

Johanna Holopainen

LAADUNVARMISTUS JA -DOKUMENTOINTI SILLANRAKENTAMISESSA

LAADUNVARMISTUS JA -DOKUMENTOINTI SILLANRAKENTAMISESSA

Johanna Holopainen
Opinnäytetyö
Kevät 2024
Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma, Yhdyskuntatekniikka

Tekijä: Johanna Holopainen
Opinnäytetyön nimi: Laadunvarmistus ja -dokumentointi sillanrakentamisessa
Työn ohjaaja: Jarmo Erho, lehtori, Oulun ammattikorkeakoulu
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2024
Sivumäärä: 27 + 4 liitettä

Opinnäytetyössä käsiteltiin sillanrakentamiseen liittyviä laadunvarmistuksen, laadunhallinnan ja laaturaportoinnin vaatimuksia sekä laaturaportointia. Sillanrakentaminen vaatii jatkuvaa valvontaa ja raportointia eri työvaiheista töiden edetessä. Työn tavoitteena oli selvittää, mitä menetelmiä sillanrakentamisen laadunhallintaan liittyy ja minkälaisia vaatimuksia on otettava huomioon eri työvaiheissa. Työn tarkoituksena on toimia yksinkertaisena ja selkeänä koosteena laadunhallintaan. Koosteen avulla sillanrakentamisen laatuaineistosta vastaavan henkilön on helppo muodostaa laadunhallinnalle tarvittavat suunnitelmat, laadunvarmistukseen liittyvät tarkastukset sekä tuottaa selkeää laatudokumentointia koko hankkeen ajan.

Opinnäytetyössä hyödynnettiin työmaalta hankittua tietoa laadunhallinnasta. Työssä käytettiin RALA ry:n, SYL:n, Väyläviraston sekä InfraRYL:n laadunhallinnan ja laadunvarmistuksen ohjeita. Opinnäytetyötä varten perehdyttiin sillanrakentamisen laadunhallinnan ja laadunvarmistuksen ohjeisiin sekä määräyksiin. Ohjeiden ja määräysten pohjalta käydään läpi vaadittavat laadunvalvonnan vaatimukset, dokumentoinnit ja laadunvarmistukseen vaadittavat menetelmät.

Lopputuloksena esitettiin sillanrakentamiseen liittyvät laadunvarmistuksen vaatimukset ja vaadittavat dokumentoinnit eri työvaiheiden edetessä. Työssä selvitettiin sillanrakentamisen laadunvalvonnan liittyvät laadunvalvonnan tarkastukset ja laatuaineistot. Sillanrakentamisesta kerätyn laatuaineiston tarkoitus on varmistaa rakenteiden vaatimustenmukaisuus lopputulosta varten. Laadunvarmistuksen vaatimukset on listattu työvaihekohtaisesti.

Asiasanat: Laadunhallinta, sillanrakennus, sillat, laadunvarmistus

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Degree Program in Civil Engineering, Option of Municipal Engineering

Author: Johanna Holopainen

Title of thesis: Quality Assurance and Documentation in Bridge Construction

Supervisor: Jarmo Erho, Lecturer, Oulu University of Applied Sciences

Term and year when the thesis was submitted: Spring 2024

Number of pages: 27 + 4 appendices

The thesis addresses the problems with the requirements of quality assurance, quality management and quality reporting to bridge construction. Bridge construction requires constant supervision and reporting on various work-related issues as the work progresses. The aim of the thesis was to find out what methods are involved in bridge construction quality management and what kind of requirements must be taken into account at different stages of the work. The purpose of the work is to serve as a simple and clear compilation for quality management. The compilation makes it easy for the person responsible for the quality material for bridge construction to form the necessary plans for quality management, quality assurance inspections and produce clear quality documentation throughout the project.

The thesis uses information obtained from the construction site on quality management. The quality management and quality assurance guidelines of RALA ry, SYL, Väylävirasto sites and InfraRYL are used in the work. The thesis focuses on quality management, guidelines, and regulations for bridge construction. Based on the instructions and regulations, the required quality control requirements, documentation, and methods required for quality assurance are reviewed.

The result was the quality assurance requirements and required documents related to bridge construction as the various stages of the work progressed. The work examines quality control inspections and quality materials related to bridge construction quality control. The purpose of the quality material collected from bridge construction is to ensure the conformity of the structures for the result. Quality assurance requirements are listed by stages of work basis.

Keywords: Quality management, bridge building, bridges, quality assurance

ALKULAUSE

Kiitokset Oulun ammattikorkeakoulun lehtorille Jarmo Erholle opinnäytetyön ohjaamisesta ja neuvoista kirjoittamiseen.

Oulussa 20.3.2024

Johanna Holopainen

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	10
2	LAADUNVARMISTUKSEN MERKITYS SILLANRAKENTAMISESSA	11
2.1	Laadunvarmistuksen merkitys	11
2.2	Laadunhallinnan merkitys	11
2.3	Tilaaajan vaatimukset	12
2.4	Siltaurakoitsijan vaatimukset	13
3	SILLANRAKENTAMISEN TYÖVAIHEIDEN LAADUNHALLINTA	14
3.1	Työvaihekohtaiset suunnitelmat	14
3.1.1	Työ- ja laatusuunnitelma	14
3.1.2	Tekninen työsuunnitelma	15
3.2	Sillan alusrakenteet	15
3.2.1	Paalutus	15
3.2.2	Peruslaatat	16
3.3	Sillan tukirakenteet	17
3.4	Päällysrakenteet	17
3.5	Pintarakenteet	18
3.5.1	Eristystyöt	18
3.5.2	Epoksiivistys	19
3.5.3	Suojabetonointi	19
3.5.4	Asfaltointi	19
3.6	Sillan varusteet ja laitteet	19
3.6.1	Laakerit	20
3.6.2	Siirtymälaatat	20
3.6.3	Siltakaiteet ja johteet	21
3.6.4	Liikuntasaumalaitteet	21
4	LAADUNVARMISTUS	22
4.1	Laadunvarmistussuunnitelma	22
4.2	Laaturaportin sisältövaatimukset	22
5	POHDINTA	24

