



Selvitystyö paikallavaluholvien rakentamisesta eri yksiköissä

Samu Saari

OPINNÄYTETYÖ
Huhtikuu 2020

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka
Rakennustuotanto

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan tutkinto-ohjelma
Rakennustuotanto

SAARI, SAMU:

Selvitystyö paikallavaluholvien rakentamisesta eri yksiköissä

Opinnäytetyö 61 sivua, joista liitteitä 3 sivua
Huhtikuu 2020

Tässä opinnäytetyössä selvitetään rakennusliikkeen asuinkerrostalon paikallavaluholvin rakennusprosessin eroavaisuuksia eri yksiköiden välillä. Erityisesti haluttiin selvittää, eroaako rakennusliikkeen Helsingin yksikön paikallavaluholvin rakentamisprosessi Tampereen ja Turun yksiköistä. Opinnäytetyössä käytettiin tutkimuskysymyksenä, mitä eroa rakennusliikkeen eri yksiköiden välillä on paikallavaluholvin rakentamisprosessissa, ja kuinka saatuja tuloksia voidaan hyödyntää Helsingin yksikön paikallavaluholvien rakentamisessa.

Asuinkerrostalon paikallavaluholvin voi toteuttaa usealla eri tavalla, ja toteutukseen vaikuttavat esimerkiksi muuttotyöt, rauditus ja betonin valinta. Myös runkoryhmän koolla ja urakoitsijoiden käytöllä on vaikutusta rakennusprosessiin. Rakennusliikkeen Tampereen ja Turun yksiköissä paikallavaluholvin rakentaminen on pitkälle kehitettyä ja laadukasta. Helsingin yksikössä paikallavaluholvien rakentaminen on osittain unohtunutta ja se koetaan työlääksi ontelolaattojen käyttöön nähden, tämä käy ilmi opinnäytetyön haastatteluista. Opinnäytetyössä käsitellään yleisimmät toteutustavat paikallavaluholvin suhteen.

Opinnäytetyön empiriaosuus toteutettiin kvalitatiivisin menetelmin puolistrukturoidulla haastattelulla. Empiriaosuudessa haastateltiin kuutta rakennusliikkeen eri yksiköissä työskentelevää toimihenkilöä. Haastateltavista henkilöistä neljä toimi työpäällikkönä, yksi henkilö vastaavana mestarina, sekä yksi henkilö runkomestarina. Haastatteluiden perusteella luotiin peruskäsitys kunkin yksikön toimintatavasta paikallavaluholvin rakentamisessa. Tällä tavoin voitiin verrata yksiköjä toisiinsa ja etsiä eroavaisuuksia ja yhtäläisyyksiä yksiköiden välillä.

Haastatteluista saatiin selville, että yksiköiden välillä oli eroja paikallavaluholvin toteutuksen suhteen. Jokaisella yksiköllä oli oma tyyliinsä toteuttaa paikallavaluholveja. Näistä eri toteutustyyleistä pyrittiin valitsemaan parhaiksi ja toimivimmiksi todetut asiat ja niistä koottiin Helsingin yksikölle suunnattuja parannusehdotuksia ja ideoita paikallavaluholvin rakentamisprosessiin.

Asiasanat: asuinkerrostalo, paikallavaluholvi, ontelolaattaholvi

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Construction Engineering
Building Production

SAARI, SAMU:

Investigation of the Construction of Local Casting Vaults in Different Units

Bachelor's thesis 61 pages, appendices 3 pages
April 2020

The aim of this thesis was to examine the differences in the building process of the construction company's residential apartment building's local casting vault between the different units. The aim was to determine whether the construction process of the construction company's Helsinki unit's local casting vault differs from the units of Tampere and Turku. To be more exact, the objective was to find out how the construction processes vary between the YIT units, and how the results obtained can be used to construct the local vaults in the Helsinki unit.

There are many different ways to construct a local casting vault in a residential apartment building project and this will be influenced by, for example, mold work, reinforcement and choice of concrete. The size of the framework team and the use of contractors also have an impact on the construction process. At construction company units in Tampere and Turku, the construction of a local casting vault is highly developed and of high quality. In the Helsinki unit, the construction of on-site casting dwellings has been partially forgotten and is perceived as laborious in relation to the use of cavity slabs, as evidenced by interviews conducted during this study. The thesis deals with the most common implementation methods for constructing a local casting vault.

The research part of the thesis was implemented by qualitative methods in a semi-structured interview. Four of the interviewees served as construction managers, one as the responsible site manager, and one as the site manager of concrete work. Based on the interviews, a basic understanding of how each unit operates in the construction of the local vault was created. In this way it was possible to compare the units and to look for differences and similarities between the units.

The interviews revealed that there were differences between the units in the implementation of the local casting facility. Each unit had its own style of implementing on-stage vaults. From these different styles of implementation, the most successful were chosen, and a suggestion for improvement and ideas for the Helsinki unit building process were compiled.

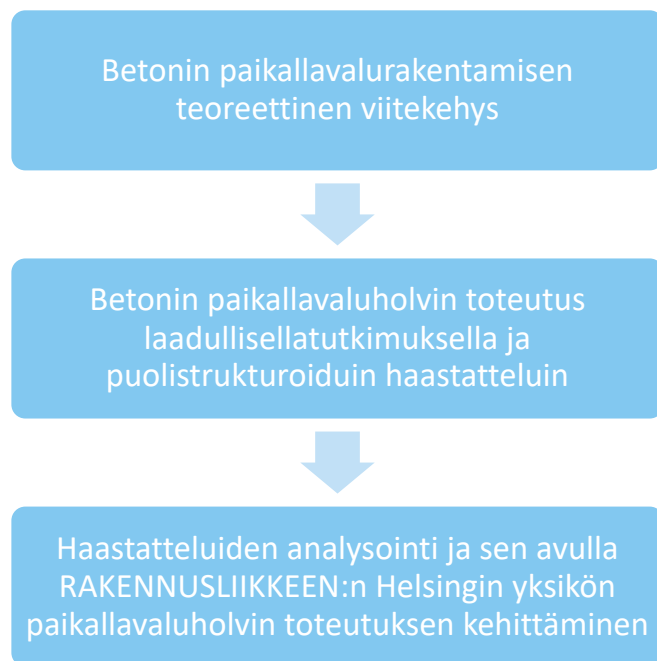
Key words: apartment building, local casting vault, hollow-core slab

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	5
1.1	Tutkimuksen tausta	5
1.2	Tutkimuksen tavoite ja tutkimuksen rajaaminen	6
2	PAIKALLAVALUHOLOVI	7
2.1	Betonin historiaa	7
2.2	Betonin paikallavalurakentaminen	10
2.3	Paikallavaluholvin vaiheet	11
2.3.1	Muottityöt	13
2.3.2	Raudoitus	20
2.3.3	Betonityöt	27
2.3.4	LVIS- työt	29
2.3.5	Jälkihoito	31
2.4	Olosuhteiden merkitys	34
2.4.1	Talvibetonointi	34
2.4.2	Betonirakenteiden kosteuden hallinta	36
3	TUTKIMUSMENETELMÄ	39
3.1	Puolistrukturoitu haastattelu	39
3.2	Puolistrukturoidut kysymykset	40
4	TULOKSET JA ANALYYSI	42
4.1	Tulokset ja analyysi Helsinki	42
4.2	Tulokset ja analyysi Tampere	45
4.3	Tulokset ja analyysi Turku	47
4.4	Tulosten yhteenveto, vertailu ja analyysi	50
4.5	Helsingin yksikön paikallavaluholviprosessin kehittäminen	55
5	POHDINTA	57
	LÄHTEET	58
	LIITTEET	59
	Liite 1. Kysymyspatteristo	59

1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä tutkittiin ja selvitettiin eroja rakennusliikkeen eri yksiköiden paikallavaluholvien toteutukseen, kustannuksiin ja aikatauluun liittyen. Opinnäytetyö tehtiin valtakunnallisen suuren asuntorakentajan Helsingin yksiköön. Työssä tutkittiin rakennusliikkeen Helsingin yksikön lisäksi Tampereen ja Turun yksiköiden paikallavaluholvin rakentamista haastatteluiden avulla. Tutkimus toteutettiin laadullisella tutkimuksella, sekä puolistrukturoitujen haastatteluiden avulla. Tutkimuskysymyksiä olivat; mitä eroa rakennusliikkeen eri yksiköiden välillä on paikallavaluholvin rakentamisprosessissa? Kuinka saatuja tuloksia voidaan hyödyntää Helsingin yksikön paikallavaluholvien rakentamisessa? Alla olevalla kuviolla 1 havainnollistetaan tämän opinnäytetyön kulkua.



KUVIO 1. Tämän opinnäytetyön eteneminen

1.1 Tutkimuksen tausta

Rakennusliikkeen Tampereen ja Turun yksiköiden paikallavaluholvin rakentaminen on hyvin pitkälle vietyä ja jalostettua, se on kilpailukykyinen ratkaisu verrattuna esimerkiksi ontelolaattaväliin nähden. Helsingin yksikössä taas paikallavaluholvirakentaminen on ollut vähäisempää, koska sen toteutusta on pidetty haasteellisena. Opinnäytetyössä haluttiin erityisesti selvitystä siitä, mikä vaikuttaa kustannuksiin, toteutukseen ja aikatauluun niin, että paikallavaluholvin

rakentaminen saataisiin yhtä kustannustehokkaaksi ja toimivaksi kuin Tampereen ja Turun yksiköissä.

1.2 Tutkimuksen tavoite ja tutkimuksen rajaaminen

Tutkimuksen tavoitteena oli kehittää ja parantaa valtakunnallisen asuntorakentajan Helsingin yksikön paikallavaluholvin rakentamista. Helsingin yksikössä paikallavaluholvin rakentaminen on todettu opinnäytetyön tilaajan puolesta olevan kustannustehoton, sekä vaikea työvaihe, verrattuna esimerkiksi ontelolaatojen käyttöön asuinkerrostalon välipohjassa. Tavoitteena oli selvitystyön avulla kehittää paikallavaluholvien rakentaminen sille tasolle, että se olisi kilpailukykyinen toteutusvaihtoehto rakennuksen välipohjan toteuttamiseksi pääkaupunkiseudulla.

Opinnäytetyö toteutettiin laadullisen eli kvalitatiivisen tutkimuksen avulla. Laadullisessa tutkimuksessa pyritään löytämään tutkimusongelmaan vastaus määriteltyjen tutkimuskysymysten ja niihin saatujen vastausten pohjalta. Laadullisessa tutkimuksessa haastatellaan ennalta valittuja yksittäisiä haastateltavia, eikä niinkään tehdä joukkokyselyä, niin kuin esimerkiksi kvantitatiivisessa eli määrällisessä tutkimuksessa. (Kananen. 2010.)

Opinnäytetyön tilaajan puolesta tutkittavat yksiköt rajattiin maantieteellisesti kolmeen eri kaupunkiin, joita olivat Helsinki, Tampere ja Turku. Opinnäytetyön laajuus olisi kasvanut liian suureksi, jos tutkimukseen olisi otettu vielä muitakin rakennusliikkeen yksiköitä. Selvitystyössä tutkittiin myös pelkästään asuinkerrostalojen paikallavaluholvien eroavaisuuksia, joten esimerkiksi paikallavaluseinien tutkiminen jäi opinnäytetyöstä pois.

2 PAIKALLAVALUHOVI

2.1 Betonin historiaa

Betoni on maailman yleisin rakennusmateriaali, ja vuosittain sitä valmistetaan noin 13 miljardia kuutiota. Ihmiset kuluttavat ainoastaan vettä enemmän kuin betonia. Betonin hyötyjä ovat sen lujuuden, jäykkyyden ja kosteuden kesto, sekä turvallisuus, muokattavuus ja edullisuus. Kivipohjainen betoni on myös kestävä ja vähän huoltoa vaativaa, sekä sillä on hyvät ääneneristävyydet sekä paloturvallisuus. (Suomen Betoniyhdistys 2018, 13.)

Maailmalla betonirakentamista on esiintynyt ensimmäisen kerran jo antiikin ajoista lähtien. Esimerkiksi pyramidien rakentamisen sideaineena käytettiin poltettua kipsiä, ja jo antiikin kreikkalaiset lisäsivät poltettuun kalkkiin vulkaanista tuhkaa. (Suomen Betoniyhdistys 2018, 18.)

Antiikin Roomassa betonia käytettiin muun muassa muurien rakentamisessa. Roomalaiset tekivät muureja niin, että litteät tiilet tai kivet ladottiin muurin ulko-reunoille ja sitten tiilien väliin jäänyt aukko täytettiin betonilaastilla ja kivillä, sen jälkeen massa tampattiin tiiviiksi, jolloin muurista tuli yhtenäinen rakenne. Roomalaiset olivat taitavia betonirakentajia, ja Roomasta löytyykin maailman suurin raudoittamattomasta betonista rakennettu kupoli. Pantheonin temppelin kupoli on valmistunut vuonna 127, halkaisijaltaan se on 43,44 metriä. Pantheonin temppeli on sen ajan taidonnäyte betonirakentamisesta, ja se onkin säilynyt tähän päivään asti erittäin hyvin. Rooman valtakunnan häviämisen myötä myös sen aikainen betonitekniikan ja betonirakentamisen osaaminen väheni, niin että seuraavan kerran nykyisen kaltaista betonitekniikkaa havaittiin vasta noin tuhat vuotta Rooman valtakunnan jälkeen. (Suomen Betoniyhdistys 2018, 18.)

Sementin keksijäksi on kutsuttu Joseph Aspdin nimistä henkilö. Vuonna 1824 englantilainen muurari Aspdin kehitti ja patentoi sementtituotteen, joka nimettiin portlandsementiksi. Aspdin kuumensi keittiössään kalkin ja saven sekoitusta, ja kuumentamisen jälkeen hienonsi sekoituksen jauheeksi. Hän huomasi jauheen reagoivan veden kanssa, niin että jauhe kovettui. Näin syntyi ensimmäinen se-

menttituote, joka loi perustan sementti teollisuudelle. Ensimmäisiä isoja portlandsementin käyttökohteita oli Thames-joen alittava tunneli, joka rakennettiin 1828. (Suomen Betoniyhdistys 2018, 19.)

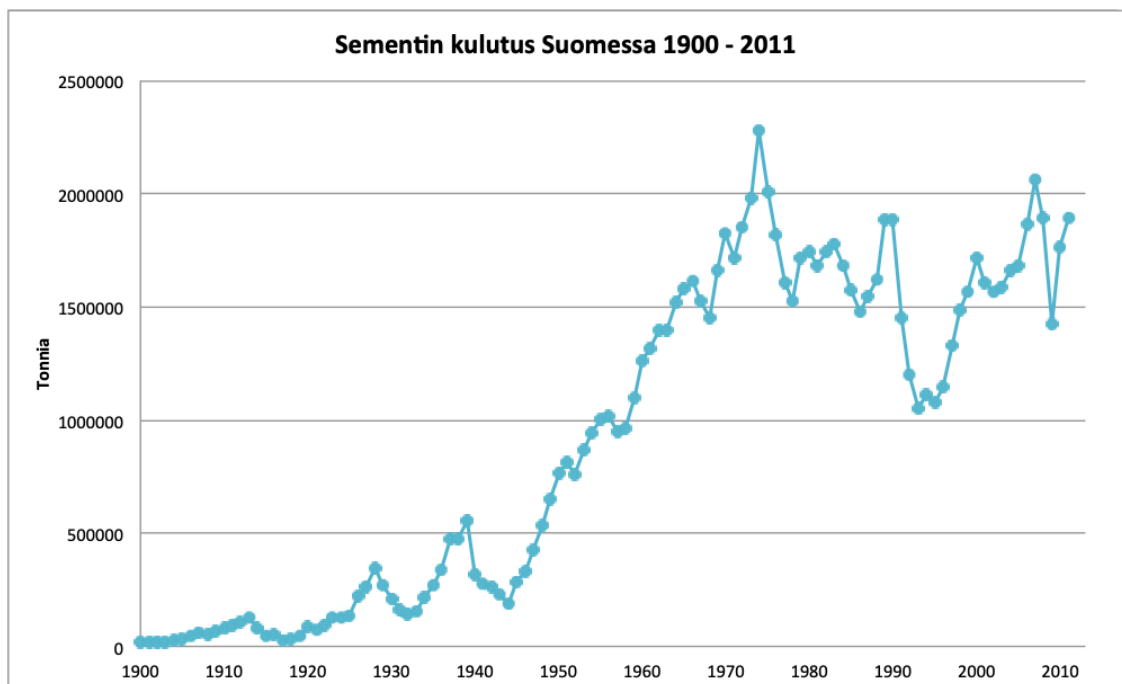
Suomessa sementtiä ryhdyttiin valmistamaan ensimmäisen kerran vuonna 1869 Saviolla, valmistus lopetettiin kuitenkin jo 1894, koska ulkomainen kilpailu oli suurta. Tämän jälkeen vuonna 1914 sementin valmistuksen Suomessa aloitti Paraisten Kalkkivuori Oy, ja sitä seurasi vuonna 1919 aloittanut Lohjan Kalkkitehdas. Nämä kaksi sementin valmistajaa mahdollistivat laajamittaisen kotimaisen betonirakentamisen. Ensimmäinen suuri betonirakennekohde oli Vuoksen ylittävä Kiviniemen silta, joka valmistui 1889. (Suomen Betoniyhdistys 2018, 19.)

Raudoituksia ryhdyttiin käyttämään betonissa 1800-luvun puolivälin tienoilla. Raudoitus mahdollisti betonirakenteiden suunnitteluun monimuotoisuutta, ja uusia mahdollisuuksia. Teräsbetonin keksijänä pidetään ranskalaista Joseph Monieria, joka haki patentin kehittämälleen kukkamaljakoiden raudoitusmenetelmälle vuonna 1855. Myöhemmin Monier sovelsi kehittämänsä raudoitusmenetelmää putkiin vuonna 1868, seinälevyihin 1869 ja siltoihin 1880. Teräsbetonisillat patentoi vuonna 1854 englantilainen William Williamsen. (Rakennustieto Oy, 1996, 9.)

Raudoitusten avulla betonirakennekohteissa saatiin suunniteltua avarampia tiloja, sekä se mahdollisti suurempien ja kestävämpien teräsbetoni siltojen rakentamisen. Ensimmäiset suomalaiset teräsbetonipiirustukset teki insinööri Jalmar Castrén vuonna 1904. Hän on muun muassa suunnitellut Helsingin Suvilahden voimalaitoksen kantavat teräsbetonirakenteet, sekä ensimmäisen teräsbetonirakenteisen sillan, joka oli Orimattilaan vuonna 1911 valmistunut Tönnönkosken silta. Näiden jälkeen tunnetuimpia rakennettuja betonirunkorakenteita Suomessa on ollut vuonna 1919 valmistunut Helsingin päärautatieasema, 1938 valmistunut Olympiastadion sekä esimerkiksi Alvar Aallon suunnittelema Paimion parantola 1933. (Suomen Betoniyhdistys 2018, 21.)

