



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Niko Rintamäki

Betonielementtirakentamisen laadunhallinta

Opinnäytetyö

Syksy 2023

Rakennusmestari (AMK), Rakennustekniikka



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Tutkinto-ohjelma: Rakennusmestari (AMK), Rakennustekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Talonrakennustekniikka

Tekijä: Niko Rintamäki

Työn nimi alaotsikoineen: Betonielementtirakentamisen laadunhallinta

Ohjaaja: Olli Isopahkala

Vuosi: 2023

Sivumäärä: 38

Liitteiden lukumäärä: 2

Nyky päivänä kiinnitetään entistä enemmän huomiota rakentamisessa ekologisuuteen, laatuun, nopeuteen ja taloudellisuuteen. Elementtirakentamisen avulla päästään täyttämään nämä vaatimukset helposti. Tehdasolosuhteissa pystytään valmistamaan helposti korkealaatuisia ja mittatarkkoja elementtejä. Betonielementit avaavat lukuisia mahdollisuuksia rakentamisen saralla nykypäiväisen muuttiteknologian ja betonin muovailtavuuden sekä kestävyuden ansiosta. Näin ollen elementtitehtaat pystyvät valmistamaan asiakkaan toiveiden mukaiset elementit helposti. Työmaalle toimitetut betonielementit pystytään asentamaan nopeasti paikoilleen ja näin ollen rakennus saadaan nopeasti säältä suojaan ja vältytään pitkiltä betonin kuivumisajoilta.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli perehtyä betonielementtirakentamisen laadunhallintaan. Työssä käsitellään betonielementtirakentamisen eri vaiheita ja niiden laadunhallintaa. Työssä ensimmäisenä kerrotaan betonielementtirakentamisen taustoista, jonka jälkeen kerrotaan elementtien suunnittelussa huomioon otettavista asioista sekä elementtien kelpoisuuden osoittamisesta. Tämän jälkeen työssä kerrotaan elementtien hankinnasta ja tuotannosta sekä tuotannon laadunhallinnasta. Lisäksi työssä käsitellään työmaalla suoritettavia laadunvarmistus toimenpiteitä ja asennusprosessia sekä sen vaatimia suunnitelmia.

Idea opinnäytetyön aiheesta lähti liikkeelle kirjoittajan mielenkiinnosta elementtirakentamista kohtaan. Aihe rajaantui betonielementtirakentamisen laadunhallintaan kirjoittajan harjoittelupaikan ansiosta. Harjoittelupaikalla oli ollut ongelmia betonielementtien laadun kanssa aiemmin. Tämän opinnäytetyön päätteeksi kirjoittaja tuli siihen lopputulokseen, että betonielementit ovat suomessa pääosin korkealaatuisia. Mutta siltikin laadussa tuntuu nykypäivänä olevan ongelmia.

¹ Asiasanat: Betonielementti, Suunnittelu, Laatu, Laadunvarmistus, Asennus

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Degree programme: Bachelor of Construction Site Management

Specialisation: Building Construction

Author: Niko Rintamäki

Title of thesis: Quality assurance of concrete elements

Supervisor: Olli Isopahkala

Year: 2023

Number of pages: 38

Number of appendices: 2

In today's construction, increasing attention is paid to ecological sustainability, quality, speed, and cost-effectiveness. Precast construction allows for easily meeting these requirements. In factory conditions, it is possible to manufacture high-quality and precisely measured elements. Concrete elements offer numerous opportunities in construction due to modern formwork technology and the moldability and durability of concrete. Consequently, precast factories can easily produce elements tailored to a customer's needs. Concrete elements delivered to the construction site can be quickly assembled, providing protection from the weather, and avoiding long concrete drying times.

The aim of the thesis was to delve into the quality management of precast concrete construction. The work addresses various phases of precast concrete construction and their quality control. The thesis begins by providing an overview of the background of precast concrete construction, followed by a discussion of factors to consider in element design and the demonstration of their suitability. Subsequently, the work delves into the procurement and production of elements, as well as quality management during production. Furthermore, the thesis covers quality assurance measures implemented on the construction site and the installation process, including the required plans.

The idea for the thesis topic originated from an interest in precast construction. The topic was compressed to the quality management of precast concrete construction due to an internship experience. There had been issues with the quality of concrete elements at the internship site in the past. As a conclusion of the thesis, it was found that concrete elements in Finland are predominantly of high quality. However, there still appear to be issues with the quality in the present day.

¹ Keywords: Concrete element, design, quality, quality assurance, installation

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä	2
Thesis abstract	3
SISÄLTÖ	4
Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo	6
Käytetyt termit ja lyhenteet.....	7
1 JOHDANTO	8
2 BETONIELEMENTIT SUOMALAISESSA RAKENTAMISESSA	9
2.1 Betonielementtituotannon kehitys Suomessa.....	9
2.2 Suomessa käytettävät betonielementtityypit	10
2.3 Betonielementtien käyttökohteet Suomessa	10
3 BETONIELEMENTTIEN SUUNNITTELU	12
3.1 Elementtisuunnittelu	12
3.2 Käyttöikäsuunnittelu	13
3.3 Rasitusluokat.....	14
3.4 Raudoitukset	16
3.5 Nostoelimet	17
3.6 Toleranssiluokat	17
3.7 Viranomaisvaatimukset	18
3.8 Betonielementtien kelpoisuuden osoittaminen	19
4 BETONIELEMENTTIEN HANKINTA JA TUOTANTO.....	21
4.1 Betonielementtien hankintaprosessi.....	21
4.2 Raaka-aineet.....	21
4.3 Betonielementtien valmistus.....	22
4.4 Laadunvarmistus	23
4.5 Laadunvarmistus elementtitehtaalla.....	24
5 BETONIELEMENTTIEN ASENNUSPROSESSI	26
5.1 Asennussuunnitelma.....	26
5.2 Nostotyösuunnitelma.....	26

5.3	Tehtäväsuunnitelma	27
5.4	Betonelementtien kuljetus työmaalle	27
5.5	Betonelementtien vastaanottotarkastus.....	28
5.6	Betonelementtien varastointi työmaalla	29
5.7	Asennustyön laadunvarmistus.....	30
5.8	Asennustyö	31
5.9	Työnjohtajan rooli	33
5.10	Mallityö	33
6	YHTEENVETO	34
	LÄHTEET	36
	LIITTEET	38

Kuva-, kuvio- ja taulukkoluettelo

Kuva 1. Betonielementin CE-merkintä	20
Kuva 2. Elementin asennuslinjat ja asennuspalat.....	30
Kuva 3. Betonielementin hitsausliitos	31
Kuva 4. Betonielementti tuettuna	32
Kuvio 1. BES-runkorakenne.....	9
Kuvio 2. 3D-suunnitelma kuorielementistä.....	12
Kuvio 3. Rasitusluokat betonirakenteelle.	16
Kuvio 4. Kuorielementin raudoitus ja nostolenkkien paikat	17
Taulukko 1. Elementin suunnittelutiedot	13
Taulukko 2. Betonin raja-arvot, kun suunniteltu käyttöikä 50 vuotta.	14
Taulukko 3 .Betonin raja-arvot, kun suunniteltu käyttöikä 100 vuotta.	14
Taulukko 4. Kuvaus rasitusluokille.....	15
Taulukko 5. Kuorilaatan valmistustoleranssit.....	18
Taulukko 6. Kuorilaatan asennustoleranssit	33

Käytetyt termit ja lyhenteet

Betoni	Koostuu kolmesta eri pääraaka-aineesta, jotka ovat kiviaines, sementti ja vesi.
Betonielementti	Tehtaalla betonista valettu valmisosarakenne, joka voidaan asentaa työmaalla ilman työstämistä.
CE-merkintä	On eurooppalainen merkintä tapa, jolla voidaan osoittaa tuotteen olevan standardiensa mukainen.
Toleranssi	Tarkoittaa sallittua mittapoikkeamaa alkuperäisestä mitasta. Toleranssi ilmoitetaan rajamittojen tai sallittujen poikkeamien avulla.
Käyttöikä	Tarkoittaa ajanjaksoa, jonka aikana rakenteen tulisi säilyttää ominaisuutensa.
Moduulimitat (M)	Moduulimitoituksessa rakenteet sijoitetaan koordinaatistoon, jossa moduuliviivojen väli on 1M eli 100 mm.
Laatu	Tarkoittaa tuotteen ominaisuuksia, joilla on merkitys tuotteen täydellisyyteen.
BES-järjestelmä	Elementtijärjestelmä, joka koostuu kantavista seinistä, välipohjalaatoista ja ei kantavista ulkoseinistä.
Pakkasrapautuminen	Betonin huokosissa oleva vesi jäätyy. Veden jäätyessä vesi laajenee ja näin ollen aiheuttaa betonin murtumisen, koska betonissa ei ole vetolujuutta.
Karbonatisoituminen	Betonin karbonatisoituaessa hiilidioksidi pyrkii sitoutumaan betonin kalkkikiveen. Karbonatisoituminen poistaa betonin raudoitteelta suojan.
Korroosio	Korroosion teräkseen aiheuttaa kosteus, happi ja riittävä lämpötila. Korroosio aiheuttaa teräkselle vaurioita ja vaikuttaa teräksen kestoikään. Korroosiota voidaan kutsua myös ruostumiseksi.

1 JOHDANTO

Tulevaisuudessa rakentamisessa tullaan kiinnittämään entistä enemmän huomiota rakentamisen nopeuteen ja laatuun. Tämä tarkoittaa, että tulevaisuudessa tullaan rakentamaan entistä enemmän teollisemmin. Teollisilla rakennusosilla päästään parempaan rakentamisen tuottavuuteen sekä laatuun, kun rakennuksen vaippa saadaan tehokkaasti sekä turvallisesti pystyyn. Sisävalmistusvaihe pystytään myös aloittaa paljon aikaisemmin, kun rungon kuivatusajat lyhenevät. Betonielementit avaavat myös mahdollisuuksia rakentamiselle, kuten pitkät jännevälit esijännitetyillä elementeillä sekä muunneltavuuden ja monikäyttöisyyden sekä pitkän käyttöiän. Betonielementti rakentamisella päästään myös täyttämään helpommin EU:n rakennusdirektiivin olennaiset vaatimukset, kuten mekaaninen kantokyky ja vakavuus, terveellisyys, turvallisuus ja ympäristöystävällisyys, äänen ja melun eristävyys, energiataloudellisuus ja käyttömukavuus sekä palonkestävyys.