LÄHTEET.....	25
LIITTEET	27

SANASTO

Laadunhallinnalla	tarkoitetaan suunniteltuja toimenpiteitä organisaation ohjaamiseksi laatuun liittyvissä asioissa.
Laaduntarkastuksella	tarkoitetaan mittaus-, testaus- ja tarkastustoimenpiteitä, joilla varmistetaan täytetystä laatuvaatimuksesta.
Laadunvarmistuksella	tarkoitetaan laadunhallinnan osaa, jossa tuotetaan luottamus, että laatuvaatimukset tullaan täyttämään.
Poikkeama	tarkoittaa rakenteen, varusteen tai laitteen laatuvaatimusten täyttämättömyyttä (esimerkiksi vaurio tai haitta).
Laaturaportti	tarkoittaa urakoitsijan kokoamaa raporttia, jolla osoitetaan rakenteen, työkokonaisuuden tai rakenneosan vaatimustenmukaisuus.
Tilaja	urakoitsijan sopimuskumppani, joka on tilannut urakkasuorituksen.
Tilajan edustaja	henkilö, joka valtuutetusti valvoo tilajan puolesta, että työ tehdään sopimuksen mukaisesti.
Toteumapiirustus	on piirustus, jossa rakenne esitetään sellaisena kuin se on toteutettu.
P-lukulaskelma	on laskelma, joka lasketaan betonin ilmamäärämittausten keskiarvosta. P-lukulaskelmalla osoitetaan betonin lopullinen pakkasenkestävyysluokka.
Ilmamäärämittaus	tarkoittaa betonin sisältämää ilmamäärää. Ilmamäärämittaus mitataan betonimassasta, joka on P-lukuluokiteltu.
Lasihelmikoe	on testausmenetelmä, jolla määritetään betonipinnan karkeus.

PDA-mittaus	on dynaaminen koekuormitus. Mittaus suoritetaan paalua lyömällä saadusta iskuaallosta. Iskuaalto mittaa paalun kestävyden, jännityksen ja ehjyyden.
Profometri	on betoniraidoitteiden paikannuslaite, jolla määritetään betonipinnan peitepaksuus.

1 JOHDANTO

Laadunhallinnalla on suuri merkitys sillanrakentamisen jokaisessa työvaiheessa. Sillanrakennustyömailla suurimpia puutteita ovat tekniset tarkastukset, joista laaditaan laaturaportointiin vaadittavat dokumentoinnit. Teknisten tarkastusten lisäksi laadunvarmistussuunnitelmien sisältö on usein puutteellista.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on perehtyä ja tehdä selvitys sillanrakentamisen laadunvarmistuksesta, laadunhallinnasta ja laaturaportoinnista koko sillanrakennusurakan aikana. Sillanrakentamisessa laadunvarmistus on tärkeässä roolissa, ja siihen on kiinnitettävä huomiota jo sillanrakennustyömaan alkuvaiheessa. Siltatyömaan alkuvaiheesta vastaanottotarkastukseen saakka laatudokumentoinnin tarkoitus on varmistaa ja todentaa rakenteiden vaatimustenmukaisuus.

Työn tavoitteena on käydä läpi sillanrakentamisen laadunvarmistukseen tarvittavat vaatimukset ja raportointi eri työvaiheista. Sisältö pidetään yksinkertaisena ja selkeänä, jotta sillanrakentamisen laatuasioista vastaavan henkilön on helppo hyödyntää sitä omassa työssään sekä vaatia aliurakoitsijoilta tarvittavia suunnitelmia, laadunvalvontaa ja ylläpitää laatudokumentointia. Työssä esitetään selkeä rakenne laadunvarmistukseen vaadittavista työvaiheiden dokumenteista laaturaportointiin.

Työssä käytetään tietolähteinä RALA ry:n, InfraRYL:n ja SYL-määräyksiä sekä Väyläviraston sillan laaturaportin laatimisohjetta. Määräysten ja ohjeiden pohjalta muodostetaan kokonaisuus tarvittavalle laadunvarmistukselle riippumatta sillanrakennustyömaiden koosta tai pääpainosta.

2 LAADUNVARMISTUKSEN MERKITYS SILLANRAKENTAMISESSA

2.1 Laadunvarmistuksen merkitys

Sillanrakentamisessa laadunvarmistus on tärkeässä roolissa koko rakennushankkeen ajan. Laadunvarmistukseen sisältyy laatusuunnittelu, laadunvalvonta, laaduntarkastus, poikkeamien käsittely, dokumentointi, laaturaportointi, vaatimustenmukaisuuden osoittaminen ja dokumenttien säilytys. Laadunvarmistuksella pyritään varmistamaan siltojen suunniteltu tavoitekäyttöään täyttyminen. Uusien siltojen osalta suunnitellut tavoitekäyttöiät vaihtelevat rakenteesta riippuen; betoni- ja terässiltojen tavoiteikä on 100 vuotta. Tavoitekäyttöiät koskevat rakenteita, jotka on toteutettu nykyvaatimusten mukaisesti. (1, s. 25.)

