

Tero Haaramäki

## **Rautatiesillan siirtoon valmistautuminen**

Opinnäytetyö

Kevät 2014

Tekniikan yksikkö

Rakennustekniikan koulutusohjelma



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

## Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Tekniikan yksikkö

Koulutusohjelma: Rakennustekniikan koulutusohjelma

Suuntautumisvaihtoehto: Talonrakennustekniikka

Tekijä: Tero Haaramäki

Työn nimi: Rautatiesillan siirtoon valmistautuminen

Ohjaaja: Arto Saariaho

Vuosi: 2014

Sivumäärä: 42

Liitteiden lukumäärä: 6

---

Opinnäytetyön tarkoituksena on luoda työkalu ratasillan siirtoon valmistautuville työnjohtajille. Työssä käydään läpi kaikki liikennekatkossa siirrettävän ratasillan siirtoa edeltävät työvaiheet. Työvaiheiden sisällöt käsitellään yksityiskohtaisesti ja käydään läpi niiden vaatimat laatuvaatimukset. Lisäksi työssä listataan rautatiellä työskentelemisen turvallisuusohjeita sekä vaadittavia pätevyyskriteerejä rautatiealueella työskennellessä.

Rautatiesillan siirtoon valmistautuminen alkaa kuukausia ennen siirtoa. Ensimmäiset kalustovaraukset ja kaapeleiden mahdolliset jatkotyöt on tilattava kuusi kuukautta ennen liikennekatkoa. Liikennekatko on 8–30 tunnin työpäivä, jolloin on suoritettava ratapenkan purku, sillan siirto ja rautatien palauttaminen liikennöitäväksi. Kaikki työvaiheet tulee olla valmisteltuna ennen siirtoa, koska aikataulu on tiukka ja ylimääräistä aikaa ei ole. Tästä syystä valmistautumisen onnistuminen korostuu erityisen paljon. Hyvällä valmistautumisella minimoidaan ongelmien synty ja vähennetään niiden vaikutuksia liikennekatkon aikatauluun. Työssä on myös listattuna vaadittavat suunnitelmat laadun ja työturvallisuuden varmistamiseksi.

Työssä on käytetty paljon asiantuntija-apua, sillä kirjallista materiaalia liikennekatkoon valmistautumiseen on vähän saatavilla. Työvaiheiden sisältöjä ja laatuvaatimuksia on selvitetty Ratahallintokeskuksen ja Liikenneviraston ohjeista. Työvaiheet on koottu työhön siihen järjestykseen, missä ne tulee suorittaa työmaalla. Työjärjestyksestä voidaan kuitenkin joutua muuttamaan kohteesta riippuen. Tämän työn ohjeita noudattamalla sillan siirrosta tulee onnistunut ja valmisteluissa osataan huomioida kaikki asiat liikennekatkoa ajatellen.

Avainsanat: rautatiesilta, siirto, valmistelu, ohje

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

## **Thesis abstract**

Faculty: School of Technology

Degree programme: Construction Engineering

Specialisation: Building Construction

Author: Tero Haaramäki

Title of thesis: The preparations for transferring a railway bridge

Supervisor: Arto Saariaho

Year: 2014

Number of pages: 42

Number of appendices: 6

---

The purpose of the thesis was to create a tool for supervisors planning to transfer a bridge. All the preceding stages of the transfer have to be done before a traffic interruption will be carried out. The contents and the quality requirements of the stages are presented in detail. Moreover, the thesis lists safety regulations and the required competences for working on the railway.

The preparation works of a railway bridge transfer starts months before the actual transfer. The first reservations of the equipment and possible extra work for the cables need to be ordered six months before the traffic interruption. The actual interruption will be 8 to 30 hours and in that time dismantling the railway bank, transferring the bridge and normalizing the situation have to be carried out.

All the preparation stages need to be well prepared before the transfer for the sake of the tight schedule and lack of spare time. For this reason the preparation works have to be successful. With a good preparation, it is possible to minimize problems and reduce their impact on the schedule of the traffic interruption. In the paper, required plans will be listed to ensure work quality and occupational safety.

For the thesis I used a lot of expert help because there are only a few works focusing on the preparation works of the traffic interruption. The contents of the work phases were clarified from the instructions of Ratahallintokeskus and Liikennevirasto. All the stages were collected in the order valid at the work place, too. Of course there is always the possibility to change the order when needed. By following the instructions of the thesis, the transferring of the bridge will be successful and all the things concerning the traffic interruption will be taken into account.

Keywords: railway bridge, transfer, preparation, instruction

## SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	2
Thesis abstract.....	3
SISÄLTÖ.....	4
Kuvio- ja taulukkoluetelo.....	6
Käytetyt termit ja lyhenteet .....	7
1 JOHDANTO .....	9
2 SIIRTOMENETELMÄT.....	10
2.1 Tunkkausmenetelmä.....	10
2.2 SPMT-menetelmä .....	11
3 VALMISTELEVAT TYÖVAIHEET.....	12
3.1 Aikataulutus .....	12
3.2 Suunnitelmat .....	12
3.2.1 Työtapsuunnitelmat.....	12
3.2.2 Tekniset työsuunnitelmat .....	13
3.2.3 Työvaiheen laatusuunnitelma .....	14
3.2.4 Turvallisuussuunnitelma.....	14
3.2.5 Aluesuunnitelmat .....	15
3.3 Kaapelien jatkojen tilaaminen .....	16
3.4 Radan katkaisu .....	16
3.5 Teline- ja muottityöt sekä siirtoradan laattojen asennus.....	18
4 SIIRRON ENNAKOIVAT TYÖVAIHEET .....	20
4.1 Siirtopalaveri .....	20
4.2 Kaluston tarpeen arviointi.....	20
4.2.1 Maansiirto .....	20
4.2.2 Nosto- ja siirtokalusto.....	22
4.2.3 Tiivistys .....	22
4.2.4 Varakalusto .....	23
4.2.5 Ratakalusto .....	24
4.3 Murskeiden ja sepelien vastaanotto .....	25
4.4 Laakerit .....	26

4.5	Siirtymälaatat .....	27
4.6	Jännitekatko ja maadoitukset .....	29
4.7	Sillan maadoittaminen .....	30
4.8	Työmaan varustelu .....	31
4.9	Tulityöt .....	32
4.10	Salaojaputket, suodatinkangas ja routasuojaus .....	34
4.11	Työturvallisuus .....	35
4.11.1	Liikkuminen ja työskentely .....	35
4.11.2	Henkilökohtaiset varusteet .....	35
4.11.3	Sijainnin määrittely rautatiealueella .....	36
4.11.4	Toiminta vaaratilanteessa .....	36
4.11.5	Pätevyudet ja perehdyttäminen .....	36
4.11.6	Ratatyöalueen erottaminen .....	37
4.11.7	Työkoneet .....	37
5	YHTEENVETO .....	38
	LÄHTEET .....	39
	LIITTEET .....	42

## Kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuvio 1. Sillan siirto tunkkausmenetelmällä. ....	10
Kuvio 2. Sillan siirto SPMT-menetelmällä .....	11
Kuvio 3. Raide-elementin poisto raidenosturilla. ....	17
Kuvio 4. Muotti ja teline purettu ja valmisteltu siirtoa varten.....	19
Kuvio 5. Raidesepelin levitys leveällä luiskakauhalla.....	21
Kuvio 6. Siirtymälaattojen pohjien tiivistys tärylevyllä.....	23
Kuvio 7. Raiteen sepelöinti kiskopyöräkaivinkoneella. ....	25
Kuvio 8. Kalottilaakeri. ....	27
Kuvio 9. Siirtymälaattojen asennus autonosturilla. ....	28
Kuvio 10. Kaapelit suojattuna Larsen-teräsponsilla. ....	32
Kuvio 11. Laakerin aluslevyn hitsaus pilariin.....	33
Kuvio 12. Sillan päädyn routasuojaus. ....	34

## Käytetyt termit ja lyhenteet

<b>Aggregaatti</b>	Polttomoottorigeneraattori joka tuottaa sähköä
<b>Impedanssisilta</b>	Kuristin, jota käytetään kaksikiskoisen raidevirtapiirin alueella paluuvirran johtamiseen erityisjatkoksen yli sekä rakenteiden maadoittamiseen paluukiskoon
<b>Jälkivalu</b>	Varsinaisen betonoinnin kovettumisen jälkeen suoritettava valu
<b>Kivituhka</b>	Kiviaines jonka raekoko 0-8 mm
<b>Kontaktitappi</b>	Terästanko betoniteräksen sähkökemiallisia mittauksia varten
<b>Kurottaja</b>	Kappaleiden siirtoon tarkoitettu työkonne
<b>Kuukulkija</b>	Henkilönostin
<b>Liikennekatko</b>	Kyseisenä aika rata on suljettuna liikenteeltä
<b>Liikennepaikka</b>	Junien kohtaamispaikka, jossa on tarjolla henkilö- tai tavaraliikennepalveluita
<b>M-johdin</b>	Yleensä ilmassa oleva maadoitusjohdin, jolla yhdistetään useita ratajohtopylväitä tai muita suojamaadoitettavia osia paluukiskoon
<b>M-johtopylväs</b>	Pylväs joka on maadoitettu M-johtimella
<b>Moreeni</b>	Lajittumaton maalaji joka sisältää useaa keskenään sekoitunutta maalajiketta kivenlohkareista saveen
<b>Murskearina</b>	Tiivistetty murskekerros rakenteen alla
<b>Nostotunkki</b>	Raskaiden kohteiden nostamiseen tarkoitettu hydraulinen nostolaite

<b>Ohitusjohdin</b>	Ajojohtimen rinnalle kytkettävissä oleva johdin, jolla voidaan ohittaa radan pituussuunnassa yksi tai useampi ajojohtimen sähköisiä ryhmiä
<b>Paluuvirtakisko</b>	Paluuvirtatien osana toimiva metallisesti yhtenäinen rata-kisko
<b>Ratatyölupa</b>	Liikenteenohjauksen lupa radalla tapahtuvaan työhön
<b>Resistanssimittaus</b>	Maadoituksen sähköisen jatkuvuuden mittaus
<b>RSU</b>	Ratatyön suojaulottuma, Liite X
<b>Siirtoradanlaatta</b>	Siirtoradan alle tuleva 1,5m x 3m x 0,2m teräsbetoni-laatta
<b>Siirtorata</b>	Rata jonka päällä siirrettävä silta liikkuu
<b>Tippuputki</b>	Sillan kannen läpi johdettu putki, jonka kautta vedenerityksen päälle kertynyt vesi pääsee valumaan pois
<b>Työntötunkki</b>	Siltaa sivusuunnassa liikuttava hydraulinen tunkki
<b>Täryjyrä</b>	Päältäajettava maantiivistäjä
<b>Tärylevy</b>	Työnnettävä pohjapinnaltaan nelikulmion muotoinen maantiivistäjä
<b>Vemo</b>	Valuankkuri johon voidaan tehdä kiinnityksiä



# 1 JOHDANTO

Ratasiltojen rakentaminen siirrettävänä on nykyaikainen tapa rakentaa silta liikenteen ehdoilla. Sivusiirrettävänä rakennettava silta ei tällöin häiritse työn aikana raideliikennettä merkittävästi. Sillan rakentaminen käy näin nopeammin, taloudellisemmin sekä luotettavammin. Siirrettävällä ratasillalla työskentely on turvallisempaa, koska työn teko tapahtuu liikenteeltä turvassa, raiteen sivussa. Raideliikenne katkaistaan vain siirron ajaksi, joka on kohteesta riippuen 8–30 tuntia. Silta on liikennekatkon jälkeen välittömästi liikennöitävässä kunnossa, joten haitat raideliikenteelle jäävät vähäisiksi. (VR Track Oy, [viitattu 23.1.2014].)