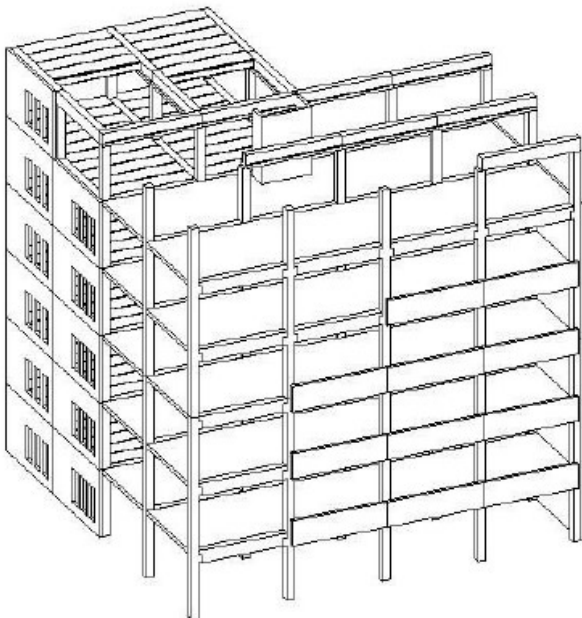
Työ koostuu kuudesta kappaleesta, joista ensimmäinen eli kyseinen kappale esittelee työtä. Toisessa kappaleessa perehdytään betonielementteihin suomalaisessa rakentamisessa. Kappaleessa esitellään betonielementtirakentamisen kehitystä Suomessa ja Suomessa käytettäviä betonielementtejä sekä betonielementtien käyttökohteita. Kolmannessa kappaleessa käydään läpi betonielementtien suunnittelua. Kappaleessa käsitellään elementtisuunnittelussa huomioitavia asioita, viranomaisvaatimuksia ja CE-merkintää. Neljäs kappale perehtyy betonielementtien hankintaan ja tuotantoon. Kappaleessa käydään läpi hankinnan eri vaiheita, elementti tuotantoa sekä laadunvarmistamista tehtaalla. Viidennessä kappaleessa perehdytään betonielementtien asennusprosessiin. Kappaleessa käsitellään erilaisia suunnitelmia, joita asennustyö vaatii sekä betonielementtien matkaa tehtaalta mallityöhön. Kuudennessa kappaleessa on yhteenveto sekä pohdintaan työn aiheesta.

2 BETONIELEMENTIT SUOMALAISESSA RAKENTAMISESSA

2.1 Betonielementtituotannon kehitys Suomessa

Ennen 1960-lukua betonielementtirakentaminen koostui vain rakennusliikkeiden itse valmistamista elementeistä (Suomen Betoniyhdistys, 2018, s. 427). Elementtien valmistuksessa ei käytetty vakioituja mittoja, kiinnitys- ja aukkodetaljeja sekä muotit vaihtuivat jatkuvasti. Nämä ongelmat saivat aikaan ylimääräisiä kustannuksia elementtirakentamiselle ja näin ollen se ei ollut kustannustehokasta.

1960-luvulle tultaessa alettiin kehittämään nykyistä betonielementtijärjestelmää (Suomen Betoniyhdistys, 2018, s. 427). Vuonna 1965 saatiin valmiiksi mittajärjestelmä, joka perustui 3M-moduuliin. Tämä mahdollisti avoimen elementtijärjestelmän kehittämisen, joista ensimmäinen oli BES-järjestelmä. BES-järjestelmää kehitettiin vuosina 1968–1970 ja se perustui asuinrakentamiseen. Järjestelmä koostui kantavista pääty- ja väliseinistä, sandwich-ulko-kuoresta sekä välipohjassa käytettävistä esijännitetyistä laatoista (kuvio 1).



Kuvio 1. BES-runkorakenne.

Vuonna 1980 BES-järjestelmää alettiin kehittää myös teollisuus-, liike- ja julkisille rakennuksille (Suomen Betoniyhdistys, 2018, s. 427). Kehitys saatiin päätökseen vuonna 1983,

jolloin julkaistiin Runko-BES-järjestelmä. Järjestelmässä luotiin pilari-palkkirungolle mittajärjestelmä, tyyppisuositukset ja liitosdetaljit. BES-järjestelmän mahdollisti betonielementtien standardoinnin, joka mahdollisti urakoitsijoille betonielementtien hankinnan useilta eri elementti valmistajilta.

Suomen Betoniyhdistyksen ry (i.a.) mukaan Suomessa betonielementtejä tuottaa noin 120 tehdasta ja 50 yritystä. Betonielementtiteollisuus työllistää arviolta 3500 henkilö ympäri Suomen ja vuonna 2020 elementtiteollisuuden liikevaihto oli noin 730 miljoonaa euroa. Vuonna 2020 elementtiteollisuus valmisti seinäelementtejä 2,2 miljoonaa m², laattaelementtejä 2,8 miljoonaa m² ja pilari- ja palkkielementtejä 54 000m³. Suomessa betonielementit ovat hyvin laadukkaita, sillä niiden valmistamiseen käytetään vain laatuvalvottuja raaka-aineita.

2.2 Suomessa käytettävät betonielementtityypit

Suomessa käytettävien betonielementtien kirjo on hyvin laaja, sillä nykypäivänä elementtitehtaat pystyvät valmistamaan monenlaisia betonielementtejä tilaajan tarpeen mukaan. Betonielementit kuitenkin jaetaan elementtityyppeihin (Elementtisuunnittelu, 2023). Elementtityyppejä ovat perustus-, pilari-, seinä-, palkki-, laatta-, parveke-, porras- ja hissikui-luelementit. Elementtityypit jakautuvat elementteihin, joita ovat esimerkiksi laattaelementeissä ontelolaatta ja TT-laatta sekä seinäelementeissä kuorielementti ja väliseinäelementti. Jokaiselle elementille on olemassa oma kirjaintunnus. Ontelolaatan tunnus on O/P, TT-laatan tunnus on TT sekä kuorielementin tunnus on KE ja väliseinäelementin tunnus on V.

2.3 Betonielementtien käyttökohteet Suomessa

Suomessa on yleisin tapa rakentaa monikerroksisten ja suurien rakennuskohteiden julkisivut ja rungot betonielementeistä (Suomen Betoniyhdistys, 2018, s. 427). Tämänkaltaisia massiivisia rakennuskohteita ovat muun muassa asuin-, toimisto-, liike- ja julkisetrakennukset, samaan piiriin kuuluu myös teollisuus- ja varastorakennukset sekä infrarakentaminen. Elementtirakentamisella päästään nopeaan ja taloudelliseen kokonaistoteutukseen.

Asuinkerrostalojen rungot toteutetaan vanhalla BES-järjestelmällä eli niissä on kantavat seinät ja laattarunko (Suomen Betoniyhdistys, 2018, s. 428). Kyseisessä runkojärjestelmässä asuntojen väliset seinäelementit sekä ulkoseinäelementtien sisäkuoret toimivat kantavana runkona. Vaakarakenteet toteutetaan ontelolaatoilla. Rakennuksen runko jäykistetään porrashissikuiluilla ja kantavilla seinillä. Julkisivut toteutetaan pääosin sandwich-elementeillä.

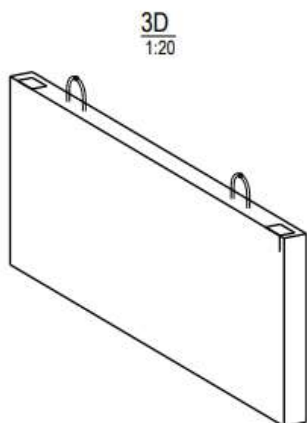
Toimisto- ja liikerakennusten sekä teollisuus ja varastorakennusten yleisin runkojärjestelmä Suomessa on pilari-palkkirunkojärjestelmä (Suomen Betoniyhdistys, 2018, s. 429–433). Runkojärjestelmässä palkkilinjat toteutetaan pituussuunnassa rakennukseen nähden. Vaakarakenteina toimii suorakaide- ja leukapalkit sekä ontelo-, TT- ja kuorilaatat. Pystyrakenteita ovat betoni- ja liittopilarit, jotka ovat kantavia rakenteita runkojärjestelmässä. Rakennuksen jäykistys pyritään toteuttamaan yksi kerroksisissa rakennuksissa yleensä mastojäykistyksellä, eli pystyrakenteet mitoitetaan kestämään mastorakenteina kaikki kuormitukset. Korkeampien rakennusten runko jäykistetään erilaisilla ristikoilla, porrashuoneilla, hissikuiluilla tai kantavilla seinäelementeillä. Pilari-palkkirunkojärjestelmä avaa paljon mahdollisuuksia rakennukselle sisätilojen käytön suunnittelun suhteen.

Infrarakentamisen puolella käytetään hyvin runsaasti betonia, sillä betonilla itsessään on infrarakentamisen kannalta paljon hyviä ominaisuuksia (Suomen Betoniyhdistys, 2018, s. 434–435). Hyviä ominaisuuksia infrarakentamisen kannalta betonilla on muun muassa kosteuden, säärasituksen, mekaanisen kulutuksen sekä korkeiden lämpötilojen kesto kyky. Betonielementit avaavat infrarakentamiselle paljon mahdollisuuksia. Esimerkiksi sillat voidaan rakentaa eri jänneväleille nopeasti häiritsemättä liikaa liikennettä. Muita infrarakentamisessa käytettäviä betonielementtejä ovat esimerkiksi meluesteet, ratapölkkyt, asemalaiturit, tekniikkarakennukset ja säiliöt.

3 BETONIELEMENTTIEN SUUNNITTELU

3.1 Elementtisuunnittelu

Elementtien suunnittelussa tulee noudattaa voimassa olevia normeja ja ohjeita (Betoniteollisuus ry i.a.-b). Myös tuotekohtaiset harmonisoidut tuotestandardit on hyvä tuntea. Vastaava rakennesuunnittelija laatii betonielementeistä alustavat yleissuunnitelmat varauksiin, kuormituskaaviot, elementtityypit ja kiinnitys- ja liitosdetaljit sekä määrittää elementeille käyttöiän (taulukko 1.). Suunnitelmien laatimiseen vastaava rakennesuunnittelija käyttää pohjana arkkitehti-, rakenne- ja LVISA-suunnitelmia.



Kuvio 2. 3D-suunnitelma kuorielementistä

Elementtisuunnittelija laatii vastaavan rakennesuunnittelijan laatimien suunnitelmien pohjalta lopulliset betonielementtien rakenne-, työ- ja mittapiirustukset lujuslaskelmineen (Betoniteollisuus ry, i.a.-b). Saatujen suunnitelmien pohjalta suunnittelija laatii myös elementtien sijainti-, kiinnitys-, ja liitosdetaljit sekä kuljetuksen ja asennusaikaisen tuennan. Elementtisuunnitelmasta tulee myös löytyä suunnittelutiedot (taulukko 1). Näiden suunnitelmien tulee vastata rakennesuunnittelijan asettamia vaatimuksia. Elementtisuunnittelija laatii myös elementistä 3D-kuvan (kuvio 2). Elementtisuunnittelija toimittaa ennen tuotannon aloittamista suunnitelmansa vastaavalle rakennesuunnittelijalle, joka tarkastaa suunnitelmien paikkansapitävyyden ja hyväksyy suunnitelmat rakennusvalvontaviranomaisella.

