

Timo Parviainen

Rakentamismenetelmän vaikutus puurakenteisen pientalon toteuttamiseen

Metropolia Ammattikorkeakoulu
Insinööri (AMK)
Rakennustekniikka
Insinöörityö
28.4.2011

Tekijä(t) Otsikko	Timo Parviainen Rakentamismenetelmän vaikutus puurakenteisen pientalon toteuttamiseen
Sivumäärä Aika	48 sivua + 4 liitettä 28.4.2011
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Rakennustekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Rakennustuotantotekniikka
Ohjaaja(t)	lehtori Kimmo Sani varatoimitusjohtaja Tapio Kalliola
<p>Tämä insinööri työ tehtiin EKE-Rakennus Oy:lle. Työn tavoitteena oli tutkia, mikä on rakentamistavan vaikutus puurakenteisen pientalon toteutuksessa kokonaisaikataulun, kustannusten ja laadun suhteen. Tavoitteena oli tutkia Sundsbergissä Kirkkonummella, EKE-Rakennuksen toteuttamien asuntojen toteutuneita tietoja ja saada selville, mitkä asiat vaikuttavat rakentamistavan valintaan.</p> <p>Insinööri työ tehtiin tutkimalla Sundsbergissä tilaelementeistä, suurelementeistä ja pitkistä tavarasta paikalla rakennettujen talojen tietoja ja haastatteleamalla projekteissa mukana olleita henkilöitä. Työssä perehdyttiin myös insinööri työ aiheeseen liittyvään alan kirjallisuuteen.</p> <p>EKE-Rakennus tulee jatkossa rakentamaan lisää taloja Sundsbergissä, joten tämä työ on tarkoitettu ohjeistukseksi rakentamistavan valinnassa uusia projekteja suunniteltaessa.</p> <p>Työn tuloksena saatiin eri rakentamistapoihin vaikuttavat asiat kirjattua tähän insinööri työhön. Mitään selkeälinjaista rakentamistavan valintaa ei voi antaa vaan jokaisessa projektissa on arvioitava tapauskohtaisesti, mikä on paras rakentamistapa kyseiseen projektiin.</p>	
Avainsanat	Tilaelementti, suurelementti, paikalla rakentaminen, rakentamismenetelmä, pientalo

Author(s) Title	Timo Parviainen The impact of construction method in implementation of timber-detached house
Number of Pages Date	48 pages + 4 appendices 28 April 2011
Degree	Bachelor of Science
Degree Programme	Civil engineering
Specialisation option	Construction and Site Management
Instructor(s)	Kimmo Sani, Senior Lecturer Tapio Kalliola, Vice President, EKE-Rakennus Oy
<p>This graduate study was done for EKE-Rakennus Oy. The objective for this study was to examine what is the impact of construction methods in implementation of timber-detached house in the overall schedule, cost and quality. The aim was to examine houses built in Sundsberg, Kirkkonummi by EKE-Rakennus and to use actual data to find out what factors affect the choice of construction method.</p> <p>The graduate study was made by examining houses built of status elements, major elements and of timber, built on site in Sundsberg, by using the actual data as well as interviewing persons involved in the projects. Literature related to the topic was studied as well.</p> <p>EKE-Rakennus will build more houses in the near future in Sundsberg, so this graduate study is intended to provide guidance in choosing the construction method, when planning new projects.</p> <p>As a result of this graduate study, the factors affecting different construction methods were documented. No clear lines in choosing a construction method can be given, but in every project it must be assessed again, which is the best construction method for the project.</p>	
Keywords	Status element, major element, on site construction, construction method, detached house

Sisällys

Sanasto/käsitteistö	1
1 Johdanto	2
1.1 Yleistä	2
1.2 Tavoite ja rajaukset	2
1.3 Aineisto ja menetelmät	3
2 Yritysesittely	4
2.1 EKE-Yhtiöt	4
2.2 EKE-Rakennus Oy	5
2.3 Sundsbergin pientaloalueen esittely	5
3 Eri tuotantotapojen kuvaus	8
3.1 Pitkästä tavarasta paikalla rakentaminen	8
3.2 Suurelementti	10
3.3 Tilaelementti	12
3.4 Tuotantomenetelmäprosessien kuvaus	14
3.4.1 Pitkästä tavarasta paikalla rakentaminen	15
3.4.2 Suurelementti	16
3.4.3 Tilaelementti	17
4 Tuotantomenetelmien vaikutus toteuttamisprosessiin	21
4.1 Aikataulu	21
4.1.1 Pitkästä tavarasta paikalla rakentaminen	22
4.1.2 Suurelementti	23
4.1.3 Tilaelementti	24
4.1.4 Tuotantotapojen aikataulullinen vertailu	25
4.2 Laatu	26
4.2.1 Pitkästä tavarasta paikalla rakennettu	27
4.2.2 Suurelementti	28
4.2.3 Tilaelementti	29
4.2.4 Sundsbergissä rakennettujen talojen laatuvirheet	32
4.3 Kustannukset	35
4.4 Riskit	37

4.5	Muiden asioiden vaikutus toteutustavan valintaan	38
5	Tuotantotavan valintaan vaikuttavia tekijöitä	40
5.1	Suunnittelu ja mitoitus	40
5.2	Aikataulu	41
5.3	Laadunhallinta	41
5.4	Kustannukset	42
5.5	Muiden asioiden vaikutus	43
6	Johtopäätökset	45
7	Yhteenveto	46
	Lähteet	47
	Liitteet	
	Liite 1. Puurunkotyön tekniset laatuvaatimukset	
	Liite 2. Puuelementtityön tekniset laatuvaatimukset	
	Liite 3. Kustannusvertailu	
	Liite 4. Lämpökuvakartta	

Sanasto/käsitteistö

IVY-maat	Azerbaidžan, Armenia, Valko-Venäjä, Kazakstan, Kirgisistan, Moldova, Venäjä, Tadžikistan ja Uzbekistan.
Alasidepuu	Alasidepuu on seinärunkotavara, joka on vaakatasossa kiinnitettynä perustukseen. Alasidepuun päälle nousee itse seinätolpat. Jokainen seinätolppa kiinnitetään alasidepuuhun alareunastaan.
Alapohja	Rakennuksen alin lattia. Se voi olla maanvarainen tai kantava.
Välipohja	Rakennuksen ylä- ja alakertaa erottava lattia.
Yläpohja	Rakennuksen kattorakenne.
Kattotuolit	Rakennuksen kattoa tukeva puinen rakennusosa.
Aluskate	Kattotiilien tai kattopellin alle tuleva kondenssisuoja.
Ruoteet	Puiset vaakatuuet jotka kiinnitetään kattotuolien päälle. Ruoteiden päälle tulee joko kattotiiliä tai kattopeltiä.
Ulkovaippa	Rakennuksen osa, joka erottaa rakennuksen lämmöneristetyt tilat ulkoilmasta.
LVI	Lämpö, vesi ja ilmanvaihto.
Jalkalista	Lista seinän ja lattian rajassa.
Ilmansulku	Rakennuspaperi joka estää haitallisen ilmavirtauksen rakenteen läpi.
Höyrynsulku	Rakennusmuovi joka estää haitallisen ilmavirtauksen ja kosteuden siirtymisen rakenteen läpi.

1 Johdanto

1.1 Yleistä

EKE-Yhtiöt on suomalainen perheomisteinen monialakonserni. Päätoimialoina ovat asuinalueiden ja toimitilojen rakennuttaminen ja rakentaminen sekä toimitilavuokraus, kodinhallintajärjestelmien ja junien älyjärjestelmien kehittäminen ja rautatiekuljetukset. Pääkonttori sijaitsee Espoossa ja muita toimistoja on Moskovassa, Pietarissa, Tallinnassa ja Riiassa. Vuonna 2011 EKE-Yhtiöt täyttää 50 vuotta. Työntekijöitä on yhteensä noin 120 henkilöä.

EKE-Rakennus Oy rakennuttaa asuntoja ja asuinalueita sekä toimitiloja pääosin omille mailleensa pääkaupunkiseudulla sekä Baltiassa. Asuntorakentamisessa EKE-Rakennus Oy keskittyy pääasiassa pientaloalueiden rakennuttamiseen. Pientalorakennustoimintaa on Suomen lisäksi Virossa ja Latviassa Toimitilarakentaminen on keskittynyt erityisesti logistiikkaan liittyviin rakennuksiin ja alueisiin sekä toimistorakennuksiin. EKE-Rakennus Oy on rakennuttanut ja rakennuttaa Sundsbergin pientaloaluetta Kirkkonummelle. Rakentaminen Sundsbergissa aloitettiin vuonna 2001. Asuntoja on rakennettu tähän mennessä yhteensä noin 500 kpl.

1.2 Tavoite ja rajaukset

Tämän työn tavoitteena on selvittää vertailukelpoiset neliöhinnat kolmelle eri tuotantotavoille. Työssä vertaillaan, mikä on rakennustavan vaikutus rakentamisen kokonaisaikatauluun, kustannuksiin ja laatuun. Lähtökohtana tutkitaan 75–80 m²:n kokoisia asuntoja ja verrataan niiden eri toteutusmuotoja. Tutkittavien asuntojen laatu ja sisustus ovat samaa tasoa. Tämän kokoluokan kaksikerroksisia asuntoja on rakennettu Sundsbergissa suurelementeistä, tilaelementeistä ja pitkästä tavarasta paikalla rakentaen. Suur- ja tilaelementeistä on rakennettu asuntoja vuonna 2007–2008, ja vuonna 2010 rakennettiin ensimmäistä kertaa asuntoja pitkästä tavarasta.

Tuloksena saadaan eri toteutusmuodoille huoneistoneliömetrihinnat, joita voidaan verrata keskenään. Tämän työn on tarkoitus olla avuksi ja ohjeistukseksi eri

tuotantotapojen valinnassa. EKE-Rakennus Oy:lla on tarkoitus hyödyntää opinnäytetyön tulosta tulevaisuudessa sekä Sundsbergin jatkorakentamisessa että uusien aluerakentamiskohteiden toteuttamisessa.

Asuntojen todellinen myyntihinta määräytyy kuitenkin markkinahinnan ja asunnon sijainnin mukaan. Rakentamistavalla ei ole suurta merkitystä asunnon myyntihintaan. Asuntojen myyntihinnalla ei ole merkitystä tuotantokustannuksiin, vaan ne määräytyvät rakentamistavan mukaan.

Työn sisältö on rajattu käsittämään Sundsbergissä rakennettujen talojen vertailuun, joissa parametreinä ovat aikataulu, laatu, laatuvirheet, kustannukset ja riskit. Parametreista käytetään ja vertaillaan työkohteen toteutuneita tietoja pitkästä tavarasta, suur- ja tilaelementeistä rakennetuista taloista. Työssä ei ole tarkoitus käydä läpi jokaista pienintä kustannusta, vaan kustannukset on otettu suuruusluokkana.

1.3 Aineisto ja menetelmät

Työ tehdään tutkimalla toteutuneiden työmaiden aineistoa, kuten vertaamalla eri rakentamismenetelmien vaikutusta kokonaisaikatauluun, vertaamalla kustannuksia ja selvittämällä eri rakennustavoille tyypillisimmät laatuvirheet ja riskit. Olennaisena osana tutkimusta on projekteissa mukana olleiden henkilöiden haastatteleminen ja heiltä saatujen tietojen hyödyntäminen. Työssä on myös tarkoitus tutkia alan kirjallista aineistoa opinnäytetyöaiheeseen liittyen.

2 Yritysesittely

2.1 EKE-Yhtiöt

Vuonna 1961 Bertel Ekengren perusti Insinööritoimisto Bertel Ekengren Ky -nimisen rakennesuunnittelutoimiston. Aluksi yritys keskittyi vaativien betonirakenteiden suunnitteluun. Yhteistyötä tehtiin monien arvostettujen arkkitehtien kanssa. Alkuvuosien tärkeimpiä suunnittelukohteita olivat Helsingin Kaupunginteatteri, Sibelius-monumentti, Ratinan stadion Tampereella ja Weilin & Göös -painotalo Tapiolassa. [1.]

Nykyisin EKE-Yhtiöt on suomalainen perheomisteinen monialakonserni. Päätoimialoina ovat asuinalue- ja toimitilarakennuttaminen sekä toimitilavuokraus, kodinhallintajärjestelmien ja junien älyjärjestelmien kehittäminen ja rautatiekuljetukset. [2.]

Konsernin rahoituksesta huolehtii EKE-Finance Oy, joka on konsernin emoyhtiö. Pääkonttori sijaitsee Espoossa ja muita toimistoja on Moskovassa, Pietarissa, Tallinnassa ja Riassa. [2.]

Teknologiayritykset ovat EKE-Elektroniikka Oy ja Eke Building Technology Systems (EBTS). EKE-Elektroniikka on toimittanut jo lähes 20 vuoden ajan junien ja junavaunujen valmistajille heidän tarpeidensa mukaisia junien älyjärjestelmiä. Nämä järjestelmät auttavat junaoperaattoreita tarjoamaan asiakkailleen parempaa palvelua ja auttavat lisäämään liikkuvan kaluston käytön tehokkuutta. Projekteja on ollut mm. Australiassa, Aasiassa, Euroopassa ja Etelä-Amerikassa. [2.]

EKE Building Technology Systems kehittää kodinhallintajärjestelmää, jonka lähtökohtana on helpommin hallittava koti. EBTS-järjestelmällä asukas voi hallita kaikkia talonsa teknisiä järjestelmiä vaivattomasti yhden helppokäyttöisen käyttöliittymän avulla, esimerkiksi omalta matkapuhelimelta. Järjestelmä opastaa kodin huoltotoimenpiteissä ja antaa reaaliaikaista tietoa asunnon energian- ja vedenkulutuksesta.

EKE:n Moskovan toimisto operoi 1400:lla puu-, kontti- ja öljyvaunullaan kansainvälisten ja venäläisten asiakkaiden tavara- ja raaka-ainekuljetuksia Suomen, Venäjän, Baltian ja IVY-maiden alueella. Rautatiekuljetuksista on kokemusta noin 15 vuoden ajalta. [2.]

Keväällä 2011 EKE-Yhtiöt täyttää 50 vuotta. Työntekijöitä on yhteensä noin 120 henkilöä. [2.]

2.2 EKE-Rakennus Oy

EKE-Rakennus Oy rakennuttaa asuntoja, asuinalueita ja toimitiloja pääosin omille maille. Suomessa markkina-alueena on pääkaupunkiseutu ja sen ympäristö. Asuntorakentamisessa EKE-Rakennus Oy keskittyy pääasiassa pientaloalueiden toteutukseen. Tavoitteena ei ole rakentaa ainoastaan laadukkaita ja toimivia koteja vaan asuinympäristöjä, joissa eläminen on helppoa ja viihtyisää ja joissa asukkaat rakentavat yhdessä kylähenkeä omanlaisekseen. [3.]

Suomessa on rakenteilla Sundsbergin pientaloalue Kirkkonummella ja Majtorpin pientaloalue Vantaan Kivistössä. Pientaloalueet rakennetaan pääosin puurunkoisena ja tavoitteena on rakentaa kaupunkikylämäinen asuinympäristö. Pientaloalueiden rakennustoimintaa on Suomen lisäksi Virossa ja Latviassa. [3; 4.]

Toimitilarakentaminen on keskittynyt erityisesti logistiikkaan liittyviin rakennuksiin ja alueisiin sekä toimistorakennuksiin. Toimitilarakennusprojekteja on tällä hetkellä käynnissä Suomessa ja Venäjällä. Suomessa EKE-Rakennus Oy on rakentanut logistiikkakeskuksen omistamalleen maa-alueelle Vantaan Viinikkalaan Aviapolis-yrityskeskittymään. Pietarin kansainvälistä lentokenttärakennusta vastapäätä on rakennettu Pulkovo Sky -toimistokeskus, jossa on kolme toimistorakennusta ja iso pysäköintitalo. [5.]

