



Pasi Tanhua

PUURAKENTEISTEN ULKOSEINIEN TOTEUTUSTAPOJEN VER- TAILU

Paikallaan rakentamisen vertaaminen elementtirakentamiseen

PUURAKENTEISTEN ULKOSEINIEN TOTEUTUSTAPOJEN VER- TAILU

Paikallaan rakentamisen vertaaminen elementtirakentamiseen

Pasi Tanhua
Opinnäytetyö
Syksy 2011
Rakennusalan työnjohdon
koulutusohjelma
Oulun seudun
ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun seudun ammattikorkeakoulu
Rakennusalan työnjohdon koulutusohjelma, talonrakennuksen suuntautumis-
vaihtoehto

Tekijä: Pasi Tanhua

Opinnäytetyön nimi: PUURAKENTEISTEN ULKOSEINIEN TOTEUTUSTAPO-
JEN VERTAILU, Paikallaan rakentamisen vertaaminen elementtirakentamiseen

Työn ohjaaja: Antero Stenius

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Syksy 2011

Sivumäärä: 33 + 8 liitettä

Työn teettäneessä yrityksessä, Rakennusliike LapTi Oy:ssä, rivi- ja luhtitalokoh-
teet rakennetaan pääasiassa suurelementtitekniikalla.

Työn tarkoituksena oli tutkia, onko puurungon rakentaminen paikalla työni teet-
täväälle yritykselle kaikkein nopein ja kustannustehokkain tuotantotekniikka vai
voidaanko elementtitekniikalla saavuttaa merkittäviä säästöjä työmaatekniikasta
aiheutuvissa kustannuksissa rivi- ja luhtitalokohteissa.

Tuotantotekniikan valinnalla voidaan vaikuttaa suuresti rakennushankkeen ko-
konaiskustannuksiin. Kustannuksiin voidaan vaikuttaa vähentämällä tai muut-
tamalla työmaalla tehtäviä suoritteita. Jos kyseinen suorite on hankkeen kriitti-
sellä polulla, voi se johtaa rakennushankkeen kokonaiskeston lyhenemiseen.
Tällä on vaikutus työmaan aikasidonnaisiin, kohdistamattomiin kustannuksiin,
kuten työmaateknisiin kustannuksiin. Työmaatekniikan kustannuksissa saavute-
tut säästöt voivat olla suuremmat kuin suoritteen ulkoistamisesta aiheutuneet
lisäkustannukset.

Tutkimustuloksiin päästiin erilaisten vertailulaskelmien kautta. Laskelmien lähtö-
tietoina käytettiin työn teettäjän hinta- ja tavoitearvotietoja, vertailukohteen to-
teutumatietoja, omia määrälaskelmiani sekä ratu-kortiston menekkitietoja. Las-
kelmien avulla saatiin tietoa tuotantotavan vaikutuksista muun muassa hank-
keen työmaateknisiin kustannuksiin.

Tutkimusten tuloksista voitiin todeta, että paikalla rakentamisen rakennusaikai-
set kustannukset ovat elementtitekniikan kustannuksia huomattavasti pienem-
mät. Kun tulosten tarkastelu laajennettiin työmaateknisiin, aikasidonnaisiin kus-
tannuksiin, huomattiin, että elementtitekniikan avulla voidaan saavuttaa huom-
attavia säästöjä. Ja näin ollen keskinäisessä vertailussa paikalla rakentamisen
taloudellinen etu puolittui. Laskelmat on esitettyinä liitteessä ja ne sisältävät luot-
tamuksellisia tietoja.

Asiasanat: puurunko, elementti, paikalla rakentaminen, rivitalo

SISÄLLYS

| | |
|---|----|
| TIIVISTELMÄ | 3 |
| SISÄLLYS | 4 |
| 1 JOHDANTO | 5 |
| 2 PUU RAKENNUSMATERIAALINA | 6 |
| 2.1 Puun palo-ominaisuudet | 6 |
| 2.2 Puun lujuusominaisuudet | 8 |
| 3 PUURUNKOISTEN ULKOSEINIEN MAHDOLLISET RAKENNUSTAVAT | 9 |
| 3.1 Paikalla Rakentaminen ”pitkästä tavarasta” | 9 |
| 3.2 Pre-cut- järjestelmä | 10 |
| 3.3 Suurelementti tekniikka | 11 |
| 3.4 Yhdistelmä rakenteet | 13 |
| 4 RAKENNUSHANKKEEN RAKENNUSAIKAISET KUSTANNUKSET | 15 |
| 4.1 Kustannusten muodostuminen | 15 |
| 4.2 Rakennustapojen vaikutus kustannuksiin | 16 |
| 4.3 Kohteen kustannusten syntyminen | 17 |
| 5 TYÖN SUORITUS | 20 |
| 5.1 Rakennuskohde | 20 |
| 5.2 Vertailulaskelmat | 22 |
| 6 TULOKSET | 24 |
| 6.1 Paikalla rakentaminen | 24 |
| 6.2 Elementtitekniikka | 25 |
| 6.3 Tuotantotapojen vertailu | 26 |
| 6.4 Työmaateknisten kustannusten vaikutus | 26 |
| 7 TULOSTEN TARKASTELU | 28 |
| 8 YHTEENVETO | 30 |
| LÄHTEET | 32 |
| LIITTEET | 33 |

1 JOHDANTO

Opinnäytetyöni tilaaja, Rakennusliike LapTi Oy, on Oulun, Kuopion ja pääkaupunkiseudun talousalueilla toimiva keskisuuri rakennusalan yritys, joka on monipuolinen hoiva- ja asuintalojen uudisrakentamiseen fokusoitunut yritys. Myös liike- ja toimistorakennukset sekä myymälätilat kuuluvat rakennusliikkeen urakointikohteisiin. Yleensä kohteet rakennetaan nykyaikaisella suurelementtitekniikalla.

Rakentamiseen kulutetulla ajalla on suora vaikutus tiettyihin rakennushankkeen kustannuksiin kuten työmaateknisiin kustannuksiin eli siihen, kuinka kauan työmaata joudutaan pitämään käynnissä. Kun aika lyhenee, pystytään samassa ajassa tuottamaan useampia rakennushankkeita ja näin tuotto paranee. Rakennusaikaa voidaan lyhentää valitsemalla hankkeeseen parhaiten sopiva rakentamismuoto.

Opinnäytetyöni tarkoituksena on antaa yritykselle tietoa paikalla rakentamisen ja elementtirakentamisen eroista hinnan, laadun ja tuotannollisista näkökulmista. Opinnäytetyössäni vertailen rivi- ja luhtitalorungon tuotantotapoja, paikalla rakentamista ja elementtirakentamista laskelmien avulla. Lähtötiedot perustuva omiin määrälaskelmiini, elementtitehtaan tarjoukseen ja RATU -kortiston menekkitietoihin.

Tavoitteena on, että yritys saa laskentatieto-, laatu- ja tuotannollisia näkökulmia siitä, mikä on kokonaisvaltaisesti yritykselle edullisin rakennusmuoto. Käsittelen opinnäytetyössäni ainoastaan edellä mainittuja rakentamismuotoja. Olen rajannut työni esimerkkikohteen ulkoseinien puurunkoon ulkokuoripaneelista sisäpinnan koolaukseen. Yrityksen käyttämissä elementeissä on ikkunat paikallaan, joten ne on otettu huomioon paikalla rakentamisen laskennassa vain asennuskustannuksina. Sisäpinnan lisäeriste ja levytys tehdään myöhemmin, joten niiden vaikutusta kustannuksiin ei oteta huomioon. Myöskään perustuksia ei ole otettu huomioon, koska ne ovat samanlaiset molemmissa tuotantotavoissa.

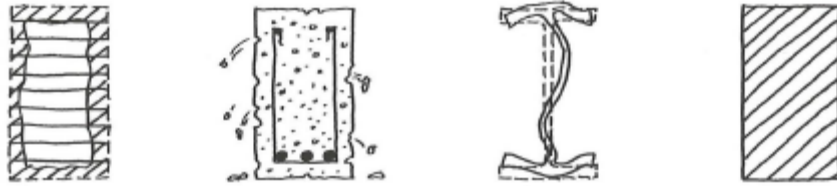
2 PUU RAKENNUSMATERIAALINA

Rakennusmateriaalina puu on monikäyttöinen. Puu soveltuu sekä runkorakenteisiin että pintamateriaaliksi. Puun kantokyky riippuu olennaisesti siitä, miten rakenne kantaa syiden suunnassa tai kohtisuoraan syitä vasten. Puun ominaisuudet vaihtelevat riippuen puulajista, kasvupaikasta ja mistä osasta runkoa sahatavara on otettu. Puu on myös epähomogeeninen materiaali. Siinä on oksia ja vioittumia, mitkä voivat vaikuttaa puun ominaisuuksiin. Kosteusriippuvuus ja siitä johtuva halkeilu on myös yksi puun ominaispiirteistä. (Alakärppä ym. 1995, 7; Paloheimo 2002, 52-53.)

