

# BETONIELEMETTIASENNUKSEN HAASTEET JA LAADUN PARAN- TAMINEN

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Tutkinto-ohjelma Rakennusmestarin tutkinto-ohjelma	
Työn tekijä Janne Matikainen	
Työn nimi Betonielementtiasennuksen haasteet ja laadunparantaminen	
Päiväys	2.4.2022
Sivumäärä/Liitteet	21
Toimeksiantaja Tehoja Oy	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää betonielementtiasennuksen laadun haasteita rakennustyömailla työn tilaajan ja asennusurakoitsijan näkökulmasta. Lisäksi tavoitteena oli saada ratkaisuja betonielementtiasennuksen ongelmatilanteisiin.</p> <p>Tutkielmaan haettiin tietoa neljästä betonielementtiasennukseen liittyvästä tahosta: rakennusliikkeet (työjohtajat ja elementtiasentajat), betonitehtaat, rakennesuunnitteluyritykset ja rakennuttajat. Haastatteluihin osallistui 30 45:stä eri puolelta Suomea. Rakennesuunnitteluyrityksiltä ei saatu vastauksia tutkielmaan. Haastattelussa kysyttiin betonielementtiasennusten laatuun vaikuttavista asioista ja kysymyksiä oli 4 – 6. Kysymykset vaihtelivat vastaajapuolen mukaan. Haastattelut tehtiin suurimmaksi osaksi etänä vallitsevan koronatilanteen vuoksi. Haastatteluun osallistujien henkilötiedot pysyvät salassa, jolloin tutkielmaan osallistuvaa henkilöä ei voi kytkeä mihinkään edustamaansa yritykseen. Tutkielmaan haluttiin haastatella myös työpaikkojen ulkopuolella, jolloin haastateltava pystyi olemaan avoimempi vastaamaan kysymyksiin. Haastattelutilanne oli positiivinen ja vapautunut. Tutkielmassa saatujen tulosten perusteella voidaan todeta, että betonielementtiasennuksissa on paljon haasteita, kuten laatupoikkeamia betonielementeissä, rakennesuunnittelussa tai asennuksessa.</p> <p>Haastattelujen perusteella laadittiin raportti, jossa selvitettiin betonielementtiasennuksen haasteita suunnittelun ja toteutuksen näkökulmasta ja pyrittiin löytämään keinoja asian parantamiseksi, jotta betonielementtiasennukset saataisiin laadukkaiksi kaikkien osapuolien näkökulmasta. Tutkielma antaa hyvää lisätietoa betonielementtiasennuksen haasteista ja laadunparannus ehdotuksia rakennushankkeisiin.</p>	
Avainsanat betonielementti, betonielementtiasennus, toleranssi, rakennusala	

Field of Study Technology, Communication and Transport	
Degree Programme Degree Programme in Construction Management	
Author(s) Janne Matikainen	
Title of Thesis Concrete element installation challenges and quality improvement	
Date 2.4.2022	Pages/Appendices 21
Client Organisation Tehoja Oy	
<p><b>Abstract</b></p> <p>The objective of the thesis was to find out the challenges associated with the quality of precast concrete installation on construction sites from the perspective of the job subscriber and the installation contractor. In addition, the goal was to obtain solutions to the problem situations of precast concrete road installation.</p> <p>Information was sought from four bodies related to precast concrete installation: construction companies (labor managers and prefabricators), concrete mills, structural engineering companies and developers. 30 out of 45 across Finland took part in the interviews. No responses were received from the structural engineering companies. The interviewees were asked about issues affecting the quality of precast concrete installations and there were 4 – 6 questions. The questions were not the same for each interviewee. For the most part, the interviews were conducted remotely due to the prevailing corona situation. The personal information of the participants in the interview remains secret, in which case the person involved in the thesis cannot be connected to any of the companies they represent. Some interviews were conducted outside of work, allowing the interviewees to be more open to answering the questions.</p> <p>Based on the results obtained in the thesis, it was found out that there are a lot of challenges in precast concrete installations, such as quality deviations in concrete blocks, structural design or installation. On the basis of the interviews, a report was prepared which explored the challenges of precast installation from the perspective of mouth loading and execution. The report also aimed at finding ways for improvement in order to achieve quality in concrete installation from the perspective of all parties. The thesis provides good additional information on the challenges of precast concrete installation as well as quality improvement proposals for construction projects.</p>	
<p><b>Keywords</b> precast concrete, concrete installation, tolerance, construction industry</p>	

## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO .....	5
2	BETONIELEMENTTIRAKENTAMINEN.....	6
2.1	Suunnittelu ja valmistus .....	6
2.2	Betonielementtiasennus ja rakentamistoleranssit .....	8
3	HAASTATTELUTUTKIMUS.....	11
3.1	Haastattelukysymykset.....	11
3.2	Haastattelu.....	12
3.3	Työnjohtajien ja elementtiasentajien vastaukset kysymyksiin.....	12
3.4	Betonielementtitehtaan edustajien vastaukset kysymyksiin .....	14
3.5	Rakennuttajien vastaukset kysymyksiin .....	16
4	TULOSTEN ANALYSOINTI.....	17
4.1	Betonielementtiasennuksen haasteet työnjohtajien ja elementtiasentajien näkökulmasta .....	17
4.2	Betonielementtiasennuksen haasteet betonielementtitehtaan näkökulmasta .....	18
4.3	Betonielementtiasennuksen haasteet rakennuttajan näkökulmasta .....	19
5	POHDINTA.....	20
	LÄHTEET .....	21

## KUALUETTELO

KUVA 1.	Betonielementin valmistuspiirustus. Yritys A (kuvan julkaisulupa opinnäytetyön tekijällä).....	6
KUVA 2.	Asennusaikainen betonielementin tuenta (Matikainen 2022) .....	9
KUVA 3.	Nostotyösuunnitelma (Rakennusteollisuus julkaisuaika tuntematon ) .....	9
KUVA 4.	Työn turvallisuussuunnitelma ( Työnturvallisuuskeskus julkaisuaika tuntematon ) .....	10
KUVA 5.	Onko betonielementtiasennuksessa ollut haasteita?.....	12
KUVA 6.	Havainnekuva. Vinossa nouseva seinä. (Matikainen 2021) .....	13
KUVA 7.	Väärin sidottu kuorma. Yritys B (kuvan julkaisulupa opinnäytetyön tekijällä) .....	15
KUVA 8.	Korjattu betonielementti Yritys C (kuvan julkaisulupa opinnäytetyön tekijällä).....	15
KUVA 9.	Lattian ja seinäelementin välistä puuttuu alusmassa. Yritys D (kuvan julkaisulupa opinnäytetyön tekijällä) .....	16
KUVA 10.	Yleisimmät haasteet betonielementtiasennuksessa .....	17
KUVA 11.	Yleisimmät haasteet betonielementtitehtaan näkökulmasta .....	18
KUVA 12.	Yleisimmät haasteet rakennuttajan näkökulmasta .....	19

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön aiheena on betonielementtiasennuksen haasteet ja laadunparantaminen. Opinnäytetyö tehdään haastattelututkielmana. Tutkielmaan haetaan tietoa neljästä betonielementtiasennukseen liittyvästä tahosta: Rakennusliike (työnjohto ja elementtiasentajat), rakennesuunnitteluyritys, betonielementtitehdas ja rakennuttaja.

