

Ari Ojanen

**Paikallavaletun betonirungon ja
betonielementtirungon kustannusvertailu sekä
rakentamisvaiheikataulun laatiminen**

As Oy Itikanmäen Muurikki

Opinnäytetyö

Kevät 2014

Tekniikan yksikkö

Rakennustekniikan koulutusohjelma



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Tekniikan yksikkö

Koulutusohjelma: Rakennustekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Talonrakennustekniikka

Tekijä: Ari Ojanen

Työn nimi: Paikallavaletun betonirungon ja betonielementtirungon kustannusvertailu sekä rakentamisvaiheaikataulun laatiminen

Ohjaaja: Loukola Ilkka

Vuosi: 2014

Sivumäärä: 40

Liitteiden lukumäärä: 1

Tämä opinnäytetyö on tehty Peab Oy:lle. Työssä vertaillaan As Oy Itikanmäen Muurikin betonisen kantavan rungon ja välipohjien tuotantokustannuksia paikallavalutekniikan ja elementtitekniikan välillä. Vertailtavina rakennetyypeinä käytetään perinteistä paikallavalettua betonirunkoa ja välipohjaa sekä betonielementtirunkoa ja ontelolaattavälipohjaa. Kustannusvertailun lisäksi kohteen eri rakennetyyppien toteutukselle laaditaan rakentamisvaiheaikataulut.

Työssä on pyritty käsittelemään suunnittelun näkökulmasta niitä seikkoja, jotka vaikuttavat rakenteen valintaan ja tästä johtuen myös kustannuksiin. Suunnittelun pohjalta valituille rakennepoikkileikkauksille on laadittu kustannusarviot, joista lopputuotteena on saatu tietää kohteen kahden eri toteutustavan teoreettiset kokonaiskustannukset.

Avainsanat: betoni, betonielementit, betonirakenteet, tuotantokustannukset

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of Technology

Degree programme: Construction Engineering

Specialisation: Building Construction

Author: Ari Ojanen

Title of thesis: A comparison of cost-efficiency and scheduling between concrete element method and site-cast concrete framing

Supervisor: Loukola Ilkka

Year: 2014

Number of pages: 40

Number of appendices: 1

The thesis was made for Peab Oy. The thesis compared the cost-efficiency and scheduling between concrete element method and site-cast concrete framing of Itikanmäen Muurikki, a housing company. The types of compared structures are traditional site-cast walls and intermediate floor, and element walls and multicore slab. Apart from cost-efficiency, scheduling was made for these different methods of framing.

In the thesis, the aim was to study aspects affecting the choice of structure types and construction costs from the planning perspective. For the structures, a cost-estimate was calculated, and in the end the gross expenditure of the two different ways to construct a concrete frame was found out.

Keywords: concrete, concrete element, concrete structures, production costs

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	2
Thesis abstract.....	3
SISÄLTÖ.....	4
Kuvio- ja taulukkoluetelo.....	6
Käytetyt termit ja lyhenteet	7
1 JOHDANTO	9
2 SUUNNITTELU.....	10
2.1 Rakenteille asetettavat vaatimukset.....	10
2.1.1 Lujuus ja kantavuus	10
2.1.2 Äänen eristävyysvaatimukset	11
2.1.3 Palotekniset vaatimukset	11
2.2 Käytettävän rakenteen valinta.....	12
2.3 Rakenteen valinnan vaikutus LVIS-suunnitteluun	14
2.3.1 Lämmitysjärjestelmä	14
2.3.2 Vesi- ja viemärointijärjestelmä	15
2.3.3 Ilmanvaihtojärjestelmä	15
2.3.4 Sähköjärjestelmä	16
2.4 Vertaileva suunnittelu.....	16
2.5 Rakenteen valinnasta johtuvat kustannukset	19
3 TUOTANTOTEKNIikka.....	21
3.1 Työ- ja materiaalimenekit	21
3.1.1 Paikallavalettu holvi	21
3.1.2 Ontelolaattaholvi	23
3.1.3 Paikallavalettu runko.....	26
3.1.4 Elementtirunko	28
3.2 Kalusto.....	30
3.2.1 Holvimuottijärjestelmä.....	30
3.2.2 Suurmuottijärjestelmä	31
3.2.3 Elementtikalusto.....	32
3.2.4 Torninosturi	32

4 AIKATAULUSUUNNITTELU	33
5 KUSTANNUSVERTAILU	35
LÄHTEET	37
LIITTEET	40

Kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuvio 1. Ontelolaatta 370 mm + pintatasoite n. 17 mm	13
Kuvio 2. Paikallavaluholvi 260 mm + pintatasoite n. 10 mm	13
Kuvio 3. Kantava betoni-/ betonielementtiseinä 200/180/160 mm	14
Kuvio 4. O37K kylpyhuonesyvennettyontelolaatta	15
Kuvio 5. Ontelolaattojen sijoittuminen holvilla	17
Kuvio 6. Hormien sijainti ontelolaattaholvilla	18
Kuvio 7. Rami-20- holvimuottijärjestelmä (Ramirent, [viitattu: 17.4.2014].).....	31
Kuvio 8. Suurmuotti, (Kone-Ratu 06-3020 1991.)	31
Kuvio 9. Holvin kerroskohtainen rakentamisvaihe aikataulu	33
Kuvio 10. Kantavanrunгон kerroskohtainen rakentamisvaihe aikataulu	34
Taulukko 1. As Oy Itikanmäen Muurikin huoneistot	20
Taulukko 2. Holvirakenteiden tuotantokustannukset.....	35
Taulukko 3. Kantavien seinien tuotantokustannukset	35
Taulukko 4. Kokonaiskustannukset.....	36

Käytetyt termit ja lyhenteet

T3-aika	T3-aika eli työvuoroaika. T3-ajat ovat tavoitteellisia työmenekkejä, jotka eivät sisällä yli tunnin kestäviä häiriöitä tai keskeytyksiä. Tehollista aikaa käytetään rakentamisvaiheikataulujen, viikkoaikataulujen ja tehtäväsuunnitelmien kestojen laskennassa.
TL3-kerroin	TL3-kerroin eli työvaiheen lisäaika. TL3-kerroin sisältää vähintään tunnin pituisia työn keskeytyksiä, pieniä erillisiä työvaiheita tai koneiden ja laitteiden rikkoutumisia tai huoltoja, odotusaikoja, säähaittoja, tapaturmia tms.
T4-aika	T4-aika eli työvaiheaika. T4-ajat ovat kokonaisaikoja, jotka sisältävät kaikki työhön käytetyt tunnit, myös tunnin mittaiset ja pidemmät työskentelyn keskeytykset lukuun ottamatta työehtosopimuksen mukaisia vapaapäiviä. Kokonaisaikaa käytetään kustannusten arvioimiseen ja yleisaikataulujen laadintaan. $T4 = TL3 * T3$ eli kokonaisajat saadaan kertomalla työvuoroajat TL3-kertoimella.
Työntekijätunti (tth)	Työntekijäkohtainen työtunti eli kokonaistyömenekki. Jos esimerkiksi kolmen työntekijän työryhmä työskentelee kaksi tuntia, on yhteensä kulunut kuusi työntekijätuntia. Vertailtaessa eri työkokonaisuuksia voi kokonaistyömeneikin yksikkönä olla myös esim. tth/brm^2 .
Työmenekki	Aika, jonka työntekijä, työryhmä tai kone tarvitsee yhden suoriteyksikön aikaansaamiseksi, esimerkiksi tth/m^2 tai $kone-h/m^3$.
Määrälaskenta	Määrälaskennalla tarkoitetaan rakennuskohteeseen liittyvien kustannuslaskentanimikkeiden määrien selvittämistä, esimerkiksi puutavara juoksumetreinä jm ja betoni kuutioina m^3 .

R'_w (dB)

Ilmaääneneristysluku on kahden huoneen tai muun tilan välisestä rakenteesta mitattu kuvaava luku, joka saadaan vertaamalla taajuuskaistoina mitattua ilmaääneneristävyyttä standardoituun vertailukäyrään.

$L'_{n,w}$ (dB)

Askeläänen eristävyttä tilojen välillä kuvaava luku eli askeläänitasoluku, joka saadaan vertaamalla taajuuskais-toittain mitattua ja normalisoitua äänenpainetasoa standardoituun vertailukäyrään.

1 JOHDANTO

As Oy Itikanmäen Muurikki on Seinäjoen Itikanmäen kaupunginosassa sijaitseva asuinkerrostalo. Kohde sisältää 23 asuinhuoneistoa viidessä kerroksessa, asuntokoot vaihtelevat 36 m²:n huoneistoista aina ylimmän kerroksen 102 m²:n huoneistoihin. Lisäksi kokonaisuuteen kuuluu kellarikerros, jossa sijaitsevat kaksi 49,5 ja 72,5 m²:n liike-/toimitilaa, väestönsuoja sekä varasto- ja tekniset tilat. Kohteen bruttoala on noin 2270 m² ja kerrosala on noin 1905 m². Kohteen rungon kantavat rakenteet tehdään teräsbetonista pääosin paikalla valamalla.

Työssä tullaan keskittymään teräsbetoniseen pystyrunkoon sekä ylä- ja välipohjiin. Ulkopuolelle rajautuvat tavallisesti elementtirakenteisina toteutettavat parveketornit sekä sokkeli- ja hissikuiluelementit. Tiettyjen elementtirakenteiden lisäksi työssä ei käsitellä paikallavalettuja rakenneosia, kuten anturoita ja maanvaraista alapohjaa. Työssä käydään läpi LVIS-tekniikan vaikutukset sekä sen asettamat ehdot rakenteen valintaa koskien. Tässä opinnäytteessä ei kuitenkaan varsinaisesti perehdytä LVIS-tekniisiin kustannuksiin.

Työ käsittelee As Oy Itikanmäen Muurikin betonista runkoa ja se on tältä osin soveltuva käytettäväksi vain kyseisen kohteen rakennusratkaisujen vertailuun.

2 SUUNNITTELU

2.1 Rakenteille asetettavat vaatimukset

Suomen ympäristöministeriö on rakennuslain pykälän 13 § nojalla antanut sovellettavaksi seuraavat määräykset ja ohjeet rakenteiden varmuutta ja kuormitusta, ääneneristävyttä ja meluntorjuntaa sekä paloturvallisuutta koskien. Seuraavat kappaleet soveltavat näitä Suomen rakentamismääräyskokoelman B1-, B4-, C1- ja E1-osissa säädettyjä määräyksiä teräsbetonirakenteisiin välipohja- sekä seinäratkaisuihin.

2.1.1 Lujuus ja kantavuus

Suomen rakentamismääräyskokoelman osan B1 (1998) mukaan rakenteet tulee suunnitella ja mitoittaa riittävällä varmuudella siten, että rakentamisen ja rakennuksen normaalin käytön aikana rakenteet ottavat murtumatta vastaan niihin todennäköisesti kohdistuvat kuormitukset. Rakenteissa ei saa myöskään ilmentyä käytölle haitallisia muodonmuutoksia kuten halkeamia, painumia tai käytöstä johtuvaa värähtelyä.

