

Betonisillan rakentamisen työ- ja laatusuunnitelmapohjat



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Visamäki, Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka

Kevät, 2020

Jani Tarvainen

Rakennustekniikka, Infra
Visamäki

Tekijä	Jani Tarvainen	Vuosi 2020
Työn nimi	Betonisillan rakentamisen työ- ja laatusuunnitelmapohjat	
Työn ohjaajat	Petri Heino, Jari Mustonen	

TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyö on tehty TerraWise Oy:n toimeksiannosta. TerraWise Oy toteuttaa erilaisia infraprojekteja ja nyt uutena aluevaltauksena on tullut vaativampien siltojen rakentaminen. Tästä syystä on tullut tarve ajantasaisille ja yhtenäisille työ- ja laatusuunnitelmapohjille. Opinnäytetyön tavoitteena on siis laatia valmiit työ- ja laatusuunnitelmapohjat, joita voidaan käyttää työmaalla laadunvarmistuksen apuna.

Opinnäytetyössä käydään läpi erilaiset siltatyypit sekä niiden perustamistavat ja päärakennneosat. Lisäksi työssä käsitellään betonisen sillan rakentamista sekä siihen liittyviä työvaiheita ja laadunvaristusprosessia. Työssä käsiteltävistä aiheista kerrotaan hyvin yleisellä tasolla, koska aiheet ovat todella laajoja ja niihin liittyy paljon muuttujia. Teoriaosuuden tavoitteena on luoda lukijalle käsitystä kokonaisuudesta ja millaisia asioita siihen liittyy.

Työ- ja laatusuunnitelmapohjiin täydennettiin keräämällä voimassa olevista määräyksistä ja yleisistä laatuvaatimuksista valmiiksi työvaiheissa noudatettavat toleranssit ja laatuvaatimukset mittaustiheyksineen. Pohjien muut kohdat on jätetty tyhjäksi ja työmaalla täytettäväksi. Työmaalla täytettäviä asioita ovat muun muassa työnsuoritukseen ja työturvallisuuteen liittyvät kohdat.

Avainsanat Laadunvalvonta, laadunvarmistus, laadunohjaus, laatuvaatimukset, sillanrakennus, työsuunnitelma

Sivut 39 sivua

Degree Programme in Construction Engineering
Hämeenlinna University Centre

Author	Jani Tarvainen	Year 2020
Subject	Work and quality plan templates of concrete bridge construction	
Supervisors	Petri Heino, Jari Mustonen	

ABSTRACT

This Bachelor's thesis was commissioned by TerraWise Oy. TerraWise Oy implements various infra structure projects and now the company's new line of business is building more complex bridges. For this reason, there is a need for up-to-date and consistent work and quality plan templates. The purpose of the thesis was to draw up ready-made work and quality plan templates that can be used on a construction site to help with quality assurance.

The thesis deals with different types of bridges and their methods of foundation and main structural parts. In addition, the thesis deals with the construction of concrete bridges, the related work stages and the quality assurance process. The topics covered in the thesis are discussed in a very general way, because the topics are very broad and involve many variables. The aim of the theory section is to give the reader an idea of the whole process and other things involved.

The work and quality plan templates were supplemented with a collection of pre-existing tolerances and quality requirements with measurement frequency from current regulations and general quality requirements. The other sections of the templates have been left blank and to be filled on site, for instance, work performance and occupational safety.

Keywords Bridge construction, quality assurance, quality management, quality plan, quality requirements, work plan

Pages 39 pages

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	SILLAT.....	2
2.1	Sillan päärakenneosat	2
2.2	Perustamistavat	2
2.2.1	Maanvarainen perustus.....	3
2.2.2	Kallionvarainen perustus	3
2.2.3	Paalutettu perustus	4
2.2.4	Yhtenäiset laattaperustukset	4
2.3	Siltatyypit.....	5
2.3.1	Teräsbetoniset sillat	6
2.3.2	Jännitetyt betonisillat	8
2.3.3	Terässillat.....	8
2.3.4	Puusillat	10
2.3.5	Kivisillat.....	11
3	UUDEN BETONISILLAN RAKENTAMINEN	12
3.1	Työmaan perustaminen	12
3.2	Rakentamisen vaiheet.....	13
3.2.1	Alusrakenteiden rakentaminen	14
3.2.2	Teline- ja muottityöt.....	15
3.2.3	Raudoitustyöt ja varustelut	17
3.2.4	Betonointityöt	19
3.2.5	Jännittämistyöt	21
3.2.6	Vedeneristystyöt ja pintarakenteet.....	23
3.2.7	Sillan ja siltapaikan viimeistelyt.....	27
3.3	Tietomallin hyödyntäminen	28
4	LAADUNVARMISTUS SILLAN RAKENTAMISESSA	30
4.1	Siltaurakoitsijat.....	30
4.2	Laaturaportointi	30
4.3	Noudatettavat määräykset ja ohjeet	32
4.4	Uusi ja vanha InfraRYL.....	33
4.5	Työ- ja laatusuunnitelmien laatiminen	34
4.6	Laatupoikkeamat.....	35
5	POHDINTA.....	36
	LÄHTEET	38

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tilaajana on TerraWise Oy. TerraWise Oy on 2015 perustettu yritys, johon fuusioitui seitsemästä yritystä vuonna 2018. Fuusioituneet yritykset olivat Konevuori Oy, JJ Kaivin ja Kallio Oy, Kanta Kaivu Oy, Vihermali Oy, Ympäristörakennus Saarinen Oy, Kallionporaus Soinen Oy ja Cendigo Oy. TerraWise toteuttaa erilaisia infraprojekteja, maa- ja viherkentämistä, louhintaa ja kiviainesmyyntiä Uudellamaalla, Pirkanmaalla sekä Varsinais-Suomessa. Nyt uutena aluevaltauksena yrityksellä on keskisuurien ja vaativampien siltojen rakentaminen, kun siltasertifiikaatti on saatu nostettua korkeampaan vaatimusryhmään (R2).

TerraWisen halusta panostaa enemmän sillan rakentamiseen syntyi idea opinnäytetyöni aiheeksi. Sillan rakentamisessa urakoitsijan on laadittava jokaisesta työvaiheesta työ- ja laatusuunnitelma, joihin kerätään muun muassa työvaiheessa huomioitavat laatuvaatimukset ja toleranssit. Opinnäytetyöni tavoitteena on luoda ajantasaiset ja ulkoasultaan yhtenäiset työ- ja laatusuunnitelmapohjat, jotka otettaisiin käyttöön TerraWisen siltahankkeissa. Näiden pohjien tarkoituksena on ohjata ja helpottaa työmaalla tapahtuvaa laadunvarmistusta.

Työ- ja laatusuunnitelmapohjiin oli toiveena kerätä voimassa olevista yleisistä laatuvaatimuksista sekä muista määräyksistä ja ohjeista noudatettavat laatuvaatimukset ja toleranssit valmiiksi mittausmenetelmien ja mitaustiheysineen sekä millä dokumentilla vaadittu laatutaso osoitetaan. Pohjien laadintaan sain avuksi kokeneen sillan rakentajan sekä hänen vanhoja työ- ja laatusuunnitelmia malliksi. Koska sillan rakentaminen on todella laaja aihe ja kaikkia sillan rakentamiseen liittyviä työ- ja laatusuunnitelmapohjia en pysty eikä ole järkevää tehdä, niin opinnäytetyö rajataan betonisiltoihin ja pohjat laaditaan TerraWisen erikseen esittämän listan mukaan.

Opinnäytetyön teoriaosassa käsitellään siltoja yleisellä tasolla ja käydään läpi siltojen päärakennneosat, perustamistavat sekä siltatyyppit. Työssä kerrotaan myös uuden betonisillan rakentamiseen liittyviä asioita sekä siihen liittyvää laadunvarmistusprosessia urakoitsijan näkökulmasta. Aihe on todella laaja eikä työssä käsiteltäviä aiheita käydä yksityiskohtaisesti läpi, mutta teoriaosan tavoitteena on luoda lukijalle käsitys kokonaisuudesta ja mitä sillan rakentamiseen liittyy.

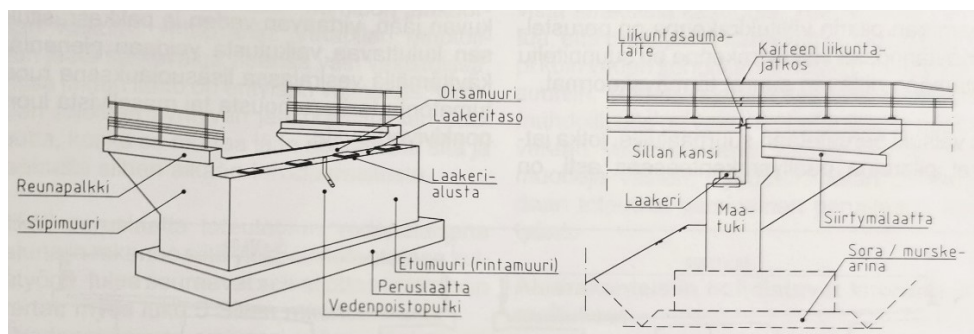
2 SILLAT

2.1 Sillan päärakenneosat

Sillan päärakenneosat ovat jaettu päällysrakenteeseen, alusrakenteeseen, varusteisiin ja laitteisiin sekä siltapaikan rakenteisiin. Edellä mainitut päärakenneosat ovat jaoteltu niiden toimintansa perusteella.

Päällysrakenne ottaa vastaan liikenteen ja oman painonsa aiheuttamat kuormat sekä siirtää ne alusrakenteelle. Päällysrakenteeseen kuuluvat sillan kansi ja sen kantava osa eli pääkannatin sekä tiesilloissa pintarakenteet eli vedeneristys ja päällyste. Rautatiesiltojen päällysrakenteeseen kuuluvat kiskot ja sen tukirakenteet. (RIL 179-2018, 44)

Alusrakenne on osakokonaisuus, jonka kautta sillan päällysrakenteen kuormat välittyvät maapohjaan tai kallioon. Pääty- ja välituet perustuksiin, kaarisiltojen kantamuurit sekä köysisiltojen tukirakenteet ja niiden ankkuroinnit kuuluvat alusrakenteeseen. Alusrakenteeseen kuuluvat myös päätytukien tukimuurit ja siirtymäläatut sekä perustuksien paalut, tukiseinät ja muurit. (RIL 179-2018, 44-45, 184)



Kuva 1. Maatuen osia ja varusteita (RIL 179-2018, 185)

Varusteilla ja laitteilla saadaan parannettua sillan toimintaa, turvallisuutta ja lisättyä käyttöikä. Varusteiksi ja laitteiksi luokitellaan mm. laakerit, liikuntasaumalaitteet, kaiteet, valaisinpylväät, tippuputket, kaapelihyllyt ja kolhaisusuojat. (RIL 179-2018, 45)

Siltapaikan rakenteet ovat tarpeen kuivatuksen, pitkäaikaiskestävyyden ja turvallisuuden kannalta. Siltapaikan rakenteita ovat mm. pintavesikourut, pengerkaitteet, luiskat ja keilat verhoiluineen, tarkastustasanteet, jätkänpolut sekä portaat. (RIL 179-2018, 45)

2.2 Perustamistavat

Sillan perustukset tehdään tavallisesti maanvaraiseksi, kallionvaraiseksi tai paaluilla perustetuksi. Perustamistavan valintaan vaikuttaa mm.

maapohjan kerrosrakenne ja geotekniset ominaisuudet, kallion sijainti ja laatu sekä pohjaveden vaikutus. Lisäksi valintaan vaikuttaa kustannukset, sillan rakentamisen ja käytön aikaiset ympäristövaikutukset sekä rakentamiselle käytettävissä oleva työtila ja aika. (RIL 179-2018, 175, 182-183)

2.2.1 Maanvarainen perustus

Maanvaraisesti perustettaessa perustus voi olla peruslaatta tai pinta-alaltaan pienempi anturaperustus. Maanvaraisen perustuksen pohjamaa voi olla luonnontilainen, vahvistettu tai rakennettu. Tätä perustamistapaa voi käyttää myös vedenalaisissa perustuksissa. (RIL 179-2018, 175, 351)

Sillan voi perustaa luonnontilaisen maan varaan, mikäli maapohjan kantavuus ja muodonmuutosominaisuudet ovat riittäviä. Tällaisessa tapauksessa silta perustetaan joko ohuen kalliomurske täyttökerroksen välityksellä tai suoraan maapohjaan. Murskearinnan tarkoituksena on estää leikkauspohjan häiriintymistä. Lisäksi arinan päälle on helpompi rakentaa muotti. (RIL 179-2018, 175, 317)