Opinnäytetyön tilaaja on Tehoja Oy. Tehoja Oy on kuopiolainen rakennusliike, joka on erikoistunut betonielementtiasennukseen. Yritys on perustettu 2018 ja se työllistää 8 henkilöä. Työntekijöiden yhteenlaskettu kokemus on rakennusalalta yli 80 vuotta.

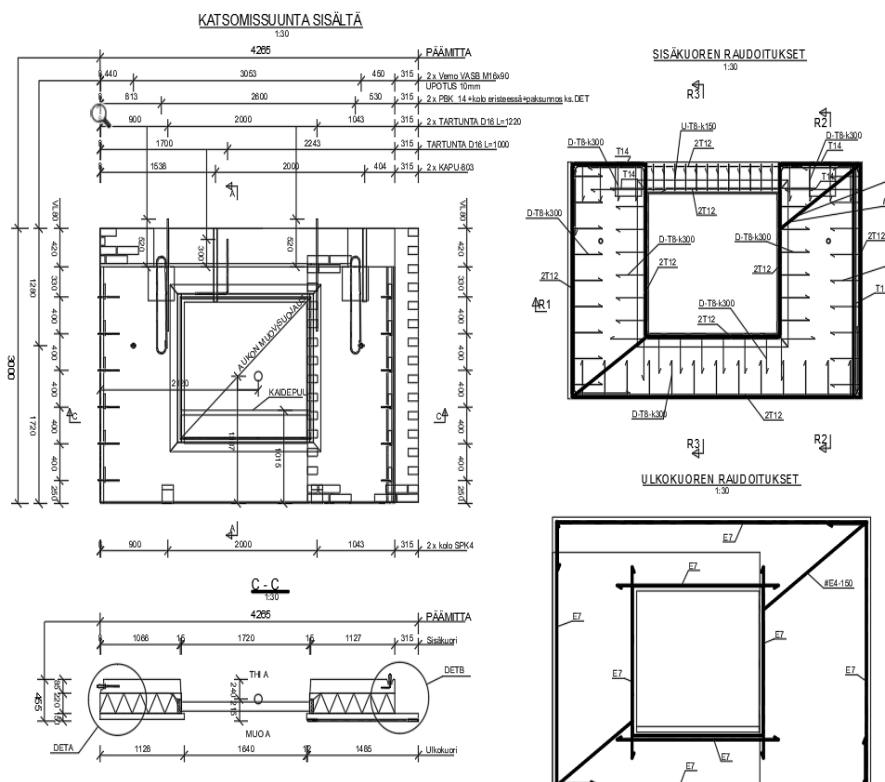
Opinnäytetyön tilaaja on huomannut pitkän työuran aikana betonielementtiasennuksissa haasteita. Tutkielman tarkoituksena on selvittää haastatteluin kaikilta organisaatioilta, jotka osallistuvat betonielementtien suunnitteluun, valmistukseen, asennukseen ja rakennuttajan rooliin. Selvittää millaisia haasteita heillä esiintyy betonielementtiasennuksissa. Opinnäytetyönä laaditaan raportti, jossa tehdään yhteenveto ongelmista ja yritetään selvittää laadunparannuskeinoja.

## 2 BETONIELEMENTTIRAKENTAMINEN

Suomessa betonielementti rakentamista alettiin kehittämään 1940- ja 50-lukujen taitteessa. 1960-luvulla alkaen betonielementtirakentaminen kasvoi, koska maaseudulta tuleva muuttoliike kaupunkien lähiöihin kiihtyi merkittävästi ja maaseudulta tulevalle väestölle tarvittiin asuntoja. 1968–1970 kehitettiin betonielementtistandardi BES-järjestelmä, joka on edelleenkin käytössä. BES järjestelmä on siis kantavat pääty- ja väliseinät ja ei-kantavat sandwich-ulkoseinät ja välipohjat. Bes järjestelmän standardisointi jatkui 80-luvulla, jolloin mukaan tuli teollisuus- ja toimitilarakentaminen. Silloin kehitettiin runko- BES- aineisto, josta löytyy mittajärjestelmä, rakenneosien mitta- ja tyyppisuositukset sekä liitosdetaljit. BES järjestelmää käytetään tänäkin päivänä betonielementtirakentamisessa. (Elementtisuunnittelu 2020.)

### 2.1 Suunnittelu ja valmistus

Arkkitehti suunnittelee rakennuksen. Tämän jälkeen suunnitelma siirtyy rakennesuunnittelu vaiheeseen, jossa rakennesuunnittelija suunnittelee ja piirtää tarvittavat betonielementin valmistuskuvat tuotantoa varten (kuva 1). Rakennesuunnittelun jälkeen kuvat lähtevät betonielementtitehtaalle valmistukseen. Betonielementtitehdas valmistaa elementin määrättyjen betonirakentamisen laatuohjeiden eli BY 47:n mukaan joko normaali tai erikoisluokkaan (taulukko 1). Betonielementtien valmistustoleranssien ainoana erona on mittatarkkuus. Mittatarkkuudella tarkoitetaan, kuinka tarkasti betonielementti valmistetaan suunnittelijan piirtämän kuvan mukaan. Valmistustoleranssin valinta vaikuttaa rakennettavan rakennuksen mittatarkkuuteen ja visuaaliseen ulkonäköön. Rakennuttaja päättää kumpaan valmistustoleranssi luokkaan betonielementit valmistetaan. Yleensä betonielementit valmistetaan normaali valmistustoleranssi luokkaan mukaan, koska ne ovat edullisempia.



