



samk



Satakunnan ammattikorkeakoulu
Satakunta University of Applied Sciences

JARI-PETTERI JOUTSENLAHTI

Täyselementti ja osaelementti runkoratkaisujen vertailu kerrostalokohteessa

RAKENNUSTEKNIIKAN KOULUTUSOHJELMA
2021

Tekijä(t) Joutsenlahti Jari-Petteri Juhani	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	toukokuu 2021
	Sivumäärä 48	Julkaisun kieli suomi
Julkaisun nimi Täyselementti ja osaelementti runkoratkaisujen vertailu kerrostalokohteessa		
Tutkinto-ohjelma Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka		
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyössä verrattiin täys- ja osaelementti runkoratkaisuja betonirunkoisessa asuinkerrostalossa. Vertailussa tarkasteltiin rakentamiseen kuluva-aikaa ja kustannuksia. Tarkasteluun otettiin peruskerros YIT:n rakentamasta As Oy Porin Siriuksesta. Tarkoituksena oli löytää halvin ja nopein runkoratkaisu välipohjan ja kantavien väliseinien osalta. Välipohjaratkaisuista vertailuun otettiin paikallavaluholvi ja ontelolaatasto. Väliseinäratkaisuista vertailuun otettiin paikallavalu- ja elementti-ratkaisu.</p> <p>Aluksi laskettiin rakennuspiirustuksista suoritelmämäärät, jonka jälkeen Aikataulukirja 2016 mukaisin työmenekkein laskettiin työvaiheisiin kuuluva aika. Työlle laskettiin urakkahinta rakennusalan yleisen työehtosopimuksen mukaan. Materiaalien hinnat laskettiin YIT:n sopimushinnoin. Lopuksi verrattiin vaihtoehtoja toisiinsa.</p> <p>Saaduista tuloksista todettiin, että välipohjan tekeminen ontelolaatoin on paljon nopeampaa ja kalliimpaa kuin paikallavalettu välipohja. Väliseinien tekeminen elementeistä on vähän nopeampaa, mutta huomattavasti kalliimpaa kuin ratkaisu, jossa on paikallavaletut väliseinät yhdistettynä neljällä väliseinäelementillä.</p>		
Asiasanat Paikallavalurakentaminen, elementtirakentaminen, betonirunko		

Author(s) Joutsenlahti Jari-Petteri Juhani	Type of Publication Bachelor's thesis	Date 05/2021
	Number of pages 48	Language of publication: Finnish
Title of publication Comparison of full element and sub element frame solutions in an apartment building		
Degree program Construction and civil engineering		
Abstract The thesis compared full element and sub element frame solutions in concrete framed residential apartment building. The comparison looked at time and money spent on construction. The Basic floor of YIT's building As Oy Porin Sirius, was taken for inspection. The purpose was found cheapest and fastest frame for the subfloor and load-bearing partitions. In the subfloor solution comparison was taken spot casting and hollow core slabs. In the partition solution comparison was taken spot casting and element solution. At the begin the performance numbers were calculated from the AutoCad-pictures. After that Aikataulukirja 2016 was used to count time for every work steps. The contract price for the work was calculated from general collective agreement in the construction sector. Prices for the building materials were calculated from the YIT's contract prices. In the end, the alternatives were compared. From the results were found that making the subfloor with hollow core slabs are much faster and more expensive than spot casting solution. Making partitions from elements is a little bit faster, but considerably more expensive than spot casting an four elements solution.		
<u>Key words</u> Cast-in-place construction, prefabricated construction, concrete frame		

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	5
2 ASUINKERROSTALOJEN RUNKOJÄRJESTELMÄT.....	6
2.1 Perustukset	8
2.2 Pystyrakenteet.....	8
2.3 Vaakarakenteet	9
3 PAIKALLAVALURAKENTAMINEN.....	10
3.1 Muottityö.....	11
3.1.1 Suurmuotti.....	12
3.1.2 Pöytämuotti.....	13
3.2 Raudoitus.....	14
3.3 Betonointi.....	16
4 ELEMENTTIRAKENTAMINEN	18
4.1 Kantavat väliseinäelementit.....	19
4.1.1 Asennus	20
4.2 Ontelolaatat	21
4.2.1 Asennus	22
5 PAIKALLA- JA ELEMENTTIRAKENTAMISEN EROT	23
6 MÄÄRÄLASKENTA JA TYÖMENEKIT.....	24
7 KOHDE.....	26
8 TOTEUTUSVAIHTOEHDOT JA NIIDEN VERTAILU	29
8.1 Aika	29
8.2 Kustannukset	31
9 JOHTOPÄÄTÖKSET.....	32
LÄHTEET	
LIITTEET	

1 JOHDANTO

Rakennusallalla kilpailu yritysten välillä on kovaa ja koko ajan täytyy rakentaa laadukkaampaa nopeammin ja pienemmällä budjetilla. Rakentamisen läpivientiaikoja pyritään pienentämään laskemalla ja miettimällä erilaisia toteutusvaihtoehtoja esimerkiksi rungolle.

Opinnäytetyö tehdään YIT Suomi Oy:lle, joka on vuonna 1920 perustettu suuri suomalainen rakennusyhtiö. YIT toimii myös Pohjois-Euroopan eri maissa, kuten mm. Venäjällä, Baltiassa ja Skandinaviassa. Vuonna 2019 liikevaihto oli 2,49 miljardia euroa ja se työllisti 4026 henkilöä.

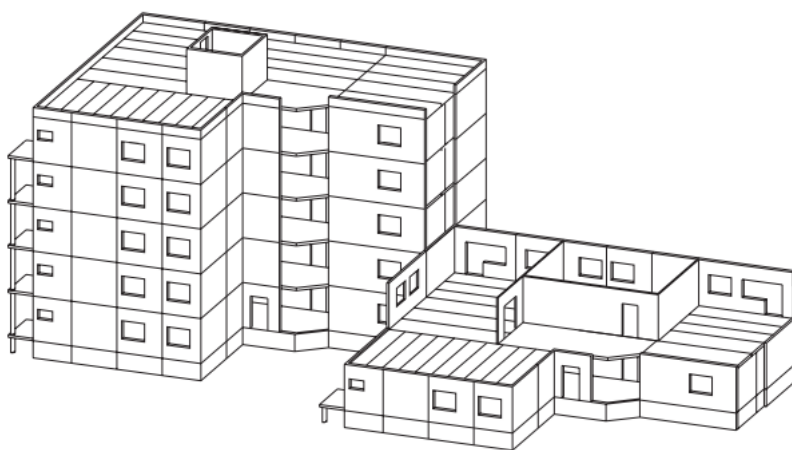
Opinnäytetyössä lasketaan vuonna 2019 valmistuneen As Oy Porin Siriuksen peruserroksen betonirungon aikataulu ja hinta eri toteutusvaihtoehtoin. Lopuksi verrataan vaihtoehtoja keskenään ajan, rahan ja laadun suhteen. Välipohjan eli holvin toteutuksessa verrataan paikallavalettua holvia ja ontelolaattaholvia, joka on elementtiratkaisu. Kantavien väliseinien toteutuksessa verrataan paikallavaluseiniä ja elementtiseiniä. Tätä opinnäytetyötä käytetään apuna As Oy Porin Arcturuksen toteutuksen suunnittelussa. Arcturus on lähes identtinen Siriuksen kanssa.

Aikataulua laskettaessa käytetään apuna työpiirustuksia, joista lasketaan työn määrä ja Aikataulukirjaa 2016, josta saadaan työmenekit. Työhön kuluva aika ilmoitetaan työntekijätunteina (tth). Hintaa laskettaessa lasketaan erikseen työn hinta eli urakkahinta ja rakennusmateriaalien hinnat. Urakkahinnat lasketaan Rakennusalan Työehtosopimus 2020-2022 urakkahinnoitteluiden mukaan käyttäen apuna arkkitehtikuvista saatuja työmääriä. Nämä urakkahinnat eivät sisällä sosiaalikulua. Rakennusmateriaalien hinnat on otettu YIT:n sopimuksista ja hinnoissa on otettu huomioon myös rahat.

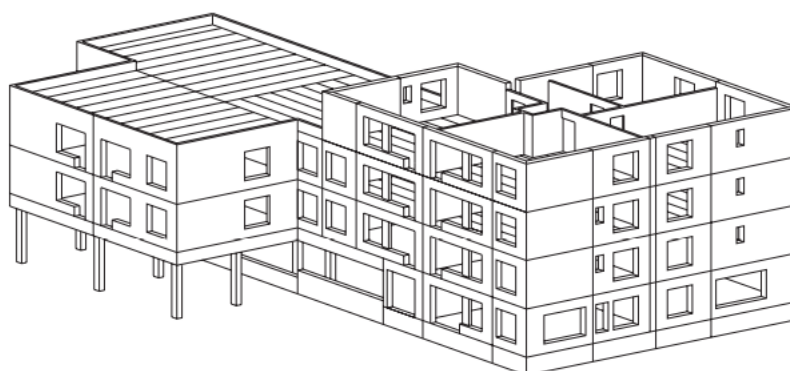
2 ASUINKERROSTALOJEN RUNKOJÄRJESTELMÄT

Täyselementti-rungolla tarkoitetaan rakennuksen runkoa, joka on toteutettu pelkästään elementtirakentein. Osaelementti-rungolla tarkoitetaan rakennuksen runkoa, jossa on käytetty elementtirakenteita ja paikallavalettujarakenteita molempia. Rakennushankkeesta riippuen on tapauskohtaisesti mietittävä ja laskettava, onko rungossa kannattavampaa käyttää paikallavalurakentamista, elementtirakentamista vai molempia.

Rakennuksen luonnossuunnittelun yhteydessä valitaan runkojärjestelmä. Suunnitelmassa määritetään rungon kuormitukset, paloluokitus, rakennetyypit, geometria ja tärkeitä yksityiskohtia. Tämän pohjalta laaditaan rungon kustannusarvio. Perusmuodoltaan asuinkerrostalot ovat lamelli- tai pistetaloja. Yleisesti lamelli- ja pistetalossa pystyrakenteena käytetään kantavia seiniä. Kuvissa 1 ja 2 on esitetty asuinkerrostaloissa käytetyt runkojärjestelmät. (RT 82-10814, 2004, s. 2)



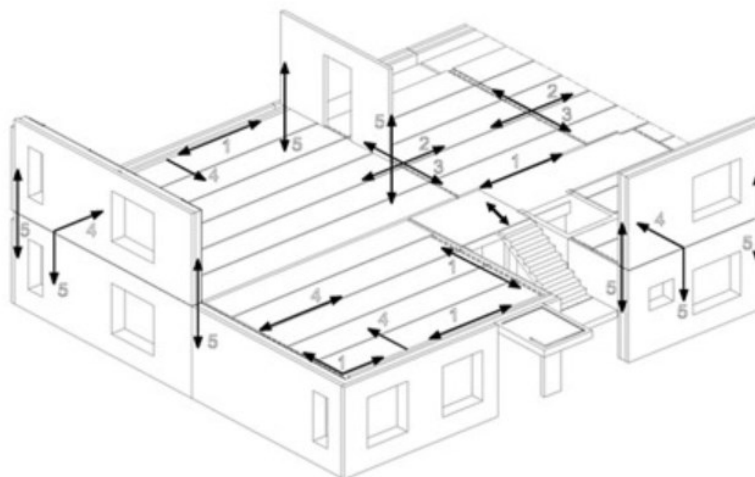
Kuva 1. Kantavat väli- ja ulkoseinät kannattelevat välipohjalaatastoa. (Kuva: RT-82-10821 s.4)



Kuva 2. Ensimmäisessä kerroksessa pilari-palkkirunko. (Kuva: RT-82-10821 s.4)

Suomessa kehitettiin vuosina 1968-1970 asuinrakentamiseen tarkoitettu BES-järjestelmä (Betonielementtistandardi). Järjestelmässä betonielementit ja liitosdetaljit standardoitiin. Tämän ansiosta urakoitsijat pystyivät hankkimaan elementtejä eri toimittajilta samaan rakennukseen. Yhä edelleen 2000-luvulla käytetään rakentamisessa BES- ja Runko-BES-järjestelmiä. (Betoniteollisuus ry, 2021)