2.3 Sundsbergin pientaloalueen esittely

Sundsberg (Kuva 1) sijaitsee noin 20 km Helsingistä länteen Kirkkonummella Länsiväylän ja Kehä III:n välissä ja rajoittuu Espoonlahden rantavyöhykkeeseen.

Sundsbergin koko on noin 330 hehtaaria, ja puolet tästä alueesta on jo rakennettu. [6; 7.]

Aluksi EKE suunnitteli Sundsbergia elektroniikka-alan teollisuuspuistoksi vihreällä asuinalueella. Tähän Kirkkonummen kunta ei myöntynyt, ja aluetta suunniteltiin ja kaavoitettiin moneen kertaan kahdenkymmenen vuoden aikana, ennen kuin rakentaminen saatiin aloittaa vuonna 2001.



Kuva 1. Sundsbergin pientaloalue. [8.]

Rakentaminen Sundsbergissa aloitettiin vuonna 2001 ja asuntoja on rakennettu tähän mennessä noin 500 kpl. Kokonaisuudessaan Sundsbergin alueelle rakennetaan noin 700-800 pientaloasuntoa. Asuntoja on rakennettu suurimmaksi osaksi suur- ja tilaelementeistä ja vuonna 2010–2011 rakennettiin ensimmäistä kertaa pitkistä tavarasta. Jatkossa, tullaan rakentamaan suurimmaksi osaksi tilaelementeistä mutta muiden rakentamistapojen käyttöä on tämän työn avulla kartoitettava. [7.]

Sundsberg on lapsiperheiden suosima kylä kauniin luonnon keskellä. Alueen monimuotoiset puurakenteiset pientalot muodostavat kaupunkikylän, joka on lähellä palveluita ja luontoa. Alueella sijaitsee kolme yksityistä päiväkotia ja kunnan

rakennuttama peruskoulun ala-aste, jonka yhteydessä on kunnan päiväkoti. Alueen muiden palveluiden rakentaminen on suurimmaksi osaksi vielä kehitysvaiheessa. Tulevaisuudessa alueelle rakennetaan lähikauppa. [3; 9.]

3 Eri tuotantotapojen kuvaus

Pientalojen rakentamisessa on monta eri tuotantotapaa. Tässä luvussa on kerrottu ja kuvattu yleispätevästi ne tuotantotavat, millä taloja on rakennettu Sundsbergiin Kirkkonummelle.

3.1 Pitkästä tavarasta paikalla rakentaminen

Puurunkorakentamisessa perinteisin menetelmä on pitkästä puutavarasta paikalla rakennettu puurunko. Nimensä mukaan talo rakennetaan työmaalla, eri mittaisista ja kokoisista puutavaroista. Puutavara tilataan tehdasmittaisena työmaalle jossa se katkaistaan ja lovetaan oikean mittaiseksi ja muotoiseksi. Yleisin puurungon puutavaran koko on paksuudeltaan 50 mm ja leveydeltään 100–200 mm. Puurungossa käytettävä sahatavara on lujuusluokiteltua ja mitallistettua.

Pitkästä puutavarasta rakentaminen ei aseta arkkitehtisuunnittelulle rajoituksia, joten talot voivat olla hyvin monimuotoisia. Pitkästä puutavarasta rakentaminen mahdollistaa ikkuna- ja ovisijoittelun muutokset, myös työn aikana.

Ennen puurungon pystytystä on perustukset ja yleensä myös lattia valettu. Rakennuksen kantavan rungon pystytys alkaa kiinnittämällä alasidepuu perustukseen. Alasidepuu eristetään perustuksesta bitumikaistalla ja mineraalivillakaistalla. Mineraalivilla on tarkoitettu tasaamaan alustan epätasaisuudet ja eristämään. Alasidepuuhun merkitään rungon tolppajako ja ovien ja ikkunoiden paikat. Seuraavaksi pystytetään puurunko (kuva 2) ja ikkunoiden ja ovien ylä- ja alatuot. Rungon tekoon käytetään yleensä sahatavaraa, kertopuuta ja liimapuuta. Suurempien aukkojen kohdalla käytetään usein liima- tai kertopuuta aukkopalkkeina. Pilareissa käytetään yleensä liimapuuta tai massiivipuuta.



Kuva 2. Puurunko pitkästä puutavarasta. [10.]

Puurungon pystytykseen on monta työtappaa, mutta yksinkertaistettuna runkotolpat pystytetään yksi kerrallaan ja tuetaan muuhun runkoon tai alustaan. Nurkat ja kulmat on tärkeä kiinnittää ja tukea paikalleen. Runkotolpat, jotka asennetaan pystyyn, tulee olla vähintään kerroskorkeuden mittaisia. Kantavia pystytolppia ei jatketa työmaalla. Asennustyön aikana on tärkeää tarkistaa rungon suoruus. Pystytysvaiheessa runko on helppo suoristaa, toisin kuin pidemmälle rakennettu runko. [11, s. 46–51.]

Pitkästä puutavarasta rakentaminen soveltuu niin pien- kuin rivitalorakentamiseen monipuolisuutensa vuoksi. Rakennuksen seinärakenne on saumaton, jolloin tiiveys- ja lämmöneristysvaatimukset täyttyvät.

3.2 Suurelementti

Suurelementti on yleensä koko seinän kokoinen elementti, mutta sen koko voi vaihdella suuresti. Elementin kokoa rajoittaa elementtien kuljetus. Elementtien pituus normaali maantiekuljetuksilla voi olla enintään noin 14 m ja korkeus 3–3,5 m. Normaalin suurelementtiseinän paino on noin 2 000 kg (~ 200 kg/m), mutta elementit voivat painaa maksimissaan 3 500 – 4 000 kg.

Suurelementit valmistetaan tehtaassa elementtilinjoilla valmiiksi määrämittaan sahatusta puutavarasta, jolloin materiaalihukka saadaan minimoitua. Elementtien valmistus tapahtuu sisätiloissa säältä suojassa, jolloin elementtien tuotanto on mahdollistaa ympäri vuoden. Suurelementit toimitetaan yleensä tuulensuojalevytettynä tai valmiiksi maalatulla ulkoverhouksella. Ikkunat ja ovet vesipelteineen ovat asennettu valmiiksi elementteihin. Sähköputkitus rasiapohjineen asennetaan yleensä valmiiksi tehtaalla. Suurelementtejä ei valmisteta varastoon, koska elementit ovat hyvin yksilöllisiä.

Kuljetus on merkittävä kustannustekijä elementtitoimituksessa. Toimituksen tarkka ajoitus vaatii hyvää tuotannon ja materiaalin ohjausta. Suurelementtien asennuksessa tarvitaan aina nosturia. Nosturi ja asennustyö vaativat riittävästi tilaa. Elementtien kuljetuksesta ja nostosta johtuen tulee elementit suunnitella niin, että ne kestävät niistä aiheutuvia rasituksia.

Pientaloissa asennus sisältyy usein elementtitoimitukseen. Ammattirakentamisessa asennuksen voi suorittaa rakennusliikkeen oma asennusryhmä. Karkeasti arvioiden pientalon elementtiasennus kestää yhden päivän ja elementtien viimeistelytyöt ulkoa kestävät noin viikon. Tehdasasennuksen jälkeen tehdään aina asennustarkastus työmaalla.

Elementtiasennuksen onnistumisen edellytyksenä on, että perustukset on tehty suunnitelmien mukaisesti. Korkeuden ja vaakamitoituksen tarkkuus on 5 mm. Asennus aloitetaan kiinnittämällä ensin alasidepuu, jonka päälle tulee mineraalivillatiiviste. Ulkoseinäelementit nostetaan paikalleen (kuva 3) ja tuetaan väliaikaisesti. Elementtien

saumoihin tulee mineraalivillatiiviste. Ylä-, ala- ja välipohjaelementit toimivat jäykistävinä rakenteina. Elementtiseinät voivat olla ei-kantavia ja kantavia.



Kuva 3. Suurelementtien asennustyö käynnissä. [12.]

Suunnittelun kannalta suurelementeissä on vähemmän vapautta muunneltavuudelle, verrattuna paikalla rakennettuun puurunkoon. Suunnitelmien muuttaminen on lähes mahdotonta tehdä sen jälkeen, kun elementit on valmistettu tehtaalla.

Suurelementtejä voi käyttää omakotitaloissa, rivitaloissa ja erikoiskohteissa, kuten tehdashalleissa ja toimistorakennuksissa. Suurelementit soveltuvat hyvin kohteeseen, jossa rakennetaan useita saman tyyppisiä huoneistoja.

[13, s. 68–73.]

3.3 Tilaelementti

Tilaelementti on rakennuselementti, jossa on valmiiksi rakennettuna vähintään ylä- ja alapohja sekä seinät. Tilaelementit rakennetaan tehtaalla ja kuljetetaan työmaalle, jossa ne liitetään yhteen taloksi. Perusajatuksena on, että kaikki mahdolliset työt tehdään valmiiksi jo tehtaalla. Näin saadaan lyhennettyä itse rakennustyömaalla tarvittava työaika. Tilaelementeistä voi rakentaa 1- ja monikerroksisia omakoti- ja rivitaloja, päiväkoteja, kouluja ja toimistoja. [13, s. 74–76.]

Tilaelementin osat rakennetaan tehtaalla elementtilinjalla ja kootaan tilaelementiksi yksittäisistä elementeistä. Tilaelementti on rakenteeltaan hyvin samanlainen kuin suurelementti. Tilaelementtien valmiusaste on hyvin korkea ja tehdastoimituksen osuus on noin 70–80 % rakennuksen kokonaiskustannuksista. [13, s. 74–75.]

Tilaelementti sisältää

- alapohjan ja katon (välipohjan)
- ulkoseinät, ulkoverhous maalattuna
- väliseinät
- LVI- ja sähköasennukset
- väli- ja ulko-ovet
- ikkunat, pellitykset tehtynä
- pintarakenteet
- kiintokalusteet
- tapetoinnit
- laatoitukset
- listoitukset. [13, s. 76.]

Talo toimitetaan muutamana viipaleena työmaalle jossa asennus tapahtuu nopeasti (kuva 4). Tilaelementtien asennus pientalolle, joka koostuu 3–4 elementistä, saadaan tehtyä yhden päivän aikana. Omakotitalo valmistuu asumiskuntoon noin 5–7 työpäivässä. Asennus kuuluu yleensä talon toimittajalle. Talon pystytys ja elementtien nostot vaativat riittävästi työskentelytilaa ja nostokaluston nostokyvyn tulee olla tarpeeksi suuri. [13, s. 76.]



Kuva 4. Tilaelementin asennus paikoilleen. [14.]

Työmaalla tehtävät työt ovat

- maanrakennus
- perustukset
- tontin kunnallistekniset työt
- tilaelementtien asennus
- tilaelementtien saumojen viimeistely
- elementtien väliset sähkö- ja LVI-työt
- vesikatto (ellei ole tehty tehtaalla)
- muuraukset. [13, s. 76.]

Tilaelementtien etuna on korkea esivalmiusaste ja materiaalien hukka on vähäistä. Laatu voidaan pitää tasaisena, koska tilaelementit rakennetaan tehtaalla säältä suojassa. Hankintakustannukset ovat tarkemmin tiedossa, koska elementtiurakan hinta on yleensä kiinteä ja lyhyt rakennusaika vähentää työmaan kustannuksia ja kustannusten riskejä. [13, s. 74–75.]

Tilaelementeistä rakentaminen on nopein työmaan rakennusmenetelmistä. Kokonaisrakennusaika työmaalla on noin 1-2 kuukautta, koska perustukset,

rakennustekniset liitännät ja itse rakennus voidaan rakentaa samaan aikaan. [13, s. 74.]

Huonona puolena on suunnittelun rajallisuus. Suunnittelussa on huomioitava kuljetuksesta ja nostosta aiheutuvat rasitukset, joten rakenteelta vaaditaan parempaa lujuutta. Tieliikenteen suurin sallittu kuljetuksen korkeus on neljä metriä ja leveys 4,5 metriä saattovalvojan kanssa. Saattovalvoja varoittaa muita tiellä liikkuja leveästä kuljetuksesta ajamalla kuljetuksen edessä tai takana. Käytössä on keltaisia vilkkuja ja merkkejä ja tarvittaessa saattovalvoja ohjaa liikennettä käsimerkein. Itse elementtien suurin korkeus on noin 3,2 metriä ja paino vaihtelee 10 ja 15 tonnin välillä. Kuljetus tehdään pääsääntöisesti maantiekuljetuksena, joten asunnon pohjan on oltava suorakulman muotoinen. [13, s. 76.]

Työmaatieltä vaaditaan hyvää kantavuutta jo nosturin takia joten tiellä ei saa olla liian jyrkkiä mutkia. Haittana on, että elementtien suuren koon takia tarvitaan erikoiskuljetusta ja erikoiskalustoa, jolloin kustannukset voivat nousta varsin suuriksi. [13, s. 74-76; 15.]

3.4 Tuotantomenetelmäprosessien kuvaus

Rakentaminen aloitetaan suunnitteleamalla rakennuspaikkaan soveltuva rakennus, paikan lisäksi asunnon on vastattava alueelle olevaan kysyntään. Tämä vaihe on sama yksityiskohtia lukuun ottamatta eri rakennustavoissa. Etuna on, että rakennesuunnittelu voi jo tässä vaiheessa, taloteknisten suunnitelmien lisäksi, seurata kiinteästi pääsuunnitteluvaihetta ja näin laskentapiirustukset syntyvät ns. käsi kädessä.

Kun tontti on kaavoitettu, on rakennuttajan intresseissä saada alue rakennettua ja raha kiertämään, useimmiten mahdollisimman nopeasti. Tämä tarkoittaa sitä, että mitä nopeammin saadaan rakennettua ja myytyä asunnot asiakkaille, sitä nopeammin saadaan rahaa asiakkailta rakennuttajalle.

Rakennettavien neliöiden maksimimäärän määrittää kaava ja rakennusoikeus. Suunnittelussa on pyrittävä siihen, että saadaan mahdollisimman paljon myytäviä neliöitä aikaiseksi. Tämä johtaa siihen, että talotekniset putket ja hormit on pyrittävä

sijoittamaan seinien sisään. Hukkakomeroita ja muita vaikeasti käytettäviä tiloja on vältettävä.

Nykymääräykset seinien lämmöneristysvaatimuksista paksuntavat ulkoseiniä. Nykyvaatimus seinän lämmöneristysarvosta eli U-arvosta on $0,17/m^2K$, mikä vastaa noin 325 millimetrin paksuista puurakenteista seinää. Seinien paksuudesta yli 250 millimetriä menevää osuutta ei lasketa rakennusoikeuteen.

Kun talot on suunniteltu, alkaa tarjouspyyntövaihe. Tällöin selviää talojen rakentamisen aikataulu ja hinnan suuruusluokka. Tarjouksia seuraa tarjouspalaveri parhaimman tai parhaimpien tarjousten antaneiden kanssa. Rakennuttajan valinnan mukaan solmitaan urakkasopimus yhden tai useamman urakoitsijan kanssa.

3.4.1 Pitkästä tavarasta paikalla rakentaminen

Paikalla rakentaminen lähtee siitä, että suunnitellaan talo ja palkataan urakoitsija. Aluksi on tehtävä maanrakennustyöt ja perustukset. Runkoa päästään rakentamaan, kun alapohja on tehty. Itse runko pystytetään runkotolppa kerrallaan, jotka tuetaan muuhun runkoon ja alustaan. Nurkat ja kulmat on tuettava hyvin. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää platform-tekniikkaa, jolloin seinärungot rakennetaan tason päällä työmaalla ja nostetaan paikoilleen. Ideana on, että pystytetään seinää kerros kerrallaan, jonka jälkeen rakennetaan välipohja. Platform-tekniikkaa on käytetty paljon Pohjois-Amerikassa, mutta se tunnetaan myös hyvin Suomessa.