Tässä opinnäytetyössä selvitetään sivusiirrettävän ratasillan liikennekatkoon valmistautumisessa huomioitavia asioita. Sivusiirrettävän ratasillan liikennekatkoon valmistautuminen alkaa jo kuukausia ennen siirtoa raidevarausten ja kalustovarausten vuoksi. Tämän opinnäytetyön tarkoitus on selvittää, milloin kalusto ja erilaiset raiteelle tehtävät toimenpiteet on tilattava ja suoritettava, että liikennekatko on onnistunut ja kaikki asiat on osattu huomioida. Lisäksi käydään läpi, millaisia toimenpiteitä työmaalla tulee suorittaa kuukausia ja viikkoja ennen siirtoa. Opinnäytetyössä selvitetään myös tunkkausmenetelmän sekä SPMT-menetelmän toimintaperiaatteita. Osa tiedoista on yleispäteviä, joita voi hyödyntää siirtomenetelmästä riippumatta. Tässä työssä keskitytään VR Trackin käyttämään tunkkausmenetelmään ja tutkitaan pääasiassa siihen liittyviä toimenpiteitä ja menetelmiä. Tässä työssä ei käsitellä sillan rakentamiseen liittyviä asioita muuta kuin niiltä osin, mitä tulee huomioida rakennusvaiheessa sillan siirtoon liittyen. Ratasillan rakentamisen vaiheet on esitetty liitteessä 1.

Ajatus opinnäytetyön aiheeseen tuli kesällä 2013, kun ratasiltojen siirtoihin valmistautuessa ei ollut juurikaan saatavilla kirjallista materiaalia aiheeseen liittyen. Opinnäytetyön tavoitteena on luoda työkalu sillan siirtoihin valmistautuville yrityksille sekä työnjohtajille, että oikeat asiat osataan huomioida oikeaan aikaan. Tämä opinnäytetyö tulee sisältämään paljon asiantuntija-apua, koska kirjallista materiaalia on huonosti saatavilla. Kokeneet sillansiirtäjät ja työnjohtajat osaavat toimenpiteet ja valmistelut ilman apua, mutta uusille työnjohtajille valmisteluiden suunnittelu voi olla vaikeaa.

## 2 SIIRTOMENETELMÄT

### 2.1 Tunkkausmenetelmä

Tunkkaamalla siirrettävän sillan siirtovalmistelut alkavat ennen kuin siltaa aloitetaan rakentamaan. Siirtosuunnitelmien tulee olla kunnossa ennen kuin työ voidaan aloittaa, sillä osa sillan alle jäävästä siirtokalustosta on laitettava paikoilleen ennen sillan teline- ja muottitöitä. Siirtoradan murskearina sekä siirtoradan laatat tulevat telineen alle valmiiksi, koska ne olisi vaikeampi tehdä ja asentaa valmiin sillan alle. Loput kalustosta asennetaan telineiden purun jälkeen siirtoa edeltävällä viikolla.

Tunkkausmenetelmässä sillan alle rakennetaan siirtorata (kuvio 1). Siirtorata koostuu siirtoradan arinasta, -laatoista, -palkista, -kelkoista sekä tunkeista. Sillan siirrossa silta nostetaan hydraulitunkeilla siirtoratapalkin päällä olevien kelkkojen varaan. Kun silta on nostettu kelkkojen varaan, työntötunkeilla aloitetaan sillan siirtäminen. Kelkat liukuvat siirtoradan palkin päällä, kun työntötunkki työntää siltaa vaakasuunnassa. Kun silta on saatu siirrettyä lopulliselle paikalleen, tukien päälle, aloitetaan sillan laskeminen nostotunkit laskemalla. Kun silta on laskettu tukiansa varaan, siirtokalusto voidaan purkaa ja sillan valmisteleminen liikenteelle voidaan aloittaa. (Välimaa 2014.)



Kuvio 1. Sillan siirto tunkkausmenetelmällä.

## 2.2 SPMT-menetelmä

SPMT-siirtomenetelmä perustuu pyörillä liikkuvaan lavettitekniikkaan (kuvio 2). Lavetit kykenevät nostamaan tuhansien tonnin painoisia siltoja ja siirtämään ne senttien tarkkuudella oikeille paikoilleen. Lavetit laitetaan siirrettävän sillan alle ja silta nostetaan ilmaan lavettien hydraulisten tunkkien avulla. Tämän jälkeen silta siirretään lopulliselle paikalleen lavetteja ajamalla. SPMT-menetelmän hyötynä on, että se voi liikkua 360 asteen säteellä tukipisteeseen nähden. Yksiköt on yhdistetty sähköisesti toisiinsa ja järjestelmää ajaa yksi jalkaisin liikkuva kuljettaja. Elektroninen ohjaus mahdollistaa liikkumisen tarkasti kaikkiin suuntiin.

Yhdessä SPMT-yksikössä on neljä tai kuusi akselilinjaa. Jokainen akselilinja koostuu rengaspareista, jotka ovat maksimissaan 1,5 metrin välein. Yksiköitä voidaan yhdistää leveys- ja pituussuunnassa. Akselilinjojen kantavuus on 24–30 tonnia ja lavetin kulkunopeus on kuormasta ja maastosta riippuen 4,8 km/h–11,2km/h. (Federal Highway Administration 2007, 1,7.)



Kuvio 2. Sillan siirto SPMT-menetelmällä.  
(Havator 2014).

## **3 VALMISTELEVAT TYÖVAIHEET**

### **3.1 Aikataulutus**

Tärkein lähtötieto suunniteltaessa siltaa liikennöidylle raiteelle on liikennekatkon ajankohta sekä katkon pituus. Ajankohta ja katkon pituus vaikuttavat työmaalla menettelytapoihin sekä resursseihin liikennekatkon aikana. (Rautatiesiltojen suunnitteluohjeet RSO 1999, 4.) Toteutuneen ratasillan siirron aikataulu on esitetty liitteessä 2.

Kun liikennekatkon ajankohta ja pituus ovat tiedossa, työnjohtajat tekevät aikataulun sillan rakentamiselle. Aikataulussa huomioidaan kohteen koko, kun määritetään aikoja, kauanko kuluu aikaa pohjatöille, sillan rakentamiselle sekä varustelu- ja viimeistelytöille. (Välimaa 2014.)

Suunnittelijan tulee laatia kaikista liikennekatkossa tehtävistä työvaiheista ja niiden mahdollisista riippuvuussuhteista työaikataulu, jota noudatettuna työ onnistuu annettuna liikennekatkoajana. Aikataulun tarkoituksena on varmistua siitä, että annettu liikennekatkoajana riittää kaikkien työvaiheiden tekemiseen. Erityistä huomiota on kiinnitettävä yhtäaikaaisesti työskentelevien työkoneiden määrään niin, että ne mahtuvat työskentelemään suunnitelmien mukaisesti. Jälkivalujen sitoutumiselle on varattava riittävästi aikaa, ennen kuin sitoutumista häiritsevät työvaiheet aloitetaan. Ratahallintokeskuksen ohjeelliset kestot eri työvaiheille on esitetty liitteessä 3. (Rautatiesiltojen suunnitteluohjeet RSO 1999, 16.)

### **3.2 Suunnitelmat**

#### **3.2.1 Työtapsuunnitelmat**

Työtapsuunnitelmissa tulee esittää työtapsiirustukset sekä alustavat liikennekatkojen aikana tehtävien töiden aikataulut. Aikatauluja voidaan tarkentaa rakennussuunnitelmavaiheessa.

Työtapapiirustuksissa tulee esittää

- siirrettävän siltakannen perustamistapa ja valualustan sijainti.
- siltakannen siirtopaino
- kolme- tai useampisiirtorataisissa silloissa siirron aikaisten tukireaktioiden ja tukipisteiden siirtymien sallitut arvot.
- siirtoratojen sijainti ja perustamistapa.
- liikennekatkojen kaivu- ja täyttötöyt.
- tukiseinä- ja paalutustöiden vaatimat työtilat.
- rakentamisalueella työskentelyä rajoittavat tekijät, kuten viemärit ja rakennukset.
- työnaikaisten kaivantojen tuennat.

Työtapapiirustuksista on oltava laskettavissa massanvaihtojen ja kaivutöiden määrät, jotka tulee suorittaa. Piirustuksen tekstiosasta täytyy löytyä liikennekatkojen pituudet sekä niiden aikana tehtävät työvaiheet. (Rautatiesiltojen suunnitteluohjeet RSO 1999, 15.)

### 3.2.2 Tekniset työsuunnitelmat

InfraRYL 2006 (2008, 85) määrää teknisistä työsuunnitelmista seuraavaa:

Urakoitsijan on vähintään viikkoa ennen työvaiheen aloitusta esitettävä tilaajan edustajalle tiedoksi tai tarkastettavaksi jäljempänä luetellut tekniset työsuunnitelmat, joista tulee käydä ilmi ainakin kohdassa 42001.4.4 luetellut asiat. Teknisen työsuunnitelman muutos on esitettävä tilaajan edustajalle vähintään päivää ennen työvaiheen aloittamista.

.1 R Rautatiesiltojen pohjarakenteissa työsuunnitelmat tulee hyväksyttävä RHK:n valtuuttamalla tarkastajalla. Suunnitelmat tulee toimittaa tarkastettavaksi kaksi viikkoa ennen toteutusta varten varattua raidevarausta tai jännitekatkoa ja ne on oltava hyväksytyjä ennen töiden aloittamista. Kohdassa 42001.4.4 lueteltujen asioiden lisäksi teknisessä työsuunnitelmassa on esitettävä:

- työvaiheet
- tarkat aikataulut kaikista raidevarauksia vaativista työvaiheista
- kaluston määrä ja sijoittelu
- massojen siirrot

- varajärjestelmien suunnitelmat ja niiden käyttö
- liikennöitävällä raiteella, lyhyillä liikennekatkoilla esitetään lisäksi tuntiaikataulu massamääriin ja työsaavutukseen perustuen, mistä käy ilmi kriittisten työvaiheiden aikataulut.

### 3.2.3 Työvaiheen laatusuunnitelma

Työvaiheen laatusuunnitelmasta InfraRYL 2006 (2008, 86) määrää seuraavaa:

.1 Työvaiheen laatusuunnitelmat on laadittava kohdassa 42001.4.3 tarkoitetulla tavalla. Laatusuunnitelmien on katettava kaikki suunnitelma-asiakirjoissa ja teknisissä työsuunnitelmissa esitetyt vaatimukset. Työvaiheen laatusuunnitelmat on toimitettava tilaajan edustajalle viimeistään viikkoa ennen työvaiheen aloittamista.

### 3.2.4 Turvallisuussuunnitelma

Urakoitsijan tulee laatia työmaan turvallisuussuunnitelma ennen rakennustöiden aloittamista. Suunnitelmassa esitetään töiden ja työvaiheiden tekeminen ja niiden ajoitus niin, että ne voidaan toteuttaa turvallisesti ja aiheuttamatta vaaraa työmaalla työskenteleville tai muille työn vaikutuspiirissä oleville. Työvaihekohtaiset turvallisuussuunnitelmat tehdään:

- tuki- ja työtelineistä putoamisvaarallisissa töissä
- elementtien asennustöistä
- siirroista ja nostoista
- henkilöiden nostoista
- kaivutöistä ja kaivantojen tuennasta
- purkutöistä
- räjäytystöistä
- hukkumisvaaran omaavista töistä
- sähkötapaturmavaarallisista töistä
- kuiluissa sekä maanalaisissa tunneleissa tapahtuvista töistä
- sukellustöistä
- painekammiossa tapahtuvista töistä

- sekä muista vastaavista töistä.

Kaikkien työmaalla toimivien on oltava tietoisia turvallisuussuunnitelmien sisällöistä ja noudatettava niitä. Ylikulkusiltojen teline- ja maadoitussuunnitelmat sekä junaturvallisuuteen vaikuttavien kaivantojen tuentasuunnitelmat tulee hyväksyttää Ratahallintokeskuksella tai tämän valtuuttamalla asiantuntijalla. (InfraRYL 2006 2008, 83.)

### 3.2.5 Aluesuunnitelmat

Aluesuunnitelmassa esitetään kirjallisesti, miten työmaan järjestelyt sijoitetaan rakennuspaikalla. Aluesuunnitelma on työmaan logistiikkajärjestelyiden sekä turvallisuus- ja työjärjestelyiden tiedotusväline työmaalla työskenteleville. Suunnitelmaa tulee päivittää hankeen edetessä ja sen täytyy olla aina ajan tasalla. Ajan tasalla oleva aluesuunnitelma laitetaan esille esimerkiksi työmaan portille, työntekijöiden sosiaaliloihin sekä työmaatoimistoon.

