



Hanna Mäkynen

Kiertotien hyödyt sillankorjauksessa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma

Insinöörityö

20.3.2023

Tiivistelmä

Tekijä: Hanna Mäkynen
Otsikko: Kiertotien hyödyt sillankorjauksessa
Sivumäärä: 47 sivua
Aika: 20.3.2021

Tutkinto: Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma: Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma
Ammatillinen pääaine: Infrarakentaminen
Ohjaajat: Työmaapäällikkö Olli-Pekka Angeria
Lehtori Mika Räsänen

Tässä insinöörityössä vertailtiin kiertotien hyötyjä verrattuna kaksivaiheisesti korjattaviin siltoihin, kun sillat korjattiin kiertotien avulla. Työ tehtiin Destia Oy:lle. Vertailussa olevat asiat olivat työturvallisuus, aikataulu sekä korjaustoimenpiteiden laatu. Vertailussa käytettiin viittä kiertotien avulla korjattua siltaa sekä kolmea kaksivaiheisesti korjattua siltaa.

Työturvallisuus on tärkeässä roolissa työskenneltäessä siltatyömaalla. Ohi ajava liikenne on yksi suurimmista työturvallisuusriskeistä. Kiertotien avulla liikenne saadaan kiertämään kauempaa työntekijöistä ja työmaa-alueesta, jolloin työturvallisuus kasvaa huomattavasti. Myös liikennejärjestelyjen tekeminen on turvallisempaa, kun työskentely liikenteen seassa väheni, koska pystyttiin jättämään yksi työvaihe kokonaan pois.

Aikataulullisesti siltoja pystyttiin korjaamaan huomattavasti nopeammin kuin kahdessa vaiheessa.

Kiertotien rakentaminen sillan korjauskohteisiin kannattaa, mikäli se on vain mahdollista, koska sen avulla työturvallisuus kasvaa, sillat pystytään korjaamaan nopeammin aikataululla sekä muutamia työvaiheita pystytään tekemään laadullisesti paremmin.

Avainsanat: kiertotie, silta, korjaus, työturvallisuus, liikenteenohjaus

Abstract

Author: Hanna Mäkynen
Title: Benefits Of Diversion Road In Bridge Repair
Number of Pages: 47 pages
Date: 20 March 2023

Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Civil Engineering
Professional Major: Infrastructure
Supervisors: Olli-Pekka Angeria, Site Manager
Mika Räsänen, Senior Lecturer

The thesis compares the benefits of a diversion road when the bridges were repaired using diversion roads as opposed to two-phased bridge repairs. The thesis was conducted for Destia Oy. Occupational safety, schedule and the quality of repairs were compared. Five bridges that were repaired using diversion road and three bridges repaired in two phases were used in the comparison.

Occupational safety has an important role in bridge worksite. Passing traffic is one the most dangerous occupational safety risks. A diversion road enables the traffic to go around further from the workers and the worksite which increases occupational safety significantly. It is also safer to carry out traffic arrangements because working around traffic is decreased as one phase is omitted.

Schedule-wise repairing bridges with a diversion road was significantly faster than using two-phased approach.

It is beneficial to build a diversion road to a bridge repairing site, if only possible. A diversion road increases occupational safety, repairing the bridge can be carried out faster and some work stages can be conducted with better quality.

Keywords: diversion road, bridge, occupational safety, traffic arrangement

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
1.1	Työn tavoite	2
1.2	Työn raja	2
1.3	Destia Oy	3
2	Sillankorjaus maanteilla	4
2.1	Yleistä silloista	4
2.2	Siltatyypit	5
2.3	Putki- ja kehäsillat	6
2.4	Taivutetut siltatyypit	7
2.4.1	Laattasillat	8
2.4.2	Palkkisillat	8
2.5	Yleistä sillankorjauksesta (Betonirakenteet)	11
3	Työturvallisuus maanteilla työskennellessä	12
3.1	Tilaajan vaatimukset	12
3.2	Tieturvapätevyudet	13
3.3	Työturvallisuuskortti	15
3.4	Turvallisuussuunnitelma	16
3.5	Työturvallisuus	16
3.6	MVR-mittaus	17
3.7	Perehdytys	18
4	Liikenteenohjaus ja kiertoteiden laatuvaatimukset	20
4.1	Yleistä liikennejärjestelyistä	20
4.2	Kiertotien liikenteenohjaus	22
4.3	Liikenteenohjaus eri siltatyyppejä korjattaessa	23
4.4	Kahdessa vaiheessa korjatut sillat	24
4.5	Kiertoteiden laatuvaatimukset	25
4.6	Sulku- ja varoitustaitteiden laatuvaatimukset	26
4.7	Kaiteiden ja muiden suojarakenteiden laatuvaatimukset	29
5	Vertailussa käytetyt korjatut sillat	30

5.1	Kiertotiellä korjatut sillat	30
5.2	Kahdessa vaiheessa korjatut sillat	31
6	Tulokset	32
6.1	Työturvallisuus liikennejärjestelyiden kannalta	32
6.2	Työturvallisuus työskennellessä kiertotien avulla	32
6.3	Aikatauluvertailun lähtökohdat	35
6.4	Aikatauluvertailu kaksivaiheisesti korjattujen ja kiertotien avulla korjattujen siltojen välillä	37
6.5	Aikataulun tarkastelu liikennejärjestelyissä	40
6.6	Laatuhyödyn tarkastelu	41
7	Yhteenveto	44
8	Pohdinta	46
	Lähteet	48

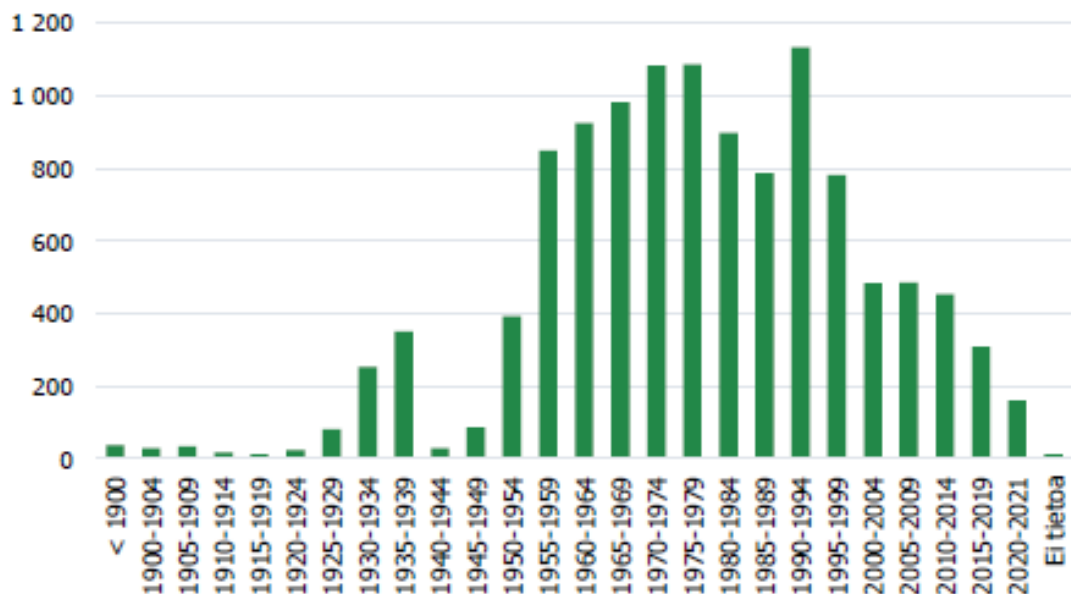
Lyhenteet

AB:	Asfalttibetoni
ABK:	Kantavan kerroksen asfalttibetoni
Blk I:	Suorajalkainen teräsbetoninen laattakehäsilta
Blk II:	Vinojalkainen teräsbetoninen laattakehäsilta
ELY:	Elinkeino-, liikenne- ja ympäristö
jk/pp:	Jalankulku ja pyörätie
MVR:	Maa- ja vesirakentaminen
RIL:	Suomen Rakennusinsinöörien Liitto Ry
SPEK:	Suomen Pelastusalan keskusjärjestö
TVH:	Tie- ja vesirakennushallitus
TVL:	Tie- ja vesirakennuslaitos

1 Johdanto

Suomen maanteillä on noin 15 160 siltaa, joista 5 % on luokiteltu huonokuntoisiksi. Huonokuntoisten siltojen määrä on koko ajan kasvussa, vaikka Väylä panostaakin niiden peruskorjauksiin. [1.] Sillat luokitellaan neljään kuntoluokkaan: hyvä, tyydyttävä, huono ja erittäin huono. Kuntoluokituksestaan huono silta tulisi korjata mahdollisimman pian ja erittäin huono tulisi korjata heti. Määrärahojen niukkuuden takia huonokuntoisten siltojen määrä kasvaa vuosittain ja korjaustoimenpiteitä lykätään. [2.] Tieverkostossa sijaitsevilla silloilla korjausvelkaa vuonna 2021 oli 272 miljoonaa euroa [3, s.16].

1960-luvulta alkaen Suomessa rakennettiin kolminkertainen määrä siltoja edelliseen vuosikymmeneen verrattuna. Siltoja rakennettiin aina 1960-luvulta 1990-luvun loppuun varsin paljon (kuva 1).



Kuva 1. Siltojen rakennusmäärät Suomessa 2021 [4, s.47].

Sillat tulevat yleensä peruskorjausikään 30–40 vuoden kuluttua rakentamisesta ja koska rakentaminen oli voimakasta 1960–1999, ei kaikkia siltoja ole pystytty

peruskorjaamaan, vaikka tarve olisikin ollut [4, s.9]. Kuten kuvasta 1 huomaa, on 1990–1999 rakennettu varsin paljon siltoja, jotka ovat tulossa pian korjausikään.

Jo vuonna 1989 on ilmestynyt ensimmäinen RIL 179-käsikirja, joka toimi op-
paana siltojen rakennuttajille, suunnittelijoille, rakentajille sekä ylläpitäjille. Kir-
jassa oli tietoa siltojen kaikista elinkaaren vaiheista. Toimintaympäristöt ja me-
netelmät ovat noista ajoista muuttuneet, mutta edelleen on käytössä RIL 179-
käsikirja, jota on päivitetty ajan saatossa muuttuneiden olosuhteiden mukaan.
Viimeisin päivitys on vuodelta 2018. Siltojen mitoitus tehdään uerokoodien mu-
kaan ja suunnittelussa sekä rakentamisessa käytetään nykyään enemmän mal-
lintamista. [5, s.15.] Siltoja tulee korjata, jotta rakenteiden toimivuus ja liikenne-
turvallisuus pystytään takaamaan. Nykyään myös liikennemäärät ja -kuormat
ovat kasvaneet siitä, kun silta on rakennettu, tämä tulee myös ottaa huomioon
sillan korjauksessa. [5, s.441.]

Toisinaan sillat saattavat olla hyvin hankala korjata kaksivaiheisesti. Näin oli
myös Suomenkylän sillalla Porvoossa vuonna 2021. Silta korjattiin kiertotien
avulla, koska sillan päällysrakenne jouduttiin tunkkaamaan ylös, jotta kannen
pääty pystyttiin korjaamaan.

1.1 Työn tavoite

Työn tavoitteena on tutkia kiertoteiden rakentamista sillankorjauskohteissa ja
miten se vaikuttaa rakennusvaiheessa työturvallisuuteen, aikataulutukseen
sekä korjaustoimenpiteiden laatuun. Tässä opinnäytetyössä vertaillaan kierto-
tien avulla korjattuja siltoja kaksivaiheisesti korjattuihin siltoihin.

1.2 Työn rajaus

Siltatyömailla työskentelyssä on aina otettava huomioon työturvallisuus, koska
riskinä on lähellä liikkuvat ajoneuvot. Työssä tarkastellaan työturvallisuutta, kun
ohi ajava liikenne menee kiertotien kautta ja miten se eroaa, kun liikenne

menee ihan työmaan vieressä. Työssä otetaan myös huomioon, millainen aika-
tauluhyöty saadaan kiertotien avulla rakennetulla sillalla. Myös laatuhyötyä tarkastellaan muutamissa työvaiheissa. Vertailussa käytettiin kiertotien avulla korjattuja siltoja sekä kaksivaiheisesti korjattuja siltoja. Vertailuun valittiin 8 kappaletta siltoja, jotka olivat Suomenkylän risteyssilta, Kialan risteyssilta, Kialan ylikulkusilta, Saulin risteyssilta, Harabackan risteyssilta, Bergstan risteyssilta, Kor-tesbackenin risteyssilta ja Gröналundin alikulkukäytävä.

1.3 Destia Oy

Destia on Suomen suurin infra-alan yhtiö sekä osa kansainvälistä Colas-konsernia. Destian tehtävänä on suunnitella, rakentaa ja kunnossapitää yhteiskunnan toiminnan kannalta välttämätöntä infrastruktuuria. Tähän kuuluvat sähköverkot, sillat, tiet ja radat. Destian asiakkaita ovat teollisuus- ja liikeyritykset, kunnat ja kaupungit sekä valtionhallinnon organisaatiot. [6.]

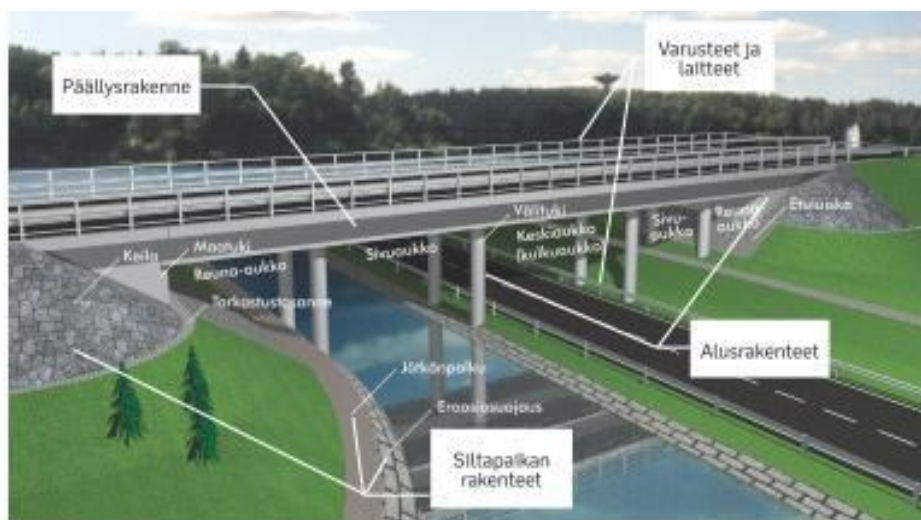
Destialla on pitkä historia, se alkaa jo vuodesta 1799–1809, kun Kustaa IV Adolf perusti Kuninkaallisen Suomen Koskenperkausjohtokunnan. Suomen itsenäistymisen jälkeen vuonna 1925 siitä tuli Tie- ja vesirakennushallitus (TVH). TVH:n jälkeen tuli Tie- ja vesirakennuslaitos (TVL) ja Tielaitos. Vuonna 1998 Tielaitos jaettiin kahteen osaan: hallinnoksi ja tuotannoksi. 2001 tuli jälleen muutoksia, kun Tielaitos jaettiin lopullisesti kahdeksi eri organisaatioksi. Silloin Tielaitoksesta tuli Tieliikelaitos. Destia vaihtui nimeksi 2007. Suomen Valtio omisti Destian vuonna 2008 jolloin se jatkoi Tieliikelaitoksen liiketoimintaa. Ahlström Capitalin osti Destia Oy:n vuonna 2014. Ranskalainen rakennusyhtiö Colas osti Destian syksyllä 2021. [6.]