Jos luonnontilaisella maapohjalla ei ole riittävää kantavuutta, sitä voidaan parantaa vahvistamalla pohjamaata erilaisilla toimenpiteillä. Yleisimpiä vahvistusmenetelmiä ovat pudotustiivistys löyhälle kitkamaalle, esikuormitus kokoonpuristuvalla hienorakeisella maalla sekä syvästabilointi savimaille. Huonosti kantavalle luonnontilaiselle maapohjalle voi tehdä myös massanvaihto, jossa maapohja korvataan paremmin kantavalla täyttökerroksella. (RIL 179-2018, 175)

2.2.2 Kallionvarainen perustus

Kallionvaraisesti perustettaessa kallio voi olla luonnontilainen tai louhittu. Kallionvaraista perustamistapaa voi käyttää myös vedenalaisissa perustuksissa. Luonnontilaisen kallionpinta saattaa olla rikkonainen, jolloin rikkonainen pintakerros poistetaan rusnaamalla tai kaivamalla. Kalliota on louhittava, kun kallionpinta on vino tai perustamistasoa korkeammalla taikka kallio on laadultaan heikkoa. (RIL 179-2018, 176, 351) Kallion laatu tulee selvittää ennen perustusten rakentamista tarpeellisessa laajuudessa. Kallion laatu selvitetään mm. kivilaatu ja rikkonaisuus, joiden vaikutuksen kallion kantavuuteen arvioi tarvittaessa kalliotekninen asiantuntija. (Väylävirasto, 2017a, s. 42-43)

Kun rakennuspohjalta vaaditaan maksimaalista kantokestävyyttä ja pieniä muodonmuutoksia, silloin perustukset valetaan suoraan kalliolle. Kallion ja perustuksen väliin voidaan tehdä betonitäyttö, jolla tasoitetaan kallion epätasaisuuksia. (RIL 179-2018, 176)

Usein kallion ja perustuksen väliin tehdään arinakerros kalliomurskeesta. Tätä kutsutaan perustamiseksi arinakerroksen välityksellä kallionvaraan ja

mitoitetaan kuin maanvarainen perustus. Arinakerros tasaa kallion epätasaisuuksia, helpottaa rakentamista ja vähentää betonihukkaa. Louhintaa on vaikea tehdä tarkasti suunniteltuun korkeusasemaan, jolloin louhitaan hieman syvemmältä ja perustuksen korkeusasema voidaan muotoilla tarkemmin suunniteltuun tasoon. (RIL 179-2018, 176)

Perustukset voidaan myös ankkuroida kallioon käyttämällä mm. tartunta-teräksiä, jännittämättömiä tai jännitetyjä ankkureita. Ankkuroinnilla saadaan varmuutta perustuksen kaatumista ja liukumista vastaan. (Väylävirasto, 2017, s. 44-45)

2.2.3 Paalutettu perustus

Usein maapohjan kantavuus ei ole riittävä ja perustuksille tulevat kuormat ovat liian suuret. Tällöin siltaa ei voida perustaa maanvaraisesti, vaan perustus on paalutettava. Paaluperustuksessa perustuksille tulevat kuormat siirretään riittävän kantavalle maakerrokselle tai kalliolle paalujen avulla. Paalutettu perustus on mahdollista lisäksi ankkuroida kallioon vetäviä kuormia vastaan. (RIL 179-2018, 176, 193, 318)

Silloissa käytettäviä paaluja ovat porattavat teräspaalut sekä lyötävät teräsbetoni- ja teräspaalut. Teräspaalut ovat lähes aina teräsputkiä, joiden rakenteellista kapasiteettia ja korroosiosuojaa lisätään usein raudoituksella ja betonoinnilla. Kaivinpaaluja käytetään vähän hintansa ja saatavuutensa takia. (RIL 179-2018, 176, 318)

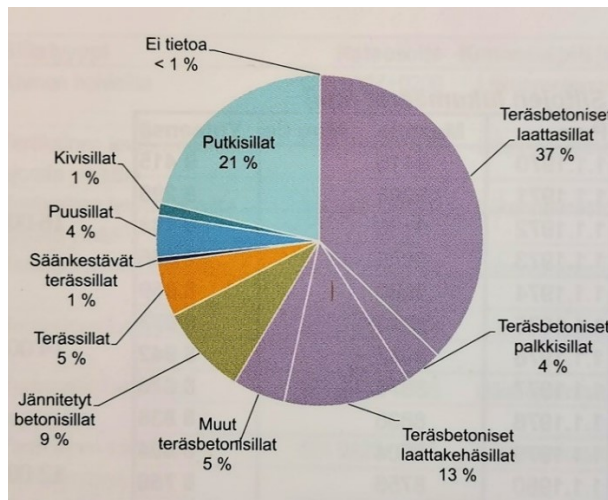
Paalutettu perustus voi olla yksittäinen paalu tai se voi muodostua useammasta paalusta. Yksittäiset tai useammat toisistaan erilliset suurpaalut voidaan kiinnittää suoraan sillan päätytukeen ilman erillistä peruslaattaa. Suurpaalun voi myös kiinnittää suoraan tai mantteloituna pilarina päällysrakenteeseen. Useampi paalu voi muodostaa paaluryhmän tai paalupukin, joissa paalut ovat yhdistetty yläpäistä paaluanturalla tai peruslaattalla. Vedenalaisissa perustuksissa edullisin ja yleinen tapa on rakentaa paaluperustus, mikäli etäisyys kantavaan pohjaan on suuri. Suuremmissa vesistö-silloissa usein peruslaatta sijoitetaan väliveteen paalujen varaan. (RIL 179-2018, 175, 188, 318, 351)

2.2.4 Yhtenäiset laattaperustukset

Yleensä yhtenäisiä laattaperustuksia käytetään vain kehäsilloissa ja kaukolorakenteissa (Väylävirasto, 2012b, 28). Jos kehäsillan perustamisolosuhteet ovat heikot, sillan voi perustaa myös yhtenäisellä laattalla, jolloin kehän jalkojen välissä on yhtenäinen peruslaatta. Yhtenäisellä perustuksella varustettua kehäsiltaa kutsutaan rengaskehäsillaksi. (RIL 179-2018, 48)

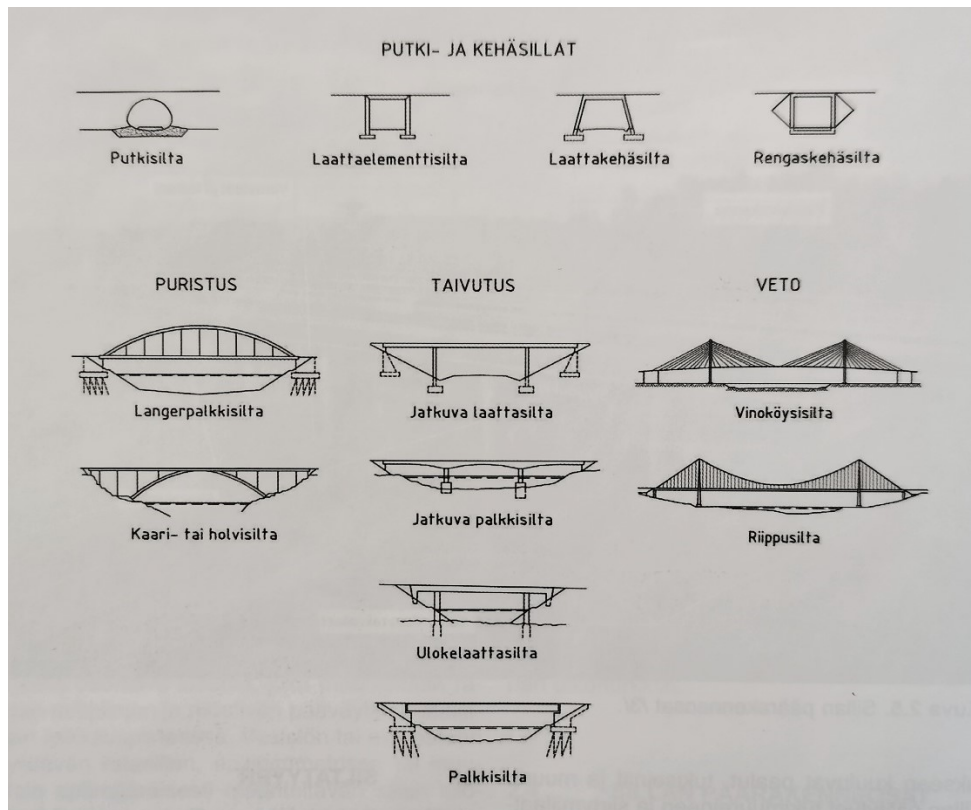
2.3 Siltatyypit

Sillat voidaan jakaa käyttötarkoituksen, pääkannattimen rakennusaineen ja rakenteellisen toiminnan mukaan. Jokaisella sillalla on oma tyyppinimikkeensä. Tyyppinimikkeestä käy ilmi pääkannattimen tyyppi, rakenteellinen toimintatapa tai jokin muu siltaa kuvaava määrite. Tyyppinimikkeet on jaettu pääkannattimien rakennusaineiden mukaan. Pääkannattimen rakennusaine voi olla teräsbetoni, jännitetty betoni, teräs, puu tai kivi. (RIL 179-2018, 40, 45-46)



Kuva 2. Tiesiltojen lukumäärien jakauma siltatyypeittäin (RIL 179-2018, 24)

Rakenteellisen toiminnan mukaan siltatyypit voi jaotella putki- ja kehäsilltoihin, taivutettuihin, puristettuihin sekä vedettyihin siltatyyppeihin. Lisäksi erikoissillat muodostavat myös omat siltatyyppeinsä. Erikoissilltoihin luetellaan kuuluviksi mm. avattavat sillat, väliaikaiset sillat sekä työsillat. (RIL 179-2018, 45-46, 57-60)



Kuva 3. Siltatyypin jakaminen rakenteellisen toiminnan mukaan (RIL 179-2018, 46)

Koska sillat voidaan jakaa monella eri tavalla ja silloista voidaan suunnitella monta erilaisia variaatioita, tällöin erilaisia mahdollisia tyyppinimikkeitä muodostuu todella monta. Esimerkiksi pelkästään teräsbetonisten siltöjen tyyppinimikkeitä on luokiteltuna useita kymmeniä. (RIL 179-2018, 501-502) Alla selitettynä lyhyesti lisää yleisimmistä siltatyypeistä jaoteltuna kannattimen rakennusmateriaalin mukaan.

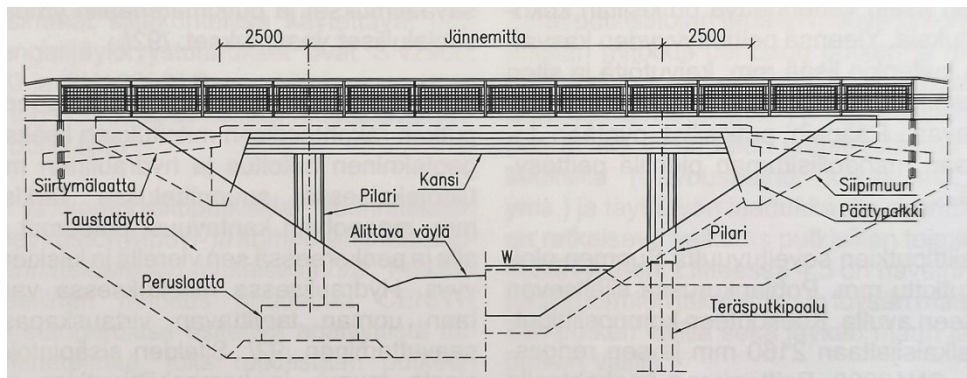
2.3.1 Teräsbetoniset sillat

Betoni on siltöjen rakennusmateriaalina kaikkein käytetyin. Yleisimmät teräsbetoniset siltatyypit ovat laattasillat, palkkisillat sekä laattakehäsilat. Teräsbetoniset kehäsillat ovat hyvin yleisiä kevyen liikenteen alikulkukäytävänä. Kehäsillan jalat ovat joko suoria tai vinoja, jotka kiinnittyvät jäykästi kanteen muodostaen yhtenäisen kehärakenteen peruslaattojen päälle. Kehäsillan pintarakenteiden poikkeavuutena muiden betonisiltöjen päällysrakenteisiin, kehäsillan kansilaatan päälle tulee murskekerros, jonka ansiosta tien asfalttikerros voidaan tehdä yhtenäisenä ilman liikuntasauvoja. Kehäsiltöjen jännemitta eli kahden peräkkäisen tuen välinen etäisyys on yleensä 4-8 metriä. (RIL 179-2018, 24, 48, 194)