Työmaan aluesuunnitelmassa tulee esittää rakennusalueella olevat tiet ja väylät sekä niiden erottamistarve työmaasta, myös työmaan rajaaminen aitaamalla merkitään suunnitelmaan. Nostoalueet täytyy olla merkittynä, että nostotyöt voidaan suorittaa turvallisesti kantavalta maapohjalta. Aluesuunnitelmassa esitetään aina myös työmaan sosiaalililat, valaistustarve, rakennustarvikkeiden varastointijärjestelyt sekä sähkökeskukset ja vesipisteet. (Ratu C2-0299 2007, 3–7.)

Työmaan turvallisuuden kannalta aluesuunnitelmaan on tärkeää merkitä työmaan osoite pelastusviranomaisten saamiseksi oikeaan osoitteeseen. Ratu C2-0299-kortin (2007, 14) mukaan myös pelastustiet, ensiapuvälineet sekä sammutuskaluston sijainti on tärkeää merkitä aluesuunnitelmaan. Paloturvallisuuden parantamiseksi tulityöalueet tulee olla merkittynä aluesuunnitelmaan.

Siltatyömaalla aluesuunnitelmaa päivitetään siirtoon asti ja siirron jälkeen, kuten edellä on mainittu, mutta sillan siirtoon on hyvä tehdä oma aluesuunnitelma. Aluesuunnitelma helpottaa työmaan järjestämistä siirtoa varten, kun työmaalle täytyy suunnitella sora- ja murskekasojen sijainnit, kaivumaan läjitysalue, kaivinkoneiden työskentelyalueet, nostureiden paikat, varastoalueet sekä työkoneiden ja -kaluston

säilytyspaikat. Hyvällä aluesuunnitelmalla helpotetaan työmaan valmistelemista eikä työmaa mene välittömästi sekaisin, jos työnjohtaja ei ole valvomassa valmisteluita. Aluesuunnitelmaan luonnostellaan maansiirtokoneiden ja kauhakuormaajien kulkureitit, että liikkuminen liikennekatkon aikana olisi mahdollisimman sujuvaa ja tehokasta. (Välimaa 2014.) Siltatyömaan aluesuunnitelmat on esitetty liitteissä 4 ja 5.

### **3.3 Kaapelien jatkojen tilaaminen**

Rautatiealueella kulkee Ratahallintokeskuksen omistamia tai käyttämiä suurjännite-, pienjännite- tele- ja turvalaitejärjestelmiin kuuluvia kaapeleita (Ratahallintokeskuksen julkaisuja B 13 2004, 17). Välimaan (2014) mukaan kaapelit tulee kaivaa esiin ennen sillan siirron valmisteluiden alkua. Kaapelien näyttö täytyy tilata RHK:n valtuuttamalta taholta ennen kaivutöiden aloittamista. Mikäli kaapelit ovat niin kireällä, että niitä ei voida nostaa riittävästi siirron yhteydessä, ne tulee jatkaa. Kaapelien jatkaminen kuuluu kaapelien omistajalle ja tilaaja vastaa jatkojen kustannuksista. Urakoitsijan tulee tilata kaapelin jatkot alustavasti kuusi kuukautta ennen ja vahvistaa tarve vähintään yksi kuukausi ennen jatkotöitä.

Kaapelien jatkotöissä tulee myös huomioida niiden sijainti. Ratatyön suojaulottuman (esitetty liitteessä 6) ulkopuolella sijaitsevat kaapelit voidaan jatkaa ilman liikennekatkoa, mutta RSU:n sisäpuolella sijaitsevat kaapelit vaativat liikennekatkon. Esiin-kaivut tulee suorittaa riittävän aikaisin, että jatkotyöt voidaan tilata niiden vaatimassa aikataulussa sekä voidaan suunnitella siirtokatkoa edeltävissä liikennekatkoissa tehtävät työt. (Välimaa 2014.)

### **3.4 Radan katkaisu**

Ennen sillan siirtoa rautatien kiskot on katkaistava elementeiksi sillan kohdalla. Rata on helpoin poistaa ja asentaa takaisin, kun rautatiestä on tehty sopivan mittaisia elementtejä, jotka voidaan poistaa esimerkiksi nosturilla nostamalla (kuvio 3). Työkiskoiksi katkominen aiheuttaa aina nopeusrajoituksen 80 km/h, joten työkiskojen



tekeminen kannattaa jättää mahdollisimman lähelle siirtokatkoa. Kiskojen katkaiseminen voidaan suorittaa ratatyöluvalla, kun välittömästi katkaisun jälkeen kiskoon asennetaan tilapäisjatkos eikä junaliikenteelle aiheuteta haittaa. Elementit tulisi katkaista mahdollisimman pitkiksi, mutta nosto- ja siirtokaluston kapasiteetti rajoittaa elementtien pituutta. Ratatyöt kilpailutetaan erikseen Liikenneviraston hyväksymillä urakoitsijoilla, joilla on ratatöihin vaadittavat luvat. (Välimaa 2014.)

Kiskojen katkaisutöihin kuuluu sahauskuoppien kaivu, ohitusjohtojen asennus, kiskojen katkaisu, vanhojen maadoitusjohtojen katkaisu, nostokohtien merkitseminen elementteihin, koukkukuoppien kaivu sekä tarvittaessa sidekiskojen ja sidekiskopuristimien asennus. Sähköradalla, ennen paluuvirtakiskon yhdysjohtimen irrottamista, tulee asentaa ohitusjohdin. Ohitusjohtimella vältetään sähköradan paluuvirtapiirin katkeaminen. (Ratahallintokeskuksen julkaisuja D 8 2000, 6.)



Kuvio 3. Raide-elementin poisto raidenosturilla.

### 3.5 Teline- ja muottityöt sekä siirtoradan laattojen asennus

Siirrettävän sillan pohjatöissä sekä teline- ja muottitöissä on aina otettava huomioon sillan siirtomenetelmä. Muotin valmistelu sekä pohjatöiden teko riippuu siirtokaluston vaatimasta tilasta ja maaperän kantavuudesta. Tässä työssä käsitellään VR Trackin siirtokaluston vaatimia valmisteluita sekä vaatimuksia.

Telinesuunnittelijan täytyy huomioida pohjan kantavuuden suhde sillan painoon sekä siirtoratojen määrään nähden. Näiden pohjatietojen avulla suunnittelija määrittää telineen sekä siirtoradan alle tulevien massanvaihtojen määrät. Heikosti kantavalla maaperällä siirtoradan alusta täytyy paaluttaa, että saavutetaan painumaton alusta siirtoa varten. Joissain tapauksissa riittää, että laattojen suunta käännetään poikittain, jolloin saadaan lisää kantopinta-alaa. Siirtoradan laattojen alla käytetään karkeaa mursketta, esimerkiksi 0/65, jonka päälle tasataan noin 40 mm:n paksu kerros kivituhkaa tarkasti oikeaan korkoon. (Välimaa 2014.) Murskekerros tiivistetään InfraRYL 2006 (2008, 93) mukaan 5 kN tärylevyllä 400 mm:n kerroksina ja viidellä tiivistyskerralla, kun tilat ovat ahtaat. Tiivistettävä materiaali on kasteltava tiivistystyön yhteydessä lähelle optimivesipitoisuutta. Karkeissa materiaaleissa voidaan käyttää runsasta kastelua, mutta kuitenkin välttämättä täytemateriaalin lajittumista ja pohjan liettymistä.

Mittamiehen täytyy antaa arinantekevaiheessa siirtoradan keskilinjan merkit sekä siirtoradan korko. Arinan korko täytyy olla tarkasti 1320 mm valmiin sillan kannen pohjasta alaspäin. Tällöin 200 mm laatan asentamisen jälkeen kannen ja laatan väliin jää siirtokaluston vaatima tila 1120 mm. Siirtoradan laatat asennetaan keski-merkkien mukaan keskilinjalle, että paine on laatalta tasainen. Laattojen asennuksen jälkeen sillan teline- ja muottityöt tehdään normaalisti telinesuunnittelijan suunnitelmien mukaan. Ennen kannen raudoitusta muottiin tulee asentaa työntötunkin vemat. Vemat tulevat kannen pohjaan, siirtoradan keskilinjalle, työntötunkkien puoleiseen reunaan. Työntötunkki kiinnitetään vemojen avulla sillan kanteen, koska tunkki tarvitsee hyvän kiinnityksen sekä työntö, että sisäänveto vaiheessa. (Välimaa 2014.)

Sillan muotit puretaan kaikilta reunoilta ja päädyistä täysin ennen siirtoa. Telineosa, joka on sillan alla, puretaan vasta siirron jälkeen, mutta siirtokalustolle täytyy purkaa

tila siirtoradan laattojen kohdalle (kuvio 4). Teline tulee purkaa joko täysin laattojen päältä tai jättää molemmin puolin laattaa yhdet tolpparivit, mutta kuitenkin niin, että paine on laatalta tasainen eikä sitä kuormiteta toiselta reunalta enemmän kuin toiselta. Laattojen kallistuminen saattaa aiheuttaa isoja riskejä siirtotöissä. (Välimaa 2014.)

Siirtoradan keskilinja ja nostotunkkien nostokorkeus tulee huomioida myös sillan varusteluiden yhteydessä. Tippuputkia, pintavesiputkia sekä kontaktitappeja ei voida asentaa siirtoradan keskilinjalle, vaikka ne olisi siihen suunniteltukin. Nostotunkeille on jätettävä riittävästi tilaa, että ne saadaan asennettua tarkasti oikeaan kohtaan. Varusteita ei voida myöskään asentaa liian syväälle muottiin kannen pohjassa, koska nostotunkkien nostovara on vain 145 mm. Jos varusteet ovat liian syvällä eikä muottia saada nousemaan riittävästi, teline lähtee siirron yhteydessä liikumaan kannen mukana. (Välimaa 2014.)



Kuvio 4. Muotti ja teline purettu ja valmisteltu siirtoa varten.

## 4 SIIRRON ENNAKOIVAT TYÖVAIHEET

### 4.1 Siirtopalaveri

Siirtopalaverin tarkoituksena on käydä yhdessä työnjohdon kanssa läpi tuleva liikennekatko ja sillan tai siltojen siirrot. Palaverissa jaetaan työnjohtajien vastuualueet ja käydään läpi tehtävälistat epäselvyyksien välttämiseksi töiden jakamisesta. Siirtopalaverin merkitys kasvaa isommilla projekteilla, kun yhdessä liikennekatkossa saattaa olla useampia siirtoja ja tuleviin liikennekatkoihin valmistelevia töitä. Tällöin kunkin työnjohtajan täytyy olla hyvin selvillä omista vastuualueistaan. Palaverissa voidaan myös jakaa ajatuksia valmistelevista töistä sekä miettiä vaadittavia resursseja. (Välimaa 2014.)

### 4.2 Kaluston tarpeen arviointi

#### 4.2.1 Maansiirto

Maansiirtokaluston tarpeen arviointi alkaa kaivutöiden määrästä ja liikennekatkon pituudesta. Kaivinkoneiden koko tulee valita niin, että ne mahtuvat työskentelemään ratapenkalla ajojohtimien alla. Kaivettavan alueen pituus määrittää kaivinkoneiden määrän, sillä liian suuri määrä koneita hidastaa työskentelyä. Määrä tulee arvioida työmaakohtaisesti. Myös kaivumaiden läjityksessä voi olla tarpeellista käyttää vastaanottavaa konetta, että kaivumaat voidaan läjittää ahtaalla työmaalla mahdollisimman siistille ja pienelle kasalle.

Kaivinkoneiden varusteissa kannattaa varautua mahdollisimman monipuolisesti. Ratapenkkää kaivaessa vastaan voi tulla isoja kiviä ja kosteita paikkoja. Myös erittäin tiivis moreeni on haasteellista kaivettavaa. Tällaisiin tilanteisiin varauduttaessa työmaalla tulisi olla:

- kuokkakauha
- routapiikki
- hydraulinen iskuvasara



- hydraulinen uppopumppu.

Leveä luiskakauha helpottaa liikennekatkon lopussa raideseppelin levittämistä oikeaan korkoon (kuvio 5).



Kuvio 5. Raideseppelin levitys leveällä luiskakauhalla.