2 Sillankorjaus maanteillä

2.1 Yleistä silloista

Silta on taitorakenne, joka johtaa ajoneuvo-, juna-, henkilö- tai muun liikenteen esteen yli. Rakenne, jonka vapaa aukko on yli 2 metriä, kutsutaan sillaksi. Taitorakenteet ovat rakenteita, joiden rakentamiseksi laaditaan lujuuslaskelmiin perustuvat suunnitelmat tai joiden rakenteellinen vaurioituminen suunnittelu- tai rakennusvirheen vuoksi saattaa aiheuttaa vaaraa ihmisille tai liikennejärjestelmälle. [5, s. 39.]

Sillalla on 4 pää rakenneosaa: päällysrakenne, alusrakenne, varusteet ja laitteet sekä siltapaikan rakenteet (kuva 2). Päällysrakenne on sillan tärkein rakenneosa. Se kantaa kulkevan liikenteen kuorman väylän tai esteen yli. Sen tehtävänä on myös siirtää liikennekuormat ja rakenteen omanpainon alusrakenteelle. Päällysrakenteeseen kuuluvat pääkannatin, pintarakenteet sekä rautatiesilloissa kiskot, ratapölkkyt ja tukikerros. [5, s. 44.]



Kuva 2. Sillan pää rakenneosat [5, s. 45].

Alusrakenteen tehtävänä on siirtää päällysrakenteelta tulevat kuormat kantaviin maakerrokseen tai kallioon. Alusrakenteisiin kuuluvat myös perustukseen

kuuluvat paalut, tukiseinät ja muurit sekä päätuet tukimuureineen ja siirtymälaattoineen. [5, s. 44–45.]

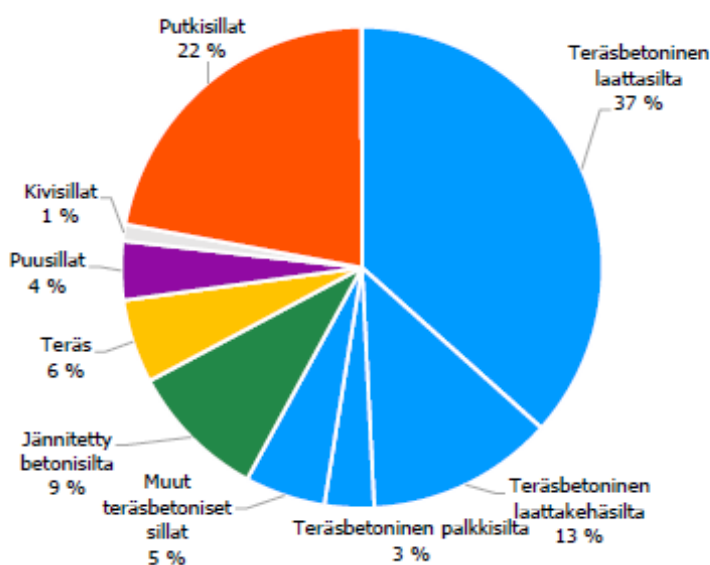
Sillan varusteet ja laitteet ovat rakenteita, joita tarvitaan sillan toiminnan, turvallisuuden ja käyttöiän vuoksi. Tällaisia rakenteita ovat esimerkiksi laakerit, liikuntasaumalaitteet, kaiteet ja valaisimet. [5, s. 45.]

Siltapaikan rakenteet ovat pääosin sillan ulkopuolella, mutta tarpeellisia kuivatuksen, turvallisuuden sekä pitkäaikaiskestävyyden vuoksi. Näihin rakenteisiin kuuluvat esimerkiksi luiskat verhoiluineen, sadevesikourut ja kaivot ja pengerkaitteet. [5, s. 45.]

2.2 Siltatyypit

Siltatyypit kuvastavat sillan kantavia rakenteita ja siitä ilmenee sillan pääkannattimen staattinen toimintatapa. Suomessa pääkannattimien rakennusaineita ovat teräsbetoni, jännitetty betoni, teräs, kivi sekä puu (kuva 3). [5 s. 45.]

Suomessa siltatyypit jaotellaan viiteen eri ryhmään: putki- ja kehäsillat, taivutetut siltatyypit, puristetut siltatyypit, vedetyt siltatyypit sekä erikoissillat.



Kuva 3. Siltojen lukumäärät siltatyypeittäin vuonna 2021 [4, s. 34].

Siltatyyppeiden valinnat rakennettavaan kohteeseen perustuvat sillan ja väylän kokonaiskustannusten optimointiin. Valinnassa vertaillaan erilaisten ratkaisujen kantavien rakenteiden rakenteellista tehokkuutta sekä miten ne vaikuttavat rakennuskustannuksiin. Kustannuksiin vaikuttavat myös perustamisolosuhteet, tien geometria, rakennusaikainen liikenne sekä päällysrakenteen rakennekorkeuden hoikkuusvaatimukset. Rakenteiden tulisi olla myös mahdollisimman huoltovapaita. Suomessa yleisin siltojen rakennusmateriaali on betoni, josta on noin 60 % Suomen silloista. [5, s. 45–47.]

2.3 Putki- ja kehäsillat

Rakennuskustannuksiltaan putkisillat ovat edullisimpia siltoja. Sillassa on tehtaalla valmistettu puristettu rengasmainen rakenne (kuva 4). Sen materiaali voi olla terästä tai betonia. Yleensä putkisilloja on pienillä vesistöalueilla tai kevyen liikenteen alikulkukäytävinä. Aallotetut teräsprofiiliset putket jaetaan muotonsa mukaan pyöreiksi, matalarakenteisiksi, alikulkukäytävätyypiksi, elliptiseksi tai vaakaelliptiseksi ja teräsholveihin. [5, s. 47.]



Kuva 4. Putkisilta [5, s. 47].

Yleisin siltatyyppi kevyen liikenteen alikulkukäytäviksi on betoninen ja paikalla valettu laattakehäsilta. Siltatyyppiä voi olla kahdenlaisia, joko suorajalkainen kehäsilta Blk I tai vinojalkainen siltatyyppi Blk II. Erona siltatyypeillä on se, että vinojalkainen on hieman avarampi (kuva 5). [5, s. 8.]



Kuva 5. Vinojalkainen ja suorajalkainen kehäsilta [5, s. 48].

Yleensä rakentamiseen valitaan vinojalkainen tyyppi, ellei aikaisemmin ole rakennettu jo suorajalkaista tyyppiä siltapaikalle. Kehäsilta on muodoltaan kehäinen, jäykkien sivuseinien ja kannen muodostaman kehän vuoksi. Kehäsilloissa ei ole laakereita eikä liikuntasaumalaitteita, joten se on huoltovapaa silta laakereiden ja liikuntasaumalaitteiden osalta. Kyseistä siltatyyppiä on myös mahdollista käyttää kehäratasiltana, toki silloin sen rakenteet ovat massiivisemmat. Kehäsilloissa on murskekerros kansilaatan päällä, joten niiltä osin se eroaa muista betonikantisista silloista. Koska murskekerros on kansilaatan päällä, pystytään myös asfalttikerros tekemään yhtenäisenä koko sillan kohdalla. [5, s. 48.]

2.4 Taivutetut siltatyypit

Taivutettuihin siltoihin kuuluvat laatta-, palkki-, ristikkosillat sekä extradosed-sillat. Taivutetuissa silloissa sillan rakenteen taivutuskapasiteetin avulla pystytään kantamaan sillan hyötykuorma. Kuormat siirtyvät pääkannattimilta alusrakenteille, jotka tukeutuvat kantavaan maapohjaan. Rakennusmateriaalina

taivutetuissa silloissa käytetään teräsbetonia, jännitettyä betonia, terästä tai puuta. [5 s. 49.]

2.4.1 Laattasillat

Suomen tiesilloista yli kolmannes on tyypiltään teräsbetonisia laattasiltoja. Tyypillisesti laattasiltaa käytetään alikulkukäytävinä, risteyssiltoina ja rautatiesiltana. Jännevälinä on yleensä 8–20 metriä, mutta jännitettynä jännemitta saattaa olla pidempi. Laattasillat ovat helppoja ja edullisia rakentaa sekä ylläpitää, koska silloissa ei käytetä laakereita tai liikuntasaumalaitteita, paitsi jos sillan pilarit ovat alle 5 metriä tai sillan kokonaispituus on yli 70 metriä. [5, s. 49.]

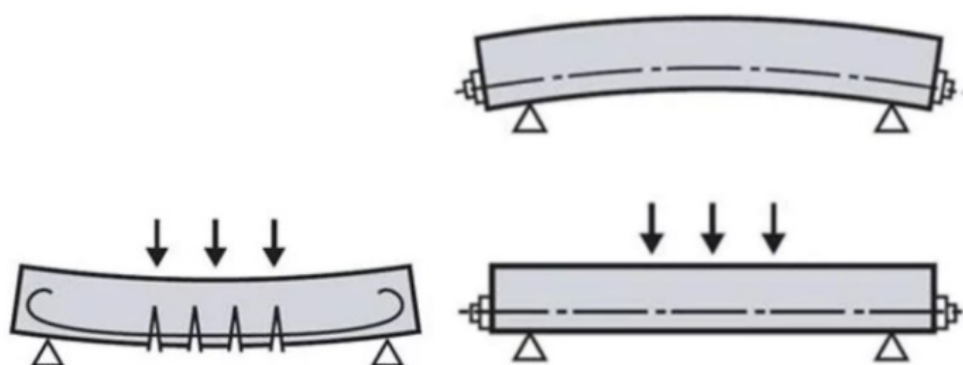
2.4.2 Palkkisillat

Betoninen palkkisilta (kuva 6) on myös hyvin yleinen siltatyyppe suomesa. Palkkisillan jännemitat saattavat olla 20–100 metrin välillä. Mikäli sillassa on pitkät jännemitat, tukialueen päätypalkit yhdistetään yhtenäisillä laatoilla.



Kuva 6. Jännitetty betoninen jatkuva palkkisilta [5, s. 50].

Lähes aina betoniset palkkisillat jännitetään. Tällä tavoin pystytään vähentämään poikkileikkauksen omaa painoa sekä parantamaan rakenteen kantokykyä [5, s. 50]. Jännitetyissä palkkisilloissa betonirakenteet on jännitetty ennen rakenteiden käyttöä. Rakenteet ovat esi- tai jälkijännitettyjä, riippuen siitä kumpaa menetelmää elementin valmistuksessa on käytetty. [5, s. 204.] Käytännössä ennen käyttöönottoa betoni jännitetään jännepunoksilla, jolloin rakenteeseen saadaan puristava voima (kuva 7). Tällöin pystytään vähentämään sillalle muodostuvista kuormista aiheutuva halkeilu. [7, s. 380–381.]



Kuva 7. Jännittämättömän ja jännitetyn betonirakenteen toimintaperiaate [8].

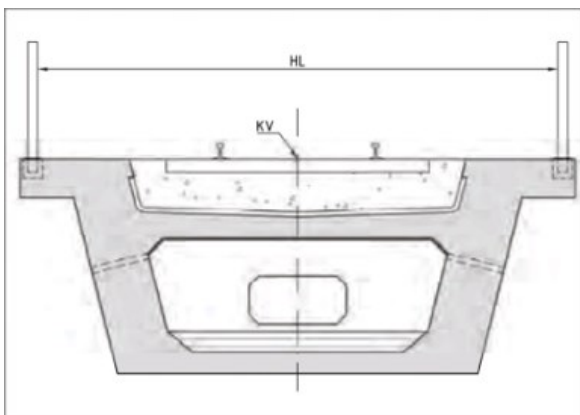
Liittopalkkisilta (kuva 8) on teräspalkkisilloista käytetyin. Siinä teräspalkit toimivat yhdessä teräsbetonisen kansilaatan kanssa. Liittopalkkisillan jännemitta saattaa olla 70–150 metriä pitkä, minkä vuoksi liittopalkkisilloja käytetäänkin vesistösiltoina. Liittopalkkisiltojen suurin etu on rakennustapa, jossa teräspalkisto asennetaan paikoilleen asennuslaakereiden avulla työntämällä se välitukien päällä. [5 s. 51.]



Kuva 8. Liittopalkkisilta [5, s. 51].

Tällöin ei tarvitse rakentaa päällysrakenteen rakennustyön aikaisia tukitelineitä veteen tai heikkoon maapohjaan. Liittopalkkisiltoja käytetään myös pienikokoisten teiden yksiaukkoisissa vesistösilloissa. Tehtaalta kuljetetaan valmiit teräspalkit siltapaikalle ja ne asennetaan nostureilla paikoilleen. Kansilaatat kyseisissä kohteissa rakennetaan betonielementeistä paikan päällä teräspalkkien varaan. Kyseisellä rakennustavalla pystytään lyhentämään rakentamisaikaa. [5, s. 51.]

Betoniset jännitetyt kotelopalkkisillat (kuva 9) soveltuvat parhaiten pitkäjänteisiin siltoihin, joissa pääjänteiden pituus on yli 70 metriä sekä siltapaikoille, jotka sijaitsevat kaarteissa. [5, s. 53–54.]



Kuva 9. Poikkileikkaus kotelopalkkisillasta [5, s. 53].

Kotelopalkkisillan haasteena on sen rakennettavuus [5, s. 53–54].