BES-järjestelmän mukaisen asuinkerrostalon rakennejärjestelmä perustuu asuntojen välisiin kantaviin väliseiniin ja osaan julkisivun kantavista seinistä. Vaakarakenteina käytetään esijännitettyjä laattaelementtejä. Rungon jäykistys perustuu siis kantaviin ja jäykistäviin väli- ja ulkoseiniin, sekä myös välipohjalaataston kuormien välittämiseen. Tämä luo myös rungolle sen stabiliteetin. Porrashuonetta ja hissikuilua voidaan joissain tapauksissa käyttää osana rungon jäykistysjärjestelmää. Välipohjalaatasto siirtää vaakavoimat kantavien seinien kautta pystykuormina rakennuksen perustuksiin, joista kuormat välittyvät maahan (Kuva 3). LVIS-tekniikan pystynousut toteutetaan usein hormielementeillä. Järjestelmän etuina ovat hyvin vapaa huonesijoittelu, rakentamisen selkeys ja nopeus. Tärkeä osa rakennejärjestelmää on mittajärjestelmä. Mittajärjestelmässä määritetään kaikille rakennusosille liittymismitat ja varmistetaan osien yhteensopivuus. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2021)



Kuva 3. Kuormien välittyminen rungossa. (Kuva: Suomen Betoniyhdistys ry)

2.1 Perustukset

Perustuksien tehtävä on siirtää pystyrakenteilta tulevat kuormat maaperään. Rungon kantaville seinille ja pilareille tehdään perustukset. Perustusten koon ja tyyppin määräävät niihin kohdistuvat kuormitukset ja maapohjan kantavuus. Anturarakenteet valmistetaan yleensä paikallavaluna. Alapohjan rakenteena on yleensä paikallavalettu maanvarainen laatta tai kantava elementtirakenteinen laatasto. Usein laattoihin on kiinnitetty jo elementtitehtaalla alapuolinen EPS-lämmöneriste. (RT 82-10821, 2004, s. 3-4)

2.2 Pystyrakenteet

Pystyrakenteiden tehtävä on siirtää vaakarakenteista tulevat kuormat perustuksiin. Kantavat seinät voidaan tehdä elementeistä tai paikallavaluna. Myös osaelementti-ratkaisua käytetään, jossa osa seinistä on elementtejä ja osa paikallavalettuja.

Asuinrakennuksessa betoniväliseinät ja julkisivuelementtien kantavat sisäkuoret toimivat kantavana pystyrunkona. Pilarit ja kantavat seinät pyritään sijoittamaan säännönmukaisesti tietyn systematiikan mukaan. Kantavat seinät pyritään aina sijoittamaan asuntojen väliin. Tällöin ne toimivat runkoa jäykistävänä, ääntä ja paloa eristävänä rakenteena. 200 mm paksu seinä riittää yleensä täyttämään kuormitus-, ääneneristys- ja palonkestovaatimukset. (RT 82-10814, 2004, s. 2-4; RT 82-10821, 2004, s. 2)

Varsinkin paikallavalutekniikkaa käytettäessä seinien sijainti vaikuttaa toteutusaikatauluun ja rakennuskustannuksiin. Muotti- ja raudoitustyön kannalta seinien tulisi olla mahdollisuuksien mukaan säännönmukaisesti yhdensuuntaisina. Toisiinsa nähden poikittaisia seiniä tulisi paikallavaluna välttää, koska seinien työvaiheet tahdistavat silloin toisiaan ja muottikierron laatiminen hankaloituu entisestään. Vaihtoehtoisesti poikittaiset seinät voidaan toteuttaa elementein. (RT 82-10814, 2004, s. 2-4)

2.3 Vaakarakenteet

Vaakarakenteiden tehtävä on siirtää siihen kohdistuvat kuormat pystyrakenteisiin. Asuinkerrostaloissa vaakarakenteet toteutetaan yleensä ontelolaattaelementein tai paikallavaluna. Laatasta käytetään myös nimitystä holvi.

Paikallavalettu tasapaksuinen massiivinen laatta toimii asuinkerrostalon rungon vaakarakenteena. Laatta voi olla jännitetty tai jännittämätön rakenne. Jännitetyllä laattalla päästään taloudellisesti noin 10 m jänneväliin. Laatan jännittäminen lisää rakentamiskustannuksia. Pilarilaatastossa jännittämättömällä laattalla päästään taloudellisesti noin 8 m jänneväliin, joka on yleensä riittävä. Molemmissa tapauksissa laatan paksuus on noin 250 mm. Paksuus määräytyy ääneneristys-, kuormitus- ja taipumavaatimusten, sekä LVIST-tekniikoiden mukaan. Usein ääneneristyksen takia valitaan paksumpi laatta, kuin mitä kuormitus ja taipuma vaativat. LVIST-pystyasennukset pyritään yleensä sijoittamaan porrashuoneiden yhteyteen. Lämpö-, vesi-, viemäri- ja sähköasennukset voidaan asentaa vaakasuunnassa paikallavalettavassa välipohjarakenteessa, kunhan laatan läpileikkautuminen tarkistetaan. (RT 82-10814, 2004, s. 2)

Välipohjassa käytettävät elementit ovat yleensä esijännitettyjä ontelo- tai kuorilaattoja. Ontelolaatoilla suurin jänneväli asuinrakennuksissa on korkeintaan 10-13 m ja kuorilaatoilla 7-8 m. Porrashuoneiden lepotasoissa käytetään usein betonielementtilaattoja. Yläpohjarakenteena käytetään yleensä ontelolaattoja, jotka mitoitetaan lumikuorman ja vesikaton painon mukaan. Vesikaton rakenteet tehdään ontelolaataston päälle tasakattorakenteena tai puurakenteisena harjakattona. LVI-tekniikan hormi pystytään toteuttaa myös elementein. (RT 82-10821, 2004, s.2-4)

3 PAIKALLAVALURAKENTAMINEN

Betonirakentamisessa runkorakenteiden paikallavalu on yleistä Suomessa. Paikallavalurakentaminen tarkoittaa betonirakenteen valmistamista rakennustyömaalla paikan päällä. Valmis betoni tuodaan työmaalle betoniautoilla ja pumpataan valmiiksi pystytettyihin ja raudoitettuihin muotteihin. Paikallavalurakentaminen antaa arkkitehdeille ja suunnittelijoille mahdollisuuden suunnitella eri muotoisia ja näköisiä rakenteita betonista. Työmaalla käytännön soveltaminen myös helpottuu. Rakenteiden raudoitusta ja betonin vahvuuksia lisäämällä saadaan kasvatettua kestävyyttä eri käyttötarkoituksiin.

Suurin osa Suomessa käytetystä betonista menee paikallavalurakentamiseen. Vuosittain käytetään noin 2 000 000 m³ valmisbetonia. Valmisbetonin suurimpia käyttökohteita ovat erilaiset runkorakenteet, välipohjat, väliseinät ja lattiat. (Betoniteollisuus ry, 2021)

Paikallavalettu runko on yksinkertaista suunnitella ja toteuttaa. Paikallajännitetty betonirakenne on hyvin tiivis. Tästä johtuen sen ääneneristysominaisuus on hyvä ja rakenne on hyvin vesitiivis. (RT 82-10814, 2004, s. 2)

Hyvä ennakkosuunnittelu on edellytys kustannustehokkaalle paikallarakentamiselle. Onnistuneilla suunnitelmissa pystytään parhaiten hyödyntämään betonin ominaisuudet, muovailtavuuden ja rakenteiden monimuotoisuuden. Tällainen suunnitelma hyödyntää nykyaikaisen muottitekniikan mahdollisuuksia. Suomessa käytettävät muottikalustot ovat nykyaikaista eurooppalaista tasoa, teollinen raudoittaminen on ollut käytössä jo pitkään ja betonitekniikka on rakennusolosuhteidemme takia maailmanlaajuisesti huipputasoa. Rakennuksen tuotannollinen hinta riippuu hyvin pitkälti toteutettavuudesta. (Syrjynen, Vuorinen & Pahkala, s.691)

3.1 Muottityö

Muotti on väliaikainen rakenne, joka kantaa, tukee ja suojaa betonimassaa betonoinnin ja kovettumisen aikana. Rakennuskohteen betonityöt asettavat muotille teknisiä vaatimuksia. Muotin tulee olla tarpeeksi tukeva ja lujaa tekoa, jotta se kestää siihen kohdistuvat kuormitukset. Muotti ei saa heikentää betonin tai vaaditun pinnan laatua. Rakenteen mitat tulee olla sallittujen toleranssien rajoissa. Tarvittavien varauksien tekeminen muottiin on oltava mahdollista. (RATU KI-6020, 2010, s. 64)

Seinärakenteiden yleisimmät muottityypit ovat suur-, kasetti-, vakiopalkit, levy-, kulma- ja tunnelimuotit sekä muottilevyt ja lautamuotit. Holvirakenteiden yleisimmät muottityypit ovat pöytä-, kasetti-, kulma-, tunneli-, ripalaatta- ja kupumuotti. Suuria muottiyksiköitä käytetään mitoiltaan toistuvissa rakenteissa muuttumattomina useita kertoja ja niiden siirtämiseen paikasta toiseen tarvitaan nosturi. (RATU KI-6020, 2010, s. 64-67)

Kun käytettävä muottijärjestelmä on valittu, tehdään muottityön etenemisestä suunnitelma. Suunnitelmasta tulee käydä ilmi muottien käyttö niiden pystytyksestä purkuun ja uudelleen asennukseen rakenteen valmistamiseksi. Tätä kutsutaan muottikierroksi. Tärkeää on ottaa huomioon töiden tahdistaminen toisiinsa. Parhaimmillaan pystyrakenteiden kiertonopeus on yksi työpäivää ja vaakarakenteissa 2,5 työpäivää. Ennen muottitöiden aloittamista työmaalla suunnitellaan muottikierto etukäteen. Suunnittelun vaiheet ovat lohkojako, työvaiheiden väliset riippuvuudet, työn ja kaluston määrä, aika- ja työmenekit, työryhmät ja aikataulu. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2021)

Muottityö sisältää eri työvaiheita. Muotit esivalmistetaan ja kootaan oikeisiin mittoihin. Mitataan ja merkitään muottien, varauksien ja rajoittimien paikat. Muotit siirretään ja asennetaan niille mitatuille paikoille. Betonoinnin aikana ja jälkeen seurataan muotin tiiveyttä ja että muotti pysyy muodossaan ja mittatarkkuus säilyy. Valetut muotit suojataan ja lämmitetään olosuhteiden mukaan. Kun betoni on saavuttanut vaaditun 60 % nimellislujuudestaan, muotit puretaan, puhdistetaan ja öljytään. (RATU KI-6020, 2010, s. 74)

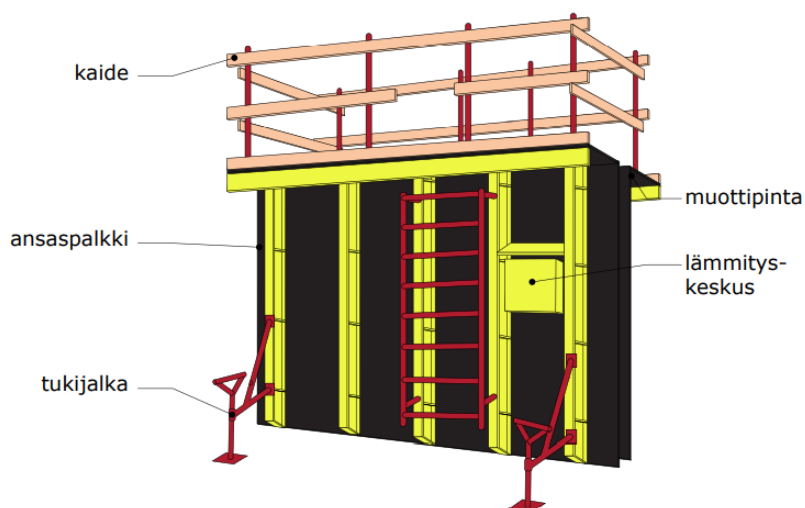
Muottityössä moni asia voi mennä vikaan. Muotti voi olla väärässä paikassa, väärän kokoinen, ei riittävän tiivis, tuettu ja kiinnitetty huolimattomasti. Muotti ei ole riittävän luja ja se pääsee muuttamaan muotoaan. Muotin pinta on vahingoittunut ja likainen. Varaukset ja rajoittimet ovat väärässä paikassa. (RATU KI-6020, 2010, s. 83)