2.2 Laadunhallinnan merkitys

Sillanrakentamisen laadunhallinta on asiakirjakokonaisuus, joka kattaa työvaiheiden laadunvarmistuksen. (2.) Sillanrakennusurakan alkuvaiheessa luodaan toiminta- ja laatusuunnitelma sekä mittaus- ja laadunvarmistussuunnitelma. Urakan mittaus- ja laadunvarmistussuunnitelma on yrityksen sisäinen Excel-taulukko, jossa on listaus rakennekohtaisista suunnitelmista. Excel-taulukossa on esitelty, millaisia työ- ja laatusuunnitelmia tehdään ja millaisia on jo tehty. Taulukosta löytyy myös rakennekohtaiset mittaukset ja toimenpiteet, joilla laatumittaukset suoritetaan ja dokumentoidaan.

Sillanrakentamisessa laadunhallinnalla pyritään vaatimusten mukaiseen lopputulokseen ja erilaisten työvaiheiden toiminnalliseen laatuun. Hyvällä laatusuunnitelmalla voidaan pienentää virheiden määrää, mikä vaikuttaa myös kustannuksiin. Laatusuunnitelmalla pystytään sujuvoittamaan työvaiheita sekä pysytään ajan tasalla laatuvaatimuksista. Suunnitelmat toimitetaan tilaajan edustajalle sopimusasiakirjoissa määriteltyjen aikarajojen mukaisesti. Ennen töiden aloitusta suunnitelmien muutoksiin hankitaan tilaajan edustajan lupa. (2.)

Työtä ohjataan, valvotaan ja tarkastetaan laadunvarmistussuunnitelmien mukaisesti (2.) Vaadittujen suunnitelmien lisäksi laaditaan suunnitelmassa kuvatut tarkastus-, testaus- ja mittauspöytäkirjat sekä laatu- ja poikkeamaraportit. Dokumentit luovutetaan laatimisen jälkeen tilaajan edustajalle. (2, s. 23.)

Laatuvaatimuksissa InfraRYL on infra-alan laatima ohjeistus infrarakentamisen yleisistä laatuvaatimuksista. InfraRYL yhdistää ja selkeyttää teknisten vaatimusten kokonaisuuden jokaiselle infra-alan toimijalle. InfraRYL on jaettu kahteen osaan: teknisiin laatuvaatimuksiin ja toimivuusvaatimuksiin. Tekniset vaatimukset määrittelevät rakenteiden työvaiheiden vaatimuksia. Määrittäminen tapahtuu materiaalien, alustan, työn suorituksen, valmiiden rakenteiden sekä kelpoisuuden osoittamisen ja ympäristövaikutusten osalta. Toimivuusvaatimukset koskevat rakenteiden ja niiden osien elinkaaren aikaista käyttäytymistä. (3.)

2.3 Tilaajan vaatimukset

Rakentamisessa laatuun vaikuttavia tekijöitä on toteuttajien lisäksi myös tilaajat. Tilaajan rooli kattaa laadunhallinnan kokonaisuutta koko hankkeen eri vaiheiden aikana. Tilaajalla on velvollisuus varmistaa, että laadunottoedellytykset ovat kunnossa käyttämällä luotettavia ammattilaisia, budjettoimalla urakan ja varaamalla tarpeeksi aikaa hankkeeseen. Tilaajat määrittelevät hankkeelle vaatimuksia, joihin toteuttajat pyrkivät parhaansa mukaan tuottamaan määritetyt lopputulokset. Tilaajat ja toteuttajat toimivat laatuvaatimuksien sekä halutun ja hyväksytyt lopputuloksen saavuttamiseksi. (2.)

Tilaajan tehtävänä on määrittää rakennushankkeelle toiminnalliset, tekniset ja laadulliset tavoitteet. Vaatimukset määrittävät hankkeen läpiviennin tavoitteet, ja halutun laadun saavuttamiseksi tilaajan on määriteltävä tavoitteet heti alkuvaiheessa. Tilaajan tulee asettaa selvät laatuvaatimukset, jotka toteuttaja pystyy tuottamaan ja dokumentoimaan. Selkeät laatuvaatimukset tarkoittavat, että suunniteltuun työsuoritukseen ja sen suorittamiseen on riittävät resurssit, vaatimusten täyttämät materiaalit ja palvelut. Tilaajan tulee valvoa suoritettavaa työtä. Tilaajalla on vastuu varmistaa asetettujen laatuvaatimusten täytyminen jokaisessa työvaiheessa. (2.)

2.4 Siltaurakoitsijan vaatimukset

Siltaurakoihin hyväksytään urakoitsijoita, joilla on kolmannen osapuolen julkisesti todistettava tai vastaava näyttö pätevydestä sekä muista edellytyksistä urakan toteuttamiseen. Tiehallinnon urakasopimuksessa olevilla urakoitsijoilla sekä työnjohdossa toimivilla aliurakoitsijoilla tulee olla Rakentamisen Laatu RALA ry:n hyväksymä pätevyystodistus tai muu hankekohtaisesti esitetty vastaavanlainen näyttö pätevydestä ja yhteiskunnallisten velvollisuuksien täyttämisestä. (2, s. 20.)

Sillanrakennus- ja korjaushankkeet ryhmitellään hankekohtaisesti niiden suuruuden tai vaativuuden perusteella vaatimusryhmiin. Siltahankkeissa pääurakoitsijalla tulee olla hankkeen vaativuuden ja suuruuteen soveltuva siltasertifikaatti. Sertifikaatissa arvioidaan henkilöresursseja, taloudellisia edellytyksiä, laadunhallintajärjestelmää ja suoritettuja siltareferenssejä. RALA ry:n verkkosivuilla ylläpidetään ajantasaista listaa siltaurakoitsijoista vaatimusryhmittäin. (4.)

