

Caius-Casimir Hakkarainen

**SILLAN BETONOINNIN LAADUNVALVONTA TOIMITTAJAN
NÄKÖKULMASTA**

**SILLAN BETONOINNIN LAADUNVALVONTA TOIMITTAJAN
NÄKÖKULMASTA**

Caius-Casimir Hakkarainen
Opinnäytetyö
Kevät 2019
Rakennusalan työnjohdon tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Rakennusalan työnjohdon tutkinto-ohjelma, infra- ja viherrakentaminen

Tekijä: Caius-Casimir Hakkarainen
Opinnäytetyön nimi: Sillan betonoinnin laadunvalvonta toimittajan näkökulmasta
Työn ohjaaja: Jarmo Erho
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2019
Sivumäärä: 26 + 1

Tämä opinnäytetyö käsittelee vuonna 2018 valetun Tärttämäen vesistö sillan kansirakenteen betonin toimitukseen liittyviä valmisteluja, laadunvalvontaa ja dokumentointia betonitoimittajan näkökulmasta. Betonitoimittajana toimi oululainen perheyrittäjä Ruskon Betoni Oy, jossa olen työskennellyt useamman vuoden ajan.

Betonoinnin kohteena ollut Tärttämäen silta sijaitsee Äänekoskella ja liittyy VT 4:n parantaminen Äänekosken kohdalla -hankkeeseen, jonka urakoitsijana ja betonin tilaajana oli Graniittirakennus Kallio Oy.

Työn teoriaosuudessa käydään läpi siltabetonien laatua, laadunvalvontaa koskevia Väyläviraston tarkennettuja ohjeita sekä betonivalmistajien tuotannon laatu- ja järjestelmiä. Teoriaosuus toimii pohjana siltakohteen laadunvalvonnan työn suunnittelu- ja toteutusvaiheissa.

Sillan kansirakenteen betonoinnissa laadunvalvonnan ohjeistuksena käytettiin Väyläviraston julkaiseman kirjeen tarkennettuja ohjeita. Kirje julkaistiin vuonna 2016 työmailla havaittujen lujuuskatojen jälkeen, jonka myötä laadunvalvontaa kiristettiin. Uusien ohjeistuksien tarkoituksena on ollut tarkentaa betonin laadunvarmennuksia työmailla, jotta vastaavat ongelmat voidaan jatkossa havaita riittävän ajoissa ja rakenteellisilta ongelmilta vältyttäisiin.

Asiasanat: Säänkestävä betoni, laadunvalvonta, sertifiointi, siltarakentaminen

ALKULAUSE

Opinnäytetyön tekemisen aikana perehdyin moniin mielenkiintoisiin aineistoihin ja teoksiin, joiden kautta opin lisää betonin laatua ja kehitystä koskevista seikoista. Näitä tietoja toivon jatkossa pystyväni hyödyntämään ja kehittämään sitä myöten työtehtävissäni.

Haluaisin kiittää Ruskon Betoni Oy:tä ja Tärttämäen valuun osallistunutta betontehtaan henkilökuntaa hyvästä yhteistyöstä. Lisäksi haluan kiittää opinnäytetyön ohjaajaa Jarmo Erhoa ja Ruskon Betoni Oy:n aluepäällikköä Janne Väänästä myönteisestä vuorovaikuttamisesta ja ohjaamisesta opinnäytetyön kanssa.

28.5.2019

Caius-Casimir Hakkarainen

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ALKULAUSE	4
SISÄLLYS	5
1 JOHDANTO	6
2 SILTABETONIEN LAADUNVALVONTA	7
2.1 P-lukubetoni	7
2.1.1 Käyttökohteet	8
2.1.2 Ennakkokoe	9
2.2 Väyläviraston tarkennetut ohjeet	11
2.3 Toimittajan laadunvalvonta	12
2.4 Sertifiointi	13
2.5 Tarkastukset	14
3 TÄRTTÄMÄEN VESISTÖSILTA	16
3.1 Valtatie 4:n parantaminen Äänekosken kohdalla	17
3.2 Vesistö sillan kannen betonointi	18
3.2.1 Valmistelut	19
3.2.2 Työnaikainen laadunvalvonta	19
4 JOHTOPÄÄTÖKSET	24
LÄHTEET	25
LIITE	
Liite 1. Ennakkokokeiden suhteitustietolomake (esimerkki)	

1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö käsittelee sillan kansirakenteen betonitoimituksen valmisteluja ja sen laadunvalvontaa toimittajan näkökulmasta. Aihealueena betonin laadunvalvonta kokonaisuudessaan on laaja käsite, joten työssä pyritään hallitusti tuomaan esille teoriaa ja käytäntöä P-lukubetonien laatuun, betonitoimittajan tuotannon laatujärjestelmiin ja Väyläviraston tarkennettujen ohjeiden noudattamiseen betonoinnin aikana.

Opinnäytetyössä käytetään esimerkkinä VT 4:n parantaminen Äänekosken kohdalla -projektiin kuuluvan Tärttämäen vesistösillan kansirakenteen valua, jonka urakoitsijana ja betonin tilaajana toimi Graniittirakennus Kallio Oy. Sillan kansirakenteeseen pumpattu betonin määrä oli n. 3900 m³ ja valun kesto 3,5 vuorokautta, joka suoritettiin yhtäjaksoisesti.

Työ on tehty Ruskon Betoni Oy:n kanssa, jossa olen työskennellyt jo usean vuoden ajan. Työnkuvani kautta olen päässyt tutustumaan siltatyömaiden laadunvalvonnan käytäntöihin. Tässä tapauksessa siltakohteen mittasuhteet olivat kuitenkin aiempia suuremmat, minkä takia laadunvalvonnan työmäärän lisääntyminen muodosti siitä opinnäytetyölle sopivan aiheen.

