

Jake Heikkinen

LAADUNVARMISTUS SILLANRAKENTAMISESSA

LAADUNVARMISTUS SILLANRAKENTAMISESSA

Jake Heikkinen
Opinnäytetyö
Syksy 2021
Rakennusalan työnjohdon tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Rakennusalan työnjohdon tutkinto-ohjelma

Tekijä: Jake Heikkinen

Opinnäytetyön nimi suomeksi: Laadunvarmistus sillanrakentamisessa

Opinnäytetyön nimi englanniksi: Quality assurance in bridge construction

Työn ohjaaja: Jarmo Erho, OAMK

Työn valmistumislukuvuosi ja -vuosi: Syksy 2021

Sivumäärä: 23

Opinnäytetyössä käsiteltiin sillanrakentamiseen liittyviä laadunhallinnan ja laatu-
raportoinnin asioita sekä teknisiä työn tekemiseen liittyviä työtapoja ja menetel-
miä. Työn tavoitteina oli selvittää, mitä menetelmiä sillanrakentamisen laatuun
liittyvissä asioissa voidaan hyödyntää ja käyttää.

Opinnäytetyössä käytettiin työmaaolosuhteista hankittua käytännön tietoa ja ko-
kemusta. Työmaalta hankitun tiedon lisäksi käytettiin Väyläviraston, InfraRYL:n
ja yrityksen sisäisiä laadunhallinnan ohjeita. Laadunhallinnan ja raportoinnin
menetelmät toteutettiin myös käytännön töissä työmaaolosuhteissa.

Työn tuloksena saatiin sillanrakentamiseen liittyvä laadunhallintaan ja raportoin-
tiin keskittyvä työ. Työssä selvitettiin myös eri työvaiheiden merkityksestä ra-
kenteiden laatuun ja lopputulokseen.

Asiasanat: Laadunhallinta, sillat, sillanrakennus, betoni, rakentaminen, laadun-
varmistus

ALKULAUSE

Tämä työ on tehty GRK Infra Oy:n työmaalla työskennellessä hankituista tiedoista ja sillanrakennustyömailta tulleista käytännön kokemuksista. Opinnäytetyön aineistot perustuvat suurimmalta osin työmaalta kerättyihin aineistoihin ja kokemuksiin.

6.12.2021

Jake Heikkinen

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	1
ALKULAUSE	2
SISÄLLYS	3
SANASTO	4
1 JOHDANTO	5
2 LAADUNHALLINTA SILLANRAKENTAMISESSA	6
2.1 Taitorakenteiden tehostetut betonin laadunvarmistusmenpiteet	6
2.2 Vt 4 Pohjois-li-Olhava	8
3 ULOKELAATTASILLAN LAATURAPORTOINTI JA LAADUNHALLINTA	10
3.1 Maa- ja pohjarakenteet	11
3.2 Pääty- ja välituet	13
3.3 Päälysrakenne	15
3.4 Pintarakenteet	16
3.5 Varusteet ja laitteet	18
4 VASTAANOTTOTARKASTUS	21
5 YHTEENVETO	22
LÄHTEET	23

SANASTO

Betonipeitemittaus kertoo betonin paksuuden betonipinnasta raudoitusteräksiin. Mittauksella saadaan selvitettyä, ovatko suunnitelmissa vaaditut betonipeitevaatimukset täyttyneet.

Ilmamäärämittaus kertoo betonin sisältämän ilmamäärän. Ilmamäärämittaus vaaditaan jos betonimassa on P-luku luokiteltua.

Kuivatus-punnitusmittaus on mittausmenetelmä, jossa betonikappaleita kuivataan 105-asteisessa uunissa vuorokauden ajan. Ennen kuivatusta ja kuivatuksen jälkeen mitatuista betonikappaleista saadaan laskettua uunissa haihtuneen veden määrä. Haihtuneen veden määrästä saadaan laskettua betonin kosteusprosentti.

P-lukulaskelma on laskelma, joka saadaan laskettua betonin ilmamäärämittausten keskiarvosta. P-lukulaskelmasta selviää betonin lopullinen pakkasenkestävyysluokka.

Pudotuspainolaite on kevyt kannettava laite, joka mittaa laitteen sisällä pudotettavan painon aiheuttamaa painumaa maarakenteessa. Laitteesta saadaan tulokset suoraan USB-muistitikulle tai Bluetooth-yhteydellä matkapuhelimeen tai tietokoneeseen. (1.)

Taitorakenne on tie- ja vesiväylien rakenteita, joihin on laadittava lujuuslaskelmiin perustuvat suunnitelmat niiden rakentamiseksi ja joiden vaurioituminen suunnittelu- tai rakennusvirheen seurauksena voi aiheuttaa merkittäviä turvallisuusriskejä ja korjauskustannuksia.

Tippuputkilinja on sillan rakenteissa oleva pitkittäinen linja, jolle kansirakenteessa olevat kaivot ja syöksytorvet tulevat.

