



TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

SILTOJEN MALLIPOHJAINEN LAADUN- VARMISTUS TRIMBLE CONNECTIN AVULLA

Joonas Kähkönen

Opinnäytetyö
Huhtikuu 2018
Rakennustekniikka
Infrarakentaminen



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikka
Infrarakentaminen

KÄHKÖNEN JOONAS

Siltojen mallipohjainen laadunvarmistus Trimble Connectin avulla

Opinnäytetyö 59 sivua, joista liitteitä 8 sivua
Huhtikuu 2018

Tässä opinnäytetyössä käsitellään siltojen mallipohjaista laadunvarmistusta ja laatudokumentoinnin sisältöä, jota tullaan käyttämään Skanska Infra Oy:ssä. Ensin työssä käydään läpi yleisellä tasolla siltojen laaturaportointia ja ohjeistuksia sekä millainen laaturaportoinnin rakenne voisi olla, kun dokumentointia aletaan tehdä. Tässä käsitellään sekä uusien siltojen että korjaussiltojen raportointitapaa.

Seuraavaksi on yleistietoa Trimble Connectista ja sen eri sovelluksista, jossa kerrotaan sovelluksen ominaisuuksista sekä käyttömahdollisuuksista laadunvarmistuksen apuvälineenä. Viimeisenä on Skanska Infra Oy:lle luotu dokumentointiohje, jossa käydään läpi dokumentointiprosessi jokaisen rakenneosan kohdalta. Mitä dokumentointiaineistoa tarvitsee tuottaa, jotta voidaan varmistua rakentamisen aikaisesta laadusta sillarakennuskohteissa ja varmistutaan siitä, että dokumentointi on tarpeeksi kattavaa koko rakennusprosessin ajan.

Dokumentointiprosessin läpikäynnin jälkeen opinnäytetyössä on esitetty dokumenttien liittäminen siltamalliin Trimble Connectissa rakenneosa kohtaisesti edellä mainittua dokumentointiohjetta noudattaen. Liitteet osiossa on vielä käytynä listamuodossa läpi silloista tuotettava dokumentointiaineisto, jota voidaan hyödyntää työnaikaisena laadunvarmistusohjeena rakennushankkeissa.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Construction Engineering
Infrastructures

KÄHKÖNEN JOONAS

Model Based Quality Assurance of Bridges Using Trimble Connect

Bachelor's thesis 59 pages, appendices 8 pages
April 2018

The purpose of this thesis was to determine to use model-based quality assurance system and quality documentation in Skanska Infra Ltd.

The literature contains quality documentation of bridges and instructions and kinds of structure quality reporting. This part also deals with processing reporting habits of new bridges and also reparation bridges.

General information about Trimble Connect and different applications were also researched. Quality of application and accessibilities, and how it helps in handling quality assurance.

The result of the thesis is a documentation instruction that describes the process of every single component of a bridge for Skanska Infra Ltd. The documentation process every single component of bridge. Documentation of materials ensures quality during construction. It is important that the quality of application that documentation is adequate throughout the construction process.

There is also step by step instructions about how to link documents in bridge model. A check list was also created, which can be utilize on construction sites.

Key words: quality document, quality reporting, quality assurance

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	7
2	SILTOJEN LAATURAPORTOINNIN LAATIMISOHJEET	8
2.1	Yleiset vaatimukset koskien laaturaportteja	8
2.2	Rakenne laaturaportissa	9
2.3	Laaturaportoinnin sisällön erityisohjeet.....	9
2.4	Luovutus, tarkastus ja säilyttäminen.....	11
3	SILLANRAKENTAMISEN LAATURAPORTIN SISÄLLÖLLISET VAATIMUKSET	12
3.1	Yleistiedot sillasta ja siltatyöstä.....	12
3.2	Siltatyön laadun yhteenveto.....	13
4	SILLANKORJAAMISEN LAATURAPORTIN SISÄLLÖLLISET VAATIMUKSET	16
4.1	Yleistiedot sillasta ja korjaustyöstä.....	16
4.2	Korjaustyön laadun yhteenveto	16
5	TRIMBLE CONNECT.....	19
5.1	Yleistä	19
5.1.1	Trimble Connect Web.....	19
5.1.2	Trimble Connect Desktop	20
5.1.3	Trimble Connect Mobile.....	20
6	DOKUMENTOINTIOHJE SKANSKALLE	21
6.1	Laatudokumentoinnin sisältö	21
6.2	Laatudokumenttien liittäminen Trimble Connectiin.....	31
6.2.1	Peruslaatat	32
6.2.2	Tukirakenteet.....	35
6.2.3	Päällysrakenne.....	38
6.2.4	Pintarakenteet	42
6.2.5	Varusteet ja laitteet.....	45
7	PÄÄTELMÄT	49
	LÄHTEET.....	51
	LIITTEET	52
	Liite 1. Sillan päämitat	52
	Liite 2. Maa- ja pohjatyöt	53
	Liite 3. Paalutus	54
	Liite 4. Peruslaatat	55
	Liite 5. Tukirakenteet	56
	Liite 6. Päällysrakenne	57

Liite 7. Pintarakenteet.....	58
Liite 8. Varusteet ja laitteet	59

ERITYISSANASTO

Mallipohjainen	Tiedon käsittelyn soveltamistapa, jossa tuotetta kuvataan tietokonesovelluksilla mallina ja sen muodostavina osina, ja sovellukset pystyvät automaattisesti tulkitsemaan mallin sisältämiä tuotetietoja.
Rakenneosa	Rakennusosaan pysyvästi jäävä aineellinen osa, jolla on itsenäinen toiminnallinen tarkoituksensa. Rakenneosa koostuu yhdestä tai useammasta rakennustuotteesta
Laatudokumentti	Rakentamisesta syntyvä kirjallinen laadunosoitustapa valmiista rakenneosasta tai rakennusmateriaalista, jolla varmistetaan rakentamisen laadusta rakennushankkeen aikana.
Laaturaportti	Valmiin rakenneosan raportti, johon on koottu rakenneosasta tarvittavat laatudokumentit, joilla osoitetaan rakentamisen laatu.

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on luoda Skanska Infra Oy:lle siltojen mallipohjainen laatudokumentointiohje, jota hyödynnetään jatkossa Skanskan työmailla. Tarkoitus on kehittää siltojen laatudokumentointia nykyaikaisempaan ja tehokkaampaan suuntaan. Siltojen laatukansiot luotaisiin suoraan suunnittelijan tuottamaan siltamalliin. Kehitys tässä dokumentointitavassa tulee pohjautumaan Trimble Connect ohjelmaan. Tarkoituksena on saada tämä laadunvarmistustapa jossain mittakaavassa jo kesällä 2018 alkavalle Vt 12 Lahden eteläinen kehätie -allianssihankeelle. Allianssihanke toimii ensiaskeleina ja tarkoituksena on kehittää tätä laadunvarmistusmenetelmää eteenpäin tulevaisuudessa.

Trimble Connect valikoitui sillä perusteella, että siinä on mahdollisuus lisätä siltamalliin rakenneosakohtaisesti tiedostoja (pdf, jpg, ym.). Tämä mahdollistaa sen, että laadunvarmistusaineiston dokumentteja pystyy liittämään suoraan siltamalliin. Trimble Connectin siltamalleihin on myös mahdollisuus luoda linkkejä. Tässä onkin perimmäinen ajatus idean taustalla. Siltamallin pystyy linkittämään kelpoisuusaineistoinen suoraan Taitorakennerekisteriin, joka korvaisi nykyisen laatudokumentointitavan. Linkin kautta Liikennevirasto pääsee tutkimaan sillan laatudokumentointia suoraan siltamallista.

Tämä uusi laadunvarmistusmenetelmä ei tule olemaan tämän opinnäytetyön aikana eikä sen jälkeenkään täysin aukoton tai valmis konsepti, mutta kehitystyötä tehdään koko ajan, jotta tästä saa toimivan konseptin rakennushankkeisiin. Mahdollisuudet ovat kuitenkin kehittää dokumentointia eteenpäin ja saada tästä tulevaisuudessa toimiva versio, joka hyödyttää sekä tilaajaa että urakoitsijaosapuolta.

2 SILTOJEN LAATURAPORTOINNIN LAATIMISOHJEET

2.1 Yleiset vaatimukset koskien laaturaportteja

Valmiin sillan ja sen osien on oltava sijainniltaan, mitoiltaan ja muilta ominaisuuksiltaan suunnitelma-asiakirjojen mukaisia ja niiden on täytettävä jokainen laatuvaatimus erikseen (Liikennevirasto 2005). Kunkin projektin alussa laaditaan kelpoisuuden osoittamista varten työvaihekohtainen laatusuunnitelma, joka hyväksytetään tilaajalla. Useimmiten tarkkuusvaatimukset pohjautuvat InfraRYL-vaatimukseen, ellei projektin asiakirjoissa ole toisin ilmoitettu (Lehkonen 2018).

Urakoitsijalla on velvollisuus osoittaa tilaajalle tekemänsä sillan rakennus- ja korjaustyön kelpoisuus. Urakoitsija laatii sitä varten jokaisesta siltatyöstä laaturaportin. Yleiset vaatimukset on esitetty Sillanrakentamisen yleisten laatuvaatimusten Yleisen osan, SYL 1:n kohdassa 1.4.8.2. SYL 1:n mukaan laaturaportti palvelee sillan tulevaa hoitoa, ylläpitoa ja käyttöä. Sillan sijainti ja päämitat, tiedot käytetyistä materiaaleista, varusteista ja laitteista, yhteenveto koko sillan, sen osien ja käytettyjen materiaalien vaatimustenmukaisuudesta sekä luettelo rakenteisiin jääneistä poikkeavuuksista on käytävä ilmi laaturaportista (Liikennevirasto 2006).

Korjaustöissä on omat vaatimuksensa ja näissä ei tarvita tietoja sillan päämitoista eikä sijainnista, mikäli ne eivät ole muuttuneet korjaustyön yhteydessä. Käytetyt materiaalit ja tarvikkeet luetteloidaan ja luettelo tulee liitteeksi laaturaporttiin siltakohtaisen yhteenvedon jälkeen (Liikennevirasto 2006).

Siltojen laaturaportit koostuvat osasta 1 ja osasta 2. Kaikki piiloon jäävät ja laadun kannalta tärkeät rakenteet ja työvaiheet dokumentoidaan digitaalisin valokuvoin tarvittavin kuvatekstein laaturaportin osaan 1 (Liikennevirasto 2006).

Urakoitsijan laatimat laatusuunnitelmat työvaiheista ja pysyviä rakenteita koskevat tärkeimmät tekniset työsuunnitelmat, vaatimustenmukaisuuskokeiden pöytäkirjat ja laboratoriotutkimus-, mittaus-, ja tarkastusraportit sekä työmaapäiväkirja kootaan laaturaportin erilliseksi osaksi (osa 2). Tilaajalle luovutetaan samaan aikaan sekä sillan laaturaportin osa 1 ja osa 2 (Liikennevirasto 2006).

2.2 Rakenne laaturaportissa

Laaturaportti tehdään kaksiosaiseksi. Laaturaportin osaan 1 tulee:

- sillan ja siltatyön yleistiedot
- yhteenveto siltatyön laadusta
- poikkeamaraporttiluettelo, poikkeamaraportit ja poikkeamia koskevat korjaussuunnitelmat
- luettelo käytetyistä materiaaleista ja tarvikkeista sekä tärkeimmät materiaalitodistukset, laboratoriotutkimus-, ja mittaustulokset sekä olosuhteraportit
- rakenneosat-, sekä työvaihekohtaiset laatu-yhteenvedot
- sillan päämittojen ja sijainnin mittauspöytäkirjat
- toteumapiirustukset ja työn aikana otetut digitaaliset valokuvat

(Liikennevirasto 2006).

Laaturaportin osaan 2 kootaan:

- siltatyön laadunvarmistussuunnitelma
- työvaiheiden laatusuunnitelmat ja erilliset pysyviä rakenteita koskevat tekniset työsuunnitelmat tai niiden yhdistelmät
- mittaus- ja tarkastusraportit

(Liikennevirasto 2006).

Omat laaturaportit tehdään myös teräsrakenteista, teräsrakenteiden pintakäsittelystä, elementtirakenteista sekä puurakenteista. Nämä liitetään siltatyön laaturaporttiin ja tehdään kaksi osaisina kuten betonirakenteisetkin sillat (Liikennevirasto 2006).

Tilajalle luovutetaan kaikkine liitteineen laaturaportin osa 1 paperiversiona ja myös sähköisessä muodossa CD- tai DVD-levykkeellä. Sähköisessä muodossa luovutetaan vain kuvat. Osa 2 luovutetaan joko paperiversiona tai sähköisessä muodossa (Liikennevirasto 2006)

2.3 Laaturaportoinnin sisällön erityisohjeet

Sisällön tulee olla selkeä ja kattava laaturaportoinnissa. Dokumentoitu tieto on löydettävä kaikkien rakennussuunnitelmassa esitettyjen vaatimusten täyttymisestä raportista sekä

sen liitteistä. Laajuuden on oltava vähintään SYL:n eri osien tai SILKO-ohjeiden yksityiskohtaisten vaatimusten sekä niitä täydentävien siltakohtaisten laatuvaatimusten tai korjaustyöselityksen mukainen (Liikennevirasto 2006).

Raportista löytyvien tietojen ja sen liitteenä olevien mittaustulosten tulee olla jäljitettäviä, jotta jälkepäin pystytään luotettavasti toteamaan, rakenneosa ja mistä kohdasta rakennetta kukin mittaus tai tarkastus on tehty. Tarkastus- ja mittausraporteissa tulee olla liitteenä kaaviot, joista mittauskohdat käyvät ilmi. Yhteenvedoista ja tarkastus- ja mittausraporteista tulee esittää laatuvaatimusten kohdalla myös sallitut toleranssit koskien rakenneosia ja työvaiheita (Liikennevirasto 2006).

Laaturaportissa kaikkine liitteineen sekä tarkastus- ja mittauspöytäkirjoissa tulee olla päivämäärät ja merkintä raportin tai pöytäkirjan tekijästä. Laaturaportin lisäksi rakenneosa- ja työvaihekohtaisissa yhteenvedoissa on oltava urakoitsijan vastuuhenkilön allekirjoitus (Liikennevirasto 2006).

Poikkeamaraportti laaditaan kaikista rakenteeseen jäävistä ja korjaustoimenpiteitä vaativista poikkeamista koskee myös toiminnallista poikkeamaa. Raportista löytyy erikseen maininta, jos poikkeama ylittää hylkäysrajan sekä siitä mahdollisesti aiheutuvat toimenpiteet. Kaikista poikkeamista liitetään poikkeamaraporttiluettelo osaksi koko sillan laatu-yhteenvedoa sekä poikkeamaraportit kyseisen rakenneosan tai työvaiheen yhteenvedoon. Mahdollinen korjaussuunnitelma poikkeamasta liitetään myös laaturaporttiin (Liikennevirasto 2006).

Laadittaessa mittaus- ja tarkastuspöytäkirjoja niistä on erotuttava selvästi kaikki ne mittaus- ja tarkastustulokset, jotka eivät täytä asetettuja laatuvaatimuksia. Mikäli työn aikana joudutaan poikkeamaan laadituista työ- ja laatusuunnitelmista, on ehdottoman tärkeää, että asiasta laaditaan poikkeamaraportti, jossa todetaan selvästi korvaava työmenetelmä, materiaali tai tuote ja asia mainitaan myös rakenneosa- tai työvaihekohtaisessa yhteenvedossa. Rakenneosan tai työvaiheen poikkeaman korjaustyön jälkeen tehdään uusintatarkastus ja tästä syntyvä raportti liitetään aiemmin tehdyn raportin yhteyteen (Liikennevirasto 2006).

2.4 Luovutus, tarkastus ja säilyttäminen

Laaturaportti toimitetaan tilaajalle urakoitsijan toimesta yleensä viimeistään kaksi viikkoa ennen urakan vastaanottotarkastusta. Urakoitsija täydentää raporttia viimeisimpien vaatimustenmukaisuuskokeiden tuloksilla vastaanottotarkastuksen aikana. Laadunseurantaa tilaajan puolelta hoitanut henkilö tai tilaajan edustaja tarkastaa raportin, varustaa sen tarkastusmerkinnöin ja taltioi raportin tiepiirin arkistoon. Laaturaportin osa 1 taltioidaan koko sillan käyttöäksi ja osa 2 voidaan hävittää siltatyön takuuajan päätyttyä. Raportit muodostavat yhdessä kokonaisuuden, jota voidaan käyttää sillan hoidossa, kunnossapidossa ja korjaamisessa koko sillan käyttöajan ajan. Laaturaporteista saatuja tietoja voidaan käyttää silloissa käytettyjen materiaalien säilyvyyden sekä tarvikkeiden rakenneratkaisujen toimivuuden arviointitutkimuksissa (Liikennevirasto 2006).

3 SILLANRAKENTAMISEN LAATURAPORTIN SISÄLLÖLLISET VAATIMUKSET

3.1 Yleistiedot sillasta ja siltatyöstä

Osan 1 laaturaportin alussa kerrotaan yleistiedot sillasta ja siltatyöstä seuraavasti:

1. Silta ja tilaaja
 - sillan nimi, suunnitelma- ja siltarekisterinumero sekä sijaintipaikkakunta, tien numero ja hanke johon silta kuuluu
 - tilaaja, esimerkiksi tiepiiri ja tilaajan edustaja
 - laadunseurannasta vastaava henkilö ja tilaajan asiantuntijat
2. Urakka ja urakoitsija
 - urakkamuoto
 - työn alkamis- ja valmistumisajankohta
 - urakoitsija, urakoitsijan edustaja ja sillan vastaava työnjohtaja
 - käytetyt tärkeimmät aliurakoitsijat ja tavarantoimittajat sekä vastuuhenkilöt ja aliurakan sisältö
3. Pysyvien rakenteiden suunnitelmat ja suunnitelmamuutokset
 - luettelo pysyvien rakenteiden suunnitelmapiirustuksista niihin tehtyine muutoksineen (sisältää myös työn aikana tehdyt suunnitelmat)
 - luettelo mahdollisesti laadituista toteumapiirustuksista (piirustukset liitetään laaturaporttiin)
4. Erilliset laaturaportit
 - luettelo erillisistä laaturaporteista, esimerkiksi teräsrakenteiden konepajajäsen- ja pintakäsittelytyöt sekä betonielementti- ja puurakenteet (erilliset laaturaportit liitetään sillan laaturaporttiin)
5. Sillan paikan mittaustiedot
 - pysyvien mittausten lähtöpisteiden numerot, koordinaatit ja korkeusjärjestelmä
 - selostus mittaustavasta liitetään raporttiin

(Liikennevirasto 2006).

3.2 Siltatyön laadun yhteenveto

Yhteenvedosta, joka esitetään laaturaportin osassa 1, käy lyhyesti ilmi sillan kokonaislaatu ja kohdat, joissa se poikkeaa suunnitellusta. Tämä yhteenveto voidaan esittää taulukon muodossa. Tässä esitetään tarkasteltavat rakenneosat tai työvaiheet sekä maininnat täyttääkö nämä asetetut vaatimukset vai ei. Taulukosta käy myös ilmi mahdolliset pysyviin rakenteisiin jäävät poikkeamat, poikkeamaraportin numero sekä tarpeelliset huomautukset (Sillan laaturaportti. Laatimisohje).