Aina nosturia käytettäessä ja muotteja käsiteltäessä tulee muistaa työturvallisuus. Muotit tulee aina tukea riittävän hyvin myös varastonnissa ja varmistettava, ettei alusta sorru. Nostaessa muottia on huomioitava tuuli, ettei muotti karkaa hallinnasta. Huolehdittava putoamissuojauksista. Ennen muotin nostoa on varmistettava, ettei muottiin ole jäänyt betonikokkareita, jotka voisivat tippua. (RATU KI-6020, 2010, s. 83-84)

3.1.1 Suurmuotti

Suurmuotti on seinän korkuinen muotti, jonka muodostaa kaksi muottipuoliskoa (Kuva 4). Muotti sopii hyvin rakenteeseen, joka on selkeä ja toistuva. Esimerkiksi asuinrakennus, jossa on runkona kantavat seinät. Muottikierto pystytään toteuttamaan nopeasti ja työvoimaa tarvitaan vähän. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018, s. 235-236)

Muotin asentamisessa tarvitaan nosturia. Muottipuoliskoa kohden on vähintään kaksi tukijalkaa, joilla muotti tuetaan ja säädetään pystyyn oikeaan asentoon. Sidepultit kiinnittävät muottipuoliskot toisiinsa. Suurmuotti on yleensä lämpöeristetty ja varustettu lämmitysjärjestelmällä. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018, s. 235-236)

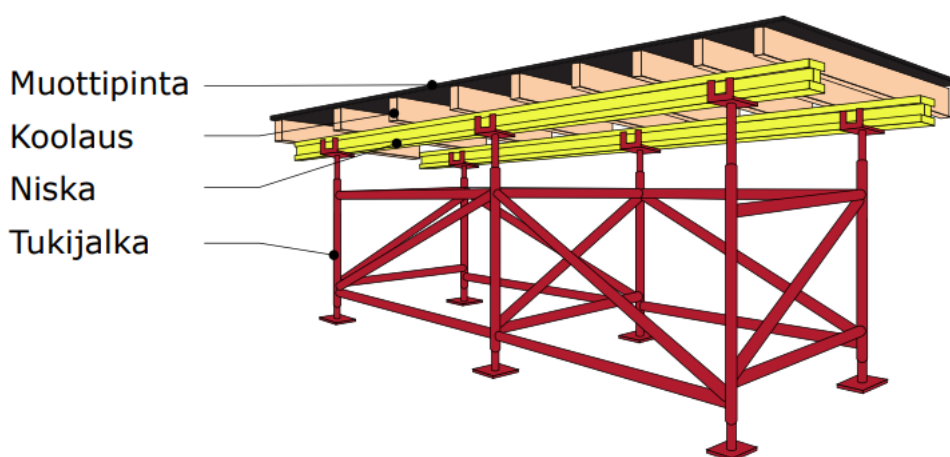


Kuva 4. Suurmuotti (Kuva: RATU KI-6020, 2010, s.64)

3.1.2 Pöytämuotti

Pöytämuotti on laatan valuun tarkoitettu muotti, jonka koko mitoitetaan kohdekohtaisesti (Kuva 5). Koko ja muoto voidaan valita vapaasti ja koota kohteen vaatimusten mukaan. Muotti on koneellisesti siirrettävä ja voidaan siirtää seuraavaan kohteeseen esimerkiksi ikkunan kautta. Soveltuu nopeaan muottikiertoon samalaisissa toistuvissa kohteissa. Pöytämuotin ensimmäiseen kokoamiseen tarvitaan paljon työvoimaa, mutta seuraaviin kokoamisiin ei tarvita paljoa työvoimaa. Keskimäärin seitsemännen käyttökerran jälkeen edullisin ratkaisu. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018, s. 240)

Muotin osat ovat muottipinta, sekundääripalkit (koolaus), pääkannatinpalkit (niskat), pystytuet, vinotuet, kaiteet, siirtopyörät, eristys- ja lämmitysjärjestelmä. Muottipinta toimii teräs tai 18, 21 tai 27 mm paksu jäykkä vaneri. Koolauksena käytetään sahata-varaa tai vakiopuupalkkeja. Niskat ovat vakiomittaisia puupalkkeja, jotka siirtävät kuormat pystytuille. Pystytukija pystytään säätämään karkeasti teleskooppirakenteen avulla ja hienosäätämään kierteityksen avulla. Yleensä pöytämuotti jäykistetään vino- ja vaakatuilla, jolloin työtila muotin alapuolella rajoittuu. Taivuttavia pystytukia käytettäessä muotin alapuolelle jää enemmän työskentelytilaa. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018, s. 240)



Kuva 5. Pöytämuotti (Kuva: RATU KI-6020, 2010, s.67)

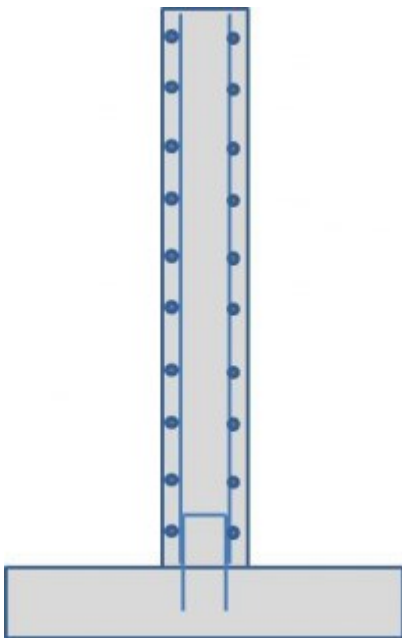
3.2 Raudoitus

Betoni kestää puristusta hyvin, mutta sen vetolujuus ja kestävyys leikkausvoimia vastaan on heikko. Teräs kestää hyvin vetoa ja leikkausvoimaa. Betoni ja teräs täydentävät toistensa lujuusominaisuuksia ja yhdessä ne muodostavat teräsbetonirakenteen. Yhdessä ne kestävät paljon enemmän kuormitusta kuin erikseen. Lisäksi betoni muodostaa teräksen ympärille betonipeitteen, joka suojaa terästä korroosiolta ja tulipalossa hidastaa teräksen lämpenemistä. Betonin ja teräksen yhteistoimintaa edellyttää se, että muodonmuutokset ja jännitykset siirtyvät tartunnan välityksellä betonista raudoitukseen ja toisin päin. Raudoitus sijoitetaan betonissa rakenteen niihin kohtiin, joihin on laskettu syntyvän vetorasituksia. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018, s. 263)

Teräsbetonissa käytettävät teräkset jaetaan terästankoihin, teräsverkkoihin ja matoraudoitteisiin. Tangot ovat joko sileitä, harjapintaisia tai kuviopintaisia ja niiden nimellimitat ovat 6, 8, 10, 12, 16, 20, 25 ja 32 mm. Verkkoja tehdään suorakaide- ja neliösilmäisinä. Niiden mitat ovat standardisoituja tankojen halkaisijan ja jakovälien mukaan. Matoraudoite on pohjollaan suhteellisen uusi raudoitusmenetelmä. Rullalle pakattu raudoite siirretään kohteeseen ja rullataan auki paikoilleen. (RATU KI-6020, 2010, s. 75)

Työmaalla teräksille on varattava tarpeeksi suuri alue niiden varastointiin ja työstämiseen oikeisiin mittoihin. Lisäksi nosturin on hyvä ylettyä nostamaan teräkset tältä kyseiseltä alueelta, jotta ylimääräiseltä kantamiselta vältytään. Raudoituksessa teräkset asennetaan suunnitelmissa määritetyille paikoille. Teräkset kiinnitetään toisiinsa metallisin sidontalangoin raudoituskoukun avulla. Raudoitus tuetaan betonisilla, muovisilla tai metallisilla välikkeillä, jotta se ei pääse liikkumaan valun aikana. Samalla varmistetaan, että betoni saa riittävän betonipeitteen. (RATU KI-6020, 2010, s. 75-76)

Laatan raudoitus sijoitetaan taivutusmomenttipinnan mukaisesti lähelle vedettyä pintaa. Raudoitus asennetaan kahdessa eri suunnassa ja leikkausraudoitusta harvemmin tarvitaan. Tankopaksuus on useimmiten 6-12 mm. Seinän raudoituksessa molempiin pintoihin asennetaan pystytangot ja vaakatangot pystytankojen ulkopuolelle estämään pystytankojen nurjahduksen. Molempien pintojen verkot sidotaan toisiinsa kiinni seinän läpi. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018, s. 264)



Kuva 6. Raudoitettun seinän leikkauskuva. (Kuva: Suomen Betoniyhdistys ry)

Tyypillisiä virheitä raudoituksessa on teräksien liian kevyt sidonta ja kiinnitys, jolloin teräkset liikkuvat valun aikana. Raudoitus on mitattu ja asennettu väärään kohtaan. Teräksien pinnat öljyisiä ja likaisia, jolloin betoni ei tartu teräksen pintaan riittävän lujasti. (RATU KI-6020, 2010, s. 83)

Raudoituksessa tulee kiinnittää huomiota myös työturvallisuuteen. Pystytankojen päät on suojattava muovitulpilla. Teräksiä nostettaessa on huolehdittava, että teräkset on oikeaoppisesti kiinnitetty ympäri kiristyvillä nostoapuvälineillä. Kulmahiomakonetta käytettäessä tulee olla tulityölupa. (RATU KI-6020, 2010, s. 84)

3.3 Betonointi

Betonimassaa tilattaessa täytyy tietää ja ilmoittaa betonin määrä, toimitusaikataulu, erityisvaatimukset sekä rakenne-, lujuus-, notkeus- ja rasitusluokat. On myös hyvä ilmoittaa valettava kohde ja sen etäisyys betoniautosta. Toimitukset on pyrittävä ajoittamaan siten, ettei betoni lopu kesken valun ja betonointi keskeydy. (RATU KI-6020, 2010, s. 78)

Ennen betonoinnin aloittamista on tarkistettava, että muotin mitat, varaukset ja raudoitteet ovat tehty suunnitelmien mukaan. Muotin tulee olla tiivis ja hyvin tuettu, sekä raudoitteet puhtaat. Tarvittavat koneet ja kalusto on oltava toimintakunnossa. Yleisin valutapa on pumppubetonointi. Betoni valetaan muottiin siten, että muotti täyttyy tasaisesti halutun paksuisena kerroksena alhaalta ylös. Tasaisella kerroksella saadaan betonimassa paremmin tiivistettyä ja pyritään välttämään, ettei valupaine riko muottia. Valussa on tärkeää, että betonimassa säilyttää koostumuksensa työn aikana. Betonimassaa tiivistetään valun aikana täryttimellä. Täryttämisessä ylimääräinen ilma poistuu, rakenne homogenisoituu ja betonin lujuus kasvaa. Betoni täyttää muotin tasaisesti teräksen pintaa myöden, jolloin teräksen ja betonin tartunta paranee. Laattavalun vielä kovettumaton pinta tasoitetaan hiertämällä haluttuun tasaisuuteen. Valu suojataan ja lämmitetään olosuhteiden mukaan. (RATU KI-6020, 2010, s. 78-80)



Kuva 7 Betonia pumpataan raudoitettuun muottiin ja tiivistetään täryttämällä. (Kuva: Suomen Betoniyhdistys ry)

