



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Antti Yli-Jaskari

Asuinkerrostalon runkoratkaisun vertailu

Opinnäytetyö

Kevät 2021

SeAMK tekniikan yksikkö

Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Tekniikan yksikkö

Tutkinto-ohjelma: Rakennustekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Talonrakennustekniikka

Tekijä: Antti Yli-Jaskari

Työn nimi: Asuinkerrostalon runkoratkaisun vertailu

Ohjaaja: Ilkka Loukola

Vuosi: 2021

Sivumäärä: 73

Liitteiden lukumäärä: 1

Tässä opinnäytetyössä tutkittiin kahdeksankerroksisen betonirunkoisen asuinkerrostalon pystyrakenteiden toteutusta kustannustehokkaasti. Toteutusmuodot rajattiin paikallavalu- ja elementtirakentamiseen. Tutkimuksen tavoitteena oli vertailla toteutusmuotojen välisiä kustannuseroja suunnittelu-, materiaali- ja työkustannusten kautta sekä tutkia, miten kohteen rungon toteutusmuotojen ajallinen kesto vaikuttaa työmaan käyttö-, yhteis- ja kalustokustannuksiin.

Opinnäytetyössä käsitellään laajasti betonirakentamista paikallavalu- ja elementtirakentamisen näkökulmasta, kuten niiden historiaa, ympäristövaikutuksia, työturvallisuutta sekä runkojärjestelmiä. Tutkimusaineistona käytettiin rakennusalan kirjallisuutta, RATU-kortistoja, kohteen vastaavan mestarin haastattelua, rakennepiirustuksia sekä toteutuneita kustannuksia. Määrälaskenta toteutettiin kohteen rakennepiirustuksista. Työkustannukset ja aikataulut laskettiin opinnäytetyön tilaajan työsaavutuksista, sekä RATU-menekeistä.

Tämän vertailun pohjalta todettiin, että paikallavaluseinärakenne on huomattavasti edullisempi kustannusvertailussa, mutta ajallinen kesto kyseisessä toteutusmuodossa on jopa puolet pidempi kuin taas betonielementtirakenteessa. Merkittävää kustannuseroa selittää betonielementtien korkea hintataso. Kohteen betonielementtien kustannukset olivat noin 16 prosenttia suuremmat kuin paikallavaluseinärakenteen kokonaiskustannukset.

¹ Asiasanat: betonirakenne, paikallavalu, betonielementti, kustannusvertailu, aikataulu

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of Technology

Degree programme: Construction Management

Specialisation: Building Construction

Author: Antti Yli-Jaskari

Title of thesis: Comparison of the frame of an apartment building

Supervisor: Ilkka Loukola

Year: 2021

Number of pages: 73

Number of appendices: 1

The purpose of the thesis was to study the cost-effective implementation of columns of a concrete-frame apartment building. The implementation formats were limited to place-casting and element construction. The aim was to compare the cost-effectiveness of implementation formats through the costs of design, material, and work. The aim was also, to study how the duration of constructing the frame had an effect on the operating cost and equipment cost at the construction site.

The thesis discussed comprehensively concrete building from the point of view of place-casting and element construction, such as history, environmental impacts, and work safety. Data for the thesis was gathered from literature on construction, Ratu Construction Productivity Information Files, the interview of a site manager, structural drawings, and actual costs. Quantity surveying was done with structural drawings. Labour costs and schedules were calculated from the thesis subscriber's work achievements and Ratu Construction Productivity Information Files.

Based on the implementation done for the thesis, place-casting is much cheaper than element construction in cost comparison, but the duration of building in place-casting can be twice longer. The high costs of concrete elements explain the significant cost difference. The cost of concrete elements was approximately 16 percent higher than the total cost of place-casting.

¹ Keywords: concrete structure, cast-in-place, concrete element, cost comparison, schedule

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä	2
Thesis abstract	3
SISÄLTÖ	4
Kuva- ja taulukkuuettelo.....	7
Käytetyt termit ja lyhenteet.....	10
1 JOHDANTO	11
1.1 YIT Suomi Oy.....	11
1.2 As Oy Aino	14
2 BETONI.....	15
2.1 Betonirakentamisen historia Suomessa	16
2.2 Betonielementtirakentamisen historiaa.....	17
3 BETONIRAKENTAMISEN YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET.....	19
3.1 Betoni raaka-aineista johtuvat	19
3.2 Betonituotteiden valmistuksesta johtuvat.....	19
3.3 Betonituotteiden kuljetuksesta johtuvat	20
3.4 Betonirakentamisen kiertotalous	20
4 BETONITÖIDEN VALMISTELU JA JOHTAMINEN	22
4.1 Betonityönjohtaja.....	22
4.2 Valmistelevat työt	22
4.3 Betonityösuunnitelma.....	22
4.4 Betonointi- ja jälkihoitosuunnitelma	23
5 TYÖTURVALLISUUS BETONITÖISSÄ.....	24
6 AJALLINEN SUUNNITTELU	25
6.1 Yleisaikataulu.....	25
6.1.1 Alustava yleisaikataulu.....	25

6.1.2	Sopimusyleisaikataulu	26
6.1.3	Työaikataulu.....	26
6.2	Hankinta-aikataulu	26
6.3	Rakentamisvaiheaikataulu	27
7	PAIKALLA VALETTU BETONIRUNKO	29
7.1	Runkojärjestelmä	29
7.2	Muottityö	30
7.3	Suunnittelu	30
7.4	Muottikalusto pystyrakenteissa.....	31
7.4.1	Lämmitettävät suurmuotit.....	31
7.4.2	Järjestelmämuotit.....	32
7.4.3	Kevyet kasettijärjestelmät	33
7.4.4	Vakiopalkkimuotti	33
7.4.5	Pilarimuotti	34
7.4.6	Kaarevien seinien muotit.....	35
7.4.7	Lauta- ja levymuotit.....	36
8	BETONIELEMENTTIRUNKO	38
8.1	Runkojärjestelmä	38
8.2	Elementtien tarjouspyyntövaihe.....	39
8.3	Suunnitelmat ja niiden aikataulut	39
8.4	Suunnittelijoiden osa-alueet	40
8.4.1	Vastaava rakennesuunnittelija	40
8.4.2	Elementtisuunnittelija	41
8.5	Piirustukset	41
8.6	Elementtiasennussuunnitelma.....	44
9	BETONIELEMENTTIEN KUSTANNUKSET JA AIKATAULU.....	46
9.1	Työsisältö.....	46
9.2	Määrälaskennat.....	47

9.3 Työkustannukset	48
9.4 Työmaan käyttö- ja yhteiskustannukset.....	48
9.5 Kalusto- ja materiaalikustannukset.....	49
9.6 Suunnittelukustannukset	50
9.7 Aikataulu	50
10 PAIKALLAVALUSEINIEN KUSTANNUKSET JA AIKATAULU	51
10.1 Työsisältö.....	51
10.2 Määrälaskennat.....	52
10.3 Työkustannukset.....	54
10.4 Työmaan käyttö- ja yhteiskustannukset.....	54
10.5 Kalusto- ja materiaalikustannukset.....	54
10.6 Suunnittelukustannukset	55
10.7 Aikataulu	55
11 YHTEENVETO	56
11.1 Kustannukset	56
11.2 Aikataulu	56
11.3 Höydyt.....	57
11.3.1 Betonielementtiseinä.....	57
11.3.2 Paikallavaluseinä	57
11.4 Haitat.....	58
11.4.1 Betonielementtiseinä.....	58
11.4.2 Paikallavaluseinä	58
12 JOHTOPÄÄTÖKSET	60
LÄHTEET	61
LIITTEET	63

Kuva- ja taulukkoluetelo

Kuva 1. YIT:n liikevaihto ja henkilöstö maantieteellisesti 2019.	12
Kuva 2. YIT:n strategia kuvattuna vuosille 2020-2022.	13
Kuva 3. As Oy Ainon värillinen julkisivupiirros eri ilmansuunnista.	14
Kuva 4. Esimerkki sisävaiheen rakennustöistä paikka-aikakaaviona ja jana-aikatauluna. .	28
Kuva 5. Dokan lämmitettävä suurmuotti.	32
Kuva 6. Dokan järjestelmämuotti.	33
Kuva 7. Perin vakiopalkkimuotti.	34
Kuva 8. Peri pilarimuotti.	35
Kuva 9. Perin RUNDFLEX Plus kaareva seinämuotti.	36
Kuva 10. Paikallatehtymuotti sahatavarasta.	37
Kuva 11. Esimerkkikuva elementtipiirustuksesta ja sen tiedoista.	43
Kuva 12. Vaakaleikkaus kolmen väliseinäelementin liitoksesta.	44
Kuva 13. As Oy Ainon betonielementtirungon, kerroksien 1 - 5 aikataulu.	50
Kuva 14. As Oy Ainon betonielementtirungon, kerroksien 6 - 9 aikataulu.	50
Kuva 15. As Oy Ainon paikallavalurungon, kerroksien 1 - 5 aikataulu.	55
Kuva 16. As Oy Ainon paikallavalurungon, kerroksien 6 - 9 aikataulu.	55

Taulukko 1. As Oy Ainon betonielementtimäärät.	47
Taulukko 2. As Oy Ainon betonielementtiseinän juotosbetonimäärät.	47
Taulukko 3. As Oy Ainon betonielementtiseinän harjateräksien määrät.	47
Taulukko 4. As Oy Ainon betonielementtiasennuksen kustannukset.	48
Taulukko 5. As Oy Ainon betonielementtien juotokset.	48
Taulukko 6. As Oy Ainon betonielementtiseinän pystyrautojen sekä harjaterästartuntojen työkustannukset.	48
Taulukko 7. As Oy Ainon työmaan käyttö- ja yhteiskustannukset betonielementtirungossa.	48
Taulukko 8. As Oy Ainon betonielementtirungon kalustokustannukset.	49
Taulukko 9. As Oy Ainon betonielementtien kustannukset.	49
Taulukko 10. As Oy Ainon betonielementtiseinän juotosbetonien kustannukset.	49
Taulukko 11. As Oy Ainon betonielementtiseinän harjateräksien kustannukset.	49
Taulukko 12. As Oy Ainon betonielementtirungon suunnittelukustannukset.	50
Taulukko 13. As Oy Ainon paikallavalettavien väliseinien määrät laskettuna.	52
Taulukko 14. As Oy Ainon paikallavalettavien ulkoseinien määrät laskettuna.	53
Taulukko 15. As Oy Ainon paikallavalettavan hissikuilun määrät laskettuna.	53
Taulukko 16. As Oy Ainon paikallavalettavien pilarien määrät laskettuna.	53
Taulukko 17. As Oy Ainon paikallavaluseinien muottitöiden kustannukset.	54
Taulukko 18. As Oy Ainon paikallavaluseinien raudoitustöiden kustannukset.	54

Taulukko 19. As Oy Ainon paikallavaluseinien betonointitöiden kustannukset.	54
Taulukko 20. As Oy Ainon paikallavaluseinien eristystöiden kustannukset.	54
Taulukko 21. As Oy Ainon työmaan käyttö- ja yhteiskustannukset paikallavalurungossa.	54
Taulukko 22. As Oy Ainon paikallavalurungon kalustokustannukset.	54
Taulukko 23. As Oy Ainon paikallavaluseinien harjateräsmäärät.	55
Taulukko 24. As Oy Ainon paikallavaluseinien betonikustannukset.....	55
Taulukko 25. As Oy Ainon paikallavalurungon ulkoseinien eristysmateriaalien kustannukset.....	55
Taulukko 26. As Oy Ainon paikallavalurungon suunnittelukustannukset.	55
Taulukko 27. Yhteenveto kahden eri seinärakenteen kustannuksista.	56
Taulukko 28. Paikallavaluseinärakenteen prosentuaaliset kustannukset kategorioittain. ...	56
Taulukko 29. Betonielementtiseinärakenteen prosentuaaliset kustannukset kategorioittain.	56
Taulukko 30. Rungon työvaiheiden päivämääräinen kesto kategorioittain.....	56
Taulukko 31. Viivakaavio rakennuksen kerrosnopeudesta, paikallavalurunkona sekä betonielementtirunkona.....	57

Käytetyt termit ja lyhenteet

m²	Neliometri on kappale, jonka koko on 1 metri x 1 metri.
m³	Kuutiometri on kappale, jonka koko on 1 metri x 1 metri x 1 metri.
mm	SI-järjestelmän mukainen pituuden yksikkö, millimetri.
kg	SI-järjestelmän mukainen massan yksikkö, kilogramma.
MN	SI-järjestelmän mukainen voiman yksikkö, meganewton.
tth	Työntekijätunti.
tn	Tuhat kiloa.
jm	Juoksumetri.
BES	Betonielementtistandardi.
Co₂	Hiilidioksidi.
kk	Kuukausi.
LVISA	Lämpö, vesi / viemäri, ilmastointi, sähkö ja automaatio.

1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä tutkitaan kahdeksankerroksisen betonirunkoisen asuinkerrostalon seinärakenteesta syntyviä kustannuseroja sekä aikataulujen vaikutusta kustannuksiin. Työssä verrataan paikallavalu- ja betonielementtiseiniä kustannuseroja, kuten mistä kustannukset syntyvät eri toteutustavoilla. Lisäksi selvitetään, miten eri runkoratkaisut vaikuttavat kerrosnopeuteen, koko rungon rakennusnopeuteen sekä miten ne vaikuttavat koko projektin kokonaisaikatauluun.

Opinnäytetyön toimeksiantajana on YIT Suomi Oy, Seinäjoen aluetoimisto. Kohteena toimii Seinäjoen keskustaan vuonna 2019 rakennettu As Oy Aino, joka on rakennettu betonielementeistä. Betonielementit toimitti teuvalainen Betoniluoma Oy.

1.1 YIT Suomi Oy

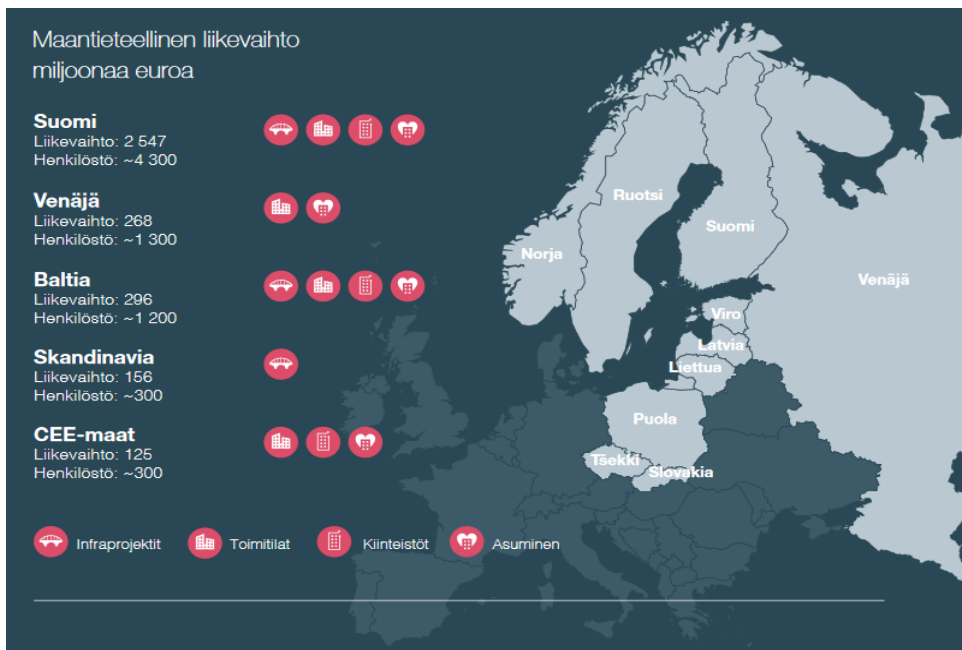
YIT eli silloinen ruotsalainen Ab Allmänna Ingeniörsbyrån on perustettu Helsinkiin, Suomen suurruhtinaskuntaan vuonna 1912. Suomen sivutoimipisteen kautta oli tarkoitus päästä käsiksi Venäjän markkinoille. Maailman tilanteen vuoksi toiminta vaikeutui ja lopulta se lopetettiin. Vuonna 1920 perustetaan suomalaisten liikemiesten toimesta Ab Allmänna Ingeniörsbyrån - Yleinen Insinööritoimisto, joka nykyään tunnetaan paremmin YIT:nä. (YIT Suomi Oy 2021, [viitattu 5.1.2021].)

