

Janne Holm

Kahden eri tavalla rakennetun ulkoseinän vertailu

Opinnäytetyö

Kevät 2010

Tekniikan yksikkö

Rakennustekniikan Koulutusohjelma

Talonrakennustekniikka



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

OPINNÄYTETYÖN TIIVISTELMÄ

Koulutusyksikkö: Tekniikan yksikkö

Koulutusohjelma: Rakennustekniikan ko

Suuntautumisvaihtoehto: Talonrakennustekniikan suuntautumisvaihtoehto

Tekijä: Janne Holm

Työn nimi: Kahden eri tavalla rakennetun ulkoseinän vertailu

Ohjaaja: Ilkka Loukola

Vuosi: 2010

Sivumäärä: 32

Liitteiden lukumäärä: 3

Lemminkäinen Talo Oy Länsi-Suomella on ollut tapana rakentaa kerrostalojen puurakenteiset ulkoseinät paikalla rakentaen itse. Nyt on tullut ajankohtaiseksi sekä mahdolliseksi rakentaa ulkoseinät hyödyntäen elementtitekniikkaa. Tätä tekniikkaa on nyt käytetty yhdessä kohteessa, Oy Sairaalanrinne S talossa Seinäjoella.

Työn tarkoituksena oli tarkastella kahden toisistaan eroavan ulkoseinän rakennustapojen eroavaisuuksia. Eroavaisuuksia tarkasteltiin erityisesti kustannusten ja työturvallisuuden kannalta.

Sillä, rakennetaanko ulkoseinä paikalla vai elementeistä, voidaan vaikuttaa rakennushankkeen kustannuksiin ja rakennusaikaan huomattavan paljon.

Vertailun tuloksista voidaan todeta, että elementtirakentaminen on sekä nopeampaa että kustannustehokkaampaa. Elementtirakentaminen karsii monia työvaiheita pois ja näin ollen lyhentää rakennusaikaa useita viikkoja. Työturvallisuuden suhteen merkittäviä eroja ei juuri ollut kahden eri menetelmän välillä.

Asiasanat: Vertailu, puuelementti, ulkoseinä, paikalla rakennettu

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of Technology

Degree programme: Construction Engineering

Specialisation: Building Construction

Author: Janne Holm

Title of the thesis: Comparison of two different types of building methods for outer walls

Supervisor: Ilkka Loukola

Year: 2010

Number of pages: 32

Number of appendices: 3

Lemminkäinen Talo Oy Länsi-Suomi has been constructing timber outer walls for their apartment houses on construction site. However, it has become possible to build the outer walls now using timber elements. This technique has now been used to build the house Oy Sairaalanrinne S- talo in Seinäjoki.

The aim of this thesis is to investigate the differences in these two different ways of building outer walls. The differences are examined mostly based on the costs and the work safety of employees.

Whether the outer walls are built on the worksite by hand from scratch, or from timber elements, can influence the costs of a building project greatly.

From the results of the comparison we can notice that building using timber elements is faster and more cost efficient. Timber element building method eliminates several work steps and therefore reduces the time to construct the building. There were no significant differences between the work safety between these two building methods.

Keywords: Comparison, timber element, outer wall, built on site

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

SISÄLLYS

KÄYTETYT TERMIT JA LYHENTEET

KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

1 JOHDANTO	8
1.1 Opinnäytetyön tausta.....	8
1.2 Opinnäytetyön tavoite.....	8
1.3 Opinnäytetyön rakenne	8
1.4 Yritysesittely	9
2 TEORIA	10
2.1 Yleistä	10
2.2 Paikalla rakennettu puu-ulkoseinä	11
2.2.1 Rakenteiden koostumus ja ominaisuudet	12
2.2.2 Työvaiheet ja rakennusaika.....	13
2.2.3 Työturvallisuus.....	14
2.2.4 Kustannukset	16
2.3 Puu-ulkoseinäelementit.....	17
2.3.1 Rakenteiden koostumus ja ominaisuudet	19
2.3.2 Työvaiheet ja rakennusaika.....	21
2.3.3 Työturvallisuus.....	21
2.3.4 Elementtien nosto ja asennustyö.....	22
2.3.5 Elementtien tuenta ja kiinnitys.....	23
2.3.6 Kustannukset	24
3 RAKENNUSTAPOJEN VERTAILU.....	26
4 YHTEENVETO	28

LÄHTEET 31

LIITTEET 32

Liite 1. US001P3

Liite 2. Välipohjaliittymä, elementtien asennus

Liite 3. Välipohjaliittymä VP1

KÄYTETYT TERMIT JA LYHENTEET

RakMK	Rakentamismääräyskokoelma. Rakentamismääräyskokoelman määräykset koskevat uuden rakennuksen rakentamista.
RT	Rakennustietokortisto. Kortistosta löytyvät ratkaisut ja esimerkit suunnitteluun ja rakentamiseen.
Tth	Työntekijätunti.

KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

KUVIO 1. Pystyleikkauskuva paikalla rakennetusta puu-ulkoseinästä

KUVIO 2. Suojakaiteen oikeaoppinen käyttötapa

KUVIO 3. Ikkunoiden asentamista elementtitehtaalla

KUVIO 4. Ikkuna asennettuna elementtitehtaalla

KUVIO 5. Puu-ulkoseinäelementti asennettuna ja johon on julkisivutiilet elementin asennuksen jälkeen muurattuna

KUVIO 6. Pystyleikkauskuva elementistä

KUVIO 7. Välipohjaliittymä

TAULUKKO 1. Pystyleikkauskuva paikalla rakennetusta puu-ulkoseinästä

TAULUKKO 2. Työntekijätunnit neliötä kohden

TAULUKKO 3. Kustannukset neliötä kohden

TAULUKKO 4. Ulkoseinäelementtien rakennekerrokset kuvassa 7

TAULUKKO 5. Työntekijätunnit neliötä kohden

TAULUKKO 6. Kustannukset neliötä kohden

TAULUKKO 7. Vertailu

1 JOHDANTO

1.1 Opinnäytetyön tausta

Tämä opinnäytetyö on tehty Seinäjoen ammattikorkeakoulun rakennustekniikan koulutusohjelmassa kevään 2010 aikana. Opinnäytetyö on tehty Oy Konte Ab:lle, joka on vuoden 2010 alusta tunnettu nimellä Lemminkäinen Talo Oy Länsi-Suomi.

Opinnäytetyön aiheen on tarjonnut Sakari Kuusio, Seinäjoen alueen aluepäällikkö.

Työn ohjaajana on toiminut Seinäjoen ammattikorkeakoulussa lehtori Ilkka Loukola. Lemminkäinen Talo Oy Länsi-Suomen puolesta ohjaajana on toiminut Sakari Kuusio.

1.2 Opinnäytetyön tavoite

Tässä opinnäytetyössä syvennyttään tarkastelemaan kahden toisistaan eroavan ulkoseinän rakennustavan eroavaisuuksia. Eroavaisuuksia tarkastellaan itse rakenteiden koostumuksien ja ominaisuuksien, työvaiheiden ja rakennustavan, kustannusten sekä työturvallisuuden kannalta.

1.3 Opinnäytetyön rakenne

Opinnäytetyö jakautuu kahteen osaan, ominaisuuksien sekä tulosten vertailuun. Luvussa 2 esitellään teoria ja ulkoseinien ominaisuudet niin työturvallisuuden kuin kustannuksienkin kautta.

Kolmannessa luvussa kahta rakennustapaa vertaillaan ominaisuuksien, työturvallisuuden ja kustannusten kautta. Lopussa on yhteenveto tuloksista.

1.4 Yritysesittely

Byggnadsbyrå Konte Rakennustoimisto aloitti toimintansa 15.10.1954. Yhtiön perustajina ja omistajina olivat vaasalaiset rakennusmestarit Leo Mattfolk ja John Björkholm. Alussa yhtiö harjoitti pelkästään rakennusurakointia. Vuonna 1959 yhtiö osti ensimmäisen asuinkerrostalotonttinsa ja rakensi sille ensimmäisen perustaja-urakointimuotoisen asuinkerrostalon. (Lemminkäinen Talo Oy Länsi-Suomi 2010, [viitattu 23.3.2010].)