Suunnitteluvaiheessa rakenteille kohdistuvien kuormien arvoja nostetaan kuormien osavarmuuskertoimilla ja vastaavasti rakenteen ominaislujuutta vähennetään jakamalla materiaalin lujuusarvot materiaalin osavarmuuskertoimella. Betonirakenteet kuuluvat tavallisesti rakenneluokkaan 2, mikä tarkoittaa sitä, että materiaalien osavarmuuskertoimet ovat betonille 1,50 ja teräkselle 1,20. (Suomen RakMK B4 2005, 8.) Kuormien osavarmuuskertoimina käytetään pysyville kuormille g 1,2 ja muuttuville kuormille q_k 1,6. Välipohjien tulee kantaa itsensä lisäksi myös sille tulevat hyötykuormat. Näitä hyötykuormia asuinkerrostalossa tyypillisesti ovat oleskelukuorma asunnoissa q_{k1} 1,5 kN/m² ja porrashuoneissa q_{k2} 2,5 kN/m². (Suomen RakMK B1 1998, 6.) Kevyiden väliseinien ja holvilla sijaitsevien muiden rakenteiden kuormituksena käytetään hyötykuorman arvoa q_{k3} 1 kN/m² (Rakenne- ja rakennuspiirustukset).

2.1.2 Äänen eristävyysvaatimukset

Rakennusten ja rakenteiden ääniteknisistä ominaisuuksista on nykypäivänä tullut varsin merkittäviä ja tärkeä suunnittelu- ja rakennusvaiheessa huomioon otettava seikka. Tilojen keskinäisessä sijoittelussa on tärkeää ottaa huomioon erilaisten tilojen ääniolosuhteisiin vaikuttavat tekijät kuten melun lähteen voimakkuus. Tästä johtuen toiminnoiltaan samankaltaiset tilat, kuten kylpyhuoneet, suositellaan sijoitettavaksi päällekkäin joka kerroksessa ja vastaavasti vierekkäisissä huoneistoissa saman kantavan seinälinjan tai huoneiston ulkoseinälinjan läheisyyteen ääniongelmien välttämiseksi. Rakenteen paksuus ja siitä johtuva massan lisääntyminen on myös oleellinen äänen eristävyttä parantava tekijä. Lisäksi läpivientien huolellinen tiivistäminen on ääniteknisesti tärkeää. Paljon lisääntynyt kovien lattiapintamateriaalien, kuten parketin ja laminaatin, käyttö vaatii alleen erillisen askelääntä vaimentavan joustavan materiaalin ja paksumman holvirakenteen, jotta rakenne täyttää sille asetetut askeläänen eristävyysvaatimukset. (Suomen RakMK C1 1998, 3–5.)

Suomen rakentamismääräyskokoelman osan C1 (1998) mukaan pienimmän sallitun ilmaääneneristävyysluvun (R'_{w}) arvo ei saa alittaa 55 dB:ä asuinhuoneiston ja sitä ympäröivien tilojen välillä. Suurimman sallitun askeläänitasoluvun ($L'_{n,w}$) arvo ei saa ylittää 53 dB:ä asuinhuoneistoa ympäröivistä tiloista keittiö mukaan huomioiden. Askeläänitasoluvun vaatimuksen ei tarvitse täyttyä kylpyhuoneen ja toisen asunnon välisellä rakenteella, mikä tulee ottaa huomioon toimintojen sijoittelussa. Uloskäytävistä asuinhuoneeseen ($L'_{n,w}$) arvona käytetään 63 dB:ä. (Suomen RakMK C1 1998, 5.)

2.1.3 Palotekniset vaatimukset

Suomen rakentamismääräyskokoelman osan E1 (2011) mukaan rakennukset jaotellaan eri paloluokkiin, jotka ovat P1, P2 ja P3. Yli neljäkerroksiset asuinkerrostalot kuuluvat tavallisesti paloluokkaan P1, jossa rakennuksen kantavien rakenteiden tulee kestää paloa sortumatta. Palon ja savun leviämisen rajoittamiseksi, poistumisteiden turvaamiseksi ja omaisuusvahinkojen vähentämiseksi rakennus jaetaan palo-osastoihin, mikä tarkoittaa asuinkerrostalossa, että kukin asunto on oma pa-

lo-osastonsa. (Suomen RakMK E1 2011, 8–11.) Palon eristävyiden osalta tärkeässä osassa ovat erilaiset talotekniikan läpiviennit ja niiden huolellinen tiivistäminen. (Ontelolaatastojen suunnitteluohje 2013, 37.)

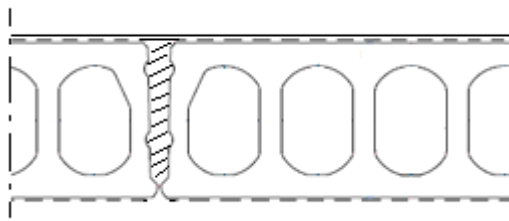
3–8-kerroksisten asuin- tai työpaikkarakennuksen kantavien rakenteiden tulee täyttää REI60-vaatimus, mikä tarkoittaa, että rakenteen kantavuuden, tiiviiden ja eristävyiden tulee säilyä tulipalotilanteessa 60 minuutin ajan (Suomen RakMK E1 2011, 5–16.). REI60-palonkestovaatimus täyttyy betonirakenteilla helposti, joten rakenteita suunniteltaessa paloteknisistä vaatimuksista tulee harvoin määrääviä.

2.2 Käytettävän rakenteen valinta

Ontelolaattojen kantavuuteen ja lujuuteen vaikuttavat käytetty betonimassa, laatasta olevat teräspunokset sekä alkujännitysvoima. Nämä ominaisuudet määrittää kohdekohtaisesti elementtitehtaan elementtisuunnittelija. (Ontelolaatastojen suunnitteluohje 2013, 3.) Näin päästään lopputulokseen, jossa kohteen kantavuudelle ja lujuudelle asetetut vaatimukset täyttyvät jo < 370 mm ontelolaatalla.

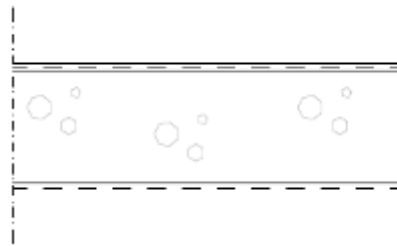
Ontelolaattaholvia suunniteltaessa määrääväksi tekijäksi osoittautuvat usein laatan äänitekniset ominaisuudet. Tämä tarkoittaa sitä, että holvirakenteen massan tulee olla vähintään 500 kg/m^2 askelääneneristävyysvaatimusten ($L'_{n,w}$) täyttämiseksi, mikäli pintamateriaalina käytetään lautaparkettia ja parketin alla joustavaa alusmateriaalia. Kohteen vertailussa käytettäväksi holvirakenteeksi määräytyy 370 mm paksu ontelolaatta (myöhemmin tekstissä O37), jonka massa saumattuna on 510 kg/m^2 . (Äänitekniset kortit.)

Paloteknisiltä ominaisuuksiltaan ontelolaattojen perustyyppit täyttävät REI60-vaatimuksen, joten välipohjarakennetta määritettäessä kyseinen vaatimus ei muodostu määrääväksi (Ontelolaatastojen suunnitteluohje 2013, 13.). Tutkimuksessa käytettävä ontelolaattarakenne esitetään kuviossa 1.



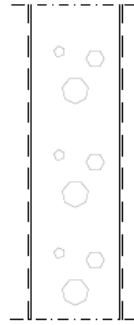
Kuvio 1. Ontelolaatta 370 mm +
pintatasoite n. 17 mm

Paikallavalutekniikkaa käytettäessä kohteen holvirakenteen paksuudeksi määräytyy 260 mm, sillä kyseinen rakennepaksuus mahdollistaa riittävän tilan viemäröintien asentamiseen. Ääniteknisiltä ominaisuuksiltaan 260 mm paksu rakenne täyttää helposti välipohjille asetettavat askeläänitasoluvun ($L'_{n,w}$) vaatimukset 650 kg/m² massallaan. (Rakenne- ja rakennuspiirustukset.) Tutkimuksessa käytettävä paikalla valettu holvirakenne esitetään kuviossa 2.



Kuvio 2. Paikallavaluholvi 260 mm +
pintatasoite n. 10 mm

Betoni- ja betonielementtirungon pystyrakenteina käytetään rakennus- ja rakennepiirustusten mukaan seuraavia seinien rakennevahvuuksia: porrashuoneen seinät 200 mm, huoneistojen väliset seinät 180 mm ja huoneistojen sisäiset seinät 160 mm. Kyseisillä rakennevahvuuksilla saavutetaan riittävä kantavuus sekä rakenteen äänitekniset ominaisuudet täyttävät ilmaääneneristävyydelle (R'_w) asetetut vaatimukset. (Rakenne- ja rakennuspiirustukset.) Tutkimuksessa käytettävä kantava seinärakenne esitetään kuviossa 3.



Kuvio 3. Kantava betoni-/ betonielementtiseinä
200/180/160 mm

2.3 Rakenteen valinnan vaikutus LVIS-suunnitteluun

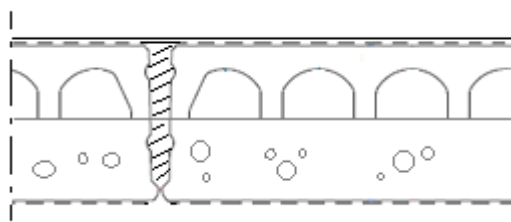
2.3.1 Lämmitysjärjestelmä

Lämmitysratkaisuna asuinkerrostaloissa käytetään yleisesti kaukolämpötoimista vesikeskuslämmitystä pattereilla, joiden runkolinjat on toteutettu teräksisillä nousujohdoilla tai holviin asennetuilla muovisilla lämmönjakojohdoilla. Paikalla valetuissa holviratkaisuissa suositaan holvin valuun sijoitettavia muoviputkia, joiden nousujohdot sijaitsevat käytävien hormeissa ja jakotukit on sijoitettu hormin jakotukki-kaappeihin. Kyseinen ratkaisu on ääniteknisesti parempi kuin ontelolaattaholvin yhteydessä käytettävät teräksiset nousujohdot, jotka kulkevat rakennuksen alimmasta kerroksesta aina ylimpään kerrokseen yhtenäisenä linjana lävistäen holvirakenteen kerrosten välillä. (LVI-selostus ja suunnitelmat.)

Vesikiertoisen patterilämmityksen lisäksi kohteen pohjoisella julkisivulla sijaitsevien puolilämpimien parvekkeiden sekä kaikkien kosteiden tilojen, kuten kylpyhuoneiden, lämmitysjärjestelmänä käytetään sähköllä toimivaa lattialämmitystä (LVI-selostus ja suunnitelmat.). Vesikiertoinen lattialämmitys ei sovellu sellaisenaan kumpaankaan välipohjaratkaisuun, sillä kantava holvirakenne vaatisi päällelän lämpökatkon ja erillisen pintavalulattian, johon lattialämmitys sijoitettaisiin (Warmia lattialämmitys, [viitattu 1.4.2014], 2.).

2.3.2 Vesi- ja viemäröintijärjestelmä

Välipohjarakenteeseen tulevat viemäriasennukset sijoitetaan kuvio 4 mukaiseen 170 mm kylpyhuonesyvennyksellä varustettuun ontelolaattaan (myöhemmin tekstissä O37K) siten, että wc-istuimen etäisyys hormin liitoskohdasta on enintään 2000 mm ja lattiakaivon etäisyys 3000 mm. Muilta osin viemärien vaakavetojen kaadon tulee täyttää 10 ‰ minimivaatimus. Tarvittaessa esimerkiksi keittiön vesipisteen viemäröinti voidaan sijoittaa O37-laatan päähän tehtyyn enintään 400 mm pitkään ja 200 mm syvään viemäröintiuraan, joka mahdollistaa viemäröinnin ontelolaataston poikkisuunnassa edellä mainitun minimikaadon puitteissa, sillä O37K-laattojen käyttö ei suurissa määrin ole kannattavaa. Paikallavalutekniikka mahdollistaa ontelolaattatekniikkaan verraten pidemmät viemäröintietäisyydet ja vapaamman sijoittelun, sillä viemäröinti voidaan toteuttaa suorina linjoina hormilta kaivolle tai vesipisteelle saakka. (Ontelolaataston suunnitteluohje 2013, 38–40.)



