

Opinnäytetyö (AMK)

Rakennustekniikka

Tuotantojohtaminen

2013

Markus Mononen

RIVITALON PUURAKENTEISEN ULKOSEINÄN KUSTANNUSVERTAILU

*Paikalla rakennettu ja suurelementtirakenteinen
seinä*



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Markus Mononen

RIVITALON PUURAKENTEISEN ULKOSEINÄN KUSTANNUSVERTAILU – PAIKALLA RAKENNETTU JA SUURELEMENTTIRAKENTEINEN SEINÄ

Opinnäytetyön tarkoituksena oli vertailla rivitalon puurakenteisen ulkoseinän kahden eri tuotantotavan kustannuksia. Työssä käytettiin esimerkkikohteina kahta eri rivitaloa, jotka oli rakennettu eri tuotantotavalla. Tuotantotavan valinnalla on vaikutus rakennushankkeen kokonaiskustannuksiin, koska ulkoseinien rakentaminen on hankkeen kriittisellä polulla. Ulkoseinien tekeminen nopeammin voi lyhentää työmaan kestoa. Kun työmaa on vähemmän aikaa käynnissä, vähentyvät aikasidonnaiset kustannukset. Aikasidonnaisten kustannusten säästöt voivat olla suuremmat kuin työstä ja materiaalista syntyvät.

Työssä tutkittiin vain ulkoseinien rakentamisen aikana syntyneitä kustannuksia ja työmenekkejä. Tuloksiin päästiin vertailulaskelmilla. Laskelmien lähtötietoina on käytetty urakoitsijan materiaalihintoja, omia määrälaskelmia, talopakettitoimituksen hintaa ja rakennusalan työehtosopimuksen mukaisia työmenekkejä.

Laskelmista selvisi paikalla rakentamisen olevan työn ja materiaalin osalta huomattavasti halvempaa, mutta rakennusaika on paljon pidempi. Suurelementtirakentamisen lyhyempi rakennusaika säästää työmaan ylläpidosta aiheutuvia kuluja. Harjaantunut suurelementtirakentaminen on kustannustehokasta kiireisinä aikoina. Kiireettöminä aikoina paikalla rakentaminen pitää omat työntekijät töissä.

Jokainen rakennushanke on yksilöllinen, joten ei voi suoraan sanoa, kumpi tuotantotapa on kustannustehokkaampi ja parempi kyseisessä hankkeessa. Tutkimuksen tuloksena voidaan todeta paikalla rakentamisen olevan halvempaa työn ja materiaalin osalta. Suurelementtirakentaminen on paljon nopeampaa, joka laskee työmaan aikasidonnaisia kustannuksia.

ASIASANAT:

Kustannusvertailu, Puurakenteinen ulkoseinä, Paikalla rakennettu, Suurelementti

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Civil Engineering | Production management, Bachelor of Engineering

May, 2013 | 33

Instructor Esa Leinonen, Principal Lecturer / Licentiate in Technology

Markus Mononen

COST COMPARISON OF TIMBER FRAMED EXTERIOR WALL OF A ROW HOUSE – BUILT ON SITE VS PREFABRICATED

The purpose of this thesis was to compare the costs of two ways of producing timber framed row house. Using the right kind of method has effects on total costs. The whole duration and other costs can be minimized if the exterior walls are made faster.

This study is based on calculations. Material prices, quantity calculations, the total price of prefabrication and the labour input were included.

The results of this study proved that building the timber frame on site is the most affordable alternative but the building time is longer. Prefabrication is very cost-effective when there is little time.

Building on site can be the most inexpensive way thinking of work and material costs. Prefabrication on the other hand is a faster way of building, which reduces the total cost.

KEYWORDS:

Built on site, Prefabricated, Cost comparison

SISÄLTÖ

JOHDANTO	8
PUU RAKENNUSMATERIAALINA	9
Puun lujuusominaisuudet.....	9
Puun palo-ominaisuudet.....	9
Puun äänitekniset ominaisuudet.....	9
Puun lämpötekniset ominaisuudet.....	10
TUOTANTORATKAISUT	11
Paikalla rakentaminen.....	11
Suurelementtirakentaminen.....	11
Yhdistelmä rakentaminen.....	12
RAKENNUSHANKKEEN KUSTANNUKSET	13
1.RAKENNUKSEEN KUSTANNUKSET	13
2.MAA- JA POHJARAKENNUS	13
3.PERUSTUKSET JA ULKOPUOLISET RAKENTEET	13
4.RUNKO JA VESIKATTORAKENTEET	13
5.TÄYDENTÄVÄT RAKENTEET	13
6.PINTARAKENTEET	13
7.KALUSTEET, VARUSTEET JA LAITTEET	13
8.KONETEKNISET TYÖT	13
9.TYÖMAAN KÄYTTÖKUSTANNUKSET	13
10.TYÖMAAN YHTEISKUSTANNUKSET	13
Kustannusten syntyminen.....	13

Rakennuskohteen kustannusten synty.....	14
RAKENNUSKOHTEET.....	15
Kaarinan Ruhtinas.....	15
Kaarinan Ratsu.....	15
KUSTANNUSVERTAILU.....	16
Kaarinan Ruhtinas.....	16
Kaarinan Ratsu.....	16
Vertailu.....	16
TULOKSET.....	17
Suurelementtirakentaminen.....	17
Paikalla rakentaminen.....	17
Vertailu.....	17
Laatu.....	17
Työturvallisuus.....	18
YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET.....	19

Liite 1. Kustannuslaskelma

KUVAT

JOHDANTO

Opinnäytetyön tekijä aloitti työharjoittelussa SRV Rakennus Oy:ssä tammikuussa 2011 Kaarinan Ruhtinas -nimisellä työmaalla Kaarinassa. Tekijän työkokemus rajoittui lähinnä purkutyömaihin, eli uudisrakentaminen oli uutta. Tekijä toimi nuorempana työnjohtajana. Työharjoittelun alku oli lähinnä tutustumista uuteen työympäristöön sekä yksinkertaisten tehtävien suorittamista vastaavan mestarin ohjeiden mukaan.

Työn tilaajana toimi Varsinais-Suomen Asumisoikeus Oy, jolle urakoitsija toteutti kuusi rivitaloa, piharakennuksen ja viisi autokatosta. Kaikki rivitalot rakennettiin yhdistelemällä betonisia ja puisia rakennusosia, joissa ulkoseinät rakennettiin puurunkoisilla suurelementeillä ja huoneistojen väliset väliseinät tehtiin betonista suurmuotteja hyödyntäen. Piharakennus ja autokatokset rakennettiin kaikki puurunkoisilla suurelementeillä. Työntekijä tuli työmaalle siinä vaiheessa, kun kaikki seinät olivat pystyssä ja katot päällä, joten elementtien pystytys jäi näkemättä.

Työharjoittelun edetessä esitettiin pariin otteeseen kysymyksiä liittyen suurelementtirakentamisen hyötyihin ja haittoihin. Nuorena työnjohtajana ilman uudisrakentamisen kokemusta ei kysymyksiin niissä tilanteissa osattu vastata. Mutta työmaan edetessä ja kokemuksen karttuessa alkoi asia mietityttämään. Kumpi tapa on parempi ja kustannustehokkaampi rakentaa puurunkoinen ulkoseinä, suurelementeillä vai paikalla rakentaen ”pitkästä tavarasta”?