Sillan rakennus- ja korjaushankkeiden vaatimusryhmät:

- R1 suuret tai erittäin vaativat siltaurakat
- R2 keski-suuret tai vaativat siltaurakat
- R3 tavanomaiset siltaurakat
- K1+ erittäin suuret ja erittäin vaativat sillankorjausurakat
- K1 suuret ja vaativat sillankorjausurakat
- K2 pienet ja tavanomaiset sillankorjausurakat. (4.)

3 SILLANRAKENTAMISEN TYÖVAIHEIDEN LAADUNHALLINTA

3.1 Työvaihekohtaiset suunnitelmat

Sillanrakentamisen rakennustyön edellytyksenä on laatia työvaihekohtaiset suunnitelmat rakenneosittain. Työvaihekohtaiset suunnitelmat laaditaan selkeästi ja yksityiskohtaisesti. Suunnitelmien laadinnassa otetaan huomioon ohjeistuksissa ja sopimusasiakirjoissa esitetyt vaatimukset sekä liikenteen, työturvallisuuden ja ympäristönsuojelun asettamat vaatimukset. (2, s. 25.) Suunnitelmat toimitetaan tilaajan edustajalle sopimusasiakirjoissa määriteltyjen aikarajojen mukaisesti.

3.1.1 Työ- ja laatusuunnitelma

Sillanrakentamisen kaikista työvaiheista laaditaan erillinen työvaiheen työ- ja laatusuunnitelma. Työvaiheen laatusuunnitelmassa voidaan esittää yhden tai useamman työvaiheen laadunvarmistus. Työvaiheen laatusuunnitelmaan sisällytetään:

- yleiskuvaus työvaiheen toteutuksesta, siihen liittyvistä menettelyistä ja käytettävistä resursseista
- työnaikainen laadunvarmistus, ennen työn aloitusta vaaditut tarkastukset sekä työnaikaiset ja työn jälkeiset mittaukset
- työnaikaiset toleranssit, joita noudattamalla varmistutaan siitä, että rakenneosan valmistuttua se täyttää sille asetetut laatuvaatimukset
- vaatimustenmukaisuuden osoittaminen, menetelmät, määrät, välineet, vastuuhenkilöt, tutkimuslaitokset, ajankohdat
- vaatimustenmukaisuuskokeiden tulosten dokumentointi ja menettely.

Työvaiheen laatusuunnitelma toimitetaan tilaajan edustajalle viimeistään viikkoa ennen työvaiheen aloittamista. (2, s. 24.) Työvaiheen laatusuunnitelma on esitetty liitteessä 1 (liite salattu).

3.1.2 Tekninen työsuunnitelma

Tekninen työsuunnitelma tehdään tarvittaessa työvaiheen mukaan täydentämään työ- ja laatusuunnitelmaa. Tekniseen työsuunnitelmaan sisällytetään:

- resurssit ja materiaalit
- työhön vaaditut suunnitelmat
- edelliset työvaiheet, työvaiheen toteutus
- vaaditut työturvallisuusmenetelmät
- työssä noudatettavat vaatimukset ja ohjeet.

Tekninen työsuunnitelma toimitetaan tilaajan edustajalle viimeistään kahta viikkoa ennen työvaiheen aloittamista. (2.) Tekninen työsuunnitelma on esitetty liitteessä 2 (liite salattu).

3.2 Sillan alusrakenteet

Sillan alusrakenteet koostuvat usein peruslaatasta, jonka päälle valetaan päätytuki tai välituki. Peruslaatta voidaan perustaa paalujen varaan tai ilman paaluja. Alusrakenteilla, kuten muiltakin sillan rakenneosilta on vaadittu sijainti- ja muotoeroita sekä muita laatumuuttujia, jotka tulee saavuttaa. Seuraavaksi esitetään paalutuksen ja peruslaatan laadunvarmistuksen toimenpiteet ja dokumentoinnit.

3.2.1 Paalutus

Sillan alusrakenteen paaluperustuksen työvaiheeseen vaaditaan seuraavanlaiset laadunvarmistuksen toimenpiteet ja dokumentoinnit:

- paalutustyöstä laadittava työ- ja laatusuunnitelma sekä tekninen työsuunnitelma
- paalutuksen toteutuksesta paalutuspöytäkirja ja paalujen kantavuudesta PDA-mittauspöytäkirja
- paalupöytäkirjan ja mittausten perusteella laadittu paalutustyön toteutumamalli tai -piirustus

- hitsaussaumojen ultraäänitarkastuspöytäkirja
- paalujen materiaalitodistukset, kuten putkipaalut ja kalliokärjet
- raudoitustarkastus ja -pöytäkirja
- betonointisuunnitelma ja -pöytäkirja
- betonin ennakkokokeet ja suhteitustiedot
- betonin laadunvalvonnan ilmamäärämittauspöytäkirja
- betonin pakkasenkestävyyden P-lukulaskelmat
- betoninäytteen puristuslujuus. (5.)