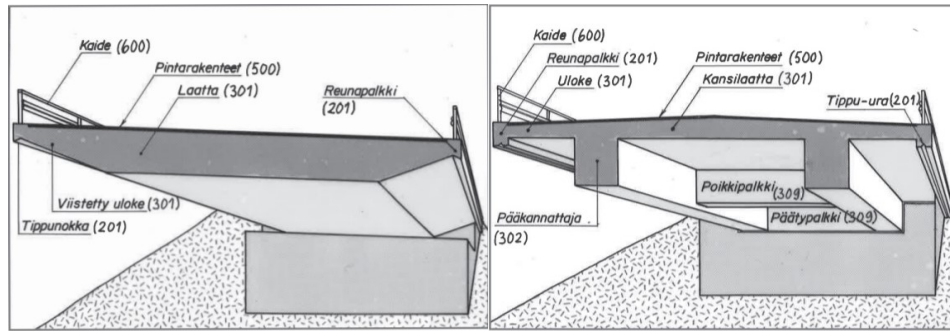
Kuva 4. Kehäsilta (Väylävirasto, 2013b, s. 47)

Merkittävä osa Suomen tiesilloista on teräsbetonisia laattasiltoja. Näitä käytetään paljon tieliikenteen alikulkukäytävänä ja risteyssiltana, mutta on yleinen myös rautatiesiltana. Teräsbetonisen laattasilan poikkileikkaus on suhteellisen ohut ja selkeä, joka tekee tästä edullisen rakentaa. Optimaalinen jännemitta on tällä siltatyypillä noin 8-20 metriä jännittämättömänä. (RIL 179-2018, 49, 199)



Kuva 5. Teräsbetoninen ulokelaattasilta ja sen osia (RIL 179-2018, 200)

Teräsbetoninen palkkisilta on paljon käytetty siltatyyppi Suomessa. Tiesilloissa poikkileikkauksen ollessa 10-14 metriä leveä, pääpalkkeja päällysrakenteeseen tulee yleensä kaksi. Tätä kapeammassa poikkileikkauksissa silta suunnitellaan yleensä yhdellä pääpalkilla. Tyypillinen jänneväli tälle siltatyypille on noin 15-25 metriä jännittämättömänä. (RIL 179-2018, 47, 50-51)

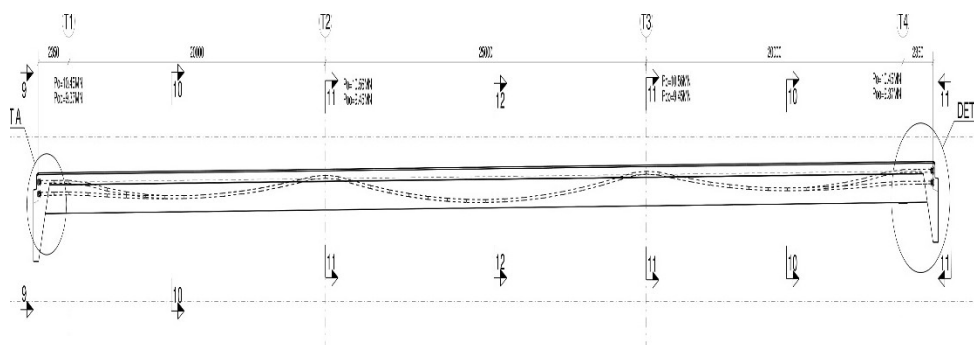


Kuva 6. Teräsbetoninen laattasilta ja palkkisilta (Väylävirasto, 2013a, liite 2, s.1)

2.3.2 Jännitetyt betonisillat

Suurimman osan jännitetyistä betonisilloista muodostaa palkkisillat. Teräsbetonisen palkkisillan päällysrakenteen omapaino kevenee sekä kantokyky ja jännemitta kasvaa huomattavasti, kun se jännitetään. Jännitettyinä teräsbetonisen palkkisillan jännemitta voi olla jopa 20-100 metriä. Jännitetty rakenne on tiesilloissa kilpailukykyinen jännittämättömään teräsbetonirakenteeseen keskimäärin 20 metrin ja tätä pidemmillä jännemitoilla. (RIL 179-2018, 50-51, 204)

Betonisillan jännittämisessä kohdistetaan teräsbetonirakenteeseen lisää puristusjännitystä, sillä betoni kestää noin 10 kertaa enemmän puristusta, kuin vetoa. Puristusjännityksen lisääminen toteutetaan sijoittamalla korkealujuusteräksiä eli jänteitä päällysrakenteen sisälle. Jänteiden korkeus asema muuttuu jännemitan matkalla siten, että aukkojen kohdalla jänteet ovat palkin alaosassa ja tuella palkin yläosassa. Betonisissa kotelopalkkisilloissa kuitenkin käytetään yleisesti suoria jänteitä, jotka ovat sijoitettu kansi- ja pohjalaattaan. (RIL 179-2018, 204, 327)



Kuva 7. Jänteiden kulku palkkien sisällä (Turun kaupunki, 2019a)

2.3.3 Terässillat

Terässilloja käytetään paljon vesistöjen ylityksissä sekä kaupunkiympäristössä silloin, kun on tärkeää saada hanke nopeasti toteutetuksi ja vähentää häiriötä liikenteelle. Teräs antaa korkean lujuuden ja tasalaatuisuuden

ansiosta paljon erilaisia rakenneratkaisuja ja mahdollisuuksia. Yleisiä teräksisiä siltatyyppejä ovat palkkisillat, kotelopalkkisillat, ristikkosillat, vino-köysisillat ja riippusillat. (RIL 179-2018, 329)

Teräsrakenteisia putkisiltoja käytetään paljon pienten vesistöjen ylityksissä ja pienissä kevyen liikenteen alikulkukäytävissä. Putkisillan etuina ovat edulliset rakennuskustannukset, nopea rakennusaika sekä hoitovapaa rakenne. Putken muoto voi olla pyöreä, matalarakenteinen, elliptinen tai vaakaelliptinen. Putken muoto määräytyy käyttötarkoituksen mukaan. Putken leveys on yleensä n. 2-5 metriä ja pituus voi olla muutamasta metristä satoihin metreihin. (RIL 179-2018, 47, 344)



Kuva 8. Teräksinen putkisilta (Väylävirasto, 2012c, kansilehti)

Varsinaisista terässilloista käytetyin siltatyyppi on liittopalkkisilta, jossa pääkannattimena toimii teräspalkki ja kantena teräsbetoni-laatta. Suurimpana vahvuutena liittopalkkisilloissa on se, että päällysrakenteelle ei tarvitse rakentaa väliaikaisia tukitelineitä veteen tai pehmeään maahan. Tämä on mahdollista, kun sillan pääkannattimet eli teräspalkit asennetaan paikoilleen ensin. Teräspalkit asennetaan yleensä työntämällä välitukien ja asennuslaakereiden päällä. (RIL 179-2018, 51)



Kuva 9. Liittopalkkisilta (Väylävirasto, 2013b, s. 68)

2.3.4 Puusillat

Puusta voidaan rakentaa erityyppisiä siltoja kevyelle liikenteelle sekä myös ajoneuvoliikenteelle. Puun keveys ja lujuus ovat sillan rakentamisessa etuja, sillä puusillat voidaan hyvin pitkälle esivalmistaa ennen sen kuljetusta ja asentamista paikoilleen. Puusillat ovatkin nopeita asentaa esivalmistamisen ja yksinkertaisen liitostekniikan ansiosta. Asentamisen jälkeen ne ovat heti valmiita vesieristettäväksi ja pinnoitettavaksi liikennettä varten. (Puuinfo, n.d.)

Puurakenteisia siltatyyppejä ovat palkkisillat, ansassillat, kaarisillat, liittorakennesillat, poikittaisjännitetyt sillat sekä katetut sillat. Näistä käytetyin siltatyyppi on kuitenkin palkkisillat, jossa kantavana rakenteena toimii pituussuuntaiset liimapuupalkit. Tällaisen rakenteen taloudellisesti järkevät jännemitat voivat olla noin 4-20 metriä ajoneuvoliikenteen silloissa ja 3-30 metriä kevyen liikenteen silloissa. (Versowood, 2017)



Kuva 10. Puinen palkkisilta (Versowood, 2017)

2.3.5 Kivisillat

Kivisilloja on rakennettu aikoinaan jonkun verran, mutta kiven merkitys rakenteellisena materiaalina nykyisessä sillan rakentamisessa on vähäistä. Kivisillat ovat historiallisesti arvokkaita ja monet kivisillat on määritelty museosilloiksi. Kivirakenteisia siltatyyppejä on luokiteltuna palkkisilta ja holvisilta. Lähes kaikki kivisillat ovat luonnonkivistä rakennettuja holvisilloja. Itse luonnonkivi kestää ympäristörasituksia erittäin hyvin, mutta perustusten painumiset sekä suuret pistemäiset kuormitukset aiheuttavat kivien liikkumista toisiinsa nähden ja heikentävät näin sillan kantokykyä. Kivisiltojen korjaaminen on nykyään yleisempää, kuin uusien rakentaminen. (RIL 179-2018, 401, 462, 505)



Kuva 11. Kivinen holvisilta (Väylävirasto, 2013b, s. 96)

3 UUDEN BETONISILLAN RAKENTAMINEN

Siltoja rakennetaan harvoin ilman, että paranneta tai tehdä uutta väylää, joten yleensä sillan rakentaminen tapahtuu osana muuta väylähanketta. Tällaisessa väylähankkeessa sillan osuus kokonaiskustannuksista on merkittävä. Vaativammissa siltakohteissa ja silloin, kun hankkeeseen liittyy paljon muuta rakentamista, toteutusmuodon valinnan merkitys korostuu. Hankkeen toteutusmuoto vaikuttaa käytännössä kaikkeen riippuen valitusta muodosta. Yleisimmät ja käyttökelpoisimmat toteutusmuodot Suomessa yksittäisten siltojen rakentamis- ja korjausurakoissa ovat kokonaisurakka ja suunnittele ja toteuta -urakka. (RIL 179-2018, 65, 110)

Uuden sillan rakentamiseen liittyy paljon muitakin muuttujia. Näitä muuttujia ovat muun muassa siltapaikka ja sen olosuhteet sekä siltatyypin ja rakennusurakoiden taikka rakennetaanko silta paikallavaluna vai betonielementeistä. Nämä muuttujat vaikuttavat olennaisesti valittuihin rakennustapoihin eri rakenneosien työvaiheissa. Tässä pääluvussa kerron hyvin yleisellä tasolla betonisillan rakentamisesta ja sen vaiheista.

3.1 Työmaan perustaminen

Urakoitsijan perustaessa työmaata on otettava monia asioita huomioon ja laatia töiden toteuttamista varten tuotantosuunnitelmia. Näitä suunnitelmia ovat muun muassa työ- ja laatusuunnitelmat, tekniset työsuunnitelmat, mittaussuunnitelmat, työmaan aluesuunnitelmat, liikenteenohjaussuunnitelmat ja turvallisuussuunnitelmat. Ennen näitä suunnitelmia on kuitenkin laadittava urakan toiminta- ja laatusuunnitelma, jossa esitetään muun muassa työmaaorganisaatio, viestinnän ja laadunhallinnan keinot sekä riskeihin varautuminen. Toiminta- ja laatusuunnitelmaan liitetään laadunvarmistussuunnitelma, johon liitetään luettelo laadittavista tuotantosuunnitelmista. Suunnitelma esitetään tilaajalle urakan aloituskokouksessa. (InfraRYL 2006 Osa 3, s. 74, 78)

Urakoitsijan organisaatio yleensä vastaa rakennushankkeen valmistelusta, mutta valmisteluun osallistuu usein tilaaja, valvoja sekä eri viranomaistahot. Urakoitsijan tulee huolehtia luvat ja ilmoitukset ennen rakennustöihin ryhtymistä. Lupia ja ilmoituksia on paljon erilaisia riippuen hankkeesta. Lisäksi kaikkien hankkeen osapuolten kesken pidetään turvallisuuden aloituskokous, jonka tarkoituksena on käsitellä yhdessä hankkeeseen liittyvät turvallisuusriskit ja menettelytavat sekä työmaan ja lähiympäristön turvallisuuteen liittyvät asiat. (RIL 179-2018, 311)

Hankkeen laatu ja laajuus sekä tilaajan tai kolmansien osapuolten asettamat kokemus- ja pätevyys vaatimukset vaikuttavat olennaisesti työmaan organisaatioon ja työmaan toteuttamisesta vastaavien henkilöiden valintaan. Näitä henkilökohtaisia vaatimuksia usein asetetaan muun muassa työpäällikölle, työmaapäällikölle, liikennejärjestelyistä vastaavalle,

3.2.1 Alusrakenteiden rakentaminen

Alusrakenteet koostuvat usein peruslaatasta, jonka päälle valetaan päätytuki tai välituki. Peruslaatta voidaan perustaa ilman paaluja tai paalujen varaan. Suurpaaluja voidaan käyttää sellaisenaankin alusrakenteena. Alusrakenteilla, kuten muiltakin sillan osilla on tietyt sallitut sijainti- ja muoto- poikkeamat sekä muita laatumuuttujia, jotka tulee saavuttaa. Alusrakenteiden muotti-, rauditus- ja betonointitöihin liittyviä asioita käyn hieman kohdissa 3.2.2 - 3.2.4.