Työvaiheita ja rakenneosia joita voidaan tarkastella:

1. Sillan päämitat
2. Pohja- ja maarakennustyöt
 - pohjasuhteiden tarkistaminen
 - kaivu- ja louhintatyöt
 - täytöt
 - uomat ja väylät
 - työpadot
 - maapohjan vahvistukset
 - lyöntipaalutukset
 - suurpaalutukset
3. Peruslaatat
 - sijainti
 - mittatarkkuus
 - betonipeitteen paksuus
 - tartuntojen sijainti
 - pinnat
 - raudoitustyö
 - betonityö
4. Pääty- ja välituet
 - sijainti
 - mittatarkkuus
 - betonipeitteen paksuus
 - pinnat
 - raudoitustyö

- betonityö
- betonipintojen verhoukset (voi koskea muitakin rakenneosia)
- maanvastaisten betonipintojen kosteuseristys (voi koskea muitakin rakenneosia)
- betonipintojen suoja-ainekäsittelyt (voi koskea muitakin rakenneosia)
 - impregnointi
 - tiivistys
 - pinnoitus
 - töherrysten esto

5. Päällysrakenne

- sijainti
- mittatarkkuus
- betonipeitteen paksuus
- pinnat
- raudoitustyö
- betonityö
- jännittämistyö
- elementtirakenteet
- teräsrakenteet
- teräsrakenteiden pintakäsittely
- puurakenteet

6. Kannen pintarakenteet

- betonikannen eristysalusta
- eristys
- eristyksen suojaus
- sillan päällyste

7. Varusteet ja laitteet

- liikuntasaumot
- laakerit ja nivelet
- koneisto ja ohjaamot
- siirtymälaatat
- suojalaitteet (mm. kaiteet ja reunatuet)

- muut varusteet ja laitteet (mm. aukot ja varaukset, panosputket ja kiinnikkeet, tippu-, pintavesi- ja paineentasausputket, salaojat, kaapeliputket ja –hyllyt sekä tarkkailu- ja kontaktitapit)

(Liikennevirasto 2006).

4 SILLANKORJAAMISEN LAATURAPORTIN SISÄLLÖLLISET VAATIMUKSET

4.1 Yleistiedot sillasta ja korjaustyöstä

Yleistiedot korjattavasta sillasta ja korjaustyöstä kerrotaan laaturaportin osan 1 alussa seuraavasti:

1. Silta ja tilaaja
 - sillan nimi, siltarekisteri- ja suunnitelmanumero sekä sijaintipaikkakunta
 - tilaaja, esimerkiksi tiepiiri ja tilaajan edustaja
 - laadunseurannasta vastaava henkilö ja tilaajan asiantuntija
2. Urakka ja urakoitsijat
 - urakkamuoto
 - työn alkamis- ja valmistumisajankohta
 - urakoitsija, urakoitsijan edustaja ja korjaustyön vastaava työnjohtaja
 - käytetyt aliurakoitsijat, vastuuhenkilöt ja aliurakan sisältö
 - tärkeimmät materiaalien ja tarvikkeiden toimittajat
3. Pysyvien rakenteiden korjaussuunnitelmat ja niiden muutokset
 - luettelo pysyvien rakenteiden korjauspiirustuksista niihin tehtyine muutoksineen
 - luettelo laadituista toteumapiirustuksista, liitetään laaturaporttiin
4. Erilliset laaturaportit
 - luettelo erillisistä laaturaporteista ja ne liitetään sillan korjaustyön laaturaporttiin

(Sillan laaturaportti. Laatimisoheje).

4.2 Korjaustyön laadun yhteenveto

Yhteenvedosta, joka esitetään laaturaportin osassa 1, käy lyhyesti ilmi korjaustyön kokonaislaatu ja kohdat, joissa se poikkeaa suunnitellusta. Tämä yhteenveto voidaan esittää taulukon muodossa. Tässä esitetään tarkasteltavat korjatut rakenneosat tai työvaiheet sekä

maininnat täyttääkö nämä asetetut vaatimukset vai ei. Taulukosta käy myös ilmi mahdolliset pysyviin rakenteisiin jäävät poikkeamat, poikkeamaraportin numero sekä tarpeelliset huomautukset (Liikennevirasto 2006).

1. Sillan päämitat
2. Betonirakenteet
 - betonirakenteiden purkaminen
 - reunapalkin uusiminen
 - betonin paikkaus
 - korjaus ruiskubetonoimalla
 - halkeamien injektointi ja imeytys
 - vedeneristysalustan kunnostus
 - betonipinnan kemiallinen puhdistus
 - betonipinnan impregnointi
 - betonipinnan pinnoitus
3. Teräsrakenteet
 - kaiteen uusiminen
 - kaidepylvään juuren kunnostus
 - teräspalkin ylälaipan kunnostus
 - kaiteen kunnossapitomaalaus
 - laakerin huoltokäsittely
 - sinkkipinnoitteen korjaus ja maalaus
 - teräsrakenteiden kunnossapitomaalaus
4. Puurakenteet
 - puurakenteiden korjaus
 - liimapuupalkin halkeaman injektointi
5. Kivirakenteet
 - kivirakenteiden korjaus ja rakentaminen
6. Kuivatuslaitteet
 - tippuputkien uusiminen ja jatkaminen
 - syöksytorvien uusiminen ja jatkaminen
 - salaojien teko
 - vedenjohtolaitteiden teko ja korjaaminen

7. Saumat

- liikuntasauvojen korjaus ja uusiminen
- päällysteen ja betonirakenteen välisen sauman tiivistäminen

8. Vedeneristyksen ja päällysteet

- vedeneristyksen uusiminen, kermieristys
- vedeneristyksen uusiminen, mastiksieristys
- vedeneristyksen uusiminen, nestemäisenä levitettävä eristys
- vedeneristyksen paikkaaminen
- asfalttipäällysteen uusiminen ja korjaaminen
- puukannen päällystäminen

9. Siltaan liittyvät rakenteet

- verhoukset
- muut työt

(Liikennevirasto 2006).

Kaikista raportoiduista poikkeamista, rakenteeseen jäävistä kuin korjatuistakin esitetään luettelo yhteenvedon liitteenä (Liikennevirasto 2006).

5 TRIMBLE CONNECT

5.1 Yleistä

Trimble Connect on suunnittelun ja rakentamisen vuorovaikutus- ja yhteistyöalustaksi tarkoitettu sovelluskokonaisuus. Ohjelmistolla voidaan välittää tietoa eri tekniikkalajien välillä ja hankkeen eri osapuolille. Trimble Connectissa voidaan tehdä suunnitelmien yhteensovitus, joka sisältää lähtötiedot, infrarakenteet ja taitorakenteet (Lehkonen 2018).

Trimble Connect on käytettävissä eri alustoilla:

- Trimble Connect Web
- Trimble Connect Desktop
- Trimble Connect Mobile

5.1.1 Trimble Connect Web

Trimble Connect Web on selainpohjainen sovellusalusta, jonka kautta suunnittelijat lisäävät malleja kullekin käynnissä olevalle projektille. Tämä on suunnittelijoille tarkoitettu sovellusalusta ja työmaahenkilöstöllä ei ole kovinkaan suurta käyttöä Web-sovellukselle, koska alusta on tarkoitettu mallien muokkaamiseen ja lisäämiseen. Kaikki muutokset ja lisäykset tallentuvat jokaisen nähtäväksi. Webissä tehtävät muutokset saadaan synkronoitua sekä Trimble Connect Desktop, että Trimble Connect Mobile –alustoille, joista malleja on mahdollista katsella.

Trimble Connect Web ei ole hyvä alusta työmaa-aikaista laatudokumentointia varten. Kuten edellä mainitusta kävi ilmi, on alusta suunnittelijoiden työkalu, joten ylimääräisten tiedostojen lisääminen kaikkien nähtäville ei ole tarkoituksenmukaista.

5.1.2 Trimble Connect Desktop

Trimble Connect Desktop on katseluohjelma, johon synkronoidaan Trimble Connect Webin kautta lisätyt mallit. Tämä sovellus on tarkoitettu enemmän työmaahenkilöstön käyttöön juuri katseluominaisuutensa ansiosta. Tätä kautta on nopeaa tarkistaa esimerkiksi jonkin sillan rakenneratkaisuja. Desktopissa voidaan lisätä malleihin tiedostoja ilman, että se on kaikkien nähtävillä. Tämä sovellusalusta toimii tästä syystä myös laatudokumentoinnin kannalta paremmin kuin Trimble Connect Web.

5.1.3 Trimble Connect Mobile

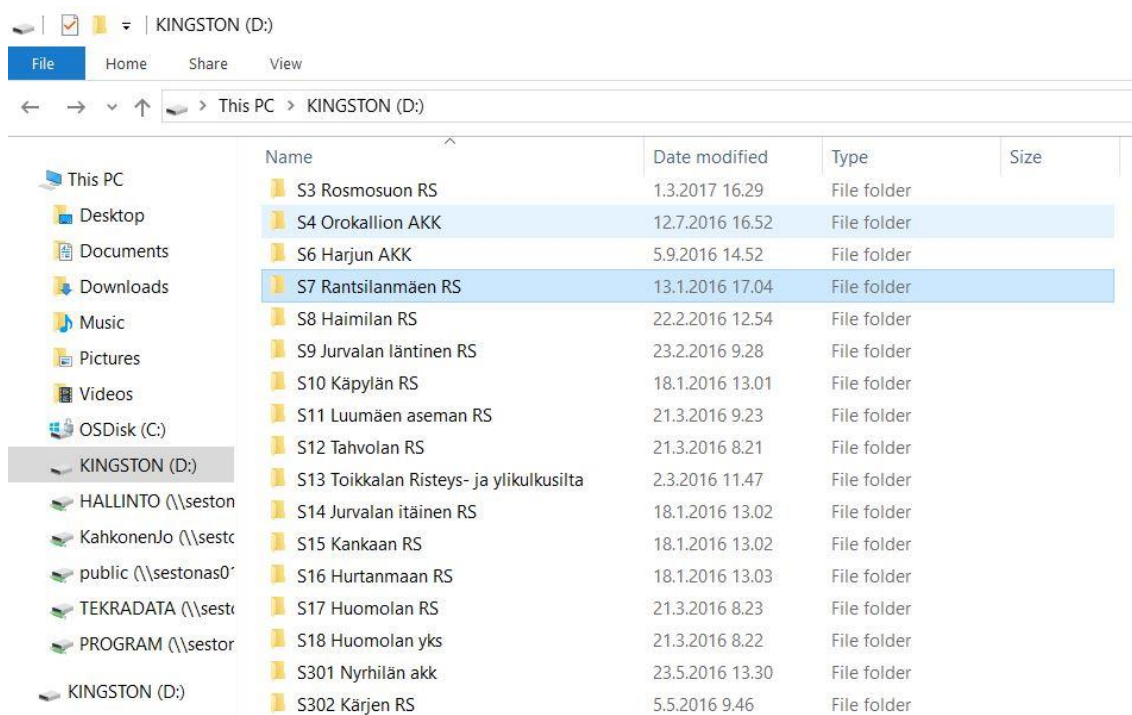
Mobile-sovellus on ensisijaisesti työnjohdon apuväline työmailla ja mahdollistaa mallien katsomisen työmaaolosuhteissa tablet-laitteen kautta. Sovelluksen saa ladattua myös älypuhelimelle, mutta toiminta on varsin heikkoa puhelimen välityksellä, joten se ei ole järkevä tapa tarkastella malleja. Tabletin kautta malleja tarkasteltaessa vähentää se työmailla paperisten kuvien tarvetta työnjohdon osalta.

6 DOKUMENTOINTIOHJE SKANSKALLE

6.1 Laatudokumentoinnin sisältö

Seuraavassa on tarkoitus kuvata Skanskalla noudatettavaa laatudokumentointitapaa sisältäen luotavan kansiorakenteen vaatimuksineen ja kuinka laatudokumentteja liitetään siltamalliin. Laatudokumentoinnille ei ole yhtä oikeaa tapaa. Tässä on tarkoitus luoda yhteinen ohjeistus Skanskan käyttöön, jonka mukaan jatkossa siltojen laaturaportit kootaan.

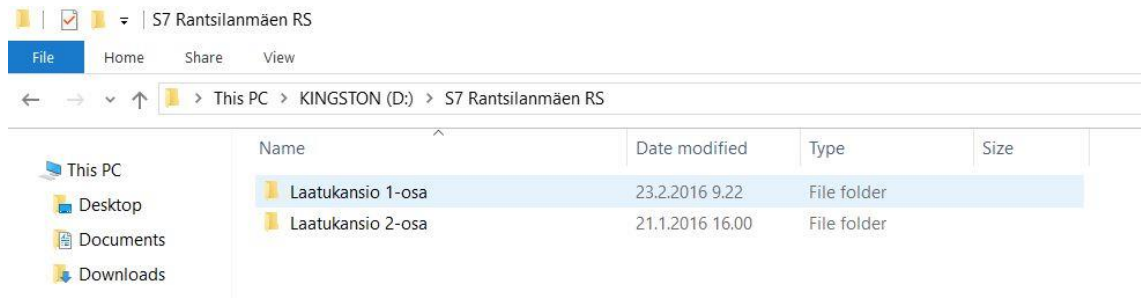
Ensimmäiseksi on luotava siltakohtaisesti tiedostokansiot, joihin dokumentointiaineisto kerätään. Alla olevassa kuvassa 1 on esitetty, kuinka tämä on toteutettu. Se mihin kansiot luodaan, on projektikohtainen asia ja tässä ei oteta siihen kantaa.



Kuva 1. (Joonas Kähkönen 2018)

Siltakohtaisten kansioden luomisen jälkeen saadaan jokainen laatudokumentti kohdistettua oikealle sillalle.

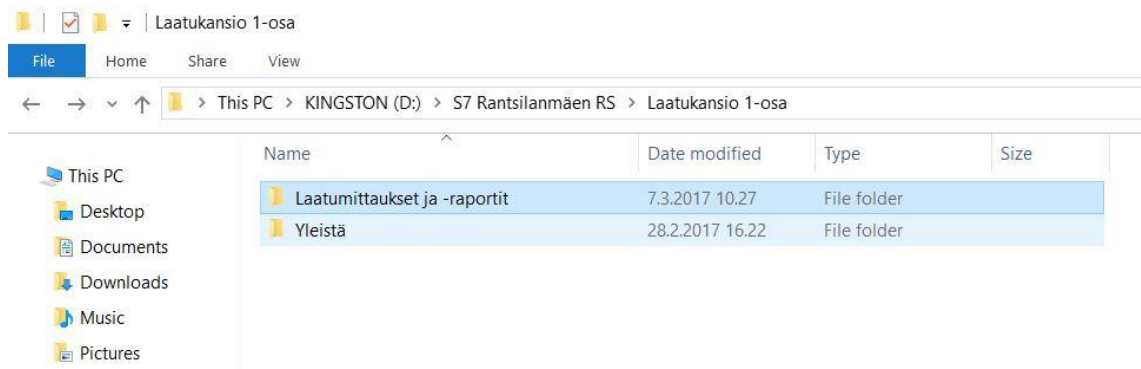
Seuraavaksi siltakansiolle luodaan kaksi alakansiota (kuva 2), joissa on eriteltyinä laatudokumenttien osat 1 ja 2.



Kuva 2. (Joonas Kähkönen 2018)

Laatukansioiden osien 1 ja 2 luomisen jälkeen otetaan ensimmäiseksi laatukansioiden 1-osa tarkasteluun.

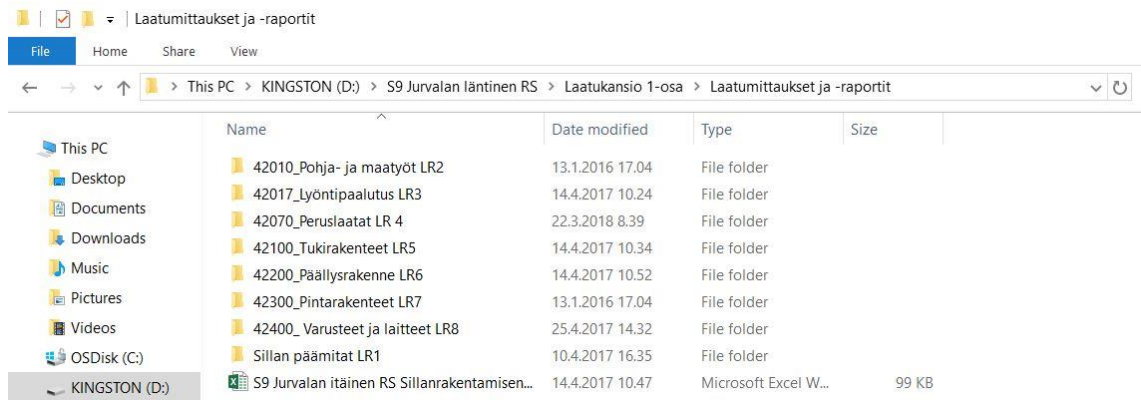
Laatukansion 1-osan ensimmäinen vaihe on luoda alla olevan kuvan 3 mukainen kansiorakenne.



Kuva 3. (Joonas Kähkönen 2018)

Laatumittaukset ja -raportit kansion alle tulee rakenneosakohtaisesti tarvittavat laatudokumentit. Yleistä kansion alle tulee sillan materiaaliluettelo sekä laadunvarmistussuunnitelma.

Laatumittaukset ja –raportit kansiorakenne näkyy alla olevassa kuvassa 4. Tätä kansiorakennetta tullaan noudattamaan siltojen laaturaportteja koottaessa.



Kuva 4. (Joonas Kähkönen 2018)

Laatumittaukset ja –raportit kansiorakenne voi hieman vaihdella erilaisten siltatyypin ja perustamistavan vuoksi, mutta runko on kuitenkin pitkälti kuvan 4 mukainen. Seuraavassa on avattu rakenneosakohtaisesti laaturaportoinnin vaatimuksia. Eli mitä rakenneosakohtaisesti on dokumentoitava, jotta siltojen laadunvarmistus on riittävä.

1. Laaturaportti sillan päämitat.

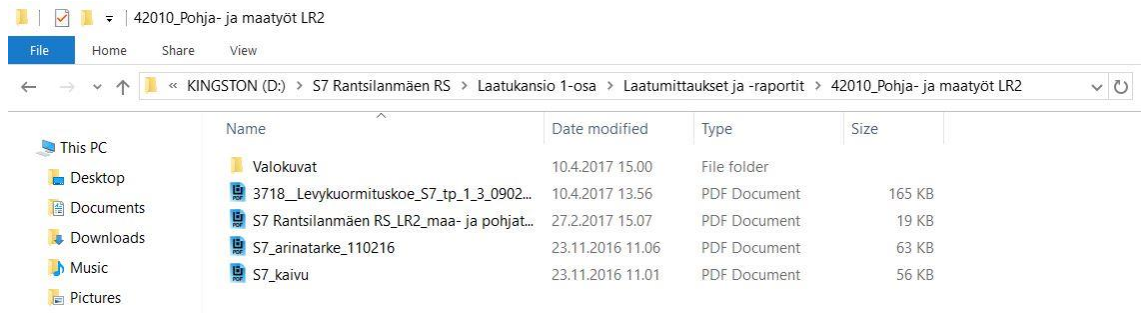
Laaturaportissa tulee ilmi seuraavan kuvan 5 mukaiset asiat. Tarvittavat tiedot sillan päämittoja varten toimittaa mittamies.

Laatutekijä -laatuvaatimukset	Laatuvaatimus	Toleranssi		Yks.	Täyttää vaatimukset	Poikkeamien määrät		Laadittu dokumentti / huomautukset
		Alaraja	yläraja			Rak. jäävät	Korjatut	
Sillan sijainti	» vaakatasossa	-40	+40	mm	OK			Mittauspöytäkirja
	» pystytasossa	-20	+20	mm	OK			Mittauspöytäkirja
	Sillan ja reunapalkin muoto pystysuunnassa							
Sillan ja reunapalkin muoto vaakasuunnassa	» Siipimuurin päissä	-20	+20	mm	OK	1		Mittauspöytäkirja
	» 1/2 pisteissä	-20	+20	mm	OK			Mittauspöytäkirja
	» 1/4 pisteissä	-20	+20	mm	OK			Mittauspöytäkirja
Yläpinnan kaltevuus	» Siipimuurin päissä	-20	+20	mm	OK			Silmämääräinen tarkastus
	» 1/2 pisteissä	-20	+20	mm	OK			Mittauspöytäkirja
	» 1/4 pisteissä	-20	+20	mm	OK			Mittauspöytäkirja
Sillan hyödyllinen leveys		-30	+60	mm	OK			Mittauspöytäkirja
Kulkuaukon vapaakorkeus		≥4800		mm	OK			Mittauspöytäkirja
Jännemitat		-25	+50	mm	OK			Mittauspöytäkirja

Kuva 5. (Joonas Kähkönen 2018)

2. Laaturaportti maa- ja pohjatyöt

Kansion alle kootaan dokumentteina valokuvat, levykuormituskokeiden tulokset, peruskuopan tason tarkkeet, arinan tarkkeet sekä louhinnan tarkkeet (kuva 6).