Työmaan valmistuttua työntekijä palasi kouluun. Opinnäytetyön tekijä sai osaikaisen työsopimuksen SRV:ltä, saman vastaavan mestarin seuraavaan kohteeseen, joka oli samantapainen, mutta kooltaan pienempi. Kohde rakennettiin suurelementeillä yhdistelmätekniikkaa hyödyntäen. Opinnäytetyön tekijä näki työmaan käytännössä alusta loppuun eli myös ulkoseinien pystytyksen.

Opiskelun ohessa opinnäytetyön tekijälle heräsi ajatus opinnäytetyön tekemisestä puurunkoisten ulkoseinien rakentamistapaa koskien.

Opinnäytetyössä tutkitaan kahden eri tuotantotavan kustannuksia keskenään. Työssä laaditaan Kaarinan Ratsun paikalla rakennettavasta rivitalosta kustannusarvio ja verrataan sitä Kaarinan Ruhtinaan suurelementtien tarjoushintaan, jossa on elementtien asennustyö mukana. Vertailussa sovelletaan seinäneliön hintaa ja ainoastaan rakentamisen aikana syntyneitä kuluja.

Opinnäytetyössä käytetään Kaarinan Ruhtinaan talopakettitoimituksen hintaa. Paikalla rakentamisen lähtötietoina käytetään Kaarinan Ratsun työpiirustuksia joista lasketaan rivitalon ulkoseinärungon kustannusarvio. Kaarinan Ratsu on myös SRV Rakennus Oy:n työmaa, mutta opinnäytetyön tekijä ei työskentele siellä. Opinnäytetyön tekijä sai vastaavalta mestarilta luvan käyttää molempien työmaiden kuvia sekä lähtötietoja.

Rivitalot ovat suunnilleen samankokoisia neljänhuoneiston, yksikerroksisia taloja, joten rakennussuunnitelmat ovat molemmissa tuotantotavoissa samat. Työ rajoittuu sisäpuolen lisäkoolauksen pinnasta ulkoseinän panelointiin. Suurelementeissä ovat ikkunat paikoillaan, joten ne huomioidaan myös paikalla rakentamisen kustannuksissa. Myös kattotuolit asennuksineen kuuluvat suurelementtitoimitukseen, joten myös ne huomioidaan paikalla rakentamisen kustannuksissa.

Insinöörin täytyy osata hallita työmaan kustannuksia sekä etsiä paras vaihtoehto itselleen sekä edustamalleen yritykselle. Tiedoista on hyötyä niin työnjohdon kuin kustannuslaskijan työssä. Myös oman talon rakentamiseen tiedoista on suurta apua.

PUU RAKENNUSMATERIAALINA

Jos haluaa valita ekologisen rakennusmateriaalin, puu on täysin omaa luokkaansa. Puu on täysin uusiutuva luonnonvara, joka kasvaessaan sitoo itseensä maan ilmakehästä hiilidioksidia. Hiilidioksidia käyttäessään puu tuottaa maapallon elämälle tärkeää happea. (Honka 2013.)

Koska puu on matalaenergiatuote, sen valmistukseen tarvitaan vain murto-osa siitä energiasta, kuin sen tavallisesti korvaavien materiaalien valmistukseen. Vähäinen energiatarve merkitsee säästöä paitsi tuotteiden valmistuksessa myös esimerkiksi rakentamisessa. Energian säästö puolestaan voidaan muuttaa rahaksi. (Rakentaja 2013.)

Puu on ekologisuuden kannalta paras rakennusmateriaali rungolle, sillä se on täysin uusiutuva ja lähes täysin kierrätettävä materiaali. Rakennustyömaiden ylimääräinen puutavara voidaan hyötykäyttää työmaalla ja jatkojalostaa johonkin toiseen muotoon.

Puuta meillä Suomessa riittää, joten sitä on helppo saada, ja logistiikkakustannukset ovat pienet. Puu on todella kustannustehokasratkaisu, varsinkin pien- ja rivitaloihin. Puun muita hyviä puolia ovat lujuusominaisuudet, lämmöneristävyys sekä helppo työstettävyys. Puun miinuspuolia ovat alhainen syttymislämpötila ja mekaanisen kulutuksen herkkyyys.

Puun lujuusominaisuudet

Puun lujuusteknisiä ominaisuuksia hyödynnetään myös suuremmissa runkorakenteissa, kuten luhtitaloissa. Puuta käytetään myös hallirakenteissa mm. palkkien ja kattotuolien muodoissa.

Suurissa jänneväleissä, 15–100 metriä, puun keveys ja lujuusominaisuudet tulevat esiin. Puu on kevyt ja luja rakennusmateriaali. Puu kestää sääolojen vaihteluja. Kosteana puu elää ja menettää lujuusominaisuutta, joten rakennusaikana on huolehdittava siitä että puutavara on kuivaa ja eikä se

pääse liioin kastumaan, eli puutavaran oikea varastointi ja riittävän tuuletuksen huomioiminen on todella tärkeää.

Sahatavara lujuus lajitellaan visuaalisesti tai koneellisesti. Visuaalisessa lujuuslajittelussa työntekijä tarkastelee silmämääräisesti esimerkiksi sahatavarakappaleen oksien määrää, sijaintia ja laatua sekä halkeamia, kieroutta, vääryyttä ja muita vikoja. Myös vuosiluston paksuus tarkastetaan. ”Perinteinen koneellinen lujuuslajittelumenetelmä on sahatavarakappaleen taivuttaminen, jonka perusteella saadaan kimmomoduuli ja tätä kautta sahatavarakappaleen lujuusluokka”. Nykyisin käytetään myös huomattavasti kehittyneempiä koneellisia lujuuslajittelumenetelmiä, kuten konenäkömittaus, ominaistajuuden mittaus, röntgenmittaus ja ultraäänimittaus. (Puuinfo 2013d.)

”Puutavaraliikkeissä varastoidaan tavallisesti vain lujuusluokan C24 sahatavaraa, koska se on yleisin lujuusluokka rakentamisessa. Muita lujuusluokkia on mahdollista saada tilaamalla.” (Puuinfo 2013d.)

Puun palo-ominaisuudet

Puun syttymislämpötila on huomattavan alhainen ja myös märän puun pehmeäminen alkaa suhteellisen matalasta lämpötilasta.

Puun lämpötilan noustessa 100 °C:seen alkaa siitä höyrystyä kemiallisesti sitoutumaton vesi. Kuivan puun terminen pehmeäminen alkaa noin 180 °C:n lämpötilassa ja saavuttaa maksiminsa 320 - 380 °C:ssa. Tällöin puun ligniinin, selluloosan ja hemiselluloosan sidokset alkavat hajota. Kostean puun pehmeäminen alkaa aikaisemmin, jopa 100 °C:ssa. (Puuinfo 2013b.)

Puun syttymislämpötilaan vaikuttaa se, kuinka kauan puu on lämmölle alttiina. Yleensä puu syttyy 250 - 300 °C:ssa. Syttymisen jälkeen puu alkaa hiiltäyä noin 0,8 mm minuutissa. Palo etenee hitaasti massiivisessa puutavarassa, sillä syntynyt hiilikerros suojaa puuta palotilanteessa ja hidastaa puun sisäosien lämpötilan nousua ja palon etenemistä. Esimerkiksi jo 15 mm:n etäisyydellä hiiltymisrajasta puun lämpötila on alle 100 °C, tätä ominaisuutta käytetään hyväksi muun muassa kantavien rakenteiden mitoituksissa. (Puuinfo 2013b.)

Kantavissa rakenteissa puu on tulipalo-oloissa kestävämpi ja turvallisempi kuin esimerkiksi teräs tai teräsbetoni (Teollinen puurakentaminen 1995).