2 SILTABETONIEN LAADUNVALVONTA

Suomen tieverkoston hankkeissa merkittävä osa koostuu siltakohteiden uudis- sekä korjaushankkeista. Näiden hankkeiden tilaajana toimii tieverkostoa ylläpitävä tilaajaorganisaatio, Liikennevirasto, joka uudisti ilmettään tänä vuonna ja vaihtoi nimensä Väylävirastoksi.

Väyläviraston kohteissa laadunvalvontaa koskevat vaatimukset perustuvat betoninormien lisäksi sen omiin laatimiin ohjeistuksiin, jotka tekevät laadunvalvonnasta tavanomaista tarkempaa. Siltabetonien laadunvalvonnassa ohjeistuksena noudatetaan Väyläviraston P-lukumenettely ohjetta, joka on tekninen asiakirja, jota käytetään siltojen ja vastaavien taitorakenteiden rakentamisessa. (1.)

Laadunvalvontaa tehdään kaksiosaisesti. Ensimmäisenä betonilaadun vaatimusten täyttyminen tutkitaan ennakkokokeilla, jotka suoritetaan betonin valmistuspaikalla asemakohtaisesti. Ennakkokokeeltaan hyväksytyt betonilaatua voidaan ryhtyä toimittamaan työmaalle, missä betonista kuitenkin otetaan vielä työnaikaisia kokeita. (2.)

Työnaikaisiin kokeisiin kuuluu aina koekappaleet, joiden lukumäärien muodostaminen on erikseen esitetty Väyläviraston tarkennetuissa ohjeissa. Kun kyseessä on P-lukubetoni eli pakkas-suolarasitettu betoni, siitä tehdään lisäksi ilmamäärämittaus. (2.)

2.1 P-lukubetoni

P-luku on 1980-luvun lopussa tullut järjestelmä, jonka on kehittänyt tekniikan tohtori Seppo Matala. P-lukujärjestelmän pohjana ovat 1980-luvulla tehdyt betonin säilyvyyskokeet ja suhteutustiedot, joiden tilastollisen analysoinnin avulla kehitettiin laskentakaava. Tämän laskentakaavan perusteella voidaan laskea betonin pakkas-suolakestävyys varhaisessa vaiheessa. Laskentakaava on ainutlaatuinen ja on käytössä vain Suomessa, kun muualla maailmassa pakkas-suolarasitetut siltojen betonit testataan kohdekohtaisesti. (3.)

P-lukujärjestelmän käyttöönoton suurin syy on ollut koekappaleiden testitulosten odottaminen, jossa on saattanut kestää 2–3 kuukautta. Tässä vaiheessa silta on voinut olla jo valmiina, jonka takia reklamaatioiden kustannukset ovat tulleet kalliiksi. P-luvun laskeminen betonin ominaisuuksien perusteella on mahdollistanut varmistaa betonilaadun vaatimuksien mukaiseksi tuoreeltaan, ennen kuin loppulujuutta mittaavat puristustulokset ovat tulleet. (3.)

2.1.1 Käyttökohteet

P-lukubetoni on pakkas-suolarasitettu betonilaatu, jonka käyttökohteisiin kuuluvat Väyläviraston tilaamat kohteet. P-lukubetonin pakkas-suolarasitus tulee betonimassan alhaisesta vesi-sementtisuhteesta yhdistettynä huokoistukseen, joka mahdollistaa rakenteessa olevan jäätyvän veden laajenemisen niin, että rakenteeseen ei synny halkeamia. Pakkas-suolarasituksen vaatiminen rakenteelta johdetaan Suomen vaihtelevista sääolosuhteista ja tienhoidossa käytettävästä suolauksesta. Kuitenkin osaan siltarakenteista, jotka eivät joudu sään ja suolauksen vaikutuksille alttiiksi, voidaan käyttää huokoistamatonta normaalia rakennebetonia.

Silta on kokonaisuus, joka muodostuu erilaisista alus- ja päällysrakenteista. Sillan rakenteet altistuvat eri tavoin rasitteille, minkä takia sillan osille on lajiteltu omat pakkasenkestävyysluokkansa: P20, P30, P50 ja P70. Väylävirasto onkin laatinut taulukon, missä sillan rakennekohtaisesti näytetään esimerkiksi P-lukuvaatimukset ja betonipeitteen nimellispaksuus (taulukko 1). Vaativimmat ja säilyvyyden osalta suuremman rasituksen alle joutuvat rakenteet käyttävät suurempaa P-lukua. Suurempi pakkasenkestävyysluku merkitsee parempaa pakkasenkestävyyttä. (1.)

TAULUKKO 1. Siltarakenteiden betonin laatuvaatimukset eri rasitusluokkaryhmissä (1)

Sillan osa	Sillan osan tunnus	Rasitusluokkaryhmä	Vaatimukset					Suunnittelukäyttöikä	Betonipintojen suojaus		
			Lujuusluokka	P-lukuvaatimus	Vähimmäissementtimäärä [kg/m ³]	Vesi-sementtisuhteen enimmäisarvo	Betonipeitteen nimellisarvo [mm]			Raudoitustyyppi 1)	
Päällysrakenteen palkkien ja kansilaattojen veden-eristeen alla olevat pinnat sekä muut ei suolasumurasitetut pinnat 2)	Ro20	R1	C30/37	P30	300	0,50	40	tr	100		
							50	jr			
		R2	C30/37	P20	300	0,50	0,55	40	tr	100	
								50	jr		
		R4	C30/37	P20	300	0,55	0,55	40	tr	100	
								50	jr		
Päällysrakenteen palkkien ja kansilaattojen suolasumurasitetut pinnat 2)	Ro21	R1	C30/37	P30	300	0,50	45	tr	100	3)	
							55	jr			
		R2	C30/37	P20	300	0,50	0,45	40	tr	100	3)
								50	jr		
		R3	C30/37	P30	300	0,45	0,45	40	tr	100	3)
								50	jr		
Päällysrakenteen ja maatumien reuna-palkit. Suojabetoni; ei 4)	Ro22	R1	C35/45	P50	320	0,45	45	tr	50	4)	
							55	jr			
		R2	C30/37	P50	300	0,50	0,45	40	tr	50	4)
								50	jr		
		R3	C35/45	P30	320	0,45	0,45	45	tr	50	4)
								55	jr		
R4	C30/37	P30	300	0,55	0,55	40	tr	70			
						50	jr				
Siirtymälaatat	Ro23	R1	C30/37	P50	300	0,50	40 (5	tr	50		
							50	jr			
		R3	C30/37	P30	300	0,50	0,50	40 (5	tr	50	
								50	jr		
		R4	C30/37	P30	300	0,55	0,55	40 (5	tr	70	
								50	jr		