Kuva 6. (Joonas Kähkönen 2018)

Maa- ja pohjatöiden osalta laaturaporttia ja laadunhallintaa varten tarkastettavat asiat näkyvät kuvassa 7.

Laatutekijä -laatuvaatimukset	Laatuvaatimus	Toleranssi		Yks.	Täyttää vaatimukset	Poikkeamien määrät		Laadittu dokumentti / huomautukset
		Alaraja	yläraja			Rak. jäävät	Korjatut	
Pohjasuhteiden tarkastaminen								
	Pohjamaan tyyppi	suunnitelmien mukainen			OK			Silmämääräinen
Kaivu- ja louhintatyöt								
	Peruskuopan taso	-100	+50	mm	OK			Mittauspöytäkirja
Täytöt								
	Kantavuus (E2)	175		MN/m ²	OK		1	Mittauspöytäkirja
	Tiiveys (E2/E1)		< 2,2	suhdeluku	OK		1	
	Täyttömateriaali	CE			OK			CE-merkintä/valokuvat

Kuva 7. (Joonas Kähkönen 2018)

3. Laaturaportti paalutus.

Laaturaportissa oltava paalutuksen osalta paalutuspöytäkirja, sijaintitiedot paaluista, PDA-mittaukset, putkipaalujen raudoituspöytäkirja, paalujen betonointipöytäkirja, betonin puristuslujuustulokset sekä paalujen vastaanottotodistus, että materiaalitodistus paaluista. Lisäksi paalutuksesta tehdään erillinen laaturaportti, josta ilmenee kuvassa 8 näkyvät asiat.

Laatutekijä -laatuvaatimukset	Laatuvaatimus	Toleranssi		Yks.	Täyttää vaatimukset	Poikkeamien määrät		Laadittu dokumentti / huomautukset
		Alaraja	yläraja			Rak. jäävät	Korjatut	
Paalutus								
	Paalun sijainti vaakatasossa	-25	+25	mm	EI	1		Mittauspöytäkirja
	Paalun kaltevuus	-2,0	+2,0	%	EI	2		
	Kärjen taso (4 x putken halkaisija)	4*D		mm	OK			
Raudoitus								
	Betonipilteen paksuus	-5		mm	OK			Mittauspöytäkirja
Betoni								
	Betonin puristuslujuus (C35/45)	44		Mpa	OK			Puristuslujuustulokset

Kuva 8. (Joonas Kähkönen 2018)

4. Laaturaportti peruslaatat.

Peruslaatoista on löydyttävä seuraavat laadunosoituksen kannalta tarpeelliset dokumentit: Valokuvat betonipinnoista sekä raudoituksesta, anturoiden raudoituspöytäkirja, anturoiden betonointipöytäkirja ja mahdolliset P-lukuraportit, anturan tarkkeet, mittaukset betonipeitteen paksuudesta sekä betonin puristuslujuustulokset. Kuvassa 9 esitetty tarkastettavat laatutekijät peruslaatoista.

Laatutekijä -laatuvaatimukset	Laatuvaatimus	Toleranssi		Yks.	Täyttää vaatimukset	Poikkeamien määrät		Laadittu dokumentti / huomautukset
		Alaraja	yläraja			Rak. jäävät	Korjatut	
Mitat								
	Yläpinnan korkeusasema	-50	+100	mm	OK			Tarkekuva
	Sijainti vaakatasossa	-100	+100	mm	OK			
	Pituus- ja leveysero	-100	100	mm	OK			
Betoni								
	Betonipeitteen paksuus							Raudoituksen mittauspöytäkirja ja betonipeitemittaukset.
	» maata vasten	80		mm	OK			
	» muotti vasten ja yläpinnat	50		mm	OK			
	Betonin pakkasenkestävyys T2 ja T3		ka. ≥ 50	P-luku	OK			P-lukulaskelma. (T1 ja T4 ei p-lukuvaatimusta.)
	Betonin puristuslujuus (T1,T4 C25/C30 ja T2,T3 C30/37)	-1		Mpa	OK			Puristuslujuustulokset
	Betonipinnan laatu							Silmämääräinen tarkastelu, valokuvia
	» yläpinta	A		lk	OK			
	» muutoin	C		lk	OK			
	Sallittu halkeamakoko		0,4	mm	EI	1		

Kuva 9. (Joonas Kähkönen 2018)

5. Laaturaportti tukirakenteet.

Tukirakenteista kerätään seuraavia laatudokumentteja: Valokuvat raudoituksesta sekä betonipinnoista, tukirakenteiden raudoituspöytäkirja, betonointipöytäkirja ja P-lukulaskelmat, betonin puristuslujuustulokset, mittaukset betonipeitteen paksuudesta, tarkkeet tukirakenteiden sijainnista. Lisäksi kuvan 10 mukaiset tarkastettavat asiat laaturaportissa.

Laatutekijä -laatuvaatimukset	Laatuvaatimus	Toleranssi		Yks.	Täyttää vaatimukset	Poikkeamien määrät		Laadittu dokumentti / huomautukset
		Alaraja	yläraja			Rak. jäävät	Korjatut	
Mitat								
	Tuen yläpinnan korkeusasema	-20	+20	mm	OK	1		Tarkekuva
	Sijainti vaakatasossa	-40	+40	mm	OK			
	Tukiliinjalla olevien pilareiden keskinäinen etäisyys	-30	+30	mm	OK			
	Käyryys		0,3	%	OK			Silmämääräinen tarkastelu
	Rakenneosan kaltevuuspoikkeama	-0,5	+0,5	%	OK			Mittauspöytäkirja
Betoni								
	Betonipeite	-5		mm				Raudoituksen mittauspöytäkirja ja betonipeitemittaukset
			ka. ≥30	P-luku	OK			
	Betonin pakkasenkestävyys							P-lukulaskelmat (kaikki valettu P30, vaikka T1 ja T4 vaatimus oli P20)
	Betonin vertailulujuus (C30/37)	-1		Mpa	OK			Puristuslujuustulokset/Kimmovasaratulokset
	Betonipinnan laatu							Silmämääräinen tarkastelu
	» Näkyviin jäävät pinnat	A		lk	OK			
	» näkymättömiin jäävät pinnat	C		lk	OK			
	Sallittu halkeamakoko		0,2	mm	OK			

Kuva 10. (Joonas Kähkönen 2018)

6. Laaturaportti päällysrakenne.

Päällysrakenteesta kootaan seuraavat laatudokumentit: Valokuvat kannen raudoituksesta sekä betonipinnoista, kannen ja reunapalkkien tarkkeet, kannen raudoituksen mittaus- ja tarkastuspöytäkirja, kannen betonointipöytäkirja, betonipeitemittaukset

kannesta ja reunapalkeista, P-lukulaskelmat kannesta sekä reunapalkeista, betonin puristuslujuuslaskelmat kannesta sekä reunapalkeista, jännittämistyön kelpoisuusaineisto, injektointilaastin puristuslujuus ja impregnoinnin pöytäkirja. Tarkastettavat asiat päällysrakenteesta laaturaporttiin löytyy kuvasta 11.

Laatutekijä -laatuvaatimukset	Laatuvaatimus	Toleranssi		Yks.	Täyttää vaatimukset	Poikkeamien määrät		Laadittu dokumentti / huomautukset
		Alaraja	yläraja			Rak. jäävät	Korjatut	
	Jännitystyö		Jännityspöytäkirja		OK			Jännityspöytäkirja
	Jännepunokset		Materiaalitodistus		OK			Materiaalitodistus
	Injektointilaastin puristuslujuus	20		MPa	OK			Puristuslujuustulokset
	Yläpinnan kaltevuus	-0,5	+0,5	%	EI		1	Mittauspöytäkirja
	Betonin puristuslujuus							
	» Kansi (C30/37)	-1		MPa	OK			Puristuslujuustulokset ja kimmovasaratulokset
	» Reunapalkit (C35/45)	-1		MPa	OK			
	Betonin pakkasenkestävyys							
	» Kansi (P20)		ka. 20	P-luku	OK			P-lukulaskelmat
	» Reunapalkit (P30)		ka. 30	P-luku	OK			
	Betonipeite							
	» Kansi (40mm)	-5		mm	EI	2		Mittauspöytäkirja
	» Reunapalkit (45mm)	-5		mm	OK			
	Betonipinnan laatu							
	» Yläpinnat	AA		lk	OK		3	Silmämääräinen tarkastelu / Eristysalustan tarkastusraportti
	» Näkyviin jäävät ja muottikangasta vasten valetut pinnat	A		lk	OK		4	
	» Näkymättömiin jäävät pinnat	C		lk	OK		4	
	Sallittu halkeamakoko							
	» Reunapalkkin yläpinta		0,1	mm	OK		5	
	» Muutoin		0,2	mm	OK			

Kuva 11. (Joonas Kähkönen 2018)

7. Laaturaportti pintarakenteet.

Pintarakenteiden laaturaportissa tulee käydä ilmi seuraavat asiat: Valokuvat eristysalustasta sekä valmiista vesieristyksestä, kosteusnäytteet sillan kannesta, lasihelmikkeen makrokarheustulokset, sillan kannen vetolujuuskokeiden tulokset, eristysalustan tarkastuspöytäkirja, eristyspöytäkirja sekä päällystyksen massanäytteet. Kuvassa 12 on esitetty tarkastettavat asiat pintarakenteiden laaturaporttia varten, jos kyseessä nestemäinen vesieristys.

Laatutekijä -laatuvaatimukset	Laatuvaatimus	Toleranssi		Yks.	Täyttää vaatimukset	Poikkeamien määrät		Laadittu dokumentti / huomautukset
		Alaraja	yläraja			Rak. jäävät	Korjatut	
	Mitat							
	Eristysalustan absoluuttinen kosteus		5,0	%	OK/EI	1		Mittauspöytäkirja
	Eristysalustan makrokarheus	0,3	1,2	mm	OK			Mittauspöytäkirja
	Eristysalustan tasaisuus		3mm/1,5m	mm	OK			Silmämääräinen tarkastelu
	Eristysalustan puhtaus / suihkupudistusaste	≥25		%	OK			Silmämääräinen tarkastelu
	Ilman suhteellinen kosteus eristyön aikana		85	%	OK			Eristyspöytäkirja
	Eristettävän pinnan lämpötila	5		°C	OK			Eristyspöytäkirja
	Kastepiste suhteessa eristettävään pintaan	3		°C	OK			Eristyspöytäkirja
	Ei minimaattorin tartuntalujuus	min 1,0 ka. >1,2		N/mm ²	OK			Eristyspöytäkirja

Kuva 12. (Joonas Kähkönen 2018)

8. Laaturaportti varusteet ja laitteet.

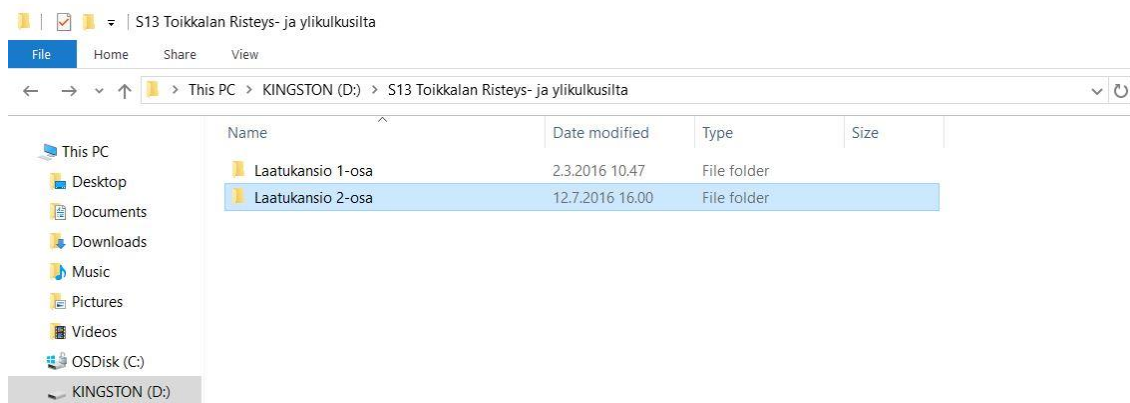
Laaturaportissa tulee käydä ilmi seuraavat asiat: Valokuvat siirtymälaatan raudoituksesta ja betonipinnoista, siirtymälaattapohjien levykuormituskoetulokset, raudoitus-

pöytäkirja siirtymälaatoista, siirtymälaattojen betonointipöytäkirja, betonin P-lukutulokset, betonin puristuslujuustulokset, betonipeitteen paksuudet, sillan laakereiden tarkkeet, liikuntasaumalaitteiden asennuspöytäkirja, tukikaistan materiaalitodistus, materiaali- ja sinkitystodistukset sekä sillankaiteiden asennuspöytäkirja. Tarkastettavat asiat varusteiden ja laitteiden laaturaporttia varten näkyvässä kuvassa 13.

Laatutekijä -laatuvaatimukset	Laatuvaatimus	Toleranssi			Täyttää vaatimukset	Poikkeamien määrät		Laadittu dokumentti / huomautukset
		Alaraja	yläraja	Yks.		Rak. jäävät	Korjatut	
Siirtymälaatta								
	Betonin puristuslujuus (C30/37)	-1		MPa	OK			Puristuslujuustulokset
	Betonin pakkasenkestävyys	ka. 50		P-luku	OK			P-lukulaskelmat
	Betonipinnat	C		LK	OK			Silmämääräinen tarkastelu
	Halkeamat		0,2	mm	OK			
Kaiteet								
	Materiaalit	todistukset			OK			Materiaali- ja sinkitystodistus
	Kaidetyöt	asennuspöytäkirja			OK			Asennuspöytäkirja
	Juurivalin puristuslujuus (C30/37)	-1		MPa	OK			SILKO-tuote
	Juurivalun pakkasenkestävyys (P50)	ka. 50		P-luku	OK			SILKO-tuote
Muut varusteet ja laitteet								
	Tippuputkien materiaali	RST			OK			Materiaalitodistus
	Kohausuojien materiaali	sinkitty			OK			Sinkitystodistus
	Salaajien materiaali	RST			OK			Materiaalitodistus
	Pintavesikaivojen materiaali	RST			OK			Materiaalitodistus

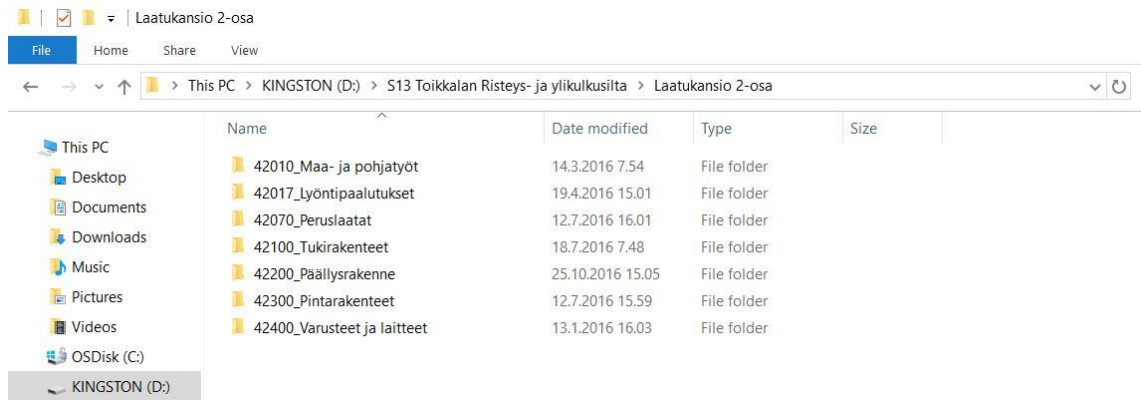
Kuva 13. (Joonas Kähkönen 2018)

Laatukansioiden osa 1 tuli käsitellyksi edellä, seuraavana on vuorossa laatukansioiden osa 2. Laatukansioiden 2-osaan kootaan rakenneosakohtaisesti vaadittavat vaiheiden työ- ja laatusuunnitelmat.



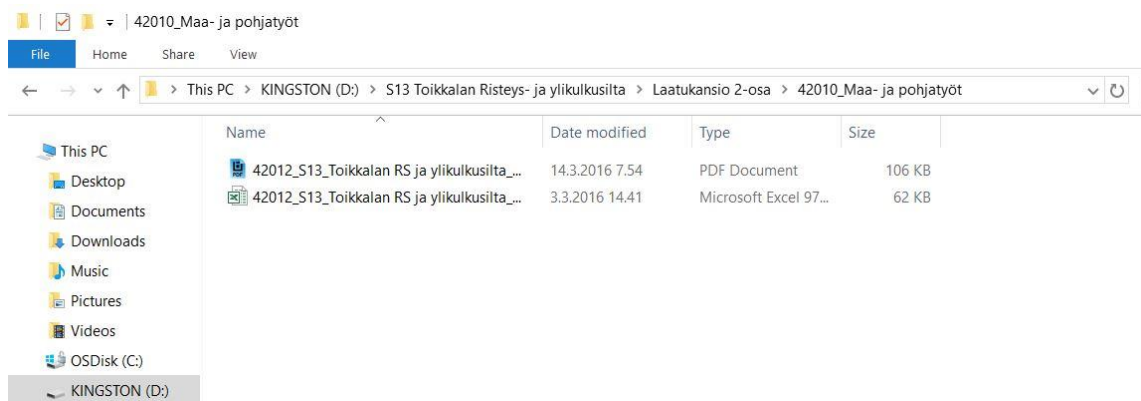
Kuva 14. (Joonas Kähkönen 2018)

Kuten laatukansioiden 1-osassa myös 2-osassa luodaan kansiot rakenneosakohtaisesti, jolloin oikeat dokumentointimateriaalit kohdistuvat oikeisiin rakenneosiin kuvan 15 mukaisesti.



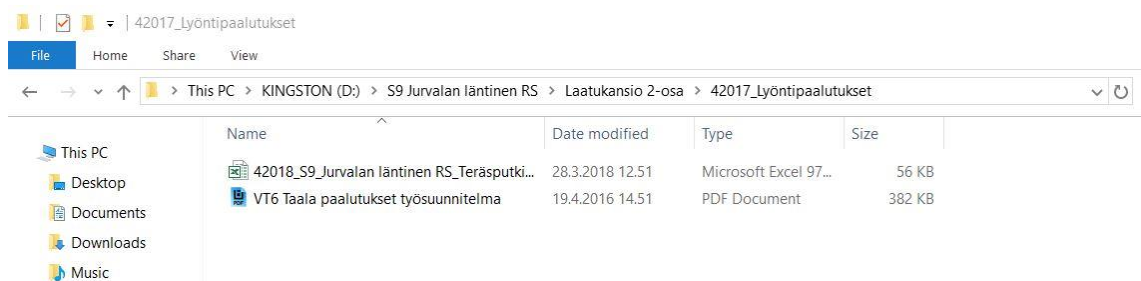
Kuva 15. (Joonas Kähkönen 2018)

Maa- ja pohjatöistä tulee dokumentoida työ- ja laatusuunnitelma.



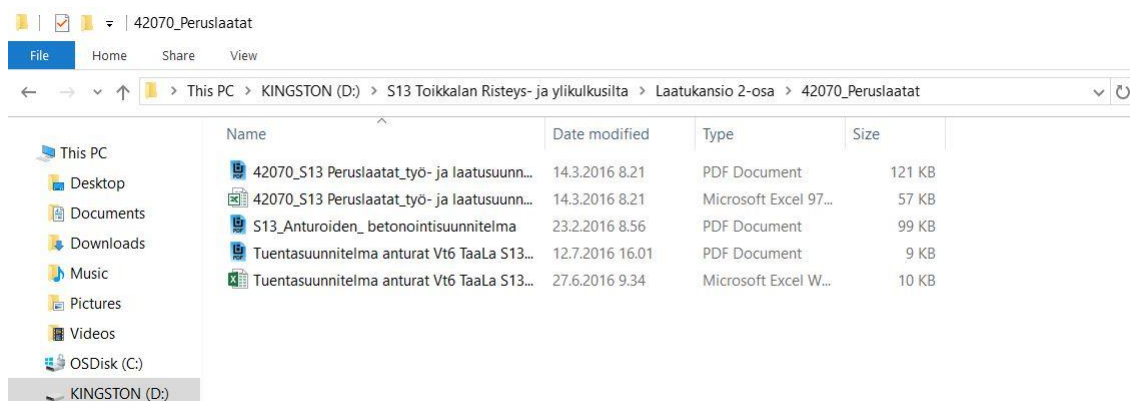
Kuva 16. (Joonas Kähkönen 2018)

Lyöntipaalutuksen osalta dokumentoidaan paalutuksen työ- ja laatusuunnitelma, paalutusurakoitsijan tekemä työ- ja laadunvarmistusohje sekä paalutuksen betonointityösuunnitelma tarvittaessa.