Seinien pystytyksen jälkeen päästään nostamaan kattotuolit paikoilleen. Kattotuolit tuetaan hyvin, jonka jälkeen asennetaan aluskate ja ruoteet.

Kun talossa on sään kestävä katto, päästään sisätöihin. Mikäli säät ovat hyvät, kannattaa tehdä ulkopuolen työt valmiiksi ennen syksyä ja talvea. Sisätöistä tehdään ensimmäisenä ulkovaipan eristys.

Pientalorakentaminen on ajoitettu yleensä niin, että syksyksi ja talveksi päästään sisätöihin.

Sundsbergissa pitkästä tavarasta rakenettujen talojen kohdalla pääurakoitsija sai suunnittelupalvelut rakennuttajalta. LVI- ja sähkösuunnittelun teki kaksi alan suunnittelutoimistoa.

3.4.2 Suurelementti

Suurelementeistä rakentamalla rakentamisen prosessi pysyy melko samana paikalla rakentamiseen verrattuna. Talo suunnitellaan ensin, jonka jälkeen palkataan urakoitsija rakentamaan. Rakennuspiirustusten tulee olla valmiina noin 6 viikkoa ennen elementtien toimitusta työmaalle, jotta elementtitehtaalle jäisi tarpeeksi aikaa piirtää elementtikuvat ja rakentaa itse seinäelementit.

Työmaalla tehdään ensiksi maanrakennustyöt ja perustukset. Alapohjan valmistumisen jälkeen päästään nostamaan suurelementit paikoilleen. Suurelementtien nostoon tarvitaan nosturia suuren painonsa vuoksi, ja elementit on tuettava riittävän hyvin. Mikäli perustusurakoitsija ei ole pysynyt aikataulussa, joudutaan suurelementtitoimitusta siirtämään myöhäisemmäksi, mikäli se on mahdollista, tai vaihtoehtoisesti varastoimaan elementit työmaalle. Yleensä elementtitehtaat eivät ole halukkaita varastoimaan elementtejä tehtaan tiloihin, koska tilaa on yleensä vähän ja asiakkaalta halutaan maksu elementeistä, mikä tapahtuu toimituksen jälkeen.

Mikäli talo on kaksikerroksinen, ovat seinäelementit yhden kerroksen korkuisia. Välipohjan voi silloin tehdä elementeistä, jolloin niiden nosto tapahtuu jouhevasti seinien noston mukana. Välipohjan voi myös tehdä pitkästä tavarasta, mutta sen tekemiseen menee hieman enemmän aikaa kuin valmiiden välipohjaelementtien paikoilleen nostamiseen. Tämä johtaisi siihen, että nosturille tulisi turhaa odottamista, ellei talo ole sen verran iso, että toisessa päässä rakennetaan välipohjaa, vaikka toisessa päässä on vielä seinien nosto käynnissä. Nosturin voi myös tilata erikseen eri kerrosten elementtien nostoa varten. Nosturin siirrosta joutuu maksamaan joka kerta erikseen, joten rahaa säästyy, mikäli nosturia voidaan hyödyntää tehokkaasti ensimmäisen ja toisen kerroksen seinien nostojen välissä.

Suurelementit voi myös tilata kahden kerroksen korkuisina, mutta Suomessa niitä ei valmisteta. Tätä menetelmää käytetään Färsearilla, koska rakennusmääräykset

kieltävät vaakasaumojen muodostamista. Vaakasaumat koetaan liian isoksi kosteustekniseksi riskiksi, koska saarilla sataa jopa vaakatasoon. Pystysaumoissa on kosteusteknisesti pienempi riski. Välipohjan kiinnittäminen kaksikerroksisen seinäelementin runkoon on hankalampaa. Kahden kerroksen korkuisia elementtejä joutuu kuljettaa kyljellään, jolloin ne ovat melko kapeita. Tällöin taloon tulee monta pystysaamaa.

Toisen kerroksen seinien noston jälkeen päästään nostamaan kattotuolit paikoilleen. Kattotuolit tuetaan hyvin ja asennetaan aluskate ja ruoteet paikoilleen. Elementeissä on yleensä valmiina puuvuoraus, joten ulkopuoliset työt jäävät melko vähäisiksi. Saumojen tiivistys ja viimeistely ovat yleisimmät työt. Sisätöihin päästään melko pian elementtien pystytyksen jälkeen. Ensimmäisenä on yläpohjan eristys.

Suurelementeistä voi rakentaa ympäri vuoden, koska taloon saa katon melko nopeasti paikoilleen. On kuitenkin muistettava, että seinäelementit ovat levytetty valmiiksi sisäpuolelta, joten ne eivät kestä sadetta. Tällöin pystytys on tehtävä sellaisena ajanjaksona, jolloin seinät eivät altistu sateelle, tai ne on suojattava rakennusmuovilla, kunnes katto on saatu paikoilleen. Talvella perustuksia tehdessä on kuitenkin huolehdittava, että perustukset eivät pääse jäätymään ennen kuin betoni on saavuttanut riittävän lujuuden.

3.4.3 Tilaelementti

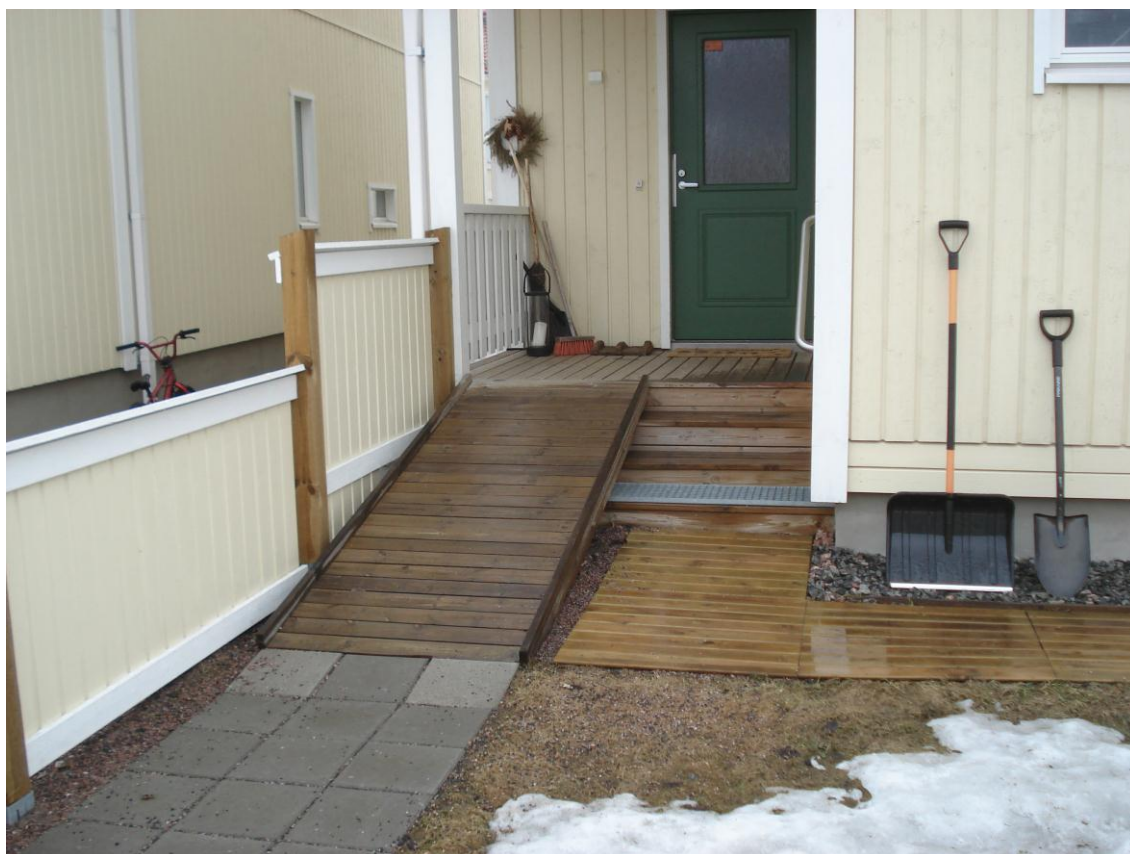
Tilaelementeistä rakentamalla suunnittelu on tehtävä riittävän ajoissa valmiiksi. Valmiit kuvat on lähetettävä tehtaalle 12 viikkoa ennen elementtien toimitusta työmaalle, jotta elementtitehtaalle jäisi tarpeeksi aikaa tavaroiden tilaamiseen, elementtikuvien piirtämiseen ja tilaelementtien valmistamiseen.

Työmaalla tehdään ensiksi maanrakennustyöt, jonka jälkeen päästään tekemään perustuksia. Tilaelementeissä on alapohja valmiina, joten työmaalla ei tarvitse tehdä alapohjaa. Alapohja on tehty puusta, joten lattian alle on jätettävä tyhjä tuuletettu ilmatila, jotta kosteus ei siirtyisi alapohjan rakenteisiin. Tästä syystä perustus on rossipohja, eli se on tuulettuva alapohja.

Koska tilaelementit on rakennettu niin, että ne kestävät nostoja ja siirtoja, on niissä melko paksu alapohja. Jotta vaadittava kestävyys saavutettaisiin, on alapohjapalkkien oltava melko korkeita.

Perustusten valmistuttua tilaelementit nostetaan rekan lavalta nosturin avulla suoraan perustuksille. On tärkeää, että perustusten yläpinta on vaadittujen toleranssien sisällä, jotta valmiin tilaelementin noston jälkeen sisälattia jää myös tasaiseksi.

Rakennusmääräysten mukaan talon perustusmateriaalin ollessa puuta vähimmäisetäisyys maan pinnasta on 300 mm. Tilaelementtitaloissa alapohjan paksuuden takia valmiin lattiapinnan etäisyys maan pinnasta on 700 mm. Tämä aiheuttaa ongelmia esteettömyysmääräyksiä noudatettaessa. Jotta määräykset saavutettaisiin, on rakennettava sisääntulorampeja (kuva 5) ja kaiteita.



Kuva 5. Sisääntuloramppi.

Tilaelementtien noston jälkeen nostetaan kattotuolit paikoilleen, asennetaan aluskate ja ruoteet. Pienemmissä taloissa katto voidaan tehdä lähes valmiiksi perustusten päällä, jolloin se nostetaan suoraan talon päälle (kuva 6).



Kuva 6. Perustusten päällä rakennettu katto nostetaan talon päälle. [14.]

Ulkopuolisiksi töiksi jäävät saumojen tiivistys ja viimeistely (kuva 7). Tilaelementeissä sisäpuoliset työt ovat lähes kaikki tehty valmiiksi. Työmaalla tehtäviksi sisätöiksi jää jalkalistojen asennus ja elementtisaumojen tiivistys sisäpuolelta.



Kuva 7. Tilaelementin vaakasaumat paneelattuna umpeen.

LVIS-tekniikan liittäminen ja elementtien väliset LVIS-työt on myös tehtävä työmaalla. Muuraukset tehdään kaikki työmaalla, koska ne ovat melko raskaita ja liikuteltaessa ne voivat murtua.

Sundsbergissä rakennettujen tilaelementtien kohdalla elementtitehdas tilasi suunnittelun rakennuttajalta ja toteutti sen yhteistyössä omien suunnittelijoiden kanssa. Tilaelementtejä suunniteltaessa on kuitenkin tiedettävä, mitä tilaelementeillä rakentaminen vaatii suunnittelun näkökulmasta. Esimerkki vaatimuksesta voi olla, että ei saa olla liian leveitä ikkunoita.

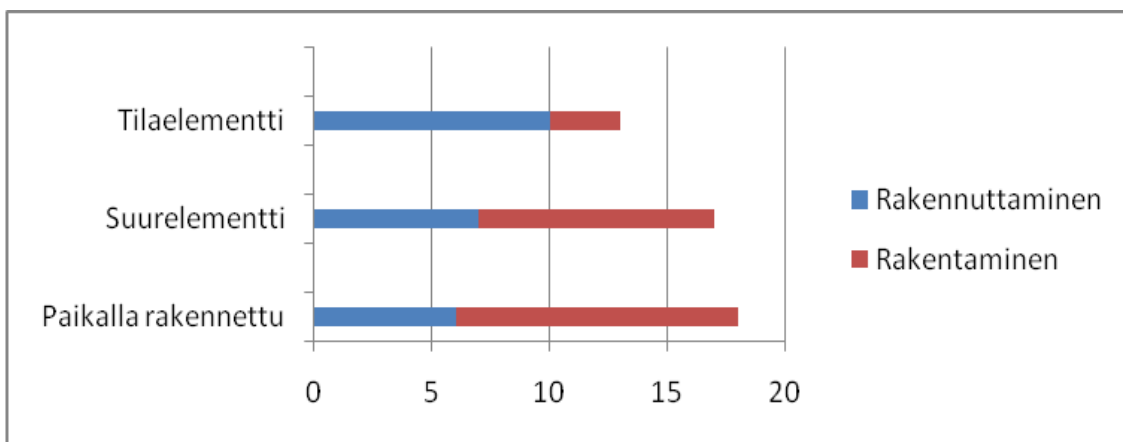
4 Tuotantomenetelmien vaikutus toteuttamisprosessiin

Tässä luvussa käsitellään eri tuotantomenetelmäprosessien vaikutus aikatauluun, laatuun ja kustannuksiin. Luvussa käsitellään myös tuotantotavoille tyypillisimpiä laatuvirheitä, riskejä ja muiden asioiden vaikutusta tuotantotavan valintaan.

4.1 Aikataulu

Aikataulun vaikutus eri tuotantotavalla rakentamalla vaihtelee. Tuotantotavasta riippumatta suunnitteluun on syytä varata tarpeeksi aikaa, jotta suunnitelmat ehditään käymään läpi ja löytämään mahdolliset virheet. Suunnitelmien huolellisella läpikäynnillä voi ennaltaehkäistä virheitä, jotka huomattaisiin muuten vasta työmaan toteutuksessa. Nämä virheet voivat aiheuttaa suuria kustannuksia rakentamiselle.

Itse rakentamisvaihe on pisin paikalla rakennettaessa ja lyhin tilaelementeillä rakennettaessa (kuvio 1). Suurelementeillä rakennettaessa aikataulu on hieman nopeampi kuin paikalla rakennettaessa. Rakentamisprojektin kokonaisaika ei vaihtele merkittävästi eri rakentamistapojen välillä.



Kuvio 1. Rakennustyön aikataulu kuukausissa, kun rakennettavana on noin 15 asuntoa.

Sundsbergissa rakennetuissa kohteissa suur- ja tilaelementeistä rakennettaessa aikataulujen myöhästymiset olivat pieniä. Paikalla rakennettaessa aikataulu venyi sen verran, että pääurakoitsijan urakkasopimus jouduttiin irtisanomaan.

4.1.1 Pitkästä tavarasta paikalla rakentaminen

Pitkästä tavarasta rakentamalla suoritetaan lähes kaikki työvaiheet työmaalla, eli esivalmiusaste on lähes nolla. Pitkästä tavarasta rakentamalla töiden rytmitys ja ajoitus on tärkeää. Rytmityksellä ja ajoituksella tarkoitetaan työvaiheiden toteuttamista oikeassa järjestyksessä ilman, että samassa kohteessa tehtäisiin kahta eri työtä. Tällä vältytään siltä, että jokin työvaihe haittaisi toisen työvaiheen suorittamista. Pitkästä tavarasta rakentaminen on myös enemmän säätiloista riippuvainen kuin muilla menetelmillä rakentamalla, joten säästä aiheutuvia viivästyksiä voi ilmaantua. Viivästyksiä voi minimoida rakentamalla talon katto mahdollisimman aikaisessa vaiheessa vesitiiviiksi, jotta talon muut rakenteet eivät kastuisi sateesta. Mikäli säähaitta huomioidaan aikataulua tehdessä pidentämällä työmaan aikataulua, nostaa se aikatauluun sidottuja työmaan teknisiä kuluja.