2.1.2 Ennakkokoe

Ennakkokokeet ovat asemakohtaisesti tehtäviä kokeita, joilla varmistetaan toimittavien betonilaatujen vaatimustenmukaisuudesta, lisäaineiden yhteensopivuudesta sekä niiden annostelujärjestyksestä ja annostelutavasta. Ennakkokoe on suoritettava aina, kun betonin P-luku määritetään suhteutustietojen ja mitatun ilmamäärän avulla tai suoran pakkas-suolakokeen avulla. Reseptikohtaiset ennakkokokeiden tulokset ovat voimassa enintään vuoden. (1.)

Äänekosken siltakohteisiin oli määriteltynä neljä eri P-lukubetonilaatua, joista jokaisesta täytyi tehdä ennakkokoe, ennen kuin niitä voitiin toimittaa työmaalle. Kokeet suoritettiin vuoden 2017 lopussa, sillä ensimmäiset P-lukubetonilla suoritettavat valut sijoituivat vuoden 2018 helmi-maaliskuun taitteeseen ja ennakkokokeiden tulokset on mahdollista saada aikaisintaan 4 viikon päästä massan valmistuksesta. Hyväksytyjen ennakkokokeiden tulokset oli toimitettava urakoitsijalle viimeistään viikkoa ennen työmaalle toimitusta, jotta voitiin varmistua, että betonilaadut täyttävät kohteen vaatimukset.

Ennakkokokeet tehtiin Väyläviraston P-lukumenettelyn ohjeen kohdan 4.2 mukaisesti, missä jokaisesta P-lukubetonin laadusta selvitettiin

- annoskohtainen, kahtena erillismäärityksenä jokaisesta käytetystä lajitteesta mitattu kiviaineksien kosteus
- toteutunut vesi-sementtisuhte
- lämpötila tuoreesta betonista
- painuma (SFS-EN 12350-2)
- ilmamäärän mittaus (SFS-EN 12350-7) välittömästi valmistuksen ja 10 km kuljetuksen jälkeen (taulukko 2)
- kovettuneen betonin tiheys (SFS-EN 12390-7)
- koekappaleiden puristuslujuus 28 vrk. (SFS-EN 12390-3)
- P-luvun laskeminen, siltabetonien P-lukumenettely ohjeen kohdan 4.3 mukaisesti
- huokosjaon koekappaleet 2 kpl, ennen ja jälkeen kuljetuksen (1.)

Ennakkokokeiden massojen suhteitustiedot ja kokeiden tulokset kirjattiin SYL 3 / LIITE 1 -lomakkeeseen (liite 1), joka löytyy Sillanrakentamisen yleiset laatuvaatimukset -ohjeista. Ennakkokokeen pakkasenkestävyys katsotaan hyväksytyksi, kun laskettu P-luku ja kovettuneesta betonista tutkittu huokosjako täyttävät betonilaaduille asetetut vaatimukset muiden tuloksien ohella (taulukko 3). (1.)

TAULUKKO 2. Betonimassan vähimmäis- ja enimmäisilmamäärä eri P-luokille, kun kiviaineksen ylänimellisraja ≥ 16 mm (1)

Vesi- sideainesuhde	Ilmamäärän vähimmäisarvo ja ohjeellinen ilmamäärän enimmäisarvo eri pakkasenkestävyysluokissa			
	P20	P30	P50	P70
0,60	5 – 7 %	5 – 7 %	-	-
0,50	3 – 5 %	4 – 6 %	6 – 8 %	-
0,40	2 – 4 %	3 – 5 %	4 – 7 %	(7 – 9 %) ¹⁾
0,32	2 – 4 %	2 – 4 %	2 – 5 %	3 – 5 %
<0,32	ei vaat.	ei vaat.	ei vaat.	ei vaat.

¹⁾ Vain interpolointia varten

TAULUKKO 3. Huokosjakovaatimukset eri P-lukutasoilla ja vesi-sementtisuhteen arvoilla (1)

Vesi-sementtisuhte	Huokosjakovaatimus eri P-lukutasoilla [mm]	
	P < 50	P \geq 50
> 0,40	$\leq 0,25$	$\leq 0,23$
$\leq 0,40$	$\leq 0,30$	$\leq 0,27$

2.2 Väyläviraston tarkennetut ohjeet

Vuonna 2016 Suomessa havaittiin lujuuskatoja betonirakenteissa. Lujuuskatojen syyksi epäiltiin pääasiassa liian korkeaksi kehittyneitä huokoistusta, joka johti lopulta laadunvalvonnan käytännön kyseenalaistamiseen. Havaintojen lisääntyessä käynnistettiin laajemmat tutkimukset, jotta ongelmille löydettäisiin keskeinen selitys. Väylävirasto päätti aloittaa samana vuonna lisätutkimukset, joissa pistokokein ryhdyttiin tarkastamaan vuosina 2011–2016 rakennettuja siltoja eri puolilla Suomea. Ennen tutkimuksien päättymistä Väylävirasto julkisti vuoden 2016 lopussa kirjeessään tarkennetut ohjeet, joiden oli tarkoitus tehdä korjausliike laatuongelmiin ja muistuttaa jälleen laadunvalvonnan tärkeydestä. Kirje lähetettiin kaikille Väyläviraston ja ELY-keskusten rakennuttajille sekä projektipäälliköille.

(4.)