2.1 Puun palo-ominaisuudet

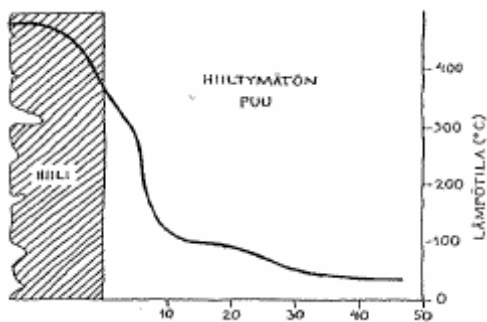
Runkorakenteissa puu on paloturvallisuuden kannalta hyvä ratkaisu. Puu voi olla paloturvallisempi asiantuntevasti suunniteltuna, kuin niin sanotut palamattomat materiaalit. Puu on yksi niistä harvoista materiaaleista, joita voi käyttää kantavissa rakenteissa ilman maalausta tai palonsuojausta.

Tulipalon aikana puurakenteen käyttäytyminen on ennustettavissa. Odotettavissa ei ole äkillisiä nurjahtamisia, romahtamisia ja sortumisia. Tämä mahdollistaa pelastusviranomaisten liikkumisen niin sisällä kuin rakennuksen katolla. Syy siihen, että puu pitää kantavuuskykynsä tulipalotilanteessa pidempään kuin teräs ja betoni, johtuu puun sisältämästä vesimäärästä, joka on noin 15 prosenttia. Tulipalotilanteessa tämä vesimäärä haihtuu ensin ennen varsinaisen puuaineen palamista. Lisäksi puuaineen pinta hiiltyy palaessa, mikä suojaa myös puun ydintä. Kuvasta 1 nähdään eri rakennusmateriaalien käyttäytyminen palotilanteessa. Puu ei menetä kantokykyään, betoni lohkeilee, teräs antaa myöten lämmitessä ja näin ollen menettää kantokykynsä ja tiili pysyy muuttumattomana. (Suomen liimapuuyhdistys ry. Monitoimihallit: Liimapuun käyttö suurten hallien kantavissa rakenteissa 1988, 32.)



Kuva 1. Puun, betonin, teräksen ja tiilen käyttäytyminen palotilanteessa (Laaksonen 1995, 11.)

Hiiltymisnopeus rakennuspuutavaralla on 0,8 mm/min ja liimapuutavaralla 0,6 mm/min. Hiiltyneen puun hiiltymätön osuus säilyttää lähes samat lujuusominaisuudet kuin sama rakenne normaalitilanteessa. Puun hiiltynyt pinta muodostaa puun pinnalle paloeristeen, hiiltyneen osan lämmönjohtavuus on kuudesosan sahatavaran lämmönjohtavuudesta. Hiiltymätön osuus toimii myös vastaavana eristeenä. Kuvassa 2 on esitetty hiiltyvän puun lämpötilajakauma. Lämpötila on hiiltyneellä alueella useita satoja asteita, mutta kohti ydintä mentäessä lämpötila laskee nopeasti. Palotilanteessa puun kantavuuden heikkeneminen ei johdu fyysikaalisista muutoksista vaan rakenteen poikkileikkauksen pienenemisestä. (Monitoimihallit: Liimapuun käyttö suurten hallien kantavissa rakenteissa. 1988.)



Kuva 2. Lämmönjakauma hiiltyvässä puussa (Laaksonen 1995, 11.)

Osastoidut rakennukset ja talot ovat paloa hidastavia. Tällöin palo-osastointi tehdään huoneistoittain rakennusmääräysten mukaisesti. Palo-osaston koko voi olla yksikerroksissa rakennuksissa enintään 600 m² ja kaksikerroksisissa rakennuksissa 400 m². Paloa hidastavan asuinrakennuksen suurin sallittu kersala yhteenlaskettuna saa olla enintään 2400 m² yksikerroksissa ja 1600 m²

kaksikerroksisissa rakennuksissa. Palonkestävässä rakennuksessa kantavien ja osastoivien rakenteiden palonkesto aika vaihtelee 30 ... 240 minuuttiin riippuen rakennuksen paloluokituksesta. (Laaksonen 1995, 15, 18.)

2.2 Puun lujuusominaisuudet

Puuta voidaan käyttää kaikissa eri rakennusvaiheissa. Puun ominaisuudet soveltuvat myös totutusta poiketen pientalorakentamisen lisäksi rivi-, luhti- ja kerrostalorakenteisiin. Puuta käytetään myös suurten hallien, kirkkojen ja tornien kantavina rakennusmateriaaleina. (Monitoimihallit: Liimapuun käyttö suurten hallien kantavissa rakenteissa 1988, 18-19.)

Puu on kevyt ja luja rakennusmateriaali. Varsinkin suurten jännevälien kantavissa rakenteissa puun keveys ja lujuus tulevat esille. Materiaalina puu on edullinen ja helposti työstettävä. Puurakenteiden korjaaminen ja muunneltavuus on helppoa. Puu on ekologinen, uusiutuva luonnonvara, jonka jatkojalostukseen tarvittava energiamenekki on pieni siitä saatavaan hyötyyn nähden. Lisäksi puu sitoo koko elinkaarensa ajan kasvuympäristön hiilidioksidipäästöjä. Sääolosuhteiden vaihteluja puu kestää hyvin, josta johtuen puun lujuusominaisuudet ovat paremmat erilaisille sääolosuhteille altistuessaan. Puun eläminen lämpötilanvaihteluiden myötä on vähäistä. Sen sijaan kosteudesta johtuva eläminen on tarpeellista huomioida rakennusaikana. (Monitoimihallit: Liimapuun käyttö suurten hallien kantavissa rakenteissa 1988, 18.)

3 PUURUNKOISTEN ULKOSEINIEN MAHDOLLISET RAKEN- NUSTAVAT

Ulkoseiniien rungon mahdollisia rakennustapoja ovat paikalla rakentaminen eri muodoissaan tai elementtirakentaminen eri muodoissaan. Näitä kahta rakennustapaa voidaan myös yhdistää.

3.1 Paikalla Rakentaminen ”pitkästä tavarasta”

Paikalla rakentaminen tarkoittaa nimensä mukaisesti sitä, että rakennuksen runko rakennetaan työmaalla erilaisesta ja erimittaisesta sahapuutavarasta niin sanotusta ”pitkästä tavarasta”. Tämä menetelmä poikkeaa muista paikalla rakennetuista menetelmistä siten, että puutavara tulee työmaalle tehdasmittaisena sahatavarana ja rungon osat katkaistaan ja lovetaan yksilöllisinä kappaleina paikan päällä. Puutavara voi kohteen mukaan vaihdella suuresti, rakennesuunnitelmien mukaisesti. Perusmuurin päälle tuleva tolpparunko muodostaa yhdessä perustusten kanssa rakennuksen kantavat rakenteet. Työvaiheen aloittamisen edellytyksenä on, että edeltävät perustustyöt ovat valmiit. Paikalla rakentamistekniikkaa käyttäen esivalmistusaste on käytännössä olematon. (Puutalon runkotyöt. 2006.)

Rakentaminen tapahtuu työpiirustusten ja työselostusten mukaisesti. Tarvittava puutavara tilataan ja toimitetaan työmaalle sovitun aikataulun mukaisesti. Ennen runkotöiden aloittamista on hyvä tehdä sisäpuolinen täyttö sekä sokkelin ulkopuolinen vierustäyttö niihin sijoittuvine rakenteineen. Rungon pystyttäminen aloitetaan alasidepuiden kiinnittämällä perusmuuriin. Tämän jälkeen alasidepuuhun merkataan pystyrungon tolppien sekä ovien että ikkunoiden paikat. Alasidepuun päälle pystytetään talon kantavat seinät, jotka muodostuvat runkoltolpista. Yleisimmin käytettävä runkomateriaali on paksuudeltaan 50 mm ja leveydeltään 100-200 mm. Vuoden 2010 alusta 200 mm leveän puutavaran suoma 200 mm mineraalivillaa ei enää yksistään riitä uusien U-arvojen määrittelymään raja-arvoon asuinrakennuksissa, joten runkoon täytyy tehdä lisäkoolaus sisäpintaan esimerkiksi 50 mm x 50 mm:n kokoisesta puutavarasta. Aukkojen ylitykseen käytettävien palkkien leveydet ovat yleensä 50 mm ja 75 mm. Kor-

keudet vaihtelevat aukon koon mukaan 150 mm ja 225 mm välillä. Rungossa käytettävä sahatavara tulee olla lujuusluokiteltua. Liitokset tehdään yleisimmin naulaamalla. (Puutalon runkotyöt. 2006.)