Työmaan tilasta riippuen täytyy miettiä, onko kaivumaiden siirto hyvä suorittaa dumppereilla, kuorma-autoilla vai kauhakuormaajilla. Konetyypin valinta ja määrä riippuu läjitysalueen etäisyydestä sekä kaivutöiden määrästä. Kauhakuormaajat voivat kaivuvaiheessa osallistua kaivumaiden siirtoon muun kaluston lisäksi tai niillä voi hoitaa sen jopa kokonaan työmaasta riippuen. Täyttövaiheessa kauhakuormaajia tarvitaan sillan molemmissa päissä. Kauhakuormaajat ovat täyttötöissä nopein väline, sillä ne eivät tarvitse erikseen kuormausta ja siirtoa. Myös rataseppelin levityksessä kauhakuormaaja on paras työkonie, koska tela-alustaisella kaivinkoneella ei voi ajaa sillan kannelle ilman kannen pintaa suojaavaa sepelikerrosta. (Välimaa 2014.)

#### 4.2.2 Nosto- ja siirtokalusto

Nosto- ja siirtokaluston määrä ja tarve tulee arvioida työmaakohtaisesti. Autonosturilla voidaan hoitaa raide-elementtien siirtely, siirtymälaattojen asennus, siirtokaluston asennus sekä muita pienempiä nostoja ja siirtoja tarpeen vaatiessa. Nosturin kokoon vaikuttaa taakan massa sekä nostoetäisyys. Muita tarpeellisia koneita voivat olla esimerkiksi kurottaja, kappaletavarannosturilla varustettu kuorma-auto sekä kuu-kulkija. (Välimaa 2014.)

#### 4.2.3 Tiivistys

Siirtoradan pohjien ja sillan päiden täyttöjen tiivistys voidaan suorittaa työmaasta riippuen tärylevyillä tai täryjyrillä. InfraRYL 2006:n (2008, 93) mukaan sora- ja mursketäyttöjen kerrospaksuus 50 kN:n täryjyrillä on 400 mm ja 80 kN:n täryjyrillä 600 mm. Tällöin jyräskertojen vähimmäismäärä on kuusi. Tilan puutteen takia murske- ja soratäyttöjen tiivistys voidaan suorittaa tärylevyjä käyttäen (kuvio 6). 2 kN:n tärylevyllä kerrospaksuus on 200 mm ja 5 kN:n tärylevyllä 400 mm. Tiivistyskertojen määrä on vähintään viisi. Talvella kastelu on kiellettyä, mutta kesällä kastelu tulisi suorittaa lähelle optimivesipitoisuutta. Karkeilla materiaaleilla voidaan käyttää runsasta kastelua. Kiviaines ei saa kuitenkaan lähteä lajittumaan eikä pohja saa liettyä.



Kuvio 6. Siirtymälaittojen pohjien tiivistys tärylevyllä.

#### 4.2.4 Varakalusto

Valmisteluiden yhteydessä on otettava huomioon mahdolliset ongelmat liikennekatkon aikana. Liikennekatkon aikataulut ovat monesti tiukkoja, joten hyvällä varautumisella voidaan minimoida ongelmien vaikutukset aikatauluun. Sähkökatkosten varalle on työmaalle varattava riittävän isoja aggregaatteja, että virrat saadaan mahdollisimman nopeasti takaisin päälle. Sähköongelmiin voidaan varautua myös varuslakkein, jos sähkökaappi on työmaan lähellä. Jatkojohtoja ja alakeskuksia on varattava työmaalle riittävästi, että rikkoutumisen varalle on aina uusi tilalle. (Välimaa 2014.)

Mikäli vesi pääsee kertymään sateella pintavaluntana tai pohjaveden noustessa kivantoon, se täytyy johtaa pois. Sähköisten uppopumppujen varaaminen helpottaa veden poistoa ja näin vesi ei aiheuta ongelmia eikä hidasta työtä merkittävästi. Kai-vinkoneeseen asennettava hydraulinen uppopumppu on tehokkain tapa poistaa vettä. (Välimaa 2014.)

#### 4.2.5 Ratakalusto

Ratatöihin tarvittavat koneet on varattava alustavasti kuusi kuukautta ennen liikennekatkoa. Tarvittavia koneita ovat tukemiskone, raidenosturi sekä kiskopyöräkaivinkone. Raidenosturi ei ole välttämätön raide-elementtien poistossa tai asennuksessa, sillä nostotyöt voidaan suorittaa myös autonosturilla raiteen sivusta. Elementtien poisto ja asennus on kuitenkin helpoin suorittaa raidenosturilla, kuten kuviossa 3 tapahtuu. (Välimaa 2014.)

Raide-elementtien asennuksen jälkeen tuettava alue sepelöidään kiskoilla kulkevalla kiskopyöräkaivinkoneella (kuvio 7). Ratasepeli levitetään kiskojen molemmin puolin niin, että tukeminen on mahdollista suorittaa. Raiteen tukeminen eli raide-elementtien nostaminen raiteen oikeaan geometriakorkoon tapahtuu tukemiskoneella. Tukemiskone nostaa raiteen oikeaan korkoon ja tiivistää ratasepelin pölkyn alle ja sivuille. (Välimaa 2014). Ratahallintokeskuksen julkaisun D 8 (2000, 32–33) mukaan tukemiskoneen noston tulisi olla 20–50 mm, jolloin päästään parhaaseen lopputulokseen. Työalue tuetaan niin monta kertaa, että kohteen työselityksessä ilmoitettu geometria saavutetaan. Ennen liikenteelle luovuttamista päällysrakenteistä vastaava henkilö tarkastaa radan silmämääräisesti ja täyttää radan liikennöitävyyden kelpoisuuskirjan.





Kuvio 7. Raiteen sepelöinti kiskopyöräkaivinkoneella.

### 4.3 Murskeiden ja sepelien vastaanotto

Liikennekatkossa tarvittavat murskeet ja sepelit tulee toimittaa työmaalle siirtoa edeltävällä viikolla. Liikennekatkot ovat aikataulullisesti tiukkoja, joten kiviaineksen toimitusta ei voida jättää liikennekatkopäivälle. Isoja kasoja ei ole myöskään kannattavaa kasata liian aikaisin työmaalle, etteivät ne häiritse muuta työntekoa. Kiviainekasat sijoitetaan liikennekatkoon tehdyn aluesuunnitelman mukaisesti, että työkonoiden liikenne pysyy suunnitellun mukaisena. Täyttömaiden määrät ovat lasketavissa työtapapiirustuksista, mutta lisäksi on huomioitava siirtoratojen alle tulevat massanvaihdot, jotka vaihtelevat pohjaolosuhteista riippuen. Liikennekatkossa tarvittavat kiviaineslajit ovat raidesepele, eristys- ja välikerrosmurske, kivituhka sekä salaojasepele. (Välimaa 2014.)

Raidesepele on radan tukikerroksessa käytettävää kiviainesta, jonka rakeiden pinnat ovat kauttaaltaan murskaantuneita. Raidesepelele raekoko  $d/D$  on 31,5/63 mm tai 31,5/50 mm. Sepelile tulee olla CE-merkittyä. (Standardin SFS-EN 13450 raidesepelele kiviainekset kansallinen soveltamisohje 2004 2–5.) Ratahallintokeskuksen

julkaisun D 16 (2004, 14) mukaan raidesepeleli tulee valmistaa Raidesepelelin tekniset toimitusehdot -julkaisun mukaisesti. Mikäli kohteen tukikerrosmateriaalina käytetään raidesoraa, sen laatu määritellään työkohtaisessa työselityksessä. Raidesepelelin lujuusluokkavaatimus määritellään työkohteen työselityksessä. Työmaalla raidesepeli tulee nostaa kasalle ja sen päälle ajaminen on ehdottomasti kielletty. Kasan pohjan alinta 0,2 metrin kerrosta ei saa käyttää tukikerrosmateriaalina, sillä sateen ja käsittelyn aikana hienoaines kulkeutuu kasan alaosaan.

Junaradan alusrakenne koostuu välikerroksesta, eristyskerroksesta sekä mahdollisesta routalevystä ja suodatinkerroksesta. Eristyskerros estää tai vähentää alla olevien maakerrosten routimista ja muodostaa välikerrokselle tasaisen ja kantavan alustan. Välikerros muodostaa tukikerrokselle tasaisen ja kantavan alustan ja estää tukikerroksen sekoittumisen alapuolisiin rakenneseisiin. Eristys- ja välikerroksissa käytettävät materiaalit on esitetty InfraRYL 2006 -julkaisussa. Niiltä osin, joilta vaatimuksia ei ole esitetty InfraRYL:issä, tulee noudattaa Rautatien maarakennustöiden yleistä työselitystä ja laatuvaatimuksia. Hankekohtaisilla laatuvaatimuksilla voidaan täsmentää yleisiä vaatimuksia. (Dnro 1090/041/2008 2008, 5–6)

Salaojasepelelin sekä kivituhkan menekki on hyvin vähäistä. Salaojasepelelin tarve riippuu salaojien määrästä ja pituudesta. Salaojat tulevat sillan päätyihin kohteen suunnitelmien mukaisesti. Kivituhkaa käytetään siirtoradan laattojen alla tasaavana kerroksena. Kivituhkaa voidaan hyödyntää myös siirtymälaattojen saumojen ja -tappien varauksien bitumointityössä. (Välimaa 2014.)

#### **4.4 Laakerit**

Siirretyn sillan kansi lepää pilarien päihin asetettujen laakereiden varassa (kuvio 8). Laakereiden tehtävä on irrottaa alus- ja päällysrakenne toisistaan ja mahdollistaa kannen pieni eläminen. Laakerit voidaan asentaa siirron yhteydessä, jolloin niiden hyvällä valmistelulla säästetään paljon aikaa. Jos siltaan tulee kalottilaakerit, ne on hyvä hitsata valmiiksi aluslevyihin kiinni ja näin pienennetään hitsausmääriä liikennekatkossa. Aluslevy hitsataan laakereineen kiinni pilarin vaippaan ennen sillan siirtoa. Hitsauksen helpottamiseksi mahdollinen sinkki tulee hioa hitsauslinjoilta pois.

Laakereiden ja aluslevyjen liikuttelun helpottamiseksi työmaalle on kannattavaa varata laakereihin sopivat nostolenkit. Nosturilla laakereiden siirtely on turvallista ja nopeaa. (Välimaa 2014.)

Laakereiden hitsaamisen jälkeen pilarin pään ja laakerin alalevyn väliin jäävä tyhjä tila täytetään juotosbetonilla. Juotosbetonin tulee olla SILKO 3.231-hyväksyttyä. Alustavalumassan lujuuden täytyy saavuttaa vähintään  $50\text{MN/m}^2$  puristuslujuus 14 vuorokauden ikäisenä. Hyväksytystä tuotteesta ei tarvitse tutkia pakkasenkestävyyttä eikä lujuutta. (Ohje 260/2000/20/42 2005, 17, 23.) Juotosvalua varten työmaalle on varattava tarvikkeet juotosbetonin sekoittamista ja siirtelyä varten.



Kuvio 8. Kalottilaakeri.

#### 4.5 Siirtymälaatat

Siirtymälaattojen käytön tarve aiheutuu sillan ja siihen liittyvien penkereiden yhtymäkohtiin syntyvistä painumista, jotka ovat liikenteelle haitallisia. Painumien syytä



ovat: pohja- ja pengermaan painuminen sekä tiivistyminen, penkereen liikkeet, pintavesien aiheuttama eroosio sekä liikenteen raskaus. Siirtymälaattoja käytetään eräitä poikkeuksia lukuun ottamatta aina. (Dnro 8206/2006/30/27 2008, 79)

Siirrettävään siltaan siirtymälaatat tulevat aina elementteinä tiukan aikataulun vuoksi. Dnro 8206/2006/30/27 (2008, 32) mukaan elementtilaatat valmistetaan suunnitelmien mukaan ja ne varustetaan nostolenkein. Siirtymälaatan tulee olla saavuttanut 70% loppulujuudestaan ennen siirtoa. Laataan ei saa tulla kuljetusten eikä nostojen aikana halkeamia tai pysyviä muodonmuutoksia.