Vuonna 1961 Pellonraivaus Oy osti pääosan YIT:n ja Insinööritoimisto Veston osakkeista. Pellonraivaus Oy:sta tuli kauppojen myötä YIT:n ja Veston emoyhtiö. Yritykset pysyivät itsenäisinä ja kilpailivat keskenään rakentamisen eri aloilla. Insinööritoimisto Veston liiketoiminnat liittyivät vuonna 1986 Yleiseen Insinööritoimistoon. Vuonna 1987 Yleisen Insinööritoimiston liiketoiminnat liitettiin Perusyhtymään. Tämän seurauksena yhtiön nimi muutettiin YIT-Yhtymä Oy:ksi. YIT-Yhtymä listautui Helsingin pörssiin vuonna 1995. (YIT Suomi Oy 2021, [viitattu 5.1.2021].)

Vuonna 1997 YIT laajensi liiketoimintansa kiinteistötekniikkaan ostamalla suomalaisen Huber Oy:n. Samana vuonna YIT osti pietarilaisen rakennusliike ZAO Lentekin ja laajensi

rakennusliiketoimintaansa näin ollen Venäjälle. Yrityskaupan jälkeen YIT hankki Venäjältä tontteja asuinrakentamiseen ja ryhtyi perustajaurakointiin rakentamisurakoinnin sijaan. 2000-luvulla YIT kasvoi yritysostojen myötä kansainväliseksi konserniksi asuntorakentamisessa sekä kiinteistötekniisissä palveluissa. Vuonna 2008 Venäjän asuntorakentaminen laajeni Pietarista myös Moskovaan, Jekaterinburgiin ja Rostoviin, vahvistaen asemaansa Venäjän suurimpana ulkomaisena rakentajana. Vuonna 2010 YIT osti saksalaisen Caverionin ja kiinteistötekniikan palveluista tuli YIT:n suurin toimiala. Vuonna 2013 YIT jatkoi rakentamispalveluiden kehittämistä mutta jakautui kahdeksi pörssiyhtiöksi siirtäen kiinteistötekniiset palvelut Caverion Oyj:hin. (YIT Suomi Oy 2021, [viitattu 5.1.2021].)

Vuoden 2018 alussa muodostui uusi YIT, kun Lemminkäinen Oyj ja YIT Oyj fuusioituvat muodostaen näin Suomen suurimman ja merkittävän pohjoiseurooppalaisen rakennusyhtiön. Vuonna 2020 Pohjoismaiden päällystys- ja kiviainesliiketoiminnot myydään Peab Oy:lle. YIT työllistää noin 7 500 ammattilaista 10 eri maassa (kuva 1). (YIT Suomi Oy 2021, [viitattu 5.1.2021].)



Kuva 1. YIT:n liikevaihto ja henkilöstö maantieteellisesti 2019 (YIT Suomi Oy 2019, [viitattu 5.1.2021]).

Kuvassa 2. kuvataan YIT:n strategia vuosille 2020–2022, joka on luoda suoristuskykyä yli suhdanteiden, ja näin ollen mahdollistaa parempaa elinympäristöä. Myös kannattavuuden parantaminen ja taloudellisen vakauden ylläpitäminen kuuluvat päivitettyyn strategiaan. YIT:n menestys pohjautuu neljään menestyksen kulmakiveen: Huippusuoritukset, joilla tähdätään työmaiden tuottavuuteen sekä hyvään pääomatehokkuuteen. Onnelliset ihmiset, joissa yrityksen kulttuuri, johtamisen käytännöt, työkalut, palkitseminen sekä ilmapiiri saavat ihmiset sitoutumaan ja viihtymään työpaikallaan. Menestyminen yhdessä asiakkaiden ja kumppaneiden kanssa sekä kestävä kehitys vauhdittaminen, huomioiden sen niin omassa tekemisessä, materiaalivalinnoissa kuin myös toiminnan tehostamisessa. (YIT Suomi Oy 2019, [viitattu 5.1.2021].)



Kuva 2. YIT:n strategia kuvattuna vuosille 2020-2022 (YIT Suomi Oy 2021, [viitattu 5.1.2021]).

1.2 As Oy Aino

Asunto Oy Aino on kahdeksankerroksinen YIT:n rakentama asuinkerrostalo, joka sijaitsee Seinäjoella. Asuinkerrostalossa on yhteensä 58 asuntoa, 6 autotallia ja 3 liiketilaa. Ensimmäisessä kerroksessa sijaitsevat 6 autotallia, 3 liiketilaa, jätehuone ja ulkovälinevarasto. Toinen, kolmas, neljäs ja viides kerros ovat pohjaratkaisultaan samanlaisia. Jokaisessa kerroksessa on 10 asunto, joiden koko vaihtelee 28–64 m²:n välillä. Kuudes, seitsemäs ja kahdeksas kerros ovat pohjaratkaisultaan hieman erilaisia, mutta näissä jokaisessa kerroksessa on 6 asuntoa, joiden koko vaihtelee 43–171,5 m²:n välillä. Ylimmässä kerroksessa sijaitsee 62 m² IV-konehuone. Asuinkerrostalon on suunnitellut Arkkitehtitoimisto Jääskeläinen Oy. Kuvassa 3. esitetään Asunto Oy Ainon julkisivu. (YIT Seinäjoen aluetoimisto, 2021.)



Kuva 3. As Oy Ainon värillinen julkisivupiirros eri ilmansuunnista (YIT Seinäjoen aluetoimisto, 2021).

2 BETONI

Betonin pääraaka-aineet koostuvat sementistä, vedestä ja erikokoisista kivirakeista, jotka toimivat betonin runkoaineena. Kun sementti- ja kiviraeseos saavat veden mukaan seokseen, syntyy sementtiliima, joka sitoo runkoaineet yhteen. Sementtiliimassa, jota kutsutaan myös sementtipastaksi, tapahtuu veden ja sementin välinen kemiallinen reaktio, jolloin liima kovettuu sementtikiveksi. Betonin kallein raaka-aine on sementti. Hyvän runkoaineen tulisi siis sisältää kaiken kokoisia kivirakeita aivan hienosta suurimpaan mahdolliseen, jotta saadaan minimoitua sementin määrä betonin osa-aineista. (Betonitekniikan oppikirja 2018, 13–17.)

Betonin valmistus tapahtuu betonimyllyssä, jossa pääraaka-aineet sekoitetaan hyvin toisiinsa sekaisin ja kuljetetaan työkohteeseen heti käytettäväksi. Betoni voidaan valmistaa betoniasemalla, josta se kuljetetaan kuorma-autolla työmaalle tai elementtitehtaalla, jossa se kuljetetaan koneellisesti valettavaan betonimuottiin. Betonimassan ominaisuuksiin voidaan vaikuttaa erilaisilla lisä- ja seosaineilla, joilla voidaan vaikuttaa esimerkiksi betonin työstettävyyteen, kovettumisreaktioon sekä kovettuneen betonin ominaisuuksiin. Betonia voidaan myös värjätä pigmentein tai käyttämällä tietyn väristä kiviainetta runkoaineena. (Betonitekniikan oppikirja 2018, 13–17.)

Betonin lujuudenkehitys jatkuu vielä pitkään kovettumisen jälkeen, mutta yleensä betonin lujuus arvostellaan 28 vuorokauden iässä. Normaalisissa rakennebetonissa puristuslujuus on yleensä 30–60 MN/m², kun taas korkealujuusbetonissa päästään yli 60 MN/m² puristuslujuuteen. Betonille ominaista onkin hyvä puristuslujuus. Betonit jaotellaan puristuslujuutensa mukaan lujuusluokkiin ja ne ilmaistaan merkinnöillä C12/15–C50/60. Korkealujuusbetonien puristuslujuusluokat taas ilmoitetaan merkinnöillä C55/67–C100/115. Betonirakenteen vetolujuutta, dynaamisten kuormien kestävyttä sekä sitkeää murtokestävyttä on mahdollista parantaa sekoittamalla teräs- tai polymeerikuituja betonimassan sekaan. Tällainen betoni tunnetaankin paremmin nimellä kuitubetoni. (Betonitekniikan oppikirja 2018, 13–17.)

Betonirakenteet jaetaan raudoittamattomiin ja raudoitettuihin betonirakenteisiin. Raudoittamattomat rakenteet suunnitellaan niin, että betoni kestää yksinään rakenteeseen kohdistuvat rasitukset, kun taas raudoitetut betonirakenteet ottavat yhdessä betonin ja raudoituksen kanssa vastaan niihin kohdistuvat rasitukset. Betonin vetolujuus on suhteellisen pieni, vain 6–10 prosenttia puristuslujuudesta, joten betoni kestääkin huonosti vetorasitusta, mutta varsin hyvin puristusvoimia kovettuneena. Rakenteet, joihin kohdistuu vetorasitusta, toteutetaan raudoitettuina betonirakenteina, koska rakenteessa olevan raudoituksen tehtävänä on ottaa vastaan siihen kohdistuvat vetorasitukset, kun taas betonin tehtävänä on ottaa vastaan siihen kohdistuvat puristusvoimat. Raudoitetut betonirakenteet ovatkin yleisin betonirakenteiden tyyppi. Rakennetyyppi tunnetaankin myös nimellä teräsbetonirakenne. (Betonitekniikan oppikirja 2018, 13–17.)

2.1 Betonirakentamisen historia Suomessa

Suomen suurruhtinaskuntaan saapui ensimmäinen tuontierä sementtiä vuonna 1856, ja jo vuonna 1869 sementtiä aloitettiin valmistamaan kotimaassa. Suomen ensimmäiset sementtierät valmistettiin Saviolla. Valmistus kuitenkin lopetettiin jo vuonna 1894 pienen menekin ja kovan ulkomaisen kilpailun vuoksi. Vuonna 1914 Paraisten Kalkkivuori Oy ja vuonna 1919 Lohjan Kalkkitehdas Oy aloittivat kotimaisen sementin valmistuksen, jonka ansiosta Suomessa alkoi laajamittainen betonirakentaminen. Suomen ensimmäinen merkittävä betonirakennekohde oli vuonna 1889 valmistunut Vuoksen ylittävä Kiviniemen silta. Sillan maatuon rakenteisiin käytettiin betonia. Ensimmäiset talonrakennuksen teräsbetonirakenteiden piirustukset Suomessa valmisti insinööri Jalmar Castren vuonna 1904. Castren on suunnitellut kantavat teräsbetonirakenteet esimerkiksi Helsingin Suvilahden voimalaitokseen, joka rakennettiin vuonna 1908 sekä Suomen ensimmäisen teräsbetonisen sillan, Tönnönkosken silta, joka rakennettiin vuonna 1911 Orimattilaan. Tällöin teräsbetonirakenteista käytettiin vielä nimeä rautabetoni. (Betonitekniikan oppikirja 2018, 18–20.)

2.2 Betonielementtirakentamisen historiaa

Suomen ensimmäiset julkisivuelementit asennettiin Viljo Revellin suunnittelemaan Palace-taloon, joka valmistui vuonna 1952. Maailmalla elementtitekniikka oli tutkittavana jo ennen toista maailmansotaa. Jälleenrakentaminen toisen maailmansodan jälkeen lisäsi kiinnostusta suuresti tehokkaille ja taloudellisille ratkaisuille. 50-luvun alussa rakentamiseen kului 10 tth/m², kun taas elementtitekniikan myötä päästiin alle 2 tth/m². (Betonielementit, [viitattu 18.01.2021].)

Suomessa kehitettiin vuosina 1968–1970 BES-järjestelmä asuinrakentamista ajatellen. BES-järjestelmä perustui kantaviin pääty- ja väliseiniin, ei-kantaviin sandwich-ulkoseiniin ja välipohjina käytettäviin pitkälaattoihin. Järjestelmässä standardoitiin betonielementit ja niiden liitosdetaljit. Tämän takia urakoitsijat pystyivät hankkimaan samaa kohteeseen valmisosia useilta eri toimittajilta. 1970-luvulla asuntotuotanto oli vilkasta ja tämän aikakauden taloille oli tyypillistä laatikkomaisuus, koska BES-järjestelmän myötä rakennusten visuaalinen puoli jäi vähemmällä huomiolla. Vuonna 1974 Suomessa rakennettiin yli 73 000 asuntoa, mikä on maailmanennätys. Suomen huima rakennusbuumi näkyi myös sementin menekin kovana kasvuna. 1980-luvulla laadittiin Runko-BES-aineisto, jossa pilari-palkkirungolle koottiin mittajärjestelmä, rakenneosien mitta- ja tyyppisuositukset sekä liitosdetaljit. 80-luvulla myös elementtiteollisuuden toimitusvastuu kasvoi, kun niin sanottu tuoteosakauppa lisääntyi. 80-luvulla oli vielä vähän kokemusta betonin kestävyyyteen vaikuttavista asioista, kuten raudotteiden ruostumisesta, pakkasen vaikutuksesta sekä betonin lämpökäsittelystä, joten osa 80-luvulla rakennetuista julkisivuista vaati peruskorjausta jo 30–40 vuoden käyttöään jälkeen. (Betonielementit, [viitattu 18.01.2021].)

90-luvulla oli havaittavissa muutosta betonirakentamisen asenteissa, arkkitehtuurissa, rakennuksen ominaisuuksissa, elinkaarikustannuksissa sekä ympäristövaikutuksissa. Nämä asiat alkoivat vaikuttaa entistä enemmän alan kehitykseen. Tämä suunta jatkuu myös yhä tänä päivänä, kun etsitään ratkaisuja betonielementtirakentamisen kasvaviin vaatimuksiin. Betonirakentamisen kehitysaskleet luovat uusia mahdollisuuksia elementtirakentamiseen, kuten kuitubetonit sekä julkisivuelementtien pintavaihtoehtojen

kehitys. BES- ja Runko-BES-järjestelmät ovat käytössä vielä tänä päivänäkin.
(Betonielementit, [viitattu 18.01.2021].)