Myllykirjeen tarkennetut ohjeet eivät tuoneet mitään uusia menetelmiä, vaan päivitykset ohjeissa koskivat pääasiassa työnaikaisen laadunvalvonnan ja ennakkokokeiden suorittamisen tiukennuksia. Nämä eivät siis itsessään kumonneet aikaisempia ohjeita, vaan toivat lisäyksiä ja tarkennuksia aikaisempiin käytäntöihin:

”Betonivalun laadunvalvonnassa noudatetaan sopimuksia, suunnitelmia Infra-RYL:a ja ohjetta Siltabetonien P-lukumenettely (Liikenneviraston ohjeita 22/2016), kuten tähänkin asti.” (2.)

Käytännössä tarkennetut ohjeet vaikuttivat muun muassa ennakkokokeisiin, joissa kaikista P-lukubetoneista on nykyään selvitettävä sekoitusajan, lämpötilan, kuljetusmatkan ja valumenetelmän vaikutukset lujuuteen, ilmamäärään sekä ilman pysyvyyteen ja jakaantumiseen valetussa ja jälkihoidetussa betonissa. Aiempien ohjeistuksien mukaan määritykset koskivat ainoastaan itsetiivistyviä P-lukubetonilaatuja ja muita P-lukubetoneita vain erikseen tarvittaessa. Lisäksi koekappaleiden ottaminen rakennuspaikalla muutettiin pakolliseksi niin, että arvosteluerää kohden on valmistettava vähintään kuusi koekappaletta ja vähintään yksi koekappale alkavaa 100 m³:ä kohti. Aikaisemmin vastaava hyväksyttiin tehtäväksi kimmovasaralla, jos betonin kuutiolujuus oli alle 45 MPa. Kuutiolujuuden ylittäessä 45 MPa rakennuspaikalla oli tehtävä vähintään puolet arvosteluerän koekappaleista eli vähintään kolme koekappaletta. Rakennuspaikalla tehtäviin ilmamäärämittauksiin muutoksia ei tullut. (2.)

2.3 Toimittajan laadunvalvonta

Betonituotannossa laadunvalvonta on keskeinen tekijä, jolla valmistaja ja asiakas voivat varmistua tuotteen laatuvaatimuksien täyttymisestä. Tasainen laadunvarmistus tukee oletusta, että betonin suhteutukset toimivat vaaditulla tavalla ja näytteiden kattava seuranta antaa vertailupohjaa muutoksien havaitsemiseen. Laatuvaatimuksien ja laadunvalvonnan toteutumista valvotaan asemakohtaisesti puolen vuoden välein tehtävillä tarkistuksilla, joita suorittaa ulkopuolinen tarkastuslaitos.

Betonitoimittajan laadunvalvontamenettely kattaa koko valmisbetonin tuotantoketjun, jossa betonin osa-aineiden, valmistusmenetelmien, laitteiden ja betonin

vaatimustenmukaisuus käydään läpi betoninormien ja sertifikaattien ohjeiden mukaisesti. (5.)

Betoninlaadun takaaminen aloitetaan varmistamalla, että raaka-aineet ovat CE-merkinnän standardien mukaan tarkastettuja ja vaatimuksenmukaisia. Materiaalien yhdistämisen tuloksena syntyvän betonin laadunvarmistuksessa käytettäviä testausmenetelmiä suoritetaan kovettuneesta ja tuoreesta betonista. (6, s. 31–64)

Valmistajan omaa laadunvalvontaa koskevat betonitestaukset suoritetaan valmistuspaikalla, missä betoniperheiden määritellyt näytteenottojen välit sanelevat testauskohtien ajankohdan. Testiin otettavia näytteitä otetaan päivän aikaan työmaille menevistä kuormista, jotka betonilaatukohtaisesti osuvat erikseen määritetyille näytteenottoväleille. Koekappaleista ja niiden tuloksista kirjataan tiedot keskitetysti, jotta laadun tason seuraaminen olisi selkeää ja helposti vertailtavissa.

Betonin laadunvarmistuksia voidaan myös lähteä suorittamaan työmaalla sijaitsevalle valukohteelle asiakkaan niin vaatiessa. Työmaalla laadunvarmistuksia tehdään niin infra- kuin talonrakennuskohteissa. Paikan päällä tehtävään laadunvalvontaan kuuluu olennaisimmin koekappaleiden ottaminen valettavien kohteiden massoista ja huokoistetuissa laaduissa myös ilmamäärän mittaaminen. Lisäksi voidaan ottaa betonimassojen työstettävyyttä ja notkeutta havainnoivia testejä, kuten painuma- tai leviämätesti.

2.4 Sertifiointi

Tuotteen sertifiointimisen tarkoituksena on osoittaa, että kyseinen tuote täyttää sen tuoteryhmän laadullisesti asettamat vaatimukset ja soveltuu käytettäväksi sille tarkoitettuihin rakennuskohteisiin. Yleisin ja valtaosassa Suomen rakennustuotteissa käytetty sertifiointi on CE-merkintä. CE-merkinnän avulla valmistaja vakuuttaa rakennustuotteen ominaisuuksien olevan eurooppalaisen harmonisoidun tuotestandardin tai eurooppalaisen teknisen hyväksynnän mukaiset. (7.)

Rakennustuotteena valmisbetoni kuuluu Suomessa 20 %:n tuotealueeseen, jossa CE-merkintää ei voida käyttää, johtuen siitä, että kyseiselle tuotealueelle ei

ole laadittu yhdenmukaistettua ”pakollista” vaatimusstandardia. Tämän vuoksi Suomessa on käytössä betonirakentamisen laatua säättävä kansallinen lainsäädäntö, jonka vaatimuksien täyttämiseen betonitoimittajaa veloitetaan käyttämään varmennustodistusta. Varmennustodistuksen merkintä osoittaa tuotteen ja sen valmistuksen täyttävän viranomaisten kansalliset määräykset sekä ohjeet. (8.)