Vuonna 1971 yhtiömuoto muutettiin osakeyhtiöksi. Vuonna 1981 Oy Rakennustoimisto Konte Byggnadsbyrå Ab:n vanhat osakkeenomistajat myivät Konten koko osakekannan Suomen vanhimmalle rakennusliikkeelle, Oy Alfred A. Palmberg Ab:lle. Konten toimitusjohtajana jatkoi Leo Mattfolk 1.8.1982 asti, jonka jälkeen toimitusjohtajana on toiminut diplomi-insinööri Göran Pellfolk. Rakennusalan laman vuoksi Konte fuusioitiin Palmbergiin vuonna 1988 ja yhtiö toimi pari vuotta Konte-aputoiminimellä, kunnes Oy Konte Ab perustettiin uudestaan 1.10.1990. (Lemminkäinen Talo Oy Länsi-Suomi 2010, [viitattu 23.3.2010].)

Konte on vuosien mittaan perustanut useita aluekonttoreita – muun muassa 1980-luvulla Kauhajoelle ja Seinäjoelle sekä 1990-luvulla Poriin. Vuonna 1995 Konte aloitti rakennusalan viennin Ruotsiin toimien Västerbottenin ja Norrbottenin alueilla sekä lyhyen ajan myös Pohjois-Norjassa. Nykyään Konte on pääomistajana Uumajassa toimivassa rakennusliike Rekab Entreprenad Ab:ssa. (Lemminkäinen Talo Oy Länsi-Suomi 2010, [viitattu 23.3.2010].)

2 TEORIA

2.1 Yleistä

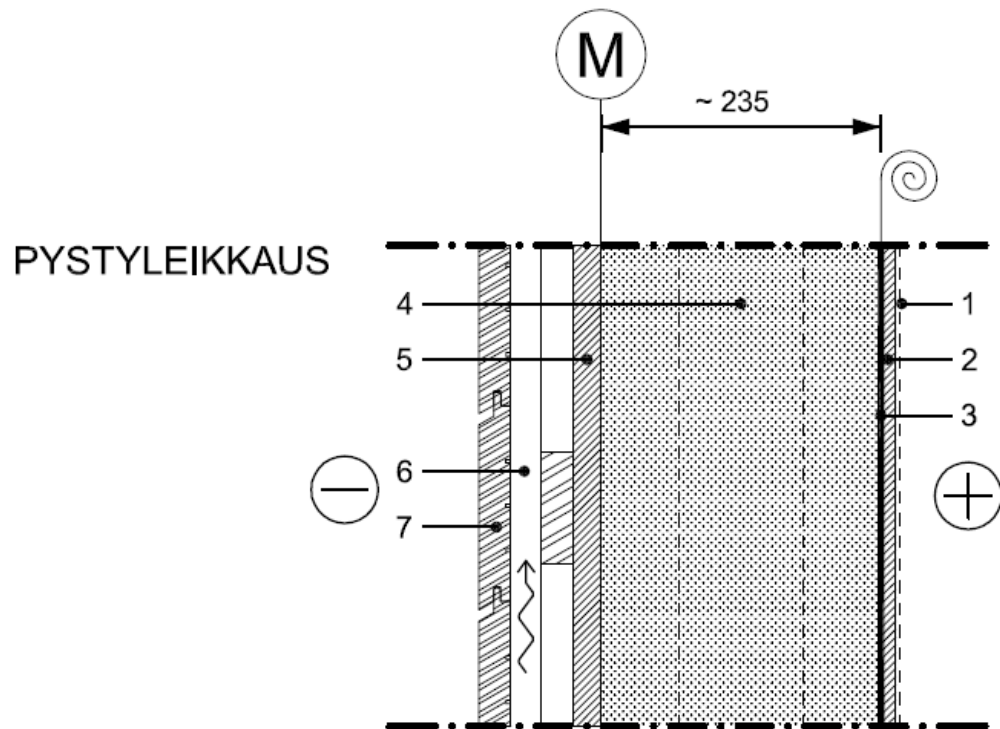
Ulkoseinä on tärkeä rakenne johon kohdistuu rasituksia ja vaatimuksia sisä- ja ulkopuolelta. Merkittävien rasituksista on suuret lämpötilaerot. Ulkopuolisia rasituksia ovat esimerkiksi vesisateet, lumi ja tuuli. Käyttäjän kannalta merkittävin vaatimus on riittävä lämmöneristys. Lämmöneristysvaatimukseen tuli merkittävä muutos 1.1.2010 ja sillä kumottiin ympäristöministeriön 19.6.2007 antama asetus rakennuksen lämmöneristyksestä. Lämmönläpäisykerroin seinälle muuttui $0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$:stä $0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$:iin. (RT RakMK-21402 2009.)

Ulkoseinän riittävä eristäminen vaikuttaa merkittävästi lämmityksen kustannuksiin. Tämä seikka on tärkeä asunnon omistajalle. *Ulkoseinän lämmönläpäisykerroin saa olla enintään $0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$ (alkaen 1.1.2010).* Tässä opinnäytetyössä käsitellään kohteita joiden rakentaminen on aloitettu ennen uutta asetusta lämmöneristyksestä. (RT 82-10838 2005.)

Kohteiden runkovaiheet, joita tässä opinnäytetyössä käsitellään, ovat toteutettu paikallavalamalla. Paikallavalettuja runkorakenteita käytetään yleisesti asuinkerrostaloissa. Paikallavalettu runko on yksinkertainen sekä suunnitella että toteuttaa. Samaan rakennusrunkoon voidaan hyvin sijoittaa erilaisia käyttötarkoituksia kuten asuntoja, toimistoja ja liiketiloja. Paikallavalettujen rakenteiden ääneneristysominaisuudet ovat hyvät tiiviiden rakenteiden ja työsaumojen ansiosta. (RT 82-10814 2004.)

2.2 Paikalla rakennettu puu-ulkoseinä

Paikalla rakennetun puu-ulkoseinän koostumus on sisältäpäin lueteltuna seuraavanlainen: pintakäsittely, sisäverhous/sisälevytys, ilman- ja höyrynsulku, uumatolat ja lämmöneriste, huokoinen puukuitulevy/tuulensuojalevy, tuuletusväli ja ulko-verhouslautojen kiinnityslaudat ja pintakäsitelty ulko-verhouslauta/muu ulko-verhous. Kuviossa 1 pystyleikkauskuva ja taulukossa 1 rakennekerrokset. (RT 82-10890 2007.)



KUVIO 1. Pystyleikkauskuva paikalla rakennetusta puu-ulkoseinästä. (Lemminkäinen Talo Oy Länsi-Suomi 2010.)

2.2.1 Rakenteiden koostumus ja ominaisuudet

TAULUKKO 1. Pystyleikkauskuva paikalla rakennetusta puu-ulkoseinästä.

Nro	Mitta / Tyyppi	Rakenneosa
1	ARK mukaan	Pintakäsittely
2	ARK mukaan	Sisäverhous, luokkavaatimus, D-s2, d2
3	RAK mukaan	Ilman- ja höyrynsulku [a]
4	RAK mukaan	Uumatolpat ja lämmöneriste [b]
5	$t \geq 25 \text{ mm}$	Huokoinen puukuitulevy [c]
6	RAK mukaan	Tuuletusväli ja ulkoverhouslautojen kiinnityslaudat [d]
7	ARK mukaan	Pintakäsitelty ulkoverhouslauta, [e] luokkavaatimus, D-s2, d2

Viitteet taulukossa 1:

[a] Ilman- ja höyrynsulun jatkokset limitetään tolpan ja ohjauspuiden kohdalla vähintään 200 mm siten, että jatkokset jäävät kahden kovan pinnan väliin. Mikäli ohjauspuita ei voida hyödyntää, tehdään erillinen tukirakenne.