”Liimapuulla hiiltymisnopeus on pienempi eli 0,7 mm/min. Puun syttymisherkkyys lisääntyy puun tiheyden ja kosteuden vähetessä sekä puukappaleen paksuuden pienetessä. Myös puumateriaalin terävät kulmat, karkea pinta, säröt ja halkeamat lisäävät palon vaikutusta.” (Puuinfo 2013b.)

Puun äänitekniset ominaisuudet

Puun ollessa kevyt materiaali sen ääneneristävyys on huono. Ulkoseinärakennetta suunniteltaessa on otettava ääneneristys huomioon. Hyvä ääneneristävyys saavutetaan monikerrosrakenteella.

Sijoittamalla levyn tai paneloinnin taakse ilmapälin lisäksi huokoinen absorptiomateriaali, esimerkiksi lämmöneristekerros, muodostuu niin kutsuttu levyresonaattori, joka värähdellessään vaimentaa tehokkaasti keveille rakenteille ongelmallisia matalia ääniä. Lisäksi tekemällä puisia rimoituksia tai rei'ittämällä puupintoja saadaan aikaan rako- tai reikäresonaattoreita, jotka vaimentavat tehokkaasti myös keskikorkeita ääniä. (Puuinfo 2013d.)

Puun lämpötekniset ominaisuudet

Koska puun lämmönjohtavuus on suhteellisen vähäistä, se on hyvä valinta runkomateriaaliksi. Esimerkiksi hirsien käyttö seinämateriaalina on ollut yleistä, tosin nykyisten energiavaatimusten takia pelkkä hirsi ei riitä yksin, vaan hirren lisäksi vaaditaan jokin eriste lisäksi, jotta saavutetaan energiavaatimukset.

Puun lämmönjohtavuus on suhteellisen vähäinen puuaineksen huokoisuuden vuoksi. Lämmönjohtavuus heikkenee puun tiheyden vähetessä. Puun lämmönjohtavuus on noin kaksinkertainen syiden suunnassa verrattuna lämmönjohtavuuteen syitä vastaan kohtisuorassa. Esimerkiksi männyn lämmönjohtavuus syiden suunnassa on 0,22 W/m°C ja syitä vastaan kohtisuorassa 0,14 W/m°C. Puun kosteuden lisääntyminen lisää lämmönjohtavuutta. Puun lämpötilan laskiessa sen lujuus yleensä lisääntyy. Puun lämpölaajeneminen syiden suunnassa on erittäin vähäistä. Säteen ja tangentin suunnassa lämpöliikkeet ovat selvästi suurempia. Puun lämpölaajenemiskertoimien ja kosteuskutistumakertoimien suhde puun syiden eri suunnissa on samaa suuruusluokkaa. Toistuva lämpötilan vaihtelu vähentää puun lujuutta. Alle +0°C:n lämpötilassa puussa voi esiintyä pakkashalkeamia, sillä soluonteloissa oleva vesi laajenee jäätyessään. (Puuinfo 2013a.)

Runkomateriaalin työmaa-aikainen varastointi on todella tärkeää. Työmaalla olisi varauduttava materiaalin varastointiin jo ennen kuin materiaali on toimitettu työmaalle. Materiaalille olisi hyvä mahdollisuuksien mukaan rakentaa esimerkiksi tuulettuva katos, jossa puut olisivat sateelta ja tuiskulta suojassa.

Kun puu säilyy kuivana, vältetään puun muodonmuutoksilta. Käyristyneet ja haljenneet puut ovat aina hukkaa, jolloin rahaa kuluu turhaan.

Puun lämmönvaraamiskyky eli lämpökapasiteetti riippuu puun tiheydestä, kosteudesta, lämpötilasta ja syiden suunnasta. Männyn ja kuusen keskimääräinen ominaislämpöarvo +0 – 100°C:ssa on 2300 J/kg°C. Kosteuden lisääntyminen parantaa puun ominaislämpöä, koska veden ominaislämpö on suurempi kuin puulla. Männyn lämpökapasiteetti on lähes sama kuin tiilellä, vaikka puun tiheys tiileen verrattuna on vain 1/3. Hyvän lämpökapasiteetin vuoksi järeä hirsiseinä toimii sellaisenaan suhteellisen hyvänä ulkoseinärakenteena, vaikka esimerkiksi mineraalivillan lämmöneristyskykyyn verrattuna puun lämmönjohtavuus on noin kolminkertainen. (Puuinfo 2013a.)

TUOTANTORATKAISUT

Paikalla rakentaminen

Paikalla rakentaminen tarkoittaa sitä, että runko rakennetaan ”paikan päällä” työmaalla erimittaisista ja erikokoisista sahatavaroista eli ns. ”pitkästä tavarasta”. Sahatavara tulee työmaalle tehdasmittaisena, jolloin sahatavaran oikeaan mittaan katkaisut sekä loveamiset tapahtuvat paikan päällä rungon tekijöiden toimesta. Puutavara tilataan rakennesuunnitelmien mukaan eli rakennesuunnitelija mitoittaa puutavaran oikean koon. Kantavien rakenteiden puutavara on lujuusluokiteltua, ja piirustuksista selviää lujuusluokka. Puutavaran kunto ja laatu täytyy aina tarkistaa vastaanottaessa sitä. Myös puutavaran varastointi työmaalla on todella tärkeää. Puutavara tulisi varastoida kuivaan ja tuulettuvaan tilaan, ettei hukkaa pääsisi syntymään.

Rakennuksen pohjan päälle rakennettava tolpparunko ja talonpohjan perustukset muodostavat yhdessä kantavan rakenteen. Runkotöiden aloittamisen edellytyksenä on, että edeltävät työt, kuten sokkelin sisä- ja vierustäyttö, on tehty. Myös alasidepuun alapuolinen eristäminen bitumisoirolla tai huopasoirolla kuuluu edeltäviin töihin.



Kuva . Huoneistojen välinen seinä.

Runko rakennetaan aina työohjeiden ja työpiirustuksien mukaan. Rungon pystyttäminen aloitetaan alasidepuun asentamisella bitumikaistaleen päälle. Bitumikaistaleen tarkoitus on katkaista kosteuden kapillaarinen nousu perustuksesta puurunkoon. Alasidepuuna käytetään aina painekyllästettyä puuta. Runko rakennetaan yleensä 50 mm:n paksuisesta sekä 100 mm – 200 mm levyisestä puutavarasta. Ikkuna- ja oviaukot ylitetään yleensä 50 mm:n – 75 mm:n levyisillä sahatavarapalkeilla, joiden korkeus vaihtelee 150 mm:n ja 225 mm:n välillä. Runkotavara on lujusluokiteltua. Liitokset tehdään naulaamalla.

Paikalla rakentaen voidaan kustannuksiin vaikuttaa järkevällä puutavaran käytöllä. Puutavaran hukkaan voidaan myös vaikuttaa tilaamalla puutavara määrämittaisena. Puutavaran työmaa-aikaiseen varastointiin täytyy panostaa, jottei puutavara pääse kastumaan ja käyristymään.

Paikalla rakentaminen antaa monipuolisuutensa vuoksi arkkitehdille ja talon tilaajalle rajoittamattomat vaihtoehdot runkoratkaisun luomiseksi. Vain mielikuvitus ja maaston muodot ovat rajana. Myös rakennuksen saumattomuus tekee rakennuksesta hyvin lämpöä eristävän sekä tiiviin. Nykyään vaaditaan

rakennukselta energiatehokkuutta, joten laadukkaalla runkotyöllä saadaan energiatehokas rakennus.



Kuva . Paikalla rakennettu varaston runko.

