



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Niko Leppinen

Paikalla tehtävät betonirakenteet

Opinnäytetyö

Kevät 2024

Insinööri (AMK), Rakennustekniikka



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Tutkinto-ohjelma: Insinööri (AMK), Rakennustekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Talonrakennustekniikka

Tekijä: Niko Leppinen

Työn nimi alaotsikoineen: Paikalla tehtävät betonirakenteet

Ohjaaja: Olli Isopahkala

Vuosi: 2024

Sivumäärä: 41

Liitteiden lukumäärä: 5

Tässä opinnäytetyössä keskityttiin työmaakohteessa toteutettuihin paikalla tehtäviin betonirakenteisiin. Työssä kerrotaan betonirakentamisen suunnitelmista sekä työn toteuttamisesta. Keskeisenä osana keskityttiin tehtäväsuunnitteluun ja toteutukseen anturoiden ja seinärakenteiden osalla. Tavoitteena oli laatia selkeä kokonaisuus, jossa kerrotaan työmaalla tehtävästä suunnittelutyöstä tarkemmin.

Opinnäytetyön alussa tutkittiin betonirakenteita yleisesti sekä käytiin läpi betonirakentamisen yleisiä vaatimuksia ja toteutusluokkia. Lisäksi käytiin läpi paikallavalurakentamista. Paikalla rakentamisessa, valtaosa työn osuudesta tapahtuu työmaalla. Paikalla valettavat runkorakenteet mahdollistavat yksinkertaisen toteutuksen. Betonirakenteiden toteuttaminen vaatii kuitenkin suunnitelmia, ennen kuin varsinaiset työt voidaan aloittaa työmaalla. Työssä perehdyttiin näihin suunnitelmiin, betonityönjohtajan vaatimuksiin sekä siihen mitä asioita betonityösuunnitelma pitää sisällään. Lisäksi tutustuttiin toteutusta ajatellen muotti- sekä raudoitussuunnitelmiin.

Tehtäväsuunnitelmassa kerrotaan varsinaisen työosuuden suunnitelmista ja mitä asioita olisi hyvä huomioida tehtäväsuunnitelmaa laatiessa. Toteutuksessa työvaiheet käydään kohta kohdalta läpi, joista on hyvä poimia asioita tehtäväsuunnitelmien laadintaan. Tutkimusaineisto hankittiin monipuolisesti ja se pohjautui vallitseviin asetuksiin, hankittuun tietoon, sekä omaan kokemukseen rakennuskohteista.

¹ Asiasanat: Betonirakentaminen, muotti, rauditus, betonointi, betonityösuunnitelma

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Degree programme: Bachelor of Engineering, Construction Engineering

Specialisation: Building Construction

Author: Niko Leppinen

Title of thesis: On-site cast concrete structures

Supervisor: Olli Isopahkala

Year: 2024

Number of pages: 41

Number of appendices: 5

The thesis deals with on-site concrete structures implemented at a construction site. The thesis described concrete construction, plans as well as the implementation of the work. The central part studied the foundation and wall structures. The aim was to establish a clear entity describing the design work performed on the site in more detail.

At the beginning of the thesis, concrete structures were studied in general as well as the general requirements of concrete construction. In addition, on-site casting construction was reviewed. On-site construction refers-, to most of the work taking place at the site. The cast-in-place frame structures allow for a simple implementation. Building concrete structures requires plans, before the actual work can be started on the site. The thesis examined these plans, the requirements for the concrete foreman as well as the contents of a concrete work plan. In addition, with the implementation in mind, mold plans and rebar plans were studied.

The chapter on the work plan described the plans for the actual part of a work and what should be considered when drawing a mission plan. In the implementation, the work phases are implemented point by point, which is good for drawing up task plans. The research material was acquired in a variety of ways and is based on existing regulations, acquired information, as well as personal experience in construction sites.

¹ Keywords: On-site cast concretes, formwork, reinforcement, concreting, concrete work plan

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä	2
Thesis abstract	3
SISÄLTÖ	4
Kuva- ja kuvioluettelo.....	6
Käytetyt termit ja lyhenteet.....	7
1 JOHDANTO	9
2 BETONIRAKENTAMINEN.....	10
2.1 Betonirakenteiden historiaa	10
2.2 Betonirakentamisen vaatimuksia.....	11
2.3 Paikallavalurakentaminen	12
2.4 Betonirakenteissa käytettäviä varusteita	12
2.4.1 Harjateräspultit.....	13
2.4.2 Kiinnityslevyt	13
2.4.3 Työsaumaraudoite	14
2.4.4 Piilokonsolit.....	15
2.4.5 Liikuntasaumaraudat.....	15
3 BETONIRAKENTAMISEN SUUNNITELMAT	17
3.1 Betonityönjohtaja.....	17
3.2 Betonityösuunnitelma	18
3.3 Muottisuunnitelmat	21
3.4 Raudoitussuunnitelmat.....	21
4 BETONIRAKENTAMISEN TEHTÄVÄSUUNNITTELU JA TOTEUTUS	26
4.1 Tehtäväsuunnittelu	26
4.2 Anturat, toteutus	27
4.2.1 Työkohteen valmius	27
4.2.2 Muottityöt	28
4.2.3 Raudoitus.....	31
4.2.4 Betonointi	32
4.3 Seinärakenteet, toteutus	34

4.3.1	Työkohteen valmius	34
4.3.2	Muottityöt	35
4.3.3	Raudoitus.....	36
4.3.4	Betonointi.....	38
5	POHDINTA.....	39
	LÄHTEET	40
	LIITTEET	41

Kuva- ja kuvioluettelo

Kuva 1. Anturamuotti kasattuna ja raudoitettuna	30
Kuva 2. Seinämuotti raudoitettuna	36
Kuvio 1. Ankkurointipultti.....	13
Kuvio 2. Kiinnityslevy	14
Kuvio 3. Työsaumaraudoite	14
Kuvio 4. Piilokonsoli	15
Kuvio 5. Liikuntasau marauta.....	16
Kuvio 6. Otos liitteen 2 mittapiirustuksesta.	22
Kuvio 7. SDET 1, raudoitusdetalji	24
Kuvio 8. SDET 2, raudoitusdetalji	24
Kuvio 9. SDET 8, raudoitusdetalji	25

Käytetyt termit ja lyhenteet

Antura	Antura kannattelee rakennuksen painoa ja siirtää rakennukselta tulevan painon maapohjaan joko suoraan tai paalujen avulla.
BES	Betonielementtijärjestelmä, jolla vakioitiin liitosdetaljit sekä betonielementtityypit siten, että valmisosia pystyi hankkimaan useilta eri toimittajilta samoihin rakennuskohteisiin. BES-järjestelmä on asuinkerrostalojen rakentamista varten kehitetty moduulimitoitusta hyödyntävä rakennusjärjestelmä.
Betonointi	Muotti ja rauditus täytetään betonilla. Betoni tiivistetään sauvatäryttimen avulla, jotta valettavaan kappaleeseen ei jää ilmataskuja, jotka voivat heikentää rakennetta.
Elementtirakenne	Betonielementit ovat yleisesti tehtaissa valmiiksi raudoitettuja ja valettuja elementtikappaleita, jotka toimitetaan työmaalle, jossa ne asennetaan paikoilleen.
Kantava runko	Kannattelee rakennuksen omaa painoa sekä hyötykuormia ja siirtää kuormat anturalle.
Muotti	Muottien avulla haluttu rakenne saadaan valettua oikeaan muotoonsa tarvittavin varustein. Muotteja on mahdollista tehdä useasta eri materiaalista ja niihin löytyy valmis osiakin, kuten järjestelmämuotteja.
Muotti varuste	Varusteilla tarkoitetaan erinäisiä kiinnikkeitä, pultteja, rautoja jne., joiden avulla siirretään voimia ja muodostetaan tartuntoja rakennusosilta toiselle.
Muottisuunnitelma	Suunnitelma, jolla ohjeistetaan muottien asennustapa rakenteiden vaatimaan tasoon siten, että muotit kestävät betonivalun muotoa muuttamatta. Toteutuksesta saadaan turvallinen suunnitteleamalla muottien asennus ja valut oikein.

Paikallavalu rakenne	Paikalla valettavat rakenteet toteutetaan ensin pystyttämällä muotit suunnitelmien mukaan. Muotit raudoitetaan sekä betonoidaan olosuhteiden vaatimalla tavalla työmaalla.
Raudoitus	Raudoituksen suurin tehtävä on ottaa vastaan betonirakenteessa vetomurto lujutta. Raudoituksen avulla voimia saadaan myös siirrettyä haluttuun paikkaan, sekä ne hillitsevät halkeamia betonirakenteissa.
Tehtäväsuunnittelu	Tarkoitetaan työn ennakkosuunnittelua, jossa perehdytään työn toteuttajien kanssa suunnitelmiin, toteutustapoihin, työturvallisuuteen. Tehtäväsuunnittelussa huomioidaan suunnitelmien vaatimat logistiset yms. haasteet.
Tuplamuotti	Kun työmuotin raudoitukset on saatu valmiiksi, ummistetaan muottirakenne toisella muotilla valettavaan kuntoon, eli tuplamuotilla
Työmuotti	Paikalla tehtävien seinärakenteiden ensimmäisenä asennettava muotti, joka tuetaan pystysuoraan vinotuilla ja tähän muottiin asennetaan raudoitus ja kaikki varusteet/varaukset

1 JOHDANTO

Tähän opinnäytetyöhön on koottu keskeisimpiä asioita liittyen paikalla valettaviin betonirakenteisiin. Betonirakenteista käydään läpi seinärakenteiden ja anturoiden suunnitelmia ja toteutuksia. Opinnäytetyön tavoitteena on koota tehtäväsuunnitteluun aineisto, jota hyödyntäen paikallavalurakenteiden toteutus voidaan tehdä laadukkaasti ja turvallisesti, sekä ylimääräisiltä kustannuksilta välttyään. Opinnäytetyö on jatkoa rakennusmestarin opinnoille, kun tutkinto päivitetään rakennusinsinöörin tutkinnoksi. Opinnäytetyön aineisto pohjautuu vallitseviin asetuksiin, hankittuun tietoon, sekä omaan kokemukseen rakennuskohteista. Työssä ei erikseen ole yhteistyötahoa.

Opinnäytetyössä sivutaan hieman historiaa betonirakenteiden osalla sekä yleisohjeistuksia ympäristöministeriön asetusten mukaan. Pääaiheena käydään läpi työvaiheet tehtäväsuunnittelusta toteutukseen. Tehtäväsuunnittelu alkaa usein suunnitelmien läpi käymisellä. Betonityönjohtajaksi valitaan henkilö, jonka työkokemus vastaa suunnitelmien mukaista tasoa. Suunnitelmista laaditaan muottipiirustukset, joiden avulla voidaan lähteä suunnittelemaan toteutusta. Suunnitelmissa on usein myös esitetty liuta eri varusteita, joilla pyritään helpottamaan seuraavien rakennusosien liittämistä valettavaan rakenteeseen. Tehtäväsuunnittelussa huomioidaan laatuun vaikuttavat tekijät ja riskit ja huomioidaan työturvallisuus.

Tehtäväsuunnitelma ja työpiirustukset käydään kaikkien kohteen urakassa kuuluvien työntekijöiden kesken läpi. Tehtäväsuunnitelman läpikäyminen edesauttaa toteutuksen onnistumista ja näin ollen minimoi virheiden tai vahinkojen määrän.

2 BETONIRAKENTAMINEN

2.1 Betonirakenteiden historiaa

Betonia on käytetty jo antiikin Rooman aikoina (Betoniteollisuus, i.a.). Roomalaisessa betonissa toimi sideaineena tulivuorituhka eli potsolaani sekä kalkki. Betonin käyttö olikin vähäistä keskiajalla, koska tulivuorituhkaa oli saatavilla vain rajallisesti ja tietyillä alueilla. 1800-luvulla keksittiin Portlandin sementtiä. Portlandin sementtiin käytettiin kalkkia, savea sekä hiekkaa, jotka kuumennettiin kovassa kuumuudessa. Sementin keksimisen takia betonin käyttö lisääntyi huomattavasti 1900-luvun jälkeen.

Betoni rakennusmateriaalina alkoi leviää Pariisista 1900-luvulla, kun siellä järjestettiin maailmannäyttely (Betoniteollisuus, i.a.). Tieto lähti nopeasti leviämään maailmanlaajuisesti. Järjestetyssä näyttelyssä tuotiin tietoa betonirakenteiden mahdollisuuksista runkorakentamiseen. Betonirakentaminen rantautuikin Suomeen kyseisen näyttelyn jälkeen. Pääkaupunkiseudulle rakennettiin uuden arkkitehtuurin innoittamana näyttäviä julkisia rakennuksia, joista osa seisoo edelleen pystyssä. Tunnetuimpia niistä ovat muun muassa eduskuntatalo, rautatieasema sekä Taidehalli.

Betoni tarjosi rakentamiseen uusia mahdollisuuksia muovailtavuuden mahdollistamana (Betoniteollisuus, i.a.). Myös useat arkkitehdit huomioivat tämän 1930-luvulta eteenpäin. Alvar Aallon tunnettu stadion sekä Töölö asuinalueineen, Viljo Rewellin suunnittelema Teollisuuskeskuksen liiketalo (nyk. Hotelli Palace), Aarne Ervin käsialalla tehty Helsingin yliopiston Porthania sekä monet muut vielä nykypäiväänkin vaikuttaneet arkkitehdit jättivät kädenjälkensä elämään Suomen historiaan.

