

Saimaan ammattikorkeakoulu
Tekniikka Lappeenranta
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka
Infrarakentaminen

Antti Pekka Ruukonen

Elementtiholvisillan rakentaminen ja työmenetelmät

Opinnäytetyö 2018

Tiivistelmä

Antti Pekka Ruokonen

Elementtiholvisillan rakentaminen ja työmenetelmät, 27 sivua

Saimaan ammattikorkeakoulu

Tekniikka Lappeenranta

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka

Infrarakentaminen

Opinnäytetyö 2018

Ohjaajat: lehtori Jouni Hyvärinen, Saimaan ammattikorkeakoulu, laatupäällikkö

Antti Värri, Graniittirakennus Kallio Oy

Tämän opinnäytetyön aiheena on elementtiholvisillan rakentaminen ja työmenetelmät. Työn tilaajana toimi Graniittirakennus Kallio Oy. Työssä esitellään elementtiholvisillan rakentamisen eri työvaiheet sekä -menetelmät. Työssä pyrittiin kehittämään työmenetelmiä tehokkaammaksi.

Opinnäytetyö toteutettiin kirjallisuustutkimuksena, hyödyntäen samalla kokemuseräistä tietoa työmaalta. Työn lähdemateriaaleina käytettiin Liikenneviraston julkaisuja teräsputkisillan suunnittelusta sekä toteutuksesta. Työ perustuu Vt 1 parantaminen välillä Nihtisilta - Tuomarila -hankkeessa rakennettuun Jondalin alikulkukäytävään.

Työn tuloksena on kirjallinen raportti, jossa käydään läpi elementtiholvisillan rakentaminen työvaiheineen sekä laadunvarmistus. Lopussa pohditaan, mitä olisi voitu tehdä toisin, jotta työssä olisi voitu saada aikataulu-, materiaali- ja resurssisäästöjä.

Asiasanat: elementtiholvisilta, rakentaminen, työmenetelmä

Abstract

Antti Pekka Ruokonen

Construction of elementary arch bridge and working methods, 27 pages

Saimaa University of Applied Sciences

Technology Lappeenranta

Degree Programme in Construction Engineering

Civil engineering

Bachelor's Thesis 2018

Instructors: Mr Jouni Hyvärinen, lecturer, Saimaa University of Applied sciences, Mr Antti Värri, Quality manager of Graniittirakennus Kallio Oy

The subject of this thesis is the construction of an elementary arch bridge and work methods. The contractor was Graniittirakennus Kallio Oy. Thesis presents various stages and methods of building the elementary arch bridge.

Aim of the thesis was to develop work methods more efficiently. The thesis was carried out as a literature study, utilizing experimental information on the site. The sources of the work were the Liikennevirasto's publications on the design and implementation of the steel pipeline bridge. The work based on the Vt 1 improvement between Nihtisilta - Tuomarila in the projected jondal underpass corridor.

The result is a written report, which will review the construction of elementary arch bridge's stages of work and quality assurance. In addition, what could have been done differently.

Sisällys

1	Johdanto.....	5
2	Putkisillat ja elementtiholvisillat.....	6
2.1	Kierresaumattu teräsputki.....	7
2.2	Monilevyrakenteinen teräsputki.....	7
2.3	Elementtiholvisilta.....	9
3	Elementtiholvisillan rakentaminen.....	11
3.1	Perustaminen.....	11
3.2	Betonianturoiden ja teräskaarien asentaminen.....	11
3.3	Jälkivalu ja viimeistelytyöt.....	12
3.4	Ympäristäytöt.....	12
4	Laadunvarmistus.....	13
4.1	Kaivutyöt.....	13
4.2	Täytöt.....	13
4.3	Betonirakenteet.....	14
4.4	Levymateriaalit ja ruuvit.....	14
4.5	Metalliset pinnoitteet.....	14
5	Case: Vt 1 lisäkaistat Kehä 2 - Tuomarila.....	15
5.1	Urakan esittely.....	15
5.2	Kohteen liikennejärjestelyt.....	16
5.3	Kaivutyöt ja asennusalustan rakentaminen.....	17
5.4	Perustuksien ja teräskaaren asentaminen.....	20
5.5	Täyttötyöt.....	22
5.6	Viimeistelytyöt.....	24
5.6.1	Betonianturoiden ja teräskaaren kolhujen korjaus.....	24
5.6.2	Kenttäkiviverhous.....	25
5.6.3	Kaiteiden asennus.....	25
6	Yhteenveto ja pohdinta.....	26
6.1	Yhteenveto.....	26
6.2	Pohdinta.....	27
	Lähteet.....	28

1 Johdanto

Tässä opinnäytetyössä perehdytään teräsputki- ja elementtiholvisiltojen rakentamiseen sekä niihin liittyvään laadunvarmistukseen. Työssä perehdytään Viaconin elementtiholvisiltojen työohjeiden työmenetelmiin ja verrataan niitä työmaalla käytettyihin menetelmiin sekä pohditaan, mitä kustannus-, aikataulu- ja resurssiasäätöjä saatiin näillä menetelmillä. Opinnäytetyön referenssikohteena käytetään Graniittirakennus Kallio Oy:n työmaalla rakennettua elementtiholvisiltaa. Työn tavoitteena on saada tilaajan työmaalle elementtiholvisillan rakentamiseen tarvittavat työ- ja laatusuunnitelmat.

Opinnäytetyö tehdään yhdessä Graniittirakennus Kallio Oy:n eli GRK:n kanssa. GRK on infrarakentamiseen erikoistunut yritys, joka työllistää Suomessa noin 200 henkilöä. GRK:n tytär- ja osakkuusyrityksiin kuuluvat Virossa vuodesta 2014 lähtien toiminut GRK Infra As, Ruotsin markkinoihin keskittyvä GRK Infra AB sekä vuonna 2017 perustettu radanrakentamiseen Suomessa erikoistunut Winco Oy.

2 Putkisillat ja elementtiholvisillat

Putkisilta on maahan upotettu ja aallotettu, teräsputki tai holvi, joka toimii yhteisvaikutuksessa maan kanssa siltana. Teräsholvisilta luetaan putkisillaksi erilaisesta rakenteestaan huolimatta. Teräsputken kantavuus perustuu putken ja ympäröivän maan yhteisvaikutukseen. Putkisillan jännemitta on vähintään kaksi metriä. Alle kahden metrin jännemitan putkia ei lasketa silloiksi vaan rummuiksi. Putkisiltojen ja elementtiholvisiltojen käyttökohteita on useita, sillä ne toimivat rautatiesiltana, alikulkukäytävänä, vesistösiltoina sekä risteyssiltana. Siltapaikan pohjamaan mukaan valitaan myös oikea perustamistapa. Erilaisia perustamistapoja ovat arinan, vahvistetun arinan, paalulaatan tai stabiloinnin varaan rakennettava silta. (Liikennevirasto 2014; Liikennevirasto 2016.)

