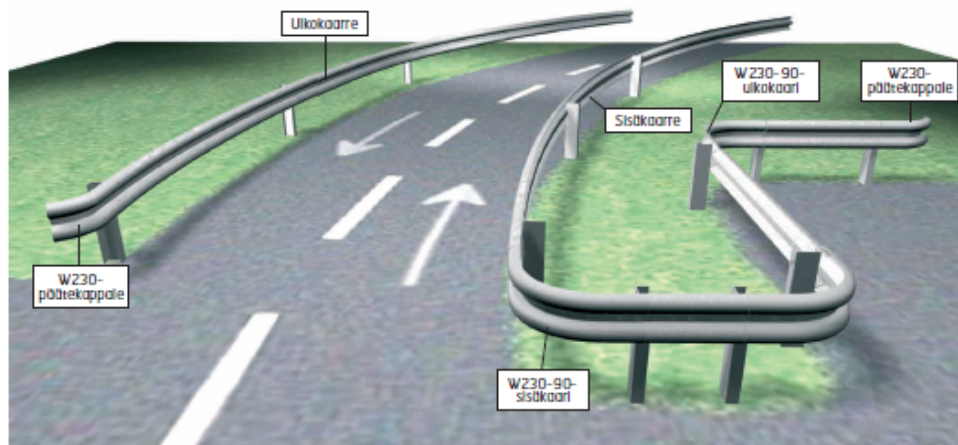
Taulukko 12. Reunakaiteen ominaisuudet (SSAB Suojakaiteet 2016, 6)

Kaide	Törmäyskestävyysluokka	Auruskestävyys	Riskitaso	Pyläsväli, m	Törmäysajoneuvo				Pylästyyppi
					Massa, kg	Nopeus, km/h	Törmäyskulma	Toimintaleveys W <sub>n</sub> , m	
SSAB W230	N2	4	A	4	900	100	20	1,4	Sigma100
					1500	110	20	1,8 (W6)	
W230/4, vahvistettu jatkos TY3/51:2010 mukaisesti	N2	4	A	4	900	100	20	1,3	U100
					1500	110	20	2,1 (W6)	
	N2	4	A	2	900	100	20	0,8	
					1500	110	20	1,4 (W5)	
	N2	4	A	1	900	100	20	0,7	
					1500	110	20	1,0 (W3)	
W230/4, vakiojatkos TY3/51 mukaisesti	N2	4	A	4	900	100	20	1,5	U100
					1500	110	20	2,1 (W6)	
	N2	4	A	2	900	100	20	1,2	
					1500	110	20	1,7 (W5)	

Yleisin Suomessa käytetty tiekaide on tyyppiin Ty 3/51 mukainen, ja sen materiaaleina käytetään S235J2:n, S355J2:n, S420M:n tai S420N:n mukaisia teräslajeja. Kirjain S tarkoittaa rakenneterästä, kolmenumeroinen lukusarja ilmoittaa teräksen myötölujuuden minimiarvon ja viimeinen kirjain tai kirjainnumero-yhdistelmä ilmaisee iskutkeysluokan. Suurempi myötölujuuden vähimmäisarvo mahdollistaa ohuempien ja kevyempien sekä jänneväliltään suurempien rakenteiden valmistamisen. (Ruukki/SSAB 2016, 1.)

Kaidejärjestelmää on saatavana vakiojatkoksella tai vahvistetulla jatkoksella, mikäli on tarvetta paremmalle toimintaleveydelle. Kaidetyyppi täyttää standardin EN 1317-2 N<sub>2</sub>-luokan mukaisen vaatimuksen törmäysturvallisuuden osalta ja korkeimman auraukestävyyden 4 vaatimukset (Taulukko 12). Kaide on testattu ja hyväksytty käytettäväksi 1, 2 ja 4 metrin pyläsväleillä. Kaikki SSAB:n toimittamat reunakaiteet ovat törmäystestattuja ja CE-merkittyjä. (SSAB Suojakaiteet 2016, 5.)

W-johteita toimitetaan myös taivutettuina. Pienin mahdollinen taivutussäde kaarreosille on 350 mm, ja pitempien kaideprofiilien taivutussäteet sovitaan tilauskohtaisesti. Lisäksi johteeseen W230 on valittavissa 45°:n ja 90°:n kaarreosa. Johteeseen W150/3 on valittavissa 90°:n kaarreosa (Kuva 6).



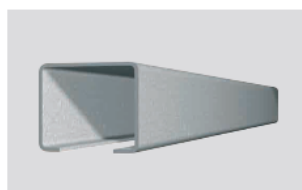
Kuva 6. W-johteiden taivutetut muodot (SSAB Suojakaiteet 2016, 8)

SSAB:n Suojakaiteet 2016 -esitteen mukaan suojakaiteet ja asennustarvikkeet toimitetaan kuumasinkittyinä sinkkikerroksen vahvuuden ylittäessä standardin SFS-EN ISO 1461 mukaiset vaatimukset ja samalla täyttäen Liikenneviraston tyyppiirustuksissa esitetyt vaatimukset. Laatuvaatimuksen mukaan suojakaiteissa, poissulkien kiinnitystarvikkeet, sinkkipinnoitteen paikallisen kerrospaksuuden on oltava vähintään 75 µm.

SSAB toimittaa CE-hyväksytyjen kaidejärjestelmien lisäksi myös muissa kaidejärjestelmissä käytettäviä johteita, pylväitä ja komponentteja (Taulukko 13). Sillankaiteissa käytettävää johdetta W240/5 voidaan toimittaa määrämittäisinä valmiiksi rei'itettynä halutulla reikävälillä, taivutettuina ja kuumasinkittyinä. Johteita on saatavissa myös ilman sinkitystä tai reikiä. Johteen W240 vakioitoimituspituus on 12 metriä pylväiden reikävälillä 2 metriä. Johdetta W230/5 käytetään pääsääntöisesti Liikenneviraston aikaisemman tyyppisillankaiteen kanssa siltojen kunnostus- ja korjaustöissä. Johdetta W150/3 käytetään kevyen liikenteen sillankaiteissa. Sen muita käyttökohteita ovat muun muassa pysäköintialot ja -alueet sekä kohteet, joissa suojaustarve on vähäisempi. (SSAB Suojakaiteet 2016, 10.)

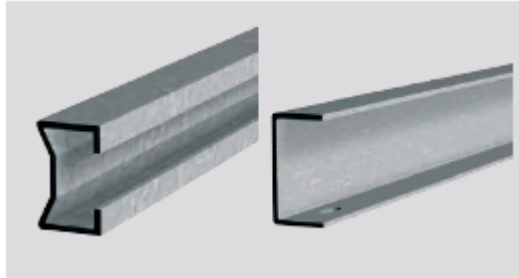
Käsijohdetta U-55/114/55 x 6 käytetään Liikenneviraston tyyppisillankaiteen kanssa. C-profiilia C-14/50/50/50/14 x 3 käytetään kevytkaitteiden korotusosissa. Käsijohde toimitetaan ilman sinkitystä. (SSAB Suojakaiteet 2016, 10.)