BES-rakentaminen aloitettiin 1970-luvulta alkaen (Suomen betoniteollisuuden keskusjärjestö (SBK), 1979, s. 35). BES-järjestelmä kehitettiin asuinkerrostalojen moduulimitoituksiin soveltuvaan järjestelmäksi, jossa esimerkiksi välipohjat mitoitettiin 1200 millimetriä leveistä kotelo- tai ontelolaatoista sekä kantavista väli- ja päätyseinistä, jotka on tehty betoni- tai teräsbetonielementeistä. Runkojärjestelmä mahdollisti pohjaratkaisujen suunnitteluun hyvin laajat vaihtelumahdollisuudet. 80- ja 90-luvuilla järjestelmää standardoitiin runko-BES aineistolla, jossa koottiin pilari-palkkirungolle oma mittajärjestelmä. Lisäksi rakenneosien tyyppi- ja mittasuositukset päivittyivät.

2.2 Betonirakentamisen vaatimuksia

Ympäristöministeriön ohjeet rakentamismääräyskokoelmassa, rakenteiden lujuus ja vakaus antavat lisätietoja asetukselle 477/2014 Ympäristöministeriön asetus kantavista rakenteista (Ympäristöministeriö, 2019).

Betonirakenteiksi luokitellaan raudoitetut ja raudoittamattomat rakenteet, jännitetyt tai osittain jännitetyt rakenteet sekä elementit tai paikallavaletut betonirakenteet. Betonin seoksissa voidaan käyttää mineraalipohjaisia tai keinotekoisia kiviaineksia tai luonnon kiviainesseoksia.

Betonirakenteet jaetaan kolmeen eri seuraamusluokkaan (Ympäristöministeriö, 2019). Seuraamusluokat nimetään CC1, CC2 ja CC3 luokiksi. Toteutusluokat ja niiden vaatimukset määräytyvät rakenteiden, seuraamusluokkien tai muiden tekijöiden mukaan. Suunnittelijoilla ja työn toteuttajilla tulee olla kohteeseen tai rakenteiden haastavuuteen nähden riittävä pätevyys. Rakenneluokka tulee ilmetä suunnitelmissa erillisellä maininnalla.

Toteutusluokat määrätään seuraavin seuraamusluokkavaatimuksin:

Seuraamusluokan CC1 rakenteet kuuluvat toteutusluokkaan 1. Tämän toteutusluokan betonirakenteiden kantavuus saa olla korkeintaan C20/25 (Ympäristöministeriö, 2019).

Seuraamusluokan CC2 rakenteet ovat vähintään toteutusluokkaa 2 (Ympäristöministeriö, 2019). Kuitenkin, jos suunnittelussa käytetään toleranssiluokkaa 2 ja sen pienennettyjä osavarmuuslukuja, rakenne kuuluu toteutusluokkaan 3.

Seuraamusluokassa CC3 kaikki rakenteet kuuluvat toteutusluokkaan 3 (Ympäristöministeriö, 2019). Mahdolliset korkealujuusbetonit kuuluvat toteutusluokkaan 3, kun betonin lujuus on suurempi kuin C50/60. Lisäksi kaikki jatkuvalle sortumiselle alttiina olevat rakenteet tai paikallaan jännitetyt rakenteet kuuluvat toteutusluokkaan 3. Yleisesti ottaen, kaikki rakenneosat ja rakenteet, jotka katsotaan erityisen vaativiksi, kuuluvat kyseiseen toteutusluokkaan.

2.3 Paikallavalurakentaminen

Paikallavalurakentamisella tarkoitetaan, että rakennuskohteen betonirakenteet muotitetaan työmaalla ja valetaan suoraan vaadittuun sijaintiinsa (Betoniteollisuus, i.a.). Rakenteista saadaan näin toteutettuna halutun muotoisia sekä kestäviä. Yhtenäisillä paikallavalurakenteilla pystytään toteuttamaan rakennusrunkoja, joita on myöhemmin mahdollista muunnella erilaisiin käyttötarkoituksiin. Paikallavalurakentaminen on usein myös ainut vaihtoehto toteuttaa valurakenteita infratyömailla.

Ominaisuuksiltaan paikalla valettu rakenne voidaan toteuttaa muotoineen ja mittoineen hyvin vapaasti (Betoniteollisuus, i.a.). Nykyään tähän voidaan käyttää jopa 3D-mallinnukseen soveltuvia CNC-työstölaitteita, joilla pystytään valmistamaan muottien muodot erittäin monimuotoisina. Lisäksi valamalla betonirakenteet paikallavaluna, saavutetaan niistä monoliittisiä sekä tiiviitä. Äänieristävyys on erittäin hyvä ja rakenteiden massiivisuus tasaa viikoittaisia tai vuorokautisia lämpötilojen vaihteluja.

Paikallavalurakenteissa on myös eroavaisuuksia elementtirakentamiseen nähden. Riippuen kohteista, paikallavalurakenteita pystytään usein tuottamaan kustannuksiltaan edullisemmin. Tämä kuitenkin näkyy aikatauluissa, jolloin aikatauluihin täytyy varata enemmän aikaa, mikä taas lisää yleiskustannuksia. Resurssi tarve saattaa olla myös suurempi, koska työhön saataan tarvita esimerkiksi muottikirvesmiehiä, raudoittajia, mahdollisia lämmityskaapeleiden asentajia tai telineiden kasaajia. Paikallavalurakenteiden vertailu elementtirakentamiseen täytyykin tehdä aina työmaa kohtaisesti, koska maastoissa ja lähtötiedoissa on hyvin paljon eroavaisuuksia.

2.4 Betonirakenteissa käytettäviä varusteita

Seuraavissa alaotsikoissa on esitetty yleisimpiä varusteita, joita paikallavalurakenteisiin lisätään helpottamaan seuraavia työvaiheita. Varusteiden avulla tehdään yleisesti tartuntapintoja seuraaville rakennettaville rakennusosille. Varusteita on saatavilla useilta eri valmistajilta ja heidän verkkosivuiltaan on helppo katsoa rakennuskohteelle tarvittavia osia yksityiskohtaisemmin.

2.4.1 Harjateräspultit

Ankkurointipultteja käytetään pääsääntöisesti teräs- ja betonirakenteiden ankkurointiin betoniperustuksiin tai pilarilta pilarille ankkurointiin (Peikko, i.a.). Ankkurointipulttien tarkoitus on siirtää puristus-, veto- ja leikkausrasituksia betonirakenteeseen. Ankkurointipultteihin on saatavilla erilaisia asennussapluunoita, jotka helpottavat asennusta. Kuitenkin työmaaolosuhteissa sapluunat korvataan ajoittain esimerkiksi vanerisapluunoja käyttäen, jotka poistetaan valun kovetuttua. Betoni-teräs-liittorakenteiden suunnittelussa tulee noudattaa niille soveltuvia eurokoodeja tai amerikkalaista ACI 318M-11-koodia. Kuviossa 1 on esitettyä ankkurointipultti. Kuvassa on nähtävillä pultin tartuntaosuus sekä kierreosa, jolla kiinnitetään seuraavia rakenneosia valettavaan rakenteeseen.



Kuvio 1. Ankkurointipultti (Peikko, i.a.)

2.4.2 Kiinnityslevyt

Kiinnityslevyillä voidaan helposti siirtää normaaleja tai raskaita kuormia betoniin, kun valikoimasta löytyy erikokoisia levyjä (Peikko, i.a.). Kiinnityslevyjen valikoimassa strong-nimellä esiintyvät levyt on erityisesti suunniteltu raskaampien kuormien siirtämiseen betonirakenteeseen. Ankkurointitappien pituuksia on saatavilla useassa eri pituudessa, jolloin pystytään huomioimaan, etteivät tapit osuisi pääraudoituksen kohdalle tai lisäraudoitettavaa ei tulisi. Kiinnityslevyihin voidaan hitsata seuraavia rakennusosia kiinni ja tarvittaessa levyjä on saatavilla RST:nä (ruostumattomana teräksenä). Kuviossa 2 on esitetty tartuntalevy sekä tartuntajalakset. Tartuntatappien päässä on nähtävissä levennetty laippa, jolla kiinnityslevy kiinnittyy valettavaan rakenteeseen ja tarvittava vetolujuus saavutetaan.



Kuvio 2. Kiinnityslevy (Peikko, i.a.)

2.4.3 Työsaumaraudoite

Työsaumaraudoite helpottaa paikallavalettavien rakenteiden liittämistä toisiinsa, kun muottityöt ovat vaiheistettuja. Näin toteutettuna liitoksesta tulee erittäin kestävä. Raudoitteet voidaan asentaa poikittais- ja pitkittäissuuntaisesti ja niitä voidaan käyttää esimerkiksi seinien, pilarien sekä laattojen liitoksiin toisiinsa. Työsaumaraudoitteita on saatavilla eri suuruisille veto- ja leikkausrasituksille.

Kuviossa 3 esitettynä työsaumaraudoite. Työsaumaraudoitteet asennetaan muottipintaa vasten siten, että kuvassa näkyvät lenkit jäävät betonivaluun. Betonivalun saavutettua riittävän lujuuden, muotit poistetaan. Työsaumaraudoitteen kansi avataan, kuvassa näkyvästä peltilaatikosta. Peltilaatikon sisältä taitetaan raudoitteet seuraavaa paikallavalurakennetta varten.



Kuvio 3. Työsaumaraudoite (Peikko, i.a.)

2.4.4 Piilokonsolit

Piilokonsolit on suunniteltu palkkien ja pilarien välisiin niin sanottuihin siisteihin liitoksiin (Peikko, i.a.). Piilokonsolit koostuvat usein kahdesta eri osasta. Ensimmäinen osa, pilarilevy asennetaan ennen valua muottiin, (kuvio 4) pilarilevy näkyy harmaalla sävyllä. Pilarilevy valetaan yhdessä pääraudoituksen kanssa. Piilokonsoleita suunniteltaessa on huomioitava pääraudoituksen sekä piilokonsolissa olevien tartuntaterästen vaatima tilan tarve. Konsolit asennetaan usein pilareiden yläosiin, mikä on usein hieman tiheämmin raudoitettu. Tästä syystä piilokonsolille tulee suunnitteluvaiheessa varata riittävä tila. Toinen osa, konsolilevy (kuvio 4) esitettyinä keltaisella, asennetaan pulttiliitoksella piilokonsoliin kiinni ja tähän voidaan liittää palkkeja tai muita rakenteita.



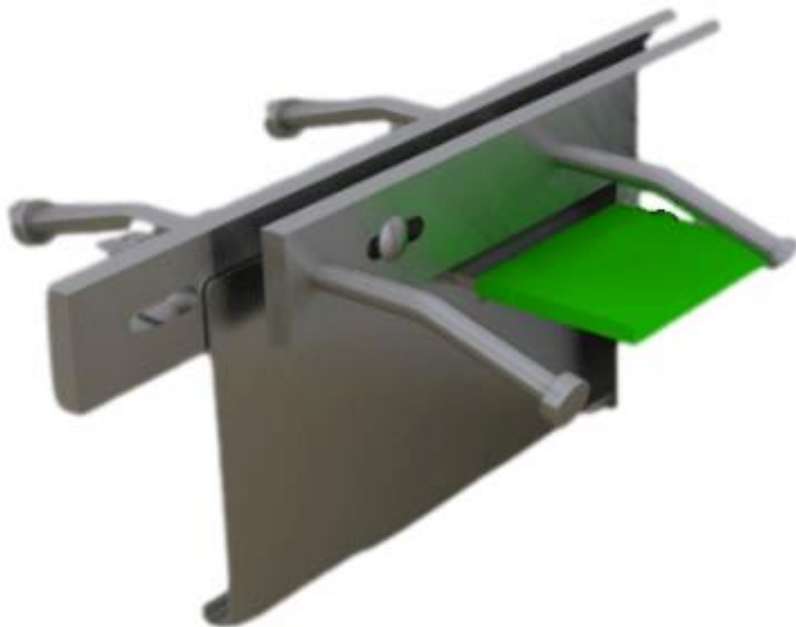
Kuvio 4. Piilokonsoli (Peikko, i.a.)

2.4.5 Liikuntasaumaraudat

Esivalmistetut liikuntasaumalaitteet sallivat laattojen liikuntasauvojen kohdilla muodonmuutokset (Haucon, i.a.). Liikuntasaumaraudat pysyvät hyvin paikoillaan valun aikana oikein asennettuna, kestävät rengasrasitusta sekä siirtävät kuormat sauman yli.

Liikuntasaumarautoja löytyy valikoimista useaan eri tarpeeseen. Saumarautojen valikoimassa tyypillisimpiä ovat lattioiden liikuntasaumaraudat, joita saa erikseen matala- tai korkeamallisena. Korjaussaumarautoja käytetään saneerauskohteissa tai nimensä mukaisesti korjaamaan joku työvaihe. Valurajaajilla voidaan tehdä työsaumoja ilman erillisiä raudoitteiden vaatimuksia. Liikuntasaumarautoja saa myös ääntä eristävänä tai vesitiiviinä. Seinille ja katoille on olemassa liikuntasaumarautoja myös.

Yleisimpänä edellä mainituista ovat lattioiden liikuntasaumaraudat. Suuremmissa lattioiden valuissa laattarakenteet tulee jakaa eri valulohkoihin. Ilman liikuntasaumarautoja, kuormat ja laattojen kutistumat saattavat aiheuttaa vaurioita saumojen kohtiin tai lisätä halkeamia. Kuviossa 5. on esitetty liikuntasaumarauta erityisesti raskaasti kuormitettaville betonilattioille. Vaarnalevy siirtää pystysuuntaiset kuormat vierekkäin olevien laattojen välillä. Vaarnalevyt ovat vapaita liikkumaan, koska ne ovat toiselta puolelta koteloituna (kuvio 5). Vaarnalevyistä lähtevien tappien avulla varmistetaan liikuntasaumaraudan tarttuminen betonilaattaan.



Kuvio 5. Liikuntasaumarauta (Haucon, i.a.)