2.5 Yleistä sillankorjauksesta (Betonirakenteet)

Yleisimpiä siltojen betonirakenteiden vaurioita ovat halkeilu, raudoituksen korroosiovauriot, betonin pakkassuolarapautuminen, veden jäätyminen vauriot sekä törmäysvauriot. Vesi, pakkanen ja suolaus aiheuttavat siltojen betonirakenteisiin rapautumista, halkeilua ja karbonatisoitumista. Erilaisia vauriotyyppejä ovat betonin pintavauriot ja halkeamat sekä raudoituksen korroosio. Lähes aina kosteus on vaikuttamassa betonirakenteiden vaurioitumiseen. Ulkoisia rasisitustekijöitä teräsbetonirakenteiden säilyvyyteen ovat kosteus, kloridit ja muut ympäristön epäpuhtaudet sekä ilman hiilidioksidipitoisuus. Myös pakkanen ja lämpötilanvaihtelut, liikenne, virtaava vesi ja jää sekä merivesi ja -tuuli aiheuttavat betonille rasisitusta. Myös betonissa voi olla ominaisuuksia, jotka kiihdyttävät ulkoisia rasisitustekijöitä. Tällaisia ominaisuuksia ovat huono tiiveys, pinnan halkeilu, voimakas karbonatisoitumistaipumus sekä vähäinen suojahuokosten määrä. [9, s. 5.]

Siltatyömaalla sekä yleensäkin liikenteen seassa työskennellessä suurin riski työturvallisuuteen liittyen tulee ohiajavasta liikenteestä. Työskenneltäessä liikenteen seassa, tulee työntekijöiden kiinnittää erityistä huomiota työturvallisuuteen ja välttää kaikki mahdolliset riskin otot, jotta vältytään onnettomuuksilta.

3 Työturvallisuus maanteillä työskenneltäessä

3.1 Tilaajan vaatimukset

Tilaajan tulee jo tarjouspyyntövaiheessa antaa selkeät vaatimukset mahdollisista liikennejärjestelyistä, jolloin pystytään helpottamaan sekä tilaajan, että urakoitsijan toimintaa. Tilaajan tehtävänä onkin arvioida liikenteen tarpeet ja niiden pohjalta määrittää käytettävät urakkakohtaiset vaatimukset. Väyläviraston ohjeistuksessa on laadittu luettelo asioista, jotka tilaajan tulee määritellä urakalle. Huomioon otettavia asioita ovat nopeusrajoitukset työmaalla ja työkohteissa sekä keinot niiden rajoittamiseen. Varsinkin työmaan alussa tulisi huomioida nopeusrajoitukset, ettei ylinopeudet aiheuta vaaratilanteita. Tilaajan tulee myös perustella nopeusrajoitusten alentaminen yksittäisten työkohteiden kohdalla, mikäli jokin työvaihe sen vaatii. [10, s. 8–9.]

Tilaaja voi myös vaatia urakoitsijaa käyttämään muuttuvia nopeusrajoitusmerkkejä työmaalla sekä määrittää tilanteet, jolloin työkohteen nopeusrajoituksia ei tarvitse nostaa työajan ulkopuolella tai viikonloppuisin. Tilaaja määrittää myös yksittäisten kaistojen sulkemisen perusteet liikennemäärien mukaan. Mikäli tiettyömaan yhteydessä menee kevyenliikenteenväyliä, tulee pyöräilijöille sekä jalkankulkijoille järjestää ajoneuvoliikenteestä erottuva reitti. [10, s. 9.]

Myös ajoradan ulkopuolelle tehtävät rakenteelliset työt, kuten kaiteet, valaisimet ja kuivatusrakenteet tulee ottaa huomioon. Mikäli tietyömaa-alueella sijaitsee liikkeitä, tulee huomioida, että liikkeisiin pääsy säilyy. [10, s. 9.]

Myös laatuvaatimusten mukaiset tiemerkinnot, työaikaisen viitoituksen taso ja laajuus sekä vanhojen tiemerkinnot poisto täytyy tilaajan määrittää. Tilaaja myös määrittää aikataulun ja vaatimustason työnaikaisten liikennejärjestelysuunnitelmien toimittamisesta. Mikäli tilaaja haluaa käyttää ohjeita tiukempia vaatimuksia, tulee tilaajan määrittää sulk- ja varoituslaitteiden toimintaympäristövaatimukset. [10, s. 9.]

Mikäli tietyömaalle rakennetaan kiertotie, tilaaja määrittää kiertotien mitoitusvaatimukset kuten minimikaarresäteen, kaistaleveyden, päällysteen laadun ja leveyden sekä tiemerkinnot eri työvaiheissa. Muita tilaajan määrittämiä asioita ovat myös erikoiskuljetusreittien vaatimukset sille miten leveä ja korkea väylä on sekä miten rakenne kestää sen, eri vuodenaikoina olevan valaistuksen tarpeen, työt jotka tulee tehdä valaistuissa olosuhteissa tai valoisan aikana, yksittäisen työkohteen pituus, josta aiheutuu vaaraa ja haittaa liikenteelle, väylät tai liittymät joille on mahdollista tehdä tai etsiä korvaava reitti työnajaksi, jolloin ne voidaan sulkea sekä mahdolliset tapahtumat, joista aiheutuu normaalia enemmän liikennettä. [10, s. 9.]

Liikennejärjestelyissä tulee myös huomioida työmaan lähellä olevat koulut, päiväkodit, sairaalat, hoitokodit sekä pelastuslaitokset. Toisinaan voi olla tarve huomioida myös maatalouskoneet liikennejärjestelyissä. [10, s. 10.]

Tilaaja määrittää myös työvaiheet ja tarvittavat luvat, mikäli töitä joudutaan tekemään poikkeuksellisiin vuorokaudenaikoihin sekä liikennettä haittaavien työmenetelmien, kuten kaivamisen ja louhinnan käyttö [10, s. 10].

3.2 Tieturvapätevyyydet

Kun tehdään töitä katu- tai tiealueilla, altistuvat työntekijät merkittävästi vaaroille. Väylävirasto edellyttääkin kaikilta yleisillä teillä työskenteleviltä Tieturva 1-pätevyys (kuva 10). Tieturva 1 on peruskurssi tieturvallisuudesta ja Tieturva 2 on jatkokurssi, joka on tarkoitettu tiellä työskentelyn liikenne- ja työturvallisuudesta vastuussa oleville henkilöille. Molemmat koulutukset suoritetaan maksuttomina verkkokoulutuksina. [11.]



Kuva 10. Tieturvakortti [12].

Tieturva 1 -koulutus täytyy olla henkilöillä, jotka osallistuvat tiellä tehtävään tienpitoon liittyviin töihin sekä tie- ja päällystysmateriaaleja kuljettavan auton kuljettajalta. Myös yleisellä tiellä muissa töissä työskentelevillä tulee pätevyys olla voimassa. Suorittaakseen Tieturva 2 -koulutuksen, tulee Tieturva 1 olla voimassa. Tieturvapätevyudet ovat voimassa 5 vuotta. [11.]

On myös tilanteita, jolloin Tieturva 1 -koulutusta ei vaadita, kuten henkilöt, jotka käyvät työkohteissa kertaluontoisesti tai lyhytaikaisesti esimerkiksi tavarantositajajäseninä, ajoneuvonosturit, betonipumppu- tai auton kuljettajat. Tällöin paikalla pitää olla kuitenkin Tieturva 1 tai 2 -koulutuksen käynyt työnjohtohenkilö. [11.]

Tieturva 2 -koulutus on tarkoitettu henkilöille, jotka ovat kaduilla, tai muilla liikennealueilla liikenne- ja työturvallisuudesta huolehtivia ja vastuussa olevia. Tieturva 2 -jatkokurssi lisää työnjohdon ja työntekijöiden tietämystä työ- ja liikenneturvallisuudesta sekä yhdenmukaistaa liikenteen ohjausta teillä tehtävissä töissä. Tieturva 2 -kurssin suorittaakseen täytyy henkilöillä olla voimassa oleva Tieturva 1 tai 2 -pätevyys. Mikäli Tieturva 2 -kortin voimassaoloaika on päättynyt, tulee henkilön suorittaa molemmat Tieturvakurssit uudelleen. Tieturva 2 tulee olla voimassa henkilöillä, jotka vastaavat päätoteuttajan työ- ja liikenneturvallisuudesta teillä tehtävissä töissä. Myös henkilöillä, jotka työskentelevät tienpitoon liittyvissä työnjohto, valvonta- ja liikenteen järjestelyjen suunnittelutehtävissä, tulee olla voimassa oleva Tieturva 2 -pätevyys. Muita henkilöitä, joilla pitää myös olla Tieturva 2 -pätevyys ovat ELY-keskuksen aluevastaava, urakka-

asiakirjojen valmistelijat, tilaajan edustajana toimivat tarkastus- ja valvontahenkilöt sekä rakennuttajakonsultit. [11.] Väylän tieturvakoulutuksen rekisteriä hoitaa Suomen Pelastusalan Keskusjärjestö (SPEK). Rekisterissä on tieturvakoulutuksen suorittaneiden kurssilaisten tiedot. [13.]

3.3 Työturvallisuuskortti

Työturvallisuuskortti on kehitetty yhteisten työpaikkojen turvallisuuden parantamiseksi (kuva 11).



Kuva 11. Työturvallisuuskortti [14].

Työturvallisuuskortin saa yhden päivän mittaisella kurssilla ja suorittamalla kirjallisen kokeen. Koulutuksessa saa hyvät perustiedot työympäristön erilaisista vaaroista ja työsuojelusta työpaikoilla. Työturvallisuuskorttikäytännöllä on useita eri tavoitteita. Yksi tavoite on tukea työhönopastusta eri työpaikolla sekä antaa perustietoa työsuojelusta. Työturvallisuuskortin avulla on pystytty vähentämään eri tilaajien toimesta antamia päällekkäisiä koulutuksia. Yksi tavoite on myös pyrkiä vähentämään työtapaturmia, vaaratilanteita ja haitallista kuormitusta. Myös kiinnostus ja motivaatio oman henkilöstön työturvallisuusosaamiseen on yksi käytännön tavoitteista. Työturvallisuuskortin käyttöönotto on vapaaehtoista, mutta monet toimijat Suomessa kuitenkin edellyttävät sitä työntekijöiltään ja alihankkijoiltaan. Kortin voimassaoloaika on 5 vuotta. [14.]

3.4 Turvallisuussuunnitelma

Työturvallisuussuunnitelma asiakirja on rakentamisen suunnitteluun ja valmisteluun laadittava asiakirja. Suunnitelmaan sisältyy rakennushankkeen toteuttamiseen liittyviä työvaiheita ja niiden riski- ja vaaratekijöitä koskevat tiedot, sekä työturvallisuutta ja -terveyttä koskevat tiedot. [15, s. 1.]

Päätoteuttajan tulee laatia työturvallisuussuunnitelma ennen rakennustöiden aloittamista. Eri työt ja työvaiheet tulee suunnitella niin, että niiden toteutus on turvallista, eikä aiheuta vaaraa työmaalla työskenteleville tai muille työn vaikutuspiirissä oleville. Turvallisuussuunnitelma voidaan laatia työ- ja laatusuunnitelman osana. Vaativissa töissä se voidaan laatia myös erillisenä asiakirjana. Jotta työturvallisuus voidaan taata kaikille, tulee suunnitelmat tehdä mm. työmaan käytöstä, työmaan liikennejärjestelyistä, työ- ja tukitelineistä ja putoamisvaarallisista töistä sekä elementtien asennustöistä. Määräykset ja ohjeiden mukaiset tarkastukset ja hyväksynnit on otettava huomioon turvallisuussuunnitelmia laadittaessa. Päätoteuttaja vastaa, että turvallisuussuunnitelmat päivitetään tarpeen mukaan työmaan edetessä. Työmaalla työskentelevien henkilöiden tulee myös olla tietoisia suunnitelmista ja vallitsevista olosuhteista. Pääurakoitsijan tulee myös tietää aliurakoitsijoiden suunnitelmien, olosuhteiden ja toteutuksien muutoksista. [16, s. 8.]

3.5 Työturvallisuus

Työturvallisuus perustuu sillankorjauskohteissa työturvallisuuslakiin, työterveyshuoltolakiin sekä valtioneuvoston asetukseen rakennustyön turvallisuudesta [15, s.3]. Rakennuttajan tulee ennen sillan korjaamista laatia työnsuunnittelua ja valmistelua varten turvallisuusasiakirja, johon liittyy turvallisuusriskien arviointi. Turvallisuusasiakirjan tulee sisältää tiedot sillan korjaushankkeen ominaisuuksista, olosuhteista ja luonteesta aiheutuvista vaara- ja haittatekijöistä sekä toteuttamiseen liittyvät tarpeelliset turvallisuustiedot. [16, s. 6.]

Korjattavien siltojen yhteydessä tai niiden alapuolella kulkee usein tie-, rautatie- tai vesiliikennettä työmaaliikenteen lisäksi. Suurin onnettomuusvaara sillankorjauskohteissa tuleekin teillä liikkuvista ajoneuvoista sekä niiden liiasta tilannopeudesta. Siksi sillankorjauksessa tuleekin huolehtia työntekijöiden sekä yleisen liikenteen turvallisuudesta. Tämän vuoksi tuleekin tehdä kirjallinen liikenteenohjaussuunnitelma, kun työskennellään liikennealueella. Työkohde tulee suojata ohiajavalta liikenteeltä. Sillankorjaustyömailla tulee myös varautua liikenteestä aiheutuviin vaaroihin suunnittelemalla työntekijöiden ja liikenteen erottaminen toisistaan mahdollisimman hyvin. Suunnitelmat, jotka liittyvät liikennejärjestelyihin, tulee aina esittää kirjallisena sekä hyväksyttävä alueen tienpitäjällä. Liikenteenohjaussuunnitelmasta myös ilmoitetaan Liikenneviraston liikennekeskukseen. [16, s. 15.]

3.6 MVR-mittaus

MVR-mittausta käytetään maa- ja vesirakennustyömaiden turvallisuustason arviointimenetelmänä. Mittarin avulla pystytään suorittamaan lainsäädännön edellyttämät viikoittaiset kunnossapitotarkistukset eli työmaan viikkotarkastukset ja turvallisuustason mittaamisen. MVR-mittauksen avulla havainnoidaan työntekijöiden työskentelyä ja koneenkäyttöä, kaluston kuntoa, suojauksia ja varoalueita, ajo- ja kulkuväyliä sekä järjestystä ja varastointia. Mittaustuloksena saadaan prosenttiluku, joka kertoo, paljonko työmaalla mitattavista asioista on kunnossa (kuva 12). [16, s. 3–7.]

$$\frac{\text{OIKEIN-HAVAINTOJEN MÄÄRÄ}}{\text{OIKEIN + VÄÄRIN -HAVAINTOJEN MÄÄRÄ}} \times 100$$

Kuva 12. Turvallisuustason laskennan kaava [17, s. 7].