3 BETONIRAKENTAMISEN YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET

Betonin ympäristökuormitukset jaetaan käytännössä kolmeen ryhmään, jotka ovat betonin raaka-aineista johtuvat, betonituotteiden valmistuksesta johtuvat ja betonituotteiden kuljetuksesta johtuvat. Betonirakentamisen merkittävämmäksi tekijäksi kestävä kehityksen kannalta nousee yleensä betonin raaka-aine, joka on sementti. (Betonitekniikan oppikirja 2018, 142.)

3.1 Betoni raaka-aineista johtuvat

Sementin valmistuksessa syntyy merkittävä määrä CO₂-päästöjä. Tätä ei kuitenkaan tulisi pitää ainoana näkökantana kestävä rakentamisen kannalta. Betonirakenteissa on myös paljon positiivisia ominaisuuksia, kuten pitkä käyttöikä, vähäinen huollon tarve, kierrätettävyys, energiatehokkuus, ilmatiiviit rakenteet, sisälämpötilan vaihteluja tasaava rakenteen massiivisuus, yleensä lyhyet kuljetusetäisyydet, palonkestokyky, kosteudensietokyky, murtoturvallisuus, ääneneristävyys, tilatehokkuus, muunneltavuus sekä kustannustehokkuus. Lähes 90 prosenttia betonin raaka-aineista aiheuttaa vain hyvin vähäisiä ympäristökuormituksia. Näitä raaka-aineita ovat muun muassa kiviainekset ja vesi. Lisäaineiden kuormitukset ovat melko suuria, noin 1 kg-CO₂/kg-lisäaine. Toki lisäaineiden käyttömäärät ovat hyvin pieniä, noin yhden tuhannesosan betonin massasta. (Betonitekniikan oppikirja 2018, 146–150.)

3.2 Betonituotteiden valmistuksesta johtuvat

Valmisbetonin massan valmistukseen kuluu varsin vähän energiaa, kun taas vuoden ajan mukaan energiaa kuluu työmaaolosuhteissa valmistusprosessia enemmän. Valmisbetonin CO₂-päästöt ovat noin 220–260 kg-CO₂/betoni-m³, josta yli 90 prosenttia on sementistä aiheutuvaa. Betonielementtien valmistuksessa syntyy CO₂-päästöjä noin 325–375 kg-CO₂/betoni-m³. Valmisbetonista ja betonielementeistä syntyvät päästöt eivät ole vertailukelpoisia, koska betonielementteihin sisältyvät raudoituksesta ja rakenteen valmistusprosessista syntyvät päästöt. Betonielementeistä syntyvistä päästöistä merkittävä

osa ympäristökuormituksista aiheutuu raudoitteista. Suomessa betonielementtien valmistukseen tarvittavasta energiankäytöstä lämpöenergia edustaa noin 2/3 energiankäytöstä ja sähkö noin 1/3. Betonielementtituotteiden valmistuksen lämpöenergia kuluu petien, muottien sekä tehtaan lämmittämiseen. Sähköä puolestaan tarvitaan koneisiin, laitteisiin sekä tehdashallin valaisuun. Betonielementtien valmistusprosessissa energian käytön aiheuttamat päästöt ovat noin 7–15 prosenttia, kun vertaa tätä sementin aiheuttamiin CO₂-päästöihin. Valmisbetonin valmistuksessa tämä luku on vielä selvästi pienempi, vain noin muutaman prosentin luokkaa. (Betonitekniikan oppikirja 2018, 146–150.)

3.3 Betonituotteiden kuljetuksesta johtuvat

Betonin ja betonielementtien kuljetuksesta syntyvät CO₂-päästöt ovat yleensä korkeintaan 5 prosentin luokkaa kokonaispäästöistä johtuen siitä, että betoni on painava materiaali, joten sitä ei ole taloudellisesti kannattavaa kuljettaa pitkiä matkoja. Valmisbetonin kuljetusmatka on yleensä vain muutamia kymmeniä kilometrejä, kun taas betonielementtien kuljetusmatka on tyypillisesti noin 100 kilometriä. Mitä pitempi kuljetusmatka betonituotteilla on, sitä korkeampi on kuljetuksen osuus päästöistä. (Betonitekniikan oppikirja 2018, 146–150.)

3.4 Betonirakentamisen kiertotalous

Rakennusteollisuus on yksi eniten jätettä tuottava teollisuuden muoto, sen edellä on ainoastaan kaivosteollisuus. Rakentamisesta syntyvä jätemäärä on noin 16 miljoonaa tonnia, josta suuri osa syntyvästä jätemäärästä on ylijäämämaata. Betonirakentamisen ratkaisuilla on myös suuri merkitys kiertotaloudessa. (Betonitekniikan oppikirja 2018, 150–153.)

Betonirakentamisen kiertotalous alkaa jo sen raaka-aineista. Nykyisin sementin valmistuksessa käytetään noin 350 000 tonnia vuodessa kierrätettyjä raaka-aineita. Niihin kuuluvat muun muassa terästeollisuudesta syntyvä masuunikuona, rautahilse sekä lämpövoimaloiden lentotuhka. Myös sementtiuuni saa merkittävän määrän energiastaan

bio- ja kierrätyspolttoaineista. Uunien käytöstä syntyvä lämpö otetaan myös talteen ja hyödynnetään kaukolämmön jakoon. (Betonitekniiikan oppikirja 2018, 150–153.)

Ylijäämäbetoni, jota syntyy betonin valmistuksessa, voidaan joko murskata ja hyödyntää uudestaan betonin valmistuksessa tai erotella vedellä karkeaksi kiviaineeksi ja betonilietteeksi, jonka jälkeen vesialtaissa lietteestä selkeytetään kiintoaines erilleen. Betonilietettä voidaan hyödyntää maanparannusaineena, mikäli sen neutraloiva kyky ylittää yli 10 prosenttia. Kierrätysvettä, jota syntyy ylijäämäbetonin erottelun lisäksi myös kovettuneen betonin sahauksesta, hiomisesta, vesisuihkupuhdistuksesta sekä betonisekoittimien, -kuljettimien ja betoniautojen puhdistuksesta, voidaan hyödyntää betonin valmistusprosessissa sen valmistukseen joko pelkkänä kierrätysvetenä tai sekoitettuna puhtaaseen vesijohtoveteen. Eroteltu kiviaines sopii sellaisenaan yhtä hyvin, kuin vastaava luonnonkiviaines maanrakentamiseen, kuten esimerkiksi uusien teiden rakentamiseen. Sitä on myös mahdollista käyttää uudelleen betonin valmistuksessa. (Betonitekniiikan oppikirja 2018, 150–153.)

Betonirakenteiden käyttöään päätyttyä ne voidaan ottaa uudelleen käyttöön, mikäli rakennus on helposti purettavissa ja siirrettävissä. Tällaiset rakennukset ovat yleensä pilari- ja palkkirunkoisia ja ne ovat koottu pultti- tai hitsausliitoksien. Loput elementit tai sellaiset, joiden siirto ei ole kustannustehokasta voidaan purkaa ja murskata kierrätykseen. Purun yhteydessä rakenteesta erotellaan betoniteräkset ja ne toimitetaan metalliromuna uudelleen sulatukseen. Suomessa käytettävä harjateräs onkin pääosin metalliromupohjaista. Itse betoni pulveroidaan ja murskataan, jonka jälkeen sitä voidaan käyttää uuden betonin valmistuksessa 20 prosenttia kiviaineksen kokonaisuudesta. Betonimurska voidaan myös hyödyntää maanrakentamisessa teillä, kaduilla, piha- ja pysäköintialueilla, putkikaivannoissa sekä ympäristörakentamisessa. Betonimurskeen kantavuus on usein suurempi, kuin luonnon kiviaineksen. Nykyään rakentamisessa hyödynnetään betonimurskeesta valmistettua kierrätyskiviainesta noin miljoona tonnia vuodessa. Betonin kierrätysaste ylittääkin nykyään jo yli 80 prosenttia. (Betonitekniiikan oppikirja 2018, 150–153.)

4 BETONITÖIDEN VALMISTELU JA JOHTAMINEN

4.1 Betonityönjohtaja

Betonityön suoritusta ja laatua valvoo betonityönjohtaja, joka vastaa betonirakenteiden toteutuksesta niin, että ne suoritetaan turvallisesti sekä teknisesti oikein. Betonityönjohtajan tulee varmistua siitä, että työ toteutetaan ammattitaitoisesti sekä suunnitelmien mukaisesti olemalla itse paikalla seuraamassa työsuoritusta. Betonityönjohtajan tehtäviin kuuluu laatia betonityösuunnitelma, tarkastaa jokainen työvaihe sekä laatia laadunvarmistussuunnitelman mukaiset tarkastusasiakirjat. Betonityönjohtajalla tulee olla vaadittavat pätevyudet työhönsä. Pätevyyksiä hakevalla tulee olla rakennusalan teknillinen koulutus sekä riittävä käytännön työkokemus. Betonityönjohtajan pätevyyttä voi hakea FISE Oy:stä seitsemäksi vuodeksi kerrallaan. (Betonitekniikan oppikirja 2018, 220.)

4.2 Valmistelevat työt

Ennen rakennushankkeen aloitusta tulisi olla laadittuna aikataulut, kustannuslaskelmat, tuotantotekniset suunnitelmat sekä laatu-, turvallisuus- ja ympäristösuunnitelmat. Tuotantotekniset suunnitelmia ovat esimerkiksi työmaan aluesuunnitelma, mittausuunnitelma, työvaiheiden toteutussuunnitelmat, asennussuunnitelmat, räjäytystyösuunnitelma sekä betonityösuunnitelma. (Betonitekniikan oppikirja 2018, 220.)

4.3 Betonityösuunnitelma

Betonityösuunnitelma, jossa kuvataan rakennushankkeen eri betonityöt, tulee olla laadittuna aina ennen töiden aloittamista. Suunnitelman laatii betonityönjohtaja vuorovaikutuksessa rakennesuunnittelijaan, muotti- ja tukitelinetoimittajaan, betonitoimittajaan sekä muiden työmaalla olevien työnjohtajien kanssa. Betonityösuunnitelma koostuu muun muassa rakennuskohteen yleistiedoista, kohteen aikatauluista, tuotantoteknisistä suunnitelmista, laadunvarmistus- ja työturvallisuussuunnitelmista, taloudellisista laskelmista ja tarvittaessa

talvibetonointiin liittyvistä toimenpiteistä sekä mahdollisiin häiriöihin varautumisesta. (Betonitekniikan oppikirja 2018, 220–224.)

4.4 Betonointi- ja jälkihoitosuunnitelma

Betonointisuunnitelma pitää sisällään tietoa valettavasta kohteesta, henkilöstöresursseista, muoteista ja niiden tukirakenteista, varakalustosuunnitelmasta, raudoituksen jatkospituuksista ja tuennasta, liikunta- ja työsaumoista, perustiedot betoneista, betonointimenetelmistä, betonointinopeudesta, betonien tiivistämisestä, betonipeitteestä, betonimenekeistä, kuvauksen työvaiheesta sekä mahdollisesti talvibetonointiin liittyvistä toimenpiteistä ja työturvallisuudesta. (Betonitekniikan oppikirja 2018, 223.)

Jälkihoitoa seurataan omalla suunnitelmalla, joka taas pitää sisällään jälkihoidon olosuhteet, suojaustavan, jälkihoitoajan, lujuuden kehityksen seurannan sekä muiden ominaisuuksien kehityksen (Betonitekniikan oppikirja 2018, 223).

5 TYÖTURVALLISUUS BETONITÖISSÄ

Betonitöissä on monenlaisia huomioon otettavia työturvallisuusriskejä, jotka täytyy huomioida normaalien työturvallisuustoimenpiteiden lisäksi. Betoni materiaalina on voimakkaasti emäksinen, joten työskennellessä materiaalin parissa tulee kiinnittää erityistä huomiota suojaruustukseen. Työskennellessä tulisi käyttää vedenpitäviä suojakäsineitä, suojalaseja roiskeita vastaan, ihoa suojaavia vaatteita, polvisuojuksia, suojakypärää sekä kumisaappaita naulaanastumis- ja varvassuojauksella. Emäksinen betoni aiheuttaa iholle joutuessaan ihon ärsytystä sekä voi mahdollisesti aiheuttaa kemiallisia palovammoja. (Betonitekniikan oppikirja 2018, 328–332.)

Betonin kuljetukseen ja pumppaukseen liittyy myös monta vaaranpaikkaa. Työmaan kulkuteiden kaltevuus, joissa betoniautolle kuljetaan, saa olla enintään 10 prosenttia sekä talvisin kulkutiet on hiekoitettava. Betonin pumppauksessa erityistä huomiota vaatii, että siirtoputkisto ei tukkeudu. Betoni pumpataan erittäin suurella paineella, joten mahdollinen tukos voi aiheuttaa letkun räjähtämisen ja tästä sinkoutuva betonimassa hengenvaaran, vakavia vammoja sekä omaisuusvahinkoja. Myös siirtoputkiston jatkosien kiinni pysyminen tulee varmistaa sokkaliitoksella sekä varmistusketjulla. Pumppuauton pystytyksessä tulee huomioida pystytyspaikan tasaisuus sekä maapohjan riittävä kantavuus tukijaloille, jotta pumppuauto saadaan pystytettyä riittävän tukevasti ilman kaatumisvaaraa. Töitä suorittaessa pumppuauton työskentelyalue tulisi eristää koko vaikutusalueeltaan ja vältettävä alueella liikkumista kaatumisvaaran sekä siirtoputkiston räjähdysvaaran takia. (Betonitekniikan oppikirja 2018, 328–332.)

Mikäli työmaan ympäristössä sijaitsee sähkölinjoja, on niihin kiinnitettävä erityistä huomiota betonia pumpatessa, mutta myös betoniauton siirroissa. Ennen töiden aloitusta tulisi selvittää ja suunnitella kuljetusreitit ja merkata mahdolliset vaaranpaikat selkeästi, kertoa kuljettajille sähkölinjojen olemassaolosta ja niiden sijainnista, pyytää sähkölaitosta kytkemään ilmajohdot jännitteettömäksi, mikäli töitä ei pystytä suorittamaan vaadittavilla suojaetäisyyksillä sekä huomioida kuinka eri sääolosuhteet voivat vaikuttaa sähkölinjojen havaitsemiseen. (Betonitekniikan oppikirja 2018, 328–332.)

6 AJALLINEN SUUNNITTELU

Projektiin ryhdyttäessä sen perustaksi luodaan sillä hetkellä olevien tietojen perusteella aikataulu, joka toimii hankkeen toteutuksen mallina. Aikataulu luodaan työsaavutuksista, työmenekeistä sekä työryhmän koosta. Ajallinen suunnittelu ja ohjaus on tärkeässä roolissa jokaisessa rakennushankkeessa, sillä ne paljastavat tehokkaasti kohteen epäkohdat ja ristiriidat. Aikatauluun luodaan selkeät tavoitteet hankkeelle sekä myös yksittäisille työtehtäville. Tavoitteista saadaan käsitys, koska työvaiheet on mahdollista aloittaa ja päättää sekä kuinka paljon tämä vaatii henkilöresurssia. Tavoitteiden tulee olla realistisia sekä mitattavissa aikaan ja tuotokseen sidottuna. (Aikataulukirja 2015, 18–19.)