PDA-mittaus on paalujen dynaaminen kuormituskoe, jossa paalua lyömällä aikaansaatu iskuaalto mitataan paalun kestävyden, jännityksen ja ehjyyden selvittämiseksi. (2.)

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tehdä selvitys sillanrakentamisen laadunhallinnasta ja laaturaportoinnista, alkaen ennen rakennustöitä ja päättyen sillan vastaanottotarkastukseen.

Työssä käytettiin käytännön tietoa hankkeen ”Vt4 Ohituskaistat välille Pohjois-li-Olhava” betonisiltojen rakentamisesta. Tietolähteinä käytettiin yrityksen sisäistä laadunhallintajärjestelmää, lomakkeita, Betoninormit by65 -kirjaa, InfraRYL -ohjeita, Väyläviraston ohjeita ja Väyläviraston Siltojen korjausohjeita (SILKO).

Työn tavoitteena on käydä läpi sillanrakentamisen laadunhallintaa ja laaturaportointia ja niiden eri toteutustapoja.

Urakoitsijana työmaalla toimi GRK Infra Oy. Alkuperäiseltä nimeltään Graniittirakennus Kallio Oy, on suomalainen vuonna 1983 perustettu infraurakoitsija. GRK Infra Oy:n palvelut kattavat kaikki Suomen infrarakentamisen osa-alueet. GRK-konserni toimii Suomessa, Ruotsissa ja Virossa. (3.)

2 LAADUNHALLINTA SILLANRAKENTAMISESSA

Sillanrakentamisen laadunhallinta vaatii jatkuvaa valvontaa, töiden raportoimista ja laatuaineiston kokoamista. Urakan alussa tehdään toiminta- ja laatusuunnitelman lisäksi mittaus- ja laadunvarmistussuunnitelma. Mittaus- ja laadunvarmistussuunnitelma on yrityksen sisäinen Excel-taulukoon tehty suunnitelma, johon voi tehdä merkintöjä tehdyistä ja tekemättömistä työ- ja laatusuunnitelmista. Taulukosta löytyy myös rakennekohtaiset mittaukset ja toimenpiteet, joita laatumittaukset ja -raportoinnit vaativat. Rakennekohtaisten mittausten ja työ- ja laatusuunnitelmien kohdalle on merkitty, mitä InfraRYL:n osa-alueita mittauksissa ja töiden laatuvaatimuksissa noudatetaan.

Suomessa on noin 14 000 tiesiltaa ja 2 000 rautatiesiltaa, joiden ylläpito vaatii jatkuvaa tarkastelua ja huoltoa palvelutason ylläpitämiseksi. Tarkka laatudokumentointi ja siltojen rekisteröinti helpottaa ylläpitoa.

InfraRYL eli infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset on infra-alan toimijoiden yhdessä laatima palvelu yleisille laatuvaatimuksille. Palvelu sisältää kaksi osaa: toimivuusvaatimukset ja tekniset vaatimukset. Toimivuusvaatimukset käsittävät rakenteen ja siihen kuuluvien osien elinkaaren aikaisia vaatimuksia. Tekniset vaatimukset käsittävät valmiin rakenteen vaatimuksia eli esimerkiksi valmiin sillan tai tien teknisiä vaatimuksia. (4.)

2.1 Taitorakenteiden tehostetut betonin laadunvarmistustoimenpiteet

Liikennevirasto on määrännyt 18.11.2016 alkaen taitorakenteille tehostetut betonin laadunvarmistustoimenpiteet, koska betonissa on ilmennyt selittämättömiä suuria lujuuden alituksia (5, s. 1.)

