

Roope Liedes

## **RAUTATIESILLAN SIIRTO TYÖNJOHDON NÄKÖKULMASTA**

# **RAUTATIESILLAN SIIRTO TYÖNJOHDON NÄKÖKULMASTA**

Roope Liedes  
Opinnäytetyö  
Syksy 2016  
Rakennusalan työnjohdon koulutusohjelma  
Oulun ammattikorkeakoulu

# TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu  
Rakennusalan työnjohdon koulutusohjelma, infrarakentaminen

---

Tekijä: Roope Liedes  
Opinnäytetyön nimi: Rautatiesillan siirto työnjohdon näkökulmasta  
Työn ohjaaja: Jarmo Erho  
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Syksy 2016  
Sivumäärä: 39 + 7

---

Rautatiesillan siirtomenetelmä on hallitseva sillanrakennustapa rautatieympäristössä. Aikaisemmin käytössä olleisiin väistöaidemenetelmään sekä apusiltamenetelmään verrattuna sivussarakentamismenetelmä aiheuttaa vähemmän haittaa rautatieliikenteelle ja voidaan saavuttaa korkeampi laatu- ja turvallisuustaso.

Rautatiesillan siirto ja siihen valmistautuminen on pitkä prosessi. Liikennekatko, kalustovaraukset ja tarvittavat resurssit pitää varata hyvissä ajoin ennen siirtokatkoa. Rautatiesillan siirto edellyttää useimmiten liikennekatkoa, joten siirtoaika on lähes aina rajallinen, yleensä 8–30 tuntia, joten työvaiheiden tarkkaa suunnittelua ei voi liikaa korostaa.

Työssä käsitellään kaikki sillan siirron alustavat ja siirtotyön aikana tehtävät työvaiheet. Työssä kerrotaan myös turvallisuusohjeista ja mahdollisista riskitekijöistä työskenneltäessä rautatieympäristössä. Tavoitteena oli tehdä kattava kuvaus siitä, miten rautatiesiltojen siirtotyö etenee ja mitä työtä suunnitellessa ja toteutusvaiheessa pitää ottaa huomioon, jotta työ saadaan suoritettua onnistuneesti ja sallitussa aikataulussa.

Työn materiaalit kerättiin pääosin kesätöiden 2014 ja 2015 aikana. Kerättyjen materiaalien, omien kokemusten sekä ohjejulkaisujen pohjalta koottiin mahdollisimman selkeä kertomus rautatiesiltojen siirtotöistä. Työn tarkoituksena on toimia ohjekirjana työnjohtajille, jotka valmistautuvat rautatiesillan siirtotyöhön.

---

Asiasanat: rautatiesilta, rautatie, siirto, valmistelu, työvaiheet

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
SISÄLLYS	4
SANASTO	6
1 JOHDANTO	8
2 SIIRTOMENETELMÄN KEHITTÄMISEN TAUSTAA	9
3 RAUTATIESILLAT SUOMESSA	10
4 LIIKENNEVIRASTON HYVÄKSYMÄT RAUTATIESILLAN RAKENNUSTAVAT LIIKENNÖIDYLLE JUNARADALLE	12
4.1 Väistöraidemenetelmä	13
4.2 Apusiltamenetelmä	13
4.3 Siirtomenetelmä	14
5 KANNUKSEN ALIKULKUSILLAN PERUSTIETOJA	15
6 SIIRTOTYÖHÖN TARVITTAVAT SUUNNITELMAT	16
6.1 Työvaiheen laatusuunnitelma	16
6.2 Turvallisuussuunnitelma	16
6.3 Työtapsuunnitelma	16
6.4 Aluesuunnitelma	17
7 KANNUKSEN ALIKULKUSILLAN TYÖVAIHEET	18
7.1 Alustavat työt ennen siirtoa	18
7.1.1 Vanhan alikulkusillan purku	18
7.1.2 Paalutus	19
7.1.3 Laakereiden asennus	21
7.1.4 Siirtoratojen asennus	22
7.1.5 Paalulaatan rakentaminen	22
7.1.6 Kiskojen katkaisu	23
7.1.7 Tunkkien asennus ja koetunkkaus	24
7.2 Työvaiheet liikennekatkossa	25
7.2.1 Ajojohtimen maadoitus ja ratarakenteiden purku	25
7.2.2 Sillan siirto ja nosto	26

7.2.3 Sillan laskeminen laakereille sekä laakereiden hitsaus	27
7.2.4 Tukiseinien rakentaminen	28
7.2.5 Päätyjen täyttö ja siirtymälaattojen asennus	28
7.2.6 Sillan maadoitus	29
7.2.7 Kannen pohjasepelöinti, rataelementtien asennus ja radan tuenta	29
8 SILLAN SIIRRON MAHDOLLISIA ONGELMIA JA RISKITEKIJÖITÄ	30
9 SILLAN SIIRRON AIKATAULUTTAMINEN	32
10 TURVALLISUUS RAUTATIEYMPÄRISTÖSSÄ	34
10.1 Liikenneturvallisuus	34
10.2 Työturvallisuus	34
10.3 Turvallisuuspätevydet	35
10.3.1 Ratatyöturvallisuuspätevyys (Turva)	35
10.3.2 Turvamiespätevyys (T-mies)	36
11 YHTEENVETO	37
LIITTEET	40

## SANASTO

ATU	aukean tilan ulottuma, jonka sisällä ei saa olla kiinteitä laitteita tai rakenteita.
Kkht	kaivinkone, hydraulinen, tela-alustainen
KLV	kevyen liikenteen väylä
KUP	pyöräkuormaaja
Liikennekatko	aika, jolloin junaliikenne on pois käytöstä
Maadoitus	torjutaan suurjännitteisten ratajohtojen vikatilanteista ihmiselle aiheutuvaa vaaraa
m <sup>3</sup> kr	teoreettinen kiintotilavuus
m <sup>3</sup> rtr	teoreettinen rakennetilavuus
NAH	autonosturi
Nostotunkki	hydraulisesti toimiva nostin, joka toimii pystysuunnassa
Rata	rakenne, johon kuuluvat raide, tukikerros, penkere, turvalaitteet, sähköistys ja mahdolliset erikois- ja taitorakenteet
Rautatiesilta	yleisnimi sillalle, jota rautatieliikenne kuormittaa
Resistanssimittaus	maadoituksen sähköisen jatkuvuuden mittaus
RSU	ratatyön suojaulottuma, jonka sisäpuolella työskentely ilman ratatyölupaa tai turvamiesmenettelyä on kiellettyä

Siirtorata	vahvistettu I-palkki, jota pitkin siltaa siirretään vaakasuunnassa
Toppaus	raiderakenteiden tukeminen ja ratasepelin tiivistys
Työntötunkki	hydraulisesti toimiva nostin, joka toimii vaakasuorassa
Täryjyrä	ajettava maantiivistäjä
Tärylätkä	työnnettävä maantiivistäjä

# 1 JOHDANTO

Rautatiesillan siirtomenetelmä on tänä päivänä yleisin sillanrakennustapa Suomen rautateillä. Uusista rautatiesilloista rakennetaan yli 90 prosenttia nykyisellä siirtoratamenetelmällä. Verrattuna aikaisemmin käytössä olleisiin menetelmiin, sillan sivussa -rakentamismenetelmällä aiheutetaan vähemmän haittaa liikenteelle sekä saavutetaan parempi turvallisuus- ja laatutaso. (1, s. 58.)

Tässä opinnäytetyössä paneudutaan Keski-pohjanmaalla, Kannuksen keskustassa sijaitsevan alikulkusillan eri siirtotyövaiheisiin ja suunnitelmiin. Työn tarkoituksena on nostaa esille niitä asioita, joita pitää ottaa huomioon rautatiesillan siirtotyötä tehdessä, ja näin helpottaa työnjohtajien valmistautumista rautatiesillan siirtotyöhön.

Kannuksen alikulkusillan siirron valmistelevat työt alkoivat kesällä 2014 vanhan rautatiesillan purkamisella, uuden sillan paalutuksella ja siirtoratojen rakentamisella. Rautatiesillan rakentaminen tapahtui keväällä 2015 ja itse siirto toteutettiin viikolla 20. Opinnäytetyön tiedot ja kuvat perustuvat pääosin omiin kokemuksiin ja havaintoihin rautatiesillan siirtotyöstä. Olin mukana seuraamassa Kannuksen alikulkusillan alustavia töitä kesällä 2014 sekä kesällä 2015 suunnittelemassa siirtotyötä ja sitä toteuttamassa.



## 2 SIIRTOMENETELMÄN KEHITTÄMISEN TAUSTAA

Suomen rataverkon kehittymisen myötä tuli tarpeelliseksi kehittää uudenlainen sillanrakennusmenetelmä rautateille. Koska rataverkkoa kehitetään ja se kehittyy jatkuvasti turvallisemmaksi ja tehokkaammaksi, myös rautatiesillanrakentamisen tulee noudattaa samoja periaatteita. Turvallisuutta ja tehokkuutta pyritään lisäämään Suomen rautatieympäristössä esimerkiksi akselipainojen ja junien nopeuksien nostolla sekä tasoristeysten poistamisella. Edellä mainitut muutoksen lisäävät rautatiesiltojen rakentamistarvetta. Näiden tehokkuusvaatimusten saattamana asetettiin rautateillä vaatimukset myös sallitulle liikennehaitalle. Näistä tekijöistä johtuen aloitettiin uudenlaisen sillanrakennusmenetelmän kehittäminen 1990-luvun alussa. (1, s. 58.)

Tärkeimpänä ajatuksena siirtomenetelmässä on rakennusaikaisten liikennehaittojen minimointi ja se, että rautateillä vallitsevalle liikenteelle tuotetaan mahdollisimman vähän häiriötekijöitä. Tällä rakennusmenetelmällä parannetaan samalla liikenne- ja työturvallisuutta, koska työkohte ei sijaitse liikenteellä olevan radan välittömässä läheisyydessä. Siirtomenetelmällä saavutetaan myös taloudellisia hyötyjä, koska lyhyt liikennekatko junaliikenteessä on taloudellisesti kannattavampaa kuin pitkäaikainen alennettu nopeusrajoitus, joka esimerkiksi väistöraiteen rakentamisesta aiheutuu. (1, s. 58.)