Taulukko 1. Elementin suunnittelutiedot

SUUNNITTELUN LÄHTÖTIEDOT					
Rasitusluokka	XC3,4;XF1				
Suunniteltu käyttöikä	50v.				
TUOTETIEDOT					
Betonipeite 1	Nimellisarvo SK: 35mm	Sallittu mittapoikkeama ±10mm			
Toleranssiluokka	Normaaliluokka				
Pintakäsittely 1	Väribetoni, musta gabro 35R (ARK mukaan)	PESH-AA-MUS-E			
Pintakäsittely 2	Yläpinta teräshierto	THI-A			
Viisteet 1	5mm Pyöritys kaikkiin näkyviin kulmiin				
Viisteet 2	v=10mm Viiste merkittyihin kulmiin				
Muotistanostolujuus	Muotteja purettaessa väh. 15MN/m ²	Nostolenkit upotetaan 30mm			
Kuljetus- ja asennuslujuus	Elementtiä siirrettäessä väh. 20MN/m ²	Nostokuilma max. 30°			
VALUTARVIKELUETTELO					
BETONIN PAINO ON LASKETTU KÄYTTÄEN TILAVUUSPAINOA 25.0 [kN/m ³] RAUDOITUSTANKOJEN, VERKKOJEN JA TARVIKKEIDEN PAINO SISÄLTYY TILAVUUSPAINOON					
PIIR. NUMERO	LKM	MATERIAALI	PINTA-ALA [m ²]	MÄÄRÄ	YKS
KE/102	1		1.34		
KUORIELEMENTTI		C35/45		0.12	m ²
ELEMENTTI PAINO:				0.30	t
MÄÄRÄ	TARVIKKEET				
2 kpl	PBR_10				
2 kpl	TRR23 AISI304 Fastening item				
2 kpl	WELDA100x100-68 Rr Peikko WELDA100x100-68 Rr				

3.2 Käyttöikäsuunnittelu

Käyttöiänsuunnittelulla pyritään määrittämään betonirakenteelle käyttöikä, jonka ajan betonirakenteen tulisi säilyä (Suomen Betoniyhdistys, 2018, s. 136). Käyttöiänsuunnittelussa otetaan huomioon pakkasrapautuminen, betonin karbonatisoituminen ja klorideista aiheutuva terästen korrosio. Pohjana suunnittelussa tarvitaan materiaali- ja rakennetiedot, ympäristöolosuhteet ja tilaajan määrittämä tavoiteikä. Tavoiteikä pystytään määrittämään rakennuksen käyttötarkoituksen perusteella. Suunnittelija määrittää tavoiteikänsä avulla betonirakenteelle suunnitellun käyttöiän.

Suunniteltukäyttöikä on ajanjakso, jonka aikana rakenteen tulisi kestää ja säilyttää ominaisuuksensa, mikäli rakennetta huolletaan asianmukaisesti (Suomen Betoniyhdistys, 2021, s. 41). Käyttöikäksi määritellään pääsääntöisesti 50 tai 100 vuotta, näiden vuosien väliltä käyttöiän valitsemista ei suositella. Yli 100 vuoden käyttöikä vaatii rakennesuunnittelijalta erillistä käyttöikäsuunnitelmaa. Kun suunniteltukäyttöikä tulee täyteen niin rakennuksen käyttökelpoisuus ei pääty siihen. Käyttöiän ylittyttyä rakenteen elinkaarta voidaan jatkaa paikallisilla korjaustoimenpiteillä. Käyttöikä ei kuitenkaan tule turhaa määrittää 50 vuoden si-

jasta 100 vuoteen, sillä se alentaa betonin tehollista vesi-sideainesuhdetta ja lisää sideaineen määrää. Tämä vaikeuttaa betonityön suoritusta, lisää kustannuksia sekä aiheuttaa hankaluuksia kohonneiden valulämpötilojen kanssa. Käyttöiän merkitystä betonin valintaan avataan taulukoissa 2 ja 3.

Taulukko 2. Betonin raja-arvot, kun suunniteltu käyttöikä 50 vuotta perustuu (Timonen-Nissi, 2019).

Koostumus ja ominaisuudet	Rasitusluokat																	
	Ei rasitusta	Karbonatisoitumisen aiheuttama korroosio				Kloridien aiheuttama korroosio						Jäätymis-sulamisrasitus				Kemiallisesti aggressiiviset aineet		
						Merivesi			Kloridit muusta kuin merivedestä									
	X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XS1	XS2	XS3	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2	XA3
Suurin v/s suhde		0,9	0,8	0,6	0,6	0,5	0,45	0,45	0,55	0,55	0,45	0,6	0,5	0,5	0,45	0,5	0,45	0,4
Vähimmäis lujusluokka	C12/15	C20/25	C20/25	C30/37	C30/37	C30/37	C35/45	C35/45	C30/37	C30/37	C35/45					C30/37	C35/45	C40/50
Vähimmäis sementtimäärä (kg/m ³)		160	160	250	250	300	320	320	300	300	320	270	330	300	360	300	320	330
Ilmamäärä (%)												4	5	4	5,5			

Taulukko 3. Betonin raja-arvot, kun suunniteltu käyttöikä 100 vuotta perustuu (Timonen-Nissi, 2019).

Koostumus ja ominaisuudet	Rasitusluokat																	
	Ei rasitusta	Karbonatisoitumisen aiheuttama korroosio				Kloridien aiheuttama korroosio						Jäätymis-sulamisrasitus				Kemiallisesti aggressiiviset aineet		
						Merivesi			Kloridit muusta kuin merivedestä									
	X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XS1	XS2	XS3	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2	XA3
Suurin v/s suhde		0,9	0,8	0,6	0,6	0,45	0,4	0,4	0,5	0,5	0,4	0,55		0,5		0,5	0,45	0,4
Vähimmäis lujusluokka	C12/15	C20/25	C20/25	C30/37	C30/37	C30/37	C35/45	C35/45	C30/37	C30/37	C35/45					C30/37	C35/45	C40/50
Vähimmäis sementtimäärä (kg/m ³)		160	160	250	250	300	320	340	300	300	320	270		300		300	320	330
Ilmamäärä (%)													5,5		5,5			

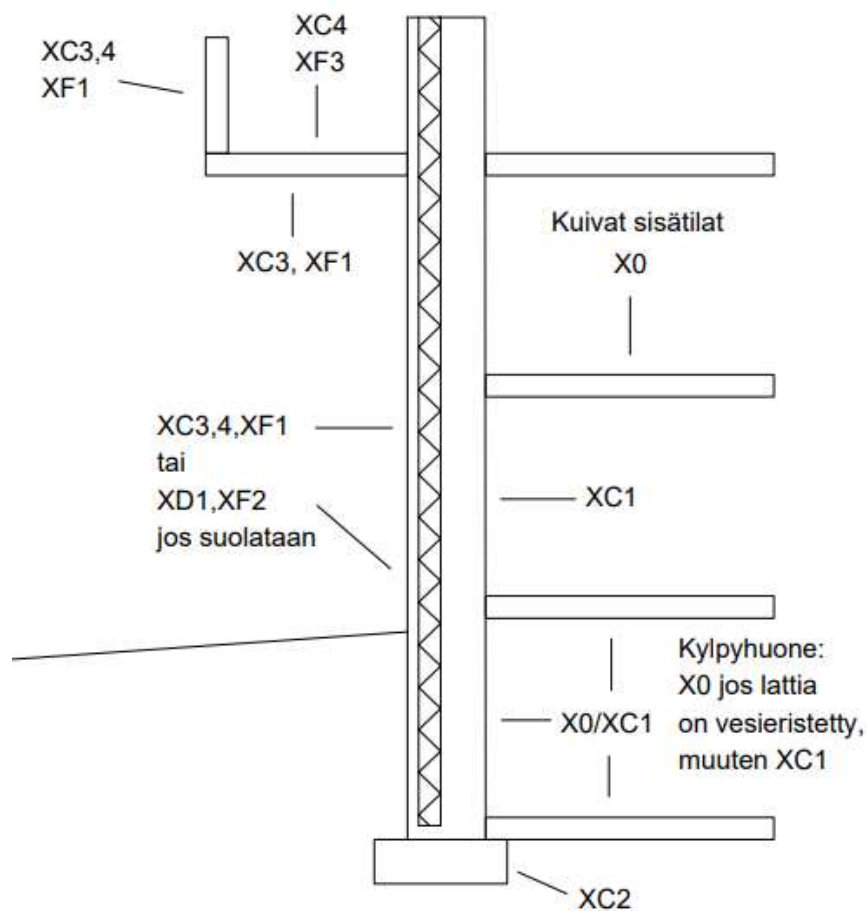
3.3 Rasitusluokat

Rasitusluokka betonirakenteelle määritetään ympäristöolosuhteiden rasitusten mukaisesti (Suomen Betoniyhdistys, 2021, s. 42–44). Rasitukset, jotka vaikuttavat rasitusluokkaan ovat karbonatisoitumisen aiheuttama korroosio, kloridien aiheuttama korroosio, merivedessä olevien kloridien aiheuttama korroosio, jäätymis-sulamisrasitus ja kemiallinen rasitus. Betonielementti voidaan määrittää useampaan rasitusluokkaan saman aikaisesti. Esi-

merkinä julkisivuelementissä sisäpinta ja ulkopinta ovat erilaisissa ympäristöissä rasituksissa, joten niille määritetään omat rasitusluokat. Rasitusluokan määrittämisellä pystytään valmistamaan oikeanlainen betonielementille, kuten taulukoissa 2, 3 ja 4 sekä kuviossa 3.

Taulukko 4. Kuvaus rasitusluokille

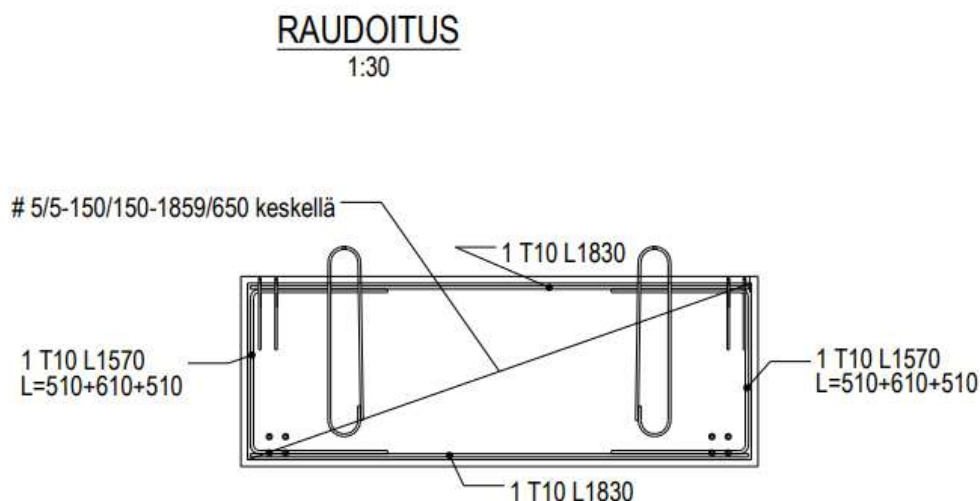
Rasitusluokat	Kuvaus	Esimerkki
X0	Ei korroosion tai syöpy-misrasituksen riskiä	Käytetään sisätiloissa, joissa ilman kosteus on hyvin alhainen.
XC1....XC4	Karbonatisoitumisen aiheuttama korroosio	Kylpyhuoneet, perustukset ja sateelta suojattujen rakenteiden pinnat.
XD1....XD3	Kloridien aiheuttama korroosio	Meluseinät tien vieressä, uimahallit ja lämmitetyt autotallit.
XS1....XS3	Meriveden kloridien aiheuttama korroosio	Rakenteet, jotka ovat meriveden läheisyydessä tai kosketuksessa.
XF1....XF4	Jäätymis- / sulamisrasitus	Parvekkeet, pysäköintitasot ja sillat.
XA1....XA3	Kemiallinen rasitus	Maatalousrakennukset, puukuivaamot ja savupiiput.



Kuvio 3. Rasitusluokat betonirakenteelle perustuu (Timonen-Nissi, 2019).

3.4 Raudoitukset

Raudoituksen betonielementeille suunnittelee elementtitehtaan suunnittelija (Betoniteollisuus ry, i.a.-b). Suunnitelmien pohjatietoina käytetään elementtikaavioita ja mittapiirustuksia. Esimerkki kuorielementin raudoituksesta kuvio 4.