MVR-mittausta tehdessä tulee tekijän tietää työturvallisuuden perusasiat. Mittaustilanteessa koko työmaa käydään silmämääräisesti läpi ja kirjataan sekä

kunnossa olevat asiat ja parannusta vaativat asiat. Mitä enemmän havaintoja saadaan, sen luotettavampi tulos on. Parannusta vaativista asioista annetaan heti korjaus ehdotus taholle, joka siitä on vastuussa. Tavoitteena ei ole saada tulokseksi täysin 100 prosenttia, vaan havainnoida mahdolliset puutteet työmaalla ja korjata ne. MVR-mittauksen voi hoitaa paperilla tukkimiehen kirjanpidolla tai puhelimella/tabletilla. [17, s. 3–7.]

3.7 Perehdytys

Päätoteuttajan vastuulla on perehdyttää kaikki työntekijät. Perehdytyksen tarkoitus on opastaa työntekijät ennen työskentelyn aloitusta kyseisellä työmaalla. Työnopastus taas on työn tekemisen aikana annettavaa opetusta ja ohjausta (kuva 13). [18, s. 1.]



Kuva 13. Perehdyttämisen ja työnopastuksen ero [19, s. 3].

Perehdyttämisen tarkoitus on, että työntekijä tuntee työmaan ja sen organisaation. Työntekijän tulee tiedostaa työssään ja työympäristössään olevat vaarat ja riskit ja toimia niiden mukaisesti. Perehdyttämisen jälkeen työntekijä myös tuntee keskeiset työhön liittyvät turvallisuusmääräykset ja -ohjeet. Perehdytyksen avulla työntekijä oppii ymmärtämään esimerkiksi henkilösuojainten käytön merkityksen. Yksi tärkeistä perehdyttämisen tarkoituksista on, että työntekijä

tietää kenelle ilmoitetaan työturvallisuutta vaarantavista puutteista ja miten toimitaan tapaturman tai vaaratilanteen sattuessa. [18, s. 1.]

Lähimmän esimiehen vastuulla on työntekijän perehdyttäminen [18, s. 1]. Hyvällä perehdyttäjällä tulee olla riittävästi tietoa sekä osaamista perehdyttämiseen liittyvistä tavoitteista, sisällöstä ja vastuista. Perehdytysmateriaali voi olla paperisena tai digitaalisena. [20]. Perehdyttämisessä perehdyttäjä kertoo yrityksen ja työmaan turvallisuusohjeista ja -aineistosta sekä työntekijän tehtävistä ja vastuusta. Työmaakerros kuuluu tärkeänä osana perehdyttämiseen ja siellä käydään läpi perehdyttämislomakkeen asiat. Perehdyttämisessä annetaan työntekijälle työlaikohtaiset ohjeet. Perehdyttämistä voidaan antaa koko henkilöstölle kerralla tai työntekijäkohtaisesti. [18, s. 1.] Perehdyttämisen aikana on myös tärkeää tarkistaa työntekijöiden pätevyydet [20].

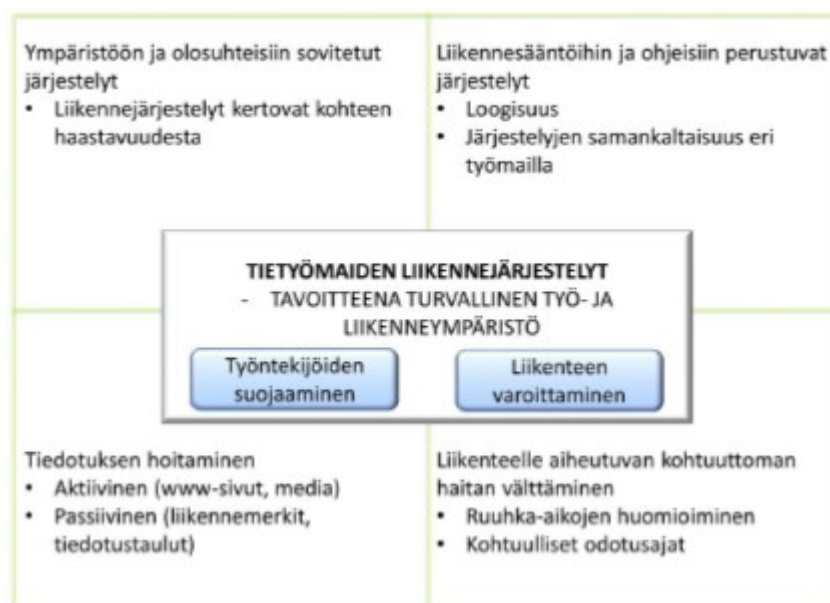
Perehdyttäminen tulee tehdä kaikille uusille työntekijöille sekä työnjohdolle. Perehdyttäminen tehdään myös uusien koneiden ja laitteiden käyttöönoton aikana sekä uusien työmenetelmien yhteydessä. Mikäli työntekijä ottaa jatkuvasti työturvallisuutta vaarantavia riskejä tai ei välitä turvallisuusmääräyksistä tai työntekijä on ollut pitkään poissa työmaalta, tulee perehdytys järjestää uudelleen. [18, s. 1.]

Työnopastusta annetaan työntekijöille työstä aiheutuvien haittojen ja vaarojen välttämiseksi. Työnopastusta annetaan koko työmaan keston ajan. Tarpeellista työnopastus on varsinkin silloin, kun työlajit, -menetelmät tai materiaalit muuttuvat. Varsinkin nuorten työntekijöiden työnopastukseen kannattaa kiinnittää erityistä huomiota. [18, s. 1.]

4 Liikenteenohjaus ja kiertoteiden laatuvaatimukset

4.1 Yleistä liikennejärjestelyistä

Tieliikenteen seassa työskentelyssä on aina vaaransa ja yksi vaarallisimmista työvaiheista on liikennejärjestelyjen tekeminen ja purkaminen [10, s. 4]. Tietyömaiden liikennejärjestelyjen tavoitteena on varoittaa liikennettä tulevasta tietyömaasta ja muuttuvista liikennejärjestelyistä sekä suojata työntekijöille turvallinen työskentely-ympäristö. Liikennejärjestelyt rakennetaan aina kohteen haastavuuden mukaan. Liikennejärjestelyt perustuvat aina liikennesääntöihin ja niiden toteuttamisessa tulee käyttää loogisuutta. Liikennejärjestelyistä olisi hyvä myös tiedottaa esimerkiksi internetsivuilla sekä mediassa, jolloin muuttuneet liikennejärjestelyt saavat huomiota. Liikennejärjestelyjä suunniteltaessa tulee myös ottaa huomioon, ettei liikenteelle aiheudu kohtuutonta haittaa esimerkiksi ruuhka-aikoina (kuva 14).

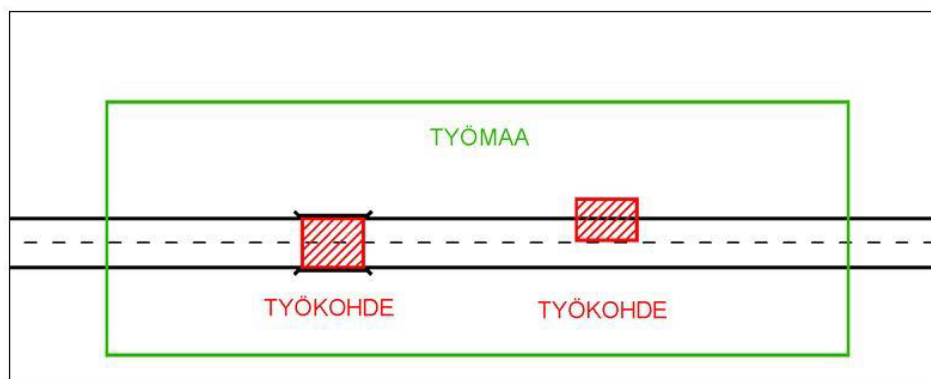


Kuva 14. Liikennejärjestelystuunnitelmien keskeiset asiat tietyömailla [10, s. 7].

Turvallisuutta sekä tienkäyttäjille, että työntekijöille parannetaan käyttämällä kahta eri menettelytapaa. Ensimmäinen menettelytapa on asettaa alhaiset nopeusrajoitukset ja pyrkiä varmistamaan niiden noudattamista rakenteellisin

keinoin tai toinen tapa on käyttää korkeampia nopeusrajoituksia, mutta tehdään tarpeeksi riittävät suojarakenteet, joiden kunnosta huolehditaan. Nopeusrajoitukset tietyömailla tulisi asettaa mahdollisimman lyhyelle matkalle. Niiden tulisi myös olla toiminnassa vain sen ajan, kun tieosuudella työskennellään tai kun tien kunto on puutteellinen. On huomattu, että mitä vähemmän aikaa järjestelyt ovat paikoillaan, sen paremmin alhaisempia liikennenopeuksia noudatetaan. Rakenteellisilla muutoksilla saadaan myös tehostettua alhaisempien nopeusrajoitusten noudattamista. Suojarakenteiden vaatimukset riippuvat käytettävästä nopeustasosta, tien liikennemäärästä, vaaran luokasta sekä urakan kestosta. [10, s. 7.]

Kun mietitään vaatimuksia työmaan ja työkohteen (kuva 15) liikennejärjestelyille sekä suojuuksille, täytyy ottaa huomioon kohteen sijainti työmaalla.



Kuva 15. Työmaa ja työkohde [10, s. 10].

Liikennejärjestelyjä suunniteltaessa tulee miettiä suojausta tarvitsevan kohdan sijainti työmaalla. Työmaan alussa saatetaan tarvita isompia suojaustoimenpiteitä, jotta pystytään välttämään suuret vahingot, kuten törmääminen työntekijöihin, kaivantoihin tai tukirakenteisiin, mikäli kuljettajat eivät ole huomioineet muuttuvia liikennejärjestelyjä. [10, s. 10.]

Jalankulkijoiden ja pyöräilijöiden liikennejärjestelyt eivät saa heikentyä muuttuneiden liikennejärjestelyiden myötä. Mikäli työmaan läheisyydessä sijaitsee koulu, tulee se huomioida tiukempina turvallisuusvaatimuksina suunnitelmia

tehtäessä. Vaihtoehtoisesti liikennejärjestelyissä tulee ottaa huomioon myös esteettömyysvaatimukset, mikäli työmaan läheisyydessä sijaitsee esimerkiksi palvelukoti. [10, s. 10.]

4.2 Kiertotien liikenteenohjaus

Päällystetylle kiertotielle tulee tehdä tiemerkinnät. Kiertotien alussa olevat vanhat ja harhaanjohtavat merkinnät on poistettava tiestä. Pituussuuntaiset väliaikaiset tiemerkinnät kiertotielle tehdään keltaisella. Mikäli tiemerkintöjen laittaminen kestää yli 2 päivää, tulee käyttää sulkupylväitä tai muita varoituslaitteita. Kiertoteiden vastakkaiset kaistat tulee erottaa yhtenäisellä keltaisella kaksois-sulkuviivalla, mikäli keskimääräinen vuorokausiliikenne on yli 1500 ajoneuvoa/vrk. Kaksoissulkuviiva tulee olla myös teillä vaikka keskimääräinen vuorokausiliikenne olisi alle 1500 ajoneuvoa/vrk, mutta työmaa kestää yli 3 viikkoa. Kaksoissulkuviiva voidaan myös korvata tarvittaessa kaistaerottimilla. [10, s.42.]

Mikäli rinnakkaistietä käytetään kiertotienä, kiertävä reitti on viitoitettava jokaisen liittymän kohdalta, joissa autoilija voi ajaa harhaan. Ohjauksessa käytetään tällöin keltapohjaisia kiertotien suunnistustauluja ja kiertotien viittoja (kuva 16). [10, s. 44.]



Kuva 16. Kiertotiellä käytettäviä opasteita [10, s. 43].

Mitä pidempi kiertotie on, sitä tärkeämpää onkin selkeät ja toistuvat liikenteenohjausmerkinnät [10, s. 44].

4.3 Liikenteenohjaus eri siltatyyppejä korjattaessa

Millainen liikenteenohjaus on hyvä eri siltatyyppejä korjattaessa, riippuu ihan kohteesta ja sen ympäristöstä. Liikenteenohjauksen suunnittelussa tulee ottaa huomioon mm. teiden toimintaympäristöluokat, vaaditut kaideluokat, liikennejärjestelyjen sovittaminen maastoon sekä niiden toteutus. [10, s. 30.]

Yleisimmin liikenteenohjaus suoritetaan kaistan sulkemisella yksiajorataisella tiellä. Tällöin asennetaan liikennevalot ohjaamaan liikennettä. Mikäli sillankorjauskohde sijaitsee kaksiajorataisella tiellä, toinen kaistoista suljetaan ja liikenneohjataan toiselle kaistalle. Mikäli kyseessä on vilkasliikenteinen tie, ei kaistoja suljeta, vaan ajokaistoja kavennetaan, mikäli se on mahdollista. [10, s. 20–23.]

Kiertotien rakentaminen sillankorjauskohteeseen on hyvä vaihtoehto, mikäli sen rakentaminen on mahdollista. Parhaiten kiertotien rakentamiseen toimii jo olemassa oleva rinnakkaisyhteys (kuva 17). Kiertoteitä käytetään esimerkiksi alkukäytävien rakentamisen yhteydessä. [10, s. 41.]



Kuva 17. Kiertotien pohjan rakentaminen moottoritien kaistojen väliin [21].

Toisinaan on myös mahdollista käyttää varasiltaa siltojen korjauskohteissa (kuva 18).



Kuva 18. Varasilta [22].

Liikennevirasto omistaa Suomessa erilaisia varasiltoja. Yleensä varasiltaa käytetään pysyvän sillan rakennus- tai korjaustyön aikaista liikennettä varten. [22, s. 6.]

4.4 Kahdessa vaiheessa korjatut sillat

Siltatöissä ongelmana liikennejärjestelyjä suunniteltaessa on tilan puute. Siltojen korjauskohteissa ongelmaksi saattaa muodostua tarvittava kaistaleveyden puute. Työmaat ja liikenne yleensä erotetaan kaiteilla, jolla pyritään varmistamaan työntekijöiden turvallisuus sekä estämään autojen suistuminen alas sillalta, vastakkaiselle kaistalle tai työmaa-alueelle. Suurimman vaaran siltatyömaalla aiheuttaa lähestyvä liikenne, mikäli työmaa sijaitsee suljetun kaistan jatkeena ja että autoilijoiden huomio ei ole tarpeeksi kiinnittynyt liikenteeseen. [10, s. 46–47.]