Siirtomenetelmää käytettäessä silta rakennetaan liikenteellä olevan rautatien vieressä valmiiksi. Lyhyen liikennekatkon (noin 8–30 tuntia) aikana ratarakenteet poistetaan siltapaikalta, silta siirretään siirtoratoja pitkin hydraulisten tunkkien avulla paikalleen ja rataan kuuluvat rakenteet rakennetaan uudelleen. (1, s. 58.)

Nykytekniikalla on rautatiesiltoja siirretty 1990-luvun alkupuolelta lähtien tähän päivään mennessä yli 200. Vuosittain uusia rautatiesiltoja rakennetaan siirtomenetelmällä noin 15–20. (1, s. 59.)

### 3 RAUTATIESILLAT SUOMESSA

Suomessa rautatiesilloja vuonna 2016 on 2 332 kappaletta, joista alikulkusilloja sekä alikulkukäytäviä on 1 286 kappaletta ja ratasilloja 1 014 kappaletta. Loput 32 kappaletta ovat pehmeikkö- ja rautatieristeysilloja. Vuonna 2015 valmistui yhteensä 44 kappaletta uusia rautatiesilloja, joka sisältää myös siltojen kansirakenteiden uusimisen. (2, s. 105.) Taulukossa 1 on esitetty Suomen rautatiesiltojen tunnusluvut.

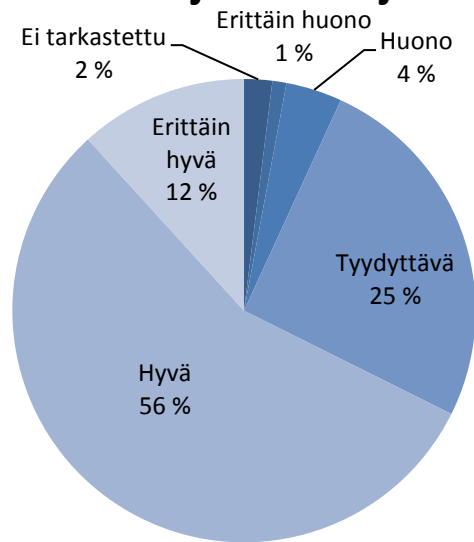
TAULUKKO 1. Rautatiesiltojen tunnuslukuja (2, s. 105–160)

Siltapaikkoja yhteensä	Rautatiesilloja 2 332, joista pääradoilla 2 019.
Siltojen keski-ikä (vuotta)	38,5
Kokonaispinta-ala (m <sup>2</sup> )	660 413
Jakauma päärakennusmateriaaleittain	Teräsbetoni 65 %, teräs 15 %, jännebetoni 12 %, muut 8 %
Jakauma siltatyypeittäin	Teräsbetoni-laattasillat 27 %, teräsbetoni-palkkisillat 11 %, teräsbetoni-laattakehä-sillat 25 %, putkisillat 4 %, kivisillat 3 %, terässillat 12 %, jännitetyt betonisillat 12 %, teräspalkkibetoniset sillat 3 %, muut betonisillat 2 %

Yleisin syy uusien rautatiesiltojen rakentamiseen on tiettyjen rataosuuksien perusparannus, jonka yhteydessä vanha tasoristeys korvataan uudella sillalla. Tasoristeyspaikkoja Suomen rautateilla on noin 3 400 ja niitä poistetaan Suomesta vuosittain noin 50 kappaletta

Vuonna 2015 rautatiesiltojen yleistarkastuksia tehtiin yhteensä 43 kappaletta ja erikoistarkastuksia 31 kappaletta. Yleistarkastuksia tehtiin vuonna 2015 selvästi vähemmän yleistarkastuksia kuin yleensä, sillä kaikki rautatiesillat tarkastettiin kertaalleen vuosien 2012–2014 aikana. Vuosien 2008–2014 tarkastusmäärien keskiarvo on 472 kappaletta, joten voidaan todeta, että vuoden 2015 tarkastusmäärä on huomattavasti keskiarvoa alhaisempi. (2, s. 140–142.) Kuvassa 1 on esitetty Suomen rautatiesiltojen kuntojakauma vuonna 2015.

## Rautatiesiltojen kuntojakauma



KUVA 1. Rautatiesiltojen tunnuslukuja (2, s. 145)

## **4 LIIKENNEVIRASTON HYVÄKSYMÄT RAUTATIESILLAN RAKENNUSTAVAT LIIKENNÖIDYLLE JUNARADALLE**

Suurin osa rautatieympäristöön rakennettavista silloista rakennetaan jo valmiiksi liikennöidylle rautatieosuuksille, mikä tekee rakentamisesta haastavampaa verrattuna maantiesiltoihin. Rautatiesillan rakennusvaiheet joudutaan tekemään junaliikenteen ehdoilla, mutta siitä huolimatta rakentamisen laadun tulee olla yhtä hyvää, kuin rakentaessa ilman liikenteen aiheuttamia rajoituksia. (3, s. 20.)

Rautatiesiltaa rakennettaessa täytyy muistaa, että junaliikenteen turvallisuutta ei missään tilanteessa tai työvaiheissa vaaranneta. Myös junaliikenteelle aiheutuvat mahdolliset haittatekijät pyritään minimoidaan. Eri rakennustapoja vertaillessa on syytä huomioida seuraavat asiat:

- siltarakenteen ja sillan siirtymärakenteiden lopputuloksen laatu
- junaliikenteen aiheuttamat rajoitukset ja liikennehaitat
- siltapaikan pohjaolosuhteet
- rakentamisajankohdan vuodenaika
- kokonaiskustannukset
- ympäristövaikutukset
- muut samaan aikaan rataosalla käynnissä olevat työt. (4, s. 3.)

Kustannusvertailussa huomioitavia asioita:

- siltarakenne
- tilapäiset rakenteet, kuten väistörakenne, apusillat, työnaikaiset tuennat ja siirtoradat
- sähköistysmuutokset
- turvalaitemuutokset
- raidetyöt ja työnaikainen kunnossapito
- jännitekatkot
- turvamiehet

- liikenteenhoitokustannukset
- liikennehaitat. (4, s. 3–4.)

Ennen rakennussuunnitteluvaihetta vertaillaan mahdollisten rakenneratkaisujen ja rakentamistapojen soveltuvuutta ja taloudellisuutta kohteeseen.

Rakenneratkaisut ja rakentamismenetelmä valitaan sellaiseksi, että silta on taloudellinen ja toteuttamiskelpoinen liikennöinnin asettamien vaatimusten mukaisesti. (4, s. 3–4.)

#### **4.1 Väistöraidemenetelmä**

Väistöraidemenetelmässä rakennetaan radalle ensin ylimääräinen raide, jota pitkin raideliikenne käyttää siltapaikan ohi rakennusaikana.

Väistöraidemenetelmää voidaan käyttää sellaisissa paikoissa, joissa pohjaolosuhteet ovat hyvät, tilaa on käytettävissä ja rataosan normaalia liikennöintiä ei tarvitse merkittävästi rajoittaa. Väistöraide on edullinen, jos pengermateriaali on hyödynnettävissä muissa työvaiheissa. Sähköistykset ja turvalaitetyöt kasvattavat huomattavasti väistöraiteen kustannuksia.

Rataosuuksilla jossa on käytössä jo valmiiksi useampi raide, voidaan muita raiteita käyttää väistöraiteena työmaan ajan. (4, s. 3.)

Väistöraiteen rakentaminen ei yleensä ole mahdollista tai taloudellisesti järkevää sen tarvitseman suuren tilan ja ajojohtimien siirtelyn hankaluuden takia. Väistöraidemenetelmä ei rajaa siltatyyppiä eikä sillan pituutta mutta radan geometria vaatii loivat kaartet, joten väistöraiteesta tulee aina pitkä, noin 300–500 metriä. Väistöraiteen kohdalla nopeusrajoitukset ovat yleensä matalat, yleensä noin 30–80 km/h. (4, s. 6.)

#### **4.2 Apusiltamenetelmä**

Apusiltamenetelmässä junaradan alle asennetaan apusilta. Apusilta asennetaan yleensä liikennekatkossa, minkä vuoksi asentaminen tulee suunnitella huolellisesti ja työhön on tarpeellista varata riittävästi varakalustoa sekä henkilöstöä. Apusilta on tarkoitettu väliaikaiseksi sillaksi korjaustöiden tai

uuden sillan rakentamisen ajaksi. Sen matalan rakennekorkeuden vuoksi apusillan alla voidaan rakentaa pysyvä silta rautatieliikenteen liikennöintiä estämättä. Apusilta on usein kilpailukykyinen ja varteen otettava vaihtoehto, jos siltapaikka sijaitsee ratapihan läheisyydessä tai myös muilla rataosuuksilla, joilla nopeusrajoitus on matala. Apusillan kohdalla nopeusrajoitus on yleensä 60–80 km/h. Apusillat ovat myös kilpailukykyisiä tilanteissa, joissa siltapaikalla ei ole sillan siirtoon tarvittavaa tilaa siirtoradan rakentamiselle. Apusilloja on olemassa kahden kokoisia; AS14 on 14-metrinen ja AS20 on 20-metrinen. (5, s. 6.)

### **4.3 Siirtomenetelmä**

Siirtomenetelmää käytettäessä sillan kansirakenne rakennetaan raiteen viereen mahdollisimman valmiiksi ja liikennekatkon aikana kansirakenne siirretään siirtoratoja pitkin paikalleen. Jos kyseessä on pieni silta, voidaan koko kansirakenne nostaa elementtinä paikoilleen. Tyypillisiä siirtomenetelmällä rakennettavia ratasiltatyyppejä ovat pehmeikölle rakennettavat jännemitaltaan 16–24 metriä pitkät laatta- ja palkkisillat. Suurin hyöty siirtomenetelmässä saavutetaan pitkissä moniaukkoisissa silloissa, joissa vältetään väistöraiteen rakentamiselta.