3 BETONIRAKENTAMISEN SUUNNITELMAT

3.1 Betonityönjohtaja

Betonityönjohtajan pääasiallisiin tehtäviin kuuluu laatia betonointisuunnitelma, vastata toteutuksesta, sekä työturvallisuudesta ja tarkistaa kaikki työvaiheet. Betonityönjohtajan tarkastuksiin liittyvät toteutusasiakirjat tehdään noudattaen standardeja SFS 5975 ja SFS-EN 13670. Standardeissa määritellään myös, mitkä asiakirjat betonityönjohtajan, tai vastaavan työnjohtajan tulisi huolehtia olevan kunnossa ennen toteutusvaihetta. Asiakirjat sisältävät laatuasiakirjoja, työvaihesuunnitelmat kuten betonointisuunnitelman, sekä tarvittavat toteutuspiirustukset.

Betonityönjohtajalla eli toisin sanoen runkotyönjohtajalla, tulee olla toteutuksen ja rakenteiden vaativuustaso huomioiden, betonityönjohtajan pätevyys (Betonitieto, i.a.). Pätevyys voidaan myöntää, kun henkilöllä on riittävä kokemus käytännön töistä, sekä rakennusalan teknillinen koulutus. Työvaiheiden aikana betonityönjohtajan tulee olla itse paikan päällä tai varmistaa, että työt hoidetaan suunnitelmien mukaan ammattitaitoa hyödyntäen. Betonityönjohtajan tulee myös laatia tarkastusasiakirjat laadunhallinnan varmistamiseksi sekä allekirjoittaa ne.

Betonityönjohtajan pätevyys jaetaan kolmeen eri luokkaan. Toteutusluokat ovat 1, 2 ja 3, joista toteutusluokka 3 luokitellaan vaativimmaksi. Suunnittelija määrittää, mitä toteutusluokkaa käytetään toteutettaville rakenteille, seuraamusluokkien (CC1, CC2 ja CC3) mukaan. Kun toteutusluokka on valittu, määräytyvät sallitut toleranssit sen mukaan toteutukselle.

Jos rakennuslupaa edellyttävä rakennustyö tai osa siitä on vaativa, rakennusvalvontaviranomainen voi rakennusluvassa, aloituskokouksessa, tai erityisestä syystä rakennustyön aikana määrätä, että rakennustyössä on oltava myös muiden erityisalojen työnjohtajia (Laki maankäyttö- ja rakennuslain muuttamisesta 41/2014). Erityisalan työnjohtajan on huolehdittava, että kyseisen erityisalan rakennustyö tehdään myönnetyn luvan, rakentamista koskevien säännösten ja määräysten sekä hyvän rakennustavan mukaisesti. Valtioneuvoston asetuksella voidaan antaa tarkempia säännöksiä erityisalojen työnjohtajien työnjohtotehtävistä.

3.2 Betonityösuunnitelma

Betonityöt tulee suunnitella tarkasti rakennuskohteelle etukäteen (Betonitieto, i.a.). Rakennettavan kohteen laatuvaatimukset, laajuus sekä olosuhteet vaikuttavat laajuuteen, miten suunnitelmat tulee toteuttaa. Mikäli kohteella on toteutusluokan 2 tai 3 vaatimustaso, pitää kohteen kaikista betonitöistä laatia betonityösuunnitelma ja lisäksi kaikista eri rakenneosista tulee tehdä valukohtainen betonointisuunnitelma. Suunnitelmien tulee lisäksi sisältää hankkeen kaikki betonirakenteiden toteuttamista koskevat suunnitelmat. Betonityönjohtaja laatii betonityösuunnitelman vuorovaikutuksessa rakennesuunnittelijoiden, muottisuunnittelijan tai muotti-toimittajan, betonin toimittajan ja työmaan muiden työnjohtajien kesken. Tarvittaessa suunnitelmaa tarkennetaan työvaiheiden edetessä. Betonityösuunnitelma tulee käydä huolella läpi kaikkien työntekijöiden kesken, ennen toteutustyövaiheita.

Betonityösuunnitelman kohteen yleiskuvauksessa tulee ilmentyä projektin tunnistetiedot (Betonitieto, i.a.). Tunnistetiedot pitävät sisällään työnumerot, tarvittavat nimitiedot ja osoitteet. Betonityösuunnitelman laatijan eli yleisesti betonityönjohtajan tiedot pitää olla mainittuna näissä tiedossa. Lisäksi kaikkien organisaatioon kuuluvien yhdyshenkilöiden tiedot olisi hyvä olla mukana kohteen yleistiedoissa. Valuajanjaksot voi tässä kohdassa myös mainita ja ne vaikuttavatkin suuresti työn toteuttamiseen. Mikäli valuajanjaksot menevät kylmille sääjaksoille, voidaan siihen jo aiemmin varautua. Yleiskuvaukseen liitetään mukaan lisäksi rakennekuvat sekä aluesuunnitelma.

Betonityösuunnitelma pitää sisällään useita eri suunnitelmatietoja (Betonitieto, i.a.). Betonirakenteiden tiedot tulee olla listattuna erilliseen taulukkoon tai kuten liitteessä 1 on esitettyinä. Tärkeimpinä tietoina (liite 1.) tulee olla nähtävillä lujuusluokat, suunnittelukäyttöiät, kiviaineksen raekoot ja suojaetäisyydet, rasitusluokat, vesi-sementtisuhteet ja sallitut toleranssit ja mittapoikkeamat. Muita suunnitelmatietoja ovat muottitöiden ja raudoitustöiden suunnitelmat sekä kustakin rakenteesta oleva betonointisuunnitelma. Mahdollisten liikuntasauvojen sijainnit ja laatuvaatimukset on hyvä kirjata mukaan suunnitelmatietoihin.

Muottitöiden suunnittelussa käydään läpi tarkennettuna, minkälaisille rakenteille muottisuunnitelma tarvitaan, kuka laatii suunnitelman ja mitä järjestelmämuottia käytetään (Betonitieto, i.a.). Muottien kasaukseen ja purkuihin täytyy ottaa kantaa. Muottien kasaus ja purku tuo aina haasteita työturvallisuuteen, koska muotit saattavat olla suuria ja painavia ja yleisesti niihin

tarvitaan erillinen nostin, jotta niitä voidaan siirrellä. Erityisvaatimukset huomioidaan muottien osalla, liittyen muottipintojen laatuun, tiiveyteen ja tuentaan.

Raudoitussuunnitelmissa otetaan kantaa, kuka toteuttaa raudoitustyöt ja millaisia raudoitteita käytetään (Betonitieto, i.a.). Raudoitteet voivat olla esivalmistettuja tai työmaalla kasattuja raudoitteita. Raudoituksien suunnitelmassa on hyvä ilmetä myös, miten raudoitteita jatketaan ja kuinka pitkät jatkospituudet ovat harjaterästyypeittäin. Raudoitteiden asennuksista ja tuennoista tulee ilmetä tarkka ohje, miten ne toteutetaan. Eritoten valmisraudoitteiden nostotyöt vaativat yleensä erillistä nostokalustoa, jolloin nekin tulee pystyä toteuttamaan työturvallisesti. Raudoitussuunnitelmassa tulisi olla esillä rakenneosien aikataulutusta ja ohjeita raudoitteiden tarkastuksille. Mikäli kohde sisältää jännitystöitä, sisällytetään ne raudoitussuunnitelma kohtaan betonityösuunnitelmassa. Jännitystöistä kirjataan samaan tapaan jännitystöiden suunnitelmien laatija ja toteutuksen tekijä. Niistä tulee ilmetä, milloin jännitystyöt tehdään ja miten ne tuetaan.

Betonointisuunnitelmat laaditaan kaikista valettavista rakenteista valukohtaisesti (Betonitieto, i.a.). Kuitenkin, jos valutyöt ovat toistuvasti samankaltaisia, esimerkiksi seinärakenteet, joita tulee määrällisesti paljon, mutta toteutus ja laatu kaikilla rakenteilla sama, voidaan niitä sisällyttää samaan suunnitelmaan. Betonointisuunnitelmassa kirjaukset aloitetaan kirjaamalla betonin toimittajan tiedot ja perustiedot betonin ominaisuuksista sekä rakenteet, joita aiotaan valaa. Betonin ominaisuustietoihin lisätään liitteessä 1 esitettyjä tietoja. Betonointikalusto ja betonointiryhmän resurssit kirjataan suunnitelmaan. Työtä toteuttavalle työryhmälle tulee käydä betonointisuunnitelma läpi. Suunnitelman läpikäynnin yhteydessä on hyvä korostaa suunnitelmaan esitettyjä valumenetelmiä ja olosuhteiden merkitystä, sillä niillä on suuri vaikutus lopputulokseen. Valumenetelmissä korostetaan betonoinnin nopeutta, tiivistyksiä, pintojen tasauksia, nousunopeuksia ja mahdollisia olosuhteiden aiheuttamia suojaustöitä. Olosuhteissa tulee ottaa huomioon lämpötilat ja mahdolliset vesisateet. Betonointisuunnitelman laadunvarmistuksesta kirjataan menetelmät, miten betonoitavassa rakenteessa huomioidaan suunnitelmien mukaisuus ja miten dokumentoidaan lopputulos. Laadunvarmistukseen kuuluen mietitään myös, toteutetaanko lujuudenkehitykselle mittauksia, miten tehdään jälkihoito ja koska rakenne saavuttaa muotinpurkulujuuden. Osa laadunvarmistusta on myös laatia jokaisesta valetusta rakenteesta betonointipöytäkirja.

Betonityösuunnitelmassa kirjataan jälkihoidolle vaadittavat toimenpiteet kaikkien valettavien rakenteiden osalle (Betonitieto, i.a.). Jälkihoitoon kuuluu listata toimenpiteitä suojaus- ja

lämmitysmenetelmistä. Jälkihoitoon voidaan käyttää erilaisia jälkihoitoaineita tai materiaaleja ja jälkihoidosta tulisi tietää, miten kauan sitä jatketaan valun jälkeen. Jälkihoitoon luokitellaan myös mahdolliset holvien jälkituennat ja tiedot, koska muotit ja jälkituentakalusto voidaan purkaa. Muottien purkamiseen vauhdittavaan tietoon voidaan vaikuttaa lujisuuden kehityksen seurannalla, jos se päädytään jälkihoitotoimenpiteeksi ottaa työmaalla ja suunnitelmissa, mikä tosin olisi suotavaa. Jos betonoitavat rakenteet tehdään kylmissä olosuhteissa, tulee betonin lämpötilaa seurata ja varmistua, että betoni ei pääse jäätymään ennen kuin jäätymislujuus on saavutettu. Jälkihoidosta ja tuennoista vastaavan henkilön nimitiedot lisätään jälkihoito kohtaan betonityösuunnitelmassa.

Laadunvarmistus on tärkeä osa betonityösuunnitelmaa. Laadunvarmistus osioon kirjataan laatuvaatimuksia betonin toimittajalle (Betonitieto, i.a.). Betonin toimittajan tulee pystyä osoittamaan rahtikirjoin ja laboratoriomittauksin betonille vaadittujen ominaisuuksien täyttyminen. Valettavien rakenteiden rakenteet, muotit, tuennat sekä raudoitukset pitää pystyä todentamaan suunnitelmien mukaiseksi erillisillä tarkastuksilla ja mittauksilla. Betonointityöhön liittyvät laadunvarmistustoimenpiteet täytyy myös kirjata suunnitelmaan. Edellä mainituille laadunvarmistustöille täytyy olla myös niistä vastaava taho, joka kirjataan vastaamaan tästä osiosta.

Työturvallisuus on osa kaikkia rakennustyömaita kaikkina työpäivinä. Työturvallisuuteen täytyy ottaa kantaa myös betonityösuunnitelmassa (Betonitieto, i.a.). Työturvallisuuskoordinaattorin tiedot täydennetään suunnitelmaan. Työturvallisuuskoordinaattoria kannattaa konsultoida aiheeseen liittyen, sillä hänellä saattaa olla täydentäviä lisäyksiä suunnitelmaan. Suunnitelmassa kirjataan kaikki vaadittavat tiedot henkilökohtaisten suojaimien käytöstä. Lisäksi suunnitelmassa tulee esittää kaikki toimenpiteet muotti-, raudoitus ja betonointitöiden työturvallisuuteen liittyen. Valaistus, ensiapu ja palontorjunta tulee olla työpisteiden lähistöllä kunnossa, joten ne huomioidaan mukaan työturvallisuuskirjauksiin. Osioon tulee liittää aluesuunnitelma mukaan.

Betonityösuunnitelmaa voidaan hyödyntää myös osittain taloudelliseen ennustamiseen. Betonityösuunnitelmaan voidaan lisätä hankintasuunnitelmat ja kaikki työvaihetta koskevat taloudelliset laskelmat. Näitä ovat esimerkiksi materiaalimenekit, resurssit ja kalusto. Näin voidaan ennustaa työvaiheen vastaavuus budjetoituihin kustannuksiin.

3.3 Muottisuunnitelmat

Paikalla valettaviin rakenteisiin tarvitaan usein muottisuunnitelmat, että työ voidaan toteuttaa turvallisesti ja kustannustehokkaasti. Muottijärjestelmiä löytyy nykypäivänä melko usealta toimittajalta. Muottitoimittajat laativat omien rakennesuunnittelijoiden avulla muottisuunnitelmat pohjautuen työmaalla oleviin betonirakenteiden mittapiirustuksiin. Liitteessä 2 on esitetty mittapiirustuksesta otos, josta ilmenee muottisuunnittelijalle tarvittavia tietoja. Muottikaluston käytöstä ja toteutuksesta edempänä laajemmin kohdassa 4. Betonirakentamisen tehtäväsuunnittelu ja toteutus. Opinnäytetyössä anturoiden muotit on toteutettu sahatavaralla, joten tässä kohdassa esitetään esimerkkitapaus seinämuottisuunnitelmista.