Suomessa rakentaminen kaupungeissa kiihtyi 1960- 70 luvulla. Työpaikat keskittyivät enemmän kaupunkeihin, jolloin muuttovirtaus maalta kaupunkeihin oli

suurta. Tämä aiheutti sen, että rakennusteollisuuden oli nopeutettava rakennusprosesseja. Betonteollisuus alkoikin jo 1950- luvulla kehittämään elementtitekologiaa rakentamisessa. Vielä 1950- luvun alussa rakentamiseen kului yli 10 tth/m³ (työntekijätunti/m³), kun taas 1970- luvulla elementtiteknologian kehityksen myötä kului enää vain 2 tth/m³. 1960- 70 luvulla rakennettiin paljon ja nopeasti, suur- ja pöytämuottiteknikan, sekä kenttävalimoiden avulla. Näiden avulla valmistettiin suomessa ensimmäiset sandwich- elementit sekä myös ontelolaatat. Betonteollisuus alkoi kehittämään myös vuonna 1966 yhdessä asuntohallituksen kanssa suomalaista betonielementtijärjestelmää, eli BES:siä, jossa betonielementtien mitat olivat standardisoitu. Ontelolaatat ja sandwich- elementit olivat 1970- luvun lähiöiden käytetyimpiä rakennuselementtejä. Vuonna 1974 tehtiinkin Suomessa asuntorakentamisen maailman ennätys, jolloin rakennettiin yli 73 000 asuntoa. Alla olevassa kuviossa 2 esitetty Suomessa tapahtunutta muuttovirtaa maalta kaupunkiin 1960- 1970 luvuilla. (Suomen Betoniyhdistys 2018, 21.)



KUVIO 2. Muuttovirta maalta kaupunkiin 1960- 1970 luvulla johti betonirakentamisen kovaan kasvuun, ja näin myös sementin menekin huimaan nousuun. (Finnsementti.fi, n.d.)

Varsinkaan 1970- luvulla ei kuitenkaan rakennusten ulkonäköön kiinnitetty huomiota kovan rakentamisbuumin vuoksi, jolloin rakennuksista tuli laatikkomaisia.

Myös betonin kestävyteen vaikuttavista tekijöistä ei ollut vielä hirveästi tietoa, jolloin osa betonirakennuksista vaati peruskorjausta, jo 30- 40 käyttövuoden jälkeen. Vuonna 1976 julkaistiinkin Betoniyhdistyksen ensimmäinen ohje liittyen betonin suojahuokostamiseen, ohjeita on myöhemmin päivitetty uusimpien tietojen mukaan 1980- luvun lopulla ja 1990- luvun alussa. (Suomen Betoniyhdistys 2018, 22.)

1980- luvulla alkanut betonin pitkäjänteinen kehitystyö on tuottanut tulosta ja nykypäivänä se näkyykin betonirakenteiden monimuotoisuutena sekä säilyvyyden ja esteettisyyden parantumisena. Betonirakentaminen on nykyään kustannustehokasta ja laadukasta sekä ekologisesti ja elinkaaritaloudellisesti toteutettu. Teknologian kehityksen myötä nanoteknologia on kehittänyt betonista muun muassa itsepuhdistuvaa. Betoni voi myös olla läpinäkyvää, erikoislujuutta, ultrakevyttä, kelluvaa ja rakenteet ja niiden muodot voivat olla lähes minkälaisia vain. (Suomen Betoniyhdistys 2018, 22.)

2.2 Betonin paikallavalurakentaminen

Betonin paikallavalurakentamisella tarkoitetaan yleisesti rakennuksen rungon rakentamista suoraan työmaalla. Rakennuksen rungon paikallavalurakentamista voi olla esimerkiksi rakennuksen välipohjan eli holvin paikallavalaminen tai sitten esimerkiksi rakennuksien kantavien seinien paikallavalaminen. Suomessa paikallavalurakentamista on tehty 1960- ja 1970- luvulle asti, jolloin kaupungistumisen myötä täytyi kehittää rakentamisen prosessia nopeammaksi ja edullisemmaksi, silloin kehitettiin elementtirakentaminen, joka oli nopeampaa ja edullisempaa rakentamista paikallavalurakentamiseen nähden, jolloin paikallavalaminen väheni. 1970- luvun lähiöt olivat lähes poikkeuksetta elementtirakenteisia. Nykyään on myös esimerkiksi paikallavaluholvien rakentamista kehitetty hyvin, ja ne ovat nykypäivänä hyvin suunniteltuina ja rakennettuna kilpailukykyinen vaihtoehto ontelolaatta välipohjaan nähden. (Suomen Betoniyhdistys 2018, 16-17.)

Paikallavaluholvin rakenne muodostuu teräksen ja betonin yhdistelmästä eli teräsbetonista. Rakenteessa on myöskin LVIS- tekniikkaa, joka asennetaan ennen holvin valamista. LVIS- lyhenteellä tarkoitetaan lämpö, vesi, ilmastointi ja sähkö tekniikoita, lyhenteeseen voidaan myös yleensä lisätä automaatio, jolloin lyhenne on LVISA. Rakenne on toimiva, koska betoni ottaa vastaan hyvin puristusrasitusta, ja teräs ottaa vastaan vetorasituksen. Kovettuneen betonin vetolujuus on vain noin 6-10 % puristuslujuudesta, joten sen takia rakenne vaatii raudoituksen, joka kestää hyvin vetoa. (Suomen Betoniyhdistys 2018, 16-17.)

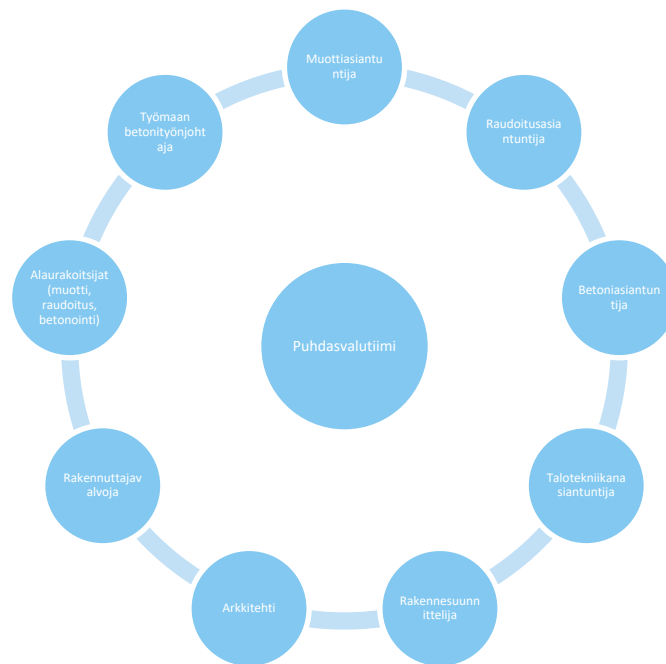
Paikallavaluholvi rakentamisen hyötyjä on sen muokattavuus ja monimuotoisuus. Esimerkiksi LVIS vedot, eli vesi-, viemäri- ja lämpöputkistot, sekä sähköjohdot saadaan asennettua rakennuksen välipohjaan parhaiten soveltuvalla tyylillä. Sovellettavuuden ansiosta voidaan suunnittelussa toteuttaa monimuotoisia ja innovatiivisia ratkaisuja asunnoille paikallavaluholvien avulla. Paikallavalulla voidaan toteuttaa haastaviakin kohteita, esimerkiksi täydennysrakennus kohteita, jossa vanhaan rakennukseen tehdään uusia tiloja täydennyksenä. Tällaiset kohteet ovat hankalia toteuttaa elementtien avulla, kun taas paikallavalamisen monimuotoisuuden ansiosta se onnistuu. Paikallavaluholvien yksi etu on myös se, että talotekniikan sisällyttäminen välipohjarakenteeseen parantaa myös ääneneristävyyttä. paikallavaletussa välipohjassa ei ole ylimääräisiä reikiä, jotka helpottaisivat äänen kulkua esimerkiksi kerroksien välillä. (Suomen Betoniyhdistys 2018, 16-17.)

2.3 Paikallavaluholvin vaiheet

Paikallavaluholvin tekemisessä on tärkeää, että jokainen rakentamisenvaihe on suunniteltu etukäteen hyvin, ja että eri vaiheet toteutetaan myös laadukkaasti suunnitelmien mukaan. Paikallavaluholvin tärkeimmät vaiheet ovat muottityöt, raudoitus, LVIS- työt, betonityöt sekä jälkihoito, jolla taataan rakenteen toteutuksen onnistuminen. Myös olosuhteilla on suuri merkitys prosessin onnistumisessa, ja on tärkeää ottaa huomioon vallitsevat olosuhteet rakentamisen aikana. Talvibetonointi aiheuttaa omat haasteensa paikallavalu rakenteen toteuttamiseksi, mutta jos on suunnitteluvaiheessa ja huomionnut talven merkityksen erilaisten lisäkertoimien avulla, niin vältytään toteutuksen huonolta laadulta. (Syrjynen, Pahkala & Vuorinen n.d, 691.)

Paikallavalurakentamisen vaiheita on kehitetty paljon 1900- luvulla käytettyyn tekniikkaan nähden. Tehokkuutta rakentamisen prosessiin on saatu muottikalustojen kehittymisen myötä, nykyään monella muottivalmistajalla on kehittyneemmät muottikalustot, jotka voi asentaa entistä nopeammin, helpommin ja turvallisemmin. Myös raudoitukset ovat kehittyneet vuosien varrella, ja nykyään käytetäänkin jo teollisen raudoituksen periaatteita ja komponentteja. Holvin raudoituksia voidaan esimerkiksi tehdä mattoraudoitteilla, joka nopeuttaa raudoittamista huomattavasti. Holvin muodot vaikuttavat paljon siihen, että mitä raudoituksia voidaan käyttää. Lisäksi vielä Suomen betoniteollisuus on kehittynyt, ja maailman laajuisesti korkealla tasolla, koska olosuhteet ja vaatimukset Suomessa käytettävälle betonille ovat kovat. Betonin täytyy kestää monenlaisia rasituksia, esimerkiksi syksyllä sateet ja talvella pakkanen aiheuttavat vaatimuksia ja muutoksia betonille, jotta se näissäkin rankoissa olosuhteissa saavuttaisi vaadittavan lujuuden. (Syrjynen, Pahkala & Vuorinen n.d, 691.)

Tärkein asia paikallavalurakenteen onnistumiselle on rakenteeseen osallistuvien eri osapuolien yhteistyö ja sen parantaminen. On tärkeää, että eri osapuolet ymmärtävät toisiaan ja ovat samalla aaltopituudella rakennusprosessin suhteen. Muun muassa suunnittelijoiden, työmaan ja muotti-, raudoite- ja betonitoimittajien yhteistyön parantaminen luo mahdollisuuden kustannustehokkaalle, ja turvallisesti sekä teknisesti oikein toteutetulle paikallavalurakenteelle. Alla olevassa kuviossa 3 on havainnollistettu paikallavalurakentamiseen osallistuvat eri osapuolet. Kuvio 3 luotu Syrjynen, Pahkala ja Vuorinen (691) pohjalta. (Syrjynen, Pahkala & Vuorinen n.d, 691.)



KUVIO 3. Paikallavaluholvin toteutukseen osallistuu monta eri toimijaa, ja siksi onkin tärkeää, että yhteistyö on tiivistä ja aukotonta. (Syrjynen ym. n.d, 691)

2.3.1 Muottityöt

Rakentaminen vaatii suunnittelua, koska suunnittelulla luodaan edellytykset rakennuksen ja rakenteiden toteutettavuudelle. Suunnittelulla on myös mahdollista saada hyödynnettyä valetun betonin parhaat puolet. Nykyaikainen muottitekniikka antaa myös suunnittelulle uusia mahdollisuuksia, muun muassa rakenteen muodoille. Aikaisessa suunnitteluvaiheessa kannattaa jo ottaa huomioon muottitekniikkaan vaikuttavia tekijöitä, kuten

- toistuvuus
- rakenneratkaisut
- detaljit
- betonipinnan laatu
- yhteistyö.

Nämä asiat huomioon ottaen voidaan vaikuttaa merkittävästi itse muottityön, että valmiin rakenneosan kustannuksiin. Toistuvuudella ei suinkaan tarkoiteta paikallavalurakentamisessa pelkistettyjä ja suoraa rakennemuotoja, vaan saman muodon ja rakennemitan kertautumista. Rakenneratkaisuilla taas tarkoitetaan sitä, että rakennesuunnittelun ja muottisuunnittelun yhteistyö aloitetaan mahdollisimman varhaisessa vaiheessa, jolloin se voi merkittävästi parantaa kohteen

toteutettavuutta. Esimerkiksi pienikin rakennesuunnittelussa huomioitava detailin mitoitus, jolla ei ole suurta merkitystä itse rakenteelle, mutta jonka merkitys muottityölle voi olla oleellinen. Betonipinnan laatuluokat ovat AA, A, B ja C, ne tulee esittää rakennusselostuksessa selkeästi. Valittaessa toteutukseen tarkoituksen mukaista muottia, pitää huomioida kohteessa vaadittava betonipinnan laatu. Hankkeeseen osallistuvien eri osapuolten yhteistyöllä on suuri merkitys hankkeen toteutukselle. Eri osapuolia muottitöihin liittyen on urakoitsijat, suunnittelijat ja muottitoimittajat. Esimerkiksi paikallavaluun osallistuvien eri osapuolten yhteisessä tavoitepalaverissa voidaan sopia yhteisistä tavoitteista ja suunnitella kohteen toteutettavuutta. Asioita, joista eri osapuolilla on eri näkökantoja

- muottikiertotavoitteet
- työsaumojen paikat
- työsaumojen tekotavat.

Näihin asioihin yhteistyöllä saadaan sovitettua kaikille sopivin toteutus. (Suomen Betoniyhdistys 2018, 255-258).

Muottityöt alkavat muottitöiden suunnittelusta, se on tärkeää tehdä ennen muottitöihin ryhtymistä. Suunnitelman toteutumista seurataan ja mahdollisesti tarkennetaan töiden aikana. Suunnittelun tavoitteena on valita sopivin muottikalusto kohdetta varten. Valinnassa täytyy huomioida kohteen laatuvaatimukset, sekä kuinka teknisesti kalusto soveltuu kohteeseen. Kaluston valintaan vaikuttaa myös aikataulun perusteella haluttu muottikierto, sekä muottikustannukset. Tärkeää on myös suunnitella millä työryhmällä muottityöt toteutetaan, ja että työn tekeminen on turvallista. (Suomen Betoniyhdistys 2018, 247; kivitalo.fi. n.d.)

Vaakarakenneiset muotit voidaan jakaa pääryhmiin, joita ovat

- pöytämuotit
- holvikasettijärjestelmät
- vakiopalkit ja muottilevyt- järjestelmät
- palkkimuotit
- paikalla tehdyt lauta- ja levymuotit.

Lisäksi myös tuentakalustot ja -rakenteet ovat tärkeä osa vaakarakenneiden järjestelmämuotteja. Alla olevassa taulukossa 1 esitetään vielä eri vaakarakenneisten muottien työmenekkejä. (Suomen Betoniyhdistys 2018, 239.)

TAULUKKO 1. Vaakarakenteiden muottien työmenekkejä. (Suomen betoniyhdistys ry:n betonitekniikan oppikirja BY 201, 2018, muottijärjestelmät, 239, taulukko 8.3.3.)

Työmenekki (tth/m ²)	Esivalmistus Mittaus	Pystytys Irrotus	Puhdistus öljyäminen	Yhteensä
Pöytämuotti	0,02	0,08	0,03	0,13
Kasettimuotti	0,03	0,17	0,12	0,32
Laatan levymuotti	0,05	0,48	0,14	0,67
Palkkimuotit	0,04	0,38	0,08	0,90
- lautamuotti				0,50
- kasettimuotti				

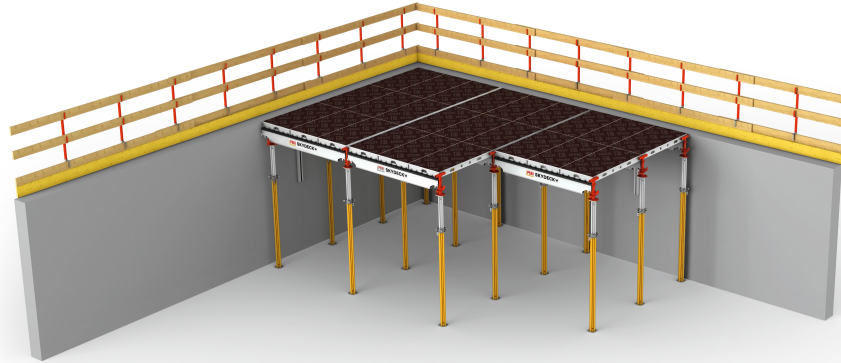
Pöytämuotti on toimiva muottijärjestelmä etenkin isoille muottipinta-aloille. Pöytämuotti on koneellisesti siirrettävä muotti, ja se mitoitetaan yleensä kohdekohtaisesti. Pöytämuotin rakenteeseen kuuluu muottipinta, sekundääripalkit ja pääkannatinpalkit, sekä pysty- ja vinotuet, kaiteet, eristys- ja lämmitysjärjestelmä sekä siirtopyörät. Muottipintana pöytämuotissa käytetään yleensä 18, 21 tai 27 mm paksua jäykkää vaneria tai sitten terästä, jonka alla on koolauksena vakio-puupalkit tai sahatavara. Pääkannattajat ovat yleensä vakiomittaisia puupalkkeja, ja niiden kautta kuormat siirtyvät tukijaloille. Pöytämuotti voidaan jäykistää vino- ja vaakasiteillä, jolloin työskentelytila muotin alla rajoittuu, mutta voidaan myös käyttää taittuvilla tukijaloilla varustettua pöytämuottia, joka ei tarvitse jäykistäviä vinotukia, ja se mahdollistaa pöytämuotin alapuolella työskentelyn. Taittuvilla tukijaloilla oleva pöytämuotti voidaan myös helposti siirtää koneellisesti seuraavaan valukohteeseen esimerkiksi ikkuna- tai oviaukon kautta. Pöytämuottia havainnollistava kuva 1 alla. (Suomen Betoniyhdistys 2018, 240.)



KUVA 1. Pöytämuottiyksikkö ja koneellinen siirtolaite. (Peri Suomi Ltd Oyj)

Pöytämuotti soveltuu kohteisiin, jossa on suuria pintoja ja nopea muottikierto. Ensikasaus pöytämuotissa on työläs ja vaatii paljon työvoimaa, mutta sen jälkeen siirrot seuraaviin valukohteisiin ovat nopeita ja jouhevia. Pöytämuotin koko ja pöydän muoto voidaan valita ja toteuttaa hyvin rakennuskohteen vaatimusten mukaan, suurten pintojen muottina jälkityön tarve on vähäinen. Pöytämuotti on edullisin holvimuottiratkaisu keskimäärin noin seitsemän käyttökerran jälkeen. (Suomen Betoniyhdistys 2018, 240.)

Holvikasettijärjestelmässä holvin muotit kootaan vakiomittaisista kaseteista pystytukien tai tukitelineiden varaan. Kasettimuotti koostuu muottipinnasta, rungosta, pystytuista tai tukitelineistä, sekä liitososista ja jäykisteistä. Holvikasetit tehdään yleensä alumiinirunkoisina, ja niissä on valmiina vanerinen muottipinta, jolloin muottivaneria ei tarvitse erikseen ostaa. Jälkityön tarve on riippuvainen muottikaluston kunnosta ja työmaalla muottien huollosta. Alla olevassa kuvassa 2 havainnollistettu holvikasettijärjestelmän rakennetta.