Putken kokoon, muotoon ja rakennetyyppiin liittyvät valinnat tehdään rakennuspaikan olosuhteiden ja rakenteellisen mitoituksen perusteella eri vaihtoehtoja vertaillen. Vertailussa otetaan huomioon putkisillan käyttötarkoitus, ulkonäkö, hydraulinen mitoitus, pengerkorkeus, pohjaolosuhteet, veden ja maan laatu sekä kustannukset. Teräsputkisillat jaetaan rakenteeltaan kahteen eri tyyppiin: aallotettuihin ja monilevyrakenteisiin teräsputkisiltoihin. Aallotettu putkisilta toimitetaan työmaalle kokonaisuutena ja monilevyrakenteinen teräsputki voidaan koota paikan päällä. (Liikennevirasto 2014; Liikennevirasto 2016.)

2.1 Kierresaumattu teräsputki

Kierresaumattu teräsputki (kuva 1) on teräsnauhasta hitsaamalla tai saumamalla valmistettu rakenne. Yleensä kierresaumattua putkea käytetään luontopuilla tai eläimiä varten rakennettaviin alikulkutunneleihin, joissa ei tarvita koneellista kunnossapitoa. (Viacon.)



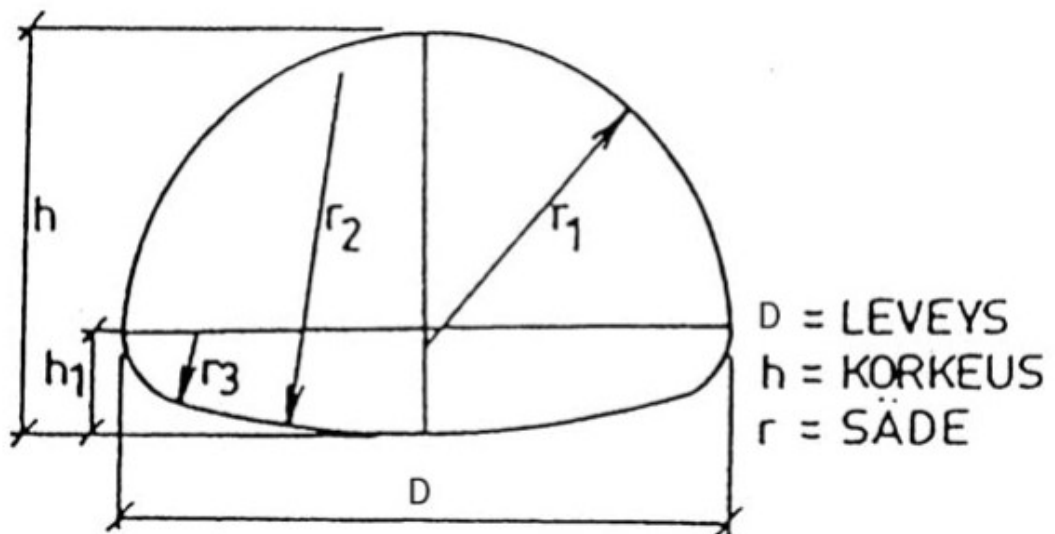
Kuva 1. Kierresaumattu teräsputki (Viacon 2017)

2.2 Monilevyrakenteinen teräsputki

Monilevyrakenteinen teräsputki on valmistettu aallotetuista teräslevyistä kokoomalla. Aallotetut teräsputket jaetaan vielä luokittain muotonsa mukaan. Putken muodon valintaan vaikuttavat haluttu korkeus, leveys sekä peitesyvyys. (Liikennevirasto 2014.)

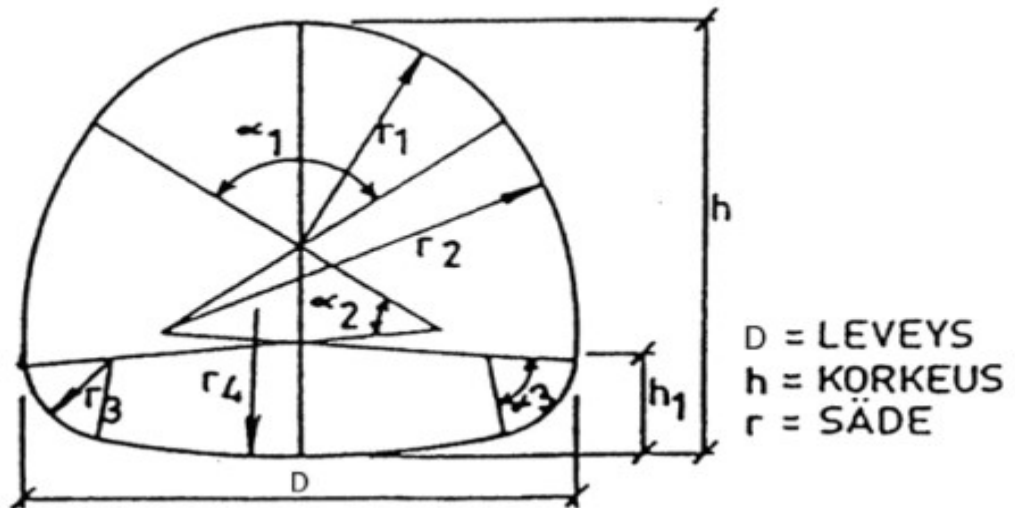
Pyöreää putkiprofiilia käytetään yleensä rautatie- ja vesistösiltoina sekä ulkoilua ja maataloutta palvelemaan tarkoitukseen. Pyöreän putken kanssa samat käyttökohteet ovat myös elliptisellä putkella, joka voi olla vaakaelliptinen tai pystyelliptinen. (Liikennevirasto 2014.)

Matalarakenteinen putki (kuva 2) soveltuu alikulkukäytäviin sekä matalan penke-reen alla oleviin vesistösiltoihin. Matalarakenteisen putken etuna on, että se voi johtaa puolet enemmän vettä kuin samalle syvyydelle perustettu pyöreä putki. Matalarakenteisen putken käyttöä tosin rajoittaa sen alanurkkien kohdalle syn-tyvä suuri pohjarasitus, mikä asettaa erityisiä vaatimuksia pohjamaan kantavuu-delle. Matalarakenteisen putken sijaan voidaan käyttää vierekkäisiä putkia. (Liikennevirasto 2014)



Kuva 2. Matalarakenteinen putkisilta (Liikennevirasto 2014)