KUVA 1. Betonielementin valmistuspiirustus. Yritys A (kuvan julkaisulupa opinnäytetyön tekijällä)

TAULUKKO 1. Betoniseinä-, betonisandwich- ja ulkokuorielementtien valmistustoleranssit (Betonielementtien toleranssit 2011)

Mittauksen kohde	Valmistustoleranssit [mm]	
	Normaaliluokka	Erikoisluokka
<b>Pituus (L), korkeus (H)</b>		
-väliseinä ja sisäkuori	±10	±8
- ulkokuori	±8	±5
- pienet julkisivulevyt	-	-
<b>Paksuus (b)</b>		
- sandwich kok. paksuus, sisäkuori	±8	±5
- väliseinä ja ulkokuori	±5	±5
- pienet julkisivulevyt	-	-
<b>Ristimittojen ero</b>		
- väliseinä	15	12
-sisäkuori	15	12
-ulkokuori	12	8
- pienet julkisivulevyt	-	±3
<b>Sivun käyryys</b>		
-sandwich ja kuorielementit	±8	±5
- pienet julkisivulevyt	-	±2
- ovet ja ikkunat	±5	±3
<b>Kierous</b>		
-väliseinä, sandwich, ulkokuori ja sisäkuori	±15	±10
- pienet julkisivulevyt	-	±3
<b>Teräsovat, sähköasiat ja reijät</b>		
- sijainti pinnan suunnassa		
- väliseinä	±15	±10
- sandwich, sisäkuori, ulkokuori	±10	±10
- pienet julkisivulevyt	-	±5
- sijainti syvyys suunnassa		
- väliseinä, sandwich, sisä- ja ulkokuori	±5	±5

## 2.2 Betonielementtiasennus ja rakentamistoleranssit

Ennen betonielementtien asennusta on päätoteuttajan tehtävä elementti asennussuunnitelma. Jossa on noudatettava valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 205/2009 36§ mukaan. Pää-toteuttajan on huolehdittava, että betonielementtien asennussuunnitelma on kirjallisena työmaalla.

Elementtirakentamiseen liittyvien suunnitelmien on oltava kirjallisina työmaalla. Rakennesuunnittelijan on annettava toteutuksesta vastaa-ville elementtien asennussuunnitelman laadintaa varten riittävät tie-dot elementtien asennusjärjestyksestä, väliaikaisesta tuennasta ja lo-pullisesta kiinnittämisestä siten, että rakenteellinen vakavuus säilyy kaikissa asennustyön vaiheissa. Lisäksi on annettava tiedot element-tien turvallisesta nostosta ja käsittelystä sekä työnaikaisista asennus-tasoista, suojakaiteista ja muista turvallisuuslaitteista ja niiden kiin-nittämisestä. Rakentamiseen liittyvissä geoteknisissä suunnitelmissa on otettava huomioon nostolaitteista ja elementtien varastoinnista ai-heutuvat väliaikaiset kuormat (Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 205/2009 36 §).

Betonielementtien asennussuunnitelmassa käsiteltävät asiat:

1. Kohdetiedot työmaasta, joka sisältää tiedot rakennuskohteesta mm. rakennuslupa numero ja osoite. Rakennuskohteen toteutusorganisaation tiedot yhteystietoineen. Toteutusorganisaatioon kuuluu kaikki tahot, jotka osallistuvat betonielementti rakentamiseen kyseisessä kohteessa.
2. Elementtien tiedot (paino, pituus, korkeus ja paksuus). Nostoapuvälineet ovat luetteloituna. Jos rakennuskohteessa on erityistoimenpiteitä vaativia töitä liittyen elementtiasennukseen, niiden on tultava ilmi asennussuunnitelmassa.
3. Kuinka elementit kuljetetaan työmaalle. Miten ja missä elementit puretaan kuormasta. Mihin ele-mentit varastoidaan työmaalla tai asennetaanko ne suoraan kuljetuskalustosta paikoilleen.
4. Nosturin tiedot (merkki, malli ja nostokapasiteetti). Asennusohje kuinka elementit asennetaan. Elementtien asennusjärjestys on yleensä erillisenä liitteenä asennussuunnitelmassa.
5. Ilmoitetaan mitä rakentamis- (asennus)toleranssia käytetään. Sen täytyy olla sama, kun valmis-tustoleranssi. Esimerkkinä seinien rakentamistoleranssit ovat (taulukko 2). Nimetä henkilö kuka te-kee seurantamittausta elementtien asennus aikana. Laadunmittauksessa noudatetaan betonirakenta-misen laatuohjeet BY 47:n rakentamistoleransseja.
6. Selvitys elementtien asennus aikaisesta tuennasta (kuva 2).
7. Elementtien lopulliset kiinnitykset ilmoitetaan yleensä erillisenä liitteenä, jonka on rakennesuunnit-telija suunnitellut.
8. Työturvallisuus: henkilökohtaiset suojavarusteet ja putoamissuojaus suunnitelma.

Lisäksi ennen asennuksia työmaalla tehdään nostotyösuunnitelma ja työn turvallisuussuunnitelma (TTS). Nostotyösuunnitelmassa on käytävä ilmi lomakkeessa (kuva 3) olevat asiat. Työn turvallisuus-suunnitelma tehdään kaikkien työmaalla elementtiasennukseen osallistuvien henkilöiden kanssa yh-teistyössä. Siinä käydään elementtiasennukseen liittyviä turvallisuusriskejä läpi ja niistä koostetaan työn turvallisuussuunnitelma lomake (kuva 4). TTS on pakollinen suunnitelma rakennustyömaalla.





KUVA 2. Asennusaikainen betonielementin tuenta (Matikainen 2022)

#### L02-6 NOSTOTYÖSUUNNITELMA

Nostettava taakka:	Suunnitelman laatijat:
Pvm:	

Suunnitelmaan liitetään piirustuksia tarpeen mukaan.

Nostettavan taakan paino	
Nostettavan taakan painopiste	
Nostokohdat	
Nostopaikat ja -suunnat	
Käytettävät nostomenetelmät, -laitteet ja -apuvälineet	
Noston olosuhteet	
Tarvittavat maapohjan tai eri rakenteiden vahvistukset	
Nostotyön vaiheet ja ajoitukset	
Henkilöstön opastuksen ja ohjeiden tarve	
Tarvittavat turvallisuustoimenpiteet esim. suojavyöhykkeet, varottavat sähköjohdot ym.	
Vastuuhenkilöt	

KUVA 3. Nostotyösuunnitelma (Rakennusteollisuus julkaisuaika tuntematon)



### 3 HAASTATTELUTUTKIMUS

Tutkielman tarkoitus oli saada selville betonielementtiasennuksen haasteita rakennustyömaalla. Käytin kymmenien vuosien aikana hankittua verkostoa rakennusalalta tutkielmaan. Mukaan otin myös minulle tuntemattomia haastateltavia, jotta tutkielma ei olisi ennalta arvattavissa. Tutkielmaan kysyin haastateltavia neljästä eri organisaatiosta, rakennusliike (työnjohtaja ja elementtiasentaja), betonielementti tehdas, rakennesuunnittelu ja rakennuttaja. Kaikkiin organisaatioihin laitoin saman verran kyselyitä tutkielmaan osallistumishalukkuudesta. Työnjohtajat ja elementtiasentajat kaikki halusivat osallistua haastatteluun. Betonielementtitehtaan edustajista suuriosa ei halunnut osallistua tutkielmaan. Rakennesuunnitteluyrityksistä kukaan ei halunnut osallistua tutkielmaan. Rakennuttajan edustajista kaikki halusivat osallistua tutkielmaan. Haastatteluun kysyin 45 henkilöä josta 67 % osallistui. Haastateltavia oli eri puolelta Suomea.