Paikalla rakentamistekniikan kustannuksiin voidaan jossain määrin vaikuttaa materiaaleja hankittaessa. Puutavara voidaan tilata työmaalle käytettävien pituuksien mukaisesti, jolloin työmaalla syntyvä hukka pienenee. Työvaiheen aikana kustannuksiin voidaan vaikuttaa muun muassa taloudellisella ja harkitulla puutavaran käytöllä. Myös oikeanlainen varastointi tai välivarastoinnin välttäminen synnyttää säästöjä. Tällöin puutavara pysyy kuivana eivätkä esimerkiksi runkotolpat pääse kieroutumaan kosteuden vaikutuksesta. (Puutalon runkotyöt. 2006.)

Monipuolisuutensa vuoksi paikalla rakentaminen soveltuu parhaiten pien- ja rivitalorakentamiseen. Valmistustekniikka mahdollistaa monimuotoisen arkkitehtuurin, ja rakennus täyttää saumattomuutensa vuoksi lämmölle ja tiiveydelle asetetut vaatimukset. (Puutalon runkotyöt. 2006.)

3.2 Pre-cut- järjestelmä

Pre-cut- järjestelmässä rakennus tehdään paikan päällä, sahalla tai tehtaalla valmiiksi katkaistuista ja lovetuista kappaleista. Kuten nimestä voi päätellä, pre-cut- järjestelmässä teollisen esivalmistuksen aste on määrämittäiseksi katkottu puutavara. Poikkeuksena ovat kattoristikot ja muut niihin verrattavat rakenneosat. Työmaalle tulevan esivalmistetun puutavaran määrään vaikuttaa toimittajan ohella rakennuksen poikkeavuus esimerkiksi standardimitoista. Määrämitaan katkottuna työmaalle tulevat etupäässä kantavan rungon osat ja valmiiksi pohjamaalatut ulkoverhouslaudat. Tasaustavaraan katkottua puutavaraa ovat yleensä väliseiniä runkotolpat ja aukkojen sisäpuoliset listat. (Teollinen puurakentaminen. 1995.)

Ammattirakentajalle standardipiirustukset ja työselostukset ovat rakentamisen kannalta riittävät ja rakentaminen vastaa käytännössä paikalla rakentamista. Työn sujuvuutta ja tuottavuutta voidaan kuitenkin parantaa puutavaran suunnit-

telmallisella paketoinnilla ja pakettien sisältöluetteloilla. Niiden avulla puutavara voidaan varastoida työmaalla siten, että seuraavaksi tarvittava puutavaranippu on helposti saatavilla eikä pinon alimmaisena. (Teollinen puurakentaminen.1995.)

Pre-cut- järjestelmä on joustava eikä se rajoita arkkitehtuuria. Joustavuudella on kuitenkin vaikutuksensa taloudellisuuteen. Taloudellisimmillaan järjestelmä on silloin, kun arkkitehtuurin ja rakennustekniikan tavoitteet yhdistetään. Tuolloin standardimittaiset valmisteet sopivat eikä esimerkiksi erikoisaukokuksia tarvita. Järjestelmä sopii myös hyvin olemassa oleviin puutavarapituuksiin ja niiden suunnitelmallinen käyttö lisää taloudellisuutta. Järjestelmän suurin taloudellinen hyöty perustuu tarkkaan määrälaskentaan, laskettuun tarvikemenekkiin ja asennustyön tehokkuuteen. (Teollinen puurakentaminen. 1995.)

Pre-cut- järjestelmä painottuu työmaalle, kuten paikalla rakentaminen yleensä. Tämän vuoksi parhaan ratkaisun saattaa määrätä ennemmin rakennustyötä helpottava tekijä kuin materiaalin edullinen hinta. Sillä oikein tehty pre-cut- rakenne on huomattavasti nopeammin pystyssä kuin ”pitkästä tavarasta” rakennettu. Jatkuvasti toistuvat rakenteet mahdollistavat myös tarkemman asennustyön hinnoittelun. (Teollinen puurakentaminen. 1995.)

Pre-cut- menetelmää käytetään eniten pientalorakentamisessa. Pre-cut-rakenteinen talo täyttää eristävyiden ja tiiveyden asettamat vaatimukset saumattoman rakenteensa vuoksi. Rivitalokohteet eivät eroa juurikaan pientaloista. Näissä kohteissa usein kuitenkin pyritään etsimään minimivaatimukset täyttävät arkkitehti- ja rakenneratkaisut sekä pyritään kaikin tavoin mahdollisimman taloudelliseen toteutukseen. (Teollinen puurakentaminen. 1995.)

3.3 Suurelementti tekniikka

Suurelementti tarkoittaa eri valmistusasteista koko seinän mittaista rakennetta tai sen osaa. Elementtien koot voivat vaihdella suuresti, mutta käytännössä niiden kokoa rajoittaa ainoastaan kuljetuskapasiteetti. Ulkoseinäelementit voivat olla sekä kantavia että ei-kantavia. Elementtirakenteisen talon suunnittelu ei

poikkeaa juurikaan paikalla rakennettavan puutalon suunnittelusta. Suunnitelmiin määrää kasvattavat kuitenkin jokaisesta elementistä erikseen tehtävät elementtisuunnitelmat. Jotta elementtitekniikka olisi taloudellista, tulee arkkitehtuurin ja rakennetekniikan tukea toisiaan. Suurelementeillä voidaan rakentaa niin yksi- kuin kaksikerroksisia rivitaloja. (Teollinen puurakentaminen. 1995.)

Suurelementit valmistetaan asiakkaan toiveiden mukaan halutun valmiusasteen mukaan. Ulkoseinäelementit ovat usein ulkopuolelta valmiiksi viimeistelyjä. Tähän vaikuttaa kuitenkin suuresti rakennuksen julkiverhousvalinta. Kuten betonielementit, myös puuelementit ovat yksilöllisiä, jolloin varastoon valmistaminen ei ole mahdollista. Tästä johtuen elementtien toimitusajat voivat olla pitkiä. Elementtirakentamisen etuihin voidaan myös laskea talvirakentamisen helpottaminen. Kun suurin osa runkotyöstä siirretään sisätiloihin, rakenne on suojassa lumisateilta ynnä muilta haitallisilta sääolosuhteilta. Puuteollisuus on vahvasti kesäkauteen painottuva, joten pyrkimällä ajoittamaan valmisosatoimitukset talvisaikaan voidaan tehokkaammin saada kaikki potentiaali irti talvisaikaan vajaa-tehoisesti toimivilla talotehtailla. Sisällä suojatuissa olosuhteissa rakentaminen lyhentää rakennusaikaa työmaalla. Kun rakennusaikaa saadaan lyhennettyä, säästöjä saavutetaan esimerkiksi työmaan yleiskustannusten pienentymisellä. Myös rakennusajan pääomakustannukset pienenevät. (Kilpeläinen, Ukonmaanaho & Kivimäki 2001.)

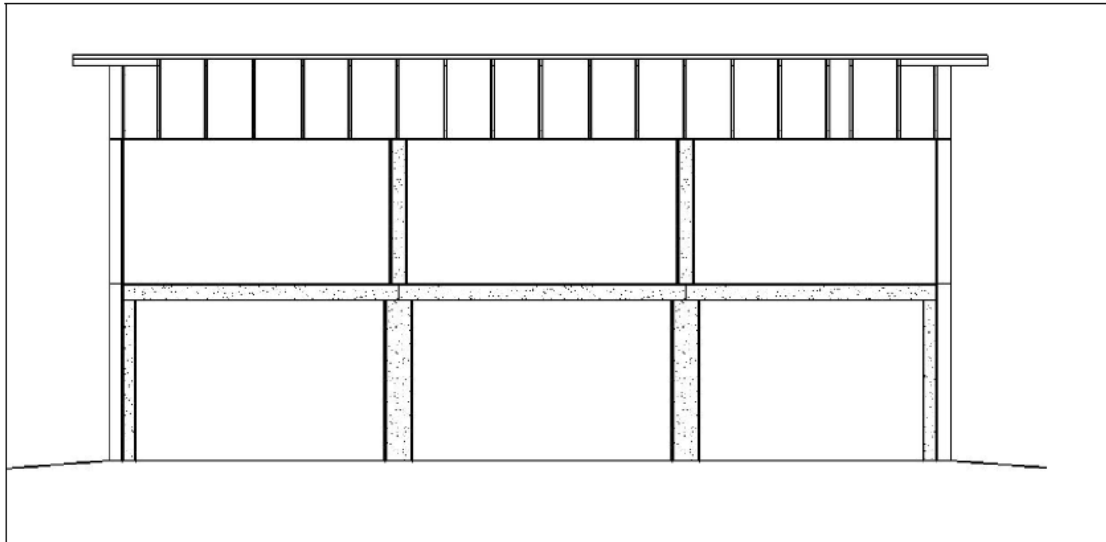
Suurelementit valmistetaan pääasiassa elementtitehtaissa. Valmistusprosessi sisältää monia eri vaiheita rungon kasaamisesta julkisivuverhouksen asentamiseen ja elementtien pakkaamiseen. Elementit kuljetetaan työmaalle yleensä maantiekuljetuksia käyttäen. Suurelementtien asennus vaatii ammattitaitoa ja suunnitelmallisuutta. Ennen asennustyön aloittamista täytyy elementtien asentamisesta tehdä elementtien nostotyösuunnitelma, joka varmistaa, että kaikki vaadittavat asiat tulee huomioitua. Suunnitelmassa käydään läpi muun muassa asennustyön mahdolliset riskit ja vaaratilanteet sekä nimetään asennustyön johtaja ja tekijät. Asennuksen onnistumisen edellytyksenä on suunnitelmien mukaisesti tehdyt mittatarkat perustukset, joiden tulee korkeus- ja vaakamitoituksen osalta mahtua vaadittuihin tolerans-seihin. Asennustyölle, elementeille ja tarvittavalle ajoneuvonosturille tulee olla varattuna riittävästi tilaa, jotta asennus