Varmennustodistus ja sertifikaatit ovat toistaiseksi voimassaolevia, mikä edellyttää vaatimuksien jatkuvaa noudattamista. Valmistaja on vastuussa omasta toiminnastaan ja asetettujen vaatimuksien täyttymisestä, jota valvotaan kolmannen osapuolen vuosittain tehtävillä tarkastuskäynneillä. Varmennustodistuksen lisäksi betonitoimittaja voi vapaaehtoisesti hankkia myös muita sertifikaatteja yritykselleen ja tuotteelleen. Vapaaehtoisesti hankittava sertifiointi on esimerkiksi FI-laatumerkki, joka osoittaa tuotteen laadun olevan viranomaisvaatimuksia korkeampi. (8; 9.)

Ruskon Betoni Oy:lle myönnetyt sertifikaatit:

- ISO 9001- Laadunhallintajärjestelmä
- ISO 14001- Ympäristöasioiden hallintajärjestelmä
- OHSAS 18001- Työterveys ja- turvallisuusjärjestelmä (10.)

Asemakohtainen, Äänekoski:

- Varmennustodistus
- Vapaaehtoinen sertifikaatti, FI-laatumerkki (Valmisbetoni, valmisbetoni LIVI) (11.)

2.5 Tarkastukset

Ruskon Betoni Oy:n kaikki tehtaot kuuluvat Inspecta Sertifiointi Oy:n tarkastustoiminnan piiriin, joka on ympäristöministeriön hyväksymä sertifikaatteja ja varmennustodistuksia myöntävä toimielin. Inspecta tarkastaa Ruskon Betonin asemia vuosittain 2 kertaa, n. 6 kk välein.

Asemien tarkastuksissa läpi käytävät asiat ovat

- henkilöstön pätevyys ja riittävyys suhteessa tuotantoon
- tehtaan laadunvalvonnan järjestelyt
- raaka-aineiden vaatimusten mukaisuus
- tehtaan tuotanto- ja laadunvalvontalaitteiden toimivuus (kalibrointi)
- tuotteen valmistus
- laadunvalvonnan näytteenotto ja testaus
- laadunvalvontaa koskeva dokumentointi ja laskelmat
- ennako- ja tasokokeiden suoritus
- betonin vaatimustenmukaisuuden toteaminen
- betonin toimitukset
- mahdolliset reklamaatiot ja poikkeamat (12).

Tarkastuksessa havaitut puutteet voidaan ilmoittaa lievänä tai vakavana poikkeamana. Poikkeaman ilmetessä valmistajan on esitettävä korjaavat toimenpiteet, jotka on tehtävä tarkastuksen jälkeen lyhyen ajan sisällä. Mikäli valmistaja ei lähde esittämään puutteille korjaavia toimenpiteitä, muuttuu lievä poikkeama aina vakavaksi. Poikkeaman korjaavat toimenpiteet voidaan tarpeen vaatiessa tarkastaa ylimääräisellä tarkastuskäynnillä. (12.)

3 TÄRTTÄMÄEN VESISTÖSILTA

Tärttämäen vesistösilta kuului osana VT4 parantaminen Äänekosken kohdalla -projektiin, jonka pääurakoitsijana toimi Graniittirakennus Kallio Oy. Silta sijoittui uuteen valtatie 4:n tielinjaan, joka poikkeaa entisestä tielinjasta länsipuolelle. Tärttämäen sillan lisäksi projekti käsitti kolme muuta siltakohdetta, joista kaksi oli uusia siltoja ja yksi kohde oli jo käytössä olevan sillan levennys. Kaikkiin siltakoh-teisiin betonien toimitus tilattiin Ruskon Betonin Äänekosken tehtaalta. Kotaken-näänsalmen ylittävä 2 + 2-kaistainen silta on noin 220 metriä pitkä ja 20 metriä leveä ja sen siltatyyppe on jännitetty teräsbetonien jatkuva palkkisilta (kuva 1). (13.)

Kokoluokaltaan Tärttämäen silta oli projektin suurin, johon kohdistuva betonin ti-lauskanta vaikutti hyvin työllistävästi. Sillan ensimmäiset perustuksien valut aloi-tettiin vuoden 2018 alussa. Ennen sillan kansirakenteen betonointia kohteeseen suoritettiin paljon yksittäisiä rakennekohtaisia valuja, koska sillan kokoluokan ta-kia sen rakenneosatkin olivat normaalia massiivisempia. Sillan rakenteiden ker-tavalut, kansirakennetta lukuun ottamatta, vaihtelivat betonimäärällisesti 10 – 400 m³:n välillä.

Jokaiseen sillan rakenneosaan tilattu betonitoimitus työllisti Ruskon Betonia val-mistamisen lisäksi myös työmaalla tehtävien laadunvarmistuksien vuoksi. Tar-kennettujen ohjeiden mukaisesti jokainen rakenneosa muodosti oman arvoste-lueränsä.



KUVA 1. Tärttämäen sillan telineet rakennusvaiheessa.

3.1 Valtatie 4:n parantaminen Äänekosken kohdalla

Äänekosken kohdalla tehtävä valtatie 4 parantaminen on osa Äänekosken biotuotetehtaan liikenneyhteydet -hanketta, jonka tarkoituksena on parantaa liikenneyhteyksiä välillä Kuorejoki–Mämme. Äänekosken kohdalla tehtävän hankkeen suunnittelualue kattaa lähes 7 kilometrin osuuden, jossa liikenteen sujuvuutta pyritään kohentamaan. Perustelut valtatie 4 parantamiselle ovat sitä pitkin kulkevan liikenteen runsaus, joka määritettiin vuonna 2016 olevan n. 7 000 - 10 000 ajoneuvoa vuorokaudessa. Raskaan liikenteen osuus oli tästä n. 12 %. Runsasliikenteisen valtatie ns. pullonkaula on Äänekosken kohdalla, mistä löytyvät Kotakennäntien ja Äänekoskentien liittymät, jotka vilkkaimpina aikoina kuormittuessaan hidastavat valtatie 4 liikennöintiä. Lisäksi Biotuotetehtaan valmistumisen jälkeen tehtaalle liikennöivän raskaan liikenteen osuus on lisääntynyt merkittävästi ja kuormittaa ongelmakohtia entistä enemmän. Liikennöinnin sujuvoittamiseksi hankkeessa valtatie 4 tielinjaa siirretään nykyisen länsipuolelle, ja tie rakennetaan moottoritietasoisena tienä. Moottoritietä liittyminen Äänekosken kohdalla toteutetaan eritasoliittymillä. (13.)