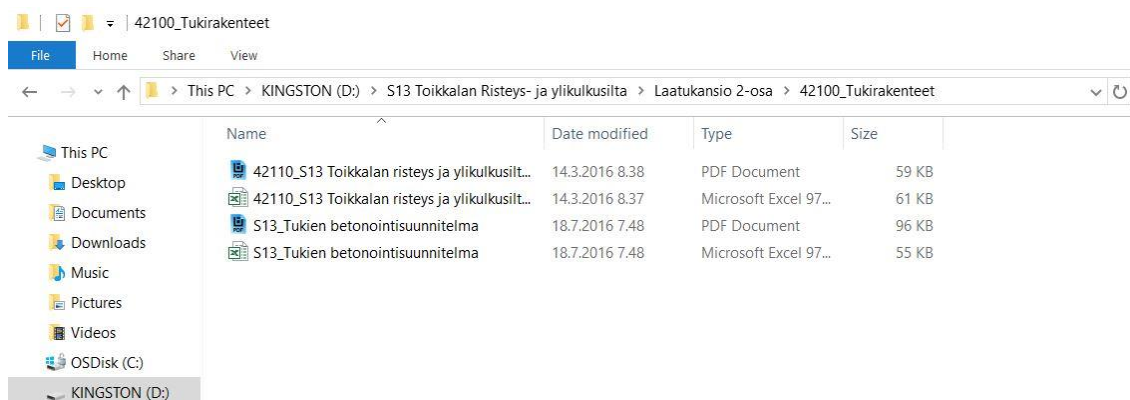
Kuva 17. (Joonas Kähkönen 2018)

Peruslaatoista tulee dokumentoida työ- ja laatusuunnitelma, anturoiden raudoituksen tuentasuunnitelma, anturoiden tuentasuunnitelma sekä anturoiden betonointityösuunnitelma.



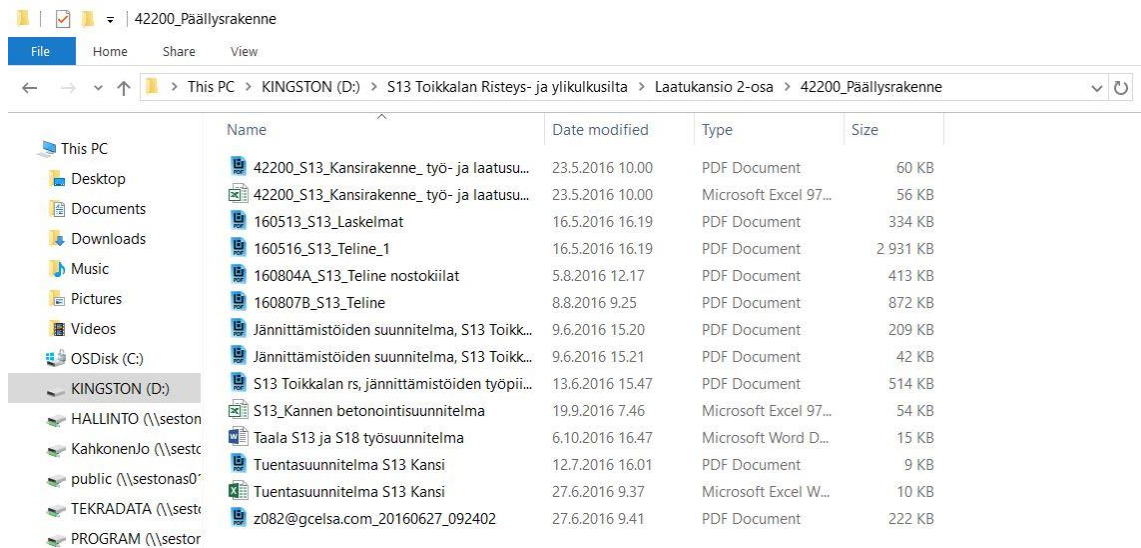
Kuva 18. (Joonas Kähkönen 2018)

Tukirakenteista dokumentoidaan työ- ja laatusuunnitelma, pilareiden ja/tai maatumien tuentasuunnitelma, tukirakenteiden raudoituksen tuentasuunnitelma sekä tukirakenteiden betonointityösuunnitelma.



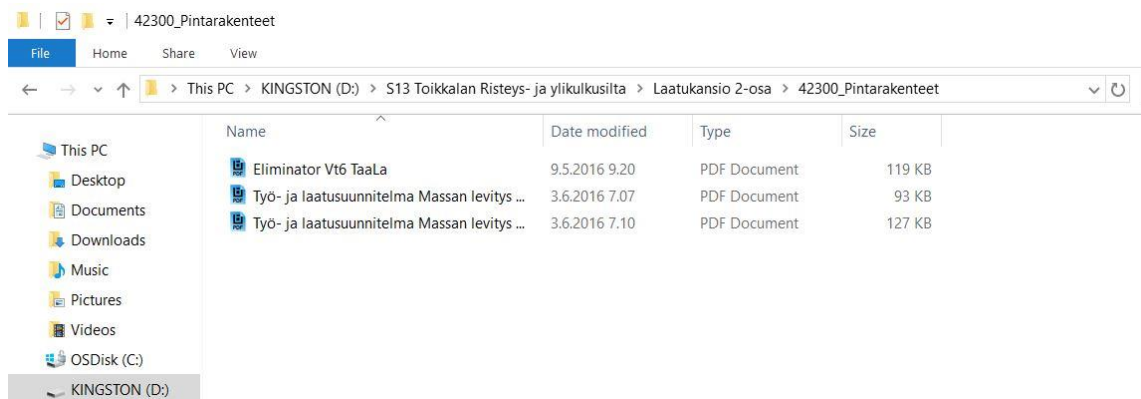
Kuva 19. (Joonas Kähkönen 2018)

Päällysrakenteesta tulee dokumentoida: Sillan kansirakenteen työ- ja laatusuunnitelma, teline- ja muottisuunnitelmat sekä laskelmat telineestä ja muotista, sillan kannen tuentasuunnitelma, kannen betonointityösuunnitelma, jännittämistöiden suunnitelma, jos kyseessä jännitetty silta sekä jännittämistöiden työpiirustuksen.



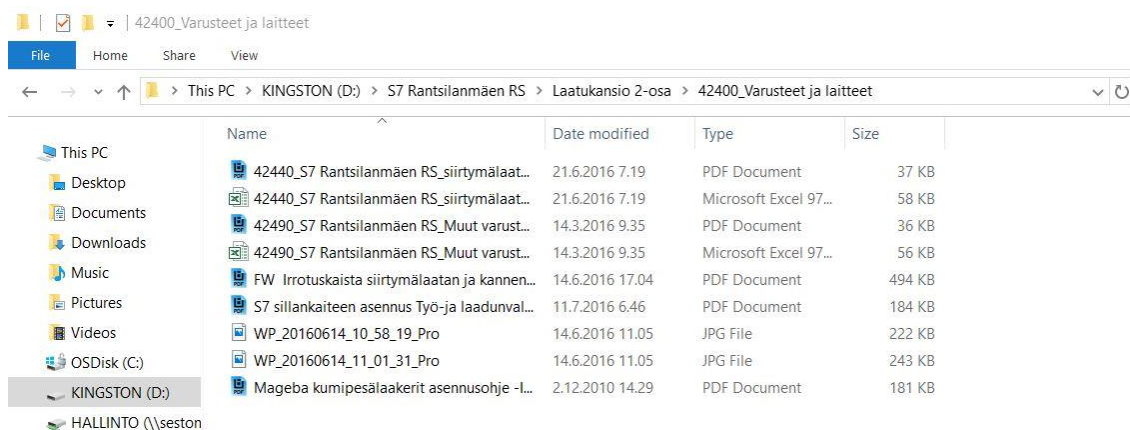
Kuva 20. (Joonas Kähkönen 2018)

Pintarakenteista dokumentoidaan vesieristyksen työ- ja laatusuunnitelma sekä massan levityksen työ- ja laatusuunnitelma.



Kuva 21. (Joonas Kähkönen 2018)

Varusteiden ja laitteiden osalta tulee dokumentoida: Siirtymäläätojen työ- ja laatusuunnitelma, siirtymäläätojen betonointityösuunnitelma, muiden varusteiden ja laitteiden (tippuputket, pintavesiputket, salaojat, kaapelivarausputket, vemot, upotettavat valaisimet, panoskiinnikkeet) työ- ja laatusuunnitelma, sillankaiteen asennuksen työ- ja laatusuunnitelma, sillan laakereiden asennusohje sekä laakerikuvat.



Kuva 22. (Joonas Kähkönen 2018)

6.2 Laatudokumenttien liittäminen Trimble Connectiin

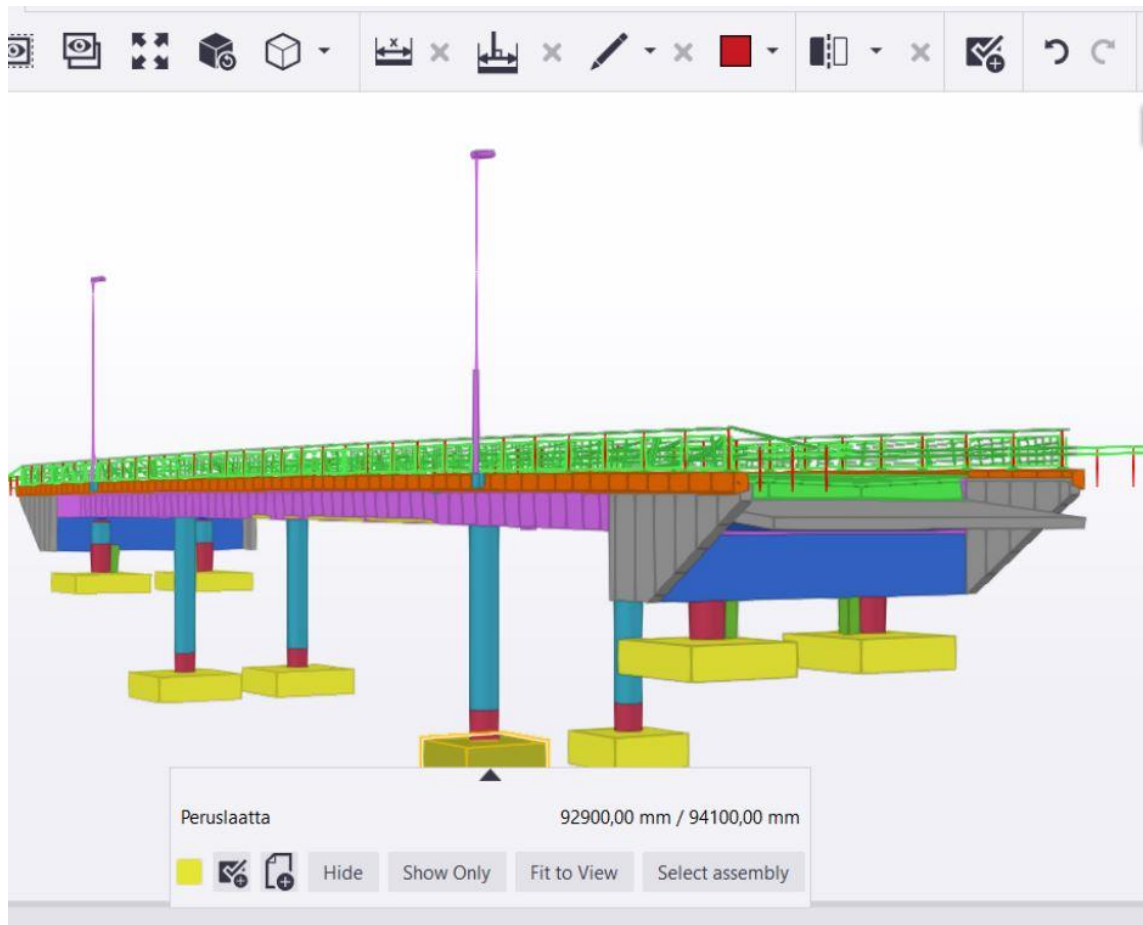
Tässä osiossa käsitellään tiedostojen liittämistä Trimble Connect Desktop versioon. Tämän hetkisten ominaisuuksien vuoksi laatudokumenttien liittämistä käsitellään vain Desktop-version osalta, koska Trimble Connect Web sekä Trimble Connect Mobile ovat tällä hetkellä sellaisessa kehitysvaiheessa, että niiden mukaan ottaminen tähän osioon ei ole tarkoituksenmukaista. Desktop-versiossakin on vielä tässä vaiheessa omat pienet murheensa. Sovellus ei vielä ymmärrä rakenneosaa yhtenä kokonaisuutena, vaan se on pilkottu blokkeihin. Tämä tekee sen, että dokumenttien lisääjällä ja dokumenttien katsojilla pitää olla tieto siitä mihin tiettyyn blokkiin laatudokumentit ovat liitettynä. Tähän on kehitteillä järkevä tapa toimia ja dokumentointiohjetta tullaan päivittämään tämän osalta, kun on valittu toimivin tapa toteuttaa se.

Seuraavassa esitetään rakennusosakohtaisesti dokumenttien liittäminen siltamalliin. Kappaleessa 6.1 käytiin lävitse vaadittavat laatudokumentit kansiorakenteineen ja nyt samantyyppistä järjestystä noudattaen ne liitetään siltamalliin. Kaikkia laatudokumentteja ei liitetä tässä malliin, vaan käydään rakenneosakohtaisesti läpi, miten dokumentin liittäminen rakenneosaan tapahtuu kuvilla ja tekstein havainnollistaen.

6.2.1 Peruslaatat

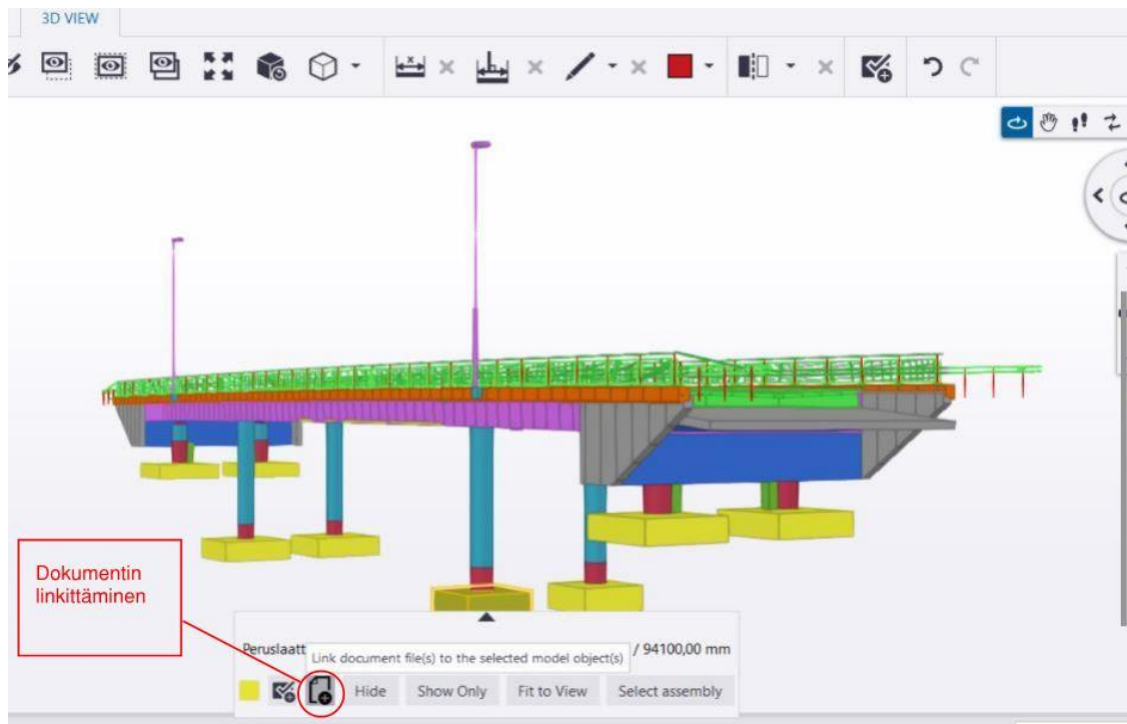
Laatudokumentti lisätään siltamallin peruslaattaan vaihe vaiheelta. Ensimmäiseksi valitaan haluttu rakenneosa, johon dokumentti liitetään kuva 22 mukaisesti.

Valitaan rakenneosa, tässä tapauksessa peruslaatta jonka jälkeen viedään hiiri rakenneosan päälle ja klikataan hiiren oikeaa näppäintä.



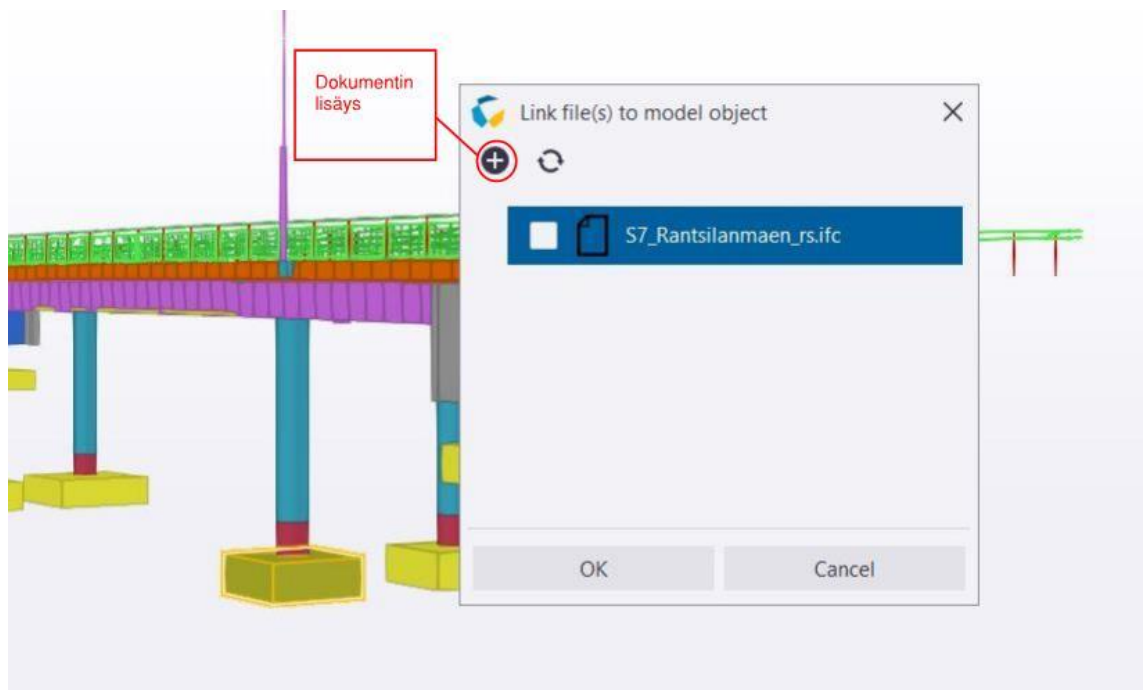
Kuva 22. (Joonas Kähkönen 2018)

Tämän jälkeen klikataan punaisella ympyröityä linkkiä (kuva 23).