sujuu nopeasti, taloudellisesti ja ennen kaikkea turvallisesti. Asennusaika on suoraan verrannollinen kohteen haastavuuteen ja laajuuteen. Myös asennusporukan kokemuksella on erittäin suuri vaikutus. Elementtirakentaminen ei vaikuta rakenteiden kantavuuteen tai palo- ja äänieristävyyteen, vaan ne voidaan tehdä aivan yhtä tiiviiksi rakenteiksi kuin paikalla rakentaessa. Elementtien saumoissa on oltava tarkkoina, että saumat eivät koidu rakenteen heikoksi lenkiksi. (Teollinen puurakentaminen.)

3.4 Yhdistelmä rakenteet

Nykyajan teollisessa uudisrakentamisessa on yleistä yhdistellä betonisia ja puisia rakenneosia. Rakennuksen runko voidaan toteuttaa esimerkiksi rakentamalla kantavat väliseinät ja välipohja teräsbetonista joko paikalla valaen tai elementteistä. Tällöin ulkoseinät voidaan tehdä puutavarasta joko elementteinä tai paikalla rakentaen.

Suomen rakennusmääräyskokoelma asettaa omat vaatimukset yhdessä alueellisen rakennusviranomaisen kanssa rakenteiden toimivuudelle. Erityisesti rivi- ja luhtitaloissa tätä tekniikkaa käyttämällä saavutetaan merkittäviä etuja betonin erinomaisen ääneneristävyyden ja palonkesto-ominaisuuksien ansiosta. Samalla kasvaa rungon kyky varata lämpöä, mikä parantaa rakennuksen energiatehokkuutta. Vaikka rakennuksen runko on yhdistelmä betoni ja puurakentamista, ei se silti rajoita julkisivuverhouksen vaihtoehtoja.



Kuva 3. Betoni ja puurakenteiden yhdistämistä

Kuvassa 3 on esimerkki yhdistelmä rakentamisesta luhtitalossa. Rakennemallis-
sa ensimmäisen kerroksen teräsbetoniset seinäelementit kannattelevat teräsbe-
tonista välipohjaa ja toisen kerroksen teräsbetonisia huoneistojen välisiä seiniä.
Toisen kerroksen päätyseinät ovat kokonaan puurakenteisia.

4 RAKENNUSHANKKEEN RAKENNUSAIKAISET KUSTANNUKSET

Rakentamisessa syntyy kustannuksia omasta työstä, ainekustannuksista ja alihankintakustannuksista. Muita lisäkuluja ovat esimerkiksi ulkopuoliset vuokra- ja kuljetuspalveluista syntyvät kustannukset. (Enkovaara, Haveri & Jeskanen 2008.)

Rakentamisen aikana kustannukset voidaan eritellä yleisesti käytössä olevan Talo-80:n rakentamisosanimikkeistön pääryhmien 0-9 mukaisesti. Ryhmiä ovat

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

4.1 Kustannusten muodostuminen

Rakennusosien ja -materiaalien kustannukset pitävät sisällään oman työn osuuden, materiaalihankinnat, alihankinnat sekä työssä tarvittavan kaluston. Omalla työllä tarkoitetaan yrityksen työntekijöiden tekemää työtä kuten rakennusammattityötä ja avustavia töitä, joita ovat esimerkiksi materiaali- ja jätesiirot, suojaus ja siivous. Näitä tehtäviä varten työmaalla on rakennusammattimiehiä vaativimpiin töihin sekä rakennusapumiehiä aputehtäviin. Materiaaleihin kuuluvat kaikki työssä tarvittavat materiaalit kuten valmisosat, rakennusmateriaalit ja tarvikkeet. Alihankintoja voivat olla esimerkiksi sähkö-, putki- ja ilmastointityöt, materiaalien toimitus ja loppusiivous. Kalustoon kuuluvat kaikki työssä tarvittavat yrityksen omat työkoneet maansiirtoon käytettävistä kaivinkoneista

viimeistelynaulaimiin. (Enkovaara, Haveri & Jeskanen 2008.) Hankeosien kustannuksiin kuuluvat kaikki toimihenkilötyöt kuten työnjohto, ohjaus ja valvontatyöt, työmaan ylläpitoon tarvittavat työmaatilat ja vesi- sekä sähköliittymät.

Rakennusprojektin kustannukset lähtevät normaalisti kertymään jo suunnittelu- ja valmisteluvaiheessa ja päättyvät vasta paljon rakennuksen valmistumisen jälkeen elinkaarikustannuksina. Ennen rakennustyön aloitusta kustannuksia syntyy muun muassa seuraavista vaiheista: hankesuunnittelu, rakennussuunnittelu ja rakentamisen valmistelu. Näissä vaiheissa tehdään tulevan rakennuksen laajuuteen ja laatutasoon liittyvät päätökset, jotka vaikuttavat huomattavasti kustannuksiin. (RT 10-10387. 1989.)

Erityyppisiä rakennushankkeita on paljon ja lähes kaikissa kustannukset kertyvät yksilöllisellä tavalla. Rakennushankkeiden käynnistyttyä alkaa syntyä varsinaisia rakennuskustannuksia. Syntyneet kustannukset voidaan lajitella ja eritellä toisistaan eli litteroida. Litteroinnin avulla saadaan kohdistettua syntyneet kustannukset ja voidaan seurata kustannuksia litteralle varatun budjetin avulla. (RT 10-10387. 1989.)

Opinnäytetyössä huomioin ainoastaan rakennusaikana kertyneet kustannukset, eli ennen työmaan aloitusta syntyneet suunnittelukustannukset. Hankkeen kehityskustannukset jätetään tarkastelun ulkopuolelle, koska ne eivät muuta oleellisesti tulosta.

Esimerkkikohteessa on samat suunnitelmat paikalla rakennettaessa ja elementtirakentamisessa. Tämän ansiosta voidaan keskittyä rajatusti ulkoseinän runkorakenteisiin ja jättää vertailussa muut kohdat huomioimatta, koska kumpikaan rakentamistapa ei aiheuta niihin lisätoimenpiteitä.

4.2 Rakennustapojen vaikutus kustannuksiin

Kaikki rakennukset voidaan toteuttaa pienellä budjetilla. Hinnan ei tarvitse aina olla korkea, jotta saadaan laadultaan hyvä rakennus. Esimerkiksi pintamateriaalien valinnoilla voidaan vaikuttaa suuresti kustannuksiin. Taloudellinen valinta tulee aina toteuttaa asiakkaan vaatimukset huomioon ottaen. Järjestelmällises-

sä arvojen, hyötyjen ja tuottojen vertailussa tuotosten ominaisuudet ja niiden tasoerot pisteytetään ja verrataan kustannuksiin.

Vertailu on ensisijaisesti kustannusvertailua, mutta sen rinnalla tarkastellaan vaihtoehtojen etuja, haittoja ja laadullisia asioita. Vertailumenetelmä muodostuu kahdesta pääosasta: rakennuskustannusten laskenta ja muiden vaikutusten arviointi.

Rakennuskustannusten laskenta tarkoittaa seinärakenteen investointikustannusten määrittelyä. Rakennusosien kustannukset ovat välttämättömiä kustannuksia, joiden suuruus määräytyy suoraan osien lukumäärästä. Muiden vaikutusten arvioinnilla tarkoitetaan esimerkiksi maailman talouden tilannetta sekä molempien tuotantotapojen vahvuuksien ja heikkouksien arviointeja. (Kiviniemi 1996.)

Hankkeen rakentamisajalla on suora verrannollisuus aikasidonnaisiin kustannuksiin ja tuottoihin. Lyhyempi rakentamisaika alentaa aikasidonnaisia kustannuksia ja aientaa rakennuksen käytöstä saatavia tuottoja. Aikasidonnaiset kustannukset ovat työmaan ylläpidosta aiheutuvia kustannuksia, joita syntyy niin kauan kun työmaa on käynnissä. Lyhyemmällä rakentamisajalla saavutetaan nopeammin tuottoja. Tällaisia tuottoja ovat esimerkiksi vuokra- tai myyntitulot ja rakentamisajan lyhentymisen ansiosta vähentyneet työmaan käyttö- ja ylläpito-kustannukset. (Kiviniemi 1996.)