Kuvio 4. Kuorielementin raudoitus ja nostolenkkien paikat

3.5 Nostoelimet

Nostoelimillä betonielementeissä tarkoitetaan elementissä jo valmiiksi olevaa ja siihen jäävää nostolenkkiä tai -ankkuria (Palolahti ym., 2010, s. 19–20). Yleisimpänä nostoelimenä betonielementeissä käytetään pyöröteräksestä tai jännepunoksesta tehtyä nostolenkkiä, jotka leikataan pois esimerkiksi kulmahiomakoneella elementin asentamisen jälkeen. Nostoankkureina käytetään esimerkiksi reiällistä rautalevyä taikka kierteellistä sisäkierteenankkureita. Nostoelimiä suunniteltaessa suunnittelijan tulee merkitä piirustuksiin, kenen valmistajan nostoelimiä ja millaisia elementtivalmistajan tulee käyttää (taulukko 1, kuvio 2 & 4). Mikäli työmaalla ei olla selvillä siitä, mitä nostoelimiä elementeissä käytetään tai ei ole oikeanlaisia nostoapuvälineitä, tulee asia selvittää elementtivalmistajalta tai tilata oikeanlaiset nostoapuvälineet valmistajalta. Nostoissa käytettävien nostolenkkien ja -ankkureiden tulee olla CE-merkittyjä.

3.6 Toleranssiluokat

Betonielementeille on olemassa kaksi kansallista mittatarkkuusluokkaa, jotka ovat normaali- ja erikoisluokka (Betoniteollisuus ry, 2020, s. 5). Pääsääntöisesti elementeissä käytetään normaaliluokkaa. Erikoisluokkaa käytetään lähinnä ulkonäöllisesti vaativissa kohteissa, jolloin vaaditaan parempaa mittatarkkuutta. On myös olemassa mittatarkkuusluokat

A ja B, jotka koskevat ainoastaan seinäelementtejä. Luokat ovat esitetty tuotestandardissa SFS-EN 14992. Tuotestandardin luokka A on hyvin samankaltainen kuin kansallinen erikoisluokka, mutta joiltakin osin tiukempi. Luokka B:n vaatimukset vastaavat täysin kansallista normaaliluokkaa. Kantavien betonielementtien raudoituksen poikkileikkaus toleranssi-vaatimukset ovat esitetty tuotestandardin SFS-EN 13369 liitteen C taulukossa C.1. Taulukko 5 on merkitty valmiin kuorielementin sallitut mittatarkkuudet normaaliluokassa.

Taulukko 5. Kuorilaatan valmistustoleranssit (Betoniteollisuus ry, 2020, s. 18).

Mittauksen kohde	Valmistustoleranssi (mm)
Pituus (L)	±20
Paksuus	+10, -5
Leveys	Kokonainen: -5, +0 Kavennettu: ±20
Sivukäyryys	±L/1000, max ±10
Pään kulmapoikkeama	±10
Teräsosat	±20
Reiät ja varaukset	Pituussuunnassa: ±30 Poikkisuunnassa: ±20

3.7 Viranomaisvaatimukset

Rakentamista valvotaan Suomessa rakennusvalvontaviranomaisen, rakennustuotteiden markkinavalvontaviranomaisten ja sertifiointilaitosten avulla (Suomen Betoniyhdistys, 2018, s. 178). Rakentamista koskevat edellytykset, tekniset vaatimukset sekä rakentamisen lupamenettely ja viranomaisvalvonta määrittellään tarkemmin maankäyttö- ja rakennuslaissa. Rakentamismääräyskokoelmassa annetaan tarkemmat asetukset rakentamisen säädöksistä sekä niitä täydentävät ministeriön ohjeet. Säädöksissä korostetaan erityisesti rakennushankkeeseen ryhtyvän vastuuta, mutta kuitenkin osa vastuusta on rakennustuotteiden valmistajalla, suunnittelijalla tai työntekijällä.

Tämän lain tavoitteena on järjestää alueiden käyttö ja rakentaminen niin, että siinä luodaan edellytykset hyvälle elinympäristölle sekä edistetään ekologisesti, taloudellisesti, sosiaalisesti ja kulttuurisesti kestävä kehitystä.

Tavoitteena on myös turvata jokaisen osallistumismahdollisuus asioiden valmisteluun, suunnittelun laatu ja vuorovaikutteisuus, asiantuntemuksen monipuolisuus sekä avoin tiedottaminen käsiteltävinä olevissa asioissa. (Maankäyttö- ja rakennuslaki 132/1999)

Betonirakenteille asetetaan viranomaisvaatimukset yhdenmukaistetuissa eurooppalaisissa standardeissa, maankäyttö- ja rakennuslaissa, ympäristöministeriön asetuksessa kantavista rakenteista, tyyppihyväksyntäasetuksissa ja varmennustodistuksien arviointiperusteissa (Suomen Betoniyhdistys, 2018, s. 178). Rakennustuotteille eli tässä tapauksessa betonielementeille asetetaan vaatimukset täysin riippuen rakennushankkeen vaativuudesta tai betonielementtien käyttökohteen mukaan.

3.8 Betonielementtien kelpoisuuden osoittaminen

Rakennustuotteita koskevalla lainsäädännöllä on tavoitteena varmistaa rakennustuotteista saatavan tiedon olevan luotettavaa sekä vertailukelpoista (Suomen Betoniyhdistys, 2018, s. 178). Tuotteiden kelpoisuus osoitetaan pääsääntöisesti EU:n rakennustuotestatuksen mukaan CE-merkinnällä.

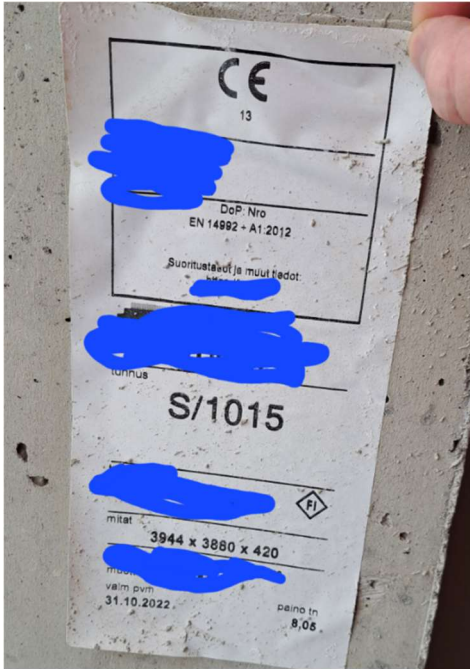
CE-merkintä on eurooppalainen merkintä tapa, jolla voidaan osoittaa rakennustuotteen täyttävän eurooppalaisen harmonisoidun tuotestandardin (Ympäristöministeriö, i.a.). Harmonisoituja tuotestandardeja voidaan kutsua myös yhdenmukaistetuiksi standardeiksi.

Harmonisoitu tuotestandardi (hEN) on eurooppalaisen standardisoimisjärjestön CENin laatima CE-merkintään johtava tuotestandardi. Se määrittää tuoteryhmäkohtaisesti tuotteilta selvitettävät ominaisuudet, valmistuksen laadunvalvonnan vaatimukset sekä CE-merkinnässä ilmoitettavat tiedot. Suomessa Suomen standardisoimisliitto vahvistaa ne SFS-EN-standardeiksi (Ympäristöministeriö, i.a.).

CE-merkintä voidaan antaa ainoastaan rakennustuotteille, joille on tehty eurooppalainen harmonisoitu standardi (Ympäristöministeriö, i.a.). CE-merkintä itsessään ei ole mikään laatumerkki, eikä se takaa rakennustuotteen käytettävyyttä työmaalla. CE-merkinnän tavoitteena on parantaa rakennustuotteiden vertailukelpoisuutta sekä liikkuvuutta EU-alueella.

Betonielementtejä koskevat CE-merkintä vaatimukset ovat annettu muun muassa seuraavissa harmonisoiduissa tuotestandardeissa: SFS-EN 14992 *Betonivalmisosat* ja SFS-EN 13369 *Betonivalmisosien yleiset säännöt*. Nämä standardit koskevat kaiken tyyppisiä beto-

nielementtejä (Suomen Betoniyhdistys, 2018, s. 179). Harmonisoituja tuotestandardia betonielementeille on useita kymmeniä. Kuvassa 1 on malliesimerkki betonielementin CE-merkinnästä.



Kuva 1. Betonielementin CE-merkintä, (Rintamäki 2023)

Mikäli rakennustuote ei kuulu harmonisoitujen tuotestandardien piiriin, niin tällöin rakennustuote ei kuulu CE-merkinnän piiriin (Suomen Betoniyhdistys, 2018, s. 180). Tämänkaltaisia betonielementtejä, jotka eivät kuulu CE-merkinnän piiriin ovat esimerkiksi massiivibetoni elementit. Kun rakennustuote ei kuulu CE-merkinnän piiriin, rakennustuotteen tuotehyväksyntää koskee laki (954/2012) *Laki eräiden rakennustuotteiden tuotehyväksynnästä*. Lain mukaisia tuotehyväksyntä menettelyjä ovat esimerkiksi tyyppihyväksyntä, varmennustodistus, laadunvalvonnan varmennus ja rakennuspaikkakohtainen tuotteen varmentaminen. Tyyppihyväksyntää käytettäessä käytetään tyyppihyväksyntä merkkiä ja varmennustodistusta käytettäessä hyväksytyin toimielimen omaa varmennustodistusmerkkiä.

Tätä lakia sovelletaan sellaiseen rakennustuotteeseen, joka ei kuulu harmonisoidun tuotestandardin soveltamisalaan ja jonka valmistaja ei ole hankkinut tuotteelleen eurooppalaista teknistä arviointia rakennustuotteiden kaupan pitämistä koskevien ehtojen yhdenmukaistamisesta ja neuvoston direktiivin 89/106/ETY kumoamisesta annetun Euroopan parlamentin ja neuvoston asetuksen (EU) N:o 305/2011, jäljempänä rakennustuoteasetus, mukaisesti (Laki eräiden rakennustuotteiden tuotehyväksynnästä 954/2012).

4 BETONIELEMENTTIEN HANKINTA JA TUOTANTO

4.1 Betonielementtien hankintaprosessi

Hankintaprosessi pitää sisällään tarjouspyynnön, tarjouksen, sopimuksen teon, tuotesuunnittelun, valmistuksen ja asennuksen (Elementtisuunnittelu, 2020a). Prosessi on taloudellisesti merkittävä ja pitää sisällään myös monia osapuolia, joten prosessia tulee ohjata taloudellisesti sekä sisällöllisesti tarkoin. Prosessissa tilaajan ja toimittajan välistä kauppasuhdetta tarkastellaan kauppalain (KL 355/1987) avulla. Tavarantoimituksen ehtoina käytetään Rakennustuotteiden yleisiä hankinta- ja toimitusehtoja eli RYHT 2000. Mikäli elementtitoimitus pitää sisällään asennustöitä käytetään myös Rakennusurakan yleisiä sopimusehtoja eli YSE 1998.