Alusrakenteiden rakentamisen kulku määräytyy monen tekijän mukaan, kuten esimerkiksi mitä perustamistapaa käytetään, rakenneratkaisu ja millaiset pohjaolosuhteet ovat. Sillan alusrakenteiden rakentaminen kuitenkin edellyttää usein kaivu- ja/tai täyttötöitä ja mahdollisesti myös louhintatöitä ennen varsinaisten perustusten rakentamista. Riippumatta perustamistavasta tai pohjaolosuhteista, alusrakenteeseen kohdistuu suuria kuormia, joten alusrakenteella tulee olla erinomainen kantavuus. Perustuksen alapuolisen täytön tulee olla tasainen ja kantava. Kantavuus varmistetaan levykuormituskokein. (InfraRYL 2006 Osa 3, s. 93-94)

Sillan kaivannot voidaan kaivaa avokaivantona, jos maalaji, ympäristö ja käytettävissä oleva tila antavat tähän mahdollisuuden. Avokaivannot tulee luiskata riittävän loivaksi sekä kaivannon pysyvyyttä ja luiskiin syntyviä halkeamia tulee seurata työn aikana. Lisäksi kaivumaiden laatua ja maalajia täytyy työn aikana tarkkailla ja poikkeamat tulee raportoida tilaajan edustajalle. Kaivanto voidaan joutua tukemaan esimerkiksi tilanteissa, jossa maaperän laatu, vedenalainen kaivu tai tilanahtaus sitä edellyttävät. Vedenalaisten perustusten kaivamisessa kaivanto yleensä tuetaan, jotta työn suoritus on edes mahdollista. (RIL 179-2018, 315)

Teräsputkipaalujen kantavuus varmistetaan PDA-mittauksella eli dynaamisella koekuormituksella ja teräsbetonipaalujen ehjyys varmistetaan PIT-mittauksella. Teräsputkipaalujen jatkokset yleensä hitsataan, sillä suuriin teräsputkipaaluihin ei saa holkki- tai kierrejätköä. Hitsausaumojen laatu tarkastetaan ultraäänimittauksilla. Yleensä teräsputkipaalut raudoitetaan käyttäen valmiiksi kasattua ja hitsattua raudoitehäkkiä, jonka jälkeen valetaan itsetiivistyvällä betonilla. (RIL 179-2018, 318)



Kuva 13. Peruslaatan paalutustyöt käynnissä



Kuva 14. Peruslaatan betonointia

3.2.2 Teline- ja muottityöt

Rakenteilla olevat ja paikalla valettavat rakenneosat tuetaan tukitelineillä. Tukitelineet ovat tilapäinen rakenne, jotka voidaan toteuttaa

puurakenteisena kappaletavarasta tai valmistelineenä. Telineisiin joudutaan usein jättämään kulkuaukkoja esimerkiksi yleiselle liikenteelle tai työmaan omalle liikenteelle. Telineiden ja muottien rakentaminen on erittäin tärkeä työvaihe rakentamisen turvallisuuden, kustannuksien ja koko sillan laadun osalta. Muotti- ja telinetöiden kustannukset voivat olla jopa 30 % koko sillan kokonaiskustannuksista. Puutteelliset tukitelineet voivat aiheuttaa merkittävän onnettomuuden. (RIL 179-2018, 321-322, 324)

Ennen tukitelineiden ja muottien rakentamista telineistä on laadittava sil-
takohtainen telinesuunnitelma. Telinesuunnittelija laatii telinesuunnitelman tekemällä yhteistyötä urakoitsijan ja sillan suunnittelijan kanssa. Telinesuunnitelma sisältää muun muassa laskelmat, telinepiirustukset ja detaljit. Urakoitsijan on tarkastettava telinesuunnitelma sekä myös hyväksyttävä se tilaajan edustajalla ennen telinetöiden aloittamista. Muotit tukitelineineen tarkastetaan hyvissä ajoin ennen valua betonityönjohtajan ja telinesuunnittelijan toimesta. (Väylävirasto, 2007, s. 20-21)

Telineiden perustaminen on tärkeä vaihe telinetöissä. Pohjamaan ollessa riittävän kantavaa, telineet perustetaan usein maanvaraisesti tai ohuen kalliomurskeesta tehdyn täyttökerroksen päälle. Täyttökerros helpottaa telineiden perustuksien asennusta ja jakaa telineiden kuormat tasaisesti maahan. Perustuksena pystytukien alla käytetään tyypillisesti puupalkkeja. Telineiden perustuksia voi joutua myös paaluttamaan esimerkiksi silloin, kun pohjamaan kantavuus ei ole riittävä tai telineaukkojen tukiin kohdistuu suuria pistekuormia. Vesistösilta hankkeissa joudutaan usein rakentamaan paalutettu työsilta, jonka päälle kannen telineet rakennetaan. Paalutus voidaan tehdä puupaaluilla, teräsbetonipaaluilla ja teräspaaluilla. (RIL 179-2018, 321-322, 352)

Tukitelineisiin kohdistuu erilaisia kuormia, kuten tuulikuorma ja tukien kaltevuusvirhe sekä merkittävimpana kuormana betonimassan paino ja valupaine. Nämä kuormitukset vaikeuttavat sillan rakentamisen tarkkoihin sijainnin ja muodon toleransseihin pääsemistä. Kuormien aiheuttamiin telineiden kokoonpuristuminen, painuminen ja taipuminen otetaan huomioon ennakkokokohotuksella. Huolellisen työskentelemisen, telinesuunnitelman noudattamisella ja ammattitaitoisien kirvesmiesten avulla telineistä ja muoteista saadaan rakennettua jämää, joka kestää myös valupaineen aiheuttaman rasituksen. (RIL 179-2018, 321-324)



Kuva 15. Sillan tukitelineet (Väylävirasto, 2007, s. 16)

Tukitelineiden pystytyksen yhteydessä rakennetaan asianmukaiset työtelineet, kulkutiet ja portaat kaitein ja potkulaudoin. Nämä mahdollistavat turvallisen työskentelyn muotti-, raudoitus- ja betonointityössä. Rakennettavan rakenteen ollessa korkea, telineet kannattaa varustaa erillisellä porrastornilla. Työtelineiden putoamissuojaukset voidaan rakentaa esimerkiksi sahatavarasta, vanerista tai suojaverkosta. Työtelineille suoritetaan tarkastus ja varustetaan telinekortilla ennen käyttöönottoa. Tietyissä tilanteissa turvavaljaiden käyttö on järkevää. (RIL 179-2018, 319, 323-324)

Peruslaattojen, sillan tukirakenteiden ja betonikansien muotit rakennetaan yleensä paikalla. Muottimateriaalina käytetään vaneria tai ponttilautaa. Näkyvissä pinnoissa käytetään usein lautakuviointia ja terävät kulmat viistetään kolmiorimalla. Muotti kannattaa usein sitoa alumiinisten tankojen ja muottilukkojen avulla valupainetta vastaan. Muotin tulee olla puhdas, tiivis ja sellainen, että haluttu betonipinnan laatu saavutetaan. Muotin laudoituksessa kannattaa kuitenkin huomioida laudan turpoaminen kosteuden vaikutuksesta ja jättää lautojen väliin sopivan kokoinen rako turpoamiselle. (RIL 179-2018, 319, 325)

3.2.3 Raudoitustyöt ja varustelut

Muotin ollessa osittain valmis, aloitetaan raudoitustyöt ja samalla muotti varustellaan tarvittavilla varusteilla ja laitteilla. Sillan osien raudoituksessa käytetään normaaleja harjateräsraudoitteita. Raudoitustyö toteutetaan yleensä paikalla rakentaen tehtaalla valmiiksi katkaistuista ja taivutetuista harjateräksistä. Joissakin tapauksissa on mahdollista käyttää tehtaalla valmiiksi hitsattuja raudoitehäkkeitä tai raudoiteverkkoelementtejä, jolloin

työmaalla tehtävää työtä saadaan vähennettyä. (RIL 179-2018, 317, 319-320, 326)

Raudoitustyön yhteydessä muottiin ja raudoituksiin asennetaan tai jätetään varaukset tarvittaville varusteille ja laitteille. Pääty- ja välitukiin tulevia varusteita ovat muun muassa laakerit, panostilat, kontakti- ja tarkkailutapit sekä vedenjohtolaitteet. Ennen kannen betonointia asennettavia varusteita ja laitteita ovat muun muassa laakerit, kaiteiden pulttiryhmät, kaapeliputket ja kaapelihyllyn kiinnikkeet, valaisinjalustojen kiinnityslaitteet sekä tippu- ja pintavesiputket. (RIL 179-2018, 319, 329)

Muotteja raudoittaessa on tärkeää huolehtia siitä, että raudoitusteräksset ovat asianmukaiset sekä raudoitukset sidotaan ja tuetaan huolellisesti. Raudoitteet tuetaan muovisten raudoitusvälikkeiden ja työterästen avulla sekä sidotaan sinkityllä sidelangalla niin hyvin, että valmis raudoitus täyttää sille asetetut vaatimukset ja toleranssit myös betonoinnin jälkeen. Raudoituksille määritellyn suojaetäisyyden tulee täytyä myös työterästen osalta. Maata vasten valettavissa rakenteissa raudoitteet kannattaa tukea betonikivien varaan. Valmiin raudoituksen ja varustelujen tarkastuksen suorittaa betonityönjohtaja ja usein myös sillan suunnittelija. (BY-koulutus ry, 2016, s. 56, 58) Tarkastuksen jälkeen muotti tuplataan, sidotaan ja pestään ennen betonointia. Raudoitteiden toteutuneet suojaetäisyydet tarkastetaan betonipeitemittarilla.



Kuva 16. Raudoitustyöt käynnissä



Kuva 17. Raudoitustyöt jatkuvat ja muottia osittain tuplattu

3.2.4 Betonointityöt

Betonitöitä johtavan henkilön pätevyyden täytyy vastata betonoitavan rakenteen vaativuutta. Tyypillisesti siltojen rakentamisessa edellytetään vaativien tai poikkeuksellisen vaativien rakenteiden pätevyyttä. (RIL 179-2018, 312)

Betonitöiden ennakoivalmisteluissa on tärkeää ottaa huomioon muun muassa riittävät resurssit, sähkökatkoon varautuminen, mahdollinen jään ja lumen sulatus muotista sekä ennakkokokeet ja laadunvalvonnan järjestäminen. Erityistä huomiota täytyy kiinnittää myös betonipumppuautojen sijoittamiseen ja niiden logistiseen toimivuuteen, jotta betonointi voidaan suorittaa mahdollisimman lyhyillä keskeytyksillä. (RIL 179-2018, 314, 326)

Betonityösuunnitelma on syytä tehdä yksityiskohtaisesti, jotta betonityö onnistuu ja laatu toteutuu. Betonityön suunnittelun merkitys korostuu erityisesti suurissa ja pitkäkestoisissa betonivaluissa sekä silloin, kun kerralla valettavia rakenteita on useampi. Suunnittelussa huomioon otettavia asioita on paljon, mutta suunnitelma on kuitenkin tärkeää käydä yhdessä läpi ennen valua ja jokainen betonityötä suorittava henkilö tietää oman tehtävänsä.