Seinärakenteista on esimerkki suunnitelma esitettynä liitteessä 3. Suunnitelma on otos samasta kohtaa liitteen 2 mittapiirustusta. Suunnitelmasta saa selville muottiosien määrän ja sijainnit, tukien ja jäykisteiden asennuspaikat sekä valutasojen sijainnit. Muottivalmistajan yleisohjeista saa tarkemman selosteen, kuinka paljon muottien liitoksiin tarvitaan ankkuritan-koja sekä liitososiin tulevia liittimiä ja jäykistin palkkeja. Asennus on toteutettava aina viimeisimmän käyttöohjeen mukaisesti.

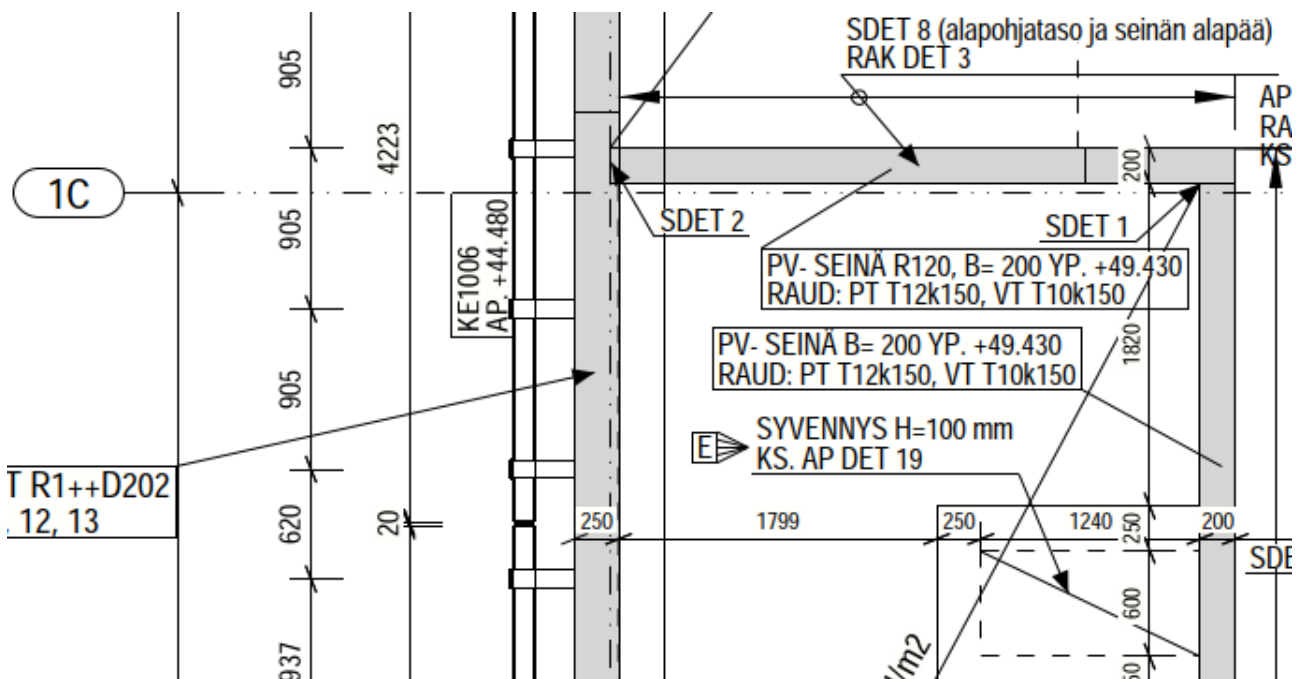
Suunnitelmissa on paikoin hyvä olla lisättynä näkymä sivusta katsottuna (Liite 4), jolloin saadaan käsitys muottien korkotiedoista, mikäli muottia ei asenneta tasaiselle alustalle. Murskepohjaa ei aina ole mahdollista tehdä kohtisuoraisesti muottiin nähden, vaan ne täytyy luiskata kaivantojen vaatimalla tavalla, kuten tässä suunnitelmassa on esitetty. Näin ollen muotin alaosassa esitetty vino rasterointi alue toteutetaan levy- tai puutavaraa hyödyntäen. Lisäksi näihin kohtiin hyödynnetään muottisuunnitelmassa esitettyjä jäykistin palkkeja. Muottisuunnittelija määrittää muottimateriaalin paksuudet ja määrän. Tarvittaessa tällaisista kohdista voidaan konsultoida myös rakennesuunnittelijaa.

3.4 Raudoitussuunnitelmat

Yleisohjeistusta raudoitussuunnitteluun seuraavasti: raudoitukset tulee tehdä rakennepiirustusten mukaisesti (Rakennustieto, 2023). Raudoituksien tuennat ja käytettävät välitteet suunnitellaan ja tehdään siten, että vaadittavat betonipeitepaksuudet ja pinnan laatuvaatimukset saavutetaan. Betonipeitteiden yleisesti sallittu mittapoikkeama on 10 millimetriä. Raudoitteet tulee valmistaa SFS-standardien mukaisia teräslaatuja ja hitsausliitoksia noudattaen. Raudoitteiden tuennassa huomioidaan julkaisun by 65 kuvien 4.2 ja 4.3 ohjeistuksia, sekä

rakennesuunnittelijalta tulleita ohjeistuksia. Raudoitteiden tulee olla niin puhtaita, ettei ruosteesta tai muista epäpuhtauksista aiheudu haittaa tartunnan heikkenemiselle. Mikäli rauditus sijaitsee vedeneristeen tai lämmöneristeen ulkopuolella, tulee sen olla ruostumatonta terästä. Kaikista käytettävistä raudoitteista on toimitettava normit täyttävät aineenkoestustodistukset. Raudoitteet tulee valmistaa käyttäen SFS-standardien mukaisia teräslaatuja sekä hitsausliitoksia. Raudoitukselle tulee tehdä kohteen kaikista paikallavalettavista rakenteista erilliset suunnitelmat.

Suunnittelutoimistoilla on yleisesti hieman eroavia suunnitelmia toisiinsa nähden, liittyen tavasta, miten piirustuksissa viitataan eri rakenneosiin ja detaljeihin. Seuraavassa on esitettyä esimerkkitapaus raudituksen detaljeista seinärakenteessa, joka voidaan paikantaa mittapiirustuksesta. Mittapiirustuksessa (Liite 2) on esitettyä rakenteita ja kaikissa rakenteissa on erikseen viitattu detaljitunnuksiin. Detaljeja voi olla useampia yhtä rakennetta kohden. Tarkastellaan moduulilinjan 1C suuntaista seinärakennetta, alempana piirustuksessa esitettyä otos kyseisestä kohdasta (Kuvio 6).



Kuvio 6. Otos liitteen 2 mittapiirustuksesta.

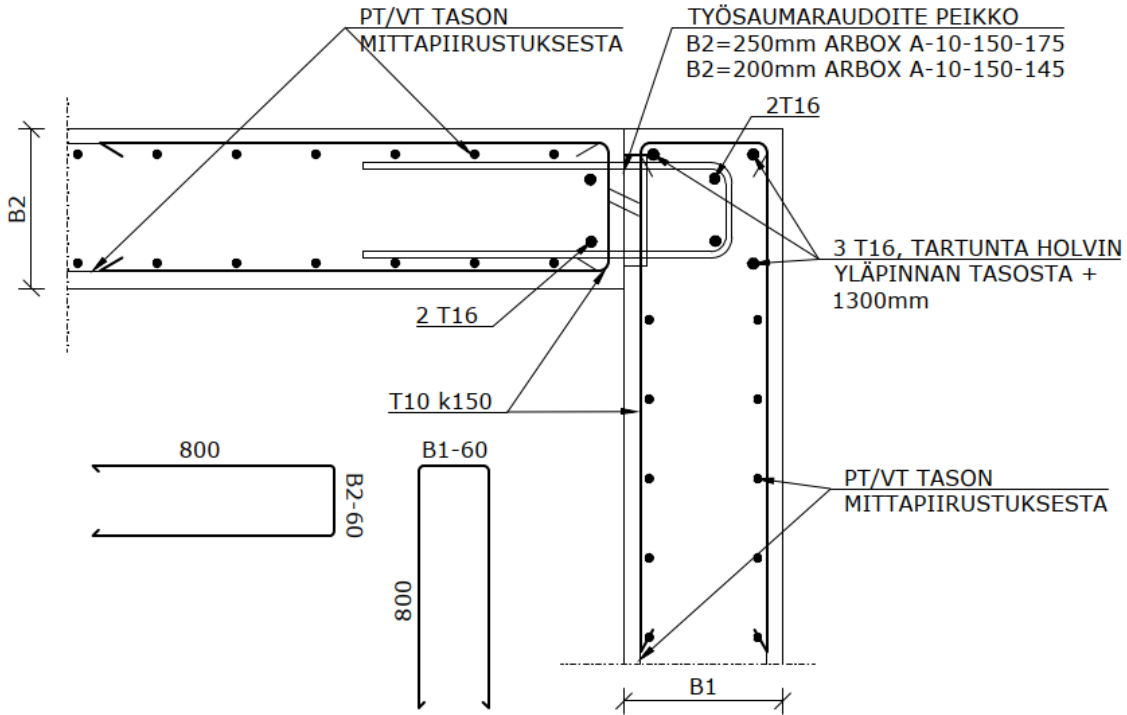
Seinän rauditus on ilmoitettu piirustuksessa PT T12k150, eli pystyteräkset ovat 12 millimetriä paksua harjaterästä ja ne ovat 150 millimetrin jaolla seinärakenteessa. VT T10k150, eli vaakateräkset ovat 10 millimetriä paksua harjaterästä ja ne ovat 150 millimetrin jaolla

seinärakenteessa. Mittapiirustuksessa on viitattuna detaljeihin SDET 1, SDET 2 ja SDET 8 raudoituksen osalle.

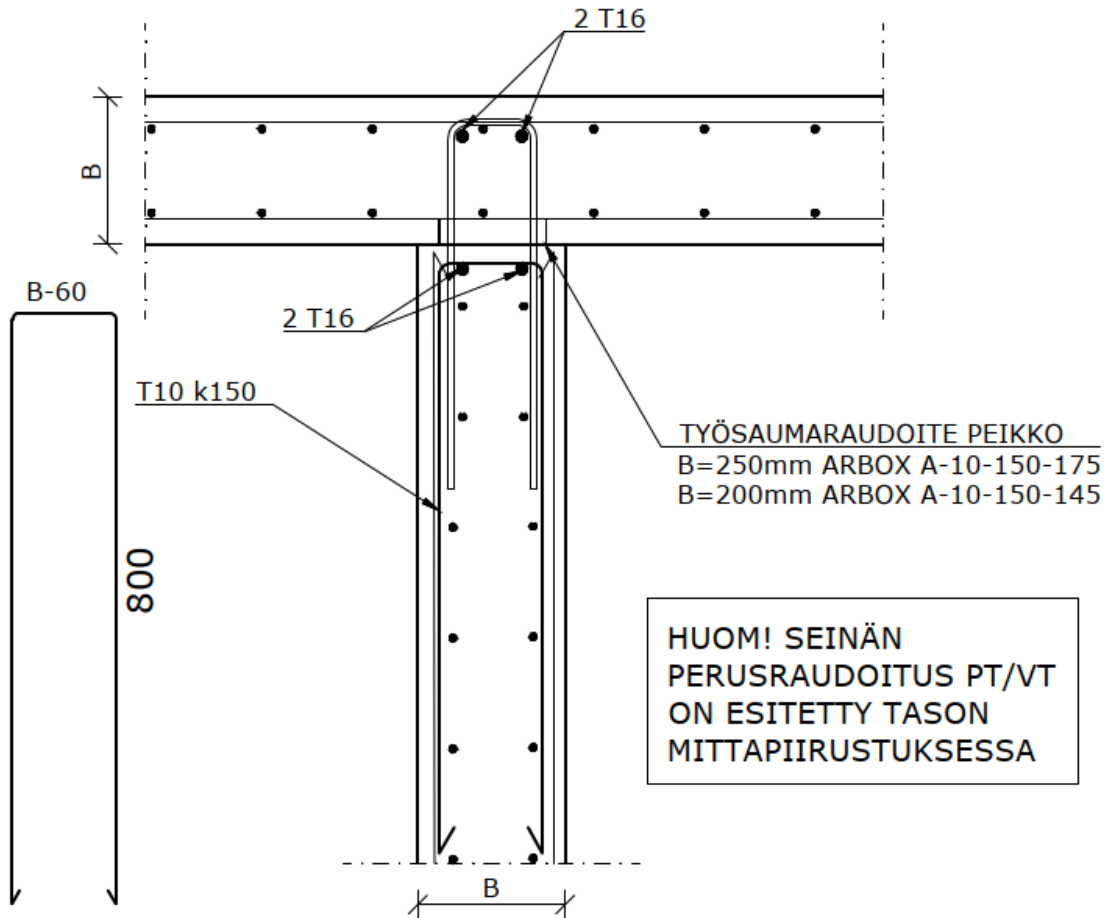
Detaljeissa on esitetty nurkka liitos sekä seinän keskelle tuleva liitos (Kuvio 7, SDET 1 ja Kuvio 8, SDET 2). Liitokset voi toteuttaa niin sanottuina ”karvalauta” liitoksina, eli liitoksissa on työsaumaraudoite. Tämän kaltaiset liitokset voi myös toteuttaa ilman työsaumaraudoitetta, mutta tämä luo haastetta muottityöhön, joten oma suositukseni on käyttää kyseistä menetelmää. Muottityössä suorien seinien tekeminen on nopeampaa, eikä erillisiä kulmamuoitteja tarvitse asentaa. Seinän alaosassa (kuvio 9, SDET 8) on esitettynä seinärakenteen alaosan liittymisen kantavaan alapohjalaataan.