Itse rakentaminen voidaan aloittaa ennen kuin lopulliset suunnitelmat ovat valmiina, kunhan rakennuslupakuvat on tehty ja rakennuslupa saatu. Pieniä muutoksia voidaan tehdä vielä rakentamisen aikana suunnitelmiin, eli rakentaminen on suunnitelmien osalta joustavampaa. Pitkästä tavarasta rakentaminen on myös joustavampaa, mikäli työmaalla tapahtuu myöhästymisiä ja viivästyksiä. Materiaalitoimittajien viivästykset eivät ole toivottuja mutta mikäli niitä tulee, voidaan työmaalla yleensä rakentaa jotakin muuta osaa, joka edistää talojen valmistumista.

Pitkästä tavarasta rakentaminen vaatii toteuttajalta tai rakennuttajalta enemmän resursseja, varsinkin silloin jos suunnittelu on rakennuttajalla. Rakennuttajan kannattaa myös valvoa itse työn toteutusta tai palkata erillinen valvoja tehtävään.

Yhteistyö työmaan urakoitsijan kanssa on ehdottoman tärkeää. Huonolla yhteydenpidolla voi olla merkittävä vaikutus työmaan aikatauluun ja kustannuksiin.

Paikalla rakentaminen on vartenotettava vaihtoehto, kun asuntojen myyntiajat ovat pitkiä. Paikalla rakennettaessa, työmaalla rakennetaan pidempään kuin suur- tai tilaelementeistä rakennettaessa, joten markkinoinnilla on enemmän aikaa myydä asuntoja. Asuntojen asukasmuutoksia voidaan myös hyväksyä ja toteuttaa myöhäisemmässä vaiheessa kuin tilaelementeillä rakennettaessa.

4.1.2 Suurelementti

Suurelementeistä rakentamalla työmaalla tehtävän työn osuus jää vähän pienemmäksi kuin pitkästä tavarasta paikalla rakennettaessa. Rungon osalta voidaan lyhentää rakentamisen aikataulua työmaalla, koska tehtaalla rakennettavat seinäelementit rakennetaan samaan aikaan kuin työmaalla tehdään maanrakennus- ja perustustöitä. Suurin osa rakennustöistä tehdään kuitenkin työmaalla.

Kaikki suuremmat asuntojen muutokset kuten väliseinien sijainnit ym. on oltava selvillä ennen kuvien lähettämistä tehtaalle. Pienemmät muutostyöt mm. pintamateriaalien osalta, ovat mahdollisia vielä itse rakentamisen aikana. Talon lopulliset suunnitelmat tulee toimittaa elementtitehtaalle noin kuusi viikkoa ennen elementtien toimitusta, jotta tehtaalle jäisi tarpeeksi aikaa suunnitella ja valmistaa elementit.

Rakentamisen osalta on tärkeää, että perustusurakoitsija saa tehtyä perustukset valmiiksi ajoissa. Tällöin saadaan nostettua suurelementit suoraan rekan lavalta paikoilleen. Mikäli perustukset eivät ole valmiina, joudutaan suurelementit varastoimaan työmaalle, suoralle tasaiselle alustalle. Mikäli näin käy, joudutaan tilaamaan nosturi suurelementtien nostoa varten yhden ylimääräisen kerran. Suurelementit on myös tuettava riittävän hyvin väliaikaisen säilytyksen ajaksi, kaatumisen estämiseksi.

Kattotuolit tilataan valmiiksi työmaalle ennen suurelementtitoimitusta, jotta ne voidaan asentaa samalla nostokerralla suurelementtien kanssa. Kattotuolit voi myös tilata suoraan elementtitoimittajalta. Katto kannattaa tehdä aluskatevalmiuteen mahdollisimman pian suurelementtien pystytyksen jälkeen, jotta seinät eivät pääsisi kastumaan. Suurelementeissä on yleensä sisäpinnalla valmiina kipsilevyt, jotka eivät siedä kastumista.

Kaksikerroksisen suurelementtitalon välipohjan voi tehdä elementeistä tai paikalla rakentaen. Mikäli välipohja tehdään elementeistä, kannattaa elementit olla valmiina työmaalla tai rekan lavalla niin, että ne saadaan nostettua paikoilleen suurelementtien nostojen yhteydessä. Tällöin työ etenee hyvin eikä nosturista aiheudu turhia kuluja. Välipohjan voi myös tehdä pitkästä tavarasta, mutta sen tekeminen vie hieman enemmän aikaa kuin valmiiden välipohjaelementtien paikoilleen nostaminen. Mikäli

välipohja rakennetaan pitkästä tavarasta, on nosturilla tehtävä muita nostoja työmaalla sillä aikaa, kun välipohja valmistuu. Muuten nosturin siirrosta tai turhasta odottelusta kertyy lisäkustannuksia.

4.1.3 Tilaelementti

Tilaelementeistä rakentamalla työmaalla tehtävä osuus on pienin. Suurimmat työvaiheet ovat maanrakennustyöt, perustustyöt, tilaelementtien asennus ja viimeistely, LVIS-liitostyöt, katon teko ja pihatyöt. Kaikki muu rakennetaan tehtaassa sisätilassa säältä suojassa. Tästä syystä säähaitta jää miltei kokonaan pois rakentamisesta. Yleisesti ottaen tilaelementeillä rakennetut asunnot ovat muuttokunnossa noin 3-5 viikossa, tilaelementtien saapumisen jälkeen.

Tilaelementeistä rakentamalla suunnitelmien tulee olla täysin valmiina ennen kuin voidaan aloittaa tilaelementtien valmistus. Tämän takia asukasmuutosten on oltava selvillä melko varhaisessa vaiheessa. Asukasmuutoksia voidaan tehdä myös jälkityönä, mikäli rakennuttaja suostuu ja ne on mahdollista toteuttaa. On muistettava että jälkityöt maksavat enemmän kuin aikaisessa vaiheessa sovitut muutostyöt. Talon suunnitelmat tulee toimittaa elementtitehtaalle noin 12 viikkoa ennen tuotannon aloittamista, jotta tehtaalle jäisi tarpeeksi aikaa suunnitella tilaelementtien tuotantoa.

Tilaelementtitehtaat toimivat urakkasopimuksessa sovitun aikataulun mukaisesti. Mikäli työmaalla tulee perustusten teossa viivästyksiä, voi olla riskinä, että elementit tulevat työmaalle ennen perustusten valmistumista, mikäli toimitusaikataulua ei ole saatu muutettua. Tällöin työmaan on järjestettävä elementeille välivarasto työmaalta (kuva 8), tai mikäli tontti on ahdas on se järjestettävä jostakin muualta. Yleensä elementtitehtailla ei ole ylimääräistä säilytystilaa, mihin elementtejä voisi sijoittaa varastoon mahdollisten työmaiden myöhästymisten takia.



Kuva 8. Tilaelementti väliaikaisessa säilytyksessä.

On muistettava että turhista elementtien siirroista ja nostoista kertyy kustannuksia. Varastoitaviin tilaelementteihin on järjestettävä lämmitys kylminä vuodenaikoina, jotta valmiit tilaelementit eivät vaurioituisi. Lämmittäminen pitää sisätilat kuivina, jolloin rakenteet eivät pääse liikkumaan lämpötilan ja kosteuden takia ja näin aiheuttaisi halkeamia. Varastoinnin ajaksi on myös suojattava tilaelementit huolellisesti mahdollisten vesisateiden takia. Yleensä elementtitoimittaja hoitaa suojauksen kuntoon jo ennen kuljetusta.

4.1.4 Tuotantotapojen aikataulullinen vertailu

Pitkästä tavarasta paikalla rakennettaessa suunnitelmien ei tarvitse olla jokaista yksityiskohtaa myöten valmiina. Tuotanto voidaan aloittaa, kun rakennuslupa on myönnetty ja lupakuvat leimattu. Suunnitelmat täydentyvät samaan aikaan, kun työmaalla jo rakennetaan. Työmaan aikatauluun vaikuttavia suurimpia riskejä ovat säähaitat ja töiden rytmityksen ja tahdistuksen epäonnistuminen. Nämä yhdessä voivat aiheuttaa työmaan myöhästymisen jopa kuukausilla.

Suurelementeistä rakentamalla valmiiden kuvien tulee olla tehtaalla viimeistään 6 viikkoa ennen ensimmäisten elementtien toimitusta työmaalle. Pieniä muutoksia, kuten sisustuksen pintamateriaalien muutoksia, voi tehdä vielä myöhemmässä vaiheessa. Aikatauluun vaikuttavia riskejä ovat myös töiden rytmityksen ja tahdistuksen epäonnistuminen. Riskien toteutuessa ne voivat aiheuttaa työmaan viivästymisen jopa muutamalla viikolla.

Tilaelementeistä rakentamalla rakennuttamiseen menee eniten aikaa. Asukasmuutokset on selvitettävä hyvin aikaisessa vaiheessa, jotta ne voitaisiin huomioida tilaelementtien rakentamisessa. Rakennekuvien tulee olla täysin valmiina ja tehtaalla viimeistään 12 viikkoa ennen ensimmäisten tilaelementtien toimitusta työmaalle. Rakennustavalla ei ole mitään suurempia riskejä, jotka voisivat vaikuttaa työmaan kokonaisaikatauluun.

4.2 Laatu

Rakentamisessa pyritään mahdollisimman tasaiseen lopputulokseen, jotta rakennus täyttäisi sille asetetut laatu- ja rakentamismääräyskriteerit. Uudistuotannossa ja korjausrakentamisessa noudatetaan Suomen rakennusmääräyskokoelman ohjeita. Vähimmäisvaatimukset on määritetty maankäyttö- ja rakennuslaissa sekä -asetuksissa. [16.]

Yleensä tilaajalla on ennakko-odotuksia tilatun rakennuksen tai rakennuspalvelun laatuun. Tilaajan kannalta laadun määrittelyssä on aina kyse siitä, vastaako valmistunut rakennus niitä odotuksia ja täyttääkö se ne tarpeet, joita tilaaja on siltä etukäteen tarvinnut. Yleisesti ottaen työ on tehty laadukasti, jos tilaaja on tyytyväinen ja kokee saaneensa vastinetta rahoilleen. [16.]

Nykyisin tilaaja teettää tiiveys- ja lämpökuvaukset jokaiseen asuntoon lämpövuotojen selvittämiseksi. Urakoitsija on velvollinen korjaamaan kaikki kuvauksissa esiin tulevia virheitä ja vuotoja. Tämä johtaa siihen, että urakoitsijan on pidettävä huolta jo rakentamisvaiheessa, että rakennukset eristetään hyvin. Ilman- tai höyrynsulku on asennettava oikein ja varmistettava, että siihen ei tule reikiä rakennustyön aikana.

Paloturvallisuus- ja äänenjohtuvuusmääräykset on saavutettu rakentamistavasta riippumatta. Puurakenteissa on kipsilevyä, jotta paloturvallisuus täytyisi ja seinissä on villaa, jotta saadaan täytettyä äänen eristysvaatimukset.

Rakennustöiden minimi laatuvaatimukset ovat esitettyinä Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset -kokoelmassa [17] ja Uuden asunnon laatu -kirjassa. [18.]

4.2.1 Pitkästä tavarasta paikalla rakennettu

Rakentamiselle on asetettu laatuvaatimuksia, jotka löytyvät Talonrakennusteollisuus Ry:n julkaisussa Rakennustöiden laatu 2009 -kirjassa. Kirjassa on laatuvaatimuksia kaikenlaiseen rakentamiseen ja hyvää rakentamistapaa noudattaen nämä laatuvaatimukset täyttyvät. Paikalla rakennetulle puurungolle on annettu rakentamisen toleranssit ja itse puutavaran laatuvaatimukset. Puurunkotyön tekniset laatuvaatimukset löytyvät liitteestä 1.

Paikalla rakennettaessa talot ovat arkkitehtonisesti kauniimpia. Tämä on mahdollista, koska suunnittelua ei ole rajoitettu kuten tilaelementeistä rakentamalla. Rungon jäykistäminen on myös helpompi toteuttaa kuin elementtirakenteisessa talossa, koska seinärakenne on yhtenäinen eikä siihen jää saumoja.

Paikalla rakennettaessa on ilmansulun paikka seinärakenteessa helpommin muutettavissa. Kun ilmansulku sijoitetaan 50 mm ristiinkoolauksen taakse (kuva 9), on ilmansulku helpompi pitää ehjänä, koska seinille ripustettavien taulujen koukut eivät puhkaise ilmansulkua. Sähköputkitukset ja -vedot pyritään sijoittamaan ilmansulun sisäpuolelle, jolloin ilmansulkua ei tarvitse myöskään puhkaista. Paikalla rakennettaessa rakenteen tiiveys- ja lämpövaatimukset ovat usein helpompi saavuttaa kuin elementtirakentamisessa, koska rakenteisiin ei jää saumoja ja liitoskohtia.



Kuva 9. Seinärakenne josta ilmenee ilmansulun sijoitus vaakakoolauksen takana. [10.]

Sisustusmateriaaleissa on enemmän valinnan varaa, koska urakoitsija ei ole sidottu tiettyyn materiaalitoimittajaan, kuten tilaelementtitehtaat ovat. Näin ollen rakennuttajan sisustussuunnittelijalla on vapaammat kädet sisustuspintojen ja materiaalien suunnittelussa.

Esteettömyysmääräykset toteutuvat helpommin paikalla rakennettaessa, jolloin vältetään ylimääräisiltä luiskilta, portailta ja kaiteilta.

4.2.2 Suurelementti

Puuelementtien laatuvaatimukset jakautuvat kahteen pääosaan:

- Puuelementtien laatuvaatimukset
- Puuelementtien asentamisen laatuvaatimukset [19, s.11.]

Puuelementtien valmistustoleransseissa käytetään kahta luokkaa. Ensimmäisen luokan toleransseja käytetään asuin-, liike- ja toimistorakennuksiin sekä muihin vastaaviin

rakennuksiin. Toisen luokan toleransseja käytetään varasto- ja muissa rakennuksissa, joissa ei vaadita niin tarkkaa mittatarkkuutta. [19, s.11.]

Seinäelementtien asennustoleransseissa käytetään kolmea luokkaa seuraavasti:

- 1. luokka = Rakennusosat, joilta vaaditaan erityistä mittatarkkuutta ja joille asetetaan erityisen korkeat ulkonäkövaatimukset.
- 2. luokka = Asuin-, liike- ja toimistorakennukset tai vastaavat rakennukset. Yleisimmin käytetty toleranssiluokka.
- 3. luokka = Hallirakennusten yms. sellaisten tilojen rakennusosat, joille voidaan sallia luokka 2 alhaisemmat mittatarkkuus- ja ulkonäkövaatimukset. [19, s.11.]

Asentamisen onnistuminen edellyttää myös tiettyä suoruutta elementtien alustalta, tilaelementeiltä ja asennustyöltä. Puuelementtityön tekniset laatuvaatimukset löytyvät liitteestä 2.

Suurelementtien laatu saadaan pysymään tasaisena vuodenajoista riippumatta, koska tuotanto tapahtuu kuivissa ja lämpimissä sisätiloissa.

4.2.3 Tilaelementti

Tilaelementtitoimittajissa on pieniä laatueroja. Valinta perustuu kuitenkin hintaan, ellei ole kokemusta useamman talon rakennuttamisesta, jolloin kokemus vaikuttaisi myös valintaan.

Tilaelementteihin tulee kaksi välipohjaa, alemman elementin katto ja ylemmän elementin lattia. Tämä johtaa siihen, että kerrosten väli on melko paksu ja vaikuttaa porraskokojen tekoon ja portaiden mittoihin. Koska tilaelementit on rakennettu niin, että ne kestävät nostoja ja siirtoja, on niissä melko paksu alapohja (kuva 10). Jotta vaadittava kestävyys saavutettaisiin, on alapohjapalkkien oltava melko korkeita.