Kuvio 4. O37K kylpyhuonesyvennettyontelolaatta

Seinien vesipisteiden asennuksissa ja sijainnissa ei ole poikkeavaisuuksia elementti- ja paikallavalutekniikan välillä. Tavallisesti putkitukset tuodaan vesipisteille yläkautta joko valuun sijoitettuna tai jälkiasennettuna valuun tehtyyn varaukseen. Tarvittavat vaakavedot sekä jakotukki asennetaan huoneistojen alakattoihin piilottuna. (LVI-selostus ja suunnitelmat.)

2.3.3 Ilmanvaihtojärjestelmä

Rakenteen valinnalla ei ole vaikutusta ilmanvaihtojärjestelmän suunnitteluun ja toteutukseen, sillä 125 mm kanavien vaakavedot asennetaan tavanomaisesti piilottuna alakattoihin. Tutkimuksen kohteessa käytetään keskitettyä koneellista tulo-

ja poistoilmanvaihtoa, jossa ilmanvaihtokoneet sijaitsevat ullakon IV-konehuoneessa. (LVI-selostus ja suunnitelmat.)

2.3.4 Sähköjärjestelmä

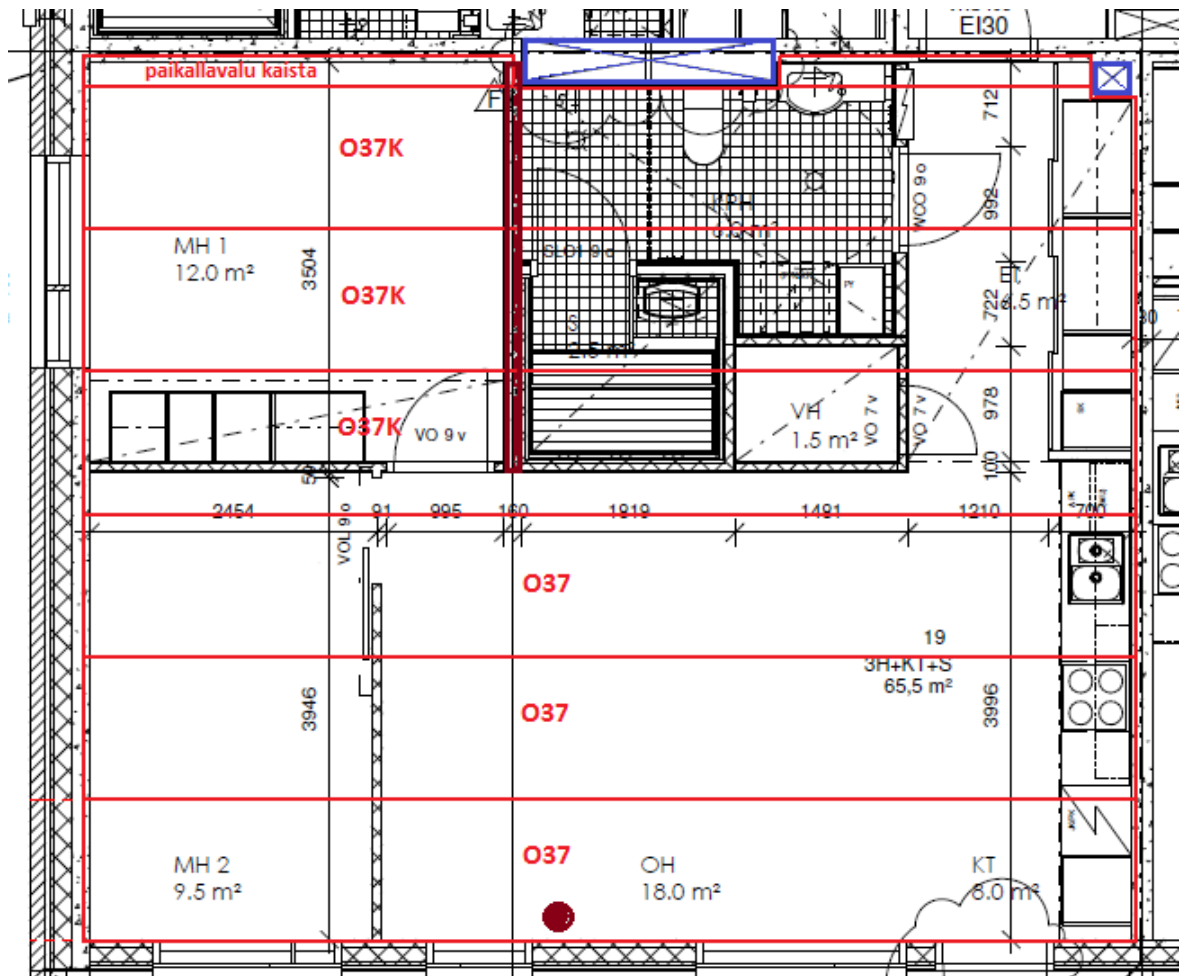
Paikallavalutekniikkaa ja elementtitekniikkaa vertailtaessa sähkösuunnittelun näkökulmasta eroavaisuuksia on ainoastaan holviratkaisujen välillä, sillä kummassakin tapauksessa seinien sähköputkitukset sidotaan kiinni raudoitukseen ja rasiavaurukset tehdään valumuotin sisäpintaan erilaisia kiinnikkeitä käyttäen (Sähkösuunnitelmat).

Paikalla valetulla holvirakenteella sähköpisteiden sijoittelu on vapaampaa ja johtopituudet ovat pienempiä kuin ontelolaattaholvilla. Ontelolaatan sähkövedot voidaan tehdä onteloon tai laatan saumaan tiettyjen ääniteknisten kriteerien puitteissa. Sähköputket tulee asentaa kannattamalla siten, etteivät putket ole kosketuksessa sauman pohjaan, sillä virheellinen asennus saattaa vähentää laatastoa ääneneristävyyttä jopa 10 dB:llä. Laatan pituussuuntaisissa saumoissa saa viedä enintään kaksi halkaisijaltaan 20 mm sähköputkea ja päätysaumoissa kolme halkaisijaltaan 20 mm putkea. (Äänitekniset kortit 2002.) Tarvittaessa lisäasennustilaa, laatan päähän tehdään laatan levyinen 150 mm pitkä ja 50 mm syvä sähköputkivaraus (Ontelolaatastojen suunnitteluohje 2013, 21).

2.4 Vertaileva suunnittelu

Rakenteena ontelolaatta mahdollistaa pitkät jännevälit ja poistaa huoneiston sisäisten tilajärjestelyiden rajoitteita. Näitä rajoituksia ovat tavallisimmin paikallavalutekniikan vaatimat huoneiston sisäiset kantavat pystyrakenteet. (Laitinen 1996, 21.) Paikallavalutekniikan suositeltava laatan enimmäisjänneväli on noin 8 m, eli rakenteella saavutetaan noin 8 x 8 m kokoisia kenttiä siten, että laatta tukeutuu kantavaan seinään vähintään kolmelta sivulta (RT 82-10814. 2004, 1.). Vastavasti O37-ontelolaatalla päästään jopa 13 m:n jänneväleihin ja O37K-laatan suurin suositeltava jänneväli on 8,5–11 m riippuen kylpyhuonesyvennetyn alueen sijainnista laatastossa (Ontelolaatastojen suunnitteluohje 2013, 40).

Vertailun mahdollistamiseksi molemmista välipohjaratkaisuista on laadittava suunnitelmat. Kohteen toteutustavasta johtuen käytössä oli vain paikallavaletun välipohjarakenteen piirustukset. Kuviossa 5 on laadittu karkea suunnitelma ontelolaattaholvista ja rakenteen valinnan vaikutuksista kantaviin seinälinjoihin. Edellä käsitellyistä syistä voidaan kuvan ruskealla merkityt kantavat pystyrakenteet poistaa tai korvata kevyemmällä rakenteella kuten puurunkoisella levyseinällä.

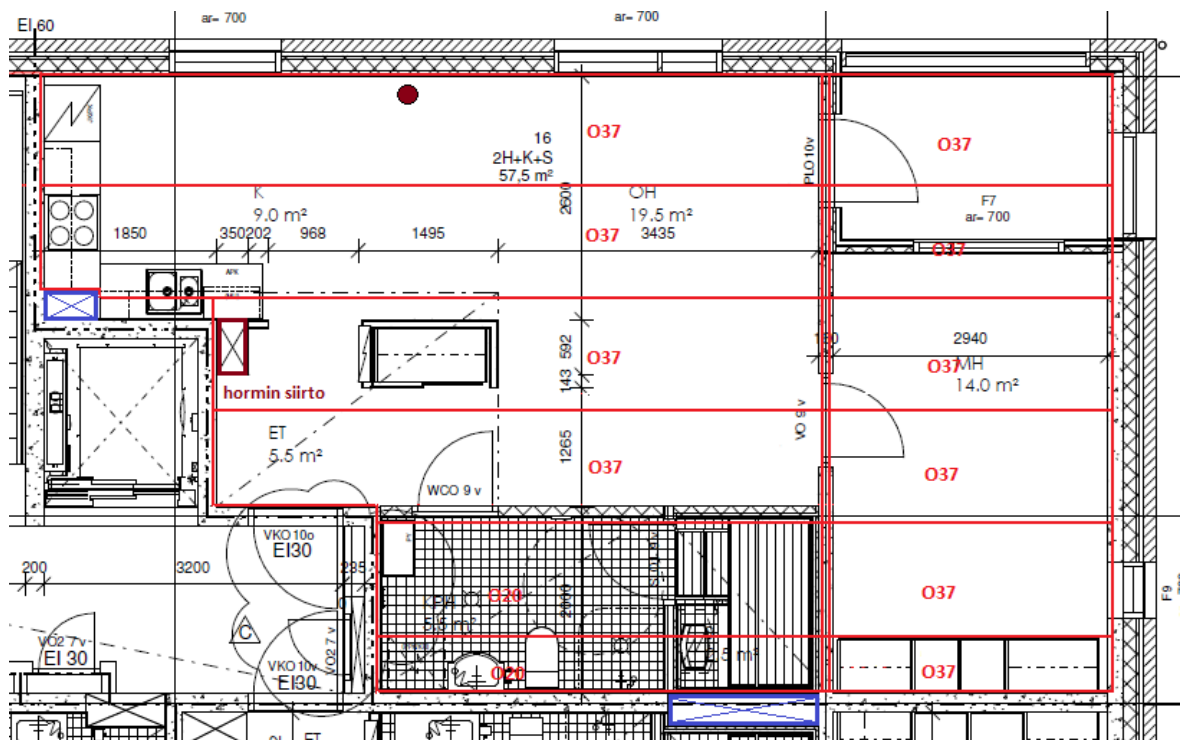


Kuvio 5. Ontelolaattojen sijoittuminen holvilla

Ontelolaattaholvin jako tulee suunnitella siihen tehtävien reikien ja varausten ehdoilla, sillä suurien reikien tekemistä keskelle yksittäistä ontelolaattaa tulisi välttää. Tästä johtuen hormit tulee sijoittaa holvin reuna-alueelle laataston suuntaisina tai laatan saumakohtaan siten, että ontelolaatan tukipinnan leveydeksi jää vähintään 750 mm (O37). Reikien tekemistä kavennettuun laattaa tulisi välttää. Mikäli edellä mainittu tukipinnan leveys ei täyty, laatta tulee katkaista aukon reunasta ja kannan-

koida tarkoitukseen suunnitelluilla valmisteräosilla viereisiin ontelolaattoihin. (Ontelolaatosten suunnitteluohje 2013, 17–22.)

