



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Juuso Kananen

Rakennushankkeen runkotyövaiheen suunnittelu ja toteutus

Betonielementtirunkoisen rakennuksen runkotyö

Opinnäytetyö

Syksy 2024

Insinööri (AMK), Rakennustekniikka



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Tutkinto-ohjelma: Insinööri (AMK), Rakennustekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Talonrakennustekniikka

Tekijä: Juuso Kananen

Työn nimi: Rakennushankkeen runkotyövaiheen suunnittelu ja toteutus:
Betonielementtirunkoisen rakennuksen runkotyö

Ohjaaja: Olli Isopahkala

Vuosi: 2024

Sivumäärä: 56

Liitteiden lukumäärä: -

Tässä opinnäytetyössä perehdyttiin rakennushankkeen runkotyövaiheeseen ja läpi käytiin tarkemmin elementtirakenteisen rakennuksen runkotöitä. Työssä kerrotaan, mitä runkotyövaihe on ja mitä eri aiheita se käsittää. Opinnäytetyön sisällössä käsitellään runkotyövaiheen tärkeimpiä asiakokonaisuuksia. Aiheina ovat runkotöitä varten laadittavat suunnitelmat sekä betonielementtityön suunnittelu ja toteutus. Työn sisällöstä on koottu laaja tietopaketti elementtirunkoisen rakennuksen runkotyövaiheen suunnittelusta, valmistelusta ja toteutuksesta. Opinnäytetyön lähteenä käytettiin monipuolisesti rakennusalan ammattikirjallisuutta ja ohjeistuksia, tämän työn tekijän omaa työkokemusta runkovaiheista sekä voimassa olevia lakeja ja asetuksia.

Runkotyövaihetta ja runkotöiden onnistumista pidetään usein koko rakentamisvaiheen peruspilarina. Runkotyövaiheen kokonaisvaltainen onnistuminen antaa hyvät lähtökohdat seuraaville rakentamisvaiheille ja koko hankkeen onnistumiselle. Yleisesti tavoitteena on saada toteutettua rakentamis- ja runkotyövaiheesta laadukas ja turvallinen sekä tehokas ja taloudellinen. Hyvät edellytykset näille tavoitteille saadaan käyttämällä riittävästi resursseja rakennushankkeen suunnittelussa ja toteutuksessa. Rakennushankkeen pääorganisaatio eli rakennuttaja, pääurakoitsija ja suunnittelijat vastaavat siitä, että yhteistyönä näihin tavoitteisiin päästään mahdollisimman hyvin.

¹ Asiasanat: rakennushanke, runkotyövaihe, betonielementtirunko, työvaihesuunnittelu

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Degree programme: Bachelor of Engineering, Construction Engineering

Specialisation: Building Construction

Author: Juuso Kananen

Title of thesis: Planning and implementation of the framework phase of a building project:
Precast concrete frame

Supervisor: Olli Isopahkala

Year: 2024

Number of pages: 56

Number of appendices: -

The thesis examined the framework phase of a construction project and studied precast concrete construction in more detail. The thesis explained what the framework phase was and what different topics it consisted of. The study discussed the most important aspects of the framework phase, such as the plans to be drawn up, the work phase planning and the implementation of the work. The thesis used professional construction literature and instructions, work experience from the framework phases, and current laws and regulations as sources.

The framework phase and the success of the framework are often considered the cornerstone of the entire construction phase. The overall success of the framework provides good starting points for the following work phases and the success of the entire project. The aim is to make the construction phase and framework phase safe, efficient, economical as well as of high quality. These aims will be achieved by using sufficient resources in planning and implementation. The developer, the main contractor and the designers are responsible together for achieving the aims.

¹ Keywords: building project, framework phase, precast concrete frame, work phase planning

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä	2
Thesis abstract	3
SISÄLTÖ	4
Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo	6
Käytetyt termit ja lyhenteet.....	8
1 JOHDANTO	9
2 RUNKORAKENTAMISEN PERUSTEET	10
2.1 Rakentamisvaiheet.....	10
2.2 Elementtirakentaminen yleisesti	10
2.3 Rakentamislaki ja valtioneuvoston asetukset	11
3 RUNKORAKENTAMISEN SUUNNITELMAT	13
3.1 Rakennussuunnitelmat ja piirustukset	13
3.2 Turvallisuussuunnitelmat.....	15
3.3 Aluesuunnitelma.....	17
3.4 Putoamissuojaussuunnitelma.....	18
3.5 Laatusuunnitelma	19
3.6 Kosteudenhallintasuunnitelma.....	20
3.7 Hankintasuunnitelma.....	21
3.8 Elementtiasennussuunnitelma.....	22
3.9 Betonityösuunnitelma	23
3.10 Kalustosuunnitelma	24
3.11 Aikataulut	24
3.11.1 Yleisaikataulu.....	25
3.11.2 Hankinta-aikataulu	26
3.11.3 Rakentamisvaiheaikataulu	26
3.11.4 Viikkoaikataulu	27
4 BETONIELEMENTTITYÖN SUUNNITTELU JA VALMISTELU	29
4.1 Runkotyön lohkojako ja elementtien asennusjärjestys	29

4.2	Runkotyövaiheen aluesuunnitelma.....	30
4.3	Runkotyövaiheaikataulun perusteet	31
4.4	Hankinnat	32
4.5	Kalustosuunnittelu ja yleisimmät kalustonimikkeet	33
4.6	Säätöolosuhteiden hallinta	34
5	ELEMENTTIRUNKORAKENTAMINEN	36
5.1	Asennusta edeltävät työturvallisuustoimenpiteet.....	36
5.2	Elementtien vastaanotto, purku ja varastointi	36
5.3	Pilari-elementtien asennus	38
5.4	Palkki-elementtien asennus.....	39
5.5	Ontelolaattojen asennus.....	40
5.6	Parvekelaattojen asennus	42
5.7	Seinä- ja sokkeli-elementtien asennus	43
5.8	Porrasi-elementtien asennus.....	45
5.9	Hormi-elementtien asennus.....	46
5.10	Elementtien betonisauma	47
5.11	Laadunvarmistus	51
6	YHTEENVETO	53
	LÄHTEET	54

Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuva 1. Työmaan viikkoaikataulu toteutettuna lukujärjestysmuodossa tussitaululle	28
Kuva 2. Elementtifakkiin välivarastoitu kuori- ja väliseinäelementit.....	37
Kuva 3. Kahden kerroksen korkuiset pilarielementit asennettuna.....	38
Kuva 4. Palkin tappiliitos pilarin päälle	40
Kuva 5. Korkean väliseinäelementin asennus mobiilinosturilla ja tela-alustaisella henkilönostimella	44
Kuva 6. Sandwich-ulkoseinäelementin asennus	45
Kuva 7. Holvin ontelolaatat ja putoamissuojaus asennettu	49
Kuva 8. Holvikentän juotosvalu betonipumppuautolla.....	50
Kuvio 1. Runkotyövaiheen aluesuunnitelma	18
Kuvio 2. Jana-aikatauluna esitetty runkoaikataulu 16-kerroksiselle tornitalolle.....	32
Kuvio 3. Pilarielementin nostolenkki- ja nostoakselimenetelmä	38
Kuvio 4. Pilarielementin pulttiliitos	39
Kuvio 5. Esimerkki pilarin ja palkin piilokonsoliliitoksesta.....	40
Kuvio 6. Ontelolaatan nosto nostopuomilla	41
Kuvio 7. Ontelolaatan nosto ilman puomia.....	41
Kuvio 8. Pilarillisen umpikierreportaan ohjepiirustus 3-haaraisen nostoketjun lyhennyksille	46

Taulukko 1. Laattojen tukipintojen suunnitteluarvot ja minimitukipituudet.....	42
Taulukko 2. Yleisimmät seinäelementit ja niiden elementtitunnukset	43

Käytetyt termit ja lyhenteet

Rakennuttaja Rakennushankkeeseen ryhtyvä on rakennuttajan virallinen nimitys. Rakennuttaja on henkilö tai organisaatio, joka vastaa rakennusprojektin toteuttamisesta alusta loppuun. Rakennuttajan tehtävänä on kytkeä hankkeeseen päätoteuttaja, suunnittelijat ja sekä muut asiantuntijat sekä varmistaa näiden yhteistyötahojen avulla vaatimuksien mukainen lopputulos.

Pääurakoitsija Pääurakoitsija on rakennuttajan kanssa laaditussa kaupallisessa asiakirjassa nimetty pääurakoitsijaksi ja on näin ollen sopimussuhteessa rakennuttajaan. Pääurakoitsijalla on työmaan johtovollisuus ja se nimetään sopimusasiakirjoissa usein myös päätoimeksittäjäksi.

T3-aika Aikatauluttamisessa käytettävä termi T3-aika on tehollinen aika. Sitä käytetään tavoitteellisena työmenekkinä, joka ei sisällä yli tunnin mittaisia keskeytyksiä tai häiriöitä. Tehollista aikaa käytetään laskettaessa kestoja rakentamisvaihe- ja viikkoaikatauluihin sekä tehtäväsuunnitelmiin.

Betonisandwich-elementti

Esivalmistettu betonirakenne, joka muodostuu kahdesta betonikerroksesta, joiden välissä on eriste. Sisäpuolen betonikuori on kantava, joka kannattelee ulkopuolen julkisivun betonikerrosta eristeen läpi asennettujen ansastuksien avulla.

Betonin lujuudenkehitys

Betonin lujuudenkehitys riippuu käytettävästä sementistä ja seosaineista sekä betonin lämpötilasta ja jälkihoidon olosuhteista. Betonin lujuudenkehitystä voidaan arvioida ja laskea betonirakenteesta mitattujen lämpötila-arvojen ja kuluneen ajan avulla.

1 JOHDANTO

Rakennushankkeen runkotyövaihe on usein yksi kohteen kalleimmista ja haastavimmista vaiheista. Rungon onnistuminen on erittäin tärkeää rakennushankkeen lopputuloksen kannalta. Runkotyövaihe aikataulun pitävyys sekä laadukkaasti ja vaatimuksien mukaisesti toteutettu valmis runko toimii seuraavien työvaiheiden onnistumisen perusedellytyksenä. Tavoitteisiin päästäkseen runkotyövaihetta täytyy suunnitella ja valmistella huolellisesti ennen itse rungon toteuttamisen aloitusta. Rakennuksen runkotyövaiheen aikana aikataulusta jääminen tarkoittaa usein kokonaisurakan taloudellisen kannattavuuden vähenemistä tai pahimmassa tapauksessa koko rakennushankkeen miinusmerkkistä lopputulosta. Seuraavien rakennusvaiheiden ajallinen kiristäminen ja rakenteellisten tai muiden laatuvirheiden korjaaminen on jälkikäteen usein todella kallista ja haastavaa. Aikataulun kirittäminen kasvattaa riskejä tavoitteiden ja laadukkaan lopputuloksen saavuttamisessa sekä työturvallisuustekijöiden ylläpitämisessä. Tavanomaisessa tilanteessakin rakentamisvaihe voi pitää sisällään paljon aikataulu-, kustannus-, laatu- ja työturvallisuusriskejä, jolloin rakennusvirheet ja aikataulun kiristäminen vain lisäävät näitä.

Idea tälle opinnäytetyölle syntyi tämän työn tekijän oman runkotyövaihekokemusten ja työhistorian kautta. Tekijä valmistui Seinäjoen ammattikorkeakoulusta rakennusmestariksi vuonna 2019. Tätä ennen ja valmistumisen jälkeen hän on toiminut työnjohtajan roolissa yhteensä seitsemässä eri rakennushankkeen runkotyövaiheessa. Kaikissa näissä rakennuksissa runko on toteutettu betonielementtirunkoisena. Työkokemusten kautta tämän työn tekijän vahvuudet työnjohtajana painottuvatkin runkotyövaiheeseen, sen suunnitteluun, valmisteluun ja toteutuksen läpivientiin.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on kertoa, mitä rakennushankkeen runkotyövaihe pitää sisällään. Työssä käydään läpi runkotyövaiheen perusteita ja tuodaan esille tarvittavat suunnitelmat, jotka on laadittava ennen runkotöiden aloitusta. Sisällön painotus on nimenomaan betonielementtirunkoisissa rakennuksissa ja kyseisen rakennustekniikan pääpiirteiden esiin tuomisessa. Työssä käsitellään runkotyövaiheen suunnittelua, valmistelua ja toteutusta. Sisältöön on laadittu näiden aiheiden tärkeimmät asiakokonaisuudet. Tavoitteena oli saada esiin niitä asioita, jotka vaikuttavat merkittävästi runkotyövaiheen läpiviemiseen ja laadukkaan lopputuloksen toteuttamiseen.

2 RUNKORAKENTAMISEN PERUSTEET

2.1 Rakentamisvaiheet

Rakennushankkeen rakentamisvaihe aloitetaan työmaan perustamisella, josta sitä jatketaan loogisessa järjestyksessä yleensä kuudella eri rakennusvaiheella päättyen viimeistelyvaiheeseen ja työmaan purkamiseen (Rakennustieto, 2010a, s.11).

Rakennustiedon (2010a) mukaan rakentamisvaiheita ovat:

- maanrakennusvaihe
- perustustyövaihe
- runkotyövaihe
- sisätyövaihe
- pihatyövaihe
- viimeistelyvaihe.

Rakennuskohteen runkotyövaihe viittaa rakennusprojektin siihen vaiheeseen, jossa rakennuksen kantavat rakenteet, kuten seinät, palkit, pilarit sekä välipohjat ja katto rakennetaan. Rungon tehtävänä on tukea koko rakennuksen rakenteita sekä osia ja varmistaa kohteen turvallisuus ja stabiilitteinen kestävyys.

2.2 Elementtirakentaminen yleisesti

Rakennuksen runko voidaan toteuttaa kokonaisuudessaan elementtitekniikalla (Elementtisuunnittelu, 2023a). Merkittävimmät saavutettavat hyödyt betonirakentamisen paikallavutekniikkaan verrattuna on rungon pystytysnopeus, toteutuksen selkeys ja työtehtävien päällekkäisyyksien vähentyminen. Elementit valmistetaan elementtitehtaiden sisätiloissa, joka helpottaa betonirakentamista suuresti, sillä lämpötila- ja kosteusolosuhteiden toteuttaminen halutun mukaisiksi on helpompaa. Elementtitehtaista elementit toimitetaan työmaalle elementtirekoilla, jolloin käytännössä vain niiden pystytys ja liittymärakenteiden juottaminen jää työmaan tehtäväksi.

Elementti on kiinteänä kokonaisuutena käsiteltävä esivalmistettu rakenne tai sen osa, joka vaatii muodon tai painonsa vuoksi nostoapuvälineiden käyttöä (Valtioneuvoston asetus elementtirakentamisen työturvallisuudesta 578/2003). Elementti voi olla betonia, terästä, metallia, puuta, lasia, muovia tai muuta ainetta. Elementtirakentaminen tarkoittaa rakentamista, jossa rakennus tai rakenne tehdään kokonaan tai osaksi elementeistä. Elementtirakentamiseen kuuluu suunnittelun ja rakentamisen valmistelun lisäksi työmaalla tehtävät työt, kuten elementtien vastaanotto, väliavarastointi ja asennus. Elementtien asennukseen kuuluvat nostot, siirrot ja väliaikaistuenta sekä lopullisten liittymärakenteiden toteutus, kuten juotos-, hitsaus-, saumaus-, tilkintä- ja eristystyöt.