Yleisimpiä virheitä betonoinnissa ovat valuun sopimaton massa ja massan huono tiivistys. Lämmitys voi olla puutteellinen ja jälkihoitoa laiminlyödään. Muotit puretaan ennen kuin betonimassa saavuttaa riittävän purkulujuuden 60 % suunnittelulujuudesta. (RATU KI-6020, 2010, s. 83)

Työturvallisuus betonoinnissa on tärkeää. Betoniautojen liikkuesssa työmaalla on pidettävä kulkuväylät esteettöminä ja valaistuin. Putoamissuojaukset on huolehdittava kuntoon ennen työn aloittamista. Betonin pumppausputkiston tukkeutuessa siirrytään pois letkun läheisyydestä, varoitetaan muita ja katkaistaan pumppaus. Betoniroiskeilta täytyy suojautua. (RATU KI-6020, 2010, s. 84)

4 ELEMENTTIRAKENTAMINEN

Suomessa asuinkerrostalojen runkorakenteista noin 80 % on tehty betonielementein. Suomessa yrityksiä, jotka valmistavat betonielementtejä on noin 80kpl ja tehtaita noin 200kpl. Vuonna 2019 valmistettiin betonisia seinäelementtejä 1,9 miljoonaa m² ja lat-taelementtejä 2,4 miljoonaa m². (Suomen Betoniyhdistys ry, 2021)

Asuinkerrostalojen runkojen yleisin toteutustapa on betonielementtirakenteet. Elementtirakentamisella eli valmisosarakentamisella tavoitellaan nopeaa ja taloudellista kokonaistoteutusta. Tästä johtuen elementit valmistetaan ja viimeistellään tehtaassa mahdollisimman pitkälle, jotta työmaalla työn määrä vähenisi. Runkovaiheen nopeuttamiseksi koko runko voidaan tehdä elementeistä, jakaa lohkoihin ja vakioida liitosratkaisut. Lohkorakentamisessa koko runko jaetaan lohkoihin. Yksi lohko tehdään ker-ralla kokonaan valmiiksi, jolloin lohkoissa päästään aloittamaan viimeistelytyöt aikai-semmin. Tällä pyritään nopeuttamaan runkovaiheen toteutusta ja elementtien tuotan-tojärjestys ja toimitus helpottuu. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018, s. 427)

Asuinkerrostalojen elementtijärjestelmänä toimii BES-järjestelmä, jossa perusratkai-suna on kantavat seinät ja laatta -runko. Järjestelmässä mitoitetaan yleensä huonekor-keus 2500 mm, kerroskorkeus 3000 mm ja tekniikalle jää tilaa 500 mm. Välipohjina käytetään esijännitettyjä ontelolaattoja, jotka ovat 1200 mm leveät. Kantavat asuntojen väliset seinät ovat betonia ja niiden paksuus on 180 mm tai 200 mm. Näin saadaan täytettyä ääni- ja palotekniset vaatimukset. Runkoon kohdistuvat vaakavoimat siirty-vät välipohjan kautta kantaville seinille, joista voimat siirtyvät eteenpäin. Onte lolaatat yhdistetään yhdeksi isoksi laataksi sauma- ja rengasraudoituksella ja saumavalulla. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018, s. 428-429)

Elementtirakentamisessa on monia etuja ja hyötyjä. Toteutus voidaan jakaa selkeisiin osiin ja suunnitella tarkasti. Hyvin suunnitellulla toteutuksella elementtien toimitus ja asennus osuvat hyvin kohdakkain ja näin ollen rakennusaika on tehokasta. Elementit valmistetaan tehtaassa pitkälle valmiiksi ja tehdasolosuhteissa laadunhallinta on helppo toteuttaa. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2021)

Lukumääräisesti elementtityömaalla tapahtuu vähemmän työtapaturmia kuin muilla rakennustyömailla, mutta vakavien työtapaturmien osuus on suurempi kuin muilla työmailla. Yleisimpiä tapaturmaan johtaneita syitä ovat puutteet putoamissuojauksessa, elementin nostoissa, elementin tuennassa, telineissä, varastoinnissa tai kuljetuksessa. Ennen elementtityömaalla aloittamista on työmaalta löydyttävä elementtien asennussuunnitelma kirjallisena. (RATU KI-6020, 2010, s. 108-109)

4.1 Kantavat väliseinäelementit

Kantavat väliseinäelementit ovat yleisimmin puristettuja rakenteita, joilla on myös vaakakuormituksia. Seinät voidaan tehdä raudoittamattomina, jolloin niihin tehdään ainoastaan pieliraudoitus, tai raudoitettuna. Raudoitetun seinän molempiin pintoihin tulee raudoitus, joka on oltava vähintään miniraudoitusta vastaava, jotta seinää voidaan kutsua teräsbetoniseinäksi. Asuinkerrostalossa rasiukset ovat pienet, joten seinät voidaan tehdä raudoittamattomina. (Betoniteollisuus ry, 2021)

Väliseinäelementeissä on erilaisia varauksiloja, sähköputkituksia ja suunnitelmien mukainen raudoitus. Yleisimmin 150, 180 tai 200 mm paksuja. Valmistus tapahtuu vaakavaluna muottipöydällä tai pystyasennossa patterissa. Ensiksi muotti puhdistetaan, kootaan ja öljytään. Muotti raudoitetaan ja varustellaan suunnitelmien mukaisilla varauksilla ja sähköputkilla. Tämän jälkeen muotti valetaan ja tiivistetään. Elementti jälkihoidetaan muotissa, jonka jälkeen muotti puretaan. Elementti viimeistellään, tarkistetaan ja siirretään varastoon, josta se toimitetaan rekalla työmaalle aikanaan. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018, s. 461-462)



Kuva 8. Massiivisia seinäelementtejä varastoituna. (Kuva: Betonteollisuus ry)

4.1.1 Asennus

Elementiasennuksia varten tarvitaan asennussuunnitelma, jotta työt hoituvat turvallisesti ja tehokkaasti. Suunnitelmasta tulee löytyä aikataulut, asennusjärjestys, nostokaluusto, työryhmä, asennusaikainen tuenta, lopullinen kiinnitys, mittatarkkuus, laatuvaatimukset, sauma ja juotosvalumenetelmät. Asennussuunnitelma toimii samalla myös asennustyön työturvallisuussuunnitelmana. (RATU KI-6020, 2010, s. 100)

Elementtiseinien saavuttua työmaalle, ne välivarastoidaan elementtifakkiin ja suojataan säältä odottamaan niiden asennusta. Jos elementtejä ei välivarastoida, vaan ne nostetaan rekan lavalta suoraan paikoilleen, täytyy elementtitehtaan kanssa sopia ja suunnitella tarkasti elementtien toimitusjärjestys ja -aikataulu. Hyvin aikataulutetun ja suunnitellun toimitusjärjestyksen avulla pyritään säästämään aikaa ja resursseja. (RATU KI-6020, 2010, s. 97-99)

Seinien tarkat paikat mitataan ja merkitään holvin pintaan suunnittelukuvien mukaan. Asennettavan elementtiseinän kohdalle levitetään vähintään 10 mm kerros juotosbetonia. Elementti kiinnitetään nosturiin nostolenkeistä ja nostetaan paikoilleen. Asentajat ohjeistavat nosturikuskia radiopuhelimen välityksellä. Asennuskangilla elementti ohjataan paikoilleen. Elementti tuetaan elementtituilla pystyyn. Vesivaa'alla tarkistetaan elementin pystysuoruus ja tukia säätelämällä saadaan säädettyä pystysuoruutta. Oikeaan kohtaan säädetty ja tuettu elementti voidaan irrottaa nosturista. Vajaa alasauma täytetään ja tasoitetaan juotosbetonilla. Elementtien väliseen pystysaumaan ujutetaan harjateräs elementeissä olevien vajjerilenkkien läpi. Lopuksi sauma valetaan juotosbetonilla umpeen ja tasoitetaan. (RATU KI-6020, 2010, s. 1117-118)

4.2 Ontelolaatat

Suomessa yleisin elementtilaattatyyppejä on ontelolaatta. Ne ovat teräsbetonista valmistettuja ja esijännitetyjä laattaelementtejä, jotka ovat kevennetty laatan pituussuunnassa kulkevilla onteloilla. Ontelolaattojen avulla pystytään toteuttamaan pitkiäkin jännevälejä aina jopa 20 metriin asti. Laatan vakioleveys on 1200 mm ja valmistuspaksuudet vaihtelevat 150-500 mm. Asuinkerrostalossa ontelolaatan valintaan vaikuttaa myös ääneneristys. Peruspalonkesto on 60 minuuttia, mutta tarvittaessa voidaan valmistaa laattoja, joiden palonkestoajat ovat 90 minuuttia ja 120 minuuttia. (Betonteollisuus ry, 2021)

Ontelolaattojen valmistusmateriaalit eroavat muusta elementtituotannosta. Raudoitukseen käytetään korkealaatuista jänneterästä, joka on halkaisijaltaan 9,3 mm tai 12,5 mm. Teräksen lujuusluokka on St1630/1860. Betonoinnissa käytetään maakostea ja jäykkää massaa, koska muottia ei käytetä. Ensiksi puhtaalla alustalla esijännitysteräksset vedetään ja jännitetään. Tämän jälkeen valukone valaa betonin. Aukot ja varaukset mitataan ja kaivetaan auki ja annetaan betonin kovettua. Jännitykset päästetään, laatta sahataan oikeaan mittaan ja punosten tartunnat tarkastetaan. Porataan vedenpoistoreiät onteloihin ja varastoidaan laatta. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018, s. 463)



Kuva 9. Ontelolaattaa siirretään nostosaksilla (Kuva: Suomen Betoniyhdistys ry)

4.2.1 Asennus

Ontelolaattojen asennukseen tarvitaan väliseinäelementtien tapaan myös asennussuunnitelma. Laattojen oikeat paikat ja korot mitataan ja merkitään. Elementit voidaan nostaa suoraan kuormasta paikoilleen nosturilla ja nostosaksilla tai sitten välivarastoida ne työmaalle. Laattojen välivarastoinnissa laatat varastoidaan asennusjärjestyksen mukaan päällekkäin ja niiden väliin asetetaan välipuut. Elementti nostetaan oikeaa kohtaan ja varmuusketju poistetaan. Tämän jälkeen laatta ohjataan kohdilleen asennuskangilla, lasketaan siihen ja nostosakset irrotetaan. Ontelolaattojen väliset saumat puhdistetaan ja tukkolaudoitetaan. Saumat raudoitetaan ja laatasto ankkuroidaan rengas-teräksistään rakennesuunnitelmien mukaan. Myös saumoihin tulevat sähköputket asennetaan tässä vaiheessa. Saumat valetaan saumabetonilla umpeen ja tiivistetään. Laatan päälle roiskunut betoni puhdistetaan pois välittömästi. Valu suojataan ja jälkihoitetaan olosuhteiden mukaan. (RATU KI-6020, 2010, s. 113)

5 PAIKALLA- JA ELEMENTTIRAKENTAMISEN EROT

Ajallisesti elementtirakentaminen on nopeampaa verrattuna paikallavalurakentamiseen. Elementtiseiniä tehtäessä voidaan samanaikaisesti aloittaa esimerkiksi holvi-
muotin tekeminen, jolloin saadaan työvaiheita tahdistettua paremmin ja pienennettyä läpivientiaikaa rungon osalta. Paikallavalussa muotit voidaan purkaa vasta, kun betoni on saavuttanut riittävän nimellislujuuden ja sen jälkeen vasta päästään aloittamaan holvi-
vimuottitöitä. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2004, s.348)

Kustannuksiltaan paikallavalurakentaminen on elementtirakentamista halvempi vaihtoehto. Elementtien hintaan vaikuttaa moni asia, kuten esimerkiksi yleinen hintataso, elementtitehtaiden keskinäinen kilpailu ja suhdannetilanne. Elementtien hinnat ovat korkealla varsinkin rakentamisen sesonkiaikaan. Näin ollen paikallavalurakentaminen on usein kustannustehokkaampi vaihtoehto. (Rakennustietosäätiö RTS, 2015, s. 19)