Kun siltoja korjataan kaksiajorataisella tiellä, voidaan liikenne ohjata toiselle ajoradalle joko osittain tai kokonaan. Tällöin ajolinjojen muuttuessa ajosuunnat erotetaan toisistaan kaiteilla. Kaksiajorataisella tiellä saatetaan myös joutua sulkemaan toinen ajorata kokonaan. Mikäli nopeusrajoitus kohteessa on enintään 50 km/h, voidaan työmaa erottaa sulkupylväillä, törmäyshidasteilla ja puskurivyöhykkeellä. Autoilijoiden huomion saamiseksi muuttuneista nopeusrajoituksista ja liikennejärjestelyistä tehdään ennen työmaata heräteraidat. Mikäli vaihtoehtona työmaan eristämiseksi ajoradasta käytetään työnaikaista kaidetta ei tarvita törmäyshidastetta, puskurivyöhykettä eikä heräteraitoja. Mikäli nopeusrajoitus on vähintään 60 km/h, tulee aina suojauksena käyttää työnaikaista kaidetta. Kaide aloitetaan saapuvan liikenteen ajokaistan oikean puolen pientareen ulkoreunasta. [10, s. 48–49.]

Kulku työmaalle tulee ottaa myös huomioon liikennejärjestelyjä tehtäessä. Ensimmäinen vaihtoehto onkin järjestää kulku työmaalle kulkusuunnasta sillan jälkeen. Työnaikaiseen kaiteeseen tehdään kulkuaukko työmaaliikennettä varten ja kulkuaukko suljetaan sulkupylväillä tai sulkuaidalla, aina kun sitä ei tarvita. [10, s. 49.]

4.5 Kiertoteiden laatuvaatimukset

Mikäli liikennejärjestelyiksi valitaan kiertotie, yleensä olemassa olevan tien viereen rakennetaan lyhyt kiertotie, mikäli rinnakkaista tieyhteyttä ei ole, liikenteen aiheuttama haitta kiertotiellä on kohtuuton tai kierrettävä tieosuus on lyhyt. Pääteillä kiertotien päällysteleveyden tulee olla vähintään 7 metriä, kaksi asfalttipäällysteistä 3,0 metriä leveää ajokaistaa ja kaksi 0,5 metriä leveää pientareta. Alemmilla tieverkoilla kaistaleveydet voivat olla kapeampia. Mikäli kiertotien kaarresäde on alle 200 metriä, tulee ajokaistojen leveyksien olla vähintään 3,5 metriä, jos taas kaarresäde on alle 80 metriä, tulee ajokaistojen leveyksien olla vähintään 4,0 metriä ennen kaarteiden alkua. Kiertoteiden reunat erotetaan sulkupylväsjoilla. Mikäli kiertotie rakennetaan penkereelle, tulee sinne asentaa työnaikaiset kaiteet, estämään mahdollisen suistumisen sattuessa estämään ajoneuvon kaatumisvaaraa. Kiertotietä suunniteltaessa on tärkeää ottaa

huomioon myös mahdollisten kaiteiden tilantarve. Kiertotiet päällystetään AB- tai ABK-päällysteillä mikäli liikennemäärät ja työnkesto niin vaativat. Liikennemäärät ja työnkesto AB- ja ABK-päällysteisille kiertoteille ovat:

- yli 6000 ajoneuvoa/vrk
- 3000–6000 ajoneuvoa/vrk ja työn kesto yli neljä viikkoa
- 1500–6000 ajoneuvoa/vrk ja työn kesto yli kahdeksan viikkoa
- päällystetyn erillisen jk/pp-tien kiertotie päällystetään aina

Mikäli edellä mainitut vaatimukset eivät täyty, kiertotie päällystetään asfalttirouheella, mikäli liikennemäärät ja työnkesto ovat

- yli 3000 ajoneuvoa/vrk ja työn kesto alle neljä viikkoa
- 1500–3000 ajoneuvoa/vrk ja työn kesto yli kaksi viikkoa, mutta alle kahdeksan viikkoa. [10, s. 41–42.]

4.6 Sulku- ja varoituslaitteiden laatuvaatimukset

Tieliikennelain ja tieliikenneasetusten perusteella Liikennevirasto antaa tarkempia määräyksiä liikenteen ohjauslaitteiden, kuten liikennemerkkien, tiemerkkien sekä sulkulaitteiden vaatimuksista. Vaatimukset koskevat värejä, rakenteita sekä mitoitusta. Suomessa vaaditaan, että julkisissa hankinnoissa on laatuvaatimuksena käytettävä EN-standardin mukaisia testejä sekä laatuvaatimuksia. Suomessa sulku- ja varoituslaitteille ei ole määritetty tyyppihyväksyntää, mutta laitteen valmistajan ja myyjän tulee tarvittaessa pystyä osoittamaan, että tuote täyttää toimintaympäristöluokan laatuvaatimukset. Sulku- ja varoituslaitteet luokitellaan laatuvaatimusten perusteella kolmeen toimintaympäristöluokkaan. Toimintaympäristöluokat ovat S3, S2 ja S1 (kuva 19). Toimintaympäristöluokka S3 on ylin ja S1 on alin laatuvaatimustasoiltaan. [23, s. 8–10.]

	Toimintaympäristöluokka (S3, S2 ja S1)		
	S3	S2	S1
Käyttöalue (korkein käyttö-aluevaatimus määrää toimintaympäristön)	Moottoritiet Moottoriliikennetiet Kaksiajorataiset tiet Vilkasliikenteiset yksiajorataiset tiet (KVL ≥ 6000 ajon/vrk)	Keskivuorokausiliikennemäärältään alle 6000 ajon/vrk tiet Taajamissa olevat kokoojakadut ja muut vilkkaat kadut, jos S3 vaatimustaso ei ylity	Päiväaikaan tehtävät liikkuvat työt (päällystys-, tiemerkintä- yms. työt), jos tien KVL < 1500 ajon/vrk Pelkästään jalankulku- ja pyöräilyväylillä tehtävät työt Taajamissa muilla kaduilla tehtävät työt
Laitteiden kunto (Liikenne-merkkien kuntoluokitus, TIEH 2200060-v-09)	Erittäin hyvä (kuntoluokka 5) Hyvä (kuntoluokka 4)	Erittäin hyvä (kuntoluokka 5) Hyvä (kuntoluokka 4) Tyydyttävä (kuntoluokka 3)	Erittäin hyvä (kuntoluokka 5) Hyvä (kuntoluokka 4) Tyydyttävä (kuntoluokka 3) Välttävä (kuntoluokka 2)
Heijastavien laitteiden pintamateriaali	Päiväloistekalvo, jonka paluuheijastavuusluokka on vähintään R2	Päiväloistekalvo, jonka paluuheijastavuusluokka on vähintään R2	Vähintään paluuheijastavuusluokan R1 kalvo
Muita tyypillisiä ominaisuuksia (esimerkkejä)	Sulkuaidan tai hinattavan varoituslaitteen yläreunan korkeus maasta on 3700–4000 mm Sulkuaidassa ja hinattavassa varoituslaitteessa käytetään ylikokoa olevaa merkkiä 417 (Ø1800 mm), paluuheijastavuusluokka vähintään R2. Sulkupylväiden profiili on levymainen.	Sulkuaidan ja hinattavan varoituslaitteen yläreunan korkeus maasta on 2600–4000 mm Sulkuaidassa ja hinattavassa varoituslaitteessa merkki 417 on ylikokoinen (Ø1800 mm/Ø1500 mm) tai suuri-kokoinen (Ø900 mm), paluuheijastavuusluokka vähintään R2. Sulkupylväiden profiili on levymainen.	Sulkuaidan ja hinattavan varoituslaitteen yläreunan korkeus maasta on vähintään 2000 mm. Sulkuaidassa ja hinattavassa varoituslaitteessa merkki 417 normaalikokoinen (Ø640 mm), paluuheijastavuusluokka vähintään R2. Sulkupylväiden profiili on levymainen.
Muuta	Sulku- ja varoituslaitteiden on oltava puhtaita ja ehjiä. LVM:n kanssa on sovittu, että toimintaympäristöluokassa S2 saa käyttää ylikokoisena 417 merkinäihalkaisijaltaan 1500 mm merkkiä. Jos urakkapapereissa ei muuta sovita, tulee S2 toimintaympäristössä käyttää 3700–4000 mm korkeaa sulkuaitaa, jos tien KVL ≥ 4000 ajon/vrk.		

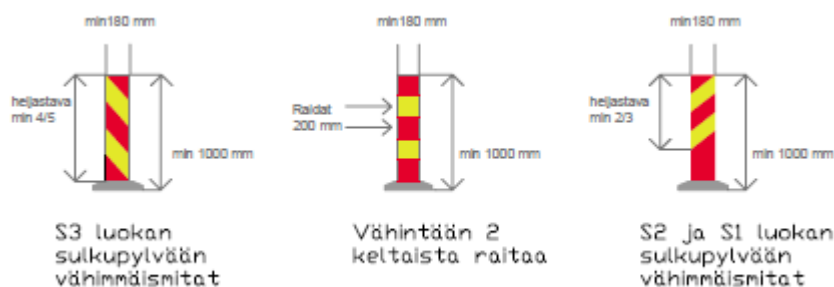
Kuva 19. Sulku- ja varoituslaitteiden toimintaympäristöluokat [23, s. 11].

Sulku- ja varoituslaitteista on myös asetettu laatuvaatimuksia laitteiden väreistä, laitteiden pystyttämisestä ja siitä miten toimia, mikäli sulku- ja varoituslaitteet vahingoittuvat ilkeivallan, luonnonolosuhteiden tai onnettomuuksien vuoksi, jotta sulku- ja varoituslaitteet vastaavat laatuvaatimuksia. [23, s.12–13.]

Kiertotiellä ja kaksivaiheisesti korjatuilla silloilla tarvitaan sulku- ja varoituslaitteina yleensä mm. sulkuaitoja ja sulkupylväitä. Sulkuaitaa käytetään ajoradan, pyörätien, tai jalkakäytävän osittaiseen tai kokonaan sulkemiseen. Sulkuaitoja on kahdenlaisia: pystyjuovaisia tai nuolikuvioisia. Sulkuaitojen tulee olla

yhtenäiset sulkua- tai ohjauskohdassa. Jotta autoilijat huomioivat sulkuidat pimeässä tai hämärässä, tulee sulkuidassa olla parivilkut, jotka vilkkuvat keltaista, suuntaa antavat vilkut tai punaiset sulkupalot, mikäli ajorata on suljettu. Pystyraitaiset sulkuidat ovat yleisimpiä käytettyjä sulkuidaitoja. Lamellien leveys on 2000–2600 mm pystyjuovaisessa sulkuidassa. Toimintaympäristöluokassa S3 lamellien korkeuden tulee olla 500–600 mm toimintaympäristöluokassa S2 400–600 mm. Sulkuidaitojen väreistä, heijastuspinnosta, materiaaleista sekä pystytyksestä ja rakenteesta on myös määritetty laatuvaatimukset. [23, s. 15–18.]

Sulkupylväitä käytetään sillankorjauskohteissa rajaamaan työmaa-aluetta liikenteelle varatusta tilasta sekä ohjaamaan liikennettä halutuille ajolinjoille. Sulkupylväät tulee asentaa siten, että juovat osoittavat alaspäin sille puolelle, josta autot ohittavat pylväsrivin. Mikäli pylväitä käytetään suljetun alueen päissä, tulee välinä olla 5–10 metriä, kun taas suoralla linjalla väli voi olla pidempi, mutta kuitenkin enintään 50 metriä. Sulkupylvään korkeus jalustan kanssa on oltava vähintään 1000 mm ja leveys 180 mm (kuva 20). [23, s. 21.]



Kuva 20. Sulkupylvään vähimmäismittoja [20, s. 23].

Jalusta on yleensä kumi- tai muovimassaa tai alumiinia ja sen korkeus saa olla enintään 120 mm, jolloin ne ovat törmäysturvallisia. Väreinä sulkupylväissä käytetään punaista ja keltaista sekä työmaalla käytetään vain yhtä heijastusluokkaa, ellei toisin ole sovittu urakkasopimuksessa. [20, s. 21–23.]

4.7 Kaiteiden ja muiden suojarakenteiden laatuvaatimukset

Työnaikaisilla kaiteilla rajataan autojen suistuminen vaaralliseen paikkaan tai tiellä työskentelijöiden päälle. Työaikaisten kaiteiden suojausluokkia on yhteensä neljä. Luokat ovat K0, K1, K2 ja K3. Suojausluokka K0 ei estetä suistumista, mutta tien reunan näkyvyyttä parannetaan sulkupylväillä työkohteessa. K1 suojausluokassa aukottomalla betonielementtijonolla estetään suistumiset alhaisissa ajonopeuksissa, joka on yleensä alle 50 km/h. Mikäli tie on kapea, voidaan suoralla osuudella käyttää myös korkeaa reunatukea. K2 suojausluokassa suistumista estetään laitteilla, jotka on mitoitettu henkilöautoille, mutta liikkuvat paikaltaan, mikäli kuorma-auto törmää niihin. Suojausluokassa K3 suistuminen estetään kaiteilla, jotka on mitoitettu kuorma-autojen loiville törmäyksille. Suojausluokan valinta riippuu tien liikennemäärästä, nopeustasosta sekä vaaran laadusta ja kestosta. [23, s. 50–52.]