2.3 Rakentamislaki ja valtioneuvoston asetukset

Rakentamislaisissa (751/2023) määritetään rakenteiden lujuuden ja vakauden vastuista sekä vaatimuksista. Lain mukaan rakennushankkeeseen ryhtyvän on huolehdittava, että rakennus suunnitellaan ja rakennetaan siten, että rakennuksen rakenteet ovat lujia ja vakaita sekä soveltuvat rakennuspaikan olosuhteisiin ja kestävät kohteeseen suunnitellun käyttöiän. Kantavia rakenteita varten tehtävä suunnittelu ja mitoitus on tehtävä perustuen rakenteiden mekaniikkasääntöihin ja hyväksytyihin suunnitteluperusteisiin tai lueteltaviin koetuloksiin ja muihin käytettävissä oleviin tietoihin. Suunnittelussa ja suunnitelmien toteuttamisessa on käytettävä rakennustuotteita, jotka ovat lujuuden ja vakauden kannalta soveltuvia suunniteltuihin rakenteisiin.

Rakennuksen suunnittelussa ja rakentamisessa on huomioitava, ettei rakentamisen ja käytön aikana ilmaannu sortumista tai lujuutta ja vakautta haittaavia muodonmuutoksia (Rakentamislaki 751/2023). Ympäristöministeriö on laatinut asetuksen kantavista rakenteista, jonka mukaan kantavien ja jäykistävien rakenteiden tekniset vaatimukset täytyvät, kun rakenteet suunnitellaan ja toteutetaan eurokoodien ja niitä koskevien ympäristöministeriön asetusten mukaisesti (Ympäristöministeriön asetus kantavista rakenteista 477/2014).

Elementtirakentamisen työturvallisuus asetuksessa (578/2003) sanotaan, että rakennuttajan tulee laatia asiakirja, josta selviää riittävät lähtötiedot rakennushankkeen ominaisuuksista, luonteesta ja rakennuspaikan olosuhteista. Tämä asiakirja luovutetaan kohteen suunnittelijoille ennen suunnittelu- ja rakentamisvalmisteluvaihetta. Rakennuttajan tai

vastaavan tahon, joka ohjaa ja valvoo rakennushanketta, on määriteltävä eri työvaiheiden ja urakoitsijoiden yhteensovittamisen säännöt, jotta varmistetaan kaikkien työmaalla työskentelevien turvallisuus.

Rakennushankkeen suunnittelussa on huomioitava turvallinen elementtirakentamisen toteutus, jolloin asiakirjoissa on annettava tiedot elementtien turvallisesta nostosta ja käsittelystä sekä asennusaikaisten suojakaiteiden, asennustasojen ja muiden vastaavien turvalaitteiden kiinnittämiseen liittyvistä varauksista (Valtioneuvoston asetus elementtirakentamisen työturvallisuudesta 578/2003). Näiden lisäksi on annettava riittävät tiedot elementtien väliaikaisesta tuennasta ja lopullisesta kiinnittämisestä siten, että rakennusaikainen vakavuus saadaan säilytettyä kaikissa elementtirakentamisen eri vaiheissa. Myös geotekniikan suunnittelussa on huomioitava väliaikaiset kuormat, jotka syntyvät erilaisista nostureista ja nostimista tai elementtien väliaikaisesta varastoinnista.

3 RUNKORAKENTAMISEN SUUNNITELMAT

3.1 Rakennussuunnitelmat ja piirustukset

Rakennussuunnitelma sisältää rakennuksen pääpiirustukset, joihin kuuluvat asemapiirros sekä pohja-, leikkaus- ja julkisivupiirustukset sekä tarvittavat erityissuunnitelmat (Maankäyttö- ja rakennuslaki 132/1999). Erityissuunnitelmat sisältävät tarpeelliset muut piirustukset, laskelmat ja selvitykset. Erityissuunnitelmia ovat esimerkiksi pohjarakenne-, rakenne- ja LVIS-piirustukset sekä niiden selostukset.

Rakentamisen suunnittelussa on oltava suunnittelun kokonaisuudesta ja laadusta vastaava pääsuunnittelija sekä vastaava rakennussuunnittelija ja erityissuunnittelija (Maankäyttö- ja rakennuslaki 132/1999). Pääsuunnittelijan tehtäviin kuuluu huolehtia, että rakennussuunnitelma ja erityissuunnitelmat muodostavat sellaisen kokonaisuuden, että rakentamista koskevat säännökset ja määräykset sekä hyvän rakennustavan vaatimukset täyttyvät. Pääsuunnittelija toimii useasti myös kohteen vastaavana rakennussuunnittelijana. Rakennussuunnittelijan tehtävänä on suunnitella kohteen pääpiirustuksien pohjapiirustukset, muodot, julkisivut ja rakenneratkaisut.

Vastaavan erityissuunnittelijan tehtävänä on huolehtia, että hänellä on käytössään tarvittavat lähtötiedot ja erityissuunnitelman vaatimukset täyttyvät säännösten, määräysten ja hyvän rakennustavan mukaisesti (Maankäyttö- ja rakennuslaki 132/1999). Vastaavan erityissuunnittelijan vastuulla on huolehtia, että erityissuunnitelmaan laaditut erilliset tehtäväosat muodostavat yhdessä toimivan lopputuloksen. Vastaavana erityissuunnittelijana voi toimia esimerkiksi kohteen vastaava rakennesuunnittelija tai KVV-vastaava.

Rakennushankkeen rakennussuunnitelma on edellytyksenä rakennusluvalle, kun taas rakennuslupa on edellytyksenä rakentamisvaiheeseen siirtymiselle. Runkotyövaihesuunnitteluun ja työvaiheen toteuttamiseen tarvitaan pääpiirustusten lisäksi hankkeen rakenne- ja LVIS-piirustukset. Rakennuksen runkoon vaikuttavat rakenne- ja LVIS-piirustukset on oltava valmiita, kun rakentaminen alkaa tai ainakin siltä osin, että piirustuksiin tulevat lisäykset ja suunnitelmapäivitykset eivät vaikuta merkittävästi runkotyövaiheen suunnitteluun ja

toteutukseen. Ne antavat tarvittavat yksityiskohtaiset tiedot ja tavoitteet sille, mitä ollaan tekemässä ja minkälaisen rakennushankkeen runkotyövaihetta suunnitelmissa käsitellään.

Asemapiirroksesta on löydyttävä tiedot, että suunniteltu rakentaminen on kaavan tai muun maankäyttösuunnitelman ja rakennusjärjestyksen mukaista ja täyttää rakennuspaikalle ja sen käytölle asetetut vaatimukset (Ympäristöministeriö, 2015). Asemapiirrokseseen on sisällyttävä rakennuspaikan, rakennuksen ja piha-alueen tiedot ennen ja jälkeen suunnitellun rakentamisen.

Pohjapiirustuksiin on sisällyttävä piirustukset rakennuksen jokaisesta kerroksesta tai tasosta sekä tarvittaessa vesikatosta (Ympäristöministeriö, 2015). Pohjapiirustuksiin on sisällyttävä myös tieto palo-osastoista ja poistumisalueista. Pystysuuntaiset rakenteet ja rakennusosat on esitettävä poikkileikkauksina ja taustalla näkyvät asiat projektiolina. Pohjapiirustuksiin on merkittävä kutakin leikkauspiirustusta vastaava kohta ja katselusuunta.

Leikkauspiirustuksiin on sisällyttävä pituus- ja poikkisuuntaiset piirustukset rakennuksen erityyppisistä osista. Pysty- ja vaakasuuntaiset rakenteet ja rakennusosat on kuvattava leikkattuina. Leikkaustasot on valittava siten, että piirustuksesta käy ilmi lupaharkinnan kannalta tarkoituksenmukaiset tiedot. Leikkauspiirustuksiin on sisällyttävä tieto palo-osastoista ja poistumisalueista. Leikkauspiirustuksen on rakennuspaikan maanpinnan osalta ulotuttava riittävästi rakennuspaikan ulkopuolelle.

Julkisivupiirustuksiin on sisällyttävä piirustukset rakennuksen kaikista sivuista kohtisuorana projektiona, mukaan lukien vesikaton näkyvät osat (Ympäristöministeriö, 2015). Rakennetussa ympäristössä julkisivupiirustukseen on sisällyttävä tieto suhteista ja liittymisestä viereisiin rakennuksiin riittävän laajasti.

Rakennepiirustuksiin ja rakennelaskelmiin on rakennushankkeen vaatimukset huomioon ottaen riittävän laajasti sisällyttävä tieto suunnittelussa käytetyistä kuormituksista, kantavien rakenteiden lujuudesta ja vakaudesta sekä rakenteiden mitoista (Ympäristöministeriö, 2015). Rakennepiirustuksiin on sisällytettävä myös tieto rakenteiden lämmön, kosteuden, veden ja vedenpaineen, äänen sekä värinän eristyksen ratkaisuksista.

Rakennepiirustuksiin kuuluvat yleensä paalutus-, perustus-, taso-, vesikatto-, leikkaus-, rakenneosaj- ja yksityiskohtapiirustukset sekä elementtien valmistus-, asennus- ja sijoituspiirustukset (Ympäristöministeriö, 2015, s. 12). Näissä piirustuksissa esitetään yleensä rakennuksen perustaminen, rakenteet ja niiden sijoitus tunnuksineen, mitat ja yksityiskohdat. Esitettäviä asioita ovat esimerkiksi raudoitukset, kiinnitykset, liitokset, reiät ja heikennykset sekä rakenteiden ja niissä käytettävien materiaalien ominaisuudet, kuten kantavuus, ääni, lämpö, kosteus sekä vedeneristys ja paloturvallisuus. Lisäksi rakennekuviissa suunnitelmaan henkilöturvallisuuden kannalta merkittävien kaiteiden, suojarakenteiden, tikkaiden ja kattosiltojen rakenne.

LVI-piirustuksiin eli lämmitys-, vesi- ja viemäri- sekä ilmanvaihtosuunnitelmiin on sisällyttävä tieto sisäolosuhteiden tavoitetasoista ja niiden ylläpitämiseen käytettävistä toiminnoista, johdotuksista, kanavista, putkistoista ja laitteista sekä mitoituksista (Ympäristöministeriö, 2015).

3.2 Turvallisuussuunnitelmat

Rakennushankkeen päätoteuttajan on tehtävä kirjalliset työturvallisuutta ja rakennustyömaa-alueen käyttöä koskevat suunnitelmat ennen rakennustöiden aloittamista (Työsuojeluhallinto, 2023). Näiden avulla rakennustyötä suunnitellaan niin, että työ toteutetaan kaikissa rakentamisen osavaiheissa mahdollisimman turvallisesti ja varmistetaan, että työstä ei aiheudu vaaraa työmaalla työskenteleville ja muille työn vaikutusalueen läheisyydessä oleville. Turvallisuussuunnittelun lähtötietona ja pohjana toimii rakennuttajan turvallisuusasiakirja (Rakennustieto, 2009, s. 12). Turvallisuusasiakirjan laadinnan tekee itse rakennuttaja tai ulkopuolinen turvallisuuskoordinaattori, joka on rakennuttajan nimeämä ja valvoma toimija.

Rakennushankkeen tuotannosuunnittelu on tärkeä osa työturvallisuussuunnittelua ja työturvallisuussuunnitelmia (Rakennustieto, 2010a, s. 21). Erityisesti turvallisuuteen keskittyvää suunnittelua ovat muun muassa hankkeen riskien arviointi, turvallisuusasiakirjan sekä työturvallisuus- ja aluesuunnitelman laadinta, jotka on tehtävä ennen rakennustöiden aloittamista. Turvallisuuden varmistamiseen painottuvat myös erityissuunnitelmat kuten pölyn- ja meluntorjunta tai tulityönvalvonta-, tavaransiiro ja putoamissuojaussuunnitelma.

Näiden lisäksi turvallisuutta tulee huomioida kaikissa muissakin tuotannosuunnitteluasiakirjoissa ja toteutuksen ohjeistussuunnitelmissa kuten aikataulu- ja kalustosuunnitelmassa tai työmenetelmien valinnassa.

Turvallisuussuunnitelma edellytetään tehtäväksi rakennustyödirektiivissä (92/57/ETY), mutta tästä huolimatta rakennustyön turvallisuusasetuksessa (205/2009) erityisestä turvallisuussuunnitelmasta ei ole määräyksiä (Rakennustieto, 2019, s.108–109). Valtioneuvoston rakennustyön turvallisuusasetuksessa (205/2009) todetaan, että turvallisuussuunnitelma kutsutun asiakirjan laatiminen ei voi olla itsetarkoitus. Tämä tarkoittaa, että olennaisena asiana ei ole pidetty vain kirjallisen suunnitelman laatimista rajattua tarkoitusta varten. Toisin sanoen pidettiin tärkeämpänä työturvallisuuden ja työterveyden ottamista keskeiseksi osaksi kaikkea rakennushankkeen suunnittelua sekä niiden sisällyttäminen suunnitteluun jokaisessa vaiheessa. Tämän vuoksi erillistä pelkästään työturvallisuutta koskevaa turvallisuussuunnitelman laatimista pidettiin perusteettomana.