6.1 Yleisaikataulu

Yleisaikataulu luodaan kolmeen eritasoiseen versioon laadinnan ajankohdaltaan, sisällön tarkkuustasoltaan ja käyttötarkoitukseltaan. (Koskenvesa & Sahlsted 2011, 43.)

6.1.1 Alustava yleisaikataulu

Ensimmäiseen versioon päätoteuttaja luo rakennushankkeelle alustavan yleisaikataulun ennen rakentamispäätöstä tai urakkatarjouksen antamista. Aikataulu laaditaan tärkeimmistä työmaan rakennusvaiheista, jotka määritetään rakennussuunnitelmien, piirustusten, työselostusten sekä kokemuksen pohjalta. Alustava yleisaikataulu on yleensä vain karkea laadinta työnkulusta, joka antaa rakennuttajalle kuvan, miten työt sopivat hankeaikataulun rakennusaikaan sekä hankkeen ajalliseen kireystasoon. Aikataulua voidaan hyödyntää myös tarjouslaskennan työvälineenä, josta tarjouslaskijat saavat esimerkin töiden ajoituksesta sekä pystyvät määrittämään rakennuskohteen aikasidonnaiset kustannukset. (Koskenvesa & Sahlsted 2011, 43–44.)

6.1.2 Sopimusyleisaikataulu

Sopimusyleisaikataulu syntyy sopimusneuvotteluissa, jossa tutkitaan alustavaa yleisaikataulua sopijaosapuolten kesken. Alustavaa yleisaikataulua muokataan sekä tarkennetaan neuvotteluissa. Kun osapuolet ovat hyväksyneet aikataulun mahdollisten muokkauksien sekä tarkennuksien jälkeen, liitetään aikataulu sopimukseen. Sopimusaikatauluun kirjataan vähintään aloitus, välitavoitteet sekä valmistuspäivämäärät. Tämän takia työvaiheiden kesto tulee olla realistinen ennen sopimuksen allekirjoittamista, koska aloitus- ja valmistuspäivämäärää voidaan vain hyvin harvoin siirtää. Välitavoitteisiin sidotut sakot ohjaavat työnkulkua, joten lohkojen työjärjestystä tai työvaiheiden kestoa on hankala muuttaa, kun sopimus on allekirjoitettu. (Koskenvesa & Sahlsted 2011, 45.)

6.1.3 Työaikataulu

Työmaalla työaikataulua kutsutaan yleisesti yleisaikatauluksi. Sopimusaikataulu muokataan työmaalla työaikatauluksi, johon suunnitellaan ja lisätään tarkemmin lohkot, osatehtävät sekä talotekniikan työtehtävät. Työaikataulu laaditaan mahdollisimman pian, kun tiedot talotekniikkatöiden aikatauluista saadaan projektiin mukaan. Työaikataulua käytetään urakoitsijoiden sekä päätoteuttajan sopimuksissa ajallisena pohjana. Työaikataulusta käy selväksi kaikille hankkeessa mukana oleville oleellimmat tiedot keskeisistä työvaiheista, tapahtumista ja työvaiheiden kestosta sekä henkilöresurssien käytöstä. Projektin muut aikataulut perustuvat tyypillisesti työaikatauluun. (Koskenvesa & Sahlsted 2011, 45–47.)

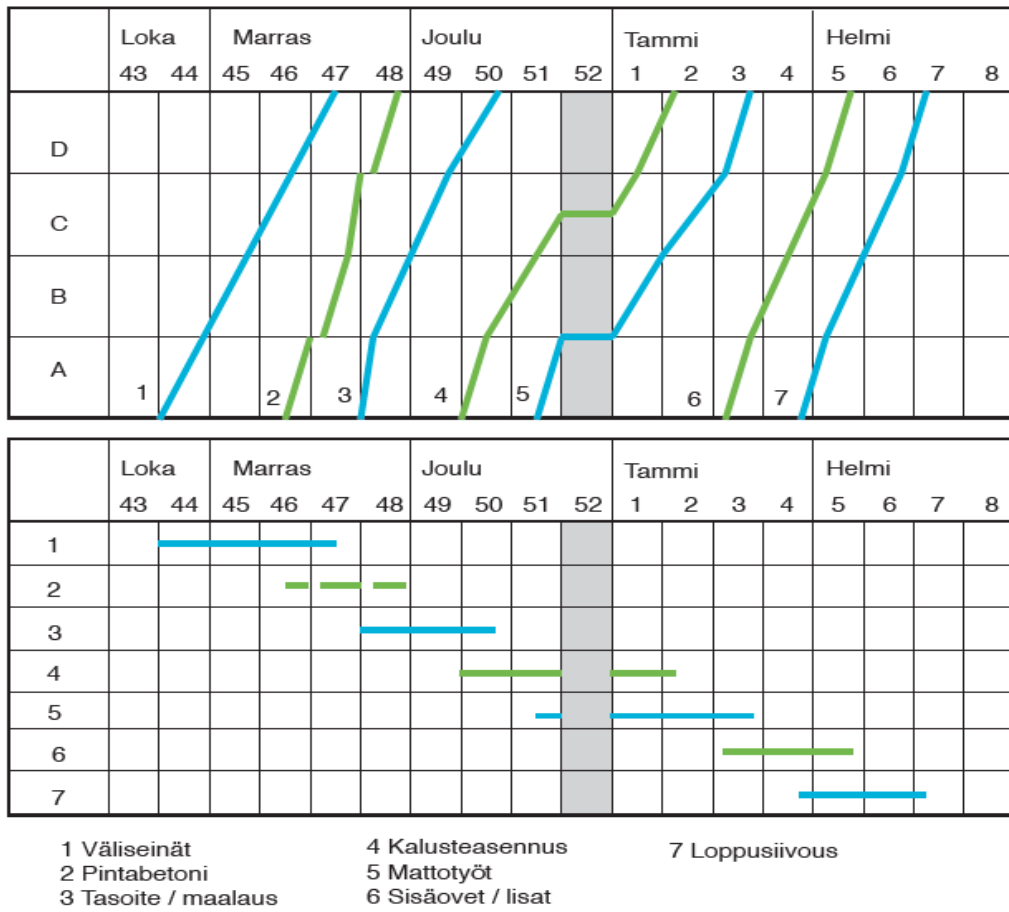
6.2 Hankinta-aikataulu

Erityisesti betonielementeistä rakentaessa hankinta-aikataulun merkitys projektille kasvaa. Hankintoja aikataulutetaan jo ennen hankkeen aloitusta. Tällä tavoin minimoidaan riskit, että jo rakentamisen aloituksessa työvaiheet myöhästyisivät aikataulusta. Työaikataulun perusteella sidotaan hankinnat hankinta-aikatauluun, jolla varmistetaan materiaalien ja rakennusosien oikea-aikainen toimitus työmaalle. Työmaan toimihenkilöt määrittelevät työaikataulun mukaan toimitusajankohdat, jonka jälkeen hankinta tekee tarjouspyyntöjen,

valmistus- ja toimitusajan perusteella tilaukset työmaalle. Hankinta-aikataulussa oleellisia hankintahenkilöiden tehtäviä ovat materiaalien ja työn hankinnan toimenpiteet, suunnitelmien valmistuminen, tarjouspyyntöjen lähettämiset, tarjousten käsittely, sopimuksien solmiminen sekä materiaalin ja urakoitsijoiden tilaaminen oikea-aikaisesti työmaalle, jotta työt pystytään aloittamaan aikataulussa. Mahdolliset suunnitelmien muutokset vaikuttavat hankinta-aikatauluun yleensä oleellisesti. Jos suunnitelmat muuttuvat tulee selvittää, mihin kaikkiin hankintoihin muutokset vaikuttavat, sekä miten ne vaikuttavat toimitusajankohtiin, aikatauluun ja hintaan. (Koskenvesa & Sahlsted 2011, 51–53.)

6.3 Rakentamisvaiheaikataulu

Rakentamisvaiheaikataulu tunnetaan myös nimillä jaksoaikataulu, vaihesuunnitelma sekä käännetty vaiheaikataulu. Aikatauluun laaditaan 2–6 kuukauden pituisille rakentamisvaiheille, joita ovat muuan muassa maanrakennus- ja perustustöiden aikataulut, runko- ja vesikattotöiden aikataulut, sisävalmistusvaiheen aikataulut sekä viimeistely- ja luovutusvaiheen aikataulut. Rakentamisvaiheaikataulut perustuvat työaikatauluun sekä työmaan yleisaikatauluun, joissa esitetään rakennustekniset työt mitoitettuna, tahdistettuna ja riippuvuuksiltaan yhteen sovitettuna sivu- ja aliurakoitsijoiden tärkeimpiin työtehtäviin. Rakentamisvaiheaikataulun tärkeimpiä tehtäviä on varmistaa, että jokaiselle työvaiheelle on varattu tarpeeksi vapaata työskentelytilaa. Aikataulujen laatimisesta vastaa työmaahenkilöstö, jotka esitetään yleisesti jana-aikatauluna tai paikka-aikakaaviona (kuva 4). (Koskenvesa & Sahlsted 2011, 55–56.)



Kuva 4. Esimerkki sisävaiheen rakennustöistä paikka-aikakaaviona ja jana-aikatauluna (Koskenvesa & Sahlsted 2011, 55).

7 PAIKALLA VALETTU BETONIRUNKO

Asuinkerrostalon rungon voi toteuttaa monella tapaa. Paikallavalettu runko on yleinen näky rakennustyömaalla, koska se on yksinkertainen suunnitella sekä toteuttaa. Paikallavalurunko sopii hyvin erilaisiin käyttötarkoituksiin, kuten asuntoihin, toimistoihin sekä liiketiloihin. Vaihtelevat kuormitukset voidaan huomioida paikallisesti lisäämällä raudoitusta, muuttamalla betonilaatan paksuutta tai käyttämällä palkkikaistoja. Rakenteiden ääneneristysominaisuudet sekä vesitiiviys ovat hyviä tiiviiden rakenteiden sekä työsaumojen ansiosta. Rungon kustannusarvio saadaan, kun luonnossuunnitelmassa päästään määrittämään rakennuksen kuormitukset, paloluokitus, rakennetyypit, päägeometria ja huomioitavat yksityiskohdat. Samassa yhteydessä valitaan rakennukseen sopiva runkojärjestelmä. Vaihtoehtoisten runkojärjestelmien suunnittelu voidaan toteuttaa, kun kantavien rakenteiden sijainti ja toistuvuus on määritetty. Rakennuksen runkojärjestelmään vaikuttavat rakenteellinen turvallisuus, toiminnallisten tavoitteiden saavuttaminen, rakennuksen ja rakenteiden käyttöiän varmistaminen, kustannuksien optimointi, rakennusaika, LVIS-tekniikka, suunnittelijan näkemys ja kantavien rakenteiden sekä ei kantavien rakenteiden yhteensovittaminen. (RT 82-10814 2004, 2.)

7.1 Runkojärjestelmä

Paikallavalurunkoratkaisujen runkojärjestelmäksi sopivat järjestelmät, kuten kantavat seinät-runko, kantavat seinät ja täydentävät pilarit-runko sekä kantavat pilarit-runko eli pilarilaatta.

Paikallavaletut, kuten myös elementtirakenteiset asuinkerrostalot ovat perusmuodoiltaan joko lamellitaloja tai pistetaloja. Pystyrakenteena lamellitaloissa toimivat kantavat seinät, kun taas pistetaloissa pilarilaataston lisänä on myös kantavat seinät. Rungon vaakarakenteena toimii tasapaksuinen laatta, johon sijoitetaan pilarit ja kantavat seinät säännönmukaisesti. Rakennuksen muodon ja arkkitehtuurin vuoksi on mahdollista, että rungon vaakarakennetta joudutaan paksuntamaan sekä pilareita ja kantavia seiniä sijoittamaan epäsäännöllisesti. Moniulotteiset ja erikoiset muodot kuitenkin pidentävät

rakennusaikaa, suunnittelua ja vaikuttavat täten kustannuksiin. Jännittämättömällä rakenteella pilarilaatastossa päästään noin 8 metrin jänneväliin, kun taas jännitetyllä rakenteella päästään taloudellisesti noin 10 metriin. (RT 82-10814 2004, 2.)

7.2 Muottityö

Betoniseinän muoto määräytyy muotin linjojen mukaisesti, koska betonilla ei ole omaa muotoa. Valaessa betoni toistaa rakennetun muotin muodot tarkasti ja lopulta kovettuu haluttuun muotoon. (Väisänen 2005, 24.)

7.3 Suunnittelu

Suunnittelu voidaan karkeasti jakaa kolmeen eri vaiheeseen, jotka ovat muottikaluston valinta, muottikierron suunnittelu ja muottisuunnittelu. (Muottityön suunnittelu, [viitattu 13.01.2021].)

Muottivalinnassa on otettava huomioon laatuvaatimukset sekä tekninen soveltuvuus kohteeseen. Muottikalustolla pitää voida toteuttaa työ turvallisesti sekä vaaditussa aikataulussa. Kaluston valintaa vaikuttaa tyypillisesti viisi vaihetta. Ensimmäisessä vaiheessa tutkitaan työmaan lähtötiedot, kuten piirustukset, laatuvaatimukset, urakka-asiakirjat, työmaaolosuhteet, resurssit ja ammattitaito sekä kokemus. Toisessa vaiheessa valitaan työmaalle sopiva muottivaihtoehto, kuinka muottityypit sopivat teknisesti kohteeseen. Kolmannessa vaiheessa määritetään muottitarpeen määrä ja ajallinen tarve yleisaikataulun, välitavoitteiden sekä työmenekkien pohjalta. Neljännessä vaiheessa määritetään muottikustannukset. Laskenta voidaan toteuttaa laskemalla kulut oman kaluston käytöstä tai tarjouspyyntömenettelyllä. Kustannuksissa tulee huomioida kuljetuskustannukset, vuokrat, rakenteeseen jäävä kalusto, muottien asennus- purku- ja siirtotyöt työmaalla, kunnossapito, lämmitys, suojaus sekä kaluston kunnosta mahdollisesti aiheutuvat jälkityöt. Viimeisessä vaiheessa tehdään valinta muottikalustosta, joka perustuu kustannuksiin, tekniseen soveltuvuuteen sekä kuinka muottityö vaikuttaa muihin työmaalla tehtäviin töihin. (Muottityön suunnittelu, [viitattu 13.01.2021].)

Valitulle muottikalustolle laaditaan muottikiertosuunnitelma. Suunnitelmassa on huomioitava muottityön tahdistaminen muihin kiertoon vaikuttaviin töihin, joita ovat mittaustyöt, muottien asennus, rauditus, talotekniikan asennukset, betonointi, purkulujuuteen vaadittava kovettumisaika, purku, puhdistus ja siirto. Jotta pystyrakenteiden muottikierto saataisiin jatkuvaksi, tulisi muotteja olla 1,5 kertainen määrä verrattuna kertavalualueeseen. (Muottityön suunnittelu, [viitattu 13.01.2021].)