[b] Puukuitueriste ruiskutettuna tai levynä.

[c] Tuulensuojalevyt kiinnitetään kaikilta reunoilta runkoon. Tarvittaessa levyn reunaan erillinen kiinnitysoiro.

[d] Kiinnityslaudan paksuus $t_{\text{kiinnityslauta}} = t_{\text{ulkoverhouslauta}}$, mutta vähintään $t_{\text{kiinnityslauta}} = 25 \text{ mm}$. Kiinnityslautojen jako enintään noin k600.

[e] Ulkoverhouslaudan paksuus $t \geq 23 \text{ mm}$, kun laudan leveys $b \leq 120 \text{ mm}$ ja $t \geq 28 \text{ mm}$, kun $b > 120 \text{ mm}$.

Huomioitavaa on, että tällä rakenteella saavutetaan U-arvo $\leq 0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$. Kuitenkin äänitekniisiä vaatimuksia saattaa olla liikennemelun takia. (Liite 1 US001P3.)

2.2.2 Työvaiheet ja rakennusaika

Puu-ulkoseinän rakentaminen aloitetaan, kun rakennuksen kantavat seinät ovat valmiit. Työssä edetään kerros kerrokselta ylöspäin. Rakennuksen kantavien seinien valmistuessa voidaan kerroksiin siirtää valmiiksi puu-ulkoseiniin tarvittavia materiaaleja, kuten mineraalivillaa, puutavaraa ja kipsilevyjä. Tämä nopeuttaa ulkoseinien rakentamista eikä materiaaleja tarvitse säilyttää ja suojata ulkona. Yleensä ei ole kuitenkaan mahdollista saada kaikkia tarvittavia materiaaleja kerroksiin, koska ne veisivät liikaa tilaa, jolloin itse rakentaminen vaikeutuisi ja hidastuisi. (Hiipakka 2010.)

Rakentaminen aloitetaan kiinnittämällä ala- ja yläsidepuut sekä runkotolpat. Runkotolpat tulevat yleensä k600 jaolla. Tässä vaiheessa kiinnitetään myös aukkojen pielipuut. Seuraavaksi kiinnitetään tuulensuojalevyt ja jäykistävät levyt. Lämmöneristys asennetaan seuraavaksi. Mineraalivillalevyt asennetaan niille varattuun tilaan ja painetaan tiiviisti takana olevaa tuulensuojalevyä vasten. Seuraava vaihe on seinien levytys, jossa kipsilevyt kiinnitetään ruuveilla runkotolppiin ja sidepuihin. Tämän jälkeen sisäpuolinen pinnoitus voi alkaa. (Viljakainen 2004, 70–104.)

Rakennusajat paikalla rakennetulle puu-rakenteiselle ulkoseinälle voivat vaihdella suuresti eri kohteiden välillä. Taulukossa 2 on esitettyinä kahden kohteen runko- ja vesikattorakenteiden toteutuneet tuntimäärät. (Hiipakka 2010.)

TAULUKKO 2. Työntekijätunnit neliötä kohden.

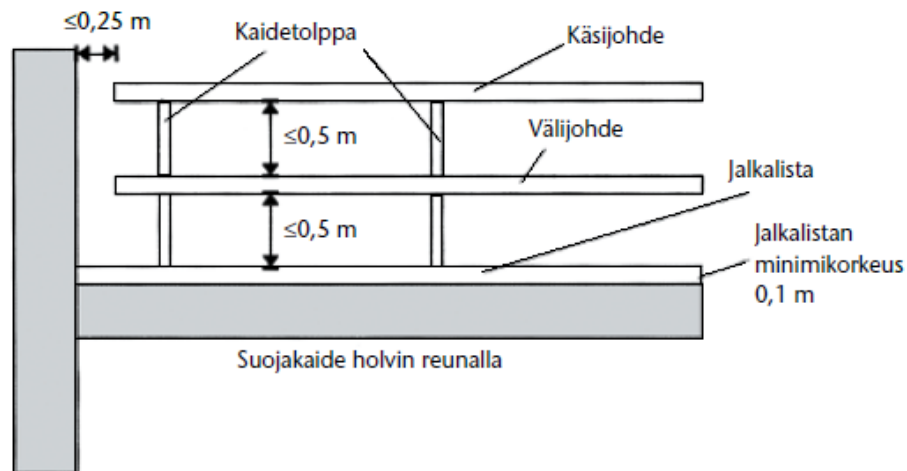
AS OY Huhtapuisto Seinäjoki					Tavoite
	m ²	tth	tth / m ²	m ² / tth	tth / m ²
	788	1284	1,63	0,61	1,516
AS OY Huhtarinne Seinäjoki					
	m ²	tth	tth / m ²	m ² / tth	tth / m ²
	798	1670	2,1	0,48	1,15

Näiden kahden kohteen välillä ero on kohtalaisen suuri. Kummassakaan kohteessa ei päästy tavoitteeseen, jotka olivat As Oy Huhtapuistossa 1,516 tuntia neliötä kohti ja As Oy Huhtarinteessä 1,15 tuntia neliötä kohti.

2.2.3 Työturvallisuus

Työturvallisuudessa on monta seikkaa jotka tulee ottaa huomioon rakentaessa. Ulkoseiniä rakentaessa tulee rakentaa putoamisen estävät suojakaiteet joiden on oltava mahdollisimman yhtenäisiä. Suojakaide tulee rakentaa aina kun mahdollinen putoamiskorkeus on yli 2 metriä. Tämän vuoksi ensimmäisessä kerroksessa ei aina tarvita suojakaiteita. Suojakaiteen korkeuden tulee olla vähintään 1 metri. Kaiteen johteet tulee sijoittaa siten, ettei minkään johteen alapuolella oleva pystysuora vapaa tila ole 0,5 metriä suurempi. Turvakaiteessa on myös hyvä olla jalkalista, joka estää esineiden putoamisen maahan. Jalkalistan minimikorkeus on 0,1 metriä. Kaiteet voidaan myös korvata vastaavan turvallisuuden antavilla verkoilla tai levyillä. (Ramirent Finland Oy, [viitattu 23.3.2010].)

Turvakaiteet voidaan kiinnittää joko laatan reunan ulko- tai sisäpuolelle. Kun turvakaide asennetaan laatan sisäpuolelle, se tulisi asentaa $\geq 1,5$ metrin etäisyydelle reunasta. Laatan ulkopuolelle asennettaessa turvakaide asennetaan noin 0,2 – 0,5 metrin päähän laatan reunasta. Kuviossa 2 on esitetty suojakaiteen oikeaoppinen käyttötapa. (Ramirent Finland Oy, [viitattu 23.3.2010].)



KUVIO 2. Suojakaiteen oikeaoppinen käyttötapa. (Ramirent Finland Oy 2008.)

Turvakaiteita kiinnitettäessä kiinnittäjällä tulee olla turvavaljaat, jotka estävät putoamisen. Valtioneuvoston asetuksessa rakennustyön turvallisuudesta pykälässä 76 kohdassa 2 kerrotaan ”Työntekijöillä on oltava asianmukaiset turvavaljaat, joita heidän on käytettävä, ja heidän on oltava valjaiden avulla kytkettyinä varmistusköyteen”. Samassa asetuksessa mainitaan, että aina on laadittava kirjallinen suunnitelma, kun työskennellään ja liikutaan köysien varassa. (RT STM-21419 2009.)

Asennustöissä käytetään usein suojavaaljaita. Suunnittelijan tulee määrätä paikat, joihin suojavaaljaat kiinnitetään, aina ei ole kuitenkaan helppo osoittaa niille luotettavia tartuntapisteitä. Vaarana on esimerkiksi, että jos valjaat on kiinnitetty esimerkiksi kevyeen ontelolaattaan, alas voi tulla sekä asentaja että laatta. (Korhonen. 2010.Rakennuslehti 44 (7), 11.)