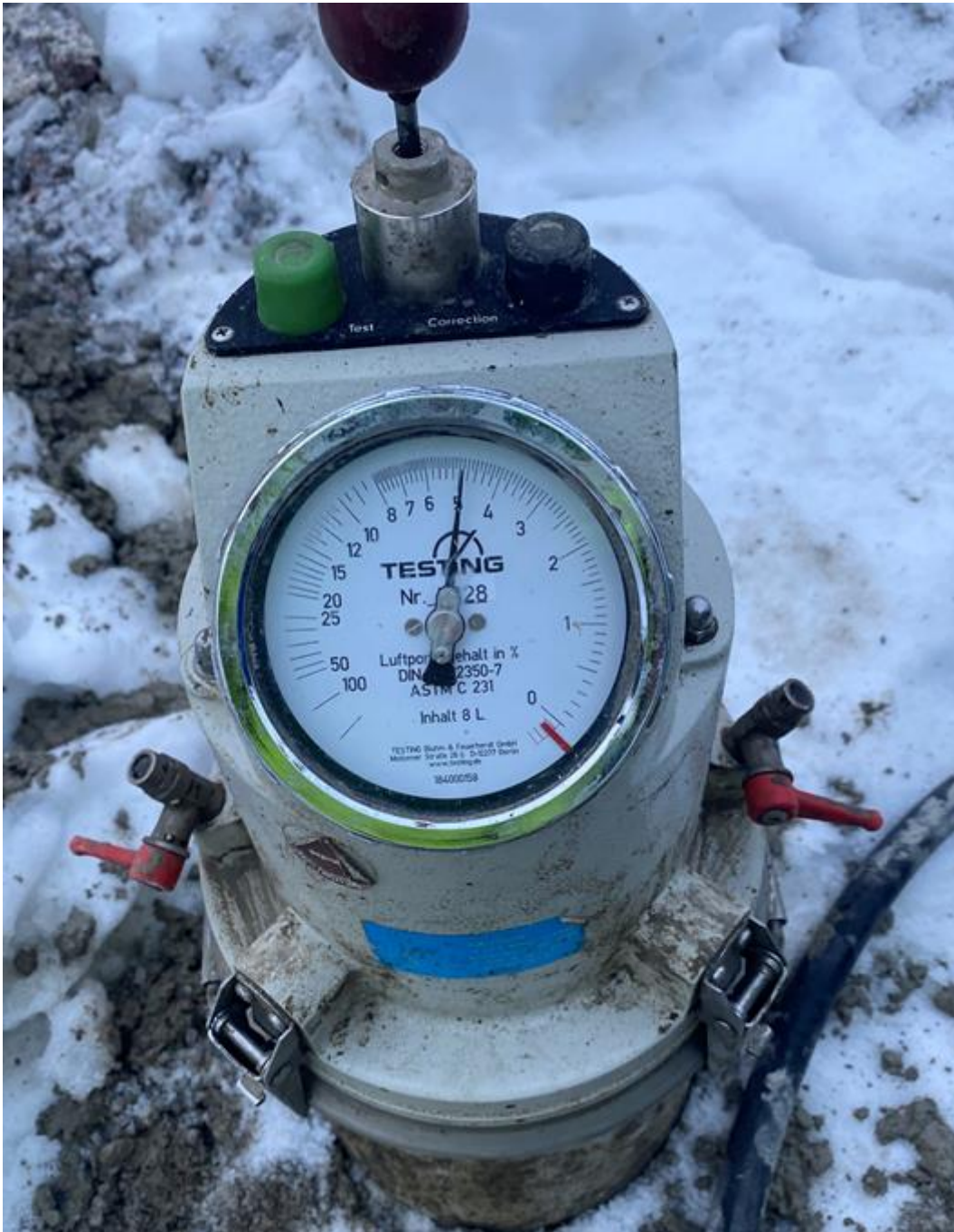
Betonista vaaditaan korkeintaan vuoden vanhat betonin ennakkokoetulokset, jonka perusteella betonin lujuus ja käyttöikä voidaan todeta täyttyvän kyseisessä kohteessa. Ennakkokokeissa on selvitettävä massan sekoitusajan, kuljetuksen, valumenetelmän, lämpötilan ja massan notkeuden korjaamisen vaikutukset betonin ilmamäärään ja sen vaihteluun. Betonista vaaditaan aina uudet ennakkoko-

keet, mikäli massan suhteitusta, sideaineita, lisäaineita tai niiden määriä muutetaan tai vaihdetaan. Betoniaseman on laadittava betoniauton kuljettajalle ja työmaalle ohjeet ilmamäärän korjaamiseen työmaaolosuhteissa. (5, s.1.)

Työmaalla tehdään koekappaleet jokaisesta arvosteluerästä, koekappaleita tehdään vähintään kuusi ja aina vähintään yksi koekappale alkavaa 100 m³:a kohti. Koekappaleet säilytetään veteen upotettuna 20 asteen lämpötilassa. Koekappaleille tehdään puristuslujuuskokeet 28 vuorokauden ikäisenä hyväksytyssä koetuslaitoksessa. Arvosteluerä hyväksytään, mikäli yksittäiset puristuslujuuskokeet ja peräkkäisten tulosten keskiarvo täyttää Betoninormit by65 -ohjeen taulukon 5.5 mukaiset vaatimukset. (5, s. 2.)

Työmaalla ennen massan muottiin pumppaamista betonista mitataan ilmamäärä. Mitattua ilmamäärää verrataan Siltabetonien P-lukumenettely -ohjeen taulukon 1 arvoihin, jos betonierän ilmamäärän raja-arvot ylittyvät niin kyseinen erä hylätään. Ilmamäärämittauksen tuloksilla saadaan laskettua betonin P-luku. (5, s. 3.)

P-luku on betonin pakkasenkestävyysluokka. P-luku betonia käytetään yleisesti lähes jokaisessa sillan rakenneosassa. Pakkasenkestävyysluokkia on P20, P30, P50 ja P70. Betonin ilmamäärä nousee mitä isompi P-luku on. Betonin ennakkokokeet, ilmamäärämittaukset ja koekappaleiden tulokset liitetään sillan laaturaporttiin. Kuvassa 1 näkyvällä ilmamäärämittarilla testataan betonin ilmamäärä.