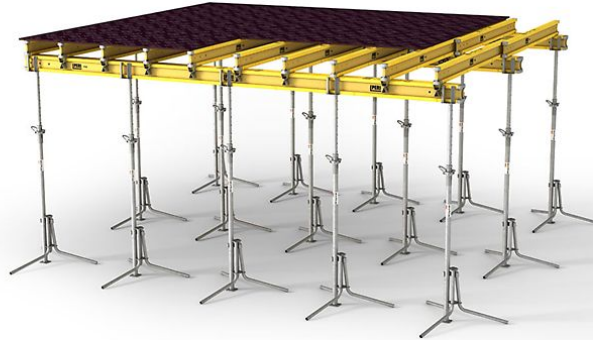


KUVA 2. Holvikasettijärjestelmä. (kuva kivitalo.fi sivuilta)

Holvikasettijärjestelmä sopii parhaiten suorakulmisiin pohja-aloihin, josta on helppo siirtää kalusto seuraavaan kerrokseen. Erityisesti holvikasettijärjestelmä sopii pilarilaattarunkoiseen rakennukseen, jossa on kalustoa helppo siirtää kerroksesta toiseen. Holvikasettijärjestelmää voi myös helposti muuttaa, mutta se vaatii ennakkosuunnittelua, ja parhaiten se toimii rakennuksessa, jonka mitat noudattavat moduulijärjestelmää. Työmenekki järjestelmässä on pieni. Työvoimaa tarvitaan vähän, ja nosturia ei tarvita ollenkaan, vaan asennustyö voidaan tehdä käsin. Nopea kasaus ilman koneellista voimaa edesauttaa siinä, että holvikasettijärjestelmän muottikierto saadaan nopeaksi ja se soveltuu hyvin monityökunnille. (Suomen Betoniyhdistys 2018, 240.)

Perinteisin holvimuotti menetelmä on ollut vakiopalkit ja muottilevyt- järjestelmä. Siinä holvimuotti koostuu pystytukiin tai tukitorneihin kiinnitettävistä pudotuspäistä sekä näiden päälle asennettavista niskapalkeista, jotka ovat vakiomittaisia puupalkkeja. Lisävarustuksena vakiopuupalkkeihin kuuluvat palkkituet, joilla normaalikokoisten palkkien asennus ja erityisesti purku käy nopeasti ja materiaalia säästävasti. Niskapalkkien päälle asennetaan koolauspalkit ja sen päälle

muottilevy, joka on yleensä vanerilevyä tai puulevyä. Multiflex- holvimuottijärjestelmän rakenne kuvattuna vielä alla olevassa kuvassa 3. (Suomen Betoniyhdistys 2018, 241.)



KUVA 3. Multiflex- holvimuottijärjestelmä. (Peri Suomi Ltd Oyj)

Vakiopalkit ja muottilevyt- järjestelmä sopii kohteisiin, jossa muottikierto ei ole määräävä, koska työmenekki on suurempi kuin kasetti- ja pöytämuoteissa. Tämä muottijärjestelmä vaatii myös paljon työvoimaa, mutta on helposti muunneltavissa holvin muotojen mukaan. Vakiopalkkijärjestelmässä on myös korkea kuormituskapasiteetti ja sillä päästään pitkiin jännemittoihin. (Suomen Betoniyhdistys 2018, 241; Peri.fi. holvimuotit. luettu 2.2.2020.)

Paikalla tehtyjä lauta- ja levymuotteja käytetään yleensä silloin, kun tehdään pieniä tai monimuotoisia kohteita, joissa ei ole toistuvuutta. Hyviä esimerkkejä lauta- ja levymuoteista on esimerkiksi pienet yksittäiset valut, johon tarvitsee tehdä lautamuotti, tai sitten siltojen kansiä tehdessä käytetään yleensä lauta- ja levymuotteja, koska silloissa on omat muotonsa ja rakenteensa ja ne on helppo toteuttaa lautojen muokattavuuden ansiosta. (Suomen Betoniyhdistys 2018, 241.)

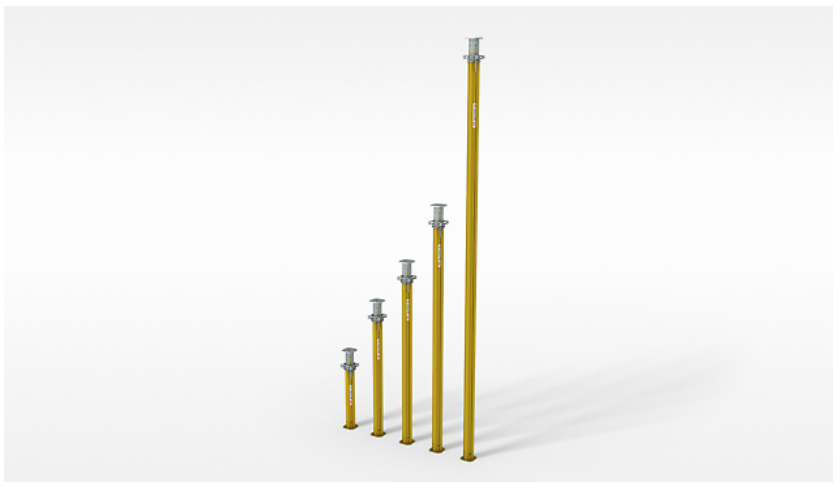
Kun tehdään paikallavalupalkkeja, käytetään palkkimuotin tekoon yleensä sahatavaraa, filmipintaista vaneria tai 3- kerroslevyä. Palkin muotti voidaan tehdä irtotavarasta työmaalla tai voidaan käyttää kiinteämittaista valmismuottikalustoa. Esimerkiksi palkki ja holvi voidaan betonoida samanaikaisesti, kun holvimuotti-

järjestelmiin liitetään palkkimuotteja. Palkkimuotit tehdään itsekantaviksi tai siten sidotaan välipohjamuotin yhteyteen. Jos kohteessa on massiivisia palkkeja, ne pyritään yleensä valaa enne holvin valua ja tällöin käytetään muottina järjestelmämuotteja. Alla vielä palkkimuotin periaatekuva 4. (Suomen Betoniyhdistys 2018, 242.)



KUVA 4. Palkkimuotti. (kuva kivitalo.fi sivuilta)

Holvimuottien teossa on tärkeää muistaa tuentakaluston käyttö. Tuentakalusto riippuu yleensä käytettävästä holvimenetelmästä, mutta yleisimmin käytetään teräs- ja alumiinitukia tai teräs- ja alumiinitukitorneja. Alla olevassa kuvassa 5 esitetty eri korkuisia multiprop- holvitukia sekä kuvassa 6 esitetty holvitukitorni. (Suomen Betoniyhdistys 2018, 242.)



KUVA 5. Multiprop- holvituki. (kuva Peri Suomi Ltd Oyj)



KUVA 6. Multiprop- holvitukitorni. (kuva Peri Suomi Ltd Oyj)

Yleisesti vaakamuotin tuennassa käytetään yksittäisiä teräs- tai alumiinitukia. Niistä alumiinisten tukien käyttö yleistyy, koska alumiinisen holvituen etuna on suuri kuormituskapasiteetti ja keveys verrattuna teräksiseen tukeen. Holvitukien kanssa muotti voidaan purkaa, niin että tuet jäävät paikalleen tukemaan holvia, kunnes holvin betoni on saavuttanut tarvittavan lujuuden. Tukia voidaan pituus-suunnassa säätää portaattomasti 1-5 metriä. Holvitukien asentamisessa käytetään apuna kolmijalkoja, jotka toimivat asennustukina ja pitävät itse holvituen pystyssä. Tukitornit ovat taas koottavia teräs- tai alumiinirakenteisia koostuvia torneja, joiden rakenteeseen kuuluu kehät, vinositeet, haarukkapäät ja säätöjalat. Ne ovat yleensä neljä- tai kuusijalkaisia torneja, ja niitä käytetään, kun tuentakorkeus on yli 6,5 metriä tai jos tuettavalle rakenteelle halutaan riittävä vakavuus. (Suomen Betoniyhdistys 2018, 243.)

2.3.2 Raudoitus

Raudoitus on tärkeä osa teräsbetonin rakennetta. Raudoitus antaa rakenteelle tärkeän veto- ja taivutuskestävyyden, jota betoni kestää huonosti. Raudoitukset siis yleensä asennetaan rakenteeseen sellaisiin kohtiin, joissa esiintyy veto- ja taivutusrasitusta. Betoni taas antaa teräsbetonille hyvän puristuskestävyyden. Betoni suojaa myös raudoitusta korroosiolta, sekä hidastaa raudoituksen lämpenemistä ja pehmenemistä tulipalotilanteessa. Teräsbetonin toimivuus vaatii-kin teräksen ja betonin yhteistyötä, niin että muodonmuutokset ja jännitykset siirtyvät raudoituksen ja betonin välisen kontaktin eli tartunnan vaikutuksesta betonista raudoitukselle ja päinvastoin. Raudoituksen ja betonin yhteistoiminnan

edut ovat vaikuttaneet siihen, että raudoittamattoman betonin käyttö rakenteissa on vähentynyt, ja teräsbetonirakenteiden käyttö yleistynyt. Kun nykyaikaisilla muottimenetelmillä päästään nopeaan muottikiertoon, on se vaikuttanut myös raudoitusten tuotannon kehittämiseen, jolloin markkinoille on tullut erilaisia raudoitusmenetelmiä vastaamaan nykyajan toteutusta. (Suomen Betoniyhdistys 2018, 263.)

Paikallavalurakentamisessa raudoitus tehdään yleensä vieläkin irtotangoilla, jolloin pyritään teräsmäärän minimointiin, toisin sanoen suunnitelmista ja laskuista saatu teräsmäärä pyritään toteuttamaan rakenteessa mahdollisimman tarkasti. Raudoituksen tuotannollisen kehityksen myötä on markkinoille tullut teollisesti valmistettuja raudoitekomponentteja, esimerkiksi mattoraudoite. (Syrjinen ym. n.d. 696.)

Kun kohteessa käytetään raudoitekomponentteja, ei ole järkevää enää pyrkiä mahdollisimman pieneen teräsmäärän menekkiin, koska silloin erilaisten raudoitetyyppien määrä nousee liian suureksi ja sarjapituudet lyhenevät, silloin valmistuksen edut menetetään, joka nostaa taas raudoitteiden hintaa. Kun on paljon erilaisia raudoitetyyppejä, jo pelkkä varastoiminen vaatii paljon tilaa ja työnteko hankaloituu. Joten kun kohteen raudoitus suunnitellaan toteutettavaksi teollisilla raudoitteilla, pitää suunnittelussa pyrkiä teräsmäärän minimoimisesta raudoitustyön sujuvuuteen. Tämä tarkoittaa sitä, että kohteeseen suunnitellaan mahdollisimman vähän erilaisia raudoitetyyppejä ja sarjapituudet ovat mahdollisimman pitkiä. Näillä keinoilla raudoitteiden valmistus tehostuu, sekä niiden käyttö helpottuu. Teräsmäärässä tapahtuva kasvu verrattuna irtotangoilla raudoittamiseen kompensoituu edullisella hinnalla ja raudoitustyön nopeutumisen merkittävästi. Tällöin teollinen valmistus on todella nimensä mukaista ja siitä hyötyvät sekä tilaaja että toimittaja. Raudoitekomponentteja suunniteltaessa täytyy myös ottaa huomioon logistiikan vaikutus raudoitteisiin. Raudoitekomponentit kannattaa korkeus ja leveys mittojen kannalta suunnitella niin, että niitä voidaan kuljettaa normaalien kuljetuskalustojen avulla, joiden maksimi leveys on 2,50 metriä ja korkeus 4,40 metriä. Jos raudoitekomponentit suunnitellaan yli 2,50 metriä leveiksi tai yli 4,40 metriä korkeiksi, joudutaan käyttämään leveän kuljetuskalustoa, joka on huomattavasti kalliimpaa kuin normaali kuljetus. Myös raudoittei-

den paino kannattaa suunnitella alle 70 kilogrammaan, jotta kaksi henkilö pysyy asentamaan ne vaivattomasti paikoilleen, tämä helpottaa työmaalla raudoitteiden käsittelyä. (Syrjynen ym. n.d. 696.)

Teollisen raudoituksen hinnasta noin puolet on materiaalikustannuksia ja loput erilaisia työvaiheista johtuvia kustannuksia valvonta mukaan lukien. Eniten hintaan vaikuttaa sarjapituus. Kutakin raudoitetyyppiä olisi suositeltavaa olla vähintään muutamia kymmeniä kappaleita, jotta kustannukset olisivat järkeviä. Muutamien kappaleiden sarjoja ei siis kannata teollisesti valmistaa, koska koneiden asennustyön osuus nousee liian suureksi valmistettavaa raudoite kiloa kohti. Suunnittelussa pitää siis pyrkiä minimoimaan eri tyyppien määrä, eikä niinkään kilomäärä. (Syrjynen ym. n.d. 691.)

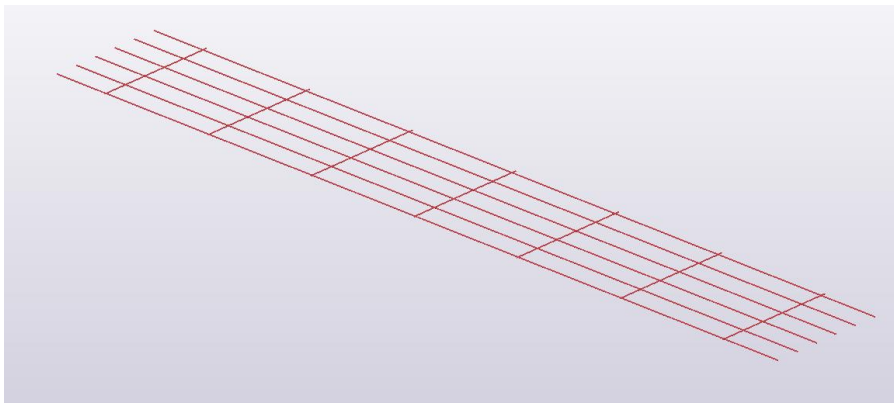
Teollisen raudoituksen ja perinteisen menetelmän suurin ero on raudoitukseen kuluva aika. Esimerkiksi asuinkerrostalokohteessa aika voidaan puolittaa käyttämällä teollisia raudoitteita irtoterästen sijaan. Tällä on merkittävä vaikutus kohteen aikatauluun ja kustannuksiin. Nykyaikaisilla muoteilla päästään nopeaan muottikiertoon, joten myös raudoituksen on sujuttava samassa tahdissa, jotta paikallavalamisen prosessi toimisi. Teollisilla raudoitteilla tämä onnistuu ilman raudoittajien määrän kasvattamista ylisuureksi raudoitettavaan alaan nähden. (Syrjynen ym. n.d. 691.)

Paikallavaluholvin raudoitus kootaan tavallisesti verkoista, kaistaraidoiteista, hakakoreista, tukipukeista ja irtoteräksistä, myös matoraidoiteiden käyttö on nykypäivänä yleistä. Raudoitukseen kuuluu myös raudoitteiden tuentaa helpottavia komponentteja, esimerkiksi erilaisia muovisia välikkeitä. (Syrjynen ym. n.d. 697.)

Verkkoraudoitteet on verkkokoneella hitsattuja raudoitteita. Yleisten varastoverkkolevyjen koko on 2350x5000 mm² ja liitoslujuus FL20, joka tarkoittaa kovettuneessa betonissa 35 % teräksen nimellisestä kestävydestä. Varastoverkot ovat tankodimensioiltaan \varnothing 5, 6, 8, 10 tai 12 mm ja silmäkooltaan joko 150 mm tai 200 mm. Erikoisverkot ovat taas normaalimitoista poikkeavia verkkoraudoitteita. Suurin tanko paksuus on \varnothing 12 mm, mutta pituus voi olla 1000 –

12 000 mm ja leveys 700 – 3500 mm. Erikoisverkkoja työkohteessa käytettäessä täytyy muistaa verkon koon vaikutus käsittelyyn ja kuljetukseen. Verkoilla raudoitetaan yleensä laatan alapinta, ja niiden limitystarve on irtoteräksiä pienempi, koska hitsatut poikittaistangot lisäävät ankkurointikapasiteettia merkittävästi. Tarpeen mukaan verkkoraudoitusta voidaan täydentää irtoteräksillä. (Suomen Betoniyhdistys 2018, 284.)

Kaistaraudoitteita voidaan myös käyttää paikallavaluholvin raudoittamisessa. Kaistaraudoitteet ovat verkkokoneella valmistettuja pitkä ja kapeita raudoitteita. Kaistaraudoitteissa ainoastaan pituussuuntaiset raudoitteet ovat toimivia, ja poikittaissuuntaiset terästangot ovat lähinnä tehtaalla kiinnitettyjä työteräksiä, joiden tehtävänä on pitää kaistaraudoite kasassa. Kaistaraudoitteen pituus valitaan rakenteen pituuden mukaan ja leveys taas käsittelyn, kuljetuksen ja asennuksen kannalta sopivaksi. Kaistaraudoitteita voidaan myös jatkaa limittämällä, jolloin vältytään kerrostumilta. Kaistaraudoitteilla päästään myös korkeisiin asennustehokkuuksiin, jolloin se on kilpailukykyinen vaihtoehto. Kaistaraudoitetta havainnollistava kuva 7 alla. (Suomen Betoniyhdistys 2018, 285.)

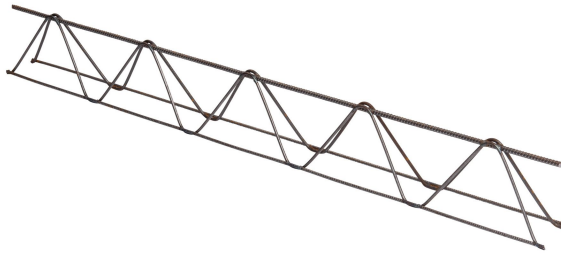


KUVA 7. Kaistaraudoite. (kuva Kivitalo.fi sivuilta)

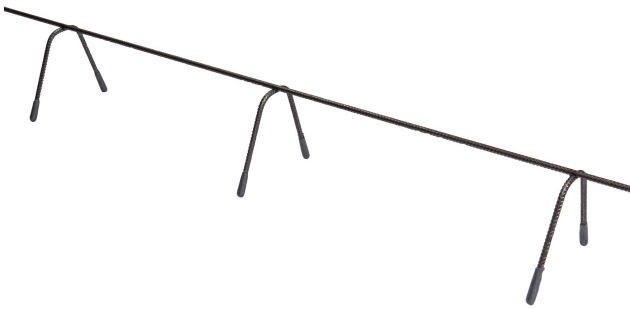
Normaali irtoteräksen varastopituus on 12 metriä ja ohuita $\varnothing 6 - 12$ dimensioita varastoidaan myös 6 metrin kankina. Paksummat $\varnothing 16 - 32$ mm tangot voidaan varastoida yleensä myös vielä pidempinä, kuten esimerkiksi 16 – 18 metrisinä. Irtoteräksiä käytetään paljon pienemmissä muotti raudoituksissa ja lisäksi isojen muottiraudoitusten täydentävänä raudoituksena. Kohteissa, joissa käytetään paljon samanmittaista, ei vakiokokoista irtoterästä, voidaan tilata tehtaalta erik-

seen määrämittatankoja asiakkaan tarpeiden mukaan. Esimerkiksi lyöntipaa-luissa voidaan käyttää määrämittatankoja, koska tarvittavat pituudet tiedetään etukäteen. (Suomen Betoniyhdistys 2018, 283.)