Putoaminen aiheuttaa lähes puolet rakennusalan kuolemaan johtaneista tapaturmista. Ei riitä, että turvavaljaita käytetään, vaan myös niiden kiinnityskohdat pitää miettiä huolella. (Korhonen. 2010.Rakennuslehti 44 (7), 11.)

2.2.4 Kustannukset

Paikalla rakennetussa ulkoseinässä kustannuksia kertyy useammasta lähteestä. Suurimpia kustannusten aiheuttajia ovat työntekijätunnit ja itse materiaalit. Muita kustannusten aiheuttajia ovat tarvikkeiden ja materiaalien varastointi ja suojaus, turvakaiteet ja telineet. (Hiipakka 2010.)

Runko- ja vesikattorakenteiden toteutuneet kustannukset olivat As Oy Huhtarinteessä 56,64 €/m² ja As Oy Huhtapuistossa 51,95 €/m². Tavoitteena As Oy Huhtarinteessä oli 40,46 €/m² ja As Oy Huhtapuistossa 52,37 €/m². As Oy Huhtarinteessä ei päästy tavoitteeseen, mutta As Oy Huhtapuistossa tavoite jopa alitettiin. Taulukossa 3 kustannukset neliötä kohden. (Hiipakka 2010.)

TAULUKKO 3. Kustannukset neliötä kohden.

AS OY Huhtapuisto Seinäjoki				Tavoite
	m2	€	€/ m2	€/ m2
	788	40937	51,95	52,37
AS OY Huhtarinne Seinäjoki				
	m2	€	€/ m2	€/ m2
	798	45197	56,64	40,46

Työntekijätunteja kertyy itse seinän rakentamisesta huomattavan suuri osa. Työntekijätunteja kertyy myös kaikenlaisista materiaalien siirroista, varastoimisesta ja suojauksista, jotka ovat varsinkin talvella tarpeen. Työntekijätunteja aiheutuu myös telineiden ja turvakaiteiden asennuksesta ja poistosta. Lisäksi siivous aiheuttaa jonkin verran kustannuksia työntekijätunteina. (Hiipakka 2010.)

Tarvikkeiden ja materiaalien varastoimisesta ja suojaamisesta aiheutuu kustannuksia työmaalla. Kustannuksia aiheuttavat esimerkiksi suojapeitteet ja pressut sekä itse suojaaminen työntekijätunteina. Lisäksi tarvittava tila voi joskus olla suu-

rikin, mistä aiheutuu kustannuksia erityisesti ahtailla työmailla. Tällöin toki pyritään välttämään materiaalien varastoimista työmaalla. (Hiipakka 2010.)

2.3 Puu-ulkoseinäelementit

Puu-ulkoseinäelementit Oy Sairaalanrinne S talon rakennustyömaalle rakensi ja toimitti Vieskan elementti Oy Alavieskasta. Elementtejä toimitettiin työmaalle yhteensä 77 kappaletta ja niiden yhteenlaskettu pinta-ala on 1245,15 m². Pituus elementeillä vaihteli 2865 mm:stä 7950 mm:iin. Kaikki elementit olivat 2730 mm korkeita. Elementit toimitettiin työmaalle neljässä erässä. Toimitukset alkoivat viikolla 39 ensimmäisen ja toisen kerroksen elementeillä ja jatkuivat aina viikolle 41. Työmaalle tuotiin aina kahden kerroksen elementit yhdellä toimituskerralla. (Tilausvahvistus / urakkarajaliite. Vieskan elementti Oy 4.6.2009.)

Toimitukseen sisältyi sähkörasioiden ja -putkien asennus elementteihin tehtaan vakiokiinnityksiin. Sähköurakoitsija merkitsi elementtikuviin rasioiden ja putkien paikat. Elementeissä oli valmiiksi asennettuna lämpöpattereiden tuet. LVI-urakoitsija merkitsi niiden paikat elementtikuviin. Elementtien tilaaja merkitsi keittiökalusteiden kiinnitystuet elementtikuviin. (Tilausvahvistus / urakkarajaliite. Vieskan elementti Oy 4.6.2009.)

Ikkunat tulivat valmiiksi asennettuina ja tiivistettyinä elementteihin. Vesipellit ja niiden asennuksen hoiti tilaaja työmaalla. Elementtien tilaaja toimitti ikkunat joissa oli oltava samat tunnuksiset kuin ikkunakuvioissa ja pohjakuvissa. Ostaja toimitti ikkunat talo/huoneistokohtaisesti elementtitehtaalle, jossa ne asennettiin. Ikkunoiden tiivistys tapahtui villalla ja kitattuna sisäpuolelta. Ikkunoiden kiinnitys tapahtui nau-laamalla rungon puolelta. Ikkunoiden jälkiasennus eli käynnin tarkistus kuului tilaajalle samoin kuin perussäätökin. Kuviossa 3 ja -4 ikkunoiden asentamista elementtitehtaalla. (Tilausvahvistus / urakkarajaliite. Vieskan elementti Oy 4.6.2009.)



KUVIO 3. Ikkunoiden asentamista elementtitehtaalla. (Laitala 2010.)



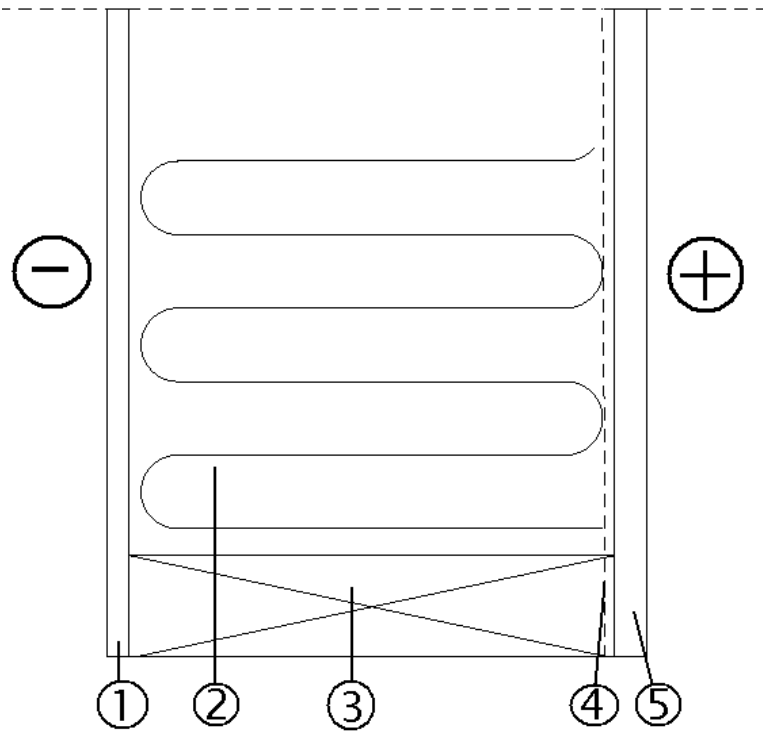
KUVIO 4. Ikkuna asennettuna elementtitehtaalla. (Laitala 2010.)

2.3.1 Rakenteiden koostumus ja ominaisuudet

Puu-ulkoseinäelementtien koostumus on sisältäpäin lueteltuna seuraavanlainen: sisäverhous/sisälevytys, ilman- ja höyrynsulku, uumatolpat ja lämmöneriste, huokoinen puukuitulevy/tuulensuoja. Kuviossa 5 puu-ulkoseinäelementti asennettuna. Kuviossa 6 pystyleikkauskuva elementistä. Taulukossa 4 ulkoseinäelementtien rakennekerrokset. (Hiipakka 2010.)



KUVIO 5. Puu-ulkoseinäelementti asennettuna ja johon on julkisivutiilet elementin asennuksen jälkeen muurattuna. (Hiipakka 2010.)