Hankintaprosessi alkaa tarjousvaiheella eli suunnitelluista betonielementeistä laaditaan tarjouspyyntö (Betoniteollisuus ry, *Betonivalmisosatoimitusten toimintamalli* s.9). Tarjouspyyntö pitää sisällään seuraavat asiakirjat: pääpiirustukset, pohjapiirustukset, elementti-kaaviot, taso- ja julkisivupiirustukset, elementtityöselostus, tyyppielementtipiirustukset, asennusdetaljit, toimitustapa, aikataulu, tarjouksen voimassaoloaika, laajuus, sopimusehdot ja sopimusmuodot. Elementtitehtaan antama vastatarjous tulee olla tarjouspyynnön mukainen. Mikäli vastatarjouksessa poiketaan alkuperäisestä tarjouspyynnöstä, tulee se tuoda esiin. Ennen varsinaista sopimusta pidetään urakkaneuvottelu. Urakkaneuvottelussa käydään toimituksen sisältö yksityiskohtaisesti lävitse sekä sovitaan toimitusaikatauluista. Sopimusta solmiessa tulee varmistaa suunnitelmien tekninen toimivuus sekä kaikki epäselvät asiat tulee kirjata ylös. Sopimusneuvottelut voidaan järjestää myös tarvittaessa kaksi vaiheisina eli tällöin pidetään erikseen urakkaneuvottelu ja suunnitelmakatselmuks.

4.2 Raaka-aineet

Betonielementit sisältävät nimensä mukaisesti betonia (Betoniteollisuus ry, i.a.-a). Betoni koostuu kiviaineksesta, sementistä sekä vedestä. Betoniin voidaan myös lisätä tarvittaessa erilaisia lisäaineita ja seosaineita tuomaan lisää ominaisuuksia. Kiviaineksen tehtävänä on toimia betonimassan runkoaineena ja sitä on massassa noin 70 prosenttia. Run-

koaineena voidaan käyttää luonnon kiviaineksia tai keinotekoisia kiviaineksia, kuten betonimurskaa ja kevytsoraa. Sementti yhteistyössä veden kanssa muodostaa lujan sementtikiven runkoaineen sekä raudoituksen ympärille, mikä muodostaa siitä lujan paketin. Sementin raaka-aineena toimii pääosin kalkkikivi, jota löytyy luonnosta runsaasti sekä muut luonnonmineraalit. Sementtiä betonimassasta löytyy noin 8–16 %/kg. Betonimassaan käy parhaiten juomakelpoinen vesi. Vesi ei saa sisältää liikaa humusaineita tai kalkkia, sillä ne häiritsevät betonimassan kovettumista. Lisäaineina käytetään pääosin erilaisia polymeerejä, joilla pystytään säätelemään betonimassan notkeutta, ilmapitoisuutta, kovettumisen edistymistä.

Jotta betonielementeistä saataisiin kestäviä, lisätään myös betoniin mukaan terästä tai kuituja lisäämään betoniin vetolujuutta (Suomen Betoniyhdistys. 2021, s. 37). Betoniteräs on hiiliterästä, ruostumatonta austeniitti terästä tai ruostumatonta austeniittis-ferriittistä terästä. Teräksestä muokataan pitkiä harjakuvioituja tankoja vahvuudeltaan noin 6 mm – 20 mm kuumavalssaamalla tai kylmämuokkaamalla. Betoniteräksen tulee olla lujuudeltaan 400–700 MPa käyttökohteen mukaan. Betoniteräksen tilalla on myös mahdollista käyttää kuituja, jotka sekoitetaan betonimassan sekaan valmiiksi. Massassa käytettävät kuidut ovat teräs- tai polymeerikuituja.

4.3 Betonielementtien valmistus

Betonielementtien valmistus aloitetaan kasaamalla muottipöydälle muotti. Muottimateriaalina käytetään pääosin vaneria, puuta, terästä tai lasikuitua (Suomen Betoniyhdistys, 2018, s. 458–464). Palkkien ja pilarien muotit valmistetaan muottipöydälle. Mikäli kyseessä on jännitetty elementti, niin muotti kasataan teräslevyjen päälle jännelinjalle. Julkisivuelementtien valmistamisessa käytetään kiinto- tai kiertomuottijärjestelmää. Kiintomuottijärjestelmä on aina vakiopaikallaan kiinni lattiassa. Kiertomuottijärjestelmässä elementit siirretään kuumumaan omaan tilaansa valun jälkeen, jonka jälkeen voidaan kasata uusi elementti työasemalle. Julkisivuelementit valetaan pääosin vaaka-asennossa, sillä se mahdollistaa paremman laadun pinnalle sekä pintamateriaalien kiinnityksen. Seinäelementeille valmistetaan muotti useimmiten vaakatasoon muottipöydälle. Seinäelementtejä valetaan myös pysty-asennossa mikä mahdollistaa sen, että molemmat seinäpinnat ovat teräsmuottipintoja.

Pystyasennossa valettavat seinäelementit valetaan pattereissa, joka mahdollistaa useamman seinäelementin valmistuksen kerralla. Kuori- ja ontelolaattojen valamisen ei tarvita muottia, sillä niissä käytetään maakostea betonia, joka on hyvin jäykkää. TT- ja HTT-laattojen valuun käytetään teräksisiä muotteja, joilla voidaan säätää muotin korkeutta ja leveyttä. Tilaajalla on myös oikeus pyytää todiste siitä, että muottijärjestelmät täyttävät eurooppalaisten standardien vaatimukset.

Betonielementtien rauditus kootaan tehtaalla raudoituselementeiksi (Suomen Betoniyhdistys, 2018, s. 459). Raudoitteiden valmistamista tehtaalla helpottavat katkaisu- ja taivutuskoneet. Raudoituselementit sidotaan pääosin käsin käyttäen surrauskoukkuja tai sidontakonetta. Raudoitteet voidaan myös hitsata. Valmiit raudoituselementit asennetaan suoraan muottiin. Esijännitetyille betonielementeille asennetaan jänneteräkset, jotka asennetaan ennen raudoitusta. Jänneteräs venytetään vetolaitteella molemmista päistä muottiin. Riittävä jännitys jänneteräkselle mitataan jänneteräksen venymästä. Raudoituksen jälkeen raudoitukseen voidaan asentaa erilaisia varauksia, kuten nostolenkit, reikävaraukset, tartunnat, eristeet ja sähköputket sekä -rasiat.

Betonimassa kuljetetaan muottiin siltanosturilla, jossa on valuastia (Suomen Betoniyhdistys, 2018, s. 459–464). Pitkien betonielementtien, esimerkiksi ontelo- ja kuorilaattojen valuun käytetään valukonetta, joka kulkee elementin pituussuunnassa eli elementit valetaan liukuvaluna. Valettu betoni tulee tiivistää, jotta betoni täyttyy täydellisesti muottiin ja ylimääräinen ilma massan seasta saadaan poistettua (By 201, Betonitekniikan oppikirja 2018 s.335). Tiivistykseen käytetään pääosin sauvatärytintä tai muottitärytintä. Valetun betonin yläpinta harjataan tai hierretään.

4.4 Laadunvarmistus

Laadunvarmistus pitää sisällään kaikki toimenpiteet, joiden avulla saadaan selville täyttääkö tuote sille asetetut laatuvaatimukset (Suomen Betoniyhdistys, 2018, s. 177–178). Laadunvarmistamisella pyritään löytämään laadulliset puutteet tuotteissa mahdollisimman ajoissa, jotta puutteisiin päästään puuttumaan hyvissä ajoin ja näin ehkäistä isompien virheiden synty. Laadunvarmistuksen toinen tavoite on varmistaa, että laatuvaatimukset sekä

muu informaatio kulkevat moitteettomasti eri osapuolien välillä. Laadunvarmistukseen kuuluu laaduntarkastus, jossa tuotteen laadullisia ominaisuuksia verrataan asetettuihin tai soveltaviin laadullisiin vaatimuksiin. Yleisnimitys laaduntarkastukselle on laadunvalvonta. Laadunvalvonnan avulla pystytään seuraamaan tuotteiden laatua ja näin ollen poistamaan toleranssit ylittävät tuotteet pois valmistuksesta.

4.5 Laadunvarmistus elementtitehtaalla

Elementtitehtailla tulee olla kirjallinen kuvaus heidän sisäisestä laadunvalvontajärjestelmästänsä ja tilaajalla on myös mahdollisuus auditoida tehtaan laatujärjestelmä (Suomen Betoniyhdistys, 2018, s. 468). Laadunvarmistuksen tulee kohdistua osa-aineisiin, laitteisiin, betonivalmistusmenetelmään, betonin vaatimuksenmukaisuuteen sekä toimitukseen. Valvonnan tulee ottaa huomioon merkittävät laadulliset muutokset, jotka tulevat vaikuttamaan elementtien ominaisuuksiin ja tätä kautta johtavat tehtaan korjaustoimenpiteisiin. Valvonnan tulee myös huolehtia, että elementtien valmistusprosessi sekä varastointi ovat hyväksyttävällä tasolla. Tehtaan ulkopuolisen laaduntarkastuksen hoitaa SFS-Sertifiointin tai ympäristöministeriön hyväksymä toimielin. Tehtaat käyttävät useimmiten betonielementtien laadunvarmistamiseen elementtikohtaista laaduntarkastuskorttia. Jokaiseen laaduntarkastuskorttiin merkataan tarvittavat tunnistetiedot valmistajasta, valmistuspäivämäärä sekä elementinpaino.

Tuotannon valvonnan hoitaa tehtaan oma betonityönjohtaja (Suomen Betoniyhdistys, 2018, s. 468). Betonityönjohtajalla tulee olla valmistettavan elementtirakenteen rakenneluokan vaatima pätevyys. Betonityönjohtaja valvoo betonielementtien valmistuksen aikana, että muotit, raudoitukset, betonimassa ja esijännitetyt raudoitukset valmistetaan suunnitelmien mukaisesti sekä tarkastuksista laaditaan asianmukaiset dokumentit. Betonimassan valmistuksessa työnjohtaja kiinnittää huomiota notkeuteen ja ilmapitoisuuksiin. Massan lujuuden kehitystä seurataan lämpötilamittausten ja koepalojen avulla. Betonielementti tuotannossa käytettävän betonin vaatimukset ovat samat kuin valmisbetonilla (Suomen Betoniyhdistys, 2018, s. 97). Betonille, jota käytetään elementeissä ei tarvitse myöntää kansallista varmennustodistusta, mikäli betonia käytetään ainoastaan omaan tuotantoon.

Tehtaalla valmiiden elementtien tarkistamisessa kiinnitetään huomiota vaurioihin ja pintojen laatuun (Suomen Betoniyhdistys, 2018, s. 468). Pintojen laadunvarmistuksen pohjana käytetään by 40 Betonirakenteiden pinnat tai jotain muuta vastaavaa ohjeistusta. Tarkasteltaessa elementin pintoja kiinnitetään huomiota erityisesti halkeamiin, pintojen tasalaatuisuuteen, reunojen suoruuteen sekä viisteisiin. Pinnan laadunvarmistus voidaan hoitaa myös mallikappaleen avulla. Jännitetyistä elementeistä tarkastetaan jänneterästen päästöliukumat silmämääräisesti. Päästöliukumat tulee mitata, mikäli silmämääräinen tarkastus antaa sille aiheutta.

5 BETONIELEMENTTIEN ASENNUSPROSESSI

5.1 Asennussuunnitelma

Elementtien asennustyöstä tulee laatia kirjallinen asennussuunnitelma, joka tulee löytyä työmaalta asennustyötä tehdessä (Elementtisuunnittelu, 2020b). Asennussuunnitelman laatii vastaava rakennesuunnittelija ja pohjana hän käyttää esimerkiksi liitteen 1 mukaista asiakirjaa. Rakennesuunnittelijan tulee toimittaa asennussuunnitelman laatijalle tiedot asennusjärjestyksestä, väliaikaisesta tuennasta, lopullisesta kiinnittämisestä, turvallisesta nostotavasta, käsittelystä ja asennustasoista. Suunnitelman laatijan tulee huolehtia, ettei suunnitelmassa olevat asiat ole turvallisuuden kannalta ristiriidassa. Asennussuunnitelmasta tulee löytyä päärakennesuunnittelijan, asennustyönjohtajan ja työmaan vastaavan mestarin allekirjoitus. Tarvittaessa elementtitoimituksen vastuuhenkilö sekä elementtisuunnittelija allekirjoittavat myös suunnitelman. Asennussuunnitelma toimii asennustyön työturvallisuussuunnitelmana.