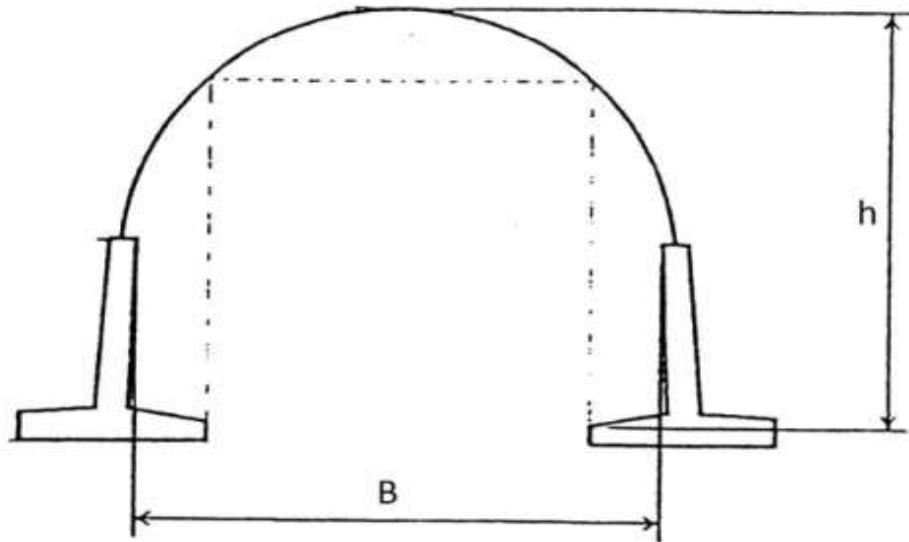
Alikulkukäytävätyyppejä käytetään nimensä mukaisesti pääasiassa alikulkukäytävänä (kuva 3). Kun tarvitaan suurta alikulkukorkeutta, ovat vaihtoehtoina alikul-
kukäytävä- tai elliptinen muoto. Elliptisiä putkia on kahdenlaisia: vaakaelliptinen ja pystyelliptinen. (Liikennevirasto 2014.)



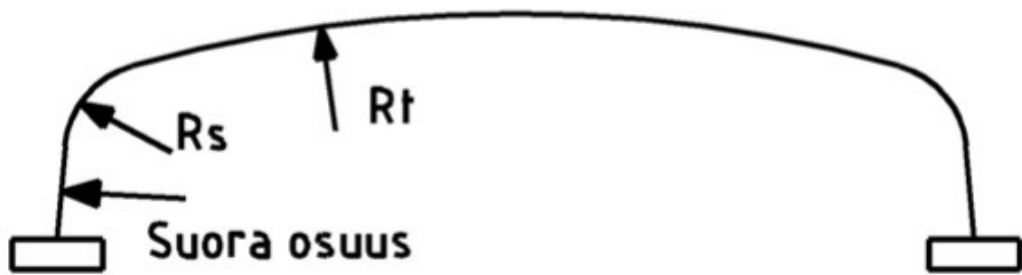
Kuva 3. Alikulkukäytävätyyppinen putkisilta (Liikennevirasto 2014)

2.3 Elementtiholvisilta

Elementtiholvisilta on betonianturoilla ja teräskaarilla yhdistetty rakenne (kuva 4). Perustukset ovat tyypillisesti betonisia, mutta niitä on mahdollista tehdä myös teräksestä. Teräsholvisillan käyttökohteena on kantavalle maapohjalle rakennettavat alikulkukäytävät ja vesistösilat. Jos elementtiholvisiltaa käytetään vesistösilana, jää uoman pohja tällöin maapohjaiseksi. Elementtiholvisillasta on myös suurten jännevälien Box culvert-silta, jossa kaaren alimmat osat ovat suorina (kuva 5). Box culvert-siltojen avulla on mahdollisuus saavuttaa suurempia jännevälejä ilman kaaren korkeuden kasvattamista. Suuremman jännevälin avulla siltatyypin kelpaa myös risteysillaksi. (Liikennevirasto 2014.)



Kuva 4. Betonielementtiperusteinen teräsholvisilta (Liikennevirasto 2014)



Kuva 5. Box culvert-mallinen teräsholvisilta (Liikennevirasto 2014)

3 Elementtiholvisillan rakentaminen

3.1 Perustaminen

Kun elementtiholvisilta perustetaan kalliolle, on rakennettava sora-arina, jonka paksuus on 300 mm elementin pohjasta alaspäin. Tällöin perustus on kokonaan maanvarainen. Mikäli tehdään paikallavaletut anturat, on betoni valettava kallioon ja liikuntasaumot tehtävä vähintään 10 metrin välein. Tällöin perustus on kallionvarainen. (Viacon 2014.)

Pehmeikölle perustettaessa voidaan pohjamaa stabiloida tai paaluttaa niin, että anturat ovat pilareiden tai paalujen varassa. Routimattomalle pohjamaalle perustettaessa tehdään 200 mm paksuinen sora-arina. Jos pohjamaa on soraa tai arinan vaatimukset täyttävää hiekkaa, voidaan perustaminen tehdä tiivistetyn pohjamaan päälle. Routivalle kitkamaalle tehdään vähintään 500 mm paksuinen tiivistetty sora-arina. Arinan lisäksi perustus on routasuojattava. Routasuojaus tehdään routaeristämällä tai massanvaihdoilla routarajan alapuolelle. (Viacon 2014.)

Betonianturoiden asentaminen on huomattavasti helpompaa, kun pohjat ovat tasaniset. Viimeiseksi kerrokseksi suositellaankin laitettavaksi noin 3 – 4 cm taseus-hiekkakerros, jonka epätasaisuus on 5 mm 5 m:n matkalla (Viacon 2014).

3.2 Betonianturoiden ja teräskaarien asentaminen

Ensimmäisenä nostetaan toisen puolen betonianturat paikalleen suoraan linjaan. Anturoiden nostopisteet ovat takasivulla. Anturoiden väliin jätetään noin 15 mm liikuntasauva. Anturat kiinnitetään toisiinsa metallilevyillä heti asentamisen jälkeen. Tämän jälkeen nostetaan toisen puolen anturat suoraan linjaan yhdensuuntaisesti ensimmäisen linjan kanssa. (Viacon 2014.)

Teräskaarielementit nostetaan betonianturoiden päälle tehtaan merkitsemässä järjestyksessä. Kaariosia nostettaessa kaaren reunat kannattaa pitää eri tasossa, jotta asentaminen olisi helpompaa. Teräskaarielementtiä voidaan kammata kaaren reunasta, jotta se asettuu paremmin betonianturassa olevaan uraan. (Viacon 2014.)

3.3 Jälkivalu ja viimeistelytyöt

Teräskaarielementit kiinnitetään betonianturoihin valamalla anturoiden asennusuraan juotosbetonivalu. Juotosbetonivalu tasoitetaan anturoissa olevan uran yläpintaan. Tehtäessä töitä talviaikaan on mahdolliset pakkasolosuhteet huomioitava. Betonianturoiden väliset liikuntasaumamat täytetään lopuksi saumanauhoilla ja viimeistellään pintaelastisella kitillä. (Viacon 2014.)

Rautatiesilloissa teräskaaret ja anturat maadoitetaan sähköradoilla. Maadoitus kiinnitetään teräskaarien ja anturoihin asennettuihin kiinnitysrautoihin. Maadoituksesta on mahdollista saada valmis tyyppikuva. (Viacon 2014.)