KUVIO 6. Pystyleikkauskuvaa elementistä. (Laitala 2010.)

TAULUKKO 4. Ulkoseinäelementtien rakennekerrokset kuviossa 6.

Nro	Rakenneosa ja mitat
1	Tuulensuojalevy KXT 9 mm, kiinnitys naulaamalla työmaalla
2	Villa 200 mm, Isover KL 37 -200
3	Puurunko 42 x 198 mm k600, lujuusluokka T24 (laatoitetut seinät k 400 : PH,WC)
4	Höyrynsulkumuovi 0,2 mm SFS-hyväksytty
5	Kipsilevy 13 mm KEK ja kiinnitys kipsilevyruuveilla + sisäpuolinen suojamuovi kipsilevyn ja tasakerran päällä

Puu-ulkoseinäelementin lämmönläpäisykerroin on 0,21 W/m²K. (Tilausvahvistus / urakkarajaliite. Vieskan elementti Oy 4.6.2009.)

2.3.2 Työvaiheet ja rakennusaika

Puu-ulkoseinäelementit asennettiin kerroksittain, kaksi kerrosta kerrallaan kuten ne myös työmaalle toimitettiin. Ensimmäisten kuuden kerroksen elementit jouduttiin asentamaan Nostopalvelu S. Uiton Ky:n autonosturilla, koska työmaan oma torninosturi oli kiinni muissa töissä. Ensimmäisen ja toisen kerroksen elementit asennettiin 24 päivä syyskuuta, kolmannen ja neljännen kerroksen elementit asennettiin 28 päivä syyskuuta ja viidennen ja kuudennen kerroksen elementit asennettiin 2 päivä lokakuuta. Seitsemännen ja kahdeksannen kerroksen elementit asennettiin torninosturilla 7 päivä lokakuuta. Työntekijätunnit neliötä kohden ovat esitettynä taulukossa viisi. (Hiipakka 2010.)

Elementit nostettiin nosturilla paikalleen ja niitä ohjasivat työmiehet, jotka olivat turvavaljailla kiinni. Sen jälkeen elementit kiinnitettiin rakennuksen runkoon väliaikaisesti tuille. Lopullinen kiinnitys tapahtuu rakennuksen runkoon ja ontelolaattoihin reikävanteilla ja kulmalevyillä. Taulukossa 5 työntekijätunnit neliötä kohden. (Liite 2 Välipohjaliittymä.)

TAULUKKO 5. Työntekijätunnit neliötä kohden.

Oy Sairaalanrinne S Talo				
	m ²	tth	tth / m ²	m ² / tth
	1537	1143	0,74	1,34

2.3.3 Työturvallisuus

Elementtirakentamiseen liittyvien suunnitelmien on aina oltava kirjallisina työmaalla. Rakennesuunnittelijan on annettava toteutuksesta vastaaville elementtien asennussuunnitelman laadintaa varten riittävät tiedot elementtien asennusjärjestyksestä, väliaikaisesta tuennasta ja lopullisesta kiinnittämisestä siten, että raken-

teellinen vakavuus säilyy kaikissa asennustyön vaiheissa. Lisäksi on annettava tiedot elementtien turvallisesta nostosta ja käsittelystä sekä työnaikaisista asennustasoista, suojakaiteista ja muista turvallisuuslaitteista ja niiden kiinnittämisestä. Rakentamiseen liittyvissä geoteknisissä suunnitelmissa on otettava huomioon nostolaitteista ja elementtien varastoinnista aiheutuvat väliaikaiset kuormat. (RT STM-21419 2009.)

Suurin riski onnettomuuteen on työntekijän putoaminen. Lisäksi elementtien nostolenkit voivat pettää jolloin elementti voi pudota tuhoisin seurauksin. (Hiipakka 2010.)

2.3.4 Elementtien nosto ja asennustyö

Puuelementtien asennussuunnitelmaa laadittaessa on otettava huomioon puuelementtien liitosten vaikutus rakenteen työnaikaiseen vakavuuteen ja asentamisen turvallisuuteen. (RT STM-21419 2009.)

Rakennustyömaa-alueen käytönsuunnittelussa elementtien asennuksen kannalta on kiinnitettävä erityistä huomiota siihen, että nostureiden nostopaikkojen perustus ja maapohjan vahvistus ja kantavuus ovat kunnossa. Myös nostureiden nostosäteiden ja -kapasiteettien tulee olla riittävät. Nosturinkuljettajalla tulisi olla myös mahdollisimman esteetön näköyhteys elementtivarastoon ja asennuskohteeseen. (RT STM-21419 2009.)

Elementtien asennussuunnitelmassa on selvitettävä nostotyössä käytettävä nostokalusto, taakkojen paino elementtityypeittäin, nostopaikat, nostoapuvälineet elementtityypeittäin, nostojen ohjaus ja mahdolliset rajoitukset. Asennussuunnitelmassa on elementin asennusnosturiksi valittava torninosturi, ajoneuvonosturi tai muu suoritusarvoltaan riittävä ja muilta ominaisuuksiltaan tarkoitukseen suunniteltu ja soveltuva nosturi. Elementtien asennussuunnitelmassa on esitettävä ohjeet sekä väliaikaisesta tuennasta että tuennan purkamisesta asennusvaiheittain. Nos-

turinkuljettajalla tai asennustyötä ohjaavalla työntekijällä on oltava esteetön näköyhteys elementtivarastoon ja asennuskohteeseen. Nostojen ohjaus on toteutettava radiopuhelimilla, käsimerkeillä tai asianmukaisilla nosturikameralaitteistoilla siten, että nostot voidaan tehdä turvallisesti. Nostotyön ohjauksessa on käytettävä radiopuhelimia, joiden kanavat ovat varatut vain nostotyön ohjaukseen ja suljettu muulta radioliikenteeltä. Merkinantaja on nimettävä erikseen ja on varmistettava, että hän osaa hyväksytyt merkinannot. (RT STM-21419 2009.)

Elementtien asennustyössä yli kahden metrin korkeudessa on työntekijän putoamisvaara torjuttava ensisijaisesti rakenteellisilla toimenpiteillä. Tilanteissa, joissa rakenteellisten toimenpiteiden toteuttaminen ei ole mahdollista, työntekijän putoamisvaara on torjuttava putoamisen estävällä valjastyypisellä henkilönsuojaimella. Ennen asennustyön alkamista on varmistauduttava siitä, että asennuskohteen alapuolella ei ole henkilöitä asennuksen aikana. Tarvittaessa on käytettävä vartiointia. Asennuskohteesta on poistettava työturvallisuutta vaarantavat rakennusjätteet ja rakennustarvikkeet. Työnantajien on yhteistyössä huolehdittava, etteivät tuuliolosuhteet, työvälaineiden jäätyminen, vesi- tai lumisade tai muut sääolot vaaranna työntekijöiden turvallisuutta ja terveyttä. (RT STM-21419 2009.)

2.3.5 Elementtien tuenta ja kiinnitys

Ennen asennustyön alkua on tarkastettava elementtiä kantavien rakenteiden kunto sekä asennusalustan ja elementin kiinnityskohtien kunto. Niissä ei saa olla haitallisia murtumia eikä lohkeamia. Elementin kiinnitysosien on oltava kunnossa ja paikoillaan. Asennettava elementti on tarkastettava silmämääräisesti ennen asennusta valmistajan ohjeiden mukaisesti. Näiden ohjeiden mukaan tarkastettavan elementin kiinnitysosien on oltava kunnossa ja paikoillaan. Jos tarkastettavan elementin kiinnitysosissa on turvallisuutta vaarantavia puutteita, ei elementtiä saa asentaa. Elementin asennuksessa on huolehdittava osittain asennettujen rakenteiden vakaudesta, lujuudesta ja paikallaan pysymisestä, tarpeellisten väliaikaisten siteiden ja tukien käytöstä sekä sivusuuntaisen kestävyuden aikaansaamisesta.