Vertailun mahdollistamiseksi yhtä hormilinjaa jouduttiin siirtämään johtuen hormin epäedullisesta sijainnista ontelolaatastoon nähden. Vertailukohteessa käytetään 350 x 550 mm, 350 x 1650 mm ja 350 x 2150 mm Elpo-elementtihormeja. Kuviossa 6 esitetään edellä mainittu hormilinjain muutos siten, että sinisellä merkityt ovat olemassa olevia tai siirrettyjä hormeja ja ruskealla merkitty on korvattava hormi.



Kuvio 6. Hormien sijainti ontelolaattaholvilla

Kantavia seinälinjoja määritettäessä merkittäväksi tekijäksi muodostuu holvirakenteen valinta, sillä valittu välipohja määrittää pitkälti kantavien seinälinjojen sijainnin ja määrän. Lamellitaloissa kantava pystyrunko pyritään suunnittelemaan siten että päätyjen ulkoseinät ja huoneistojenväliset seinät ovat kantavia. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että kantavat seinälinjat toistuvat samantyyppisinä kerroksissa perustuksista yläpohjaan saakka. Välipohjarakenteen valinnasta johtuen huoneiston sisäisten kantavien seinälinjojen tarve vaihtelee. Paikallavalettu holvi tarvitsee alleen lisätuentaa, vastaavasti ontelolaatastolla saadaan suuria avaria tilaratkaisuja ja kaikki huoneiston sisäiset seinät voidaan toteuttaa kevyinä väliseininä. (Laitinen

1996, 54, 75–77.) Tästä johtuen vertailukohteen huoneiston sisäisiä 2,72 m korkeita kantavia seiniä voitiin muuttaa kevyiksi levyseiniksi noin 20 jm:n verran.

Elementeillä tai paikalla valaen toteutetulla kantavilla seinillä ei rakenteellisesti ole eroavaisuuksia, sillä seinärakenteen poikkileikkaus on sama molemmilla toteutustavoilla. Tästä johtuen seinien LVIS-tekniiset työt kyetään toteuttamaan samankaltaisina kumpaisessakin vaihtoehdossa. Elementtijaon suunnittelussa tulee huomioida logistiikan ja nostokaluston asettamat rajoitteet. Tästä johtuen yksittäisen seinäelementin pituus tulee säätää siten, ettei elementin massa ylitä nostokaluston maksiminostokykyä. (Rakenne- ja rakennuspiirustukset.)

2.5 Rakenteen valinnasta johtuvat kustannukset

Kappaleen 2.4 mukaan voitiin huoneiston sisäisiä kantavia seiniä muuttaa kevyiksi 20 jm:n verran, mikä vaikuttaa suoraan myytävään huoneistoalaan kasvattaen myyntituottoja. Huoneistoala tarkoittaa asuntoon kuuluvien huoneiden huonealojen sekä kevyiden seinien summaa, joten kantavat rakenteet eivät sisälly myytävään huoneistoalaan (RT 12-10277 1985, 5). Kohteen huoneistojen keskimääräinen myyntihinta on 3 250 €/m². Tämä tarkoittaa 160 mm paksulla metrin mittaisella seinäkaistaleella 520 €:n kustannuksia. Kohteen elementtiratkaisulla saavutettava myyntivoitto on yhteensä 10 400 €, joka voidaan suoraan vähentää kokonaiskustannuksista. Myytävien huoneistojen neliöhinnat on esitetty taulukossa 1.

Myyntivoittojen lisäksi tulee ottaa huomioon betonielementtiseinän ja levyrakenteisten seinien tuotantokustannusten erotus. Huoneiston sisäisten 160 mm paksujen seinien kustannuksiksi asennustöineen saatiin 108,82 €/m², puurunkoiselle levyseinälle 34,2 €/m² ja metallirankaiselle levyseinälle 31,1 €/m². Puurunkoisella seinärakenteella korvattiin noin 15 m² parvekkeen ja huoneiston välisiä betonielementtiseiniä ja vastaavasti metallirankaisella seinärakenteella korvattiin noin 54 m² huoneistojen sisäisiä kantavia seiniä. Kustannusten erotukseksi saatiin 1 119,3 € puurunkoisien seinien eduksi ja 4 196,9 € metallirankaisen seinien eduksi. Seinämuutosten erotukset otetaan huomioon betonielementtiseinien kokonaiskustannuksissa kappaleessa 5.

Vertailtaessa ontelolaattavälipohjaa paikallavalettuun välipohjaan on huomioitava holvirakenteiden välinen paksusero ja tämän vaikutus rakennuskorkeuteen, mikäli huonekorkeus pyritään pitämään molemmissa vaihtoehdoissa samana. Paikallavaletun laatta on 260 mm paksu ja ontelolaatta 370 mm paksu, mikä tarkoittaa kohteen kerrosluku huomioiden yhteensä 660 mm:n muutosta rakennuskorkeuteen. Rakennuskorkeuden muutos lisää luonnollisesti niin muurauksen kuin eristeiden kustannuksia, koska korkeuden muutos lisää ulkovaipan pinta-alaa 44 m². Rakennuskorkeuden muutoksen lisäkustannukset ontelolaattavälipohjalla ovat yhteensä 4 307 €. Kustannukset on huomioitu kappaleessa 5.

Kappaleen 2.4 mukaisen hormilinjan muutoksen ei katsota aiheuttavan vaikutusta kohteen kustannuksiin, sillä hormin siirtymä on verraten pieni ja käytettävän hormin poikkileikkaus ei muutu alkuperäisestä.

Taulukko 1. As Oy Itikanmäen Muurikin huoneistot

Huoneisto	m2	€/m2	Velaton
VK1	3,5	500	1 750 €
VK2	5	800	4 000 €
LH1	48,5	2 552	123 750 €
LH2	72	2 517	181 250 €
A1	57,5	2 775	159 582 €
A2	73	2 595	189 419 €
A3	36	3 303	118 896 €
A4	65,5	2 747	179 926 €
A5	52	2 799	145 568 €
A6	57,5	3 035	174 501 €
A7	73	2 855	208 407 €
A8	36	3 529	127 033 €
A9	65,5	2 975	194 844 €
A10	52	3 034	157 774 €
A11	57,5	3 271	188 063 €
A12	73	3 109	226 942 €
A13	36	3 780	136 075 €
A14	65,5	3 202	209 763 €
A15	52	3 269	169 980 €
A16	57,5	3 467	199 365 €
A17	73	3 394	247 737 €
A18	36	3 956	142 404 €
A19	65,5	3 499	229 202 €
A20	52	3 538	183 995 €
A21	97,5	3 626	353 523 €
A22	102	3 501	357 139 €
A23	55,5	3 975	220 612 €

3 TUOTANTOTEKNIikka

3.1 Työ- ja materiaalimenekit

Seuraavissa kappaleissa on selvitetty eri toteutusvaihtoehtojen kullekin työvaiheelle lasketut työ- ja materiaalimenekit sekä työvaiheet resurssitarpeineen.

3.1.1 Paikallavalettu holvi

Paikallavalettavan holvin teko alkaa pystyttämällä ja säätämällä muottikaluston tukijalat oikeaan korkoon riittävän tihein tukivälein. Tämän päälle ladotaan niska- ja koolauspalkit. Palkiston päälle levitetään muottipinta siten, että muottilevyt tukeutuvat kauttaaltaan koolauspalkistoon. Valualueen reunoille sekä aukkovarausten kohtaan rakennetaan valutopparit. Lopuksi muotti lisätuetaan sekä muottilevy-pinta vaaitaan ja muotin korko tarkistetaan vielä kertaalleen, sillä liian paksun holvin valamainen ei ole taloudellista. Muottityön nopea eteneminen on tärkeä tahdistava tekijä muiden holvilla tapahtuvien työvaiheiden kannalta. (Rami-20 holvimuottijärjestelmä, [viitattu 8.4.2014].) Muottityö tehdään kahden työntekijän ryhmissä. Työvaiheen työmenekit ovat 0,3 tth/muotti-m² holvimuotilla ja 0,5 tth/muotti-m² valutoppareilla. Työmenekit sisältävät myös muotin purkutyöt. (Palomäki, Mäki & Koskenvesa 2009, 40–41.)

Holvin muottityön valmiusasteen ollessa yli 50 % voidaan aloittaa raudoitustyöt. Holvin raudoitustyöt tehdään kahdessa osassa: ensin asennetaan alapinnan raudoitteet ja holvin taloteknisten töiden jälkeen yläpinnan raudoitteet. Raudoitus tehdään rakennesuunnitelmien mukaisesti. Alapinnan raudoitteet jaetaan holvimuotin päälle ja kohotetaan irti muotista käyttäen muovisia asennuskorppuja. Tämän jälkeen asennetaan muotin aukkojen ympärille ja reuna-alueelle tulevat haat sekä lisä- ja vahvistusraudoitteet. Ohessa tapahtuvien taloteknisten töiden valmistuttua holvin yläpinta raudoitetaan ja tehdään tarvittavat yläpuoliset lisäraudoitteet sekä tuennat. (Rakenne- ja rakennuspiirustukset.) Raudoitustyöt tehdään kahden hengen ryhmässä. Työvaiheen työmenekki on 0,02 tth/kg (Palomäki, Mäki & Koskenvesa 2009, 42–43.).

Betoniteräksinä käytetään A500HW hitsattavia harjatankoja sekä B500K-harjateräsverkkoja. Isojen alojen raudoitteina käytetään tavallisesti harjateräsverkkoja, koska ne ovat nopeita asentaa verrattuna salkotavaraan (A500HW). Salkotavaraista taivutetaan aukkojen ja holvin reuna-alueiden hakaset sekä tehdään tarvittavat rakennesuunnitelmien mukaiset lisä- ja vahvistusraudoitukset. (Rakenne- ja rakennuspiirustukset.) Kohteen raudoitteiden materiaalimenekki on pääraudoitteilla 10 kg/m^2 , mikä tarkoittaa $19\,770 \text{ kg:n}$ kokonaismenekkiä. Yläpinnan raudoitteiden kiinnittämiseen käytettävien hakasten tarve on $1\,620 \text{ jm}$, mikä tarkoittaa $1\,500 \text{ kg:n}$ materiaalimenekkiä kohteessa käytettävän keskiteräskoon ollessa $\varnothing 12 \text{ mm}$ (T12). Terästen hukkaprosenttina noin 15–17 %, joka on huomioitu kokonaismenekteissä (Palomäki, Mäki & Koskenvesa 2009, 42–43.).