Valtioneuvoston asetuksessa rakennustyön turvallisuudesta (205/2009) sanotaan, että suunnittelussa on kiinnitettävä erityistä huomiota ainakin seuraaviin seikkoihin:

- työmaan järjestelyt sekä hyvän järjestyksen ylläpito työpisteissä ja materiaalien käsittelyssä eri rakennusvaiheissa
- räjäytys-, louhinta- ja kaivuutyöt
- maapohjan kantavuus ja kaivantojen tuenta
- rakennustyön aikainen sähköistys ja valaistus
- työmenetelmät
- koneiden ja laitteiden käyttö
- nostotyöt ja siirrot
- putoamissuojauksen toteuttaminen
- työ- ja tukitelinetyö
- elementtien, muottien ja muiden suurten rakenteiden varastointi, nostot ja asennus
- pölyn vähentäminen ja sen leviämisen estäminen
- työhygieenisten mittausten menettelyt
- purkutyö

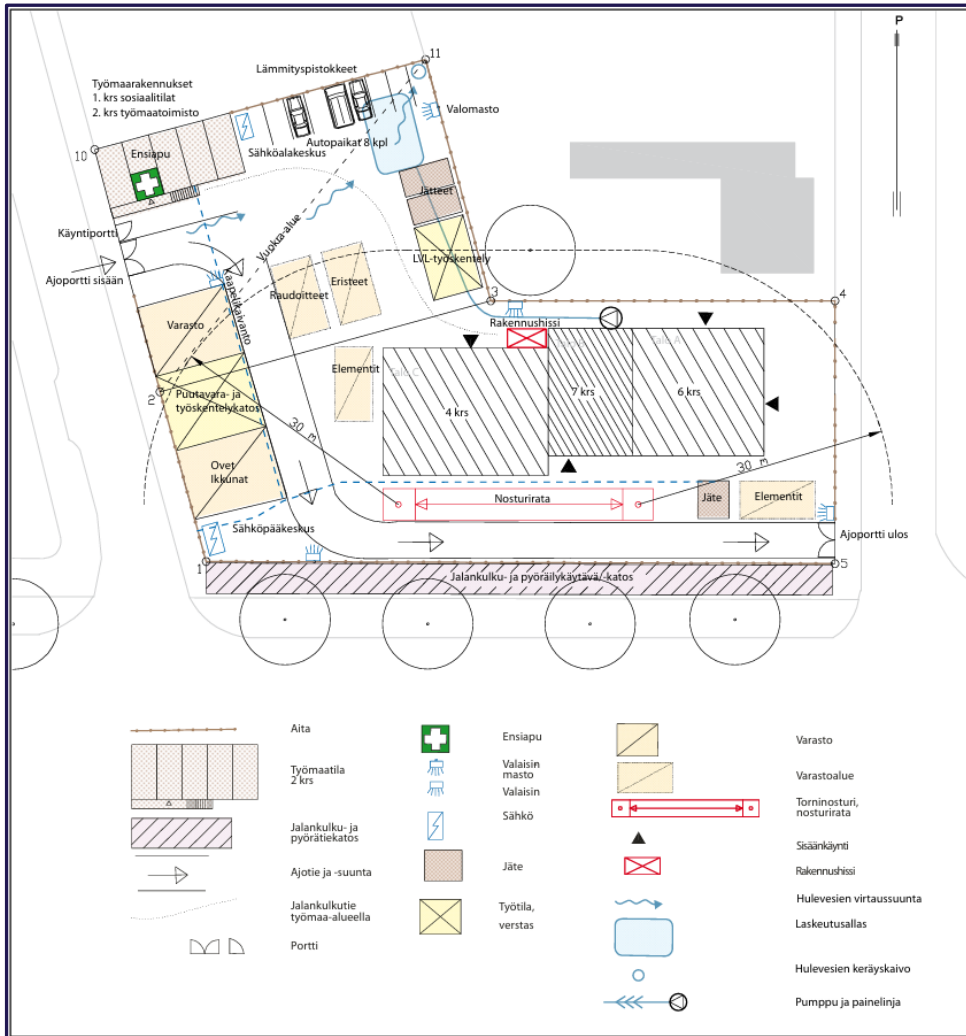
- eri töiden ja työvaiheiden ajoitus ja kesto sekä niiden yhteensovittamisen järjestäminen rakennustöiden edistymisen mukaan
- eri töiden ja työvaiheiden yhteensovittaminen rakennustyömaalla tai rakennustyön vaikutuspiirissä toteutettavan teollisen toiminnan, muiden vastaavien työtoimintojen ja yleisen liikenteen kanssa
- vaaraa aiheuttavat putkistot ja sähkökaapelit
- henkilönsuojainten käyttötarpeet ja -ajankohdat; sekä
- toiminta tapaturmissa ja onnettomuustilanteissa.

Suunnitelmat on tehtävä kirjallisesti ja suunnitelmat on tarkistettava olosuhteiden muuttuessa, ja ne on muutenkin pidettävä ajan tasalla (Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 205/2009).

3.3 Aluesuunnitelma

Aluesuunnittelulla tarkoitetaan koko rakennushankkeen ajan jatkuvaa rakentamisvaiheittain etenevää toimintasuunnitelmasarjaa (Rakennustieto, 2017, s. 1). Aluesuunnittelu aloitetaan toteutussuunnitteluvaiheessa, jolloin tehdään alustavat päätökset hankkeen toteutustavasta, kuten alueen ja rakennuksen lohkojaosta, rungon rakennustavasta sekä toteutuksen työmenetelmistä.

Aluesuunnitelma on yleensä pääurakoitsijan laatima suunnitelma työmaan toiminnoista, jäsentämisestä ja tehtävien järjestämisestä (Rakennustieto, 2017, s. 2). Suunnitelman avulla välitetään tietoa työmaan sisäisistä ja ulkoisista logistiikkajärjestelyistä sekä työ- ja turvallisuusjärjestelyistä hankkeessa mukana toimiville, esimerkiksi työmaan työnjohtajille, työntekijöille ja aliurakoitsijoille. Sen laadinta toteutetaan valittujen tuotantotapojen ja menetelmien, rakennushankkeen laajuuden sekä rakennusalueen ja ympäristön perusteella (mts. 4). Yleissuunnittelu- eli tuotannonsuunnitteluvaiheessa työmaa-alueen käyttöä suunnitellaan aluesuunnitelmassa palvelemaan koko tuotantovaiheen ajaksi. Erillinen aluesuunnitelma laaditaan vähintään maanrakennus-, perustus- ja runko sekä sisätyövaiheisiin käyttäen suunnittelupohjana yleissuunnitteluvaiheessa laadittua suunnitelmaa (mts. 2). Kuviossa 1 on esitetty esimerkki rakennustyömaan runkotyövaiheen aluesuunnitelmasta.



Kuvio 1. Runkotyövaiheen aluesuunnitelma (Rakennustieto, 2017, s. 10).

3.4 Putoamissuojaussuunnitelma

Putoamissuojaussuunnitelma on jatkuvasti päivitettävä toimintasarja, joka on osa työmaan turvallisuussuunnitelmaa ja sen suunnittelu jatkuu läpi koko rakennushankkeen toteutusajan (Rakennustieto, 2009, s. 12). Pääurakoitsijan vastuulla on laatia rakennustyömaalle putoamissuojaussuunnitelma ja huolehtia, että suunnitelmassa on määritetty menetelmät ja käytännön ratkaisut putoamisvaaran estämiseksi (Valtioneuvoston asetus elementtirakentamisen työturvallisuudesta 578/2003). Menetelmien ja käytännön ratkaisujen suunnittelussa käydään järjestyksessä läpi kaikki putoamisvaaran aiheuttajat, kuten työtasojen, kulkuteiden ja rakentamisen aikana syntyvien aukkojen suojaus ja vaihtoehtoiset tavat estää putoaminen.

Putoamissuojaussuunnittelu aloitetaan jo rakennushankkeen toteutussuunnittelu- ja urakalaskentavaiheessa (Rakennustieto, 2009, s.12). Ensimmäinen versio putoamissuunnitelmasta laaditaan rakentamispäätöksen jälkeen. Rakentamisvaiheittain työmaan edetessä tätä alkuperäistä suunnitelmaa päivitetään sisältöä lisäten, muuttaen ja laajentaen. Putoamissuunnittelu käsittää riskien kartoitusta ja arviointia, suunnittelua, suunnitelman laadintaa ja ylläpitämistä sekä työmaa-alueen käytön ohjausta.

Suunnitteluohjeen mukaan putoamissuojaussuunnitelman sisällössä on tuotava esille ainakin seuraavat (Rakennustieto, 2009, s. 14) asiat:

- mitkä kohteet suojataan
- miten kohteet suojataan
- suojaustyön aloittamisen ajankohta
- suojausta edeltävä työvaihe
- putoamissuojausasentajien ja -vastuuhenkilön määrittäminen
- käytettävät suojauskalustot ja määrät
- suojauskaluston hankintatyyli ja määrät
- suojarakenteiden kiinnitys ja mitoitus
- suojausten ylläpitäjien ja valvojien määrittäminen
- valvontatapa ja valvonnan aikavälit.

3.5 Laatusuunnitelma

Työmaan laatusuunnittelu ja laatusuunnitelma ovat keskeinen osa projektisuunnittelua, jossa yksi suunnittelun pohjatiedoista on yrityksen oma laatujärjestelmä (Rakennustieto, 1997, s.1). Rakennuttaja eli työn tilaaja määrittelee hankkeelle omat laatuvaatimukset ja tulostavoitteet suunnitelma-asiakirjoissa sekä sopimuksissa. Laatusuunnitelmaa laativan henkilön tulee varmistaa, että hänellä on ennen suunnittelun aloittamista kaikki tarvittavat lähtötiedot ja työhön liittyvät asiakirjat (mts. 3). Jokaiselle työmaalle on tehtävä erillinen työmaakohtainen laatusuunnitelma, jossa esitetyillä toimilla pystytään todentamaan työn laadukas lopputulos työn toteuttajalle itselleen sekä työn tilaajalle rakentamisen kaikissa vaiheissa.

Työmaan laatusuunnitelmassa käsitellään työmaan tuotannon ohjaus, laadunvarmistustoimet- ja vastuut sekä riskit (Rakennustieto, 1997, s. 1). Laatusuunnitelman tarkoitus on koota kaikki ne suunnitelmat, menetelmät, välineet ja toimenpiteet, joilla saavutetaan hyvän rakennustavan mukaisesti rakennuttajan tilaama lopputulos. Pää toteuttaja laatii yleensä laatusuunnitelman, mutta se voidaan laatia myös yhteistyössä rakennuttajan kanssa (mts. 2). Tämä toimintamalli edistää eri osapuolten välillä yhteistyötä ja tiedonkulkua.

Laatusuunnitelman yleisessä osiossa käydään läpi suunnitelman tarkoitus, jakelu ja työmaan kohdetiedot sekä organisaatio (Rakennustieto, 1997, s. 3). Seuraavassa osassa suunnitellaan ja kootaan yhteen laadittavat ja noudatettavat työmaan aikataulullisen ja taloudellisen suunnittelun sekä ohjauksen asiakirjat vastuuhenkilöineen. Suunnittelussa huomioidaan työmaan erityispiirteet ja varaudutaan rakentamisvaiheen aikana mahdollisesti syntyviin erityisongelmiin listaamalla potentiaaliset ongelmat työvaihetasolla. Tavoitteena on löytää ongelmat jo ennen niiden syntymistä, jotta niihin pystyttäisiin ennakkoon valmistautua tai mahdollisesti estämään kokonaan. Työhön liittyvät toiminnot suunnitellaan työmaan vaatimusten, riskien ja erityispiirteiden näkökulmasta. Laatusuunnitelmaan määritetään suunnitelmien, hankintojen ja tuotannon laadunvarmistustekijät kuten myös laadun toteamiseen käytettävät mittalaitteet, kalusto ja järjestelmät. Käydään läpi turvallisuus suunnittelun perusteet, vaatimukset ja tavoitteet. Samoin esitetään, että miten osakohteiden ja kohteen valmistumista ohjataan, seurataan ja valvotaan. Suunnitellaan säännöllisesti pidettävät kokoukset, katselmukset ja osakohteiden tarkastukset sekä mallityöt sekä dokumentointien pääpiirteet ja näiden asiakirjojen jako.

3.6 Kosteudenhallintasuunnitelma

Kosteudenhallinta on tärkeä osa rakennushanketta. Rakennushankkeen kosteudenhallinnan tarkoituksena on, että siitä saadaan katkeamaton ja riittävän yksityiskohtaisesti informoiva laadunhallintaprosessi, jolla vaikutetaan rakennuksen kosteustekniseen suunnitteluun sekä saadaan hallittua rakennusaikaisia kosteusrasituksia (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL, 2011, s. 19). Näin saavutetaan lopputuotteesta laadukas, terve ja kosteusteknisesti oikein toimiva rakennus. Kosteudenhallintaprosessi ei katkea rakennuksen

valmistuttua, vaan jatkuu oikeilla ylläpito- ja käyttötavoilla. Rakennuttajan asettamat laatu-tavoitteet luovat perustan koko prosessille.

Pääurakoitsija laatii työmaan kosteudenhallintasuunnitelman rakennuttajan tekemän kosteudenhallinta-asiakirjan sekä suunnitteluvaiheen kosteudenhallintasuunnitelman pohjalta. Asetettujen tavoitteiden avulla suunnitellaan kohteen kosteudenhallinnan toimenpiteet, joiden avulla suunnitellut kosteudenhallinnan tavoitteet saavutetaan (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL, 2011, s. 95). Kosteudenhallintasuunnitelmaa täydennetään kosteusmittausuunnitelmalla, jossa esitetään rakenneosat, joiden kosteutta mitataan, mittauksien ajankohdat sekä mittausmenetelmät.

Rakennushankkeen kosteudenhallintasuunnitelma laaditaan systemaattisesti arvioimalla ja analysoimalla hankkeen kosteusriskit (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL, 2011, s. 20). Siihen kuuluvat muun muassa lähtötietojen ja olosuhteiden selvittäminen sekä kosteusriskiluokan, kohteen riskien ja kosteudenhallinnan menettelytason määrittäminen. Nämä määrittävät suunnittelun ja rakentamisen tarkemmat toimenpiteet sekä sen, että minkälaisia toimenpiteitä tarvitaan ennakointiin, valvontaan ja seurantaan.

Kosteudenhallintasuunnitelma on kosteudenhallintaprosessin yksi tärkeimmistä työkaluista, jonka laadinta aloitetaan jo tarveselvitys- ja hankesuunnitteluvaiheessa (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL, 2011, s. 20). Suunnitelmaan dokumentoidaan kosteudenhallinnan tavoitteet, joita täydennetään ja noudatetaan suunnittelu- ja rakentamisvaiheen aikana sekä tietoja hyödynnetään myös rakennuksen ylläpidossa ja huollossa.

3.7 Hankintasuunnitelma

Hankintasuunnitelma sisältää tiedon rakennushankkeen läpiviemiseksi tarvittavista hankintakokonaisuuksista, hankintavastuista sekä hankinta-aikataulun mukaisesti määritettyjen hankintatapahtumien ajoittamisesta (Rakennustieto, 2010b, s. 6). Hankintasuunnitelma tehdään heti projektin pääaikataulujen valmistumisen jälkeen. Hankintakokonaisuus muodostuu niistä rakennusmateriaaleista ja työkokonaisuuksista, jotka ovat rakennushankkeelle järkeviä kilpailuttamisen, toimittamisen ja rakentamisen kannalta. Kriittisimmät hankinnat pyritään tekemään välittömästi rakennushankkeen käynnistyessä, jotta

varmistetaan rakentamisen aloitus ilman viivästyksiä (mts. 7). Rakennushankkeen kriittisimpiä alkuvaiheen hankintoja ovat mm. maanrakennusurakka, elementit sekä hankinnat, joilla on tavallista pidemmät toimitusajat.

Työmaan organisaatio ja hankintatiimi laativat yhdessä suunnitelman toimitustavasta ja määrittävät toimittajien valintakriteerit (Rakennustieto, 2010b, s. 7). Nämä voi olla esimerkiksi toimitusnopeuden, hinnan, laadun ja luotettavuuden kaltaisia tekijöitä. Tarjouspyyntöjä ja sopimuksia varten suunnitellaan alustavasti toimituserien määrät, eräkokonaisuudet, pakkausvaatimukset, ajoitus, välivarastointi, purku ja toimitusehdot.