3.2.2 Peruslaatat

Sillan alusrakenteen peruslaattojen rakentamisen työvaiheesta on laadittava seuraavanlaisia laadunvarmistuksen toimenpiteet ja dokumentoinnit:

- peruslaatoista laadittava muotituksen, raudoituksen ja betonoinnin työ- ja laatusuunnitelma.
- peruslaatan betonointisuunnitelma ja -pöytäkirja
- peruslaatan alustäytöstä materiaalintoimittajan on toimitettava täyttömateriaalin rakeisuuskäyrä
- peruslaatan alustäytön tiiveydestä ja kantavuudesta kantavuuspöytäkirja
- alustäytön tasaisuus ja korkeusasema tarkemittauspöytäkirja
- raudoitustarkastus ja -pöytäkirja
- betonin ennakkokokeet ja suhteitustiedot
- betonin laadunvalvonnan ilmamäärämittauspöytäkirja
- betonin pakkasenkestävyyden P-lukulaskelmat
- betoninäytteiden puristuslujuus
- betonipintojen tarkastus
- betonipeitteen paksuus on mitattava Profometrin avulla, mittauksesta betonipeitemittauspöytäkirja
- valetun peruslaatan tarkemittauksesta mittauspöytäkirja. (6.)

3.3 Sillan tukirakenteet

Sillan alusrakenteiden pääty- ja välitukien rakentamisen työvaiheesta on laadittava seuraavanlaisia laadunvarmistuksen toimenpiteet ja dokumentoinnit:

- pääty- ja välituista työ- ja laatusuunnitelma
- raudoituksen työ- ja laatusuunnitelma
- betonoinnista betonointisuunnitelma ja -pöytäkirja
- tukien raudoitustarkastus ja -pöytäkirja
- betonin ennakkokokeet ja suhteitustiedot
- betonin laadunvalvonnan ilmamäärämittauspöytäkirja
- betonin pakkasenkestävyyden P-lukulaskelmat
- betoninäytteiden puristuslujuus
- betonipintojen tarkastus
- betonipeitteen paksuus on mitattava Profometrin avulla, mittauksesta betonipeitemittauspöytäkirja
- valettujen tukien tarkemittauksesta mittauspöytäkirja sekä rakenteen käyryys tarkastettava
- betonipintojen suoja-ainekäsittelyt. (7.)

3.4 Päällysrakenteet

Sillan päällysrakenteen rakentamisen työvaiheesta on laadittava seuraavanlaisia laadunvarmistuksen toimenpiteet ja dokumentoinnit:

- sillan kansirakenteen rakentamisesta laaditaan työ- ja laatusuunnitelma
- sillan muotti- ja telinesuunnitelmat
- kannen raudoituksen työ- ja laatusuunnitelma
- sillan kansirakenteen muotin ja telineen tarkastuspöytäkirja
- kansirakenteen raudoitustarkastus ja -pöytäkirja
- sillan kansirakenteen betonoinnista laaditaan betonointisuunnitelma ja -pöytäkirja
- betonin ennakkokokeet ja suhteitustiedot
- betonin laadunvalvonnan ilmamäärämittauspöytäkirja

- ilmamäärämittauksista suoritetaan betonin pakkasenkestävyyden P-lukulaskelmat
- betoninäytteiden puristuslujuus
- sillan muotin ja telineen purkusuunnitelmat
- muotinpurkulujuus
- betonipeitteen paksuus on mitattava Profometrin avulla, mittauksesta betonipeitemittauspöytäkirja
- betonipintojen tarkastus
- kannelle suoritetaan tarkemittaus, laaditaan mittauspöytäkirja. (8.)

3.5 Pintarakenteet

Sillan pintarakenteet jaetaan neljään eri osa-alueeseen, jotka esitellään neljänä eri työvaiheena seuraavaksi.

3.5.1 Eristystyöt

Sillan pintarakenteiden eristystöistä laaditaan työ- ja laatusuunnitelma ennen työvaiheen aloittamista. Betonikannen eristysalusta tarkistetaan ennen eristystöiden aloitusta, tarkastuksesta laaditaan tarkastuspöytäkirja. Eristysalustasta tarkastetaan alustan tasaisuus oikolaudalla, kosteus, puhtaus, halkeamat, karheus ja olosuhteet. Ennen eristyksen aloitusta betonikannen eristysalustan absoluuttinen kosteus mitataan kuivatus-punnitusmittauksella, alustasta porataan koepalat ja mitataan kosteus. Eristysalustasta tutkitaan betonipinnan makrokarheus lasihelmikokeella ennen eristystöiden aloitusta. (9, s. 10– 12.)

Eristystöiden alkaessa laaditaan eristysolosuhdepöytäkirja, jossa kerrotaan ilman lämpötila, ilman suhteellinen kosteus, kastepiste, alustan lämpötila työn aikana ja bitumin lämpötila. Pöytäkirjan lisäksi liitetään materiaalitodistukset käytetystä kermistä ja bitumista. Eristystöiden jälkeen kermille tehdään tartuntalujuusmittaus tartuntavetokokeella, josta laaditaan tartuntalujuusmittauspöytäkirja. (10.)

3.5.2 Epoksiitiivistys

Sillan pintarakenteiden epoksiitiivistystöistä laaditaan työ- ja laatusuunnitelma ennen työvaiheen aloittamista. Tiivistusalustasta mitataan alustan absoluuttinen kosteus kuivatus-punnitusmenetelmällä. Ennen tiivistystöiden aloittamista tarkastetaan alustan makrokarheus lasihelmikokeella ja tarkastuksesta laaditaan pöytäkirja. Tiivistystöiden alkaessa laaditaan tiivistystyöpöytäkirja, jossa kerrotaan ilmanlämpötila, ilmasuhteellinen kosteus ja kastepiste. Pöytäkirjan lisäksi liitetään materiaalitodistukset käytetystä epoksista. Epoksikerroksen kuivattua tehdään tiiveysmittaus ja tartuntavetokoe, joista laaditaan pöytäkirjat. (11.)