CE-merkitsemätöntä kaidetuotetta voidaan käyttää vanhan CE-merkitsemättömän kaitteen korjaamiseen. SSAB toimittaa johde- ja pylväsprofiileja sekä muita tarvikkeita käytettäväksi ns. Box beam -keskikaitteen (Kuva 7) korjaustöissä. (SSAB Suojakaiteet 2016, 10.)



Kuva 7. Box beam -johde (SSAB Suojakaiteet 2016, 11)

Kaidepylväsprofiileja (Kuva 8) voidaan toimittaa esimerkiksi tyyppi- ja muoto-tyyppipiirustuksien mukaisiin tai muihin yleisimpiin kaidejärjestelmiin. Pylväitä toimitetaan yleensä myös määrämittäisinä ja halutulla reikävälillä sekä myös ilman sinkitystä tai reikiä. (SSAB Suojakaiteet 2016, 10.)



Kuva 8. Sigma ja U-pylväiden profiilit (SSAB Suojakaiteet 2016, 11)

Taulukko 13. Muissa kaidejärjestelmissä käytettäviä johteita, pylväitä ja komponentteja (SSAB Suojakaiteet 2016, 11)

Modeli	Teräslaji	h [mm]	b [mm]	t [mm]	M [kg/m]	A [mm <sup>2</sup> ×10 <sup>-2</sup> ]	I <sub>x</sub> [mm <sup>4</sup> ×10 <sup>-4</sup> ]	W <sub>x</sub> [mm <sup>3</sup> ×10 <sup>-3</sup> ]	I <sub>y</sub> [mm <sup>4</sup> ×10 <sup>-4</sup> ]	W <sub>y</sub> [mm <sup>3</sup> ×10 <sup>-3</sup> ]
<b>Kaidejohteet</b>										
W150/3	S235J2	150	38	3	5,6	6,7	10,0	5,1	-	-
W230/3	S420MC	230	65	3	9,2	11,2	52,8	16	-	-
W230/4	S235J2	230	65	4	11,8	14,6	64,0	19,9	-	-
W230/5	S235J2	230	65	5	14,7	18,2	80,1	24,6	-	-
W240/5	S355MC	235	71	5	16,2	19,3	96,2	27,1	-	-
W306/3	S235J2	306	80	3	11,4	14,2	101,9	24,5	-	-
SSAB keskikalde C210/130 x 4	S420MC	132	212	4	18,8	22,5	1607	151	621	94
Box beam 150/180 x 4	S235J2	150	180	4	16,6	20,7	1179	131	636	70
Käsilohde U 55/114/55 x 6*	S355MC	114	55	6	9,5	12,3	231	40,5	34,9	9
<b>Kaidepylväät</b>										
U 50/100/50 x 4	S235J2	100	50	4	6,0	7,5	113	22,6	18,1	5,1
U 50/100/50 x 5	S235J2	100	50	5	7,3	9,1	132	26,5	21,6	6,2
SIGMA 55/100/55 x 4	S355MC	100	55	4	7,6	9,4	138	27,6	23,3	7,7
SIGMA 55/120/55 x 4	S420MC	120	55	4	8,4	10,2	213	35,5	23,7	7,8
* Sinkitsemätön										

### 3.1.2 Muut suomalaiset kaidetuotteet

Muiden suomalaisten toimijoiden teräksisiä tiekaiteita käsitellessä ei ole syytä käsitellä kuin edellä mainitsemi kolme yritystä. Näistäkin otan esille vain pääpiirteittäin heidän tuotteensa luettelomuodossa. Saferoad/Miranet-tuotteita on selvitetty tarkemmin kohdassa 2.1 Saferoad Birstan kaidetuotteet.

Saferoad/Miranet valmistaa ja myy verkkosivujensa mukaan teräspalkkikaidetta Birsta S ja kaksiputkikaidetta Birsta 2P yksi- ja kaksipuolisena. Keskikaiteena Saferoad/Miranetin valikoimaan kuuluu putkipalkkikaide Birsta 1P ja sillankaiteena Birsta 3P/H2b ja H3b ja Örsta H2 sekä tiekaiteena puulla verhoiltu teräskaide TM18, T18 ja T22.

Liikenneviraston Markkinoilla olevia tiekaiteita -julkaisun (2015, 7) mukaan Saferoad/Miranet myy/valmistaa edellisten lisäksi maa-asennukseen tarkoitettua Birsta 3P/H3g -kaidetta, puulla verhoiltuja teräskaiteita T18S2 pengerasennukseen ja T40 silta-asennuksiin sekä teräspalkkikaidetta Birsta SF ja Kohlswa-profiilin kaidetta.

Kanerva Oy Kaide ja Kuljetus valmistaa ja myy Suomessa teräspalkkikaidetta Kanerva W230/4, kaksiputkikaidetta Kanerva Tuiskukaide, putkipalkkikaidetta Kanerva BB ja Tiehallinnon H<sub>2</sub>-törmäyskestävyysluokan sillankaidetta. (Markkinoilla olevia tiekaiteita 2015, 7).

### 3.2 Kaidetyypit Ruotsissa

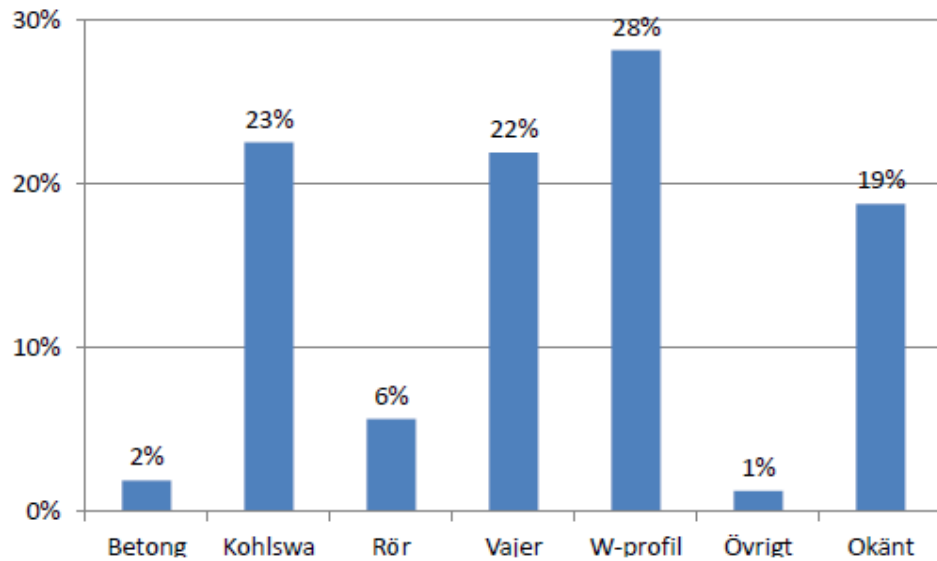
Ruotsissa valmistettaviin ja käytettäviin tiekaiteisiin on olemassa samat yleiseurooppalaiset standardit kuin meilläkin, vain kansallisen standardoimisliiton kirjainyhdistelmä standardin edessä osoittaa sen olevan ruotsalainen: SS-EN 1317-2 ja -5. Ruotsalaisilla maanteillä käytetään myös SS-EN 1317-5:n mukaisesti CE-merkittyjä kaiteita ja törmäysvaimentimia.