KUVA 1. Betonin ilmamäärämittari ja mittaustulos

2.2 Vt 4 Pohjois-li-Olhava

Sillan "Harisojan silta" rakentaminen liittyy valtatie 4 parantamiseen välillä Pohjois-li-Olhava. Urakassa rakennettiin lisäksi viisi muuta siltaa ja neljä ohituskaistajaksoa.

Rakennettava silta sijaitsee Vt4:llä Pohjois-lissä ja on tyypiltään teräsbetoninen ulokelaattasilta. Sillan alusrakenne koostuu 1000 millimetrin pilareista, jotka on perustettu lyötäviin 610 millimetrin teräspalkkipaaluihin. Paalujen seinämävahvuus on 12,5 millimetriä. Pilareita ja paaluja on tukilinjalla 3 kpl. Silta varustellaan 5,0 metriä pitkällä siirtymälaatoilla ja teräksisellä reuna- ja keskikaiteella.

Sillan jännepituudet ovat 2,5 + 8,0 + 2,5 m, rakennekorkeus on sillan harjalla 816 millimetriä ja tippupalkkilinjalla 611 millimetriä. Sillan hyötyleveys on 14,6 metriä ja kokonaispituus 18,0 metriä.

Haasteita sillan rakennustöille asetti vesistö ja vilkasliikenteinen valtatie 4, jossa keskimääräinen vuorokausiliikenne oli vuonna 2020 noin 6700 ajoneuvoa. Sillan ali kulkeva pieni Harisojan joki ohjattiin kulkemaan ohi siltakaivannosta, sekä nykyisen valtatie 4:n liikenne ohjattiin kiertotielle. Kuvassa 2 näkyy Harisojan silta betonoituna ja muotit purettuna.



KUVA 2. Harisojan silta, li

3 ULOKELAATTASILLAN LAATURAPORTOINTI JA LAADUNHALLINTA

Sillanrakentamisen laaturaportointiin liittyy toiminta- ja laatusuunnitelmien laatiminen, eri työvaiheiden dokumentointi, poikkeamaraportit, tarkemittaukset ja käytettävien materiaalien materiaalitodistuksien kerääminen. Laaturaportointi alkaa jo ennen varsinaisten rakennustöiden alkamista ja jatkuu urakan loppuun saakka. Urakan lopussa valmis laatuaineisto luovutetaan tilaajalle. Työ- ja laatusuunnitelmaan kuuluu myös työhön liittyvät työturvallisuusasiat.

Siltojen rakentamisessa ja korjaamisessa noudatetaan Väyläviraston ohjetta: Siltojen korjausohjeet (SILKO), josta löytyy yleiset laatuvaatimukset, työkohtaiset laatuvaatimukset ja voimassa olevien SILKO-tuotteiden luettelo. Väyläviraston taitorakenneyksikkö hallinnoi ja organisoii ohjetöiden laatimista SILKO-toimikunnan kanssa. Sillanrakennuksen aikana käytettyjen tarvikkeiden, esimerkiksi paikkausaineet, saumausmassat, vesieristeet, maalit ja imeytys-, imeytys- ja sulkuaineet, tulee olla SILKO-hyväksytyjä tuotteita. SILKO-hyväksytyjen tuotteiden listan löytää Väyläviraston Siltojen korjausohjeesta. (6.)

Jos sillan rakentamisvaiheessa huomataan laatuun tai rakenteeseen vaikuttava poikkeama, tulee tästä tehdä poikkeamaraportti. Poikkeamaraportissa käsitellään poikkeama ja siitä aiheutuvat toimenpiteet. Poikkeamista aiheutuu yleensä kustannuksiin, aikatauluun ja tuleviin rakennusvaiheisiin muutoksia. Poikkeamaraportit lisätään sillan laaturaportteihin ja merkitään, jos ne jäävät rakenteeseen.

Sillasta laaditut suunnitelmat, materiaalitodistukset, tarkemittaukset, poikkeamaraportit ja itselleluovutusprotokollat lisättiin tilaajan ylläpitämään palveluun. Kuvassa 3 on laatukansion sisällysluettelo ja kansiorakenne.

1.	Työvaihekohtaiset työ- ja laatusuunnitelmat
2.	Tekniset työsuunnitelmat
3.	Laatumittauspöytäkirjat ja -raportit
42010	Maa- ja pohjarakenteet
42210	Päällysrakenteet
42300	Pintarakenteet
42400	Siirtymäläaikat
42500	Suojalaitteet
42600	Pinnan suoja-ainekäsittelyt
42110	Pääty- ja välituet
4.	Materiaalitodistukset ja suoritustasoilmoitukset
	Asfaltti
	Impregnointi ja Graffitisuoja
	Jälkihoitoaine
	Kaiteet
	Kiviainekset
	Liikuntasaumamat
	Raudoitukset
	Valmisbetoni
	Varusteet (panoskourut, suojaputket, tippuputket)
	Vesieristys
	Lyöntipaalut
5.	Poikkeamaraportit ja korjaussuunnitelmat
6.	Itselle luovutus