Silta perustetaan yleensä teräsputkipaaluille, jotka lyödään liikennekatkojen aikana ennen siirtokatkoa. Teräsputkipaalujen yläpäissä on joko laakerit, mikäli kansirakenteen tukeutuminen paaluille tehdään laakerointina tai sitten käytetään jäykkäliitosta, jolloin teräsputkipaalun ja kansirakenteen välinen osuus valetaan betonilla yhtenäiseksi.

Käytettäessä siirtomenetelmää rakenteen tyyppi, paino tai muoto eivät rajoita siirtotyötä. Yleensä siirtomenetelmällä siirrettävät sillat painavat 500–1500 tonnia. Sillan painon kasvaessa, siirtoratojen lukumäärää lisätään. (4, s. 16.)

## 5 KANNUKSEN ALIKULKUSILLAN PERUSTIETOJA

Siltapaikka sijaitsee ratakilometrillä 591+810, Kannuksen liikennepaikan koillispuolella kohdassa, jossa Valtakatu risteää radan kanssa. Siltapaikalla sijaitsi vanha teräsbetoninen laattakehäsilta, joka oli perustettu tukipaalujen varaan yhtenäiselle anturalle. Vanha teräsbetoninen laattakehäsilta purettiin kesällä 2014.

Kannuksen alikulkusilta on kahden raiteen levyinen jännitetty betoninen ulokekaukalo-palkkisilta. Sillan kokonaispituus 34,9 m (jännemitat ovat 2,387 metriä + 24,388 metriä + 2,087 metriä), hyödyllinen leveys on 11,7 metriä, vapaakorkeus 4,6 metriä ja laatan teoreettinen paino 1 300 tonnia. Sillassa on betonia 487 m<sup>3</sup>, betoniterästä 50 365 kg (A500HW) ja jänneterästä 13 231 kg. Sillan kansi rakennettiin radan vieressä ja siirrettiin liikennekatkon (16.5.2015) aikana paikalleen. Silta perustettiin kuudelle halkaisijaltaan 711 mm:n teräspalkkipaalulle.

Sillan alittavan uuden ajoradan leveys on 7,5 metriä ja alikulkukorkeus >4.6 metriä. Kevyen liikenteen väylän leveys on 4,5 metriä lounaisreunalla ja 2,75 metriä koillisreunalla, alikulkukorkeus >3.0 metriä. Ajoradan ja KLV:n välikaistan leveys on 1,9 metriä. Kannuksen alikulkusillan molempiin päätyihin tehdään paalulaatat taustarakenteiksi. Lounaispuolen laatat ovat 15 metriä ja 16,5 metriä pitkät ja toisen puolen paalulaatat ylettyvät Lestijoen ratasillalle asti. Laatat varustetaan 5 metrin siirtymälaatoilla.



KUVA 2. Kannuksen alikulkusillan siltapaikkakuva (6.)

## **6 SIIRTOTYÖHÖN TARVITTAVAT SUUNNITELMAT**

### **6.1 Työvaiheen laatusuunnitelma**

Työvaiheen laatusuunnitelma on laadittava kaikista sillan rakentamis- ja siirtotyöhön liittyvistä työvaiheista. Suunnitelman tavoitteena on varmistaa, että suunnitelman alaiset työt täyttävät sille asetetut laatuvaatimukset.

Laatusuunnitelma tulee toimittaa tilaajan edustajalle viimeistään viikkoa aikaisemmin ennen kyseisen suunnitelman alaisten töiden aloittamista. (7.)

Työvaiheen laatusuunnitelma sisältää

- yleiskuvauksen työvaiheen toteuttamisesta
- työnaikaisen laadunvarmistuksen
- työaikaiset toleranssit
- vaatimustenmukaisuuden osoittaminen
- vaatimustenmukaisuuskokeiden tulosten dokumentointi.

### **6.2 Turvallisuussuunnitelma**

Päätoteuttaja on velvollinen laatimaan ennen rakennustöiden aloittamista työmaan turvallisuussuunnitelman. Suunnitelmassa tulee esittää eri työvaiheiden toteuttaminen ja niiden ajoitus siten, että työt voidaan tehdä turvallisesti ja vaaraa aiheuttamatta työtä tekeville tai muille ympärillä oleville. Päätoteuttajan velvollisuutena on varmistaa, että kaikki työmaalla toimijat ovat tietoisia mahdollisista turvallisuusvaaroista ja suunnitelman sisällöstä.

Päätoteuttajan velvollisuutena on myös valvoa, että annettuja turvallisuusohjeita noudatetaan. (8.)

### **6.3 Työtapasuunnitelma**

Työtapasuunnitelma sisältää liikennekatkon aikana tehtävien töiden aikataulun (liite 1) sekä työtapapiirrustuksen (liite 2).



Ennen rakennussuunnitelmavaihetta esitetään toteutettavissa oleva rakenne- ja työtapa-aikataulu. Työtapapiirustuksessa esitetään kaikki liikennekatkon aikana tehtävät työvaiheet ja niiden toteuttamiseen vaikuttavat tekijät. (4, s. 15.)

#### **6.4 Aluesuunnitelma**

Aluesuunnitelman tehtävänä on varmistaa, että työmaatoiminnot ja niiden vaatimat järjestelyt suunnitellaan mahdollisimman sujuviksi rakentamisen eri vaiheissa. Suunnitelma sisältää esityksen siitä, miten työmaatoiminnot sijoitetaan uudelle rakennuspaikalle. Aluesuunnitelmaa päivitetään työmaan edetessä ja siitä muokataan yksityiskohtaisemmat suunnitelmat eri rakennusvaiheita varten. Kannuksen alikulkusillan rakentamisen aluesuunnitelma on liitteessä 6. (9, s. 3–7.)

## **7 KANNUKSEN ALIKULKUSILLAN TYÖVAIHEET**

### **7.1 Alustavat työt ennen siirtoa**

Rautatiesillan siirto liikennöidylle raiteelle suunnitellaan aina liikennekatkon ajankohdan ja pituuden perusteella. Näiden perusteella valitaan rakenneratkaisu ja rakentamistapa siten, että siirtotyö voidaan suorittaa annetun liikennekatkon aikapuitteissa. (4, s. 4.)

#### **7.1.1 Vanhan alikulkusillan purku**

Ennen sillan rakennustöiden aloittamista siltapaikalla olevat kaapelit, johtorakenteet ja niiden suojarakenteet siirretään tai suojataan sillanrakennustöiden ja niihin liittyvien maarakennustöiden ajaksi. Uuden alikulkusillan rakennustyöt aloitettiin kesällä 2014 liikennekatkossa, kun siltapaikalla sijaitseva vanha teräsbetoninen laattakehäsilta purettiin. Vanhan sillan tilalle asennettiin teräsrumputki, jota pitkin kevytliikenne pääsee kulkemaan rautatien ali myös rakennustöiden aikana. (Kuva 3.)



*KUVA 3. Kannuksen vanhan alikulkusillan purku*

### **7.1.2 Paalutus**

Kannuksen alikulkusilta perustettiin kuudelle liittorakenteiselle porattavalle teräspalkkipaalulle, joiden teräslaatu on S355J2H (kuva 4). Teräspalkkipaalujen halkaisija on 711 mm ja seinämävahvuus 12,5 mm.

Paalutustyön suorittajan on laadittava ennen paalutustyön aloittamista kohdekohtainen porapaalutuksen työ- ja laatusuunnitelma. Työsuunnitelmassa esitetään työtavat ja koneet, joilla saavutetaan pohjarakennussuunnitelmassa esitetyt vaatimukset. Suunnitelmassa otetaan huomioon työn toteutushetkellä vallitsevat todelliset olosuhteet ja esitetään, miten vaaditun laadun saavuttaminen tarkastetaan, mitataan ja kirjataan. (10, s. 68.)

Ennen paalutustöiden aloittamista tarvitaan ratatyölupa. Kunnes paalut ovat uponneet 2–3 metriä ja kaatumisvaaraa ei enää ole, voidaan porausta jatkaa ilman ratatyölupaa. Mikäli paalutusta ei tehdä jännitekatkossa, on paalutuskoneiden oltava maadoitettuna rautatieympäristössä työskenneltäessä. Tässä tapauksessa ainoastaan itäraiteen puolen reunimmaisat paalut voitiin porata ilman liikennekatkoa. Muut porapaalut jouduttiin poraamaan liikennekatkossa, koska ne sijaitsevat ATU:n eli aukean tilan ulottuman (liite 3) sisäpuolella.



*KUVA 4. Porapaalutus liikennekatkossa*

Paalut porataan ehjään kallioon vähintään 2,5 metriä. Kalliokontakti porauksen päättymisen jälkeen varmistetaan lyömällä loppu- tai tarkastuslyönnit poravasarella paalun yläpäähän. Kun paalut saavuttavat riittävän syvyyden,

niiden yläpäät katkaistaan oikeaan tasoon sekä hiotaan tasaisiksi ja vaakasuoriksi.

Porauksen jälkeen paalut tyhjenetään vedestä, asennetaan valmiit raudoitukset ja valetaan betonilla (C30/37-3, P20) 10–20 millimetriä vaille täyteen. Valun jälkeen paalujen yläpäihin asennetaan teräslevyt laakereiden kiinnitystä varten. Paalun pään ja levyn väliin jäävä tyhjä tila valetaan täyteen juotosbetonilla. Juotosbetonin tulee olla SILKO- hyväksyttyä ja sen tulee saavuttaa vähintään 50MN/m<sup>2</sup>:n puristuslujuus 14 vuorokauden ikäisenä. Juotosvalun jälkeen teräslevyjen pinnan puhdistetaan ja levyssä olevien reikien täyttövalut hiotaan tarkasti laakerin ylälevyn tasalle. (Taulukko 2.)