Mittapiirustuksessa oli esitettynä vain pääraudat pysty- ja vaakasuunnassa, mutta kaikista detaljeista (SDET 1, 2 ja 8) on nähtävillä, että raudoitukseen pitää vielä lisätä erikseen U-lenkkejä seinien päätyliittymiin, lisäteräksiä seinän alaosiin, tartunta teräksiä ja niin edelleen. Detaljeiden tulee ottaa myös kantaa, miten raudoitteet jatkuvat ylöspäin mentäessä. Edellä mainitun jätän detaljeiden esittelystä pois, sillä niitä vaihtoehtoja on useita riippuen, jatkuuko rakenne onteloilla, paikallavaluin vai elementein.

Anturoille on usein esitetty hieman yksinkertaisempia raudoite piirustuksia. Kuvan 6 anturasta on esitetty liitteessä 3 raudoituspiirustus. Raudoituspiirustuksesta ilmenee tartuntoja lukuun ottamatta kaikki raudoitteet samasta piirustuksesta. Anturan raudoite on mahdollista toteuttaa tämän kaltaisen suunnitelman avulla kokonaisuina raudoitteena tai paikallaan tehtynä valmiiksi kootuista osista.

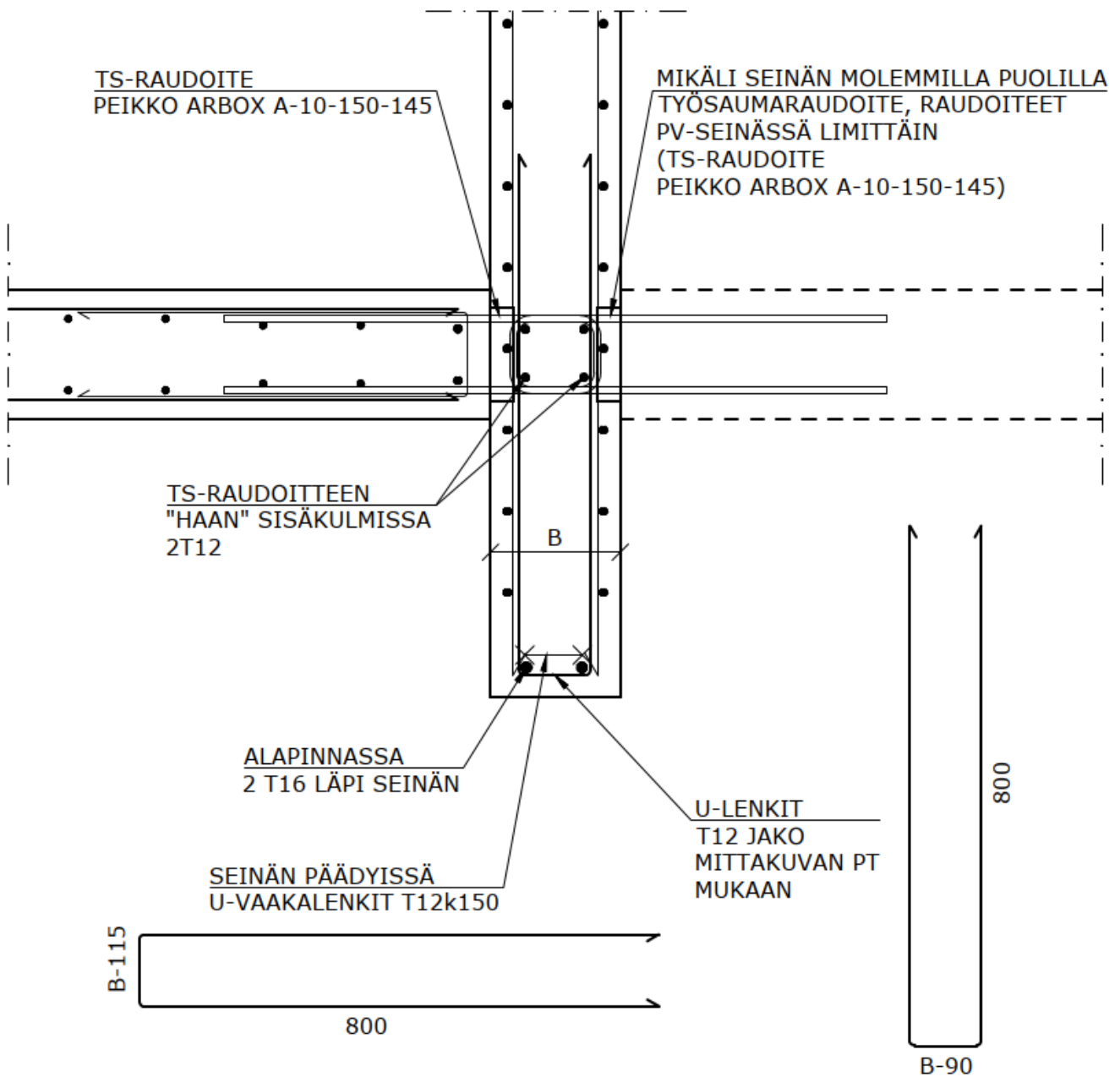


Kuvio 7. SDET 1, raudoitusdetalji



Kuvio 8. SDET 2, raudoitusdetalji

HUOM! SEINÄN PERUSRAUDOITUS PT/VT
ON ESITETTY TASON MITTAPIIRUSTUKSESSA



Kuvio 9. SDET 8, raudoitusdetalji

4 BETONIRAKENTAMISEN TEHTÄVÄSUUNNITTELU JA TOTEUTUS

4.1 Tehtäväsuunnittelu

Tehtäväsuunnittelu on osa ennakkosuunnittelua. Tehtäväsuunnittelussa käydään työvaiheen kaikki suunnitelma-asiakirjat läpi. Suunnitelmista varmistetaan niiden kattavuus sekä ajantasaisuus, tarkastellaan toteutuskelpoisuutta ja käydään läpi hankalimmat liittymä/liitoskohdat ja tarvittaessa hankitaan niihin lisä detaljeja. Jos mahdollista, voidaan tähän hyödyntää tarvittaessa tekijöiden ammattitaitoa detaljien ja läpiviennin suunnittelussa. Tehtäväsuunnitteluun sisältyy laatuvaatimuksien-, aikataulun- ja kustannustavoitteiden tarkistaminen ja lisäksi resurssien suunnittelu (Rakennustieto, 2002a, s. 1). Tehtäväsuunnittelun avulla voidaan ennaltaehkäistä työssä esiintyviä ongelmia, mutta ennen kaikkea, varmistetaan aloitusedellytysten täyttyminen. Tehtäväsuunnitelmalla pystytään seuraamaan työn etenemistä, aikataulun pitävyyttä, sekä laadun täyttymistä, jolloin niihin on mahdollista reagoida riittävän aikaisin.

Tehtäväsuunnitelmat tulisi laatia ennen kuin hankinnat, aliurakat tai työurakat on sovittu, viimeistään ennen töiden aloittamista (Rakennustieto, 2002a, s. 1). Etukäteissuunnittelulla varmistutaan, että kaikilla on yhteinen näkemys työn sisällöstä sekä tavoitteista.

Tehtäväsuunnittelussa tulee huomioida olosuhteiden ja vuodenaikojen vaatimukset. Suunnittelussa huomioidaan myös työn etenemisjärjestys, resurssitarve, sekä liittyminen muihin työvaiheisiin. Tehtäväsuunnitelma käydään työhön osallistuvien kesken läpi, ennen toteutusvaihetta.

Seuraavissa alaotsikoissa on esitetty rakenne kohtaisia toteutusesimerkkejä, mistä olisi hyvä poimia asioita tehtäväsuunnitelmiin ja mihin asioihin tulisi kiinnittää huomiota. Toteutuksesta kannattaa poimia asioita liittyen aloitusedellytyksiin, miten muotit ja raudoitukset asennetaan sekä miten hoidetaan betonointi. Esimerkit on tehty antura- ja seinärakenteista.

4.2 Anturat, toteutus

Tässä opinnäytetyössä käsitellään yhdenkaltaista anturaa (kuva 1). Anturat eroavat kohteittain, mutta työvaiheet ovat samankaltaisia. On hyvä huomioida, että seuraavat työvaiheet eivät välttämättä sovellu kaikkiin tilanteisiin.

4.2.1 Työkohteen valmius

Työkohde tarkastetaan ennen seuraavaa työvaihetta. Kohteessa ympäristön ja pohjatöiden tulee olla valmiina ennen kuin varsinaiset anturoiden asennustyöt voidaan muottien osalla aloittaa. Sähkön ja vedensaanti tulee olla järjestettynä lähistölle, sekä työkohteen läheisyydessä tulisi löytyä jätteille lajittelupisteet tai roska-astiat (Rakennustieto, 2002a, s. 3).

Murskepintojen tulee olla tasattuna anturoiden alueella. Murskeen olisi hyvä ulottua vähintään 1 metri anturasta ulospäin. Ylimmäisen murskeen tasausmateriaalin tulisi olla kohtalaisen hienojakoista mursketta esimerkiksi 0–16 millimetriä, jotta muotit on helppo asentaa suoraan. Murskeen korko yläpinnassa tulee vastata suunniteltua ja mahdollinen kapillaarinen eriste tai muu vastaava. vastaava eriste asennettuna, jos suunnitelmissa ollut tarve käyttää. Huomioitava eristeiden tuulella paikallaan pysyvyys esimerkiksi mursketta hyödyntäen hiekan eristeiden päällä. Murske itsessään tai sen alla oleva maa-aines ei saa olla jäässä tai muuten häiriintynyt, sillä se voi haitata työvaihetta. Pahimmassa tapauksessa roudan sulamisen yhteydessä voi tulla suuriakin ongelmia rakennetuille rakenteille, jos maapohja on ollut tai päässyt jäätymään.

Kaikkien ympäröivien kaivantojen reunat täytyy olla riittävän loivasti luiskattuna, jotta sortumavaaraa ei ole työalueelle (Rakennustieto, 2002a, s. 3). Tarvittaessa kaivantojen reuna-alueilla tulee olla ponttiseinät (kuva 1), jos kaivantoja ei pysty toteuttamaan riittävän loivaksi. Lisäksi työalueen tulee olla siisti ja riittävästi valaistu. Kulkureitit työalueelle tulee olla työturvallisesti toteutettuja ja tarvittaessa hiekoitettuna.

Mahdolliset paalut tulee olla lyötynä, katkaistuna oikeaan pituuteen sekä betonoituna (jos kyseessä teräspaalu ja betonointi vaadittu). Teräspaalujen paaluhattu tulee olla paikallaan. Mikäli kyseessä on betonipaalu, tulee sen olla katkaistuna ja raudat taitettuna suunnitelmien mukaan. Jos paaluja lyödessä joku paaluista ei ole osunut kohdalleen tai se on jouduttu siirtämään esimerkiksi kiven takia, tulee se huomioida rakennesuunnitteluun. Sivuun asennettu

paalu aiheuttaa yleensä mahdollisia lisäpaaluja, joka taas saattaa muuttaa anturan muotoa. Tällöin joudutaan tekemään muotteihin mahdollisia ulokkeita, muuttamaan raudoitteita sekä betonin määrä usein kasvaa. Suunnitteluun tulisi olla yhteydessä heti, kun sivuun lyötävä paalu tulee ilmi, jotta suunnitelmat saadaan mahdollisimman pian ajan tasalle.

Anturoiden sijainnit merkitään selkeästi maalilla tai nurkkakepein murske- tai eriste pintaan. Maalina tulisi käyttää siihen soveltuvia merkkkausmaaleja, jotka sopivat kulutuksen ja sään kestävään merkintään. Anturoiden korkotiedot olisi hyvä merkitä merkkauksien sisäpuolelle, jolloin tiedetään, minkä korkuisia muottilaatikoita tulisi tehdä. Jos anturat ovat nauha-anturoita tai kohteeseen on onnistuttu toteuttamaan kaikki anturat saman korkuisina, riittää korko-merkintä muutama paikkaan, josta työryhmä pystyy siirtämään korkotiedon esimerkiksi tasolaseria käyttäen.

Muottityöt voidaan aloittaa, jolloin muottikaluston tai puutavaran oltava työmaalla. Jos anturat tehdään puutavarasta (kuva 1.), tulee materiaaleista löytyä vanerilevyjä, 50x100 millimetristä sahattua lankkua sekä lautaa kooltaan 22x100 millimetriä. Lisäksi kaikkien tarvittavien pienkoneiden tai tarvikkeiden ja kiinnikkeiden pitäisi löytyä tässä vaiheessa työmaalta. Edellä mainitut sisältävät esimerkiksi käsinauloja, linjalankaa, räpsy ja väriainetta, runkonaulaimia ja nautoja niihin, ruuveja, tasolaseri ja muottilukot. Anturoihin tulevien raudoitusmateriaalien tai raudoitteiden sekä muottilukoille tarvittavien pyöröterästen tulisi myös olla työmaalla tässä vaiheessa. Jos anturoita valetaan talviolosuhteissa, tulee työmaalla olla varattuna betonin lämmityskaapeleita ja suojapeitteitä.