KUVA 3. Esimerkki laatukansion sisällysluettelosta

3.1 Maa- ja pohjarakenteet

Harisojan sillassa perustus toteutettiin teräsputkipaaluilla. Paalut betonoitiin C50/60 P20 IT -lujuusluokan betonilla, eli massa on itsetiivistyvää. Paalut täytettiin vedellä ennen valua ja betonoinnissa käytettiin valuputkea, jolla betoni saatiin laskettua paalun pohjalle ilman, että massa erottuu. Betonin korkealta pudottaminen aiheuttaa kiviaineksen ja veden erottumista massasta. Veden alle valetessa tämä aiheuttaisi sementin pois huuhtoutumisen massasta. Betonimassan erottuminen tai huuhtoutuminen aiheuttaa betonin lujuuden alentumista.

Kuvassa 4 näkyy paalujen betonointi valuputken avulla. Nosturiauto nostaa valuputkea betonipumpun apuna, jotta letkuihin ja puomiin ei tule ylimääräistä rasitusta.



KUVA 4. Paalujen valu ja valuputken käyttö

Ennen ja jälkeen paalutus ja betonointitöitä on tarkistettava ja laadittava:

- paalujen asennussuunnitelma
- paalujen materiaalitodistukset ja kelpoisuus rakenteeseen
- kaivantojen täyttöön käytettävien kiviainesten materiaalitodistukset ja kelpoisuus rakenteeseen
- PDA-mittaus ja paalutuspöytäkirja
- raudoitustarkastus ja raudoitustarkastuspöytäkirja
- betonointisuunnitelma ja betonointipöytäkirja

- betonin suhteitustiedot ja ennakkokokeet
- betonin lujuudenkehitys, joka saadaan paaluihin asennetuista lämpötilantureista, lujuudenkehityksestä laaditaan pöytäkirja
- betoninäytteen puristuslujuus
- ilmamäärämittaus ja ilmamäärämittauspöytäkirja
- p-lukulaskelma betonin ilmamäärästä
- paalujen tarkemmittaus.

Kuvassa 5 on paalutuspöytäkirja, josta näkyy paalun tunkeutumistaso ja lyöntien määrä.

Paalutuskone: JUNTTAN PM 25 / HHK 9 AS					Suunniteltu kaltevuus: _____	
Osa	Aine	Massa (kg)	Poikkileikkaus (mm ²)	Pituus (m)	Toteutunut kaltevuus	_____
Järkäle	Teräs	9000			Katkaisutaso	+ 6,404
Iskutyyny	Muovi	40	800	0,25	Paalun pään korkeustaso	+ _____
Pudotus- korkeus m	Iskuja (kpl)	Painuma (mm) (mm/isku)		Jousto (mm)	Paalun pituus (m)	10,574
0,05	53	1000	19		Paalun kärki, saavutettu taso	-4,170
0,05	25	1000	40		Paalun kärki, tavoitetaso	- 5,60
0,05	45	1000	22		Kärjen syvyys mittaustasolta (m)	
0,10	27	1000	37		Huomautuksia (paalun jatkamisen keskeytykset, yms)	
0,10	62	1000	16		1,6	Lyöntitaso + 7,6
0,40	280	1000	4		2,6	
0,40	405	1000	2		3,6	
0,50	554	1000	2		4,6	
0,50	678	1000	1		4,6	siirtyi esteestä
0,50	812	1000	1		5,6	
0,50	984	1000	1,0		6,6	vesitäyttö
					7,6	
					8,6	
					9,6	
					10,6	
					11,6	
1,50	10	30		22		Loppulyönnit
1,50	10	30				Loppulyönnit
1,50	10	25				Loppulyönnit
1,50	10	25				Loppulyönnit
1,50	10	20				Loppulyönnit

PDA 29.10.2020

KUVA 5. Yhden paalun PDA-mittauksen tulokset.

3.2 Pääty- ja välituet

Harisojan siltaan tuli 6 kpl betonirakenteisia 1000 millimetriä halkaisijaltaan olevia pilareita, jotka perustettiin lyötyihin teräspalkkipaaluihin. Pilareiden muottitöistä, raudoituksesta ja betonoinnista laaditaan ja tarkastetaan seuraavat asiat:

- työ- ja laatusuunnitelma
- betonointisuunnitelma ja betonointipöytäkirja
- betonin suhteitustiedot ja ennakkokokeet
- pilarien raudoitustarkastus ja raudoitustarkastuspöytäkirja
- betonipeite ja betoninpinta mittauspöytäkirja
- ilmamäärämittaus ja ilmamäärämittauspöytäkirja
- p-lukulaskelma betonin ilmamäärämittauksista
- puristuslujuuskokeet betonista
- betonin lujuudenkehitys, joka saadaan paaluihin asennetuista lämpötilantureista. Lujuudenkehityksestä laaditaan pöytäkirja.

Kuvassa 6 on valun aikana otettu kuva, jossa näkyy pilarin raudoitukset ja pilari-muotti.