*TAULUKKO 2. Porapaalujen tarkkuus vaatimukset (10, s. 69.)*

Työvaiheen laadunvarmistus		
Laatutekijä	Vaatimus/Toleranssi	Mittausmenetelmä
Yksittäisen paalun sijainti	± 50 mm	Takymetri
Raiteen sijainti työn aikana	± 20 mm	Takymetri
Kaltevuuspoikkeama, yksittäisen paalun poikkeama pystysuorasta tai kaltevasta pinnasta	± 2 % (± 20 mm/m)	Takymetri
Yläpinnan poikkeama tasauksen jälkeen	± 50 mm	Takymetri
Paalujen kantavuus	Suunnitelma	PDA- mittaus

### 7.1.3 Laakereiden asennus

Paalujen teräslevyjen päälle asennetaan ja hitsataan kalottilaakerit, joiden tehtävä on irrottaa alus- ja päällysrakenne toisistaan ja mahdollistaa kannen eläminen. Laakerit kannattaa hitsata aluslevyihin kiinni ennen sillan siirtoa, sillä se vähentää liikennekatkossa hitsattavien saumojen määrää. Jos laakereissa on sinkitys, on se hyvä hioa etukäteen pois hitsauslinjoilta hitsauksen helpottamiseksi.

TAULUKKO 3. Laakerien asennustarkkuus vaatimukset (11, s. 224.)

Työvaiheen laadunvarmistus		
Laatutekijä	Vaatus/Toleranssi	Mittausmenetelmä
Ala- ja ylälaatan kaltevuuden ero	Enintään 0,3 %	Takymetri
Asennustoleranssi sillan pituussuunnassa alusrakenteen suhteen	$\pm 0,05$ % * jännemitta	Takymetri
Asennustoleranssi sillan poikkisuunnassa alusrakenteen suhteen	$\pm 20$ mm	Takymetri

### 7.1.4 Siirtoratojen asennus

Siirtorataa varten sille paalutetaan oma siirtorataperustus (liite 4), jonka päälle siirtorata rakennetaan. Siirtorata muodostuu teräsputkipaaluista, siirtolohkoista, I-palkeista sekä siirtoratapalkeista. Siirtopalkkien päälle asennetaan vielä U-palkit, jotka liikkuvat siirtoratojen päällä. U-palkin ja siirtopalkkien väliin laitetaan vaseliinia ja muovilevy, jolla vähennetään siirrosta aiheutuvaa kitkaa.

Kannuksen alikulkusillassa siirtoratana käytettiin kahta 400 millimetristä, vahvistettua I-palkkia, joita pitkin siltaa siirretään vaakasuunnassa. Siirtoradat asennetaan työsillan yläpuolelle ennen sillan muottityötä.

### 7.1.5 Paalulaatan rakentaminen

Koska Kannuksen alikulkusillan siltapaikka sijoittuu pehmeikkö alueelle, perustetaan siltojen taustat paalulaattarakenteille. Sillan molempiin päihin tehdään paalulaattarakenteet taustarakenteiksi pohjaolosuhteiden vahvistamiseksi.

Kannuksen alikulkusilta on kahden raiteen rautatiesilta, joten ensin pitää rakentaa itäraiteen puoleiset paalulaatat valmiiksi jo ennen sillan siirtoa. Siirron jälkeen, kun junaliikenne on siirretty kokonaan uudelle itäraiteelle, rakennetaan länsiraiteen puoleiset paalulaatat.

Paalulaatoissa käytetään 300 mm x 300 mm:n teräsbetonisia lyöntipaaluja, jotka on varustettu laatikkokärjillä. Paalulaattojen alle asennetaan N3

suodatinkangas estämään maalajien sekoittumisen ja asennusalustaksi tehdään 300 millimetriä paksu sora- tai murskepatja (0–32 mm).

Raiteiden sivuille ja väliin rakennetaan väliaikaiset tukiseinät. Junaliikenteen ollessa länsiraiteella tukiseinä ankkuroidaan nykyisen ratapenkereen vasemmalla puolella olevaan vastaponttiseinään. Tukiseinän rakentamisen jälkeen voidaan aloittaa paalulaatan paalutustyöt. Kun liikenne siirretään itäraiteelle, raiteiden välissä oleva tukiseinä ankkuroidaan itäraiteen oikealla puolella olevaan vastaponttiseinään. Tämän jälkeen voidaan rakentaa länsiraiteelle paalulaattarakenteet. Tukiseinien sijainti on esitetty liitteessä 6.

*TAULUKKO 4. Teräsbetonipaalujen tarkkuus vaatimukset (11, s. 224)*

Työvaiheen laadunvarmistus		
Laatutekijä	Vaatimus/Toleranssi	Mittausmenetelmä
Yksittäisen paalun sijainti	±100 mm	Takymetri
Paalujen katkaisutaso	Suunnitelma +10mm/-50mm	Takymetri
Raiteen sijainti työn aikana	±2 % (± 20 mm)	Takymetri
Kaltevuuspoikkeama, yksittäisen paalun poikkeama pystysuorasta tai kaltevasta pinnasta	±4 % / ± 40mm/m	Takymetri
Kaltevuuspoikkeama, paaluryhmän poikkeama pystysuorasta tai kaltevasta pinnasta	±2 % / ± 20mm/m	Takymetri
Paalurivin painopisteen sijaintipoikkeama riviin nähden kohtisuorassa suunnassa	± 50 mm	Takymetri
Yläpinnan poikkeama tasauksen jälkeen	± 50 mm	Takymetri
Paalujen kantavuus	Suunnitelma	PDA- mittaus

### 7.1.6 Kiskojen katkaisu

Kiskot katkaistaan valmiiksi siirtoa edeltävällä viikolla ja kiskoihin asennetaan jatkosholkki, jotta liikennekatkolla vältytään ylimääräisiltä työvaiheilta.

Liikennekatkossa jatkosholkki poistetaan ja kiskoelementit nostetaan sivuun.



### 7.1.7 Tunkkien asennus ja koetunkkaus

Valmiiksi valetun sillan alla olevista U-siirtoratapalkeista leikataan ylimääräiset palat pois ja siirtotunkit asennetaan vahvistettuihin heb400-siirtoratapalkkeihin. Sillan reunaan siirtoratapalkkien kohdalle tehdään tuki, johon työntötunkit tulevat kiinni.

Koska Kannuksen alikulkusilta oli normaalia raskaampi rautatiesilta, asennettiin myös sillan toiselle puolelle siirtotunkit. Siirtotunkeille rakennettiin omat pedit, jotta lisätunkit voidaan asentaa vetämään siltaa samaan aikaan, kun toisen puolen siirtotunkit työntävät. Hydrauliset siirtotunkit asennettiin siirtoa edeltävällä viikolla. Samalla hydraulikkayksikkö nostettiin sillan kannelle ja varmistettiin siirtotunkkien toimivuus. Tämän jälkeen suoritettiin sillan koetunkkaus, jonka tarkoituksena on varmistaa sillan liikkeelle lähtö, jotta sillan siirto onnistuu seuraavassa liikennekatkossa (kuva 5).



*KUVA 5. Työntötunkkien asennus*



## 7.2 Työvaiheet liikennekatkossa

### 7.2.1 Ajojohtimen maadoitus ja ratarakenteiden purku

Liikennekatkon ensimmäinen työvaihe on aina ajojohtimien maadoitus, jonka suorittaa sähköratatöihin erikoistunut urakoitsija. Jännitteiden poistamisen jälkeen siirtotyöhön valmistautuminen alkaa ratarakenteiden poistolla. Kiskot ja betonipölkkyt nostettiin autonosturilla koko sillan matkalta elementteinä radan sivuun, josta ne on helppo siirtää takaisin paikoilleen, kun silta on siirretty (kuva 6).



*KUVA 6. Ratatelementtien poisto autonosturilla (NAH)*

Ratapenkan purku alkoi välittömästi, kun raide-elementit saatiin siirretty paikoiltaan. Penkan poistoon käytettiin kahta tela-alustaista kaivinkonetta (Kkht) sekä pyöräkuormaajaa (KUP). Myös ratapenkan ja siirrettävän sillan väliin ponteista rakennettu väliaikainen tukiseinä poistettiin kaivinkoneella, jossa oli Movax- pontiniskijä (kuva 7).



*KUVA 7. Ratapenkan poisto kahdella tela-alustaisella kaivinkoneella*

### **7.2.2 Sillan siirto ja nosto**

Vanhan ratapenkan poiston jälkeen aloitetaan sillan sivuttaissiirto. Siirto tapahtui kahdella hydraulisella työntötunkilla, kahdella vetotunkilla ja kahdeksalla pystysuuntaisella nostotunkilla. Kannuksen alikulkusillan siirtomatka oli 15 metriä ja tunkkien työntömatka yhdellä työnöllä noin 50 senttimetriä

Sillan siirtämisen aikana mittamies kertoo sillan kannelta ohjeita sillan suunnasta ja sijainnista siirtoa suorittavalle työryhmälle. Työryhmästä yksi rakennusmies käyttää hydraulikkayksikköä sillan kannella ja jokaisella siirtokiskolla on miehet varmistamassa, että tunkit toimivat ja siirto sujuu ongelmitta (kuva 8).



*KUVA 8. Hydraulinen veto- ja nostotunkki*

### **7.2.3 Sillan laskeminen laakereille sekä laakereiden hitsaus**

Tukien liitos sillan kanteen tehtiin kalottilaakereiden avulla. Sillan siirtotyön onnistumiseksi on erityistä huomiota kiinnitettävä porapaalujen päällä olevien laakereiden ja kannessa olevien vastinlevyjen mittatarkkuuteen ja asennustoleransseihin. Korkotukipoikkeama ei saa olla enempää kuin +/- 2 mm (taulukko 3).