4.2.2 Muottityöt

Anturoiden muottirakenne tulee olla riittävän luja. Muottien materiaalina voidaan käyttää valmismuottia, joista tarvittaessa saa myös erilliset suunnitelmat muottitoimittajalta. Anturamuotit voidaan myös toteuttaa puutavaralla levyin ja sahatavaraa hyödyntäen. Seuraavissa kappaleissa on esitettyä anturoiden muottityössä huomioitavia asioita vaihe vaiheelta (pääpiirteitään toteutus sahatavara tai levytavaralla toteutettuna):

Anturoiden muottityöt aloitetaan piirustusten lukemisella ja niistä selviävillä mittojen läpikäymisellä. Muottien kasaus aloitetaan kasaamalla muotit sopivan pituisiksi eli siivuiksi, jotka voidaan myöhemmin yhdistää toisiinsa. Muottien siivujen kasaukseen olisi suositeltavaa käyttää ”mustia” nautoja. Näin kasattuna muotit ovat kohtalaisen helposti purettavissa. Siivuihin

kiinnitettävien lankkujen k-jako olisi hyvä olla enintään k400 (400 millimetriä), riippuen betonin määrästä ja muotin koosta (kuva 1). Ulkonurkkien kohdilla siivuisissa olevat, runkona toimivat lankut jätetään noin 300–400 millimetriä pitkälle. Siivuja tehtäessä tulee huomioida, että runkolankut risteävät liitoskohdissa, jolloin ne pystytään kiinnittämään toisiinsa. Kuvassa 1 näkyy ulkonurkan liitos.

Anturoissa voi suunnitelmissa olla lisätynä eriste valetun betonin ulkopintaan. Tämä on mahdollista lisätä jo muottivaiheessa muotin sisäpintaan, jolloin muotin purkamisen jälkeen eriste on kiinnittynyt anturan betoniin. Muottien mitoituksessa tulee ottaa tämä huomioon, jos eristeet asennetaan tässä vaiheessa. Jos raudoitteet tehdään pääosin paikan päällä raudoittaen, tämä asia hankaloituu, koska muottivälikkeitä ei pysty kiinnittämään kovin pysyvästi eristepintaan ja välikkeiden tulisi kantaa osa raudoituksen painosta ennen valua. Lisäksi tällaiset välikkeet saattavat painua eristeeseen valun aikana, jolloin raudoituksen suojaetäisyys saattaa pienentyä. Kuitenkin, jos raudoite on valmiiksi hitsattu tai kasattu kokonaisuena, tämä voi olla mahdollista toteuttaa käyttäen raudoituskorokkeita, joissa on tasainen pohja, eikä rautojen painoa tarvitse kannatella korokkeilla.

Muottien kasaus voidaan aloittaa, kun kaikki muotin siivut ovat valmiita. Muottisiivut voivat painaa melko paljon ja jos muottityötä on paljon, olisi työmaalla hyvä olla nosturi tai nostin, jolla nostoja pystytään helposti ja nopeasti tekemään. Muottien kiertoaika pystytään näin minimoimaan. Muotit sidotaan nurkista toisiinsa riittävin liitoksien. Nurkka liitoksessa voidaan käyttää esimerkiksi 100 millimetrisiä ”mustia” nauloja tai vastaavan kokoisia ruuveja. Naulat olisi hyvä jättää nurkissa noin 5–10 millimetriä pitkälle purkamista ajatellen. Ruuvien kantoihin saattaa mahdollisesti roiskua betonia, jolloin ruuvien irrottaminen voi hankaloitua. Kiinnikkeen valinta on usein maku asia, jos valun aiheuttama paine huomioidaan molempien kiinnikkeiden mukaan ja kiinnikkeitä on riittävä määrä. Nurkkaliitoksissa 300–400 millimetriä pitkänä olevat lankut (kuva 1), helpottavat muotinpurun jälkeen nostamista, sillä muotti voidaan nostaa kokonaisuena, kun muotti on saatu auki ja se pysyy laatikkomaisena (edellyttäen, että antura on kantikas ja koko mahdollistaa tämän).



Kuva 1. Anturamuotti kasattuna ja raudoitettuna. (Leppinen, 2023, CC BY-NC-ND)

Muotteihin tarvitaan usein muottilukkoja, varmistamaan valun aikana tuleva paine muottiin (kuva 1). Muottilukkojen määrä riippuu anturan koosta. Jos antura on tarpeeksi pieni, voidaan muottilukot jättää pois. Muottilukkojen avulla saadaan muotti pysymään muuttumattomana. Ilman muottilukkoja on vaarana, että muotti saattaa muuttua muotoaan eritoten pitkillä sivuilla tai muotti saattaa pettää ja rikkoontua. Muottilukkoja on saatavilla harjateräkseen kierrettävinä tai kiilamallisena. Kiilamalliset muottilukot olisi hyvä lyödä pyöröteräkseen, sillä se on usein hieman pehmeämmästä teräksestä tehty ja kiila pureutuu siihen paremmin. Harjateräksestä kiilamallinen muottilukko saattaa aueta helpommin. Muottilukon asennus ajankohta kannattaa harkita raudoituksen haastavuuden mukaan, sillä muottilukossa kiinni oleva pyöröteräs saattaa olla raudoitteiden tiellä, tästä syystä muottilukot voi olla parempi asentaa vasta raudoitteiden jälkeen. Asennustyö aloitetaan poraamalla hieman isompi reikä pyöröterästangolle verraten pyöröteräksen paksuuteen. Pyöröteräs asennetaan ulottumaan muotin molemmin puolin niin pitkälle, että tanko on noin 250–300 millimetriä yli lankkujen reunasta. Pyöröterästä olisi hyvä vetää ensin muottilukon kiristimen avulla, jonka jälkeen muottilukko voidaan lyödä kiinni (kiilamallinen kiinnitys). Edellä mainitun yhteydessä voi muotin mittoja tarkastella

hieman ja tarvittaessa hieman yli kiristää pienemmäksi, koska valun paine helposti levittää isoja muotteja. Tämä toistetaan kaikkien tarvittavien muottilukkojen osalle. Muottilukkojen lisäksi muotit voidaan tukea ympäröiviin rakenteisiin/maahan erillisten tukipuiden avulla.

Muotin valmistuttua, sen pintaan levitetään muottiöljyä muotin purkamisen helpottamiseksi. Muottiöljynä tulisi käyttää biohajoavia muottiöljyjä, jolloin niistä ei aiheudu haittaa ympäristölle ja maaperälle. Muottiöljyn levittäminen käy helpoiten siihen soveltuvaa paineruiskua käyttäen. Levitys riittää 1 kertaisena, kunhan muottiöljyä on kauttaaltaan muotin pinnalla.

4.2.3 Raudoitus

Raudoitus asennetaan aina antura kohtaisesti. Tässä kerrottuna kuvan 1 mukainen esimerkkitaapaus raudoitusyöstä vaiheittain, lopussa liitteenä raudoituspiirustus anturalle (Liite 3). Raudoitusyö voidaan aloittaa, kun muotit ovat valmiina ja öljyttynä. Raudoitteet tarkastetaan ennen asennusta, että ne ovat oikean kokoisia. Jos raudoitteet ovat isoja valmiiksi koottuja ”häkkejä”, käytetään nostoapuna erillistä nostinta. Raudoitteet aloitetaan asentamalla paalujen päälle tulevat raudoitehäkit. Nämä raudoitteet pitää olla valmiiksi hitsattuina määrättyjen hitsiliitoksien mukaan, mutta toisiinsa ne olisi hyvä hitsata työmaalla. Kun paalut on katkaistu oikeaan korkeuteensa, pitäisi raudoitehäkkien asettua automaattisesti oikeaan korkoon ja suojaetäisyyksien täytyä. Maata vasten tulee raudoituksen suojaetäisyys olla 50 millimetriä, suojaetäisyydet tulee tarkastaa ennen betonointia.

Rengasraudoitteita varten kiinnitetään muottien seinämille suunnitelman mukaisella jaolla (Liite 3), muottivälkkeet. Rengasraudoitteet voidaan sitoa esimerkiksi surrilankaa ja koukkua hyödyntäen välikkeisiin kiinni. Neliskanttisissa anturoissa rengasraudoitteet olisivat työn helpottavuuden kannalta hyvä tehdä kahdella U-mallisella raudalla, jolloin pienet mittaheitot salitaan anturassa, kunhan rengasteräs kiertää anturan sallittujen suojaetäisyyksien mukaan. U-mallisten rautojen limityspituus pitää vastata suunnitelmissa esitettyjä minimivaatimuksia. Tällä tavalla raudoitetta menee kilomääräisesti hieman enemmän.

Seuraavien rakenteiden kiinnittyminen anturoihin saavutetaan tartuntateräksillä. Tartuntateräkset taitetaan L- tai U-malliseksi (Liite 3), jolloin tartuntaa saadaan enemmän kuin suoralla harjateräksellä. L- tai U-mallinen tartuntateräs on helpommin sidottavissa tai hitsattavissa esim. pohjateräksistä kiinni. Tartuntateräksille on hyvä asentaa ohjaava lauta tai vastaava muotin yläosaan, jolloin tartunnat saadaan kohdalleen. Sama toimii pulttiryhmien tai muiden

vastaavien tartuntojen osalla. Anturan pilari tartunnoissa kannattaa huomioida, että anturan tartunnat eivät törmää pilarin raudoitteisiin, koska pilarin raudoitukset kootaan usein kokonaisuutena ja nostetaan sellaisenaan paikoilleen. Tartuntojen päihin asennetaan työturvallisuutta parantavat suojatulpat.

Raudoituksen pitää mahdollistaa betonointi, jolloin esim. raudoituksen pintaverkot tai pinta-raudoitus ei saa olla niin tiheä, että betonointi ja tiivistys ei onnistu (Rakennustieto, 2002a, s. 8). Yläosan raudoitteissa tulisi olla vähintään 1–1,5 metrin välein tilaa varattuna sauvatärytintä ja betonilettoa varten.

4.2.4 Betonointi

Muottien alustan sekä raudoitusten tulee olla puhtaita ja lumettomia sekä ne eivät saa olla jäässä (Rakennustieto, 2002a, s.9). Tarvittaessa raudoitteissa tulee olla betonointia varten lämmityskaapelit asennettuna, jolloin betonia voidaan lämmittää valun jälkeen (kuva 1). Betonointi tulee tehdä kerralla, eli betonointia ei tule lopettaa kesken anturan täyttämisen, ettei työsaumoja pääse syntymään keskelle rakennetta. Betonoinnille tulisi olla merkattuna nauloin tai muulla tavoin valu korkeus muotin seinämille, jotta betonia saadaan juuri oikea määrä muottiin.

Betonimassa tulee varata asemalta riittävän ajoissa ennen betonointia, jolloin varmistetaan betonipumpun ja jakeluautojen saatavuus. Riittävä varausaika on usein 2–5 vuorokautta, mutta joillain betoniasemilla voi lyhyempikin varoitusaika onnistua. Betonia varattaessa on huomioitava betonin vaatimukset, jotka löytyvät suunnitelmista (Liite 1). Lujuustietojen ynnä muiden lisäksi tulee ilmoittaa betoniasemalle, mitä ollaan valamassa, koska betonimassalle on hie-man erilaisia reseptejä riippuen, valetaanko seinää, anturaa tai lattiaa. Betonoitavan rakenteen etäisyys betonipumpun tai ränniauton sijainnista tulisi ilmoittaa myös tehtaalle. Talvikeleillä betonimassa tulee olla lämmitettyä tai massa itsessään voidaan tilata pakkasbetonina.

Betonipumpun saapuessa työmaalle, tarkastetaan ennen valua betonin rahtikirjasta, että betonin laatu vastaa tilattua. Kun betonityö päästään aloittamaan, tulee betonoinnin yhteydessä seurata betonointinopeutta ja pudotuskorkeutta (Rakennustieto, 2002a, s.9). Tämän aikana tarkkaillaan myös muotin kestävyyttä eikä muotti saisi muuttua muotoaan. Pudotuskorkeuden pitäisi olla alle 1 m etäisyydellä valupinnasta, jolloin erottumista ei pääse tapahtumaan. Betonointaessa, betonimassaa pitää tiivistää sauvatäryttimen avulla. Sauvatäryttimen koko valitaan

rakenteen mittojen mukaan. Kuvan 1 kokoisessa anturassa voi käyttää melko suurikokoista sauvatärytintä. Täryttimen annetaan painua betoniin omalla painollaan, jolloin betoni tiivistyy. Tiivistystä tehdään betonoinnin yhteydessä kerroskerrokselta, kunnes betonointi saavuttaa valukorkeuden.

Valun jälkeen tarkastetaan muottien paikallaan pysyvyys ja pystysuoruus. Anturoiden osalla ei usein ole suurta vaikutusta seuraaviin rakenteisiin betonin pinnan osalla. Eli betonipintaa ei tarvitse hiertää, mutta riittävä tasaisuus helpottaa seuraavien muottien asentamista ja niiden merkitsemistä valun pintaan. Riippuen sääolosuhteista, tulee betonin pinta sääsuojata. Talvi-keleillä asetetaan pakkasmatot päälle ja mahdolliset lämmityskaapelit kytketään päälle. Kesäkeleillä valun päälle voi asettaa kevyt peitteen, ettei vesisade tai aurinko vaurioita betonin pintaa. Betonoinnista tehdään erillinen betonointipöytäkirja, johon lisätään liitteeksi betonin rahtikirja.

Muotit voidaan purkaa, kun betoni on saavuttanut muotinpurkulujuuden. Muotinpurkulujuus saavutetaan anturoiden osalla usein vuorokauden kuluessa, kunhan olosuhteet ovat riittävän hyvät ja betonimassa on valittu oikein.

4.3 Seinärakenteet, toteutus

Seuraavissa alaotsikoissa on esitettyä seinärakenteen valuesimerkki (kuva 2). Seinärakenteita on erilaisia ja kokoisia, mutta toteutuksen pääpiirteet ovat samankaltaiset. Jokaisen rakenteen tai rakennuskohteen osalla tulee tehtäväsuunnittelu kuitenkin tehdä tapauskohtaisesti. Opinnäytetyössä perehdytään järjestelmämuotilla toteutettuun seinärakenteeseen.