Hakakori on valmiiksi teollisesti hitsattu ja taivutettu komponentti. Teollinen hakakori on mittatarkka ja helppo asentaa paikoilleen. Hakakoreilla voidaan laatan reunojen raudoittamista nopeuttaa merkittävästi ja se voidaan myös suunnitella toimimaan yläpinnan terästen tukena, jolloin yläpinnan terästen tukemiseen käytettyjen tukipukkien tarve vähenee. Tukipukit ovat raudoituksen tuentaa helpottavia komponentteja, sekä ne myös ovat raudoitukseen kuuluvia osia. Tukipukeilla voidaan siis tukea laattojen yläpinnan raudoitusta, ja teollisesti tuotettuja yleisiä tukipukkikomponentteja on kahdenlaisia. Raudoituksen yläpinnan tukemiseen käytetään joko, alapinnan raudoitukseen tukeutuvaa tukiansasta tai sitten muotin päällä seisovaa pukkia, jonka jalat on muovitettu suojabetonikerroksen paksuusvaatimuksen verran ylöspäin. Etenkin muottiin tukeutuva pukkanä osoittautunut käyttökelpoiseksi, koska se on aina oikeassa korkeudessa riippumatta alapinnan raudoitteiden korkeus asemasta, ja se on myös nopea asentaa, koska sitä ei tarvitse sitoa kiinni alapinnan raudoitteisiin. Tukipukin muoviset jalat ovat myös toimivia, antaen raudoitukselle korroosiosuojaa ja muovijalkojen ansiosta muottipinta ei rikkoudu. Erilaisia raudoituksen tuentaan käytettäviä komponentteja on myös esimerkiksi alapinnan raudoituksen muovisia välikkeitä. Muovisia välikkeitä käytetään niin, että ne nostavat alapinnan raudoitusta, jolloin raudoitus saa tarvittavan betonipeitteen alapintaan. Tukipukkeja havainnollistetaan kuvalla 8, jossa on esitetty kuvalla alapinnan raudoitukseen tukeutuva raudoituspukki, sekä kuvalla 9, jossa on muovisilla jaloilla muotin päällä seisova raudoituspukki, sekä vielä kuvassa 10 on esitetty muovinen holvivälike alapinnan raudoitukseen. (Suomen Betoniyhdistys 2018, 284-288.)



KUVA 8. Alapinnan raudoitukseen tukeutuva raudoituspuikki. (kuva shop-fi.gcelsa.com)



KUVA 9. Muovisilla jaloilla muotin päällä seisova raudoituspuikki. (kuva shop-fi.gcelsa.com)



KUVA 10. Alapinnan raudoituksen muovinen holvivälike. (kuva shop-fi.gcelsa.com)

Paikallavaletussa kerrostalossa isoin osa raudoituksesta tapahtuu yleensä rakennuksen välipohjassa. Mattorautoite on ollut tehokas raudoitustapa välipohjien raudoitukseen. Mattorautoitteessa laatan raudoitustangot hitsataan tehtaalla automaattikoneella noin 1,5 metrin jaolla oleviin ohuisiin kapeisiin teräsnauhoihin ja paketoidaan rullalle. Mattorautoitteen betoniterästen välit ja sijainnit voidaan räätälöidä tarkasti kohteen raudoitussuunnitelmien mukaan, mutta enimmäispaino yhdellä mattorautoitteella on 1,5 tonnia. Myös holvin muodot ja mahdolliset aukot huomioidaan mattorautoituksen valmistuksessa, jotta työmaalla tehtävä työ olisi mahdollisimman pientä. Asennus tapahtuu niin, että kohteessa mattorautoiterulla nostetaan holvin reunalle ja rullataan auki raudoitusvälikkeiden tai tuentapukkien päälle oikeaan kohtaan. Rullaus tapahtuu yleensä jalkavoimin, joten se säästää työntekijöiden kuormitusta huomattavasti, koska ei tarvitse kyyristyä ja käyttää käsiä jatkuvasti. Yhden maton asennus kestää noin 10 minuuttia, riippuen sen muodoista, koosta ja muista ominaisuuksista, ja kolmen henkilön työryhmällä asentaa mattorautoitteita noin 20-30 tonnia päivässä. Mattorautoitteita ei tarvitse sitoa, joten sekin nopeuttaa työvaihetta. Asennusta helpottaa myös se että, raudoitussuunnittelija suunnittelee selkeät raudoitekuvat, joista näkee kaikkien mattorautoitteiden paikat holvilla, näin ne kohteessa on nopea asentaa ja tällöin päästään nopeaan muottikiertoon. Bamtec- mattorautoitteen asennusta havainnollistava kuva 11 alla (celsa-steelservice.fi. Bamtec- mattorautoite. luettu 10.2.2020.)



KUVA 11. Bamtec- mattorautoitteen asennusta. (kuva celsa-steelservice.fi)

2.3.3 Betonityöt

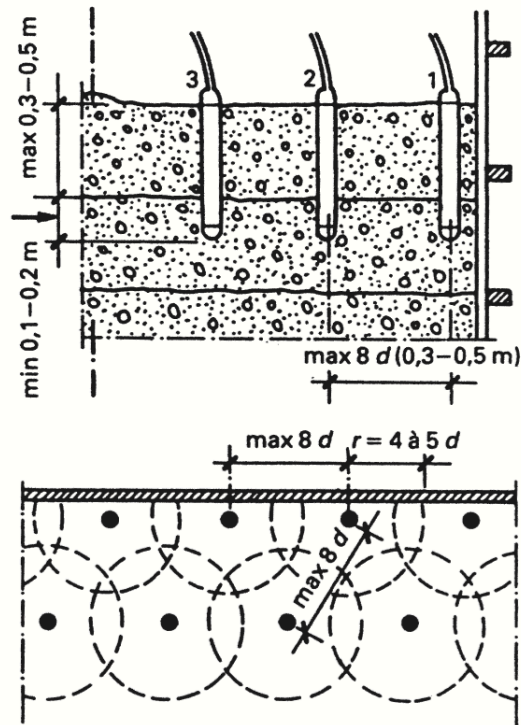
Betonitöihin ryhdyttäessä pitää ensiksi valita kohteessa käytettävä betoni. Betonimassaa valittaessa on betonin ominaisuuksilla suuri merkitys betonityön onnistumisen kannalta. Olennaista betonin valinnassa on myös kokonaiskustannusten tarkastelu. Kokonaiskustannusten kannalta tarkasteltaessa otetaan betonikustannusten lisäksi huomioon kaikki muut betonointiin liittyvät kustannukset. Betonin valintaan vaikuttavat rakennesuunnittelijan lisäksi, työmaa sekä betonin valmistaja. Yhteistyöllä valitaan oikeanlaatuinen, sekä vaatimukset täyttävä betoni. Rakennesuunnittelija määrittelee suunnitelmissaan kovettuneet betonin vaadittavat ominaisuudet, joita ovat: betonin lujuusluokka, rakenteen rasitusluokka ja käyttöikä, betonipeitepaksuudet ja sallitut mittapoikkeamat, erityisvaatimukset, muotipurkulujuus, jänneterästen jännittämislujuus, toleranssit, pintaluokat ja pinnoille asetetut erityisvaatimukset. Tuoreen betonimassan vaadittavia ominaisuuksia työmaalla määrittelee yleensä työmaahenkilöstö. Jotta betoni on helppo valaa kohteeseen, täytyy sen työstettävyysominaisuudet olla hyvät. Työmaa määrittelee muun muassa betonin notkeus vaatimuksen, joka vaikuttaa siihen, miten betonia voidaan esimerkiksi pumpata letkuilla kohteeseen. Myös maksimiraekoon valinta kuuluu yleensä työmaalle. Maksimiraekoko vaikuttaa myös betonin pumppaukseen, sekä siihen, että liian iso rakeinen betoni ei välttämättä täytä sujuvasti muotin raudoitusten välejä. Massan lämpötila määrittellään myös, talviolosuhteet vaativat yleensä massan lämmitystä, jotta betonin lämpötila ei laskisi liikaa, joka aiheuttaisi betonin lujuudenkehityksen vajetta. Työmaa määrittelee myös mahdollisten lisäaineiden käytön betonissa. Näiden kaikkien ominaisuuksien valintaan vaikuttaa betonointikohde, betonointimenetelmä ja olosuhteet. Betonimassan valinnassa yleisperiaate on, että massaksi valitaan mahdollisimman jäykkä, ja suuri raekokoinen betoni, mitä kohteessa voidaan työstää ongelmitta. Edellä mainitulla valintaperiaatteella pyritään vähentämään betonin kuivumiskutistumaa ja halkeiluriskiä sekä myös sementti-liiman erottumisriskiä, joita syntyy helposti, jos massa on vetelää. Betonin massan valinnassa tulee myös ottaa huomioon sen sopivuus tuotantoon ja tuotantorytmiin sekä vallitseviin ulkoisiin olosuhteisiin. Massa vaikuttaa myös paikallavaluholvin muottikalustoon, betonointi- ja siirtomenetelmiin, aikatauluihin, betonin lämpökäsittelyyn, valupintojen laatuvaatimukseen sekä pintojen käsittelyyn. (Suomen Betoniyhdistys 2018, 309-310.)

Paikallavaluholvin rakenne on yleensä helppo valaa betonilla. Tavoite holvivaluissa on valaa rakenne kerralla valmiiksi ilman jälkivaluja. Useimmiten betoniksi holvien valuihin valitaan raekooltaan 32 mm kiviainesta ja notkeusluokaksi valitaan S3, jossa painuma on 100-150 mm. Jos holvi on tiheästi raudoitettu, niin saatetaan käyttää notkeampaa S4 tai S5 notkeusluokan massaa tai itsestivistyvää betonia sekä pienempää raekokoa, esimerkiksi 16 mm. Itsetiivistyvä betoni myös nopeuttaa valun ja pintojen viimeistelyä. (Suomen Betoniyhdistys 2018, 312.)

Betoni pyritään valamaan muottiin siten, että se pysyy tasalaatuisena, täyttää muotin tasaisesti ja halutun paksuisena kerroksena, sekä liittyy saumattomasti jo muotissa ennestään olevaan tuoreeseen betoniin. Valussa noudatetaan betonointisuunnitelmassa määrättyjä valu nopeuksia ja massan pudotuskorkeutta, joka betoniholvia valettaessa on 1-1,5 metriä muotista. Jos pudotuskorkeus on suurempi kuin 1,5 metriä, niin valuissa voidaan käyttää valusuppiloita tai valusukkia. Valutyö suoritetaan yleensä 0,3-0,5 metrin kerroksina, ja siihen vaikuttaa massan notkeus, raudoitus sekä betonille asetetut vaatimukset. Betoni tulee valaa suoraan lopulliselle paikalleen, massan siirtämistä tulee välttää, koska se lisää massan erottumista, eli hienoaines leviää sivulle ja karkea kiviaines jää paikoilleen, ja tämä heikentää betonia. (Suomen Betoniyhdistys 2018, 332-334.)

Kun betonia valetaan, sitä pitää samalla myös tiivistää, jotta sen ominaisuudet toimisivat kunnolla. Betonin tiivistämisellä pyritään saamaan betoni täyttämään muotit ja ympäröimään raudoitus kauttaaltaan. Tiivistämisellä myös poistetaan massasta ylimääräinen ilma ja saadaan betonin kiviaineksen osaset hakeutumaan lähemmäksi toisiaan. Tiivistäminen toimii niin, että sauvatäryttimellä tärytetään betonimassaan, jolloin se saadaan värähdysliikkeeseen, jonka vaikutuksesta massan sisäinen kitka pienenee ja massa muuttuu juoksevammaksi ja tiivistyy painovoiman vaikutuksesta. Samalla myös massasta poistuu suuria ilmahuokosia. Betonimassa on tiivistynyt tarpeeksi, kun massan pinta alkaa tärytetyssä kohdassa kostua ja ilmakuplien nousu pintaan loppua. Massan notkeudesta, raudoituksesta, sauvan tehosta sekä rakenteen muodoista ja mitoista riippuen sopiva tiivistysaika yhdessä kohdassa on noin 5-20 sekuntia. Liiallinen

tiivistäminen johtaa siihen, että massa voi erottua, ja se vaikuttaa betonin lujuuden kehitykseen heikentävästi. Jos betonia ei taas tiivistä ollenkaan, niin se aiheuttaa betonissa: suurta huokoisuutta, alentunutta lujuutta ja tiheyttä, betoniin jää onteloita ja kivipesiä, betonissa on huono tiiviys ja säänkestävyys, betoniin tulee huokoinen ja epätasainen pinta, heikentynyt tartunta betonin ja terästen välillä sekä huono tartunta työsaumoissa. Kuvassa 12 havainnollistetaan sauva-täryttimen käyttöä. (Suomen Betoniyhdistys 2018, 335-336.)



KUVA 12. Betonin järjestelmällinen tiivistys. (kuva paikallavalurungon toteutus pdf)

2.3.4 LVIS-työt

Talotekniikan määrä asuinkerrostalojen välipohjissa on lisääntynyt LVIS-järjestelmien kehittymisen myötä. Paikallavaluholvi mahdollistaa suunnittelu- ja muuntojoustavuuden LVIS-asennuksissa. Kun putkistot ja laitteet voidaan sijoittaa vapaasti parhaalla mahdollisella tavalla välipohjaan, se on kustannustehokasta ja antaa mahdollisuuden luoville ratkaisuille asuntojen suunnittelussa. Paikallavaluholvi luo myös asumisviihtyvyyttä, koska se on ääniteknisesti toimiva rakenne, jolloin välipohjan läpi ei kantaudu ääniä. Myös tulevaisuudessa tehtävät huollot ja peruskorjaukset LVIS-järjestelmiin ovat helppoja, koska johdotukset ja putkitukset asennetaan alapohjaan yleensä suoja-putkissa. LVIS-

johdotukset ja putkitukset asennetaan paikallavaluholviin yleensä holvin alapinnan raudoituksen jälkeen ja ennen yläpinnan raudoitusta. Tämä tarkoittaa sitä, että LVIS-työvaiheet pitää tehdä nopeasti, jotta pysyttäisiin vaaditussa muotikierrossa. Asennustöitä voidaan nopeuttaa muun muassa erilaisilla asennustyötä helpottavilla ja nopeuttavilla valmiiksi kootuilla komponenteilla, mutta myös suunnittelijoiden ja aliurakoitsijoiden välinen tiivis yhteistyö on tärkeä muistaa. (Syrjynen ym. n.d. 698.)

Asuinrakennuksessa käytettävä talotekniikka kulkee korkeussuunnassa yleensä nousukuilun avulla paikallavaluholvissa. Holvilla nousukuilun avattavuus tulisi rakentaa aina yhteisien tilojen puolelle, esimerkiksi porrashuoneisiin. Kun nousukuilu on sijoitettu porrashuoneisiin, ei menetetä asuntojen muunneltavuutta. Myös mahdollisten korjausten ja huoltojen tekeminen talotekniikkaan helpottuu, kun ei tarvitse operoida huoneistojen puolella. Kun talotekniikka tulee holville vain yhden välipohja lävistyksen kautta, myös äänieristys on silloin parempi välipohjassa. Nousukuilusta huoneistoissa tarvittavat käyttövesi- ja lämpöjohtoputkitus sekä sähköt voidaan tuoda vaakavedoin huoneistoihin. (Syrjynen ym. n.d. 698-699.)

Paikallavaluholvi on edukseen etenkin talojen märkätiloja suunniteltaessa ja rakennettaessa. Märkätiloihin sijoitettavat viemärit ja niiden haaroitukset ovat vapaasti sijoitettavissa välipohjarakenteen sisään. Niiden sijoittelua eivät rajoita mitkään tietyt ennalta vaaditut sijoituspaikat ja se mahdollistaakin märkätilojen monimuotoisuuden. Paikallavaluholveissa vesijohtotekniikka suoritetaan niin, että porraskohtaisesta vesijohtolinjasta vesi johdetaan vaakavedoin kerroksen jokaiseen asuntoon. Vesiputkistoa ei suoraan vedetä asuntoon, vaan asuntokohtaisiin jakokaappeihin, jotka voivat sijaita asunnossa tai porrashuoneessa. Jakokaapista lähtee sitten suojaputkissa olevat muoviset vesijohdot kullekin asunnon vedenkäyttöpisteelle. Kun muoviputket ovat suojaputken sisällä, vaurion tapahtuessa tai peruskorjauksen yhteydessä ne on helppo vaihtaa uusiin. Suojaputki on myös yhtenäinen jakokaapista päättöpisteelle asti, joten ne ovat vesivuotojen suhteen erittäin varmoja. Jakokaappeihin voidaan myös asentaa vuotohälytin, jolloin mahdolliset vuodot huomataan heti. Jakokaappeihin voidaan myös asentaa erilaisia mittausjärjestelmiä, joilla voidaan esimerkiksi käyttöveden määrää tai lämpötiloja tarkastella. Mittalaitteet ovat myös nykyään

usein kaukoluettavia, jolloin tiedot saadaan suoraan esimerkiksi huoltoyhtiön tietokoneelle. Paikallavaluholveissa lämmityksen toteuttaminen on mahdollista tehdä kerroksittain hajautetuilla putkiasennuksilla, jolloin esimerkiksi ulkoseinillä olevia pystylinjoja ei tarvita. Lämmönjakelu kerroksessa voidaan toteuttaa samalla tavalla kuin vedenjakelu, eli nousukuiluista vaakavedoin huoneistoihin. Lämmönluovutuksessa on yleisesti kaksi perinteistä vaihtoehtoa, patterilämmitys tai lattialämmitys. Patterilämmityksessä putket asennetaan suojaputkessa välipohjan valuun ja lattialämmityksessä käytettävät muoviputket sijoitetaan pintavalukerrokseen. Sähkötekniikan asennuksessa toimitaan lähes samalla tavalla kuin vesi- ja lämpöputkistojen asennuksessa. Sähköjohdotukset putkitaan ja nousukuilujen sijaan nousujohdot voidaan asentaa massiivivaluseiniin. Vaakavedot taas voidaan asentaa pääasiassa välipohjiin, niin kuin vesi- ja lämpöjohdot tai sitten väliseiniin. LVIS- tekniikasta ilmanvaihto on ainoa, jota ei paikallavalurakentamisessa sijoiteta välipohjarakenteeseen. Ilmanvaihto sijoitetaan yleensä huoneistojen kattoon ja taas kohteeseen valittava ilmanvaihtojärjestelmä vaikuttaa eniten siihen, miten ilmanvaihdon pystykanavat sijoitetaan. (Syrjynen ym. n.d. 699-700; RT 82-10814 Paikallavaletut betonirunkorakenteet, 2004, Talotekniikka, 13-14.)

2.3.5 Jälkihoito

Betonin jälkihoidolla on tärkeä merkitys betonin lujuudenkehityksen sekä muiden, betonilta vaadittujen ominaisuuksien saavuttamiseksi. Jälkihoidolla pyritään myös estämään betonin pinnan liian nopea kuivuminen ja halkeilu. Betonirakenne, sen koko ja muoto sekä siinä käytetty betoni, määräävät käytettävät jälkihoitomenetelmät. Myös kohteen ympäristössä vallitsevilla olosuhteilla on suuri merkitys käytettäviin jälkihoitomenetelmiin, esimerkiksi jos on pakkasta, niin betonin ominaisuuksien saavuttamiseksi, se vaatii muotin lämmitystä. Hyvin jälkihoidettu betonirakenne omaa paremmat kovettuneen betonin ominaisuudet, kuten kulutuksenkestävyys sekä tiiveys, verrattuna huonosti tai ei ollenkaan jälkihoidettuun betonirakenteeseen. Halkeilun minimoimiseksi betonin jälkihoito on syytä aloittaa heti betonimassan levityksen jälkeen. Lyhin jälkihoitoaika on yleensä kolme vuorokautta, mutta jos betoni altistuu pakkas-, kulutus- tai kemiallisen rasituksen alaiseksi, on jälkihoitoajan pituus vähintään seitsemän vuorokautta. Seuraavissa kappaleissa tarkastellaan yleisimpiä jälkihoitomenetelmiä betonille. (Syrjynen ym. n.d. 704-705.)