Nostoapulaitteita ei saa irrottaa ennen kuin on varmistettu, että elementti pysyy kiinni ja on tuettu asennussuunnitelman mukaisesti. Tukia ei saa poistaa ennen elementin lopullista kiinnittämistä. (RT STM-21419 2009.)

Betonielementin lopullinen kiinnitys on tehtävä mahdollisimman pian suunnittelijan tai valmistajan ohjeen mukaan. Väliaikaisen tuennan purkamisessa on noudatettava suunnittelijan antamaa ohjetta purkamisajankohdasta, purkamisjärjestyksestä ja mahdollisesta jälkituennasta. (RT STM-21419 2009.)

2.3.6 Kustannukset

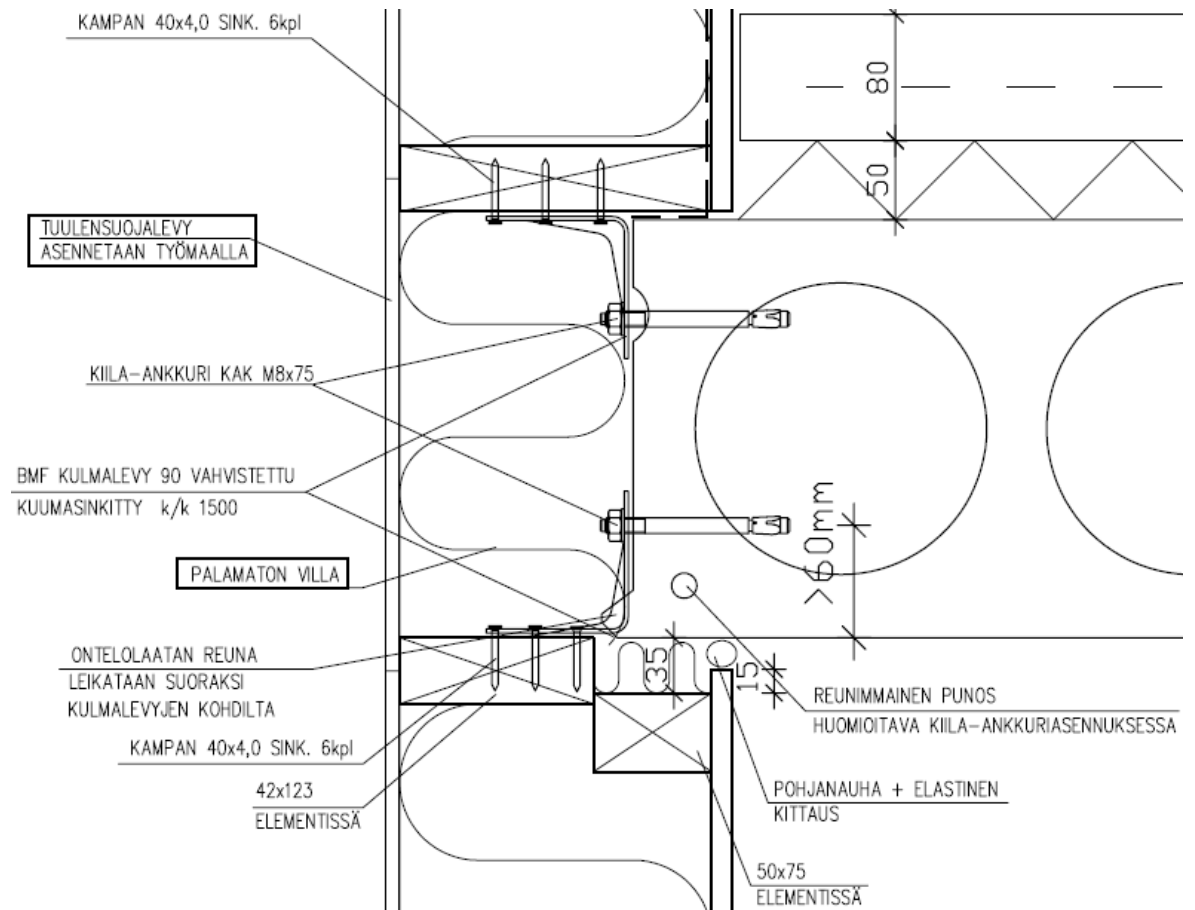
Puu-elementeistä rakennetussa ulkoseinässä kustannuksia kertyy useasta eri lähteestä. Suurimpia kustannusten aiheuttajia ovat työntekijätunnit ja itse elementit. Muita kustannusten aiheuttajia ovat nostot, elementtien mahdollinen varastointi ja suojaus, turvakaiteet, turvavaljaat ja telineet. (Hiipakka 2010.)

Kustannuksiin on laskettu itse elementtien hinnat 57500 € (1245 m²), elementtien asennus 8811 € sekä välipohjaliittymien kohtiin asennettavat mineraalivillat ja tuulensuojalevyt 1994 € (153 m²). Kustannuksia nosti nosturiauton käyttö elementtejä nostettaessa. Kustannuksia nosturiauton käytöstä kertyi yhteensä 3090,87 €. Kustannukset neliötä kohden olisivat olleet 42,43 €, jos autonosturia ei olisi tarvinnut käyttää ja nostot olisi voitu suorittaa työmaan omalla torninosturilla. Kustannukset neliötä kohden ovat esitettyinä taulukossa 6.

Elementtien asennuksen jälkeen on ulkoseiniin asennettava välipohjaliittymään eli ontelolaattojen kohdalle, kerrosten väliin, mineraalivilla ja tuulensuojalevy. Välipohjaliittymä kuviossa 7. (Liite 3 Välipohjaliittymä VP1.)

TAULUKKO 6. Kustannukset neliötä kohden.

Oy Sairaalanrinne S Talo				Tavoite
	m ²	€	€ / m ²	€ / m ²
	1398	68305	44,44	60,55



KUVIO 7. Välipohjaliittymä. (Laitala 2010.)

3 RAKENNUSTAPOJEN VERTAILU

Vertailua suorittaessa on otettava huomioon monta muuttujaa, jotka vaikuttavat lopputulokseen sekä kustannuksiin. Ylivoimaisesti merkittävin seikka vertailua suoritettaessa ovat rakentamisen kustannukset sekä rakenteen toimivuus. Myös työturvallisuus on hyvin merkittävä seikka.

Suurin osa onnettomuuksista rakennustyömailla tapahtuu pudotessa ja lähes puolet kuolemantapauksista aiheutuu putoamisista. On myös mahdollista, että puuelementtien nostolenkit pettävät nostovaiheessa ja elementti tipahtaa maahan kohtalokkain seurauksin. Myös kova tuulenpuuska saattaa siirtää ilmassa olevaa elementtiä niin, että se osuu elementtiä asentavaan henkilöön aiheuttaen onnettomuuden. (Korhonen. 2010. Rakennuslehti 44 (7), 11.)

Rakennuskustannuksia paikalla rakennetussa puu-ulkoseinässä voi lisätä huomattavasti materiaalihävikki. Esimerkiksi ikkunoiden rikkoontuminen joko asennuksen aikana tai varastoinnissa ja siirroissa aiheuttaa ylimääräisiä kustannuksia. Toki ikkunoita ei aina rikkoonnu, mutta liian usein kuitenkin. Kun ikkunat saapuvat työmaalle, ne usein varastoidaan ulos joko varastoon tai muuhun sopivaan paikkaan. Ikkunat siirretään hyvissä ajoin oikeaan kerrokseen johon ne muutaman päivän päästä asennetaan. Tänä aikana, jona ikkunat ovat kerroksessa, ne ovat usein tiellä ja niitä joudutaan siirtelemään, jolloin on riski, että ne rikkoontuvat. (Hiipakka 2010; Kuusio 2010.)