3.4 Ympäristäytöt

Kaarielementtien päälle asennetaan suodatinkangas. Ennen kuin täyttötöitä käydään tekemään, betonianturoiden väliin tulee laittaa vaakatuot. Vaakatuot voivat olla puiset tai metalliset. (Viacon 2014.)

Täyttömaa ei saa sisältää halkaisijaltaan yli 65 mm kiviä. Täyttö tehdään noin 300 mm kerroksina vuorotellen molemmin puolin teräskaarta. Kerros tiivistetään huolellisesti ennen uuden kerroksen tekemistä. Täytön pinta tehdään hieman teräskaaaresta poispäin kallistavaksi, jotta vältetään tärylevyn tekemät jäljet teräskaareen. (Viacon 2014.)

Holvisilta voidaan rakentaa myös ilman kiertotietä, jolloin vanha tie kaivetaan noin 2/3 osalta auki ja rakennetaan 1/2 holvisillasta. Tämän jälkeen tehdään täyttötöyt ja liikenne otetaan rakennetun holvisillan päälle sekä rakennetaan rakentamatta jäänyt osa holvisillasta. (Viacon 2014.)

4 Laadunvarmistus

4.1 Kaivutyöt

Kaivutyö ja kaivannon tukeminen on tehtävä huolellisesti kaivantosuunnitelman mukaan siten, että kaivannon pohjan ja ympärillä olevan maan häiriintyminen jää mahdollisimman vähäiseksi. Tukiseinän tulee yltää tiiviiseen maahan asti ja yläpäästään sen on yletyttävä 0,3 metriä ympäröivää maanpintaa korkeammalle. Työn aikana on tarkkailtava seinärakenteen liikkeitä. Mikäli työssä syntyy pidempiaikainen tauko, tukiseinät on tarkistettava ja tarpeen mukaan korjattava ja vahvistettava ennen töiden jatkamista. (Rakennustieto 2018.)

Kun kaivetaan avokaivannossa, kaivanto on luiskattava suunnitelmien mukaisesti siten, ettei työn toteutusta ja olemassa olevia rakenteita vaaranneta, eikä työstä aiheudu haittaa ulkopuolisille. Kaivumassojen läjitys on suoritettava siten, ettei siitä aiheudu sortumisvaaraa. Maapohja ei saa löytyä perustamistasossa tai sen alapuolella. (Rakennustieto 2018.)

4.2 Täytöt

Maanvaraisen perustuksen alla tulee käyttää materiaalina suhteistunutta, jakaavan tai kantavan kerroksen vaatimukset täyttävää soraa tai mursketta. Täyttömateriaalissa ei saa olla halkaisijaltaan yli 63 mm kiviä. Täyttömateriaalin levitys ja tiivistys tehdään koko alueen laajuisina kerroksina. Mikäli pohjamaa on häiriintymisherkkää, niin alimman kerroksen tiivistämistä on vältettävä, jotta vältytään pohjan häiriintymiseltä. Betonisia perustuselementtejä vastaan laitetaan 0,5 metrin suojakerros sorasta tai murskeesta, jonka raekoko on alle 63 mm. Tiivistystöitä tehtäessä materiaali kastellaan lähelle optimivesipitoisuutta. (Rakennustieto 2018.)

Betonisten perustusten alapuolelle tehtävän täytön tiivistyksen kerrospaksuudet ja jyräskerrat määritetään työn alussa koejyräyksellä. Saavutettu tiivisyaste mitataan levykuormituskokeella ja täyttö rakennetaan koejyräyksessä määritetyillä kerrospaksuuksilla ja ylityskerroilla. Levykuormituskokeen E2 on oltava vähintään 175 MN/m^2 ja suhteen $E2/E1 < 2,2$. (Rakennustieto 2018).

Ennen teräsputken asennusta tulee alustäytön tasaisuus tarkistaa. Asennusalustan tasaisuusvaatimus on 30 mm 5 m:n matkalla. Betoniperusteisen teräsholvin elementtirakenteiset perustukset asennetaan tasaushiekkakerroksen päälle. Tasaushiekkakerroksen suurin sallittu paksuus on 50 mm. Asennusalustan tasaisuusvaatimus on 5 mm 5 m:n matkalla. (Liikennevirasto 2016.)

4.3 Betonirakenteet

Betonisissa siltarakenteissa, kuten elementtiholvisillan anturoissa käytetyn betonin lujuusluokan sekä P-luvun ja betonipeitteisyysvaatimukset määritetään Betonirakenteen suunnitteluohjeen NCCI2 mukaan. Tehtaalla valmistettavat betonielementit pitää CE-merkitä, mikäli rakennusosa kuuluu harmonisoidun tuotestandardin piiriin. Elementtiholvisillan perustuselementtien toteutuksessa noudatetaan standardia SFS-EN 13670 viitestandardeineen. (Liikennevirasto 2016.)

4.4 Levymateriaalit ja ruuvit

Monilevyrakenteisen teräsputkisillan levymateriaalin pitää täyttää standardin SFS-EN 10025 Kuumavalssatut rakenneteräkset tai SFS-EN 10149 Kuumavalssatut lujat kylmämuovattavat teräslevytuotteet vaatimukset (Liikennevirasto 2016).

Kierresaumatun teräsputkisillan levymateriaalien pitää täyttää standardin SFS-EN 10346 Jatkuvatoimisella kuumaopetusmenetelmällä pinnoitetut ohutlevyrakenneteräkset, Tekniset toimitusehdot vaatimukset (Liikennevirasto 2016).

Putkisiltarakenteessa käytettävien ruuvien on oltava vähintään lujuusluokan 8.8 ruuveja sekä vastaavan lujuusluokan muttereita (Liikennevirasto 2016.)

4.5 Metalliset pinnoitteet

Monilevyrakenteisen teräsputkisillan kuumasinkityksen tulee täyttää standardin SFS-EN ISO 1461 Valurauta- ja teräskappaleiden kuumasinkkipinnoitteet, spesifikaatiot ja testausmenetelmät. Standardissa määritetään keskimääräinen kerrospaksuus ja paikallinen vähimmäispaksuus. (Liikennevirasto 2016). Taulukossa 1 on esitelty sinkkikerroksen vähimmäisvaatimukset.

Teräksen ainevahvuus (t_y)	Keskimääräinen kerrospaksuus (minimi) [μm]	Paikallinen kerrospaksuus (minimi) [μm]
$t > 6 \text{ mm}$	85	70
$3 < t \leq 6 \text{ mm}$	70	55
$1,5 \leq t \leq 3 \text{ mm}$	55	45

Taulukko 1. Monilevyrakenteen kuumasinkkipinnoitteen vähimmäispaksuuden vaatimukset (Liikennevirasto 2016)

Kierresaumatun teräsputkirakenteen kuumasinkityksen tulee täyttää standardin SFS-EN 10346 Jatkuvatoimisella kuumaupotusmenetelmällä pinnoitetut ohutlevyrakenneteräokset, Tekniset toimitusehdot vaatimukset. Standardit koskevat sekä sinkki- että alumiinisinkkituotteita. Standardissa määritetään pinnoitteen massa molempien puolien yhteenlaskettuna arvona. (Liikennevirasto 2016.)