Suurelementtirakentaminen

Suurelementillä tarkoitetaan erivalmiusasteista, koko seinän mittaista esivalmistettua rakennuksen seinää. Rakennus muodostuu monesta eri elementistä. Suurelementit valmistetaan tehdasolosuhteissa. Elementit rakennetaan tehtaissa rakennepiirustusten mukaan. Elementtiin voidaan valmiiksi asentaa esimerkiksi ikkunat, pellitykset, ulkoseinäpaneelit maalattuna, sähköasiat ja -putket. Suurelementtejä voidaan suunnitella ja rakentaa erikokoisina, käytännössä vain elementtikuljetus rajoittaa elementtien kokoa. Suurelementit voivat olla kantavia ja ei-kantavia seiniä. Elementtirakenteinen rakennuksen suunnittelu ei poikkea juurikaan puurunkoisen talon suunnittelusta. Jokainen seinäelementti on kumminkin yksilöllinen, joten suunnitelmien määrä

kasvaa. Suunnittelussa on otettava huomioon talojen yhdenmukaisuus, jos esimerkiksi rakennetaan rivitaloja. Elementtisuunnitelmien määrää pystytään vaikuttamaan ”kopioimalla” taloja keskenään. Myös elementtien valmistaminen nopeutuu käyttäessä samanlaisia elementtejä. Kun pyritään taloudellisuuteen, täytyy arkkitehtuurin ja rakennetekniikan tukea toisiaan. Suurelementeillä voidaan rakentaa pientaloja, yksi- ja kaksikerroksisia rivitaloja.

Elementit valmistetaan asiakkaan haluaman valmiusasteen mukaan. Eri rakennuskohteiden elementtien ollessa yksilöllisiä niitä ei voi valmistaa varastoon, jolloin niiden toimitusajat voivat olla pitkiä. Tämä seikka täytyy ottaa huomioon jo hankesuunnitteluvaiheessa. Jos elementit viivästyvät, koko työmaan aikataulu pettää, joten elementtitoimituksien kanssa täytyy olla todella tarkkana ja varmistaa, että ne pitävät. Suurelementtejä valmistetaan Suomessa ja ulkomailla, joten myös logistiikka asettaa haastetta aikataululle. Elementtien toimitus työmaalle yleensä sisältyy elementtikauppaan.

Talvirakentamisen helpottuminen on elementtirakentamisen yksi suuri etu. Kun seinärungon valmistaminen tapahtuu säältä suojassa tehdas- tai halliolosuhteissa, voidaan esimerkiksi laatua valvoa tarkemmin. Myös työntekijöiden työmukavuus parantuu huomattavasti, kun ei tarvitse räntäsateessa työskennellä, mikä taas lisää laatua. Kuivassa tehtaassa rakennetun elementin rakenteet ovat työmaalle tullessaan kuivat, mutta saattavat kastua työmaalla seistessään, joten elementtien rakenteiden kostumista täytyy estää esimerkiksi pressuilla.

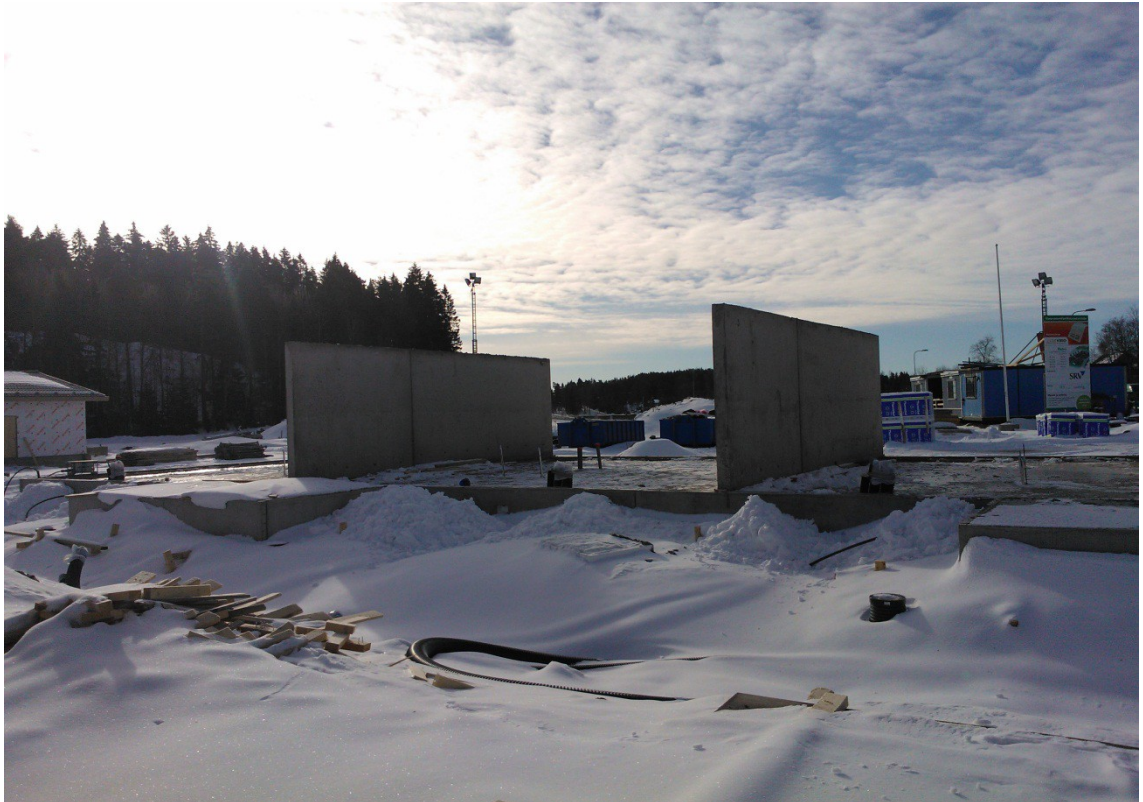
Suurelementtien toinen suuri etu on rakennuksen rungon rakennusajan lyhentyminen. Talotehtaalta toimitetaan yleensä yhden rakennuksen elementit kerralla. Myös kattotuolien asennus voidaan sisällyttää elementtitoimitukseen. Sillä vältetään autonosturin edestakaisin ajaminen työmaalla. Kun vaadittavat esivalmistelut on tehty ja asennuksen suorittaa kokenut elementtiasennusryhmä, yhden talon seinien pystytykseen menee korkeintaan pari päivää. Kun rakennusaikaa saadaan lyhennettyä, saadaan työmaan yleiskustannuksia pienemmäksi.

Pääasiassa talotehtaissa tapahtuva elementtien rakentaminen sisältää monta eri työvaihetta. Elementit kootaan liukuhihnaperiaatteella elementin rungosta julkisivun panelointiin. Pakatut elementit kuljetetaan tehtaalta työmaalle

maanteitse, jossa asennusryhmä ottaa ne vastaan. Elementtien asennuksessa käytetään ajoneuvonosturia, joten ennen asennuksen aloittamista on tehtävä nostosuunnitelma. Työturvallisuusasiat on myös käytävä läpi ennen asennusta, koska työ sisältää paljon riskejä, jotka on otettava huomioon. Asennusryhmään sisältyy aina yksi työnjohtaja. Ennen elementtien asennusta on myös hyvä tarkistaa, että elementtien perustukset on tehty suunnitelmien mukaan ja mahtuvat niille asetettuihin vaaka- ja pystytoleransseihin. Kun asennusta edeltävät työt on tehty huolellisesti ja kaikille on selvää, mitä tehdään, miten tehdään ja mikä on ennen kaikkea turvallista, niin elementtiasennus on nopeaa, taloudellista ja turvallista. Asennusryhmän kokemuksella on myös suuri vaikutus työn sujuvuuteen. Asennusaika on suoraan verrannollinen kohteen kokoon ja haastavuuteen. Oikein rakennettu elementtitalo saavuttaa samat palo- ja äänitekniset ominaisuudet kuin pitkästä tavarasta rakennettu talo. Elementtitalosta saadaan myös lähes yhtä tiivis, kun noudatetaan suunnitelmia. Elementtien saumakohdissa täytyy olla tarkkana, jottei niistä tule rakennuksen heikkoa lenkkiä. (Teollinen puurakentaminen 1995.)