Vaihtoehtojen vaikutusten arviointi tarkoittaa tekijöitä, jotka tulee päätöksenteossa ottaa huomioon mutta joille ei määritellä kustannusta tai joiden kustannukset ovat ehdollisia. Aikatauluvertailussa on syytä tarkastella niin rakentamisaikojen kuin tuotantoprosessien eroja. (Kiviniemi 1996.)

4.3 Kohteen kustannusten syntyminen

Yleisimmin rakennuksen kustannukset muodostuvat suoritteiden hinnoittelusta ja työmaateknisistä kustannuksista. Suoritteet hinnoitellaan panoslajeittain kuitenkin siten, että suoritteiden lopullinen yksikkökustannus sisältää kaikki ne työ- ja

hankintakustannukset, joiden suuruuteen suoritemäärän muutokset vaikuttavat. Suoritteen yksikköhinta voidaan laskea suoraan suoritteen panosrakenteen avulla. Kokonaiskustannus saadaan kertomalla suoritemäärä suoritteen yksikköhinnalla. Tällöin suoritteen yksikkökustannus on suoritteen panosten yksikkökustannusten summa. Tavoitteena on, että työn ja hankintojen osuudet pystytäisiin erottelemaan. Töiden ja hankintojen hintaosaa ei sisällä arvonlisäveroa. Yksikkökustannusta laskettaessa käytetään avuksi seuraavia panoslajeja: työpanos, tarvikepanos, aliurakkapanos ja kalustopanos. (Enkovaara, Haveri & Jeskanen 2008.)

Työpanokseksi lasketaan palkat ja sosiaalikulut, jotka rakennusliike maksaa työmaan tunti- ja urakkapalkkaisille työntekijöille. Työkustannuksia ovat kaikki palkanlaskennasta työmaalle kohdistuvat kustannukset. Kuukausipalkat käsitellään muuna panoksena.

Tarvikepanokseen lasketaan kaikki ne rakennusaineet ja tarvikkeet, jotka tuodaan valmiina työmaalle. Tarvikepanokseen kuuluu tavaroiden rahtimaksut työmaalle. Aliurakkapanos sisältää niin aliurakkana tehdyn työn kuin siihen tarvittavat tarvikkeet. Kalustopanokseen lasketaan koneiden ja käytettävän kaluston kustannukset. Jos koneen mukana tulee koneenkuljettaja, se lasketaan mukaan kalustopanokseen. (Enkovaara, Haveri & Jeskanen 2008.)

Suoritteet hinnoitellaan saman hinnoittelukuukauden aikana, joten kaikki työt, hankinnat, tilaukset ja sopimuksen ovat samassa hintatasossa. Tämän ansiosta kaikki laskelmat ovat mahdollisimman vertailukelpoisia ja kustannusten muutos voidaan arvioida. (Enkovaara, Haveri & Jeskanen 2008.)

Työmaatekniset kustannukset ovat suurimmalta osaltaan aikasidonnaisia kustannuksia eli rakentamisajan lyheneminen pienentää työmaateknisiä kustannuksia. Rakennettaessa ulkoseinät elementeistä lyhenee rakentamisaika ja tämän tulisi näkyä työmaateknisten kustannusten alenemisenä. Hankkeen suuruudella, rakenne- ja tuotantotekniikalla, vuodenajalla ja rakentamisen kestolla on suora yhteys työmaateknisiin kustannuksiin. Työmaateknisten kustannusten osuudeksi voidaan yleisesti arvioida noin 15 – 20 prosenttia koko hankkeen ra-

kennuskustannuksista. Tämä on riippuvainen työmaan kokonaiskestosta. (Enkovaara, Haveri & Jeskanen 2008.)

5 TYÖN SUORITUS

Opinnäytetyöni tarkoituksena on selvittää kustannus-, laatu- ja tuotannollisia tietoja paikalla rakentamisen ja elementtirakentamisen eroista. Vertailen rivi- ja luhtitalorungon tuotantotapoja, paikalla rakentamista ja elementtirakentamista laskelmien avulla.

5.1 Rakennuskohde

Tutkittava kohde on Rakennusliike LapTi Oy:n meneillään oleva työmaa As Oy Jäälin Rantavahti Kiimingin Jäälissä. Rakennustyömaa on aloitettu kesällä 2011 ja se valmistuu keväällä 2012. Rakennustapana käytetään elementtitekniikkaa.

As Oy Jäälin Rantavahtiin kuuluu kaksi rivitaloa ja yksi luhtitalo. Niiden yhteenlaskettu huoneistoala on 1412,5 kem². Lisäksi rakennusten osana kylmät huoneistovarastot, joiden yhteenlaskettu ala on 92,5 kem². Väestön suoja/ulkoiluvälinevarasto, jonka ala on 82,0 kem², ja autokatokset sisältyvät rakennuskokonaisuuteen.

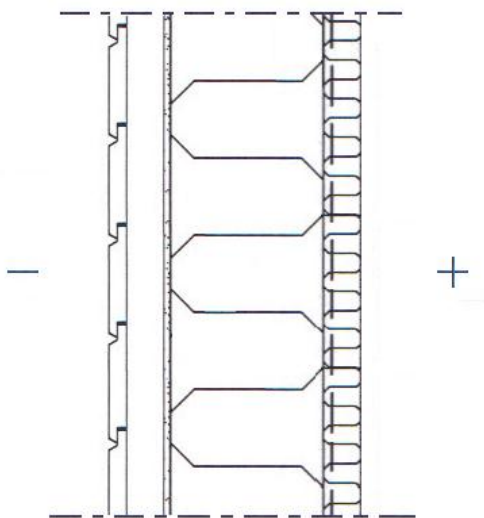


Kuva 4. As Oy Jäälin Rantavahti

Rakennusten runko on yhdistelmä betonia ja puuta. Ulkoseinät ovat puurakenteisia ja niiden julkisivupintana on kauttaaltaan puuverhous. Huoneistojen väliset paikallavaluseinät muodostavat kantavan rungon välipohjan ontelolaatoille luhtitalossa. Paikallavaluseinät ovat talon päädyissä 150 mm ja huoneistojen välissä 200 mm. Ontelolaatat ovat 265 mm:n paksuisia. Puurunkoista ulkoseinää kohteessa on 1113 m². Taulukossa 1 on esiteltyinä Rantavahdin ulkoseinärakenne ja kuvassa 5 sama visuaalisesti.

Taulukko 1. As Oy Jäälin Rantavahdin ulkoseinärakenne

| | | |
|-----|-------|------------------------|
| US1 | 23mm | Ulkoverhouspaneeli |
| | 45mm | Ulkoverhouksen koolaus |
| | 198mm | Kantava puurunko |
| | 200mm | Mineraalivilla |
| | 0,2mm | Höyrynsulkumuovi |
| | | Polyeteenikalvo |
| | 48mm | Sisäpuolen koolaus |
| | 50mm | Mineraalivilla |



Kuva 5. Ulkoseinärakenne

5.2 Vertailulaskelmat

Vertailu kahden tuotantotavan välillä suoritettiin laskelmien avulla. Laskelmien pohjana olivat seuraavat tiedot:

- työn teettäjän hinta- ja tavoitearviotiedot
- vertailukohteen toteutumätiedot
- omat määrälaskelmani
- ratu-kortiston menekkitiedot.

Tutkimustyö alkoi As Oy Jäälin Rantavahdin tarkasteltavien puurunkoisten ulkoseinien määrälaskennasta, joka tehtiin arkkitehtikuvien pohjalta. Materiaali-määrissä vähennettiin aukot ja lisättiin hukkaprosentit. Työn osuudessa aukkoja ei vähennetty, koska työn hintatiedoissa ne olivat jo huomioitu.

Elementtien hintatiedot ovat meneillään olevan Rantavahdin rakennusprojektin toteutuneet kustannukset. Työn osuus on laskettu tilaajan omien urakkahintojen mukaan, jotta ne olisivat mahdollisimman totuudenmukaisia. Sosiaalikulujen kertoimena on käytetty 73 prosenttia.

6 TULOKSET

Asunto-osakeyhtiö Jäälin Rantavahdin kustannuslaskelmat pohjautuvat työn teettäjän hinta- ja tavoitearvioihin, viitekohteen toteutumatietoihin, omiin määrälaskelmiini ja ratu-kortiston menekkitietoihin. Koska hintatiedot ovat työn teettäjän käyttämiä ”päivän” hintoja, ei niitä tarvitse korjata rakennuskustannusindeksillä. Työt on molemmissa rakennustavoissa, paikalla rakentamisessa ja elementtirakentamisessa, tehty yrityksen omilla rakennusmiehillä, jolloin heidän palkkakustannuksiinsa on otettava mukaan sosiaalikulujen vaikutus.