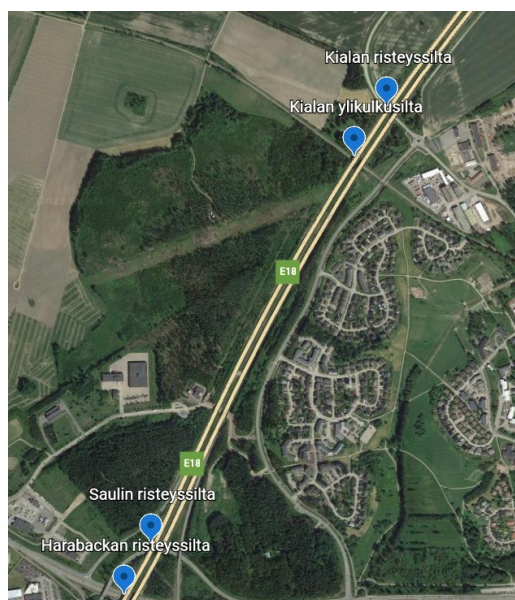
Yleinen sillankorjaustyömailla käytettävä suojaus on betonielementtijono. Betonielementtijonolla täytetään suojausluokan K1 vaatimukset, mutta betonielementtijonoa ei kutsuta kaiteeksi, koska sitä ei ole testattu kaiteita koskevan standardin mukaisesti. Betonielementit kiinnitetään toisiinsa elementin päässä olevilla kiinnikkeillä. Betonielementtijonon etupinnan tulee olla asennettuna pituussuunnassa sileä, eikä jatkoksissakaan saa olla yli 40 mm porrastusta. Betonielementtijonon pää suojataan yleensä törmäysvaimentimella. [23, s.52–53.]

Kaiteiden sopivuus työmaalle riippuu aina kohteesta. Sillalle ei saa asentaa kaidetta, jonka pystyttäminen edellyttäisi pylväiden maahanlyöntiä, sillan kantavuuden kannalta liian raskaita betonikaiteita eikä laitteita, jotka törmäyksestä liukuisivat työntekijöiden päälle tai sillan reunan yli. Kun asennetaan kaiteita tilapäiseksi suojaksi siltatyömaalle, tulee ottaa huomioon, että kaiteen takana tulee olla riittävästi joustotilaa. Tilapäisen K1- tai K2-luokan tai betonielementtijonon taakse tulee varata joustotilaa 1,5 metriä. Suoralla ja kapealla tiellä joustovaraksi varataan 1 metri, jos tiellä oleva pysyvä nopeusrajoitus on 60 km/h tai 80 km/h. Toisinaan voidaan käyttää myös kaidetyyppikohtaisesti määritettyä joustovaraa. [23, s. 54.]

5 Vertailussa käytetyt korjatut sillat

5.1 Kiertotiellä korjatut sillat

Kiertotiellä korjatut sillat olivat Suomenkylän risteyssilta, joka korjattiin vuonna 2021. Kialan risteyssilta ja Kialan ylikulkusilta sekä Harabackan risteyssilta ja Saulin risteyssilta korjattiin vuonna 2022 (kuva 21). Kialan risteyssilta ja Kialan ylikulkusilta korjattiin saman aikaisesti kiertotien avulla kuten myös Harabackan risteyssilta ja Saulin risteyssilta. Kaikille silloille tehtiin laajat perusteelliset peruskorjaukset.



Kuva 21. Kialan risteyssilta, Kialan ylikulkusilta, Saulin risteyssilta ja Harabackan risteyssilta kartalla [24].

Suomenkylän risteyssilta oli ensimmäinen silta, joka korjattiin kiertotien avulla. Suomenkylän risteyssilta sijaitsee Porvoossa valtatie 7:llä ja sillan alittaa Porvoonjoki. Silta on teräsbetoninen jatkuva laattasilta ja sillan kokonaispituus on 107 metriä ja kannen koko 1340 m². Silta on valmistunut vuonna 1978.

Kialan risteyssilta sijaitsee Porvoossa valtatie 7 ja se on teräsbetoninen jatkuva ulokelaattasilta. Silta on rakennettu vuonna 1979. Sillan kokonaispituus on 35 metriä ja kannen koko 416 m². Sillan alittaa Saksalantie.

Kialan ylikulkusilta on seuraava silta Kialan risteyssillan jälkeen valtatie 7:llä Helsinkiin päin. Sillan kokonaispituus on 56 metriä ja kannen koko 605 m². Sil-
lan alittaa museorata. Kialan ylikulkusillan valmistusvuosi on 1977.

Saulin risteyssilta sijaitsee Porvoossa valtatie 7:llä ja sillan alittaa Harabackan
ramppi valtatie 7:lle. Risteyssilta on teräsbetoninen jatkuva laattasilta. Silta on
valmistunut vuonna 1977. Sillan kokonaispituus on 51 metriä ja kannen koko
620 m².

Harabackan risteyssilta on Saulin risteyssillan jälkeen seuraava silta Helsinkiin
päin. Silta on teräsbetoninen jatkuva laattasilta, joka sijaitsee Porvoossa valtatie
7:llä. Silta on valmistunut vuonna 1977. Sillan kokonaispituus on 50 metriä ja
kannen koko 762,5 m². Sillan alitse kulkee kantatie 55 Porvoo-Mäntsälä.

5.2 Kahdessa vaiheessa korjatut sillat

Bergstan risteyssilta sijaitsee Porvoossa. Silta kulkee valtatie 7 ylitse. Silta on
valmistunut vuonna 1978 ja on neliaukkoinen teräsbetoninen jatkuva ulokeonte-
lolaattasilta. Bergstan risteyssillan kokonaispituus on 75 metriä ja kannen koko
855 m².

Kortesbackan risteyssilta sijaitsee Loviisassa ja ylittää valtatie 6:sen. Silta on
valmistunut vuonna 1986. Silta on teräsbetoninen jatkuva ulokelaattasilta. Sillan
kokonaispituus on 50,6 metriä ja kannen koko 855 m².

Grönalundin alikulkukäytävä sijaitsee Sipoossa valtatie 7:llä. Tyypiltään silta on
teräsbetoninen laattakehäsilta ja se on valmistunut vuonna 1975. Sillan koko-
naispituus on 17,6 metriä ja kannen koko sillalla on 216 m².

Myös näille silloille tehtiin laajat perusteelliset peruskorjaukset, joilla silloille saa-
tiin taas lisää käyttöikää.

6 Tulokset

6.1 Työturvallisuus liikennejärjestelyiden kannalta

Työturvallisuus on otettava huomioon tarkasti liikennejärjestelyjä tehtäessä. Keskustelin Destian liikenteenohjauspalveluiden työmaapäällikön kanssa työturvallisuudesta, kun tehdään liikennejärjestelyjä niin kaksivaiheisesti korjattaviin kuin kiertotiellä korjattaviin siltoihin.

Kun rakennetaan kiertotie, niin liikennejärjestelyitä tehtäessä jää yksi työvaihe välistä, jolloin työturvallisuus kasvaa, koska aina on riski työskennellä liikenteen seassa. Lisäksi kiertotiellä kiinteät järjestelyt ovat paikoillaan muuttumattomina. On myös liikenteen kannalta riski, kun liikennejärjestelyt muuttuvat kesken työmaan. Usein henkilöt, jotka autoilevat kohteen ohi päivittäin, tottuvat nopeasti kyseisiin liikennejärjestelyihin. Onnettomuuksia saattaa sattua, kun liikennejärjestelyihin tottunut henkilö ei reagoi muuttuneisiin liikennejärjestelyihin. Kiertotiellä tulee myös autoilijoille sivuttaissiirtymää enemmän, jolloin autoilijat reagoivat muuttuviin ajokaistoihin paremmin. Myös kaistaleveydet saadaan tehtyä leveämpinä kiertotien avulla. Useita riskejä jää pois, niin työntekijöiden kuin autoilijoidenkin kannalta, kun liikennejärjestelyt pysyvät muuttumattomina koko työmaan ajan.

6.2 Työturvallisuus työskennellessä kiertotien avulla

Suurin riski siltatyömaalla työskenneltäessä liittyy ohi ajavaan liikenteeseen. Vahingot saattavat olla huomattavat, mikäli ohiajava moottoriajoneuvo suistuu työmaalle tai törmää liikenteenohjauslaitteisiin esimerkiksi kuljettajan huomion herpaantumisen vuoksi. Kiertotien avulla liikenne saatiin ohjattua pois työmaa-alueelta ja koko työmaa-alue suljettua, jolloin riski siitä, että ajoneuvo suistuisi työmaalle pieneni huomattavasti. Mikäli Kialan sillat, Harabackan risteyssilta tai Saulin risteyssilta olisi korjattu kaksivaiheisesti, olisi liikenne ohjattu toiselle kaistalle moottoritiellä, jolloin se olisi kulkenut ihan työmaan ohi. Vaikka nopeusrajoitus olisi asetettu alhaisemmaksi, olisivat autot kuitenkin kokemuksen

perusteella ajaneet ylinopeutta. Vaikka ajonopeudet liikenteenohjaussuunnitelmissa on asetettu alhaisemmiksi, ei pystytä takaamaan sitä, että autoilijat niitä noudattaisivat.

Yleensä kaksivaiheisesti korjatuissa silloissa liikenne menee ihan työmaan vieressä, jolloin myös kaistaleveydet ovat erittäin kapeat. Ensimmäisen vaiheen järjestelyissä kaistaleveydet otetaan ihan minimiin, jotta saadaan mahdollisimman suuri alue korjattua ensimmäisessä vaiheessa. Tällöin pystytään varmistamaan, etteivät kaistat ole ainakaan kapeammat toisessa vaiheessa. Kun kaistat ovat kapeat on riskinä, että esimerkiksi rekkojen peilit osuvat sääsuojaan. Myös rekoista tuleva ilmanpaine saattaa aiheuttaa esimerkiksi sääsuojan repeämisiä tai aiheuttaa työmaa-alueella työskentelevien henkilöiden horjahduksia. Myös sääsuojan rakentaminen kaksivaiheisesti korjatuilla silloilla on huomattavasti riskialttiimpaa, kun sääsuoja joudutaan rakentamaan ihan liikenteen vieressä. Tällaisia ongelmia ei tule, kun työt tehdään kiertotien avulla.

Kiertotien avulla pystytään toteuttamaan myös työmaaliikenne turvallisemmin. Kuorma-autoilla on enemmän tilaa liikkua työmaa-alueella ja nosto tilanteissa on enemmän tilaa, jolloin ei ole riskinä, että ohi ajavalle liikenteelle aiheutuisi nostoista vaaraa esimerkiksi nostettavan tavaratippumisen tai auton mahdollisen kaatumisen vuoksi. Myös tavaroiden nostot ja sijoittaminen työmaa-alueelle pystytään suunnittelemaan paremmin, kun on isompi tila käytössä. Lisäksi myös esimerkiksi betonipumppuauton toiminta on turvallisempaa, kun tilaa on enemmän (kuva 22).



Kuva 22. Betonipumpun tila valuvaiheessa [21].

Mikäli valutilanteessa sattuisi onnettomuus ja betonipumppuauto sattuisi kaatumaan tai betonia lentämään pumpusta, tällöin levinnyt betoni jäisi työmaa-alueelle, eikä siitä aiheutuisi vaaraa ohiajavalle liikenteelle.

Toisinaan työntekijöiden kävelyliikenne sillan toiselle puolelle on hankala toteuttaa. Varsinkin työvälineiden ja -materiaalien kantaminen sillan ali ahtaissa tiloissa saattaa aiheuttaa liukastumisia ja esimerkiksi nilkkojen nyrjähdyksiä.

Vaikka työntekijöiden liikkumista liikenteen seassa tulee välttää, saattaa välillä tulla tilanteita, jolloin tällaista tapahtuu, varsinkin jos sen hetkinen työvaihe sijaitsee sillan toisella puolella. Kiertotiellä tällaista riskiä ei ole, koska kaikki tarvittavat työvälineet ja -materiaalit pystytään kuljettamaan turvallisesti sillan yläpuolella. Kiertotien avulla korjatuilla silloilla saatiin asetettua työntekijöiden kävelyliikenne ajoradoilla minimiin, koska tarvetta mennä ajoradoille ei tullut, lukuun ottamatta muutamien monttujen korjaamista.

Mielestäni myös liikenteen käyttäjälle on turvallisempaa siirtyä kiertotielle, kun työmaan liikenne ei häiritse tai vaaranna heitä. Vaikka ei pitäisi, silti on aina olemassa riski, että työmaa-alueelta saattaa suojauksista riippumatta lentää jotain esimerkiksi vesipiikkaus roiskeita tai irtoroskia. Kiertotiellä roiskeet ja roskat eivät tavoita autoilijoita, koska kiertotie kulkee huomattavasti kauempana ja roiskeet ja roskat jäävät pengeralueelle, joka sijaitsee työmaa-alueen ja kiertotien välissä. Toisin kuin kaksivaiheisesti korjatuissa, saattavat roiskeet ja roskat lentää suoraan autojen päälle, koska kaistat kulkevat ihan työmaa-alueen vieressä.

Valitettavasti onnettomuuksilta ei pakosti pystytä välttymään, vaikka liikenteenohjaus olisi laatuvaatimusten mukaan toteutettu. Kyseisessä urakassa sattui kaksi isompaa liikenneonnettomuutta. Onneksi molemmissa onnettomuuksissa välttyttiin vakavilta henkilövahingoilta. Toisessa onnettomuudessa auton tilanne nopeus on ollut liian kova, jolloin auto oli törmännyt työmaa-alueen betoniesteisiin. Auto oli törmäyksen voimasta päätenyt noin 20 metrin päähän törmäyspaikasta. Onnettomuus sattui kiertotiellä korjattavalla sillalla. [25.]

Toisessa onnettomuudessa osallisena oli betonirekka. Onnettomuuden seurauksena kaistoja jouduttiin sulkemaan kokonaan. Tämä onnettomuus sattui kaksivaiheisesti korjattavalla sillalla. [26.] Molemmat onnettomuudet sattuivat yöaikaan. Mikäli betonirekka olisi suistunut työmaa-alueelle päivällä, kun siellä pääsääntöisesti olisi työntekijöitä työskentelemässä, olisivat henkilövahingot saattaneet olla todennäköisiä, koska betonielementit siirtyivät rekan törmäyksen voimasta työmaa-alueelle. Kiertotiellä korjatuissa kohteissa ei yleensä työskennellä lähellä liikenteenohjauslaitteita, toisin kuin kahdessa vaiheessa korjattavilla silloilla. Jos onnettomuus sattuisi kiertotiellä korjattavalla kohteella, on toki riski olemassa, mutta huomattavasti pienempi, kuin kaksivaiheisesti korjattavissa kohteissa. Täytyy ottaa myös huomioon, että sillankorjauskohteissa saatetaan tehdä myös ilta- ja yötyötä, esimerkiksi epoksointitöitä.

Kaksivaiheisesti korjatuilla silloilla vaadittavaa suojakaiteen joustotilaa on lähes mahdoton saada toteutettua. Joustotilan tulisi olla 1,5 metriä, mutta koska työskentelyalueena on yksi ajokaista kerrallaan, jää työskentelyalue erittäin kapeaksi ja työntekijät joutuvat työskentelemään myös betonielementtien joustotilalle varatulla alueella. Kiertotiellä korjattavissa kohteissa ei tätä ongelmaa olisi.