3.5.3 Suojabetonointi

Sillan pintarakenteiden suojabetonointitöistä laaditaan työ- ja laatusuunnitelma ennen työvaiheen aloittamista. Vesieristeen päälle valetaan suojabetoni, joka on teräskuiduilla vahvistettu betonimassa. Kuitujen määrä teräskuidutetussa betonissa vaihtelee käyttötärpeestä ja kuitutyypistä riippuen 50– 75 kg/m³. Teräskuidut sekoitetaan betonimassaa tasaisesti, ettei tapahdu paakkuuntumista. Ennen suojabetonoinnin aloitusta toimitetaan betonin ennakkokokeet, suhteitustiedot ja betonointisuunnitelma. Suojabetonista mitataan ilmamäärät, joista laaditaan P-lukulaskelma. Betonimassasta otetaan näytekappaleet, joista saadaan puristuslujuus. (12.)

3.5.4 Asfaltointi

Sillan pintarakenteiden asfaltointitöistä laaditaan työ- ja laatusuunnitelma, ja aliurakoitsija toimittaa suunnitelman pääurakoitsijalle. Asfaltointitöiden jälkeen aliurakoitsija toimittaa asfaltitöiden laatuaineiston pääurakoitsijalle. Asfalttipäällysteen tulee täyttää työvaihekohtaiset laatuvaatimukset ja mahdolliset asetetut toiminnalliset vaatimukset, kuten asfalttimassan kulumis-, deformaatio-, vedenkestävyys-, pakkasenkestävyys- tai tiivistettävyyssominaisuudet. (13.)

3.6 Sillan varusteet ja laitteet

Sillan varusteet ja laitteet jaetaan neljään eri osa-alueeseen, jotka esitellään neljänä eri työvaiheena seuraavaksi.

3.6.1 Laakerit

Laakereiden asennustyöstä tehdään työ- ja laatusuunnitelma ennen töiden aloitusta. Laakereiden asennustyö valmistellaan tarkemittauksilla, mittauksessa huomioidaan sijainti ja kaltevuus. Asennustyöstä laaditaan pöytäkirja, jossa esitetään laakereiden asennot, ennakot, rakenteen ja ilman lämpötila asennushetkellä, käytetyt alustavalumassat ja lämmitysmenetelmät. (14.) Laakereiden ja nivelten materiaalikelpoisuus osoitetaan materiaalitodistuksilla.

Alustavalumassan kelpoisuuden osoittamista varten valmistetaan yksi puristuslujuuskappale työvuoroa kohden, kuitenkin kokonaisuudessa vähintään kolme kappaletta. Puristuslujuuden kelpoisuus osoitetaan olosuhdekoekappaleilla. Olosuhdekoekappaleet säilytetään valukohteen vieressä ja testataan 7 vuorokauden iässä. (14.)

3.6.2 Siirtymälaatat

Sillanrakentamisen siirtymälaattojen rakennustöistä tehdään työ- ja laatusuunnitelma ennen töiden aloitusta. Siirtymälaattojen maa- ja pohjatyöt tehdään suunnitelmissa esitetyillä materiaaleilla suunniteltuun tiiveyteen sekä kaltevuuteen. Valmiista siirtymälaatan pohjan alustäytön tiiveydestä ja kantavuudesta laaditaan kantavuuspöytäkirja. (15.) Maa- ja pohjatöiden jälkeen suoritetaan raudoituksen ja betonoinnin toimenpiteet ja dokumentoinnit:

- raudoitustarkastus ja -pöytäkirja
- betonin ennakkokokeet ja suhteitustiedot
- betonin laadunvalvonnan ilmamäärämittauspöytäkirja
- betonin pakkasenkestävyyden P-lukulaskelmat
- betoninäytteiden puristuslujuus
- betonipintojen tarkastus
- betonipeitteen paksuus on mitattava Profometrin avulla, mittauksesta betonipeitemittauspöytäkirja
- valetun siirtymälaatan tarkemittauksesta mittauspöytäkirja.

3.6.3 Siltakaiteet ja johteet

Sillan kaiteiden ja johteiden asennustyöstä laaditaan ennen töiden aloitusta työ- ja laatusuunnitelma. Kaideterästen on täytettävä lujuus- ja laatuluokkatunnuksen perusteella määräytyvän SFS-EN-standardin mukaiset vaatimukset. (16.) Kaiteista ja johteista toimitetaan materiaali- ja sinkitystodistukset. Asennetusta kaiteesta laaditaan mittatarkastusraportti, jossa tulee esille kaiteen muoto, korkeus, pystysuoruus ja hyödyllinen leveys. Lisäksi toimitetaan kiinnityspulttien aineenkoetustodistukset ja kiinnitysvalulaastin vaatimustenmukaisuuskokeiden tulokset ja mahdolliset pintakäsittelyn dokumentit. (2, s. 33.)

3.6.4 Liikuntasaumalaitteet

Sillan liikuntasaumalaitteiden asennustyöstä laaditaan työ- ja laatusuunnitelma sekä tekninen työsuunnitelma, joka toimitetaan tilaajalle viimeistään kaksi viikkoa ennen asennustöiden aloitusta. Liikuntasaumalaitteista toimitetaan vaadittavat materiaalitodistukset. Liikuntasauaman kelpoisuus osoitetaan pöytäkirjan perusteella. Pöytäkirjaan kootaan materiaalitodistukset sekä asennuksen aikana tehdyt mittaukset ja valmiista rakenteesta tehdyt mittaukset. Liikuntasauaman asennuksen aikana mitataan liikuntavälin suuruus, rakenteen lämpötila sekä asennuksen jälkeen liikuntasauमारakenteen yläpinnan korkeusasema. (17.) Valmis liikuntasauमारakenteen yläpinta mitataan suhteessa liittyvään sillan rakenteeseen, todetaan saumarakojen puhtaus sekä tarvittaessa suoritetaan vesitiiveyskoe. (2, s. 32.)