Sillan siirtoon valmistautuessa siirtymälaattojen määrä selvitetään piirustuksista. Mikäli elementtejä ei ole valmistettu työmaalla, ne tulee kuljettaa sinne valmiiksi ennen liikennekatkoa. Laatat jaetaan työmaalla niin, että ne ovat sillan molemmissa päissä nosturin ulottuvilla, jotta asentaminen kävisi mahdollisimman nopeasti ja välttyttäisiin ylimääräisiltä nostoilta ja siirroilta (kuvio 9). (Välimaa 2014.)



Kuvio 9. Siirtymälaattojen asennus autonosturilla.

InfraRYL 2006 (2008, 135) määrää siirtymäläaatoille tehtävistä lujuskokeista seuraavaa:

Elementtien toimituslujuuden toteamiseksi tehtyjen puristuslujuuskokeiden tuloksia voidaan käyttää hyväksi osoitettaessa betonin vaatimustenmukaisuutta puristuslujuuden osalta, jos valmistussuunnitelmassa on voitu luotettavasti osoittaa, että betoni ennen rakenteen käyttöönottoa saavuttaa suunnitelmanmukaisen lujisuuden.

Tilaaajan edustajan kanssa voidaan sopia myös betonin puristuslujuuden tutkimisesta rakennekoekappaleista. Tällöin menetellään seuraavasti: Viimeksi valetusta elementistä porataan kaksi koekappaleita betonointikertaa kohti, kuitenkin vähintään yksi jokaista alkavaa 100 m<sup>3</sup> kohti. Lisäksi huolehditaan siitä, että koko toimitusta kohti koekappaleiden määrä on vähintään kuusi. Kaikkien koekappaleiden puristuslujuuden on täytettävä asetettu vaatimus. Jos jokin koetuloksista alittaa vaatimuksen, porataan elementeistä lisää koekappaleet, joiden lukumäärä on sama kuin ensimmäisellä kerralla. Vertailulujuus lasketaan tämän jälkeen kaikkien koekappaleiden puristuslujuustulosten perusteella.

#### **4.6 Jännitekatko ja maadoitukset**

Sähköratarakenteissa on hengenvaarallinen 25 000 voltin suurjännite. Suurjännite voi aiheuttaa olosuhteista riippuen valokaaren, joka voi ylittää pitkänkin matkan päähän jännitteisistä osista. Sähköradalla työskentely on kuitenkin turvallista noudattamalla Ratahallintokeskuksen laatimia turvallisuusohjeita sähköradalle. Sähköistetyllä radalla ja sen läheisyydessä työskentelevien työntekijöiden täytyy olla perehdytetty sähköratajärjestelmään. Ilman RHK:n lupaa rautatiealueella työskentely on kielletty. (Turvallisuusohjeita sähköradalle 2008, 3.)

Vähimmäisetäisyys henkilöillä sekä työvälineillä ratajohdon jännitteisiin osiin on kaksi metriä. Mikäli vähimmäisetäisyyttä ei voida noudattaa, työ tulee suorittaa jännitekatkon aikana. Jännitekatkossa sähköratarakenteet tehdään jännitteettömiksi ja niiden läheisyydessä työskentely on turvallista. Jännitekatkosta laaditaan jännitekatkopyyntö jännitekatkolomakkeella. Pyyntöä laadittaessa tulee huomioida ainakin seuraavat asiat: katkoaika, työalue, työn laatu, työstä vastaava henkilö, työmaadoituksen tekijät, katkon kuittauspaikka, sähköturvallisuushenkilö, pyynnön tekijä sekä liikenteenhoidon hyväksyminen. Pyyntö on tehtävä kytkentäehdotuksen laatijalle viimeistään maanantaina kaksi viikkoa ennen työviikkoa, jolloin työ suoritetaan.

Jännitteestä erottamisen ja jännitteettömyyden toteamisen jälkeen johdin on mahdollisimman nopeasti työmaadoitettava. Työmaadoitus on hyvin johtavan yhteyden tekemistä maan ja virtapiirin johtimien välille. Maadoitus on tärkeä turvallisuustoimenpide, sillä varotoimenpiteistä huolimatta työkohteeseen saattaa päästä jännite erehdyksen, eristyksen pettämisen, johtimien kosketuksen tai muun syyn seurauksena. Työmaadoituksen tekemiseen on aina käytettävä kohteesta riippuen hyväksytyjä maadoitusvälineitä ja maadoituksien tulee olla työmaan molemmin puolin niin lähellä, että työntekijät voivat nähdä ne. (Ratahallintokeskuksen julkaisuja B 22 2009, 18–29.)

Työmaadoituksen tehtyään maadoituksen tekijä selvittää työstä vastaavalle henkilölle työskentelyalueen rajat, näyttää maastossa työmaadoituksen sijainnin sekä antaa aloittamisluvan, jonka molemmat kuittaavat jännitekatkoilmoituslomakkeeseen. Aloittamislupa varustetaan kellonajalla ja päiväyksellä. Työn aloittamista ja työmaadoitusten purkamista ei saa aloittaa etukäteen sovitun kellonajan perusteella. Työstä vastaava henkilö ilmoittaa töiden päättymisestä kirjallisesti työmaadoitukset poistavalle sähköalan ammattihenkilölle. (Ratahallintokeskuksen julkaisuja B 22 2009, 18–29.)

Jännitteisen osan sivulla ja alapuolella työskenneltäessä työkone tulee maadoittaa mikäli kone tai sen taakka voi rikkoutumisen, kaatumisen, vaijerin katkeamisen tai muun syyn vuoksi ulottua kahden metrin vähimmäisetäisyyttä lähemmäksi ratajohdon jännitteisistä osista. Maadoitus tapahtuu 25 mm<sup>2</sup> Cu-johtimella työkoneen rungosta paluukiskoon. (Ratahallintokeskuksen julkaisuja B 22 2009, 18–29.)

#### **4.7 Sillan maadoittaminen**

Rautatiesilta tulee maadoittaa varmennetusti eli vähintään kahdesta pisteestä. Sillan rakenteiden ja pienempien osakohteiden maadoituksella torjutaan suurjännitteisen ratajohdon normaalista käytöstä ja sen vikatilanteista ihmisille ja omaisuudelle aiheutuvaa vaaraa. Suojamaadoitussuunnittelijan tulee tehdä maadoituksista yksityiskohtaiset työpiirustukset joiden mukaan sillan rakenteiden maadoitus tehdään. (Liikenneviraston ohjeita 13/2010 2010, 19.)

Siirron jälkeen sillan rakenteet yhdistetään 25 mm<sup>2</sup> kupariköydellä paluuvirtapiiriin. Yhteys voidaan tehdä paluukiskoon, M-johtopylvääseen, M-johtoon tai impedanssiltaan. Kaiteet sekä valaisinpylväät voidaan maadoittaa keräilyjohtimen avulla. Maadoitettavien rakenteiden sähköinen yhteys varmistetaan suorittamalla maadoituspisteiden välillä resistanssimittaus. Mittauksesta tehdään pöytäkirja, josta toimitetaan kopio käytönjohtajalle sekä Liikenneviraston sähköpiirustusarkistoon. Käyttönottotarkastuksen mittaukset voi suorittaa vain henkilö, joka täyttää Sähköturvallisuuslain 14.6.1996/410/8/ vaatimukset. (Liikenneviraston ohjeita 13/2010 2010, 10,16–17.)

#### **4.8 Työmaan varustelu**

Kaapeleiden suojaus on hyvä suorittaa ennen liikennekatkoa. Kaapelit tulee suojata, sillä kaivukoneiden ja kauhakuormaajien täytyy päästä ratapenkalle sillan molemmista päistä. Suojaus on hyvä tehdä esimerkiksi Larsen-terasponsilla, jolloin kaapeleiden ylikulku on mahdollista (kuvio 10). Mikäli kaapelit voidaan viedä ratapenkan toiselle puolelle eikä niiden ylitse tarvitse kulkea, niitä ei tarvitse suojata. (Välimaa 2014.)



Kuvio 10. Kaapelit suojattuna Larsen-teräspontilla.

Mikäli työmaalle ei tule juoksevaa vettä, liikennekatkoon tulee varata puhdasta vettä juotosvaluja varten. Vettä voidaan hyödyntää myös pölyämisen vähentämiseksi täyttö- ja tiivistystöissä sekä parantaa täyttömaan tiivistymistä. Tällöin vesisäiliöön on kannattavaa asentaa vesiautomaatti, joka helpottaa kastelua ja veden siirtoa. (Välimaa 2014.)

#### 4.9 Tulityöt

Liikennekatkossa tehtäviä tulitöitä ovat porapaalujen kaasuleikkaus, laakereiden hitsaus (kuvio 11) sekä bitumointityöt. Tulitöiden suojeluohjeen 2014 (2013, 4) mukaan tulitöitä voi tehdä vain sellainen henkilö, jolla on tulityökortti. Työhön täytyy olla myös tulityölupa sekä tulityösuunnitelma. Hakalan (2003, 7) mukaan polttoleikkauslaitteista tulee tarkistaa takatulisuoijat, takaiskusuoijat, letkunrikkoventtiilit, pullokärkyt,



suojakäsine sekä enintään 10 metrin etäisyydellä tulee olla vähintään 6kg jauhesammutin. Tulityön suorittajalta tulee myös tarkistaa henkilökohtaiset suojaimet. Hitsauslaitteista tulee tarkistaa niiden soveltuvuus sekä yleinen kunto.



Kuvio 11. Laakerin aluslevyn hitsaus pilariin.

Suojeluohjeen 01/2002 (2002, 3) mukaan bitumikeittimen tulee olla rakenteeltaan sellainen, että sen alla olevat rakenteet eivät pääse kuumenemaan tai syttymään. Keittimessä on oltava tiivis saranoitu kansi jolla estetään sadeveden pääsy keittimeen sekä syttynyt palo pystytään tukahduttamaan. Tyhjennysventtiiliin tulee sulkeutua kaikissa olosuhteissa tiiviisti. Lisäksi yli 50 litran bitumikeittimestä on löydettävä lämpömittari, liekinvalvontalaite sekä termostaatti. Alkusammutuskalusto on oltava tulityöpaikalla koko tulityön ja sen jälkivartiointin ajan. Alkusammutuskalustoon kuuluu vähintään kaksi kappaletta 12 kg käsiammuttimia. Toinen 12 kg käsiammuttin voidaan korvata kahdella kappaleella 6 kg käsiammuttimia. InfraRYL 2006 (2008 ,202) mukaan kumibitumin tulee täyttää Siltojen vedeneritys SILKO-hyväksyntätutkimusohjeen SILKO-hyväksyntävaatimukset.

#### 4.10 Salaojaputket, suodatinkangas ja routasuojaus

Sillan siirron yhteydessä sillan päädyn tai päätyjen alle asennetaan salaojaputket ja routaeristeet kohde kohtaisten suunnitelmien mukaisesti (kuvio 12). Eristeitä ja salaojaputkia on varattava riittävä määrä työmaalle ennen liikennekatkoa. (Välimaa 2014.) Liikenneviraston ohjeiden 11/2012 (2012, LIITE 4/5) mukaan siltojen routaeristeinä käytetään routasuojuukseen tarkoitettuja suulakepuristettuja XPS polystyreenilevyjä. Geotekninen suunnittelija määrittelee käytettävän routasuojuuksen paksuuden sekä puristuslujuuden. Välimaan (2014) mukaan suodatinkangasta tarvitaan liikennekatkossa siirtoradanpohjien teossa.



Kuvio 12. Sillan päädyn routasuojaus.

## **4.11 Työturvallisuus**

### **4.11.1 Liikkuminen ja työskentely**

Rautatiealueella voivat työskennellä ja liikkua vain rautatieympäristöön koulutetut ja asianomaisen pätevyyden omaavat henkilöt. Liikkuminen on kuitenkin sallittua vain työtehtävien niin vaatiessa. Työskentelyn tulee tapahtua ensisijaisesti RSU:n (liite 6) ulkopuolella ja radan ylittämiseen tulee mahdollisuuksien mukaan käyttää eritasoristeyksiä. Mikäli eritasoristeystä ei ole käytettävissä, radan ylityksen tulee tapahtua erityistä varovaisuutta noudattaen. Työskentely RSU:n sisäpuolella on sallittu silloin, kun liikenteenohjaus on antanut luvan ratatyöhön tai turvamiesmenettelyä käyttäen. Turvamiesmenettelyä ei voida käyttää raiteen suurimman nopeuden ollessa yli 140 km/h. Matkapuhelimen, muiden viestintävälineiden ja erilaisten tallentimien käyttö RSU:n sisäpuolella on kielletty ilman turvamiesmenettelyä. Silloilla ja muissa paikoissa, joissa ei ole riittävää näkemä- ja väistöaluetta, työskentely on sallittu ainoastaan ratatyöluvalla. Työkoneella liikkuminen ratatyön suojaulottumassa on sallittua ainoastaan liikenteenohjauksen ratatyöluvalla. (Liikenneviraston ohjeita 1/2012 2012, 14.)