KUVA 6. Pilarimuotti ja pilarin raudoitukset

3.3 Päällysrakenne

Pilareiden valun jälkeen aloitettiin päällysrakenteen muottityöt, jotka tehdään erillisen teline- ja muottipiirustuksen mukaan. Muotista laaditaan myös tukiteline- ja muottilaskelmat, joista selviää käytettävän sahatavaran lujuusluokka ja muotin kuormitukset. Sillan päällysrakenteisiin kuului kansirakenne, reunapalkit, siipimuurit ja päätypalkit. Kaikki rakenneosat valettiin samalla C35/45 P50 -lujuusluokan betonilla. Betonipintaan hierrettiin teräshieronta ja pintaan ruiskutettiin jälkihoitoaine, jonka jälkeen betonipinta peitettiin muovilla ja routamatoilla. Jälkihoitoaineen tarkoitus betonipinnassa on suojata betonia liian nopealta kuivumiselta tekemällä betonipintaan vettä pitävä kalvo. Sillankannen valu tehtiin talviaikaan, joten muotin ympärille rakennettiin kestopeitteestä suoja ja muottia lämmitettiin alapuolelta dieselkäyttöisellä lämmittimellä kahden viikon ajan. Samalla seurattiin betonin lämpötilaa ja lämmönkehitystä.

Päällysrakenteista tehtävät suunnitelmat ja laatuaineistot:

- päällysrakenteen raudoituksen raudoitustarkastus
- betonointisuunnitelma ja betonointipöytäkirja
- betonin suhteitustiedot ja ennakkokokeet
- ilmamäärämittaus ja ilmamäärämittauspöytäkirja
- p-lukulaskelma ilmamäärämittauksista
- puristuslujuuskokeet betonista
- betonin lujuudenkehitys, joka saadaan paaluihin asennetuista lämpötilantureista, lujuudenkehityksestä laaditaan pöytäkirja
- muottien purkusuunnitelma
- muotinpurkulujuus
- betonipeite ja betonipinta mittauspöytäkirja
- tarkemittaukset sillan kansirakenteesta, reunapalkista ja sillankannen kaltevuudesta.

Kuvassa 7 näkyy päällysrakenteen valua. Sillan toinen pää on valettu täyteen ja betonipinnan viimeistely ja hieronta aloitettu.



KUVA 7. Sillan päällysrakenteen valu

3.4 Pintarakenteet

Harisojan sillan pintarakenteisiin sisältyi kaksinkertainen bitumikermieristys, 50 millimetrin suojabetoni ja asfaltti. Pintarakenteiden työvaiheet aloitettiin sillan kannen hiekkapuhaltamisella ja mahdollisilla halkeamien ja epätasaisuuksien korjaamisella ja poistamisella. Kannen vesieristystyöt tehtiin sääsuojan sisällä, jotta vesi- ja lumisade eivät pääse kastelemaan eristysalustaa.

Kannen vesieristys aloitettiin ottamalla sillan kannesta pinnan makrokarkeus lasihelmikokeella. Kokeessa lasihelmet levitetään ympyrän muotoiselle alueelle, joka mitataan ja jaetaan lasihelmien määrällä. Näin saadaan lasihelmien kerros-paksuus ja samalla pintakarkeuden keskimääräinen syvyys. Koe tehdään vähintään neljästä kohtaa sillan kannesta. (7, s. 11.)

Betonin kosteus tulee olla ennen eristystöiden aloittamista alle 5 prosenttia. Kansirakenteen pintakosteus mitattiin pintakosteusmittarilla ennen koepalojen poraamista. Kosteus mitattiin poraamalla kansirakenteesta kolmesta kohtaa näytteet, joista määritettiin betonin absoluuttinen kosteus kuivatus-punnitusmittauksella.

Kannen pinta-alan ollessa yli 500 m² lisätään mittauspisteitä yksi aina alkavaa 500:aa m²:ä kohti. (7, s. 12.)

Vesieristeen päälle valetaan teräskuidulla vahvistettu 50 millimetrin vahvuinen betonikerros suojaamaan bitumikermiä rikkoutumiselta.

Pintarakenteista, eristystöistä ja suojabetonoinnista laadittavia laatuaineistoja ja työnaikaisia laadunvarmistusmenetelmiä:

- eristysalustan vastaanottopöytäkirja, josta selviää kannen tarkastetut osat alueet, viat ja puutteet ja näille tehtävät korjaustoimenpiteet
- kannen pintakosteusmittauspöytäkirja ja absoluuttisen kosteusmittauksen tulokset
- pinnankarheuden mittauspöytäkirja, josta selviää lasihelmikokeen tulokset
- betonointisuunnitelma- ja pöytäkirja
- ilmamäärämittaus ja ilmamäärämittauspöytäkirja
- p-lukulaskelma ilmamäärämittauksista
- puristuslujuuskokeet betonista
- vesieristystyön työ- ja laatusuunnitelma
- eristystyön olosuhdepöytäkirja, josta selviää: ilman lämpötila, ilmankosteus, kastepiste ja eristysalustan lämpötila työn aikana
- vesieristuksen vetokoemittaukset, joiden tulokset ja sijainnit merkataan vetokoemittauspöytäkirjaan.