Kuva 10. Tilaelementin paksu alapohja.

Tilaelementeistä rakentamalla alapohjaa ei voida toteuttaa maanvaraisena, koska alapohja tehdään puusta ja puu ei siedä maakosteutta. Puurakenteiden minimietäisyys maan pinnasta on kosteusteknisistä syistä 300 mm. Tilaelementeissä väliseinät ovat paksuja, jolloin ne vähentävät myytäviä neliöitä asunnoissa.

Nykyään tilaelementtejä ei ankkuroida perustuksiin. Tutkimuksissa on laskettu ja todettu, että elementit eivät pääse liikkumaan korkean painon ja kitkan takia.

Talotehtaissa rakennetuissa elementeissä huomaa sen, että puuta ei ole säästely. Elementit ovat jämääkiä. Tilaelementeistä rakentamalla jokaisen elementin saumakohta peitetään saumalistalla (kuva 11), joka näkyy ulkopuolelta. Tämä saumalista voi olla joidenkin mielestä ruma.



Kuva 11. Elementin pystysaumalista näkyy selvästi julkisivussa.

Tilaelementeissä joidenkin pintamateriaalien käyttö on rajoitettu nostoista aiheutuvien liikkeiden takia. Tapetti on hyvä esimerkki pintamateriaalista, joka on rajoitettu. Vain tiettyjä tapetteja voi tilata valmiiksi asennettuna tilaelementteihin. Mikäli asukas haluaa joitakin muita tapetteja, voi ne asentaa jälkityönä. Elementtitalon runko voi ulkolämpötilasta ja kosteustasosta johtuen liikkua hieman ja aiheuttaa seinäpintaan pieniä halkeamia, jotka voivat korostua varsinkin tapetissa.

Sundsbergiin rakennetuissa tilaelementtitaloissa ei voinut valita, mitä tahansa sisustusmateriaaleja, vaan oli valittava tilaelementtitoimittajan yhteistyökumppaneiden materiaaleja. Tämä rajasi tietynlaisten sisustuspintojen ja materiaalien käyttämistä. Sisustussuunnittelijan mielestä valittavana olleet sisustusmateriaalit ovat olleet vanhoja, jo muodista poistuneita. Tällöin sisustus ei vaikuta trendikkäältä ja nykyaikaiselta, mikä taas on hyvä myyntivaltti.

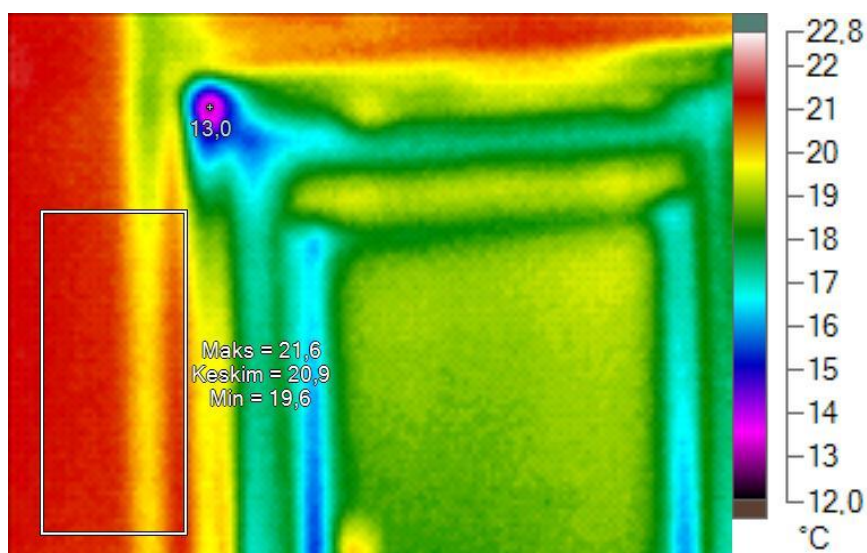
EKE on velvoittanut urakoitsijoita vuoraamaan kaikki liimapuupalkit ja pilarit kipsilevyllä, jolloin vältetään puun kuivumisesta syntyvien halkeamien tasoituksista ja maalauksista vuositarkastusten yhteydessä.

Nykyisin tilaelementtitehtaat ovat siirtyneet käyttämään elementtien liittämässä uutta tekniikkaa. Kahden elementin väliin jätetään noin 60 cm rako, joka eristetään ja levytetään umpeen työmaalla. Tällä tekniikalla saadaan estettyä se, että kaksi runkotolppaa tai lattiakannattajaa olisi kiinni toisissaan tai liian lähellä toisiaan. Tällä tavalla saadaan vähennettyä lämpö- ja ilmavuodot tilaelementtitaloissa.

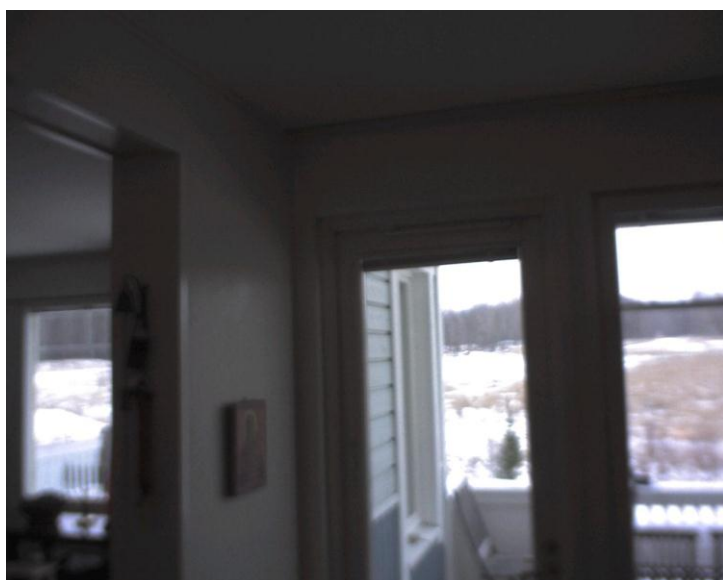
4.2.4 Sundsbergissä rakennettujen talojen laatuvirheet

Sundsbergissä pitkästä tavarasta paikalla rakennetuissa taloissa perustusten ja rungon osalta ei ole ilmaantunut juuri ollenkaan laatuvirheitä. Sisäpuolen töissä on sen sijaan ilmennyt melko paljon laatuvirheitä, jotka johtuvat pääurakoitsijasta. Kohteen pääurakoitsijana oli urakoitsija, joka oli aikaisemmin tehnyt paljon betoniperustuksia. Tällöin työntekijöiden viimeistelyjälki ei ollut tarpeeksi hyvää. Urakoitsijan valvonta ja työnjohto ei myöskään puuttunut laatuvirheisiin tarpeeksi.

Tilaelementtitaloissa yksi tyypillinen laatuvirhe on pienet halkeamat talon nurkissa. Syynä on ulkolämpötilan ja kosteustason vaihtelu, joka aiheuttaa sen, että seinässä oleva puu turpoaa ja kutistuu. Toinen tyypillinen laatuvirhe on ilma- ja lämpövuodot. Ulkolämpötilan ollessa alhaisena elementtien saumojen kohdalla lattialla ja seinissä tuntuu viileämmältä. Syynä on se, että saumassa on kaksi runkotolppaa tai lattian kannattajaa vastakkain ilman eristettä ja höyrynsulkua välissä tai eristekerros on liian ohut. Ilma- ja lämpövuodot esiintyvät yleensä juuri saumakohtissa (kuva 12 ja 13). Liitteestä 4 ilmenee, mistä kohti lämpövuodon kuva on otettu asunnossa.



Kuva 12. Lämpökameralla otettu kuva lämpövuodosta tilaelementin nurkasta. [8.]



Kuva 13. Kuva tilaelementin lämpövuotokohdasta. [8.]

Toinen tyypillinen ilman vuotokohta on läpivienneissä. Tilaelementeissä läpiviennit tehdään yleensä valmiiseen rakenteeseen, jolloin ilmansulku puhkaistaan. Yleensä läpiviennit jää tiivistämättä tai ne on tiivistetty heikosti. Joissakin tapauksissa ne on lähes mahdoton saada tiivistettyä hyvin läpiviennin sijainnin ja ahtauden takia. Samanlaista ongelmaa ei esiinny suurelementeistä tai pitkistä tavarasta rakentamalla. Syynä on se, että suurelementeistä ja paikalla rakennettaessa jo rakentamisvaiheessa pystytään kiinnittämään huomiota läpivienteihin. Läpivientiä tehdessä ei puhkaista valmista rakennetta, vaan läpiviennit viedään keskeneräisen rakenteen läpi.

Koska tilaelementit rakennetaan tehtaassa eikä tilaaja pääse valvomaan rakentamisen laatua, voi riskinä olla, että rakenteiden sisään jää piileviä virheitä, jotka eivät ilmene luovutusvaiheessa. Yleensä nämä virheet ilmenevät kuitenkin ensimmäisten vuosien aikana. Talotehtaan vastuu on korjata nämä ilmenneet viat. Näitä virheitä rakennuttaja ei pysty ennakoimaan rakennustapaa valitessa.

Tilaelementtikohteista EKE ei ole saanut urakoitsijalta ikkuna- ja ovidetaljeja. Näistä kuvista näkisi, onko tiivistykset tehty hyvin, tai kuinka ne olisi pitänyt tehdä, mikäli tiiveysongelmia ilmenee.

Tilaelementtitaloissa alapohja on tuulettuva, jolloin riskinä on, että tuuletusrilät tukitaan tai tukkeutuvat, eikä ilma pääse vaihtumaan rakenteen alta tarpeeksi hyvin. Ilmankosteuden noustessa tuulettuvassa alapohjassa homeitiöt ja -kasvit alkavat kasvaa puurakenteissa. Kun home kerran on alkanut kasvaa puurakenteessa, sitä ei saa pois muutoin kuin vaihtamalla itse puutavara. Homekasvusto voi olla passiivinen jos ilmankosteus pysyy tarpeeksi matalana. Mikäli alapohjassa on alkanut homeitiöt kasvaa eivätkä ne ole päässeet leviämään kovinkaan pitkälle, voi ongelman korjata huolehtimalla ilman riittävästä vaihtuvuudesta.

Sundsbergissä tilaelementeistä ja suurelementeistä rakennetuissa taloissa on ollut aina mittavirheitä sekä pituus- että leveys suunnassa. Nämä mittapoikkeamat aiheuttavat sen, että mikäli seinälle tulee kaappeja, joudutaan lisäämään täytepala tai viimeistä kaappia joudutaan kaventamaan työmaalla.

Sundsbergissä suurelementeillä rakennetuissa asunnoissa kahden asunnon alakerran lattiat olivat painuneet. Syyksi osoittautui, että maatäytöt oli tehty talvisaikaan ja täytemaan joukkoon oli jäänyt jäätä ja lunta. Lattiat saatiin kuitenkin oikaistua pumppaamalla turpoavaa uretaania lattian alle. Välipohjia oli myös kiinnitetty väärin, jolloin välipohja pääsi painumaan. Syyksi osoittautui välipohjapalkkien puutteelliset naulaukset ja työnjohdon puutteellinen valvonta.

Laatuvirheitä on ilmennyt myös alapohjassa kulkevien vesi- ja viemäriputkien puutteellisessa eristyksessä. Viemäriputket olivat jääneet roikkumaan, jolloin vesi ei

päässyt valumaan vapaasti viemäriverkostoon. Syy ei ole suoranaisesti ollut tilaelementtitoimittajan, vaan syynä on ollut putkiurakoitsijan asennusvirhe ja asennustyön valvonnan puute. Ulkovesipisteet ovat myös jäätyneet kovilla pakkasilla, mikä voidaan luokitella elementtitoimittajan laatuvirheeksi.

Useimmiten pääurakoitsijan itselleluovutukselle ei ole varattu tarpeeksi aikaa. Tämä on johtanut siihen, että asukkaiden jo muutettua käydään korjailemassa virhelistojen mukaisia pikkuvirheitä asunnoissa. Kun asukkaille myydään avaimet käteen -periaatteella asuntoja, tulisi asuntojen myös olla täysin valmiita luovutettaessa. Tästä syystä työt pitäisi hoitaa kokonaan valmiiksi ennen asuntojen luovutusta eikä asukkaita häiritä luovutuksen jälkeen pienillä korjauksilla. Tällä tavalla asukkaat olisivat tyytyväisiä asuntoon ja asunnon laatuun.

4.3 Kustannukset

Asuntojen todellinen myyntihinta määräytyy asunnon sijainnin ja markkinahinnan mukaan. Markkinahintaan vaikuttaa alueella olevien asuntojen kysyntä ja tarjonta. Rakentamistavalla ei ole suurta merkitystä asunnon myyntihintaan. Asuntojen tuotantokustannukset määräytyvät rakentamistavan mukaan.

Rakennuttajan näkökulmasta urakan kokonaiskustannukset ovat melko selkeitä siinä vaiheessa, kun urakkatarjouksia on saapunut kaikilta eri rakentamismenetelmällä toteuttavalta urakoitsijalta. Jos urakoitsija antaa kokonaishinnan paikalla rakentamismenetelmällä avaimet käteen -periaatteella, niin silloin tarjous on vertailukelpoinen tilaelementtitoimituksen kanssa.

Elementtitehtaiden tarjousten hinta vaihtelee vuodenajan ja suhdanteiden mukaan. Kesällä rakennettaessa elementtitehtaiden urakkatarjoukset ovat kalliimpia, koska silloin on kovempi kysyntä. Talvella elementtien hinta on halvempi mutta mikäli rakentaa talvella, on huomioitava se, että työmaakulut ovat korkeammat kuin kesällä. Tämä johtuu lämmittämistarpeesta ja muista talvirakentamisesta aiheutuvista kuluista.

Tilaelementeistä rakentamalla kahden asunnon väliseen saumakohtaan joudutaan rakentamaan leveämpi sokkelipalkki. Tämä on vain pieni kustannuslisä, joka ei vaikuta rakentamistavan valintaan.

Sundsbergissä rakennettujen talojen kustannukset

Kustannusvertailussa ei ole huomioitu tontin hintaa, koska EKE-Rakennus Oy on omistanut koko alueen jo kolmekymmentä vuotta.

Vertailusta ilmenee, että rakennuttamiskulut ovat suuremmat paikalla rakennettaessa. Tämä johtuu ehkä siitä, että rakennuttajalla on ollut suurempi vastuu suunnittelussa.

Vuoden 2010 alussa tuli voimaan uudet rakentamismääräykset koskien talon lämmöneristystä. Tämä johti siihen, että pitkästä tavarasta rakennetuissa taloissa seinien paksuus on kasvanut verrattaviin tila- ja suurelementeistä rakennettuihin taloihin. Lisäeristyksen vaikutus näkyy kustannuksissa, jotka löytyvät liitteessä 3 olevassa eri rakentamistapojen kustannusvertailussa.