3.2 Vesistösillan kannen betonointi

Tärttämäen vesistösillan kansirakenteen betonointi oli Graniittirakennus Kallio Oy:n urakoiman projektin suurin yksittäinen kertavalu, johon betonia toimitettiin n. 3 900 m³. Valun alkamisajankohta sijoittui vuoden 2018 lokakuun toiselle viikolle. Kansirakenteen betonointi aloitettiin maanantaiaamuna ja se jatkui yhtäjaksoisesti yli 3 vuorokauden ajan päättyen torstaina puoleenpäivään mennessä.

Ruskon Betonin työpanokseen kuuluivat betonin toimitus ja betonointisuunnitelman vaatimuksien mukainen laadunvalvonta työmaalla. Betonoinnin keskimääräinen valunopeus oli betonointisuunnitelmassakin asetettu 50 m³/tunti, betoni toimitettiin Ruskon Betonin Äänekoskella sijaitsevalta asemalta. Lisäksi oli nimetty kaksi vara-asemaa, joilta betonin toimitusta olisi voitu jatkaa, mikäli Äänekosken aseman tuotantoon olisi tullut ongelmia. Kuljetuskalustoa valuun järjestettiin yhdeksän säiliöautoa, joista osa oli puoliperävaunullisia. Autoihin ilmenevien ongelmien varalta, asemalla pidettiin lisäksi kolme ylimääräistä vara-autoa. Betonipumppauksen urakoinnista vastasi Jyväskylän Betonipumppaus Oy, jonka varauksen hoiti sillan urakoitsija. Betonin pumppaus suoritettiin kahdella pumppulla, joiden lisäksi työmaalla oli yksi varapumppu (kuva 2).



KUVA 2. Betonin pumppaus- ja kuljetuskalustoa työsiällä.

3.2.1 Valmistelut

Valun massiivisuuden takia korostui, että betonoinnin aloittamisajankohta oli hyvä tietää mahdollisimman aikaisessa vaiheessa, sillä kyseisen betonimäärän valmistamiseen ja toimittamiseen vaadittava materiaali sekä kalusto oli varattava riittävällä varoitusaajalla. Myös riittävän henkilöstömäärän kartoittaminen sekä hankkiminen korostui tärkeäksi osaksi onnistunutta lopputulosta.

2–3 viikkoa ennen valua asemalla tehtiin valmisteluja, joiden painopiste sijoittui tuotantoon tarvittavien materiaalitoimituksien varmistamiseen sekä kuljetuskaluston ja henkilöstön hankintaan. Osa materiaalitoimituksista, kuten lisäaineet, pystyttiin välivarastoimaan tehtaalla kokonaan. Sementtiä ja kiviainesta pystyttiin myös varastoimaan ns. puskuriksi, mutta toimitukset oli muuten ajoitettava toteutettavaksi valun aikana, sillä niiden menekki oli liian suuri kokonaan varastoitavaksi. Kuljetuskaluston sekä kuljettajien tiedusteleminen ja hankintaan liittyvä ennakointi oli tarpeen tehdä hyvissä ajoin, koska pääasiassa hankittava kalusto tuli muilta asemilta, joiden tilauskanta oli myös otettava huomioon. Työmaan päässä urakoitsijan kanssa pidetyssä aloituspalaverissa lisäksi sovittiin valun aikaisista ajoreiteistä sekä kuljetuskaluston odotus- ja pesupaikoista.

3.2.2 Työnaikainen laadunvalvonta

Työn suunnittelu

Laadunvalvontaan tarvittavien resurssien määrittäminen perustui valun kestoon, betonoitavaan määrään ja valunopeuteen. Esimerkiksi valussa tarvittavien koekappalemuottien määrä laskettiin arvioidun muottikierron avulla, joka voitiin hahmottaa valusta vaadittujen koekappalemäärien suhteesta valunopeuteen. Laadunvalvontaa suorittavien laboranttien työvuorot suunniteltiin tehtäväksi kahdessa vuorossa 3,5 vuorokauden ajan. Vuoron aikana työmaalla ja asemalla työskenteli molemmissa yksi laborantti. Vuorovaihdon aikana kummankin vuoron laborantit työskentelivät limitetysti noin tunnin ajan, jolloin seuraavaa vuoroon tulijaa ehdittiin informoimaan ajan tasalle.

Viikko ennen valua työmaalle kuljetettiin laadunvalvonnan tarvitsemat testivälineet ja kalibroidut koekappalemuotit valmiiksi (kuva 3). Laadunvalvontapisteille

järjestettiin lisäksi välineiden pesua varten vesialtaat, jotta puhdistamiseen tarvittavaa vettä ei tarvitse käydä jatkuvasti hakemassa autojen vesisäiliöistä tai kauempana olevasta vesipisteestä.



KUVA 3. Työmaakonttiin valmiiksi toimitetut testausvälineet ja muotit

Koekappaleet

Kansirakenteen valusta otettavien koekappaleiden teossa noudatettiin betonoin-tisuunnitelmassa ilmoitettua koekappaleiden vähimmäismäärää, joka on urakoit-sijan tulkinta kirjeessä annetuista tarkennetuista ohjeista. Näytteenottoja tehtiin tasaisesti tiettyjen kuutiomäärien välein, jotka saatiin määritettyä jakamalla ar-vostelueräkohtainen betonimäärä koekappaleiden vähimmäismäärällä. Valun ai- kana otettiin yhteensä 54 normikoekappaletta ja 6 olosuhdekappaletta.