EN 1317 -standardin mukainen tiekaiteiden kehitystyö aloitettiin vuonna 1991. Saman vuosikymmenen lopulla vuonna 1998 julkaistiin Ruotsissa ensimmäiset EN 1317 -standardin osat. Nykyään EN 1317 -standardista on julkaistu osat -1, -2, -3 ja -5. (Wenäll 2011, 11.)

Standardi määrittelee samalla tavalla kuin meilläkin liikenneturvallisuutta edistävien laitteiden ts. kaiteiden, törmäysvaimentimien, kaiteiden päiden ja siirtymärakenteiden sekä ajoneuvoliikenteen siltojen kaiteiden vaatimustenmukaisuuden arvioinnille asetetut vaatimukset.

Ruotsissa moottoripyöräonnettomuudet ovat olleet paljon keskustelun aiheena, ja paikalliset moottoripyöräilyn kattojärjestöt ovat ottaneet asiaan paljon kantaa. Tällaisen järjestön verkkosivuilla on julkaistu muun muassa kaidetyyppejä koskevia artikkeleita (Sveriges Motorcyklister 2012). Vaije-

rikaiteiden osuus verrattuna putkipalkkikaiteisiin on ruotsalaisilla keskikatteellisilla teillä paljon suurempi kuin Suomessa. Tämä näkyy myös Trafikverketin vuonna 2011 tekemässä tutkimuksessa (Kuvio 2).



Kuvio 2. Kaiteityypit Ruotsissa (Olycksutveckling och djupstudier av dödsolyckor på motorcykel och moped 2011, 43)

Ruotsissa on tehty paljon moottoripyörien törmäämisturvallisuuteen tähtääviä kokeita, ja aikaisemmin saatujen kokemusten mukaan vaierikaiteista ei ole ollut moottoripyöräilijöille merkittävää vaaraa (Tiekaiteiden suunnittelu 2014, 21). Ilmeisesti tämän asian suhteen ollaan muodostamassa toisenlaista käsitystä, koska uusimmat testit ovat keskittyneet uudenlaisen MPS-kaiteen kehittämiseen. MPS-kirjainyhdistelmä tulee sanoista Motorcyklist Protection System ja on tarkoitettu käytettäväksi W-kaideprofiilin kanssa (Krocktest av olika motorcykeltyper mot vägräcke med och utan underglidningsskydd (MPS) 2015, 2). W-kaideprofiilia pidetään tutkimuksen mukaan ”moottoripyöräystävällisimpänä” kaiteena.

Lopputuloksena todetaan törmäystestien onnistuneen ja osoittaneen, että MPS-kaide ja kaksi W-profiilikaidetta vastakkain asetettuna on motoristille turvallinen kaideyhdistelmä (Kuva 9). Loppuraportissa todetaan lisäksi törmäyskokeen olleen ensimmäisen moottoripyöräilijöiden suojaamiseen tehty tutkimus. Lisäksi todettiin myös ajoneuvosuunnittelulla olevan suuri merkitys hyvän lopputuloksen saamiseksi. Jan Wenäll (2011, 12) toteaa raportissaan MPS-kaiteen noudattavan standardin EN 1317-8 vaatimuksia.



Kuva 9. MPS- ja W-kaide -yhdistelmä (Krocktest av olik... 2015, 5)

Pääasiallisesti Ruotsin tiekaiteet ovat joko ilman tukijalkaa, poikittaistukea tai niiden kanssa olevia W- ja Kohlswa-profiilisiä (Kuva 10) teräspalkkikaiteita. Tavallisesti tie- ja siltakaiteiden päät ovat varustetut törmäyssuojin. Ruotsissa käytetään myös vaijerikaiteita, betonikaiteita ja jonkin verran erityyppisiä putkikaiteita, joihin voidaan lukea kuuluviksi myös hiukan suuremmat avoimet tai suljetut profiilit. Ruotsissa kaikki kaidetyypit voidaan asentaa joko yksi- tai kaksipuolisina. (Wenäll 2011, 15.)

Ruotsin kaiteiden valmistus ja asennus perustuu samoihin laadullisten kriteerien vaatimuksiin kuin muissakin EN 1317 -standardeihin sitoutuneissa EU-jäsenmaissa.



Kuva 10. Kohlswa-tyypin kaide kiinnitettynä sigma-pylväaseen (Wenäll 2011, 15)

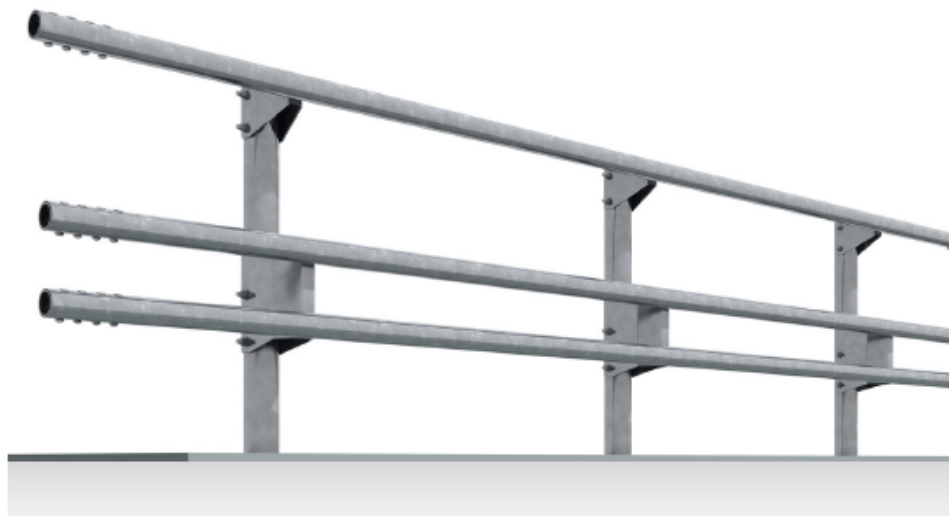
### 3.2.1 Saferoad Birstan kaidetuotteet

Saferoad Birsta AB on kehittänyt, valmistanut ja myynyt suojakaiteita, sillankaiteita ja putkenkannattimia yli 50 vuotta, ja on kasvanut yhdeksi johtavista liikenneturvallisuuista edistävästä yrityksistä Ruotsissa (Saferoad Birsta hemsida 2016).