Betonimassan pumppaus tulee suorittaa siten, että massan pudotuskorkeus jää mahdollisimman pieneksi. Kaikki betonoitavat osat tiivistetään sauvatäryttimellä huolellisesti. Etenkin tiheästi raudoitetuilla alueilla, jänteiden ankkurialueella sekä liittyvien rakenteiden alueella tiivistys tulee

suorittaa erityisen huolellisesti, mutta betonimassaa ei saa täryttää myöskään liikaa, jotta kiviaineksen erottumista ja muutoksia ilmahuokosten jakautumisessa ei tapahdu haitallisessa määrin. (RIL 179-2018, 327)

Betonointi on vaihe, jossa punnitaan teline- ja muottitöiden onnistuminen. Varsinkin kannen betonointi on koko siltahankkeen huipentuma. Kannen valunopeuteen vaikuttaa rakenteen ominaisuudet sekä työryhmien ja pumppuautojen määrä. Yleensä järkevä kannen valunopeus on luokkaa 25-35 m³/h/pumppu. Maatukien ja välitukien valunopeutta rajoittaa maksimi nousunopeus, joka on yleensä 0,5 m/h. (RIL 179-2018, 320, 326)



Kuva 18. Kannen betonointia

Betonoitaessa ja betonoinnin jälkeen täytyy varmistaa, että betonin lämpötila ja ympäröivät olosuhteet ovat betonille soveltuvat. Kannen betonoinnissa yläpinta oikaistaan tärypalkilla ohjureita pitkin ja hierretään teräslautasella koneellisesti siten, että se täyttää kannen ja vedeneristysalustan vaatimukset. Reunapalkit ja muut pinnat hierretään yleensä käsin puuhiertona. Hiertämisen jälkeen betoni suojataan veden haihtumiselta jälkihoitoaineella tai muovilla ja kylmissä olosuhteissa myös esimerkiksi pakasmatoilla. (RIL 179-2018, 327)



Kuva 19. Kannen betonointi etenee

Betonin lujuudenkehitystä seurataan tarvittaessa valun ja betonin sitoutumisen aikana jatkuvatoimisilla elektronisilla loggereilla. Lämpötilaseurannalla voidaan arvioida lujuuden kehitystä sekä varmistaa, ettei betonin maksimilämpötila tai poikkileikkauksen eri osien lämpötilaero ole liian suuri. (RIL 179-2018, 327) Muita työmaalla tehtäviä betonimassan laadunvarmistustoimia ovat ilmamäärämittaukset sekä puristuslujuuskoekappaleiden tekeminen. Ilmamäärämittauksilla varmistetaan, että betonimassa täyttää P-lukuvaatimuksen. (Väylävirasto, 2016, s. 2-3)

5-7 vuorokauden kuluttua valusta muotin ei-kantavien osien purkaminen voidaan aloittaa. Muotin ja tukitelineiden kantavat osat voidaan purkaa, kun betoni saavuttaa purkulujuutensa eli yleensä vähintään 60 % nimellisujuudesta. Jännitettävissä rakenteissa jännittämistyöt tulee suorittaa ennen muotin purkamista, mutta muotti tulee purkaa kuitenkin siten, että jännittämisestä aiheutuvat muodonmuutokset voivat tapahtua vapaasti. (BY-koulutus ry, 2016, s. 57)

3.2.5 Jännittämistyöt

Yleisin jännemenetelmä jännitetyissä betonisilloissa on jälkijännitetty tarunnallinen punosjänne, jonka suojaputki jännittämisen jälkeen injektoidaan. Yleensä sillan jänteen suojaputkessa kulkee 7-lankaisia punoksia 12 tai 15 kappaletta. Jäniteitä on tyypillisesti 3-10/palkki. Raudoitustöiden yhteydessä jänneankkurit kiinnitetään muottiin sekä peltiset kierresaumaiset suojaputket teipataan yhtenäiseksi koko jänteen mitalta ja sidotaan oikeaan korkeusasemaansa 2 metrin välein tuettujen orsien päälle. Ennen

betonointia suojaputkien sisään työnnetään kovalla vauhdilla punokset hydraulisella työntölaitteella. Suojaputkien korkeimpiin kohtiin, ankkureiden kohdalle sekä tarvittaessa alimpiin kohtiin asennetaan apuputket injektointityötä varten. (RIL 179-2018, 207, 327-328)

Kannen jännittäminen voidaan suorittaa, kun kannen betoni on saavuttanut sille määritellyn jännittämislujouden, joka on yleensä vähintään 80 % nimellislujuudesta. Tämä saavutetaan yleensä 7-14 vuorokaudessa riippuen betonilaadusta ja lämpötilasta. Vaadittu lujuus varmistetaan kimmoasaralla tai puristamalla olosuhdekoekappaleita. Jännittämistöiden ja injektoinnin aikaiset olosuhteet tulee olla niille soveltuvat. (RIL 179-2018, 328)



Kuva 20. Jännittämistyöt käynnissä ja taustalla vedeneristysalustan kunnostusta

Jännittäminen suoritetaan jänteiden päistä vetämällä hydraulisella tunkilla määritetyssä järjestyksessä, joko vain jänteen toiselta puolelta tai kummaltakin puolelta samanaikaisesti. Työn aikana seurataan jänteeseen aiheutettua voimaa ja venymää sekä verrataan näitä suunniteltuihin arvoihin. Kun jännittämistyö on hyväksytysti suoritettu, jänteet lukitaan ankkurikapaleisiin kiiloilla, ylimääräiset punokset katkaistaan ja suoja-putket injektoidaan paisuvalla sementtilla. Tämän jälkeen jänteiden päädyt jälkivalitaan. (RIL 179-2018, 328)



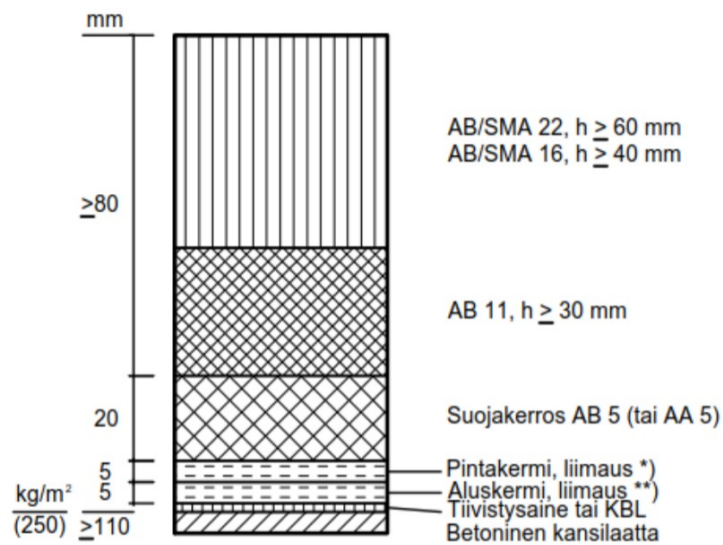
Kuva 21. Jännittämistyöt ja injektioinnit tehty

3.2.6 Vedeneristystyöt ja pintarakenteet

Sillan päällysrakenne vedeneristetään. Päällysrakenteen vedeneristyksen lisäksi sillan tukirakenteiden maanvastaiset betonipinnat eristetään kosteudelta kaksinkertaisella kumibitumisivelyllä. Tällaisia betonipintoja ovat muun muassa siirtymälautojen yläpinnat, päätypalkkien ja maatuken sisäpinnat sekä siipimuurien sisäpinnat. (InfraRYL 2006 Osa 3, s. 187)

Sillan vedeneristämällä estetään hulevesien imeytyminen kannen betonirakenteeseen. Vedeneristystyön yhteydessä tehdään tarvittavat salaojat tippuputkilinjalle, jota pitkin päällysteen läpi suotanut vesi valuu vedeneristeen päällä pois sillan kannelta. Muut hulevedet johdetaan sillan kannelta pintavesiputkien tai pintavesikourujen avulla pois. Mikäli vedeneristys ei ole kunnossa, vesi ja kloridit aiheuttavat kansirakenteeseen vaurioita. (RIL 179-2018, 280, 283-284, 355)

Pääurakoitsijan on huolehdittava ennen vedeneristystöiden aloittamista, että eristysalusta täyttää sille asetetut vaatimukset muun muassa käyryden, karheuden, kosteuden ja puhtauden osalta. Mahdolliset halkeamat injektoidaan sekä betonipinta tarvittaessa hiotaan ja paikataan tasoitteella vaatimukset täyttäväksi sekä hiekkapuhalletaan jälkihoitoaineen poistamiseksi ja riittävän karheuden varmistamiseksi. Betonipinnan karheus varmistetaan lasihelmikokeilla. (InfraRYL 2006 Osa 3, 198, 277) Eristysalusta todetaan vaatimukset täyttäväksi vastaanottokatselmuksessa yhdessä valvojan, vedeneristysurakoitsijan ja pääurakoitsijan kanssa (RIL 179-2018, 357).



Kuva 22. Betonikantisen sillan tyypillinen pintarakenne ajoradalla (Väylävirasto, 2019, s. 52)

Eristettävä betonipinta tiivistetään epoksilla tai pohjustetaan kumibitumiliuoksella riippuen käytettävästä vedeneristyksestä. Käsitteilyn tarkoituksena on vedeneristyksen tartunnan parantaminen ja betonin sisäisestä höyrynpaineesta johtuvan eristeen kuplimisen vähentäminen. Epoksitiivistyksessä epoksi levitetään kahtena kerroksena lastalla ja telalla. Epoksin tiiveys varmistetaan ns. kipinäharavalla ja tartunta betoniin vetokokein. Eristystöitä varten asennetaan sääsuoja, jotta varmistetaan olosuhteiden olevan eristystyölle soveltuvat. (RIL 179-2018, 355, 357)



Kuva 23. Epoksitiivistys tehty

Pintarakenne tehdään määritellyn vedeneristysvaihtoehdon mukaan. Yleisimmin käytettyjä vedeneristystyyppejä ovat kaksinkertainen kumibitumikermitieristys, nestemäinen levitettävä vedeneristys ja kumibitumimastikieristys. Kaksinkertainen kermitieristys on yleisin vedeneriste hyvän kokemuksen ja saatavuuden sekä pitkän käyttöikänsä takia. Kermitieristyksessä kermit liimataan kumibitumilla tai hitsataan siten, että eriste on kiinni kauttaaltaan, eikä väliin jää ilmataskuja. Kermit liimitetään alhaalta ylöspäin sekä kermitieristyksen ja reunapalkin väliin sivelläään kaksinkertainen kumibitumisively. Bitumin lämmityksessä tulee kiinnittää huomiota, ettei bitumi ylikuumennu ja menetä laatuominaisuuksiaan. Aluskermi tartunta varmistetaan vetokokein. (RIL 179-2018, 281, 355, 357)



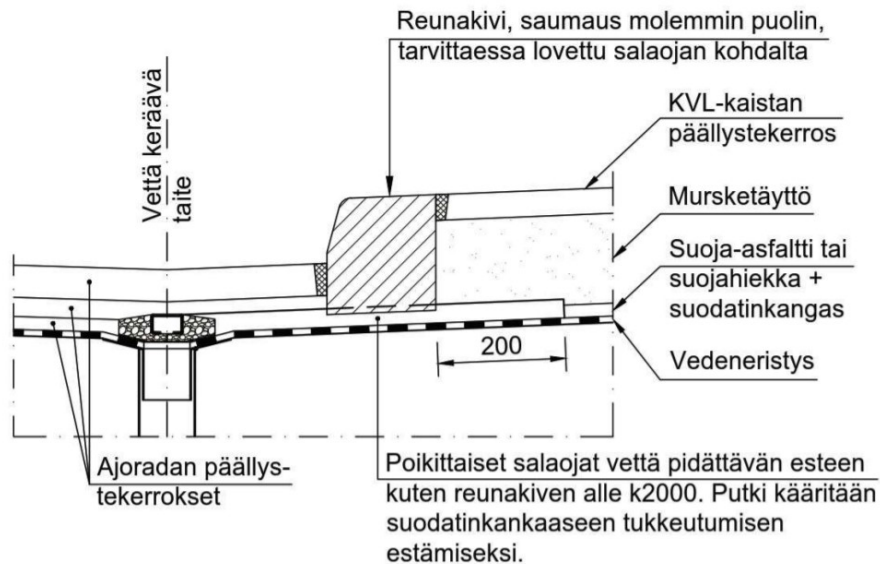
Kuva 24. Aluskermi asennettu



Kuva 25. Pintakermi asennettu

Mastiksieristyksessä levitetään kolaamalla kumibitumista, kiviaineksesta ja täyteaineesta tehtyä massaa, joka tuodaan työmaalle valmiiksi kuumentuna ja sekoitettuna. Mastiksieristyksessä kansi varustellaan ennen betonointia paineentasausputkilla ja mastiksin alle levitetään paineentasausverkko, jolloin höyrynpaine pääsee kulkemaan eristeen alta pois. Nestemäisenä levitettävät vedeneristykset koostuvat yleensä polyuretaanisista, jotka sekoitetaan työmaalla ja levitetään paineruiskun avulla. Nestemäisen vedeneristeen kanssa käytetään tuotekohtaisesti hyväksyttyä tartuntaainetta ja suojakerrosta. Nämä vaihtoehdot ovat puolestaan nopeampia toteuttaa kuin kermieristykset. (RIL 179-2018, 281, 357-358)

Jotta vedeneristys kestää paremmin mekaanista kulutusta, se suojataan suojakerroksella. Eristyksen suojakerros valitaan käytetyn vedeneristyksen mukaan ennen. Päällystystöiden yhteydessä tulee varoa, ettei eristeet pääse liikkumaan esimerkiksi jyrän kulkusuunnan muuttuessa. Asfalttiasosan lämpötilan tulee olla sellainen, että se tiivistyy hyvin, muttei vaurioita eristettä. Päällystystöiden yhteydessä jätetään rimoja/lautoja käyttäen tarvittavat saumat taikka joissain tapauksissa ne sahataan jälkikäteen. Päällysteen saumat saumataan vesitiiviiksi juottamalla kuumana levitettävää bitumipohjaista saumausmassaa. (RIL 179-2018, 359)



Kuva 26. Pintarakenteita kevyen liikenteen väylän ja ajoradan välissä (Väylävirasto, 2019, s. 44)

3.2.7 Sillan ja siltapaikan viimeistelyt

Sillan ympäristön rakenteet ja materiaalit valitaan siten, että ne sopivat siltapaikan luonteeseen ja luonteen asettamille tavoitteille. Siltapaikan luonteeseen vaikuttaa esimerkiksi sillan käyttötarkoitus sekä maisemallinen tai kaupunkihenkinen sijainti. Siltapaikan viimeistelyllä jätetään viimeinen vaikutelma sillan rakentamisen onnistumisesta. Viimeistelytyöillä on suuri merkitys valmiin sillan yleisilmeelle etenkin silloin, kun sillan alitse kulkee liikennettä ja ympäristössä liikkuu paljon jalankulkijoita. (Väylävirasto, 2015, s. 5)

Sillan ja siltapaikan viimeistelyyn kuuluvia töitä ovat muun muassa:

- pengeri- ja sillankaiteiden asennukset juurikorokkeineen
- valaisimien asennukset
- betonipintojen verhoukset ja jälkikäsittelyt
- kuivatuslaitteiden rakentamiset
- luiskien ja keilojen muotoilut vihertöineen ja verhouksineen
- tukimuurien rakentaminen
- kivetykset ja päällysteet
- siivoukset

Sillan kaiteiden on oltava asennettuna ennen liikenteen päästämistä sillalle. Siltojen kaiteet ovat H2- tai H4-tyypin mukaisia törmäystestattuja kaiteita. (RIL 179-2018, 359) Kaiteet asennetaan kiinnityslevyllä reunapalkissa oleviin kaiteiden pulttiryhmiin, jotka on jätetty valun sisään kannen betonoinnin yhteydessä. Kiinnityslevyn ja reunapalkin väliin tehdään juurikoro ke valamalla väli täyteen laastia.