LVVS-työt tehdään holvin ala- ja yläpinnan raudoitustöiden välisenä aikana. Viemäriputket asennetaan oikeaan korkoonsa ja tuetaan raudoitteisiin tai muottiin. Lattiakaivot ja viemäreiden nousukulmat tuetaan oikeaan korkoasemaansa käyttämällä valumassan kanssa lujuusluokaltaan samankaltaista massaa olevaa esi-valua. Tällä tavoin lattiakaivot ja nousukulmat pysyvät liikkumatta varsinaisen valun aikana oikeassa korkoasemassaan. Pattereiden lämmönjakolinjat vedetään käytävän hormoneihin asennettavilta jakotukeilta eteenpäin valun sisällä jokaiselle patterille. Patteriputkien nousukulmille tehdään valun yläpintaan varaus, joka vaeleetaan umpeen myöhemmässä vaiheessa pattereiden asennustyön yhteydessä. Paikallavaluholvin sähkötöitä tehtäessä kattorasiat voidaan kiinnittää helposti muottipintaan ja johdotukset tehdään suorina vetoina pisteestä toiseen. Kylpyhuoneiden ja puolilämpimien parvekkeiden sähköisen lattialämmityksen kaapelit asennetaan yläpinnan raudoitteisiin, jolloin lattialämmityskaapelit ovat optimaalisella etäisyydellä lattian pinnasta. (LVI-selostus ja suunnitelmat.) Runkovaiheessa työmaalla on tavallisesti 1–2 sähkö- ja putkialiurakoitsijan työntekijää, ja heidän työskentelylleen tulee rakennusvaiheikatauluun varata putkiurakan työsaavutukseksi $44 \text{ brm}^2/\text{tv}$ ja sähköurakalle $31 \text{ brm}^2/\text{tv}$ (Palomäki, Mäki & Koskenvesa 2009, 164–168.).

Laatan valu aloitetaan muottialueen kulmista, minkä jälkeen edetään järjestelmällisesti valaen koko holvi yhden päivän aikana. Holvin betonointi tehdään pumppu-betonointina. Toinen vaihtoehto on valuastian käyttö, mutta toteutukseltaan tämä

on pumppubetonointia huomattavasti hitaampi vaihtoehto. (Betonitekniikan oppikirja by201 2004, 317–323.) Valutyöskentelyn ja laatan yläpinnan hiertotyöt kuuluvat aliurakkaan, joten varsinainen valutyö ei sido työmaan omia resursseja aputoita lukuun ottamatta. Aputyöt sisältävät valun korkomerkinnot, lattiakaatoalueiden rajojen merkitsemisen sekä betonin tiivistystyöt. Aputöihin tarvitaan yhden työntekijän työpanos. Työvaiheen työmenekki on $0,05 \text{ tth/m}^3$. Lisäksi valun jälkihoitotöiden, kuten pinnan kastelun ja säältä suojaamisen, työmenekki on $0,05 \text{ tth/m}^2$. (Laskentatiedot).

Kohteen valutöissä käytettävä betonilaatu on K30, jonka menekki 260 mm paksulla holvilla on 260 l/m^2 (Rakenne- ja rakennuspiirustukset). Betonin materiaalihukka on 10 %, jolloin kokonaismenekki on 540 m^3 .

Lopullinen betoniholvin pinnan tasoitus tehdään käyttämällä itsestään tasoittuvaa massaa. Tasoitustyöt tehdään useita viikkoja holvin valun jälkeen, kun holvirakenteen suhteellinen kosteus on laskenut pinnoitustöiden edellyttämälle tasolle. Kohteen lattian oikaisutöistä, eli plaanon toteutuksesta, vastaa aliurakoitsija. Tasointimenetelmänä käytetään pumpputasoitusta. Paikallavaluholvilla tasoitekerroksen keskimääräinen vahvuus noin 10 mm, ja tasoitekerroksen paksuuden määrää holvin valupinnan korkein kohta. Tavallisesti yhden porrashuoneen pistetaloissa kyetään tasoittamaan kaksikerrosta päivässä. Plaanon työsaavutuksena käytetään $400 \text{ m}^2/\text{tv}$. (Palomäki, Mäki & Koskenvesa 2009, 47.)

3.1.2 Ontelolaattaholvi

Kustannustehokkaasti toteutettu ontelolaattavälipohja vaatii asennussuunnitelman, josta ilmenee laattojen asennusjärjestys. Asennussuunnitelman pohjalta tilataan ontelolaatat siten, että ne ovat toimitetussa kuormassa asennusjärjestyksessä. Tällä tavoin pyritään välttämään elementtien turhaa välivarastointia ja siitä aiheutuvaa työn viivästymistä. Ennen kuin varsinainen ontelolaattojen asennus pääsee alkamaan, asennetaan porrashuoneen massiivibetonilaatta ja porrassyöksyt lepotasanteineen. Tällä tavoin kyetään takaamaan turvallinen liikkuminen holville ja sieltä pois. Varsinainen ontelolaattojen asennus tehdään suunnitelmien mukaan aloittamalla porrashuoneen läheisyydestä, josta asennusta jatketaan etenemällä

laattojen pitkän sivun suuntaisena rintamana. (Laitinen 1996, 44–45.) Kun kaikki holville tulevat laatat on asennettu paikoilleen, on ontelolaattojen saumoihin asennettävien rengasraudoitteiden sekä saumavalun vuoro. Tämän tarkoituksena on tehdä laatastosta yhtenäinen, levymäinen rakenne. Raudoitteina käytetään vähintään $\varnothing 10$ mm (T10) paksuja A500HW-harjaterässalkoja, joita asennetaan kuhunkin saumaan kaksi kappaletta ripustaen teräkset saumaan siten, etteivät ne ole kosketuksissa ontelolaatan reunoihin. Rengasraudoituksen tulee olla jatkuva ja sijaita enintään 1,2 m:n etäisyydellä laataston reunasta. Rengasraudoitus mitoiteetaan rakenteelle kohdistuvien vaakavoimien mukaan siten, että raudoitus täyttää vähintään 70 kN:n minimikestävyuden. (Ontelolaatastojen suunnitteluohje 2012, 57.) Ennen saumavalua tehdään holvin LVVS-työt sekä tarvittavat tuketyöt puu- ja levytavaraa käyttäen. Ontelolaatat asennetaan kolmen työmiehen ryhmässä ja työvaiheen kokonaistyömienekki on 1,131 tth/kpl, joka sisältää mittauksen, asennuksen, rengasraudoitteet, tukkeet sekä saumojen pumppubetonoinnin. (Palomäki, Mäki & Koskenvesa 2009, 48–49.) Rengasraudoitteiden materiaalmienekki on 1,4 kg/laatta- m^2 ja vertailukohteen kussakin saumassa käytetään 2T12 A500HW-harjaterässalkoja.

Ontelolaataston suunnittelusta ja laattajaosta johtuen holviin jää aina pieniä paikallavalukaistoja. Paikallavalukaistojen muottityöt tehdään levy- ja puutavarasta, ja samalla tehdään ontelolaattojen päätysaumojen tuketyöt. Saumat tukitaan laatan alapuolelta lautatavaralla ja puristetaan holvia vasten alemman kerroksen lattiaan tuetuilla laudoilla tai vaihtoehtoisesti tukkeet kiinnitetään betoniseinään pikanauloilla. Laattojenvälisiä pitkittäissaumoja ei tavallisesti tarvitse tukkia, sillä laatat asennetaan tiiviisti toisiaan vasten. Tukkeet voidaan purkaa kunnes saumavalun katsotaan saavuttaneen riittävän lujuuden. (Betoniteknikan oppikirja by201 2004, 488–492.) Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että samoja tukemateriaaleja voidaan käyttää kerroksesta toiseen. Materiaalmienekiksi on tukkeille laskettu 210 jm/kerros ja paikallavalukaistojen muottitöille 9,2 m^2 /kerros- m^2 . Arvioitu materiaalihukka on 10 %.

Ontelolaattaholvin LVVS-työt voidaan aloittaa heti ontelolaattojen asennuksen jälkeen. Sähkövedot tehdään joko laatan onteloissa tai laatan saumoihin kappaleen 2.3.4 esitettyjen ohjeiden mukaan. Sähköputkitukset voidaan ripustaa saumoihin jo

asennettuihin rengasraudoitteisiin. Kohteen viemäroinnit asennetaan kylpyhuone-laattaan (O37K) elementtitehtaalla tehtyyn syvennykseen tai O37-laattaan tehtyyn viemärointiuraan kappaleessa 2.3.2 esitetyllä tavalla. Kylpyhuoneiden lattialämmityskaapelit asennetaan, kun syvennykseen tulevat viemäroinnit ja raudoitteet ovat valmiita. Toteutustavaltaan viemärointien ja lämmityksen asennus vastaa paikallavaluholvin työtä. Runkovaiheessa tulee rakennusvaiheikatauluun varata putkiuran työsaavutukseksi 44 brm²/tv ja sähköurakalle 31 brm²/tv (Palomäki, Mäki & Koskenvesa 2009, 164–168.).

LVVS-töiden edetessä kylpyhuonesyvennyksiin asennetaan kutistumisteräkset, missä käytetään (B500K) harjateräsverkkoja. Työn nopeuttamisen kannalta verkot tulisi leikata oikeaan kokoonsa jo ennen kuin ne nostetaan holville. Verkot asennetaan tukien ne kylpyhuonesyvennyksen pohjaan muovisia raudoituskorppuja apuna käyttäen. Työvaiheen työmenekki on 0,011 tth/kg ja materiaalimenekki käytettäessä $\varnothing 8$ mm ja silmäkooltaan 150 mm (8–150 B500K) harjateräsverkkoa 5,375 kg/kh-m². Paikallavalukaistojen raudoitustyö ei suurissa määrin poikkea paikalla valettavan holvin raudoituksesta. Ala- ja yläpinnan raudoitus tehdään käyttäen (8–150, B500K) harjateräsverkkoja ja hakaset taitellaan $\varnothing 12$ mm (A500HW) harjateräksestä. Asennettu raudoitus ankkuroidaan hakasilla ontelolaatan reunimmaiseen onteloon tehtyihin varauksiin, jolloin ontelolaatastosta ja paikallavalukaistasta saadaan yhtenäinen rakenne. (Laitinen 1996, 80.) Raudoitustyön työmenekki on 0,02 tth/kg ja materiaalimenekki on 10 kg/m², mikä tarkoittaa 570 kg:n kokonaismenekkiä.

Ontelolaattojen saumavalussa käytetään K30-lujuusluokan massaa ja valu suoritetaan pumppubetonointina siten, että kaikki saumat valetaan järjestelmällisesti täyteen aloittaen laataston reuna-alueen leveistä saumoista edeten laattojen välisiin kapeampiin saumoihin. Saumabetonoinnin materiaalimenekki laskettuna O37-laatoilla on 28 l/m² (Palomäki, Mäki & Koskenvesa 2009, 49.). Saumavalun yhteydessä valetaan paikallavalukaistat ja kylpyhuonesyvennykset samaan korkoon muun laatan kanssa. Samalla tehdään kylpyhuoneiden lattiakaadot. Kylpyhuonesyvennyksien valun materiaalimenekkinä käytetään 170 l/m² ja paikallavalukaistoilla 370 l/m². Paikallavalukaistojen ja kylpyhuonesyvennyksien valun työmenekki on 0,265 tth/m³ ja betonipintojen jälkihoitotöiden 0,05 tth/m².

Aliurakoitsija tekee ontelolaattaholvin plaanon itse tasoittuvalla massalla. Tasoitekerroksen keskimääräinen vahvuus on noin 17 mm, joka on 7 mm enemmän kuin paikalla valettavalla laattalla. Tämä johtuu ontelolaatan esijännityksen tuottamasta käyrydestä. Plaanon työsaavutuksena käytetään rakennusvaiheikataulua laadittaessa 400 m²/tv. (Palomäki, Mäki & Koskenvesa 2009, 47.)