3.8 Elementtiasennussuunnitelma

Elementtiasennussuunnitelma on ennen elementtirakentamisen aloitusta laadittava asiakirja, jonka on oltava kirjallisessa muodossa työmaalla (Valtioneuvoston asetus elementtirakentamisen työturvallisuudesta 578/2003). Suunnitelmassa on käytävä läpi käytettävät elementit, niiden nostaminen ja paikalleen asentaminen, elementtien asennusjärjestys, mittausjärjestelmä ja mittatarkkuus, tukipintojen vähimmäismitat, väliaikainen tuenta, lopullinen kiinnitys sekä työtasot ja putoamissuojaus. Elementtiasennussuunnitelmaa laadittaessa on otettava huomioon eri osapuolten asettamat työturvallisuusvaatimukset elementtirakentamiselle sekä rakennustyön turvallisuudesta annettua valtioneuvoston päätöstä (629/1994) sekä työtelineiden ja putoamisen estävien suojarakenteiden käytöstä rakennustyössä annettua sosiaali- ja terveystieteiden ministeriön päätöstä (156/1998).

Valtion neuvoston asetuksessa (578/2003) vaaditaan myös, että elementtiasennussuunnitelmassa on esitettävä edellisessä kappaleessa luetteloitujen vaatimusten lisäksi nostotyön nostokalusto, elementtien painot tyypeittäin, nostopaikat, nostoapuvälineet elementtityypeittäin, nostojen ohjaus ja mahdolliset rajoitukset. Suunnitelmaan on kirjattava nosturityyppi, joka on ominaisuuksiltaan kyseiseen nostotyöhön soveltuva. Nostolaitteiden nostokyvyn ja ulottuvuuden on oltava riittävä.

Elementtiasennussuunnitelmaa varten on rakennesuunnittelijan annettava riittävät tiedot asennusjärjestyksestä, väliaikaisesta tuennasta ja lopullisen kiinnittämisen toteuttamisesta niin, että rakenteellinen vakavuus säilytetään kaikissa elementtiasennusvaiheissa

(Elementtisuunnittelu, 2020a). Tämän lisäksi rakennesuunnittelijan on annetta tarvittavat tiedot turvallisesta nostamisesta, käsittelystä sekä työnaikaisista asennustasoista. Vastaava rakennesuunnittelija huolehtii, että laaditut suunnitelmat ovat asennustyöturvallisuuden kannalta ristiriidattomat. Lopuksi valmis suunnitelma hyväksytään päärakennesuunnittelijan, asennustyönjohtajan ja pääurakoitsijan vastaavan mestarin sekä tarvittaessa myös elementtitoimituksen vastuuhenkilön ja valmisosasuunnittelijan allekirjoituksilla.

3.9 Betonityösuunnitelma

Betonityösuunnitelman laadinta on rakennushankkeen betonirakenteiden toteuttamisen suunnittelua (Suomen Betoniyhdistys, i.a.-a). Suunnitelma sisältää rakennushankkeen betonirakenteiden toteuttamista koskevat yleiset betonitöiden toteutussuunnitelmat. Toteutussuunnitelmat käsittää tarvittavat tiedot ja kuvaukset siitä mitkä asiat täytyy ja millä tavalla ne tulee huomioida betonirakenteiden toteutuksessa. Laadukas työsuunnittelu auttaa välttämään turhaa työtä ja näin ollen ehkäisee turhien lisäkustannuksien syntymisen sekä varmistamaan työn sujuvuus (Betoniteollisuus, i.a.-a). Tällöin työn toteutus pystytään tekemään mahdollisimman lyhyessä ajassa, taloudellisesti sekä luoda teknisesti onnistunut lopputulos, korkealaatuinen ja standardit täyttävä sekä pitkäikäinen betonirakenne.

Betonitöiden suunnittelun tarkkuuteen ja laajuuteen vaikuttavat kohteen laajuus, laatuvaatimukset ja olosuhteet, joten eri rakennushankkeiden betonitöiden suunnitelmat voivat poiketa toisistaan merkittävästi (Suomen Betoniyhdistys, i.a.-a). Betonirakenteiden toteutusluokka määrittelee tason suoritettavalle laadunvalvonnalle ja dokumentoinnille (Suomen Betoniyhdistys, 2021, s. 9). Kaikissa betonirakenteiden 2 ja 3 toteutusluokitelluissa rakennuskohteissa on koko kohteen betonitöistä laadittava dokumentoitu betonityösuunnitelma, johon tulee sisällyttää jokaisesta rakenneosasta erillinen valukohtainen betonointisuunnitelma (mts. 55).

Suomen Betoniyhdistyksen (2021, s. 55) laatimassa teknisessä ohjeessa on luetteloitu seuraavat asiat, jotka betonityösuunnitelmassa on vähintään oltava:

- kohteen yleiskuvaus
- listaus kohteen erilaisista betonirakenteista sekä niissä käytettävän betonin vaatimuksista

- muottitöiden suunnittelu
- raudoitus- ja jännitystöiden suunnittelu
- liikunta- ja työsaumojen sijainti sekä laatuvaatimukset ja tarkastukset
- kustakin rakenteesta ja valusta oma valukohtainen betonointisuunnitelma
- jälkihoidon, jälkituennan ja muottien purkamissuunnitelmat
- lämpötilan ja lujuudenkehityksen hallintasuunnitelmat
- laadunvarmistus
- työturvallisuus
- ympäristövaikutukset, olosuhde- ja kosteudenhallinta
- hankintasuunnitelma ja taloudelliset laskelmat.

3.10 Kalustosuunnitelma

Kalustosuunnitelman tarkoituksena on suunnitella ja mitoittaa työtehtävien toteuttamiseen tarvittavat kalustot ja koneet sekä ajoittaa niiden hankinta ja toimitus siten, että työt etenevät suunnitellusti (Koski, 1992, s. 20). Työmaan työnjohto laatii kalustosuunnitelman yleis-aikataulupohjalle ennen rakentamisvaihetta.

Suunnitelmaan sisällytetään vähintään kalustoluettelo ja kalustoaikataulu. Kalustoluetteloon kirjataan tarvittavien kalustojen ja koneiden nimikkeet tyypeittäin (Koski, 1992, s. 20). Jokaisen kalustotyyppin kohdalle merkitään tarvittava määrä, tarveajankohta, toimittaja sekä kustannukset. Kalustoaikataulu laaditaan kalustonimikkeiden mukaisesti. Valmis kalustoaikataulu kertoo, milloin kyseistä kalustoa tarvitaan ja kuinka kauan suunniteltu tarve kestää. Rakentamisenvaihe- ja viikkoaikatauluja laadittaessa kalustosuunnitelmaa tarkennetaan ja päivitetään tarpeen mukaan.

3.11 Aikataulut

Rakennushankkeelle asetetaan erilaisia tavoitteita, joiden toteutuminen edellyttää tuotannon suunnittelua ja -ohjausta (Rakennustieto, 2024, s. 10). Hankkeen tavoitteet luodaan eritasoisilla aikatauluilla. Aikatauluja varten luodaan edellytyksiä, toteutetaan hankkeen ohjausta ja etenemisen valvontaa, jotta tavoitteisiin päästään suunnitellusti.

Aikataulu toimii rakennushankkeen toteutuksen mallina (Rakennustieto, 2024, s. 10). Suunniteltaessa tehtävien ajoitusta ja kestoja, luodaan olemassa olevien tietojen perusteella työkokonaisuuden realistinen toteutusmalli. Aikataulussa kirjataan tavoitteet hankkokonaisuudelle, työvaiheille ja yksittäisille tehtäville. Tavoitteet sisältävät tiedon tehtävien aloittamisesta ja niiden valmistumisesta sekä työvoiman käytöstä. Tavoitteiden suunnittelu tulee olla realistista ja mittaavaa, jolloin tavoitteet ovat sidottuina aikaan ja tuotokseen

3.11.1 Yleisaikataulu

Päätoteuttajan tehtävänä on luoda hankkeen yleisaikataulu, jonka tarkoituksena on esittää koko rakennushankkeen suunniteltu työnkulku (Rakennustieto, 2024, s. 25). Päätoteuttajan luoma yleisaikataulu toimii tuotantovaiheen toteutuksen ja ajoituksen ohjauksen mallina. Yleisaikataulun suunnittelu ja laadinta perustuu myös pääresurssien mitoitukseen, joten se on monen resurssisuunnitelman ja tarkempien aikataulusuunnitelmien lähtötietona, kuten työvoima- ja kalustosuunnitelman tai rakentamisvaihe- ja viikkoaikataulun.

Rakennushankkeelle laaditaan yleensä kolme eritasoista yleisaikataulua (Rakennustieto, 2024, s. 11). Nämä ovat yleisaikataulu, sopimusyleisaikataulu ja työaikataulu, jotka eroavat toisistaan sisällön tarkkuuden, niiden käyttötarkoituksen ja laadinnan ajankohdan pohjalta. Päätoteuttajan alustava yleisaikataulu laaditaan ennen rakennushankkeen aloituspäätöstä tai urakkatarjouksen jättämistä rakennuttajalle (mts. 25). Tämä käydään läpi rakennuttajan ja päätoteuttajan välisissä sopimusneuvotteluissa sekä tarvittaessa tarkennetaan molempia osapuolia tyydyttäväksi sopimusyleisaikatauluksi. Päätoteuttaja tarkentaa sopimusaikataulun rakentamisvaiheen työaikatauluksi, johon sovitetaan mukaan työmaan talotekniikkatyöt välitavoitteineen.

Yleisemmin työaikataulua kutsutaan työmaalla yleisaikatauluksi. Se on rakennustyömaan keskeinen työkalu eri osapuolten tiedonvaihdossa ja töiden etenemisen valvonnan perusteella (Rakennustieto, 2024, s. 25). Näiden lisäksi yleisaikataulun perusteella laaditaan suunnitelma- ja hankinta-aikataulu. Onnistuneen työmaan edellytyksenä pidetäänkin, että suunnitelma, hankinta- ja yleisaikataulu toimivat saumattomasti yhteen.

3.11.2 Hankinta-aikataulu

Edellytys oikea-aikaisiin toimituksiin ja toimitusten aikataulussa pysymiseen on oikein laadittu hankinta-aikataulu ja ajoissa saadut suunnitelmat (Rakennustieto, 2010b, s. 6). Hankintojen aikataulusuunnitelmat tiivistetään lopulliseksi hankinta-aikatauluksi viimeistään työmaan yleisaikataulun valmistuttua (Rakennustieto, 2017, s. 51). Hankinta-aikataulun avulla kytketään hankinnat yleisaikatauluun, jolloin varmistetaan materiaalien ja rakennusosien oikea-aikainen toimitus sekä aliurakoiden aikataulun mukainen aloitus (Rakennustieto, 2010b, s. 7). Hankinnat ajoitetaan toimitusajankohdasta taaksepäin siten, että tarjouspyyntöihin, tarjousten käsittelyyn, neuvotteluihin ja päätöksiin jää riittävästi aikaa. Hankinta-aikatauluun suunniteluun ja sen laatimiseen vaikuttavat usein vallitseva markkinatilanne, hankintojen toteutumisen kriittisyydet ja suunnittelutarpeet.

3.11.3 Rakentamisvaiheaikataulu

Rakentamisvaiheaikataulun laatii rakennushankkeen pääurakoitsijan työmaan johtohenkilöstö. Suunnittelun sekä laadinnan lähtötietona toimii työmaan yleisaikataulu ja yleisin esitystapa on toteuttaa rakentamisvaiheaikataulu 2–6 kuukauden aikajaksolle, joko jana-aikataulu tai paikka-aikakaavion muodossa (Rakennustieto, 2017, s. 56). Perintäisimpiä rakentamisvaiheaikatauluja on maanrakennus-, perustus-, runko- ja vesikattovaiheen aikataulut sekä sisätyö-, viimeistely ja luovutusvaiheaikataulut (mts. 55).

Tärkeimmät lähtötiedot rakentamisvaiheaikataulun laadinnalle (Rakennustieto, 2017, s. 56) ovat:

- sopimusasiakirjat
- yleisaikataulu ja edeltävä rakentamisvaiheaikataulu
- määräluettelo
- tekniset piirustukset ja selostukset
- sovitut työmenetelmät ja kalusto
- käytettävät henkilöresurssit ja sovitut hankinnat.

Aikataulussa esitetään rakennustekniset työt mitoitettuna, tahdistettuna ja riippuvuuksiltaan yhteen sovitettuna merkittävimpien sivu- ja aliurakointitehtävien kanssa

(Rakennustieto, 2017, s. 56). Tavoitteena on saada yhteistyönä mahdollisimman toimiva vaiheaikataulu muiden urakoitsijoiden kanssa, jossa aikataulutavoitteet ovat realistisia ja niihin saadaan kaikki osalliset sitoutettua.

Rakentamisvaiheaikataulun sisältö (Rakennustieto, 2024, s. 29) lueteltuna:

- nimikkeistötunnus tai tehtävän juokseva numero
- aikataulutehtävä, sen suoritemäärä ja yksikkö
- työmenekki tai työsaavutus
- tehtävän työryhmä
- tehtävän kesto
- ajoitus ja riippuvuudet.

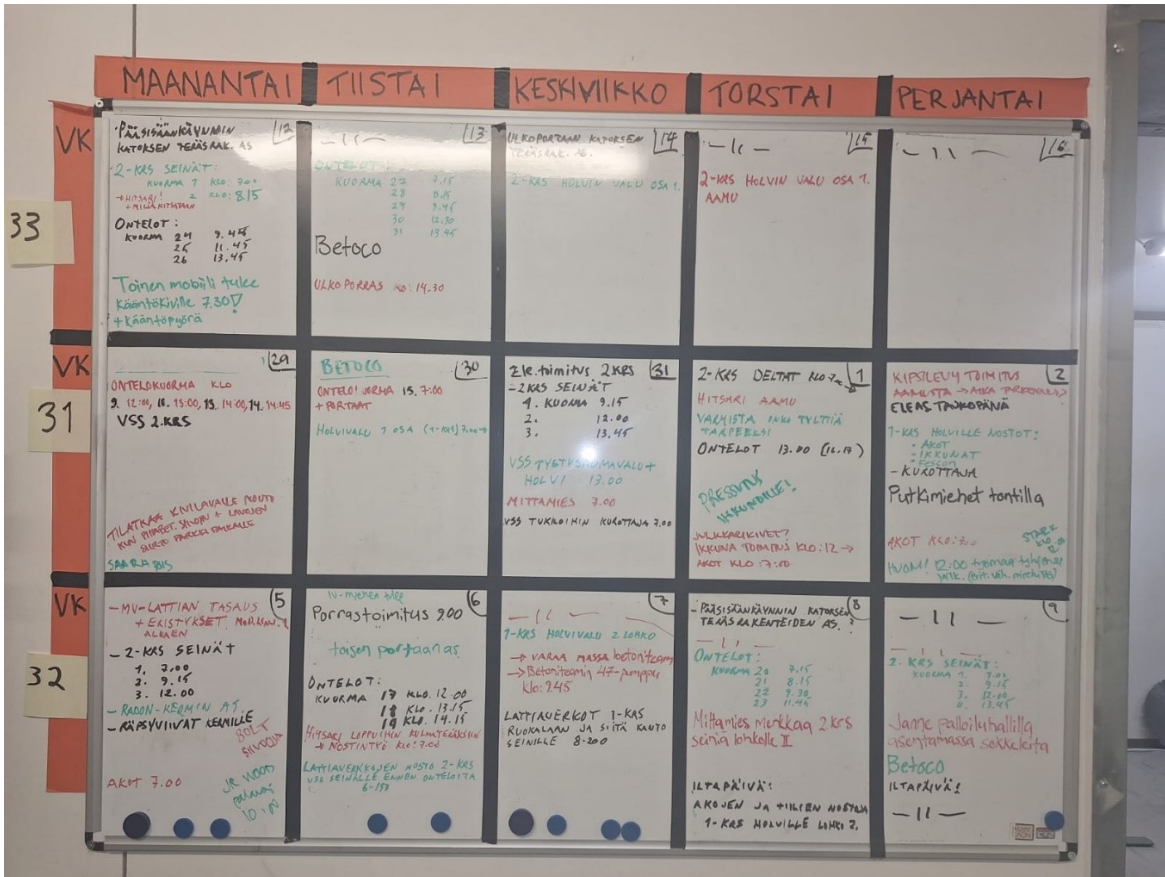
Yleisaikataulun avulla muodostetaan työjärjestys rakentamisvaiheaikatauluun, jossa nimikkeet jaetaan työlajeihin tai -kokonaisuuksiin (Rakennustieto, 2017, s. 56). Resurssisuunnittelua tehdään tärkeimmille työvaiheille käyttämällä suunnittelussa tehollisia työmenekkejä eli T3-aikoja, tehtävien limitystietoja ja vaihtoehtolaskelmia. Työsaavutus- ja suoritemäärätietojen perusteella suunnitellaan koko työvaiheen ja osatehtävien ajoitukset, tarvittaessa myös tarkemmat tuotantosunnitelmat, kuten betonointi- ja kalustosuunnitelma voivat toimia ajoittamisen perusteena.