Kuva 27. Siltapaikan viimeistelyjä (Väylävirasto, 2015, kansilehti, s. 18)

Betonipinnat voi verhoilla luonnonkivillä, teräslevyillä taikka ne voidaan käsitellä erilaisilla suoja-aineilla. Luonnonkivillä ja ruostumattomilla/haponkestävillä teräslevyillä suojataan sillan tukirakenteita kemiallisilta sekä mekaanisilta rasituksilta. (RIL 179-2018, 35) Betonin suoja-aineet voidaan luokitella impregnointiaineisiin, vettähylykiviin impregnointiaineisiin, pinnoitteisiin ja töherryksenestoaineisiin. Näillä suoja-aineilla on erilaiset suojausominaisuudet ja toimivat eri tavoin. Suoja-aineen valintaan vaikuttaa, miltä betonia on tarkoitus suojata vai halutaanko vain tehostaa ulkonäköä. (Väylävirasto, 2012a, s. 13)

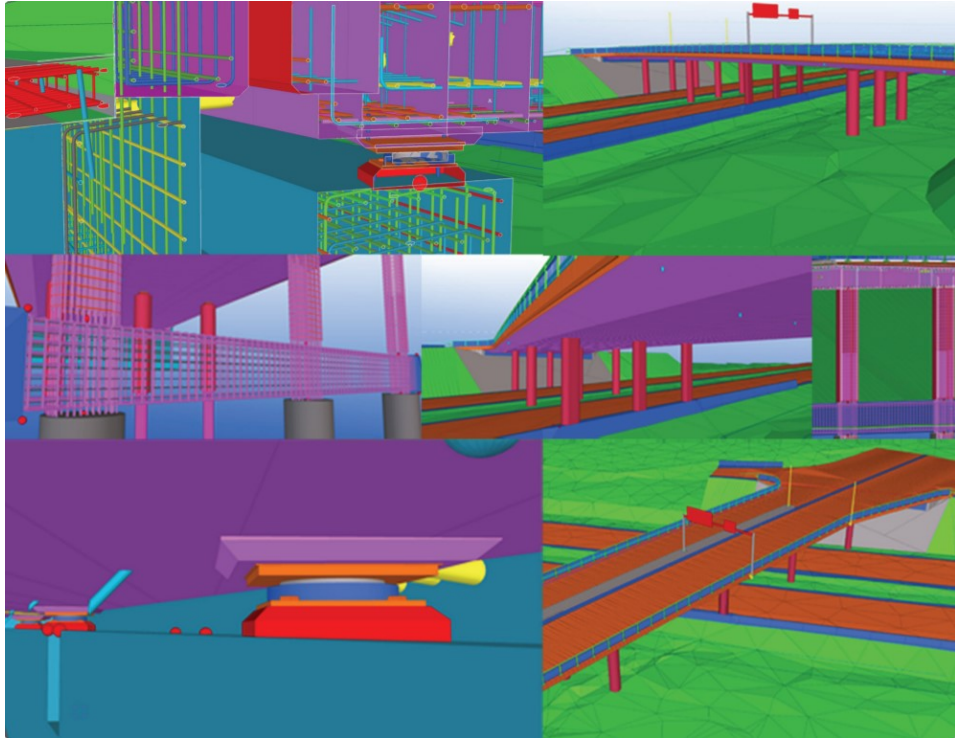
3.3 Tietomallin hyödyntäminen

Tietomallinnuksessa luodaan kolmiulotteisia rakenteita, jotka sisältävät kaiken informaation ja sijaintitiedot. Kolmiulotteinen tietomalli on selkeä ja visuaalinen tapa esittää hankkeeseen liittyviä tietoja sekä tiedonhallinnan työkalu. Kun toteutuneista rakenteista otetut tarkkeet viedään tietomalliin ja tietomallia käytetään pilvipalvelupohjaisesti, voidaan esimerkiksi siirtää tietoa hankkeen eri osapuolille valmistuneista rakenteista sijainti- ja muototietoineen. (RIL 179-2018, 362)

Sillan rakentamisessa tietomalleja urakoitsijat ovat hyödyntäneet vain vähän. Syynä tähän voidaan pitää muun muassa sitä, että urakoitsijalla ei ole kokemusta ja osaamista tietomallien hyödyntämiseen. Urakoitsijoiden olisi kannattavaa panostaa enemmän tietomallien käyttämiseen, sillä taitavalla tietomallien hyödyntämisellä on mahdollista saada mittavia hyötyjä verrattuna perinteisempään projektinhallintaan verrattuna. Tilaajat ovatkin jo alkaneet vaatia jo urakkatarjouksen liitteeksi suunnitelmaa tietomallipohjaisesta laadunvalvonnasta. Myös tarpeeksi kattavasta tietomallin hyödyntämisestä on maksettu bonuksia tai määrätty sanktioita sen laiminlyönnistä. Tulevaisuudessa urakoitsijalle luovutettava suunnitelma-aineisto saattaa ehkä olla vain tietomallien varassa. (RIL 179-2018, 361)

Esimerkiksi raudituspiirustusten hahmottamisen lisäksi tietomallipohjaisista siltasuunnitelmista urakoitsijalle on useita muitakin etuja. Jo urakan alkuvaiheessa tietomalliin voidaan hahmotella sillan rakentamisen eri vaiheita visuaalisemmin sekä havaita mahdollisia ongelmakohtia. Työmaan

aluesuunnitelma voidaan tehdä tietomalliin mallintamalla työmaatilat sekä muut tilaa vievät rakenteet oikeassa mittasuhteessa. Mallintamalla voi suunnitella myös muun muassa työmaan työnaikaisia rakenteita, logistiikkaa, kulkureittejä sekä nostureiden ja betonipumppujen paikkoja sekä ulottumia. (RIL 179-2018, 362-363)



Kuva 28. Kuvakaappauksia tietomallin näkymistä (Väylävirasto, 2014b, kansilehti)

Perinteisen määräluettelon lisäksi mallinnetuista rakenneosista urakoitsijan on mahdollista suorittaa määrälaskentaa ja laatia tarvittavia listauksia halutulla tavalla nopeasti ja lähes automaattisesti. Tämä kuitenkin edellyttää sitä, että tietomalli on tehty mahdollisimman täsmällisesti ja rakenneosat on nimetty nimikkeistön mukaan oikein. Näkymättömät mallinnusvirheet saattavat aiheuttaa virheitä määrälaskentaan. Etenkin tärkeimmissä hankinnoissa syntyvän hukan minimoimiseksi kannattaa määrälaskentaa ja mallinnusta ymmärtävän henkilön tarkastaa määrät. (RIL 179-2018, 363)

Tietomallinnuksella voidaan myös aikatauluttaa projekti hyvinkin tarkasti. Tietomallilla toteutetusta aikataulusta voidaan esittää visuaalisessa muodossa aikaan ja paikkaan sidotut rakenneosan erivaiheet, esimerkiksi muotti, rauditus ja betonointi. Tällöin aikataulu saadaan optimoitua ja havaitaan helpommin riippuvaisuudet ja päällekkäisyydet. (RIL 179-2018, 364)

4 LAADUNVARMISTUS SILLAN RAKENTAMISESSA

4.1 Siltaurakoitsijat

Sillan rakennus- ja korjaushankkeet ryhmitellään hankekohtaisesti niiden suuruuden tai vaativuuden perusteella vaatimusryhmiin. Siltahankkeissa pääurakoitsijalla tulee olla hankkeen suuruuteen ja vaativuuteen nähden soveltuva yritystasoinen ulkopuolisen tahon myöntämä siltasertifikaatti. Sertifikaatin myöntämisessä arvioidaan muun muassa henkilöresursseja, taloudellisia edellytyksiä, laadunhallintajärjestelmää ja sen toimivuutta sekä aikaisempia siltareferenssejä. Ajantasaista listaa siltaurakoitsijoista vaatimusryhmineen ylläpidetään RALA ry:n verkkosivuilla. (Väylävirasto, 2017b, s. 1-6)

Sillan rakennus- ja korjaushankkeiden vaatimusryhmät ovat:

- R1. Suuret tai erittäin vaativat siltaurakat
 - R2. Keskisuuret tai vaativat siltaurakat
 - R3. Tavanomaiset siltaurakat
 - K1+. Erittäin suuret ja erittäin vaativat sillankorjausurakat
 - K1. Suuret ja vaativat sillankorjausurakat
 - K2. Pienet ja tavanomaiset sillankorjausurakat
- (Väylävirasto, 2017b, s. 1-2)

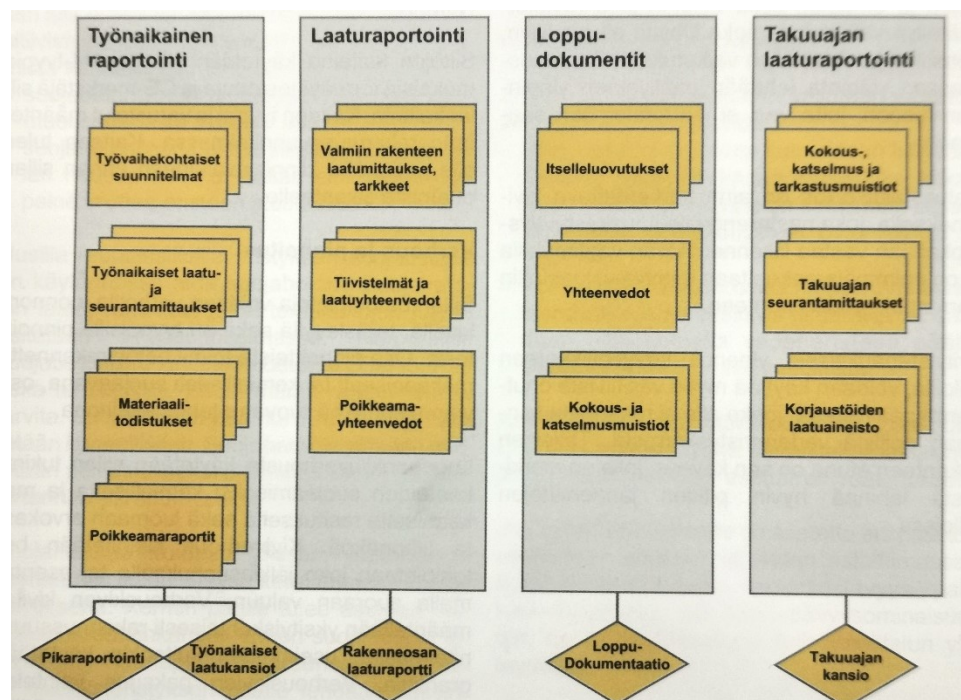
Siltahankkeessa pääurakoitsijan siltasertifikaatin lisäksi myös teknisesti vaativia töitä tekeviltä yrityksiltä vaaditaan ulkopuolisen tahon myöntämä sertifikaatti tai RALA-pätevyys. Tällaisia töitä ovat muun muassa injektointi, pinnoittaminen, jännittäminen, tiivistyskäsittelyt sekä vedeneristystyöt. (Rakentamisen Laatu RALA ry, 2020)

4.2 Laaturaportointi

Hankkeen laadunvarmistuksen toimenpiteet suunnitellaan käytännössä urakka-asiakirjojen, InfraRYL:in ja muiden määräysten pohjalta. Työmaan laadunvarmistusprosessiin vaikuttaa myös urakkakohtainen toiminta- ja laatusuunnitelma sekä urakoitsijan omat yrityskohtaiset laadunvarmistuskäytännöt, joita valvotaan kolmannen osapuolen toimesta. (RIL 179-2018, s. 360-361)

Rakennettavan sillan laatuun vaikuttaa merkittävästi urakoitsijan laadunhallintaosaaminen sekä pätevyys ja kokemus. Sillalle asetetut laatuvaatimukset saavutetaan, kun työt toteutetaan suunnitelmallisesti. Urakoitsijan on laadittava kaikista työvaiheista työ- ja laatusuunnitelma sekä tarvittaessa myös tekninen työsuunnitelma. Työ- ja laatusuunnitelmissa urakoitsija esittää ne laadunhallintatoimenpiteet, joilla osoitetaan tilaajalle laatuvaatimusten täyttyminen. Toteutunut laatu esitetään dokumentoidusti. (RIL 179-2018, 36)

Urakoitsijan täytyy pystyä osoittamaan valmiin rakenteen, rakenneosien, varusteiden sekä materiaalien vaatimustenmukaisuus (InfraRYL 2006 Osa 3, s. 79). Näiden vaatimustenmukaisuus osoitetaan useilla erilaisilla dokumenteilla, kuten mittaus- ja tarkastusraporteilla, luetteloilla, todistuksilla sekä valokuvilla työvaihekohtaisten suunnitelmien lisäksi. Nämä asiat listataan siltakohtaiseen laadunvarmistussuunnitelmaan. (RIL 179-2018, 112-113, 361) Tämä laadunvarmistussuunnitelma on tärkeää käydä heti urakan alkuvaiheessa tilaajan edustajan kanssa yhdessä läpi ja varmistaa laadunvarmistussuunnitelman riittävyys. Samalla sovitaan laadun raportoinnin käytännöistä tarkemmin muun muassa kansioinnin ja aikataulun osalta. Laatuasioita raportoidaan ja käsitellään lisäksi säännöllisin välein työmaakokouksissa.