Asennussuunnitelmassa tulee huomioida elementtien väliaikaisvarastointi, nostoapuvälineet, liitosten materiaalit, hitsaustavat, juotosvalujen suojaaminen, asennusaikainen tuenta, vähimmäistukipinnat ja asennusjärjestys (Elementtisuunnittelu, 2020b). Jos asennussuunnitelmaa muokataan, tulee suunnitelma hyväksyttävä uudelleen vastaavalla rakennesuunnittelijalla.

5.2 Nostotyösuunnitelma

Vaikeita nostotöitä varten tulee laatia kirjallinen nostotyösuunnitelma (Palolahti ym., 2010, s. 9). Vaikeat nostotyöt tarkoittavat erityisten painevien ja suurikokoisten elementtien nostoa haastavissa olosuhteissa. Mikäli nostotyössä käytetään useampaa kuin yhtä nosturia, niin niistä tulee laatia myös nostotyösuunnitelma. Rakennusurakan päätoteuttaja on velvollinen laatimaan nostotyösuunnitelman. Suunnitelman laatimiseen pääurakoitsijan lisäksi ottaa osaa nostotöiden urakoitsija, nosturin toimittaja ja mahdollisesti rakennesuunnittelija. Nostotyösuunnitelma laaditaan sille tarkoitetulle pohjalle (liite 2). Nostotyösuunnitelma. Suunnitelmassa käydään läpi olosuhteet, elementtien nostokohdat, tarvittavat maapohjien

ja rakenteiden vahvistukset, turvallisuustoimenpiteet, nostotyövaiheet, opastus työntekijöille ja määritetään vastuuhenkilöt. Suunnitelma laaditaan elementtivalmistajan elementtisuunnitelman, työmaan aluesuunnitelman sekä nosturin tietojen pohjalta.

5.3 Tehtäväsuunnitelma

Tehtäväsuunnitelman laatimisella voidaan varmistaa, että työkokonaisuudelle asetetut laatuvaatimukset täyttyvät (Rakennustieto, 2002, s.1). Tehtäväsuunnitelma laaditaan hyvissä ajoin ennen työkokonaisuuden aloittamista tai mahdollisesti jo ennen hankintoja. Ajoissa tehdyllä tehtäväsuunnitelmalla voidaan varmistaa osapuolten käsitys sisällöstä ja tavoitteista. Tehtäväsuunnitelma sisältää laatuvaatimusten, aikataulu- ja kustannustavoitteiden sekä resurssien suunnittelun. Tehtäväsuunnitelman avulla pystytään ennaltaehkäisemään mahdollisesti eteen tulevia ongelmia sekä tarjoaa myös työkalun työn aloitusedellytysten tarkistamiselle. Tehtäväsuunnitelma tehdään aina hanke kohtaisesti, eli suunnitelmassa otetaan aina kohteen erityispiirteet huomioon.

5.4 Betonielementtien kuljetus työmaalle

Betonielementtejä kuljetettaessa tulee noudattaa voimassa olevia lakeja, asetuksia ja viranomais määräyksiä (Suomen Betoniyhdistys, 2018, s. 469). Kuorman käsittelyä sekä ajoneuvoa koskevat esimerkiksi seuraavat lait ja asetukset: tieliikennelaki, asetus ajoneuvojen käytöstä tiellä, tiekuljetussopimuslaki, asetus autojen ja perävaunujen rakenteesta ja varusteista, liikenneministeriön päätös erikoiskuljetuksista ja erikoiskuljetusajoneuvoista, liikenneministeriön päätös ajoneuvojen kuormakoreista, kuormaamisesta ja kuorman kiinnittämisestä ja työturvallisuuslaki. Betonielementtejä kuljetettaessa on yleensä kyse erikoiskuljetuksesta, koska normaalit mitta- ja massarajoitukset ylittyvät. Tällöin kuljettajan tulee noudattaa erikoiskuljetus määräyksiä. Kuljettaja on aina velvollinen tarkastamaan kuorman kiinnityksen ja tuennan ennen liikkeelle lähtöä, vaikka kuorman olisi jokin toinen osapuoli kiinnittänyt ja tukenut.

Betonielementit tulee olla sidottuna siten, että ne eivät pääse liikkumaan kuljetuksen aikana (Suomen Betoniyhdistys, 2018, s. 470). Elementit tulee sitoa pituussuunnassa sekä

sivusuunnassa. Pystyssä kuljetettavat elementit tulee varmistaa tuilla. Paras tapa varmistaa elementtien kyydissä pysyminen on kuljettaa ne elementeille tarkoitetulla kuljetuskalustolla. Elementit tulee suojata aina kuljetuksen ajaksi ja suojaamiseen tulee kiinnittää erityisesti huomiota kuraisina vuodenaikoina. Paras tapa suojata elementit kuljetuksen aikana on kuskata ne katetulla kuljetuskalustolla.

Purettaessa kuormaa, elementtien sidonta voidaan poistaa vasta juuri ennen kyseisen elementin nostoa (Suomen Betoniyhdistys, 2018, s. 470). Nostettaessa elementtiä tulee muistaa noudattaa asennusohjeita. Purkuvaiheessa tulee myös muistaa oikea purkujärjestys. Purkualueet ja nostopaikat tulee olla huomioituna työmaan aluesuunnitelmassa. Purkualue tulee rajata esim. lippusiimalla ja estettävä sivullisten pääsy purkualueelle. Purettaessa kadulla työmaan tulee hakea lupa tai tehdä vähintään ilmoitus purusta poliisille.

5.5 Betonielementtien vastaanottotarkastus

Elementtikuljetuksen saapuessa työmaalle tulee elementtiasennustyöstä huolehtivan työnjohtajan neuvoa kuljetus purkupaikalle (Suomen Betoniyhdistys, 2018, s. 184). Työnjohtajan tulee hoitaa ennen kuorman purkua työmaalle saapuneille elementeille vastaanottotarkastus. Vastaanottotarkastuksessa työnjohtajan tulee kiinnittää huomiota ensimmäisenä kuorman sisällön oikeellisuuteen. Kuorman oikeellisuus voidaan tarkastaa yksilöivän dokumentaation avulla, kuormakirjalla ja suunnitteluasiakirjoilla. Myös asiakirjojen oikeellisuus tulee tarkastaa ennen vastaanottotarkastusta. Mikäli vastaanottotarkastuksessa huomataan virheitä tai puutteita, tulee ne merkata kuormakirjaan. Jos elementti saapuu työmaalle hajonneena, tulee hajonnut elementti kuvata ja ottaa ylös tiedot vaurioista ja lähettää ne elementtitehtäälle. Elementille voidaan myös tehdä jatkotutkimuksia, mikäli on syytä epäillä niiden kelpoisuutta tai suunnitelmien mukaisuutta. Virheellisiä tai vahingoittuneita elementtejä saa käyttää, mikäli ne ovat korjattu asianmukaisesti tai niiden virheellisyys on niin vähäistä, että se ei vaikuta negatiivisesti suunnitelmien mukaisiin ominaisuuksiin.

Työnjohtaja tarkastaa elementeistä CE-merkinnän tai jonkin muun asianmukaisen varmenustodistuksen (Suomen Betoniyhdistys, 2018, s. 184). CE-merkintä tai jokin muun varmenustodistus ei takaa elementtien kelpoisuutta rakentamiseen. Elementit tulee tarkastaa silmämääräisesti, etteivät ne ole vaurioituneet kuljetuksen aikana. Silmämääräisessä

tarkastuksessa tulee kiinnittää huomiota erityisesti halkeamiin. Elementeistä tulee myös tarkastaa mitat, mikäli elementit eivät näytä silmämääräisesti täyttävän valmistajan pöytäkirjan mukaisia mittoja. Elementtien tunnistetiedot tulee tallentaa. Nostolenkkien oikeellisuus ja niiden paikat tulee myös tarkastaa elementeistä (Heiska & Koskenvesa, 2010, s. 23). Ontelolaatoissa tulee kiinnittää erityisesti huomiota siihen, ettei nostoura ole vaurioitunut. Ontelolaatoista tulee myös tarkastaa valutulppien olevan päissä ja punosliukumat eivät saa olla yli raja-arvojen.

5.6 Betonielementtien varastointi työmaalla

Elementit tulee varastoida työmaalla, mikäli elementtiasennusta ei voida suorittaa heti elementtien saapuessa työmaalle (Heiska & Koskenvesa, 2010, s. 23–24). Varastointialueen maaperän tulee olla riittävän tukeva ja tasainen. Elementit varastoidaan siten, etteivät ne pääse kaatumaan, siirtymään tai liukumaan sekä eristettä. Elementit tulee olla tukevasti sidottuna telineisiinsä tai toisiinsa. Varastosta nostettaessa kaikkien elementtien sidontaa ja tuentaa ei saa poistaa heti. Sidonnan ja tuennan elementeistä saa poistaa vasta, kun kyseinen elementti on kiinni nostokoukuilla tai nostorakseilla ja ne ovat kireällä.

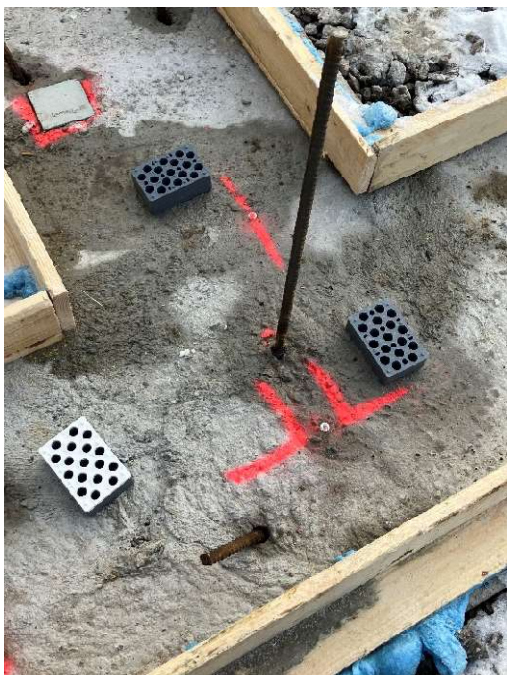
Betonielementtien varastointi elementtityypeittäin (Heiska & Koskenvesa, 2010, s. 24):

- Laattaelementit varastoidaan päällekkäin. Ensimmäinen laattaelementti asetetaan aluspuiden tai valmiskuormapukkien päälle. Tärkeintä kuitenkin on, että ne ovat irti alustasta vähintään 200 millimetriä. Elementtien väliin asetetaan välipuita, että elementit pysyvät irti toisistaan. Reunimmaisten aluspuiden ja välipuiden tulee olla vähintään 300 millimetriä elementinpäästä. Laattaelementtejä saa pinota päällekkäin maksimissaan 4 kappaletta.
- Seinäelementit varastoidaan vierekkäin kampatelineisiin eli elementtifakkeihin tai A-pukkeihin. Elementtifakeissa tulee olla vähintään kulkutie, joka on 400 millimetriä leveä. Kulkutien ollessa yli 2 metriä korkeudessa tulee se varustaa kaiteilla. Elementtifakki ja A-pukki täytetään keskeltä reunoille päin, näin saadaan elementti ja elementtifakki pysymään tasapainossa. Elementit tulee purkaa A-pukista pois vuorotellen molemmin puolin, jotta tasapaino saadaan säilytettyä.
- Pilarit ja palkkielementit voidaan varastoida aluspuiden päälle.