### **4.11.2 Henkilökohtaiset varusteet**

Jokaisella rautatiealueella työskentelevällä henkilöllä tulee olla näkyvillä kuvallinen henkilökortti tai henkilön tunniste. Kortista tai tunnisteesta on käytävä ilmi, onko henkilö itsenäinen työsuorittaja vai työsuhteessa oleva työntekijä. Henkilötunnisteessa tulee olla myös yrityksen nimi, työntekijän nimi, veronumero sekä ratatyöturvallisuuspätevyys Turva-tarra. Rautatiealueella tulee käyttää CE-merkittyjä luokan 2 tai 3 varoitusvaatetusta. Ainoastaan turvamies on oikeutettu käyttämään oranssia varoitusvaatetusta, muut henkilöt eivät voi tätä väriä käyttää. Ratatyössä tulee kaikilla rautatiealueella liikkuvilla henkilöillä olla tehtävän edellyttämät vaatimukset täyttävät ja tarkoituksenmukaiset henkilönsuojaimet. (Liikenneviraston ohjeita 1/2012 2012, 16–17.)

### **4.11.3 Sijainnin määrittely rautatiealueella**

Sijainnin määrittely on rautatiejärjestelmän ja ratatyön turvallisuuden kannalta suuri merkitys. Määrittelyn tekemiseen on kiinnitettävä erityistä huomiota. Sijainti määritellään ilmoittamalla liikennepaikka tai liikennepaikkaväli, jota tulee tarkentaa rataki-lometritiedolla sekä käyttämällä liikenteenohjauksen käyttöliittymässä näkyviä tunnuksia. Näitä ovat vaihteiden ja opastimien tunnukset sekä raidenumerot. Suunnan määrittelyssä käytetään liikennepaikkojen nimiä. Ilmansuuntien käyttö ei ole sallit-tua. Sijainti on aina määritettävä pistemäisesti ja tunnusväliin perustuen. (Liikenneviraston ohjeita 1/2012 2012, 20.)

### **4.11.4 Toiminta vaaratilanteessa**

Mikäli henkilö havaitsee rautatiejärjestelmän turvallisuutta vaarantavan tekijän, hä-nen on ryhdyttävä toimenpiteisiin vaaran torjumiseksi. Henkilön on myös varoitet-tava muita alueella olevia ja toimittava lisävahinkojen estämiseksi. Liikennöinnin tur-vallisuutta vaarantavissa tilanteissa on välittömästi otettava yhteys liikenteenohjauk-seen ja pysäytettävä liikenne. Onnettomuustilanteen varalle urakoitsijan on huoleh-dittava riittävästä ensiapu- ja pelastusvalmiudesta. (Liikenneviraston ohjeita 1/2012 2012, 21,25.)

### **4.11.5 Pätevyudet ja perehdyttäminen**

Rautatiealueella työskentelevällä tulee olla työn edellyttämä ammattitaito, tervey-dentila sekä pätevyudet. Urakoitsijan henkilöstöllä tulee olla voimassa oleva työtur-vallisuuskortti. Kaikilla rautatiealueella työskentelevillä tulee olla ratatyöturvallisuus-pätevyys (Turva). Tie- ja katualueella sekä muilla vastaavilla tieliikennealueilla teh-tävissä töissä työntekijöillä tulee olla tarvittavat Tieturva-pätevyudet. Tulityönteki-jöillä tulee olla tulityön edellyttämä tulityökortti. Turvamiespätevyys (T-mies) vaadi-taan turvamiehenä toimivalta henkilöltä. (Liikenneviraston ohjeita 1/2012 2012, 27-31.)

Urakoitsijan tai muun rautatiealueella työskentelevän tahon tulee perehdyttää henkilökuntansa ja muut työmaalla työskentelevät työmaahan ja työmaan olosuhteisiin liittyviin vaaroihin ennen työskentelyn aloittamista. Perehdyttämisen aiheisiin kuuluvat työskentelyolosuhteet, työskentelyn riskit sekä työskentelyyn liittyvät turvallisuusohjeet. Perehdyttämisen yhteydessä on käytävä läpi työmaan turvallisuussuunnitelmat, riskienarvioinnit sekä työvaihesuunnitelmat. Perehdyttämisestä tulee tehdä kirjallinen dokumentti, josta ilmenee perehdyttämisen ajankohta, osallistujat, laatu sekä laajuus. (Liikenneviraston ohjeita 1/2012 2012, 43.)

#### **4.11.6 Ratatyöalueen erottaminen**

Ratatyöalue on erotettava liikennöidystä raiteesta ja merkittävä suoja-aitaa tai muuta sopivaa rakennetta käyttäen. Lippusiiman käyttö on sallittua vain, jos suojaaidan käyttäminen ei ole jonkin työvaiheen tai –tavan vuoksi mahdollista. Erottamista ei tarvitse tehdä mikäli työ on luonteeltaan lyhytkestoista tai työalue on liikkuva. (Liikenneviraston ohjeita 1/2012 2012, 60.)

#### **4.11.7 Työkoneet**

Urakoitsija vastaa työmailla, että koneille ja työvälineille on tehty vastaanotto- tai käyttöönottotarkastukset. Koneiden ja työvälineiden kuntoa ja turvallisuutta tarkkailaan viikoittain kunnossapitotarkastuksilla ja normaalin valvonnan yhteydessä. Koneista tarkastetaan lisäksi rajoittimet, varoituslaitteet, valaisimet sekä maadoitukset. Koneen valot ja vilkut eivät saa häiritä rautatieliikennettä. Koneesta täytyy löytyä alkusammutin ja ensiapulaukku. Nostokorkeuden rajoitin tulee löytyä koneista jotka työskentelevät sähköistetyllä radalla. Nosturilla suoritettavista nostoista on esitettävä kirjallinen nostosuunnitelma, joka voi olla osa työmaasuunnitelmaa. (Liikenneviraston ohjeita 1/2012 2012, 67,69.)

## 5 YHTEENVETO

Työssä listattiin liikennekatkossa siirrettävän ratasillan valmistelevia töitä ja käytiin läpi työvaiheiden sisältöjä. Työvaiheet ovat listattuna siinä järjestyksessä kuin ne tulee suorittaa. Joissain tapauksissa järjestystä on kuitenkin kohteen mukaan muokattava. Valmistelevat työt selvitettiin asiantuntija-avustuksella ja omaa kokemusta hyödyntäen. Lisäksi työvaiheiden sisältöjä selvitettiin pääasiassa Liikenneviraston sekä Ratahallintokeskuksen ohjeista.

Valmisteleviin työvaiheisiin kuuluvat töiden aikatauluttaminen, suunnitelmien laatiminen, kaapeleiden jatkojen tilaaminen, päällysrakennetöiden suorittaminen sekä siirron huomioiminen teline- ja muottitöissä. Noin viikkoa ennen liikennekatkoa tehtäviin töihin kuuluvat resurssien arviointi, kiviainesten läjittäminen työmaalle, laakereiden valmisteleminen, siirtymälaattojen toimitus nostoetäisyydelle, maadoitusten valmistelut sekä varakaluston toimittaminen työmaalle. Lisäksi liikennekatkon työturvallisuudesta on huolehdittava jo ennen liikennekatkoa.

Mielestäni työ oli erittäin onnistunut ja pystyn hyödyntämään sitä tulevaisuudessa liikennekatkoja valmistellessani. Tämän työn ohjeita noudattamalla liikennekatkon toimenpiteet tulee suoritettua vaatimusten mukaisesti ja kaikki työvaiheet tulee huomioitua.



## LÄHTEET

- Dnro 1090/041/2008. 2008. Ratatekniset ohjeet (RATO) Osa 3 Radan rakenne. [Verkkojulkaisu]. Helsinki: Ratahallintokeskus. [Viitattu 6.2.2014] Saatavana: [http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf4/rato\\_3\\_radan\\_rakenne.pdf](http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf4/rato_3_radan_rakenne.pdf).
- Dnro 8206/2006/30/27. 2008. Sillansuunnittelun täydentävät ohjeet 2008. [Verkkojulkaisu]. Helsinki: Tiehallinto. [Viitattu 11.2.2014]. Saatavana: [http://alk.tiehallinto.fi/sillat/julkaisut/ssto\\_2008.pdf](http://alk.tiehallinto.fi/sillat/julkaisut/ssto_2008.pdf).
- Federal Highway Administration. 2007. Manual on Use of Self-Propelled Modular Transporters to Move Bridges. [Verkkojulkaisu]. U.S. Department of Transportation. [Viitattu 15.1.2014]. Saatavana: <https://www.fhwa.dot.gov/bridge/pubs/07022/hif07022.pdf>.
- Hakala, M. Turvallisuuden tarkistuslista, Hitsaustyöt. [Ppt-esitys]. Työterveyslaitos, Työturvallisuusosasto. Julkaisematon. [Viitattu 26.2.2014]. Saatavana: [http://www.ttl.fi/fi/tyoturvallisuus\\_ ja\\_riskien\\_hallinta/tapaturmien\\_ ehkaisy/tyoturvallisuuden\\_ edistamiskeinoja/safety\\_check/Documents/hitsaustyot.pdf](http://www.ttl.fi/fi/tyoturvallisuus_ ja_riskien_hallinta/tapaturmien_ ehkaisy/tyoturvallisuuden_edistamiskeinoja/safety_check/Documents/hitsaustyot.pdf).
- Havator. Ei päiväystä. Rautatiesillan siirto SPMT-tekniikalla. [Verkkosivu]. [Viitattu 18.4.2014]. Saatavana: <http://www.havator.fi/reference#ad-image-33>.
- InfraRYL 2006. 2008. Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset. Osa 3 Sillat ja rakennustekniset osat. [Verkkojulkaisu]. Helsinki: Rakennustietosäätiö RTS. Rakennustieto Oy. [Viitattu 20.1.2014]. Saatavana: <https://www.rakennustieto.fi/bin/get/id/5guoZSPW8%3A%2447%2410920%2446%24pdf.0.0.5gunJ4yOi%3A%2447%24handlers%2447%24net%2447%24statistics%2495%24download%2495%24pdf%2446%24stato.5gv06pzjY%3AC1-102599/10920.pdf>. Vaatii käyttöoikeuden.
- Liikenneviraston ohjeita 1/2012. 2012. Radanpidon turvallisuusohjeet (TURO). [Verkkojulkaisu]. Helsinki: Liikennevirasto. [Viitattu 19.3.2014]. Saatavana: [http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lo\\_2012-01\\_turo\\_web.pdf](http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lo_2012-01_turo_web.pdf).
- Liikenneviraston ohjeita 11/2012. 2012. Sillan geotekninen suunnittelu. Sillat ja muut taittorakenteet. [Verkkojulkaisu]. Helsinki: Liikennevirasto. [Viitattu 5.3.2014]. Saatavana: [http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lo\\_2012-11\\_sillan\\_geotekninen\\_web.pdf](http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lo_2012-11_sillan_geotekninen_web.pdf).
- Liikenneviraston ohjeita 13/2010. 2010. Rautatiealueelle tulevien kiinteiden laitteiden ja rakenteiden maadoitussuunnittelu. [Verkkojulkaisu]. Helsinki: Liikennevirasto. [Viitattu 27.1.2014]. Saatavana: [http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lo\\_2010-13\\_rautatiealueelle\\_tulevien\\_web.pdf](http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lo_2010-13_rautatiealueelle_tulevien_web.pdf).