Halusin tutkia elementtiasennuksia kaikkien osapuolien näkökulmasta, koska itsellä elementtiasennuksia tehdessä tuntuu, että aina on joitakin ongelmia ja haasteita. Tarkoituksena oli tehdä yhteenveto ja selvittää, onko asennushaasteissa samoja ongelmia kaikilla ja pohtia ongelmiin ratkaisuja.

Haastatteluissa on myös muutamia kompastuskiviä. Tulokset saattavat vääristyä, jos esimerkiksi kysymykset ovat johdattelevia tai ne sisältävät olettamuksia. Lisäksi haastateltavat saattavat liioitella tai vähätellä antamiaan vastauksia.

#### 3.1 Haastattelukysymykset

Aluksi aloin miettimään sopivia kysymyksiä haastatteluun. Kysymykset piti olla helposti vastattavissa, koska rakennusalalla on todella kiireaika tällä hetkellä eikä tarkoitus ollut olla haitaksi haastattelua tehdessäni. Kysymyksiä pohtiessani huomasin, että samoja kysymyksiä en voi kaikilta kysyä.

Työnjohtajien ja elementtiasentajien kysymykset olivat:

1. Kuinka kauan olet ollut rakennusalalla? Ammattinimike?
2. Onko ollut betonielementti asennuksessa haasteita?
3. Millaisia haasteita?
4. Miten ne on ratkaistu?
5. Oliko aikataulussa huomioitu, jos asennuksessa tulee haasteita?
6. Laadunparannusehdotuksia?

Betonielementtitehtaan kysymykset olivat:

1. Kuinka kauan olet ollut rakennusalalla? Ammattinimike?
2. Onko tullut reklamaatioita betonielementeistä?
3. Jos on tullut, niin miten asia on hoidettu?

Rakennuttajan kysymykset olivat:

1. Kuinka kauan olet ollut rakennusalalla? Ammattinimike?
2. Onko valvonnassa huomattu betonielementti asennuksessa ongelmia?
3. Mistä ongelma on johtunut?
4. Miten asia on korjattu?

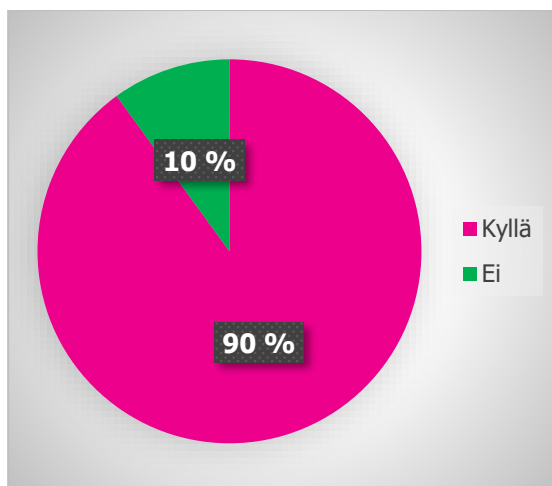
### 3.2 Haastattelu

Vallitsevan koronatilanteen vuoksi suurin osa haastatteluista pidettiin etäyhteyksien kautta. Haastattelut olivat täysin luottamuksellisia, henkilöiden ja yritysten nimet pysyvät ainoastaan opinnäytetyön tekijän tiedossa. Haastatteluihin osallistuvien ikäjakauma oli 25–60 vuotta. Työkokemusta rakennusalalta oli 2–40 vuotta. Haastattelu tilanteissa saatiin hyviä keskusteluita betonielementtiasennuksen haasteista ja laadunparannusehdotuksista.

### 3.3 Työnjohtajien ja elementtiasentajien vastaukset kysymyksiin

Haastattelussa esitettiin kysymyksiin vastattiin seuraavasti. Kysymys 2: Onko betonielementtiasennuksessa ollut haasteita? Haastatteluun osallistuvilla 90 % on ollut haasteita elementtiasennuksissa.

*”Elementtiasennuksessa ongelmia/haasteita tulee vastaan melkein päivittäin, nyt 7 vuotta asennus työnjohtajana toimiessani ei ole tullut vastaan kuin muutamia kohteita, joissa ei olisi ollut mitään ongelmia.”*  
(Matikainen 2021 opinnäytetyön haastattelu tutkielma)



KUVA 5. Onko betonielementtiasennuksessa ollut haasteita?

Kysymys 3: Millaisia haasteita? Yleisimmät haasteet olivat valmistustoleranssit 75 %, kokematon työnjohto 10 %, aikataulu 10 % ja suunnittelu 5 %.

Vastausten perusteella 75 % oli haasteita betonielementtien valmistustoleranssien osalta. Elementteissä on mittaheittoja, jotka kuitenkin olivat vaaditussa mittatarkkuudessa. Tämän seurauksena rakenteen visuaalisessa tarkastelussa huomataan virheitä. Jos betonielementin nostolenkit eivät ole mitoitettu oikein, silloin ne nostettaessa eivät ole tasapainossa (kuva 6), joka aiheuttaa ongelmia elementin asennuksessa.

*”Elementtien pohjat ovat olleet kovana, tai kivissä mittaheittoja, ulkopinnoissa vaurioita, kivien kiinnityslenkit väärin mitoitettu, jolloin ei kivet nouse pystyssä, elementit ovat olleet pyöreitä tai kaarevia.”* Esimerkkinä ontelolaatta oli liian leveä suunnitelmista huolimatta. Holvin kuvassa oikein mutta elementtisuunnitelmassa liian leveä laatta. Ongelma toistui joka kerroksessa, elementtitehtaalle tehdystä ilmoituksesta huolimatta.” (Matikainen 2021 opinnäytetyön haastattelu tutkielma)

Elementtiasentajien vastauksissa 10 % esille tuli kokematon työnjohto pääurakoitsijan puolella. Nuoremilla työnjohtajilla ei välttämättä ole kokemusta elementtirakentamista. He eivät osaa hahmottaa kokonaisuutta työmaalla.