4.3.1 Työkohteen valmius

Työkohteen tulee olla valmis edellisen työvaiheen osalta (Rakennustieto, 2002b, s. 33). Anturoista tulee muottien olla purettuna, eristettynä sekä kosteuden siirtyminen runkorakenteisiin pitää olla estettynä anturasta tai murskeesta. Toisin sanoen, perustustöiden valmius pitää vastata suunniteltua. Anturoissa pitää olla vaadittava bitumisively tai vastaava käsittely. Murskeessa tulisi olla kapillaarikatkona vähintään 400 millimetriä, 8–16 millimetriä tai suurempirakeista kiviainesta, missä ei ole 0-jakoista kiviainesta joukossa. Jos seinärakenteita valetaan kuvan 2 mukaisille anturoille, pitää murskeaineen olla tasattuna anturoiden yläpinnan korkeudelle tasan.

Sääolosuhteita varten tulee varautua käyttämään lämmitys- tai suojauskalustoa (Rakennustieto, 2002b, s. 33). Lämmityskalustoon voi kuulua lämmityskaapeleita ja muuntamoita lämmittämään kaapeleita. Sateiden varalle hankittavia materiaaleja ovat erilaiset suojamuovi tai kevytpeitteet sekä lisäksi tukirakenteita pitämään peitteitä paikallaan.

Seinärakenteita voidaan paikallavalaa suurmuoteilla, itsetehdyillä puurakenteisilla muoteilla tai järjestelmämuoteilla. Opinnäytetyössä käsitellään järjestelmämuotilla valettua seinärakennetta. Järjestelmämuotteja on saatavilla muutamilta tavarantoimittajilta Suomessa. Muottien suunnitelmista tarkemmin kohdassa 3.3. Muottisuunnitelmat.

Seinärakenteiden muotit tulee saada järeästi kiinni liikkumattomaan betoniin, jolloin ne saadaan pysymään pystyssä. Joskus tätä varten joudutaan valamaan betonisia apupainoja, joihin muottien vinotuet saadaan kiinnitettyä. Painoihin kannattaa järjestää nostokorvakkeet, joilla apupainot ovat helposti siirrettävissä erillisten nostokalustojen avulla.

Muottien asennustyötä varten tulee työmaalta löytyä esimerkiksi pulttipyssyjä tai asennusrautoja. Telinekalustoa tarvitaan osittain muottien kasaamiseen, mutta niitä tulee tässä

vaiheessa olla varattuna jo raudoitustöitäkin ajatellen. Muotit kiinnitetään anturoihin ja vino-tukiin betoniruuviavulla, jolloin betoniruuveja tulee olla varattuna. Betoniruuviavien koko tulee olla riittävän iso ja tästä tarvittaessa konsultoitava muottisuunnittelijaa kiinnikkeitä valittaessa.

4.3.2 Muottityöt

Muottityöt aloitetaan tutustumalla muottisuunnitelmiin ja mitoituksiin. Muottisuunnitelmista selviää osaluettelo, minkä mukaan muotteihin katsotaan aluksi osat kokoon, ennen kasausta vaihetta (liite 3). Järjestelmämuotit ovat sen verran raskaita, että niiden kasauksessa käytetään erillistä nostinta esimerkiksi kurottaja tai torninosturi. Nostoihin tulee olla muottitoimittajalta varattuna siihen soveltuvat nostokorvakkeet.

Muotit vaativat tilavan alueen, missä niitä aloitetaan kasaamaan toisiinsa. Alustan tulee olla tasainen ja siihen olisi hyvä levittää lankkutuet, jonka päälle muotit kasataan. Muottien kiinnitykset ja osat asennetaan valmistajan ohjeiden mukaisesti toisiinsa. Muotit kannattaa tehdä hieman ylipitkinä, kuten suunnitelmissakin on usein esitettyä, jolloin niihin saadaan seinien päätytopparit paremmin kiinni. Kun ensimmäinen muotti eli työmuotti on saatu kasaan, kannattaa siihen levittää muottiöljyä, ennen kuin se nostetaan ylös. Ylösoston jälkeen muottiin kiinnitetään siihen soveltuva vinotuet, jonka jälkeen paikalleen asennus voidaan aloittaa. Anturoiden pinnassa täytyy tässä vaiheessa olla merkittynä runkolinjat, joihin muotit asennetaan. Muotti kiinnitetään alustaansa siihen soveltuvilla kulmilla. Tämän jälkeen asennetaan vinotuet. Ensimmäisen vinotuen asennuksen yhteydessä muotti pitää oikaista pystysuoraan asentoon ja tämän jälkeen asennetaan loput vinotuet. Vasta kaikkien vinotukien asentamisen jälkeen voidaan nostoketjut irrottaa muotista.

Mittamies merkitsee muottiin muun muassa varausten ja aukkojen sijainnit sekä yläpinnan korkeuden ja seinän päätyjen sijainnit. Muotin pintaan asennetaan siihen kaikki tulevat varusteet (kuva 2), jotka ovat työmuotin puolella. Lisäksi oviaukot ja muut varaukset tehdään tässä vaiheessa sekä työmuottiin lisätään päätytopparit. Varusteet, jotka tulevat niin sanotun tuplamuotin puolelle, asennetaan vasta, kun raudoitus on valmis. Tuplamuotti voidaan kasata tässä vaiheessa. Muotti on yleisesti peilikuva ensimmäisenä kasatusta muotista.



Kuva 2. Seinämuotti raudoitettuna. (Leppinen, 2023, CC BY-NC-ND)

Raudoituksen jälkeen, varmistetaan, että kaikki varaukset ja varusteet ovat paikoillaan. Tuplamuotti öljytään ja nostetaan tämän jälkeen paikoilleen. Tuplamuottiin ei usein ole tarvetta lisätä erillisiä vinotukia, kun ensimmäisessä muotissa ne ovat jo kiinnitettynä. Muotti asennetaan vastakkaiseen muottiin valmistajan ohjeiden mukaan. Yleisesti muotit kiinnitetään toisiinsa ankkuritankojen avulla. Ankkuritangot tulisi muistaa öljytä muottiöljyllä ennen asennusta. Kun tuplamuotti on saatu paikoilleen, asennetaan muottiin vielä valutasot sekä vastakaide.

4.3.3 Raudoitus

Raudoitus asennetaan aina seinä kohtaisesti. Tässä on kerrottuna kuvan 2 mukainen esimerkkitapaus raudoitustyöstä vaiheittain. Raudoitteet tarkastetaan toimitetuista nipuista ennen asennusta, että ne ovat oikean kokoisia. Seinäraudoitteisiin saattaa usein tulla jatkoksia teräksiin, jolloin huomioidaan suunnitelmien mukaiset jatkospituudet. Kuvan 2 seinärakenne on osittain maata vasten, jolloin raudoituksen suojaetäisyys tulee olla 50 millimetriä

murskeesta, suojaetäisyydet muutoin tulee tarkastaa ennen betonointia. Seinäraudoitteet on myös mahdollista toteuttaa verkkomateriaalia hyödyntäen. Kuitenkin kustannussyistä voidaan raudoitus toteuttaa yksittäisillä harjaterästangoilla, jos pysty- ja vaakateräksissä on ainevahvuuseroja suunnitelmissa. Raudoitteiden kilomääriin pystytään näin hieman vaikuttamaan.

Raudoitus voidaan aloittaa, kun ensimmäinen seinämuotti on paikoillaan varusteineen. Raudoitusta varten muotin eteen on yleensä tarve nostaa teline, josta työ voidaan toteuttaa turvallisesti. Raudoitteille kiinnitetään välikkeet seinärakenteeseen. Välikkeiden paksuus määräytyy suunnitelmien mukaan (Liite 1). Välikkeitä tulisi olla riittävän tiheällä jaolla siten, ettei valun aikana raudoite painu muottia vasten. Välikkeisiin kiinnitetään suunnitelmien mukaan joko pysty- tai vaakateräkset, jonka jälkeen voidaan asentaa toisen suuntaiset raudat suunnitelman mukaisella K-jaolla (Liite 2). Helpoin keino sitoa teräksiä, on käyttää siihen soveltuvaa sidontakonetta. Harjateräksien asentamisessa täytyy huomioida, ettei muottien ankkuritankojen kohtaan asenna harjaterästä. Muotissa näkyy selvästi ankkuritankojen paikat koloina ja näitä voidaan tarvittaessa korostaa merkkusmaalein.

Ensimmäisen raudoituskerroksen valmistuttua, asennetaan työteräkset ja päätyjen hakaset paikoilleen. Työteräksien avulla raudoitus pysyy oikealla etäisyydellä muotin pinnasta, edellyttäen, että työteräs on asennettu välikkeen kohdalle, joka on naulattuna työmuottiin. Työteräkset asennetaan kaikkien välikkeiden kohdalle. Päätyjen hakaset asennetaan ennen pintaraudoitusta. Huomioitavana, että pystyteräkset asennetaan hakasten sisäpuolella. Edellä mainittujen jälkeen, voidaan pinta raudoitus asentaa. Aukkojen ja varausten kohdissa on usein raudoitusdetaljeissa huomioituna lisäteräksiä. Pintaraudoituksen yhteydessä kannattaa puntaroida, missä vaiheessa lisäteräkset asennetaan aukkojen kohdille, ettei tule ongelmia raudoitteiden asennukseen myöhemmin. Lopuksi asennetaan tartuntateräkset tai elementtien tartuntateräkset ylöspäin meneville rakenteille sekä lisätään raudoituksen pintaan siihen vaadittavat varusteet. Kuvassa 2 esimerkiksi lisättyinä kantavan lattian työsaumaraudoite seinän alaosaan.

Raudoituksen pitää mahdollistaa betonointi, jolloin esimimerkiksi raudoituksen pintaverkot tai pintaraudoitus ei saa olla niin tiheä, että betonointi ja tiivistys ei onnistu (Rakennustieto, 2002b, s. 8). Seinärakenteita valettaessa korostuu, että raudoitteissa tulee olla vähintään 1–1,5 metrin välein tilaa varattuna sauvatärytintä ja betoniletkua varten, koska valun pudotuskorkeuskin on usein korkea, pitää letku ja tärytin saada korkealta laskettua alas saakka.

4.3.4 Betonointi

Muottien ja raudoitusten tulee olla puhtaita ja lumettomia eivätkä ne saa olla jäässä (Rakennustieto, 2002b, s.9). Tarvittaessa raudoitteissa tulee olla betonointia varten lämmityskaapelit asennettuna, jolloin betonia voidaan lämmittää valun jälkeen (kuva 2) Lämmityskaapeleiden sidontaan suositellaan muovisidoslankaa, ettei se riko lämmityskaapelia. Betonointi tulee tehdä kerralla, eli betonointia ei tule lopettaa kesken seinän täyttämisen, ettei työsaumoja pääse syntymään keskelle seinärakennetta. Jos betonimassa loppuu valun ollessa kesken, saattaa seinärakenteeseen tulla rakenteellisesti haittaavia työsaumoja tai se voi olla visuaalisesti virheellisen näköinen. Betonoinnille tulisi olla merkattuna nauloin tai muulla tavoin valu korkeus muotin seinämille, jotta betonia tulee juuri oikea määrä muottiin.

Betonointi toteutetaan pääosin, kuten kohdassa 4.2.4, Betonointi, on kerrottuna. Kuitenkin seuraavia poikkeuksia tulee huomioida seinärakennetta valettaessa:

Sauvatäryttimen koko pitää huomioida pienemmäksi, kuin anturarakennetta valettaessa. Täryttimen valuun laskeminen on myös tarkempaa, koska tärytin saattaa helposti jumiutua raudoitteisiin kiinni niin, ettei sitä saa enää irti. Valun kerrospaksuudet tulee tehdä riittävän matalina, jotta tärytystyö onnistuu. Oviaukkojen ja varausten kohdilla voidaan muottia vasaroida ja tarkkailla äänen perusteella, ovatko aukkojen alareunat täyttyneet betonimassalla täyteen.

Valun jälkeen tarkastetaan muottien paikallaan pysyvyys ja pystysuoruus. Talvikeleillä asetetaan pakkasmatot päälle ja mahdolliset lämmityskaapelit kytketään päälle. Lämmityskaapeleita pystytään mittaamaan, jälkikäteen siihen soveltuvalla mittarilla. Kesäkeleillä valun päälle voi asettaa kevyt peitteen, ettei vesisade tai aurinko vaurioita betonin pintaa. Betonoinnista tehdään erillinen betonointipöytäkirja, johon lisätään liitteeksi betonin rahtikirja.

Mikäli seinärakenteessa pitää saavuttaa tietty lujuusvaatimus ennen kuin sitä voidaan kuormittaa, voidaan betoniin lisätä mittaus antureita ennen valua. Mittarin avulla saadaan seurattua betonin lämpötilaa ja siitä saadaan myöhemmin laskettua lujuuden kehittyminen syöttämällä lujuuden laskentakaavaan betonin lämpötilat ja betonin lujuustiedot. Näin varmistutaan, että betoni on saavuttanut vaaditun lujuuden seuraavia rakenteita varten. Muotit voidaan purkaa, kun betoni on saavuttanut muotinpurkulujuuden, yleisesti tämä saavutetaan vuorokaudessa.

5 POHDINTA

Nykypäivänä rakennuskohteiden aikataulut suunnitellaan melko tiukaksi, jolloin paikallavalurakenteita pyritään vähentämään, sillä monesti elementtitoiteuksella saadaan aikataulut etenemään pienemmässä ajassa. Kuitenkin on rakenteita, joita ei kannata kustannuksellisesti tai rakenteellisesti toteuttaa elementeillä, vaan paikallavalu rakenteena. Opinnäytetyössä esitetyt esimerkkirakenteet toimivat tapauskohtaisina ohjeina, joita soveltamalla saadaan tehtäväsuunnittelu työkohteittain vastaamaan tavoiteltua tarvetta.