Siirtovaiheen aikana pitää tarkkailla kaikkia laakereita siten, että kaikki laakerit asettuvat mahdollisimman keskeisesti sillan kannen kiinnityslevyjen suhteen. Kun kansi on saatu kohdalleen ja laskettu laakereiden päälle, hitsataan laakerin ylälevy kannen kiinnityslevyyn kiinni.

Kun silta saatiin siirrettyä vaakasuunnassa oikealle paikalleen, piti silta vielä laskea laakereiden päälle. Siltaa nostettiin väliaikaisesti hieman ylemmäksi nostotunkkien avulla, jotta saatiin siirtoradat pois sillan alta. Näin silta saatiin laskettua laakereiden päälle. Kannuksen alikulkusiltaan tuli kalottilaakerit, jotka

oli hitsattu kiinni porapaaluihin jo edellisenä kesänä, jotta hitsattavaa saumaa on liikennekatkossa vähemmän.

#### **7.2.4 Tukiseinien rakentaminen**

Sillan tulopenkereiden luiskien stabiliteettia parannetaan rakentamalla pysyvät tukiseinät sillan päätytukien kohdalle. Tukiseinän pontteina käytetään Larsen 603- tai z-ponttia. Pysyvät tukiseinät rakennetaan liitteen 6 mukaisesti.

#### **7.2.5 Päätyjen täyttö ja siirtymälaattojen asennus**

Kun silta saatiin siirrettyä oikealle paikoilleen, aloitettiin sillan päätyjen täyttö ja siirtymälaattojen asennus. Täyttö suoritettiin kaivinkoneella ja materiaalina käytettiin mursketta, joka täyttää jakavan kerroksen vaatimukset. Murskeen suurin sallittu raekoko saa olla enintään 300 mm. Täytön tiivistykseen käytettiin 5 kN:n tärylätkää, joten kerrospaksuus tiivistyksien välissä oli noin 400 mm.

Siirrettävään rautatiesiltaan siirtymälaatat tulevat aina elementteinä koska tiukka siirtoaikataulu ei mahdollista paikalla valettavia siirtymälaattoja, joten siirtymälaatat valettiin hyvissä ajoin ennen liikennekatkon alkamista valmiiksi elementteiksi. Elementtilaattoja oli yhteensä 8 kappaletta, 4 kappaletta sillan molempiin päihin ja niiden koko oli (5 m x 1 m x 0,355 m). Ennen siirtymälaattaelementtien paikoilleen asentamista betonin tulee saavuttaa vähintään 70 %:n lujuus. Siirtymälaatan ja siltarakenteen väliin asennetaan 2 -kertainen kumibitumikermi.

Siirtymälaattaelementit varusteltiin nostolenkeillä, joista laatat nostettiin paikoilleen autonosturilla. Elementit on syytä varastoida työmaalle siirrettävän sillan läheisyyteen ennen liikennekatkon alkamista siten, että ne ovat helposti saatavilla, kun silta on siirretty paikoilleen.

Siirtymälaattojen tarve johtuu sillan ja siihen liittyvien penkereiden yhtymäkohtiin syntyvistä painumista, jotka ovat junaliikenteelle vaarallisia.

### **7.2.6 Sillan maadoitus**

Sillan ja sillan erillisten rakenteiden maadoittamisella pyritään ehkäisemään suurjännitteisten ratajohtojen vikatilanteissa aiheuttamaa vaaraa ihmisille ja omaisuudelle. (12, s. 19.)

Siltojen maadoitus liitetään paluuvirtakiskoihin vähintään kahdesta kohdasta sähköratasuunnitelman mukaan. Liikenneviraston julkaisun 21/2013 (RATO 5) mukaisesti kaikki kiskoon tapahtuvat maadoitukset tulee tehdä poikkipinta-alaltaan 50 mm<sup>2</sup> mekaanisen kestävyuden vuoksi, jonka sähkönjohtavuuden tulee olla 25 mm<sup>2</sup> kuparia vastaavaa. Sillan maadoitus tarkistetaan resistanssimittauksella, josta laaditaan virallinen pöytäkirja.

### **7.2.7 Kannen pohjasepelöinti, rataelementtien asennus ja radan tuenta**

Kannen pohjasepelöinti aloitetaan heti kun sillalle päästään ajamaan kaivinkoneilla ja pyöräkuormaajilla. Sillalle ajetaan 550 mm raidesepeliä, jonka jälkeen rakenne tiivistetään täryjyrällä. Tiivistyksen jälkeen rataelementit asennetaan takaisin paikoilleen ja rata tuetaan oikeaan asemaan toppakoneella. Rataa tiivistetään ja sepelöidään uudestaan niin monta kertaa, että se saavuttaa alimmat sille vaaditut mittausarvot.

## **8 SILLAN SIIRRON MAHDOLLISIA ONGELMIA JA RISKITEKIJÖITÄ**

Tässä luvussa ja alla olevassa taulukossa on esitetty rautatiesillan siirtomenetelmän potentiaalisten ongelmien analyysi (taulukko 5). Kiireellinen aikataulu luo rautatiesillan siirtotyöhön paljon mahdollisia riskitekijöitä. Siirtotyössä on otettava huomioon ja pystyttävä varmistamaan työntekijöiden työturvallisuus sekä siirtotyön onnistuminen sallitussa aikataulussa. Työntekijöiden perusteellisella perehdyttämisellä, työvaiheiden sekä kalustoresurssien tarkalla suunnittelulla ja valvonnalla voidaan minimoida mahdolliset riskitekijät.

Mahdollisia riskitekijöitä ovat puutteelliset tiedot sillan alla olevasta maaperästä. Jos maaperä on luultua heikompaa tai paalutus on tehty heikosti, saattaa siirrettävä silta painua liian alas sallitusta korkeustasosta. Nämä riskitekijät voidaan ennakoida ja ehkäistä perusteellisella maaperätutkimuksella, jotta voidaan varmistua että siirtoradan paalut ovat saavuttaneet kallion pinnan.

Siirtokaluston ja käytettävien koneiden kestävyys on myös mahdollinen riskitekijä. Tähän riskitekijään on syytä varautua koneiden säännöllisellä tarkastamisella ja huoltamisella sekä varmistaa varakaluston nopea saatavuus kaluston rikkoutuessa.

TAULUKKO 5. Rautatiesillan siirtötöiden potentiaalisten ongelmien analyysi.

<b>POTENTIAALINEN ONGELMA</b>	<b>SEURAUUS</b>	<b>TORJUNTA</b>
Huolimaton siirtoradan rakentaminen.	Siirrettävä silta painuu liian alas sallitusta korkeustasosta.	Perinpohjaiset maaperätutkimukset, jotta voidaan varmistua siitä, että paalut saavuttaa tiiviin maakerroksen tai kallion pinnan.
Kaluston rikkoontuminen.	Aikataulun viivästyminen.	Varmistetaan varakaluston saatavuus.
Paalutus lähellä liikenteellä olevaa raidetta.	Löyhien maakerrosten häiriintyminen paalutustyön aikana → raiteen painuminen.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pohjaolosuhteiden tarkistaminen.</li> <li>2. Paalutukset liikennekatkojen aikana</li> <li>3. Tukemiskoneen käyttö.</li> </ol>
Jännitekatkot ja jännitteen palauttaminen.	Sähköiskut ja vaaratilanteet	Informaatio eri työryhmien välillä.
Työmaa-alueella tapahtuma samanaikaiset konetyöt: paalutus, pontitus, maansiirtotyöt, nostotyöt.	Useiden työkoneiden samanaikainen työskentely aiheuttaa tilan ahtautta → turvaetäisyydet eivät toteudu.	Huolellinen työvaiheiden suunnittelu
Raskaiden esineiden nostot, mm. porapaalut, siirtymäläaattaelementit, ponttiseinät.	Onnettomuus / alle jäämisen riski mikäli nostettava esine kaatuu.	Kiinnitetään huomiota nostotöihin, nostosuunnitelmiin, nostoapulaitteisiin ja varoalueisiin nostotöitä tehdessä.

## 9 SILLAN SIIRRON AIKATAULUTTAMINEN

Siirtotyön eri työvaiheiden täsmällinen aikatauluttaminen on yksi tärkeimmistä asioista onnistuneen siirron takaamiseksi. Taulukkoon 6 on listattu suuntaa antavia työvaiheiden kestoja, joiden pohjalta voidaan laatia tulevalle siirtotyölle aikataulu.