4 LAADUNVARMISTUS

4.1 Laadunvarmistussuunnitelma

Ennen sillanrakennustöiden aloittamista urakan toiminta- ja laatusuunnitelman yhteydessä laaditaan laadunvarmistussuunnitelma, jossa esitetään suunnitellut työvaihekohtaiset ja tekniset laatusuunnitelmat. (2, s. 25.) Laadunvarmistussuunnitelman avulla seurataan, mitkä suunnitelmat on laadittu ja mitä suunnitelmia on laatimatta.

Laadunvarmistussuunnitelma pitää sisällään:

- projektin yleiset tiedot
- laadittavat rakenneosaj- ja työvaihekohtaiset suunnitelmat
- työvaihekohtaiset työ- ja laatusuunnitelmat
- mahdolliset tekniset työsuunnitelmat
- laatudokumentoinnit
- huomiot ja tarkennukset.

Laadunvarmistussuunnitelman rakenne voi vaihdella tilaajan mukaan. Suunnitelmien tekijät määrittävät joko tilaaja tai pääurakoitsija. (2. s. 25.) Työvaiheen mukaan osan suunnitelmista voi tehdä aliurakoitsija pääurakoitsijalle, jolloin pääurakoitsija voi hyödyntää laadunvarmistussuunnitelmaa muistilistana. Laadunvarmistussuunnitelma toimii tarkastuslistana urakoitsijalle sekä tilaajan edustajalle. Laadunvarmistussuunnitelma on esitetty liitteessä 3 (liite salattu).

4.2 Laaturaportin sisältövaatimukset

Sillanrakentamisen laadunvarmistukseen sisältyy laaturaportti. Laaturaportin tulee olla selkeä ja riittävän kattava. Sillanrakentamisen laaturaporttia koskevat laatuvaatimukset ja raportoinnin tulee olla vähintään SYL:n yksityiskohtaisten laatuvaatimusten mukainen tai SILKO-ohjeiden yksityiskohtaisten vaatimusten ja niitä täydentävien siltakohtaisten laatuvaatimusten tai kor-

jaustyöselityksen mukainen. (2.) Laaturaportin muotoa ei ole SYL:n vaatimuksissa määritetty tarkalleen. Laaturaportti voi olla yhtenäinen asiakirja, jonka liitteenä on vaaditut suunnitelmat, pöytäkirjat, muistiot ja piirustukset. Laaturaportti voidaan myös koota myös kansioiksi, jossa on järjestely rakenneosat ja työvaiheet siten, että jokaisen rakenneosan alussa on laatuyltvenveto ja liitteinä tarvittavat asiakirjat numeroituna. Molemmilla vaihtoehdoilla on tärkeintä säilyttää selkeys ja yhdenmukaisuus. (18, s. 1.)

Urakoitsijalla on velvollisuus osoittaa kaikkien rakenteessa käytettyjen rakennusaineiden, varusteiden ja laitteiden sekä rakenneosien ja valmiin rakenteen vaatimustenmukaisuudet. (18.) Sillan laaturaportin tulee sisältää seuraavat asiat:

- sillan kunnossapitoa varten tarvittavat toteumatiedot kuten sijainti, hyödyllinen leveys, muoto, jännemitat, vapaat-aukot, alikulkukorkeus, kulkukorkeus, kaltevuudet
- käytettyjen materiaalien tiedot, varusteet ja laitteet
- yhteenveto siltatyön vaatimusten täyttymisestä ja mahdollisista poikkeamista rakenteissa.

Sillan laaturaportti on esitetty liitteessä 4 (liite salattu).

Laaturaportissa kootaan yhteenveto sillan laadusta. Yhteenvedossa käydään läpi rakenneosa tai työvaihe ja siihen merkitään, täyttääkö se vaatimuksen vai poikkeaa suunnitelmasta ja miten. Jokaiselle rakenneosalle on oma työvaiheen laatusuunnitelma ja tekninen suunnitelma. Suunnitelmista on luettelo rakenneosittain. (18.)

Laaturaportti luodaan heti sillanrakennusurakan alussa ja sitä täydennetään urakan edetessä. Laaturaporttia täydennetään sitä mukaa, kun laatudokumentteja kertyy työvaiheiden edetessä. Laaturaportti pidetään ajan tasalla, ja se toimii myös tarkastuslistana rakenneosien laatudokumenteille. Urakan lopussa valmis laatuaineisto luovutetaan tilaajalle. (18.)

5 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää laadunvarmistuksen, laadunhallinnan ja laaturaportoinnin tämänhetkisten määräysten, ohjeiden ja säädösten pohjalta vaatimukset sillanrakentamisessa. Työssä käytiin läpi eri rakenneosien laadunvarmistukseen vaadittavat menetelmät ja laaturaportoinnin dokumentteja. Tässä työssä käytettiin tiedon hankkimiseen infra-alan ohjeita, sopimusasiakirjoja sekä omaa kokemusta.