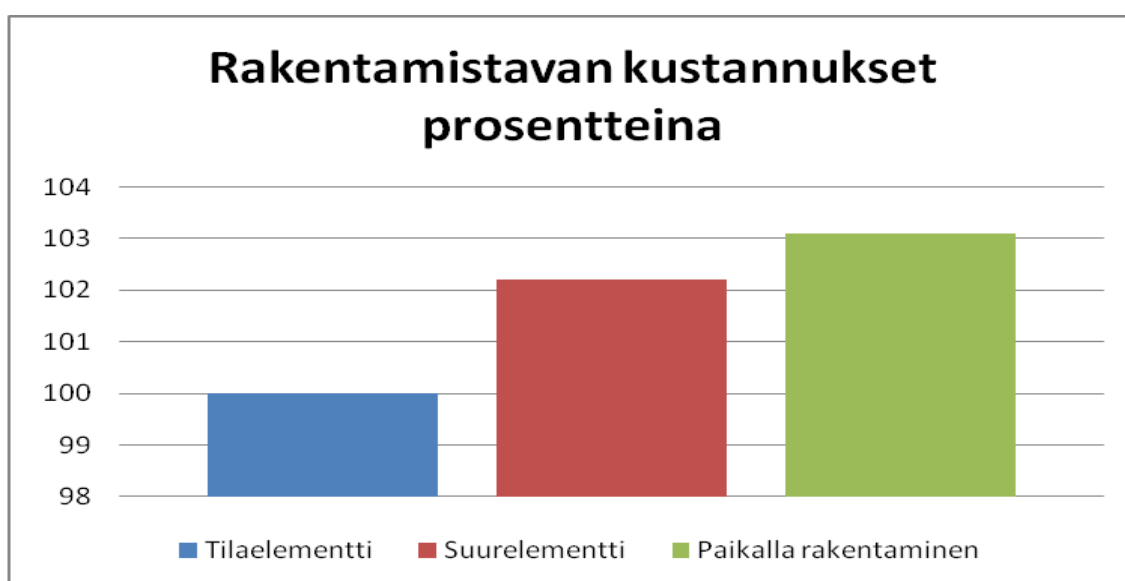
Paikalla rakennettaessa pääurakoitsija solmi tavoitehintaurakan LVIS-töistä. Urakan loppuvaiheessa tavoitehintaa oli ylitetty reilusti, joten LVIS-töiden osalta rakennuttaja menetti rahaa. Kustannusvertailussa on laskettu LVIS-tarjouksen mukaan, jonka rakennuttaja sai toiselta urakoitsijalta. Tarjous oli kokonaishintaurakka, joten hinta ei olisi muuttunut merkittävästi.

Elementeillä rakennettaessa suurin osa LVIS-töistä on tehty valmiiksi elementtitehtaalla, jolloin työmaalla tehtävät LVIS-työt jäivät pienemmiksi. Tästä syystä kustannusvertailussa on suuri ero LVIS-töiden hinnoissa elementeillä rakennettujen ja paikalla rakennettujen talojen välillä.

Kustannusten vertailussa ilmeni, että tilaelementeistä oli halvin rakennuttaa. Kokonaisuudessaan kustannusten ero on erittäin pieni paikalla rakentamiseen ja suurelementeistä rakentamiseen verrattuna. Tila- ja suurelementit rakennettiin vuonna 2007 ja pitkästä tavarasta paikalla rakennetut talot vuosina 2010 ja 2011. Indeksikorotuksella korotettuna kustannuserot ovat vain noin 2–3 % (kuviot 2).

Kustannuksiltaan halvimmaksi rakennustavaksi osoittautui tilaelementeistä rakentaminen ja pitkästä tavarasta paikalla rakennettaessa neliöhinta on kallein. Suurelementtirakentamisen neliöhinta sijoittui näiden kahden hinnan väliin. Paikalla rakennetut talot rakennettiin tontille, jossa tontin muodosta johtuen maanrakennustyöt olivat kalliita toteuttaa. Mikäli tontit olisivat olleet samanlaiset vertailussa olleissa kohteissa, olisi pitkästä tavarasta paikalla rakentaminen ollut halvinta. Eri rakentamistapojen kustannusvertailu on liitteessä 3.

Yleisesti ottaen voidaan pitää eri tuotantomenetelmien hintaerona 1–5 %.



Kuvio 2. Eri rakentamistavan kustannukset prosentteissa.

4.4 Riskit

Jokaisella rakentamistavalla on omat riskinsä, mutta eniten riskejä on paikalla rakennettaessa. Sääriski on suurin paikalla rakennettaessa, mutta vaikuttaa myös suur- ja tilaelementeistä rakennettaessa. Sääriskistä voi aiheutua ylimääräisiä kustannuksia ja viivästyksiä. Töiden tahdistuksessa on myös oma riski. Mikäli tahdistus ja ajoitus ei osu kohdalleen, sattuu työn teossa päällekkäisyyksiä. Mikäli yhteydenpito rakennuttajan ja urakoitsijan välillä ei toimi, voivat seuraukset olla mittavat laadun, aikataulun ja talouden suhteen.

Yhtenä riskinä rakentamisessa on sopimukset ja niiden rikkomiset. Sundsbergissä pitkästä tavarasta rakentanut pääurakoitsija ei viime metreillä saanut pidettyä lupauksiaan ja sopimuksiaan useista kehotuksista ja huomautuksista huolimatta. Lopuksi rakennuttaja ei voinut muuta kuin irtisanoa urakkasopimus.

Toinen vaikuttava riski on henkilökemiat. Kaikki eivät tule toimeen toistensa kanssa. Silloin on mietittävä, voiko yrityksen sisällä vaihtaa työtehtäviä määrääjäksi tai pysyvästi, jotta yritys ei kärsisi tästä ja jotta projektit saataisiin hoidettua kuntoon.

Rakenteiden kuivanapito on huomioitava kaikissa rakentamistavoissa. Elementtien varastoinnissa ja siirroissa on pidettävä huolta kunnollisesta suojauksesta. Rakennuksiin on saatava katto päälle mahdollisimman pian rungon pystytyksen jälkeen. Kunnollisella suojauksella saadaan rakennettua talo, jossa ei ilmene sisäilmanlaatuongelmia.

Isona riskinä on liian kiireinen aikataulu. Eri rakentamistavoissa on huomioitava rakenteiden kuivumisajat. Mikäli rakenteet eivät pääse kuivumaan normaaliolosuhteissa tarpeeksi hyvin, on luotava sellaiset olosuhteet, jotta rakenteet pääsevät kuivumaan. Liian kosteita rakenteita ei saa missään nimessä peittää tai koteloida. Työmaan valvojien ja työnjohdon tulisi kokeilla ja testeillä selvittää rakenteiden riittävä kuivuus ennen niiden peittämistä tai kotelointia.

4.5 Muiden asioiden vaikutus toteutustavan valintaan

Suhdanteista johtuen voi olla, että tarjouksia pyydetessä ei saa ollenkaan tarjouksia esim. tilaelementtitoimittajilta. Silloin on huomioitava muut rakennusmenetelmät ja valittava saatujen tarjousten perusteella.

Tontin muoto ja koko voi vaikuttaa rakennustavan valintaan niin, että jos rakennetaan lähelle jo sijaitsevia rakennuksia ja nosturilla on hankala päästä paikalle, voi olla kaikilta osin järkevämpää valita paikalla rakentaminen.

Samoin kaava ja sen vaatimukset voivat vaikuttaa rakentamistavan valintaan mm. asunnon muodon, koon ja julkisivumateriaalin takia. Paikalla rakennettaessa voidaan rakentaa talot arkkitehtonisesti kauniimmiksi, koska materiaaleissa on valinnanvaraa.

Pitkästä puutavarasta tehty talo on ihmisten mielestä laadukkaampi. Paikalla rakennettu talo on myös helpompi myydä edelleen, koska tällä hetkellä tilaelementeillä on vähän heikompi maine julkisuudessa esiin tulleiden tilaelementeistä rakennettujen talojen laatuongelmien takia. Mikäli asiakkaat vierastavat tilaelementeistä tehtyjä taloja, voi olla parempi rakentaa muulla rakentamistavalla.

Mikäli yleinen markkinatilanne on sellainen, että ammattitaitoista työvoimaa on helppo saada, voi paikalla rakentaminen olla halvempi vaihtoehto muihin rakennustapoihin nähden. Urakoitsijan valinnassa tulisi valita sellainen urakoitsija, jolla on riittävä kokemus työstä ja joka on osoittautunut luotettavaksi. Kontaktit ja kokemukset auttavat myös urakoitsijan valinnassa.

5 Tuotantotavan valintaan vaikuttavia tekijöitä

Jokaisessa projektissa tulisi arvioida uudelleen, mitkä asiat vaikuttavat rakentamistavan valintaan. Arvioinnissa on huomioitava projektin aikataulu, laatutaso, kustannukset ja riskit. Muita valintaan vaikuttavia tekijöitä ovat rakentamisen vuodenaika, rakennusurakoitsija ja rakennusporukka, henkilökemiat, markkinatilanne, urakoitsijan saatavuus ja rakennuttajan mieltymykset toteutustapaan.

Kun valitaan tuotantotapa, on valinnassa huomioitava rakennettavan tontin koko, sijainti, maaston muodot, muiden rakennusten etäisyys rakennettaviin taloihin ym. Ahdas ja epätasainen tontti soveltuu parhaiten pitkästä tavarasta rakentamiseen, kun taas tasainen ja väljä tontti sopii parhaiten tilaelementeistä rakentamiseen.

5.1 Suunnittelu ja mitoitus

Suunnittelussa pyritään siihen, että olisi mahdollisimman vähän rakennusosia, jotka vähentävät myyntineliöitä. Nämä myyntineliöitä vähentäviä alueita ovat mm. portaiden alustat ja hormit. Hormit pyritään sijoittamaan seinärakenteisiin. Tilaelementeissä paksut väliseinät vievät myös enemmän tilaa kuin muilla rakentamistavoilla rakennettaessa. Huonekorkeus suunnitellaan normaalisti 2 600 mm korkeaksi mutta alaslaskujen ja kylpyhuoneiden kohdalla huonekorkeuden tulee olla minimissään 2 200 mm. Mikäli jo suunnittelun alkuvaiheessa tiedetään, millä rakentamistavalla rakennetaan, antaa se reunaehdot suunnittelulle. Haastatteluissa suunnittelijat kertoivat, että tutkittavana olevissa kohteissa suunnittelun alkuvaiheessa häiritsi se, kun ei tiennyt, millä rakennustavalla rakennetaan.

Tilaelementeistä rakentamalla rivitaloasuntojen leveyttä rajaa moduulimita, jolloin leveys on maksimissaan noin 4,6 m. Tämä tarkoittaa sitä, että pienemmän kokoluokan asunnot toteutetaan yhden moduulimitan levyisinä kaksikerroksisina asuntoina. Vaihtoehtoisesti asunto voidaan toteuttaa yhdessä kerroksessa, kahden moduulimitan levyisenä, eli asunnon leveys olisi noin 9 metriä. Suurelementeistä ja paikalla rakennettaessa asuntojen leveys on vapaampi, koska asunnot eivät ole sidottuja

moduuleihin. Suurelementeistä rakentamalla pyritään kuitenkin siihen, että saumat sijoitetaan kahden asunnon väliin.

5.2 Aikataulu

Tilaelementeistä rakentamalla valmiiden suunnitelmien tulee olla elementtitehtaalla 12 viikkoa ennen ensimmäisten elementtien toimitusta työmaalle, ja suurelementeistä rakentamalla suunnitelmien tulee olla 6 viikkoa ennen elementtitoimitusta. Sen jälkeen kun suunnitelmat on lähetetty tehtaalle, niitä ei voi muuttaa enää. Pitkästä tavarasta rakennettaessa itse rakentamisen voi aloittaa hieman keskeneräisillä suunnitelmilla, kunhan rakennuslupa on saatu. Rakennuttajan kokemus osoittaa, että poikkeuksia lukuun ottamatta suurempien kuin 15 asunnon yhtiöissä tuotantoprosessiin varattava aika on vähintään 13–18 kuukautta. Rakennuttamiseen käytetty aika ja itse rakentamiseen käytetyn ajan ero vaihtelee rakentamistavan mukaan.

Asuntojen rakentamisen kokonaisaikataulun tarkastelussa eri toteutusmuodoilla ei ole suuria eroja. Rakennuttamiseen menevä aika on pisin tilaelementeistä rakentamalla ja lyhin pitkästä tavarasta rakentamalla. Suurelementeistä rakentamiseen menevä aika on näiden kahden välissä. Itse työmaan toteutukseen menevässä ajassa on suuria eroja. Pisin on pitkästä tavarasta rakentaminen ja suurelementeistä rakentaminen on hieman nopeampi. Tilaelementeistä rakentaminen on kaikista näistä kolmesta rakentamismenetelmästä nopein. Aikatauluun vaikuttaa myös tilaelementtien saatavuus. Suhdanteista johtuen kysyntä voi olla niin kovaa, että tilaelementtien toimitukset ovat liian pitkiä. Silloin voi olla nopeampaa rakentaa muilla rakentamismenetelmillä.

5.3 Laadunhallinta

Rakennuttajan näkökulmasta laadunvalvonnallisesti paras on paikalla rakennettu talo, jossa työmaalla on rakennuttajan valvoja. Silloin rakennuttaja tietää, minkälaiset talon rakenteet ovat ja mitä niiden sisällä on. Yleensä työsuorituksille tehdään mallityösuoritus, jonka rakennuttaja hyväksyy. Mallityösuorituksen mukaisesti rakennetaan muut asunnot. Tila- ja suurelementeissä voi olla piileviä virheitä, jotka ovat syntyneet tehtaissa. Elementeistä rakennettaessa rakennuttajan on luotettava

siihen, että tehtaan laadunvarmistus on kunnossa ja rakenteet ovat sellaiset kuin tilattu. Asuntojen tiiveys- ja lämpövaatimukset täyttyvät helpoimmin paikalla rakennettaessa, koska ulkoseiniin ei jää saumoja. Tilaelementeissä on esiintynyt mittavirheitä, mikä on johtanut siihen, että asuntojen kiinteitä huonekaluja on jouduttu leventämään tai kaventamaan työmaalla. Tilaelementeistä rakentamalla sisustus ja kodinkoneet on valittava tehtaan yhteistyökumppaneiden materiaaleista. Sisustusmateriaalien suppean valinnanvaran takia asuntojen sisustukset eivät ole välttämättä nykytrendin mukaisia.

Mikäli alapohja valetaan betonista, kuten suurelementeistä ja paikalla rakennettaessa, on lattia paljon jämekämpi. Alapohjaan betonivaluun voi myös asentaa lattialämmityksen, mikä on myös myyntivaltti. Mikäli kylpyhuoneen sijoitus on alakerrassa, on se helpompi toteuttaa rakennusteknisesti. Viemäri- ja vesiputket saa sijoitettua lattiavaluun ja lattiakaadot saadaan tehtyä samalla valmiiksi lattiavalun yhteydessä. Lattiaan ei synny alapohjan aiheuttamia saumavuotoja, koska lattia on yhtenäinen. Huonona puolena on, mikäli putkituksissa ilmenee virheitä ja vuotoja, on ne kalliimpi korjata kuin puurakenteisessa alapohjassa.

Tilaelementeissä on paksu puurakenteinen alapohja, mikä lisää sisääntuloportaiden askelmia. Esteettömyysmääräyksiä noudatettaessa asunnoille on rakennettava sisääntulorampit, jotka ovat lattian korkeuden takia melko pitkiä.

5.4 Kustannukset

Tilaelementeillä rakennettaessa kokonaishinta on mahdollisimman tarkka. Muilla rakentamistavoilla rakennettaessa yhtä tarkan hinnan saaminen edellyttää hyvin tarkkaa urakan määrittämistä. Kuitenkin urakoista tahtoo jäädä jotakin sopimatta. Näitä töitä joudutaan teettämään työmaalla tuntitöinä, mikä taas lisää asuntojen kokonaiskustannuksia. Tavoite- tai kattohintaurakka antaa urakoitsijalle mahdollisuuden tienata urakasta hyvin. Nämä urakkamuodot ovat etuna sekä tilaajalle että urakoitsijalle, mikäli kaikki asiat menevät tavoitteiden mukaisesti.