Kuva 29. Dokumentointimalli (RIL 179-2018, 360)

Väyläviraston omistamien siltojen kaikki tiedot ja suunnitelmat sekä kaikki rakentamisen aikana syntyneet laatuaineistot tallennetaan Taitorakennerekisteriin. Taitorakennerekisteri on siltojen ns. tietopankki, jonne tallennetaan siltojen tiedot kaikki tiedot jo suunnittelusta koko sillan elinkaaren päättymiseen saakka. Kunnilta edellytetään myös pitää siltatiedot ajan tasalla, joten myös kunnille tarjotaan mahdollisuutta viedä siltojensa tiedot rekisteriin. Siltatietojen vieminen Taitorakennerekisteriin on tilaajan vastuulla. Rakentamisvaiheessa sillan toteumatietojen tallentamisesta sovitaan tapauskohtaisesti. Toteumatietojen tallentamisen rekisteriin voi tehdä tilaajan edustaja, valvoja, urakoitsija taikka erikseen tähän tehtävään valittu konsultti. (Väylävirasto, 2018, s. 8-9, 16)

4.3 Noudatettavat määräykset ja ohjeet

Siltahankkeeseen liittyy paljon erilaisia määräyksiä ja vaatimuksia. Rakennettavan sillan työsisältö ja laatu on esitetty käytännössä urakka-asiakirjoissa ja yleisissä laatuvaatimuksissa. Yleisiä laatuvaatimuksia (InfraRYL) noudatetaan, mikäli urakka-asiakirjoissa ei ole määriteltynä erikseen silta-kohtaisia työ- ja laatuvaatimuksia. Urakka-asiakirjoissa tai yleisissä laatuvaatimuksissa voidaan viitata erilaisiin standardeihin ja julkaisuihin, joita työssä noudatetaan.

Tällaisia julkaisua lukuisien standardien lisäksi ovat muun muassa:

- Suomen Rakennusinsinöörien Liiton julkaisut, kuten
 - RIL 263-2014 Kaivanto-ohje
 - RIL 254-2016 Paalutusohje. PO-2016
- Suomen Betoniyhdistyksen julkaisut, kuten
 - by 40 Betonirakenteiden pinnat / Luokitusohjeet 2003
 - by 65 Betoninormit 2016
- Päällystealan neuvottelukunnan julkaisut, kuten
 - Asfalttinormit 2017
 - PANK-menetelmät
- Väyläviraston julkaisut, kuten
 - Taitorakenteiden tehostetut betonin laadunvarmistustöimenpiteet, 18.11.2016 ”Myllykirje”
 - Siltabetonien P-lukumenettely
 - Tämän tulee korvaamaan Infrabetonien valmistusohje
 - Standardien soveltamisohjeet
 - Siltojen kaiteet
 - Kimmovasaran käyttäjän ohje
 - Sillan vedeneristystyömaan laadunmittaus
 - SILKO-ohjeet (yleiset laatuvaatimukset, työkohtaiset laatuvaatimukset, SILKO-hyväksytyt materiaaliluettelot)
 - Tyyppipiirustukset (siirtymälaatat, kaiteet, salaojat, tippu- ja pintavesiputket jne.)

Julkaisuja on lukuisia sekä niitä päivitetään jatkuvasti, joten urakoitsijan täytyy pysyä ajan tasalla siitä, mitkä julkaisut ovat voimassa. Olennaista kuitenkin on lukea urakka-asiakirjat huolellisesti, sillä niiden määräykset ja laatuvaatimukset sijoittuvat pätevyysjärjestyksessä yleisten laatuvaatimusten edelle. Periaatteessa tilaaja kuitenkin määrittelee, mitä asiakirjoja työssä noudatetaan ja niiden keskinäisen pätevyysjärjestyksen. (InfraRYL 2006 Osa 3, s. 9-10)

Työ- ja laatusuunnitelmiin laatuvaatimukset sekä toleranssit löytyvät pääosin osin InfraRYL:stä. InfraRYL on tarkoitettu rakennuttajille, suunnittelijoille, urakoitsijoille sekä materiaalivalmistajille. InfraRYL-julkaisut ovat yhtenäisiä ja yhteisiä hyvän rakennustavan kirjallisia kuvauksia. Kuvaukset perustuvat eri tahojen laatimiin laatuvaatimuksiin, selostuksiin ja

standardeihin sekä näiden perusteella luotuu käsitykseen hyvästä rakennustavasta. InfraRYL:n tavoitteena on määrittää työsuorituksen lopputuloksen tekninen laatu. InfraRYL:ssä esitetään lähes kaikelle työlle ja materiaaleille toleranssit sekä muut laatuvaatimukset. Mikäli hankkeessa tulee erimielisyyksiä eikä urakka-asiakirjoissa mainita laatutasosta, niin silloin sovelletaan InfraRYL:n laatutasoa, ellei ole erityistä syytä soveltaa jotain muuta julkaisua. (InfraRYL 2006 Osa 3, s. 9)

4.4 Uusi ja vanha InfraRYL

Hankkeissa on ollut aikaisemmin käytössä seuraavat yleiset laatuvaatimukset:

- InfraRYL 2010, Osa 1 Väylät ja alueet
- InfraRYL 2006, Osa 2 Järjestelmät ja täydentävät osat
- InfraRYL 2006, Osa 3 Sillat ja rakennustekniset osat
- InfraRYL 2006, Osa 4 Liikunta- ja virkistyspaikkojen rakenteet

Nämä julkaisut ovat korvattu 2017 alkaen näiden päivitettyillä versioilla, joita on tarkoitettu käytettäväksi InfraRYL-verkkopalvelun kautta. Nämä versiot otetaan käyttöön hankekohtaisesti ilmoittaen sopimusasiakirjoissa. Tekniset vaatimukset ovat jaoteltu verkkopalveluun seuraavasti:

- 10 000 Maa-, pohja- ja kalliorakenteet (myös kirjana)
- 20 000 Pinta- ja päällysrakenteet (myös kirjana)
- 30 000 Järjestelmät
- 40 000 Rakennustekniset rakennusosat
(Rakennustieto, n.d.)

Näiden päivitysten seurauksena sisältö ja lukujen järjestys on muuttunut huomattavasti. Joitakin lukuja on lisätty ja joitakin poistettu tai muutettu. Viittauksia muihin julkaisuihin ja standardeihin on myös päivitetty. Suuria muutoksia on tapahtunut muun muassa siltojen yleisessä kohdassa, betonikohdissa ja pintarakenteissa. Kaikkialle on tullut pieniä muutoksia, mutta moni asia on myös pysynyt samana. Palvelusta löytyy lisäksi siltoihin liittyen vertailuhakemisto, jossa esitetään millaisia muutoksia litteroinnin ja otsikoinnin osalta on tullut vanhasta InfraRYL:stä uuteen. Verkkopalvelussa on myös muuta sisältöä, kuten sanastot ja termihakemistot sekä nimikkeistöluettelot. Palvelusta löytyy myös Yleiset inframallivaatimukset (YIV), jonka tarkoituksena on ohjata, yhdenmukaistaa ja kehittää infrarakentamisen tietomallintamista sekä tietomallipohjaista tiedonhallintaa (Rakennustieto, 2019).

Uuden InfraRYL-verkkopalvelun etuina ovat muun muassa:

- Ajantasaisuus (päivitykset näkyvät heti)
- Aikaisemmin voimassa olleet versiot jäävät palveluun, joita käyttäjä voi halutessaan selata
- Tulevissa päivityksissä keskeisimmät muutokset näkyvät erikseen
- Viitteet ja määrämittausohjeet ovat kätevästi linkitetty

- Hakutoiminto, jossa myös sisällön rajaushmahdollisuus
- Luvusta alilukuineen voi tulostaa pdf-tiedostoja
- Voi käyttää tabletilla ja matkapuhelimessa
(Rakennustieto, n.d.)

Työ- ja laatusuunnitelmapohjia tehdessä verkkopalvelu oli mielestäni kuitenkin haastava käyttää ja ehkä hieman keskeneräinen. Esimerkiksi palvelun vasemmassa reunassa olevaa lukujen avausvalikkoa on mielestäni hieman kömpelöä käyttää ja alaluvut erottuvat epäselvästi ylemmistä luvuista. Lisäksi yksittäisestä suuremmasta pääluvusta ei voi luoda PDF-tiedostoa, mikäli siihen haluaa saada näkymään kaiken kyseisen luvun alaluvuista. Näin ollen käyttäjä joutuu luomaan useammasta alaluvusta erikseen PDF-tiedoston.

4.5 Työ- ja laatusuunnitelmien laatiminen

Työmaan laadunvarmistussuunnitelman mukaisesti kaikista työvaiheista täytyy laatia työvaiheen työ- ja laatusuunnitelma. Samaan työ- ja laatusuunnitelmaan voidaan yhdistää useampi työvaihe riippuen tilanteesta ja rakenneosasta. Työ- ja laatusuunnitelma toimitetaan tilaajan edustajalle tarkastettavaksi viimeistään viikkoa ennen kyseisen työvaiheen aloittamista, ellei urakka-asiakirjoissa ole muuta sovittu. Suunnitelman tarkoituksena on varmistaa, että kaikki työvaiheeseen liittyvät laatuvaatimukset ja toleranssit täyttyvät ja, että vaatimuksenmukaisuuden osoittaminen dokumentoidaan asianmukaisesti. (InfraRYL 2006 Osa 3, s. 78) Tilaajan edustaja tarkastuksellaan varmistaa, että laadunohjauksen ja -varmistuksen toimenpiteet ovat riittäviä vaaditulle laatutasolle (Väylävirasto, 2003, s. 10).

Työ- ja laatusuunnitelmissa esitetään muun muassa

- aloitusedellytykset ja työvaihetta valmistelevat asiat
- työvaiheessa käytettävät suunnitelmat ja ohjeet
- työnsuoritus yksityiskohtaisesti (menetelmät, aikataulu, työjärjestys, vastuut)
- työturvallisuusohjeet ja mahdolliset turvallisuussuunnitelmat
- ympäristön huomioiminen
- laadunvarmistustoimenpiteet
- vaatimustenmukaisuuden osoittaminen (mitattava asia, toleranssi/vaatimus, mittausten menetelmä, mittausstiheys, dokumentointi, vastuuhenkilö sekä viite)
(Turun kaupunki, 2019b)

On tärkeä tiedostaa, että työvaihekohtaiset suunnitelmat laaditaan työmaata ja urakoitsijaa varten, eikä vain tilaajaa varten. Kun työ- ja laatusuunnitelmat laaditaan hyvissä ajoin, huolellisesti ja yksityiskohtaisesti, ne palvelevat hyvin työmaata laadun lisäksi myös ajankäytön ja kustannuksien suhteen. Suunnitelmien laatimisessa on myös tärkeää, että sen laatija tutustuu työhön ja työkohteeseen urakka-asiakirjojen lisäksi myös paikan

päällä. Mikäli suunnitelmia laatiessa käyttää apuna vanhoja malleja edellisiltä työmailta, tulee kiinnittää erityistä huomiota siihen, että suunnitelma vastaa nimenomaan kyseessä olevaa työmaata.