Kustannuksia paikalla rakennetussa puu-ulkoseinässä nostavat myös muiden rakennustarvikkeiden varastointi. Suuren tilan vievät mineraalivillat, puutavara, rakennuslevyt ja kipsilevyt sekä muut tarvittavat materiaalit. Suuren osan materiaalien aiheuttamista kustannuksista aiheuttaa niiden suojaus sään vaikutuksilta. Materiaalien varastointi vie paljon tilaa, mikä on haitallista eritoten ahtailla rakennustyömailla. (Hiipakka 2010.)

Eri tavoin rakennettujen ulkoseinien lämmönläpäisykertoimiin ei millään tapaa vaikuta onko ulkoseinä rakennettu paikalla vai elementeistä. Molemmat rakennustavat ovat yhtä energiatehokkaita, kunhan niissä on käytetty tarvittava määrä lämmöneristeitä. Nykyiseen lämmönläpäisykertoimeen $0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$ päästään noin 200 mm:n mineraalivillaeristeellä. (RT RakMK-21217 2003.)

Työturvallisuuden suhteen suurempia eroavaisuuksia ei ollut. Molemmissa rakennustavoissa on riskinsä putoamiselle. Paikalla rakennettaessa toki riski on olemassa kauemmin kuin elementeistä rakennettaessa. On hyvin pieni todennäköisyys että elementtirakentamisessa jokin menee pieleen, mutta jos niin käy, on suuri todennäköisyys että joku loukkaantuu vakavasti.

4 YHTEENVETO

Työmaatekniset kustannukset nousivat ratkaiseviksi tekijöiksi vertailtaessa, kumpi rakennustapa on taloudellisesti kannattavampi. Elementtirakentamisessa itse elementtien hinta on suhteellisen korkea verrattuna paikalla rakennettuun ulkoseinään. Elementit maksavat itsensä kuitenkin takaisin lyhyemmässä rakennusaikassa.

Kustannussäästöjä syntyy elementtirakentamisessa myös työmaan ylläpidosta aiheutuvista kustannuksista. Lyhyempi rakennusaika tarkoittaa pienempiä aikasidonnaisia kustannuksia. Elementeillä rakennettaessa yleisaikataulussa on varattu rakennusaikaa ulkoseinien puurungolle, betoniseinien lämmöneristykseen, ikkunoiden asennukseen, ulkoseinien sisäpuolen lämmöneristykseen ja kipsilevyn asennukseen yhteensä 36 päivää. Paikalla rakennetussa puu-ulkoseinässä rakennusaika samoille työsuoritteille olisi noin 100 päivää. Kohteena on Sairaalarinne S talo Seinäjoella. Kohteiden vertailu esitettyä taulukossa 7.

TAULUKKO 7. Vertailu.

AS OY Huhtapuisto Seinäjoki			
Paikalla rakennetut ulkoseinät	m ²	€	€/m ²
	788	40937	51,95
	tth	tth / m ²	m ² / tth
	1284	1,63	0,61
AS OY Huhtarinne Seinäjoki			
Paikalla rakennetut ulkoseinät	m ²	€	€/m ²
	798	45197	56,64
	h	h / m ²	m ² / h
	1670	2,1	0,48
Oy Sairaalanrinne S Talo			
Puuelementti ulkoseinät	m ²	€	€/m ²
	1398	68305	44,44
	tth	tth / m ²	m ² / tth
	1143	0,74	1,34

Edellä olevasta taulukosta huomaamme, että elementeistä rakentamalla ulkoseinää saadaan rakennettu yli kaksinkertaisella vauhdilla. Myös kustannukset ovat pienemmät. Elementeistä rakennettaessa voidaan myös rakennusaikaa lyhentää viikkoja mikä myös pienentää kustannuksia ja aikaistaa kohteen luovutuspäivämäärää verrattaessa paikalla rakennettuihin puu-ulkoseiniin. Elementtejä käytettäessä tulee ottaa myös huomioon kohteen aikaistuvat tuotot, kuten esimerkiksi mahdolliset vuokratulot.

Paikalla rakennettaessa kustannuksia kertyy pakostakin materiaalien varastoinnista. Mineraalivilla, kipsilevyt, tuulensuojalevyt sekä puutavara vievät paljon tilaa varastoituna työmaalle. Materiaaleja varastoidaan sekä kerrokseen että ulos. Joskus tilaa on rajatusti kerroksissa mikä tekee sinne varastoinnista ongelmallista. On myös ahtaita rakennustyömaita joilla ulos varastointi voi olla hankalaa. Kun materiaaleja varastoidaan ulos, ne on aina suojattava, mikä puolestaan lisää kus-

tannuksia. Tosin jotkin materiaalit kuten mineraalivilla, toimitetaan valmiiksi suojattuina.

Kaiken kaikkiaan, kyseisissä kohteissa ulkoseinien rakentaminen elementeistä osoittautui kustannustehokkaammaksi kuin paikalla rakentaminen. Suurin merkitys on kuitenkin kohteen nopeampi valmistuminen.

LÄHTEET

- Hiipakka, J. Työnjohtaja 19.1.2010. Lemminkäinen Talo Oy Länsi-Suomi. Haastattelu.
- Korhonen, A. 2010. Työt on suunniteltava turvallisiksi. Rakennuslehti 44 (7), 11.
- Kuusio, S. Aluepäällikkö 19.1.2010. Lemminkäinen Talo Oy Länsi-Suomi. Haastattelu.
- Laitala, H. 2010. Vieskan Elementti Oy.
- Lemminkäinen Talo Oy Länsi-Suomi. Ei päiväystä. [WWW-dokumentti]. Lemminkäinen Talo Oy Länsi-Suomi 2010. [Viitattu 23.3.2010]. Saatavissa: <http://www.konte.fi/>
- Ramirent Finland Oy. 2008. Suojakaiteet. [WWW-dokumentti]. [Viitattu 24.3.2010]. Saatavissa: <http://www.ramirent.fi/www/att.php?id=125>.
- RT 82-10814. 2004. Paikallavaletut betonirunkorakenteet. Helsinki: Rakennustietosäätiö RTS.
- RT 82-10838. 2005. Puukerrostalon rakenteet. Helsinki: Rakennustietosäätiö RTS.
- RT 82-10890. 2007. Ulkoseinärakenteita. Helsinki: Rakennustietosäätiö RTS.
- RT RakMK-21217. 2003. Lämmöneristys. C4. Helsinki: Rakennustietosäätiö RTS.
- RT RakMK-21402. 2009. Rakennusten lämmöneristys. Helsinki: Rakennustietosäätiö RTS.
- RT STM-21419. 2009. Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta. Helsinki: Rakennustietosäätiö RTS.
- Viljakainen, M. 2004. Avoin puurakennusjärjestelmä, paikallarakentaminen. Helsinki: Wood Focus Oy.

LIITTEET

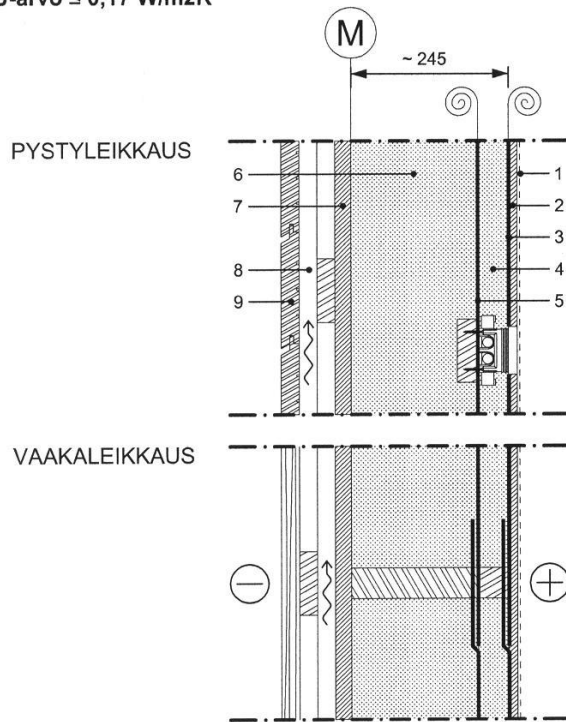
Liite 1. US001P3

Liite 2. Välipohjaliittymä, elementtien asennus

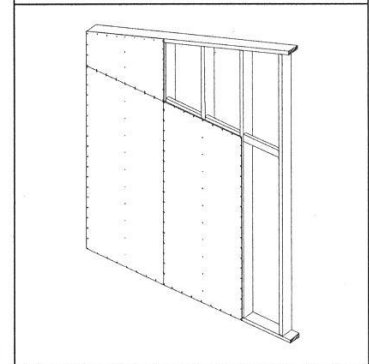
Liite 3. Välipohjaliittymä VP1

Liite 1. US001P3

OSA: Rakennetyypit KOHDE: Normitalo PALOLUOKKA: P3	Työn nro		US001P3
	Päiväys 10.9.2009	Tekijä	
Rakennuskohde	Sisältö Kantava ulkoseinä Sahatavaratolpat + Koolaus / Ulkoverhouslauta Asuinhuone		