Yleisesti käytetty betonin jälkihoidon toimenpide on betonipinnan kastelu. Betonin kovettumiseen vaatima kosteus saavutetaan betonipinnan jatkuvalla kastelulla. Kastelu voidaan aloittaa vasta, kun vesi ei enää huuhto sementtiä ja hie-noainesta pois pinnasta, joten kastelulla ei pysty estämään plastista kutistushalkeamaa. Talviolosuhteissa ei voi myöskään käyttää kastelua, koska pakkasilla viileä vesi jäähdyttää betonipintaa, ja voi synnyttää halkeilua aiheuttavia lämpötilaeroja. Myös jos betonoinnissa on käytetty normaalibetonia nopeammin kuivuvaa betonia ja halutaan aikainen betonipinnan pinnoittaminen, niin vesikastelua ei voida käyttää. (Syrjynen ym. n.d. 705.)

Toinen yleinen betonin jälkihoitotoimenpide on betonipinnan peittäminen betonin valamisen jälkeen. Huolellisesti tehtynä peittäminen on toimiva jälkihoitomenetelmä. Betonipinnan lisäkastelua ei tarvitse tehdä, koska betonista haihtuva kosteus tiivistyy peitteenä toimivan muovin ja betonipinnan väliin. Pinnan peittäminen on tehtävä mahdollisimman nopeasti ja huolellisesti valamisen jälkeen, jotta tuuli ei pääsisi muovipeitteen alle. Muovipeitteen saumakohtiin ja valualueiden nurkkiin on kiinnitettävä huomiota peittämisessä, jotta saavutettaisiin paras mahdollinen tulos. Peittämisellä voidaan estää plastisten kutistumishalkeamien muodostuminen, jos peittäminen tehdään heti valun jälkeen, tai mahdollisesti jo valun aikana. Yleensä ei kuitenkaan peittämistä voida heti tehdä, koska betonipinnat vaativat vielä toimenpiteitä, jolloin peittäminen tapahtuu vasta niin myöhään, että halkeamat ovat jo ehtineet muodostua. Tällöin jälkihoito aloitetaan esijälkihoitoainetta käyttäen. Muovikalvo suojaa betonipintaa sateelta, kun betonipinnalle ei kerry vesikerrosta, kuivuminen pinnoituskosteuteen tapahtuu nopeammin. Jatkosterästen ja läpivientien määrä hankaloittaa muovikalvon asentamista, niin että se suojaisi parhaimmalla mahdollisella tavalla. (Syrjynen, ym. n.d. 705.)

Betonin jälkihoitoon kehitettyjen jälkihoitoaineiden käyttö on myös tehokas jälkihoitotoimenpide. Nestemäisesti ruiskutettavat jälkihoitoaineet muodostavat betonin pinnalle kosteudelta läpäisemättömän kalvon. Jälkihoitoaineilla voidaan estää plastinen kutistumishalkeilu, koska niin sanottua esijälkihoitoainetta, voidaan käyttää jo betonin tiivistyksen ja linjaroinnin yhteydessä, ja sitten jatkaa

varsinaisella jälkihoitoaineella heti pinnan hierron jälkeen. Betonikohteeseen jälkihoitoaineita valittaessa, on syytä varmistaa valmistajalta tai myyjältä tuotteen ominaisuudet, koska aineiden tehokkuuksissa on melkoisia eroja, ja toiset aineet soveltuvat tietyille betoneille. Jälkihoitotoimenpiteitä voidaan myös yhdistellä niin, että esimerkiksi valun jälkeinen kosteuden haihtuminen voidaan estää heti ruiskutettavan jälkihoitoaineella, ja sitten se voidaan varmistaa vielä muovipeitolla ja tehokkailla betonin pintaan telattavilla jälkihoitoaineilla. Jälkihoitoaineita on myös itsestään haihtuvia ja mekaanisesti poistettavia, joten on tärkeää myös miettiä, jos kohteen betonipinta käsitellään myöhemmin esimerkiksi maalaamalla, niin silloin on hyvä käyttää itsestään haihtuvia jälkihoitoaineita, jolloin säästytään ylimääräiseltä työltä. Yleensä parhaat jälkihoitoaineet haihtuvat muutamassa viikossa, ja ne voi tätä aikaisemmin harjata pinnalta pois. Jälkihoitoaineet ovat myös yleensä värittömiä, jolloin jos pintaa ei tarvitse myöhemmin käsitellä, voidaan käyttää myös haihtumattomia aineita. Alla olevassa kuvassa vielä havainnollistettu jälkihoitoaineen levittäminen heti betonivalun yhteydessä. Alla olevassa kuvassa 13 jälkihoidon levittämistä havainnollistava kuva. (Syrjynen ym. n.d. luettu 13.2.2020, 705-706.)



KUVA 13. Betonin jälkihoitoaineen levittäminen heti valamisen jälkeen. (kuva muottikolmio.fi)

2.4 Olosuhteiden merkitys

Rakentamisen aikana vallitsevien olosuhteiden huomioon ottamisella on suuri merkitys rakenteen onnistumisen kannalta. Epäedulliset olosuhteet betonirakenteiden rakentamiseen ovat lähes aina läsnä Suomen ilmastossa. (Rudus, n.d. olosuhteiden hallinta pdf.) Huonoimmassa tapauksessa olosuhteita ei oteta huomioon, jolloin rakenne pääsee kastumaan tai jäätymään, ja se aiheuttaa kuivumisajan pitkittymistä ja tätä kautta koko rakennusprojektiin. Jos olosuhteiden merkitystä ei oteta huomioon, voi sillä olla kallis vaikutus lopputulokseen, rahaa palaa vahinkojen korjaamiseen ja työt seisovat. Syksyllä ja keväällä betonoitaessa täytyy erityishuomiota kiinnittää kosteuden hallintaan. Talvella taas korostuu talvibetonoinnin haasteet, joihin pitää varautua.

2.4.1 Talvibetonointi

Talvella ilman lämpötilan laskiessa, betonissa veden ja sementin reaktio hidastuu, jolloin myös betonin lujuudenkehitys hidastuu. Jäätymis- ja muotinpurkujuuden saavuttaminen siirtyy myöhemmäksi, joka vaikuttaa taas negatiivisesti koko hankkeen aikatauluun. Tämän ehkäisemiseksi täytyy talvikauden aikana betonoinnissa käyttää erikoistoimia, jotta varmistetaan riittävän nopea lujuudenkehitys ja laadukkaan lopputuloksen varmistamiseksi. Kylmyyden lisäksi talvella on varauduttava erilaisin keinoin tuuleen sekä vesi- ja lumisateisiin. (Suomen Betoniyhdistys 2018, 491.)

Talvibetonikausi luokitellaan Suomessa alkaneeksi, kun keskilämpötila laskee vuorokauden kuluessa alle + 5 lämpöasteeseen. Kun ilman lämpötila laskee alle + 5 lämpöasteeseen, alkaa betonin kovettumisreaktio olla jo varsin hidasta, sekä mahdolliset yöpakkaset saattavat aiheuttaa jäätymisvaurioita vastavalettuihin rakenteisiin. Talvibetonikauden kesto on yleensä Etelä-Suomessa noin seitsemän kuukautta ja Pohjois-Suomessa jopa yhdeksän kuukautta. Etelä-Suomessa talvikuukaudet ovat yleensä lokakuusta huhtikuuhun. Koko Suomessa on siis lähes 2/3 vuotta kylmä sää, jolloin betonirunkoja tehdessä voidaan harvoin jättää huomioimatta talven vaikutus rakentamiseen. Talvella kylmän ilman lisäksi, myös tuuli ja vesi- tai lumisateet hidastuttavat rakentamista. Lumi ja räntä täytyy aina poistaa muotilta, jolloin se aiheuttaa lisätöitä. Rakenne kantaa siis aina suojata mahdollisimman hyvin, jotta vettä, räntää, tai lunta ei pääsisi rakenteeseen. Tuuli taas edistää kosteuden haihtumista sekä lisää lämmön

siirtymistä talvioloissa. Kova tuuli voi myös haitata esimerkiksi nosturin tai betonipumppuauton käyttöä. (Suomen Betoniyhdistys 2018, 492.)

Talvibetonointiin varaudutaan hyvällä ennakkosuunnittelulla. Jo yleissuunnitteluvaiheessa tarkastellaan betonivalun aikaisia sääolosuhteita pitkän ajan säätilastoista, jotka antavat karkean kuvan vuodenajan sääolosuhteista. Kun tehdään rakennekohtaista tarkempaa betonointisuunnitelmaa ja päätettäessä varsinaisesta valuajankohdasta, tarkastellaan ajankohtaisimmat sääolosuhteet eri tiedotusvälineistä. Nykyään paikkakohtaiset sääennusteet ovat jo hyvinkin tarkkoja, ja ne hyödyttävät oikean ajan valitsemista. Myös paikallisista sade-ennusteista on hyötyä, kun mietitään, tarvitseeko raudoitusta ja muottia suojata, sekä myös tuuliennusteista, kun mietitään muottien nostoja. (Suomen Betoniyhdistys 2018, 493.)

Betonin lujuudenkehitystä kylmissä olosuhteissa seurataan kolmella tärkeällä lujuuden tarkistushetkellä, joita ovat: jäätymislujuuden saavuttaminen, muotinpurkulujuuden saavuttaminen ja nimellislujuuden saavuttaminen. Betonin jäätymislujuus on kaikilla lujuusluokilla 5 MN/m^2 . Betoni sisältää aina vettä, ja jotta kestää sen sisällä olevan veden jäätymisestä aiheutuvat sisäiset rasitukset rikoitumatta, täytyy sen lujuus olla vähintään 5 MN/m^2 . Kun betoni on saavuttanut tämän lujuuden, se kestää jäätyksen, ilman että syntyy lujuuskatoa. Muotinpurkulujuudessa, betonin lujuus on jo sillä tasolla, että voidaan kantavien rakenteiden muottien osat ja niiden tukirakenteet purkaa, ilman että tulee vaurioita tai muodonmuutoksia rakenteisiin. Muotinpurkulujuuden suuruuteen vaikuttaa rakenteen toimintatapa ja nimellislujuus, muottien tukemistapa, rakennetta muottien purkamishetkellä ja sen jälkeen rasittava kuormituksen suhde ominaiskuormaan sekä työn suorituksen etenemisen aiheuttamat erityisvaatimukset. Yleinen ohje on, että vaakarakenteisissa rakenteissa purkulujuus on vähintään 60% nimellislujuudesta, ellei piirustuksissa ole muuta mainittu. Nimellislujuus on se lujuus, joka betonille on määritelty ja joka sen täytyy saavuttaa, jotta rakenne toimii oikein. (Suomen Betoniyhdistys 2018, 495-496.)

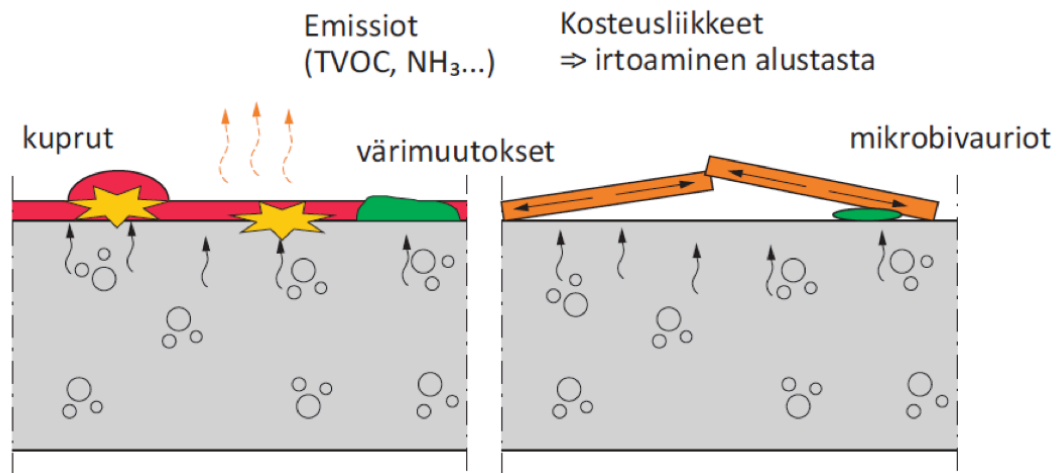
Talvibetonoinnissa käytetään betonina yleensä nopeasti kovettuvaa betonia tai kuumabetonia. Myös betonin lujuusluokkaa nostamalla saadaan sideainemäärää lisättyä, jolloin lujuudenkehitys nopeutuu. Myös pakkasbetonia käytetään

talvella, mutta lähinnä vain saumabetonoinnissa. Kun betonoitavassa kohteessa on toimiva lämmitys ja suojaus, sekä ei ole kovia pakkasia, voidaan käyttää normaalisti kovettuvaa betonia eli perusbetonia, ilman mitään erikoisominaisuuksia. Jos taas on kylmempi ilma ja halutaan betonin saavuttavan mahdollisimman lyhyessä ajassa lujutensa, voidaan käyttää nopeasti kovettuvia betoneja. Nopeasti kovettuva betoni voi saavuttaa nimellislujuutensa jo seitsemän vuorokauden kuluessa, jos lämpötila betonissa on + 20 lämpöastetta. Kovettuessaan ne kehittävät runsaasti lämpöä, mikä nostaa vastabetonoidun rakenteen lämpötilaa, jolloin riittävän korkea lämpötila nopeuttaa betonin lujoudenkehitystä, sekä muotipurkulujuuden saavuttamista. Kuumabetoni taas eroaa nopeasti kovettuvasta betonista niin, että jo valmisbetoniasemalla on betonia lämmitetty huomattavasti kuumemmaksi normaalin betoniin nähden, jolloin lujoudenkehitys nopeutuu ja työmaalla kuumabetonin lämmitystarve on pienempi. Kuumabetonin käytöllä voidaan korvata lähes täysin työmaan lämmitystarve. Kuumabetonilla käyttökohteessa betonin lämpötila nousee + 30-40 lämpöasteeseen, kun esimerkiksi normaalilla betonilla se on + 20 lämpöastetta. lämpötila kuumabetonissa on myös heti maksimissaan, joka kiihdyttää betonissa olevan veden ja sementin reaktiota, ja se saa aikaan erittäin nopean lujoudenkehityksen. Paras hyöty kuumabetonista saadaan, kun se valetaan ripeästi lämpöeristettyynmuottiin, ja suojataan heti lämpöpeitteellä päältä sekä reuna-alueilta. Kuumabetonin käyttö on edullisinta nopeissa 1-2 vuorokauden muottikiirroissa. Huonoja puolia kuumabetonissa on sen nopea jäykistyminen korkean lämpötilansa takia. Tämä tarkoittaa sitä, että kuumabetonissa on lyhyt työstettävyytsaika. Pakkasbetonia taas käytetään enimmäkseen elementtien saumavaluissa. Pakkasbetonia ei voida käyttää kohteissa, jossa se altistuu suolarasitukselle tai siltä edellytetään säänkestävyyttä. (Suomen Betoniyhdistys 2018, 500-502.)

2.4.2 Betonirakenteiden kosteuden hallinta

Betonissa on aina itsessään kosteutta. Betonissa oleva kosteus on peräisin betonin valmistamiseen käytetystä vedestä sekä ympäristöstä nestemäisessä tai kaasumaisessa muodossa betoniin siirtynyttä kosteutta. Kosteus ei betonia itseään haittaa, vaan jopa betonista tulee yleensä sitä lujempaa, mitä kosteamassa olosuhteessa sitä säilytetään. Hyvä kosteudensietokyky onkin vaikutta-

nut siihen, että betonia käytetään usein paljon kosteuden ja veden kanssa kosketuksessa olevissa rakenteissa, kuten silloissa, padoissa, perustuksissa ja paaluissa. Betonirakenteiden kosteus aiheuttaakin enemmän vaurioita muille betoniin yhteydessä oleville rakenteille. Esimerkiksi jos betonipinta pinnoitetaan maalilla tai asennetaan parketti betonilattialle liian aikaisin, niin että betoni ei ole ehtinyt kuivua tarpeeksi, se aiheuttaa pahimmassa tapauksessa maalin irtoamista tai parketin pilalle menemistä betonista lähtevän kosteuden takia. Betonirakenteiden kosteudenhallinta on siis tärkeä työvaihe rakentamisen aikana, jotta betonin kosteus ei aiheuta rakenteille eikä rakennuksen käyttäjille myöhemmin ongelmia. Alla olevassa kuvassa 14 esitetty betonista lähtevän kosteuden aiheuttamia ongelmia. (Suomen Betoniyhdistys 2018, 527-529.)



KUVA 14. Betoni itsessään kestää hyvin kosteutta, mutta betonin kosteus voi aiheuttaa vaurioita muihin betoniin kosketuksessa oleviin materiaaleihin. (Kuva By 201 betonitekniikan oppikirja 2018)

Laissakin määritellään vaatimuksia rakentamisen kosteudenhallinnalle. Maankäyttö- ja rakennuslain 117 c §:n mukaan rakennushankkeeseen ryhtyvän on huolehdittava, ettei rakennuksesta aiheudu terveyden vaarantumista muun muassa rakennuksen osien ja rakenteiden kosteuden vuoksi. Rakennuslupahakemukseen on yleensä liitettävä selvitys hankkeen rakennustyönäikaiselle kosteudenhallinnalle asettamista tavoitteista, sekä niistä toimenpiteistä, joilla rakennushankkeeseen ryhtyvä katsoo saavuttavansa asetetut tavoitteet. Rakennusai-
kaisessa kosteudenhallinnassa tulee varautua muun muassa

- sateelle altistuvien rakennneosien suojaamiseen

- mahdolliseen sadeveden poistojärjestelmään
- tehostettuun kuivattamiseen
- väliaikaiseen osastointiin
- kuivumisaikojen pidentämiseen
- kuivumisen tehostettuun todentamiseen, mikäli rakennus kastuu tai rakennekosteus ei poistu riittävästi jostain syystä
- suunnitelmien asianmukaisen toteuttamisen varmistamiseen.

Työmaalla rakentamisen aikana kosteudenhallintaa toteutetaan tekemällä kosteudenhallinta suunnitelma ja noudattamalla sitä. Kosteudenhallintasuunnitelman sisältö on yleensä esimerkiksi seuraava:

- 1) Yleistiedot (hankkeen perustiedot, hankkeen kosteusvastaava määritely)
- 2) Kosteudenhallinnan tavoitteet (laatutavoitteet ja laatuksiteerit)
- 3) Kosteusriskien hallinta (kosteusriskin tunnistaminen, arviointi sekä torjunta ja varautuminen)
- 4) Rakenteiden kuivumisaika-arviot ja niiden vertaaminen aikatauluun
- 5) Olosuhdehallinta (suojaus, lämmitys ja kuivatus sekä niiden toteuttaminen)
- 6) Mittaussuunnitelma (lämpökuvaus, kosteus- ja tiiveysmittaukset)
- 7) Organisointi, seuranta, valvonta ja dokumentointi.