Muottisuunnitelma sisältää muottien mitoituksen, laskelmat sekä ohjeet valunopeudesta. Suunnitelma on yksityiskohtainen toimintaohje muottien käytöstä. Asennusohjeet sekä muottipiirustukset sisältävät muottien oikeaoppisen sidonnan ja jäykistämisen. Suunnittelussa huomioon otettavia asioita ovat työryhmät, muottien varastointi työmaalla, nostot, asennusjärjestys, lämmitys- ja suojausmenetelmät ja jälkituennan tarve. Muottien tehokas käyttö vaatii asiantuntevaa muottisuunnittelua, jotta saadaan korkeatasoisia käyttö- ja asennusohjeita rakentajien käytettäväksi. (Muottityön suunnittelu, [viitattu 13.01.2021].)

7.4 Muottikalusto pystyrakenteissa

Pystyrakenteiden muottikalustolla voidaan tehdä perustuksia, seiniä ja pilareita. Muottijärjestelmiä voidaan ryhmitellä eri kategorioihin. Perusteina voivat olla esimerkiksi muottimateriaali, muottiyksikön koko, käyttökertojen määrä, rakennuskohde, rakenneosat tai muotituksen tukisuunta (Muottijärjestelmät, [viitattu 13.01.2021].)

7.4.1 Lämmitettävät suurmuotit

Kuvassa 5. esitetään lämmitettävä suurmuotti, joka on seinän korkuinen teräsrunkoinen muotti, jonka valupintana on muottivaneri tai teräslevy. Muottipintojen vastussauva- tai vastuslankalämmitystä ohjataan termostaatilla ja lämpötilarajoittimella. Lämmityksen tarkoitus on nopeuttaa muottikiertoa myös lämpimänä rakennuskautena. Mikäli muottia joudutaan korottamaan, onnistuu se kasettimuottien avulla. Suurmuotit soveltuvat nopeaan muottikiertoon, useisiin käyttökertoihin ja selkeisiin rakenteisiin. Muottien siirrot tapahtuvat nosturilla, mutta asennukseen vaadittava työvoima on vähäistä. Hyvin huolletuilla muoteilla

saadaan aikaan suuria pintoja hyvätasoista betoniseinää sekä useita käyttökertoja muotille. (Paikallavaletut betonipinnat, [viitattu 13.1.2021].)



Kuva 5. Dokaan lämmitettävä suurmuotti (Doka wall system, [viitattu 07.01.2021]).

7.4.2 Järjestelmämuotit

Järjestelmämuottien kasetit ovat joko teräs- tai alumiinirunkoisia ja muottipintana toimii paksu vaneri (kuva 6). Muotit kasataan määrämittäisistä kaseteista siten, että niistä saadaan omaan kohteeseen sopiva ja helposti muunneltava järjestelmä. Tämä kasettijärjestelmä sopii niin suoriin kuin monimuotoisiinkin rakennuksiin. Jäykistävillä liittimillä voidaan suurkaseteista koota noin 40 m² muottipintoja. Ominaista järjestelmämuotteille on helpot muutostyöt, laaja kasettivalikoima, ensikasaus on työvoimavaltais ja nosturitarve niin

asennus- kuin purkutyössä. Erityiset pintavaatimukset vaativat asiantuntevaa ja huolellista muottisuunnittelua. Siinä on huomioitava muottipinnan kunto, muottirungon puhtaus, kasettijako sekä muottisiteiden jättämä jälki valmiiseen betonipintaan. (Paikallavaletut betonipinnat, [viitattu 13.1.2021].)



Kuva 6. Dokan järjestelmämuotti (Doka wall system 2, [viitattu 07.01.2021]).

7.4.3 Kevyet kasettijärjestelmät

Muotit ovat kevyitä käsin liikuteltavia kasetteja, joissa on joko alumiini- tai teräsrunko ja muottipintana toimii vaneri. Nämä soveltuvat hyvin pienimuotoisiin valukohteisiin pienen kokonsa ja käsin liikuttelun ansiosta. Pienikokoisissa kaseteissa kasettijako on tiheä, joten kasettikuvio korostuu betonipinnasta. Tämä kasettijärjestelmä sopii kohteisiin, joissa pintavaatimukset eivät ole tiukat. Kevyissä kasettimuoteissa ja sidejärjestelmämuoteissa muottisiteet jäävät yleensä valuun. Muotit vaativat lähes aina lisäjäykistystä ja oikaisua, koska muottisidejako on tiheä. (Paikallavaletut betonipinnat, [viitattu 13.1.2021].)

7.4.4 Vakiopalkkimuotti

Vakiopalkkimuotti soveltuu hyvin kohteisiin, joissa vaaditaan korkeaa pintavaatimustasoa. Muotti koostuu teräspalkeista, jotka toimivat vaakajäykisteinä (kuva 7). Pystyjäykisteinä

käytetään ristikkopuu-, kompakti- tai vaneriumapalkkeja, jotka kiinnitetään vaakajäkisteisiin. Muottipintana toimii vaneri- tai puupintaa, riippuen pintavaatimuksista. Muotit soveltuvat hyvin sekä pieniin että suuriin valukokonaisuuksiin. Muotteja käytetään tyypillisesti hissi- ja porraskuiluissa yhdistettynä kiipeäviin konsoleihin, siltapilari- ja pylonimuoteissa yhdistettynä kiipeäviin konsoleihin, kaarevissa seinissä sekä erikoispilareissa. (Paikallavaletut betonipinnat, [viitattu 13.1.2021].)



Kuva 7. Perin vakiopalkkimuotti (Peri Vario, [viitattu 07.01.2021]).

7.4.5 Pilarimuotti

Pilarimuotit ovat joko suorakaiteen tai ympyrän mallisia (kuva 8). Suorakaidepilarin muotit ovat teräs- tai alumiinirunkoisia, kaseteista, lautasiivuista tai muottilevyistä kasattuja. Sidonta tapahtuu joko lauta- tai terässoljilla. Muottisiteet tulevat tarpeeseen suurissa pilareissa. Pyöreissä pilarimuoteissa käytettävät materiaalit ovat teräs, lujitemuovi, sahatavara sekä kertakäyttöiset pinnoitetut polyeteelikalvo- ja pahvimuotit. Kertakäyttöiset

muotit sopivat vaativiinkin kohteisiin, sillä ne täyttävät korkeatkin laatuvaatimukset betonipintojen suhteen. (Paikallavaletut betonipinnat, [viitattu 13.1.2021].)



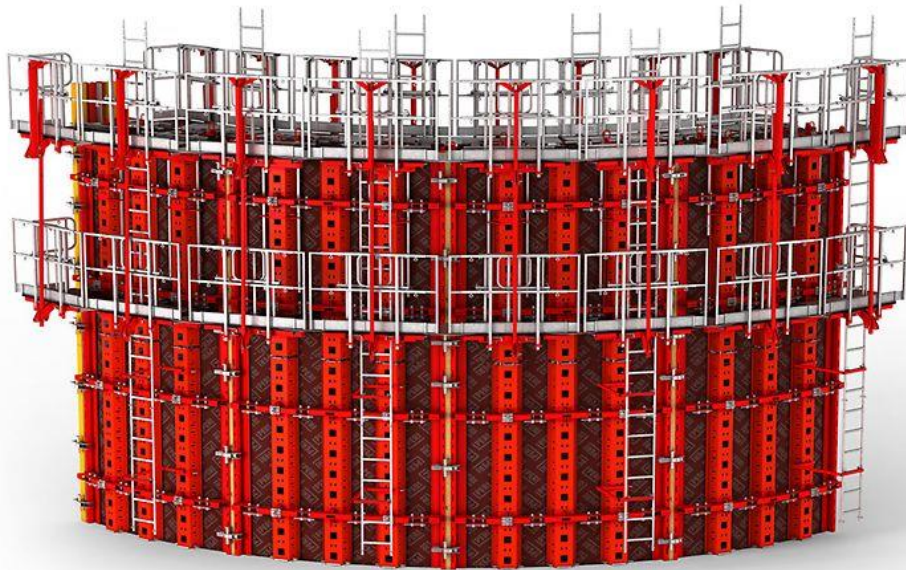
Kuva 8. Peri pilarimuotti (Peri Trio, [viitattu 07.01.2021]).

7.4.6 Kaarevien seinien muotit

Kaarevia muotteja pystytään toteuttamaan kahdella eri tavalla, joko murtoviivana eri järjestelmämuotteilla tai kohdekohtaisina vakiopalkkimuotteina, jolloin muottiin saadaan tasainen kaarevuus (kuva 9). Näistä kahdesta vaihtoehdosta muottiteknisesti edullisempi vaihtoehto on toteuttaa muotitus murtoviivana, mikäli kohteen betonipintojen laatuvaatimukset täyttyvät. Muottikasettien leveys tulee valita siten, että poikkeama pyöreästä on mahdollisimman pieni. Kasettien väliin tulee järjestelmän mukaan joko teräksinen kaariadapteri tai puusovite. (Paikallavaletut betonipinnat, [viitattu 13.1.2021].)

Kohdekohtainen vakiopalkkimuotti on kustannuksiltaan kalliimpi ja muottikustannukset riippuvat suuresti muottien käyttökerroista. Pintamateriaali tulee valita kohteen laatuvaatimusten mukaan. Muottien runkorakenne sekä pintalevyt voivat olla esimerkiksi

terästä, jolloin vaativienkin betonipintojen toteutus on mahdollista. Vakiopalkkimuotteja, joissa pintamateriaalina toimii taipuva vaneri, on vain vähän tarjolla niiden korkean hankintahinnan sekä suurten huoltokustannusten tähden. (Paikallavaletut betonipinnat, [viitattu 13.1.2021].)

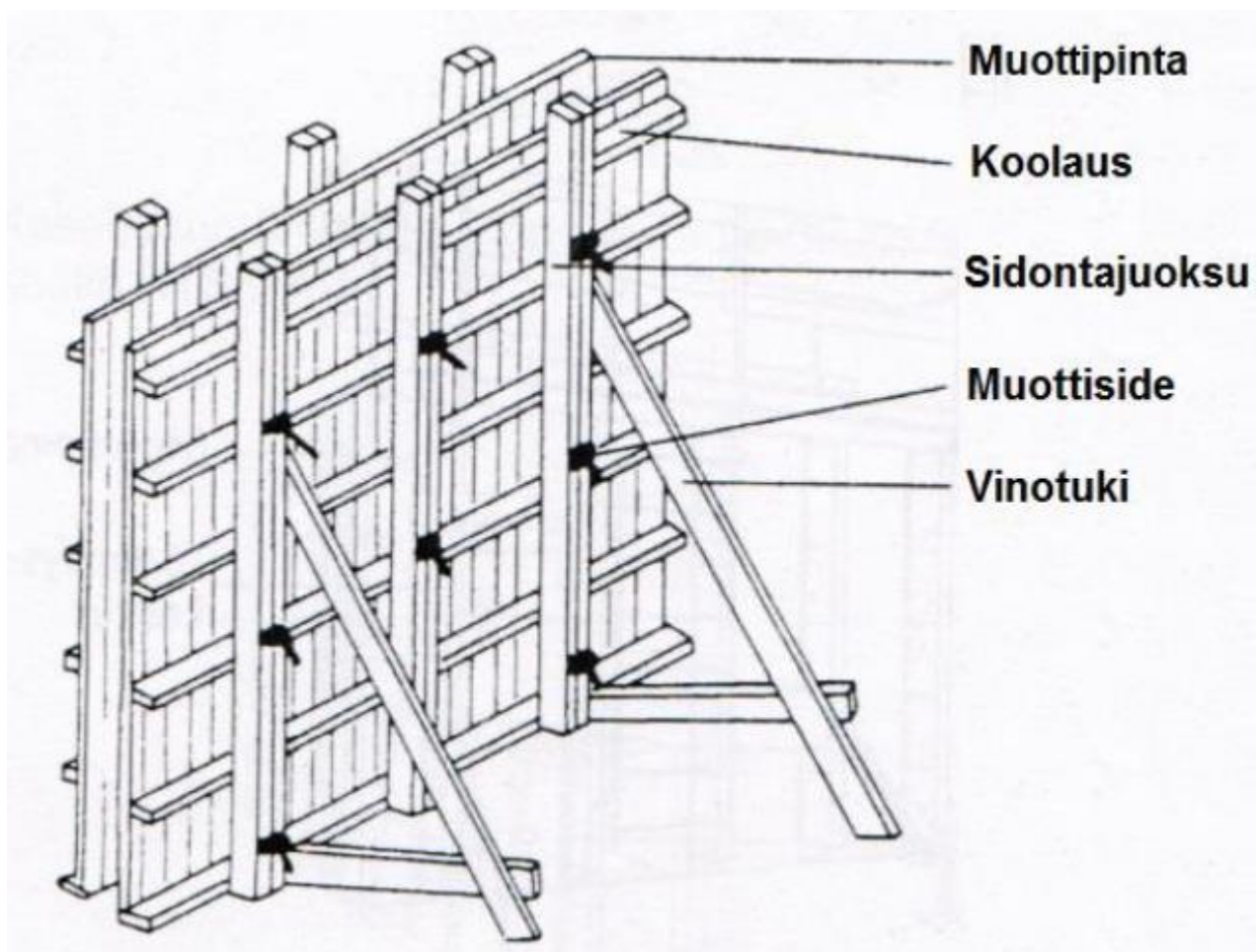


Kuva 9. Perin RUND FLEX Plus kaareva seinämuotti (Peri Rundflex, [viitattu 07.01.2021]).

7.4.7 Lauta- ja levymuotit

Paikallatehdyt lauta- ja levymuotit rakennetaan joko irrallisesta sahatavarasta tai vanerilevyistä, jotka soveltuvat muottitöihin. Tukirakenteena sekä muottipintana käytetään myös puutavaraa. Teräsosia käytetään tässä muottiratkaisussa pyöreissä muottisiteissä, mutta myös mahdollisesti tukirakenteena. Muotit työstetään kohdekohtaisesti pystytyksen aikana, joten muottilaudoitus vaatii hyvää kirvesmiestaitoa. Valun jälkeen muotit puretaan irrottamalla rakennustarvikkeet yksitellen toisistaan. Paikallatehdyt muotit ovat myös työläitä rakentaa, joten niiden työstö on yleensä hidasta sekä purkaessa hukka muodostuu suureksi aina muottitavaran rikkoutuessa. Sen takia muotit soveltuvat hyvin rakenteisiin, joissa ei ole toistuvuutta sekä pieniin kohteisiin. Arkkitehtoniset muodot voivat myös edellyttää

paikallatehtäviä muotteja, mikäli halutaan betonipintaan kappaletavaralaudoituksesta syntyvää kuviota. (Paikallavaletut betonipinnat, [viitattu 13.1.2021].)



Kuva 10. Paikallatehtymuotti sahatavarasta (Betonitekniiikan oppikirja 2018, 235).