Käytettävien ruuvien ja muttereiden pitää olla kuumasinkittyjä ja kerroksen paksuuden on oltava 45 μm . Ruuvit on valittava siten, ettei niiden sinkki pinnoite vaurioidu kiristettäessä. (Liikennevirasto 2016.)

5 Case: Vt 1 lisäkaistat Kehä 2 - Tuomarila

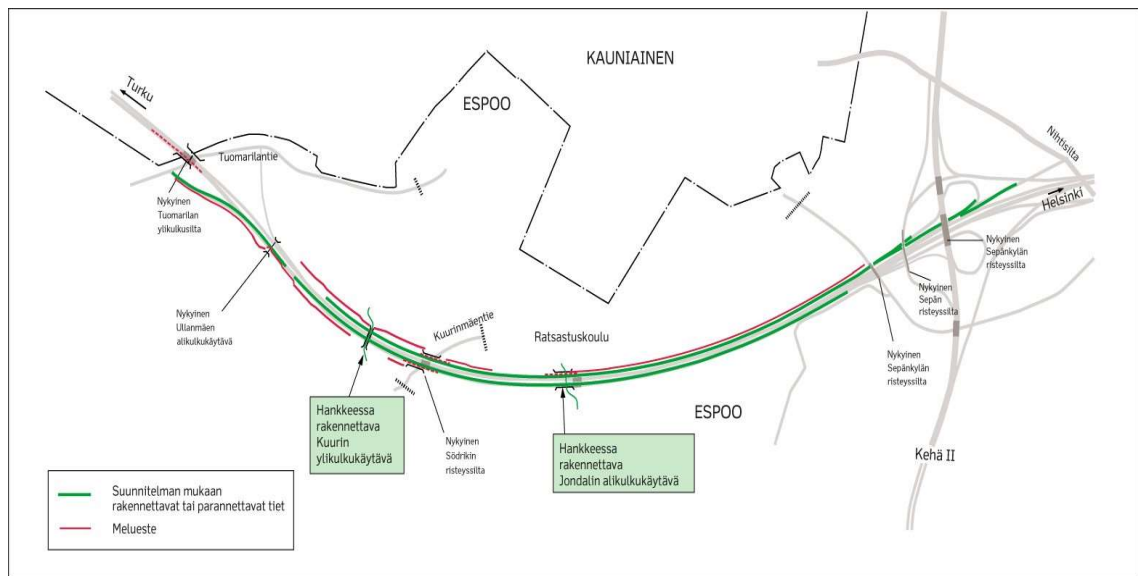
5.1 Urakan esittely

Turunväylä on Turun ja Helsingin seutuja yhdistävän Valtatien 1 osa. Se on yksi vilkkaimmista Helsinkiin johtavista pääväylistä, koska sen keskimääräinen vuorokausiliikenne on noin 60 000 ajoneuvoa/vuorokausi. Alueella väylä on 2+2-kaistainen ja nopeusrajoituksena on 100 km/h. (ELY-keskus 2011-)

Hankkeessa rakennetaan kolmannet kaistat Tuomarilan eritasoliittymän ja Sepänsolmun eritasoliittymän välille. Turunväylälle rakennetaan uusi kevyenliikenteen yhteys Kuurinmäen ja Ullantorpan välille. Nykyinen Jondalin alikulkutunneli puretaan ja tilalle rakennetaan uusi. Lisäksi 3,5 km:n matkalle tien pohjois- ja

eteläpuolelle rakennetaan melusuojausta siten, että lähialueiden asuinrakennusten pihilla ei esiinny yli 60 dB:n melutasoja. (ELY-keskus 2011.)

Jondalin alikulku sijaitsee Turuntiellä noin kilometrin Kehä 2:n rampista Turkuun päin (kuva 6). Hankkeen yhteydessä 1960-luvulla rakennettu teräsbetoninen holvisilta puretaan pois ja tilalle rakennetaan Viaconin elementtiholvisilta. Alikulku palvelee Kauniaisten ja Suurpellon asukkaiden kevyenliikenteen kulkua.



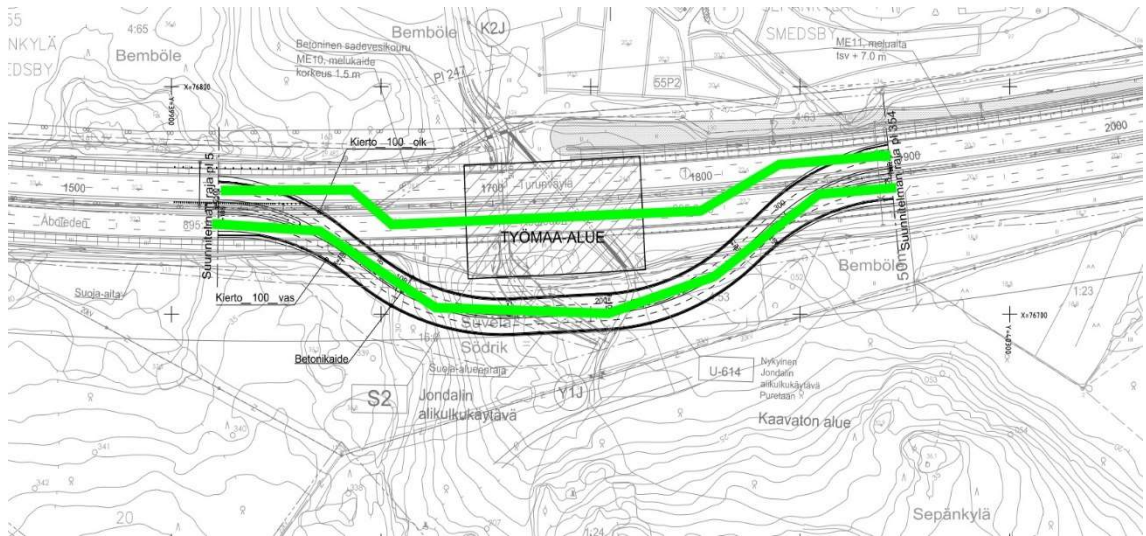
Kuva 6. Jondalin alikulun sijainti (Liikennevirasto)

Silta rakennettiin kahdessa vaiheessa kesän 2018 aikana (4.6. – 4.8.2018). Vaiheessa yksi vanha alikulku purettiin Turkuun päin menevien kaistojen alta ja rakennettiin puolet uudesta alikulusta. Vaiheessa kaksi purettiin loput vanhasta alikulusta ja rakennettiin loput uudesta alikulusta.