3.1.3 Paikallavalettu runko

Suurissa paikallavaalaen toteutetuissa pystyrakenteissa muottijärjestelmänä käytetään tavallisesti kahdesta muottipuoliskosta koostuvaa suurmuottia, sillä teräs- tai puuseinämäinen suurmuotti mahdollistaa nopean ja tehokkaan muottityön. Tehokkaan työskentelyn mahdollistamiseksi tulee ennen muottityön aloittamista laatia tehtäväsuunnitelma, josta ilmenee suunniteltu muottikierto. Tavallisesti yhden porrashuoneen pistetalon seinämuottien valukierto on kerros viikossa. Muottien asennustyöt tehdään kahdessa vaiheessa. Ensin paikoilleen asennetaan muottipuoliskoista toinen ja muotti tuetaan tukijaloillaan pystysuoraan. Tämän jälkeen tehdään LVIS-asennuspiirustuksien mukaiset muottipintoihin tulevat vesi- ja sähköpisteiden asennukset sekä seinämän raudoitustyöt laadittujen rakennepiirustusten pohjalta. Kun kaikki valun sisäiset asennukset ja aukkovaraukset ovat valmiita, muotti tuplataan, eli muotin toinen puolisko asennetaan paikoilleen ja muotit kiinnitetään toisiinsa sidepulteilla muotin ylä- ja alaosasta. (Betoniteknikan oppikirja by201 2004, 211–221.) Muottityön laskennallinen työmenekki on 0,25 tth/muotti-m². Työryhmä koostuu 2–3 työntekijästä.

Kantavan rungon paikallavalun sisään tehtäviä LVIS-asennuksia ovat keittiön ja kylpyhuoneen seiniin asennettavat vesipisteet, niiden lämmin- ja kylmävesikytkentäjohdot sekä sähköputkitukset asennusrasioineen. Hanakulmat ja sähkörsiat asennetaan muotin sisäpintaan joko tarkoitukseen suunnitelluilla magneeteilla (teräslevymuotti) tai naulaamalla rasia kiinni muotin levyypintaan. Niin vesi- kuin sähköputkituksetkin suoritetaan useimmiten valitsemalla työn nopeuden vuoksi putkituksen vetoreitiksi yläpuolinen reitti, joka on esitetty kappaleessa 2.3.2. Putkialiurakoitsijan työskentelylle rakentamisvaiheikatauluun varataan 44 brm²/tv ja sähköurakoitsijan töille 31 brm²/tv (Palomäki, Mäki & Koskenvesa 2009, 164–168).

Kantavan seinän raudoitus valmistetaan rakennesuunnitelmien mukaan. Seinärakenteen raudoitteita ovat pystysalot seinän kummassakin pinnassa sekä vaakasalot pystyraudoituksen ulkopuolella estämässä sitä nurjahtamasta. Verkot sidotaan yhteen muotin reuna-alueelta ja aukkojen kohdalta käyttämällä (A500HW) harjateräksestä valmistettuja siteitä eli hakasia. Raudoitus tulee tukea muottipintaan siten, että raudoitteiden suojaetäisyys valun pinnasta on riittävä ruostumisen estämiseksi ja tartunnan varmistamiseksi. Lisäksi betonipeite suojaa tankoja tulipalon sattuessa. Lopuksi kertavalun reuna-alueille asennetaan työsaumaraudoitteet eli tartunnat. Koska kaikkia betonoitavia alueita ei ole mahdollista valaa kerralla, on työsauma tehtävä aina, kun betonointi keskeytetään ajaksi jolloin massa ehtii jäykistyä ennen työn jatkumista. (Betonitekniiikan oppikirja by201 2004, 240–252.) Raudoituksen työmenekki on 0,02 tth/kg ja työsaumaraudoitteiden asennuksella 0,198 tth/kg. Seinäraudoitteiden materiaalimenekki on huomattavasti pienempi kuin holvirakenteilla, koska seiniin harvemmin kohdistuu taivuttavia voimia. Kohteessa seinien raudoitustöiden materiaalimenekkinä käytetään 6,2 kg/muottim².

Seinät betonoidaan pumppubetonointina tai nostoastiaa käyttäen siten, että pumppuletku tai nostoastian valusukka viedään muottiin riittävän syvälle niin, että betonin pudotuskorkeus valetun betonikerroksen päälle on noin 1 metri. Liian suuri pudotuskorkeus aiheuttaa kiviaineksen erottumisen, eikä betonoinnista saada tasalaatuista. Valu tehdään tavallisesti noin 0,5 metrin kerroksina riippuen massan ominaisuuksista ja muottiin tehtyjen raudoitteiden tiheydestä. Kerrosten välillä betonia tiivistetään sauvatäryttimellä tai valun loppuvaiheessa muotinrunkoon kiinnitetyillä muottitäryillä. Suurten muottiin tehtävien varausten, kuten ikkuna-aukkojen, ympäristän tiivistämiseen tulee kiinnittää erityistä huomiota, sillä usein betonoitaessa massa ei kulkeudu varauksen alapuolelle, ja on olemassa riski, että valu jää aukon alapuolelta vajaaksi. (Betonitekniiikan oppikirja by201 2004, 317–329.) Betonointiin käytetään K30-lujuusluokan massaa. Betonoinnin työmenekki kellarin 200 mm paksuisia seiniä valettaessa on 0,596 tth/m³ ja vastaavasti huoneistonvälisiä 160–180 mm seinillä 0,702 tth/m³. Massan materiaalimenekki 200 mm paksuisilla seinillä on noin 200 l/m² ja 160–180 mm seinillä noin 160–180 l/m².

Betonipintojen jälkihoidon tavoitteena on taata betonille otolliset olosuhteet kovettua ja saavuttaa loppulujuus huolimatta ympärillä vallitsevista sääolosuhteista. Valettu betonipinta tulee suojata sään haittavaikutuksilta ja rakenteen kosteudesta tulee huolehtia, sillä liian nopea kuivuminen aiheuttaa betonissa kutistumishalkeamia. Lisäksi ennen kuin valettu betonipinta voidaan pinnoittaa, tulee pintaan erottunut sementtiliima poistaa hiomalla. (Betonitekniikan oppikirja by201 2004, 331–332.) Betonipintojen jälkihoito- ja hiontatöiden työmenekki on 0,2 tth/m².

3.1.4 Elementtirunko

Ennen elementtirungon pystytystä on hyvin tärkeää, että rungosta laaditaan asennussuunnitelma, jonka pohjalta seinäelementit tilataan työmaalle ennalta suunnitellussa järjestyksessä. Tämä vähentää elementtien välivarastointitarvetta ja välttää turhilta siirroilta. Seinäelementit asennetaan kolmen työntekijän ryhmissä siten että yksi työntekijöistä kiinnittää nostoketjut kuormassa olevan elementin nostolenkkeihin. Kaksi muuta työntekijää ovat holvilla ja huolehtivat elementin asentamisesta paikoilleen. Elementti nostetaan muovisten 20 mm paksujen asennuspalojen päälle, joilla säädetään elementin vaakasuoruus. Tämän jälkeen elementti kiinnitetään pulteilla muuhun rakennusrunkoon elementin alareunassa sijaitsevista konsoleista. Elementin pystysuoruus säädetään elementtituilla, jotka samalla toimivat seinän väliaikaisena tuentana, kunnes seiniin tukeutuvan ylemmän holvirakenteen asennus on valmis, ja kaikki kyseisen elementin saumajuotokset ovat saavuttaneet riittävän lujuuden. Tuet kiinnitetään pulteilla elementtiin tehtaalla asennettuun sisäkierreankkuriin. Toinen pää tuesta kiinnitetään työmaalla holviin asennettuun vastaavanlaiseen sisäkierreankkuriin. Tukia asennetaan vähintään kaksi kappaletta yli 1,5 m pitkille elementeille. (Asennusaikainen stabiliteetti 2010.) Seinäelementtien asennuksen työmenekki on 3,21 tth/kpl, joka sisältää myös tuetyöt, saumaterästen asennuksen ja saumojen betonoinnin (Palomäki, Mäki & Koskenvesa 2009, 48–49.).

Saumateräksinä käytetään $\varnothing 12$ mm A500HW-harjaterässalkoja. Teräkset asennetaan kuhunkin pystysaumaan pujottamalla teräkset elementtien päihin asennettujen vaijerilenkkien silmukkojen läpi. Vaijerilenkit asennetaan elementin valmistus-

vaiheessa siten, että lenkit ovat noin 600 mm jaolla ja sijaitsevat vierekkäisissä elementeissä samalla korkeudella. Saumateräksien ja saumojen juotosvalun tehtävänä on yhtenäistää seinäelementtien rakennetta. (Vaijerilenkkiohje 2012, 1–5.) Saumaterästen materiaalimenekki on $0,53 \text{ kg/seinä-m}^2$.

Ennen elementin saumojen betonointia tehdään tarvittavat tukkeet lautatavarasta. Seinäelementtien pysty- ja vaakasaumat tukitaan elementin molemmin puolin mikäli saumat juotosvaletaan. Ruiskubetonointia käyttäessä riittää, että sauman toiselle puolelle asennetaan tukkeet. Saumat tulee puhdistaa sementtiliimasta ja muottiöljystä ennen betonointia. (Pystysaumaus 2010.) Saumojen tuketöiden materiaalimenekki ruiskubetonointaessa on $0,75 \text{ jm/seinä-m}^2$. Menekki on määritetty siten, että samoja tukemateriaaleja voidaan käyttää kerroksesta toiseen.

Seinien sisäiset sähköputkitukset ja rasiat asennetaan elementtitehtaalla. Asennukset eivät juuri poikkea paikallavaletusta seinärakenteesta. Seinät valetaan elementtitehtaalla vaakasuuntaisessa pöytämuotissa, jossa vain toinen valun pinoista on muottia vasten. Toinen valun toteutustapa on patterimuotin käyttö, joka vastaa paikallavalussa käytettävää suurmuottia. Muottipinnan puoleiset sähköasennukset ovat kappaleessa 3.1.3 esitetyn toteutustavan kaltaisia. Pöytämuottia käytettäessä valun yläpuoliseen pintaan tehtävät sähköasennukset joudutaan betonoinnin ajaksi ripustamaan valun pinnan tasoon. Vesipisteiden hanakulmarasioille sekä kylmä- ja kuumavesiputkille tehdään varsin usein elementtitehtaalla varaus, johon putkitukset asennetaan myöhemmin työmaalla.

Elementtien pystysaumoihin pumpataan K30-lujuusluokan betonimassaa, siten että saumat täytetään noin 10 mm yli lopullisen seinäpinnan. Saumabetoni tarvitsee noin 10–30 minuuttia jähmettymisaikaa, ennen kuin saumat voidaan viimeistellä hiertimellä painaen massaa tiiviisti saumaan. Vaakasaumat puolestaan täytetään juotosmassalla. (Pystysaumaus 2010.) Saumauksen ja varausten täytön materiaalimenekki on noin $4,7 \text{ l/seinä-m}^2$. Lopuksi seinäpintaan erottunut sementtiliima poistetaan hiomalla. Betonipintojen jälkihoitotöiden työmenekki on $0,2 \text{ tth/m}^2$.