Kosteuden hallinnan ensisijaisena tavoitteena on estää kosteusvaurioiden synty, sekä estää materiaalien ja tuotteiden haitallinen kastuminen. Hyvällä kosteudenhallintasuunnitelmalla ja sitä noudattamalla myös varmistetaan, että rakenteet kuivuvat tavoitekosteustilaansa ilman aikatauluviivytyksiä, tai voidaan rakentamisaikaa jopa lyhentää. (Suomen Betoniyhdistys 2018, 539-541.)

3 TUTKIMUSMENETELMÄ

Tämä tutkimus toteutettiin kvalitatiivisena eli laadullisena tutkimuksena. Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää eroavaisuuksia suuren rakennusliikkeen eri yksiköiden välillä paikallarakennetun holvin rakentamisen, aikataulun ja kustannusten välillä. Tavoitteena oli, että Tampereelta, Turusta ja Helsingistä saatujen vastausten pohjalta voitaisiin parantaa rakennusliikkeen Helsingin yksikön paikallavaluholvin toteuttamista. Tutkimuskysymykset, joihin haettiin vastauksia opinnäytetyössä, olivat; mitä eroa rakennusliikkeen eri yksiköiden välillä on paikallavaluholvin rakentamisprosessissa? Kuinka saatuja tuloksia voidaan hyödyntää Helsingin yksikön paikallavaluholvien rakentamisessa?

Tämä kvalitatiivinen eli laadullinen tutkimusmuoto toteutui niin, että tutkimus aloitettiin tutkimusongelmasta, johon haluttiin selvitystä tai vastauksia. Tutkimusongelman pohjalta kehitettiin haastattelukysymykset, jo olemassa olevan teorian pohjalta. Kun teorian pohjalta oli muodostettu haastattelukysymykset, järjestettiin haastattelut, joissa haastateltiin rakennusliikkeen henkilöitä Tampereelta, Turusta ja Helsingistä. Heiltä saadut vastaukset litteroitiin sekä analysoitiin. Kun saadut vastaukset oli analysoitu, pohdittiin ja kehitettiin niiden pohjalta ratkaisuja tutkimusongelmaan. (Kananen. 2010.)

3.1 Puolistrukturoitu haastattelu

Haastattelut toteutettiin puolistrukturoituna haastatteluna, jossa haastateltaville esitetyt kysymykset olivat pääasiassa samat kaikilla ja haastateltavat saivat vapaasti vastata kysymyksiin. Haastatteluille oli mietitty teemat, mutta yleisten laaja-alaisten teemakysymysten lisäksi oli myös tarkempia kysymyksiä, joissa keskityttiin yksityiskohtiin.

Puolistrukturoitu haastattelu on strukturoidun ja teemahaastattelun välimuoto, ja muistuttaakin enemmänkin teemahaastattelua. Kyseinen haastattelumenetelmä toimii parhaana vaihtoehtona selvittää eroavaisuuksia yksiköiden välillä, koska haastateltavilta kysyttävät kysymykset voivat olla likipitäen samanlaiset, mutta järjestystä voidaan muun muassa vaihtaa. Puolistrukturoitu haastattelu on siis

osittain avoin ja osittain järjestelty haastattelu. (Saaranen-Kauppinen & Puusniekka. 2006.)

3.2 Puolistrukturoidut kysymykset

Kysymyksissä (liite 1) käytiin läpi yleisesti paikallavaluprosessiin liittyviä kysymyksiä, ja sitten menttiin yksityiskohtaisempiin paikallavaluholvin rakenneosiin liittyviin kysymyksiin. Sana oli haastatteluissa vapaa, jolloin myös kysymykset muovautuivat hieman haastateltavien mukaan. Kysymyspatteristo ei välttämättä toiminut tismalleen samalla tavalla jokaisen haastateltavan kohdalla, mutta kuitenkin tutkimuksen luotettavuuteen peilaten tarpeeksi yhteneväisesti.

Yleisissä paikallavaluholvin kysymyksissä kysyttiin muun muassa, että miten yleisesti kohteissa paikallavaluholvin rakentaminen ja suunnittelu etenee, ja mitä pitää ottaa huomioon. Haluttiin myös selvittää eroja siihen, miksi tiettyyn kohteeseen tehdään paikallavaluholvi, eikä esimerkiksi ontelolaattaista välipohjaa. Ontelolaattaan vertailtaessa haluttiin myös selvittää, onko ajallisesti tai kustannuksellisesti eroja paikallavaluholvin ja ontelolaattaisen välipohjan välillä. Haastateltavilla oli myös mahdollisuus kertoa jotain hyviä toimintatapoja tai keksintöjä paikallavaluholvien toteutuksiin liittyen. Yksi tärkeä kysymys oli, millaisella työryhmällä paikallavaluholvin rakentaminen tehdään, onko kenties käytetty omia työntekijöitä vai onko runkotöihin käytetty aliurakoitsijaa. Tärkeää oli myös selvittää mitä kaikkea runkotyöurakkaan kuului ja mitä ei.

Yksityiskohtaisempia paikallavaluholvin rakenneosiin liittyviä kysymyksiä, oli muun muassa muottitöihin, raudoituksiin, betonointiin, LVIS-töihin ja jälkihoitotöihin liittyen. Muottityökysymyksissä haluttiin selvittää mitä muottitekniikkaa haastateltavien kohteissa pääasiassa käytetään, sekä ketkä kaikki osallistuvat muottitöiden suunnitteluun. Haluttiin myös selvittää, mihin muottikiertotavoitteisiin päästään yleensä, ja mistä muottikalusto hankitaan.

Paikallavaluholvin raudoituksista kysyttiin, että millä raudoitteilla kohde yleensä raudoitetaan, ja että mihin raudoituksessa pyritään. Onko raudoituksessa kenties määrä pyrkiä teräsmäärän minimointiin tai raudoitustyönsujuvuuteen.

LVIS- töihin liittyvissä kysymyksissä haluttiin selvittää, miten urakoitsijat sitoutetaan paikallavaluholvin aikatauluun ja miten LVIS- työt rytmitetään holvilla. Kysyttiin myös, että miten holvilla sijoitetaan elpo-hormit, eli talotekniikka elementit, ja nousukuilut, sekä onko toteutuksissa tullut vastaan jotain haasteellisia rakenteita tai jotain muuta sellaista.

Betonointiin liittyen kysyttiin betonimassan koostumusta, ja että mitä betonia yleensä holvivaluissa käytetään. Haluttiin myös selvittää, että mihin työsaavutuksiin betonoinnissa päästään ja jaetaanko holvia kenties lohkoiksi, ja mitkä tekijät vaikuttavat siihen lohkojakoon. Betonin jälkihoidosta kysyttiin, että kenelle se yleensä kuuluu, ja mitä jälkihoitotoimenpiteitä yleensä tehdään.

4 TULOKSET JA ANALYYSI

Tässä kappaleessa käydään läpi haastatteluissa saadut tulokset kaupunkikokouksista ja laaditut tiivistelmät, johon kiteytettiin olennaisimmat asiat kustakin haastattelusta. Haastatteluista pyrittiin löytämään rakennusliikkeen kunkin yksikön toimintatapa paikallavaluholvien tekoon.

Kun tiedettiin, kuinka kussakin yksikössä paikallavaluholvit toteutettiin, voitiin niitä vertailla keskenään ja etsiä mahdollisia eroavaisuuksia sekä yhtäläisyyksiä. Näiden pohjalta pyrittiin sitten luomaan parannusehdotuksia Helsingin yksikön paikallavaluholvien tekoon.

Haastatteluiden litteroinnit olivat salattua tietoa, joten niitä ei tässä julkaistavassa opinnäytetyössä ole liitteinä.

4.1 Tulokset ja analyysi Helsinki

Helsingin haastateltavina toimi kaksi työpäällikköä. Helsingin yksikössä on enemmän harjaannuttu ontelolaattojen käytöstä asuinkerrostalojen alapohjissa, kuin esimerkiksi Turussa tai Tampereella. Helsingin yksikössä paikallavaluholvien tekeminen on ollut hieman unohtunut taiteenlaji. Paikallavaluholvin käyttöä haluttaisiin lisätä asuinkerrostalokohteissa.

Määrällisesti paikallavaluholvisia kohteita tehdään ehkä hieman vähemmän kuin ontelolaattaisia välipohjakohteita. Helsingissä paikallavalukohteita käytetään silloin, jos kohteeseen tulee monimuotoinen pohja tai sitten jos tehdään korkeaa rakentamista, koska rakennuksen jäykistäminen onnistuu paremmin paikallavaluholveilla, kuin ontelolaatoilla. Helsingin yksikössä on myös yksi kohde, jossa testataan paikallavaluholvin ja kylpyhuone-elementin yhdistelmää, ja se yritetään saada toimimaan.

Helsingin yksikön paikallavalukohteissa käytetään yleensä aliurakoitsijaa runkotöissä, mutta on myös omilla työryhmillä kohteiden runkoja tehty. On myös ollut vähän isompia kohteita, joissa on jouduttu tekemään niin, että oma työryhmä asensi elementit ja holvin muottityöt teki taas aliurakoitsija. Jos runkotyöt on tehty aliurakoitsijalla, on heidän runkotöihinsä yleensä sisällytetty elementtien

asennukset, muottien teko ja purkaminen, raudoitus, sekä betonointi. Myös esimerkiksi muottitöissä, sekä mahdollisesti raudoituksessa ja betonoinnissa käytettävien materiaalien hankinta on annettu urakoitsijalle, koska omaa muottikalustomateriaalia hukattaisiin kuitenkin, ja sitten sitä joutuisi lunastamaan, jolloin se ei ole kustannustehokasta.

Jos taas on tehty omilla työryhmillä asuinkerrostalon runko, niin heidän töihinsä on kuulunut yleensä elementtien asennus, muottien teko ja purkaminen sekä raudoitukset ja holvin betonointi on yleensä ollut ulkoistettu työvaihe. Ajallisesti Pääkaupunkiseudun alueella ei ole kuin yksi tai kaksi työryhmää, jotka pääsevät paikallavalurungon toteutuksessa kannattaviin nopeuksiin ontelolaattoihin nähdessä, joten yleensä pitää varata enemmän aikaa töihin.

Lähtökohtaisesti työt etenevät rungon osalta samalla tavalla, kuin Tampereella ja Turussa. Elementtiseinillä pyritään asentamaan aina yksi huoneisto kerrallaan, jolloin päästään aloittamaan heti muottityöt huoneistossa. Muottitöiden jälkeen asennetaan alapinnan raudoitus, LVIS- tekniikka, raudoituspukit, yläpinnan raudoitus, sekä holvi valetaan.

Kohteiden muottitöissä on siis käytetty vaihtelevasti urakoitsijoita sekä omia työryhmiä. Muottikalustona on ollut perinteinen palkkimuottijärjestelmä. Muottimateriaalit ovat tulleet rakennusliikkeen omalta kalustolta tai sitten urakoitsijan kautta. Muottikaluston hankinnassa myös pyritään siihen, että kalusto tulisi vain yhdeltä toimittajalta, ettei olisi monen eri toimittajan kalustoa työmaalla, koska se aiheuttaa sekavuutta.

Raudoituksissa on Helsingin yksikön kohteissa käytetty mattoraudoitteita sekä kaistaraudoitteita. Mattoraudoitteita käytettäessä, on hyvä suunnitella ne lohkoittain, jolloin yksittäisistä matoista ei tule liian painavia asentaa, ja ne pystytään myös huomioimaan elpo- hormien varaukset. Mattoraudoitteita käytetään lähinnä holvin alapinnan raudoituksessa. Yläpinnan raudoituksessa on huomattu, että mattoraudoitteet vahingoittavat holvin LVIS- asennuksia, joten osassa kohteissa on mattoraudoitteiden sijaan käytetty kaistaraudoitteita. Kohteissa käytetään myös valmiiksi taivutettuja hakakoreja ja raudoituspukkeja suoraan tehtaalta. Raudoituksien varmuuskertoimista nousi esille, että Helsingin

alueella saattaa olla ylimitoitusta kohteiden paikallavaluholvin raudoituksissa. On ollut esimerkiksi tilanteita, joissa alapuoliselta holvilta on kantavaväliseinä poistettu ja yläpuolinen holvi on kuitenkin kantanut kuormat seinän poistamisesta huolimatta. Tämä on herättänyt epäilystä, että ylimitoitusta voisi olla. On myös tehty raudoitussuunnitelmien vertailuja Helsingin ja Turun yksiköiden välillä, joista on huomattu, että Helsingin yksikössä mennään aika paksusti Turkuun nähden, eli varmuuskertoimet ovat olleet isompia. Helsingin yksiköstä tuli myös ehdotusta, että tehtäisiin raudoitussuunnitelmiin kolmannen osapuolen tarkistuksia, joilla pystyttäisiin kriittisesti katsomaan, onko ylimitoitusta vai ei.

LVIS- töihin liittyen holvin valupäivät määrittelevät ja sitouttavat LVIS- urakoitsijat. Pääasiassa työt ovat sujuneet urakoitsijoilta hyvin, ja aikataulussa. Yksi paikallavaluholvin töihin liittyvä ongelma on kuitenkin noussut esille Helsingin yksikössä, johon haluttaisiin selvitystä. Helsingin yksikössä on huomattu, että lattialämmityskohteissa esiintyy ongelma, kun lattialämmitystä asennetaan paikallavaluholvin päälle, ja täytyy lattialämmityspotkiston alle laittaa eristelevy. Eristelevy on erittäin arka rakentamisen aikaiselle kosteudelle, ja jos eriste pääsee kastumaan, niin se ei käytännössä kuivu sieltä millään.

Betonointi on toteutettu kohteissa vaihtelevasti, normaalia betonia käyttäen tai sitten käyttäen nopeasti kuivuvaa betonia, jolla päästään lujuuden kehityksessä kaksinkertaiseen nopeuteen normaaliin betoniin nähden. Holvin valun aikana on pyritty hyödyntämään myös torninosturin käyttö niin, että holvivalun aikaan torninosturi purkasi elementtikuormia. Betonointi on sisällytetty urakoitsijan urakkaan tai sitten jos runko tehdään omilla miehillä, niin betonointi on ulkoistettu. Talviolosuhteissa käytetään alapuolisen holvin lämmitystä kaasulla sekä lämpölankoja betonissa tarvittaessa. Jälkitöissä käytetään esijälkihoitoainetta, pres-suja, sekä holvin pinta yleensä hierretään, jolloin kuivuminen nopeutuu.

Tiivistettynä vielä Helsingissä tehdään paikallavaluholveja kohteisiin hieman vähemmän kuin ontelolaattaisia välipohjia. Paikallavalurakentaminen on ollut vähän unohtunutta Helsingin yksikössä ja sitä haluttaisiin käyttää vielä enemmän. Runkotyöt tehdään vaihtelevasti omilla työryhmillä tai aliurakoitsijoilla. Omia työryhmiä, joilla päästään nopeaan runkotyön tahtiin, on Helsingin alueella vain

muutamia. Muotteina holveissa käytetään palkkimuottijärjestelmiä ja raudoituksissa mattoraudoitteita ja kaistaraudoitteita, sekä valmiita hakakoreja ja raudoituspukkeja. Raudoitusten varmuuskertoimissa on havaittu ylimitoitusta. Betonointi tehdään normaalilla betonilla tai nopeasti kuivuvalla betonilla riippuen aikataulusta ja holvin koosta.

4.2 Tulokset ja analyysi Tampere

Tampereen yksiköstä haastateltavina oli runkomestari ja työpäällikkö. Tampereella on rakennusliikkeellä vankka kokemus paikallavaluholvien teosta. Tampereen alueella rakennusliike tekee isoimman osan asuinkerrostalokohteistaan paikallavaluina. Tampereellakin ontelolaattoja käytetään, mutta vähemmän kuin paikallavaluholveja. Etenkin kohteet missä käytetään valmiita kylpyhuone-elementtejä, niin silloin välipohjissa käytetään ontelolaattoja. Kokemus paikallavaluholvien teosta Tampereen yksikössä on yhtä lailla vankka kuin Turun yksikössäkin, vaikkakin hieman eroja toteutuksessa on yksiköiden välillä.

Rungon työt tehdään Tampereella rakennusliikkeen omilla työryhmillä ja omia runkotyöryhmiä onkin Tampereen alueella useita. Toki runkotyöryhmät tekevät kaikkea muutakin rakentamista, mutta heitä pyritään lähtökohtaisesti aina työllistämään runkotöissä. Runkotöistä on sovittu aina joku urakkasumma ja aikaväli mihin pitää päästä rungonkierrossa. Runkotyöryhmän koko on yleensä 6-8 henkeä, ja he tekevät kaikki runkoon liittyvät työt eli seinäelementtien asennukset, muottien teot ja purkamiset, raudoitukset ja betonoinnin. Betonointi voidaan kohteesta riippuen myös ulkoistaa, mutta osa rakennusliikkeen runkotyöryhmistä myös tekee holvin betonoinnin. Runkotyöt etenevät pääsääntöisesti samalla tavalla kuin Turun ja Helsingin yksiköissäkin, eli elementtiseinät asennetaan ensiksi huoneisto kerrallaan, jotta muottityöt voidaan aloittaa mahdollisimman nopeasti. Muottitöiden jälkeen tehdään raudoitus ja LVIS-työt, sekä holvin betonointi.

Paikallavaluholvin muottina Tampereella on käytetty perinteistä palkkimuottijärjestelmää, ja muottimateriaalit on pääasiassa otettu rakennusliikkeen oman kaluston kautta. Muottitekniikan valinnassa on myös kuunneltu itse runkotyöryhmän jäseniä, joilta saatu tieto on myös tärkeää. Muottitöissä on pyritty pääsemään aina viikon kiertoon, riippuen holvin muodosta ja koosta.

Raudoitukset Tampereelle tehdään käyttäen mattoraudoitteita, sekä kaistaraudoitteita vaihtelevasti. Yleensä alapinnan raudoitus tehdään mattoraudoittein, ja yläpinnan raudoitus sitten joko kaistaraudoitteilla tai mattoraudoitteella kohteesta riippuen. Esimerkiksi jos kohteessa holvilla paljon pieniä huoneistoja niin kaistaraudoite on hyvä valinta yläpinnan raudoitteeksi. Jos yläpinnan raudoituksessa käytetään kaistaraudoitteita, on hyvä huomioida, että useampi kaistaraudoite saattaa limittyä päällekkäin, jolloin täytyy huomioida, ettei nousta liian lähelle betonin pintaa. Tällöin on hyvä käyttää erikokoisia raudoituspukkeja, jolla pystytään sitten säätämään yläpinnan raudoitteen korkeutta. Myös alapinnan raudoituksissa käytettäviä raudoitusvälikkeitä kannattaa olla eri kokoisia. Raudoituspuikot ja hakakorit tulevat valmiina raudoitteina suoraan tehtaalta työmaille. Raudoitteissa käytetyt varmuuskertoimet ovat olleet lähtökohtaisesti minimissä alapinnan raudoituksissa Tampereella.