Yksi hyöty on myös meluhaitan pieneminen, kun ohiajava liikenne menee kauempana, jolloin liikenteen melu ei rasita työntekijöitä yhtä paljon.

6.3 Aikatauluvertailun lähtökohdat

Aikatauluhyödyssä vertailin reunapalkin teline- ja muottitöitä, reunapalkin raudoitus- ja tartunta töitä, reunapalkin valua, reunapalkin purkutöitä, betonirakenteiden korjauksia ja laastipaikkauksia, kannen kunnostustöitä, joihin kuuluvat tippuputkien ja kaivojen asentamiset sekä salaojien tekemiset, sillan pilareiden korjauksia, joihin kuuluvat myös siipien ja etumuurien korjaustyöt sekä kannen epoksointia. Lisäksi kannen suojabetonointiin liittyvissä töissä tarkastelin suojabetonimuotin tekemistä ja hiekkapuhallustöitä, mutta varsinainen valu jäi pois aikatauluvertailusta. Sillan kaidetöissä vertailtiin kaiteiden juurivaluja sekä impregnointia. Tunteja tarkastelin vain Destian työntekijöiden osalta sekä

muutaman alihankkijan osalta, jotka osallistuivat kyseisiin töihin, mutta esimerkiksi reunapalkin purussa ei ole otettu huomioon iskuvasaralla tai vesipiikkaamalla tapahtunutta purkua tai kaidetoissa kaiteiden asennusta.

Ongelmaksi aikatauluvertailussa osoittautui väärin kohdistetut tunnit. Osa työntekijöistä oli kohdistanut tunnit oikein oikeille litteroille, mutta valitettavasti tuntimerkintöjä tutkiessa osoittautui, että osa työntekijöistä oli laittanut kaikki tunteja 1–3:lle litteralle työmaalla. Näin ollen tuntimerkinnät eivät olleet täysin luotettavia, vaan niistä täytyi miettimällä siirtää osa tunteista joihinkin toisiin työtehtäviin, mitä kyseinen työntekijä oli työmaan aikana tehnyt. Sitä mistä tuntilitterojen väärin kohdistaminen johtuu, en tiedä. Luulen, että yksi syy miksi tunnit kohdistetaan väärin, on se, ettei tiedetä, miksi tunnit tulisi kohdistaa oikeille työtehtäville. Myös järjestelmän käyttö saattaa olla osa syy väärin kohdistamisissa, mikäli koetaan litteroiden etsiminen järjestelmästä hankalaksi tai aikaa vieväksi. Toisaalta voihan se olla myös vain piittaamattomuutta, mutta miksi ja miten sen voi kitkeä pois, vaatisi hieman enemmän asian tutkimista. Tärkeää ehkä olisikin ottaa asia esille työntekijöiden kanssa ja tarvittaessa opastaa järjestelmän käyttöä ja kertoa työtehtävien kohdistamisen tärkeydestä, joka saattaisi auttaa siihen, että saataisiin kaikki hyöty tulevaisuudessa tuntien tarkastelusta. Myös työntekijöiden tuntien hyväksyjän tulisi olla asiassa tarkempi, jolloin tähän ongelmaan pystyttäisiin reagoimaan aikaisemmin ja keskustelemaan työntekijöiden kanssa. En tiedä, millainen järjestelmä on, millä tunnit hyväksytään. Saattaahan se olla, että järjestelmästä on huono seurata työntekijöiden laittamia tunteja, jolloin työnjohdolla aika ja resurssit eivät riitä tarkistamaan kaikkien tunteja erikseen.

Mielestäni seuraavissa urakoissa olisi hyvä myös litteroihin tehdä tarkennuksia, jolloin jälkiseuranta olisi helpompaa. Jos litteroita lisäisi siten, että päälitteran alle lisättäisiin litteroita esimerkiksi kannen kunnostustyöt-littera, johon olisi helppo myös eritellä tehtävät työt, kuten vanhojen tippuputkien poisto ja uusien asennus sekä kaivojen ja salaojien asennus.

Kannen suojabetoni-littera tuotti itselleni eniten hankaluuksia, sillä en ihan osannut aluksi hahmottaa, mistä kaikki työntekijöiden tunnit kyseiselle litteralle muodostuivat. Litteraa voisikin mielestäni jakaa osiin, joihin kuuluisivat suojabetonimuotin ja valua valmistelevien töiden teko, suojabetonin valu sekä kannen hiekkapuhallus.

Sillan kaiteet-litterassa voisi eritellä kaiteiden poisto, tartuntojen poraus sekä juurikakkujen teko, näin ollen saattaisi aikatauluvertailu olla helpompaa tarvittaessa. En tosin tiedä, kohdistaisivatko työntekijät tarkemmin työtuntinsa, mikäli litteroita olisi enemmän vai tulisiko asiasta muutosvastarintaa, varsinkin jos työvaiheiden etsiminen järjestelmästä on hankalaa.

6.4 Aikatauluvertailu kaksivaiheisesti korjattujen ja kiertotien avulla korjattujen siltojen välillä

Suomenkylän silta korjattiin yksinään, mutta Kialan risteyssilta ja Kialan ylikulkusilta sekä Harabackan risteyssilta ja Saulin risteyssilta pystyttiin kiertotien avulla korjaamaan samaan aikaan. Päivien mukaan laskettuna kiertotiellä rakennetut Kialan sillat sekä Harabackan ja Saulin risteyssillat saatiin korjattua nopeammin, kuin kaksivaiheisesti korjatut Bergstan risteyssilta ja Kortesbackenin risteyssilta, vaikka samalla korjattiin kaksi siltaa. Suomenkylän sillan korjaukseen käytetyt päivät olivat lähes samat kuin Bergstan ja Kortesbackenin.

Reunapalkin teline- ja muottitöissä oli eniten väärin kohdistettuja tunteja, joten näiden työvaiheiden aikatauluvertailu olikin kaikista hankalinta. Lisäksi vertailuun vaikuttaa aina se, etteivät reunapalkin teline- ja muottityöt ole aina samantlaisia keskenään, vaan työsuunnitelmissa saattaa olla suuria eroavaisuuksia siltojen välillä. Siltojen reunapalkin teline- ja muottitöitä laskettaessa työskentelyn nopeus oli keskiarvolta noin 4 h/m, kun työhön lasketaan telineiden teko molemmille reunoille sekä reunapalkin muottityöt sillan molemmille reunapalkeille. Tämän perusteella kaikkien kiertoteiden avulla korjattujen siltojen työtunnit metriä kohden alittivat keksiarvoisen määrän, kun taas kaksivaiheisesti korjatuista

silloista vain Bergstan risteys sillalla saavutettiin keskiarvoinen työskentelynopeus.

Reunapalkin raudoitus- ja tartuntatöissä on myös otettava huomioon, ettei kaikki raudoitukset ja tartunnat ole samankaltaisia, vaan riippuvat myös kohteista. Toisissa kohteissa saatetaan joutua poraamaan enemmän tartuntoja, kuin toisissa. Myös olemassa olevat raudoitteet reunapalkissa saattavat viivyttää työn etenemistä. Kun siltoja korjattiin kiertotien avulla, saatiin raudoituksia porattua ja juotettua sillan molemmille reunapalkeille yhtä aikaa.

Reunapalkkien valut saatiin kiertotien avulla korjatuissa silloilla valettua molemmiin puolin samaan aikaan, joten valussa säästettiin 1 päivä ja reunapalkin kuivumisessa säästettiin 7 kuivumispäivää.

Reunapalkin purkutöissä ei omia rakennusmiehiä juurikaan käytetty, koska reunapalkit purettiin joko iskuporalla tai vesipiikkaamalla. Aikatauluhyötyä tästä kuitenkin saimme, koska siltojen molemmat reunapalkit pystyttiin samaan aikaan purkamaan, joten voi katsoa työn olleen nopeampaa, kun koneita ja laitteita ei ole tarvinnut tuoda työmaalle erikseen toista reunapalkkia varten myöhemmin.

Myös muut betonirakenteiden korjaukset ja laastipaikkaukset ovat aina siltakohtaisia. Huomasin myös aikatauluvertailua tehdessäni, että kyseiselle litteralle on laitettu tunteja, jotka eivät varmastikaan siihen kuulu. Mielestäni tämän litteran aikatauluvertailu on erittäin hankalaa, juurikin siitä syystä, että työmäärät voivat vaihdella siltakohtaisesti erittäin paljon.

Kannen kunnostustöihin kuuluvat tippuputkien, kaivojen ja salaojien asennukset. Aikatauluhyötyä tulee jo siitä, kun timanttiporaajat pystyvät poraamaan kiertotien avulla korjattavista silloista kaikki vanhat tippuputket samalla kertaa. Grönalundin risteys sillalta oli erilainen, joten sillä ei kyseisiä töitä ollut niin paljoa, että sitä olisi tähän vertailuun kannattanut ottaa. Kortesbackenin risteys sillalla kyseisiä töitä oli kohdistettu huomattavasti enemmän tuntimäärällisesti, kuin muilla silloilla. Epäilen, että osa tunneista onkin väärin kohdistettuja. Siitäkin huolimatta, kyseiset työvaiheet on saatu kiertotien avulla nopeammin suoritettua.

Sillan pilareiden korjaus, joka sisältää siipien ja etumuurien korjaustyöt, on taas sellainen työvaihe, jota on hankala vertailla. Kaikilla silloilla ei ole pilareita, joita tarvitsisi korjata. Lisäksi siipimuureissa on myös eroja, toisissa korjattavaa saat-
taa olla paljonkin, mutta toisilla silloilla ei juuri mitään. Mielestäni tämän työvai-
heen vertailu ei ole aikataulullisesti mahdollista, koska työmäärät voivat olla niin
erilaiset.

Kuten monessa muussakin työvaiheessa, niin myös kannen epoksitöissä saat-
taa siltakohtaisesti olla huomattavia eroja. Toisilla silloilla on halkeamia, pieniä
kuoppia ja epätasaisuuksia enemmän kuin toisilla. Kun vertailin siltojen keskiar-
voja siitä, paljonko saadaan neliötä tunnissa injektoitua ja epoksoitua, niin kes-
kiarvo oli 11,5 m²/h. Harabackan risteysillalla, missä oli paljon epoksoitavaa,
kannen huonon kunnon vuoksi, saatiin vain 4,7 m²/h epoksoitua, kun taas Sau-
lin risteysilla ei ollut läheskään yhtä paljoa epoksoitavia töitä, saatiin noin 21
m²/h. On vaikea arvioida aikatauluhyötyä epoksointitöiden suhteen.

Kannen suojabetonitöihin kiertotien avulla korjatuissa silloissa saadaan aikatau-
luhyötyä, kun koko sillan kansi saadaan valettua yhdellä kertaa. Mikäli silta kor-
jataan kahdessa vaiheessa, tulee valupäiviä kaksi. Tämän vuoksi aikataulu-
hyöty on ainakin 1 päivä ja kuivumispäivät lisäksi. Myös suojabetonimuotin ra-
kentamisessa tulee jonkin verran aikatauluhyötyä, koska koko muotti saadaan
rakennettua kerralla.

Sillan kaiteet töihin kuuluvat kaiteiden asennus ja muut kaiteisiin liittyvät työt
sekä kaiteiden juurivalut. En aikatauluvertailussa huomioinut, miten paljon aikaa
menee kaiteiden asennukseen, mikäli korjataan kiertotien avulla. Otin kuitenkin
huomioon omien työntekijöiden juurivalut, joihin ei aikataulullisesti korjaaminen
kiertotiellä vaikuta, vaan työtehtävään menee suurin piirtein sama aika, korja-
taan silta kummalla tavalla tahansa.

Impregnoinnissa säästetään huomattavasti aikaa, koska pystyttiin samalla ker-
taa impregnoimaan sillan molemmat reunapalkit Suomenkylässä. Lisäksi Kialan

silloilla sekä Harabackassa ja Saulissa pystyttiin impregnoimaan neljä reunapalkkia yhdellä kertaa.

Mielestäni aikatauluhyöty on varsin suuri kiertotiellä korjatuissa silloissa. Varsinkin töiden limittymisellä on suuri merkitys aikatauluhyödyssä, koska kaikkia työvaiheita pystytään tekemään samanaikaisesti ja seuraava työvaihe pystytään aloittamaan heti. Töitä pystytään tekemään paremmin ns. sarjatyöskentelynä, kun koko ajan on kaksi reunapalkkia, joita pystytään työstämään samanaikaisesti. Työntekijöillä on koko ajan jokin työvaihe, mitä he voivat korjata, eikä tule turhia odotustunteja liikennejärjestelyjen muuttamisen vuoksi. Aikatauluhyödystä kertoo myös se, että on pystytty korjaamaan kaksi siltaa nopeammin, kuin yksi.

6.5 Aikataulun tarkastelu liikennejärjestelyissä

Liikennejärjestelyiden aikatauluhyödyistä keskustelin Destian liikenteenohjauspalveluiden työmaapäällikön kanssa. Hänen mukaansa kaksivaiheisesti korjatussa kiertotiessä liikennejärjestelyihin menee yksi työvuoro/vaihe, lisäksi muutamia tunteja, kun viedään infotaulut ja muuta tarvittavaa kalustoa. Järjestelyt tehdään ruuhka-ajan ulkopuolella ja yötöinä, jotta liikennehaitta olisi mahdollisimman vähäinen.

Koska kiertotien liikenteenohjaus on kuitenkin työmäärällisesti isompi, meni siihen enemmän aikaa, verrattuna kaksivaiheisesti korjattavaan siltaan. Suojausten tekeminen aloitetaan jo ennen kaiteiden purkua, jotta kaivinkoneiden, rekkojen ja asfalttipäällystäjien työskentely oli turvallista. Asfalttoinnin valmistumisen jälkeen (kuva 23) jouduttiin siirtämään vastaan tuleva liikenne ihan reunaan ja suojaamaan kaistat miniguard-turvakaiteilla ja koska kiertotien pituus oli sen verran pitkä, kesti tämä vaihe yhden työvuoron.



Kuva 23. Kiertotien asfaltointi [21].

Seuraavana yönä silta suljettiin ja liikenne ohjattiin kiertotielle. Kiertotien toteutus ja purku kiertotiellä on siis laajempi kokonaisuus kuin kaksivaiheisesti korjatuilla silloilla, jolloin myös työtunteja menee enemmän. Aikataulullisesti siis kiertotien rakentaminen on jonkin verran isotöisempi. Täytyy kuitenkin ottaa huomioon, että liikennehaitta tienkäyttäjille lyhenee ajallisesti huomattavasti, koska pystytään tekemään isompi alue kerralla, suhteessa kahdessa vaiheessa korjattuun siltaan.