- Porraselementit varastoidaan vaakatasossa tasaiselle alueelle aluspuiden päällä, jotta ne saadaan irti alustasta.

5.7 Asennustyön laadunvarmistus

Asennustyön laadunvarmistus lähtee liikkeelle mestan vastaanotolla, jossa kiinnitetään huomiota asennuspintojen tilaan ja edellisten töiden valmiuteen sekä mittapisteiden sijaintiin (Turja, 2022, s. 18–27). Asennuspinnan tulee olla kuiva, kiinteä, tasainen ja sula. Asennustyötä edeltävien töiden tulee olla siinä tilassa, että elementtien asennus päästään aloittamaan. Kosteuden nousu perustuksista runkorakenteisiin tulee olla estetty suunnitelmien mukaisesti esimerkiksi bitumisivellyllä tai -kermillä. Asennuspinnan hyväksymisen jälkeen voidaan merkata elementeille mittapisteet, -korot ja -linjat sekä ne tulee tarkastaa merkitsemisen jälkeen. Linjat tulee olla merkitty siten, että ne näkyvät asennustyön aikana. Kuvassa 2 mittalinjat on maalattu merkintämaalilla asennuspintaan. Asennuksen laatua seurataan seurantamittauksen avulla. Asennusvaiheessa elementtien asentoa säädetään tukien, asennuspalojen ja -pulttien avulla, kuten kuvassa 2. Elementtien pystysuoruutta tarkastellaan vatupassin avulla. Vaakasuuntaa tarkastellaan tarkemittauksen avulla ja tarvittaessa elementtilinjoja oiotaan.



Kuva 2. Elementin asennuslinjat ja asennuspalat, (Rintamäki 2023)

Elementtien kiinnityksessä tulee kiinnittää liitospintojen kuivuuteen, lämpötilaan ja puhtauteen (Turja, 2022, s. 18–27). Hitsausliitosten tulee olla suunnitelmien mukaiset sekä hitsauksen suorittajalla tulee olla työn vaatima hitsausluokka. Kuvassa 3 ammattilaisen tekemä elementin hitsausliitos. Elementtien saumat tulee raudoittaa ennen juotosta saumateräksillä. Saumateräksien tulee olla laadun, koon ja sijainnin suhteen suunnitelmien mukaiset. Käytettävien teräksien pinnalla ei saa olla syöpymiä tai pintahilsettä. Pintaruostetta teräksissä saa olla, mikäli se ei vaikuta teräksen lujuuteen tai betonin tartuntaan. Ennen saumavalua raudoitteiden, hitsaus- ja pulttiliitosten laatu tulee tarkastaa. Elementtien saumavaluissa tulee käyttää suunnitelmien mukaista juotosbetonia, jonka enimmäisraekoko on 4 tai 8 millimetriä. Talviolosuhteissa tulee kiinnittää huomiota siihen, että saumapinnat suojataan, lämmitetään tai käytetään pakkasbetonia tai kuumabetonia. Saumavalun koivuus tulee tarkastaa ennen elementtien kuormittamista.



Kuva 3. Betonielementin hitsausliitos, (Rintamäki 2023)

5.8 Asennustyö

Vähintään viikkoa ennen asennustyön aloittamista, työmaalla tulee järjestää asennustyön aloituskokous (Elementtisuunnittelu, 2020). Aloituskokouksessa käydään läpi asennussuunnitelma, työmaan olosuhteet, vastuujako, työturvallisuus ja aikataulu. Ennen kuin

asennustyö aloitetaan, työnjohto käy työntekijöiden kanssa läpi elementtien asennussuunnitelman, mahdollisen nostotyösuunnitelman tai tehtäväsuunnitelman, työmaan olosuhteet, tarvittavat materiaalit, kaluston, elementtien toimitusaikataulun, välitavoitteet, laadunvarmistuksen ja työturvallisuusasiat. Työnjohto tarkastaa työntekijöiden kanssa asennuskaluston ja työvälineiden oikeellisuuden ja kunnon, sekä seuraa niiden kuntoa asennustyön edetessä. Elementeistä tulee tarkastaa ennen nostoa silmämääräisesti elementin kunto, paino, nostolaitteen ja nostoapuvälineiden nostokyky.

Elementit kiinnitetään nostokalustoon nostolenkeistä tai suunnitelmissa määritetyistä nostopisteistä (Elementtisuunnittelu, 2020). Ennen elementin nostoa tulee nostoapuvälineen kiinnitys elementtiin tarkastaa. Elementit tulee nostaa vapaan alueen kautta, eikä elementin alla saa liikkua nostotyön aikana. Nostotyön aikana on riskinä myös elementin vaarallinen heiluminen, sillä se voi aiheuttaa vaaratilanteita ja vaurioittaa ympärillä olevia rakenteita ja rakennuksia. Heiluminen voidaan estää kiinnittämällä elementtiin ohjausnaru. Elementti nostetaan suoraan oikealle paikalle, jossa asennusryhmä ottaa sen vastaan ja ohjaa käsimerkein sekä työkaluja käyttäen sen oikealle paikalle. Elementin ollessa oikealla paikalla siihen lisätään suunnitelmien mukaiset tuennat kuten kuvassa 4. Tuennan jälkeen elementti voidaan irrottaa nosturista ja elementin kiinnittäminen voidaan aloittaa. Pystyyn asennettavat elementit kiinnitetään pääosin hitsaamalla tai pulttiliitoksilla. Elementtien saumat raudoitetaan ja valetaan juotosbetonilla.



Kuva 4. Betonielementti tuettuna, (Rintamäki 2023)

5.9 Työnjohtajan rooli

Elementtien asennustyötä asennuskohteessa johtaa elementtiasennustyönjohtaja (Suomen Betoniyhdistys, 2018, s. 474). Asennustyönjohtaja johtaa elementtiasennusryhmiä asennustyön aikana ja huolehtii työturvallisuuden noudattamisesta. Muita tärkeitä tehtäviä työnjohtajalla ovat asennussuunnittelu, elementtien ja tarvikkeiden tilaus, kommunikaatio muiden osapuolien kanssa sekä asennustyötä koskevien suunnitelmien oikeudenmukaisuuden varmistaminen.

5.10 Mallityö

Sopimusasiakirjoissa määritetään elementtien asennuksille mallityö (Rakennustieto, 2002, s.17). Mallityöksi normaalisti määritetään osakohte, joka valmistuu ensimmäisenä. Osakohteen tulee olla riittävän laaja, jotta saataisiin mahdollisimman hyvä kuva valmiista työstä. Mallityö tehdään samalla työryhmällä, työvälineillä sekä työmenetelmillä, joilla lopullinen työ tullaan suorittamaan valmiiksi. Mallityön tarkastukseen osallistuu rakennuttajan edustaja, suunnittelija, työntekijät ja työnjohto. Työ tarkastetaan suunnitelmien mukaisilla laadunvarmistuskokeilla. Tarkastuksessa kiinnitetään huomiota asennukseen ja elementtien soveltuvuuteen kohteessa. Mallityön tulee täyttää elementtiasennukselle asetetut mitta- ja ulkonäkövaatimukset (taulukko 6). Mahdolliset korjaukset ja puuteet tulee suorittaa ja hyväksyttää ennen työn jatkamista. Mallityön tarkastamisesta laaditaan pöytäkirja, joka liitetään työmaa-asiakirjoihin. Hyväksytty mallityö toimii vertailukappaleena valmistuville osakohteille.

Taulukko 6. Kuorilaatan asennustoleranssit (Betoniteollisuus ry, 2020, s. 18).

Mittauskohde	Asennustoleranssi (mm)
Sivusijainti	±20
Sauman leveys	+15, -5
Sauman hammastus alapinnassa	Tuella: 5 Keskellä: 8
Korkeusasema tuella	±15

6 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli perehtyä betonielementtirakentamisen laadunhallintaan. Työssä käsiteltiin betonielementtirakentamisen eri vaiheita ja niiden laadunhallintaa. Työssä kerrottiin betonielementtirakentamisen taustoista, jonka jälkeen kerrottiin elementtien suunnittelussa huomioon otettavista asioista sekä elementtien kelpoisuuden osoittamisesta. Tämän jälkeen työssä kerrottiin elementtien hankinnasta ja tuotannosta sekä tuotannon laadunhallinnasta. Lisäksi työssä käsiteltiin työmaalla suoritettavia laadunvarmistus toimenpiteitä ja asennusprosessia sekä sen vaatimia suunnitelmia

Betonielementtirakenteet mahdollistavat kestävä, laadukkaan, tuottavan, turvallisen ja pitkäikäisen tavan toteuttaa monikerroksisille ja suurille rakennusprojekteille julkisivu ja runko. Nykyaikaisen muottiteknologian ja betonin muovailtavuuden avulla pystytään valmistamaan työmaan tarpeen mukaiset elementit. Esijännitetyt betonielementit mahdollistavat rakentamiselle pitkät jännevälit. Betonielementeillä päästään myös helposti täyttämään EU:n rakennusdirektiivin asettamat vaatimukset rakentamiselle. Betonielementtirakentamista on kehitetty Suomessa 60-luvulta saakka BES-järjestelmän avulla, joka on mahdollistanut elementeille mittajärjestelmän ja standardoinnin. Suomessa betonielementtejä käytetään pääosin suuremmissa asuin-, toimisto-, liike- ja julkisissa rakennuksissa.

Laadun merkitys suomalaisessa rakentamisessa on aina ollut suuri. Tämä on asettanut suuren merkityksen laadunvarmistamisen tärkeydelle. Nykypäivänä laatua pystytään seuraamaan helposti CE-merkinnän avulla. Laatu itsessään lähtee jo liikkeelle suunnittelupöydästä, jossa valmistettaville betonielementeille määritetään laadulliset vaatimukset. Hankinnan osalla laadunvarmistamista hoidetaan YSE 1998 ja RYHT 2000 asiakirjojen avulla. Elementtitehtaalla laadusta vastaa tuotannon työnjohtaja sekä ympäristöministeriön hyväksymä toimitus. Laadunhallinnasta työmaalla huolehtii työmaan vastaava työnjohtaja.

Tämän opinnäytetyön perusteella kirjoittaja päätteli, että Suomessa valmistettavat betonielementit ovat pääosin hyvin korkealaatuisia. Mutta siltikin laadunvarmistamisessa tuntuu olevan ongelmia, sillä vielä nykypäivänäkin työmailla on ongelmia elementtien kanssa.

Kirjoittajan työharjoittelupaikalla oli ollut ongelmia elementeissä LVISA-suunnittelun osalta, sillä erilaiset reikä- ja rasiavaraukset olivat olleet tilansa sivussa tai väärällä puolella. Kirjoittaja päätteli, että suurin ongelma on laadunhallinnasta ja suunnittelusta huolehtivien toimielimien välinen tiedonkulku. Näin ollen olisi hyvä tutkia lisää eri osapuolten välistä kommunikaatiota elementtien suunnitteluprosessissa.

LÄHTEET

Betoniteollisuus ry. (2020). *Betonielementtien toleranssit 2011* (3. p.). Rakennustieto.