3.11.4 Viikkoaikataulu

Viikkoaikataulu on työmaan työnjohtajien ja vastaavan työnjohtajan laatima sekä ylläpitämä aikataulu, joka toimii työkaluna käynnissä olevan ja tulevien viikkojen tavoitteiden saavuttamisessa (Rakennustieto, 2017, s. 58). Yleisin tapa on suunnitella ja ylläpitää viikkoaikataulua 1–3 viikoksi eteenpäin. Näiden viikkojen työtehtävät ja tarvittavat resurssit tarkennetaan viikkoaikatauluun, jolloin varmistetaan töiden looginen eteneminen, tehokas työskentely ja resurssien riittävyys. Tarkin viikkosuunnittelu tehdään käynnissä olevalle ja seuraavalle viikolle, jotta mahdolliset tuotannon ongelmat ja resurssipuutteet pystytään havaitsemaan ja niihin pystyttäisiin reagoimaan riittävän ajoissa.

Viikkoaikataulu esitetään usein jana- tai lukujärjestysaikatauluna (kuva 1). Lukujärjestysaikataulua käyttäessä pystytään helposti määrittämään ja erittelemään päiväkohtaiset työt,

niiden kestot ja tekijät. Tussitaululla ylläpidettävää lukujärjestysaikataulua pidetään usein työmaalla kaikkien nähtävillä, jota päivittävät työmaan työnjohtajat. Työnjohtajat laativat omista vastuualueistaan viikkoaikatauluja ja tussitaululle merkatessa nämä kaikkien omat viikkoaikataulut yhteensovitetaan yhdeksi kokonaisuudeksi.



Kuva 1. Työmaan viikkoaikataulu toteutettuna lukujärjestysmuodossa tussitaululle (Kananen, 2024, CC BY-NC-SA).

4 BETONIELEMENTTITYÖN SUUNNITTELU JA VALMISTELU

4.1 Runkotyön lohkojako ja elementtien asennusjärjestys

Rakennuksen rungon lohkojaon määrittäminen ja sen tiedostaminen vaikuttaa merkittävästi usean ennen rakentamisvaihetta tehtävään suunnitelmaan ja aikataulujen laadintaan. Lohko on rakennuskohteen erillinen rakennus tai rakennuksen osa, jossa työt tehdään kokonaisuutena valmiiksi sovittuun pisteeseen, kunnes siirrytään toteuttamaan seuraavaa lohkoa kyseiseen vaiheeseen saakka (Rakennustieto, 2017, s. 73). Lohkot voivat olla muodostettu myös kohteen osista, joissa on käytetty erilaisia tuotantotekniikoita ja suunnitteluratkaisuja tai ne voivat olla erilaisia sijainniltaan ja kerrosluvuiltaan. Lohkorajat muodostetaan usein loogisesti moduulilinjojen, liikuntasauvojen tai työsaumojen avulla.

Yleisin tavoite toteuttaa rakennettava kohde lohkoittain on porrastaa eri työvaiheita ja saada sisätyövaiheet aloitettua aiemmin verrattuna siihen, jos koko runko rakennettaisiin yhtenä kokonaisuutena kerralla valmiiksi (Rakennustieto, 2017, s. 73). Sisävalmistustöiden aikaistamisella voidaan lyhentää koko hankkeen rakennusaikaa. Porrastamalla eri työvaiheita saadaan pidennettyä eri työtehtävien aloitusvälejä ja pilkottua laajuudeltaan suuria työtehtäviä pienemmäksi kokonaisuudeksi ja vähennettyä aikataulun häiriöriskejä.

Lopullinen elementtien asennusjärjestys laaditaan elementtiasennussuunnitelmaan rungon vaatimuksien mukaisesti ja yksityiskohtaisten työmaasuunnitelmien avulla. Asennusjärjestystä laadittaessa on suunniteltava mahdollisimman tarkasti, että elementit saadaan asennettua paikalleen rungon staattisuuden ja turvallisuuden lisäksi mahdollisimman tehokkaasti. Rakennesuunnittelija antaa asennusjärjestyksen suunnittelua varten riittävät tiedot rungon staattisesta toimivuudesta. Työmaakohtaisista suunnitelmista asennusjärjestykseen vaikuttavat työmaan runkoaikataulu ja aluesuunnitelma, rakennuksen lohkojaottelu, sovitut työmenetelmät ja aliurakkasopimukset sekä vaatimukset työturvallisuus- ja laatutekijöille. Asennusjärjestyksen varmistuttua tehdään tämän avulla elementtien toimitus- ja asennusaikataulu, joka hyväksytetään elementtitoimittajalla ja elementtiasennuksen asennustyönjohtajalla.

4.2 Runkotyövaiheen aluesuunnitelma

Rakentamisvaiheittain laadittu aluesuunnitelma on tärkeä asiakirja koko rakentamisvaiheen toteuttamiselle. Runkotyövaiheessa aluesuunnitelman merkitys korostuu tavallista enemmän monestakin eri näkökulmasta katsottuna. Merkittävämpiä tuotannollisia tekijöitä suunnittelussa on elementtien toimitukset ja varastointi, nosturien ja betonipumppujen sijoittaminen, rakennusmateriaalien ja valmisosien toimitukset sekä varastointi sekä sosiaali-tilojen, sähköpääkeskuksien, vesipisteiden ja jätelavojen sijoittaminen. Aluesuunnitelmassa on oltava tarkasti suunniteltuna tekijät, jotta varsinaiset rakennustyöt pystytään toteuttamaan määriteltujen tavoitteiden mukaisesti turvallisesti, laadukkaasti ja taloudellisesti.

Nosturin mitoitus ja sijoitussuunnittelu tehdään tarvittaessa tapauskohtaisesti eri työvaiheille ja työtehtäville tai vaihtoehtoisesti nostotyöt toteutetaan samalla nosturilla, jolloin se mitoitetaan painavimman taakan ja nostoetäisyyden mukaan. Betonielementit asennetaan paikoilleen erityyppisillä nostureilla, joista yleisimmin käytettäviä on torninosturi, autonosturi ja tela-alustaiset nosturit. Nosturityypin määrittämisessä on huomioitava tarvittavat nostokapasiteetit, kuten maksimikuormat ja nostoetäisyydet sekä työmaan maaolosuhteet ja nostotyön erityistarpeet. Määrittämisessä on huomioitava työn laajuus sekä määriteltävä, että pystytäänkö runkotyövaihe toteuttamaan kokonaan yhdeltä sijainnilta vai joudutaanko autonosturia siirtämään runkotyövaiheen aikana. Suunnittelussa on huomioitava turvallisuuden varmistaminen, joita ovat nosturin nostokapasiteetin lisäksi maaperän kantavuus, suojaetäisyydet ja riittävät näköyhteydet nostotöiden suorittamiseksi. Nosturityypin varmistuttua, varataan aluesuunnitelmaan kyseisen nosturin ja työmaan vaatimuksien mukainen alue tai alueet, johon nosturi pystytetään tai pedataan.

Varastointi- ja logistiikkasuunnittelu on tärkeä osa aluesuunnitelmaa. Elementtiasennuksen aikana rakennusmateriaalien ja elementtien rahtiliikenne on lähes jatkuvaa läpi rungon pystytyksen, jolloin logistiikka- ja varastointisuunnittelu on oltava aluesuunnitelmassa huomioituna tarkasti. Rekka- ja kuorma-autojen on päästävä työmaalle mahdollisimman esteettömästi. Tähän vaikuttavat työmaaporttien, liittymien, työmaateiden ja varastointialueiden sijoittaminen järkevästi ja riittävän kokoisiksi. On huomioitava rekka-autojen ja varastoitavien tuotteiden määrä sekä mitoitettava tarvittava ala, jotta toimitettavat tuotteet pystytään tontille suunnitellusti purkamaan. Vaihtoehtoisesti elementit ja rakennusmateriaalit

voidaan nostaa nosturilla suoraan niille tarkoitetuille paikoille, jolloin tarvitaan paljon tarkempaa etukäteen toteutettua työsuunnittelua ja logistiikan aikataulusuunnittelua.

4.3 Runkotyövaihe aikataulun perusteet

Ensimmäisiä tehtäviä runkoaikataulun laadinnassa on saada selkeä käsitys siitä, että mitä rakennushankkeessa ollaan tekemässä ja miten. On oltava myös selkeä käsitys rakennushankkeen työaikataulusta eli työmaan yleisaikataulusta ja siitä ajasta, joka yleisaikatauluun on suunniteltu rungon toteuttamiseksi. Tämän jälkeen on perehdyttävä tarkasti ainakin rakennuttajan kanssa tehtyihin rakennushankkeen sopimuksiin ja vaatimuksiin, pääurakoitsijan laatimiin suunnitelmiin ja tavoitteisiin sekä suunnittelijoiden työpiirustuksiin ja rakennusselostuksiin. Näiden avulla saadaan käsitys rakennettavan rungon laajuudesta, määristä, erityispiirteistä ja erilaisista vaatimuksista. Sen lisäksi näitä kaikkia lueteltuja asiakirjoja on osattava katsoa erilaisten tavoitenäkökulmien kautta. Tällaisia näkökulmia on esimerkiksi työturvallisuus, työn laatu, hankkeen ja työvaiheen taloudellisuus sekä aikataulun pitävyys.

Runkotyövaihekokonaisuus jaetaan työtehtäviin, työlajeihin ja työnosiin, joilla muodostetaan erilaisten riippuvuuksien avulla toteutettava työjärjestys, jonka mukaan runkoaikataulu laaditaan (kuvio 2). Aikatauluun merkitään selkeästi lohkojaottelu ja kyseiseen lohkoon liittyvät kerrokset. Jokaisen lohkon ja kerroksen työtehtävät sekä niiden työjärjestys määritetään lohkoittain kerroskohtaisesti, jonka jälkeen kaikki työtehtävät mitoitetaan ajallisesti käyttäen aikataulutuksen T3-aikaa. Mitoituksessa määritetään tarvittavat työntekijätunnit eli henkilöresurssit ja lasketaan suoritemäärät itse tai otetaan ne valmiiksi lasketusta määräluettelosta. Näiden avulla saadaan yksittäisen aikatautehtävän tehollinen aika eli se kuinka kauan yksittäisten aikataulutehtävien toteutus kestää ilman yli tunnin keskeytyksiä ja odotusaikoja.

- holvin raudoitus-, muotti- ja betonointityöt
- harjateräksien ja raudoitusverkkojen valmistus ja toimitus
- betonimassan valmistus, toimitus ja pumppaus
- pystysaumabetonointi
- nosturi ja nosturinkuljettaja
- takymetrimittaus
- puurakenteiset rakenteet, kuten vesikatot ja katokset
- muiden teräsrakenteiden valmistus, toimitus ja asennus
- LVIS-työt
- kalusto ja koneet
- puumateriaalit.

4.5 Kalustosuunnittelu ja yleisimmät kalustonimikkeet

Betonielementtirunkoisen rakennuksen runkotyövaiheeseen sekä siihen sisältyvää elementtiasennusta ja betonointia varten tarvitaan suuri määrä erilaisia kalusto- ja konehankintoja. Tarvittava kalusto suunnitellaan ja mitoitetaan tarkasti aina työmaa- ja työtehtäväkohtaisesti. Kaluston suunnittelulla ja mitoituksella varmistetaan, että työ voidaan toteuttaa työsuunnitelmien ja aikataulun mukaisesti laadukkaasti, turvallisesti ja taloudellisesti. Esimerkiksi jokaisen elementin vino- ja pystytuet täytyy mitoittaa riittävän pituuden, kiinnitysmenetelmän ja kuormituskapasiteetin mukaisesti, jotta kaikki elementit saadaan väliaikaisesti ohjeiden mukaisesti ilman pitkiä työn keskeytyksiä ja työturvallisuusriskejä.

Seuraavassa on luetteloitu yleisimpiä kalustonimikkeitä, jotka on hankittava edellä mainitun työvaiheen ja työtehtävän toteutukseen, joko vuokra- tai ostokaupalla:

- elementtien pysty- ja vinotuet
- siirrettävä varastokontti
- betonimylly, lapiot ja nostokorvalliset betonikärryt
- vesipiste ja vesisäiliö
- raudanväännin
- asennustikkaat, -telineet ja -työpukit
- henkilösuojaimet, työturvallisuusmateriaalit ja -kalusto

- putoamissuojaus- ja tulityökalusto
- henkilö- ja tavaranostimet
- materiaalien vaakasiirtokalusto
- käsityökalut ja sähkötyökalut
- mittaustyövälineet
- sähkökeskukset, -kaapelit ja roikat
- lämmitys- ja suojauskalusto.

4.6 Sääolosuhteiden hallinta

Vesisade, myrskyt sekä pakkaset ja lumisade ovat sääilmiöitä, jotka vaikuttavat varsinkin runkotyövaiheessa useimmiten negatiivisesti aikatauluun, taloudelliseen kannattavuuteen, laatuun ja työturvallisuuteen. Muuttuvat sääolosuhteet hidastavat rakentamista ja aiheuttavat usein myös keskeytyksiä (Rakennustieto, 2017, s. 69). Nämä tuottavat haasteita, koska niiden ennakkoon arviointi ja ajoittaminen yleis- ja rakentamisvaihe aikatauluissa on usein melko vaikeaa. Tilastoja arvioidessa voidaan kuitenkin todeta, että syys-, loka- ja marraskuun välisenä aikana sataa noin kymmenenä päivänä yli 1 millimetriä sekä nosturi-työskentelyä haittaavia syysmyrskyjä puolestaan on noin kahdesta kolmeen kertaan kuukaudessa. Rakentamisvaihe aikataulussa säähäiriöihin varaudutaan lisäämällä kriittisten työvaiheiden loppuun niin sanotut puskurajat tai sijoittamalla ne säännöllisesti aikatauluun kahden tai kolmen kuukauden välein.