” Nuoret työnjohtajat tulevat pätemään jostain aivan turhasta asiasta, joka ei millään muotoa kuulu elementtiasennuksiin. Ne eivät osaa hahmottaa kokonaisuutta, jos jotain pitäisi korjata.” (Matikainen 2021 opinnäytetyön haastattelu tutkielma)

Rakennesuunnittelu tuli esiin 5 % haastattelussa. Rakennesuunnittelijat suunnittelevat todella hankalasti asennettavia elementtejä. Rakennesuunnittelijoiden pitäisi suunnitteluvaiheessa olla yhteistyössä elementtiasennus työryhmiin, jos suunnittelussa on ns. hankalia elementtejä.

”Rakennesuunnittelijat voisivat joskus tulla itse asentamaan niin opisivat piirtämään kuvia. Suunnitellaan sellaisia elementtejä mitkä on melkein mahdottomia asentaa oikein tai turvallisesti.” (Matikainen 2021 opinnäytetyön haastattelu tutkielma)



KUVA 6. Havainnekuva. Vinossa nouseva seinä. (Matikainen 2021)

Kysymys 4: Miten ongelmat ratkaistiin? Kaikki ongelmat oli saatu ratkaistua. Joko työmaalla tai betonielementti tehdas on toimittanut uuden elementin.

” Ontelopäivälle tilattiin aina timanttisahuri oikeaan aikaan, joka sahasi laatan sopivaan leveyteen.” Laatupoikkeamiin on pyydetty elementtitehtaan edustajaa paikalle katselmukseen, jonka jälkeen sovittu hyvityksistä tai elementtitehtaan oma työntekijä tullut korjamaan. Yksi pitkä seinäkivi katkesi keskeltä, kun siinä oli toisessa päässä 2 oviaukkoa ja yläreuna täynnä varausreikiä. Toinen puoli oli täyttä betonia. Suunnittelija teki korjaussuunnitelman ja elementti tuettiin ja nostettiin paikalleen.” (Matikainen 2021 opinnäytetyön haastattelu tutkielma)

Kysymys 5: Oliko aikataulussa huomioitu, jos betonielementti asennuksessa tulee ongelmia? Kukaan haastatteluun osallistunut ei ollut ottanut huomioon aikataulussa asennusongelmia.

”Ei näitä haasteita voi ottaa aikatauluissa huomioon, silloin rakennusaika venyisi jo yleisaikataulussa liian pitkäksi, eikä myöskään työvaiheita tauluun voi ottaa tätä silloinhan elementti asennus urakkaan-kin pitäisi jo lähtökohtaisesti laskea lisä päivien mukaan kuluja. Ongelmat aiheuttavat viivästystä, josta pitää taas laskuttaa tilaajaa.” (Matikainen 2021 opinnäytetyön haastattelu tutkielma)

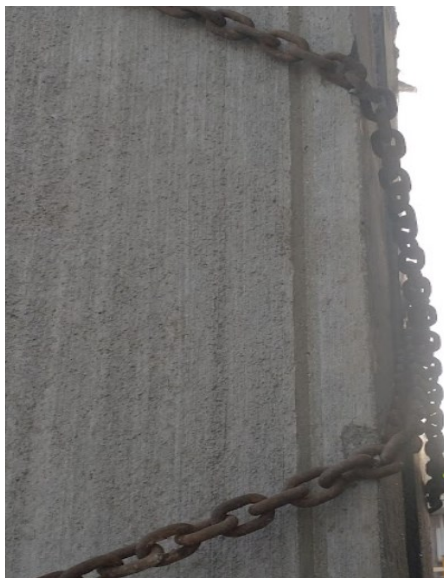
Kysymys 6: Laadunparannusehdotuksia? Kaikki laadunparannus ehdotukset liittyivät betonielementtien valmistustoleransseihin ja asennus toleransseihin. Rakennesuunnittelu tuli esille 70 % laadunparannus ehdotuksena.

”Tiukemmat valmistustoleranssit. Salmiakin muotoinen elementti pitäisi saada neliön muotoiseksi asennettuna.” Rakennesuunnitteluun haluttiin laadunparannusta. ”Rakennesuunnittelu toimistoon henkilöitä töihin, jotka ovat joskus elementtiasennuksia tehnyt.” (Matikainen 2021 opinnäytetyön haastattelu tutkielma)

### 3.4 Betonielementtitehtaan edustajien vastaukset kysymyksiin

Haastattelussa esitettyihin kysymyksiin vastattiin seuraavasti. Kysymys 2: Onko tullut reklamaatioita betonielementeistä? Betonielementti tehtaan edustajien vastauksista 50 % ei ole ollut haasteita betonielementtien valmistuksessa. Betonielementtiasentajien asennus virheet olivat 50 % vastanneilla yleisimpänä haasteena. Rakennusaikataulu tehdään todella kireäksi, oli 35 % vastanneilla yleisimpänä haasteena. Kuljetusvauriot oli 10 % vastanneilla yleisimpänä haasteena. Kuvassa 7 väärin sidottu kuorma, ketjut ovat murtaneet paloja irti elementistä (kuva 7). Rakennusvalvonta nousi esille 5 % vastanneista.

”Todella harvoin on ollut ongelmia, joskus muotti on ollut liian iso tai läpivienti reiät ollut väärässä paikassa. Rakennesuunnittelu tekee vaikeasti toteutettavia kuvia elementeistä.” Betonielementtien valmistuksessa aikataulu on tehty todella kireäksi. ”Tehtaalla on todella kiire, joka aiheuttaa laadullisia ongelmia betonielementeissä.” Betonielementtien tilaaja on ollut tietämätön valmistustoleransseista. ”Jos elementtien saumat pitää olla julkisivussa 15 mm silloin ne pitäisi tilata erikoisluokan mukaan, jolloin valmistustoleranssi olisi huomattavasti pienempi. Kustannuksia siitähän lisää tulisi.” Betonielementtiasennus yritykset eivät ole ammattitaitoisia. ”Elementtiasennus firmat tekevät huolimatonta asennusta, elementtejä hakataan lekalla, sitten syytetään kuljetusyritystä tai elementtitehdasta, kun elementteistä on murtunut palasia.” Kuljetusyritykset käyttävät väärää kuormansidontaa, ne eivät käytä kulmasuojia. ”Elementit sidotaan ilman nurkkasuojia ketjuilla kiinni. Siitä jää ikäviä jälkiä elementteihin. Niitä murtuu palasia, jotka ovat hankala korjata, kun elementti on paikoillaan.” (Matikainen 2021 opinnäytetyön haastattelu tutkielma)