LVIS- urakoitsijat sitoutetaan holvin aikatauluun urakkasopimuksen kautta, ja työmaa palavereissa käydään tarkemmin vielä läpi, mikä on holvilla työtahti. Tampereen yksikössä on myös kiinnitetty paljon huomiota LVIS- töiden putkien kannakointiin. Kannakointi kannattaa tehdä huolellisesti ja käyttää tarpeeksi vahvoja kannakkeita, jotta putket eivät liikkuisi betonoinnin aikana. Tähän liittyen on kehitetty paikallavaluholvin LVIS- tekniikan kannakointiohje, jossa kerrotaan mitä kannattaa ottaa huomioon tiettyjä kannakoiteja tehdessä. Tämä ohje on myös Turun yksikössä käytössä ja siitä on ollut paljon hyötyä.

Betonointi on tehty vaihtelevasti omilla miehillä tai sitten urakoitsijaa käyttäen. Runkoporukan käyttö betonoinnissa on ollut myös suosittua, koska on pyritty siihen että, runkotöiden jälkeen työryhmä jatkaisi sisätöiden tekemistä hankkeessa. Tällöin holvin betonointi tehdään oman runkoporukan toimesta laadukkaasti ja huolellisesti, koska he tekevät itselleen siitä seuraavan työvaiheen pohjia. Betonimassana on käytetty yleisesti normaalia betonia sekä nopeasti kuivuvaa betonia. Etenkin talviolosuhteiden aikana nopeasti kuivuva betoni on ollut hyödyllinen. Keskimääräisen kerrostaloholvin pinta-ala on noin 450 m², jolloin holvi pystytään valamaan kerralla ja viikon muottikierrolla. Jos asuinkerrostalossa on taas kaksi rappua, niin yleensä se on jaettu kahteen valulohkoon.

Jälkihoito on Tampereen alueella hoidettu niin, että erillinen työryhmä saapuu valupäivän iltana tekemään betonin jälkihoidolliset toimenpiteet, ja tämä on havaittu hyväksi toimenpiteeksi, kunhan vain on tekijöitä siihen.

Tiivistettynä Tampereen yksikössä tehdään iso osa asuinrakennusten välipohjista paikallavalettuina, mutta myös ontelolaattaisia välipohjia käytetään. Ontelolaattaa käytetään etenkin silloin kun kohteeseen tulee valmiit kylpyhuone-elementit. Tampereella on kuitenkin kokemusta paikallavaluholvien teosta paljon ja se on myös hyvin pitkälle kehitetty yhdessä Turun kanssa. Runkotyöt tehdään lähes aina rakennusliikkeen omilla työryhmillä, ja heidän töihinsä kuuluu yleensä kaikki runkoon liittyvät työt, vain holvin betonointityöt riippuvat kohteesta, mutta nekin yleensä kuuluvat runkotyöryhmän urakkaan. Runkotyöryhmän koko on noin 6-8 henkeä. Työt tahdistetaan niin, että elementtiseinillä asennetaan huoneisto kerrallaan valmiiksi, jolloin päästään heti tekemään elementtiasennusten lisäksi muottitöitä, ja myöhemmin raudoitusta ja LVIS-töitä. Muottityöt tehdään palkkimuottijärjestelmiä käyttäen, ja materiaalit tulevat yleensä rakennusliikkeen omalta kalustolta. Raudoitukset on tehty mattoraudoitein tai kaistaraudoitein kohteesta riippuen. Raudoitusten varmuuskertoimissa ei ole havaittu merkittäviä ylimitoituksia. Betonoinnin jälkihoitotyöt on yleensä tehty Tampereella erillisen työryhmän voimin, joka tekee jälkihoidolliset toimenpiteet valupäivän iltana.

4.3 Tulokset ja analyysi Turku

Turun yksikön puolelta haastateltavina oli tuotantopäällikkö ja vastaava mestari. Heidän haastatteluissaan tuli vahvasti esille Turun yksikön toimintatapa asuinrakennuksen rungon rakentamiseen paikallavaluholvein. Rakennusliikkeen Turun yksikkö tekee kohteissaan käytännössä aina paikallavaletut holvit ontelolaattojen sijaan. Paikallavalurakentaminen juontaa juurensa pitkälle menneisyyteen, ja varsinaiseksi syyksi miksi näin tehdään, haastateltavat sanoivat, että joskus on vain ehkä päätetty, että tehdään pelkästään paikallavaluholveja. Turun yksikössä paikallavaluholvien teko on siis pitkälle kehitettyä ja laadukasta, koska sen rakentamistekniikkaa on päästy hiomaan jo vuosikymmeniä. Turun yksikössä jo rakennuksen suunnittelussa otetaan huomioon paikallavaluholvit, ja suunnittelu tehdäänkin paikallavaluholvien parhaita puolia hyödyntäen.

Turun yksikössä runkotyöt tehdään oikeastaan pelkästään omilla työmiehillä tai työryhmillä. Työryhmän koko on yleensä 4-5 miestä, ja heidän töihinsä kuuluu melkein kaikki rungolla tehtävät työt, kuten elementtien asennus, paikallavaluseinien teko, holvimuottien teko ja purkaminen sekä raudoitus. Holvin betonointi on ainoa työvaihe, joka yleensä ostetaan ulkopuolelta, esimerkiksi betonifirmasta. Runkotyöt etenevät pääsääntöisesti niin, että elementtiseinistä asennetaan aina yhden huoneiston seinät kerralla, jotta muottityöt voidaan heti aloittaa kyseisessä huoneistossa. Muottitöiden jälkeen tulee alapinnan raudoitus ja sitten sen jälkeen LVIS- urakoitsijat, sekä yläpinnan raudoitus ja betonointi.

Turun alueella rakennusliike on käytännössä tehnyt kaikkien kohteiden holvit paikallavaluina, ja jokainen työryhmä on harjaantunut niiden teossa, ja he ovatkin erittäin ammattimaisia ja laatu töissä on todella hyvää. Runkotyöryhmän kanssa tehtävät runkotyösopimukset on myös hiottu tarkoiksi, ja niissä nykyään lasketaankin tarkasti määrät ja hinnat, joista sitten tietyn lisäprosentin kanssa muodostuu urakkasumma. Turun yksikössä on myös kehitteillä systeemi, jossa voisi verrata eri runkotyöryhmien edistymistä muilla työmailla urakasopimusten ja loppulaskelmien avulla, ja tätä kautta saataisiin sitten hiottua vieläkin tarkempia sopimuksia runkotöiden osalta. Turun haastateltavat uskoivat, että juurikin tämä yrityksen omien työryhmien käyttö on se ratkaiseva tekijä paikallavaluholvien kustannusten ja laadullisten asioiden onnistumisessa.

Muottityöt tehdään Turun yksikössä palkkimuottijärjestelmällä eli niin sanotulla perinteisellä muottiteknikalla. Muottivälineet ovat tulleet työmaille joko rakennusliikkeen omalta kalustolta tai sitten suoraan Peri tai Doka muottifirmoilta. Kumpaakin muottifirmaa on käytetty ja etenkin Dokan kalustoa, koska sitä on saattanut Turun työmaille saada parikymmentäkin prosenttia halvemmalla kuin Perin muotteja oman kaluston kautta.

Turun yksikössä paikallavaluholveissa tehtiin pääasiassa kaistaraudoittein, sekä mattoraudoittein, kun oli kyseessä normaalin asuinkerrostalon holvi. Viime aikoina kaistaraudoitteen käyttö holvin ala- ja yläpuolisissa raudoituksissa on ollut suositumpaa kuin mattoraudoitteen käyttö. Kaistaraudoitteen asennus on haastateltavien mielestä helpompi asentaa, koska niitä pystyy yksi työntekijä käsitte-

lemään ja kaistaraudoitteiden asennuksen kanssa samaan aikaan voi torninosturi olla myös käytössä, esimerkiksi elementtien asennukseen. Mattoraudoite taas tulee yleensä isoina rullina työmaalle, jolloin asennuksissa tarvitsee olla useampi henkilö sekä torninosturi käytössä, joten siksi kaistaraudoitteen käyttö on nähty toimivammaksi, varsinkin kun runkotyöryhmän koko on pienempi, kuin esimerkiksi Tampereella.

Haastattelussa kävi myös ilmi, että Turussa asuinkerrostalon ensimmäisen kerroksen holvi on myös samaa rakennetta autohallin kannen kanssa, jolloin raudoitus on monimutkaisempi kuin ylemmissä holveissa. Näissä autohallin kannen ja ensimmäisen kerroksen holvin rakenteiden raudoituksessa saatettiin jossain kohteissa käyttää myös tankoraudoitteita, varsinkin jos rakenne oli monimuotoinen. Raudoituspuurit ja hakakorit tulevat valmiina raudoitteina työmaalle, jolloin säästetään aikaa, kun ei tarvitse niitä erikseen vääntää työmailla. Suunnittelijoiden varmuuskertoimet raudoitusten suhteen, ovat olleet haastateltavien mielestä aika normaalilla tasolla, ja niihin ei ole edes sen kummempaa tarkastelua tehty. Turun yksikössä käytetään samaa suunnitteluryhmää kaikissa kohteissa, joten jos raudoituksissa on ylimitoitusta, niin se on sitten jokaisessa Turun kohteessa lähtökohtaisesti.

LVIS- urakoitsijat sitoutetaan holvin aikatauluun jo urakkasopimusneuvotte- luissa, ja LVIS- työt ovat pääasiassa kohteissa toimineet suunnitellusti. Turun ja Tampereen yksi etu paikallavaluholvien tekemisessä on myös se, että Turun ja Tampereen alueiden LVIS- urakoitsijoilla on yleensä aina hyvä peruskäsitys paikallavaluholvin LVIS- töistä, koska näillä alueilla on jo pitkään tehty paljon paikallavaluja myös muidenkin rakennusfirmojen kuin tässä opinnäytetyössä olevan rakennusliikkeen toimesta.

Asuinkerrostalon paikallavaluholvin betonointi on yleisesti Turun yksikön kohteissa ulkoistettu, eli urakoitsija on tullut tekemään holvivalut. Betonina on käytetty normaalia betonia, sekä testattu normaalista betonista hieman korkea lujuisempaa ja huokoisempaa betonia. Nopean kuivumisen betonia on joissain kohteissa pyritty välttämään, koska betoniurakoitsijan valuporukka ei ole tykännyt siitä. Betonointiurakoitsijalle kuuluu myös lähtökohtaisesti aina jälkitöiden tekeminen.

Tiivistettynä Turun yksikössä on tehty pitkän aikaa jo pelkästään paikallavaluholveja asuinkerrostalojen välipohjina, joten sen teko on hioutunut laadukkaaksi ja toimivaksi rakennustavaksi. Rungon työryhmänä on koko Turun alueella käytetty aina omia työntekijöitä, jolloin runkojen rakentaminen on ollut merkittävästi halvempaa kuin aliurakoitsijan käyttö. Runkotyöryhmän Turun alueella on ollut 4-5 työntekijää.

Runkotöistä ainoastaan holvin betonointi on ulkoistettu betonifirmoille. Muottityöt on tehty käyttäen perinteisiä palkkimuottijärjestelmiä, etenkin Dokan kalustoa on suosittu, koska se on saatu osalle työmaista halvemmalla kuin Perin kalusto. Holvin raudoituksessa kaistaraudoitteiden käyttö on todettu toimivaksi, joissain kohteissa on käytetty myös mattoraudoitteita. Raudoitusten varmuuskertoimissa ei ole havaittu myöskään merkittävää ylimitoitusta. Betonointi on pääasiassa tehty käyttäen normaalia betonia. Jälkihoitotyöt on yleensä sisällytetty betoniurakoitsijalle.

4.4 Tulosten yhteenveto, vertailu ja analyysi

Haastatteluissa ilmeni niin eroavaisuuksia, kuin yhtäläisyyksiäkin paikallavaluholvien rakentamisessa rakennusliikkeen yksiköiden välillä. Jokaiseen haastateltuun yksikköön oli kehittynyt hieman omanlaisensa paikallavaluprosessi, jota yksiköissä toteutettiin. Myös haastateltavien omat näkemykset ja toimintatavat saattoivat poiketa saman yksikön toisen haastateltavan näkemyksistä. Erityisesti kiinnitettiin huomiota siihen, löytyikö mitään vaikuttavia eroja Helsingin yksikössä verrattuna Tampereen ja Turun yksiköihin.

Verrattaessa paikallavaluprosessin toimintatapoja yksiköiden välillä, isoimmin esiin nousi omien työryhmien käyttö. Tampereella ja Turussa oli päivän selvää, että paikallavaluholvit pyrittiin aina tekemään yrityksen omilla työryhmillä, mikäli mahdollista. Omien työryhmien käyttö koettiin kustannusten, aikataulun, työn sujumuuden ja laadun kannalta paremmaksi vaihtoehdoksi, kuin urakoitsijan käyttö. Helsingin yksikössä paikallavaluholvien tekemiseen käytettiin vaihtelevasti urakoitsijoita ja omia työryhmiä. Kun omien työryhmien kanssa on voinut kehittää paikallavaluprosessia jo pidemmän aikaa, on varmasti tulokset parempia kuin

käytettäessä tuntematonta urakoitsijaa. Kaikkien haastateltavien mielestä oli myös järkevää, että työryhmä tekisi mahdollisimman monta rungon työvaihetta. On kustannustehokkaampaa ja työn tahdistavuuden kannalta parempi, että olisi vain yksi työryhmä tekemässä kaikki runkoon liittyvät työt. Yleensä näin olikin, ainoastaan betonointi oli ulkoistettu jollekin toiselle kuin runkourakoitsijalle Turussa ja Helsingissä, Tampereella saattoi runkotyöryhmän töihin kuulua myös holvin betonointi.

Paikallavaluholvisen rungon rakentamisen vaiheet olivat kussakin yksikössä lähes samantapaiset. Aluksi asennettiin aina seinäelementeillä yksi huoneisto valmiiksi, jolloin sinne pääsi heti tekemään muottitöitä. Kun muottityöt huoneistossa valmistuivat, pääsi asentamaan alapinnan raudoituksen ja LVIS-vedot. Yläpinnan raudoitusta myös suositettiin kaikissa kohteissa, sen tuoman työturvallisuuden takia. Holvin betonointi oli huomattavasti helpompaa, jos yläpuolinen raudointu tehtiin. Tiedostettiin myös, että yläpinnan raudoituksen tekeminen kevyemmin pienentäisi kustannuksia paljon.

Omien työryhmien koko runkotöissä myös vaihteli alueellisesti. Turussa runkotyöryhmään kuului yleensä 4-5 henkilöä, ja he tekivät kaikki muut runkoon liittyvät työt, paitsi betonoinnin. Tampereella runkotyöryhmän koko oli 6-8 henkilöä ja vaihteli kohteesta riippuen. Tampereella runkotöihin kuului kohteesta riippuen joko kaikki runkoon liittyvät työt, myös holvin betonointi, tai sitten jossain kohteissa taas betonointi oli ulkoistettu jollekin muulle kuin runkotyöryhmälle. Helsingissä rakennusliikkeen oman työryhmän kokoa ei haastatteluissa selvinnyt.

Turussa ja Tampereella oli myös pitkä historia paikallavalujen tekemiseen. Esimerkiksi Turun yksikössä on jo pitkälle yli toistakymmentä vuotta tehty oikeastaan pelkästään paikallavaluholveja asuinkerrostalojen välipohjissa. Tampereelakin oli pitkä historia paikallavaluholvien teosta, ja niitä pääsääntöisesti käytettiin enemmän, kuin ontelolaattoja. Helsingissä paikallavaluholvien teko on ollut vähäisempää, ja ehkä jopa hieman unohtunut rakennustapa. Tampere ja Turku ovat siis päässeet jo pidemmän aikaa kehittämään omaa paikallavaluprosessia, jolloin prosesseista on saatu laadullisesti, kustannuksellisesti ja ajallisesti toimivia omia työryhmiä käyttäen.

Raudoitusten varmuuskertoimista nousi haastatteluissa esille, että Helsingissä koettiin raudoitusten olevan ylimitoitettuja verrattuna Turkuun ja Tampereeseen. Tampereen ja Turun yksiköissä ei taas havaittu juurikaan ylimitoitusta raudoituksissa. Esimerkiksi raudoitussuunnitelmien vertailuissa Pääkaupunkiseudun ja Turun välillä oli ollut eroja, niin että Pääkaupunkiseudun raudoituksissa oli ollut isommat varmuuskertoimet kuin Turun raudoituksissa. Helsingin yksikössä on myös havaittu ylimitoitusta tilanteissa, joissa kohteissa on poistettu kantava väliseinä alapuoliselta holvilta, eikä se ole vaikuttanut yläpuolen holvin kantavuuteen mitenkään.

Itse raudoitukset tehtiin kaikissa yksiköissä samanlaisia raudoitekomponentteja käyttäen. Pääasiassa yksiköt käyttivät mattoraidoiteita ja kaistaraidoiteita kohteissaan, irtotankoja ei oikeastaan käytetty muuta kuin lisäraudoituksena, tai jos raudoitus oli monimutkaisempi, kuten autohallin kannen ja asuinkerrostalon holvin yhteinen rakenne.

Muottityötkin tehtiin kaikissa yksiköissä samalla tekniikalla, eli perinteisellä palkkimuottijärjestelmällä. Eri yksiköt käyttivät kuitenkin vaihtelevasti Perin ja Dokan kalustoa. Tampereella ja Helsingissä otettiin muottikalusto yleensä rakennusliikkeen oman kaluston kautta, mutta Turussa muottikalusto tilattiin Dokalta, koska sen kanssa oli tehty jossain kohteissa parikymmentä prosenttiakin halvempi sopimus, verrattuna rakennusliikkeen oman kaluston sopimukseen.

LVIS- töistä nousi esille urakoitsijoiden kokemus paikallavaluholvien töistä. Etenkin Tampereella koettiin, että sen alueen LVIS- urakoitsijat olivat hyviä ja tehokkaita holvin töissään, jolloin holvit etenivät jouhevasti. Tähän syyksi epäiltiin, että varsinkin Tampereen alueella moni muukin rakennusfirma teki asuinkerrostalonsa paikallavaluholvisina, jolloin kokemus niiden teosta on myös monella paikallisella LVIS- urakoitsijalla hyvä. Myös Turussa oltiin melko tyytyväisiä LVIS- urakoitsijoiden töihin. Nousukulut ja elpo- hormit pyrittiin sijoittamaan kaikissa yksiköissä porrashuoneen puolelle. Tällöin vältetään mahdollisia huoltotöitä tehdessä ylimääräinen asuntoihin meneminen.

Betonoinnissa ei yksiköiden välillä ollut hirveästi muuta eroa, kuin Tampereella saatettiin osassa kohteista betonointi tehdä omaa runkotyöryhmää käyttäen,

kun taas Turussa ja Helsingissä betonointi oli pääasiassa ulkoistettu. Betonina käytettiin yleensä joko normaalia betonia tai sitten nopeasti kuivuvaa betonia. Turussa myös testattiin yhdessä kohteessa hieman normaalia betonia korkea lujisempaa ja huokoisempaa betonia, ja se oli toiminut hyvin kohteessa.

Betonin jälkihoitotyöt tehtiin yksiköissä melko samalla tavalla. Betoniholvin peittelyä valupäivänä pidettiin tärkeänä jokaisessa yksikössä, oli ehdotonta saada pressu vielä saman päivän iltana holvin päälle. Tampereella jälkihoidon teki erillinen oma työryhmä, joka tuli esimerkiksi joka valupäivän iltana tekemään jälkihoidolliset työt. Muissa yksiköissä, joissa betonointi oli ulkoistettu urakoitsijalle, heidän sopimukseensa yleensä kuului myös betonin jälkihoidolliset toimet.