Tarkemmissa viikkosuunnitelmissa sääolosuhteet pystytään huomioida paljon tarkemmin verrattuna yleis- ja vaihe aikatauluihin, jolloin yllättävien säähäiriöiden ehkäisy ja niihin varautuminen on helpompaa (Rakennustieto, 2017, s. 69–70). Pääurakoitsijan ja työnantajan tehtävänä on taata sääolosuhteista riippumatta turvalliset työskentelyolosuhteet ja toteuttaa vaatimuksien mukaista työn laatua. Tarvittaessa työ täytyy keskeyttää, mikäli sään vuoksi näihin tavoitteisiin ei päästä. Yleisiä työn keskeytykseen johtaneita säätekijöitä ovat liian kova vesisade, tuuli, pakkas ja räntä- ja lumisade.

Talvella rakentaminen pidentää rakennusaikaa aiheutuneiden lisätöiden ja työkeskeytyksien vuoksi (Rakennustieto, 2017, s. 70). Talvilisätyöt, kuten rakenteiden suojaus ja kohteeseen tehtävät lumityöt aiheuttavat ylimääräistä työmenekkiä ja materiaalien hankintaa.

Katkoksia ja aikataulun pidennyksiä aiheuttavat työn toteuttamisen ja materiaalien lämpötilarajoitukset sekä työkoneiden ja -laitteiden käyttölämpötilarajoitukset.

5 ELEMENTTIRUNKORAKENTAMINEN

5.1 Asennusta edeltävät työturvallisuustoimenpiteet

Ennen elementtirunkotöiden aloittamista työmaan työnjohto järjestää aloituspalaverin, johon osallistuvat elementtiasentajat ja muut runkotöihin osallistuvat työntekijät (Elementtisuunnittelu, 2020b). Aloituspalaverissa käydään läpi kohteen elementtiasennussuunnitelma, olosuhteet, työn suorittamiseen tarvittavat materiaalit ja kalustot. Kaluston läpikäymisessä kiinnitetään erityistä huomiota, että asennuskalusto on juuri oikea kyseiselle kohteelle sekä määräysten mukaisia ja kaikki tarvittavat tarkastukset ovat välineiden osalta voimassa. Aloituspalaverissa käsitellään myös elementtien toimitus- ja asennusaikataulu sekä välitavoitteet, laadunvarmistus ja työturvallisuus.

Työturvallisuuden varmistamiseksi on työmaajohdon annettava työntekijöille ennen asennuksen aloittamista työhön opastus, jossa jaetaan riittävät tiedot ja ohjeet elementtiasennuksen vaaroista ja riskeistä sekä niiden torjumisesta (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL, 2019, s. 185). Tavoitteena on varmistua siitä, että työhön osallistuvat työntekijät tuntevat eri työvaiheet ja niissä käytettävät asennusmenetelmät, turvalliset työtavat sekä osaat käyttää työkalustoa oikeaoppisesti. Työn opastukseen kuuluu sisällyttää yleisimmät ja mahdolliset häiriötilanteet- ja tekijät sekä käydä keskustelua, miten mahdollisessa häiriötilanteessa toimitaan.

5.2 Elementtien vastaanotto, purku ja varastointi

Elementtivalmistajataho toimittaa betonielementit työmaalle. Kuorma puretaan nosturin avulla asentamalla elementit suoraan lopullisille paikoilleen tai välivarastoidaan työmaalle myöhempää asennusta varten (kuva 2). Elementtiasennussuunnitelmassa ja työmaan aluesuunnitelmassa päätetään elementtiasennuksessa käytettävät työmenetelmät erikseen kaikille elementtityypeille. Päätökseen vaikuttaa työmaan varastointimahdollisuudet ja arviointi mahdollisimman tehokkaasta työmenetelmästä taloudellisen ja aikataulullisen lopputuloksen avulla. Arvioitaessa mahdollisimman tehokasta työmenetelmää on yksi verrattavista tekijöistä se, kuinka monta elementtiä saataisiin asennettua lopulliselle

paikalleen siinä ajassa, kun niitä välivarastoidaan ja asennetaan välivarastosta lopulliselle paikalleen.

Yksi yleisistä tavoista on asentaa ontelolaatat suoraan kuormasta paikoilleen ja välivarastoida seinä-, palkki-, pilari- sekä porrasedimentit. Tämä johtuu siitä, että urakkasopimuksissa on usein maininta tunnin sisältyvästä purkuajasta, jolloin ylimenevästä odotusajasta toimittajataho laskuttaa sopimuksessa sovittua hintaa. Seinä-, pilari- ja porrasedimentit ovat sen verran hitaita asennettavia, että sovittu purkuaika ei yleensä riitä saamaan kokonaista kuormaa tunnissa paikoilleen, toisin kuin laattaelementtien kohdalla.

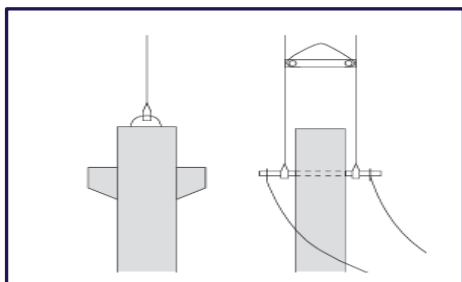


Kuva 2. Elementtifakkiin välivarastoitu kuori- ja väliseinäelementit (Kananen, 2024, CC BY-NC-SA).

Ennen kuorman purkua tilaaja suorittaa elementtikuormalle vastaanottotarkastuksen, jossa varmistetaan toimituksen oikea sisältö (Heiska & Koskenvesa, 2010, s. 23). Elementeissä on riittävät tunnistetiedot ja elementit eivät ole vaurioituneita kuljetuksessa sekä nostolenkit ovat tyypiltään ja sijainniltaan oikein. Ontelolaattojen tarkastuksessa tehdään identtiset toimenpiteet, mutta nostolenkkien sijaan varmistetaan, että nostourat ovat ehjät, valutulpat ovat paikoillaan ja annetut punosliukumien hylkäysraja-arvot eivät ylitä.

5.3 Pilarielementtien asennus

Pilarielementtien nosto toteutetaan pujottamalla nostoakseli pilarin yläpäähän tehdyn nostoreiän läpi ja kiinnittämällä nostoakselin toiseen päähän sokka (kuvio 3), jonka jälkeen pilari voidaan nostaa paikoilleen (Heiska & Koskenvesa, 2010, s. 35). Pienempien pilareiden nosto voidaan toteuttaa pilarin yläpäähän valetun nostolenkin avulla tai nostoapuvälineellä, joka kiinnitetään pilarissa oleviin pultteihin. Pilarielementin kiinnittäminen tapahtuu pultti-, holkki-, hitsaus- tai tappiliitoksella, jonka jälkeen pilari tuetaan vähintään kahdella säädettävillä elementtituella. Elementtituet kiinnitetään pilaripantojen, sisäkierreankkurien tai betoniruuviavulla. Nostoapuvälineet saa irrottaa vasta, kun lopullinen kiinnitys ja elementtituet on asennettu (kuva 3). Turvallisin ja helpoin tapa irrottaa nostoapuvälineet on käyttää nostoakseliin kiinnitettävää laukaisinnarua, jolloin irrottamiseen ei tarvita henkilö nostinta, työtelineitä tai tikkaita.

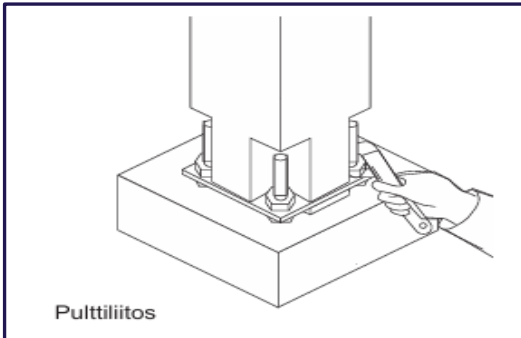


Kuvio 3. Pilarielementin nostolenkki- ja nostoakselimenetelmä (Heiska & Koskenvesa, 2010, s. 35).



Kuva 3. Kahden kerroksen korkuiset pilarielementit asennettuna (Kananen, 2024, CC BY-NC-SA).

Pulttiliitoksessa pilari asennetaan anturaan valettuihin peruspulttiryhmiin mutterien ja prikojen sekä pilarissa olevan pilarikengän avulla (kuvio 4). Mutterien avulla pilari saadaan asemoitua suoraan sekä jätettyä anturan ja pilarin alapään väliin tarvittava vara juotosva- lulle.



Kuvio 4. Pilari-elementin pulttiliitos (Heiska & Koskenvesa, 2010, s. 35).

5.4 Palkkielementtien asennus

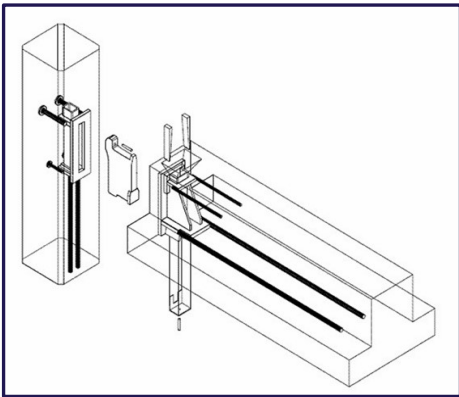
Palkkielementit nostetaan palkissa olevien nostolenkkien ja nosturin nostoraksien avulla (Heiska & Koskenvesa, 2010, s. 36). Palkit voidaan nostaa suoraan pilarin tai teräsbetonisen ulokkeen päälle ja kiinnittää tappi-, pultti- tai hitsausliitoksella (kuvio 5). Vaihtoehtoisesti asennus voidaan toteuttaa myös pilarin kyljessä olevan teräksisen ulokkeen, piilokonsolin tai liitoskappaleiden avulla (kuvio 6). Hitsausliitoksessa palkissa on kiinnitysteräkset, jotka hitsataan ulokkeessa tai pilarissa oleviin tartuntateräksiin. Pilarin ja konsolin päälle asennettaessa käytetään palkin välissä yleensä muovisia asennuslappuja, teräksisiä asennuslappuja tai neopreenikumikaistaa. Asennuksessa on huomioitava, että palkeille asetetut tukipintavaatimukset täytyvät.

Tarvittaessa palkkielementit on tuettava säädettävillä pystytuilla eli tytilillä (Elementtisuunnittelu, 2023f). Eriyinen tuentatarve on keski- ja reunapalkeilla, jos vierekkäiset kentät eli näiden päälle asennettavat laattaelementit ovat eri pituisia. Leukapalkkien tuet asennetaan yleensä 200–500 millimetrin päähän päätuelta palkin alle leuan juuren kohdalle. Matalapalkkien toispuoleisen kuormituksen aiheuttama vääntö on huomioitava asennuksessa. Keskipalkeille aiheutuvaa vääntöä voidaan vähentää asentamalla laatat vuorotellen palkin eri puolille. Reunapalkeille syntyvää vääntöä tulee huomioida, joko jäykällä pilarin ja palkin liitoksella tai väliaikaisilla pystytuilla. Nostoraksit voidaan irrottaa, kunnes elementti on

tuettu ja kiinnitetty ohjeiden mukaisesti (Heiska & Koskenvesa, 2010, s. 36). Nostoraksien irrottaminen toteutetaan henkilönostimen, työtelineen tai tikkaiden avulla.



Kuva 4. Palkin tappiliitos pilarin päälle (Kananen, 2024, CC BY-NC-SA).



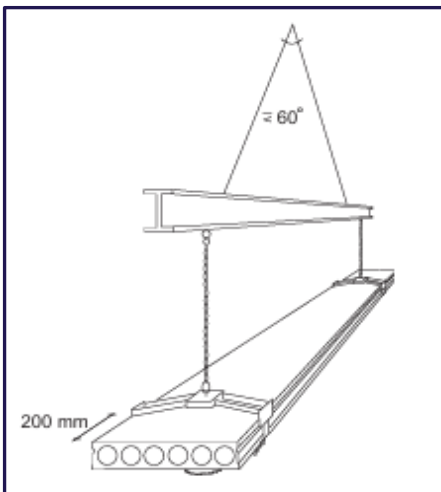
Kuvio 5. Esimerkki pilarin ja palkin piilokonsoliliitoksesta (Elementtisuunnittelu, 2023b).

5.5 Ontelolaattojen asennus

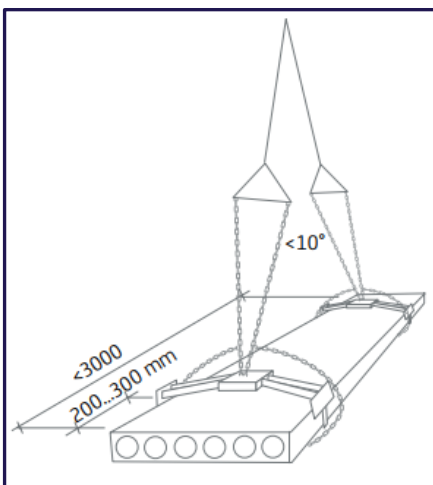
Ontelolaatta nostetaan käyttämällä nostopuomia, jossa puomin molempiin päihin on kiinnitetty nostosokset ja varmistusketjut (Heiska & Koskenvesa, 2010, s. 36). Nostopuomit voivat olla pituuden suhteen kiinteitä tai jatkettavia. Puomissa on oltava merkittynä määräaikaistarkastusajankohdan kuukausi ja vuosi sekä nostokapasiteetit ja painot. Sellaista puomia ei saa nostamisessa käyttää, jossa näitä tietoja ei ole. Puomia käytetään kiinnittämällä ketjut puomin päissä oleviin nostokorvakkeisiin ja tämä ketjujen yläpään syntyvä haarakulma ei saa ylittää yli 60 astetta (kuvio 7). Pituudeltaan alle kolme metriä olevat laatat saa

nostaa ilman nostopuomia, mutta tällöin on huolehdittava haarakulman jäävän alle 10 asteen (kuvio 8). Haarakulmaa säädetään muuttamalla ketjujen pituuksia, joten 3 metrin ontelolaatan nostoketjujen pituus on oltava vähintään kymmenen metriä.

Ennen nostoa tarkistetaan, että ontelolaatassa oleva nostourat, johon nostosakset kiinnitetään ovat ehjiä (Parma, 2015, s. 16). Nostosakset asennetaan laattaan nähden kohtisuoraan ja mahdollisimman lähelle laatan päätä, mutta kuitenkin niin, että nostosaksen ja laatan pään väliin jätetään vähintään 200 mm:n väli. Nostosaksen puristava pinta vaihtelee saksityypin mukaan 500–600 mm:n välillä. Ennen nostoa on huolehdittava, että saksen pinta on keskeisesti laattaan nähden ja vaarna asettuu tiiviisti nostouraan. Saksia siirtämällä pystytään vaikuttamaan siihen, että myös epäsymmetriset laatat nousevat vaakasuorassa, ellei laatta ole suunniteltu asennettavaksi vinoon.