Kuvassa 8 näkyy sillan kansi valmiiksi vesieristettynä. Vesieristys tehdään kuvassa näkyvän sääsuojan alla, jotta vesi- ja lumisade ei kastele betonipintaa. Suojabetoni valetaan vesieristuksen päälle.



KUVA 8. Valmis vesieristys

3.5 Varusteet ja laitteet

Varusteisiin ja laitteisiin kuuluvat sillan kaiteet, liikuntasaumot, kaiteiden juurikorkeet, pulttiryhmät, tarkkailutapit, sillan läpi kulkevat kaapelinsuojaputket, siirtymälaatat, syöksytorvet ja kaivot, panoskourut ja vuosilaatta.

Siirtymälaattojen työt aloitettiin maa- ja pohjatöillä. Sillan päätypalkkien ja siirtymälaattojen alkutäytöt tehtiin työmaalta saadusta louheesta, joka tiivistettiin valsijyrällä tiiviiksi. Louhetäytön jälkeen maatayttöä jatkettiin 0/56 millimetrin kalliomurskeella. Laattojen maapohja tehdään 1:10:n kaltevuuteen. Siirtymälaattojen pituus on 5 metriä ja paksuus 250 mm. Valmiista siirtymälaatan pohjasta otetaan Loadman-pudotuspainolaitteella tiiveys- ja kantavuusmittaukset.

Siirtymälaattojen tarkoitus sillassa on estää sillan ja siihen liittyvän penkereen välisiä painaumuksia. Siirtymälaatat kiinnittyvät sillan päätypalkkiin päällysrakenteen valun yhteydessä valetuilla 25 mm:n kuumasinkityillä harjaterästapeilla. Tappeihin tehtiin 50 millimetrin varaus muoviputkesta, joka täytettiin myöhemmin valun

jälkeen kumibitumilla. Valmis siirtymälaatta vesieristettiin kaksinkertaisella bitumisivelyllä.

Sillankaiteiden asennuksista laadittiin työ- ja laatusuunnitelma, toimitettiin materiaali- ja sinkitystodistukset sekä laadittiin kaiteiden asennuspöytäkirjat. Kaiteiden asennuksen jälkeen kaiteen korkeus ja hyötyleveys mitattiin ja lisättiin kaiteiden laatuaineistoihin. Asennetun kaiteen juureen pulttiryhmien ympärille tehtiin valamalla juurikorokkeet suojaamaan kaidetolpan juurta ja sillan pulttiryhmiä.

Sillan liikuntasaumoihin kuuluu päällysteen ja reunapalkin välinen sauma, sekä päätypalkin kohdalla kulkeva poikittainen liikuntasauga päällysteessä. Päällysteeseen sahattiin ura liikuntasaumaksi, joka täytettiin elastisella saumamassalla.

Sillan reunapalkit ja siipimuurit käsiteltiin impregnointiaineella. Käsittely sulkee betonin huokosia ja muodostaa betonipinnalle vettähylkivän kalvon. Impregnointiaine suojaa betonia ja raudoiteteteräksiä tiesuolan ja veden aiheuttamalta rasiutukselta. Impregnoinnista laadittiin olosuhdepöytäkirja, josta selviää ilman lämpötila, ilmankosteus, kastepiste, betonin lämpötila ja menetelmät, joita käsiteltävälle alustalle on tehty ennen töiden aloittamista.

Kaiteiden juurikorokkeista, pulttiryhmistä, tarkkailutapeista, kaapelinsuojaputkista, panoskoukuista, syöksytörvistä ja kaivoista toimitettiin materiaalitodistukset, suoritustasoilmoitukset ja CE-merkinnät.

Kuvassa 8 näkyy siirtymälaatta raudoitettuna ja varusteltuna. Seuraava työvaihe oli siirtymälaattojen betonointi.



KUVA 9. Raudoitettu siirtymälaatta, muotit ja tartuntojen varaukset

4 VASTAANOTTOTARKASTUS

Harisojan sillan vastaanottotarkastuksessa ei havaittu vikoja tai puutteita rakenteissa. Tarkastuksessa tehtiin sillalle, varusteille ja laitteille silmämääräinen tarkastelu.

Ennen sillan vastaanottotarkastusta ja sillan luovuttamista tilaajalle tehtiin sillasta itselleluovutus. Itselleluovutuksessa urakoitsija tekee sillan rakenteille ja laitteille silmämääräisen tarkastuksen. Itselleluovutuksessa katselmoitiin, onko silta luovutuskuntoinen ja täyttääkö se urakka-asiakirjoissa esitetyt vaatimukset. Itselleluovutuksesta tehtiin pöytäkirjat, joihin kirjattiin keskeneräisyydet ja puutteet rakenteissa sekä laatuaineistoissa. Rakenteiden ja laatuaineistojen puutteiden korjaus- ja valmistumisajankohta kirjattiin itselleluovutuspöytäkirjaan.