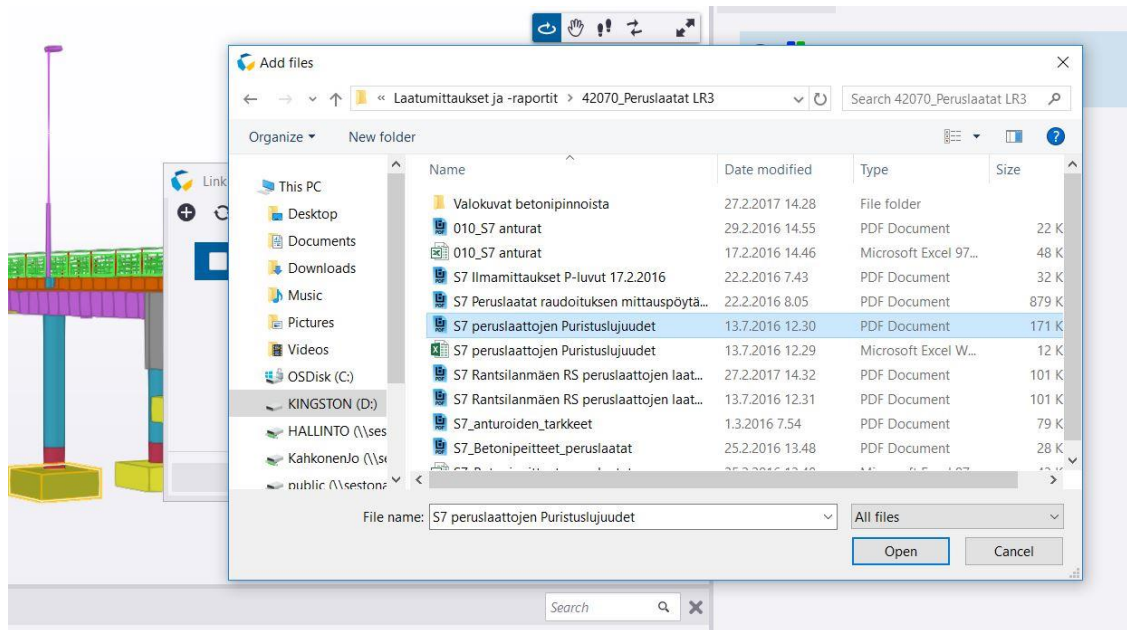
Kuva 23. (Joonas Kähkönen 2018)

Kuvan 23 linkkiä klikkaamalla avautuu kuvan 24 mukainen näkymä, jonka jälkeen painetaan punaisella ympyröityä linkkiä.



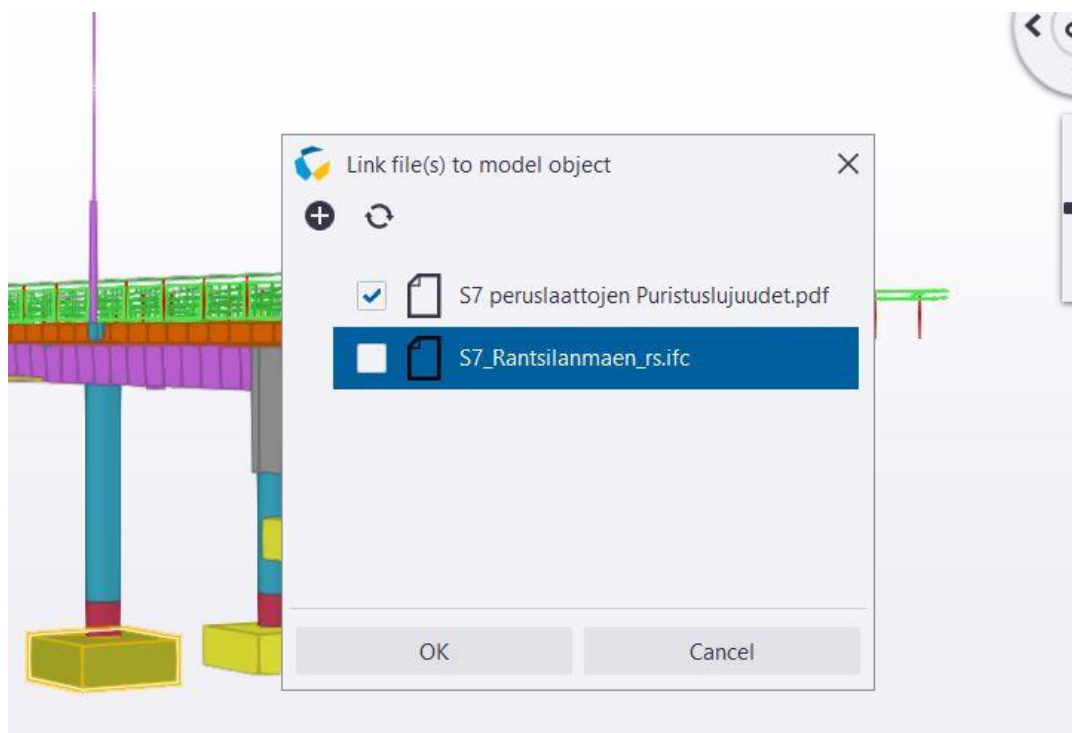
Kuva 24. (Joonas Kähkönen 2018)

Tämän jälkeen avautuu tiedostonäkymä, josta valitaan oikeaan siltaan kohdistettu kansio ja rakenneosa sekä haluttu dokumentti kuvan 25 mukaisesti.



Kuva 25. (Joonas Kähkönen 2018)

Open-napin painamisen jälkeen näkymä avautuu kuvan 24 mukaisesti, mutta nyt näkymään on tullut peruslaattojen puristuslujuudet. Dokumentteja pystyy liittämään useita kerralla eli niitä ei tarvitse yksitellen lisäillä. Laitetaan täppä kohtaan peruslaattojen puristuslujuudet, jonka jälkeen painetaan OK.



Kuva 25. (Joonas Kähkönen 2018)

Laatudokumentti on nyt linkitettyä rakenneosaan ja näkyy kuvassa 26. Rakenneosaa klikkaamalla hiiren oikealla näppäimellä pääsee tarkastelemaan linkitettyä dokumenttia. Linkitettyt dokumentit tulevat näkymään allekkain listamuodossa.

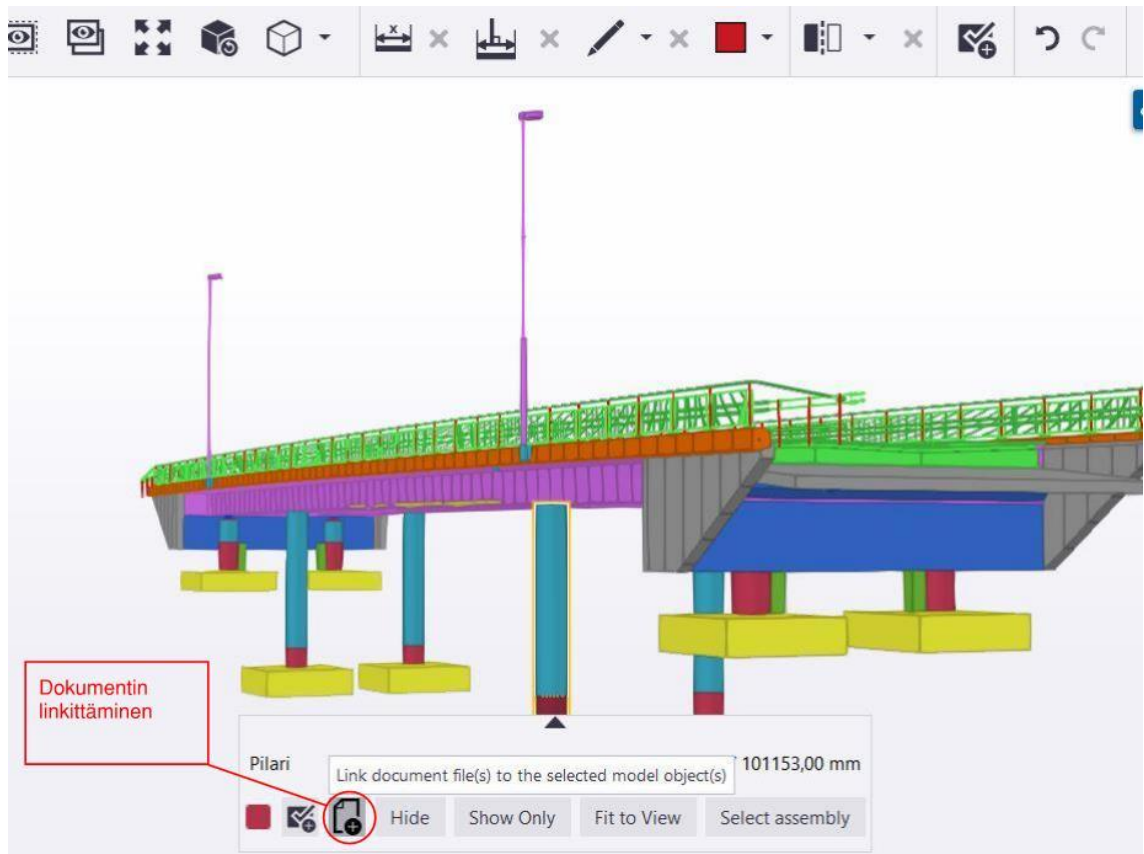


Kuva 26. (Joonas Kähkönen 2018)

6.2.2 Tukirakenteet

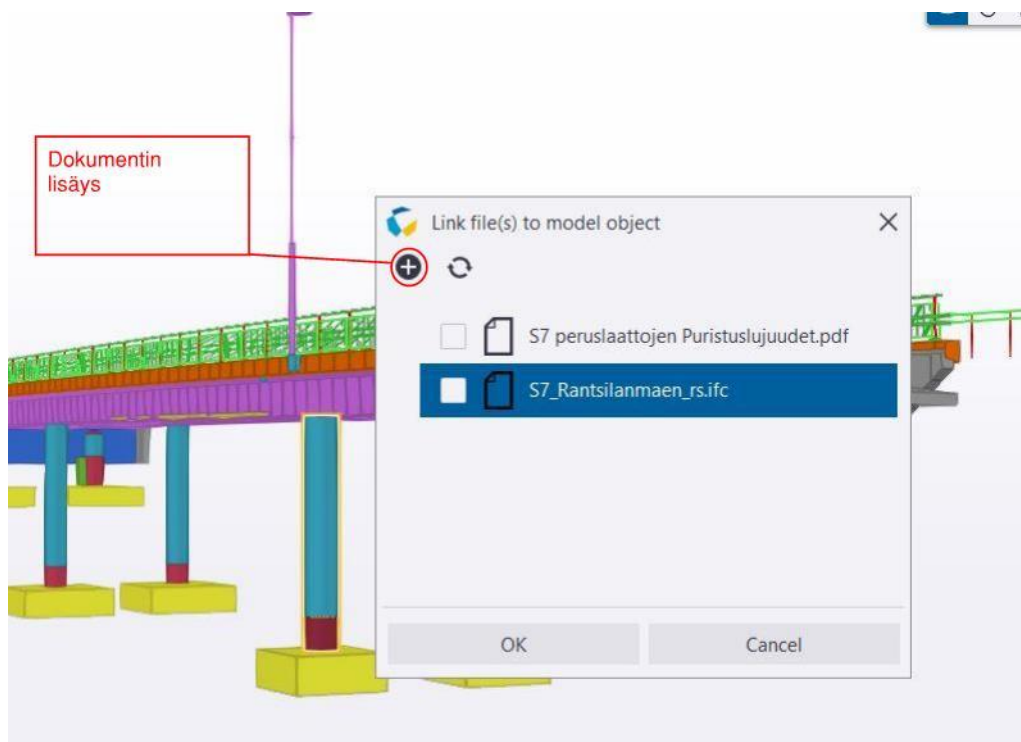
Laatudokumenttien lisääminen noudattaa samaa kaavaa kuin peruslaattojen osalta. Lu-
vussa 6.1 on kerrottu, mitä dokumentteja tukirakenteista tarvitsee olla laadunvarmistusta
varten ja nyt käydään lävitse, miten linkitysprosessi menee tukirakenteiden osalta.

Valitaan rakenneosaa pilari, jonka jälkeen viedään hiiri rakenneosan päälle ja klikataan
hiiren oikeaa näppäintä. Painetaan punaisella ympyröityä linkkiä kuvan 27 mukaisesti.



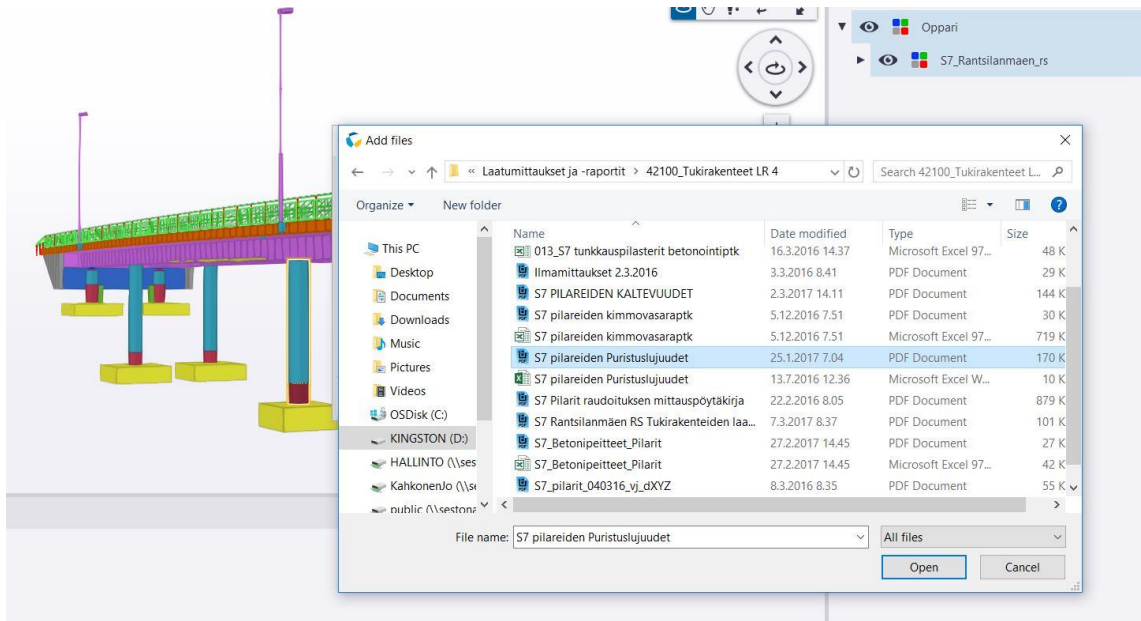
Kuva 27. (Joonas Kähkönen 2018)

Kuvan 27 linkkiä klikkaamalla avautuu kuvan 28 mukainen näkymä, jonka jälkeen painetaan punaisella ympyröityä linkkiä.



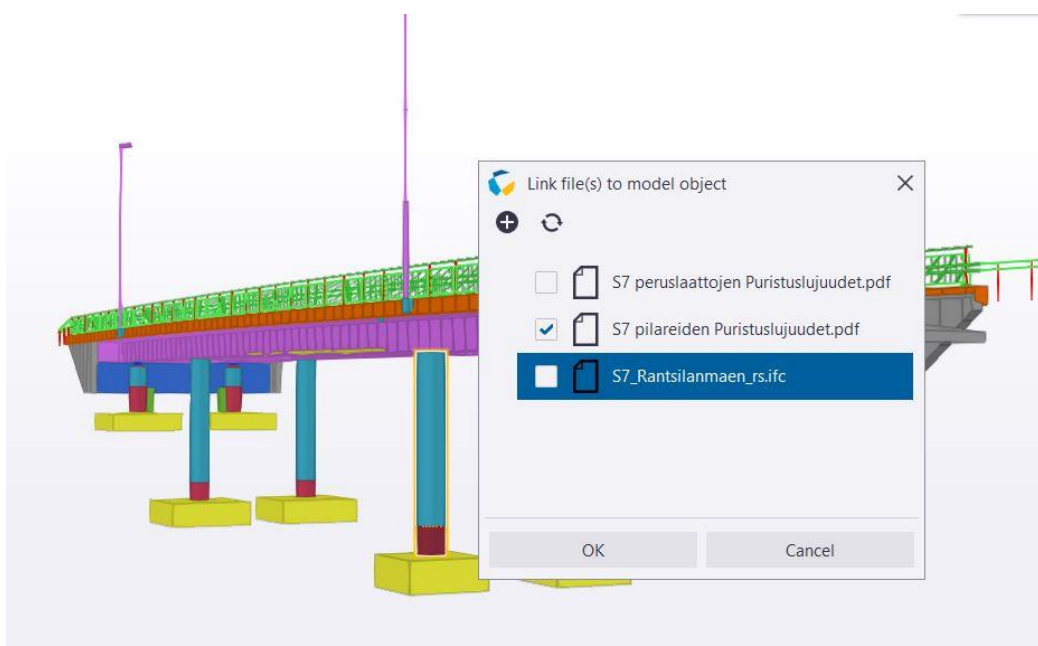
Kuva 28. (Joonas Kähkönen 2018)

Tämän jälkeen avautuu tiedostonäkymä, josta valitaan oikeaan siltaan kohdistettu kansio ja rakenneosa sekä haluttu dokumentti kuvan 29 mukaisesti.



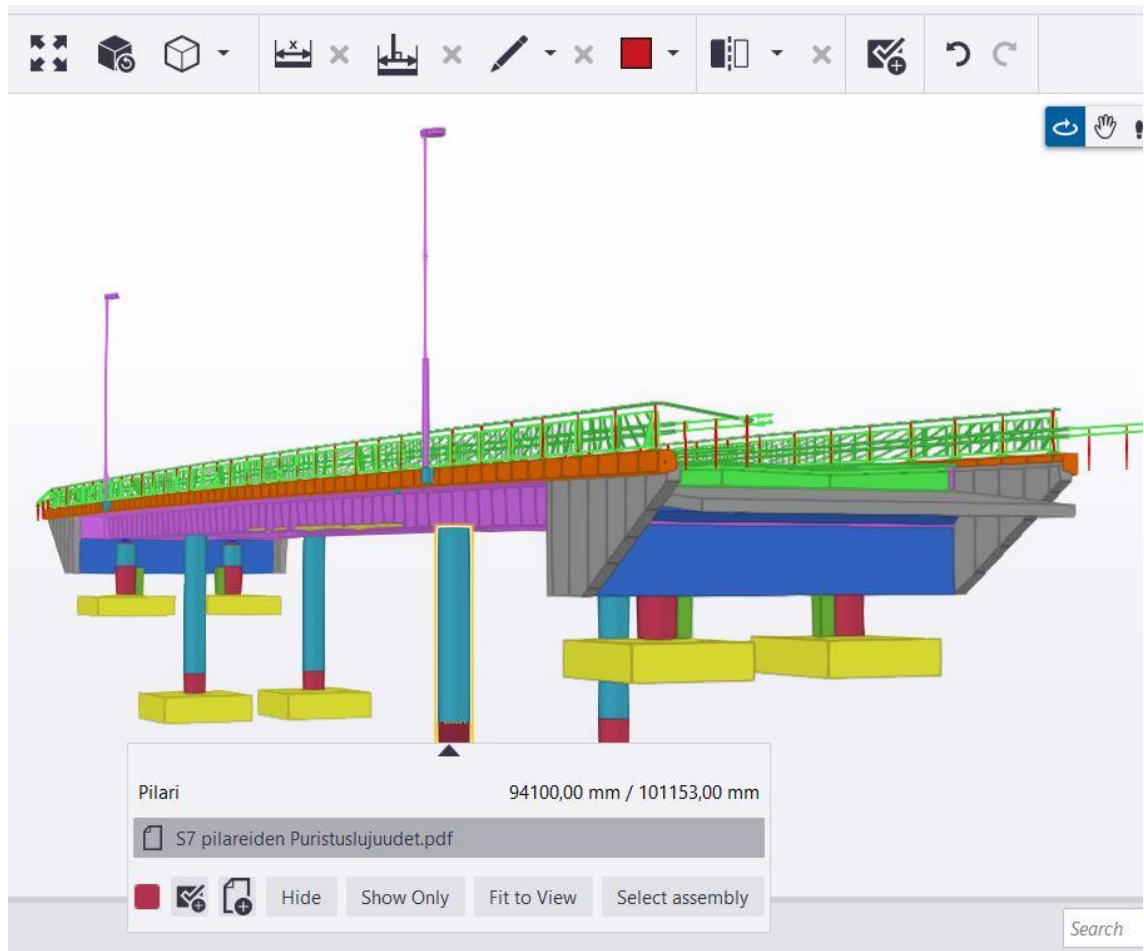
Kuva 29. (Joonas Kähkönen 2018)

Open-napin painamisen jälkeen näkymä avautuu kuvan 30 mukaisesti, mutta nyt näkymään on tullut lisäksi peruslaattojen puristuslujuuden lisäksi pilareiden puristuslujuus. Dokumentteja pystyy liittämään useita kerralla eli niitä ei tarvitse yksitellen lisätä. Laite-taan täppä kohtaan pilareiden puristuslujuus, koska käsiteltävä rakenneosa on tukiraken-teet, tämän jälkeen painetaan OK.