Kuvio 6. Ontelolaatan nosto nostopuomilla (Heiska & Koskenvesa, 2010, s. 37).



Kuvio 7. Ontelolaatan nosto ilman puomia (Parma, 2015, s. 15)

Nostotapahtuman turvallisuus varmistetaan käyttämällä aina nostosaksien varmistusketjua, joka asennetaan ontelolaatan alle. Varmistusketju tulee kiinnittää ennen noston aloittamista tai viimeistään, kun laatta on 100 mm:n korkeudessa (Parma, 2015, s. 16). Ketjut kiristetään käyttäen apuna lyhennyskoukkuja siten, että varmistusketju on laatasta irti enintään 200 mm. Varmistusketjut saa avata vasta, kun laatta on alle 100 mm:n etäisyydellä tukipinnasta. Ensimmäinen elementti mitoitetaan ja asennetaan tarkasti oikealle paikalleen, jolloin koko lopun ontelokentän asennus tehdään mahdollisimman sujuvaksi (Heiska & Koskenvesa, 2010, s. 37). Laatat ohjataan ja asemoidaan lopullisille paikoilleen asennuskankien avulla. Ontelolaatan tukipintojen ja tarvittavien väliaikaistuentojen varmistamisen jälkeen irrotetaan nostosakset laatasta. Taulukossa 1 on esitetty laattatyypeittäin tukipintojen suunnitteluarvot ja minimitukipituudet.

Taulukko 1. Laattojen tukipintojen suunnitteluarvot ja minimitukipituudet (Heiska & Koskenvesa, 2010, s. 43).

	LAATAN PERUSTYYPPI	TUKIPINNAN SUUNNITTELUARVO	TUKIPINNAN MINIMIPITUUS ASENNUKSESSA
	O15	60 mm	40 mm
	O20	60 mm	40 mm
	O27	60 mm	40 mm
	O32	60 mm	40 mm
	O37	60 mm	40 mm
	O40	100 mm	80 mm
	O50	100 mm	80 mm

5.6 Parvekelaattojen asennus

Parvekelaatat nostetaan nosturin nostoraksien avulla laatasta olevista kiinteistä nostolenkeistä tai sisäkierreankkureihin kiinnitettävistä nostoelimistä (Heiska & Koskenvesa, 2010, s. 38). Parvekelaattoja voidaan asentaa esimerkiksi kerroksen korkeusten pieli- tai pilarielementtien päälle tai niissä kiinni olevien konsolien päälle (Betoniteollisuus, 2010, s. 25–25). Parvekelaattaelementin ja laattaa kantavan pielielementin liitos tehdään ankkurointilenkeillä ja jälkivalulla. Pilarielementin ja laatan liitoksessa voidaan käyttää ankkurointilenkejä, vaarnatappeja tai laatan läpäiseviä tappiteräksiä ja jälkivalua. Konsoliliitoksessa laattaa kannattelee pilarin betoniuloke tai laatasta oleva piilokonsoli, joka asennetaan pilariin olevaan varauskoloon. Konsoliliitoksen lopullisessa kiinnitystekniikassa voidaan

käyttää samoja aiemmin mainittuja menetelmiä. Kannattelevien pilari- ja pielitelementtien lisäksi parvekelaatta sidotaan kerroksittain rakennuksen runkoon, joko tähän tarkoitukseen kehitetyillä teräsosilla tai tapauskohtaisesti mitoitetuilla ja suunnitelluilla teräsosilla (Betoniteollisuus, 2010, s. 16).

5.7 Seinä- ja sokkelielementtien asennus

Seinä- ja sokkelielementit nostetaan elementeissä olevista kiinteistä nostolenkeistä nosturin nostoraksien avulla (Heiska & Koskenvesa, 2010, s. 38). Ennen nostoa on huomiotava, että nostoraksit ovat lukittuneessa asennossa ja nostoketjut eivät pääse kiertymään toistensa ympäri. Tarvittaessa noston apuna käytetään ohjausköyttä varmistamaan, että elementti ei pääse pyörimään ja tulevat niille tarkoitetuille paikoilleen oikeassa asennossa. Elementti lasketaan oikeaan korkoon asennettujen asennuspalojen varaan, jonka jälkeen se asemoidaan vaakasuunnassa lopulliseen sijaintiinsa asennuskankien avulla (kuva 3). Taulukossa 3 on esitetty yleisimmät seinäelementit ja niiden elementtitunnukset.

Taulukko 2. Yleisimmät seinäelementit ja niiden elementtitunnukset (Elementtisuunnittelu, 2023c).

ELEMENTTI-TYYPPI	ELEMENTTINIMIKE	ELEMENTTI-TUNNUS
seinäelementit	väliseinä	V
	väliseinä (seinämäinen palkki)	VSP
	ruutusandwich-elementti (kantava)	S
	ruutusandwich-elementti (ei kantava)	R
	sisäkuorielementti (kantava)	SK
	sisäkuorielementti (ei kantava)	RK
	sisäkuorielementti (kantava, eriste + rappaus)	SKR
	sisäkuorielementti (ei kantava, eriste + rappaus)	RKR
	nauhasandwich-elementti (kantava)	NK
	nauhasandwich-elementti (ei kantava)	N
	kuorielementti	KE

Seinäelementit ja vastaavanlaiset elementit tuetaan suoraan vähintään kahdella säädettävällä teräksisellä elementtituella eli tönäreillä. Tuen yläpää kiinnitetään seinäelementin painopisteen yläpuolelle kierrepultilla seinässä valmiina olevaan tai jälkiasenteiseen sisäkierreankkuriin eli vemon tai vaihtoehtoisesti kiinnitys voidaan tehdä ainoastaan järeällä betoniruuvilla. Tämän jälkeen elementtituen alapää kiinnitetään betonilaattaan tai paikalla valettuun kiinteään betonirakenteeseen jälkiasenteisen vemon ja kierrepultin tai betoniruuvin avulla. Seuraavaksi tuen sokka kiinnitetään paikalleen ja kierteillä säädetään pystysuoruus. Tuen kiinnittämisen jälkeen voidaan nostoraksit irrottaa. Yleisesti nostoraksien irrottamiseen käytetään elementtiasennustikkaita, telineitä tai henkilönostimia.



Kuva 5. Korkean väliseinäelementin asennus mobiilinosturilla ja tela-alustaisella henkilönostimella (Kananen, 2024, CC BY-NC-SA).

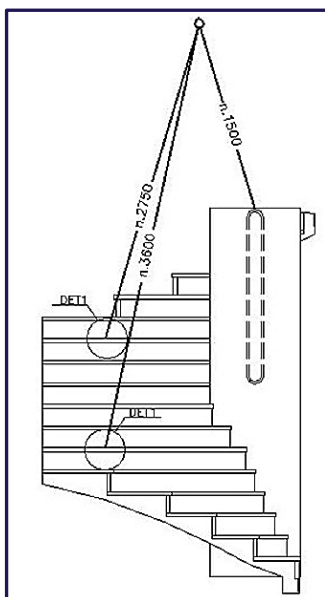
Kuvassa 4 asennetaan mobiilinosturilla kantavaa kahden kerroksen korkuista väliseinäelementtiä, josta nostoraksit irrotettiin ja väliaikaiset elementtituet asennettiin tela-alustaisen henkilönostimen avulla. Kuvassa 5 asennetaan kantavaa sandwich-elementtiä, josta nostoraksit irrotettiin elementtitikkailta ja väliaikaiset elementtituet asennettiin alumiinisen työpukin avulla.



Kuva 6. Sandwich-ulkoseinäelementin asennus (Kananen, 2024, CC BY-NC-SA).

5.8 Porraselementtien asennus

Porraselementit nostetaan yleensä 3–4-haaraisella nostoketjulla, jotka ovat varustettuna lyhennyskoukuilla ja ketjujen päissä olevilla lukollisilla nostorakseilla (Heiska & Koskenvesa, 2010, s. 39). Nostoraksit kiinnitetään elementissä oleviin kiinteisiin nostolenkkeihin tai sisäkierreankkureihin kierrätettäviin painelevyllisiin vaijerinostolenkkeihin. Nostotavat ja nostoelimet määräytyvät tapauskohtaisesti elementtityypin ja elementtivalmistajan ohjeiden mukaisiksi, jotta varmistetaan, että elementti saadaan nostaessa oikeaan asentoon.



Kuvio 8. Pilarillisen umpikierreportaan ohjapiirustus 3-haaraisen nostoketjun lyhennyksille (Rudus, 2021, s. 3).

Porraselementin nosto ja asennus toteutetaan aina valmistajan ohjeiden mukaisesti (Heiska & Koskenvesa, 2010, s. 40). Suorissa porraselementeissä käytetään yleensä neljää kiinnityspistettä siten, että elementin yläpään kiinnitettyä kahta ketjua lyhennetään lyhennyskoukkuja apuna käyttäen. Kierre- ja L-portaissa yleinen tapa on käyttää kolmea tai neljää nostopistettä, jolloin lopullisessa nostoasennossa kauimpana haarakulmasta olevasta nostopisteestä käytetään pisintä ketjua ja tällöin ketjut lyhenevät sitä mukaan, kun lähenevät haarakulmaa (kuvio 9).

Porraselementin väliaikainen tuenta toteutetaan niin, että elementti ei pääse liikkumaan ennen lopullista kiinnitystä esimerkiksi hitsaamalla portaan teräksiset lenkit lepotasossa oleviin lenkkeihin ja asentamalla elementtituet portaan pohjaan, kylkiin tai porraspilariin. Lopullinen kiinnitys toteutetaan usein juotosbetonoimalla portaan ala- ja yläpään teräksiset lenkit tai pilarin sisällä oleva teräslenkki. Nostoraksit voidaan irrottaa vasta, kun elementti on asemoitu suoraan ja väliaikaiset kiinnikkeet ovat paikoillaan tai lopullinen kiinnitys on tehty.

5.9 Hormielementtien asennus

Hormielementti nostetaan vähintään kahdella painelevyllisellä vaijerinostolenkillä, joiden kierteet kierretään elementissä oleviin sisäkierreankkureihin (Rudus, i.a.). Tarvittaessa

asennusnostossa käytetään myös painon tasaavia nostoelimiä sekä turvaliinaa. Nostorak-
sit kiinnitetään vaijerilenkkeihin ja huolehditaan, että ketjujen haarakulma ei ylitä yli 60 as-
tetta.

Hormielementit ovat yleensä kerroksen korkuisia ja ne asennetaan tavallisesti vasta, kun kerroksen yläpuolinen holvi on asennettu (Elementtisuunnittelu, 2023d). Hormi lasketaan holvissa olevista varausrei'istä betonialustalle tai monikerroksisessa hormilinjassa ja ker-
roksen edetessä, edellä asennetun hormielementin päälle. Edellä asennetun elementin
yläpäähän kierretään kaksi ohjaintappia ja asennettavan elementin alapäähän asetetaan
tekniikkaputkien liitinyhteet ennen seuraavan hormin asennusta, jonka jälkeen lasketaan
elementti kohdistetusti ohjaintappeihin ja varmistetaan yhteiden asettuminen putkistoihin
oikein (Rudus, i.a.). Elementin väliaikainen tuenta toteutetaan kiilaamalla se suoraan kai-
kilta sivuilta varausreikien reunoihin. Hormielementit tuetaan vähintään kahdella elementti-
tuella silloin, jos niiden asennus toteutetaan ennen laattakentän asennusta. Lopullinen
kiinnitys toteutetaan väliseiniin pystysaumojen vaijerilenkkisaumoilla, laattakentän sauma-
raudoitteilla ja juotosbetonilla. Hormien juotosvalu tehdään samanaikaisesti holvin juotos-
valun kanssa, jolloin hormielementit kiinnittyvät kiinteäksi osaksi laatastoa.

5.10 Elementtien betonisaumaus

Rungon staattisessa toimivuudessa betonielementtien saumoilla ja liitoksilla on merkittävä
osuus (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL, 2019, s. 191). Niiden tehtävänä on siirtää
voimia elementiltä toiselle ja edelleen perustuksille saakka. Voimia siirtävillä saumoilla on
samat vaatimukset kuin viereisillä betonirakenteilla, joiden tehtävänä on siirtää voimia. Be-
tonielementtien saamaaminen voidaan aloittaa, kun elementit on asennettu suunnitellusti
paikalleen, väliaikaistuettu ja elementtien muodostama kokonaisuus toimii rakenteellisesti
oikein. Työvaihe käsittää sauman tai liitoksen muottityöt, raudoittamisen ja valun.

Seinäelementtien vaakasuuntainen alasauma tehdään levittämällä saumalaastipatja en-
nen elementtiä, joka asennetaan saumalaastipatjan päälle ja oikeaan korkoon asennettu-
jen asennuspalojen varaan (Saint-Gobain Finland, 2019). Toinen tapa on pumpata sauma-
laasti asennuspalojen tekemään ragoon, elementin ja lattian väliin. Kuormia siirtävän vaa-
kasauman korkeus on oltava vähintään 20 mm ja jos sauma tehdään levittämällä

saumalaastipatja ennen asennusta elementin asennusta, on saumapaksuuden oltava vähintään 10 mm (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL, 2019, s. 193). Tavoitteellisena saumakorkeutena pidetään 20–30 mm, jolloin seinään rajoittuva pintalattian yläpinta peittää sauman. Seinäelementtien ja holvin muodostama ylävaakasauma toteutetaan usein elementtisaumalaastilla pystysaumojen pumppauksen yhteydessä ruuvipumpulla (Saint-Gobain Finland, 2019).

Yleisesti vaakasaumoissa käytettävä sementtilaasti on nimikkeeltään S-30, jota käytetään, kun laastipatja levitetään ennen seinän asennusta (Saint-Gobain Finland, 2019). Pumppatavalla menetelmällä tehdessä, voidaan laastina käyttää valumatonta elementtisaumalaastia. Vaativimmissa saumavaluissa voidaan käyttää myös menetelmää, jossa saumalle tehdään painevalulaatikko ja sauma valetaan notkealla juotosbetonilla.

Elementtien pystysaumavalu toteutetaan pumppaamalla elementtisaumalaasti ruuvipumpulla suoraan muotittamattomaan saumaan. Pumppaustekniikkamenetelmällä pystytään säästämään muottitöiden- ja kovettuneen betonin jälkitöistä syntyviä kustannuksia. Elementtisaumalaastia ei tiivistetä tärysauvalla, kuten yleisesti valutöissä tehdään. Laadukas lopputulos saavutetaan, kun saumamassa pidetään mahdollisimman notkeana, kuitenkin unohtamatta tuotevalmistajan ilmoittamia ohjeita laastin oikeasta vesi-sementtisuhteesta.