Yleisesti, paikalla tehtäviin rakenteisiin kuuluu anturoita, seinärakenteita, pilareita, holveja, palkkeja ja laattarakenteita. Opinnäytetyötä tehtäessä päädyttiin selvittämään kahden esimerkkitapauksen (anturat, seinärakenteet) työvaiheita suunnittelusta toteutukseen. Edellä mainittuja rakenteita tehdään kohtalaisen paljon, ja työssä haluttiin siksi tuoda näitä esimerkkitapauksia esille.

Suunnittelun osalla halusin tuoda esiin työmaan näkökulmassa tarvittavia suunnitelmia ja niihin liittyviä asiakirjoja tai suunnitelmapiirustuksia, jotta työt saadaan toteutettua suunnitellusti, työturvallisesti ja aikataulussa.

Toteutuksessa kiinnitin huomiota yksityiskohtiin töiden edetessä, jolloin näistä asioista pystytään poimimaan tärkeimpiä asioita työvaihesuunnitelmaa tehtäessä. Työvaihesuunnitelma tulisi käydä aina urakoijien kesken läpi, jolloin näiden asioiden lisääminen suunnitelmiin minimoisi työvirheiden määrää ja tavoittelisi parempaa laatua. Lisäksi kaikilla olisi samat lähtötiedot vaatimuksista ennen kuin urakka aloitetaan.

LÄHTEET

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

Betoniteollisuus. (i.a.) *Paikallavalurakentaminen*.
<https://betoni.com/rakentaminen/valmisbetoni-paikallavalurakentaminen/>

Betonitieto. (i.a.) *Betonityössä vaaditut pätevyudet*.
<https://www.betonitieto.fi/betoniteollisuus/valmisbetoni/maaraykset-ja-vaatimukset/patevyysvaatimukset.html>

Betonitieto. (i.a.) *Betonitöiden suunnittelu ja valmistelu*.
<https://www.betonitieto.fi/tyomaat/betonitoiden-johtaminen-talonrakentaminen/betonitoiden-suunnittelu.html>

Haucon Finland Oy. (i.a.). *Liikuntasaumalaitteet*.
<https://www.haucon.fi/tuotteet/liikuntasaumalaitteet>

Laki maankäyttö- ja rakennuslain muuttamisesta 41/2014.
<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2014/20140041>

Peikko. (i.a.). *Paikallavalurakenteet*. <https://www.peikko.fi/ratkaisut/paikallavalurakenteet/>

Rakennustieto. (2002a). *Perustukset* (Ratu 1198-S).

Rakennustieto. (2002b). *Runkorakenteet, paikalla rakennettavat* (1201-S).

Rakennustieto. (2023). *by 65 Betoninormit 2021*.

Suomen betoniteollisuuden keskusjärjestö (SBK). (1979). *BES-järjestelmän rakenteita koskeva suositus 1979*.

Ympäristöministeriö. (2019). *Rakenteiden lujuus ja vakaus*.
https://www.edilex.fi/data/rakentamismaaraykset/Betonirakenteet_16122019.pdf

LIITTEET

Liite 1. Esimerkki kohteen betonirakenteista ja niiden laatuvaatimuksista

Liite 2. Rakennesuunnittelun mittapiirustus

Liite 3. Muottipiirustus

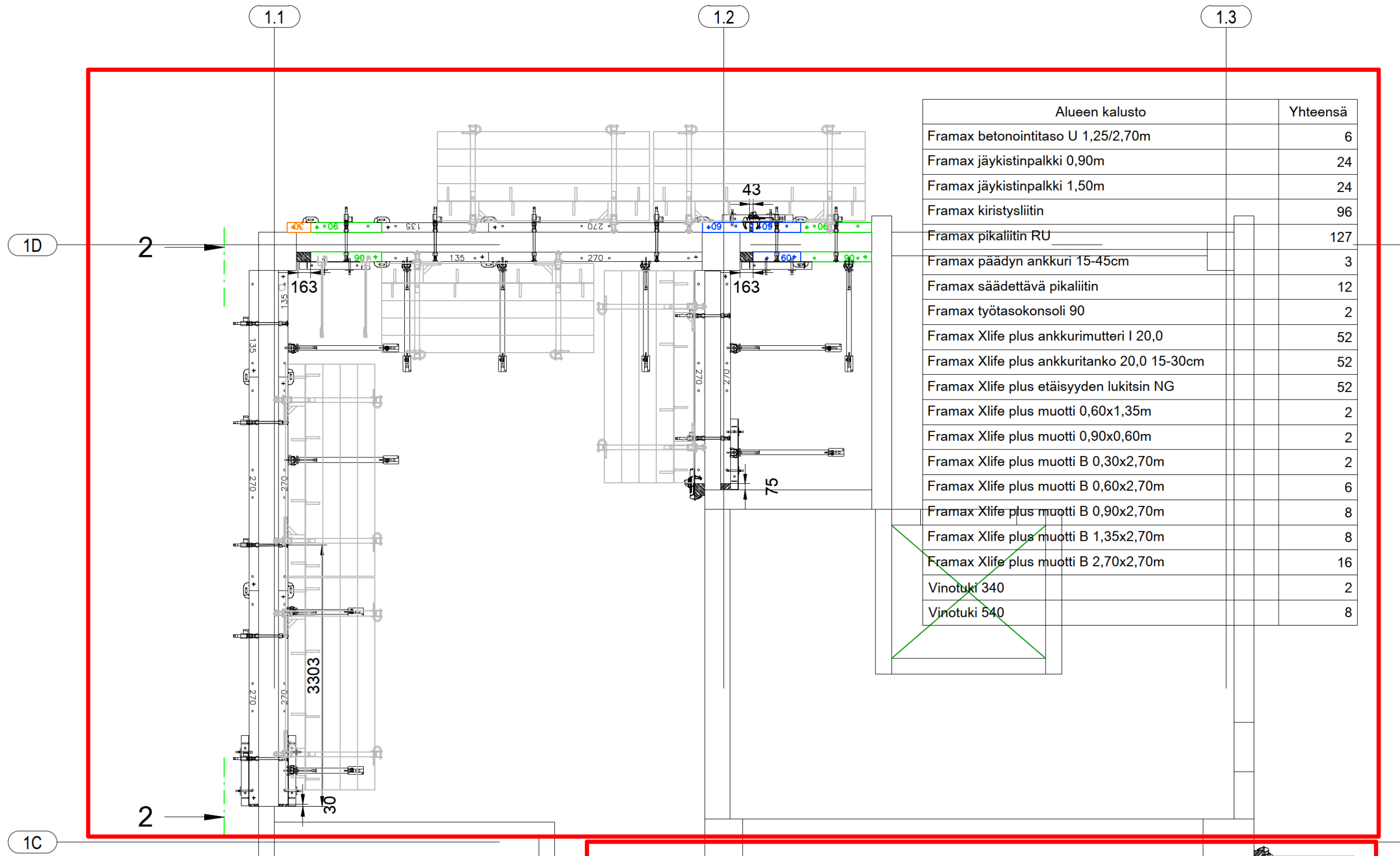
Liite 4. Muottipiirustus, sivunäkymä

Liite 5. Anturan raudoituspiirustus

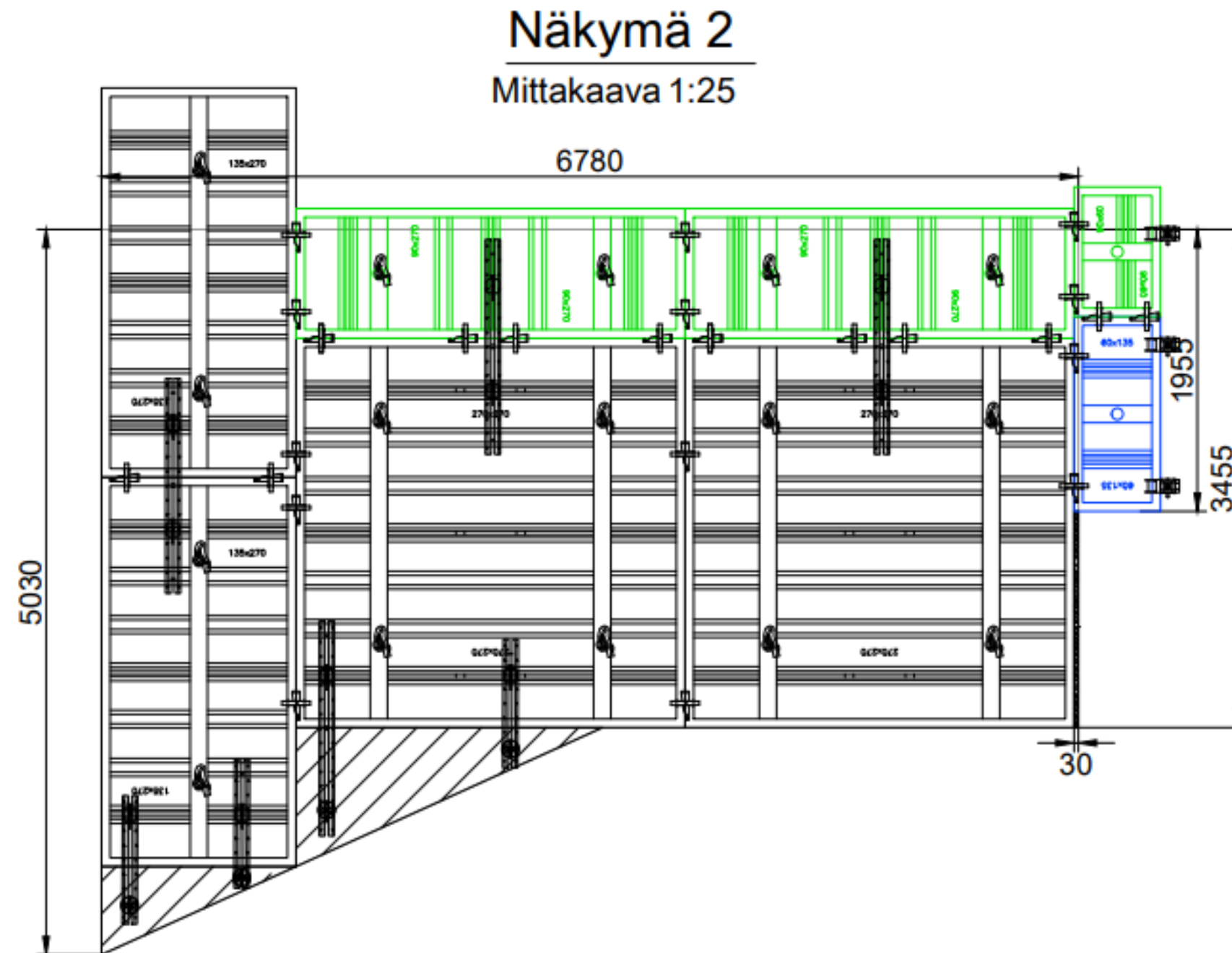
Liite 1. Esimerkki kohteen betonirakenteista ja niiden laatuvaatimuksista

RAKENNUKSEN PALOLUOKKA:	P1		
SEURAAMUSLUOKKA CC2 CC2b	LUOTETTAVUUSLUOKKA RC2	HUOM! KANTAVA RUNKO JA TÄYDENTÄVÄT RAKENTEET KANTAVA RUNKO ONNETTOMUUSTILANNE	
TOTEUTUSLUOKKA TOLERANSSILUOKKA	2 1	CC2 RAKENTEET	
SUUNNITTELUKÄYTTÖIKÄ:	100 VUOTTA 50 VUOTTA 25 VUOTTA	PERUSTUKSET, KANTAVA RUNKO JULKISIVUT, TÄYDENTÄVÄT RAKENTEET JA TEKNISTEN TILOJEN KANTAVAT RAKENTEET VESIKATOT JA PIHAKANSIEN VEDENERISTEET	
KANTAVIEN RAKENTEIDEN PALOLUOKKA:	R60 R90/R120	YLEENSÄ ALUEET ERIKSEEN MERKATTUINA MITTAPIIRUSTUKSEEN (MM. VARASTOT)	
BETONI: (ELLEI TOISIN MAINITTU)		C30/37 PILARIT/PILASTERIT, LÄMPIMÄT SISÄTILAT C30/37 PALKIT, LÄMPIMÄT SISÄTILAT C30/37 SEINÄT SISÄKUORI JA LÄMPIMÄT SISÄTILAT C30/37 VÄLIPOHJAT, LÄMPIMÄT SISÄTILAT	
KIVIAINEKSEN SUURIN RAEKOKO	#16, ELLEI TOISIN MAINITTU		
RASITUSLUOKKA:	XC1	LÄMPIMÄT JA KUIVAT SISÄTILAT	
BETONIPEITTEEN NIMELLISARVOT			
RASITUSLUOKKA	PALOLUOKKA	BETONIPEITE	HUOM!
XC1	R60	25 mm	PILARIT JA PALKIT 30 mm
XC1	R120	30 mm	PALKIT 40 mm
		SALLITTU MITTAPOIKKEAMA 10 mm	
BETONIPINNAT (BY 40):		LUOKKA MUO- A, ELLEI RAKENNUSSELOSTUKSESSA TOISIN MAINITA	
RAUDOITUS:		T = B500B (A500HW) (HITSATTAVA) K = B500A (VERKOT) E = B600KX (RUOSTUMATON)	
RAKENNETERÄKSET: (SFS EN-10025)	S355J2G3 S355J2H S355J0 AISI304 AISI316	MUOTOTERÄS PUTKIPROFIILIT LEVYT JA HITSATUT PROFIILIT RUOSTUMATTOMAT TERÄKSET HAPONKESTÄVÄT TERÄKSET	

Liite 3. Muottipiirustus



Liite 4. Muottipiirustus, sivunäkymä



Liite 5. Anturan raudituspiirustus