Molempien rakennustapojen työaikakestot on laskettu samanlaisilla työryhmillä, jotta tulokset olisivat suoraan verrannollisia keskenään, vaikka todellisuudessa työryhmien määrä voisi olla eri. Laskelmat osoittivat, että sosiaalikulut muodostava yhden suurimmista kustannuseristä. Sosiaalikulujen laskennassa on laskelmissa käytetty 73 prosenttia.

6.1 Paikalla rakentaminen

Paikalla rakentamisen kokonaiskustannuksiksi Rantavahdissa tuli yhteensä 81 276 euroa (alv 0 prosenttia) eli 73,0 euroa yhtä ulkoseinäneliötä kohden. Kustannukset sisältävät puurunkotyön, villoituksen, tuulensuojalevytyksen, julkisivuverhouksen, höyrynsulkumuovin asennuksen ja sisäpinnan koolauksen sekä ikkunoiden asennuksen ja pielilaudat. Materiaalien kustannuksissa on otettu huomioon työmaalla aiheutuvat materiaalihukat. Paikalla rakentamistekniikan kokonaiskustannukset ovat eriteltyinä liitteessä 1.

Paikalla rakentamisesta kertyy työntekijätunteja yhteensä 1 564. Työntekijätunnit on muutettu työvaiheajaksi (T4) TL3-lisäaikakertoimella, jolloin työssä aiheutuvat yli tunnin pituiset häiriöt ja keskeytykset on otettu huomioon. Oletetaan, että työt tehdään kolmella työryhmällä, joissa kussakin on kaksi rakennusammattimiestä. Lisäksi työryhmillä on käytössä kaksi rakennusapumiestä. Tällöin yhdessä työvuorossa saadaan aikaiseksi 64 työntekijätuntia. Näin laskettuna työn kokonaiskestoksi saadaan 26 työvuoroa, eli noin 5 viikkoa.

6.2 Elementtitekniikka

Elementtitekniikan kustannukset ovat osin toteutumatietaa ja osin tavoitearvios- ta, joten niiden virhemarginaali on hyvin pieni. Työmaalla tapahtuvien työsuorit- teiden menekit ovat työn teettäjän urakkalaskelmissa käyttämiä arvoja. Ele- menttitekniikan kokonaiskustannukset ovat eriteltynä liitteessä 2.

As Oy Jäälin Rantavahdin elementtitekniikan kokonaiskustannuksiksi kertyi 108 889 euroa (alv 0 prosenttia) eli 87,5 euroa ulkoseinäneliötä kohden. Kokonais- kustannuksiin sisältyvät elementtien rahdit, asennus ja siihen liittyvät työt, jotka ovat eriteltynä liitteessä 2. Ajoneuvonosturiksi valittiin nosturi, jonka nostokyky on 80 tonnia. Tällaisen autonosturin tuntihinta on 85 euroa. Sosiaalikulut on las- kettu mukaan kustannuksiin kuten paikalla rakentamisessakin.

Suurin menoerä aiheutui elementtien hankintakustannuksista, mutta joukosta erottui muitakin merkittäviä kulueriä, joilla on vaikutus elementtitekniikan kilpai- lukykyyn. Näistä mainittakoon elementtien nostokulut, eli alihankintana tuleva ajoneuvonosturi, joka on toiseksi suurin yksittäinen kuluera. Toinen merkittävä kustannuserä on elementtien kuljetusrahdit, joka on suoraan seurausta siitä, että elementit valmistetaan muualla kuin työmaalla. Rahdin suuruus vaihtelle rakennuskohteen ja elementtitehtaan välimatkan mukaan. Rantavahdin ulkosei- näelementit toimitettiin työmaalle yhdeksässä erässä elementtitehtaalta. Yhden kuljetuksen kustannukseksi tuli 648 euroa eli yhteensä 5 832 euroa.

Elementtitekniikalla työntekijätunteja kertyy yhteensä 434 tuntia. Kun työtunnit muutetaan työvaiheajaksi (T4) TL3-lisäaikakertoimella, saadaan työvaiheen kesto työvuoroina. Työt tehdään kolmella työryhmällä, joissa kussakin on kaksi rakennusammattimiestä. Lisäksi työmaalla on kaksi rakennusapumiestä, eli yh- teensä 8 työntekijää. Tällöin työn kokonaiskestoksi saadaan 7 työvuoroa, kun yhdessä vuorossa työntekijätunteja kahdeksalla työntekijällä tulee 64. Huomat- takoon ero paikalla rakentamiseen, jossa töiden kokonaiskesto oli viisi viikkoa ja tässä reilun viikon.

6.3 Tuotantotapojen vertailu

Tässä luvussa vertaillaan laskettuja tuloksia keskenään. Vertailulaskelmat perustuvat luvuissa 6.1 ja 6.2 esitettyihin tuloksiin sekä liitteissä 1 ja 2 esitettyihin taulukoihin. Vertailun tulokset ovat esitettynä taulukossa 2.

Taulukko 2. Tuotantotapojen lopputulokset

| Lopputulokset | Hinta € | €/m ² | aika tth | T4 aika |
|-----------------------|---------|------------------|----------|---------|
| Paikalla rakentamien | 81276 | 73,0 | 1564 | 1673 |
| Elementtirakentaminen | 108889 | 87,5 | 442 | 473 |
| EROTUS | 27613 | 14,4 | 1122 | 1201 |

Puhtaasti näiden tulosten pohjalta on huomattavissa, että paikalla rakentaminen olisi työn ja materiaalin osalta halvempi vaihtoehto. Kuten taulukosta 2 voi nähdä, on elementtitekniikan etuna lyhyempi rakennusaika. Näin ollen työmaatekniikan kustannusten huomioiminen voi muuttaa vertailun lopputulosta.

6.4 Työmaateknisten kustannusten vaikutus

Vertailulaskelmat osoittivat paikalla rakentamisen tulevan huomattavasti elementtitekniikkaa edullisemmaksi. Jotta tulokset olisivat vertailukelpoisia, on asiaa tarkasteltava hieman tarkemmin.

Kuten jo aiemmin on todettu, elementtitekniikan työn kokonaiskesto oli kolme ja puoli viikkoa lyhyempi paikalla rakentamiseen verrattuna. Koska puurunkotyö on selkeästi hankkeen kriittisellä polulla, voidaan olettaa, että myös hankkeen kokonaiskesto lyhenee vähän yli kolme viikkoa. Se onnistuu, jos tuotantotavaksi valitaan elementtitekniikka.

Työmaatekniset kustannukset laskettiin koko hankkeen rakennusteknisten kustannusten avulla. Työmaateknisten kustannusten arvioitiin olevan 14 prosenttia rakennusteknisistä kustannuksista. Lisäksi arvioitiin, että 70 prosenttia työmaateknisistä kustannuksista on suoraan aikasidonnaisia eli niitä kustannuksia, joihin hankkeen kokonaiskeston lyheneminen suoraan vaikuttaa. Työmaatekniset kustannukset ovat esiteltynä taulukossa 3.

Taulukko 3. Rantavahdin työmaatekniset kustannukset

| | | |
|-----------------------------------|-------------|---------------|
| Rakennustekniset kustannukset | | 1 550 500 € |
| Työmaatekniset kustannukset 18 % | | 279 090 € |
| Aikasidonnaiset kustannukset 70 % | | 195 363 € |
| Työmaan kesto | 54 viikkoa | 3 618 € / vko |
| Työmaatekniset kustannukset | 3,5 viikkoa | 12 662 € |

Taulukon 3 laskelmasta voidaan todeta, että työmaateknisissä kustannuksissa voidaan saavuttaa merkittäviä säästöjä jo kolme ja puoli viikkoa lyhyemmällä rakennusajalla. Tulokset vaikuttavat merkittävästi kahden tuotantotavan vertailuun.

Tuloksista on tulkittavissa, että työmaateknisissä kustannuksissa saavutetut säästöt tekevät elementtiteknikasta kilpailukykyisemmän, kuin pelkät materiaali- ja työkustannukset osoittivat. Aiemmin laskettiin, että paikalla rakentaminen tuotti 27 613 euron säästön. Näin ollen kahden eri rakennustavan välillä jää 11 858 euroa paikalla rakentamisen hyväksi.

Liitteen 4 taulukossa on esitetty tarkempi laskelma Rantavahdin työmaateknisistä kustannuksista. Liitteen laskelmat eivät pohjautu arvioon, että työmaateknisten kustannusten taso olisi 18 prosenttia rakennusteknisistä kustannuksista. Laskelmassa on käytetty Talo-80- järjestelmän pääryhmien 8 ja 9 kustannusarvioita, jotka yhdessä muodostavat hankkeen työmaatekniset kustannukset.

7 TULOSTEN TARKASTELU

Tuloksia pitää tarkastella kriittisesti ja miettiä niiden hyödynnettävyyttä eri koh-teissa. Tuloksia hyödynnettäessä on huomioitava rakennushankkeen koko, ra-kennusmateriaalien hinnan muutokset, työntekijöiden tuntiansiot sekä maailman taloustilanne. Tulosten luotettavuutta vahvistavat kuitenkin elementtien hintatie-dot vertailtavassa rakennuskohteessa, rakennuttajan kanssa läpikäytyt kuhun-kin prosessiin kuluvat työajat sekä palkkakustannukset ja päivänhinnassa oleva rakennusmateriaalitarjous.