Yhtenäinen pystysaumavalu toteutetaan pitämällä pumppuletkun päätä jo pumpatun massan sisällä, jolloin massa pursuaa ja täyttää sauman tiiviiksi (Elementtisuunnittelu, 2023e). Muilla tavoilla saumaa ei saada tarpeeksi yhtenäiseksi ja lenkkien sekä pystyterästen ympärille jää tyhjiä koloja. Pystyterästen ja elementtien tartuntalenkkien ympärillä on oltava kauttaaltaan elementtisaumalaastia, koska vain näin taataan sauman ja terästen toimivuus sekä terästen korroosiosuojaus. Kauttaaltaan tiivis pystysauma takaa myös palo- ja äänitekniset vaatimukset.

Pystysaumalaastin pumppaamisen jälkeen annetaan massan sitoutua 10–30 minuuttia, jonka jälkeen sauma viimeistellään teräslastalla seinälinjan tasoon tai muutaman millimetrin vajaaksi, jolloin saadaan aikaan tasoitetöitä varten valmis sauma. Elementtisaumalaastilla täytetään myös elementin tartuntakolot sekä yläpuolisen laataston ja seinäelementin

muodostama yläsauma. Yläsaumojen täyttämisen ideana on saada aikaan tukevalut, jotka toimivat muotteina yläpuolen laatastosaumojen varsinaiselle juotosvalulle.

Seinien ja palkkien päälle vierekkäin ja suunniteltuun järjestykseen asennetut ontelolaatat muodostavat yhdessä laajemman laatastokokonaisuuden eli holvikentän (kuva 6). Holvikentästä tehdään yhtenäinen jäykkä levyrakenne saumaterästen ja juotosbetonin avulla, jolloin rakennesuunnitelmien mukaan toteutettujen saumavalujen onnistuminen rakenteellisesti ja ääniteknisesti ovat perusedellytyksiä toimivalle välipohjalle.

Laatastoon asennetaan kaikki sauma- ja rengasteräkset suunnitelmien mukaisesti. Raudoitteet on asennettava suunniteltuihin paikkoihin huomioiden riittävät välykset betonoinnille ja raudoituksien suojaetäisyyksille (Parma, 2015, s. 40). Saumateräkset asennetaan ontelolaatan korkeuden puolivälin alapuolelle varmistuen, että ne eivät jää sauman pohjalle ja näin ollen estäen betonin pääsyn teräksen alapuolelle, jolloin tartunta jää huonoksi. Rengasteräkset asennetaan laataston ympärille ja ne ankkuroidaan suunnitelmien mukaisesti huolellisesti seinä- ja laattaelementteihin.



Kuva 7. Holvin ontelolaatat ja putoamissuojaus asennettu (Kananen, 2024, CC BY-NC-SA).

Ontelosaumojen betonointi tehdään pumppaamalla tai nosturiin kytkettävän betonin nostoastian avulla (kuva 7). Betonilla täytetty sauma tiivistetään aina sauvatäryttimellä ja saumapinta tasataan lastoilla ontelolaatan yläpinnan tasoon. Saumabetonina käytetään

vallitsevan olosuhteen ja lämpötilan mukaista normaalibetonia tai pakkasbetonia (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL, 2019, s. 195). Yleisimmin käytetään juotosbetonia, jonka notkeusluokka on S4 - S5, maksimiraekoko on 8 mm ja lujuus C20/25-C30/37.



Kuva 8. Holvikentän juotosvalu betonipumppuautolla (Kananen, 2024, CC BY-NC-SA).

Saumamassan notkeuden valinnassa huomioitava, että sauma saadaan valitulla betonilla tiiviiksi apuna käyttäen normaaleita tiivistysmenetelmiä. Valuominaisuuksia parannetaan notkistavilla lisäaineilla. Notkistimilla saadaan vähennettyä veden käyttöä massan valmistuksessa, jolloin vähennetään myös betonin lujuuden kehityksessä tapahtuvaa kutistumaa.

Saumojen lujuuskehityksien ja -vaatimusten vaikutus on huomioitava saumaustyön jälkeisissä työvaiheissa (Parma, 2015, s. 41). Etenkin ennen saumamuottien ja väliaikaisten elementtitukien purkua sekä seuraavan kerroksen runkotöiden jatkamista on betonin vaadittava lujuus tiedettävä ja toteutettava suunnitelmien mukaisesti. Saamaamisessa käytettävän betonin lujuuskehitys riippuu betonissa käytetystä sementtityypistä, erilaisista seosaineista, betonin lämpötilasta ja jälkihoidon olosuhteista (Suomen Betoniyhdistys, i.a.-b). Laskentakaavoilla ja näihin perustuvilla tietokonesovelluksilla lujuuskehitystä voidaan arvioida etukäteen tai vaihtoehtoisesti laskea betonin tarkka lujuusarvo määrätyillä hetkillä betonirakenteesta mitattujen lämpötila-arvojen avulla. Lujuusvaatimusten lisäksi saumoilla on kohteen mukaan vaatimuksia myös muun muassa kosteudelle, palo-ominaisuuksille ja ääneneristävyydelle (Parma, 2015, s. 41).

5.11 Laadunvarmistus

Runkotöiden toteutuksessa syntyvien virheiden korjaus on usein todella kallista, haastavaa ja aikataulua rasittavaa (Koski, 1992, s. 103). Virheiden korjaamiseen tarvitaan ylimääräisiä resursseja, jotka aiheuttavat suunnittelemattomia kustannuksia. Varsinkin betonirunkotöissä tapahtuvat virheet ovat erityisen kalliita ja aiheuttavat usein aikatauluviivästyksiä. Virheitä pystytään minimoimaan ja ennalta ehkäistä kiinnittämällä erityistä huomiota töiden suunnitteluun ja laadunhallintaan. Ennaltaehkäisyyn ja työn aikaiseen valvontaan käytetty työpanostus säästää moninkertaisesti korjauskustannuksia.

Työmaalla laadunvarmistus ja laadukas työ saavutetaan toteuttamalla erilaisia tekijöitä eri aihealueista. Näiden tekijöiden yhteisestä vaikutuksesta saadaan aikaan haluttu laadunvarmistus ja laadukas lopputulos. Elementtiasennuksessa varmistetaan, että elementtiasentajilla on käytössään elementtikaaviot ja muut tarvittavat työpiirustukset (Rakennustieto, 2016, s. 129). Nostoissa tarkastetaan elementtien oikea kiinnitys nostorakseihin suunnittelijan ja valmistajan ohjeiden mukaisesti. Nostoalueella estetään työskentely ja huolehditaan, että asentajien ja nosturikuskin välillä on näkö- tai puhelinyhteys. Varmistetaan elementtien oikea sijainti, mittatarkkuus ja asennustoleranssit sekä riittävät tukipinnat, elementtilinjat, liitokset, oikea korko ja riittävä asennusaikainen tuenta. Elementin asennusaikainen tuenta tulee toteuttaa vähintään kahdella elementtikuulla.

Ennen elementtisaumojen betonointia varmistetaan, että saumarautojen suunniteltu määrä, dimensiot ja sijainnit ovat oikeita sekä hitsaus- ja pulttiliitokset on tehty (Rakennustieto, 2016, s. 129). Betonointi ja betonin jälkihoito toteutetaan suunnitelmien, vaatimusten ja vallitsevien olosuhteiden mukaisesti. Kuumissa ja tuulisissa olosuhteissa betoni saattaa kuivua liian nopeasti, kun taas liika vesisade voi erotella betonimassassa käytettävän runkoaineksen ja sementin. Riittävällä kastelulla ja suojaamisella saadaan tiivis ja luja sauma ilman liian nopeaa kuivumista ja tästä johtuvaa ylimääräistä halkeilua. Talven kylmissä olosuhteissa saumojen lujuuden kehitys ja jäätyminen esto varmistetaan lämmittämällä ja suojaamalla saumat ennen ja jälkeen betonoinnin. Saumojen lämmitystä ja suojaamista jatketaan, kunnes suunnitelmien mukainen lujuus tai vähintään jäätymislujuus on saavutettu. Betonin lujuudenkehitystä seurataan betonin lämpötilan ja kypsyysajan avulla. Elementtejä ei saa kuormittaa eikä väliaikaisia tukia poistaa ennen saumojen juotosbetonin riittävän lujuuden varmistamista.

Työn jälkeen tarkistetaan, että elementtiasennus täyttää suunnitelmien ja sopimusten mukaiset laatuvaatimukset, toleranssit, mittatarkkuuden, elementtien laadun sekä kiinnitysten, liitosten ja juotosten osalta (Rakennustieto, 2016, s. 129). Rakenteet ja juotosvalut suojataan ja toteutetaan tarvittava jälkihoito, joilla estetään sään ja muiden tekijöiden haittavaikutukset. Mikäli elementit jäävät osittain tai kokonaan täydentävien rakenteiden alle, nämä tarkastetaan ennen ummistamista ja tarkastuksesta laaditaan pöytäkirja.

6 YHTEENVETO

Rakennushankkeen suunnittelussa ja toteutuksessa on huomioitava valtava määrä erilaisia suunnitelmia, vaatimuksia, lakeja, asetuksia ja ohjeita. Näiden avulla saadaan pidettyä rakentaminen ja rakennukset laadukkaana ja turvallisena. Runkotyövaiheessa nämä aiheet korostuvat entisestään, kun käsitellään raskaita elementtejä ja rakennetaan laajoja kokonaisuuksia, jolloin runkotyövirheiden minimointi on ehdottoman tärkeää. Käyttämällä runkotyövaiheen suunnitteluun ja toteuttamiseen riittävästi resursseja, saavutetaan vaatimuksien mukainen tavoiteltu lopputuote kustannustehokkaasti ja turvallisesti.

Opinnäytetyössä käsiteltävä aihe on erittäin laaja, joka toi oman haasteensa sisällön aihealueiden valitsemisessa ja näiden kiteyttämisessä siten, että työn kokonaisuus ei kasvaisi liian suureksi. Halusin tuoda sisältöön ne aihealueet, jotka ovat runkotyövaiheessa pakollisia tai toistuvat ammattikirjallisuudessa ja oman työhistoriani aikana olevissa rakennushankkeissa tärkeinä ja tavoitteellisina vaatimuksina. Tavoitteena oli tätä kautta avata elementtirunkoisen rakennuksen runkotyövaiheen pääpiirteitä ja avata tarkemmin tärkeimpiä asiakokonaisuuksia eikä niinkään kertoa yksityiskohtaisesti kaikki ne asiat, jotka pitää elementtirakentamisessa ja runkotyövaiheessa huomioida tai tehdä.

Opinnäytetyöstä tuli tämän työn tekijälle itselleen sekä muille elementtirakentamisen parissa työskenteleville ja rakennustekniikkaa opiskeleville informoiva ja selventävä tietopaketti betonielementtirungon toteuttamisesta. Tämä työ auttaa paremmin ymmärtämään runkotyövaiheen laajuutta sekä työvaihesuunnittelun ja töiden valmistelun tärkeyttä.

LÄHTEET

Betoniteollisuus. (2010). *Betonielementtiparvekkeet*.

Betoniteollisuus. (i.a.) *Betonointisuunnitelma*. <https://betoni.com/koti-betonista/rakennustapavaihtoehdot/paikallavalu/betonointisuunnitelma/>

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

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

Elementtisuunnittelu. (22.3.2023a). *Runkorakenteet*. Betoniteollisuus. <https://www.elementtisuunnittelu.fi/runkorakenteet>

Elementtisuunnittelu. (24.3.2023b). *Konsolit*. Betoniteollisuus. <https://www.elementtisuunnittelu.fi/runkorakenteet/pilarit/konsolit>

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

Elementtisuunnittelu. (24.3.2023d). *Hormielementit*. Betoniteollisuus. <https://www.elementtisuunnittelu.fi/runkorakenteet/hormit-ja-kylpyhuoneet/hormielementit>

Elementtisuunnittelu. (27.3.2023e). *Betonielementtien saumavalut*. Betoniteollisuus. <https://www.elementtisuunnittelu.fi/asennus/betonielementtien-saumavalut>

Elementtisuunnittelu. (27.3.2023f). *Asennusaikainen stabiliteetti*. Betoniteollisuus. <https://www.elementtisuunnittelu.fi/asennus/asennusohjeet/asennusaikainen-stabiliteetti>

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

Koski, H. (1992). *Talonrakentamisen työmaatekniikka*. Tampereen teknillinen korkeakoulu.

Maankäyttö- ja rakennuslaki 132/1999. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132#L17-2P120b>

Parma. (2015). *Parman ontelo- ja kuorilaatatot: Asennus- ja työmaaohje*.

Rakennustieto. (1997). *Suunnitteluohje: Työmaan laatusuunnitelma (Ratu 1180-S)*.

- Rakennustieto. (2007). *Rakennustyömaan aluesuunnittelu* (Ratu C2-0299).
- Rakennustieto. (2009). *Suunnitteluohje: Rakennustöiden putoamissuojaussuunnitelma* (Ratu 1223-S).
- Rakennustieto. (2010a). *Rakentamisen tuotantotekniikka* (Ratu KI-6020).
- Rakennustieto. (2010b). *Suunnitteluohje: Työmaan toimitusten suunnittelu ja ohjaus* (Ratu S-1227).
- Rakennustieto. (2017). *Rakennustöiden laatu 2017* (Ratu KI-6029).
- Rakennustieto. (2019). *Rakennushankkeen työturvallisuus* (Ratu KI-6034).
- Rakennustieto. (2024). *Aikataulukirja 2024* (Ratu KI-6036).
- Rakentamislaki 751/2023. <https://finlex.fi/fi/laki/alkup/2023/20230751>
- Rudus. (2021). *Asennusohje: Elemento 5, suorasiivinen pilarillinen umpikierreporras*.
- Rudus. (i.a.). *Elpo-hormi: Asennusohje*. <https://www.rudus.fi/ohjeet/elpo-hormi-asennusohjeet>
- Saint-Gobain. (2019). *Ratkaisukortti: Betonielementtien asennus*.
- Suomen Betoniyhdistys. (2021). *by 65 Betoninormit 2021*.
- Suomen Betoniyhdistys. (i.a.-a) *Betonitöiden suunnittelu ja valmistelu*. <https://www.betonitieto.fi/tyomaat/betonitoiden-johtaminen-talonrakentaminen/betonitoiden-suunnittelu.html>
- Suomen Betoniyhdistys. (i.a.-b) *Betonin lujuudenkehitys*. <https://www.betonitieto.fi/oppiminen/opetuksen-tukimateriaali/betonin-ominaisuudet-ja-valinta/kovettuneen-betonin-ominaisuudet/betonin-lujuudenkehitys.html>
- Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL. (2011). *Kosteudenhallinta ja homevaurioiden estäminen* (RIL 250-2011).
- Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL. (2019). *Betonirakenteiden työmaatoteutus*.
- Työsuojeluhallinto. (2023). *Työolot: Rakennusala*. <https://tyosuojelu.fi/tyoolot/rakennusala>
- Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 205/2009. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2009/20090205>

Valtioneuvoston asetus elementtirakentamisen työturvallisuudesta 578/2003.
<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2003/20030578>

Ympäristöministeriön asetus kantavista rakenteista 477/2014.
<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2014/20140477>

Ympäristöministeriön asetus rakentamista koskevista suunnitelmista ja selvityksistä 216/2015. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2015/20150216>

Ympäristöministeriö. (2015). *Ympäristöministeriön ohje rakentamista koskevista suunnitelmista ja selvityksistä.*