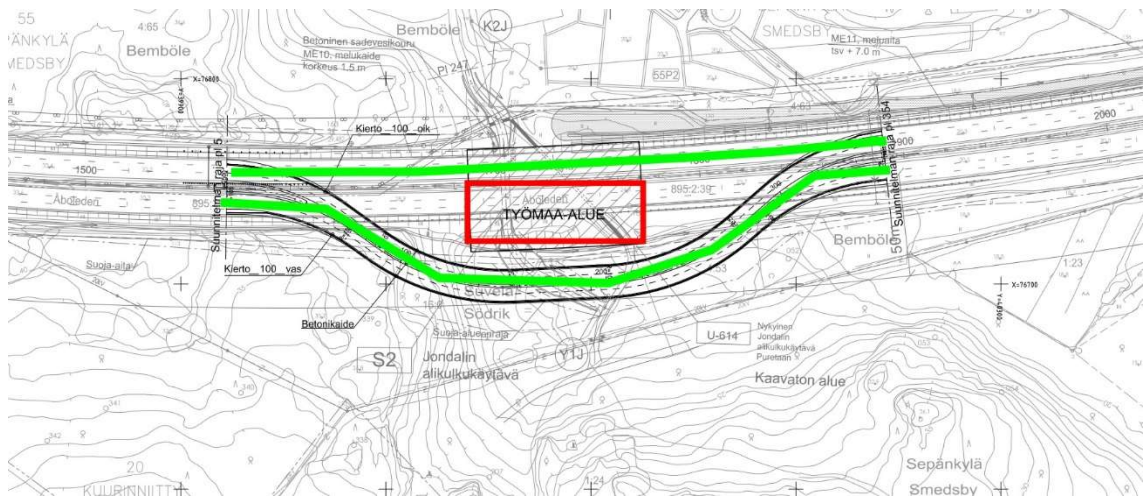
5.2 Kohteen liikennejärjestelyt

Alkuperäisten suunnitelmien mukaan työkohteen liikenne olisi pitänyt siirtää kokonaan kiertotielle ja purkaa vanha silta sekä rakentaa uusi silta yhdessä osassa. Muutimme suunnitelmia niin, että elementtiholvisilta rakennettiin kahdessa osassa. Kiertotie oli noin 250 metriä pitkä ja siihen piti rakentaa keskimäärin noin neljä metriä korkea louhepengeri. Rakensimme kiertotien siten, että vain Helsingin suuntaan menevä liikenne kulki kiertotien päällä.

Vaiheessa 1 (kuva 7) Turkuun päin menevä liikenne kulki siis vanhojen Helsinkiin päin menevien kaistojen päällä ja vaiheessa 2 (kuva 8) taas omilla kaistoillaan.



Kuva 7. Vaiheen yksi liikennejärjestelyt (ELY-keskus 2011)



Kuva 8. Vaiheen 2 liikennejärjestelyt (ELY-keskus 2011)

5.3 Kaivutyöt ja asennusalustan rakentaminen

Työt aloitettiin purkamalla ajokaistojen reunoilta suojakaiteet sekä kaidetolpat. Suojakaiteet irrotettiin kaidetolpista pulttivääntimellä, jonka jälkeen suojakaiteet kuljetettiin varastoalueelle kaivinkoneella. Kaidetolpat nostettiin maasta kaivinkoneella ja ketjuja käyttäen. Kaidetolpat ja suojakaiteet pyrittiin pitämään ehjänä, koska samat suojakaiteet ja kaidetolpat voidaan käyttää myöhemmin.

Kaiteiden purkamisen jälkeen siirryttiin raivaamaan luiskia pintamaista. Pintamaat raivattiin niin suurelta alueelta, etteivät ne sekoittuneet seuraavaksi kaivettavien tien rakennekerroksien kanssa. Kaivinkone kasasi pintamaat asfaltin päälle, josta ne kuljetettiin pyöräkuormaajalla varastopaikkaan. Pintamaat pystytettiin käyttämään myöhemmin hyödyksi työn viimeistelyvaiheessa.

Seuraavaksi asfalttipäällyste kaivettiin pois (kuva 9). Mittamies kävi merkitsemässä, kuinka suurelta alueelta päällyste tarvitsi kaivaa pois. Päällyste leikattiin mittamiehen merkitsemästä kohdasta asfalttileikkurin kanssa, jotta saumakohdasta tulisi mahdollisimman siisti. Leikkauksen jälkeen asfalttia lähdettiin kaivamaan kaivinkoneella. Vanha asfalttipäällyste kuljetettiin asianmukaisesti jatkokäsittelyyn YIT:n asfalttiasemalle Lohjalle.



Kuva 9. Asfalttipäällysteen kaivaminen

Asfaltin kaivamisen jälkeen tien rakennekerrokset kaivettiin kasalle ja kannettiin pyöräkuormaajalla varastoon tienluiskaan, josta ne pystyttiin kantamaan täyttövaiheessa takaisin työkohteeseen. Rakennekerroksien alla oli hyvälaatuista soraa, jota oli käytetty aikoinaan tien penkereenä. Soran kasasimme mahdollisimman lähelle työkohdetta, jotta se pystyttiin käyttämään täyttövaiheessa hyödyksi.

Sillan arinarakenne täytyi rakentaa rakennussuunnitelmien mukaisesti 500 mm paksuiseksi käyttäen soraa tai mursketta. Rakensimme arinan työmaallamme murskaamasta kalliomurskeesta, jotta pystyimme käyttämään penkereestä jäänyttä soraa myöhemmin täytöissä. Ensimmäisen vaiheen arinaa rakennettaessa huomasimme, että lännemmän anturalinjan pohjamaa häiriintyi ja jouduimme kasvattamaan arinarakenteen paksuutta 1000 mm:iin. Idemmän anturalinjan alle laitoimme kaksi kappaletta kaapelin suoja-putkia. Nämä tulivat varaukseksi tuleville kaapelivedoille (kuva 10). Maapohja oli routiva, joten laitoimme arinarakenteen päälle XPS-levyt (kuva 10). XPS-levyjen päälle teimme noin 30 mm asennusalustakerroksen kivituhkasta, jonka päälle oli hyvä asentaa perustuselementit. Asennusalustan tasaisuuden varmistimme oikolaudalla.



Kuva 10. XPS-levyjen sekä kaapelinsuojaputkien asentaminen

Toisen vaiheen kaivutyötä tehtäessä huomasimme lännemmän anturalinjan pohjamaan häiriintyvän, kun sen päällä ajoi kaivinkoneella. Jouduimme paksuntaamaan senkin arinarakennetta 1000 mm:iin. Muuten asennusalusta rakennettiin samalla tavalla, kuin ensimmäisessä vaiheessa. Laadun osoittamiseksi teimme neljä kappaletta levykuormituskokeita: kaksi kappaletta molempien anturalinjojen kohdalta, toinen eteläpäästä ja toinen pohjoispäästä. Levykuormituskokeiden tuloksiksi saimme hyvät kantavuus- ja tiiveysarvot.