- Ohje 260/2000/20/42. 2005. Sillanrakentamisen yleiset laatuvaatimukset Yleinen osa – SYL 1. [Verkkajulkaisu]. Helsinki: Tiehallinto. [Viitattu 26.2.2014]. Saatavana: [http://alk.tiehallinto.fi/sillat/julkaisut/syl/syl1\\_2005v.pdf](http://alk.tiehallinto.fi/sillat/julkaisut/syl/syl1_2005v.pdf).
- Ratahallintokeskuksen julkaisu B 13. 2004. Yleisohje johdoista ja kaapeleista ratahallintokeskuksen alueella. [Verkkajulkaisu]. Helsinki: Ratahallintokeskus. [Viitattu 13.1.2014]. Saatavana: [http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf4/rhk\\_b13\\_yleisohje\\_johdoista\\_kaapeleista.pdf](http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf4/rhk_b13_yleisohje_johdoista_kaapeleista.pdf).
- Ratahallintokeskuksen julkaisu B 22. 2009. Sähkörataohjeet. [Verkkajulkaisu]. Helsinki: Ratahallintokeskus. [Viitattu 5.2.2014] Saatavana: [http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf4/rhk\\_b22\\_sahkorataohjeet\\_web.pdf](http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf4/rhk_b22_sahkorataohjeet_web.pdf).
- Ratahallintokeskuksen julkaisu D 16. 2004. Päälysrakennetöiden yleinen työselitys. [Verkkajulkaisu]. Helsinki: Ratahallintokeskus. [Viitattu 29.1.2014]. Saatavana: [http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf4/rhk\\_d16\\_paallysrakennetoiden\\_yleinen\\_tyoselitys.pdf](http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf4/rhk_d16_paallysrakennetoiden_yleinen_tyoselitys.pdf).
- Ratahallintokeskuksen julkaisu D8. 2000. Päälysrakennetöiden yleiset laatuvaatimukset (PYL) osa 2 raidetyöt. [Verkkajulkaisu]. Helsinki: Ratahallintokeskus. [Viitattu 29.1.2014]. Saatavana: [http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf4/rhk\\_d8\\_pyl2\\_raidetyot.pdf](http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf4/rhk_d8_pyl2_raidetyot.pdf).
- Rautatiesiltojen suunnitteluohjeet RSO. 1999. Osa 5 Sillan rakentaminen liikennöidylle raiteelle. [Verkkajulkaisu]. Ratahallintokeskus. [Viitattu 16.1.2014]. Saatavana: [http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf4/rso\\_5.pdf](http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf4/rso_5.pdf).
- Ratu C2-0299. 2007. Rakennustyömaan aluesuunnittelu. [Verkkajulkaisu]. Rakennusteollisuus RT ry ja Rakennustietosäätiö RTS. [Viitattu 23.1.2014]. Saatavana: <https://www.rakennustieto.fi/bin/get/id/5guoZSZP2%3A%2447%24R0299%2446%24pdf.0.0.5gunJ4yOi%3A%2447%24handlers%2447%24net%2447%24statistics%2495%24download%2495%24pdf%2446%24stato.5gv06pzjY%3AC1-100195/R0299.pdf>. Vaatii käyttöoikeuden.
- Standardin SFS-EN 13450 Raidesepelikiviainekset kansallinen soveltamisohje. 2004. [Verkkajulkaisu]. Ratahallintokeskus. [Viitattu 30.1.2014]. Saatavana: [http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf4/sfs-en\\_13450\\_raidesepelikiviainekset.pdf](http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf4/sfs-en_13450_raidesepelikiviainekset.pdf).
- Suojeluohje 01/2002. 2002. Tulityöt. [Verkkajulkaisu]. Vakuutusyhtiöiden keskusliitto. [Viitattu 27.2.2014]. Saatavana: <http://rakennusliitto.fi/wp-content/uploads/2013/02/Tulityolupakaavake.pdf>.
- Tulityöt suojeluohje 2014. 2013. [Verkkajulkaisu]. Helsinki: Finanssialan Keskusliitto. [Viitattu 26.2.2014]. Saatavana: [https://www.fkl.fi/materiaalipankki/ohjeet/Dokumentit/Tulityot\\_suojeluohje\\_2014.pdf](https://www.fkl.fi/materiaalipankki/ohjeet/Dokumentit/Tulityot_suojeluohje_2014.pdf).



Turvallisuusohjeita sähköradalle. 2008. [Verkkajulkaisu]. Helsinki: Ratahallintokeskus. [Viitattu 11.2.2014] Saatavana: [http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf4/rhk\\_turvallisuusohjeita\\_sahkoradalle.pdf](http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf4/rhk_turvallisuusohjeita_sahkoradalle.pdf).

VR Track Oy. Ei päiväystä. Radoilla ja ratojen ulkopuolella. [Verkkosivu]. [Viitattu 23.1.2014]. Saatavana: <http://www.vrtrack.fi/fi/index/palvelut/maajasillanrakentaminen.html>.

Välimaa, A. 2014. Työpäällikkö. Fin-Seula Oy. <xxx.xxx@xxx.fi> 13.2.2014. Kommentteja kyselyyn. [Henkilökohtainen sähköpostiviesti]. Vastaanottaja: Tero Haaramäki. [Viitattu 11.3.2014].

## **LIITTEET**

**LIITE 1. Ratasillan rakentamisen vaiheet**

**LIITE 2. Ratasillan siirron toteutunut aikataulu**

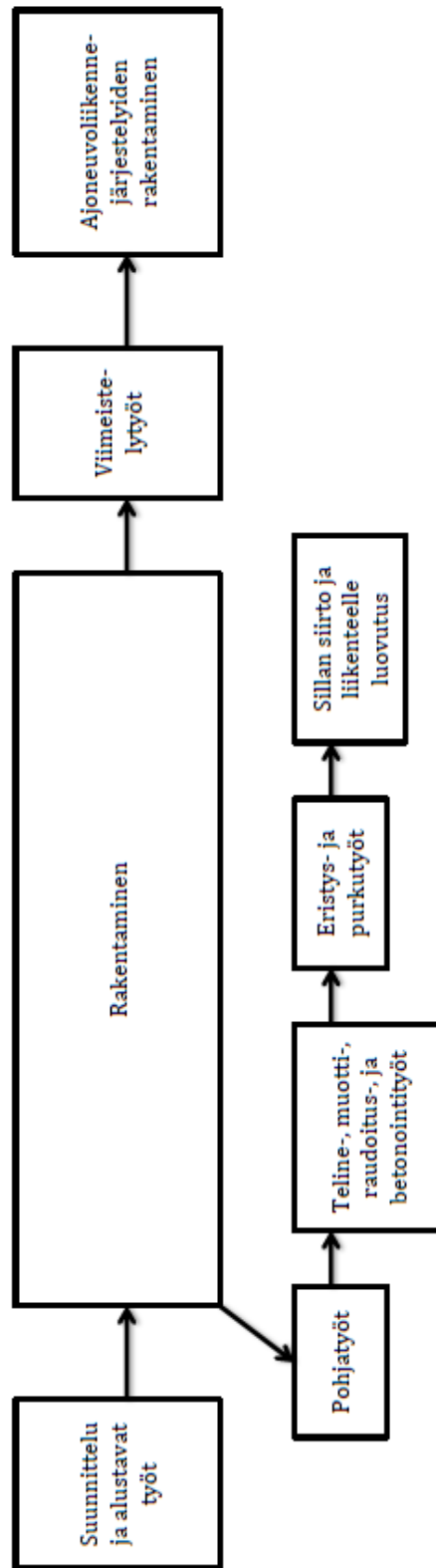
**LIITE 3. Siirtoon liittyvien työvaiheiden kestoja**

**LIITE 4. Aluesuunnitelma**

**LIITE 5. Aluesuunnitelma liikennekatkoon**

**LIITE 6. Ratatyön suojaulottuma**

## LIITE 1 Ratasillan rakentamisen vaiheet



## LIITE 2 Ratasillan siirron toteutunut aikataulu

Haaramäki Tero			KOULUTUSVERSIO (Ei tuotantokäyttöön)		
Hierarkia	Selite	Kesto	2013 Elokuu 35	Syyskuu	
1	Jännitekatko	35 min	1		
2	Kiskolementtien poisto	18 min	2		
3	Ratajohtopylvään irrotus	10 min	3		
4	Kaivutyö	180 min	4		
5	Porapaalujen katkaisu ja laakerien asennus	240 min	5		
6	1. Siirtoradan pohjien teko	120 min	6		
7	1. Siirtoradan palkin asennus	30 min	7		
8	2. Siirtoradan pohjien teko	60 min	8		
9	2. Siirtoradan palkin asennus	30 min	9		
10	Sillan siirto	70 min	10		
11	Päätyjen täyttö	160 min	11		
12	Siirtymäläaattojen asennus	45 min	12		
13	Siirtymäläaattojen bitumointi	45 min	13		
14	Siirtymäläaattojen täyttö	45 min	14		
15	Sepelointi ratapölkkyjen alapintaan	70 min	15		
16	Kiskolementtien asennus	70 min	16		
17	Loppusepelointi	70 min	17		
18	Raitteen tukeminen	60 min	18		
19	Liikenteelle luovuttaminen				

## LIITE 3 Siirtoon liittyvien työvaiheiden kestoja

1

### RSO 5 Sillan rakentaminen liikennöidylle raiteelle - LIITE 1

#### SIIRTOON LIITTYVIÄ TYÖVAIHEITA JA NIIDEN KESTOJA

##### 1. JÄNNITEKATKO JA RAITEEN PURKU

- jännitekatko (aika riippumaton raiteiden lukumäärästä) 15..30 min
- raiteen purku (~40..50 m)
  - raide poistetaan elementteinä (15..20 m) 1 h / raide
  - raide poistetaan kiskot ja pölkyt erikseen 2 h / raide

##### 2. KAIVU

- Kaivinkoneen normaali kaivu ja kuormaus 150 m<sup>3</sup> / h

Pyöräkuormaaja tai kaivinkone kaivaa sillan keskiosasta läjittäen massat sivulle.  
Molemmissa päädyissä kaivaa kaivinkone lastaten massat auton lavalle.

- Kaivetaan valualustaan nähden ulompi raide ensin 2 h / raide (~30 m)
- valualustaan puoleinen raide 3 h / raide (~30 m)
- erillinen siirtoradan paalutus hidastaa kaivua 30..60 min/raide
- kaivuaikaan vaikuttavia asioita [kerroin]
  - sorapenger 0,85
  - louhepenger 1,25
  - tiukka, kivinen moreeni 1,15
  - savi, siltti 1,1
  - kivisyys 1,15
  - routa (talvi) 1,2
  - pohjavesi, ratapenkereen salaojat 1,15
  - kelirikko 1,15
  - ahdas työtila 1,1
  - kaapelit 1,15
  - sähköpylväät 1,15
  - ratapenkereen korkeus < 1 m 1,15
  - ratapenkereen korkeus 1..3 m 1,0
  - ratapenkereen korkeus > 3 m 1,05
  - kaivu tukiseinien sisällä 4,00

##### 3. MITTAUSTYÖT

Mittaustyöt esivalmistellaan siten, että ne voidaan toteuttaa muiden työvaiheiden lomassa. Kuitenkin teräsputkipaalujen sijainnin ja tarkan katkaisutason (toleranssi 1mm) merkitsemiseen kuluu aikaa 15 min / paalu.

Teräsputkipaalujen sijainnin tarkemmittaus heti lyönnin jälkeen tulisi tehdä kahdella eri mittaustavalla luotettavan lopputuloksen aikaansaamiseksi. Putkipaalujen sijainti tulee mitata lopullisen katkaisun jälkeen.

**RSO 5 Sillan rakentaminen liikennöidylle raiteelle - LIITE 1**


---

**4. PERUSTUSTEN VALMISTAMINEN**
**4.1 Paalujen katkaisu**

- teräsputkipaalun katkaisu polttoleikkaamalla ja leikkauspinnan hionta (toleranssi 1 mm) 30 min / paalu

- katkaisuaikaan vaikuttavia asioita [kerroin]
- paalun sisäpinnalla betoniroiskeita 1,5
- paalun vaippa ei kannu kuormia 0,75
- vino paalu 1,5

**4.2 Betonoitavat rakenteet**

- laakeripalkkien kuorielementtien asennus ja tukeminen 1 h 30 min / kpl
- laakeripalkkien raudoitus 30 min / kpl
- laakeripalkkien betonointi 30 min / kpl
- betonointitöihin vaikuttavia asioita [kerroin]
  - betonointityöt talviolioissa 2,0

Lisäksi betonin lujuudenkehitys riippuu luonnollisesti lämpövuorokausista.