Kuva 30. (Joonas Kähkönen 2018)

Laatudokumentti on nyt linkitettyä rakenneosaan ja näkyy kuvassa 31. Rakenneosaa klikkaamalla hiiren oikealla näppäimellä pääsee tarkastelemaan linkitettyä dokumenttia. Linkitettyt dokumentit tulevat näkymään allekkain listamuodossa rakenneosakohtaisesti.



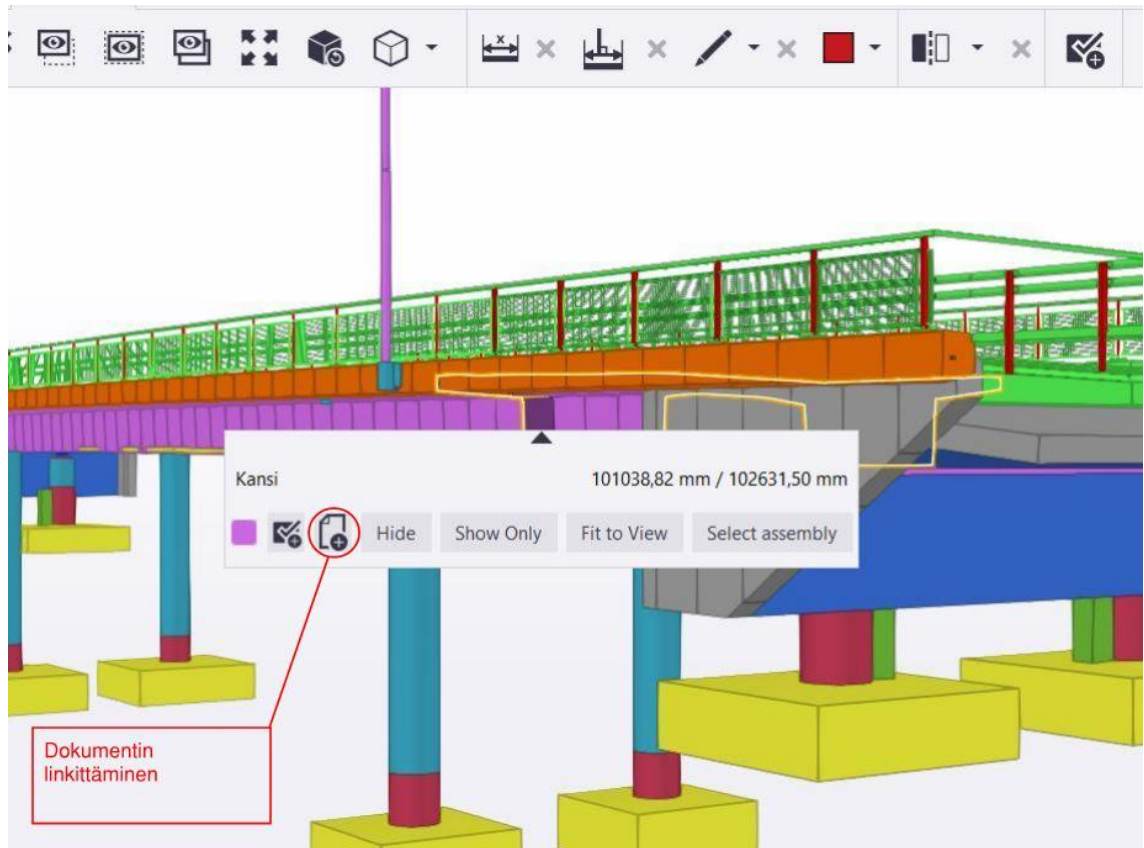
Kuva 32. (Joonas Kähkönen 2018)

6.2.3 Päälysrakenne

Laatudokumenttien lisäämisessä menetellään samalla tavalla kuin peruslaattojen ja tukirakenteiden osalta. Luvussa 6.1 on kerrottu, mitä dokumentteja päälysrakenteista tarvitsee olla laadunvarmistusta varten ja nyt käydään lävitse, miten linkitysprosessi menee päälysrakenteen osalta. Tässä rakenneosassa linkitetään useampi dokumentti, jotta käy ilmi kuinka useamman tiedoston linkittäminen saman aikaisesti tehdään.

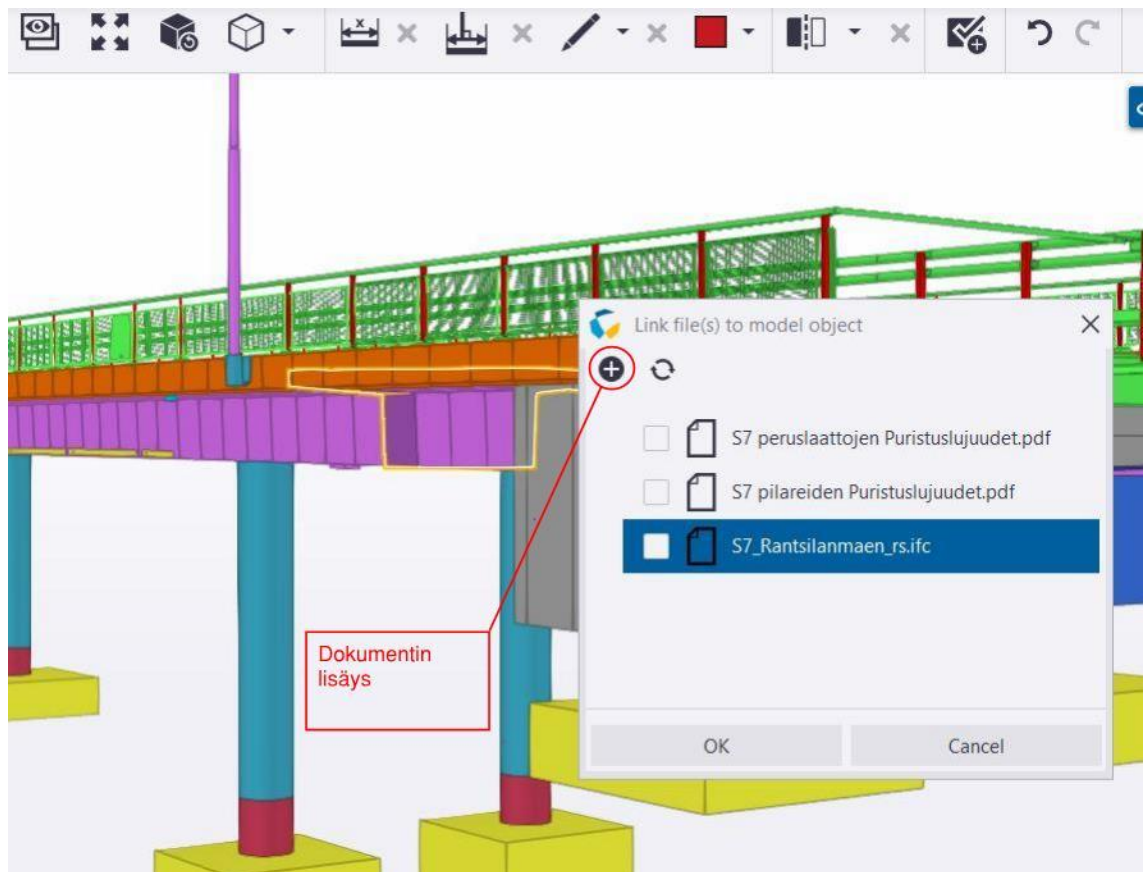
Valitaan rakenneosan kansi, jonka jälkeen vietään hiiri rakenneosan päälle ja klikataan hiiren oikeaa näppäintä. Painetaan punaisella ympyröityä linkkiä kuvan 33 mukaisesti.

Tässä on tärkeä huomata, että kansi valitaan aktiiviseksi mallin sivusta reunapalkin (oranssilla) alapuolelta. Kannen päältä klikattaessa aktivoituisi sillan pintarakenne.



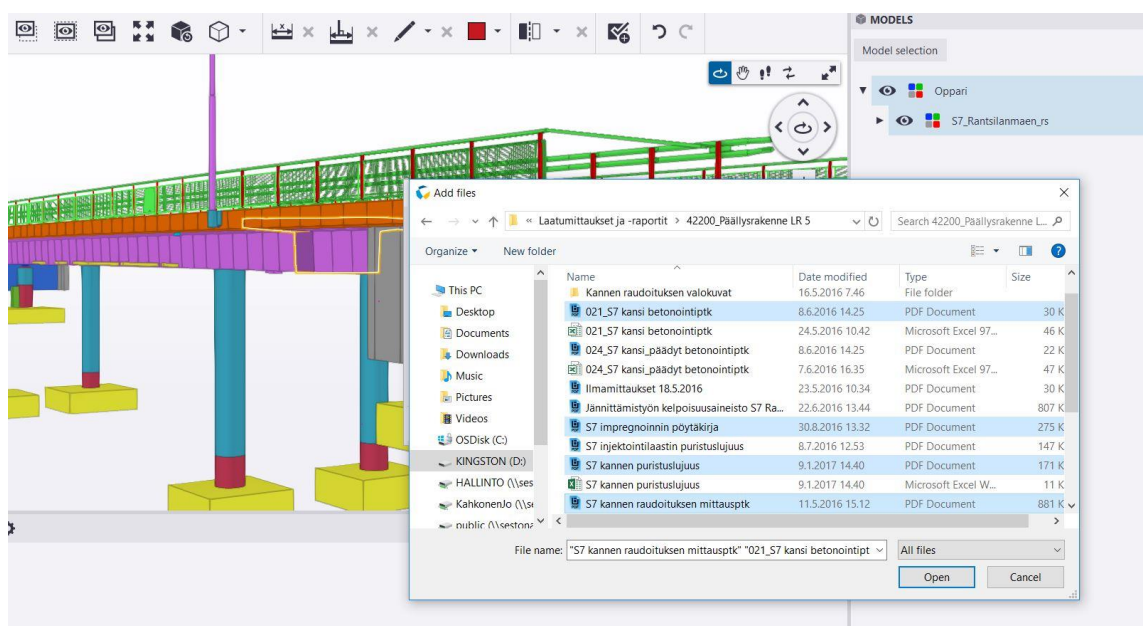
Kuva 33. (Joonas Kähkönen 2018)

Kuvan 33 linkkiä klikkaamalla avautuu kuvan 34 mukainen näkymä, jonka jälkeen painetaan punaisella ympyröityä linkkiä.



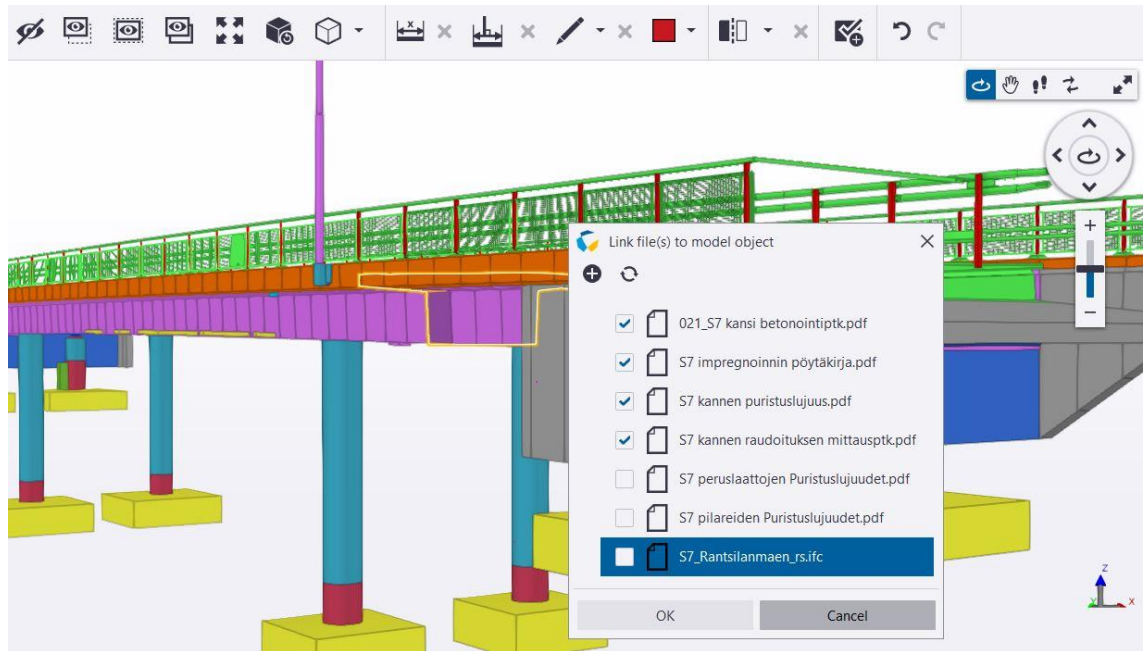
Kuva 34. (Joonas Kähkönen 2018)

Malliin avautuu tiedostonäkymä, josta valitaan oikeaan siltaan kohdistettu kansio ja rakenneosa sekä halutut dokumentit kuvan 35 mukaisesti. Useampi dokumentti saadaan linkitettyä kerralla painamalla Ctrl pohjaan ja klikataan hiirellä halutut dokumentit.



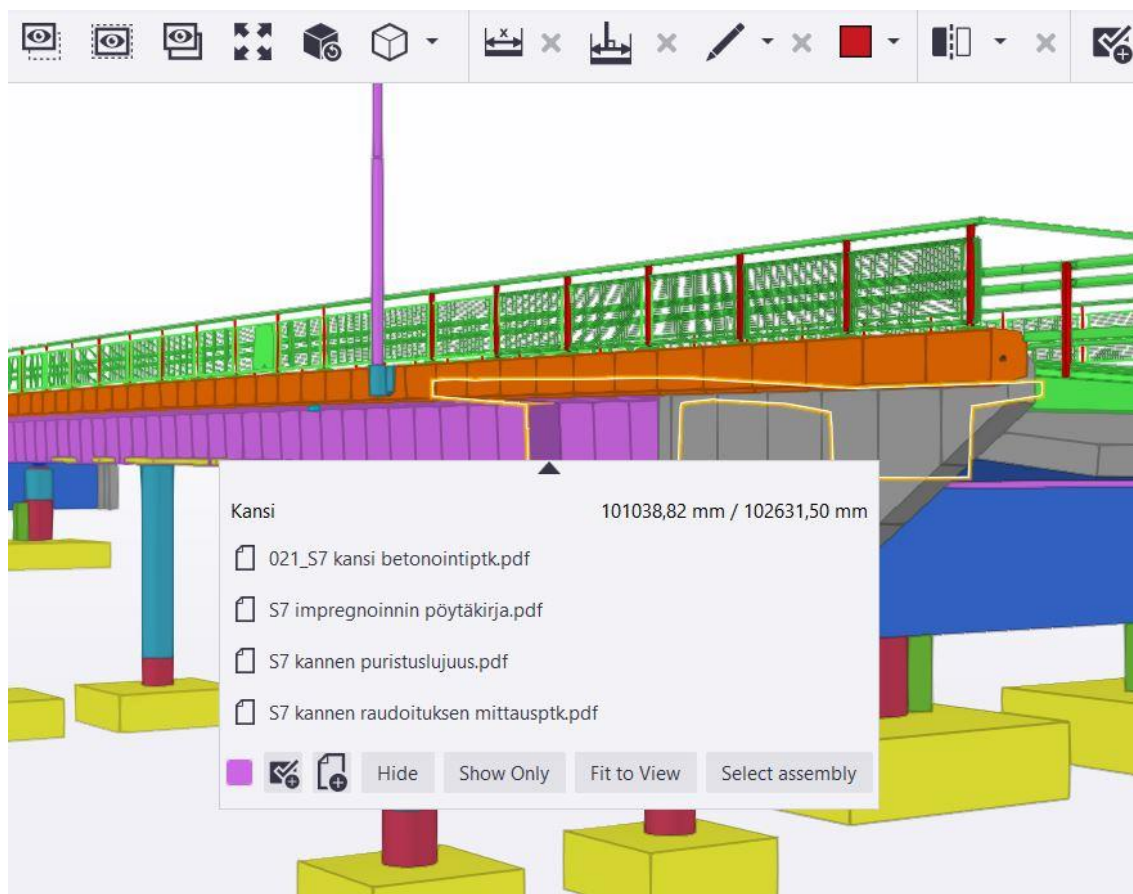
Kuva 35. (Joonas Kähkönen 2018)

Open-napin painamisen jälkeen näkymä avautuu kuvan 36 mukaisesti. Nyt näkymässä on huomattavasti enemmän linkitettyjä dokumentteja. Dokumentteja pystyy liittämään useita kerralla eli niitä ei tarvitse yksitellen lisätä. Laitetaan täppä rakenneosaan linkitettäviin tiedostoihin, tämän jälkeen painetaan OK.



Kuva 36. (Joonas Kähkönen 2018)

Laatudokumentti on nyt linkitetty rakenneosaan ja näkyy kuvassa 37. Rakenneosaa klikkaamalla hiiren oikealla näppäimellä pääsee tarkastelemaan linkitettyä dokumenttia. Linkitettyt dokumentit näkyvät allekkain listamuodossa rakenneosakohtaisesti.