Yhdistelmä rakentaminen

On yleistä yhdistellä puisia ja betonisia rakenneosia. Rakennuksen runko voidaan rakentaa esimerkiksi teräsbetonista ja puusta. Rivitaloissa on yleistä rakentaa huoneistojen väliset väliseinät teräsbetonista ja ulkoseinät puusta. Betoniset väliseinät voidaan valaa paikallaan tai tilata ne elementteinä. Puurunkoiset ulkoseinät rakennetaan paikalla pitkästä tavarasta tai ne tilataan ja asennetaan elementteinä.



Kuva . Teräsbetoniset väliseinät valettuna.

Rakentaminen perustuu viranomaisten määräämiin säädöksiin. Paikalliset rakennusviranomaiset sekä Suomen rakennusmääräyskokoelma asettaa säädöksiä toimivalle rakennukselle. Yhdistelmäarakentamisella ääni- ja palotekniset ominaisuudet nousevat esiin. Betonin erinomainen ääneneristävyys sekä tulipalon kesto on yksi suuri etu. Nykypäivänä on kiinnitettävä huomio myös rakennuksen energiatehokkuuteen, jolloin betonin hyvä lämmönvaraamiskyky nousee esiin ja näin ollen saadaan energiatehokas rakennus. Yhdistelmäarakentaminen ei vaikuta rakennuksen julkisivun ratkaisuun, vaan julkisivu voidaan tehdä esimerkiksi tiilestä tai puusta.

Opinnäytetyössä esimerkkirivitaloissa on yhdistelty betonisia ja puisia rakennusosia. Toisessa kohteessa ulkoseinät on tehty paikalla pitkistä tavarasta ja toisessa ulkoseinät on tehty suurelementeistä.

RAKENNUSHANKKEEN KUSTANNUKSET

Kun ryhdytään rakentamaan, syntyy kustannuksia. Kustannuksia ovat oma työ, materiaalit, alihankinnat sekä lisäkuluja aiheuttavat vuokra- ja kuljetuskustannukset.

Suomessa on käytössä Talo 80 -rakentamisosanimikkeistö. Talo-80 on standardisoitu rakennushankkeen tiedon erittelytapa, joka helpottaa tiedonvaihtoa rakennushankkeen eri osapuolten välillä. Kustannukset voidaan eritellä seuraavalla tavalla:

1. Rakennuttajan kustannukset
2. Maa- ja pohjarakennus
3. Perustukset ja ulkopuoliset rakenteet
4. Runko ja vesikattorakenteet
5. Täydentävät rakenteet
6. Pintarakenteet
7. Kalusteet, varusteet ja laitteet
8. Konetekniset työt
9. Työmaan käyttökustannukset
10. Työmaan yhteiskustannukset.

Kustannusten syntyminen

Rakennusosien ja materiaalien kustannuksiin sisältyvät oma työ, materiaalien hankinnat, alihankinnat sekä töihin tarvittava kalusto.

Omilla töillä tarkoitetaan yrityksen omien työntekijöiden töitä. Töitä voivat olla rakennusammattimiehen työt, kuten kirvesmiehen työt tai rakennusmiehen työt, joita ovat siivous, materiaalien siirrot, suojaamiset sekä kaikki helpommat työt,

joihin ei ammattimiestä tarvita. Materiaalikustannuksiin sisältyvät kaikki töihin tarvittavat materiaalit, kuten valmisosat, rakennusmateriaalit ja tarvikkeet. Alihankintoja ovat yleensä sähkö-, putki- ja ilmastointityöt sekä materiaalien toimitukset ja loppusiivous. Kalustoon kuuluvat kaikki yrityksen omat työkalut vasarasta kaivinkoneisiin. Hankeosien kustannuksiin kuuluvat työmaan ylläpitoon tarvittavat työmaatilat, kuten toimistotilat, sosiaalilat sekä varastointilat. Vesi- sekä sähköliittymät kuuluvat myös hankeosien kustannuksiin.

Rakennushankkeen kustannukset eivät synny vain rakentamisen aikana, vaan kustannuksia alkaa kertymään jo ennen työmaan käynnistymistä. Rakennusprojekti alkaa hankesuunnittelusta, jonka jälkeen tehdään rakennussuunnittelu. Suunnitteluvaihe määrittää rakennuksen laajuuden ja laatutason, jolla on merkittävä osuus syntyviin kustannuksiin. Suunnitteluvaihe on yleensä ajallisesti pisin. Viimeinen vaihe ennen rakentamista on rakentamisen valmistelu, jossa päätetään hankkeen toteutusmuoto. Päätökset tehdään suunnitteluasiakirjojen, hintasuhdanteen sekä resurssien pohjalta.

Rakennustyömaan käynnistyessä alkaa syntyä rakentamisen aikaisia kustannuksia, jotka eritellään toisistaan litteroimalla. Litteroinnin avulla pystytään seuraamaan yksityiskohtaisesti syntyneitä kustannuksia. Rakennustyömaan jokaiselle työsuoritteelle on varattu tietty budjetti omalle litteralle. Esimerkiksi runkovaiheelle on varattu oma budjetti, jonka ylittämistä yritetään välttää.

Aikasidonnaisia kustannuksia syntyy työmaan käynnistymisestä työmaan loppuun. Mitä kauemmin työmaa on käynnissä, sitä enemmän kuluu rahaa työmaan ylläpitoon. Mitä nopeammin rakennus saadaan valmiiksi, sitä nopeammin se alkaa tuottaa esimerkiksi vuokraa. Rakennusaika on suoraan verrannollinen hankkeen aikasidonnaisiin kustannuksiin ja tuottoihin.

Opinnäytetyössä tutkitaan ainoastaan rivitalon rakentamisesta syntyneitä kustannuksia ja vertaillaan kahden eri tuotantotavan kustannuksia keskenään. Elementtirakentamisen ja paikalla rakentamisen suunnitelmat ovat samat, joten voidaan keskittyä rajatusti ulkoseinän runkorakenteisiin.

Rakennuskohteen kustannusten synty

Rakennuksen kustannus muodostuu työmaateknisten ja rakennukseen käytettävien materiaalien ja työn summasta. Panosrakenteilla voidaan erotella työn ja materiaalien sekä työhön käytettävien kaluston kustannukset. Suoritteet hinnoitellaan usein panosrakenteiden avulla, joita ovat työpanos, tarvikepanos, aliurakkapanos ja kalustopanos. Suoritteen lopullinen kustannus sisältää kaikki työ- ja hankintakustannukset, joiden suuruuteen suoritemäärien muutokset vaikuttavat. Esimerkiksi runkotyön kustannus voidaan laskea suoraan suoritteen panosrakenteen avulla. Runkotyön kokonaiskustannus saadaan kertomalla suoritemäärä suoritteen yksikköhinnalla. Työ- ja materiaalikustannukset erotellaan toisistaan. Hinnat ovat aina arvolisäverottomia hintoja.