6 MÄÄRÄLASKENTA JA TYÖMENEKIT

Määrälaskennassa lasketaan rakennushankkeen rakennusmateriaalien ja työn määriä. Laskennasta saadut tulokset ilmoitetaan erilaisilla yksiköillä, kuten esimerkiksi neliömetreinä, kuutiometreinä, kilogrammoina tai kappalemäärinä. Saatuja tuloksia käytetään hyödyksi esimerkiksi aikataulujen ja kustannuslaskennan tekemiseen. (Talo-80-ryhmä, 1985, s. 12-13)

Tarjouslaskentavaiheessa tehdään alustava määrälaskenta, jonka avulla saadaan arvio hankkeen lopullisesta hinnasta ja näin ollen parannettua kustannustehokkuutta. Määrälaskenta voidaan aloittaa, kun tilaaja tai suunnittelija luovuttaa piirustukset ja asiakirjat laskijalle. Määrälaskennassa on kolme vaihetta: kohteeseen tutustuminen, määrien erittely ja määrien mittaaminen. Ensimmäisessä vaiheessa laskija tutustuu kohteeseen piirustusten ja asiakirjojen kautta. Laskijan täytyy tämän vaiheen jälkeen tunteerakenteet ja työvaiheet, sekä tietää määränimikkeiden listaustarpeet. Toisessa vaiheessa laskija erittelee määrät määräluetteloksi ja jaottelee määrät selkeästi tulkittaviksi ja hinnoitteluun sopiviksi. Kolmannessa vaiheessa lasketaan määrät teoreettisina, jolloin niihin ei sisälly hukkavaraa. Tuloksena saadaan luettelosta, josta pitää pystyä katsomaan lasketun osan nimi, määrä ja yksikkö. (Talo-80-ryhmä, 1985, s. 12-13)

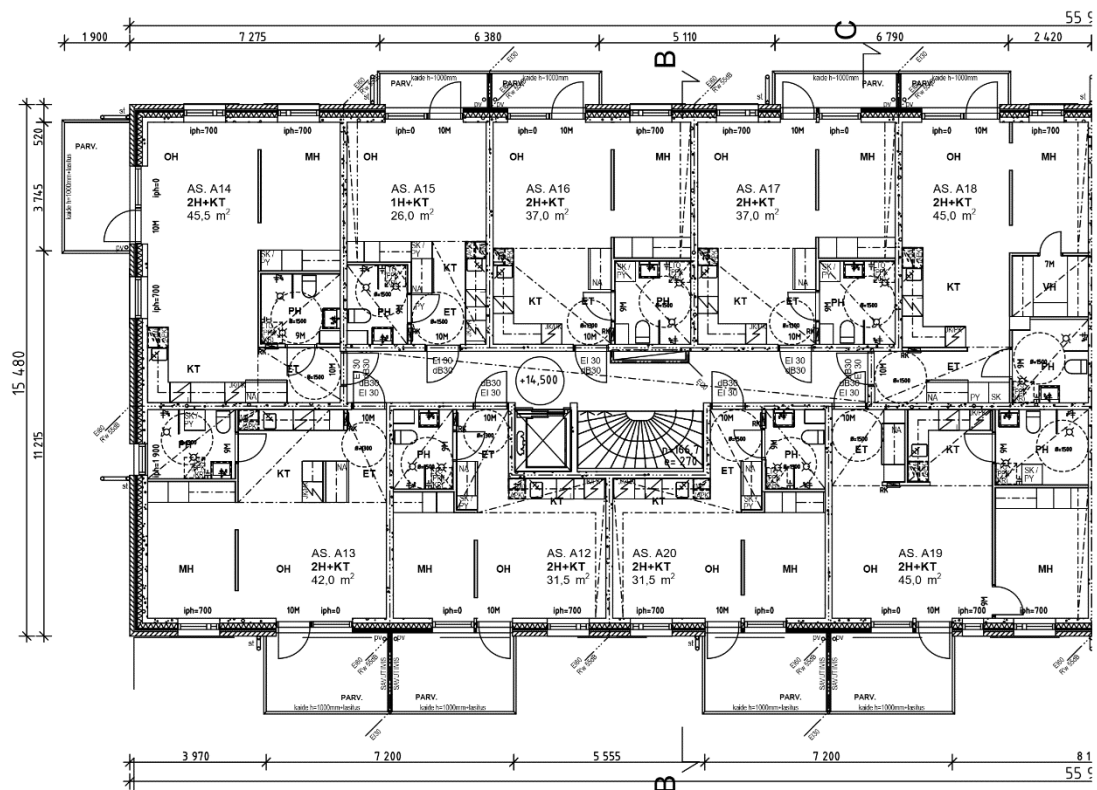
Määrälaskenta voidaan suorittaa laskemalla perinteisesti kuvista käsin viivoittimella. Laskennan voi myös toteuttaa käyttämällä tietoteknisiä laskentaohjelmia, joihin syötetään kohteen piirustukset. Ohjelma laskee määrät piirustuksista automaattisesti. Määrälaskennan tuloksena saatujen suoritemäärien ja työkohtaisten työmenekkien avulla saadaan laskettua työhön kuluva aika.

Aika jonka työntekijä, työryhmä tai kone käyttää yhden suoriteyksikön tekemiseen kutsutaan työmenekiksi. Työmenekki (tth/yks) saadaan jakamalla työntekijätunnit (tth) suoritemäärällä (yksikkö, esim. m²). Laskemalla työryhmän työntekijöiden työmenekit yhteen saadaan työryhmän työmenekki. (RATU KI-6028, s. 9)

Työmenekkejä käytetään, kun lasketaan yksittäisen työvaiheen tai kohteen aikataulua ja hintaa. Talonrakennusteollisuus ry on laskenut ja listannut eri töiden työmenekkejä Aikataulukirja 2016-teokseen. Kirjaan on listattu uudis- ja korjausrakennustöiden työmenekkejä.

7 KOHDE

Opinnäytetyön kohteena oli YIT:n vuonna 2017-2019 rakentama betonirunkoinen 5-kerroksinen asuinkerrostalo As Oy Porin Sirius. Osa Siriuksen kantavista väliseinistä tehtiin paikallavaluna ja osa elementtein. Välipohja toteutettiin paikallavaluna. Tässä opinnäytetyössä tarkasteluun otettiin Siriuksen 3-kerros.



Kuva 10. 3-kerroksen pohjakuva

Taulukkoon 1 on laskettu työpiirustuksista kantavien väliseinien ja välipohjan suoritemäärät. Taulukkoon on laskettu myös väliseinäelementtien ja ontelolaattojen määrät.

Taulukko 1. Suoritemäärät

Suoritemäärät

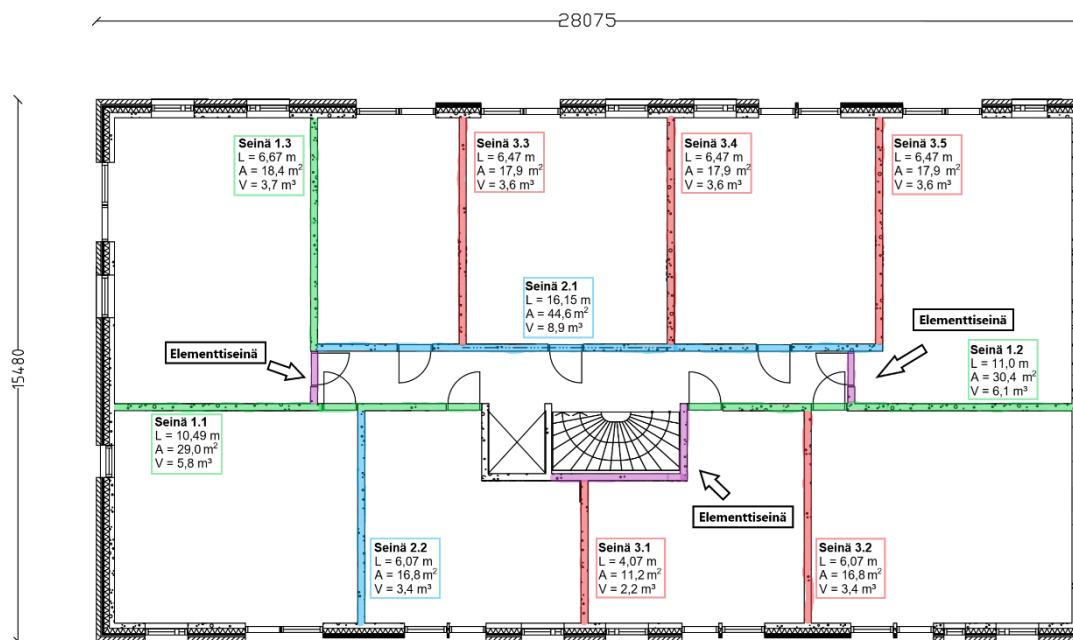
Väliseinät

Pituus		80 m
Korkeus		2,76 m
Paksuus		0,2 m
Pinta-ala	$80\text{m} * 2,76\text{m}$	221 m ²
Oviaukkojen pinta-ala	$1\text{m} * 2,1\text{m} * 7\text{kpl}$	14,7 m ²
Tilavuus	$221\text{m}^2 * 0,2\text{m}$	42 m ³
8mm teräksen paino	$4\text{kg}/\text{m}^2 * (221\text{m}^2 - 14,7\text{m}^2)$	825 kg
2m ³ elementit	$42\text{m}^3 / 2\text{m}^3 + 2\text{kpl}$	23 kpl

Holvi

Pituus		27,6 m
Leveys		14,4 m
Paksuus		0,24 m
Pinta-ala	$27,6\text{m} * 14,4\text{m}$	398 m ²
Tilavuus	$398\text{m}^2 * 0,24\text{m}$	96 m ³
Teräksen paino	$16\text{kg}/\text{m}^2 * 398\text{m}^2$	6 368 kg
1,2m*7,2m ontelolaatta	$398\text{m}^2 / (1,2\text{m} * 7,2\text{m})$	46 kpl

Kuvassa 11 on kuvattu 3-kerroksen kantavien väliseinien muottikierto. Käytössä on viisi suurmuottiparia. Vihreäksi värjätyt seinälinjat tehdään ensimmäisenä. Toisena siniseksi värjätyt seinät ja lopuksi punaisella värjätyt seinät. Violetit seinät ja hissikuilu tehdään elementeistä.



Kuva 11. Kantavien väliseinien muottikierto

8 TOTEUTUSVAIHTOEHDOT JA NIIDEN VERTAILU

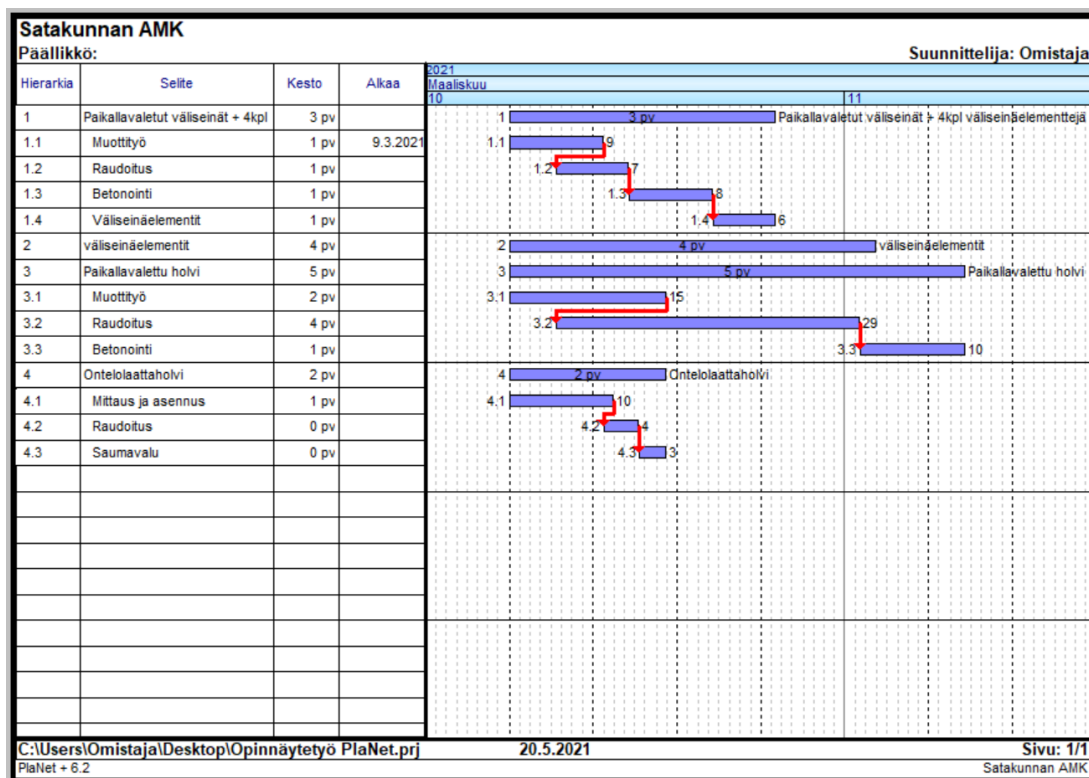
Kantavien väliseinien osalta toteutusvaihtoehtoja ovat paikallavalu- ja elementtirakentaminen. Välipohjassa vertaillaan paikallavalu- ja ontelolaattaholvia. Vertailussa otetaan huomioon aika ja raha.