5.4 Perustuksien ja teräskaaren asentaminen

Perustuselementtien nostaminen suoritettiin mobiilinosturilla. Lisäksi työryhmään kuuluivat kaksi rakennusmiestä, kaivinkoneenkuljettaja, mittamies ja työnjohtaja. Elementissä oli kolme nostopistettä, joihin ketjut kiinnitettiin. Kaksi nostopistettä oli eri korkeudella kuin kolmas. Jouduimme lyhentämään yhtä ketjuista, jotta saimme elementin laskeutumaan tasaisesti.

Elementtien asentaminen onnistui hyvin. Mittamies merkkasi maahan pisteet, joihin elementin kulmat piti osua. Pisteiden merkkauksen jälkeen oli helpompaa laskea elementti oikeaan kohtaan. Elementin laskemisen jälkeen mittamies tarkisti elementin kulmista, oliko elementti oikeassa kohdassa. Joitakin elementtejä jouduttiin siirtämään muutamia senttejä mittamiehen tarkistuksen jälkeen. Hienosäätö siirtelyyn teimme kaivinkoneen avulla. Jokaisen elementin väliin täytyi jäädä noin 15 mm:n liikuntasäily. Liikuntasäily täytettiin myöhemmin elastisella kittillä. Perustuselementit kiinnitettiin toisiinsa lattarautojen avulla.



Kuva 11. Perustuselementtien asentaminen

Teräskaaret nostettiin anturaelementtien päälle tehtaan numeroimassa järjestyksessä (kuva 12). Kaari nostettiin niin lähelle anturassa olevaa uraa kuin

mahdollista. Sen jälkeen uraan asennettiin työntötyökalu. Työntötyökalun avulla kaaren alaosaa levennettiin, jotta kaari menisi anturassa olevaan uraan. Kaaren leventämistä täytyi tehdä molemmilta puolilta samanaikaisesti ja samalla laskettiin kaarta alaspäin, jotta kaari tippuisi tasaisesti uraan eikä jäisi kantamaan jostakin kohdasta. Ensimmäisessä ja toisessa kaareissa nostopisteet sijaitsivat teräskaarien sivuilla avaten nosto vaiheessa kaaren alaosa. Kolmannessa ja neljännessä kaareissa olleet nostopisteet olivat kaaren päällä, jolloin nosto vaiheessa kaaren alaosa ei avautunut samalla tavalla kuin kahdessa ensimmäisessä kaareissa. Jouduimmekin jostain kohdasta työntämään kaarta kaivinkoneella, jotta saimme kaaren menemään anturassa olevaan uraan.

Teräskaaret pultattiin toisiinsa kiinni sauma kohdassa olevista rei'istä. Kaaren päällä on kolme teräslevyä päällekkäin ja joidenkin pultinreikien kohdalla kaikki reiät eivät sattuneet aivan päällekkäin, joten pultit eivät menneet rei'istä läpi. Jouduimmekin avartamaan hiukan joitakin reikiä avarrusterällä, jotta saimme pultit menemään rei'istä läpi.

Pulttien kiristyksessä käytimme kahta rakennusmiestä, henkilönostinta ja pulttiväännintä. Toinen miehistä joutui pitämään pultin kannasta kiinni kaaren sisäpuolelta, kun taas toinen mies kiristi pultteja ulkopuolelta. Pulttien kiristäminen aloitettiin kaaren laelta, josta lähdettiin kiristämään järjestyksessä alaspäin. Pulttien kanta jäi teräskaaren sisäpuolelle ja mutteri ulkopuolelle sekä molemmille puolille laitettiin aluslevyt. Kun kaikki pultit olivat kiristetty kertaalleen, tehtiin uusinta, kiristys, jolla taattiin riittävä kireys.



Kuva 12. Ensimmäisen vaiheen teräskaaret betonianturoiden päällä

Teräskaarien kiinnitys betonianturoihin tapahtui valamalla juotosbetonilla teräskaarien asennusura täyteen. Juotosbetonivalu piti suorittaa ennen täyttötöiden aloittamista.

5.5 Täyttötöet

Ennen täyttötöiden aloittamista betonianturoiden maanvastaiset osat piti suojata kaksinkertaisella kumibitumisivelyllä (kuva 13). Betonianturat suojattiin XPS-levyillä, jotta kylmä ilma ei pääse vaikuttamaan pohjamaahan. Anturaelementtien väliin täytyi asentaa vaakasuuntaiset tuet täyttötöiden ajaksi, etteivät elementit pysty liikkumaan työn aikana (kuva 13).



Kuva 13. Kumibitumisively ja vaakasuuntaiset tuet

Betonianturoiden ja teräskaaren vierustäytöissä täytyi rakennussuunnitelman mukaan käyttää alle 65 mm raekoon kiviainesta, joten betonianturoita vasten käytimme 0 – 55 mm kalliomurskettä ja teräskaarta vasten 0 – 16 mm kalliomurskettä. Muuten täytöissä käytimme kaivutyöstä jäänyttä soraa, joka oli läjitetty kaivupaikan viereen. Täytön ollessa betonianturan yläosan kohdalla levitimme suodatinkankaan suojaamaan teräskaarta. Täyttökerroksen paksuutena oli noin 500 mm ja täyttötöitä tehtiin tasaisesti nostaten molemmin puolin kaarta, jotta kaaren muodonmuutokselta vältyttäisiin. Täyttöä nostettiin niin kauan, ennen kuin minimipeitepaksuus saavutettiin. Teräskaaren päällä ei saanut ajaa, ennen kuin minimipeitepaksuus 300 mm oli täyttynyt. Vierustäytön tiivistimme 4 kN:n täryjyrää käyttäen, jonka jälkeen muun täytön tiivistyksen teimme 80 kN:n valssijyrällä (kuva 14).



Kuva 14. Täytön tiivistys

Sillan kohdalla tien jakavakerros rakennettiin 0 – 90 mm kalliomurskeesta, joka oli murskattu työmaalla. Jakavakerros levitettiin kaivinkoneella ja tiivistettiin 80 kN:n valssiyrällä.

Kantavassa kerroksessa käytimme 0 – 32 kalliomursketta. Kantavan kerroksen levityksen teimme tiehöylällä. Kantavan kerroksen päältä otimme levykuormituskokeet, jonka tuloksena saimme hyvät kantavuus- ja tiiveysarvot.

5.6 Viimeistelytyöt

5.6.1 Betonianturoiden ja teräskaaren kolhujen korjaus

Asennustyössä betonianturoihin tuli kolhuja ja pieniä betonipaloja lohkesi joistakin anturoista. Kolhiintuneet anturat korjattiin Weber Rep paikkauslaastilla. Lopulta näkyviin jäivät osat anturoista suojattiin töherryksiltä Liikenneviraston hyväksymällä uhrautuvalla antigrafitisuoja-aineella.

5.6.2 Kenttäkiviverhous

Kenttäkivillä tarkoitetaan luonnonkiviaineksesta seulomalla erotettuja kiviä, joiden halkaisija on yleensä 100 – 150 mm. Kenttäkiviverhous tehdään latomalla kivet verhousta sitovalle sementtisora- tai betonialustalle (SILKO-ohje).