Kustannuserot ovat melko pieniä eri rakennustapojen välillä. Hintoihin vaikuttaa rakentamisen suhdanne ja rakennusmateriaalien hinta. Tilaelementeillä rakentaminen

osoittautui vertailtavissa kohteissa halvimaksi rakennustavaksi, ja koko rakentaminen oli myös nopeinta. Paikalla rakennuskohteessa maanrakennustyöt olivat kalliita toteuttaa haastavan tontin muodon takia. Mikäli tontit olisivat olleet samanlaiset vertailussa olleissa kohteissa, olisi pitkistä tavarasta paikalla rakentaminen ollut halvinta. Talvirakentamiseen tilaelementtirakentaminen soveltuu parhaiten, kun taas kesällä rakentamiseen pitkistä tavarasta paikalla rakentaminen soveltuu parhaiten. Kustannuksiin vaikuttavat myös urakoitsijan kokemus ja mieltymykset. Rakennusurakoitsija, jolla on vähän kokemusta, voi koitua huomattavasti kalliimmaksi ja hankalammaksi kuin kokenut urakoitsija. Tästä syystä rakennuttajan kannattaa tarkistaa urakoitsijan referenssikohteet ja mahdollisesti olla yhteydessä yrityksiin, jotka ovat toimineet kyseisen urakoitsijan kanssa.

Lopullisten kustannusten osalta rakentamismenetelmällä ei ole suurempia eroja. Kustannuserot jäävät hyvin pieniksi. Opinnäytetyössä tutkimuksen kohteena olevien asuntojen rakentamiskustannusten erot olivat 2–3 %. Halvimaksi rakennustavaksi osoittautui tutkimusten perusteella tilaelementeistä rakentaminen. Pitkästä tavarasta paikalla rakennettu kohde oli kallein neliöhinnan mukaan ja suurelementeistä rakennettu sijoittui näiden kahden väliin. On kuitenkin muistettava, että pitkistä tavarasta rakennetussa kohteessa tontin muodon takia maanrakennustyöt olivat kalliimmat verrattuna muilla rakentamistavoilla rakennetuihin kohteisiin. Yleisesti ottaen voidaan pitää eri tuotantomenetelmien hintaerona 1–5 %. Kustannusvertailu löytyy liitteestä 3.

5.5 Muiden asioiden vaikutus

Kaikissa rakentamistavoissa on sääriski, mutta pitkistä tavarasta paikalla rakennettaessa se on suurin. Tästä syystä paikalla rakennettaessa rungon pystytys on parasta tehdä kesällä. Tilaelementtirakentaminen sopii parhaiten sellaiseen projektiin, jossa on iso tontti ja johon saa rakentaa paljon taloja, vähintään noin 100 asuntoa. Kohde sijaitsee hyvällä paikalla ja markkinatilanne on sellainen, että asunnot menevät lähes varmasti kaupaksi. Eri asuntomalleja on vähän jolloin toistoja on mahdollisimman paljon. Pienemmän mittakaavan rakentamiskohteissa suurelementeillä rakentaminen ja paikalla rakentaminen soveltuvat paremmin kuin tilaelementeistä rakentaminen.

Vertailukohteina olevista asunnoista pitkästä tavarasta paikalla rakennettujen talojen arvostus on paras. Niiden jälleenmyyntiarvo pysyy myös hieman korkeampana kuin elementtitaloissa.

Rakennustavoista mikään ei ole siis "absoluuttisesti" paras valinta. Jokaisessa projektissa on arvioitava uusiksi, mikä on kyseiselle projektille paras rakentamismenetelmä. Kaikissa rakentamistavoissa asunnon laadukkuuden ratkaisee koko prosessiin osallistuvien tekijöiden vastuuntunto.

6 Johtopäätökset

Tässä insinööriyössä tutkittiin, mikä vaikutus Sundsbergissä rakennetuilla rakentamistavoilla on rakentamisen prosessiin. Tarkoituksena oli saada eri rakentamistapojen ominaisuudet kirjattua, jolloin projektin suunnitteluvaiheessa tätä opinnäytetyötä voisi käyttää avuksi rakentamistavan valinnassa. Opinnäytetyöhön saatiin koottua paljon eri rakentamistapaan vaikuttavia asioita ja tutkittua jo rakennettujen talojen tietoja. Haastatteluilla saatiin selville projektin eri tehtävissä olleiden henkilöiden näkemyksiä ja kokemuksia toteutuneista työmaista.

Mikäli tarkoituksena on rakentaa paljon taloja, voisi rakentamistapoja hyödyntää niin, että pitkästä tavarasta tai suurelementeistä rakennetaan kesäisin ja tilaelementeistä talvisin. Keväällä alkaisi maankaivu ja perustusten teko kesällä rakennettaville taloille, jolloin päästään tekemään talon runkotöitä kesällä. Syksyksi ja talveksi päästäisiin sisätöihin. Tilaelementtitaloille tehtäisiin maanrakennus- ja perustustyöt syksyisin ja talvisin. Tämä menetelmä olisi eri rakentamistavoille riskien ja kustannusten osalta kaikkein paras ratkaisu.

Tätä tutkimusta tehdessä sai huomata sen, että rakentamistavan valintaan vaikuttaa todella monta asiaa. Mitään yksiselitteistä ratkaisua rakentamistavan valinnalle ei ole, vaan jokaisessa projektissa eri rakentamistavat on otettava kokonaisvaltaiseen tarkasteluun. Tämän opinnäytetyön tulisi antaa mahdollisimman hyvän kuvan rakentamistapojen eduista ja haitoista. Näiden perusteella rakennuttajalla olisi jonkinlainen käsitys eri rakennustavoista ja uuden projektin rakentamistapa olisi helpompi valita. Rakennuttajan kokemukset ja mieltymykset vaikuttavat myös rakennustavan valintaan.

Kustannusten osalta tietoja oli hankala saada, koska kohteissa ei ole suoritettu kustannusten jälkilaskentaa. Tästä syystä insinööriyössä päädyttiin laskemaan kustannukset suuruusluokkana ja vertailemaan niiden eroja. Mikäli jälkilaskenta olisi suoritettu, olisi toteutuneiden kustannusten vertailu ollut paljon helpompaa.

7 Yhteenveto

Tässä opinnäytetyössä pyrittiin saamaan selville, mikä vaikutus eri rakentamistavoilla on puurakenteisen pientalojen toteuttamisessa. Rakentamistapojen vertailuun otettiin kolme rakentamistapaa, joilla on rakennettu taloja Sundsbergiin, Kirkkonummelle. Tarkoituksena oli saada selvitettyä miten eri rakentamistavat vaikuttavat aikataulun, laadun, kustannusten ja riskien osalta rakentamiseen. Eri rakentamistapojen vaikutukset oli tarkoitus saada kirjattua tähän opinnäytetyöhön ja samalla saada ohjeistus työn tilaajalle rakentamistavan valintaan, tulevissa asuinalueiden rakentamiskohteissa.

Asetetut tavoitteet saavutettiin. Rakennustapoihin vaikuttavat asiat saatiin kirjattua, mutta mitään selkeälinjaista ohjeistusta ei voi antaa rakentamistavan valinnassa. Rakennustavoista ei voi sanoa, että tietyllä tavalla rakentaminen olisi kaikkein paras. Jokaisessa projektissa on arvioitava uusiksi, mikä on kyseiseen projektiin paras rakentamistapa, projektiin vaikuttavien parametrien suhteen. Aikataulun ja kustannusten osalta erot ovat hyvin pieniä, mutta ne voivat olla ratkaisevia tekijöitä rakennustavan valinnassa.

Lähteet

- [1] EKE:n historia. Verkkodokumentti. EKE Oy. <http://www.eke.fi/konserni/historia/>. Luettu 3.3.2011
- [2] EKE:n konserni. Verkkodokumentti. EKE Oy. <http://www.eke.fi/konserni/>. Luettu 23.2.2011
- [3] EKE:n rakentaminen. Verkkodokumentti. EKE Oy. <http://www.eke.fi/liiketoiminta/rakentaminen/>. Luettu 23.2.2011
- [4] EKE:n asuntorakentaminen. Verkkodokumentti. EKE Oy. <http://www.eke.fi/liiketoiminta/rakentaminen/asuntorakentaminen/>. Luettu 23.2.2011
- [5] EKE:n toimitilarakentaminen. Verkkodokumentti. EKE Oy. <http://www.eke.fi/liiketoiminta/rakentaminen/toimitilarakentaminen/>. Luettu 23.2.2011
- [6] Sundsbergin kyläsivut. Verkkodokumentti. http://www.sundsberg.fi/sundsberg/sijainti/fi_FI/sijainti/. Luettu 3.3.2011
- [7] EKE:n pientaloalueet Suomessa. Verkkodokumentti. EKE Oy: http://www.eke.fi/liiketoiminta/rakentaminen/asuntorakentaminen/pientaloalueet_suomi/. Luettu 3.3.2011
- [8] EKE 2009
- [9] Sundsbergin kyläsivut. Verkkodokumentti. http://www.sundsberg.fi/sundsberg/palvelut/fi_FI/palvelut/. Luettu 24.2.2011
- [10] EKE 2010
- [11] Puutalon runkotyöt 2006. Rakentajan tietokirjat. Gummerus Kirjapaino Oy. Helsinki
- [12] Wikipedia. Verkkodokumentti. <http://fi.wikipedia.org/wiki/Suurelementti>. Luettu 15.4.2011
- [13] Teollinen puurakentaminen 1995. Rakennustieto Oy. Vammalan kirjapaino Oy
- [14] EKE 2002
- [15] Pientalon rakentaminen 2003. Rakennustieto Oy. Helsinki
- [16] Rakennustöiden laatu 2009. Talonrakennusteollisuus Ry. Helsinki
- [17] Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset 2010. Rakennustieto. Hämeenlinna

- [18] Nissinen Sampsa 2010. Uuden asunnon laatu. Rakennusteollisuus RT. Suomen Rakennusmedia Oy
- [19] Hyttinen Rainer 1984. Puuelementtirakentaminen. Rakentajain kustannus Oy. Helsinki

Puurunkotyön tekniset laatuvaatimukset

Rakennustöiden laatu 2009, Talonrakennusteollisuus ry, s. 156

156

51 Puurunkotyö

Puurunkotyön teknisiä laatuvaatimuksia

Tarvikkeet

Puutavaran ominaisuudet ja viat, määritelmät ja arviointimenetelmät RT 21-10750

Sahatun ja mitallistetun puutavaran valmistustarkkuudet

RunkoRYL 2000, taulukko 511:T1

Höylätyn puutavaran valmistustarkkuudet

RunkoRYL 2000, taulukko 511:T2

Liimapuun valmistustarkkuudet

RunkoRYL 2000, taulukko 511:T4

Viilupuun valmistustarkkuudet

RunkoRYL 2000, taulukko 511:T5

Levyrakenteisten runkotarvikkeiden valmistustarkkuudet

RunkoRYL 2000, taulukko 511:T6

Valmis työ

Toleranssiluokitus

Luokka 1

Rakennusosat, joilta vaaditaan erityistä mittatarkkuutta ja joille asetetaan erityisen korkeat ulkonäkövaatimukset.

Luokka 2

Asuin-, liike- ja toimisto- tai vastaavien rakennusten rakennusosat. Luokka 2 on yleisimmin käytetty asennustarkkuusluokka.

Luokka 3

Hallirakennusten yms. tilojen rakennusosat, joille voidaan sallia luokkaa 2 alhaisemmat mittatarkkuus- ja ulkonäkövaatimukset.

Rakenteet

RT 82-10820 Pientalon puurakenteet. Avoin puurakennejärjestelmä

RT 82-10838 Puukerrostalon rakenteet.

Avoin puurakennejärjestelmä

Puutavaran valmistustarkkuus (RunkoRYL 2000, luku 511.111)

	pituuden suurin sallittu poikkeama
Pituuden mukaan lajiteltu puutavara	-25 mm...+50 mm
Määrämittaan katkaistu puutavara	±2 mm

Sahattu ja höylätty puutavara (RunkoRYL 2000, luku 511.11)

	laatuiluokkavaatimus
Puurunkotyö yleensä	vähintään laatuluokka C*
Näkyviin jäävät rungon osat	vähintään laatuluokka B*
Kantavat rakenteet ja niiden osat	lujuusluokiteltua ja leimattua rakennepuutavaraa

* = Laatuiluokitus on esitetty sivulla 164.

Puurakenteisten seinien asennustarkkuudet (RunkoRYL 2000, taulukko 511:T7)

ulottuvuus ja sijainti	suurin sallittu poikkeama		
	luokka 1	luokka 2	luokka 3
Sivusijainti perussuorasta	±3 mm	±5 mm	±10 mm
Runkotolppien väli	±3 mm	±5 mm	±10 mm
Ikkuna- ja oviaukkojen koko	±3 mm	±5 mm	±10 mm
Ikkuna- ja oviaukkojen sijainti	±3 mm	±5 mm	±10 mm
Vapaa väli (vastakkaiset seinät)	±3 mm	±5 mm	±10 mm
Seinärunгон suoruu*	±1,5 ‰	±1,5 ‰	±1,5 ‰
Seinärunгон poikkeama pystysuorasta			
• korkeus enintään 3 m	±5 mm	±5 mm	±5 mm
• korkeus yli 3 m	±8 mm	±8 mm	±8 mm

* = 1,5 ‰ mittauspituudesta, kun mittauspituus on vähintään 2 m.

Pilarirunгон asennustarkkuudet (RunkoRYL 2000, taulukko 511:T10)

ulottuvuus ja sijainti	suurin sallittu poikkeama		
	luokka 1	luokka 2	luokka 3
Sivusijainti perussuorasta	±6 mm	±12 mm	±20 mm
Vapaaväli	±6 mm	±12 mm	±20 mm
Pilarin yläpäähän jai tukipintojen korkeusasema			
	±4 mm	±8 mm	±12 mm
Suoruus**	±1,5 ‰	±1,5 ‰	±1,5 ‰
Poikkeama pystysuorasta			
• korkeus enintään 6 m	±3 mm	±5 mm	±8 mm
• korkeus yli 6 m	±4 mm	±8 mm	±12 mm

** = 1,5 ‰ mittauspituudesta, kun mittauspituus on vähintään 2 m.

Puuelementtityön tekniset laatuvaatimukset

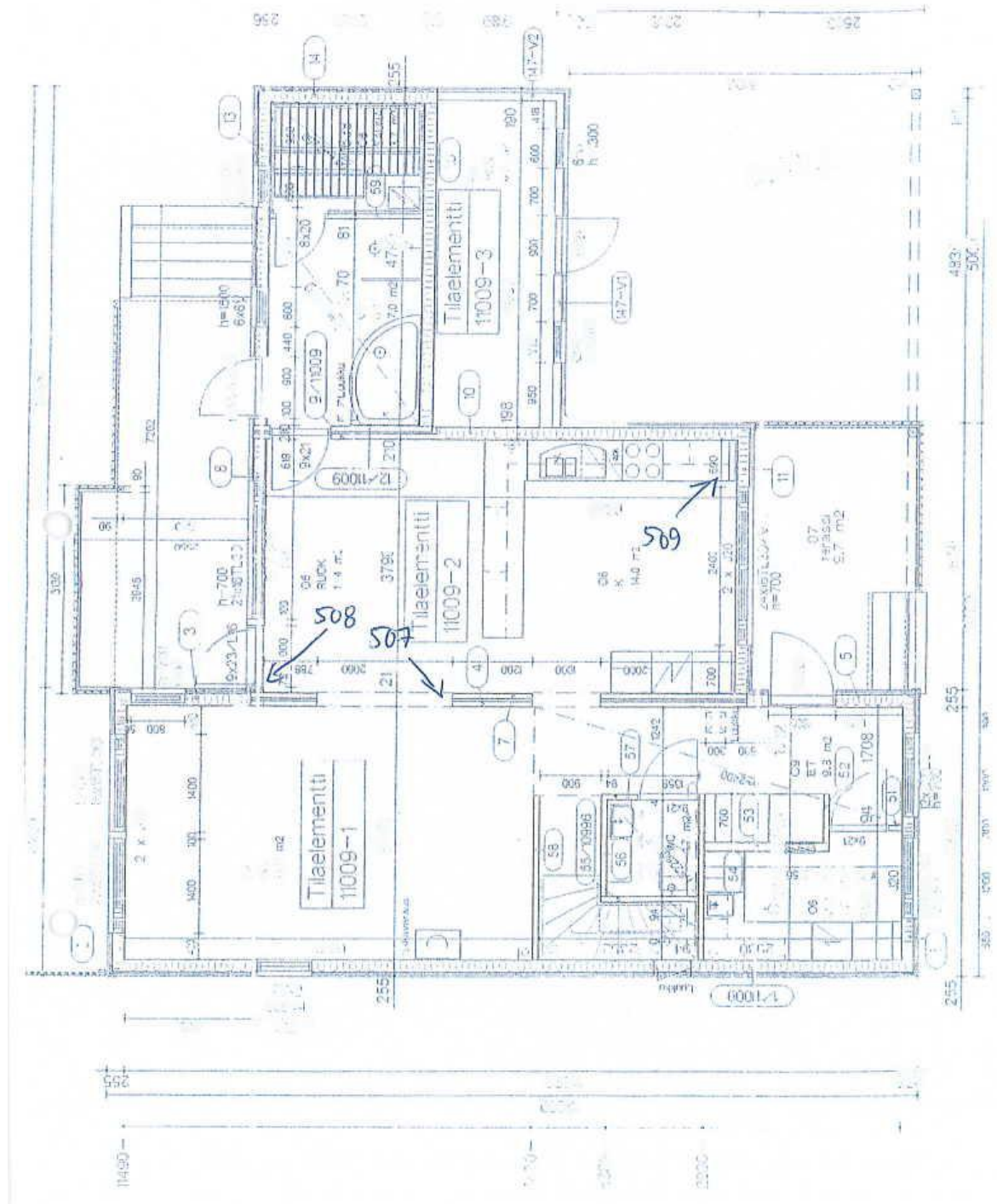
Rakennustöiden laatu 2009, Talonrakennusteollisuus ry, s. 176