KUVA 7. Väärin sidottu kuorma. Yritys B (kuvan julkaisulupa opinnäytetyön tekijällä)

Kysymys 3: Jos on tullut, niin miten asia on hoidettu? Kaikki korjaustoimenpiteet on hoidettu joko työmaalla tai valmistettiin uusi betonielementti. Kuvassa 8 korjattu hissikuilu elementti. Elementissä ollut valu vika, joka on korjattu tasoitteella, joka näkyy eri värisenä kuvassa (kuva 8). *“Työmaalla kävi alihankkija korjaamassa virheet.”* (Matikainen 2021 opinnäytetyön haastattelu tutkielma)



KUVA 8. Korjattu betonielementti Yritys C (kuvan julkaisulupa opinnäytetyön tekijällä)

### 3.5 Rakennuttajien vastaukset kysymyksiin

Haastattelussa esitettyihin kysymyksiin vastattiin seuraavasti. Kysymys 2: Onko rakennusvalvon-  
nassa huomattu betonielementtiasennuksissa haasteita? Rakennuttajien edustajien mielestä yleisim-  
mät haasteet johtuivat asennusvirheistä 80 %, elementtien valmistusvirheistä 10 % ja kuljetusvauri-  
oista 10 %.

”Asennuksissa tapahtuu poikkeamia usein. Monesti ulkoseinä ele-  
mentit eivät ole mitoissa, jolloin pysty ja vaaka saumat kiilaavat. Ne  
näkyvät julkisivussa ikävästi. Kuljetusvauriota ilmenee silloin tällöin.  
” (Matikainen 2021 opinnäytetyön haastattelu tutkielma)

Kysymys 3: Mistä ongelma on johtunut? Betonielementtien alusbetonointia ei ollut tehty huolellisesti  
(kuva 9). Sen seurauksen tulee ilmavuotoja rakenteisiin. Elementit asennetaan keliolosuhteista välit-  
tämättä.

” Juotoksissa valut ovat liian jäykkiä tai juoksevia (vesisuhde virheel-  
linen). Elementtien alusmassauksien liitokset eivät ole tiiviitä ja ai-  
heuttavat ilmavuotoja. Olosuhteiden hallintaan ei asennuksien aikana  
kiinnitetä riittävää huomiota. Elementit asennetaan aikataulujen mu-  
kaan välittämättä ongelmallisista olosuhteista (sade, pakkanen, helle)  
Kaikissa erikoisolosuhteissa on asennuksiin huomioitava erikoisolo-  
suhteiden vaikutus.” (Matikainen 2021 opinnäytetyön haastattelu tut-  
kielma)



KUVA 9. Lattian ja seinäelementin välistä puuttuu alusmassa. Yritys D (kuvan julkaisulupa opinnäy-  
tetyön tekijällä)

Kysymys 4: Miten asia on korjattu? Kaikki virheet oli saatu korjattua. Mutta niistä oli koitunut kustan-  
nuksia ja aikataulun viivästymistä.

” Jälkikäteen tehtävät paikkaukset ovat aina ylimääräisiä töitä ja ai-  
heuttavat ongelmia niin aikataulullisesti kuin laadullisesti. Juotoksien  
valut uusitaan toteuttamalla juotokset uudelleen ja piikkaamalla  
juotosvalujen aiheuttamat patit rakenteesta. Elementtien alusmas-  
saus paikkaukset ovat haasteellisempia ja ne yleensä vain yli tasoite-  
taan, mutta todellinen ongelma voi jäädä rakenteeseen ja tämä alkaa  
oireilemaan myöhemmin.” (Matikainen 2021 opinnäytetyön haastat-  
telu tutkielma)



## 4 TULOSTEN ANALYSOINTI

Tulosten analysoinnissa pureudun haastatteluhetkessä esitettyjen kysymysten ja niiden vastauksien, sekä haastattelutilanteessa käytyjen keskustelujen pohjalta purkamaan saamani tuloksia. Tulokset ovat haastateltavien omia näkemyksiä ja kokemuksia betonielementtiasennukseen liittyvistä haasteista.

### 4.1 Betonielementtiasennuksen haasteet työnjohtajien ja elementtiasentajien näkökulmasta

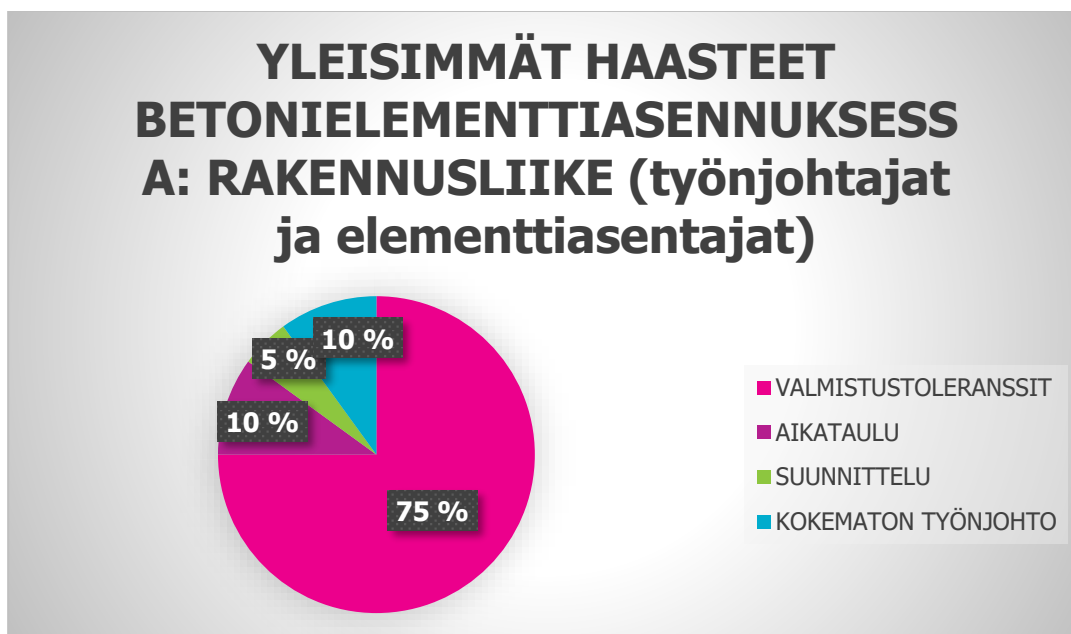
Työnjohtajien ja elementtiasentajien yleisimmät haasteet betonielementtiasennuksissa olivat (kuva 10). Betonielementtinen valmistus ja asennustoleranssit ovat monen mielestä liian suuria, jolloin ne vaikuttavat rakennukseen visuaalisesti heikentäen. Esimerkiksi ulkoseinissä elementtien saumat eivät ole tasalaatuisia. Rakennuttajat eivät välttämättä tiedä kuinka suuret toleranssit ovat betonielementti rakentamisessa, sen seurauksena laadunvalvonnassa pohditaan miksi saumat eivät ole tasaisia tai väliseinissä toinen puoli seinästä ei ole tasainen.