6.6 Laatuhyödyn tarkastelu

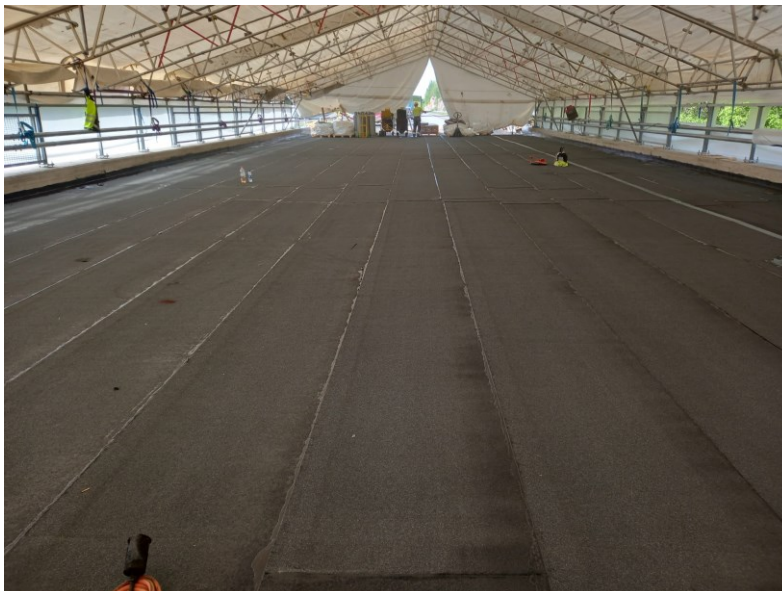
Korjattaessa siltoja kiertotien avulla saadaan monia laatuhyötyjä. Suurimmat laatuhyödyt tulevat sillan kantta korjattaessa. Kun saadaan koko kansi tehtyä kerralla, työ tehostuu ja laatu paranee. Sääsuoja saadaan rakennettua koko sillan kannen ylle, jolloin rakentaminen ja sääsuojan toteuttaminen saattaa olla helpompaa. Tällöin myös sääsuojan liepeet saadaan menemään koko sillan kannen yli, jolloin vesi valuu reunapalkkien ulkopuolelle, eikä vesi valu sillan kannelle. Näin pystytään varmistamaan paremmin vesisateella, että sillan kansi pysyy kuivana, mikäli vain sääsuojassa ei ole reikiä. Myöskään rekoista syntyviä

ilmanpaineongelmia ei ole, joten sääsuoja pysyy todennäköisemmin ehjänä. Epoksipaikkaukset pystytään tekemään koko sillan kannelle samalla kerralla (kuva 24).



Kuva 24. Kannen suojaepoksi [21].

Kermieristys pystytään myös tekemään samalla kertaa, jolloin limitykset saadaan hyvin tehtyä, eikä kermi vahingoitu (kuva 25).



Kuva 25. Kermieristys koko sillan kannelle yhdellä kertaa sääsuojan alla [21].

Suojabetoni- ja muotoiluvalut saadaan myös tehtyä yhdellä kertaa, jolloin ei synny saumoja betonointiin ja näin betonoinnin laatu paranee. Betonoinnissa pystytään myös paremmin tarkkailemaan sääolosuhteita, jolloin koko sillan kansi on tasalaatuinen betonoinnin osalta. Myös asfaltointi pystytään levittämään koko sillalle samalla kertaa, jolloin myöskään siihen ei synny saumoja.

7 Yhteenveto

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli vertailla kiertotien avulla korjattujen siltojen työturvallisuutta, aikataulua sekä korjaustoimenpiteiden laatua kaksivaiheisesti korjattuihin siltoihin. Kiertotien avulla korjattuja siltoja oli yhteensä viisi; Suomenkylän risteyssilta, Kialan risteyssilta, Kialan ylikulkusilta, Harabackan risteyssilta sekä Saulin risteyssilta. Kaksivaiheisesti korjattuja siltoja oli kolme: Bergstan risteyssilta, Kortessbackenin risteyssilta sekä Gröndalundin risteyssilta.

Yksi vertailukohde opinnäytetyössä oli työturvallisuus työskenneltäessä siltatyömaalla. Jo liikennejärjestelyjä tehtäessä työturvallisuus kasvoi, koska pystyttiin jättämään yksi työvaihe pois, jolloin työskentely liikenteen seassa väheni. Myöskään ohi ajavasta rekkaliikenteestä johtuva ilmanpaine ei vaikuttanut työskentelyyn, kun sillat korjattiin kiertotien avulla. Myös sääsuojien rakentaminen oli turvallisempaa. Työturvallisuuteen liittyy myös työmaaliikenne. Kiertotiellä, kun koko silta oli työmaa-alueena, ei työmaaliikenne häirinnyt muuta liikennettä ja kuorma-autoilla oli tarpeeksi tilaa nostoille sekä kuorma-autot pystyivät toimimaan vaarantamatta ohi ajavaa liikennettä.

Myös autoilijoiden liikennehaitta lyheni huomattavasti, kun korjattiin kiertotien avulla. Lyhyemmässä ajassa pystyttiin korjaamaan peräti kaksi siltaa kerralla, kuin jos olisi korjattu yksi silta kaksivaiheisesti. Myös työmaalta mahdollisesti lentävät roiskeet ja roskat eivät tavoittaneet ohiajavaa liikennettä, koska välimatka sillalta kiertotielle oli niin pitkä.

Mahdollisissa onnettomuustilanteissa riski siitä, että tulee henkilövahinkoja, pieneni huomattavasti kiertotien avulla, koska työskentelyä tapahtui harvemmin lähellä liikenteenohjauslaitteita.

Yhteenvetona voidaan sanoa, että työturvallisuuden kannalta kiertotie on parempi vaihtoehto. Kiertotien avulla työturvallisuutta saadaan parannettua huomattavasti, kun saadaan ohiajava liikenne kauemmas työntekijöistä sekä työmaa-alueesta.

Toisena vertailukohteena opinnäytetyössä oli aikataulu. Eniten ajallisesti hyödyttiin Kialan risteyssillan ja Kialan ylikulkusillan sekä Harabackan risteyssillan ja Saulin risteyssillan korjaamisissa, koska lyhyemmässä ajassa saatiin korjattua kaksi siltaa kuin vertailussa olleet Bergstan risteyssilta ja Kortsesbackenin risteyssilta, jotka korjattiin kahdessa vaiheessa. Aikatauluvertailussa vertailtiin reunapalkin teline- ja muottitöitä, reunapalkin rauditus- ja tartuntatöitä, reunapalkkien valuja, reunapalkin purkua, muiden betonirakenteiden korjaus ja laasti-paikkauksia, kannen kunnostustöitä, sillan pilareiden korjauksia, kannen epoksitöitä, kannen suojabetonointia, sillan kaidetöitä sekä impregnointia. Suurimassa osassa työvaiheista pystyttiin työskentelemään nopeammin kiertotien avulla. Joitakin työvaiheita toki oli toisilla silloilla enemmän kuin toisilla, joten kaikki työvaiheet eivät olleet keskenään täysin vertailukelpoisia. Useassa työvaiheessa kuitenkin säästettiin aika, kun pystyttiin tekemään työvaiheita limittäin tai samanaikaisesti. Joten tulosten perusteella myös aikataulullisesti pystytään työskentelemään tehokkaammin, kun korjataan siltoja rakentamalla kiertotie.

Aikataulullisesti kiertotien liikennejärjestelyihin meni enemmän aikaa kuin kaksivaiheisesti korjattavan sillan liikennejärjestelyihin. Koska kiertotien liikennejärjestelyt kokonaisuutena ovat laajemmat, silloin myös työtunteja niiden rakentamiseen meni enemmän. Aikataulullisesti ei siis säästetty kiertotien liikennejärjestelyissä.

Kolmas vertailukohde oli laatuhyöty. Laatuhyöty oli huomattava varsinkin sillan kannen korjauksessa. Työn tehostumista ja laadun paranemista edesauttoivat, kun koko sillan kansi saatiin kerralla korjattua. Kermieristys pystyttiin tekemään kerralla koko sillan kannelle, jolloin limitysten kanssa ei ollut ongelmia. Myös suojabetonointi ja asfaltointi pystyttiin tekemään samalla kerralla, jolloin kumpankaan ei tullut saumoja, kuten kaksivaiheisesti korjatuissa silloissa olisi tullut.

Kiertotien avulla korjattuja siltoja ja kaksivaiheisesti korjattuja siltoja vertaillen voidaan todeta, että tulevaisuudessa kannattaisi pyrkiä korjaamaan aina kiertotien avulla, mikäli se vain on mahdollista.

8 Pohdinta

Työn tekeminen oli minulle mielekästä, koska olin kesän töissä kiertotiellä rakennetuilla silloilla, joten sitä kautta työvaiheet ja kestot olivat minulle tuttuja. Koen henkilökohtaisesti mielekkäämpänä työskennellä kiertotien avulla korjattavalla sillalla, juuri sen vuoksi, kun ohi ajava liikenne menee hieman kauempana, joten koen sen paljon turvallisemmaksi. Kiertotien rakentaminen sillankorjauksen ajaksi parantaa niin tienkäyttäjien kuin työntekijöidenkin turvallisuutta monella tapaa huomattavasti.

Tarkemman otannan olisi saanut, mikäli vertailtavissa silloissa olisi ollut enemmän kahdessa vaiheessa korjattuja siltoja, mutta siinä tapauksessa työstä olisi saattanut tulla liian laaja. Myöskään tietoa siitä, miten tunnit on muissa kohteissa litteroitu, ei ole. Tulevaisuudessa täytyisi tarkemmin kohdistaa tunnit, jotta aikatauluvertailu sitä tekeväille olisi helpompaa, eikä tarvitsisi niin sanotusti keksiä minne tunnit tulisi oikeasti sijoittaa.

Mielestäni työturvallisuushyöty kiertotiellä korjattaessa on mittaamaton, kun mietitään kaikkia mahdollisia onnettomuuksia, mitä tiellä työskennellessä voi sattua. Myös kaikki henkilöt, joiden kanssa olen keskustellut kesän aikana työskennellessäni sekä opinnäytetyötä tehdessäni, ovat olleet samaa mieltä, että työturvallisuus kasvaa huomattavasti kiertotien avulla.

Liikennehaitta myös vähenee kiertotien avulla, koska työt saadaan nopeammin valmiiksi.

Mielestäni kiertotie tulisi rakentaa aina kun se vain on mahdollista, koska työturvallisuus paranee siinä huomattavasti. Tietenkin on aina tilaajan päätettävissä mikä on rahallinen summa, joka oltaisiin valmiita laittamaan kiertotien rakentamiseen urakoissa. Mutta missä menee kustannusten raja, jolla kiertotiet voitaisiin rakentaa urakoissa? Mikäli tapahtuisi onnettomuus, joka vaatisi ihmishenkiä, olisiko mikään kustannus liian suuri? Vaikka onnettomuudet onneksi ovat vähäisiä, täytyy kuitenkin ottaa huomioon, että Porvoon moottoritieellä samassa urakassa tapahtui kaksi onnettomuutta.

Opinnäytetyössäni en ottanut huomioon kustannuksia. Tietenkin tämäkin olisi hyvä selvittää, paljonko mahdollisesti kustannuksissa säästetään tai ei säästetä. Voisin kuvitella, että jossain työvaiheissa säästöä tulee, mutta täytyy ottaa huomioon, että kiertotien rakentaminen on kuitenkin hieman kalliimpaa kuin liikennejärjestelyjen tekeminen kaksivaiheisesti.

- 14 Työturvallisuuskeskus. Työturvallisuuskortti. <https://tyoturvallisuus-kortti.fi/kortti/> luettu 15.11.2022
- 15 Ratu 1223-S. Rakennustöiden putoamissuojaussuunnitelma. 2009. Rakennustieto Oy.
- 16 Väylävirasto. 4/2012. Silko 1.111. Yleisohjeet. Työturvallisuus. [s1111.pdf \(vaylapilvi.fi\)](https://vaylapilvi.fi/s1111.pdf) luettu 16.12.2022
- 17 Infra Ry. Työterveyslaitos. 2017. MVR-Mittari. [mvr-mittari.fi a5_24092017-1_web.pdf \(rt.fi\)](https://mvr-mittari.fi/a5_24092017-1_web.pdf) luettu 16.11.2022
- 18 Ratu TT 13.15. Perehdyttäminen ja työhönopastus. 2020. Rakennustieto Oy.
- 19 Työturvallisuuskeskus. Perehdyttäminen ja työnopastus. Ennakoivaa työsuojelua. [pdf \(mobiezone.fi\)](https://mobiezone.fi/pdf) luettu 6.11.2022
- 20 Työturvallisuuskeskus. Etusivu. Aineistot. Perehdyttäminen rakennustyömaalla. <https://ttk.fi/julkaisu/perehdyttaminen-rakennustyomaalla/> luettu 6.11.2022
- 21 Mäkyne, Hanna. 2022.
- 22 Liikennevirasto. 2015. Varasiltakaluston hoito- ja varastointiohje. [Microsoft Word - LO 24-2015 Varasiltakaluston hoito-ohje 30.10.2015 \(vaylapilvi.fi\)](https://www.vaylapilvi.fi/Word-LO-24-2015-Varasiltakaluston-hoito-ohje-30.10.2015) luettu 13.2.2023
- 23 Liikennevirasto. 2/2018. Sulku- ja varoituslaitteet. Laatuvaatimukset ja käyttö. Toteuttamisvaiheen ohjaus. [Sulku- ja varoituslaitteet \(doria.fi\)](https://doria.fi/Sulku-ja-varoituslaitteet) luettu 15.2.2023
- 24 Google Earth. <https://www.google.fi/intl/fi/earth/> luettu 6.2.2023
- 25 Itäväylä. Laine, Mika. 2021. Pakettiauto yöllä rajusti pain siltatyömaan betoniesteitä. <https://www.itavayla.fi/teksti/pakettiauto-yolla-rajusti-pain-silta-tyomaan-betoniesteita-6.2.55571.91883bc9fb> luettu 23.2.2023
- 26 Yle. Nironen, Saija. 2021. Tielle kaatunut betonirekka aiheuttaa aamulla merkittävää haittaa Porvoonväylän liikenteelle Sipoossa. <https://yle.fi/a/3-12222069> luettu 23.2.2023