Koekappaleet tehtiin pumppujen viereen sijoitetuissa, lämmitetyissä työmaakon-teissa, joissa niiden annettiin kuivua n. 16–20 h ennen muottien purkamista. Val-mistetun näytteen muottiin kiinnitettiin näytekohtaiset tunnuksset, jotka muotin pur-kamisen jälkeen merkattiin koekappaleeseen. Näytteiden tunnuksset sisälsivät sil-lan rakenneosan alkukirjaimen, näytteen järjestysnumeron ja päivämäärän. Be-toniasemalla koekappaleiden näytteenotot määräytyivät oman laadunvalvonnan jatkuvan seurannan mukaan.

Ilmamäärämittaus

Betonin ilmamäärämittauksia suoritettiin P-lukumenettely ohjeen kohdan 4.1 mukaisesti mittaamalla viidestä ensimmäisestä kuormasta, jonka jälkeen joka kymmenennestä kuormasta ja koekappaleiden näytteenoton yhteydessä. Ilmamäärän mittaamenetelmänä käytettiin standardin SFS-EN 12350-7 mukaista painemenetelmää (kuva 4). Mittaukset otettiin näytteenoton tavoin kuorman purkamisen aikana pumpun perästä myllykirjeen kohdan 4 suora lainausta noudattaen:

“Ilmamäärä mitataan juuri ennen massan sijoittamista muottiin. Ilmamäärää ei kuitenkaan edellytetä tutkittavan valuletkun päästä työturvallisuussyistä.” (5.)



KUVA 4. Painemenetelmällä toimiva ilmamäärämittari.

Koekappaleiden säilytys

Työsillan kumpaankin päähän oli järjestetty lämmitetyt työmaakontit, mistä löytyi koekappaleille säilytysaltaat. Altaiden mahdollistamat olosuhteet vastasivat koekappaleiden säilytystä standardin SFS-EN 12390-2 mukaisesti. Muotista purkamisen jälkeen koekappaleet merkattiin ja laitettiin säilytysaltaisiin (kuva 5). Graaniittirakennus Kallio Oy vastasi koekappaleiden säilytyksestä ja toimittamisesta puolueettomaan koestuslaitokseen, jossa koekappaleiden puristuslujuus oli määrä testata 28 vuorokauden ikäisenä.



KUVA 5. Koekappaleiden säilytysaltaat.

Dokumentointi

Ilmamäärien mittaukset ja koekappaleet merkattiin työmaakohtaiseen lomakkeeseen. Lomakkeeseen kirjattiin näytteiden kohdalle betonin laatu, ilmamäärä, koekappaleen tunnus, kellonaika ja kuormakirjan numero. Ilmamäärien mittaus-

tuloksista tehtiin samanaikaisesti P-lukujen laskentaa, jonka tulokset kirjattiin erilliseen sähköiseen lomakkeeseen, joka toimitettiin betonoinnin päätyttyä urakoitsijalle työmaan mittauslomakkeen kanssa.

Siltaan oli myös asennettu 4 kpl dataloggereita, jotka mittasivat kansirakenteen betonin lämpötilaa määritetyin väliajoin muodostaen yhtenäisen lämpötilakäyrän. Lämpötilakäyrän avulla nähdään rakenteessa tapahtuva lämmönkehitys, jonka on pysyttävä sallituissa lukemissa. Lisäksi sitä voidaan käyttää rakenteen lujuudenkehityksen laskemiseen Sadgroven menetelmällä. Dataloggereiden keräämät tiedot saatiin purettua laitteista noin 2 viikkoa valun jälkeen ja lähetettiin urakoitsijalle.

4 JOHTOPÄÄTÖKSET

Työn aiheena oli sillan kansirakenteen betonoinnin laadunvalvonta, mitä varten käytiin läpi betonitoimittajan tuotannon laatujärjestelmän teoriaa ja käytäntöä varten Väyläviraston julkaiseman kirjeen tarkennettuja ohjeita. Kirjeen ohjeiden pohjalta määritettiin laadunvalvonnan ja dokumentoinnin työmäärä. Valun edeltävä ja työnaikainen laaduntarkkailu oli aikaisempaa ohjeistusta kattavampaa ja monipuolisempaa. Tarkemman laadunvalvonnan ja dokumentoinnin puitteissa varmistuttiin paremmin betonilaadun vaatimuksenmukaisuudesta.

Nykyiset laadunvalvonnan ohjeet ovat tarkentaneet betonin laadun seuraamista työmailla ja valmistuspaikoilla, joka takaa tiukemman seulan huonolaatuisten betonien varalle. Ohjeiden mukaan toimiminen on tuonut käytännön tasolla uusia havainnoiteja ilmamäärän kehittymisen suhteen ja sen vaikuttamiseen betonin muissa ominaisuuksissa. Näillä käytännön havainnoilla on betonialalla valistava merkitys, mikä opettaa alaa ja alalla työskenteleviä tuntemaan paremmin betonin ominaisuudet ja toimimaan sen kanssa oikealla tavalla.

Vuoden 2016 lopussa julkaistut ohjeistukset kuitenkin ovat olleet kriisiajan oikaisuliike, jonka tarkoituksena on ollut avata betoniteollisuuden silmiä betonin laadun horjumisesta. Tiukennuksien takia laadunvalvonta on nykyään työläämpää ja vaatimuksien täyttäminen vaatii entistä enemmän resursseja. Tämä toimintamalli on lisännyt sekä urakoitsijoiden että toimittajien kuluja merkittävästi.

Tulevaisuudessa voidaan olettaa, että nykyisiin ohjeistuksiin tehdään lähivuosina muutoksia, jotka joko helpottavat tai vaikeuttavat entisestään laadunvalvontaa. Toivottavaa olisi keskittyä hyödyntämään viime vuosina saatua tietoa betonin ominaisuuksista, jonka pohjalta pyrittäisiin laatimaan nykytilannetta taloudellisesti kevyempi tapa toimia, laadusta tinkimättä.