Nykyään rakennusaikataulu on kireä. Siinä ei ole huomioitu, jos ongelmia esiintyy. Sen seurauksena syntyy ns. lumipalloefekti, kun yksi työvaihe viivästyy, niin se vaikuttaa seuraavaan työvaiheeseen.

Toisinaan rakennesuunnittelijat eivät osaa hahmottaa betonielementtien asennustapaa tai oikeaa järjestystä. Tämän seurauksena betonielementtien asennus hidastuu merkittävästi. Betonielementtiasennuksen hidastumisen vuoksi kustannukset nousevat työmaalla.

Elementtiasentajilla haasteina on kokematon työnjohto pääurakoitsijan puolelta. He eivät osaa tehdä päätöksiä, jos haasteita ilmenee työmaalla. Elementtiasentajat toivoivat, että vanha ”mestari-kisälli” tapa olisi hyvä tulla takaisin rakennusyrityksille.

Laadunparannus ehdotuksena nousi esille valmistustoleranssien pienentäminen. Yhteistyön tärkeys jo hankesuunnittelu vaiheessa kaikkien osallistuvien tahojen kanssa. Hyvällä suunnittelulla ja aikataulutuksella saadaan aikaan kustannustehokasta rakentamista.



KUVA 10. Yleisimmät haasteet betonielementtiasennuksessa

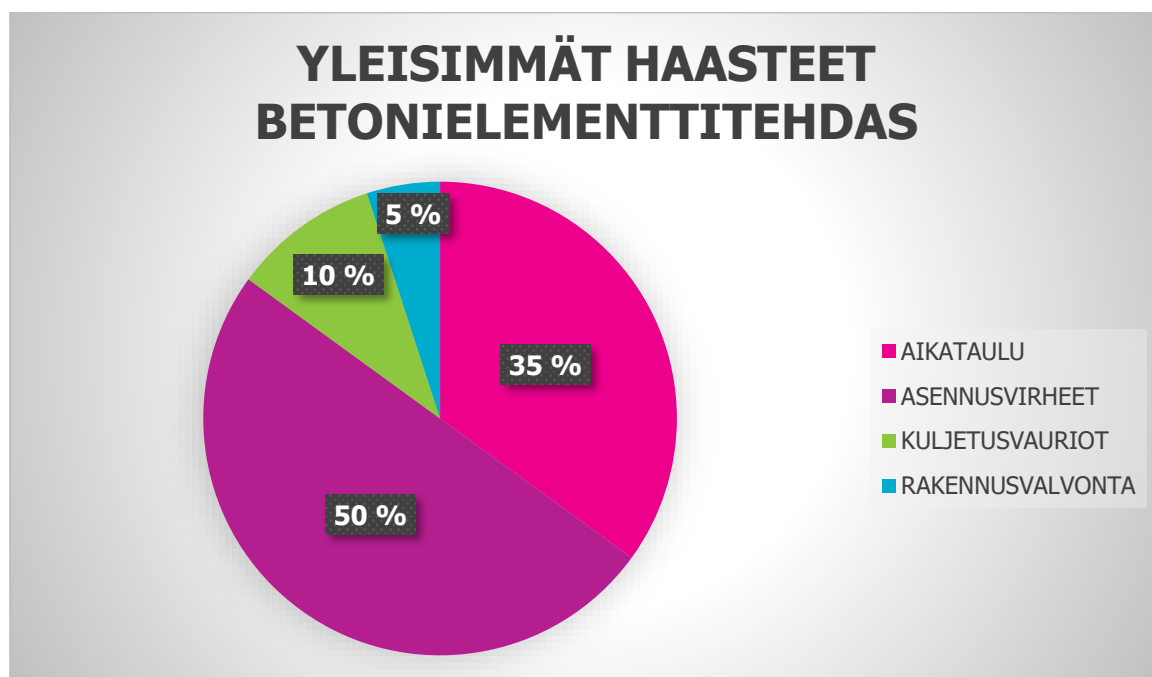
#### 4.2 Betonielementtiasennuksen haasteet betonielementtitehtaan näkökulmasta

Betonielementtitehtaitten edustajilla yleisimmät haasteet betonielementtirakentamisessa olivat (kuva 11). Rakennusaikataulu tehdään todella kireäksi. Tämän seurauksena betonielementtitehtaalla tulee liian kiire valmistaa betonielementtejä. Jos betonielementit tilattaisiin ajoissa, silloin betonielementit saataisiin valmistettua ajoissa.

Betonielementtien asennusvirheet olivat monella betonielementtitehtaan edustajan haastattelun vastauksessa esillä. Betonielementit asennetaan asennussuunnitelmien vastaisesti. Betonielementtejä rikotaan asennusvaiheessa.

Kuljetusvauriot betonielementeissä nousivat esille osassa haastatteluissa. Betonielementtikuormat sidotaan väärin. Tämän seurauksena elementteihin tulee jälkiä ja murtumia väärästä kuorman sidonnasta. Betonielementtien korjaus työmaalla on työlästä ja kallista.

Rakennuttajan valvonta ei aina tiedä betonielementtien valmistustoleransseja. Valvontatarkastus käyntien aikana huomataan, että elementit eivät ole laadullisesti hyviä. Vaikka elementit täyttävät valmistu- ja rakentamistoleranssit.



KUVA 11. Yleisimmät haasteet betonielementtitehtaan näkökulmasta

#### 4.3 Betonielementtiasennuksen haasteet rakennuttajan näkökulmasta

Rakennuttajan edustajien yleisimmät haasteet betonielementtirakennuttamisesta olivat. (kuva 12) Betonielementtiasennustyöryhmän asennusvirheet oli yleisimpänä haasteena tutkielmassa. Betonielementtejä ei ole asennettu oikein, julkisivuelementeissä pysty- ja vaakasaumat eivät ole suunnitelman mukaisia. Betonielementtien pohja- ja pystysaumaliitosvalut ovat aiheuttaneet ongelmia. Betonielementit on asennettu keliolosuhteista välittämättä, jolloin betonielementtien alus- ja pystysauma liitosbetonointi on laadullisesti huono. Sen seurauksena syntyy rakenteissa ilmapuotoja. Jälkikäteen korjattavat betonielementtien asennusvirheet aiheuttavat lisäkustannuksia ja rakennusaikataulu viivästyy. Valmistusvirheet ja kuljetusvauriot tulivat esille rakennuttajien haastatteluissa.