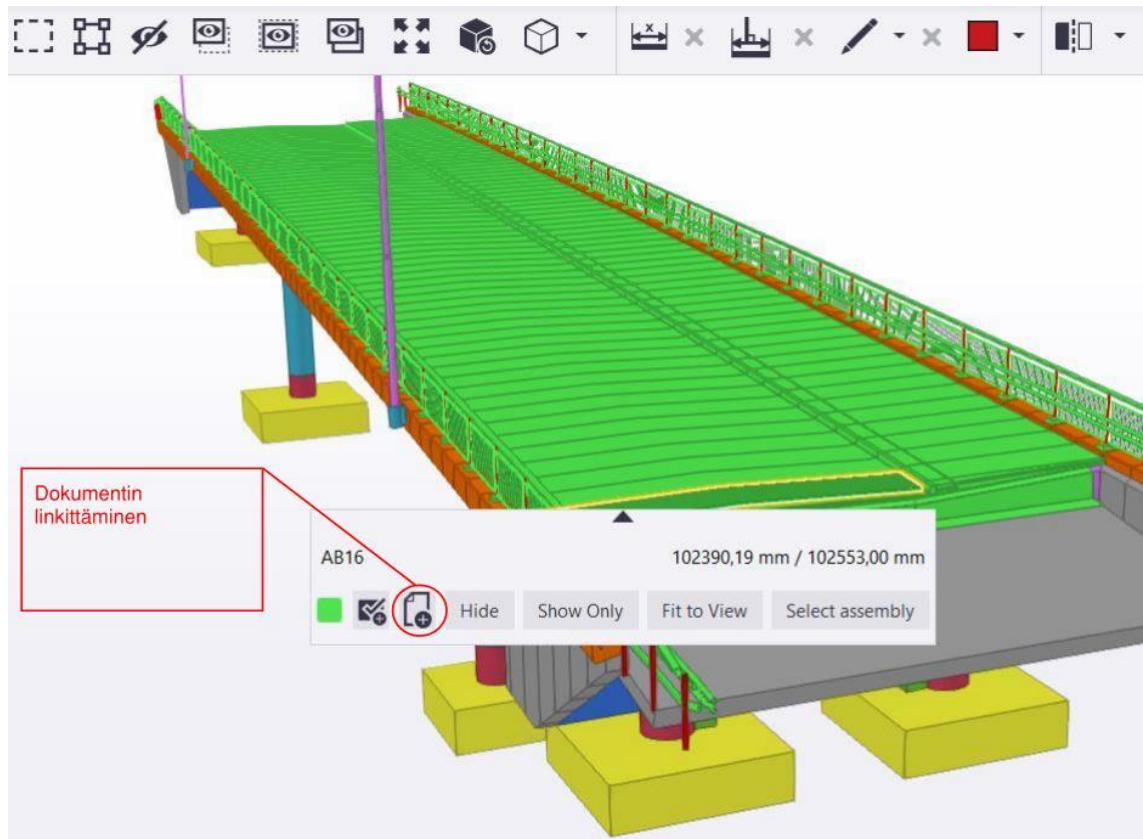


Kuva 37. (Joonas Kähkönen 2018)

6.2.4 Pintarakenteet

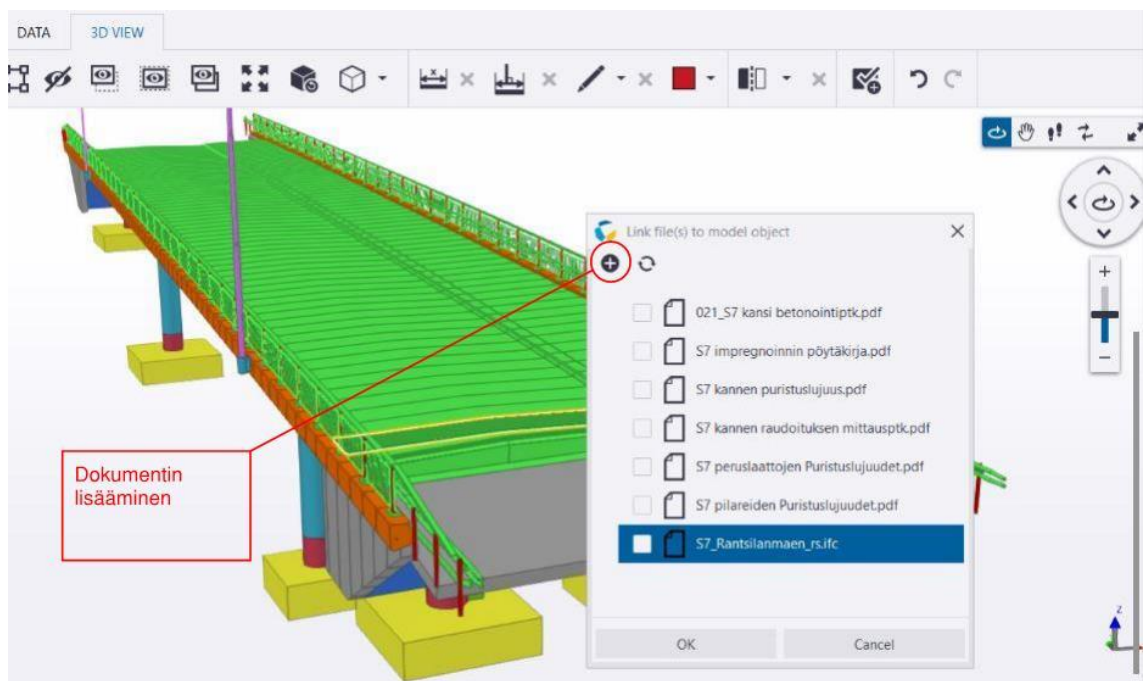
Laatudokumenttien lisäämisessä menetellään vastaavalla tavalla kuin aiemmissa rakenneosissa. Luvussa 6.1 on kerrottu, mitä dokumentteja pintarakenteista tarvitsee olla laadunvarmistusta varten ja nyt käydään lävitse, miten linkitysprosessi menee pintarakenteiden osalta.

Valitaan rakenneosia pintarakenteet, jonka jälkeen viedään hiiri rakenneosan päälle ja klikataan hiiren oikeaa näppäintä. Painetaan punaisella ympyröityä linkkiä kuvan 38 mukaisesti. Tässä rakenneosassa pintarakenne klikataan aktiiviseksi sillan kannen päältä. Valmiissa siltamallissa kannen päältä klikattaessa rakenneosaa aktiiviseksi tulee infoboksiin perustietoa päällystetyypistä, mutta se sisältyy myös sillan pintarakenteisiin, joten siitä ei kannata huolestua, vaikka blokkia ei ole nimetty pintarakenteet nimellä.



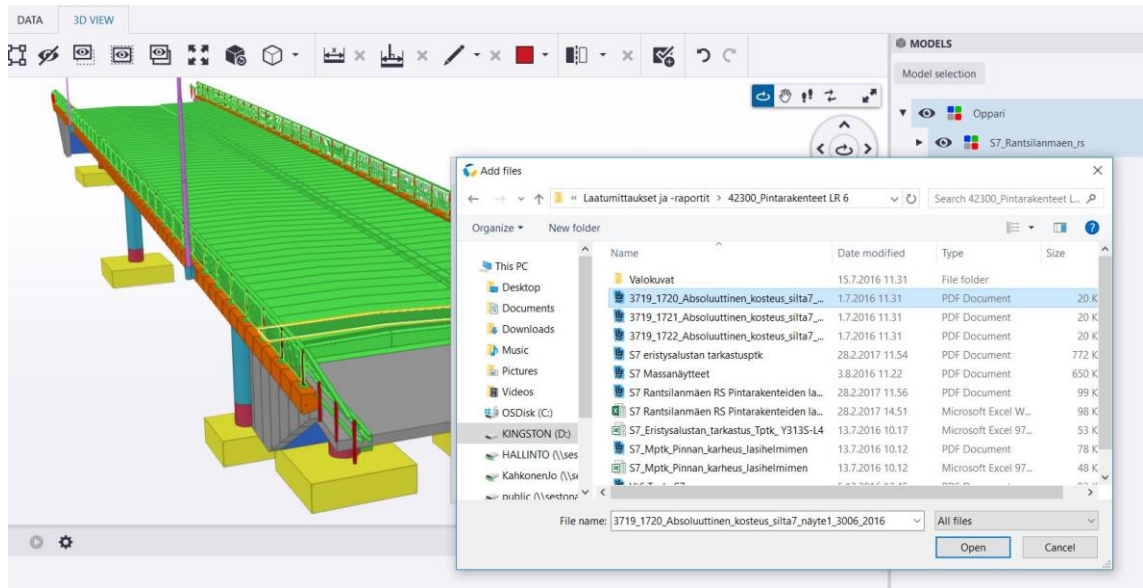
Kuva 38. (Joonas Kähkönen 2018)

Kuvan 38 linkkiä klikkaamalla avautuu kuvan 39 mukainen näkymä, jonka jälkeen painetaan punaisella ympyröityä linkkiä.



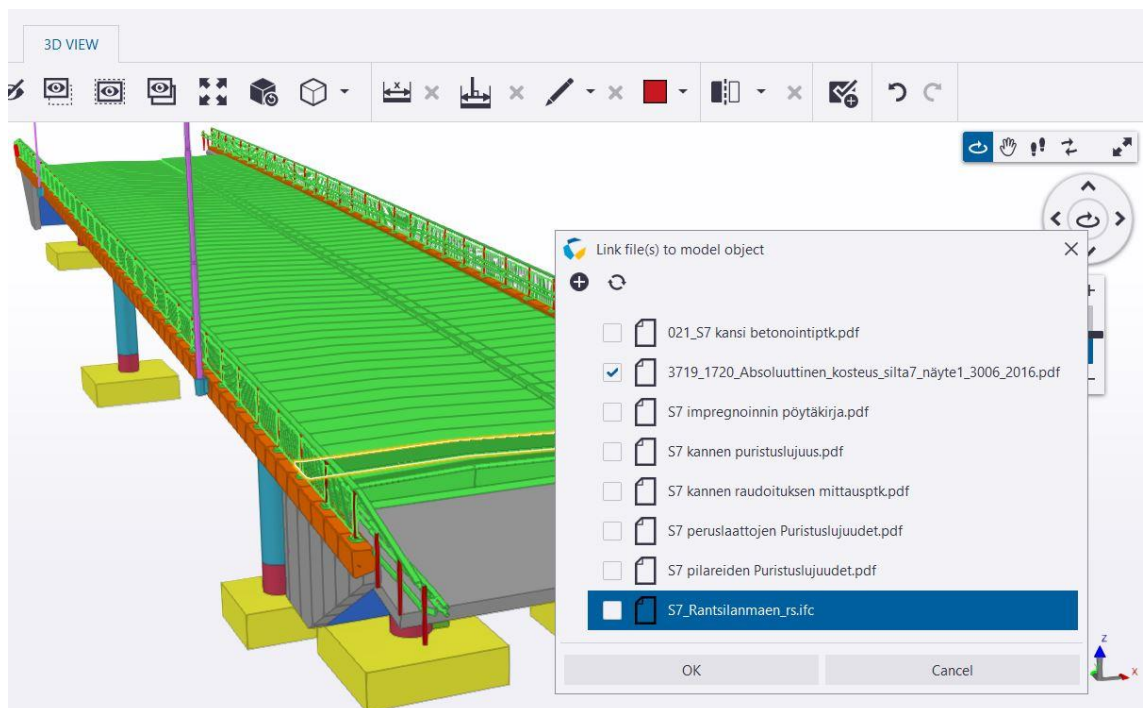
Kuva 39. (Joonas Kähkönen 2018)

Malliin avautuu tiedostonäkymä, josta valitaan oikeaan siltaan kohdistettu kansio ja rakenneosia sekä halutut dokumentit kuvan 40 mukaisesti.



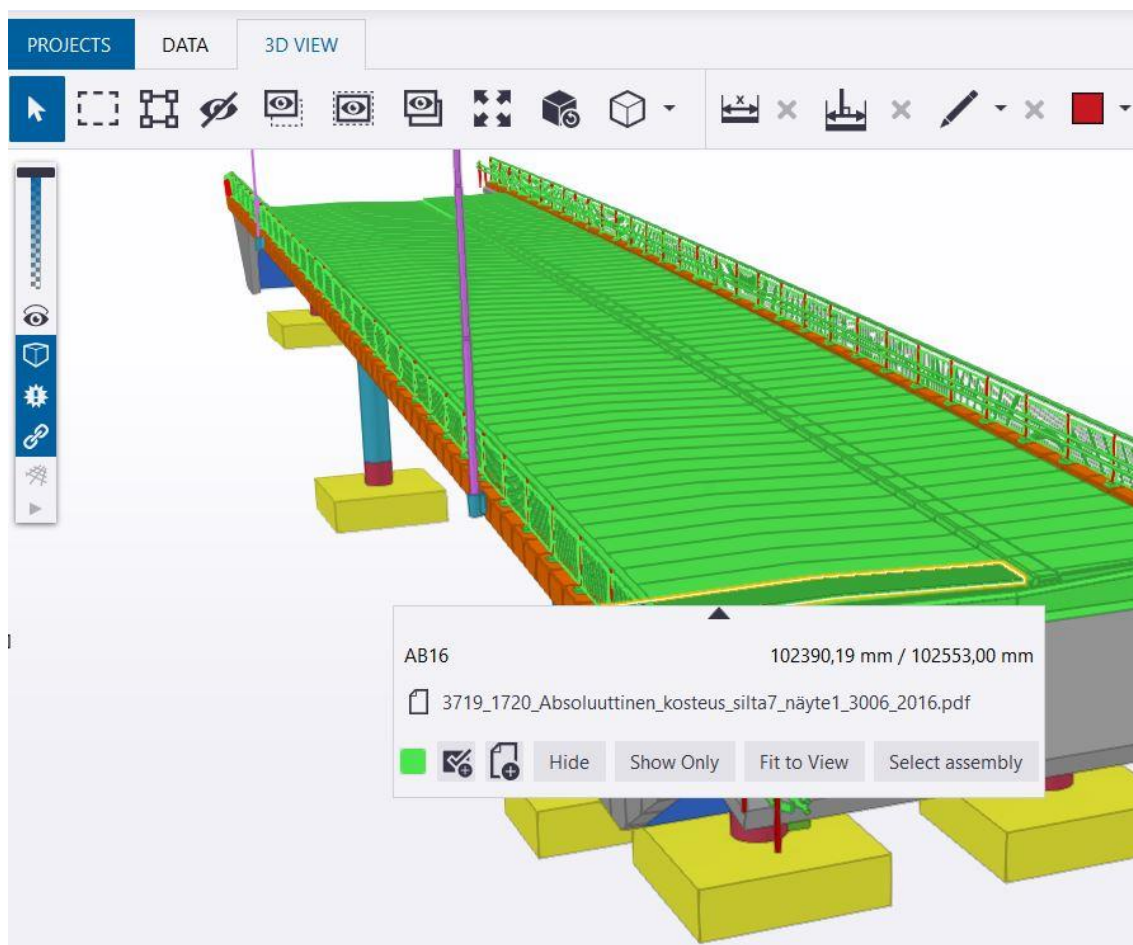
Kuva 40. (Joonas Kähkönen 2018)

Open-napin painamisen jälkeen näkymä avautuu kuvan 41 mukaisesti. Laitetaan täppä rakenneosaan linkitettäviin tiedostoihin, tämän jälkeen painetaan OK.



Kuva 41. (Joonas Kähkönen 2018)

Laatudokumentti on nyt linkitettyä rakenneosaa ja näkyy kuvassa 42. Rakenneosaa klikkaamalla hiiren oikealla näppäimellä pääsee tarkastelemaan linkitettyä dokumenttia. Linkitettyt dokumentit näkyvät allekkain listamuodossa rakenneosakohtaisesti.

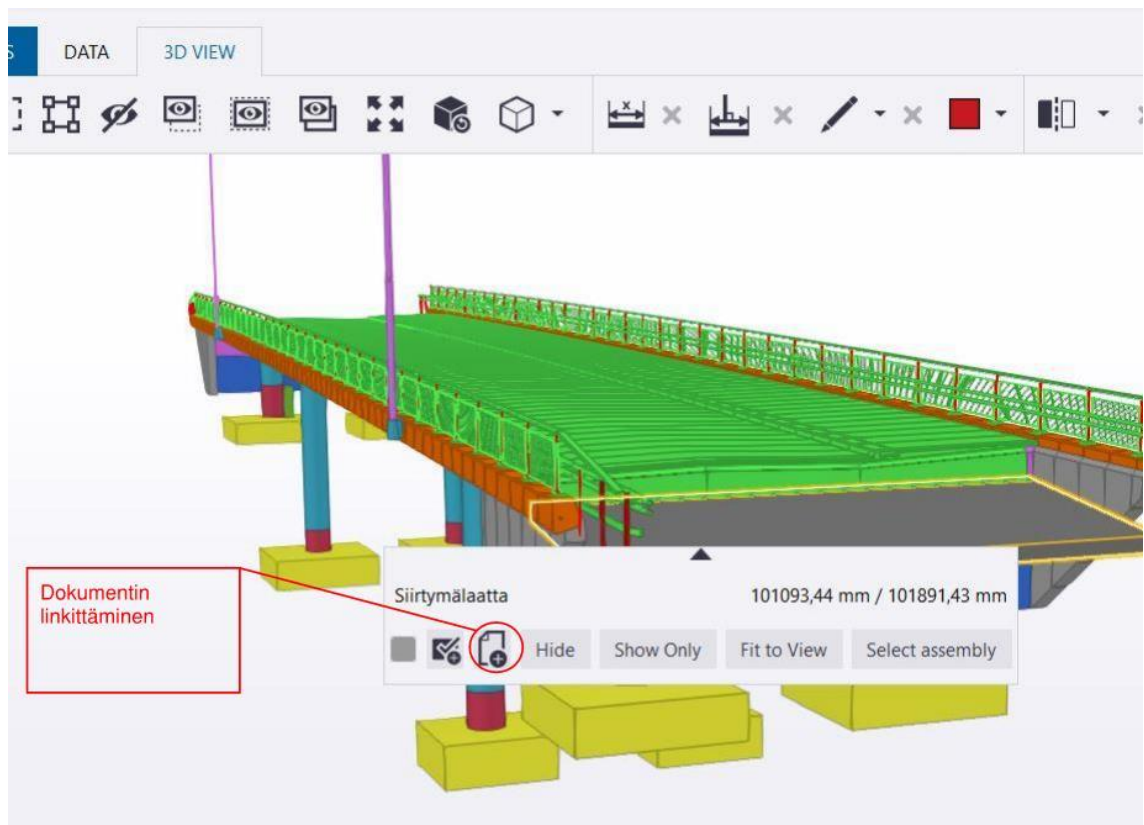


Kuva 42. (Joonas Kähkönen 2018)

6.2.5 Varusteet ja laitteet

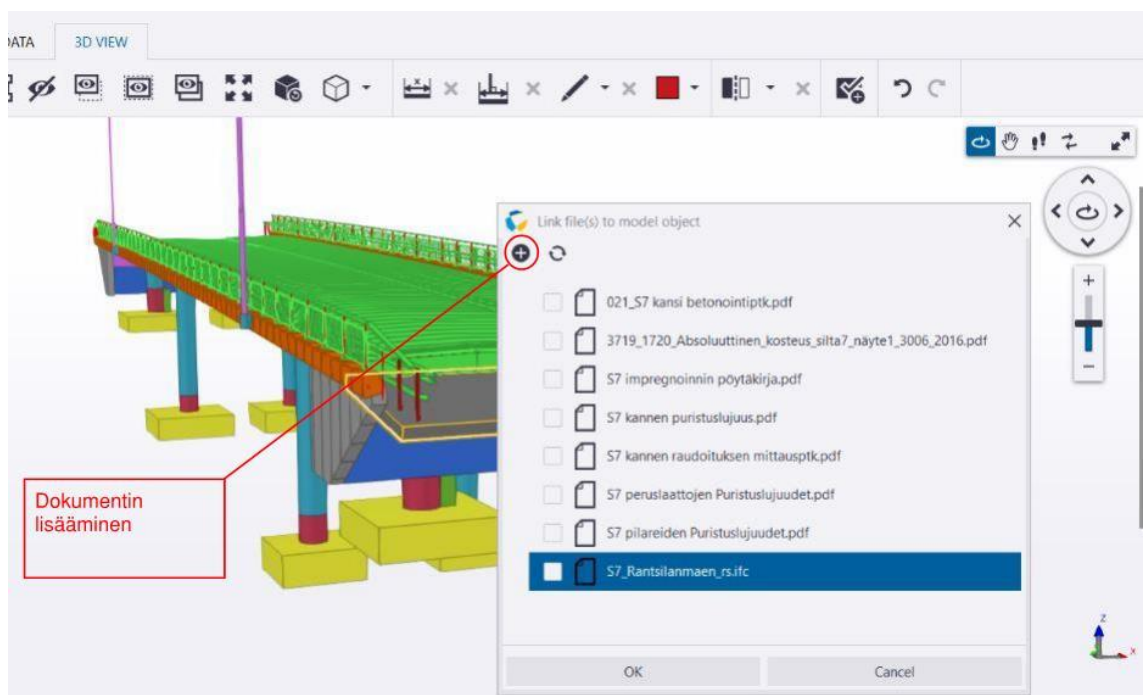
Laatudokumenttien lisäämisessä menetellään vastaavalla tavalla kuin aiemmissa rakenneosissa. Luvussa 6.1 on kerrottu, mitä dokumentteja varusteista ja laitteista tarvitsee olla laadunvarmistusta varten ja nyt käydään lävitse, miten linkitysprosessi menee varusteiden ja laitteiden osalta.

Valitaan rakenneosaa siirtymälaatta, jonne kootaan varusteiden ja laitteiden laatudokumentointiaineisto. Viedään hiiri rakenneosan päälle ja klikataan hiiren oikeaa näppäintä. Painetaan punaisella ympyröityä linkkiä kuvan 43 mukaisesti. Tässä rakenneosassa pintarakenne klikataan aktiiviseksi sillan kannen päältä.