8 BETONIELEMENTTIRUNKO

Betonielementit eli betoniset valmisosat soveltuvat hyvin kaikentyyppiseen rakentamiseen. Betonielementeillä pystytään toteuttamaan koko rakennuksen runko, esimerkiksi omakoti- ja rivitaloissa, asuinkerrostaloissa, toimisto-, liike- ja julkisissa rakennuksissa, teollisuus- ja maatalousrakennuksissa sekä pystytään toteuttamaan osa rakenteista tunneleissa, tukimuureissa sekä siltojen rakentamisessa. Betonielementit ovat tehdasvalmisteisia, jotka valmistetaan valvotuissa olosuhteissa säältä suojassa, mikä mahdollistaa korkealuokkaisen betonin käytön. Elementtien kuljetus tehtaalta työmaalle tapahtuu sekä kuorma-autoilla että perävaunuilla. Betonielementtirunko pystytään suunnitella sekä toteuttaa purettavaksi ja poissiirrettäväksi, tällä tavoin voidaan pienentää rakennusten purkujättemäärää tulevaisuudessa. (RT 82-10821 2004, 2.)

8.1 Runkojärjestelmä

Suomen yleisimpänä betonielementtirunkorakenteena voidaan pitää järjestelmää, jossa välipohjalaatasto tukeutuu kantavien väliseinien sekä ulkoseinien varaan. Asuinrakennusten alimmissa kerroksissa käytetään usein myös pilari-palkkirunkoa, jolloin pystyrakenteena toimii pilari. Tämä mahdollistaa sen, että liikehuoneistoihin sekä parkkihalleihin saadaan enemmän yhtenäistä liikkumistilaa. Tällöin pilari- ja palkkilinjat sijoitetaan rakennuksen kantavien seinälinjojen alle tukemaan ylempiä kerroksia. Runko jäykistetään betonielementeillä, jotka tukeutuvat perustuksiin. Isommat kokonaisuudet sekä suuret rakennukset tulee jakaa liikuntasaumoilla tarvittavaan osiin. Betoniset kantavat väliseinät asuntojen välillä täyttävät usein myös ääni- ja palotekniset vaatimukset. Asuinrakennuksen kantavat väliseinäelementit ovat yleensä paksuudeltaan 180 mm tai 200 mm raudoittamattomia elementtejä, kun taas kantavan ulkoseinäelementin betonisen sisäkuoren tyypillinen paksuus on 150 mm. Kantavien betonielementtien varaan tukeutuvat esijännitetyt välipohjalaatat mahdollistavat pitkät jännevälit, jolloin saadaan rakennettua pinta-alaltaan suurempia asuntoja, ilman kantavaa väliseinää huoneiston sisällä. Sisäisten kantavien väliseinien rakentaminen on tarpeen vasta, kun ylitetään 12 metrin jänneväli. (RT 82-10821 2004, 2–3.)

8.2 Elementtien tarjouspyyntövaihe

Elementtien tarjouspyyntöön vaadittavia lähtötietoja ovat riittävän valmiit arkkitehtisuunnitelmat, kuormitustiedot, tyypillisimmät rakenneratkaisut ja perusdetaljit. Hyvin usein kohteen rakennesuunnittelija laatii tarjouspyyntöön vaadittavat asiakirjat. Tarjouspyynnön suunnitteluasiakirjojen tulisi sisältää julkisivut ja niiden pintatiedot, julkisivu- ja runkokaaviot, rungon jäykistysperiaatteet, oleelliset leikkaukset, tyyppielementtipiirustuksia kuvamaan koko kohdetta, mahdolliset erikoisteräsosat sekä alustavat reikä- ja varausmäärät. Mahdollisista muutoksista on sovittava erikseen tarjouspyyntövaiheen jälkeen. (Elementtisuunnittelu, [viitattu 20.01.2021].)

8.3 Suunnitelmat ja niiden aikataulus

Kohteen yleisaikataulun laadinnan yhteydessä tulee laatia myös tehtäväluettelo. Luetteloon listataan ajallisesti sekä taloudellisesti merkittävät tehtävät. Elementtisuunnittelu sovitetaan yleisaikatauluun sekä laaditaan elementtien tuotantopiirustuksille ja luetteloille aikataulu, koska piirustukset tulee lähettää elementit valmistavalle tehtaalle. Suurten kohteiden piirustukset lähetetään toimituserissä tietyin jaksoin tai lohkein. (Elementtisuunnittelu, [viitattu 20.01.2021].)

Mikäli suunnittelija ei saa sovittuja lähtötietoja valmiiksi sovituksessa aikataulussa, tulee suunnittelijan välittömästi informoida tilaajaa sekä elementtitoimittajaa. Piirustusten aikatauluohjauksessa on sovittava täsmälliset toimituspäivämäärät. Tässä yhteydessä niin kutsuttu viikkokäsité ei ole tarpeeksi riittävä. Seinä- ja runkoelementtien ohjeellisena aikatauluna suunnitelmien toimittamisesta voidaan pitää 6 viikkoa elementtieron toimitukseen työmaalle. (Elementtisuunnittelu, [viitattu 20.01.2021].)

Kun elementtien toimitussopimus on allekirjoitettu, pidetään elementtisuunnittelun aloituskatselmus, jonka yleensä kutsuu koolle elementtisuunnittelun tilaaja. Jos taas elementtisuunnittelu on valmiina ennen toimitussopimusta, kutsuu elementtivalmistaja koolle suunnittelukatselmuksen. Erityisesti elementtisuunnittelun lähtötietoja tulee tarkastella, että nämä ratkaisut pitävät paikkansa ja ovat laadukkaita. Ennen mahdollisia

muutoksia, tulee suunnittelijan ilmoittaa nämä elementtitehtaalle sekä elementtisuunnittelun tilaajalle. (Elementtisuunnittelu, [viitattu 20.01.2021].)

Myös asennussuunnitelma sekä alustava asennusjärjestys tulisi olla valmiina, kun suunnittelija, valmistaja ja tilaaja lyövät suunnitteluaiakataulun lukkoon. Mikäli asennusjärjestys muuttuu kohteessa, tulee suunnittelijan ja elementtitoimittajan sopia uusi suunnittelu- ja valmistusjärjestys sekä informoida tilaajaa. Myös piirustusten laadintaan asetetaan uudet välitavoitteet. Jos uusi valmistusjärjestys vaikuttaa kohteen asennusaikatauluun tai -suunnitelmiin, tulee nämä muutokset sopia pää- ja asennusurakoitsijan, suunnittelijan sekä elementtitoimittajan kesken. (Elementtisuunnittelu, [viitattu 20.01.2021].)

8.4 Suunnittelijoiden osa-alueet

8.4.1 Vastaava rakennesuunnittelija

Rakennesuunnittelijan tehtävä on selvittää, onko kyseisen kohteen runko mahdollista toteuttaa betonielementeistä sekä millä tavalla rungon jäykistyssysteemi vaikuttaa mahdollisesti betonielementtien mitoitukseen. Rakennesuunnittelija laatii myös elementtisuunnittelijan pohjaksi tarvittavat yleissuunnitelmat ja kuormitustiedot, elementtien tyypilliset liitos- ja kiinnitysdetailit, jotka vastaavat Betoniteollisuuden malliohjetta sekä määrittelee rakenteiden suunnitellun käyttöiän vaatimukset. (Elementtisuunnittelu, [viitattu 20.01.2021].)

Kun elementtisuunnittelija on tehnyt suunnitelmat, rakennesuunnittelija suorittaa elementtisuunnitelmien rakenteellisen tarkastuksen, että rakenteen toiminta ja urakkalaskenta-asiakirjoissa määritelty laatuvarmistetaan sekä suunnitelmat ovat ristiriidattomat asennustyön turvallisuutta ajatellen. Rakennesuunnittelijan tulee antaa elementtien asennussuunnitelmaa varten tarvittavat tiedot asennusjärjestyksestä, väliaikaisesta tuennasta sekä lopullisesta kiinnittämisestä, niin että rakenteellinen vakavuus säilyy asennustyön jokaisessa vaiheessa sekä toimittaa LVISA- suunnittelijoille ja

urakoitsijoille piirustusten työpohjat tasokuvista reikä- ja varustelutietojen merkintää varten. Ennen rakentamisen aloitusta, vastaava rakennesuunnittelija esittää elementtisuunnitelmat tarvittavassa laajuudessa kaupungin rakennusvalvontaviranomaisille. (Elementtisuunnittelu, [viitattu 20.01.2021].)

8.4.2 Elementtisuunnittelija

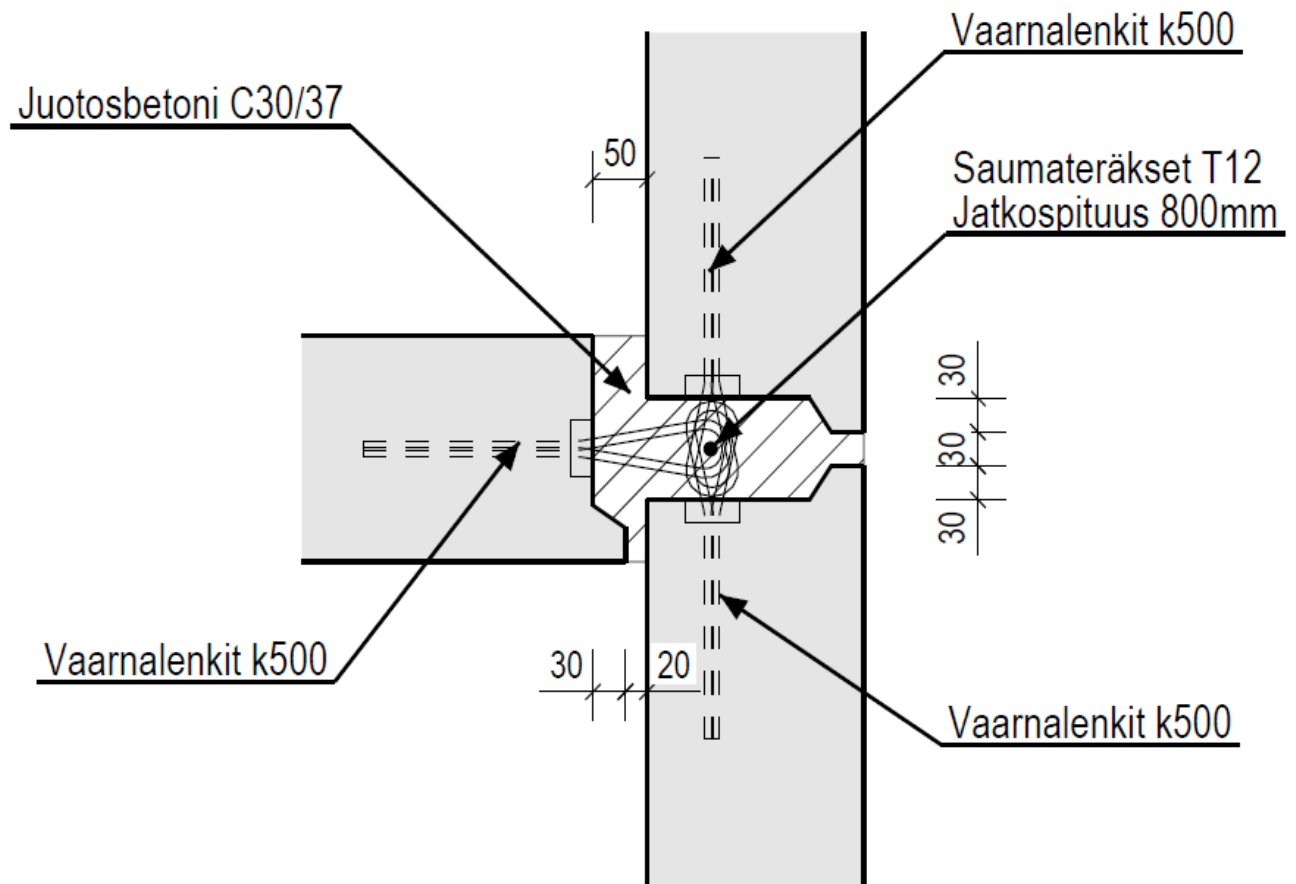
Elementtisuunnittelija eli valmisosasuunnittelija laatii betoni- ja teräsbetonelementtien lopulliset piirustukset lujuuslaskelmineen, joita ovat rakenne-, työ- ja mittapiirustukset, elementtien sijainti-, kiinnitys- ja liitosdetaljit sekä kuljetus- ja asennusaikaiset tuennat. Lopullisten piirustuksien tulee pohjautua rakennesuunnittelijan urakkalaskennan aikaisiin elementtikaavioihin, tyyppi- ja detailjisuunnitelmiin sekä arkkitehdin ja kohteen erikoissuunnittelijoiden laatimiin työ- ja erikoispiirustuksiin sekä sovitUSDetaljeihin. Elementtisuunnittelijan on toimitettava ennen betonielementtien valmistuksen aloituspalaveria, työtä koskevat lujuuslaskelmat rakennesuunnittelijalle, joka esittää nämä tarvittavassa laajuudessa kaupungin rakennusvalvontaviranomaiselle. Elementtisuunnittelija tekee myös elementtikaaviot, -luettelot sekä muut mahdollisesti sovitut luettelot, merkitsee elementteihin liittyvät detaljit ja tartunnat elementtikaavioihin sekä paikalla valettavien rakenteiden piirustuksiin tai erillisiin detailji- ja kaaviopiirustuksiin. (Elementtisuunnittelu, [viitattu 20.01.2021].)

8.5 Piirustukset

Kaikista elementeistä, joissa on eroavaisuuksia, laaditaan oma erillinen elementtipiirustus. Piirustuksista pitää tulla ilmi kaikki elementin valmistukseen tarvittavat tiedot, erityisesti betonipinnat sekä pintakäsittelyt on merkittävä piirustuksiin. Erillisiä viittauksia detaljeihin tai elementtityöselostukseen ei tule käyttää piirustuksissa. Piirustuksissa seinäelementit esitetään niin, että katsomissuunta on muottiin päin. Jokaisesta elementtityypistä esitetään myös leikkauspiirustukset sekä piirustuksiin merkitään leikkausnuolet. Piirustuksien muutokset merkitään elementtipiirustuksen nimiöön sekä itse piirustukseen. Muutokset

kirjataan ylös, jonka jälkeen ne toimitetaan elementtitehtaalle kirjallisena sekä allekirjoitettuna. (Elementtisuunnittelu, [viitattu 20.01.2021].)

Tuotantopiirustuksissa esitetään päämittojen mittaviivat niin, että alku- ja loppupää ovat selvästi tulkittavissa. Piirustusten mitat tulee saada selville niin, että niissä ei tarvitse käyttää hankalia laskutoimituksia. Piirustusten paperikoko on yleensä A3 tai suurempi. Elementtitunnusten, -määrien sekä päämittojen pohjalta laaditaan elementtiluettelo valmiista elementeistä. (Elementtisuunnittelu, [viitattu 20.01.2021].)



Kuva 12. Vaakaleikkaus kolmen väliseinäelementin liitoksesta (YIT Seinäjoen aluetoimisto, 2021).