TAULUKKO 6. Siirtoon liittyviä työvaiheita ja niiden kestoja (4, s. 28–31)

<b>Siirron työvaiheet</b>	
<b>Jännitekatko ja raiteen purku</b>	<b>Työvaiheeseen kesto</b>
Jännitekatko	15–30 min
Raiteen poisto elementteinä	60 min
Raiteen poisto (kiskot ja pölkyt erikseen)	120 min
<b>Kaivu</b>	<b>Työvaiheeseen kesto</b>
Kaivinkoneen normaali kaivu ja kuormaus	150 m <sup>3</sup> ltr/h
<b>Perustusten valmistelu</b>	<b>Työvaiheeseen kesto</b>
Teräsputkipaalun katkaisu + leikkauspinnan hionta	30 min/kpl
<b>Betonoitavat rakenteet</b>	<b>Työvaiheeseen kesto</b>
Palkkien raudoitus	30 min/kpl
Palkkien betonointi	30 min/kpl
<b>Hitsattavia rakenteita</b>	<b>Työvaiheeseen kesto</b>
Yksittäinen pienasauma, a=5 mm	4 jm/h
Läpihitsaus, t=10 mm	0,75 jm/h
Läpihitsaus, t=15 mm	0,25 jm/h
<b>Siirtoratojen asennus ja tuenta</b>	<b>Työvaiheeseen kesto</b>
Siirtoradan paalujen katkaisu	18 min/siirtorata jm
Putkipaaluihin tukeutuvien kannattimien asennus	60 min/paalu
Siirtopalkkien asennus	60 min/paalu
<b>Sillan siirto ja asennus</b>	<b>Työvaiheeseen kesto</b>
Sillan siirto	90 min
Lasku tuilleen ja tukireaktioiden säätö	6 min/laakeri
<b>Kannen ja putkipaalun liitos</b>	<b>Työvaiheeseen kesto</b>
Jälkivaluliitos	48 min/paalu
Hitsausliitos	1–4 h/laakeri

(taulukko 6 jatkuu)



(taulukko 6 jatkuu)

<b>Routasuojaustyöt</b>	<b>Työvaiheeseen kesto</b>
Massanvaihto täyttö ja tiivistys	50 m <sup>3</sup> rtr/h/pääty
Lämmöneristelevyn asennus tasauskerroksineen	80 m <sup>2</sup> /h
<b>Siirtymälaattaelementtien asennus</b>	<b>Työvaiheeseen kesto</b>
Elementtien asennus	24 min/kpl
Saumaus ja vesieristys	60 min/pääty
<b>Täyttö ja tiivistystyöt</b>	<b>Työvaiheeseen kesto</b>
Penkereen täyttö ja tiivistys	50 m <sup>3</sup> rtr/h
<b>Raiteen rakentaminen</b>	<b>Työvaiheeseen kesto</b>
Kannen sepelöinti pölkkyjen alapintaan	50 jm/raide/h
Loppusepelöinti	50 jm/raide/h
<b>Raiteiden asennus</b>	<b>Työvaiheeseen kesto</b>
Ratapölkkyt ja kiskot elementtinä	50 jm/raide/h
Ratapölkkyt ja kiskot asennetaan erikseen	25 jm/raide/h
Raiteen tukeminen	50 jm/raide/h
<b>Tukiseinärakenteet</b>	<b>Työvaiheeseen kesto</b>
Teräspontin lyönti (L= n. 6m)	12 min/ tukiseinä jm
Teräspontin lyönti (L= n. 8m)	17 min/ tukiseinä jm
Teräspontin lyönti (L= n. 10m)	24 min/ tukiseinä jm
Teräsponttien pois veto kokonaisuena	15 min/tukiseinä jm
Teräsponttien katkaisu polttoleikkaamalla	24 min/tukiseinä jm

## **10 TURVALLISUUS RAUTATIEYMPÄRISTÖSSÄ**

### **10.1 Liikenneturvallisuus**

Suurin osa junaradalla tehtävistä rakennustöistä tehdään liikennekatkon tai raidevarauksen aikana. Tuona aikana raideliikennettä ei rakennustyömaan kohdalla juurikaan kulje, lukuun ottamatta muita liikennekatkolla tarvittavia työkoneita, kuten kiskopyöräkaivinkonetta tai tukemiskonetta.

Ennen liikennekatkoa tehtävissä töissä saattaa aiheutua liikenneturvallisuuden kannalta vaaratekijöitä, mikäli työvaiheita ei suunnitella ja toteuteta huolellisesti. Siirrettävä silta rakennetaan aina liikennöidyn junaraiteen vieressä, joten kaikki ylimääräinen toiminta tulee välttää, joka saattaa aiheuttaa vaaratilanteita raideliikenteelle. Suuria riskitekijöitä ovat esimerkiksi kaivantojen ja penkereiden sortumiset, tarpeettomat junaradan ylitykset sekä rakennustarvikkeiden ja -materiaalien kantaminen junaraiteiden ylitse.

### **10.2 Työturvallisuus**

Pääurakoitsijan on tehtävä rautatiellä tapahtuvista töistä aina kirjallinen turvallisuussuunnitelma, jossa käsitellään työ- ja rautatieturvallisuutta. Suunnitelma laaditaan Liikenneviraston turvallisuusohjeen mukaisesti ja sillä osoitetaan kuinka otetaan huomioon työturvallisuus, työn riskit sekä rautateillä tapahtuva liikennöinti rakennustöiden aikana. (13, s. 29.)

Rautatieympäristössä työskennellessä suurimmat työturvallisuusriskit ovat sähköradan 25 000 voltin jännite sekä liikennöivä raideliikenne. Sähköradan johtimien ja kääntöorsien ollessa jännitteisiä, on sen läheisyydessä työskennellessä pidettävä aina ohjemääräysten mukainen välimatka johtimiin. Riittävä välimatka on RSU:n suojaetäisyydet (Liite 5), jotta voidaan varmistaa, että työt voidaan tehdä turvallisesti. Myös liikennekatkossa tehtävissä työvaiheissa tulee varmistaa ennen työvaiheen aloittamista, että jännite on

poistettu kyseisen työalueen kohdalta. Suuren jännitteen vuoksi rautateillä työskennellessä on noudatettava äärimmäistä varovaisuutta.

Rautatieympäristössä saavat liikkua ja työskennellä ainoastaan henkilöt, jotka ovat käyneet ratatyöturvallisuuskoulutuksen (Turva). Henkilön pitää myös tuntea ja olla työnantajan perehdyttämä rautateillä olevaan sähköratajärjestelmään. (13, s. 14.)

Työtä tekevien henkilöiden, jotka työskentelevät rautateillä tulee käyttää SFS-EN 471:n tai SFS-EN ISO 20471:n mukaisia CE-merkittyä, 2- tai 3-luokan suojavaatetusta. Oranssia väriä saavat käyttää ainoastaan turvamiestehtäviin määrätyt henkilöt. (13, s. 16.)

### **10.3 Turvallisuuspätevydet**

Rautatieympäristössä työskenteleminen edellyttää työtä tekevältä henkilöltä aina ratatyöturvallisuuspätevyyttä, joka on aina henkilökohtainen. Mikäli henkilö on ollut työtehtävistä poissa yli vuoden, on työnantajan tarjoama perehdyttäminen työtehtäviin riittävä olemassa olevan pätevyyden ylläpitämiseen. Ratatyöturvallisuus- ja turvamiespätevyys on voimassa viisi vuotta. Pätevyudet voidaan perua, mikäli pätevyys on myönnetty Liikenneviraston ohjeiden vastaisesti tai pätevyyden saanut henkilö on omalla toiminnallaan aiheuttanut junaliikenteeseen kohdistuvan onnettomuuden tai vaaratilanteen. (13, s. 33–35.)

#### **10.3.1 Ratatyöturvallisuuspätevyys (Turva)**

Rautatiealueella työskenteleminen, liikkuminen, rautatiejärjestelmän turvallisuuteen tai liikenteenohjaukseen liittyviin laitteisiin sekä rakenteisiin kohdistuviin töihin osallistuminen edellyttää aina ratatyöturvallisuuspätevyyden omaamista. Kyseisen pätevyyden saamiseksi on henkilön hyväksyttävästi suoritettava ratatyöturvallisuuskoulutus. (13, s. 34.)

### **10.3.2 Turvamiespätevyys (T-mies)**

Turvamiespätevyyttä tarvitsee henkilö, joka toimii turvamiehenä tai tieliikenteen ohjaamisessa tasoristeyksissä. Pätevyyden saamiseksi tulee henkilön olla työskennellyt vähintään kolmen kuukauden ajan rautatiealueella ennen koulutuksen alkamista. Edellytyksenä on myös, että henkilöllä on voimassa oleva ratatyöturvallisuuspätevyys ja tasoristeyksessä liikenteenohjaajana toimimisen yhteydessä voimassa oleva Tieturva 1 -pätevyys. (13, s. 34.)

## 11 YHTEENVETO

Tässä työssä kerrottiin Kannuksen keskustassa sijaitsevan siirrettävän alikulkusillan valmistelevia töitä sekä käytiin läpi eri siirron työvaiheita ja mahdollisia riskitekijöitä. Koska siirto suoritettiin liikennekatkossa, on työn suunnittelu ja aikatauluttaminen ensisijaisen tärkeää, sillä siirtoaika on aina rajallinen.

Valmisteleviin työvaiheisiin kuuluvat töiden aikatauluttaminen, suunnitelmien laatiminen, tarvittavien resurssien varaaminen, päällysrakennetöiden suorittaminen sekä siirron huomioiminen teline- ja muottitöissä. Noin viikkoa ennen liikennekatkoa tehtäviin töihin kuuluvat resurssien arviointi sekä kiviainesten siirtäminen ja siirtymälautojen toimitus siirrettävän sillan läheisyyteen. Ennen varsinaista siirtotyötä on hyvä varmistaa varakaluston saatavuus. Lisäksi liikennekatkon työturvallisuudesta ja vaadittavista resursseista on huolehdittava jo ennen liikennekatkoa.

Työssä olevat tiedot ovat omia kokemuksia siirrosta ja esimiehiltä kerättyä tietoa. Lisäksi työvaiheiden sisältöjä ja määräyksiä selvitettiin pääasiassa Liikenneviraston sekä Ratahallintokeskuksen ohjeista.

Omasta mielestäni työ on onnistunut ja pystyn hyödyntämään aikaisempaa kokemustani myös tulevaisuudessa rautatiesillan siirtoja valmistellessa. Tämän työn ohjeita noudattamalla rautatiesillan siirtotyö tulee suoritettua vaatimusten mukaisesti ja sallitussa aikataulussa.