Heidän kaidetuotteensa voidaan jakaa tiekaiteisiin, siltakaiteisiin, keskikaiteisiin, kevyen liikenteen kaiteisiin ja törmäyssuojiiin. Lisäksi heidän kaidetuotteisiinsa kuuluu myös puuteräs-yhdistelmä- ja paikoitusaluekaiteet sekä melusteet. Myös lisä- ja kiinnitysosat kuuluvat heidän tuotevalikoimiinsa. (Saferoad Birsta produkter/tjänster 2016.)

#### Tiekaiteet

Saferoad-tiekaidetyypit ovat korkealujuusteräksistä valmistetut W-profiilin BirstaW-kaiteet, Kohlsua-profiilin BirstaK-kaiteet, putkikaide-profiilin Birsta2P- ja 3P-kaiteet sekä lumikaiteiksi suunnitellut BirstaS-kaiteet. Kaiteet ovat N<sub>2</sub>-törmäyskestävyysluokan kaiteita lukuun ottamatta Birsta3P-kaidetta, joka on H<sub>3</sub>-törmäyskestävyysluokan putkikaide ja riskitasoltaan B (Kuva 11). Muut kaiteet kuuluvat riskiluokkaan A. (Saferoad Birsta produkter/tjänster/Vägräcken 2016.)



Kuva 11. H<sub>3</sub>-törmäyskestävyysluokan Birsta3P-putkikaide (Saferoad -tuote-esite 2016)

Kaikkien neljän W-profiilin kaidetyypin leveys pylvään takareunasta johteen etureunaan on 180 mm. W3-tuotenimikkeen kaiteet, joihin kuuluvat W3 c/c 2 (Kuva 12), W3 c/c 4 ja W3+, ovat lumenaurauskestävyydeltään 3 ja W2-tuotenimikkeeltään 1. Toimintaleveydet vaihtelevat tuotteen ja muun muassa sen pylväiden asennusvälin mukaisesti 0,9...1,7 metriä. W3-profiilin c/c 2- ja W3-profiilin c/c 4 -kaiteiden ainepaksuudeksi mainittiin 3 mm. Pylväiden asennusväli ilmoitetaan c/c-merkinnällä. (Saferoad Birsta produkter/tjänster/Vägräcken 2016.)



Kuva 12. BirstaW3 c/c 2 -kaide (Saferoad -tuote-esite 2016)

BirstaK-kaidetyyppien leveys pylvään takareunasta johteen etureunaan on 140 mm ainepaksuuden ollessa 6 mm. Lumenaorauskestävyysluokaksi molemmille kaidetyypeille annetaan 4. Toimintaleveydet vaihtelevat pylväiden asennusvälin mukaisesti 1,7...2,0 metriä. (Saferoad Birsta produkter/tjänster/Vägräcken 2016.)

BirstaS c/c 1- ja c/c 5-kaiteita markkinoidaan lumikaiteina, mutta niitä ilmoitetaan käytettävän myös paikoitusalueilla sekä rajaamaan teollisuus- tai rakennustyömaa-alueita. Niiden korkeus on 160 mm aorauskestävyysluokan ollessa 4. Kaiteiden toimintaleveydet vaihtelevat pylväiden asennusvälin mukaisesti 0,8...1,7 metriä. (Saferoad Birsta produkter/tjänster/Vägräcken 2016.)

Birsta2P- ja Birsta3P-kaiteet ovat kaksi- ja kolmeputkikaiteita. Leveys pylvään takareunasta putken etureunaan kaksiputkikaiteella on 180 mm ja kolmiputkikaiteella 430 mm. Aorauskestävyysluokka molemmille kaiteille on 4. Toimintaleveydet vaihtelevat 1,2...1,7 metriä pylvään asennusvälin ja kaidarakenteen mukaan. (Saferoad Birsta produkter/tjänster/Vägräcken 2016.)

Kaikki kaiteet lukuun ottamatta kolmiputkikaidetta voidaan asentaa joko maahan upottaen tai jalustalla maan pintaan. Birsta3P voidaan asentaa vain maahan upottaen. (Saferoad Birsta produkter/tjänster/Vägräcken 2016.)

### Siltakaiteet

Birsta3P-sillankaiteita valmistetaan H<sub>3</sub>- ja H<sub>4</sub>-törmäyskestävyysluokan kaiteina niiden riskitason ollessa B. Korkeudet kaiteilla on 1400 ja 1500 mm. Leveys vaakatasossa pylvään takareunasta putkien etureunaan on molemmilla kaiteilla 370 mm ja pylväiden asennusvälit 2 metriä. Lisäksi Saferoad valmistaa myös H<sub>2</sub>-luokan riskitason B putkikaidetta Birsta W, jossa yläjohteenä on alhaalta avoin putkipalkki ja törmäyssuojana W-profiilin kaide. Aorauskestävyysluokka oli ilmoitettu vain H<sub>4</sub>-kaiteelle sen ollessa 4. Kaiteen korkeus on 1200 mm, suojaava leveys W-profiilijohteella 170 mm pylväiden asennusvälin ollessa 1,8 metriä.



Kaidetyyppien toimintaleveydet ovat 0,9...1,0 metriä. Kaiteet asennetaan luonnollisesti sillan reunapalkkiin jalusta-asennuksena tai valamalla. (Saferoad Birsta produkter/tjänster/Broräcken 2016.)

#### Keskikaiteet

Saferoad valmistaa ja myy keskikaiteina tavallista 6 mm:n paksuista Kohlsua-kaidetta 2 ja 4 metrin pylväsasennusvälillä N<sub>2</sub>-törmäyskestävyysluokassa ja Birsta 1P -kaidetta H<sub>1</sub>- ja N<sub>2</sub>-törmäyskestävyysluokassa. Kaikki kaiteet kuuluvat riskitasoon A lumenaurauskestävyysluokkien ollessa 4. Putkipalkkikaiteiden leveys on 240 mm ja W-profiilin leveys pylvään taka-reunasta johteen etureunaan 140 mm. Toimintaleveydet putkipalkkikaiteilla on 1,3...1,7 metriä ja W-profiilikaiteilla 1,7...2,0 metriä pylväiden asennusvälin ollessa 4 metriä, paitsi paremman toimintaleveyden omaavalla W-profiilikaiteella 2 metriä. Kaikki kaiteet on asennettavissa joko maahan upottaen tai jalustalla asentaen maan pintaan. (Saferoad Birsta produkter/tjänster/Mittäcken 2016.)