Vertailun tuloksena paikalla rakentaminen on rakennustavoista kustannuksil-taan edullisempi vaihtoehto, vaikkakin elementtitekniikalla saavutettaisiin nope-ampi rakennusten valmistumisaika. Joten ajattelisin, että on hyvä ottaa huomi-oon rakennusalan suhdanteet, työn tilaajan toiveet, jos kyseessä ei ole oma kohde, sekä se, mitkä ovat yrityksen työntekijäresurssit ja muu työmaatilanne.

Rakentamisessa laatu on aina tärkeä tekijä, mikä tulee huomioida koko raken-nusprosessin ajan. Rakenteen laadun kannalta on tärkeää, että se saadaan mahdollisimman nopeasti säältä suojaan eli vesikatto saadaan nopeasti tehtyä. Tämän takia elementtitekniikalla tehtäessä on hyvä yhdistellä betoni- ja puura-kentamista.

Rakennusjärjestys olisi: paikalla valettavat tai betonielementistä tehdyt huoneis-tojen väliset seinät, ulkoseinät, vesikatto ja alapohja. Huoneistojen väliset kevy-et seinät rakennettaisiin myöhemmin alapohjan päälle.

Elementeillä rakennettaessa työjärjestys taas määräytyy elementtitoimituksen ja asennuksen mukaan. Jos elementeillä rakennettava rakennus halutaan nopeas-ti säältä suojaan, on kaikille elementeille tehtävä omat perustukset, jotta ne saadaan pystytettyä ennen vesikaton asennusta.

Maanvaraisen teräsbetoni-laatan valaminen tuottaa kovettuessaan huomatta-vasti kosteutta. Paikalla rakennettaessa lattia voidaan valaa, kun ulkoseinät ja vesikatto on asennettu, mutta ovet ja ikkunat eivät ole vielä paikallaan. Näin kosteus tuulettuu ulkoilmaan. Rakenteet lämmöneristetään ja levytetään vasta

lattiavalun kuivuttua, joten rakenteet eivät ole niin vaurioherkkiä kuin elementtirakenteet.

Elementtirakentamisessa suunnitelmien muuttaminen on lähes mahdotonta sen jälkeen, kun elementit on valmistettu tehtaalla. Esimerkiksi sähköputkitukset sekä ikkuna- ja oviaukkojen paikat ovat sidottuja. Paikalla rakennettaessa muutoksia voidaan tehdä helpoilla toimenpiteillä viime hetkeen asti.

Työmaateknisten kustannusten vaikutus osoittautui työssä merkittäväksi tekijäksi. Tulokset osoittivat, että työmaalla tapahtuvien suoritteiden vähentäminen ja rakennusajan lyheneminen tuottavat myös kustannussäästöjä, vaikka elementtien hankintakustannukset nostivatkin elementtitekniikan kustannukset korkeammiksi paikalla rakentamiseen verrattuna. Tämä perustuu siihen, että puurunkotyö on hankkeen kriittisellä polulla, jolloin suoritteiden lyheneminen lyhentää koko hankkeen rakennusaikaa.

Tuotantotavan valinnalla on siis vaikutusta aikasidonnaisiin kustannuksiin, jotka vaihtelevat muun muassa hankkeen laajuuden mukaan. Lyhyempi rakennusaika antaa aikasidonnaisia kustannuksia, mutta myös aientaa aikasidonnaisia tuottoja. Aikasidonnaiset kustannukset ovat työmaan ylläpidosta aiheutuvia kustannuksia, joita kertyy niin kauan, kuin työmaa on käynnissä. Aikaistuneilla tuottoilla tarkoitetaan esimerkiksi vuokratuloja, joita kertyy rakennusajan lyhentymistä vastaavalta ajalta. Hanke alkaa siis tuottaa rakentajalleen tuottoa suunniteltua aiemmin. Myös pääoma on sidottuna hankkeeseen lyhyemmän ajan. (Kiviniemi 1996.)

8 YHTEENVETO

Tutkimusten tulokset osoittivat, että tuotantotavat on otettava aina kokonaistaloudelliseen tarkasteluun, jotta vertailu antaa mahdollisimman hyvän kuvan molempien ratkaisujen eduista ja haitoista. Tässä tutkimuksessa paikalla rakentaminen osoittautui huomattavasti edullisemmaksi tuotantotavaksi, mutta kokonaisuuden tarkastelu puolitti paikalla rakentamisen tuoman edun.

Kun vertailussa otetaan huomioon muutkin kuin taloudelliset seikat, täytyy asiaa arvioida uudemman kerran. Laatu ja työturvallisuus ovat seikkoja, joilla ei lähtökohtaisesti ole rahallista arvoa, mutta mikäli työn lopputulos ei vastaa suunniteltua, näistä aiheutuvat kustannukset voivat kasvaa todella suuriksi. Tässä työssä lähtökohtana oli, että molemmilla tuotantotavoilla suorituksen lopputilanne vastaa suunniteltua.

Paikalla rakentaminen sitoo elementtirakentamista enemmän rakennusliikkeen resursseja. Suoritteet vaativat enemmän työntekijätunteja työmaalla, joten työntekijämäärää on lisättävä, jotta rakennusaika ei venyisi turhan pitkäksi. Toisaalta tämä seikka voidaan mieltää myös työllistäväksi vaikutukseksi. Huonojen suhdanteiden aikana rakennusliikkeet pohtivat tarkkaan työmaan aloituksia, jolloin voi olla tilanne, että työntekijöistä jouduttaisiin luopumaan. Ammattitaitoisen ja jo rakennusliikkeelle tutuksi tulleen työvoiman menettäminen kilpailevalle yritykselle hankaloittaa toimintaa, kun aloituslupa vihdoinkin myönnetään.

Elementtitekniikka perustuu siihen, että suoritteita viedään työmaalta pois. Työllistävä vaikutus pienenee, mutta työmaan riippuvuus erilaisista alihankkijoista ja toimittajista kasvaa. Riskiä alihankkijoiden ja toimittajien toimituskykyyn voidaan pienentää sitomalla luotettavia kumppanuussuhteita, suunnittelemalla työt huolellisesti ja aikatauluttamalla hankinnat oikein.

Elementtitekniikan edut tulevat parhaiten näkyviin silloin, kun elementtejä voidaan kopioida rakennusten kesken. Tällöin rakennukset ovat itseään muodollisesti toistavia niin, että samanlaista elementtiä käytetään useaan otteeseen.

Työntekijöiden ammattitaito korostuu molemmissa tuotantotavoissa, mutta erityisesti paikalla rakentamisessa. Kokenut urakaporukka kykenee tekemään suoritteet monesti tehokkaammin, kuin mihin kustannusarviossa on varauduttu.

Urakkatuotannossa rakennusaikataulun kireys on selvillä jo laskentavaiheessa. Elementtitekniikka luo aikatauluun lisää pelivaraa lyhyemmän rakennusaikansa vuoksi. Tämän johdosta harjaantunut elementtitekniikan käyttö voi luoda yritykselle kilpailuedun sillä edellytyksellä, että tarjoushinta saadaan pidettyä matalana. Yrityksen omassa tuotannossa rakennusaikataulun kireys ei muodostane ongelmaa vaan rakennusaika on yhtä pitkä kuin suoritteet vaativat.

Kilpailuedun saavuttaminen edellyttää tarkkaa jälkilaskentaa määrälaskennan tueksi. Huolellisen jälkilaskennan ja työaikaisten kustannusten litteroinnin avulla saadaan selville, onko jo laskentavaiheessa kustannusarvioon sisällytetty kustannuksia, joita voidaan pitää ylimääräisinä, kuten ylisuuret työmaatekniset kustannukset.

Toteutuneiden kustannusten on oltava tarkkaan selvillä myös siksi, että pystyttäisiin toteamaan, missä työ meni vikaan, jos näin käy. Tämän jälkeen on selvittävä, miksi meni vikaan. Syyllisten etsiminen ei saa olla pääasia, vaan tutkimusten lähtökohtana täytyy olla pyrkimys siihen, että niin ei pääse enää käymään. Toisin sanoen virheiden uusiutuminen on pyrittävä estämään.

LÄHTEET

Alakärppä, Forsström, Havonen, Heikkilä, Huusko, Kalliola, Katajainen, Kivinen, Kurkela, Laitinen, Leinos, Lindberg, Mirvo, Mäyränpää, Ollikainen, Ra-veala, Saarni, Salokangas, Siikanen, Siren, Stenroos & Turunen 1995. Teolinen puurakentaminen. 1995. Rakennustieto Oy.

Enkovaara, Esko; Haveri, Heikki ja Jeskanen, Pekka. Rakennushankkeen kustannushallinta. Rakennustieto Oy 1998.