3.2 Kalusto

Tämä kappale käsittelee eri rakennustapavaihtoehtojen toteutuksessa tarvittavan muotti- ja tuentakaluston tarpeen, sekä torninosturin kustannukset kuten kappaleessa 3.2.4 on esitetty. Kaluston materiaalikustannukset on otettu huomioon kappaleen 5 kohdassa Kalusto.

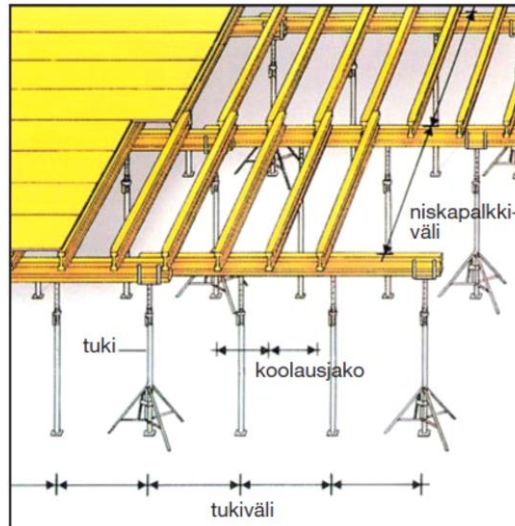
3.2.1 Holvimuottijärjestelmä

Paikallavaluvälipohjan muottijärjestelmänä vertailukohteessa käytetään Rami-20-holvimuottijärjestelmää tai vastaavaa kalustoa. Kyseinen kalusto sopii asuntorakentamiseen muunneltavuutensa ja joustavuutensa vuoksi paremmin kuin useat pöytä- tai kasettimuottijärjestelmät. Rami-20-holvimuottijärjestelmä sisältää koolaus- ja niskapalkit, terästuet, kolmijalat sekä haarukkapäät. (Rami-20-holvimuottijärjestelmä, [viitattu 8.4.2014].)

Käytettävän kaluston karkeat materiaalimenekit ovat seuraavat:

- Koolauspalkit 200*80 k400 2,5 jm/m²
- Niskapalkit 200*80 k3000 0,33 jm/m²
- Terästuet k860 0,58 kpl/m²
- Kolmijalat k3000 0,44 kpl/m²
- Haarukkapäät 0,44 kpl/m²

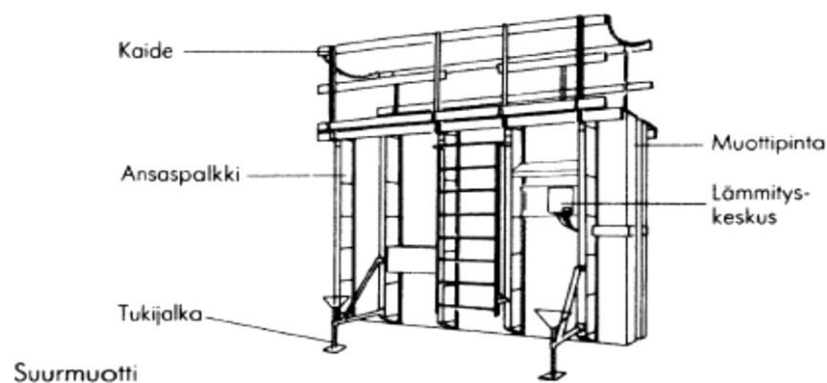
Muottipinta tehdään 21 mm filmivanerista, jonka hukaksi on arvioitu 10 %. Muottimateriaalia varataan työmaalle kahden kerroksen tarpeen mukainen määrä, sillä valunopeudesta johtuen betoni ei ehdi saavuttaa muotin purkulujuutta seuraavan kerroksen holvimuottityön alkuun mennessä.



Kuvio 7. Rami-20- holvimuottijärjestelmä (Ramirent, [viitattu: 17.4.2014].)

3.2.2 Suurmuottijärjestelmä

Kappaleessa 3.1.3 käsitellyissä kantavien seinien valutyössä muottikalustona käytetään suurmuottijärjestelmää, jossa muotit koostuvat kahdesta erillisestä puoliskosta. Muottikaluston tarve on 330 m^2 , joka on kaksi kolmasosaa yhden kerroksen valettavien seinien muottipinta-alasta, sillä kaikkien seinien valaminen kerralla ei ole mahdollista. Muottikierto suunnitellaan siten että valu toteutetaan vähintään kahdessa osassa. Suurmuottijärjestelmien yleisimmät muottikoot ovat $3000 \times 3600 \text{ mm}$, $3000 \times 4800 \text{ mm}$, $3000 \times 6000 \text{ mm}$ ja $3000 \times 7200 \text{ mm}$. Muotin valupinnan pintamateriaalina käytetään joko teräspintaa tai 21 mm filmipintaista koivuvaneria. (Betonitekniiikan oppikirja by201 2004, 211–221.)



Kuvio 8. Suurmuotti, (Kone-Ratu 06-3020 1991.)

3.2.3 Elementtikalusto

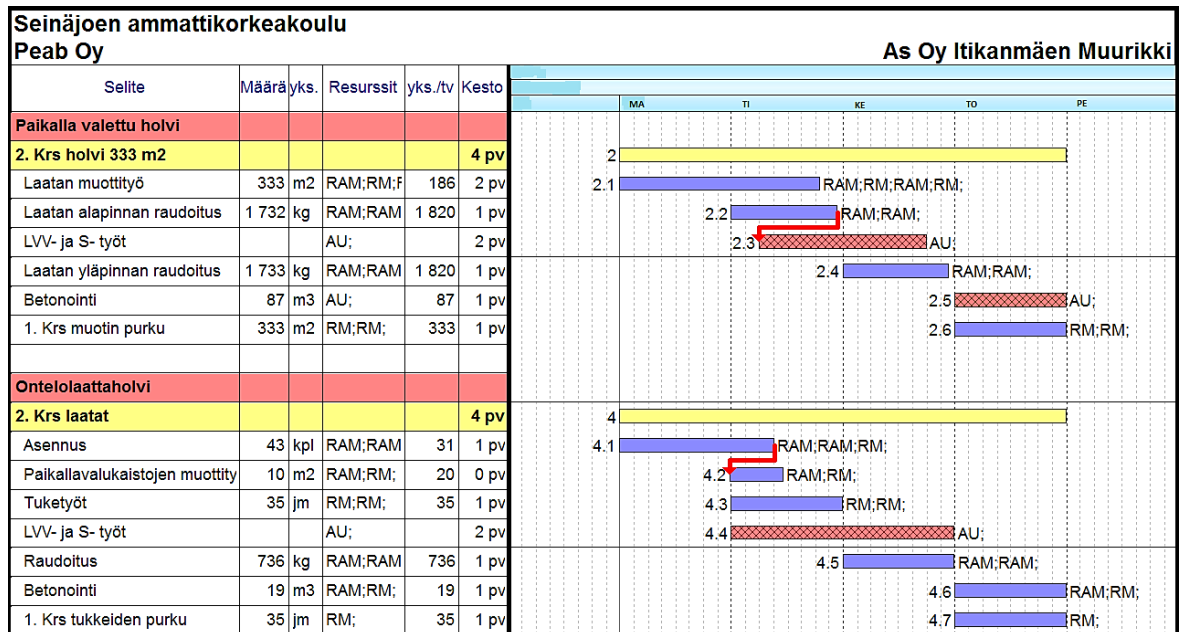
Työmaalla tarvittava elementtikalusto koostuu pääasiassa seinäelementtien tuentaan tarvittavista elementtituista, ontelolaattaholvin tuentaan tarvittavista pystytuksista ja elementtien työmaa-aikaisessa varastoinnissa tarvittavasta elementtifrakista. Elementtitukien tarve on vähintään kaksi kappaletta yli 1,5 m pitkille seinäelementeille (kappale 3.1.4). Ontelolaattaholvin tuentakalustona käytetään samanlaisia teräksisiä säädettäviä pystytukia kuin holvimuotin tuennassa. Ontelolaattaholvin tuentakaluston menekit määräytyvät rakennesuunnittelijan asettamien ohjeiden mukaan. (Asennusaikainen stabiliteetti 2010.)

3.2.4 Torninosturi

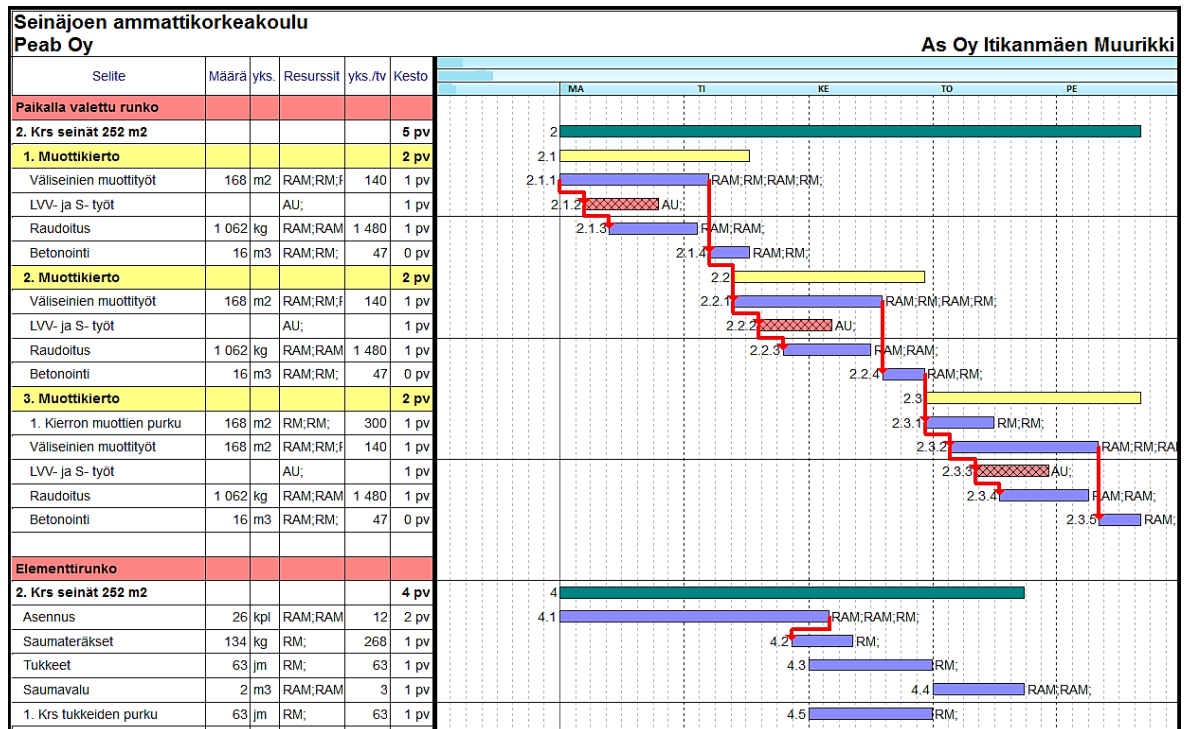
Torninosturi on yksi merkittävimmistä kustannuseristä työmaalla, joten mitä nopeammin rakennuksen runko kyetään pystyttämään, sitä enenmmän säästetään myös nostokaluston kustannuksissa. Paikallavaletun rungon tuotantonopeuden ollessa kerros yhdeksässä päivässä ja elementtirungon nopeus kerros kahdeksassa päivässä kuten kappaleen 4 aikatauluista ilmenee. Aikataulujen perusteella valittaessa elementtitekniikka kyetään kohteen runko pystyttämään yhteensä noin viikon nopeammalla aikataululla kuin paikallavalutekniikkaa käytettäessä. Huomioiden torninosturista koituvat vuokratustannukset ja nosturikuljettajan palkka tarkoittaa tämä noin 3 000 €:n säästöjä.