1. Pitkänen, Maija 2011. Liikennehaitan minimointi tiesiltahankkeissa sillansiirtomenetelmällä. Liikenteen suunta 2/2011. Saatavissa: [http://www.liikennevirasto.fi/documents/20473/72237/2011\\_2.pdf/2fe2c165-9a5d-4701-a17c-8e7eb401605d](http://www.liikennevirasto.fi/documents/20473/72237/2011_2.pdf/2fe2c165-9a5d-4701-a17c-8e7eb401605d). Hakupäivä 3.11.2015.
2. Liikenneviraston tilastoja 5/2016. 2016. Liikenneviraston sillat 1.1.2016. Helsinki: Liikennevirasto. Saatavissa: [http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf8/lti\\_2016-05\\_liikenneviraston\\_sillat\\_web.pdf](http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf8/lti_2016-05_liikenneviraston_sillat_web.pdf). Hakupäivä: 1.8.2016.
3. Liikenneviraston ohjeita 43/2013. 2013. Ratatekniset ohjeet (RATO) osa 8 Rautatiesillat. Helsinki: Liikennevirasto. Saatavissa: [http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lo\\_2013-43\\_rato8\\_web.pdf](http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lo_2013-43_rato8_web.pdf). Hakupäivä: 30.11.2015.
4. Rautatiesiltojen suunnitteluohje RSO. 1999. Osa 5 Sillan rakentaminen liikennöidylle raiteelle. Ratahallintokeskus. Saatavissa: [http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf4/rso\\_5.pdf](http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf4/rso_5.pdf). Hakupäivä: 30.11.2015.
5. Liikenneviraston ohjeita 15/2015. 2015. 20 m:n apusilta AS 20 – 1...4 ja 5...18 Asennusohje. Helsinki: Liikennevirasto. Saatavissa: [http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf8/lo\\_2015-15\\_20m\\_apusilta\\_web.pdf](http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf8/lo_2015-15_20m_apusilta_web.pdf). Hakupäivä: 3.11.2015.
6. Finnmap Consulting, 2014, Helsinki
7. Infra Ryl 42001.4.3 Työvaiheen laatusuunnitelma. Saatavissa: [https://www-rakennustieto-fi.ezp.oamk.fi:2047/infraryl/extra/teknisetvaatimukset.html.stx?id=TL42001id1633632\\_2009\\_2](https://www-rakennustieto-fi.ezp.oamk.fi:2047/infraryl/extra/teknisetvaatimukset.html.stx?id=TL42001id1633632_2009_2). Hakupäivä: 29.8.2016.
8. Infra Ryl 42001.8.3 Työturvallisuus. Saatavissa: <https://www-rakennustieto->

[fi.ezp.oamk.fi:2047/infraryl/extra/teknisetvaatimukset.html.stx?id=TL42001id1573391](http://fi.ezp.oamk.fi:2047/infraryl/extra/teknisetvaatimukset.html.stx?id=TL42001id1573391) 2009 2. Hakupäivä: 29.8.2016.

9. Ratu C2-0299. 2007. Rakennustyömaan aluesuunnittelu. Helsinki: Rakennustieto Oy. Saatavissa: <https://www-rakennustieto-fi.ezp.oamk.fi:2047/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.5gv06pziY%3AC1-100195/R0299.pdf>. Hakupäivä: 29.8.2016.
10. Infra Ryl 2010. Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset. Osa 1 Väylät ja alueet. Helsinki: Rakennustieto Oy.
11. InfraRYL 2006. Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset. Osa 3 Sillat ja rakennustekniset osat. Helsinki: Rakennustieto Oy.
12. Liikenneviraston ohjeita 3/2010. 2010. Rautatiealueelle tulevien kiinteiden laitteiden ja rakenteiden maadoitussuunnittelu. Helsinki: Liikennevirasto. Saatavissa: [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). Hakupäivä: 30.11.2015.
13. Liikenneviraston ohjeita 6/2015. 2016. Radanpidon turvallisuusohjeet (TURO). Helsinki: Liikennevirasto. Saatavissa: [http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf8/lo\\_2015-06\\_turo\\_1.6.2016\\_web.pdf](http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf8/lo_2015-06_turo_1.6.2016_web.pdf). Hakupäivä: 1.8.2016.

## **LIITTEET**

Liite 1 Liikennekatkon aikataulu

Liite 2 Kannuksen alikulkusillan työtapapiirustus

Liite 3 Aukean tilan ulottuma (ATU)

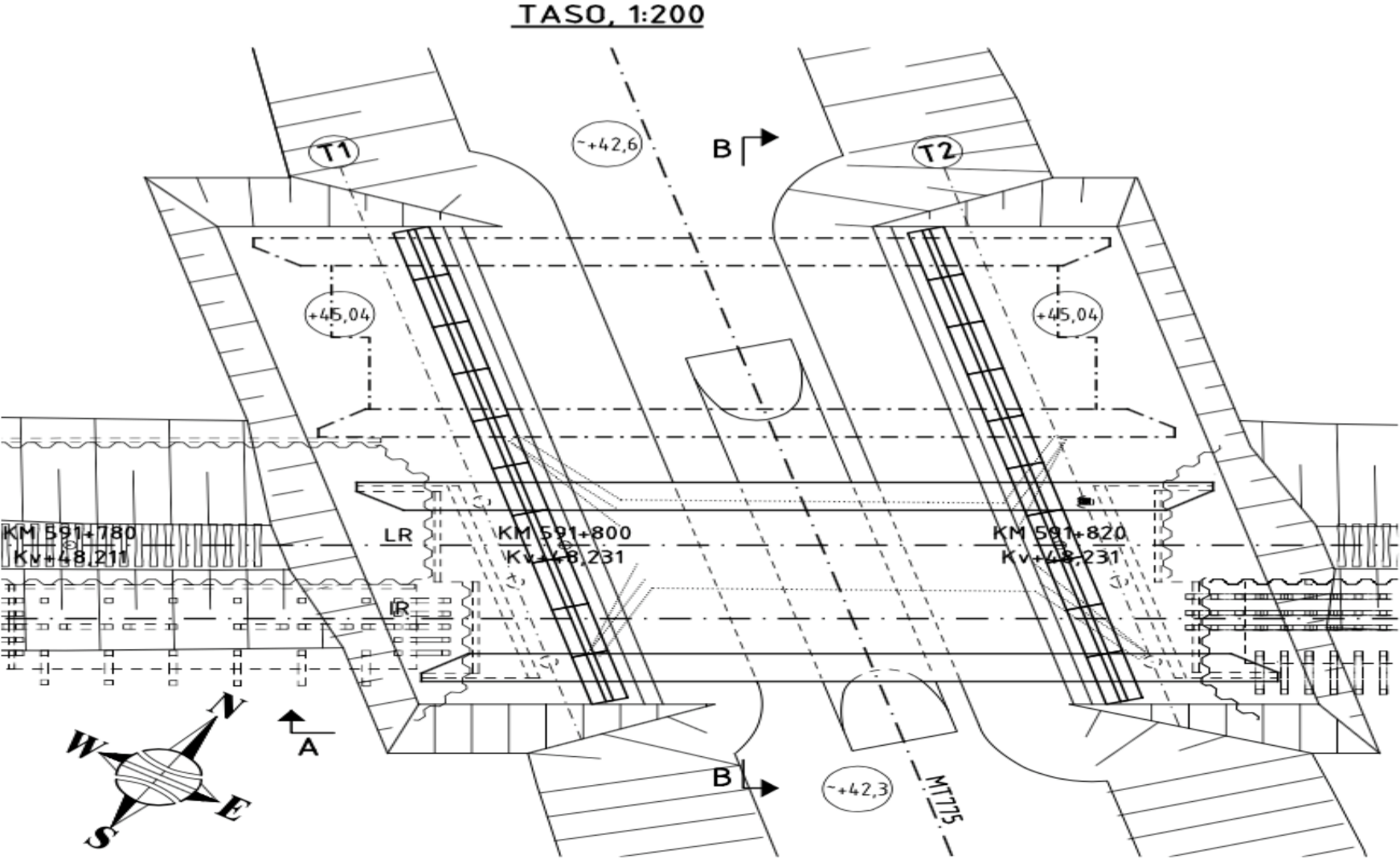
Liite 4 Siirtoradan telinesuunnitelma

Liite 5 Ratatyön suojaulottuma (RSU)