LÄHTEET

1. Siltabetonien P-lukumenettely. 2016. Liikenneviraston ohjeita 22/2016. Liikennevirasto. Saatavissa: https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo_2016-22_siltabetonien_p-lukumenettely_web.pdf. Hakupäivä 3.4.2019
2. Päätös LIVI/7210/06.04.00/2016. 2016. Liikennevirasto. Saatavissa: <https://www.rakennuslehti.fi/wp-content/uploads/2016/11/allekirjoitettu-kirje.pdf>. Hakupäivä 7.5.2019
3. Törmänen, Eeva. 2017. Betonin P-luku on suomalainen erikoisuus. Tekniikka & talous. Saatavissa: <https://www.tekniikkatalous.fi/tekniikka/rakennus/betonin-p-luku-on-suomalainen-erikoisuus-6614982>. Hakupäivä 7.5.2019
4. Liikenneviraston tutkimista silloista joka kolmannessa lujuuspuutteita. 2017. Rakennuslehti. Saatavissa: <https://www.rakennuslehti.fi/2017/01/liikenneviraston-tutkimista-silloista-joka-kolmannessa-lujuuspuutteita/>. Hakupäivä 8.5.2019
5. BY 65 Betoninormit 2016. 2016. Suomen betoniyhdistys ry. Helsinki. BY-koulutus Oy.
6. BY 201 Betonitekniikan oppikirja 2018. 2018. Suomen Betoniyhdistys ry. Helsinki. BY-koulutus Oy.
7. CE-merkintä. 2013. Ympäristöministeriö. Saatavissa: <https://www.ym.fi/ce-merkinta>. Hakupäivä 13.5.2019
8. Varmennustodistus rakennustuotteille. Kiwa. Saatavissa: <https://www.kiwa.com/fi/fi/palvelumme/varmennustodistus-rakennustuotteille/>. Hakupäivä 13.5.2019
9. Betoninlujaa osaamista. 2016. Kiwa. Saatavissa: <https://www.kiwa.com/fi/fi/Tiedotus/uutiset/betoninlujaa-osaamista/>. Hakupäivä 13.5.2019

10. Toiminta. Ruskon Betoni Oy. Saatavissa: <https://www.ruskonbetoni.fi/toiminta/>. Hakupäivä 13.5.2019
11. Tehtaat. Äänekosken betoniasema. Ruskon Betoni Oy. Saatavissa: <https://www.ruskonbetoni.fi/yhteystiedot/tehtaat/>. Hakupäivä 13.5.2019.
12. Mäkikyö, Tapani. 2017. Betonirakentamisen laatuketju kuntoon, taustalla vuoden 2016 lujuuskadot. Rakennusteollisuus. Saatavissa: <https://www.rakennusteollisuus.fi/globalassets/laatu/2017-betoniselvitys/betoniselvitys-loppuraportti-tapani-makikyro-14-11-2017-liitteet2.pdf>. Hakupäivä 14.5.2019.
13. Valtatien 4 parantaminen Äänekosken kohdalla, tiesuunnitelma. 2018. Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. Saatavissa: https://ely-keskus.fi/web/ely/vt4-parantaminen-aanekosken-kohdalla-tiesuunnitelma?p_p_id=122_INSTANCE_aluevalinta&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_r_p_564233524_reset_Cur=true&p_r_p_564233524_categoryId=14400. Hakupäivä 15.5.2019.

Sillanrakentamisen yleiset laatuvaatimukset
BETONIRAKENTEET - SYL 3 / LIITE 1

BETONIN SUHTEITUSTIEDOT:

Työkohde/Rakenneosä:	Ro20 R1		
Betonin valmistaja:	_____		
Suunnittelulujuus:	C30/37 MPa	Pakkasenkestävyysluku:	30
Vaadittu ilmamäärä:	4-6 %	Suurin raekoko:	16 mm
		Notkeus:	S3
SIDEAINEET:			
Rakennussementin tuotenimi/valmistaja:	CEM II / B-M (S-LL) 42,5 N		
Rakennussementin tyyppi- ja luokkatunnus:	_____		
Rakennussementin määrä:	400	kg/m ³	
Lisättävän silikajauheen määrä:	_____	kg/m ³	
Lisättävän masuunikuonajauheen määrä:	_____	kg/m ³	
Lisättävän lentotuhkan määrä:	_____	kg/m ³	
TEHOLLINEN VESIMÄÄRÄ:			
(Kokonaismäärä = kiviaineksen pintavesi + sekoitusvesi + lisäaineiden sisältämä vesi)			
	200	kg/m ³	
VESI-SIDEAINESUHDE:			
(Tehollinen vesimäärä / aktiivisuuskertoimilla kerrotun rakennussementin ja tehokkuuskertoimilla kerrottujen seosaineiden yhteismäärä)			
	0,50		
KIVIAINES (Kuiva-ainemäärä):	1700	kg/m ³	
LISÄTTÄVÄN KALKKIFILLERIN MÄÄRÄ	_____	kg/m ³	
HIENOAINESMÄÄRÄ (sideaine + alle 0,25 mm:n kiviaines):	530	kg/m ³	
SUHTEITUSLUJUUS:	44,0	MPa	
ILMAMÄÄRÄ TEHTAALLA:	4,5	%	
LISÄAINEET:			
Merkki:		Annostus % sideaineen painosta	
Huokoste:	_____	0,020	
Notkiste:	_____	0,800	
Hidaste:	_____	_____	
ENNAKKOKOKEIDEN TULOKSET:			
Puristuslujuus:	_____ MPa	P-luku:	_____
		Ilma:	_____ %
		Huokosjako:	_____ mm
Tiheys:	_____ kg/m ³	Betonin rapautuma (SS137244):	_____ g/m ²
(ITB) Erottumis aika:	_____	(ITB) T50-aika:	_____ sek
		(ITB) Leviämä:	_____ mm
Työstettävyyttä testattu valukokeella:		kyllä:	_____
		Ei:	_____
Ilmamäärän väheneminen selvityttyä kuljetuksen aikana:		kyllä:	_____
		Ei:	_____
Laatinut:	_____		
Tarkastanut:	_____		
Tilaaajan merkinnät:	_____		