8.1 Aika

Taulukkoon 2 on laskettu työhön kuluva aika suoritemäärien ja Aikataulukirjan työmenekkien mukaan. Työhön kuluva aika on ilmoitettu työtekijätunteina (tth).

Taulukko 2. Aikataulu

Aikataulu					
	Työvaihe	Suoritemäärä	Työmenekki	Työryhmä	Työntekijätuntia
Väliseinäelementit		23 kpl	3,02 tth/kpl	2 tm	35 tth
Paikallavaletut väliseinät + 4kpl väliseinäelementit	Muottityö	221 m ²	0,16 tth/m ²	4 tm	9 tth
	Raudoitus	825 kg	17,16 tth/1 000kg	2 tm	7 tth
	Betonointi	42 m ³	0,38 tth/m ³	2 tm	8 tth
	Väliseinäelementit	4 kpl	3,02 tth/kpl	2 tm	6 tth
Ontelolaattaholvi	Mittaus ja asennus	46 kpl	0,44 tth/kpl	2 tm	10 tth
	Raudoitus	46 kpl	0,15 tth/kpl	2 tm	3,5 tth
	Saumavalu	46 kpl	0,11 tth/kpl	2 tm	2,5 tth
Paikallavalettu holvi	Muottityö	398 m ²	0,15 tth/m ²	4 tm	15 tth
	Raudoitus	6 368 kg	9,02 tth/1 000kg	2 tm	29 tth
	Betonointi	96 m ³	0,20 tth/m ³	2 tm	10 tth



Kuva 12. Planet-aikataulut

Kantavien väliseinien osalta huomataan, että täyselementti vaihtoehto kestää 35th eli noin 4,4 työpäivää. Osaelementti eli paikallavaletut seinät + 4 kpl elementtiseiniä kestää 30th. Kun paikallavalun työvaiheet tahdistaa, niin saadaan työ suoritettua 3 työpäivässä.

Ontelolaattaholvin työvaiheisiin kuluu aikaa yhteensä 16th eli 2 työpäivää. Ontelokentän raudoitusta pystytään aloittamaan ennen kuin kaikki ontelolaatat ovat nostettu paikoilleen. Paikallavalettuun holviin kuluu yhteensä aikaa 54th eli hieman alle 7 työpäivää. Paikallavaletun holvin töiden tahdistaminen on erityisen tärkeää, koska työhön kuluvasta ajasta voidaan saada jopa 2 työpäivää pois. Työvaiheita tahdistamalla pystytään raudoitus aloittamaan ennen kuin muottityö on täysin valmis. Paikallavalettu holvi saadaan tehtyä 5 työpäivään.

8.2 Kustannukset

Kustannuksissa otettiin huomioon työn urakkahinnat ja rakennusmateriaalien hinnat rahteineen. Urakkahinnat laskettiin Rakennusalan yleisen työehtosopimuksen ja suoritemäärien mukaan. Rakennusmateriaalien hinnat laskettiin YIT:n sopimusten ja suoritemäärien mukaan. Koska YIT:n sopimusten hinnat ovat salaista tietoa, niin rakennusmateriaalien hinnat jätetään tässä opinnäytetyössä julkaisematta.

Taulukko 3. Urakkahinnat

		Hinnat		
		Urakkahinta		
	Työvaihe	Suoritemäärä	Yksikköhinta	Yhteensä
Väliseinäelementit		23 kpl	39,09 €/kpl	899,07 €
Paikallavaletut väliseinät + 4kpl väliseinäelementit	Muottityö	221 m ²	2,90 €/m ²	640,90 €
	Raudoitus	825 kg	27,40 €/100kg	226,05 €
	Betonointi	42 m ³	7,37 €/m ³	309,54 €
	Väliseinäelementit	4 kpl	39,09 €/kpl	156,36 €
				1 332,85 €
Ontelolaattaholvi		46 kpl	18,32 €/kpl	842,72 €
Paikallavalettu holvi	Muottityö	398 m ²	3,35 €/m ²	1 333,30 €
	Raudoitus	6 368 kg	16,86 €/100kg	1 073,64 €
	Betonointi	96 m ³	4,47 €/m ³	429,12 €
				2 836,06 €

Työn kustannuksiltaan väliseinäelementit ovat paikallavalettuja väliseiniä halvempi vaihtoehto. Kun lasketaan työn kustannukset ja rakennusmateriaalien hinnat yhteen, niin huomataan, että väliseinäelementit ovat paikallavalettuja väliseiniä kolme kertaa kalliimpi vaihtoehto.

Ontelolaattaholvi on paikallavalettua holvia huomattavasti halvempi vaihtoehto työn kustannuksiltaan. Työn kustannukset ja rakennusmateriaalien hinnat yhteenlaskettuna ontelolaattaholvi on paikallavalettua holvia 1,5-kertaa kalliimpi.

9 JOHTOPÄÄTÖKSET

Opinnäytetyön tarkoituksena oli verrata kerrostalon yhden peruskerroksen betonirungon eri toteutusvaihtoehtoja ajan ja kustannusten suhteen. Kantavien väliseinien osalta vertailu rajattiin paikallavalu ja elementti ratkaisuihin. Välipohjassa vertailu rajattiin ontelolaataston ja paikallavaletun laatan välille.

Opinnäytetyön alussa käytiin läpi betonirunkoisen asuinkerrostalon runkojärjestelmiä, paikallavalu- ja elementtirakentamista teoriassa. Tämän jälkeen laskettiin jokaiseen työvaiheeseen erikseen kuluva aika ja raha. Laskemisessa käytettiin määrälaskentaa, työmenekkejä, urakkahintoja ja YIT:n sopimushintoja.

Elementtirakentamisessa elementit valmistetaan asennusvalmiiksi jo tehtaalla, jolloin iso osa työstä tapahtuu elementtitehtailla. Tämä nopeuttaa rakentamista työmaalla, koska elementit tarvitsee vain varastoida, nostaa ja asentaa paikoilleen. Nykyään elementtirakentamisen suosio on noussut, mikä työllistää elementtitehtaita ja nostaa elementtien hintoja. Sisällä tehtaissa suojassa sääolosuhteilta valmistettujen elementtien laadun valvonta ja kontrollointi ovat hyvällä tasolla.

Paikallavalurakentaminen on elementtirakentamiseen verrattuna työmaalla hitaampaa, mutta huomattavasti halvempaa. Paikallavalurakentamisessa on enemmän työvaiheita, usein sääolosuhteiden armoilla, kuin elementtirakentamisessa. Tämä lisää haasteita laadun kontrollointiin ja valvontaan.

As Oy Porin Siriuksen 3-kerroksen välipohjan tekeminen ontelolaatoin on 3 päivää nopeampi, mutta 3-kertaa kalliimpi vaihtoehto verrattuna paikallavalettuun välipohjaan. Kantavien väliseinien tekeminen elementeistä on 1 päivää nopeampi, mutta 1,5-kertaa kalliimpi vaihtoehto kuin ratkaisu, jossa on paikallavaletut väliseinät yhdistettynä neljällä väliseinäelementillä.

LÄHTEET

Betoniteollisuus ry. (2021) Betoni: Paikallavalurakentaminen

Haettu 2021 osoitteesta <https://betoni.com/betonirakentaminen/valmisbetoni-paikallavalurakentaminen/>

Betoniteollisuus ry. (2021). Elementtisuunnittelu: Elementtirakentamisen historia

Haettu 2021 osoitteesta <https://www.elementtisuunnittelu.fi/valmisosarakentamisen/elementtirakentamisen-historia>

Betoniteollisuus ry. (2021). Elementtisuunnittelu: Seinät

Haettu 2021 osoitteesta <https://www.elementtisuunnittelu.fi/runkorakenteet/seinat>

Betoniteollisuus ry. (2021). Elementtisuunnittelu: Ontelolaatat

Haettu 2021 osoitteesta <https://www.elementtisuunnittelu.fi/runkorakenteet/laatat/ontelolaatat>

Rakennustietosäätiö RTS. (2015). ROK Rakennusosien kustannuksia. Rakennustieto Oy

Ratu KI-6020. (2010). Rakentamisen tuotantotekniikka. Rakennustieto Oy.

Ratu KI-6028. (2015). Aikataulukirja 2016. Talonrakennusteollisuus ry ja Rakennustietosäätiö RTS.

RT 82-10814. (2004). Paikallavaletut betonirunkorakenteet. Rakennustieto Oy ja Rakennustietosäätiö RTS.

RT 82-10821. (2004). Betonielementtirunkorakenteet. Rakennustieto Oy ja Rakennustietosäätiö RTS.

Suomen Betoniyhdistys ry. (2004). by 201. Gummerus Kirjapaino OY.

Suomen Betoniyhdistys ry. (2018). Betoniteknikan oppikirja 2018 by 201. BY-Koulutus Oy.

Suomen Betoniyhdistys ry. (2021). Betonitieto: Muottityön laatuvaatimukset
Haettu 2021 osoitteesta <https://www.betonitieto.fi/tyomaat/betonitoiden-johtaminen-talonrakentaminen/betonitoiden-suunnittelu/muottitoiden-suunnittelu/muottityon-laatuvaatimukset>

Suomen Betoniyhdistys ry. (2021). Betonitieto: Asuinrakennukset
Haettu 2021 osoitteesta <https://www.betonitieto.fi/betoniteollisuus/betonielementit/betonielementtirakentaminen/talonrakennus/asuinrakennukset.html>