#### Kaiteet paikoitusalueelle

Saferoad toteaa tuotenimikkeiden Birsta W2 ja W3 sekä Birsta 2P:n ja Birsta K:n sopivan paikoitusaluekaiteiksi. (Saferoad Birsta produkter/tjänster/Parkeringsrücken 2016.)

## 4 VERTAILUN TULOKSET

S 12 Pääteiden parantamisratkaisut -projektin ja liikenneturvallisuuden pitkän aikavälin tutkimukseen ja kehittämiseen tähdänneen LINTU-ohjelman avulla pystyttiin luomaan liikennekuolemia ja -onnettomuuksia vähentäviä ratkaisumalleja, jotka viitoittivat osaltaan liikenneturvallisuuden suotuisaa kehitystä.

Tiekaiteiden turvallisuuteen tähtäävillä, sekä meillä Suomessa tai Ruotsissa että muualla Euroopassa tehdyillä EN 1317-2 -standardin mukaisilla törmäystesteillä ja EN 1317-5 -standardin määräyksillä ja ohjeilla saatiin yhdenmukaistettua eurooppalaista valmistus- ja asennustapaa. Pohjana tälle toiminnalle on ollut, liikennekuolemien ja -loukkaantumisten vähentämisen lisäksi, eurooppalaisen kantatieverkon rakentaminen ja sitä kautta turvallisen liikkuvuuden edesauttaminen Euroopan unionin ihanteiden ja tavoitteiden mukaisesti.

Sekä Suomessa että Ruotsissa tehtyjen keskikaiteellisten tieratkaisujen myötä saatiin vähennettyä kohtaamisonnettomuuksia ja niistä aiheutuneita kuolemia ja loukkaantumisia. Keskikaideteiden toteutustavoissa maiden välillä on kustannuksiin vaikuttavia suuriakin eroja. Yleisimmät keskikaiteelliset tietyypit Suomessa ovat nelikaistainen, 19 metriä leveä, 2 metrin keskialueellinen 2+2-keskikaidetie ja 16 metriä leveä, 2 metrin keskialueellinen 2+1-keskikaidetie, joka tarjoaa turvalliset ohitusmahdollisuudet muutoin 1+1-kaistaisella tiellä. 2+1-keskikaidetie toteutetaan Suomessa

useasti leventämällä olemassa olevaa 1+1-kaksikaistaista 9–10,5 metrin leveyistä tietä tai sijoittamalla keskikaiteet jo olemassa olevaan 2+1-ohitus-tiehen. (Pääteiden parantaminen – tuloksia Tiehallinnon strategisesta projektista (S12) 2007, 8).

Yhdeksän vuotta vanhan tilaston mukaan 2+2-keskikaidetie on 1,5–2 kertaa kalliimpi kuin 2+1-keskikaidetie. Keskikaiteelliseksi luettava moottoritie saattaa halvimmillaan olla hinnaltaan samaa luokkaa kuin nelikaistainen 2+2-keskikaidetie, mutta yleensä se on kuitenkin kalliimpi suuremman tien poikkileikkauksen leveyden vuoksi.

Ruotsissa muutettiin perinteiset 13 metriä leveät 1+1-tiet vajjerikeskikaiteellisiksi 2+1-ohituskaistatieksi 2000-luvun alkupuolella tien poikkileikkaukselta leventämättä (Keskikaiteelliset tiet Ruotsissa 2005, 12). Näin toteutettuna tietyypin muutoskustannukset olivat huomattavasti halvempia kuin rakennettaessa keskikaidetie leventämällä reuna-alueita ja samalla tietienkin myös keskialuetta. Haluttuihin liikennekuolemien vähentämistavoitteisiin saatiin myös nopeasti tuloksia toteuttamalla keskikaiteellinen tie kyseisellä tavalla ruotsalaisen tiestön ongelmakohtiin. Samaan aikaan siellä toteutettiin myös kahden kapean 15,75 metrin tien muutokset keskikaiteelliseksi nelikaistatieksi. Myöhemmät uudiskohteena toteutetut keskikaiteelliset nelikaistatiet rakennettiin 18,5 metriä leveinä. (Keskikaiteelliset tiet Ruotsissa 2005, 12.)

Ruotsissa vajjerikaiteen käyttö on yleisempää kuin Suomessa. Ruotsi on maantieteellisesti etelämpänä kuin Suomi ja voisi olettaa, että Etelä-Ruotsin rannikkoalueilla olisi lumen määrä vähäisempi ja sen myötä aurauksen tarve pienempi. Suomessa lumen määrä onkin yksi peruste vajjerikaiteen vähäiselle käytölle. Vajjerikaiteen auraukestävyysluokka on toiseksi alimmalla tasolla eli 2. Ruotsissa on lisäksi teräskaitteita, joiden auraukestävyysluokka on 3, kun vastaavasti Suomessa kaikkiin teräskaitteisiin vaaditaan auraukestävyysluokka 4.

Suomessa keskikaideratkaisut on toteutettu pääsääntöisesti putkipalkkikaiteella. Rannikkoseudulla vähälumiseksi oletetulla 30 kilometrin linjalla välillä Vaasa–Porvoo Liikennevirasto on antanut luvan käyttää vajjerikaidetta.

Myös suistumisonnettomuudet ovat vähentyneet parantuneiden tiekaidejärjestelmien myötä. Yhtenä osana kaiteiden käyttöä ja sijoitusta tiealueelle määrittelee olemassa oleva tai rakennettava tieympäristö. Suomen ja Ruotsin liikennevirastojen ohjeissa ja määräyksissä annetaan ohjeet hyvin suunniteltuun ja toteutettavaan sekä turvalliseen tieympäristöön. Lähtökohtaisesti tiealuetta suunniteltaessa pyritäänkin siihen, että kaiteita ei tarvita.

Suomen ja Ruotsin tiekaiteet ovat maidemme liikennevirastojen tyyppipiirustusten mukaisia, ja ne on suunniteltu niille asetettujen vaatimusten mukaisiksi. Toisin sanoen ne ovat tämän hetkisen tietämyksen ja parhaan teknisen osaamisen mukaisesti valmistettu. Varsinaista näkyvää tuotekehitystä ei ole teräskaitteiden osalta tiedossa, varsinkin kun kaidevalmistajien teettämät tai tekemät törmäyskokeet on luokiteltu salaiseksi tiedoksi eivätkä siten olleet hyödynnettävissä tässä opinnäytteessä.