Alla olevalla taulukolla 2 on pyritty havainnollistamaan, eroja ja yhtäläisyyksiä rakennusliikkeen yksiköiden välillä. Taulukkoon on nimetty Helsingin, Tampereen ja Turun yksiköt omiin sarakkeisiin, sekä paikallavaluholviin liittyvät aiheet omalle sarakkeelleen. Näin taulukosta näkee aina aihe kohtaisesti, miten vastaukset eroavat tai ovat samanlaiset yksiköiden välillä.

TAULUKKO 2. Haastattelukysymyksissä esiin tulleet vastaukset eri yksiköissä.

Kysymykset	Helsinki	Tampere	Turku
Kokemus asuinkerrostalojen paikallavaluholvien rakentamisesta?	Kohtuullinen, on tehty paikallavaluholveja kohteisiin, mutta silti ehkä ollut pitkään jo unohtunut rakentamista. Ontelolaattojen käytöstä vankempi kokemus.	Hyvä, Tampereen yksikössä on paikallavaluholveja tehty noin yli puolet kaikkiin asuinkerrostalokohteisiin nähden.	Mittava, Turun yksikössä tehty pitkään jo pelkästään paikallavaluholveja asuinkerrostaloihin.
Paikallavaluholvi vai ontelolaatta kohteissa?	Ontelolaattaisia kohteita hieman enemmän kuin paikallavalukohteita.	Paikallavalukohteita hieman enemmän kuin ontelolaattaisia kohteita.	Pelkkiä paikallavalukohteita.
Paikallavaluholvi runkoisissa asuinkerrostaloissa käytetty työryhmä?	Urakoitsija tai rakennusliikkeen oma työryhmä, ryhmän koosta ei tietoa.	Rakennusliikkeen oma työryhmä, koko 6-8 henkilöä.	Rakennusliikkeen oma työryhmä, koko 4-5 henkilöä.
Mitkä työt kuuluvat runko-työryhmän urakkaan?	Elementtiseinien asennus, muottien teko ja purkaminen, raudoitus.	Elementtiseinien asennus, muottien teko ja purkaminen, raudoitus, sekä mahdollisesti holvin betonointi.	Elementtiseinien asennus, paikallavaluseinien teko, holvin muottien teko ja purkaminen, raudoitus.
Kuinka rungon työvaiheet alkavat?	Seinäelementeillä yksi huoneisto kerrallaan, jotta muottityöt voidaan heti huoneistossa aloittaa	Seinäelementeillä yksi huoneisto kerrallaan, jotta muottityöt voidaan heti huoneistossa aloittaa	Seinäelementeillä yksi huoneisto kerrallaan, jotta muottityöt voidaan heti huoneistossa aloittaa
Mitä muottitekniikkaa käytetään?	Palkkimuottijärjestelmää.	Palkkimuottijärjestelmää.	Palkkimuottijärjestelmää.
Mitä pääraudoitteita holvilla käytetään?	Mattoraudoitteita ja kaistarauδοitteita. Joissakin kohteissa pelkästään kaistarauδοitteita.	Mattoraudoitteita alapinnassa ja yläpinnassa matto/kaistarauδοitteita kohteesta riippuen.	Pääasiassa käytetään kaistarauδοitteita, joissakin kohteissa myös matto-raudoitteita.

Raudoitusten varmuuskertoimissa ylimitoitusta?	Saattaa olla ylimitoitusta.	Ei havaintoja, että olisi ylimitoitusta.	Ei havaintoja, että olisi ylimitoitusta.
Betonointi ulkoistettu vai omalla työryhmällä?	Ulkoistettu.	Osassa kohteista tehtiin omalla työryhmällä, mutta oli myös ulkoistettu.	Ulkoistettu.
Mitä betonia holveilla käytettiin?	Nopeasti kovettava betonia tai normaalia betonia.	Nopeasti kovettava betonia.	Normaalia betonia.
Betonin jälkihoito kenelle kuului?	Betoniurakoitsija töihin kuului.	Jälkihoito kuului omalle työryhmälle.	Betoniurakoitsija töihin kuului.

4.5 Helsingin yksikön paikallavaluholviprosessin kehittäminen

Tässä kappaleessa ideoitiin mahdollisia parannus- ja kehitysehdotuksia Helsingin yksikön asuinkerrostalojen paikallavaluholvien rakentamiseen. Kehitysideat ovat syntyneet henkilöhaastatteluissa esiin tulleiden asioiden kautta, sekä haastatteluiden vertaamisesta yksiköiden välillä.

Ensiksi olisi hyvä jo suunnitteluvaiheessa, miettiä kohdetta paikallavaluholvien kautta, jolloin päästäisiin hyödyntämään parhaiten paikallavaluholvin monimuotoisuudet. Paikallavaluholvi tuo monipuolisuutta kohteen suunnittelun toteutukseen ja suunnittelussa pystytään samalla miettimään paras toteutustapa paikallavaluholveille.

Omia runkotyöryhmiä voisi myös kehittää Helsingin yksikön alueella. Olisi hyvä myös lisätä runkotyöryhmien määrää yksikön alueella, jolloin mahdolliset paikallavalukohteet voitaisiin tehdä aina omia työryhmiä käyttäen. Omia työryhmiä voisi jopa kouluttaa, käyttäen hyödyksi esimerkiksi Tampereen ja Turun tietoa ja taitoa paikallavaluholvi rakentamiseen suhteen. Pitkällä tähtäimellä omien työryhmien lisäämisestä ja kehittämisestä saisi tehtyä kustannustehokkaita, laadukkaita, ja ajallisesti tehokkaita työryhmiä rungon rakentamiseen. Kun käytettäisiin omia työryhmiä, voitaisiin ehkäistä monta muuttujaa, joita tulee, kun käytetään urakoitsijoita.

Runkotyöryhmälle olisi hyvä sisällyttää runkotyösopimukseen myös mahdollisimman monta runkotyövaihetta. Kun runkotyöryhmä tekee elementtien asennukset, muottityöt, raudoitukset ja mahdollisesti jopa betonoinnin on työn tahdistavuus parempaa ja tehokkaampaa. Myös työnjohtaminen olisi organisoidumpaa, kun ei ole montaa eri tekijää runkotöissä. Runkotyöryhmän koko olisi hyvä olla ainakin viiden henkilön suuruinen, koska yleensä tarvitaan alamies, kaksi henkilöä asentamaan elementtejä ja kaksi henkilöä tekemään muottityöt ja raudoitukset. Toki työryhmän koko määräytyy tehtävien runkotöiden määrien ja vaiheiden suhteen. Jos kuitenkin käytetään urakoitsijaa runkotöissä, niin olisi hyvä pyrkiä siihen, että heille kuuluu lähtökohtaisesti kaikki runkotyöt. Tarkkojen runkotyösopimusten tekoon olisi hyvä kysyä neuvoa Turun yksiköltä, koska siellä rakennusliikkeen omien työryhmien kanssa tehtävät runkotyösopimukset ovat tarkoin laadittuja.

Raudoitusten varmuuskertoimien suhteen olisi hyvä tehdä ylimääräisiä vertailuja yksiköiden välillä, sekä mahdollisten eri suunnittelutoimistojen välillä, jotta nähtäisiin, onko ylimitoitusta. Myös kolmannen osapuolen kriittinen tarkastelu raudoitusten suhteen voisi olla järkevää joissakin tulevilla kohteilla.

Paikallavaluholvin muottimateriaalin suhteen voisi kilpailuttaa muottifirmat uudestaan, mikäli mahdollista. Kilpailutus on ainakin Turun alueella tuonut tuntuvia vähennyksiä muottikustannuksiin. Kun lähdetään toteuttamaan paikallavaluholveja näiden parannusehdotusten kautta, olisi hyvä valikoida kohteeksi normaali asuinkerrostalokohde, jossa holvin pinta-ala on noin 450 m².

5 POHDINTA

Tämä opinnäytetyö tehtiin valtakunnallisesti suuren asuntorakentajan Helsingin yksikköön. Paikallavaluholvin rakentaminen on moninainen prosessi asuinkerrostalon rungon rakentamisessa ja sen voi tehdä monella eri tavalla. Tässä tutkimuksessa haluttiin perehtyä paikallavaluholvin eroavaisuuksiin rakennusliikkeen eri yksiköiden välillä. Teoria osuudessa käytiin läpi yleiset rakentamistavat paikallavaluholviin liittyen, teorian pohjalta voitiin luoda kysymyspatteristo.

Opinnäytetyössä haastateltiin yhteensä kuutta rakennusliikkeen toimihenkilöä Helsingin, Tampereen ja Turun yksiköistä. Kustakin yksiköstä haastateltiin kahta henkilöä. Jokainen haastattelu analysoitiin ja saatujen vastausten avulla kustakin yksiköstä saatiin muodostettua käsitys heidän toimintatavastaan paikallavaluholveihin liittyen. Näin voitiin verrata yksiköitä keskenään ja etsiä mahdollisia yhtäläisyyksiä sekä eroavaisuuksia.

Haastatteluista saatu informaatio oli arvokasta selvitystyön kannalta. Haastatteluja vertaamalla löytyi eroja, sekä yhtäläisyyksiä yksiköiden välillä. Haastatteluiden pohjalta pystyttiin myös kehittämään ideoita, joilla voisi parantaa Helsingin yksikön paikallavaluholvin prosessia.

Haastatteluissa myös ilmeni, että jokaisella haastateltavalla oli hieman oma tapansa toteuttaa paikallavaluholveja, jolloin yksiköiden sisälläkin haastateltavat saattoivat vastata kysymyksiin eri tavalla. Haastatteluiden pohjalta saatiin kuitenkin luotua jokaiselle yksikölle se tyypillinen yksikön oma tapa toteuttaa paikallavaluholveja. Tämän opinnäytetyön pohjalta ja lisähaastatteluiden avulla voidaan mahdollisesti luoda yleismalli hyvästä toimintatavasta paikallavaluholveihin liittyen yksikön sisäisesti.

LÄHTEET

Betoniteollisuus ry. n.d. Mihin betonia käytetään. Luettu 28.1.2020. <https://betoni.com/tietoa-betonista/perustietopaketti/mihin-betonia-kaytetaan/>

Celsa Steelservice. n.d. Bamtec- mattorautoite. Luettu 10.2.2020. <https://celsa-steelservice.fi/tuotteet/bamtec/>

Celsa Steelservice. n.d. tuotevalikoima. Luettu 10.2.2020. <https://shop-fi.gcelsa.com/tyomaat>

Finnsementti Oy. n.d. Suomalainen sementti. Luettu 20.1.2020. http://www.finnsementti.fi/files/pdf/FS_Suomalainen_sementti_kirjanen_071112.pdf

Jorma Kananen. 2010. Opinnäytetyön kirjoittamisen käytännön opas. Tampere: Tampereen Yliopistopaino Oy – Juvenes Print.

Kestävä kivitalo- yritysryhmä. n.d. Muottijärjestelmät. Luettu 29.1.2020 <https://www.kivitalo.fi/betonirakenteet/muottijarjestelmat/>

Kestävä kivitalo- yritysryhmä. n.d. muottityön suunnittelu. Luettu 30.1.2020. <https://www.kivitalo.fi/betonirakenteet/muottityon-suunnittelu/>

Muottikolmio Oy. n.d. Betonin jälkihoitoaine. Luettu 31.1.2020. <https://www.muottikolmio.fi/betonin-jalkihoitoaine-levitetaan-katevasti-lehtipuhaltimella/>

PERI Suomi Ltd Oy. n.d. Multiflex- holvimuottijärjestelmä. Luettu 29.1.2020. <https://www.peri.fi/tuotteet/muotit/holvimuotit/multiflex-girder-slab-formwork.html>

Rakennustieto Oy. Teollinen betonirakentaminen. 1996, Betoniteollisuuden synty, 9

Rakennustieto Oy. RT 82-10814 Paikallavaletut betonirunkorakenteet, 2004, luettu 13.2.2020. <https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/RT%2082-10814>

Rakennustieto.fi. n.d. Paikallavalurungon toteutus. Luettu 5.2.2020. <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK010504.pdf>

Anita Saaranen-Kauppinen & Anna Puusniekka. 2006. KvaliMOTV- Menetelmäopetuksen tietovaranto (verkkojulkaisu). Tampere: Yhteiskuntatieteellinen tietovarasto (ylläpitäjä ja tuottaja). <https://www.fsd.tuni.fi/menetelmaopetus/> . (Viitattu 3.3.2020.)

Suomen betoniyhdistys ry. 2018. Betonitekniikan oppikirja BY 201. 6. painos. Helsinki: BY- Koulutus Oy.

LIITTEET

Liite 1. Kysymyspatteristo

1(3)

Liitteet numeroidaan juoksevasti omalla numerollaan ja siinä järjestyksessä, missä niihin viitataan tekstissä. Liitteissä on oltava otsikko ja lähdemerkintä, ellei liiteaineisto ole kirjoittajan laatima. Jos liitteessä on useita sivuja, niin esimerkiksi kolmisivuisen liitteen ensimmäisen sivun oikeaan yläreunaan kirjoitetaan 1 (3) ja seuraavalle sivulle 2 (3) ja viimeiselle sivulle 3 (3).

Opinnäytetyön kysymykset

Voinko nauhoittaa tämän keskustelun, jotta voin myöhemmin analysoida sitä? Saanko käyttää sinun tittelä ja kokemusta haastattelun lähteenä opinnäytetyössä?

Osa kysymyksistä on laaja-alaisia ja sitten on vähän yksityiskohtaisempia Kysymyksiin vastattaessa sana vapaa!

Paikallavaluholvikysymykset:

Miten yleisesti etenee paikallavaluholvin rakentaminen/suunnittelu ja mitä pitää ottaa huomioon?

Millaiset kohteet määrittelevät sen, että tuleeko kohteeseen paikallavaluholvi vai esimerkiksi ontelolaatta? Onko jokin tietty muoto tai neliömäärä taustalla tai jokin muuta?

Missä vaiheessa päätetään millä tekniikalla paikallavaluholvi toteutetaan?

Mikä vaikuttaa eniten siihen miksi paikallavaluholveja ei tehdä kohteissa?

Mistä paikallavaluholvin rakentamiseen käytettävät materiaalit (muottikalusto, rauditus, betoni) yleensä hankitaan? Onko hinnoittelussa eroa alueellisesti kenties?

Onko jotain jippoja/niksejä paikallavaluholvin toteuttamisessa?

Milloin paikallavaluholvin rakentaminen on kilpailukykyinen ontelolaattaan nähden?

Miten yleensä paikallavaluholvikohteessa toteutetaan muiden rakenneosien rakentaminen? Onko yleensä seinät elementteinä yms?

Onko muiden rakenneosien rakentamisella vaikutusta paikallavaluholvin tekkoon?

Miten paikallavaluholvi toteutetaan ajallisesti ontelolaattaan välipohjaan nähden teillä? (hitaampaa, nopeampaa)

Mitkä ovat yleensä kustannusten erot paikallavaluholvin ja ontelolaatan välillä?

Muottityön kysymykset:

Mitä muottitekniikkaa yleensä käytätte kohteissa?

Ketkä kaikki osallistuvat muottitekniikan suunnitteluun ja valintaan?

Millaisiin työsaavutuksiin päästään? (esim. pöytämuotilla päästään BY 201 mukaan 0,13 tth/m²)

Miten muottikiertotavoite määritetään kohteeseen?

Millaiseen muottikiertoon yleensä päästään kohteessa?

2(3)

Paljonko yleensä varaatte muottikalustoa valualueeseen nähden, jotta saataisiin mahdollisimman nopea muottikierto? BY 201 mukaan 3-4 kertainen valualueeseen nähden

Millainen työryhmä muottityössä? Tehdäänkö aliurakkana vai omilla työntekijöillä?

Mistä muottikalusto hankintaan? Onko omaa kalustoa käytössä?

Onko jollain muulla rakentamisella kohteessa vaikutusta muottityön aikatauluun?

Onko jotain mitä pitää erityisesti ottaa huomioon muottitöissä, jotta saavutetaan vaaditut tavoitteet?

Onko jotain hyväksi havaittuja metodeja, joilla päästään esimerkiksi nopeaan tahtiin, kustannusten pienenemiseen tai vältetään suden kuopat?

Onko jotain muuta vielä mitä haluaisit muottitöistä kertoa?

Raudoituksen kysymykset:

Miten kohteen raudoitus pyritään suunnittelemaan ja toteuttamaan? Tehdäänkö raudoitus vähillä raudoitetyypeillä, jolloin raudoittaminen nopeutuu tms?

Mitä raudoitustekniikkaa yleensä käytätte kohteissa?

Pyritäänkö raudoituksessa teräsmäärän minimointiin käyttäen esimerkiksi irtotankoja vai pyritäänkö raudoitustyönsujuvuuteen käyttäen erilaisia raudoituskomponentteja? Perinteinen raudoitus vai teollinen raudoitus

Käytetäänkö valmiita hakakoreja ja raudoituspukkeja vai tehdäänkö paikan päällä?

Mihin työsaavutuksiin päästään raudoituksen osalta?

Millä kokoonpanolla raudoitukset tehdään? onko aliurakkana vai omilla työntekijöillä?

Sovitaanko urakka aliurakoitsijoiden/omien työmiesten kanssa vai onko tuntihinta?

Millaiset on yleisesti suunnittelijoiden varmuuskertoimet raudoituksen suhteen?

Onko raudoitukseen liittyen joitain hyväksi havaittuja metodeja, jotka nopeuttavat prosessia tai ovat kustannustehokkaita?

Onko raudoituksesta jotain muuta mitä haluaisit kertoa?

LVIS-työkysymykset:

Miten LVIS- työt paikallavaluholvi kohteessa toteutetaan?

Mihin holvilla sijoitetaan yleensä nousukuilu? yhteistilojen puolelle/huoneistoihin?

Miten rytmitetään LVIS-asennukset holvilla? Pyritään tekemään mahdollisimman nopeasti alapinnan raudoituksen jälkeen?

Millainen työkokoonpano asennuksissa? LVIS- aliurakoitsija tekee?

Miten LVIS- urakoitsijat sitoutetaan holvin aikatauluun?

Onko LVIS-asennuksiin liittyen jotain hyviä metodeja?

Betonointikysymykset:

Mitä betonia yleensä käytetään? betonin koostumus?

Mihin työsaavutuksiin yleensä päästään?

3(3)

Ketkä yleensä tekevät betonoinnin? Onko kenties betonifirmasta tekijät, jotka valavat ja vibraavat, vai tekeekö omat työntekijät?

Tehdäänkö jonkinlaista lohkojakoa tai valualueita? Mitkä vaikuttavat lohkojaon tekemiseen?

Millä kalustolla betonointi tehdään? Onko pumppuautolla tai nostoastialla yms?

Miten talviolosuhteet otetaan huomioon?

Tehdäänkö kallistukset kosteisiin tiloihin samalla vai tehdäänkö myöhemmin erikseen?

Onko betonointiin liittyen hyväksi havaittuja metodeja, joilla betonointi saadaan kustannustehokkaaksi, nopeammaksi tai jolla vältetään mahdolliset sudenkuopat?

Jälkihoitokysymykset:

Miten jälkihoito otetaan huomioon?

Mitä jälkihoitotoimenpiteitä käytetään? Suojaus, kastelu, jälkihoitoaineet yms?

Kuka hoitaa jälkihoidon?