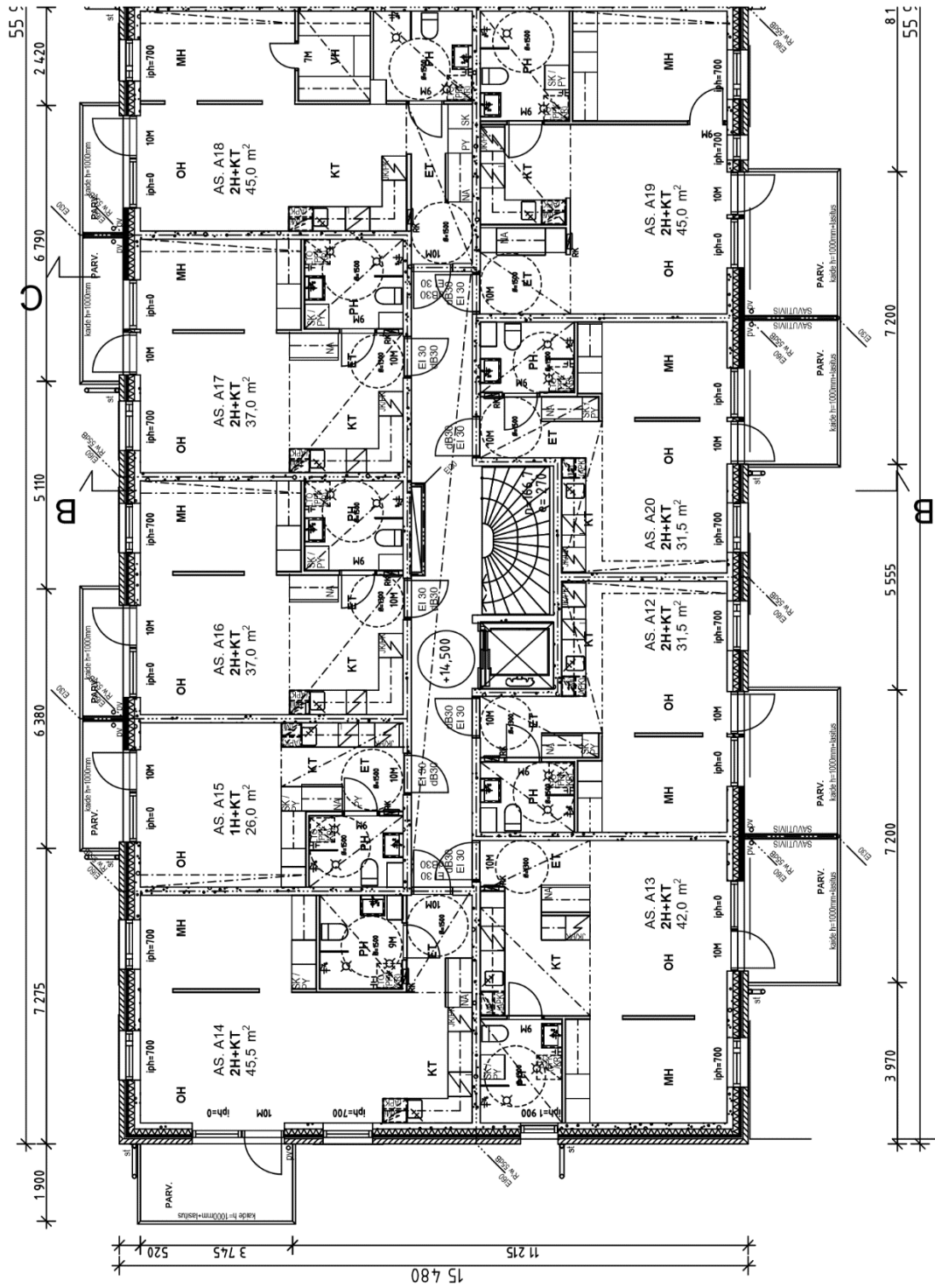
Suomen Betoniyhdistys ry. (2021). Betonitieto: Betonielementit
Haettu 2021 osoitteesta <https://www.betonitieto.fi/betoniteollisuus/betonielementit.html>

Suomen Betoniyhdistys ry. (2021). Betonitieto: Elementtiteollisuus
Haettu 2021 osoitteesta <https://www.betonitieto.fi/betoniteollisuus/betonielementit/elementtiteollisuus.html>

Syrjynen, J. & Vuorinen, P. & Pahkala, M. Paikallavalurungon toteutus. Rakennustieto. <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK010504.pdf>

Talo-80-ryhmä. (1985). Korjausrakentamisen määrälaskennan perusteet. Rakentajain kustannus Oy.

Talonrakennusteollisuus ry ja Rakennusliitto ry. (2020). Rakennusalan työehtosopimus urakkahinnoitteluiheen 2020-2022. Rakennustieto Oy.



Paikallavaletut kantavat väliseinätAikataulu

Muottityö

5 Suurmuottiparia

Pinta-ala 221m²

4 Työmiestä

Aikataulukirja s.158

$$0,16\text{tth}/\text{muotti m}^2 \times 221\text{m}^2 = 36\text{tth}$$

$$36\text{tth} / 4\text{tm} = 9\text{tth}$$

Raudoitus

d = 8mm

2 Työmiestä

Paino 4kg/m²

Aikataulukirja s.164

$$4\text{kg}/\text{m}^2 \times 221\text{m}^2 = 884\text{kg}$$

$$17,16\text{tth}/1000\text{kg} \times 884\text{kg} = 16\text{tth}$$

$$16\text{tth} / 2\text{tm} = 8\text{tth}$$

Betonointi

2 Työmiestä

Aikataulukirja s.168

$$221\text{m}^2 \times 0,2\text{m} = 45\text{m}^3$$

$$0,38\text{tth}/\text{m}^3 \times 45\text{m}^3 = 17\text{tth}$$

$$17\text{tth} / 2\text{tm} =$$

$$8,5\text{tth}$$

Urakkahinta

Muottityö

TES s.107

$$2,90\text{€}/\text{m}^2 \times 221\text{m}^2 = 640,90\text{€}$$

Raudoitus

TES s.134

$$27,40\text{€}/100\text{kg} \times 884\text{kg} = 242,22\text{€}$$

Betonointi

TES s.113

$$7,37\text{€}/\text{m}^3 \times 45\text{m}^3 = 331,65\text{€}$$

Väliseinäelementit

Aikataulu

23kpl x 2m ³ elementtiä	3,02tth/kpl x 23kpl = 69,46tth
2 Työmiestä	69,46tth / 2tm = 35tth
Aikataulukirja s.174	

Urakkahinta

TES s.110	39,09€/kpl x 23kpl = 899,07€
-----------	------------------------------

Paikallavalettu välipohjaAikataulu

Muottiyö

Pöytämuotti

$$0,15\text{tth/m}^2 \times 398\text{m}^2 = 60\text{tth}$$

Pinta-ala 398m²

$$60\text{tth} / 4\text{tm} = 15\text{tth}$$

4 Työmiestä

Aikataulukirja s.160

Raudoitus

Irtotangoin

$$16\text{kg/m}^2 \times 398\text{m}^2 = 6368\text{kg}$$

Paino 16kg/m²

$$9,02\text{tth}/1000\text{kg} \times 6368\text{kg} = 58\text{tth}$$

2 Työmistä

$$58\text{tth} / 2\text{tm} = 29\text{tth}$$

Aikataulukirja s.162

Betonointi

2 Työmiestä

$$398\text{m}^2 \times 0,24\text{m} = 96\text{m}^3$$

Aikataulukirja s.170

$$0,20\text{tth/m}^3 \times 96\text{m}^3 = 19\text{tth}$$

$$19\text{tth} / 2\text{tm} =$$

$$9,5\text{tth}$$

Urakkahinta

Muottityö

TES s.107

$$3,35\text{€}/\text{m}^2 \times 398\text{m}^2 = 1333,30\text{€}$$

Raudoitus

TES s.134

$$16,86\text{€}/100\text{kg} \times 6368\text{kg} = 1073,98\text{€}$$

Betonointi

TES s.113

$$4,47\text{€}/\text{m}^3 \times 96\text{m}^3 = 429,12\text{€}$$

Ontelolaatta välipohjaAikataulu

Mittaus ja asennus

1,2m x 7,2m ontelolaatta

46 kpl

2 Työmiestä

Aikataulukirja s.176

$$0,44\text{tth/kpl} \times 46\text{kpl} = 20\text{tth}$$

$$20\text{tth} / 2\text{tm} = 10\text{tth}$$

Raudoitus

2 Työmiestä

TES s.109

$$0,15\text{tth/kpl} \times 46\text{kpl} = 7\text{tth}$$

$$7\text{tth} / 2\text{tm} = 3,5\text{tth}$$

Saumavalu

2 Työmiestä

Aikataulukirja s.176

$$0,11\text{tth/kpl} \times 46\text{kpl} = 5\text{tth}$$

$$5\text{tth} / 2\text{tm} = 2,5\text{tth}$$

Urakkahinta

TES s.109

$$18,32\text{€}/\text{kpl} \times 46\text{kpl} = 842,72\text{€}$$

Hissikuilu-, porras- ja LVIS-hormielementitAikataulu

Hissikuiluelementti

Elementti, jossa 3 seinää

 $2,37\text{tth/kpl} / 2\text{tm} = 1,2\text{tth}$

1 Kpl

2 Työmiestä

Aikataulukirja s.174

Porraselementti

1 Kpl

 $2,20\text{tth/kpl} / 2\text{tm} = 1,1\text{tth}$

2 Työmiestä

Aikataulukirja s.174

LVIS-hormielementit

9 Kpl

 $1,35\text{tth/kpl} \times 9\text{kpl} = 12\text{tth}$ $12\text{tth} / 2\text{tm} =$

2 Työmiestä

6tth

TES s.111

Urakkahinta

Hissikuiluelementti

TES s.111

49,15€/kpl

Porraselementti

TES s.110

45,34€/kpl

LVIS-hormielementit

TES s.111

 $28,48\text{€/kpl} \times 9\text{kpl} = 256,32\text{€}$

Ulkoseinäelementit

Aikataulu

17 Kpl	$2,84\text{tth/kpl} \times 17\text{kpl} = 48\text{tth}$
2 Työmiestä	$48\text{tth} / 2\text{tm} = 24\text{tth}$
Aikataulukirja s.174	