KUVA 12. Yleisimmät haasteet rakennuttajan näkökulmasta

## 5 POHDINTA

Tavoitteen oli saada tietoa, millaisia haasteita betonielementtiasennuksen liittyy. Tarkoituksena oli haastatella millaisia haasteita betonielementtiasennukseen liittyy. Tutkielmaan osallistui rakennusliikkeen edustajia (työnjohto ja elementtiasentaja) betonielementtitehtaan edustajia ja rakennuttajan edustajia ympäri Suomea. Rakennesuunnitteluyritysten edustajia en saanut osallistumaan tutkielmaan. Onnistuin saamaan tutkielmaan kattavasti tietoa betonielementtiasennuksen haasteista ja hyviä neuvoja laadunparantamiseen.

Haastatteluissa käy hyvin ilmi, että betonielementtiasennuksessa on lähes aina haasteita. Jokaisen haastatteluihin osallistuvien eri organisaatioiden yleisimmät haasteet olivat erilaisia. Rakennusliikkeiden yleisimmät haasteet olivat betonielementtien valmistustoleranssit ja aikataulu. Betonielementtitehtaan yleisimmät haasteet olivat asennusvirheet ja aikataulu. Rakennuttajien yleisimmät haasteet olivat asennusvirheet, kuljetusvauriot ja valmistusvirheet. Laadunparannusehdotuksina oli tiukemmat valmistus- ja rakentamistoleranssit ja enemmän laadunvalvontaa betonielementtitehtaitten suuntaan.

Tutkimustuloksista voidaan päätellä, että kaikki eri organisaatiot syyttelevät toisiaan, jos haasteita ilmenee. Monella tutkimukseen osallistuvalla henkilöllä ei taida olla tietoa kuinka suuret valmistus- ja rakentamistoleranssit ovat. Kuljetusliikkeet eivät saa tarkkaa ohjeistusta, kuinka betonielementit pitää sitoa kuljetuksen ajaksi. Moni kuljettaja ajattelee, että betonielementit ovat kestäviä, joten ne voi sitoa kuormaun, miten vaan. Lohkeamat näkyvät julkisivussa haittaavasti ja ovat työläitä korjata työmaalla. Rakennesuunnitteluvaiheessa tulisi keskittyä betonielementtien lujuus suunnittelun lisäksi valmistusprosessiin, kuljetukseen ja asennukseen.

Yhteenvedona haastatteluvastauksiin peilaten voi päätellä, että yhteistyö kaikkien rakennushankkeeseen osallistuvien organisaatioiden kanssa ei ole kunnossa. Jo rakennushankkeen alussa pitäisi rakennuttajan/rakennusliikkeen selvittää mitä kaupungin/kunnan rakennuslupa edellyttää betonielementtirakentamisessa. Silloin rakennushanke lähtisi oikeaan suuntaan jo alkuvaiheessa, jolloin haasteilta ehkä vältyttäisiin.

Pidän tutkimustuloksia luotettavina, koska suurin osa haastateltavista oli minulle tuntemattomia ja jokainen osallistujan tiedot pysyvät salassa, jolloin kysymyksiin voi vastata rehellisesti. Vaikka työskentelen elementtiasennusyrityksessä niin en ole vääristellyt tutkimustuloksia. Omasta mielestä onnistuin saamaan tutkimukseen todella kattavan ja monipuolisen otannan betonielementtiasennuksen haasteista ja laadunparannuskeinosta. Onnistuin saamaan todella hyviä ja kehittäviä keskusteluja tutkimukseen osallistuvien kanssa. Aihe on mielenkiintoinen ja joltain osin arka, koska raha ratkaisee tässäkin asiassa. Jos betonielementtirakentamiseen saataisiin tiukemmat valmistus- ja rakentamistoleranssit niin monelta haasteelta vältyttäisiin. Mutta rakentamisen kustannukset kasvaisivat.

Jatkotutkimus ehdotuksena on, jos joku rakennustekniikan insinööriopiskelia tekisi tutkielman onko mahdollista saada tiukempia valmistus- ja rakentamistoleransseja betonielementtirakentamiseen. Samalla voisi tutkia, paljonko kustannukset kasvaisivat ja lisäksi voisi vertailla pienentyisivätkö haasteet.

## LÄHTEET

Elementtisuunnittelu 2020. Valmisosarakentaminen elementtirakentamisen historia. Päivitetty 23.9.2020. <https://www.elementtisuunnittelu.fi/valmisosarakentaminen/elementtirakentamisen-historia> Viitattu 20.1.2022

Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 2009. <https://finlex.fi/fi/laki/alkup/2009/20090205?cv=1> Viitattu 20.1.2022

RatuTT 05-01303 Elementtien asennussuunnitelma 2020. Helsinki: Rakennustieto Oy, Rakennustietosäätiö RTS.

Betonelementtien toleranssit 2020. 3.painos. Helsinki: Rakennustieto

By 47 Betonirakentamisen laatuohjeet 2019, 2020. 2.painos. Helsinki: BY-koulutus.

TAULUKKO 1. Betoniseinä-, betonisandwich- ja ulkokuorielementtien valmistustoleranssit. Betonelementtien toleranssit 2020. 3.painos. Helsinki: Rakennustieto

TAULUKKO 2. Betonelementtien rakentamistoleranssit. Betonelementtien toleranssit 2020. 3.painos. Helsinki: Rakennustieto

Rakennusteollisuus julkaisuaika tuntematon. PDF tiedosto: Malliasiakirja. Pdf. <https://www.rakennusteollisuus.fi/Toimialat/Talonrakennusteollisuus/Hyoty tietoa-tyomaille/Laatu-ymparisto-tyoturvaluus/Tyomaan-tyoturvaluus/Tyoturvaluuskansio-pk-rakennusyryityksille1/Malliasiakirjat/> Viitattu 20.1.2022

Työnturvallisuuskeskus julkaisuaika tuntematon. PDF tiedosto: Lomake. Pdf. [https://ttk.fi/files/3660/Turvallisuussuunnitelma\\_lomake.pdf](https://ttk.fi/files/3660/Turvallisuussuunnitelma_lomake.pdf) Viitattu 20.1.2022