4 AIKATAULUSUUNNITTELU

Aikataulusuunnittelu on yksi projektinhallinnan tärkeimmistä tehtävistä. Aikatauluksella määritetään työtehtävien ajoittuminen tietyllä ajanjaksolla, jota kutsutaan projektiajaksi. (Koskenvesa & Shalstedt 2011, 6.) Tavallisesti kohteesta laaditaan ensin karkea yleisaikataulu, josta käy ilmi tärkeimmät työtehtävät, T4-aikoina ilmoitettuna. Yleisaikataulun pohjalta laaditaan tarkentavia aikatauluja, kuten rakentamisvaiheaikatauluja, joissa tarkastellaan 2–6 kuukauden pituisia ajanjaksoja tai jonkin tietyn rakentamisvaiheen ajallista toteutumaa. Rakentamisvaiheaikataulusa käytetään tehollisia työmenekkejä, T3-aikoja, joilla esitetään suoritettavien työvaiheiden eri tehtävänimikkeiden yhteen nitoutuminen. (Koskenvesa & Shalstedt 2011, 43–44, 55–56.) Kuvioissa 9 ja 10 on laadittu kohteen eri toteutustavoille rakentamisvaiheaikataulut. Aikataulut on laadittu jana-aikataulun muodossa, jossa tehtävien kestot esitetään työtehtävän kohdalle piirrettyinä janoina.



Kuvio 9. Holvin kerroskohtainen rakentamisvaiheaikataulu



Kuvio 10. Kantavanrunгон kerroskohtainen rakentamisvaiheajataulu

5 KUSTANNUSVERTAILU

Tämä kappale kokoaa yhteen As Oy Itikanmäen Muurikin holvi- ja runkorakenteen tuotantokustannukset (Liite 1). Rakenteiden kustannukset on jaoteltu työ-, materiaali-, kalusto- ja aliurakkasarakkeisiin, joista on nähtävissä kunkin toteutustavan kustannusten koostuminen. Lopuksi paikallavalutekniikan ja elementtitekniikan kaikille kustannuksille on laskettu summa, jossa on otettu huomioon rakenteen valinnasta johtuvat kappaleessa 2.5 esitetyt kustannukset.

Vertailtaessa As Oy Itikanmäen Muurikin holvirakenteiden kustannuksia (taulukko 2), ontelolaattaholvi osoittautuu 8,9 % eli 14 190 € halvemmaksi kuin paikalla valettava holvi. Neliöhinnan erotukseksi jää 5,53 €/m² ontelolaattaholvin eduksi.

Taulukko 2. Holvirakenteiden tuotantokustannukset

	Työ	Materiaali	Kalusto	Aliurakka	YHT	€/m ²
Paikalla valettu holvi	40 947 €	67 933 €	3 938 €	46 646 €	159 464 €	83,93
Ontelolaattaholvi	13 876 €	99 285 €	612 €	31 501 €	145 274 €	78,40

Vastaavasti kohteen kantavien seinien toteutusvaihtoehtojen kustannuksia vertailtaessa (taulukko 3), osoittautuu paikalla valettava runko 11,9 % eli 17 464 € elementtirunkoa halvemmaksi. Neliöhintojen erotukseksi saadaan 11,51 €/m² paikalla valettavan rungon eduksi.

Taulukko 3. Kantavien seinien tuotantokustannukset

	Työ	Materiaali	Kalusto	Aliurakka	YHT	€/m ²
Paikalla valettu runko	58 058 €	47 082 €	3 034 €	21 768 €	129 942 €	85,66
Elementtirunko	23 739 €	123 055 €	612 €	0 €	147 406 €	97,17

Laskettaessa paikallavalu- ja elementtitekniikan kokonaiskustannuksia, tulee laskelmissa ottaa huomioon rakenteen valinnasta johtuvat kustannukset. As Oy Itikanmäen Muurikin tapauksessa kohde on suunniteltu paikalla valettavaksi. Elementtitekniikkaan siirryttäessä jouduttiin tekemään kohteen rakenteille muutamia muutoksia. Muutoksista aiheutuvat kustannukset on otettu huomioon taulukon 4 kokonaiskustannusten laskennassa.

Taulukko 4. Kokonaiskustannukset

	Paikallavalutekniikka	Elementtitekniikka
Holvi	159 464 €	145 274 €
Runko	129 942 €	147 706 €
YHT:	289 406 €	292 980 €
Myyntituotot		-10 400 €
Metallirankaseinä VS		-4 197 €
Puurunkoinen VS		-1 119 €
Matalaleukapalkki		2 452 €
Rakennuskorkeuden muutos		4 307 €
Torninosturin vuokra 1 vk		-3 000 €
YHT:	289 406 €	281 023 €

Vertailtaessa As Oy Itikanmäen Muurikin paikallavaletun betonirungon ja betonielementtirungon kokonaiskustannuksia, päädyttiin lopputulokseen, jossa elementtitekniikka osoittautui 2,9 % eli 8 383 € edullisemmaksi vaihtoehdoksi kuin paikallavalutekniikka. Tutkimuksen tapauksessa loppukustannusten kannalta merkittäväksi tekijäksi muodostuivat ontelolaattatekniikan mahdollistamat pitkät jännevälit ja tästä johtuva kantavien seinälinjojen tarpeen vähentyminen. Tämä mahdollisti kohteen keskineliöhinta huomioiden 10 400 €:n myyntivoitot elementtitekniikkaa käytettäessä.

LÄHTEET

Asennusaikainen stabiliteetti. 25.3.2010. [www-sivu]. Elementtisuunnittelu. [viitattu 14.4.2014] Saatavana: <http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/elementtien-asennus/asennusohjeet/asennusaikainen-stabiliteetti>

Betonitekniiikan oppikirja by201. 2004. 6. painos. Helsinki: Suomen Betoniyhdistys r.y.

Kone-Ratu 06-3020. 1991. Seinämuotit. Helsinki: Rakennustietosäätiö Oy

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

Laitinen, E. (toimittanut) 1996. Teollinen betonirakentaminen. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Laskentatiedot. As Oy Itikanmäen Muurikki.

LVI-selostus ja suunnitelmat. As Oy Itikanmäen Muurikki.

Ontelolaatastojen suunnitteluohje 2012. 21.5.2012. [www-sivu]. Betoniteollisuus Ry. [viitattu 9.4.2014] Saatavana: <http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/runkorakenteet/laatat/ontelolaatat>

Ontelolaatastojen suunnitteluohje 2013. 3.12.2013. [www-sivu]. Parma Oy. [viitattu 27.03.2014] Saatavana: <http://www.parma.fi/aineistot-ja-materiaalit/suunnittelu/laatat>

Palomäki, J. Mäki, T. & Koskenvesa, A. 2009. Rakennustöiden menekit 2010. Helsinki: Rakennustieto Oy

Pystysaumaus. 3.2.2010. [www-sivu]. Elementtisuunnittelu. [viitattu 14.4.2014]
Saatavana: <http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/elementtien-asennus/juotosvalut>

Rami-20 holvimuottijärjestelmä. Ei päiväystä. [www-sivu]. Ramirent. [viitattu 8.4.2014] Saatavana: <http://tuotteet.ramirent.fi/node/1958>

Rakenne- ja rakennuspiirustukset. As Oy Itikanmäen Muurikki.

RT 12-10277. 1985. Rakennuksen pinta-alat. Helsinki: Rakennustietosäätiö Oy

RT 82-10814. 2004. Paikallavaletut betonirakenteet. Helsinki: Rakennustietosäätiö Oy

Suomen RakMK B1. 1998. Rakenteiden varmuus ja kuormitukset, määräykset 1998. [www-sivu]. Ympäristöministeriö. [viitattu 21.03.2014] Saatavana: http://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Rakentamismaarayskok_oelma

Suomen RakMK B4. 2005. Betonirakenteet, ohjeet 2005. [www-sivu]. Ympäristöministeriö. [viitattu 21.03.2014] Saatavana: http://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Rakentamismaarayskok_oelma

Suomen RakMK C1. 1998. Ääneneristys ja meluntorjunta rakennuksessa, määräykset ja ohjeet 1998. [www-sivu]. Ympäristöministeriö. [viitattu 24.03.2014] Saatavana: http://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Rakentamismaarayskok_oelma

Suomen RakMK E1. 2011. Rakennusten paloturvallisuus, määräykset ja ohjeet 2011. [www-sivu]. Ympäristöministeriö. [viitattu 25.03.2014] Saatavana: http://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Rakentamismaarayskokoelma

Sähkösuunnitelmat. As Oy Itikanmäen Muurikki

Vaijerilenkkiohje. 28.3.2012. [www-sivu]. Elementtisuunnittelu. [viitattu 14.4.2014] Saatavana: <http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/runkorakenteet/seinat>

Warmia lattialämmitys. 1.4.2014. Lämpöä laadukkaasti. [www-sivu]. Warmia. [viitattu 1.4.2014] Saatavana: <http://www.warmia.fi/fi/tuotteet/kerrostalorakentaminen/>

Äänitekniset kortit. 3.10.2002. [www-sivu]. Betoniyhdistys. [viitattu 27.03.2014] Saatavana: http://www.betoniyhdistys.fi/default/www/julkaisut/aanitekniset_kortit/

LIITTEET

LIITE 1. Kustannusarviot

		22.4.2014																	
		Rakennusarvio		Rakennuskohde		As. Oy Iitkammään Muurikki				0				KL Sarake					
														2. Aine					
														3. Alihankinta					
														4. Omapalvelut					
														5. Muut kustannukset					
		Rakennus osa		Elementtirunko		1 / sivu													
Koodi	Nimike ja selitys	Määrätiedot		Työkustannus				Hankintakustannus				YHT:							
RO	SUO	Määrä	Yks.	h/yks.	h/yht.	Euro/h	Sosiaalikulut	Euroyks.	yht. Euro	Hukka %	Euroyks.	Aine Euro	Euroyks	Alih./Omap.	yht. Euro				
	Kantavaseinät	1517	m2		0	0	0	0,00	0	0%	0	0	0	0	0				
	Seinäelementit:				0	0	0	0,00	0	0%	0	0	0	0	0				
	- 160mm	574,72	m2		0	0	0	0,00	0	0%	97,50	56035	0	0	56035				
	- 180mm	366,41	m2		0	0	0	0,00	0	0%	70,00	25649	0	0	25649				
	- 200mm	563,56	m2		0	0	0	0,00	0	0%	70,00	39449	0	0	39449				
	Asennus*	156	kg	3,21	501	20	14	109,19	17034	0%	0	0	0	0	17034				
	Tuketyöt, lautavara	390	jm		0	0	0	0,00	0	10%	0,40	167	0	0	167				
	Saumatäräksät 2T12 / sauma	804,57	kg		0	0	0	0,00	0	10%	0,90	797	0	0	797				
	Saunan betonointi C30	7	m3		0	0	0	0,00	0	5%	85,00	625	0	0	625				
	Betonointojen jälkityöt	1517	m2	0,20	303	13	9	4,42	6705	10%	0,20	334	0	0	7039				
	Elementitbet	1	eriä		0	0	0	0,00	0	0%	612,00	612	0	0	612				
	Yhteensä					804			23739			123667		0	147406				
	Euroa/ yks														97,1695				

Asennus* sis. Tuketyöt, saumatäräksät ja saumojen bet.