Kilpeläinen, Ukonmaanaho & Kivimäki Marko 2001. Avoin puurakennusjärjestelmä -elementtirakenteet. Wood Focus Oy.

Kiviniemi, Markku (1996). Talonrakentamisen tuotteiden ja toimintatapojen vertailu. VTT Rakennustekniikka.

Laaksonen, E 1995. Puurakentaminen ja paloturvallisuus. Oy I, Ideas & Innovations Ltd.

LapTi Oy. [www- sivu]. [viitattu 24.11.2011]. Saatavissa: www.lapti.fi

Monitoimihallit: Liimapuun käyttö suurten hallien kantavissa rakenteissa. 1988. Suomen liimapuuyhdistys r.y. ja Rakentajan kustannus Oy.

Puutalon runkotyöt. Rakentajan tietokirjat 2006.

RT-kortti: RT 10-10387. (1989). Helsinki: Rakennustieto Oy.

LIITTEET

Liite 1 A-talon pohjakuva, 1 kerros

Liite 2 A- Talon pohjakuva, 2 kerros

Liite 3 B-talon pohjakuva

Liite 4 C-talon pohjakuva

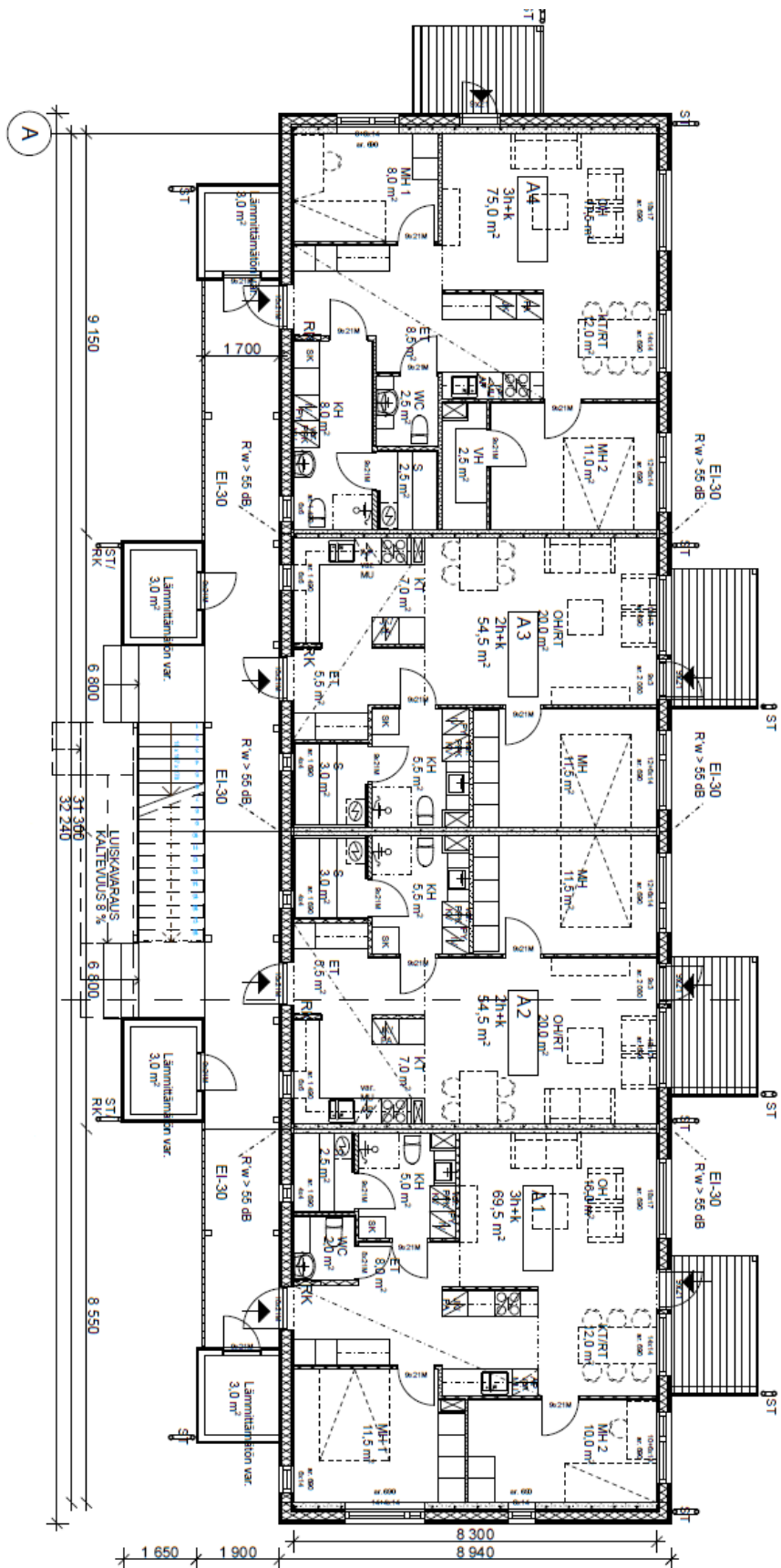
Liite 5 Kustannusarvio paikalla rakentaminen (ei julkinen)

Liite 6 Kustannusarvio elementtirakentaminen (ei julkinen)

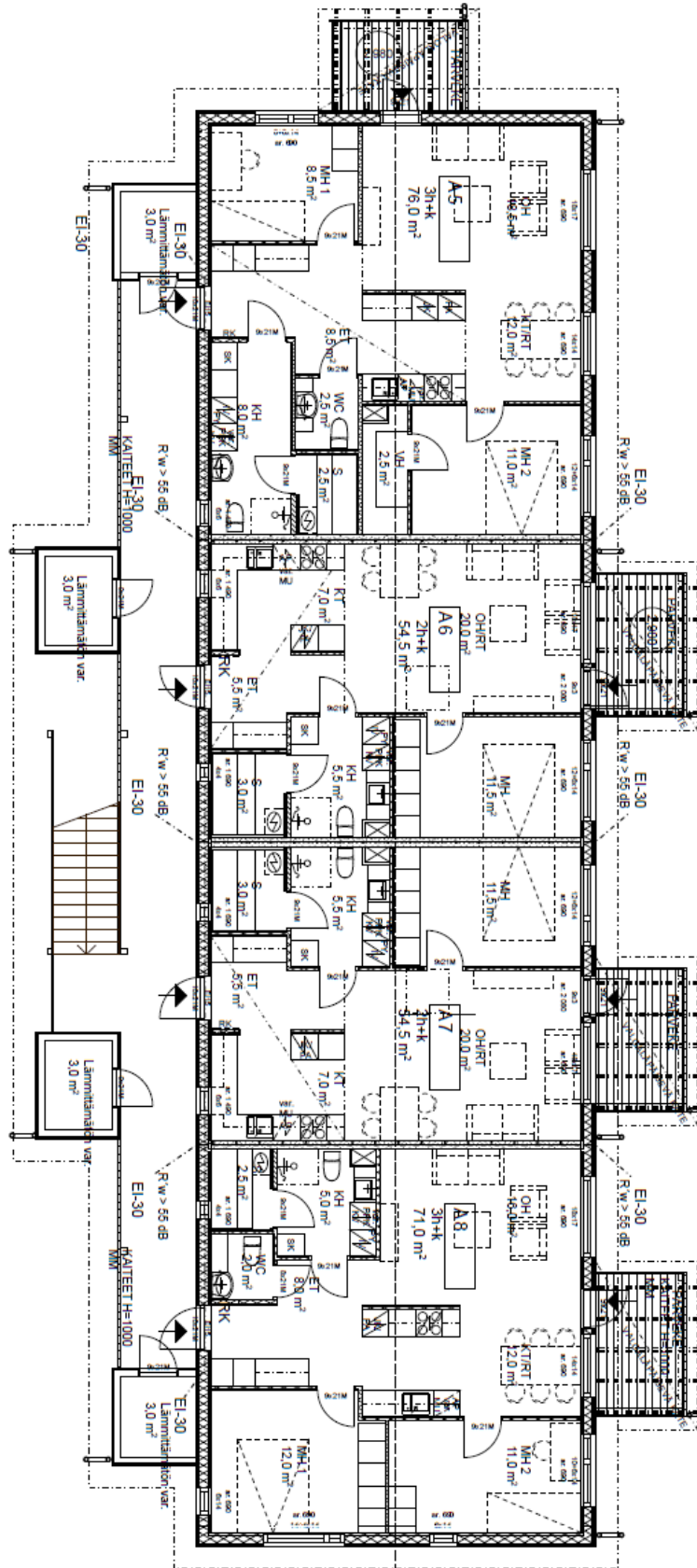
Liite 7 Kustannusarvioiden lopputulokset (ei julkinen)

Liite 8 Työmaatekniset kustannukset (ei julkinen)

Liite 1. Talon A pohjakuva, 1 kerros



Liite 2. Talon A pohjakuva, 2 kerros



Liite 4. Talon C pohjakuva