U-arvo $\leq 0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$ 

TUULENSUOJALEVYN JATKOS



NRO MITTA / TYYPI

- | | |
|---|------------------------|
| 1 | ARK mukaan |
| 2 | ARK mukaan |
| 3 | RAK mukaan |
| 4 | RAK mukaan |
| 5 | RAK mukaan |
| 6 | RAK mukaan |
| 7 | $t \geq 25 \text{ mm}$ |
| 8 | RAK mukaan |
| 9 | ARK mukaan |

RAKENNEOSA

- | |
|--|
| Pintakäsittely |
| Sisäverhous, luokkavaatimus D-s2, d2 |
| Höyrynsulkumuovi SFS 4225E [a] |
| Koolaus ja lämmöneriste [b] |
| Vesihöyryä läpäisevä ilmansulkupaperi [c] |
| Sahatavaratolpat ja lämmöneriste [b] |
| Huokoinen puukuitulevy [d] |
| Tuuletusväli ja ulkoverhouslautojen kiinnityslaudat [e] |
| Pintakäsittely ulkoverhouslauta [f], luokkavaatimus D-s2, d2 |

VIITTEET

[a] Höyrynsulun jatkokset limitetään tolpan ja ohjauspuiden kohdalla vähintään 200 mm siten, että jatkokset jäävät kahden kovan pinnan väliin. Mikäli ohjauspuita ei voida hyödyntää, tehdään erillinen tukirakenne.

[b] Puukuitueriste ruiskutettuna tai levyvillä.

[c] Ilmansulkupaperissa ei saa olla muovikalvoa. Ilmansulun jatkokset limitetään tolpan ja ohjauspuiden kohdalla vähintään 200 mm siten, että jatkokset jäävät kahden kovan pinnan väliin. Mikäli ohjauspuita ei voida hyödyntää, tehdään erillinen tukirakenne.

[d] Tuulensuojalevyt kiinnitetään kaikilta reunoilta runkoon. Tarvittaessa levyn reunan erillinen kiinnitysoirot.

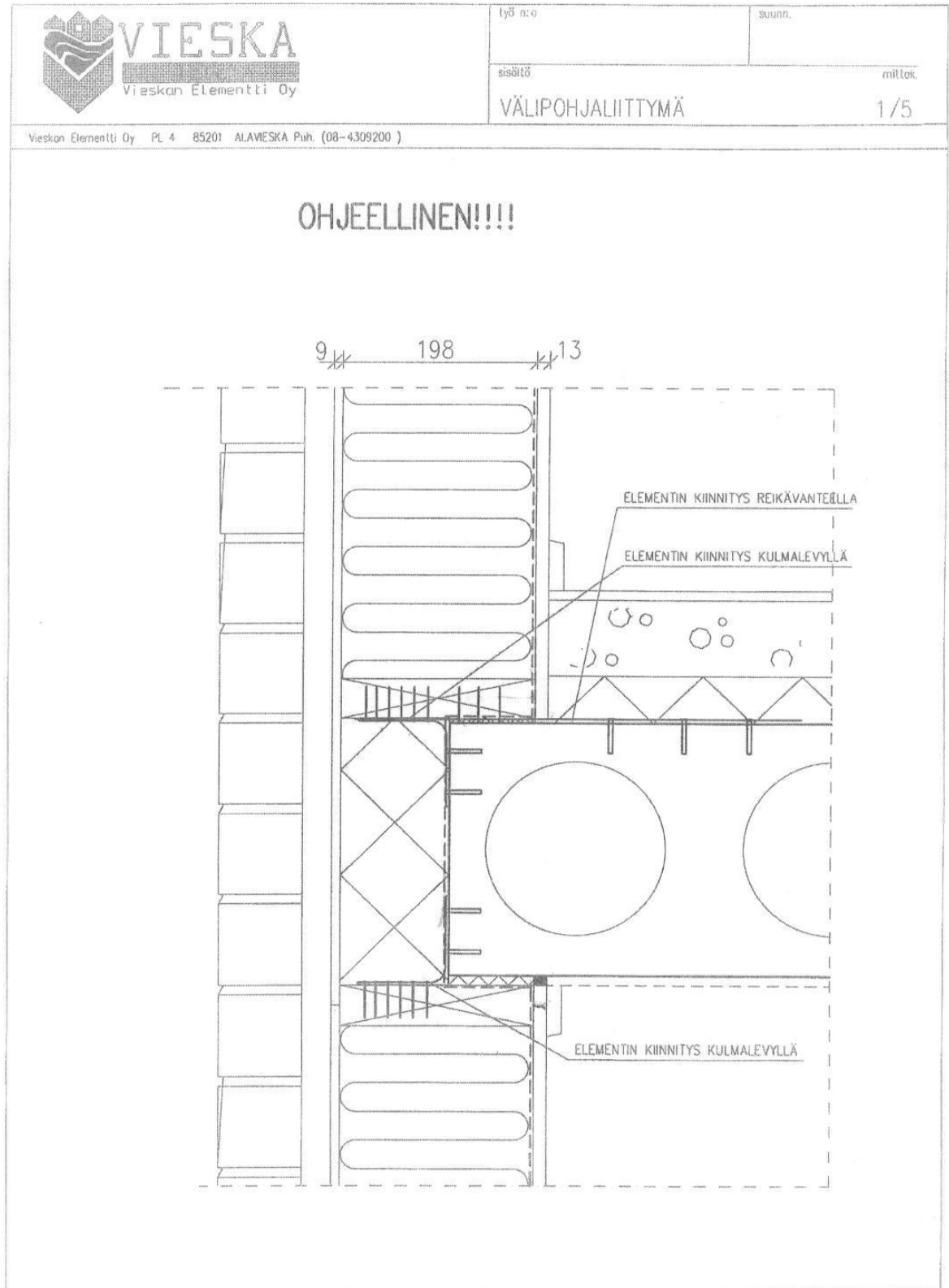
[e] Kiinnityslaudan paksuus $t_{\text{kiinnityslauta}} = t_{\text{ulkoverhouslauta}}$, mutta vähintään $t_{\text{kiinnityslauta}} = 25 \text{ mm}$. Kiinnityslautojen jako enintään noin k600.

[f] Ulkoverhouslaudan paksuus $t \geq 23 \text{ mm}$, kun laudan leveys $b \leq 120 \text{ mm}$ ja $t \geq 28 \text{ mm}$, kun $b > 120 \text{ mm}$.

HUOMIOITAVIA VAATIMUKSIA

- osastointivaatimus, jos ulkoinen palo mahdollinen (HUOMIO! RakMK E1 kohta 6.1.2)
- äänitekniisiä vaatimuksia saattaa olla liikennemelun takia

Liite 2. Väliohjaleikkimä, elementtien asennus



Liite 3. Välipohjaliittymä VP1