176	53 Puuelementtityö																																																																																																																																														
<p>Puuelementtityön teknisiä laatuvaatimuksia</p> <p>Tarvikkeet</p> <p>Toleranssiluokitus</p> <p><i>Luokka 1</i> Elementit, joita käytetään asuin-, liike-, toimisto- tai vastaavien rakennusten rakennusosat. Yleisimmin käytetty toleranssiluokka.</p> <p><i>Luokka 2</i> Elementit, joita käytetään muiden rakennusten, esimerkiksi varastorakennusten, rakennusosissa ja joita ei vaadita erityistä mittajärkkyyttä.</p> <p>Liimapuuelementtien liimausluokkavaatimukset</p> <p>Kosteusluokissa 1 ja 2: liimausluokka I</p> <p>Sisä- ja ulkokuivarakenne, rakenteen on oltava katetussa tilassa sekä alta että sivulta hyvin kastumiselta suojattu.</p> <p>Kosteusluokissa 3 ja 4: liimausluokka U</p> <p>Kosteassa tilassa, esim ulkona säälle alttiina, tai veden välittömän vaikutuksen alaisena oleva rakenne.</p> <p>Valmis työ</p> <p>Toleranssiluokitus</p> <p><i>Luokka 1</i> Rakennusosat, joilta vaaditaan erityistä mittatarkkuutta ja joille asetetaan erityisen korkeat ulkonäkövaatimukset.</p> <p><i>Luokka 2</i> Asuin-, liike-, toimisto- tai vastaavien rakennusten rakennusosat. Yleisimmin käytetty toleranssiluokka.</p> <p><i>Luokka 3</i> Hallirakennusten yms. sellaisten tilojen rakennusosat, joille voidaan sallia luokkaa 2 alhaisemmat mittatarkkuus- ja ulkonäkövaatimukset.</p> <p>RT STM-21226 Valtioneuvoston asetus elementtirakentamisen työturvallisuudesta Ratu KI-6006 Rakennuskoneiden käyttöturvallisuus RT 85-10496 Puuristikot ja -kehat</p>	<p>Seinäelementtien valmistustarkkuudet (RunkoRYL 2000, taulukko 53:T1)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">ulottuvuudet ja sijainti</th> <th colspan="2">suurin sallittu poikkeama, mm</th> </tr> <tr> <th>luokka 1</th> <th>luokka 2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Leveys</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>• leveys < 2,1 m</td> <td>±3</td> <td>±5</td> </tr> <tr> <td>• leveys 2,1...6,0 m</td> <td>±0,15 %</td> <td>±0,25 %</td> </tr> <tr> <td>• leveys > 6,0 m</td> <td>±10</td> <td>±20</td> </tr> <tr> <td>Korkeus</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>• korkeus < 3,0 m</td> <td>±3</td> <td>±5</td> </tr> <tr> <td>• korkeus 3,0...6,0 m</td> <td>±0,15 %</td> <td>±0,25 %</td> </tr> <tr> <td>• korkeus > 6,0 m</td> <td>±10</td> <td>±20</td> </tr> <tr> <td>Paksuus ilman ulkoverhousta kiinnitystuen kohdalla</td> <td>±3</td> <td>±5</td> </tr> <tr> <td>Paksuus ilman ulkoverhousta kiinnitystukien välillä</td> <td>±4</td> <td>±6</td> </tr> <tr> <td>Nurkkapisteiden välisten ristimittojen ero</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>• elementin leveys < 2,1 m</td> <td>±4</td> <td>±7</td> </tr> <tr> <td>• elementin leveys 2,1...6,0 m</td> <td>±0,15 %</td> <td>±0,25 %</td> </tr> <tr> <td>• elementin leveys > 6,0 m</td> <td>±15</td> <td>±28</td> </tr> <tr> <td>Ovi- ja ikkuna-aukkojen sijainti</td> <td>±3</td> <td>±5</td> </tr> </tbody> </table> <p>Ala-, väli- ja yläpohjalelementtien valmistustarkkuudet (RunkoRYL 2000, 53:T2)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">ulottuvuudet ja sijainti</th> <th colspan="2">suurin sallittu poikkeama, mm</th> </tr> <tr> <th>luokka 1</th> <th>luokka 2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Pituus</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>• pituus ≤ 6,0 m</td> <td>±0,15 %</td> <td>±0,25 %</td> </tr> <tr> <td>• pituus > 6,0 m</td> <td>±10</td> <td>±20</td> </tr> <tr> <td>Leveys</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>• leveys < 2,1 m</td> <td>±3</td> <td>±5</td> </tr> <tr> <td>• leveys 2,1...6,0 m</td> <td>±0,15 %</td> <td>±0,25 %</td> </tr> <tr> <td>• leveys > 6,0 m</td> <td>±10</td> <td>±20</td> </tr> <tr> <td>Paksuus</td> <td>±4</td> <td>±6</td> </tr> <tr> <td>Nurkkapisteiden välisten ristimittojen ero</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>• elementin pituus ≤ 6,0 m</td> <td>±0,15 %</td> <td>±0,25 %</td> </tr> <tr> <td>• elementin pituus > 6,0 m</td> <td>±15</td> <td>±28</td> </tr> </tbody> </table> <p>Seinäelementtien asennustoleranssit (RunkoRYL 2000, taulukko 53:T3)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">ulottuvuudet ja sijainti</th> <th colspan="3">suurin sallittu poikkeama, mm</th> </tr> <tr> <th>luokka 1</th> <th>luokka 2</th> <th>luokka 3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Elementin sivusijainti perussuorasta</td> <td>±5</td> <td>±8</td> <td>±12</td> </tr> <tr> <td>Vapaa väli, vastakkaiset seinät</td> <td>±5</td> <td>±8</td> <td>±12</td> </tr> <tr> <td>Seinän poikkeama pystysuorasta</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>• korkeus enintään 3 m</td> <td>±3</td> <td>±5</td> <td>±8</td> </tr> <tr> <td>• korkeus yli 3 m</td> <td>±5</td> <td>±8</td> <td>±12</td> </tr> <tr> <td>Sauman leveyspoikkeama nimellimitasta</td> <td>±3</td> <td>±5</td> <td>±8</td> </tr> <tr> <td>Ulkosauman hammastus, puuverhou</td> <td>3</td> <td>5</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>Seinäelementin yläreunan hammastus</td> <td>3</td> <td>5</td> <td>8</td> </tr> </tbody> </table> <p>Ala-, väli- ja yläpohjalelementtien asennustoleranssit (RunkoRYL 2000, 53:T4)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">ulottuvuudet ja sijainti</th> <th colspan="3">suurin sallittu poikkeama, mm</th> </tr> <tr> <th>luokka 1</th> <th>luokka 2</th> <th>luokka 3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Elementin sivusijainti perussuorasta</td> <td>±5</td> <td>±8</td> <td>±12</td> </tr> <tr> <td>Sauman hammastus elementin yläpinnassa ala- ja väli- ja välipohjissa*</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>4</td> </tr> </tbody> </table> <p>* = hammastus hiotaan/tasoitetaan ennen lattianpäällysteen asentamista.</p> <p>© Talonrakennusteollisuus ry ja Rakennustietosäätiö RTS</p>	ulottuvuudet ja sijainti	suurin sallittu poikkeama, mm		luokka 1	luokka 2	Leveys			• leveys < 2,1 m	±3	±5	• leveys 2,1...6,0 m	±0,15 %	±0,25 %	• leveys > 6,0 m	±10	±20	Korkeus			• korkeus < 3,0 m	±3	±5	• korkeus 3,0...6,0 m	±0,15 %	±0,25 %	• korkeus > 6,0 m	±10	±20	Paksuus ilman ulkoverhousta kiinnitystuen kohdalla	±3	±5	Paksuus ilman ulkoverhousta kiinnitystukien välillä	±4	±6	Nurkkapisteiden välisten ristimittojen ero			• elementin leveys < 2,1 m	±4	±7	• elementin leveys 2,1...6,0 m	±0,15 %	±0,25 %	• elementin leveys > 6,0 m	±15	±28	Ovi- ja ikkuna-aukkojen sijainti	±3	±5	ulottuvuudet ja sijainti	suurin sallittu poikkeama, mm		luokka 1	luokka 2	Pituus			• pituus ≤ 6,0 m	±0,15 %	±0,25 %	• pituus > 6,0 m	±10	±20	Leveys			• leveys < 2,1 m	±3	±5	• leveys 2,1...6,0 m	±0,15 %	±0,25 %	• leveys > 6,0 m	±10	±20	Paksuus	±4	±6	Nurkkapisteiden välisten ristimittojen ero			• elementin pituus ≤ 6,0 m	±0,15 %	±0,25 %	• elementin pituus > 6,0 m	±15	±28	ulottuvuudet ja sijainti	suurin sallittu poikkeama, mm			luokka 1	luokka 2	luokka 3	Elementin sivusijainti perussuorasta	±5	±8	±12	Vapaa väli, vastakkaiset seinät	±5	±8	±12	Seinän poikkeama pystysuorasta				• korkeus enintään 3 m	±3	±5	±8	• korkeus yli 3 m	±5	±8	±12	Sauman leveyspoikkeama nimellimitasta	±3	±5	±8	Ulkosauman hammastus, puuverhou	3	5	8	Seinäelementin yläreunan hammastus	3	5	8	ulottuvuudet ja sijainti	suurin sallittu poikkeama, mm			luokka 1	luokka 2	luokka 3	Elementin sivusijainti perussuorasta	±5	±8	±12	Sauman hammastus elementin yläpinnassa ala- ja väli- ja välipohjissa*	3	4	4
ulottuvuudet ja sijainti	suurin sallittu poikkeama, mm																																																																																																																																														
	luokka 1	luokka 2																																																																																																																																													
Leveys																																																																																																																																															
• leveys < 2,1 m	±3	±5																																																																																																																																													
• leveys 2,1...6,0 m	±0,15 %	±0,25 %																																																																																																																																													
• leveys > 6,0 m	±10	±20																																																																																																																																													
Korkeus																																																																																																																																															
• korkeus < 3,0 m	±3	±5																																																																																																																																													
• korkeus 3,0...6,0 m	±0,15 %	±0,25 %																																																																																																																																													
• korkeus > 6,0 m	±10	±20																																																																																																																																													
Paksuus ilman ulkoverhousta kiinnitystuen kohdalla	±3	±5																																																																																																																																													
Paksuus ilman ulkoverhousta kiinnitystukien välillä	±4	±6																																																																																																																																													
Nurkkapisteiden välisten ristimittojen ero																																																																																																																																															
• elementin leveys < 2,1 m	±4	±7																																																																																																																																													
• elementin leveys 2,1...6,0 m	±0,15 %	±0,25 %																																																																																																																																													
• elementin leveys > 6,0 m	±15	±28																																																																																																																																													
Ovi- ja ikkuna-aukkojen sijainti	±3	±5																																																																																																																																													
ulottuvuudet ja sijainti	suurin sallittu poikkeama, mm																																																																																																																																														
	luokka 1	luokka 2																																																																																																																																													
Pituus																																																																																																																																															
• pituus ≤ 6,0 m	±0,15 %	±0,25 %																																																																																																																																													
• pituus > 6,0 m	±10	±20																																																																																																																																													
Leveys																																																																																																																																															
• leveys < 2,1 m	±3	±5																																																																																																																																													
• leveys 2,1...6,0 m	±0,15 %	±0,25 %																																																																																																																																													
• leveys > 6,0 m	±10	±20																																																																																																																																													
Paksuus	±4	±6																																																																																																																																													
Nurkkapisteiden välisten ristimittojen ero																																																																																																																																															
• elementin pituus ≤ 6,0 m	±0,15 %	±0,25 %																																																																																																																																													
• elementin pituus > 6,0 m	±15	±28																																																																																																																																													
ulottuvuudet ja sijainti	suurin sallittu poikkeama, mm																																																																																																																																														
	luokka 1	luokka 2	luokka 3																																																																																																																																												
Elementin sivusijainti perussuorasta	±5	±8	±12																																																																																																																																												
Vapaa väli, vastakkaiset seinät	±5	±8	±12																																																																																																																																												
Seinän poikkeama pystysuorasta																																																																																																																																															
• korkeus enintään 3 m	±3	±5	±8																																																																																																																																												
• korkeus yli 3 m	±5	±8	±12																																																																																																																																												
Sauman leveyspoikkeama nimellimitasta	±3	±5	±8																																																																																																																																												
Ulkosauman hammastus, puuverhou	3	5	8																																																																																																																																												
Seinäelementin yläreunan hammastus	3	5	8																																																																																																																																												
ulottuvuudet ja sijainti	suurin sallittu poikkeama, mm																																																																																																																																														
	luokka 1	luokka 2	luokka 3																																																																																																																																												
Elementin sivusijainti perussuorasta	±5	±8	±12																																																																																																																																												
Sauman hammastus elementin yläpinnassa ala- ja väli- ja välipohjissa*	3	4	4																																																																																																																																												

Kustannusvertailu

Asuntojen kustannusvertailu prosentteina			
Kustannukset	Tilaelementti	Suurelementti	Paikalla rakentaen
Rakennuttamiskulut	6,7 %	6,5 %	9,2 %
Maanrakennus- ja perustustyöt	17,4 %	17,0 %	24,7 %
Runko, vesikatto, sisätyöt	71,9 %	69,9 %	48,4 %
LVIS-työt	4,0 %	6,6 %	17,6 %
	100,0 %	100,0 %	100,0 %
Asunnon koko	77 m ²	80,5 m ²	75 m ²
Indeksikorotus 3 vuoden ajalta	5,2 %	5,2 %	0,0 %
Hintaero prosenteissa halvimpaan rakentamistapaan	0,0 %	2,2 %	3,1 %

Lämpökuvakartta



Lämpövuotokuva sivulta 27, on otettu numeron 508 osoittamasta kohdasta. Kuva on otettu nurkasta jossa on kahden elementin sauma. Nurkan lämmöneristys oli puutteellinen ja aiheutti korjaustoimenpiteen.

Lähde: EKE 2009