Työpanos sisältää kaikki ne kustannukset, jotka syntyvät rakennusliikkeen työntekijöille maksettavasta palkasta ja sosiaalimaksuista. Työntekijä voi saada tunti- tai urakkapalkkaa. Syntyneet kustannukset sisältävät kaikki palkanlaskennasta työmaalle työntekijöiden palkat. Toimihenkilöiden palkat kuuluvat eri panoslajin alle. Tarvikepanos sisältää kaikki ne materiaalit ja tarvikkeet, joita tarvitaan hankkeen rakentamiseen, hinnat sisältävät rahtimaksut työmaalle. Aliurakkapanokseen sisältyy aliurakkana tehty työ tarvikkeineen. Kalustopanos sisältää koneiden ja laitteiden kustannukset kuljettajineen..

Työmaatekniset kustannukset sisältävät veden, sähkön sekä eri tilojen vuokran. Työmaatekniset kustannukset ovat sitä suuremmat, mitä kauemmin työmaa on käynnissä. Jos elementtirakentamisella pystytään säästämään aikaa, työmaatekniset kustannukset pienenevät. Myös hankkeen suuruus ja laajuus, tuotantotavat ja vuodenaajat vaikuttavat työmaateknisiin kustannuksiin.

Opinnäytetyössä tutkitaan ulkoseinien runkorakenteen tekemiseen käytetyn työn ja materiaalien kustannuksia. Työsuoritteiden määrä kerrottuna työsuoritteen yksikköhinnalla ja vastaavasti materiaalien määrä kerrottuna yksikköhinnalla saadaan rakennuksen lopullinen hinta. Suurelementtirakentamisen kohdalla on käytetty elementtien kokonaishintaa, joka sisältää samat yksityiskohdat kuin paikalla rakennetun talon kustannuslaskelmassa on laskettu.

RAKENNUSKOHTEET

Kaarinan Ruhtinas

Kaarinan Ruhtinas sisältää kuusi rivitaloa, asuntoja 28 kappaletta, piharakennuksen sekä viisi autokatosta (katso kuva 5). Kohde valmistui elokuussa 2011. Kohteessa yhdisteltiin betonisia ja puisia rakennusosia, huoneistojen väliset seinät ovat teräsbetonia ja puurunkoiset ulkoseinät suurelementtejä. Opinnäytetyön tekijä aloitti työjohtoharjoittelussa tammikuussa 2011 Kaarinan Ruhtinaan työmaalla. Kaarinan ruhtinas on työmaan nimi, taloyhtiön nimi on Kuninkaanlaakso.



Kuva . Kaarinan Ruhtinas 8.4.2013 (Varsinais-Suomen asumisoikeus Oy 2013).

Kaarinan Ratsu

Kaarinan Ratsu sijaitsee Kaarinan Ruhtinaan viereisellä tontilla (katso kuva 6). Kohde sisältää viisi rivitaloa, asuntoja 22 kappaletta, piharakennuksen ja kolme autokatosta. Kohde valmistuu joulukuussa 2013. Kohteessa yhdistellään betonisia ja puisia rakennusosia, huoneistojen väliset seinät ovat teräsbetonia ja puurunkoiset ulkoseinät rakennetaan paikalla pitkästä tavarasta.



Kuva . Kaarinan Ratsu 8.4.2013 (Varsinais-Suomen asumisoikeus Oy 2013).

KUSTANNUSVERTAILU

Opinnäytetyön tarkoituksena oli vertailla ulkoseinien kahta eri tuotantotapaa keskenään, elementtirakentamista ja ”pitkästä tavarasta” rakentamista.

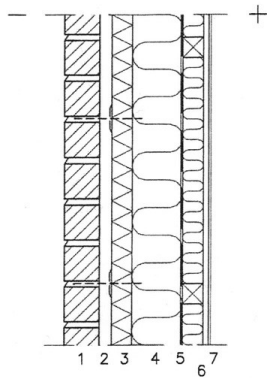
Kaarinan Ruhtinas

Rakennuskohde Kaarinan Ruhtinas rakennettiin yhdistelmärakentamistekniikalla, jossa huoneistojen väliset kantavat väliseinät ovat 200 mm:n teräsbetonia ja ulkoseinät puurunkoisia suurelementtejä. Kantavat väliseinät sekä ulkoseinät muodostavat rakennuksen rungon. Julkisivu on pääosin tiiltä, puupanelointia on käytetty asuntojen ulko-ovien kohdalla ja varastoissa. Tutkittavan talo C:n ulkoseinä ala on 217 m², josta on aukot vähennetty pois.

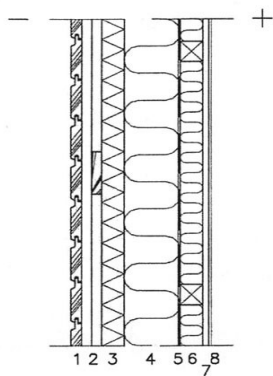
Kuva . Ulkoseinärakenteet.

Kaarinan Ratsu

Rakennuskohteessa käytetään yhdistelmärakentamistekniikkaa, huoneistojen väliset kantavat väliseinät ovat 200 mm:n teräsbetonia ja ulkoseinät on rakennettu pitkästä tavarasta. Kantavat väliseinät ja ulkoseinät muodostavat rakennuksen rungon. Julkisivu on samanlainen kuin Kaarinan ruhtinaassa. Tutkittavan talo A:n ulkoseinä ala on 280 m² + 60 m², eli yhteensä 340 m².