Sillanrakentamisen urakan aikana laaturaportointi ja dokumentointi on isossa osassa urakkaa heti sillanrakennustyömaan alkuvaiheesta lähtien. Laaturaportoinnin sisällön vaatimukset voivat vaihdella eri hankkeiden välillä. Vaatimukset voivat vaihdella eri tilaajien välillä, jokaisen hankkeen alussa tulee käydä läpi vaadittavat vaatimukset hankekohtaisesti. Hankkeen alussa vaatimusten läpikäynti säästää aikaa ja helpottaa töiden jakamista hankkeen sisällä.

Yleinen ongelma on hankkeen laadunhallinnan sisältö eli selvitys siitä, mitä tulee ottaa heti alusta alkaen huomioon laaturaportissa. Laadunhallinnan ohjeita on olemassa monessa eri lähteessä, mutta opinnäytetyö kokoaa yhteen niiden vaatimukset ja määräykset sillanrakentamisen laadunvarmistamiseksi. Työssä luotu kooste on tarkoitettu helpottamaan sillanrakentamisen laadunhallinnasta vastaavan henkilön työtä.

Sillanrakentamisessa on paljon vaatimuksia eri rakenneosissa. Vaatimukset on riippuvaisia kohteesta ja tilaajasta. Työssä esitetty kooste on tarkoitettu edesauttamaan laadunhallintaa läpi sillanrakennusurakan. Tarkoituksena on helpottaa urakoitsijaa dokumentoimaan ajantasaisesti hankkeen edetessä. Tämänhetkiset vaatimukset täytyy päivittää tulevaisuudessa, sillä dokumentoinnin vaatimukset lisääntyvät jatkuvasti. Sen takia työssä on esitetty kooste laadunvarmistuksen vaatimustenmukaisuuden täyttämiseksi tämänhetkisten ohjeiden ja määräysten perusteella.

LÄHTEET

1. Väylävirasto 2023. Siltojen toimintalinjat. Hakupäivä 10.1.2024. [vo 2023-9 siltojen toimintalinjat web.pdf \(vaylapilvi.fi\)](#).
2. Tiehallinto 2005. SYL yleinen osa 1. Hakupäivä 13.1.2024. https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Taitorakenteet/julkaisut/syl/syl1_2005v.pdf.
3. Rakennustieto. InfraRYL – Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset. Hakupäivä 13.1.2024. <https://www.rakennustieto.fi/palvelut/tietoa-rakentamiseen/ryl/infraryl>.
4. Sillanrakentamisen- ja korjaamisen pääurakoitsijat 2024. Rakentamisen Laatu RALA ry. Hakupäivä 30.3.2024. <https://www.rala.fi/fi/rala-haku/siltaurakoitsijat/paaurakoitsijat>.
5. Rakennustieto 2023. InfraRYL – Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset, littera 42014. Hakupäivä 25.2.2024. [RYL \(rakennustieto.fi\)](#).
6. Rakennustieto 2023. InfraRYL – Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset, littera 42110. Hakupäivä 25.2.2024. [RYL \(rakennustieto.fi\)](#).
7. Rakennustieto 2023. InfraRYL – Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset, littera 42120. Hakupäivä 25.2.2024. [RYL \(rakennustieto.fi\)](#).
8. Rakennustieto 2023. InfraRYL – Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset, littera 42210. Hakupäivä 25.2.2024. [RYL \(rakennustieto.fi\)](#).
9. Tiehallinto 2006. Sillan laaturaportti, laatimisohe. Hakupäivä 14.1.2024. https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Taitorakenteet/julkaisut/sillan_laaturaportti_2006.pdf.
10. Liikennevirasto. Sillan vedeneristystyömaan laadunmittaus 2017. Hakupäivä 25.2.2024. [lo 2017-02 sillan vedeneristystyömaan web.pdf \(vaylapilvi.fi\)](#).

11. Rakennustieto 2023. InfraRYL – Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset, littera 42310.
Hakupäivä 25.2.2024. [RYL \(rakennustieto.fi\)](https://www.rakennustieto.fi).
12. Rakennustieto 2023. InfraRYL – Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset, littera 42020.1.6.
Hakupäivä 25.2.2024. [RYL \(rakennustieto.fi\)](https://www.rakennustieto.fi).
13. Rakennustieto 2023. InfraRYL – Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset, littera 42331.
Hakupäivä 25.2.2024. [RYL \(rakennustieto.fi\)](https://www.rakennustieto.fi).
14. Rakennustieto 2023. InfraRYL – Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset, littera 42520.
Hakupäivä 17.3.2024. [RYL \(rakennustieto.fi\)](https://www.rakennustieto.fi).
15. Rakennustieto 2023. InfraRYL – Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset, littera 42400.
Hakupäivä 19.3.2024. [RYL \(rakennustieto.fi\)](https://www.rakennustieto.fi).
16. Rakennustieto 2023. InfraRYL – Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset, littera 42531.
Hakupäivä 19.3.2024. [RYL \(rakennustieto.fi\)](https://www.rakennustieto.fi).
17. Rakennustieto 2023. InfraRYL – Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset, littera 42510.
Hakupäivä 19.3.2024. [RYL \(rakennustieto.fi\)](https://www.rakennustieto.fi).
18. Tiehallinto 2004. Sillan laaturaportti. Hakupäivä 20.3.2024. <https://ava.vaylapiivi.fi/ava/Julkaistus/Taitorakenteet/asiakirjat/laaturaportti040504.pdf>.

LIITTEET

Liite 1 Työvaiheen työ- ja laatusuunnitelma (Liite salattu)

Liite 2 Tekninen työsuunnitelma (Liite salattu)

Liite 3 Laadunvarmistussuunnitelma (Liite salattu)

Liite 4 Rakenneosakohtainen laaturaportti (Liite salattu)