Liite 6 Kannuksen alikulkusillan työmaa-alueen käyttösuunnitelma



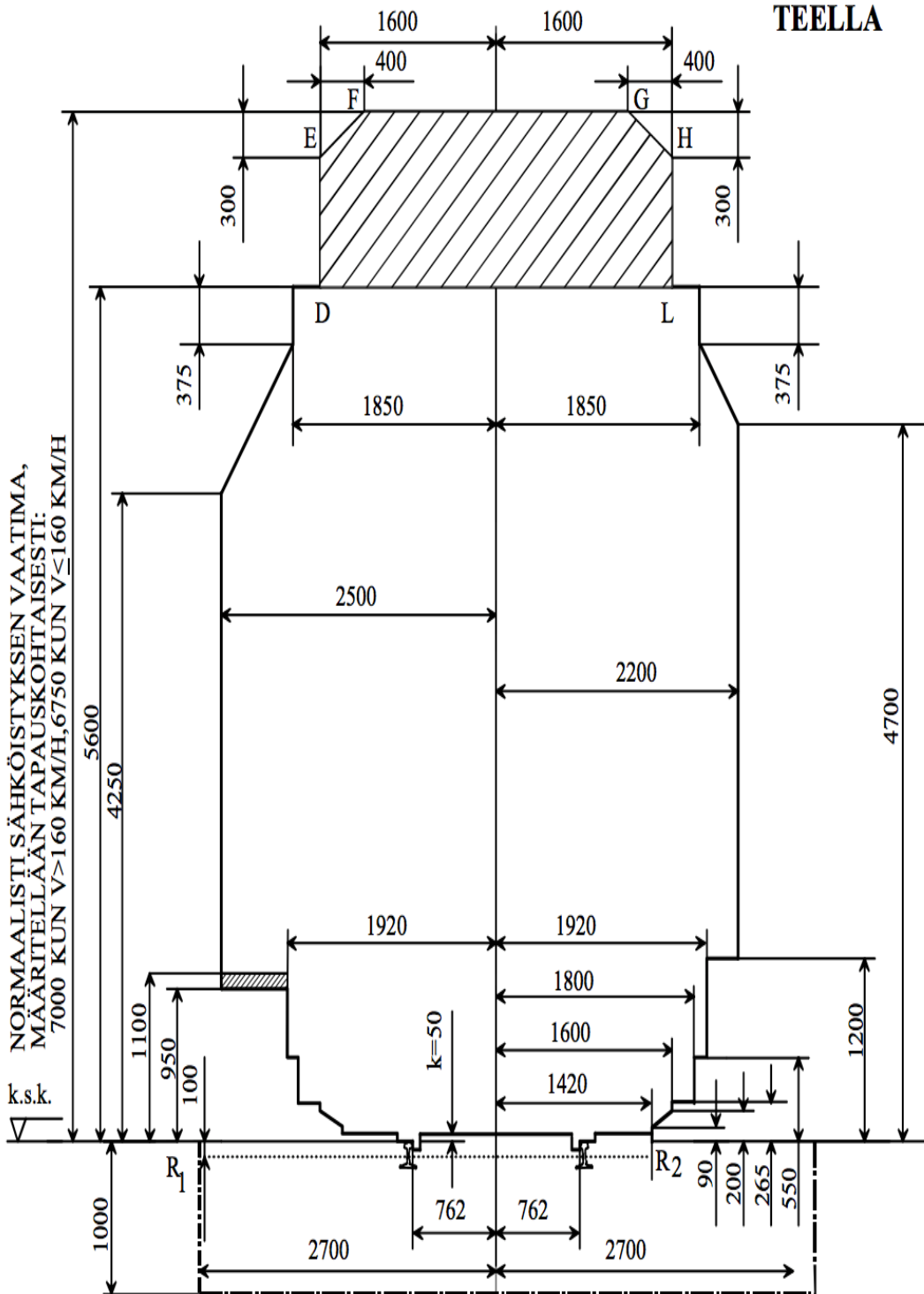




**AUKEAN TILAN ULOTTUMA (ATU)**

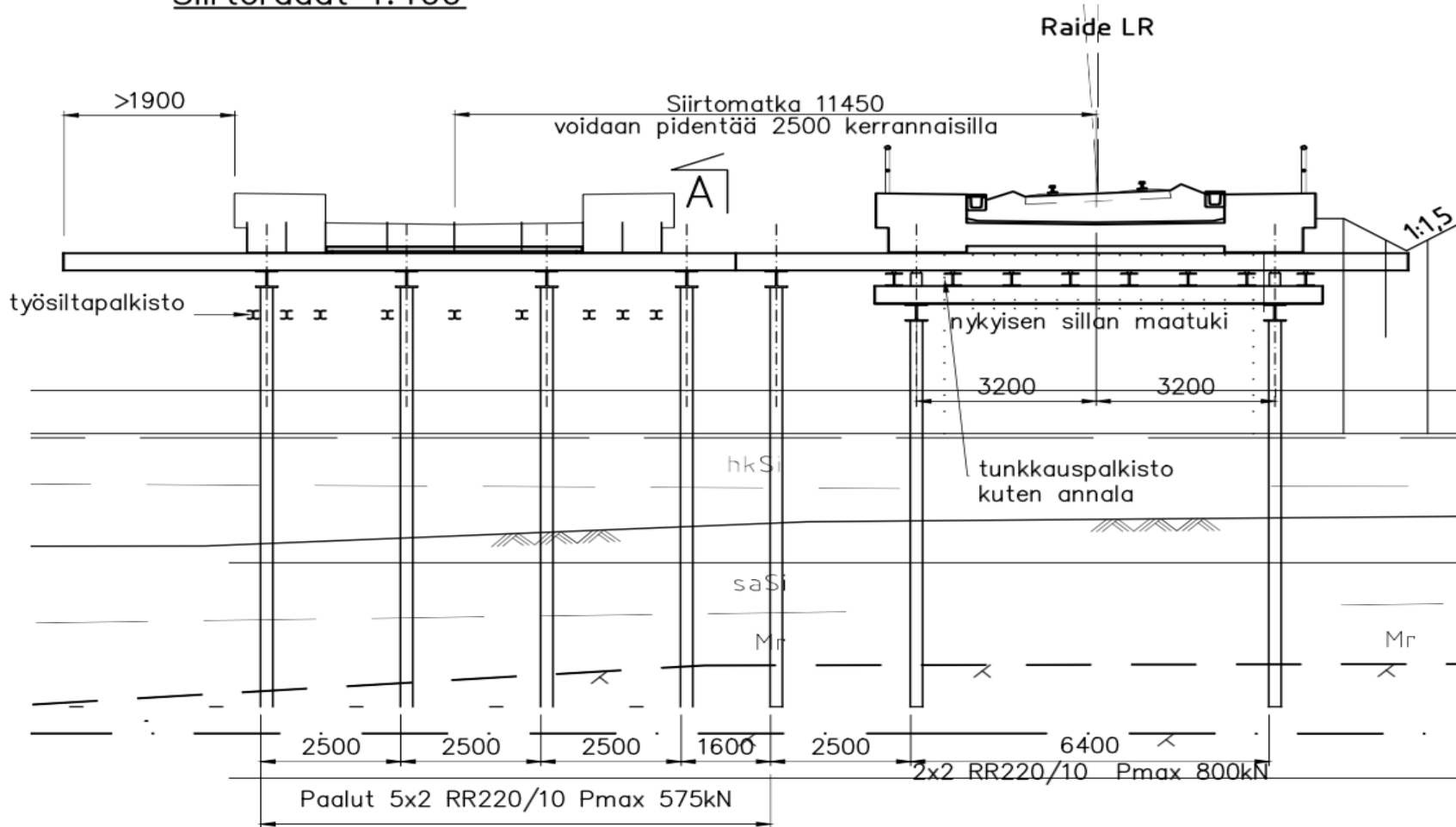
**PÄÄRAITEELLA**

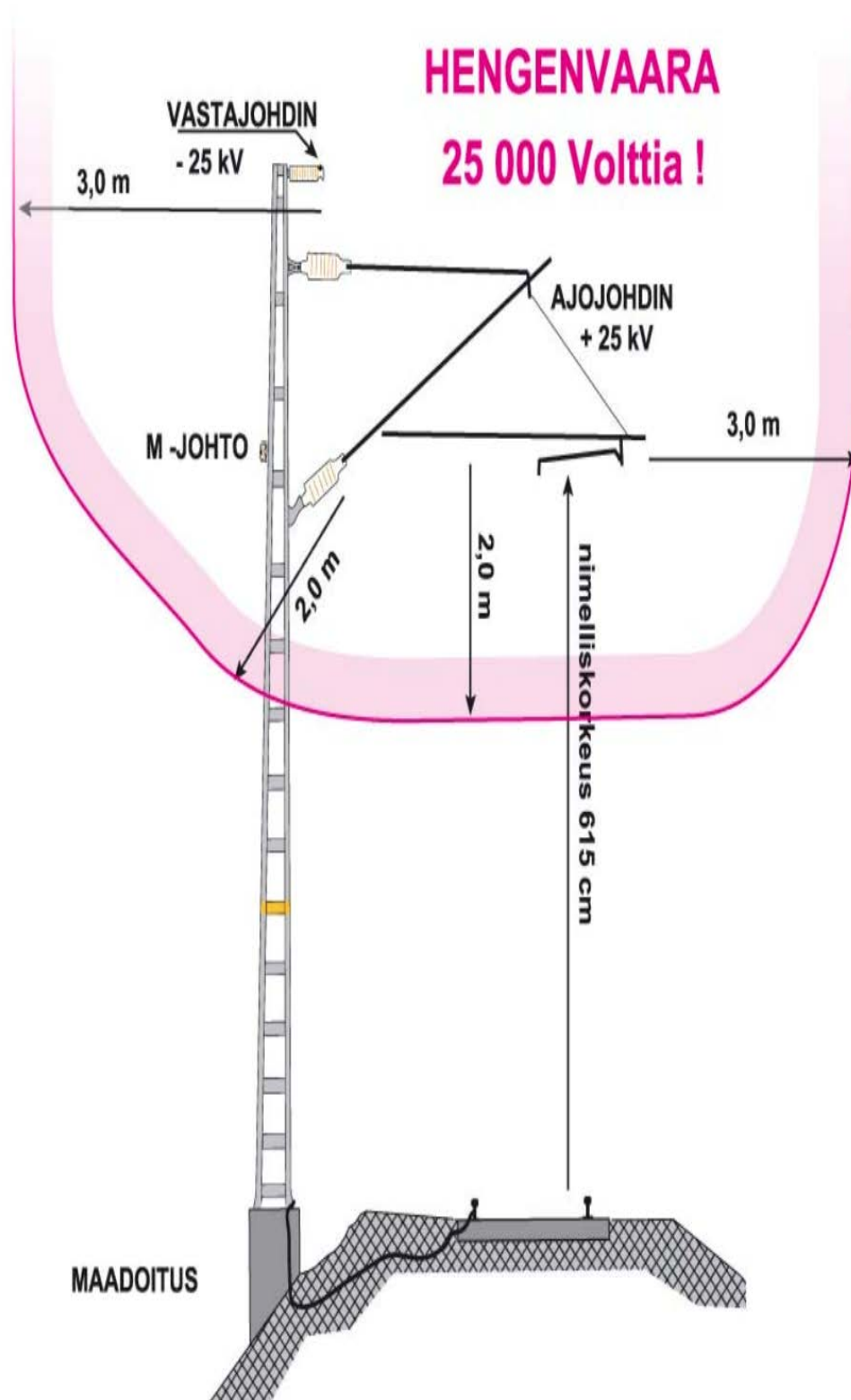
**\*) SIVURAI-  
TEELLA**



NORMAALISTI SÄHKÖISTYKSEN VAATIMA,  
MÄÄRITELLÄÄN TAPAUSKOHTAISESTI:  
7000 KUN V > 160 KM/H, 6750 KUN V ≤ 160 KM/H

Siirtoradat 1:100





### Työmaa-alueen käyttösuunnitelma