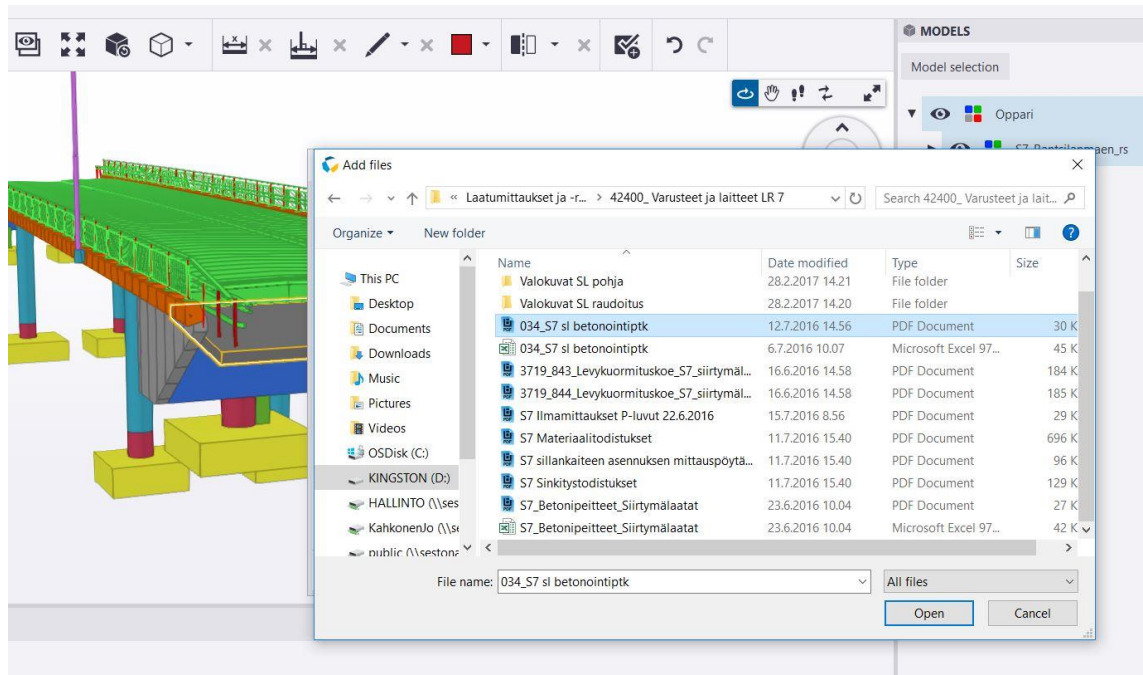
Kuva 43. (Joonas Kähkönen 2018)

Kuvan 43 linkkiä klikkaamalla avautuu kuvan 44 mukainen näkymä, jonka jälkeen painetaan punaisella ympyröityä linkkiä.



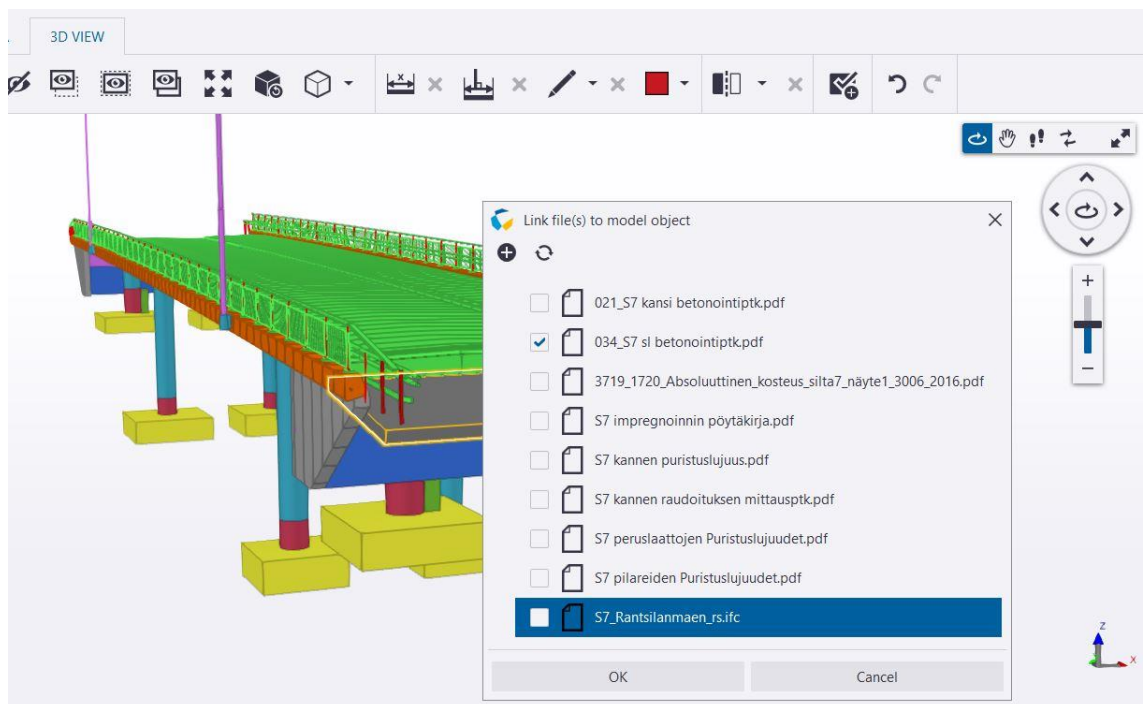
Kuva 44. (Joonas Kähkönen 2018)

Malliin avautuu tiedostonäkymä, josta valitaan oikeaan siltaan kohdistettu kansio ja rakenneosa sekä halutut dokumentit kuvan 45 mukaisesti.



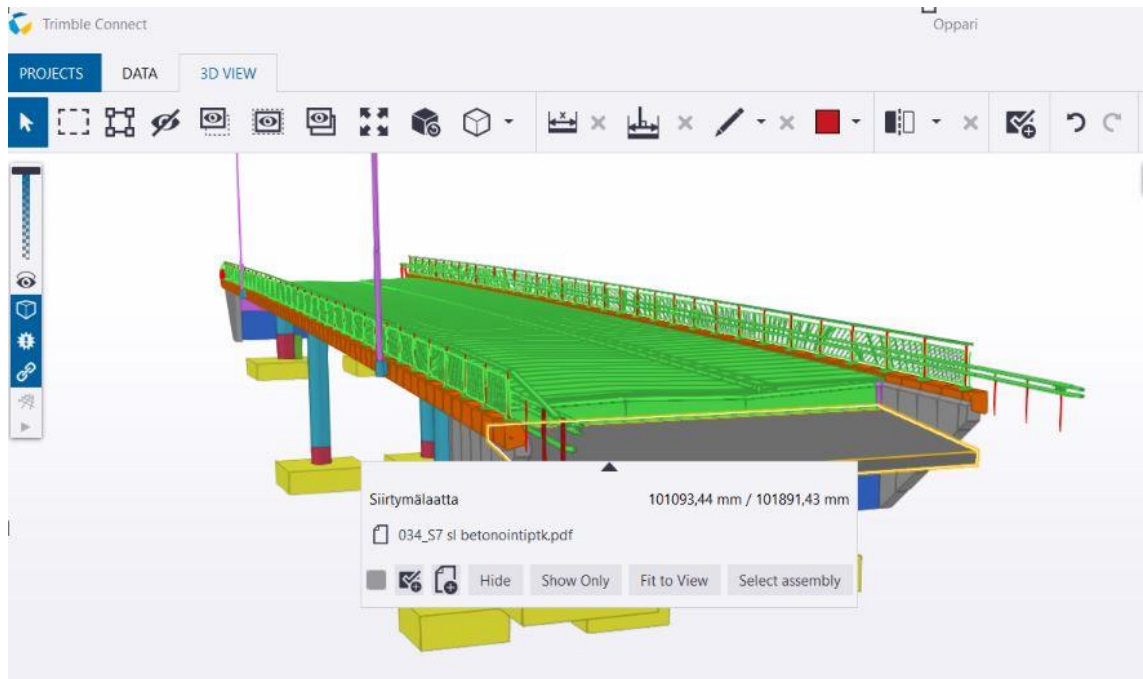
Kuva 45. (Joonas Kähkönen 2018)

Open-napin painamisen jälkeen näkymä avautuu kuvan 46 mukaisesti. Laitetaan täppä rakenneosaan linkitettäviin tiedostoihin, tämän jälkeen painetaan OK.



Kuva 46. (Joonas Kähkönen 2018)

Laatudokumentti on nyt linkitettyä rakenneosaan ja näkyy kuvassa 47. Rakenneosaa klikkaamalla hiiren oikealla näppäimellä pääsee tarkastelemaan linkitettyä dokumenttia. Linkitettyt dokumentit näkyvät allekkain listamuodossa rakenneosakohtaisesti.



Kuva 47. (Joonas Kähkönen 2018)

7 PÄÄTELMÄT

Opinnäytetyössä käsiteltiin, kuinka Skanska Infra Oy:ssä tullaan jatkossa toteuttamaan siltojen kelpoisuuden osoittaminen siltojen osalta eli miten siltojen laaturaportointi tulee tehdä, jotta pystytään varmistumaan työn laadukkaasta toteutuksesta koko sillanrakennusprosessin. Lisäksi, että saadaan tuotettua riittävä kelpoisuusaineisto tilaajalle sekä Taitorakennerekisteriin.

Yhdestä sillasta tuleva laatudokumenttien määrä on suuri, joten on ensiarvoisen tärkeää hoitaa laatudokumentointia koko sillan rakennusprosessin ajan. Näin estetään se, että koko sillan laaturaportointi ei kasaannu kerralla hoidettavaksi.

Siltojen mallipohjainen laadunvarmistus Trimble Connectin avulla tulee onnistumaan jo nyt tulevalla Vt 12 hankkeella. Millä laajuudella on vielä selvityksen alla, mutta kaksi vuotta pitkässä projektissa on aikaa tehdä kehitystyötä ja tuloksen tulee näkemään vuonna 2020, mihin on päästy. Sovellus vaikuttaa kehityskelpoiselta ja siitä saadaan mitä todennäköisimmin hyvä työkalu siltojen laadunvarmistukseen. Tiivis yhteistyö sovelluskehittäjän suuntaan varmasti mahdollistaa sen, että päästään haluttuun lopputulokseen.

Laatudokumenttien liittäminen siltamalliin Trimble Connectissa ei ole ongelma, kyseessä on suhteellisen suoraviivainen prosessi. Pieniä ongelmia tulee siinä, että siltamalli koostuu kymmenistä blokeista ja näin ollen, kun tietty rakenneosa valitaan, ei koko rakenne esimerkiksi sillan kansi aktivoidu. Tämä tekee sen, että pitää olla tieto mihin tiettyyn blokkiin dokumentointiaineisto on liitetty, jotta tieto on helposti saatavilla. Tähän on kehitteillä toimivampi valinta. Vaihtoehtoina on tällä hetkellä rakenneosakohtaisesti merkintä blokkiin, josta tieto löytyy tai sitten siltamallin viereen tehtävä oma blokki, jonne dokumentointiaineisto kerätään rakenneosakohtaisesti. Tarkoitus on myös olla yhteydessä ohjelmistovalmistajan suuntaan ja selvittää onko mahdollista saada rakenneosat yhdeksi isoksi blokiksi eli saako koko rakenneosan aktiiviseksi yhdellä kertaa kuten esimerkiksi sillan kannen. Se helpottaisi huomattavasti dokumenttien tarkastelua, kun rakenneosan voisi aktivoida mistä kohtaa tahansa ja dokumentoitu tieto olisi siten saatavilla helposti. Silloin ei tarvitsisi mitään erillisiä merkintöjä malliin eikä erillisiä blokkeja dokumenttien tarkasteluun.

Dokumentointi Desktopissa on ensi tilassa vain tekijän henkilökohtaisessa käytössä, mutta henkilöt, jotka kuuluvat samaan projektiin voidaan kutsua mukaan, jotta tarvittavat henkilöt pääsevät myös tarkastelemaan laatudokumentteja. Tiedonjakaminen muillekin henkilöille siis onnistuu ja näin tieto saadaan liikkumaan eri osapuolten välillä.

Tästä eteenpäin yhteistyö ohjelmistovalmistajan suuntaan tarvitsee olla aktiivista, jotta laatudokumentointia ja ohjelmiston ominaisuuksia saadaan kehitettyä haluttuun suuntaan. Tällä hetkellä kehitysideoina on siltamallien rakenneosien yhtenäistäminen, jotta dokumentit tulevat koko rakenneosaan yhden blokin sijasta. Desktop-versiossa on myös ongelmana, että liitettyä dokumenttia ei pysty tällä hetkellä poistamaan, jos sattuu vahingossa liittämään väärän dokumentin siltamalliin. Tästä asiasta on laitettu kehitysehdotusta eteenpäin ja vastausta odotellaan.

Työmaahenkilöstöä ajatellen Trimble Connect Mobilessa on myös mahdollisuuksia kehittää sovellusta eteenpäin ja näin mahdollistaa esimerkiksi laadunosoitukseen tarkoitettujen valokuvien liittämisen suoraan siltamalliin jo työmaalla ja näin nopeuttaa siltä osin laaturaporttien käsittelyä ilman, että tarvitsee ensin liittää valokuvia tietokoneelle ja sitä kautta lisätä ne siltamallin laadunosoitukseksi.

Yhteenvedona siltojen mallipohjainen laadunvarmistus saadaan käyttöön jo nyt alkavaan projektiin ja tiivis yhteistyö jatkossa ohjelmistovalmistajan suuntaan sekä Skanskan oma panos ovat tärkeitä, jotta laadunvarmistus saadaan kehitettyä haluttuun pisteeseen ja siitä saadaan toimiva työkalu, josta hyötyy sekä tilaajaa että urakoitsijaosapuoli.

LÄHTEET

Liikennevirasto 2005. Sillanrakentamisen yleiset laatuvaatimukset. Yleinen osa 1. Luettu 1.2.2018

https://julkaisut.liikennevirasto.fi/sillat/julkaisut/syl/syl1_2005v.pdf

Liikennevirasto 2006. Sillan laaturaportti. Laatimisoheje. Luettu 10.1.2018

https://julkaisut.liikennevirasto.fi/sillat/julkaisut/sillan_laaturaportti_2006.pdf

Lehkonen, H. laskentainsinööri. 2018 Haastattelu 22.1.2018. Haastattelija Kähkönen, J. Lahti.

LIITTEET

Liite 1. Sillan päämitat

Alla listattuna sillan päämitoista tarvittavat dokumentit.

- Sillan sijainti
 - vaakatasossa
 - pystytasossa

- Sillan ja reunapalkin muoto pystysuunnassa
 - siipimuurien päissä
 - 1/2 pisteissä
 - 1/4 pisteissä

- Sillan ja reunapalkin muoto vaakasuunnassa
 - siipimuurien päissä
 - 1/2 pisteissä
 - 1/4 pisteissä

- Yläpinnan kaltevuus
- Sillan hyödyllinen leveys
- Kulkuaukon vapaakorkeus
- Jännemitat

Liite 2. Maa- ja pohjatyöt

Alla listattuna maa- ja pohjatöistä laatukansio 1- osan tarvittavat dokumentit.

- Valokuvat
- Levykuormituskokeiden tulokset
- Louhintatyön tarkkeet
- Arinan tarkkeet
- Peruskuopan tason tarkkeet

Alla listattuna maa- ja pohjatöistä laatukansio 2- osan tarvittavat dokumentit.

- Työ- ja laatusuunnitelma

Liite 3. Paalutus

Alla listattuna paalutuksesta laatukansio 1- osan tarvittavat dokumentit.

- Paalutuspöytäkirja
- Paalujen sijaintitiedot
- PDA-mittaukset
- Putkipaalujen raudoituspöytäkirja
- Paalujen betonointipöytäkirja
- Betonin puristuslujuustulokset
- Paalujen vastaanottotodistus
- Paalujen materiaalitodistus

Alla listattuna paalutuksen laatukansio 2- osan tarvittavat dokumentit.

- Paalutuksen työ- ja laatusuunnitelma
- Paalutuksen työ- ja laadunvarmistusohje
- Paalutuksen betonointityösuunnitelma

Liite 4. Peruslaatat

Alla listattuna peruslaatoista laatukansio 1- osan tarvittavat dokumentit.

- Valokuvat raudoituksesta
- Valokuvat betonipinnoista
- Anturoiden raudoituspöytäkirja
- Anturoiden betonointipöytäkirja
- P-lukuraportit
- Anturan tarkkeet
- Anturoiden betonipeitteen paksuudet
- Betonin puristuslujuustulokset

Alla listattuna peruslaatoista laatukansio 2- osan tarvittavat dokumentit.

- Työ- ja laatusuunnitelma
- Anturoiden tuentasuunnitelma
- Anturoiden raudoituksen tuentasuunnitelma
- Anturoiden betonointityösuunnitelma

Liite 5. Tukirakenteet

Alla listattuna tukirakenteista laatukansio 1- osan tarvittavat dokumentit.

- Valokuvat raudoituksesta
- Valokuvat betonipinnoista
- Tukirakenteiden raudoituspöytäkirja
- Tukirakenteiden betonointipöytäkirja
- P-lukuraportit
- Betonin puristuslujuustulokset
- Betonipeitteen paksuudet
- Tukirakenteiden sijainnin tarkkeet

Alla listattuna tukirakenteista laatukansio 1- osan tarvittavat dokumentit.

- Työ- ja laatusuunnitelma
- Pilareiden ja maatumien tuentasuunnitelma
- Pilareiden ja maatumien raudoituksen tuentasuunnitelma
- Tukirakenteiden betonointityösuunnitelma

Liite 6. Päälysrakenne

Alla listattuna päälysrakenteesta laatukansio 1- osan tarvittavat dokumentit.

- Valokuvat kannen ja reunapalkkien raudoituksesta
- Valokuvat kannen ja reunapalkkien betonipinnoista
- Kannen ja reunapalkkien tarkkeet
- Kannen raudoituksen mittaus- ja tarkastuspöytäkirja
- Kannen betonointipöytäkirja
- P-lukuraportit kannesta ja reunapalkeista
- Betonipeitemittaukset kannesta ja reunapalkeista
- Betonin puristuslujuustulokset kannesta ja reunapalkeista
- Jännittämistyön kelpoisuusaineisto
- Injektointilaastin puristuslujuus
- Impregnoinnin pöytäkirja

Alla listattuna päälysrakenteesta laatukansio 2- osan tarvittavat dokumentit.

- Sillan kansirakenteen työ- ja laatusuunnitelma
- Teline- ja muottisuunnitelmat
- Laskelmat telineestä ja muotista
- Sillan kannen raudoituksen tuentasuunnitelma
- Sillan kannen tuentasuunnitelma
- Sillan kannen betonointityösuunnitelma
- Jännittämistöiden suunnitelma
- Jännittämistöiden työpiirustukset

Liite 7. Pintarakenteet

Alla listattuna pintarakenteista laatukansio 1- osan tarvittavat dokumentit.

- Valokuvat eristysalustasta
- Valokuvat valmiista vesieristyksestä
- Absoluuttiset kosteustulokset kannesta
- Lasihelmikokeen makrokarheustulokset
- Sillan kannen vetolujuuskokeiden tulokset
- Eristysalustan tarkastuspöytäkirja
- Eristuspöytäkirja
- Päällystyksen massanäytteet

Alla listattuna pintarakenteista laatukansio 2- osan tarvittavat dokumentit.

- Vesieristyksen työ- ja laatusuunnitelma
- Massan levityksen työ- ja laatusuunnitelma

Liite 8. Varusteet ja laitteet

Alla listattuna varusteista ja laitteista laatukansio 1- osan tarvittavat dokumentit.

- Levykuormituskoetulokset siirtymälaattojen pohjista
- Valokuvat siirtymälaatan raudoituksesta
- Valokuvat siirtymälaattojen betonipinnoista
- Raudoituspöytäkirja siirtymälaatoista
- Betonointipöytäkirja siirtymälaatoista
- P-lukuraportit
- Betonin puristuslujuustulokset
- Betonipeitteiden paksuudet
- Sillan laakereiden tarkkeet
- Liikuntaaumalaitteiden asennuspöytäkirja
- Tukikaistan materiaalitodistus
- Muiden varusteiden ja laitteiden materiaali- ja sinkitystodistukset
- Sillankaiteiden asennuspöytäkirja

Alla listattuna varusteista ja laitteista laatukansio 2- osan tarvittavat dokumentit.

- Siirtymälaattojen työ- ja laatusuunnitelma
- Siirtymälaattojen betonointityösuunnitelma
- Muiden varusteiden ja laitteiden työ- ja laatusuunnitelma kts. kappale 6.2.5
- Sillankaiteen asennuksen työ- ja laatusuunnitelma
- Sillanlaakereiden asennusohje
- Sillanlaakereiden laakerikuvat