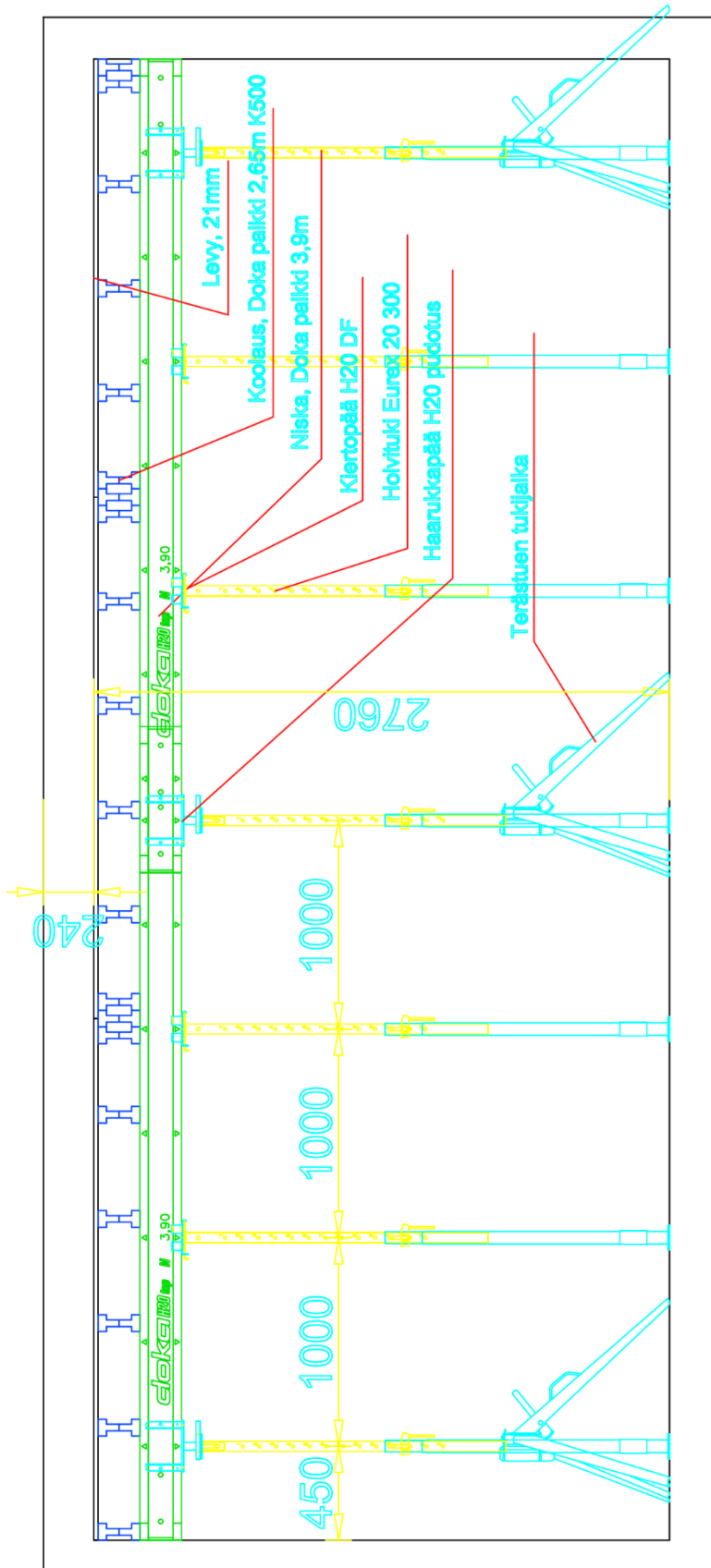
Urakkahinta

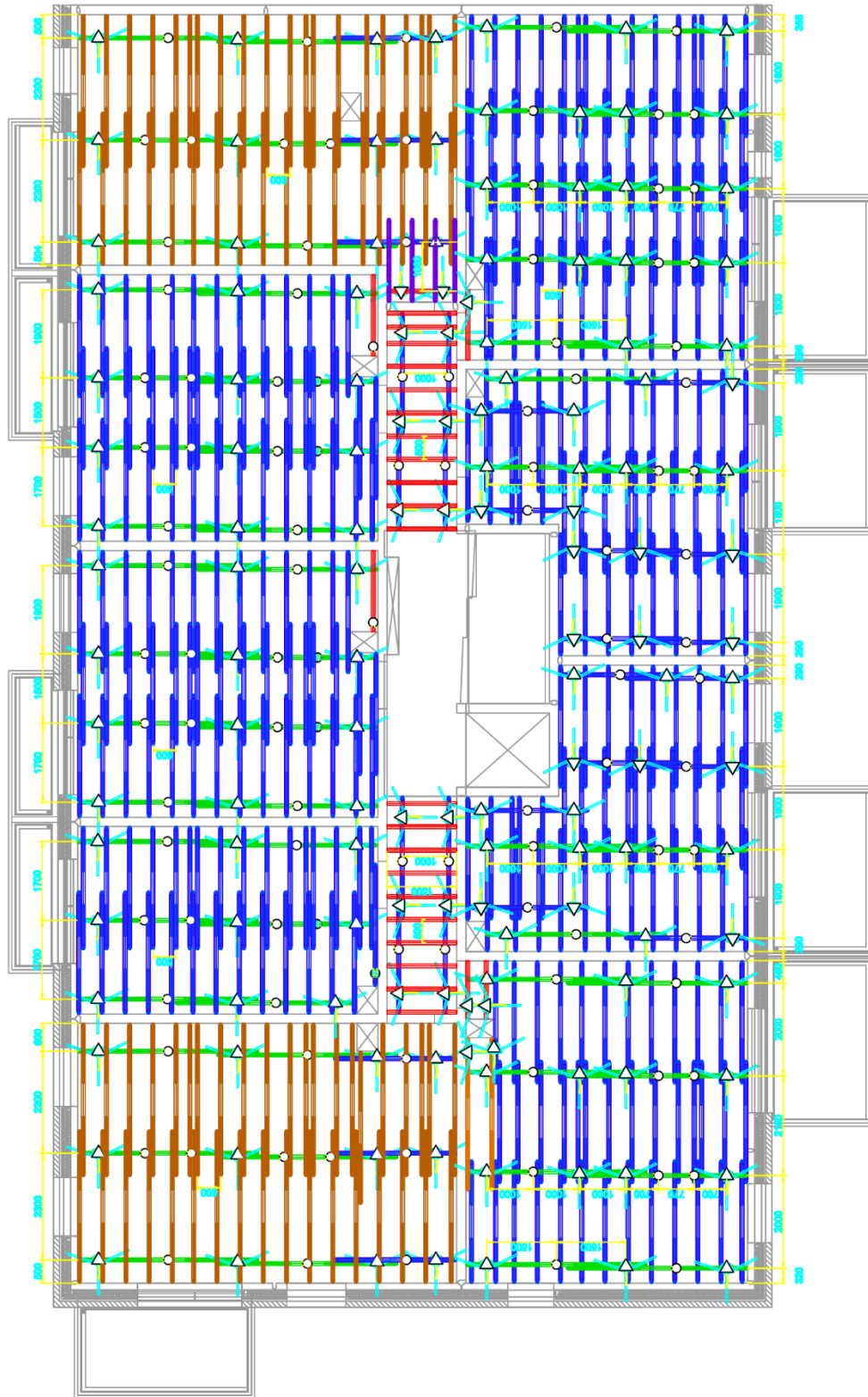
TES s.110	$40,13\text{€}/\text{kpl} \times 17\text{kpl} = 682,21\text{€}$
-----------	-----------------------------------------------------------------

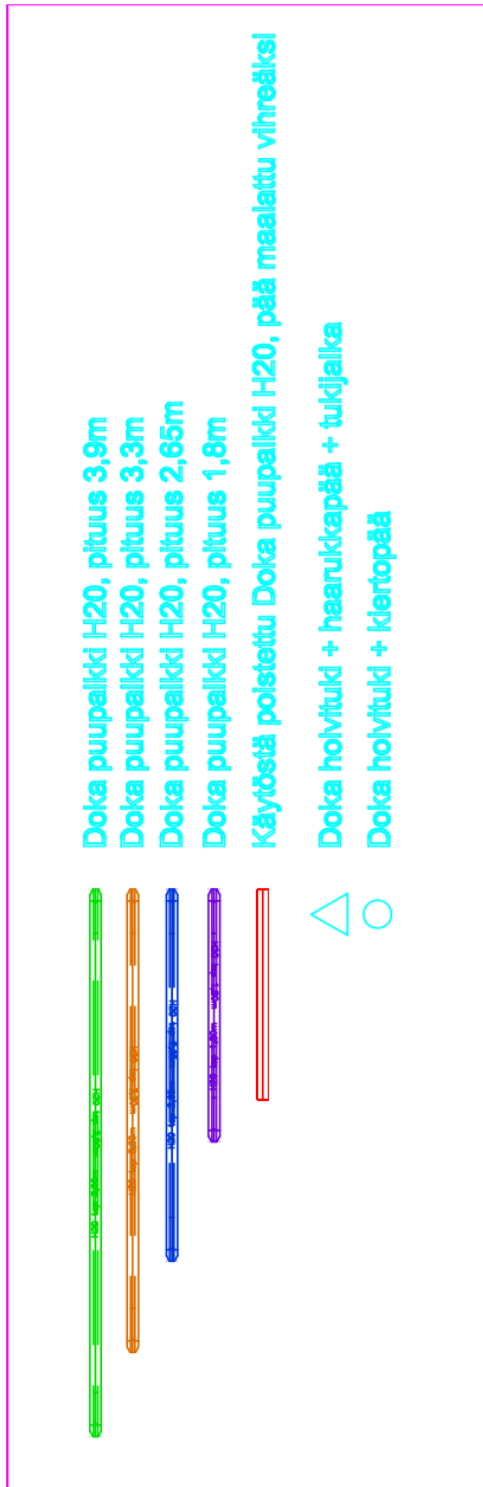
Pöytämuotti

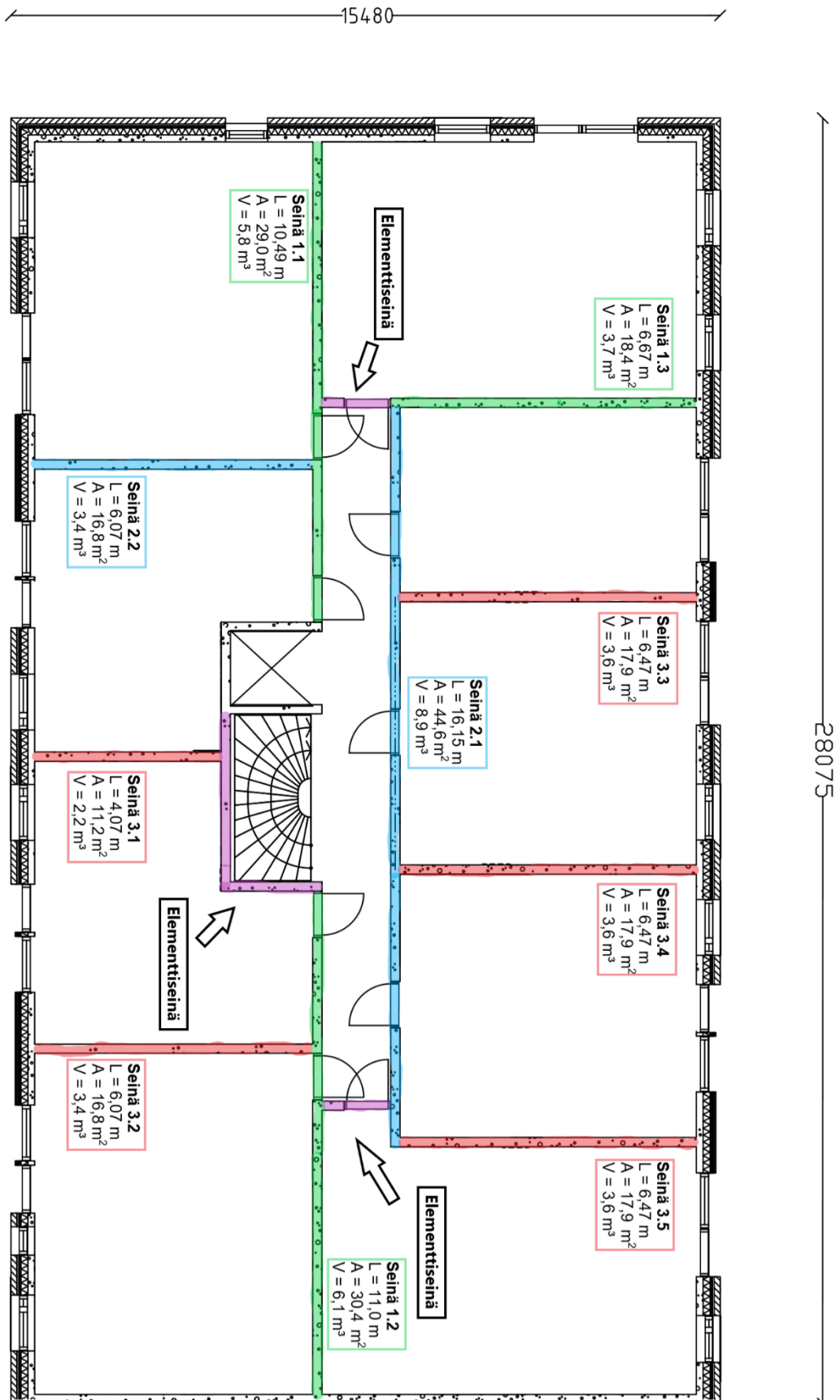
Muotin osat kahden kerroksen muotteihin.

Holvituki MP-250	510 kpl
Holvituen haarukkapää	280 kpl
Holvituen kiertopää	230 kpl
Holvituen tukijalka	280 kpl
Palkki 3,9m	116 kpl
Palkki 3,3m	154 kpl
Palkki 2,7m	608 kpl
Palkki 1,8m	60 kpl
3-kerroslevy 21mm 500x2500	798 kpl









Satakunnan AMK		Suunnittelija: Omistaja	
Pääliikkö:		2021	
Hierarkia	Selle	Kesto	Alkaa
1	Paikallavaletut väliseinät + 4kpl	3 pv	
1.1	Muotittyo	1 pv	9.3.2021
1.2	Raudoitus	1 pv	
1.3	Betonointi	1 pv	
1.4	Väliseinäelementit	1 pv	
2	väliseinäelementit	4 pv	
3	Paikallavalettu holvi	5 pv	
3.1	Muotittyo	2 pv	
3.2	Raudoitus	4 pv	
3.3	Betonointi	1 pv	
4	Ontelolaattaholvi	2 pv	
4.1	Mittaus ja asennus	1 pv	
4.2	Raudoitus	0 pv	
4.3	Saumavalu	0 pv	