**4.3 Hitsattavat rakenteet**

- hitsausliitosten teko, hitsausmenetelmänä puikkohitsaus
  - yksittäinen pienasauma a=5 mm 4,0 jm / h
  - läpihitsaus t=10 mm, juurituki -> ~6 palkoa 0,75 jm / h
  - läpihitsaus t=15 mm, juurituki -> ~14 palkoa 0,25 jm / h
- hitsaustehoon vaikuttavia tekijöitä [kerroin]
  - vesi- tai räntäsade 0,75
  - kova tuuli 0,85
  - telinetyöt (kohteen korkeus >2m) 0,85
  - ahdas työtila 0,80
  - vaakasauma 1,00
  - pystysauma 0,85
  - lakisauma 0,80
  - lankahitsausmenetelmä 4,00

Hitsausliitoksissa on huomioitava lämmöntuotto kohteeseen sekä se, että käytännön vähimmäisetäisyys kahden hitsarin välillä on 2,5..3,0 metriä. Kosteuden tiivistyminen lämpötilan muutoksen kautta vaikeuttaa hitsausta ja aiheuttaa kuivaus- ja suojaustoimenpiteitä.

**5. SIIRTORATOJEN ASENNUS JA TUENTA**

- murskepeti maanvaraiselle siirtoradalle	12 min / siirtorata jm
- siirtoradan paalujen katkaisu	18 min /siirtorata jm
- putkipaaluihin tukeutuvien kannattimien asennus	1 h / paalu
- elementtilaattojen ja siirtopalkkien asennus	1 h / siirtorata

**6. SILLAN SIIRTO JA ASENNUS**

- sillan siirto (siirtomatka ~10m)	1 h 30 min
- lasku tuilleen ja tukireaktioiden säätö	6 min / tuki tai laakeri
- jarrutapin asennus	30 min / tuki

**6.1 Kannen ja putkipaalun liitos**

- Jälkivaluliitos	48 min / paalu
- Hitsausliitos	1.4 h / paalu

**7. MAARAKENNUSTYÖT****7.1 Routasuojaustyöt**

- massanvaihdon täyttö ja tiivistys	50 m <sup>3</sup> rttr / h / pääty
- kevytsorabetonivalu aputoineen	10 m <sup>3</sup> / h
- lämmöneristelevyn asennus tasauskerroksineen	80 m <sup>2</sup> / h

**7.2 Siirtymälaattojen asennus**

- elementtien asennus (b=1 m, m=5000 kg)	24 min / kpl
- saumaus ja vesieristys	1 h / pääty

**8 TÄYTTÖ JA TIIVISTYSTYÖT**

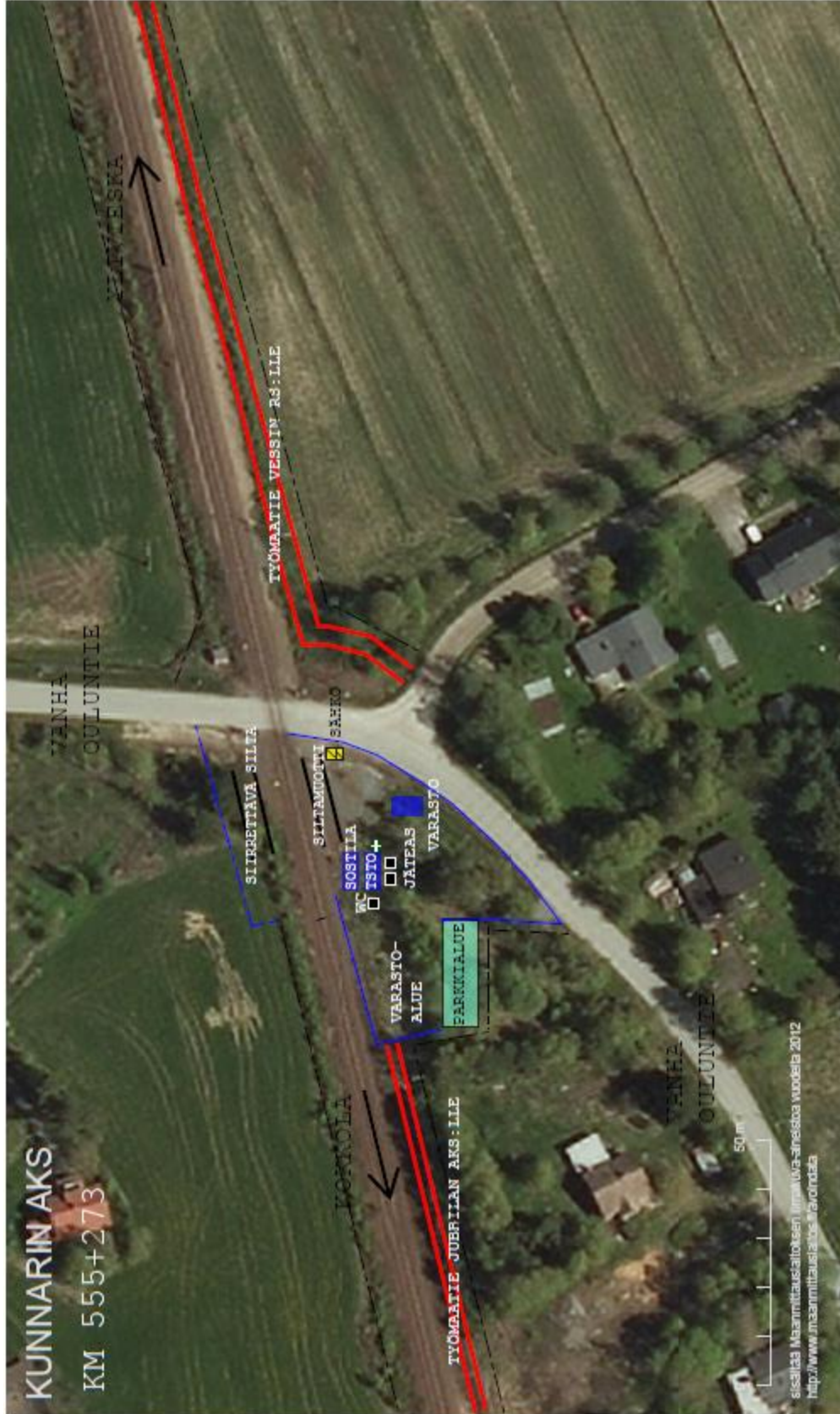
- penkereen täyttö ja tiivistys	50 m <sup>3</sup> rttr / h / pääty
---------------------------------	------------------------------------

Täyttötyö voidaan yleensä tehdä siirtotyön aikana. Ainoastaan kolmio, jonka korkeus ja leveys on sama kuin päätypalkin korkeus, täytetään vasta kun silta on kiinnitetty lopulliselle paikalleen.

**9 RAITEEN RAKENTAMINEN**

- kannen sepelöinti	
• kannen sepelöinti pölkkyjen alapintaan	50 jm / raide / h
• loppusepelöinti	50 jm / raide / h
- raiteiden asennus	
• ratapölkkyt ja kiskot elementtinä	50 jm / raide / h
• ratapölkkyt ja kiskot asennetaan erikseen	25 jm / raide / h
- raiteen tukeminen	50 jm / raide / h

LIITE 4 Aluesuunnitelma

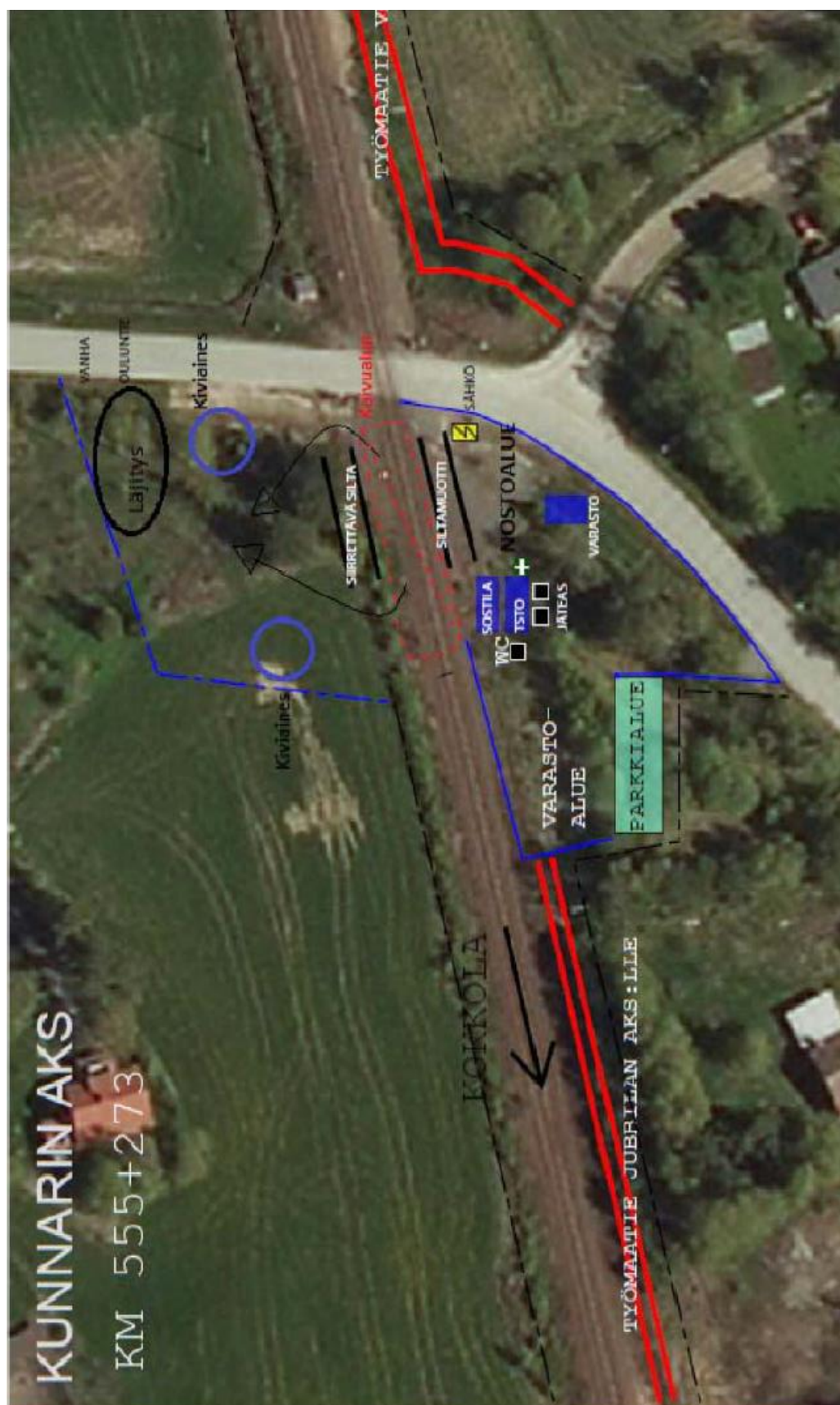


**HUOM!**

- Ensiaputarvikkeet löytyvät toimistotiloista.
- RSU merkittään maastoon.



## LIITE 5 Aluesuunnitelma liikennekatkoon

**HUOM!**

- Ensiaputarvikkeet löytyvät toimistotiloista.
- RSU merkitaan maastoon.

## LIITE 6 Ratatyön suojauslittuma

Litkennevraston ohjeita 1/2012  
Radapidon turvallisuusohjeet (TURO)

LIITE 1

### Ratatyön suojauslittuma

Ratatyön suojauslittuman (RSU) reunan etäisyys on:

- yksiraitteisella radalla 2,5 metriä lähimmästä kiskosta tai sähköradan pylväslinja.
- useampiraitteisella radalla tai ratapihalla 2,5 metriä uloimpien raitteiden uloimasta kiskosta tai sähköradan pylväslinja. Raitteiden välissä RSU on sama kuin aukean tilan ulottuma (ATU).

Lisäksi on huomioitava sähköradan suojaetäisyydet, jotta ei saa alittaa. (ks. B22, Sähkörataohjeet)