8.6 Elementtiasennussuunnitelma

Aina ennen asennustyön aloittamista tulee työmaalla olla laadittuna kirjallinen asennussuunnitelma. Suunnitelmasta vastaavat allekirjoituksillaan päärakennesuunnittelija, asennustyönjohtaja ja päätoteuttajan vastaava työnjohtaja sekä tarvittaessa elementtitoimituksen vastuhenkilö ja elementtisuunnittelija. Asennussuunnitelmasta pitää käydä ilmi asennusjärjestys, elementtien turvalliset nostot ja käsittelyt, mahdolliset

väliaikaisvarastot, nostoapuvälineet, liitosten materiaalit, hitsaustavat, juotosvalujen suojaaminen, asennustyön työturvallisuussuunnitelma, väliaikainen tuenta ja tuennan vähimmäistukipinnat sekä lopullinen kiinnittäminen niin, että rakenteellinen vakavuus säilyy läpi koko asennustyön. Vastaavan rakennesuunnittelijan tehtävänä on huolehtia, että suunnitelmat eivät ole ristiriidassa asennustyön kanssa, jotta työ voidaan suorittaa turvallisesti. Mahdolliset muutokset, jotka vaikuttavat oleellisesti rakenteisiin tai työturvallisuuteen tulee korjata asennussuunnitelmaan ja hyväksyttää tämän jälkeen vastaavalla rakennesuunnittelijalla ennen töiden aloitusta. Asennussuunnitelma tulee käydä läpi työryhmän kanssa aina ennen töiden aloitusta. (Betonitekniikan oppikirja 2018, 473.)

9 BETONIELEMENTTIEN KUSTANNUKSET JA AIKATAULU

9.1 Työsisältö

Elementtiasennuksen pääosapuolia ovat tilaaja, pääurakoitsija, suunnittelijat, elementtitoimittaja, asennustyönjohtaja sekä elementtiasentajat. Elementtiasennusryhmään kuuluu yleensä elementtiasennustyönjohtaja, mittamies sekä 2–3 asentajaa ja nosturikuski. Työnjohtaja vastaa siitä, että asennustyöt tulevat suoritetuksi suunnittelu- ja laatuvaatimusten mukaisesti, on vuorovaikutuksessa projektin muihin osapuoliin sekä tilaa tarvittavat elementit ja tarvikkeet työmaalle oikea-aikaisesti. Mittamiehen tehtäviin kuuluu elementtien oikean sijainnin sekä korkojen merkintä, jotka ovat merkittynä kohteen suunnitelmissa. Elementtien sijainnit voidaan merkitä takymetrillä tai käyttämällä rullamittaa. Elementtien korkeusasema saadaan merkittyä tasolaserilla sekä vaaituskoneella. Pysty- ja vaakasuoruus saadaan selville joko tarkkuuspassilla tai rullamitalla. Elementtiasennus etenee asennussuunnitelman mukaisesti, mihin vaikuttavat kohteen runkojärjestelmä sekä vallitsevat sääolosuhteet. Pilari-palkkirungossa asennusjärjestys aloitetaan pilareista, jonka jälkeen asennetaan palkit, laatat, porrashuoneet, julkisivut ja seuraavan kerroksen palkit. Asuinrakennuksissa aloitetaan yleensä päätyseinistä, jonka jälkeen edetään sisäseiniin, laattoihin, ulkoseiniin, portaisiin, hormielementteihin ja viimeisenä parvekkeet asennetaan paikoilleen. Elementtien juotosvalut pyritään tekemään mahdollisimman nopeasti elementtien asennuksen jälkeen, jotta väliaikaistuilla tarvitsisi jäykistää mahdollisimman vähän kerroksia. Elementit jäykistetään väliaikaisesti elementtituilla, jotka tunnetaan työmaalla paremmin nimellä tönäri. Valmiin betonielementtirungon jälkitöihin kuuluu muun muassa elementtien kolojen paikkaus tarvittavilta osin, saumavalujen viimeistely sekä elementin betonipinnan hiominen. (Betonitekniikan oppikirja 2018, 473–476.)

Nosturin valintaan vaikuttaa työmaan laajuus, nostettavien elementtien painot, nostokorkeus ja -pituus sekä kuinka pitkään nostotyöt kestävät. Ensin tulee valita kohteen mukaan käyttääkö torni- vai mobiilinnosturia. Torninosturi sopii työmaille, jossa nosturia tarvitaan pidempi aika sekä, jos kohde on korkea ja nostotöissä vaaditaan näköyhteyttä työkohteeseen. Mobiilinnosturin sopii taas kohteeseen, jossa nostotöiden osuus on

lyhytaikaista tai pätkittäistä. Tällaisissa kohteissa torninosturin kasaus- ja purkukustannukset nousisivat asennuspäivää kohden huomattavan suuriksi, joten mobiilnosturi onkin oiva ratkaisu nostotöihin kyseisissä kohteissa. (Betonitekniikan oppikirja 2018, 473–476.)

9.2 Määrälaskennat

Taulukko 1. As Oy Ainon betonielementtimäärät.

Elementtimäärät		
Väliseinäelementit	368	kpl
Ulkoseinäelementit	89	kpl
Hissikuiluelementit	34	kpl
Pilarelementit	104	kpl

Taulukossa 1. on laskettu kohteen elementtimäärät mitta- sekä pohjapiirustuksista, minkä jälkeen laskelmia on verrattu kohteen toteutuneeseen elementtimäärään.

Taulukko 2. As Oy Ainon betonielementtiseinän juotosbetonimäärät.

Juotoslaastimäärät		
Vaakasaumajuotos	4,92	m ³
Pystysaumajuotos	10	m ³
Pilareiden alapään juotos	2	m ³

Taulukossa 2. on laskettu kohteen juotosbetonimäärät elementtien detaljeista sekä mitta-, leikkaus- ja pohjapiirustuksista.

Taulukko 3. As Oy Ainon betonielementtiseinän harjateräksien määrät.

Harjateräsmäärät		
Pystysaumaraudat, T12	750	jm
Tartunnat, T12	620	jm

Taulukossa 3. on laskettu kohteen harjateräkset mitta-, leikkaus- ja pohjapiirustuksista.

9.3 Työkustannukset

Työkustannusten hinta lasketaan käyttäen työn tilaajan menekkitietoja sekä RATU-menekkejä.

Taulukko 4. As Oy Ainon betonielementtiasennuksen kustannukset.

Taulukko 5. As Oy Ainon betonielementtien juotokset.

Taulukko 6. As Oy Ainon betonielementtiseinän pystyrautojen sekä harjaterästartuntojen työkustannukset.

9.4 Työmaan käyttö- ja yhteiskustannukset

Taulukko 7. As Oy Ainon työmaan käyttö- ja yhteiskustannukset betonielementtirungossa.

Taulukossa 7. työmaan käyttö- ja yhteiskustannukset on hinnoiteltu Rentan vuokrahinnastoluettelon ja työmaan toteutuneiden kustannusten mukaan.

9.5 Kalusto- ja materiaalikustannukset

Taulukko 8. As Oy Ainon betonielementtirungon kalustokustannukset.

Taulukossa 8. työmaan kalustokustannukset on hinnoiteltu pääosin Rentan vuokrahinnastosta. Torninosturin vuokrakustannukset perustuvat Lambertsson Oy:n antamaan tarjoukseen.

Taulukko 9. As Oy Ainon betonielementtien kustannukset.

Taulukossa 9. betonielementtien yksikköhinnat perustuvat Betoniluoma Oy:n antamaan tarjoukseen.

Taulukko 10. As Oy Ainon betonielementtiseinän juotosbetonien kustannukset.

Taulukko 11. As Oy Ainon betonielementtiseinän harjateräksien kustannukset.

Taulukoissa 10. ja 11. on laskettu juotosbetonien sekä harjateräksien kustannukset opinnäytetyön tilaajan hinnoilla.

9.6 Suunnittelukustannukset

Taulukko 12. As Oy Ainon betonielementtirungon suunnittelukustannukset.

9.7 Aikataulu

Kuva 13. As Oy Ainon betonielementtirungon, kerroksien 1 - 5 aikataulu.

Kuva 14. As Oy Ainon betonielementtirungon, kerroksien 6 - 9 aikataulu.

10 PAIKALLAVALUSEINIEN KUSTANNUKSET JA AIKATAULU

10.1 Työsisältö

Paikallavalurungon muottityöt alkavat mittamiehen tekemillä mittauksilla. Mittamies mittaa ja merkitsee rakenteen sivu- ja päätymitat sekä oviaukot olemassa oleviin rakenteisiin. Tämän jälkeen tarkastetaan asennusalustan vaakasuoruus joko vaaituskoneen tai tasolaserin avulla. Alustan epätasaisuudet korjataan tarvittaessa asennuspaloilla, joilla saadaan muotit vaakasuoraan. (Ratu 0401 2004, 8–9.)

Muotit nostetaan paikoilleen joko torni- tai mobiilinosturilla, jonka jälkeen muotit säädetään pystysuoraan sekä tuetaan. Kun muotit on saatu tuettua ja suoristettua irrotetaan nosturin nostolenkit muotista. Nostolenkkejä ei saa irrottaa ennen, kun muotti on saatu tuettua riittävästi. Kun ensimmäinen muottipuolisko on paikoillaan, kiinnitetään rajoittimet sekä varaukset muottiin, jotka rakennetaan yleensä puutavarasta. Muottien puhtaus tulee varmistaa huolellisesti ennen öljyämistä, putkituksia sekä raudoitusta. Öljyämisen, putkituksien ja raudoitusten jälkeen tuplataan muotit eli asennetaan toinen puoli muotista. Muotit säädetään ja tuetaan nosturin avulla, kuten ensimmäinen muottipuolisko. Muotit sidotaan toisiinsa muottilukoilla muotin ylä- ja alareunoista. Ennen betonoinnin aloitusta tulee varmistua muottien riittävästä tuennasta, jotta muotit eivät petä kesken betonoinnin. (Ratu 0401 2004, 8–9.)

Betonointia aloittaessa tulee tarkastaa, että muottien pohjat ovat puhtaat, jotta seinärakenteen pohja ei jää harvaksi. Seinärakenteiden muotit ovat yleensä korkeita ja ahtaita, joten betonointi vaatii suurta huolellisuutta, että muotti saadaan täytettyä tasaisesti. Betoni pudotetaan muottiin 250–300 mm:n kerroksina samaan suuntaan, jolla varmistetaan, että seinärakenteesta tulee tasalaatuinen. Betonimassan pudotuskorkeus on noin 1–1,5 metriä, näin vältetään massan iskeytymistä muotin seinämiin ja raudoituksiin. Massa tiivistetään betonivibralla, joka tulee ulottua edelliseen kerrokseen 100–200 mm. Mikäli seinärakenne on tiheästi raudoitettu tai muotissa on paljon varauksia, voidaan betonoinnin yhteydessä käyttää muottitäryttimiä betonivibran sijasta. Korkeissa seinärakenteissa

joudutaan betonoinnin nousunopeutta rajoittamaan painumisen sekä vedenerottumisen vuoksi. Jos seinien kanssa valetaan yhtä aikaa vaakarakenteita, on pystyrakenteiden annettava painua vähintään 1–2 tuntia ennen valamisen aloitusta. (Ratu 0403 2004, 8–10.)

Betonimuotit puretaan, kun betonin suunnitelmien mukainen purkulujuus on saavutettu. Purkuajankohdan määrittää vastaava työnjohtaja tai betonitöiden työnjohtaja. Muotit tulee purkaa sellaisessa järjestyksessä, jotta seinärakenteille ei aiheudu ylimääräisiä kuormituksia. Muottien purkamisen jälkeen työnjohtaja tarkastaa valetut seinärakenteet ja kirjaa mahdolliset valuvirheet ylös. Valuvirheiden korjaustoimenpiteet tulee suorittaa mahdollisimman pian muotin purun jälkeen. Purkutyö alkaa aukaisemalla muottilukot, jonka jälkeen muotit irrotetaan kiilaamalla rautakanki betonin ja muotin väliin. Irrottaessa tulee varoa rikkomasta betonirakenteen kulmia ja pintaa. Muottien irrottamisen jälkeen voidaan purkaa rajoittimet sekä varaukset. Muotit putsataan huolellisesti heti irrottamisen jälkeen betonista, nauloista sekä sidontalangoista, jonka jälkeen ne siirretään joko seuraavalle asennuspaikalle tai varastointialueelle. (Ratu 0401 2004, 8–9.)

10.2 Määrälaskennat

Taulukoissa 13, 14, 15 ja 16. paikallavaluseinien pinta-alasta on vähennetty ikkuna- ja oviaukot. Pinta-ala on kerrottu kahdella, josta saadaan muottien pinta-ala. Raudoitusverkoksi on laskettu T12-150, jonka painoksi saadaan noin 40 kg/m³.

Taulukko 13. As Oy Ainon paikallavalettavien väliseinien määrät laskettuna.

Väliseinät	Pinta-ala	Yks.	Muotit	Yks.	Raudoitus	Yks.	Betonointi	Yks.
1. kerros	307,5	m ²	615	m ²	40	kg/m ³	59,3	m ³
2. kerros	282,3	m ²	564,6	m ²	40	kg/m ³	52,46	m ³
3. kerros	282,3	m ²	564,6	m ²	40	kg/m ³	52,46	m ³
4. kerros	282,3	m ²	564,6	m ²	40	kg/m ³	52,46	m ³
5. kerros	282,3	m ²	564,6	m ²	40	kg/m ³	52,46	m ³
6. kerros	220	m ²	440	m ²	40	kg/m ³	41,2	m ³
7. kerros	220	m ²	440	m ²	40	kg/m ³	41,2	m ³
8. kerros	220	m ²	440	m ²	40	kg/m ³	41,2	m ³
9. kerros	40,5	m ²	81	m ²	40	kg/m ³	7,5	m ³
Yht=	2137,2	m²	4274	m²	16009,6	kg	400,24	m³
Väliseinien paksuus	0,2	m						

Taulukko 14. As Oy Ainon paikallavalettavien ulkoseinien määrät laskettuna.

<u>Ulkoseinät</u>	<u>Pinta-ala</u>	<u>Yks.</u>	<u>Muotit</u>	<u>Yks.</u>	<u>Raudoitus</u>	<u>Yks.</u>	<u>Betonointi</u>	<u>Yks.</u>	<u>Eriste</u>	<u>Yks.</u>
1. kerros	177,3	m2	354,6	m2	40	kg/m3	30,46	m3	152,3	m2
2. kerros	154,3	m2	308,6	m2	40	kg/m3	23,66	m3	118,3	m2
3. kerros	154,3	m2	308,6	m2	40	kg/m3	23,66	m3	118,3	m2
4. kerros	154,3	m2	308,6	m2	40	kg/m3	23,66	m3	118,3	m2
5. kerros	154,3	m2	308,6	m2	40	kg/m3	23,66	m3	118,3	m2
6. kerros	154,3	m2	308,6	m2	40	kg/m3	21,42	m3	107,1	m2
7. kerros	154,3	m2	308,6	m2	40	kg/m3	21,42	m3	107,1	m2
8. kerros	154,3	m2	308,6	m2	40	kg/m3	21,42	m3	107,1	m2
Yht=	1257,4	m2	2514,8	m2	7574,4	kg	189,36	m3	946,8	m2
Ulkoseinien paksuus	0,2	m								

Taulukko 15. As Oy Ainon paikallavalettavan hissikuilun määrät laskettuna.