Ruotsissa on vuonna 2015 tehty EN 1317-8-standardin mukaisia moottoripyöräilijöille suunnattujen suojakaiteiden törmäystestejä hyvin tuloksin (Krocktest av olika... 2015). Tämä koesarja oli ainut laatuaan ja antaakin odottaa, että Ruotsin teille ilmaantuu moottoripyöräilijöiden käyttämille ajoväylille motoristikaiteita.

Suomalainen kaidevalmistaja SSAB on valmistanut taloudellisempia valmistusmenetelmiä kehittäessään W-profiilikaiteen ohuemmasta 3 mm:n teräsrainasta. Valmistettaessa kaide 3 mm:n paksuisesta korkealujuusteräksestä saadaan vastaavat teräksen ominaisuudet keston suhteen kuin 4 mm:n tavallisesta kaidemateriaalina käytetystä rakenneteräksestä. Tämä kaide-tyyppi on hyväksytty ja se sinkitään kastosinkitysmenetelmällä, kuten muutkin tiekaiteet. Ainevahvuudeltaan 3 mm:n kaide olisi mahdollista valmistaa myös jatkuvatoimisella kuumanauhasinkityksellä, mutta tällöin sinkitykseen liittyvä paksuusvaatimus ei täyty. Niin sanottu minikaide W150/3 sinkitään jatkuvatoimisella kuumasinkityksellä, mutta se ei muutenkaan täytä tai siltä ei edellytetä liikennekaiteen vaatimuksia (Perälä, kommentti 3.5.2016).

Standardin EN 1317-5, A-liitteen kohdassa C4.1. Muunneltu materiaali-paksuus, olevan kaavan mukaan ohuemman materiaalin käyttö on täysin mahdollista.

- $t_{mod}$  on kaiteen muunneltu materiaali-paksuus
- $t$  on kaideteräksen nimellinen paksuus
- $f_{yd}$  on kaidemateriaalin suunniteltu myötöraja

$$t_{mod} = t \times [f_{yd}/(235 \text{ N/mm}^2/1,1)]^{0,5}$$

$$\Rightarrow t = t_{mod} / [f_{yd}/(235 \text{ N/mm}^2/1,1)]^{0,5}$$

$$= 4 \text{ mm} / [420 \text{ N/mm}^2/(235 \text{ N/mm}^2/1,1)]^{0,5}$$

$$= 2,85 \text{ mm} \Rightarrow 2,85 \text{ mm} < 3,00 \text{ mm}$$

Kaavan mukainen laskutoimitus osoittaa, että myötölujuudeltaan 420 N/mm<sup>2</sup> olevan korkealujuusteräksen ainepaksuus 2,85 mm vastaa myötölujuudeltaan 235 N/mm<sup>2</sup> olevan 4,00 mm:n teräksen ainepaksuutta. Tehtäessä kaidejohde 3,00 mm:n paksuisesta teräksestä jopa ylitetään vaadittu taso

## 5 YHTEENVETO

Suomi ja Ruotsi ovat sekä maantieteelliseltä sijainniltaan että ympäristöolosuhteiltaan hyvin samankaltaisia. Molemmissa maissa on EU-jäsenyyden myötä sitouduttu noudattamaan EN 1317 -standardin vaatimuksia, ja molemmissa maissa sen osat -1, -2 ja -5 on hyväksytty kansallisiksi standardeiksi. Maissamme aloitettiin jo 1990-luvulla kaiteiden turvallisuuteen tähtääviä testejä ja kokeita, jotka toteutettiin standardin EN 1317-2 mukaisesti. Suomen ja Ruotsin liikennevirastot ovat tehneet yhteistyötä varsinkin S 12 Pääteiden parantamisratkaisut- ja LINTU-projekteihin liittyen, ja näiden projektien julkaisujen teossa käytettiin molempien maiden tutkimustuloksia hyväksi. Näistä voidaan mainita Keskikaiteen toteutettavuus nykyisille teille (2009)- ja Keskikaiteelliset tiet Ruotsissa (2005)-julkaisut.

Opinnäytteeni tekoon käytetyn aineiston perusteella voin sanoa, ettei maiden välillä ole juurikaan eroja kaiteiden valmistamisessa ja käytössä. Suurimmat erot löytynevät keskikaiteellisen kaiteen käyttötavoissa. Meillä suositetaan putkipalkkikaidetta keskikaideteillä, kun Ruotsissa on suosittu pääasiallisesti vaijerin käyttöä. Ruotsissa tehtiin ensimmäiset keskikaidetiekokeilut vaijerikaiteella, ja sen myötä vaijeri näyttää juurtuneen ruotsalaiseen keskikaidetiesuunnitteluun. Sen soveltuvuudesta ja turvallisuudesta tieliikenteessä ollaan oltu montaa mieltä ja viimeisimpien ruotsalaisten moottoripyöräonnettomuuksien tutkimusten perusteella Ruotsissa onkin alettu tekemään testejä toisenlaisilla kaideratkaisuilla (Krocktest av olik... 2015, 2).

Suomessa myynnissä olevista kaiteista vain Saferoad/Miranet myy Ruotsin toiseksi eniten käytettyä Kohlsua-kaidetyyppiä (luku 3.2 Kaidetyypit Ruotsissa, Kuvio 2). Ainepaksuus johteella on 6 mm sen ollessa tällöin myös markkinoiden paksuseinämäisin kaidetyyppi.

Vaikkakaan Suomen talvet eivät ole viime vuosina olleet kovin runsaslumisia, on siitäkin huolimatta meillä myytävillä kaiteilla oltava paras aurauksenkestävyysluokka, kun Ruotsissa myydään myös heikomman aurauksenkestävyysluokan kaiteita.

Kuten Kari Laakso haastattelussa kertoi, ovat kaikki vuoden 2000 jälkeen tehdyt tuotekehitykseen tähtäävät törmäyskokeet salaista tietoa. Tästä syystä minulla ei ollut mahdollisuutta käyttää niistä saatavia tietoja lähde- materiaalina tässä opinnäytetyössä.

Kokoamieni tietojen valossa vaikuttaa siltä, että SSAB:n kaidetuotteet olisivat suoraan sopivia Ruotsin markkinoille. En löytänyt Trafikverketin julkaisuista mitään sellaisia kansallisia vaatimuksia, mitä SSAB:n tuotteet eivät täyttäisi.

## LÄHTEET

Aalto-yliopisto 2016. Insinööritieteiden korkeakoulu. Yhdyskunta- ja ympäristötekniikan laitos. Viitattu 4.4.2016. <http://civil.aalto.fi/fi/research/geoengineering/highway/research/>

Ajokorttilaki nro 386/2011, 29.4.2011. Liikenne- ja viestintäministeriö.