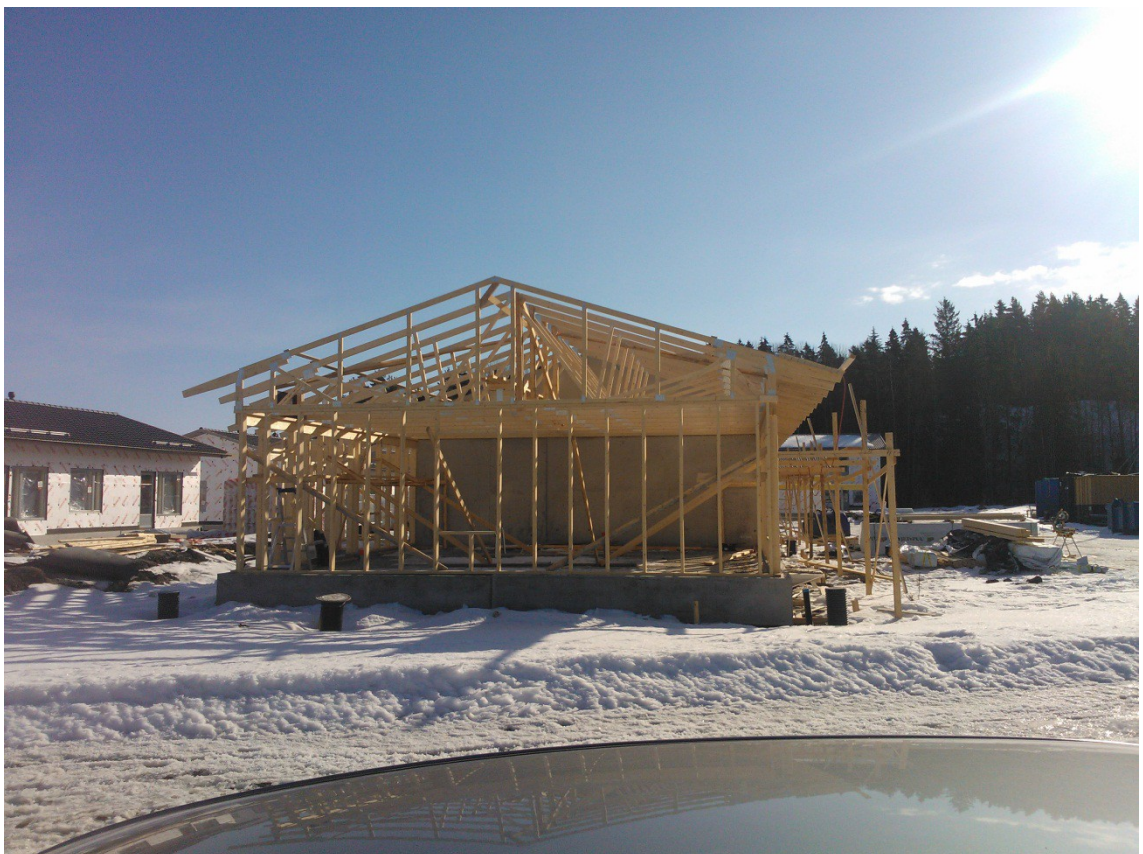


US1	1. 85 mm julkisivumuuraus
	2. 30 mm ilmarako
	3. 50 mm tuulensuojalevy
	4. 125 mm mineraalivillalevy
	5. 0.2 mm höyrynsulkumuovi
	6. 50 mm mineraalivillalevy
	7. 13 mm kipsilevy



US2	1. 23 mm lautaverhous
	2. Ristikoolaus 25*100
	3. 50 mm tuulensuojalevy
	4. 125 mm mineraalivillalevy
	5. 0.2 mm höyrynsulkumuovi
	6. 50 mm mineraalivillalevy
	7. 13 mm kipsilevy
	8. 13 mm kipsilevy

Kuva . Ulkoseinärakenteet (Kaarinan Ratsu).



Kuva . Kaarinan Ratsun Talo A:n päätyseinä.

Vertailu

Vertailussa vertailtiin kahta tuotantotapaa laskelmien avulla. Kustannusvertailussa on käytetty määrälaskelmia, TES-urakkamenekkejä sekä elementtitoimituksen kokonaishintaa.

Tutkimus aloitettiin tekemällä Kaarinan Ratsun talo C:n seinärakenteista määrälaskelmat. Määrälaskelmat tehtiin arkkitehtikuvien pohjalta. Materiaali-menekeissä aukot on vähennetty pois ja siihen on lisätty hukkaprocentti. Työn menekeissä vain yli 3 m²:n aukot on vähennetty.

Elementtien hintatietona on käytetty Talo C:n elementtitoimituksen hintaa (alv 0 %), joka sisältää Talo C:n seinäelementit ikkunoihin, kattotuolit, varastojen seinäelementit, asennukset sekä toimituksen työmaalle.

TULOKSET

Suurelementtirakentaminen

Elementtitoimituksen hintana (alv 0 %) on käytetty hintaa, jonka työn tilaaja maksaa aliurakoitsijalle. Hinta sisältää Talo C:n seinäelementit, myös varastojen, elementtien asennukset, kattotuolit asennuksineen, sekä toimitukset työmaalle. Parvekeovet sekä niiden asennus on lisätty elementtitoimituksen hintaan. Hinnat on eritelty liitteessä. Elementtirakentamisen kokonaishinnaksi tuli 31 332 € eli 126,6 €/m². Työmenekiksi tuli 44,2 työntekijätuntia.

Paikalla rakentaminen

Kaarinan Ratsun paikalla rakentamisen kokonaiskustannukseksi tuli 22 400 € (alv 0 %), eli 73,7 €/m². Kustannukseen sisältyvät puurunkotyöt, tuulensuojalevytyksen, kattotuoliasennuksen, villoitukset, höyrynsulunasennuksen, sisäpuolen koolauksen sekä julkisivupaneloinnit. Ikkuna- ja parvekeoviasennus tuli aliurakkana, joka on huomioitu hinnassa. Työmenekiksi tuli 276 työntekijätuntia. Kokonaiskustannukset on eritelty liitteessä.

Vertailu

Taulukosta 1 voidaan nähdä paikalla rakentamisen olevan huomattavasti halvempaa suurelementtitekniikkaa nähden, mutta täytyy huomioida se, että tässä tarkastellaan hintoja, joihin sisältyvät vain työ ja materiaalit. Työmaatekniset kustannukset on jätetty huomioimatta. Rakentamisajan lyhentyminen vaikuttaa todella merkittävästi suurelementtirakentamisen kannattavuuteen, koska se on niin paljon nopeampaa, laskelmien mukaan noin kuusi kertaa nopeampaa, joten aikasidonnaiset kustannukset laskevat huomattavasti.

Taulukko . Vertailulaskelmat.

Lopputulokset

		Hinta €	€/m ²	aika tth
Paikalla rakentaminen		22 400	73,7	276
Suurelemen ttitekniikka	31 332	126,6		44,2
	Erotus	8 932	52,9	231,8

Laatu

Rakentamisen laatu on asia, joka täytyy ottaa huomioon koko rakentamishankkeen ajan. Elementtitekniikan hyötynä ovat kuivat työskentelyolosuhteet tehdastiloissa. Rakenteet säilyvät kuivina myös työmaalla, jos seinäelementit suojataan hyvin. Elementtitekniikalla myös vesikaton asennus voidaan aloittaa nopeasti, kun yhdistellään betonisia ja puisia rakennusosia. Ensin alapohjan tekeminen, sitten betoniset väliseinät, jonka jälkeen ulkoseinäelementtien asennukset, lopuksi vesikattoasennus. Tällä rakentamistavalla varmistetaan ulkoseinärakenteiden pysyvän mahdollisen kuivina. Paikalla rakennettaessa eristeet voivat altistua enemmän kosteudelle.

Elementtitekniikalla rakentaessa suunnitelmien muutokset ovat lähes mahdottomia, joten suunnitteluvaihe täytyy suorittaa laadukkaasti huomioiden kaikki suunnitelmat, jotta talo teknisesti toimii. Esimerkiksi sähköputkituksien paikkoja on mahdotonta muuttaa työmaalla. Paikalla rakennettaessa suunnitelmia pystytään muuttamaan lähes missä tilanteessa tahansa.



Kuva . Mitoitusvirhe elementtirakentamisessa.

Työturvallisuus

Työturvallisuus on asia, jota ei voi missään tilanteessa väheksyä. Päivittäin joku rakennustyöläinen loukkaa itsensä. Loukkaantumiset tapahtuvat yllättäen, tilanteissa, joissa ”ei voi” tapahtua mitään. Kun työsuoritukset on siirretty pois työmailta tehdasolosuhteisiin, loukkaantumisten määrä runkotoissa laskee. Elementtitehtaiden olosuhteet ovat huomattavasti turvallisemmat kuin runkoa paikalla rakentaessa työmaalla räntäsateessa, jäätyneiden telineiden päällä. Vaikka elementtien kokoaminen on turvallista, niiden asentaminen työmaalla voi olla vaarallista, jos sitä ei tee oikein. Myös elementtien lastaaminen ja purkaminen niitä kuljettavista ajoneuvoista on syytä tehdä oikein. Ennen elementtien asennusta on tehtävä nostosuunnitelma ja nimettävä asennusta valvova työnjohtaja, joka vastaa viime kädessä työturvallisuuden noudattamisesta. Paikalla rakennettaessa sääolosuhteet ovat merkittävässä osassa. Liukastumiset sekä horjahtamiset ovat yleisiä syitä, jotka aiheuttavat loukkaantumisen.

YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Tutkimus osoitti paikalla rakentamisen olevan huomattavasti edullisempaa. Kokonaisuuden kannalta elementtitekniikka on huomattavasti nopeampi tapa rakentaa. Täytyy arvioida, kuinka paljon rakennusajan lyhentyminen säästää rahaa. Runkotyön ollessa hankkeen kriittisellä polulla, rakentamisajan lyhentyminen alentaa aikasidonnaisia kustannuksia sekä aientaa rakennuksesta saatavia tuloja, esimerkiksi vuokratuloja.

Aikataulua mietittäessä elementtirakentaminen on helppo sijoittaa mihin vuodenaikaan tahansa, koska suurin työ tehdään säältä suojassa tehdasolosuhteissa. Paikalla rakentaessa runkotyö kannattaa sijoittaa rakentamisaikataulun salliessa kuivaan vuodenaikaan, esimerkiksi keskitälveen tai kesään, jotta kosteutta ei olisi niin paljon. Säähän ei ihmiset pysty vaikuttamaan, joten runko on tehtävä, oli sää mikä tahansa.

Kun suunnitellaan tuotantotapaa rakennushankkeelle, täytyy huomioida rakennussuhdanne. Paikalla rakentaminen sitoo enemmän rakennusliikkeen omia työntekijöitä, joten jos rakennusliikkeellä on vähän töitä, kannattaa valita tuotantotavaksi paikalla rakentaminen, koska se pitää omia työntekijöitä työelämässä. Työmaan kate jää pienemmäksi, mutta täytyy huomioida se, että jos työntekijä on töissä eikä lomautettuna, niin työntekijä kehittyä työtä tehdessä ja se lisää työtehokkuutta tulevaisuuden rakennuskohteissa. Työilmapiiri on myös parempi, kun työntekijät huomaavat rakennusliikkeen työllistävän heitä, vaikka voittoa ei työmaasta tulisi niin paljon kuin elementtitekniikalla.

Elementtitekniikka käytettäessä täytyy myös huomioida se, että elementtitoimitukset voivat viivästyä, mikä taas aiheuttaa ongelmia työmaan aikatauluun, koska ulkoseinien pystytys on hankkeen kriittisellä polulla. Paikalla rakentaessa tutulla runkoporukalla aikataulu on paljon varmempi, eli omilla valinnoilla pystytään vaikuttamaan aikatauluun.

Elementtitekniikan edut tulevat esiin rivitalotyömailla, joissa samanlaisia elementtejä pystytään käyttämään eri rakennuksissa. Rakennukset toistavat muodollisesti toisiaan ja elementtisuunnitelmia on vähemmän. Tällöin niiden tuotanto tehtaissa nopeutuu ja aikataulussa pysyminen on kiinni logistiikasta.

Molemmissa tuotantotavoissa työntekijöiden ammattitaito korostuu, mutta enemmän se korostuu paikalla rakentaessa. Paikalla rakentaessa runko voi olla huomattavasti nopeammin valmis kuin esimerkiksi on kustannuslaskelmissa laskettu, joten se täytyy ottaa huomioon esimerkiksi siinä vaiheessa, kun tarjoaa runkoryhmälle urakkaa rungoista.

Kiireisinä aikoina elementtitekniikka luo aikatauluun lisää varaa, koska se on niin nopea tuotantotapa. Se luo yritykselle kilpailuedun, jos elementtitarjous on hyvä. Tämän edellytyksenä on rakennusliikkeen harjaantunut elementtirakentaminen ja tutut elementtitoimittajat.

LÄHTEET

Honka 2013. Puu rakennusmateriaalina

Viitattu 22.04.2013 www.honka.com/fi > Puu-rakennusmateriaalina.

Puuinfo 2013a Viitattu 24.04.2013 www.puuinfo.fi > Puu-materiaalina > lämpötekniset ominaisuudet.

Puuinfo 2013b Viitattu 24.04.2013 www.puuinfo.fi > Puu materiaalina > Paloteknisiä ominaisuuksia.

Puuinfo 2013c Viitattu 24.04.2013 www.puuinfo.fi > Puu materiaalina > rakennesahatavara.

Puuinfo 2013d Viitattu 24.04.2013 www.puuinfo.fi > Puu materiaalina > Äänitekniisiä ominaisuuksia.

Puuinfo 2013c Viitattu 24.04.2013 www.puuinfo.fi > Puu materiaalina > rakennesahatavara.

Laitinen, E . Teollinen puurakentaminen. 1995. Rakennustieto Oy.

Rakentaja 2013 Viitattu 12.04.2013

<http://www.rakentaja.fi/indexfr.aspx?s=/kuluttaja/WoodFocus/puurakentaminen.htm>.

Vaso 2013 Viitattu 08.04.2013

<http://www.tta2k.fi/vaso/isannointi.asp?huoneistot=1&file=huoneistot/323.html>.

Vaso 2013 Viitattu 08.04.2013. <http://www.vaso.fi/sivu/kaarinan-ratsu>.

Kustannuslaskelma TaloA

	Määrä	Hinta yks	Hinta yht
Ulkosinäpaneelit	910 jm	0.56 €	510 €
Ristikoolaus 25*100	140 jm	0.65 €	90 €
Runkotolppa 48*123	500 jm	1.26 €	630 €
Runkotolppa 48*98	300 jm	1.00 €	300 €
Runkotolppa 48*123	30 jm	1.23 €	340 €
Yläjuoksu 48*198	150 jm	2.02 €	300 €
Yläjuoksu 48*173	80 jm	1.77 €	140 €
Ala- ja yläjuoksu+ikkuna aukot	140 jm	1.27 €	180 €
Koolaus 48*48	1300 jm	0.46 €	600 €
Kattotuolit	31 kpl	100.0 €	3 100 €
50mm tuulensuojalevy Paroc WPS	280 m ²	4.85 €	1 360 €
Mineraalivilla 125mm Paroc eXtra	265 m ²	2.51 €	670 €
50mm mineraalivillalevy Paroc eXtra	265 m ²	1.28 €	340 €
Ikkunat+takaovet+asennus	1 kpl	8000.0 €	8 000 €
Karhuntaija+teippi	1 kpl	400.0 €	400 €
Höynsulkumuovi SFS	265 m ²	0.35 €	95 €
		Hinta yht:	17 100 €

	Yksikkö	Hinta yks	Määrä	Hinta	Aika
Runkotyö 125mm+50mm	0.43 tth/m ²	8.78€/m ²	254 m ²	2 230 €	109.2 tth
Runkotyö 125mm varastot	0.27 tth/m ²	5.43€/m ²	60 m ²	320 €	16.1 tth
	0.57				
Kattotuolien asennus	tth/kpl	11.48€/kpl	31 kpl	350 €	17.7 tth
Tuulensuojalevyjen asennus	0.11 tth/m ²	2.29€/m ²	280 m ²	640 €	30.6 tth
Villoitus 125mm	0.05 tth/m ²	1.05€/m ²	254 m ²	270 €	12.7 tth
Höyrynsulun asennus	0.02 tth/m ²	0.41€/m ²	254 m ²	110 €	5.6 tth
Villoitus 50mm	0.05 tth/m ²	1.05€/m ²	280 m ²	290 €	14.5 tth
Panelointi+koolaus ponttilauta	0.38 tth/m ²	7.73€/m ²	95 m ²	720 €	36.4 tth
Autonosturi	50€/h		8 h	400 €	
Ikkuna+ takaovi asennus			21 kpl		16.5 tth
			Yhteensä:	5 300 €	276 tth

Yhteensä 22 400€