Luovutettaessa valmista siltaa tilaajalle pitää sillalle tehdä vastaanottotarkastus. Tarkastuksen suoritti suunnittelija. Vastaanottotarkastuksessa tarkastellaan valmiin sillan rakenteita, laitteita ja ympäristöä. Tarkastuksessa katselmoidaan siltaa mahdollisten vikojen ja puutteiden varalta. Sillantarkastuksen ja taitorakennerekisteripalveluita suorittaessa käytetään ohjeena Väyläviraston Sillantarkastuskäsikirjaa. Sillasta laaditut ja kerätyt laatuaineistot lisätään taitorakennerekisteriin sillan valmistuttua. (8, s. 3.)

Taitorakennerekisteri on otettu käyttöön 2017, ja se korvasi aiemmin käytössä olleen siltarekisterin. Taitorakennerekisteristä selviää siltojen rakenteelliset sekä hallinnolliset tiedot ja tarkastuksissa havaitut viat ja puutteet. Nämä tiedot auttavat päätöksentekijöitä määrittämään rahoituspuitteet ja toimenpiteet siltojen palvelutason ylläpitämiseksi ja kunto saadaan pidettyä halutulla tasolla. Taitorakennerekisteriä käytetään siltatasolla seurattessa siltojen kuntoa, valittaessa korjaustoimenpiteitä ja niiden kiireellisyysjärjestystä sekä laadittaessa toimenpideohjelmiä. (9.)

5 YHTEENVETO

Työn päätarkoituksena oli eri toimintatapojen selvittäminen laadunhallinnan, laaturaportoinnin ja laadunvarmistuksen toimintatavoista betonisen ulokelaattasilan rakentamisessa. Työssä on myös selitetty eri työvaiheiden kulku ja miten sen laadunvarmistus vaikuttaa valmiiseen rakenteeseen.

Laadunhallinnan, laadunvarmistuksen ja laaturaportoinnin osuus sillanrakentamisessa on iso. Työaikaisia laatumittauksia ja suunnitelmia on jokaisessa sillan rakenneosassa paljon ja näiden huomioiminen on tärkeää, myös sillan elinkaarta ja tulevaisuuden mahdollisia korjaustoimenpiteitä miettiessä.

Harisojan sillan rakentamisen laadunhallinta toteutui hyvin ja esimerkiksi taitorakenteiden tehostetuilla laadunvarmistusmenetelmillä on työssä iso merkitys. Esimerkiksi betonin ilmamäärämittauksilla saadaan varmistettua työmaalle tulevan betonin kelpoisuus. Mikäli betonin ilmamäärämittauksissa havaittiin muutoksia ilmamäärässä, oli muutoksiin helppo puuttua ja selvittää, mistä ilmamäärän muutokset johtuvat. Muilla työssä esiintyvillä laadunhallinnan menetelmillä on iso merkitys sillan elinkaaren kannalta.

LÄHTEET

1. AL-Engineering Oy. Loadman Kannettava pudotuspainolaite. Hakupäivä 27.11.2021. <https://www.al-engineering.fi/fi/loadman.html>.
2. Taucons Oy. PDA-mittaus. Hakupäivä 27.10.2021. <https://www.taucons.fi/mittaukset/>.
3. GRK Infra Oy. Hakupäivä 27.10.2021 <https://www.grk.fi/konserni/yhtiot/grk-infra-oy/>.
4. Rakennustieto. InfraRYL – Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset. Hakupäivä 28.10.2021. <https://www.rakennustieto.fi/palvelut/tietoa-rakentamiseen/ryl/infraryl>.
5. Liikennevirasto 2016. Taitorakenteiden tehostetut laadunvarmistustoimenpiteet. Päätös LIVI7210/06.04/2016. Hakupäivä 5.11.2021. https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/paatos_2016_taitorakenteiden_tehostetut_betonin_web.pdf.
6. Väylävirasto. Siltojen korjausohjeet (SILKO). Hakupäivä 5.11.2021. <https://vayla.fi/palveluntuottajat/sillat/silko>.
7. Tiehallinto 2009. Sillan vedeneristystyömaan laadunmittaus. Toteuttamisvaiheen ohjaus. Hakupäivä 5.11.2021. https://julkaisut.vayla.fi/sillat/julkaisut/sillanvedeneristysmittaus_2009.pdf.
8. Väylävirasto 2020. Sillantarkastuskäsikirja. Suunnittelu- ja toteuttamisvaiheen ohjaus. Hakupäivä 5.11.2021. https://julkaisut.vayla.fi/pdf11/vo_2020-33_sillantarkastuskasikirja_web.pdf.
9. Väylävirasto. Taitorakennerekisteri. Hakupäivä 5.11.2021. <https://vayla.fi/palveluntuottajat/sillat/siltarekisteri>.