Ajokorttilain muutos nro 70/2015. 6.2.2015.  
Liikenne- ja viestintäministeriö.

AjonL. Ajoneuvolaki nro 1090/2002. 11.12.2002  
Liikenne- ja viestintäministeriö.

CE-merkintä. 2013. Maankäyttö ja rakentaminen. Ympäristöministeriö. Päivitetty 2016. Viitattu 7.3.2016.  
[http://www.ym.fi/fi-fi/Maankaytto\\_ja\\_rakentaminen/Rakentamisen\\_ohjaus/Rakennustuotteiden\\_tuotehyvaksynta/CEmerkinta](http://www.ym.fi/fi-fi/Maankaytto_ja_rakentaminen/Rakentamisen_ohjaus/Rakennustuotteiden_tuotehyvaksynta/CEmerkinta)

CE-merkintään vaadittavat toimenpiteet ja asiakirjat 2013. Rakennustuotteet. Tukes. Päivitetty 10.6.2014. Viitattu 4.4.2016.  
<http://www.tukes.fi/fi/Toimialat/Rakennustuotteet1/Rakennustuotteet/CEmerkinta/Toimenpiteet-ja-asiakirjat/>

InfraRYL. 2015/1. Infrarakentamisen tekniset vaatimukset. Järjestelmät. Turvallisuusrakenteet ja ohjausjärjestelmät. Helsinki. Rakennustieto Oy. Viitattu 26.3.2016.  
<https://www-rakennustieto-fi.ezproxy.hamk.fi/infraryl/extra/teknisetvaatimukset.html.stx>

InfraRYL 2015/1. Infrarakentamisen tekniset vaatimukset. Rakennustekniset rakennusosat. Sillat. Helsinki: Rakennustieto Oy. Viitattu 26.3.2016.  
<https://www-rakennustieto-fi.ezproxy.hamk.fi/infraryl/extra/teknisetvaatimukset.html.stx>

HE 39/2012 vp. Hallituksen esitys Eduskunnalle laiksi maantielain muuttamisesta. 20.7.2012.

HE 82/2012 vp. Hallituksen esitys eduskunnalle laiksi eräiden rakennustuotteiden tuotehyväksynnästä sekä eräiksi siihen liittyviksi laeiksi. 21.12.2012

JulkHankL, Laki julkisista hankinnoista nro 348/2007. 30.3.2007. Kauppa- ja teollisuusministeriö.

Kustannustehokkaat keskikaiteelliset tiejärjestelyt. 2007. Liikenneturvallisuuden pitkän aikavälin tutkimus- ja kehittämisohjelma. LINTU-julkaisuja 5/2007. Liikenne- ja viestintäministeriö.

Keskikaiteelliset tiet Ruotsissa. 2005. Suunnitteluperiaatteet ja keskeiset kokemukset. Tiehallinnon sisäisiä julkaisuja 33/2005. Tiehallinto 2005. Helsinki.

Keskikaiteen toteutettavuus nykyisille teille. 2009. Liikenneturvallisuuden pitkän aikavälin tutkimus- ja kehittämisohjelma. LINTU-julkaisuja 1/2009. Liikenne- ja viestintäministeriö.

Korhonen, A. 2012. LINTU-ohjelman vaiheet. Tutkimusseminaari. Helsingin säätytalo. 22.5.2012. Liikenne- ja viestintäministeriö, Liikennevirasto ja Liikenteen turvallisuusvirasto. [http://www.lintu.info/Korhonen\\_160512.pdf](http://www.lintu.info/Korhonen_160512.pdf)

Krocktest av olika motorcykeltyper mot vägräcke med och utan underglidningsskydd (MPS). 2015. Slutrapport 10/2015. Trafikverket.

Laki Liikennevirastosta nro 862/2009. 13.11.2009. Liikenne- ja viestintäministeriö.

Laki eräiden rakennustuotteiden tuotehyväksynnästä nro 954/2012. 21.12.2012. Ympäristöministeriö.

Langeland, T. 2009. Language and Change: An Inter-Organisational Study of the Zero Vision in the Road Safety Campaign. Thesis submitted in fulfillment of the requirements for the degree of PHILOSOPHIAE DOCTOR (PhD). Faculty of Science and Technology. University of Stavanger.

Liikenneturvallisuusasiain neuvottelukunnan työjaosto. 2010. Tieliikenteen turvallisuus. Liikenneturvallisuussuunnitelman 2011–2014 taustaraportti. Julkaisu 35/2010. Liikenne- ja viestintäministeriö. Helsinki.

Liikenneviraston kohteisiin sopivia sillankaidetuotteita 15.1.2015. Liikenneviraston muistio. Liikennevirasto. Helsinki 2015.

LiikVL. Liikennevakuutuslaki nro 279/1959. 26.6.1959. Sosiaali- ja terveysministeriö.

Maantielaki nro 503/2005. 23.6.2005. Liikenne- ja viestintäministeriö.

Markkinoilla olevia kaidetuotteita 8.7.2015. Liikenneviraston opas 3817/06.04.01/2015. Liikennevirasto. Helsinki 2015.

Neuvoston direktiivi 2008/96/EY.

Neuvoston päätös 1692/96/EY.

Nironen, A. 2007. Kehittämistyön tulokset näkyvät pääteillämme. Julkaisusta Pääteiden parantaminen – tuloksia Tiehallinnon strategisesta projektista (S12). Tiehallinto.

Olycksutveckling och djupstudier av dödsolyckor på motorcykel och moped. 2011. Trafikverket.

[http://www.svmc.se/smc\\_filer/SMC%20centralt/Statistik%202012/olycksutveckling\\_och\\_djupstudier\\_av\\_dodsolyckor\\_pa\\_motorcykel\\_och\\_moped\\_underlag\\_2\\_0.pdf](http://www.svmc.se/smc_filer/SMC%20centralt/Statistik%202012/olycksutveckling_och_djupstudier_av_dodsolyckor_pa_motorcykel_och_moped_underlag_2_0.pdf)

Peltola, H, Hytönen, K & Uljas, M. 2009. Keskikaiteen toteutettavuus nykyisille teille. Tutkimusseminaari. Helsingin säätytalo. 20.5.2009. Liikenne- ja viestintäministeriö. Liikennevirasto ja Liikenteen turvallisuusvirasto. <http://www.lintu.info/peltola2009.pdf>

Pääteiden parantaminen – tuloksia Tiehallinnon strategisesta projektista (S12). Tiehallinto 2007.

Rakennustuotteiden CE-merkintä. Liikenneviraston opas 6305/06.04.00/2015. Liikennevirasto. Helsinki 2015.