Tekemissäni työ- ja laatusuunnitelmapohjissa on täydennetty uuden InfraRYL:n mukaiset laatuvaatimukset ja toleranssit, mittaustiheyksineen ja viittauksineen, mutta muut kohdat on jätetty tyhjäksi ja työmaalla täytettäväksi. Pohjissa on myös päivämäärä, milloin niissä esitetyt vaatimukset ovat olleet voimassa. Jos vaatimukset muuttuvat, täytyy myös pohjat päivittää vastaamaan sen hetkisiä vaatimuksia. Työmaalla pohjia täydentessä tulee varmistua, että pohjien vaatimukset ovat ajantasaiset eikä niissä ole ristiriitaisuuksia urakka-asiakirjoihin. Laatimiani pohjia käyttäessä tulee huomioida myös se, että kaikkia vaatimuksia niihin ei voi valmiiksi täydentää, sillä rakenteisiin liittyy muuttujia, jotka määritetään vasta urakka-asiakirjoissa. Viittaukset kannattaa merkata pohjiin sen takia, että niitä voi tarvittaessa tarkastella alkuperäisestä lähteestä.

4.6 Laatupoikkeamat

Vaatimustenmukaisuuden tarkastamisesta laaditaan pöytäkirja tai muu dokumentti. Tarkastus voidaan tehdä esimerkiksi silmämääräisesti, mittanauhalla, takymetrillä taikka jollain muulla laitteella. Jos tarkastusten tai muiden havaintojen perusteella epäillään laadun alituksia, lisätään tarkastuksia niin paljon, että pystytään määrittämään korjattavat kohdat ja/tai arvonvähennykset. Korjaustoimenpiteitä vaativasta laatupoikkeamasta tulee ilmoittaa tilaajan edustajalle välittömästi, kun sellainen havaitaan. (InfraRYL 2006 Osa 3, s. 79)

Laatupoikkeamasta laaditaan poikkeamaraportti, johon kuvataan tapahtunut poikkeama, poikkeamaan johtaneet syyt ja toimenpiteet sen toistumisen estämiseksi sekä korjausehdotus. Mikäli poikkeaman korjaaminen on hyvin vaikeaa tai se aiheuttaisi kohtuuttomia kustannuksia, urakoitsija voi esittää raportissa syyt korjaamisesta luopumiselle. Korjaustoimenpiteisiin tai sen peittämiseen saa ryhtyä vasta tilaajan edustajan myönnettyä siihen luvan. (InfraRYL 2006 Osa 3, s. 79)

Enimmäispoikkeama tarkoittaa niin suurta poikkeamaa, että sen ylittyessä edellytetään yleensä rakenteen korjaamista taikka uudelleen rakentamista (InfraRYL 2006 Osa 3, 257). Jos rakenteen laatupoikkeama ylittää sallitun poikkeaman, mutta alittaa kuitenkin enimmäispoikkeaman, työ voidaan ottaa kuitenkin vastaan arvonmuutoksella. Tilaajan ja urakoitsijan on kuitenkin sovittava tapauskohtaisesti, kuinka poikkeaman kanssa menetellään. Arvonmuutos eli urakoitsijalta perittävän hyvityksen määrä määritetään Väyläviraston julkaiseman Sillanrakentamisen ja -korjaamisen arvonmuutosperusteet -ohjeen perusteella. (Väylävirasto, 2014a, s. 7-8)

5 POHDINTA

Tämän opinnäytetyön aiheena oli laatia uuden betonisillan rakentamiseen liittyen kattavat työ- ja laatusuunnitelmapohjat, joita työmaalla voidaan hyödyntää tulevaisuudessa. Saamiani työ- ja laatusuunnitelmamalleja apuna käyttäen ja sovitun listauksen mukaan keräsin uudistetusta InfraRYL:stä sekä muista voimassa olevista määräyksistä työssä noudatettavat laatuvaatimukset ja toleranssit.

Pohjien laatimiseen sain avuksi myös täysin tyhjän TerraWisen oman työ- ja laatusuunnitelmapohjan, jota parantelin hieman ennen kuin aloin työstämään siitä valmiita pohjia. Pohjien laatimisessa keskityin siihen, että niistä tulee mahdollisimman yksiselitteiset ja helposti ymmärrettävät. Tiedostojen nimeämiseen ja kansiointiin tuli kiinnittää myös huomiota, koska pohjia tuli useita ja, että työmaalla oikea tiedosto löytyy vaivattomasti.

Saadessani opinnäytetyöaiheen, tietämykseni sillan rakentamisesta oli aika vähäinen. Heti ensimmäisenä minun täytyi tutustua aiheeseen ja selvittää itselleni todella paljon asioita. Aiheeseen tutustuessani huomasin, että sillan rakentamiseen liittyy paljon muuttujia ja erilaisia asioita, jotka tulee rakentaessa ottaa huomioon. Aiheeni oli siis todella laaja, mutta aiheeseen tutustumista ja kokonaisuuden hahmottamista helpotti tuore Suomen Rakennusinsinöörien Liiton julkaisema Sillat - suunnittelu, toteutus ja ylläpito -kirja sekä käytössäni olevat urakka-asiakirjat.

Hahmotettuani kokonaisuuden paremmin, oli helpompi suunnitella teoriaosuuden sisältöä ja otsikoiteja. Opinnäytetyön tilaajan toiveena oli käsitellä teoriaosuudessa laajasti sillan rakentamisen kokonaisuutta sekä käydä läpi siltatyyppit perustamistapoiheen. Koska työssä käsitellään laajasti ja yleisellä tasolla betonisillan rakentamista, tällöin muuttujia on niin paljon, että otsikoita en voinut seikkaperäisesti kirjoittaa auki.

Tämä opinnäytetyö oli minulle todella opettavainen, sillä selvitettäviä asioita oli paljon. Pohjia työstäessäni minun täytyi myös tutustua hyvinkin tarkasti muun muassa InfraRYL:iin ja muihin noudatettavaan määräyksiin ja ohjeisiin, joten nämäkin tulivat tutuiksi. Tässä vaiheessa kävi ilmi, että kaikkia mahdollisia laatuvaatimuksia ja toleransseja ei ole järkevää täydentää pohjiin, sillä osaan niistä liittyy muuttujia, jotka määritellään vasta urakka-asiakirjoissa. Loppujen lopuksi työntoteuttaja vastaa työ- ja laatusuunnitelmien laatimisesta. Valmiit pohjat kävimme vielä opinnäytetyön tilaajan kanssa yhdessä läpi, jonka perusteella tein niihin vielä viimeiset viilaukset.

Opinnäytetyön tuloksena muodostui seuraavat työ- ja laatusuunnitelmapohjat:

- Paalulaatta
 - Teräsbetonipaalutus, muotti, raudoitus, betonointi
- Siirtymälaatta

- Muotti, raudoitus, betonointi
- Suurpaalutus
 - Paalutus, raudoitus, betonointi
- Peruslaatta
 - Alus- ja taustatäytöt, muotti, raudoitus, betonointi
- Pääty- ja välituet
 - Muotti, raudoitus, betonointi
- Päällysrakenne
 - Muotti, raudoitus, betonointi, jännittäminen
- Pintarakenne
 - Betonikivetykset, bitumisaumaukset, betonipintojen impregnointi
- Varusteet ja laitteet
 - Laakerointi, kaiteet juurikorokkeineen, kontakti- ja tarkkailutapit, kuivatusjärjestelmät, sähköistys ja valaistus

Valmiit työ- ja laatusuunnitelmapohjat ovat nyt ajantasaiset, ulkoasultaan yhtenäiset sekä Word-muotoisena, jolloin ne ovat helpompia täydentää kuin aikaisemmat Excel-muotoiset pohjat. Tilaajan palautteen mukaan tavoitteisiin päästiin. Pohjat tulevat kokeiluun seuraaviin hankkeisiin, jolloin tavoitteisiin pääseminen selviää paremmin.

LÄHTEET

by 65 Betoninormit 2016. Helsinki: BY-Koulutus ry.

Puuinfo. (n.d.). Puusillat. Haettu 19.1.2020 osoitteesta <https://www.puuinfo.fi/puutieto/puusillat>

InfraRYL 2006. Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset. Osa 3 Sillat ja rakennustekniset osat. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Rakennustieto. (n.d.). Haettu 4.2.2020 osoitteesta <https://www.rakennustieto.fi/infrarylnet>

Rakennustieto. (2019). Haettu 4.2.2020 osoitteesta <https://ryl.rakennustieto.fi/yleisetinfamallivaatimukset>

Sillanrakentamisen ja -korjaamisen aliurakoitsijat. (2020). Rakentamisen Laatu RALA ry. Haettu 1.2.2020 osoitteesta: <https://www.rala.fi/yritys-haku17/siltaurakoitsijat/aliurakoitsijat/>

RIL 179-2018. *Sillat - suunnittelu, toteutus ja ylläpito*. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien liitto RIL ry

Tausta-aineisto: Pyhän Marian sillan rakennussuunnitelmat. (2019a). Turun kaupunki.

Tausta-aineisto: Pyhän Marian tien ja sillan rakentaminen. (2019b). Urakkaohjelma. Turun kaupunki.

Versowood. (2017). Puusillat. Haettu 19.1.2020 osoitteesta <https://www.versowood.fi/fi/tuotteet/maa-ja-tierakentamisen-tuotteet/puusillat>

Väylävirasto. (2017a). Eurokoodin soveltamisohje - Geotekninen suunnittelu - NCCI 7. Siltojen ja pohjarakenteiden suunnitteluohjeet 21.4.2017. Haettu 10.12.2019 osoitteesta https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo_2017-13_ncci7_web.pdf

Väylävirasto. (2012a). SILKO 1.251 Betonin suojaaminen. Haettu 30.1.2020 osoitteesta <https://julkaisut.vayla.fi/sillat/silko/kansio1/s1251.pdf>

Väylävirasto. (2015). SILKO 1.901 Siltapaikan viimeistely. Haettu 30.1.2020 osoitteesta <https://julkaisut.vayla.fi/sillat/silko/kansio1/s1901.pdf>

Väylävirasto. (2012b). Sillan geotekninen suunnittelu. Sillat ja muut taitorakenteet. Haettu 11.12.2019 osoitteesta https://julkaisut.vayla.fi/pdf3/lo_2012-11_sillan_geotekninen_web.pdf

Väylävirasto. (2003). Sillanrakentamisen laaduntarkastusohje - SILTO. Haettu 4.2.2020 osoitteesta <https://julkaisut.vayla.fi/sillat/julkaisut/silto2003netti.pdf>

Väylävirasto. (2014a). Sillanrakentamisen ja -korjaamisen arvonmuutosperusteet - SAP 2014. Haettu 5.2.2020 osoitteesta https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo_2014-34_sap_2014_web.pdf

Väylävirasto. (2013a). Sillantarkastuskäsikirja. Suunnittelu- ja toteuttamisvaiheen ohjaus. Haettu 5.2.2020 osoitteesta https://julkaisut.vayla.fi/pdf3/lo_2013-26_sillantarkastuskasikirja_web.pdf

Väylävirasto. (2013b). Sillat ja ympäristö. Haettu 5.2.2020 osoitteesta https://julkaisut.vayla.fi/pdf3/lop_2013-03_sillat_ymparisto_web.pdf

Väylävirasto. (2017b). Siltaurakoiden ryhmittely. Haettu 1.2.2020 osoitteesta: https://julkaisut.vayla.fi/sillat/asiakirjat/siltaurakoiden_ryhmittely_web.pdf

Väylävirasto. (2014b). Siltojen tietomalliohje. Haettu 6.2.2020 osoitteesta https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo_2014-06_siltojen_tietomalliohje_web.pdf

Väylävirasto. (2017). Siltojen tukitelineet - 2007. Suunnittelu- ja toteuttamisvaiheen ohjaus. Haettu 23.1.2020 osoitteesta <https://julkaisut.vayla.fi/sillat/julkaisut/tukitelineet-2007.pdf>

Väylävirasto. (2016). Taitorakenteiden tehostetut betonin laadunvarmistustoimenpiteet. Haettu 26.1.2020 osoitteesta https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/paatos_2016_taitorakenteiden_tehostetut_betonin_web.pdf

Väylävirasto. (2018). Taitorakenteiden tiedon käsittely. Tiedon syöttäminen taitorakennerekisteriin ja dokumenttien toimittaminen arkistoon. Haettu 2.2.2020 osoitteesta https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo_2018-36_taitorakenteiden_tiedon_web.pdf

Väylävirasto. (2012c). Teräsputkisillat. Haettu 5.2.2020 osoitteesta https://julkaisut.vayla.fi/pdf3/lo_2012-02_terasputkisillat_suunniteluohje_web.pdf

Väylävirasto. (2019). Täydentäviä ohjeita siltojen suunnitteluun. Haettu 6.2.2020 osoitteesta https://julkaisut.vayla.fi/pdf11/vo_2019-04_toss_web.pdf