<u>Hissikuilu</u>	<u>Pinta-ala</u>	<u>Yks.</u>	<u>Muotit</u>	<u>Yks.</u>	<u>Raudoitus</u>	<u>Yks.</u>	<u>Betonointi</u>	<u>Yks.</u>
1. kerros	21,5	m2	43	m2	40	kg/m3	4,3	m3
2. kerros	19,1	m2	38,2	m2	40	kg/m3	3,82	m3
3. kerros	19,1	m2	38,2	m2	40	kg/m3	3,82	m3
4. kerros	19,1	m2	38,2	m2	40	kg/m3	3,82	m3
5. kerros	19,1	m2	38,2	m2	40	kg/m3	3,82	m3
6. kerros	19,1	m2	38,2	m2	40	kg/m3	3,82	m3
7. kerros	19,1	m2	38,2	m2	40	kg/m3	3,82	m3
8. kerros	21,5	m2	43	m2	40	kg/m3	4,3	m3
Yht=	157,6	m2	315,2	m2	1260,8	kg	31,52	m3
Hissikuilun elementtien paksuus		0,2	m					

Taulukko 16. As Oy Ainon paikallavalettavien pilarien määrät laskettuna.

<u>Pilarit</u>	<u>Määrä</u>	<u>Yks.</u>	<u>Pinta-ala</u>	<u>Yks.</u>	<u>Muotit</u>	<u>Yks.</u>	<u>Raudoitus</u>	<u>Yks.</u>	<u>Betonointi</u>	<u>Yks.</u>
Pilari D300	56	kpl	84,4	m2	168,8	m2	100	kg/m3	13,95	m3
Pilari 1200x300	24	kpl	111,85	m2	223,7	m2	100	kg/m3	33,55	m3
Pilari 600x300	24	kpl	69,9	m2	139,8	m2	100	kg/m3	16,78	m3
Yht=	104	kpl	266,15	m2	532,3	m2	6428	kg	64,28	m3

10.3 Työkustannukset

Taulukko 17. As Oy Ainon paikallavaluseinien muottitöiden kustannukset.

Taulukko 18. As Oy Ainon paikallavaluseinien raudoitustöiden kustannukset.

Taulukko 19. As Oy Ainon paikallavaluseinien betonointitöiden kustannukset.

Taulukko 20. As Oy Ainon paikallavaluseinien eristystöiden kustannukset.

10.4 Työmaan käyttö- ja yhteiskustannukset

Taulukossa 21. työmaan käyttö- ja yhteiskustannukset on hinnoiteltu Rentan vuokrahinnastoluettelon ja työmaan toteutuneiden kustannusten mukaan.

Taulukko 21. As Oy Ainon työmaan käyttö- ja yhteiskustannukset paikallavalurungossa.

10.5 Kalusto- ja materiaalikustannukset

Taulukko 22. As Oy Ainon paikallavalurungon kalustokustannukset.

Taulukossa 22. työmaan kalustokustannukset on hinnoiteltu pääosin Rentan vuokrahinnastosta. Torninosturin vuokrakustannukset perustuvat Lambertsson Oy:n antamaan tarjoukseen.

Taulukko 23. As Oy Ainon paikallavaluseinien harjateräskustannukset.

Taulukko 24. As Oy Ainon paikallavaluseinien betonikustannukset.

Taulukko 25. As Oy Ainon paikallavalurungon ulkoseinien eristysmateriaalien kustannukset.

Taulukoissa 23, 24 ja 25. on laskettu materiaalien kustannukset opinnäytetyön tilaajan hinnoilla.

10.6 Suunnittelukustannukset

Taulukko 26. As Oy Ainon paikallavalurungon suunnittelukustannukset.

10.7 Aikataulu

Kuva 15. As Oy Ainon paikallavalurungon, kerroksien 1 - 5 aikataulu.

Kuva 16. As Oy Ainon paikallavalurungon, kerroksien 6 - 9 aikataulu.

11 YHTEENVETO

11.1 Kustannukset

Taulukko 27. Yhteenveto kahden eri seinärakenteen kustannuksista.

Taulukoissa 28. ja 29. kuvataan molempien pystyrunkorakenteiden toteutustapojen kustannusjakaumaa. Näistä käy ilmi, kuinka kustannukset jakautuvat prosentuaalisesti kokonaiskustannuksiin verraten. Esimerkiksi betonielementtirakenteessa materiaalikustannukset muodostavat 64 % koko toteutustavan kustannuksista, kun taas paikallavalurungossa suunnittelukustannukset ovat suurin erä, 37 % koko rungon kokonaiskustannuksesta.

Taulukko 28. Paikallavalu seinärakenteen prosentuaaliset kustannukset kategorioittain.

Taulukko 29. Betonielementti seinärakenteen prosentuaaliset kustannukset kategorioittain.

11.2 Aikataulu

Taulukko 30. Rungon työvaiheiden päivämääräinen kesto kategorioittain.

Taulukko 31. Viivakaavio rakennuksen kerrosnopeudesta, paikallavalurunkona sekä betonielementtirunkona.

Taulukoista 30. ja 31. selviää, että betonielementtirunko verraten paikallavalurungon aikatauluun on noin puolet nopeampi toteuttaa. Kustannuslaskelmissa aikataululla ei ole kuitenkaan kustannusten kannalta merkitystä suurten betonielementtikustannusten vuoksi.

11.3 Höydyt

11.3.1 Betonielementtiseinä

Betonielementtiseinän etu on työturvallisempi ulkoseinärakenteen työvaihe, joka korostuu varsinkin ulkoseinillä, jossa ei ole parvekelaattaa vieressä tukemassa paikallavaluseinän suurmuottia. Betonielementtiseinien etuna on myös, että pakkaneen ja talviolosuhteet ylipäättään eivät pääse vaikuttamaan seinärakenteen lujisuuden kehitykseen, ja näin ollen seinärakenteesta saadaan tasalaatuista sekä seinää pystytään kuormittamaan heti juotoksien ja tuennan jälkeen, joka puolestaan nopeuttaa rakentamista. (Hiipakka 2021.)

11.3.2 Paikallavaluseinä

Paikallavaluseinän etuja ovat kustannustehokkuus sekä luja, saumaton, yhtenäinen ja tiivis seinärakenne. Paikallavaluseinän hintaan vaikuttavat monet asiat, kuten suhdanteet, rakentamisajankohta, rakennuspaikka sekä rakennuskohteen laajuus. Yleisesti paikallavaluseinärakenteella päästään kuitenkin edullisempaan lopputulokseen kustannusten näkökulmasta. Paikallavaluseinän torninosturin vuokratukustannuksissa päästään yleensä myös halvemmalla, kuin betonielementtirakenteessa, sillä suurmuottien nostoon ei tarvita yhtä suurta nosturia kuten taas painavien betonielementtien. Asia ei kuitenkaan ole niin yksinkertainen. Tähän säästöön vaikuttavat hyvin monet asiat, kuten

kohteen laajuus eli kuinka pitkälle nosturin ulottaman täytyy riittää sekä kuinka korkea rakennuskohde on kyseessä. Koska paikallavaluseinien ajallinen kesto on yleensä betonielementtiseiniä pidempi, jää kustannussäästö tästä syystä hyvin pieneksi. (Hiipakka 2021.)

11.4 Haitat

11.4.1 Betonielementtiseinä

Elementtikohteen haittapuolia ovat suuret kustannukset. Kustannuksiin vaikuttavat jo pidempi ja laajempi suunnitteluvaihe, joka lisää kohteen suunnittelukustannuksia. Tämän lisäksi itse betonielementtien hintataso on hyvin korkea sekä nostokustannukset ovat suuremmat. Kun rakennetaan paljon, elementtien toimitusaika pitenee sekä elementtien hintataso nousee, hankaloittaen betonielementtien saatavuutta. (Hiipakka 2021.)

Isojen ja painavien betonielementtien kuljetus luo myös omat haasteensa. Yksikin vääränlainen, puuttuva tai kuljetuksessa vaurioitunut elementti voi pilata koko asennuskokonaisuuden, jolloin työvaihe seisahtuu. Lisäksi työmaan infran täytyy olla koko rungon pystytyksen ajan sellaisessa kunnossa, että painavilla kuljetuksilla ei ole ongelmaa päästä purkupaikalla. (Hiipakka 2021.)

Sääolosuhteet vaikuttavat myös rungon rakennustapaan. Esimerkiksi tuulisilla alueilla elementtien nostotyöt voivat olla hyvin haasteellisia, niin että nostoja ei voida suorittaa työturvallisesti, jolloin taas työvaihe seisahtuu. (Hiipakka 2021.)

11.4.2 Paikallavaluseinä

Paikalla valaessa on useita työvaiheita, jotka tulee suunnitella tarkkaan. Muottien kunto sekä työmaan henkilöstön ammattitaito ovat suuressa roolissa, jotta rungon aikataulu sekä kustannukset pysyvät hallinnassa. (Hiipakka 2021.)

Talviset olosuhteet luovat omat haasteensa paikallavaluun, sillä seinärakenteet ovat alttiina sääolosuhteiden vaihteluille pidentäen rakentamisaikaa sekä tuomalla lisäkustannuksia rakenteiden suojausten ja lämmityksen vuoksi. (Hiipakka 2021.)

Paikallavalurakenteen useat työvaiheet lisäävät tapaturmariskiä, jotka tulee ottaa huomioon työvaiheita suunniteltaessa. Useat nostot sekä korkealla työskentely ovat suurimmat riskit työturvallisuuden näkökulmasta, joten näihin asioihin tulee kiinnittää erityistä huomiota. (Hiipakka 2021.)

12 JOHTOPÄÄTÖKSET

Opinnäytetyön tarkoituksena oli vertailla kahden eri runkoratkaisun, eli paikallavalu- ja betonielementtirungon seinärakenteen kustannuseroja sekä aikataulujen vaikutusta kustannuksiin. Kustannusvertailussa otettiin huomioon työmaan käyttö-, yhteis-, kalusto-, materiaali-, työ- sekä suunnittelukustannukset. Tässä opinnäytetyössä ei ole otettu huomioon suhdanteita eikä rakennuspaikasta tai rakennusajankohdasta aiheutuvia kustannuksia.

Runkoratkaisujen kustannukset jakoutuivat hyvin eri tavoin. Paikallavaluseinien suurin kustannuserä muodostui suunnittelukustannuksista, joka oli 37 % kokonaiskustannuksista, kun taas betonielementtiseinien ylivoimaisesti suurin kustannuserä muodostui materiaalikustannuksista, joka oli peräti 64 % kokonaiskustannuksista.

Opinnäytetyön kustannusvertailujen pohjalta voidaan todeta, että seinärakenne paikalla valaen olisi mahdollisesti ollut 46,4 % edullisempi kuin betonielementeistä rakennettu seinärakenne. Vaikka paikallavaluseinä olisi taloudellisempi vaihtoehto kuin betonielementtiseinä, ei tämä välttämättä aina ole kohteen oikea rakennustapa. Rakennuksen seinärungon toteutustapaan vaikuttavat monet eri asiat, kuten rakennushankkeen aikataulu, sääolot, runkojärjestelmä tai kohteen seinärakenteelta vaadittava tasalaatuinen laatutaso.

LÄHTEET

Aikataulukirja 2016. 2015. 13. uud. p. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Betonielementit. Ei päiväystä. [Verkkosivu]. Kivifaktaa.fi. [Viitattu 18.1.2021]. Saatavana: <https://kivifaktaa.fi/suomea-rakentamassa/betonielementit/>

Betonitekniikan oppikirja. 2018. 6. uud. p. Helsinki: Suomen Betoniyhdistys ry.

Doka wall systems. Ei päiväystä. [Verkkosivu]. Doka.com. [Viitattu 7.1.2021]. Saatavana: <https://www.doka.com/fi/system-groups/doka-wall-systems/framed-formwork/index>

Doka wall systems 2. Ei päiväystä. [Verkkosivu]. Doka.com [Viitattu 7.1.2021]. Saatavana: <https://www.doka.com/fi/system-groups/doka-wall-systems/framed-formwork/alu-framax-xlife/index>

Elementtisuunnittelu. 29.9.2020. Suunnittelun ohjaus. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 20.1.2021]. Saatavana: <https://www.elementtisuunnittelu.fi/suunnitteluprosessi/suunnittelun-ohjaus>

Hiipakka, J. 2021. Vastaava mestari. YIT Suomi Oy. Haastattelu 25.3.2021.

Koskenvesa, A. & Sahlstedt S. 2011. Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Muottijärjestelmät. Ei päiväystä. [Verkkosivu]. Kivitalo.fi. [Viitattu 13.1.2021]. Saatavana: <https://www.kivitalo.fi/betonirakenteet/muottijarjestelmat/>

Muottityön suunnittelu. Ei päiväystä. [Verkkosivu]. Kivitalo.fi. [Viitattu 13.1.2021]. Saatavana: <https://www.kivitalo.fi/betonirakenteet/muottityon-suunnittelu/>

Paikallavaletut betonipinnat. Ei päiväystä. [Verkkosivu]. Rakennustieto.fi. [Viitattu 13.1.2021]. Saatavana: <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK030401.pdf>

Peri Rundflex. Ei päiväystä. [Verkkosivu]. Peri.fi. [Viitattu 7.1.2021]. Saatavana: <https://www.peri.fi/tuotteet/muotit/rundflex-plus.html#&gid=1&pid=1>

Peri Trio. Ei päiväystä. [Verkkosivu]. Peri.fi. [Viitattu 07.1.2021]. Saatavana: <https://www.peri.fi/tuotteet/muotit/trio-pilarimuotti.html#&gid=1&pid=3>

Peri Vario. Ei päiväystä. [Verkkosivu]. Peri.fi. [Viitattu 7.1.2021]. Saatavana: <https://www.peri.fi/tuotteet/muotit/varioqt24seinamuotti.html>

Rakenne- ja elementtisuunnittelu. Ei päiväystä. [Verkkosivu]. Betoni.com. [Viitattu 20.1.2021]. Saatavana: <https://betoni.com/arkkitehtisuunnittelu/rakenne-ja-elementtisuunnittelu/>

RATU 0403. 2012. Betonointi. Helsinki: Rakennustieto

RATU 0401. 2012. Suur- ja erikoismuottityö. Helsinki: Rakennustieto

RT 82-10821. 2004. Betonielementtirunkorakenteet. Helsinki: Rakennustieto.

RT 82-10814. 2004. Paikallavaletut betonirunkorakenteet. Helsinki: Rakennustieto.

Väisänen, P. 2005. Perustietoa arkkitehtiopiskelijalle. Betoni (2), 24.

YIT Seinäjoen aluetoimisto. 2021. As Oy Ainon julkisivupiirros 20.1.2021.

YIT Suomi Oy 2021. Ei päiväystä. [Verkkosivu]. Yit.fi. [Viitattu 5.1.2021]. Saatavana: <https://www.yitgroup.com/fi/tietoa-yitsta/historia>

YIT Suomi Oy 2019. Ei päiväystä. [Verkkosivu]. [Viitattu 5.1.2021]. Saatavana: https://www.yitgroup.com/siteassets/investors/annual-reports/2019/yit_vuosiesite_2019_fi.pdf

LIITTEET

Liite 1. As Oy Ainon 2-kerroksen mittapiirustus.