Ruukki/SSAB. 2016. Neliönmuotoiset Ruukki double grade S420MH/S355J2H-rakennepuutket. Ohjelehti.

Saferoad Birsta hemsida. 2016. Viitattu 23.4.2016.  
<http://www.saferoadbirsta.se/>

Saferoad Birsta hemsida/produkter/tjänster 2016. Viitattu 23.4.2016.  
<http://www.saferoadbirsta.se/produkter/tjänster>

SFS-EN 1317-1. Road restraint systems. 2011. Part 1: Terminology and criteria for test methods. Helsinki, Suomen standardisoimisliitto SFS. Julkaisu on ladattu SFS-onlinepalvelusta(sop.nro FinElib SFS Online) 16.3.2016.

SFS-EN 1317-2. Road restraint systems. 2011. Part 2: Performance classes, impact test acceptance criteria and test methods for safety barriers including vehicle parapets. Helsinki. Suomen standardisoimisliitto SFS. Julkaisu on ladattu SFS-onlinepalvelusta(sop.nro FinElib SFS Online) 16.3.2016.

SFS-EN 1317-3. Road restraint systems. 2011. Part 3: Performance classes, impact test acceptance criteria and test methods for crash cushions. Helsinki. Suomen standardisoimisliitto SFS. Julkaisu on ladattu SFS-onlinepalvelusta(sop.nro FinElib SFS Online) 16.3.2016.

SFS-EN 1317-5 + A2 + AC. 2012. Kaiteet ja törmäysvaimentimet. Osa 5: Tuotevaatimukset, kestävyys ja vaatimustenmukaisuuden arviointi. Helsinki. Suomen standardisoimisliitto SFS. Julkaisu on ladattu SFS-onlinepalvelusta(sop.nro FinElib SFS Online) 16.3.2016.

SFS-EN ISO 1461. 2009. Valurauta- ja teräskappaleiden kuumasinkkipinnoitteet, spesifikaatiot ja testausmenetelmät. Helsinki. Suomen standardisoimisliitto SFS. Julkaisu on ladattu SFS-onlinepalvelusta(sop.nro FinElib SFS Online) 25.4.2016.

SFS-EN ISO 10684 + AC. 2005. Kiinnittimet. Kuumasinkkipinnoitteet. Helsinki. Suomen standardoimisliitto SFS. Julkaisu on ladattu SFS-onlinepalvelusta(sop.nro FinElib SFS Online) 25.4.2016.

Siltojen kaiteet 18.12.2012. Liikenneviraston ohjeita 25/2012. Liikennevirasto. Helsinki 2012.

SSAB suojakaiteet. Ohjelehti 2015.

Sulku- ja varoituslaitteet. Laatuvaatimukset ja käyttö. Toteuttamisvaiheen ohjaus. Liikenneviraston ohjeita 39/2013. Liikennevirasto. Helsinki 2013.

Suomen kuumasinkitsijät. 2016. Kuumasinkitysstandardi. Suomen kuumasinkitsijät ry. Viitattu 17.4.2016. <http://www.kuumasinkitys.fi/standardi.html>

Suomen törmäyskoepalvelu. 2016. Euro Kari Oy. Verkkosivu. Viitattu 9.4.2016. <http://www.tormays.fi/index.fi.html>

Sveriges Motorcyklister. Folksam uttalar sig av vajerräcken. 2012. Viitattu 24.4.2016. <http://www.svmc.se/smc/Nyheter/Folksam-uttalar-sig-om-vajerracken/>

Sähkö- ja telejohdot ja maantiet 8.7.2015 Liikenneviraston ohjeita 22/2015. Liikennevirasto. Helsinki 2015.

Teräksen valinta kuumasinkittävään rakenteeseen. 2004. Yleisohje 1/2004. Rautaruukki Oy, Teräsrakenneyhdistys ja Suomen kuumasinkitys ry. 2004.

Tien melusteiden suunnittelu 1.7.2015. Liikenneviraston ohjeita 21/2015. Liikennevirasto. Helsinki 2015.

Tiealueen puomien laatuvaatimukset 17.4.2013. Liikenneviraston ohjeita 2/2013. Liikennevirasto. Helsinki 2013.

Tiekaiteiden suunnittelu 28.4.2014 - Liikenneviraston ohjeita 16/2014. Liikennevirasto. Helsinki 2014.

Tien poikkileikkauksen suunnittelu 11.6.2013. Liikenneviraston ohjeita 29/2013. Liikennevirasto. Helsinki 2013.

Tieturvallisuusdirektiivin (2008/96/EY) täytäntöönpanoa ja soveltamista koskevat yleiset määräykset. Määräys Dnro 5375/070/2012. Liikennevirasto. Helsinki 2012.

TLL. Tieliikennelaki nro 267/1981. 3.4.1982. Liikenne- ja viestintäministeriö.

TLA. Tieliikenneasetus nro 182/1982. 5.3.1982. Liikenne- ja viestintäministeriö.



Törmäyskokeet tielaitoksen tiekaiteeseen 1993–1999. Tielaitoksen selvityksiä 17/1999. Tiehallinto. Helsinki 2000.

YVAL. Laki ympäristövaikutusten arviointimenettelystä nro 468/1994. 10.6.1994. Ympäristöministeriö.

VAK-laki. Laki vaarallisten aineiden kuljetuksesta nro 719/1994. 2.8.1994. Liikenne- ja viestintäministeriö.

VGU. Krav för Vägars och gators utformning. Trafikverkets publikation 179/2012. Trafikverket. Sveriges Kommuner och Landsting. Borlänge 2012.

VGU. Råd för Vägars och gators utformning. Trafikverkets publikation 180/2012. Trafikverket. Sveriges Kommuner och Landsting. Borlänge 2012.

VGU. Övergripande krav för Vägars och gators utformning. Trafikverkets publikation 181/2012. Trafikverket. Sveriges Kommuner och Landsting. Borlänge 2012.

Wenäll, J. 2011. Motorcyklister som kolliderar med vägräcken. Studie av ett antal typolyckor. VTI notat 20-2011.

Haastattelut:

Häihälä, A. 2016. Myyntipäällikkö. Opinnäytetyöpalaveri. SSAB Europe OY. Akaa. 18.2.2016.

Laakso, K. 2016. Toimitusjohtaja. Euro Kari Oy. Suomen Törmäyskoepalvelu. Haastattelu 8.4.2016.

Perälä, A. 2016. Teknologiapäällikkö. Opinnäytetyöpalaveri. SSAB Europe Oy. Akaa. 2016

Perälä, A. 2016. Teknologiapäällikkö. Sähköpostiviesti. 3.5.2016.