Sillan pätyihin rakennettiin 7,2 metriä leveä kenttäkiviverhous SILKO-ohjeen mukaisesti. Kenttäkiviverhous ladottiin maakosteaan betoniin, koska luiskan jyrkkyys oli niin suuri, että kivet eivät olisi muuten kestäneet luiskassa. Lopulta kenttäkiveys saumattiin maakostealla betonilla.

5.6.3 Kaiteiden asennus

Sillan asennettiin eteläreunaan H2 kaide varustettuna putkijohteilla ja korkealla suojaverkolla liikenneviraston tyyppiirustusten mukaan. Holvin kohdalle rakennettiin kolme metriä pitkä tukimuurirakenne (kuva 15), johon kiinnitetään kaksi keskimmäistä kaidepylvästä. Tukimuurit rakennettiin keskikaistalle sekä eteläreunaan. Sillan pohjoispäähän rakennettiin 1,5 metriä korkea melukaide.



Kuva 15 Tukimuurirakenne

6 Yhteenveto ja pohdinta

6.1 Yhteenveto

Työkohteen elementtiholvisilta rakennettiin Viaconin työohjeiden mukaisesti, koska koimme työmenetelmät hyvin toimiviksi sekä resurssitehokkaiksi. Elementtiholvisiltaa ei pysty rakentamaan monella eri tavalla, koska työvaiheet seuraavat toinen toisiaan ja työ on hyvin kohta kohdalta eteenpäin vievää.

Elementtiholvisillan rakentamisessa on tärkeää, että työ on jatkuvaa eikä keskeydy mahdollisten häiriöiden vuoksi. Varsinkin vilkasliikenteisten teiden varrella rakennettaessa rakennusaika on rajattu. Sillan toimittajalle on ilmoitettava ajoissa päivämäärät, jolloin sekä perustukset että teräskaaret tarvitaan työmaalla. Teräskaarien toimittaminen vaatii erikoiskuljetusluvan, jonka saaminen kestää neljästä seitsemään vuorokauteen. Työsuunnittelua tehdessä on myös pohdittava mihin vuodenaikaan siltaa rakennetaan ja onko vaarana, että poikkeukselliset sääolosuhteet hidastavat työtä tai jopa keskeyttävät sen. Mahdollisten rankkasateiden varalta työmaalle on hyvä varata riittävä määrä pumppauskalustoa, jolla työkaiivanto saadaan pidettyä kuivana. Syksyllä ja keväällä rakennettaessa lumisateisiin kannattaa varautua mahdollisimman hyvin ja mahdollisuuksien mukaan peittää kaivanto, jotta työtä pystyttäisiin jatkamaan mahdollisimman nopeasti seuraavan työvuoron alkaessa.

Työkohteessa mahdollisia materiaalisäästöjä olisi voitu saada, kun sillan arinarakenteet sekä vierustäytöt olisi rakennettu kaivetusta pengersorasta. Rakennussuunnitelmienkin mukaisesti sora olisi riittänyt täyttämään arinarakenteen laatuvaatimukset. Vierustäyttöjen materiaalien laatuvaatimukseen kelpasi suhteutunut sora, jossa ei ollut halkaisijaltaan yli 63 mm kiviä. Näin ollen molempiin täyttöihin olisi voitu käyttää pengersoraa.

Elementtiholvisillan pystyisi rakentamaan myös yhdessä osassa, jolloin kaivu- ja täyttövaiheessa olisi voitu käyttää tehokkaasti kahtakin kaivinkonetta. Sillan peruskuoppaa kaivaessa kahdella kaivinkoneella työvaiheen kestoa olisi saatu laskettua huomattavasti. Lisäksi arinarakenteen sekä asennusalustan pystyisi rakentamaan niin, että molemmat kaivinkoneet rakentavat oman anturalinjansa. Täyttövaiheessa kaivinkoneet sijoitettaisiin omille puolilleen ja täyttöä

rakennettaisiin samanaikaisesti molemmin puolin elementtiholvisiltaa. Näillä toimilla rakentamisaikaa olisi pystynyt lyhentämään muutaman päivän.

6.2 Pohdinta

Opinnäytetyön tarkoituksena oli perehtyä Viaconin elementtiholvisillan työohjeiden työmenetelmiin ja verrata niitä työmaalla käytettyihin menetelmiin sekä pohdita, mitä kustannus-, aikataulu- sekä resurssisäästöjä näillä tavoilla saatiin.

Ennen työn aloittamista minulla ei ollut lainkaan kokemusta siltojen rakentamisesta. Työtä tehdessäni sain hyvän käsityksen putkisiltojen rakentamisesta sekä laadunvarmistuksesta.

Työssä ei päästy vertailemaan työohjeiden työmenetelmiä käytettyihin työmenetelmiin, mutta pohdittiin kuitenkin mitä olisi voinut tehdä toisin. Elementtiholvisillan rakentaminen perustuu hyvään ennakkosuunnitteluun sekä työvaiheiden oikeaan resurssointiin. Työssä aiheutuvien katkoksien määrä pitäisi saada mahdollisimman vähäisiksi, jotta varsinkin työkoneiden työnteko olisi tehokasta.

Lähteet

ELY-keskus 2011. Turunväylän parantaminen kohdalla Kehä 2 – Tuomarila. Tiesuunnitelma. Luettu 02.09.2018

Liikennevirasto. Yleiskuva työmaa-alueesta. https://www.liikennevirasto.fi/kaikki-hankkeet/vt-1-lisakaistat-keha-ii-tuomarila#.W_wRH0gzblU.

Liikennevirasto 2014. Teräspuutkisuillat suunnitteluohje. Liikenneviraston ohjeita 10/2014. https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf8/lo_2014-10_terasputkisillat_suunnitteluohje_web.pdf . Luettu 13.06.2018.

Liikennevirasto 2016. Teräspuutkisuilltojen toteutusohje. Liikenneviraston ohjeita 05/16. https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf8/lo_2016-05_terasputkisilltojen_toteutusohje_web.pdf. Luettu 18.06.2018.

Rakennustieto 2018. InfraRYL 2018, Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset. Luettu 27.08.2018.

Silko ohjeet. Kenttäkiviverhouksen teko. Siltaan liittyvät rakenteet 8/01. <https://julkaisut.liikennevirasto.fi/sillat/silko/kansio2/s2918.pdf>. Luettu 27.08.2018.

Viacon. Kierresaumattu rumpu ja puutkisuilta. <https://www.viacon.fi/tuote/rumpuputket/>. Luettu 03.07.2018.

Viacon 2014. Suunnittelukäsikirja. Holvisilta Kasi. <http://www.viacon.fi/wp-content/uploads/2014/10/Holvisilta-KASI-k%C3%A4sikirja.pdf>. Luettu 13.06.2018.

Viacon 2017. Kierresaumattu ja madallettu puutkisuilta. <http://www.viacon.fi/wp-content/uploads/2017/01/HelCorA4-20170117Final.pdf>