Betoniteollisuus ry. (i.a.-a). *Betonin valmistus*. <https://betoni.com/tietoa-betonista/betoni-rakennusmateriaalina/betonin-valmistus/>

Betoniteollisuus ry. (i.a.-b). *Rakenne ja elementtisuunnittelu*. <https://betoni.com/suunnittelu/rakenne-ja-elementtisuunnittelu/>

Elementtisuunnittelu. (1.10.2020). *Elementtien asennus*. <https://www.elementtisuunnittelu.fi/asennus/asennusohjeet/elementtien-asennus>

Elementtisuunnittelu. (1.10.2020a). *Toimitusehdot*. <https://www.elementtisuunnittelu.fi/toimitus/toimitusehdot>

Elementtisuunnittelu. (1.10.2020b). *Asennus*. <https://www.elementtisuunnittelu.fi/asennus>

Elementtisuunnittelu. (22.3.2023). *Elementtitunnukset*. <https://www.elementtisuunnittelu.fi/runkorakenteet/elementtitunnukset>

Heiska, T., & Koskenvesa A. (2010). *Betonielementtien turvallinen asennus*. Betoniteollisuus ry.

Laki eräiden rakennustuotteiden tuotehyväksynnästä 954/2012.

Maankäyttö- ja rakennuslaki 132/1999.

Palolahti, T., Lahtinen, M., & Mäki, T. (2010). *Betonielementtien nostot*. Betoniteollisuus ry.

Rakennustieto. (2002). *Runkorakenteet, elementtirungot* (Ratu 1202-s).

Suomen betoniyhdistys (by). (i.a.). *Betonielementit*. <https://www.betonitieto.fi/betoniteollisuus/betonielementit.html>

Suomen Betoniyhdistys. (2018). *Betonitekniikan oppikirja By 201* (6. p.). BY-koulutus.

Suomen Betoniyhdistys. (2021). *Betoninormit By 65* (5. p.). BY-koulutus.

Timonen-Nissi, H. (25.1.2019). *Rasitusluokat*. [PowerPoint-esitys]. Rudus Betoniakatemia.

Turja, T. (2022). *Laatu ja laadunvarmistus*. [PowerPoint-esitys]. SeAMK Moodle.

Ympäristöministeriö. (i.a.). *CE-merkintä*. <https://ym.fi/ce-merkinta>

LIITTEET

Liite 1. Asennussuunnitelma pohja

Liite 2. Nostotyösuunnitelma pohja

Liite 1. Asennustyösuunnitelma

ELEMENTTIEN ASENNUSSUUNNITELMA

Suomen rakennusmääräyskokoelma edellyttää, että elementtien asennustyökohteeseen laaditaan elementtityön asennussuunnitelma. Suunnitelman tarkoituksena on saada suunnittelijan, työmaan ja elementtitehtaan yhteistyöllä aikaan turvallinen ja tarkoituksenmukainen työtapa asennustyön tekemiseksi.

Rakennesuunnittelija hyväksyy asennussuunnitelman ennen työn aloittamista. Työmaan työnjohdon on varmistettava, että suunnitelma on käyty läpi asennustyöhön osallistuvien kanssa.

Tämä suunnitelma on ohjeellinen malli, jonka sisältöä voidaan muokata projektikohtaisesti. Suunnitelma suositellaan laadittavaksi siten, että osan A lähtötiedot tulevat päätoteuttajalta, osan B rakennesuunnittelijalta ja osan C asennusurakoitsijalta. Osan C lisäksi asennusurakoitsijan on laadittava elementtien asennuksesta Työvaiheen työturvallisuussuunnitelma (TTS).

Allekirjoitus

Rakennesuunnittelija

Päiväys

ELEMENTTIEN ASENNUSSUUNNITELMA
KOHDETIEDOT JA TOTEUTUSORGANISAATIO

Rakennuslupa nro 0	Kohde	Työnumero
-----------------------	-------	-----------

Toteutusorganisaatio	Puhelin	Sähköposti
Päätoteuttaja		
Rakennuttajan turvallisuuskoordinaattori		
Vastaava työnjohtaja		
Betonityönjohtaja		
Työmaan työsuojauslupapäällikkö		
Työmaan valvoja		
Pääsuunnittelija		
Vastaava rakennesuunnittelija		
Valmisosasuunnittelija		
Elementtitoimittaja A		
Tuotannon vastuhenkilö	Kuljetuksen vastuhenkilö	
Elementtitoimittaja B		
Tuotannon vastuhenkilö	Kuljetuksen vastuhenkilö	

Elementtitoimittaja C	
Tuotannon vastuhenkilö	Kuljetuksen vastuhenkilö
Elementtitoimittaja D	
Elementtitoimittaja E	
Elementtiasennusurakoitsija	
Asennustyönjohtaja	
Mittaustyöt	
Jälkivalutyöt	

ELEMENTTIEN ASENNUSSUUNNITELMA
RAKENTEET
 Elementtiluettelo liitteenä

Betonielementit

Tyyppi Pilarit	Max. Paino 1,3 ton	Huomattavaa (kuljetus, asennus, varastointi)
Tyyppi Sandwichelementti	Max. Paino 14,2ton	Huomattavaa (kuljetus, asennus, varastointi)
Tyyppi Väliseinäelementti	Max. Paino 9,5 ton	Huomattavaa (kuljetus, asennus, varastointi)
Tyyppi Betonipalkit	Max. Paino 7,15 ton	Huomattavaa (kuljetus, asennus, varastointi)
Tyyppi Ontelolaatat	Max. Paino 5,9 ton	Huomattavaa (kuljetus, asennus, varastointi)
Tyyppi Parvekelaatta	Max. Paino 14,96ton	Huomattavaa (kuljetus, asennus, varastointi)
Tyyppi	Max. Paino	Huomattavaa (kuljetus, asennus, varastointi)
Tyyppi	Max. Paino	Huomattavaa (kuljetus, asennus, varastointi)

Teräselementit

Tyyppi Liittopalkki/kattopal	Max. Paino 3 ton	Huomattavaa (kuljetus, asennus, varastointi)
Tyyppi Teräspilarit	Max. Paino 0,6 ton	Huomattavaa (kuljetus, asennus, varastointi)

Rungon asennusaikainen tuenta ja vakavuus

Rungon jäykistytapa Elementtisuunnittelu.fi/asennusaikainen-stabiilitetti; ohjeiden mukaan Anstarpalkki valetaan täyteen missä on vääntöraudoitus kts detalji D05 ennen kuin tuet puretaan		
Asennusjärjestys (asennusaikaisen stabiilitetin vaatima) Suunnitelman mukaan		
Tarvittavat väliaikaistuennat ja niiden purku Ontelolaattatasoja ei kuormita ennen kuin saumat on valettu ja ne ovat saavuttaneet 60% lujuudesta EUREX 20 350 ja 550. Doka palkki	Asennus- tai muu ohje Elementtitoimittajan ohjeet Liitteenä	Asennuspiirustus Liitteenä
Ontelolaatat	Vähimmäistukipinta (mm) 60 mm	Asennusvaiheen sallitu kuormitus (kN, kN/m ²) Saumaamatonta kenttää ei saa kuormittaa yli 0,5 kN/m ² (50 kg/m ²) tasaisella kuormalla.
Massiivilaatat	-	
Betonipalkit	-	
Teräspalkit		
Porrassyöksyt		

Mittaustarkkuus ja liitokset

Toleranssiluokka	<input checked="" type="checkbox"/> Normaaliluokka	<input type="checkbox"/> Erikoisluokka	<input type="checkbox"/> Kohdekohtaiset erikoistoleranssit, ohje liitteenä
Hitsausluokat ja tarkastukset	C		
Juotosbetonin lujuusluokat	C30/37 JB 600/3		
Peruspultit	HPM20F ja HPM16L		
Rakennesuunnittelijan tarkastukset			

ELEMENTTIEN ASENNUSSUUNNITELMA**ASENNUSTYÖN SUUNNITELMA**

Laatija , pvm

Nostokoneet ja laitteet

Nosturyyppi	Nostoteho	Enimmäistukijalkakuorma (tn)	Uloittuma (m)
Liebherr Itm 1100/2	100tn	60tn	52m
Nosturyyppi	Nostoteho	Enimmäistukijalkakuorma (tn)	Uloittuma (m)
Terex Demag AC100	100tn	60tn	50m
Nosturyyppi	Nostoteho	Enimmäistukijalkakuorma (tn)	Uloittuma (m)
liebherr Itm 1160 5.1	160 tn	70tn	68m
Nostoapuvälineet			
Kettinkiraksit 13 ja 16mm luokka 10, ontelolaattasakset, peikko colift pilaritappi ja kääntöpyörä			

Vastaanotto ja välivarastointi

Elementtien vastaanottotarkastus ja laatuerokeamien käsittely
Asennusurakoitsija tarkastaa elementit silmämääräisesti, ilmoittaa havaitsemansa viat pääurakoitsijalle, joka reklamoi tehdasta.
Elementtien purkujärjestys
Asennusjärjestyksessä
Varastointipaikat
Asennuspaikan välittömässä läheisyydessä kantavalla pohjalla
Varastointikalusto ja -tapa
Pilarit lankkupeti murskekentälle, seinäelementit elementtifakkiin, ontelolaatat pukkien päälle, palkit lankkupeti murskekentälle

Asennusjärjestys

Asennusjärjestys rakennuksittain/ lohkoittain
1. pilarit, ulkoseinät ja väliseinäelementit linjoille 10-8
2. pilarit, ulkoseinät, väliseinäelementit linjoille 8-1
3. teräspilarit, liittopalkit
4. Ontelolaatat linjasta 10->1

<p>Kiinnitysjärjestys (juotos, hitsaus)</p> <p>Hitsaus asennettaessa, juotokset heti asennuksen päätyttyä.</p>
--

Mittaustyöt

Lähtömittaus lähökoneet	Mitattavat kohteet	Mittausperiaate	Vastuhenkilö
	Pääurakoitsija mittaa yhden pultin mutterin korkoon/pilari Seinäelementeille pääurakoitsija antaa ulkopinnan merkit		
Tarkentamiseksi vastuunrajat	Mitattavat kohteet	Mittausperiaate	Vastuhenkilö

Elementtien lopulliset kiinnitykset

<input type="checkbox"/> Elementtityyppiokohtaiset ohjeet hitsauksista liitteenä		
Hitsausmenetelmä	Perusaine	Lisäaine
Valokaarihitsaus(puikko)	s355	Ok 48.00
Hitsausaamojen tarkastus		
Silmämääräinen tarkistus välittömästi hitsauksen päätyttyä		

Betoniliitos	Juotosbetonityyppi	Kovettumisaika	Betonointitapa (pumppaus tms.)
Pilarien, sokkelielementtien alapää Ontelolaatat väliseinäelementtien pystysauma	JB600/3 juotosmassa C30/37 pystysaumabetoni K30	1 vrk / 40 Mpa	pumppaus pumppaus pumppaus
		Muu laadunvarmistus	

- Talvibetonointisuunnitelma liitteenä
- Elementtityyppikohtaiset ohjeet betonoinnista liitteenä

Pultit, erikoispultit
Elementtitukin kiinnitykseen Hiiti HUS3 14mm betoniruuvit ja 16mm kuusiokantapultit

- Elementtikohtaiset ohjeet pulttiliitoksista liitteenä

ASENNUSSUUNNITELMAN LIITTEET

Liite 1: Tuentasuunnitelma/asennusjärjestys
Liite 2: Asemakuva
Liite 3:
Liite 4:
Liite 5:

Liite 2. Nostotyösuunnitelma

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	