

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Rakennustekniikka / Rakennustuotanto

Ilkka Sarvelainen

JULKISIVURAKENTEIDEN KUSTANNUSVERTAILU KERROSTALOKOH-
TEESSA

Opinnäytetyö 2012

TIIVISTELMÄ

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Rakennustekniikka

SARVELAINEN, ILKKA

Opinnäytetyö

Työn ohjaaja

Toimeksiantaja

Helmikuu 2012

Avainsanat

Julkisivurakenteiden kustannusvertailu kerrostalokohteessa

47 sivua + 1 liitesivua

yliopettaja Tarmo Kontro, lehtori Ilkka Paajanen

YIT Rakennus Oy, Talonrakennus Kaakkois-Suomi

julkisivu, muuraus, rappaus, sandwich, kustannus

Tässä opinnäytetyössä tutkitaan kerrostalon julkisivujen investointikustannusten ja elinkaarikustannusten eroja. Vertailtavina kohteina on muurattu, rapattu ja sandwich-elementeistä tehty julkisivu. Lisäksi työssä vertaillaan näiden julkisivujen rakennetyyppejä ja rakenteellisia eroja kantavana ja ei-kantavana rakenteena. Työssä pohditaan myös rakenteiden käyttöikä ja mahdollisia vaurioiden aiheuttamia korjaustoimenpiteitä rakennuksen elinkaaren aikana.

Käytettävät julkisivumateriaalit eroavat toisistaan niin toiminnaltaan julkisivun suojana erilaisia sääoloja vastaan kuin ulkoasultaan ja julkisivun valmistukseen käytettävältä työmäärältään. Näistä syistä julkisivurakenteiden ja materiaalien suunnittelu on keskeinen tekijä kerrostaloa rakennettaessa. Julkisivu on suunniteltava siten, että se täyttää sille asetetut vaatimukset ja on osana vallitsevaa ympäristöä.

Kustannuslaskelmissa on saatu tuloksia eri julkisivurakenteiden- ja materiaalien investointikustannuksista ja elinkaarikustannuksista. Investointikustannusten erot johtuvat valmistustekniikasta ja käytetyistä materiaaleista. Laskennassa on mukana sekä paikalla tehtyjä julkisivuja että valmiista elementeistä tehtyjä julkisivuja. Julkisivujen korjauskustannusten erot johtuvat niiden oletetusta käyttöiästä ja käytettävien materiaalien käyttöiästä.

ABSTRACT

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

University of Applied Sciences

Construction Engineering

SARVELAINEN, ILKKA

Cost Comparison of Façade Structures in an Apartment House

Bachelor's Thesis

47 pages + 1 pages of appendices

Supervisor

Tarmo Kontro, Principal Lecturer

Ilkka Paajanen, Senior Lecturer

Commissioned by

YIT Rakennus Oy, Talonrakennus Kaakkois-Suomi

February 2012

Keywords

facade, masonry, plastering, sandwich, cost

This thesis examines the investment costs and life cycle costs of an apartment house facade. Brick, plastered and sandwich panels façades are compared in the study. In addition the study compares the structure and structural differences of façade types as a load-bearing and non-load-bearing element. This thesis will also look at the life of the structures and the potential damage caused by the remedies of the building life cycle.

Facade materials used are in function differently as facade protection against a variety of weather conditions. Also, they look different and the amount of work to put them up is different. For these reasons, good planning and design of facade structures and materials is a key factor in building an apartment house. A facade shall be designed so that they meet their requirements and is part of the prevailing environment.

Cost calculations give results for different cladding structures and materials, investment costs and life cycle costs. The differences in the investment costs are due to differences in manufacturing techniques and materials used. The calculation includes site built facades as well as those built of prefabricated cladding panels. Different facade repair costs due to differences in the expected lifetime and the lifetime of the materials used.

ALKUSANAT

Tämä opinnäytetyö on tehty YIT Rakennus Oy:lle Kaakkois-Suomen alueyksikköön 1.10.2011–23.1.2012.

Kiitän työni ohjaajia projektipäällikkö Mika Kokkosta YIT Rakennus Oy:stä sekä yliopettaja Tarmo Kontroa ja lehtori Ilkka Paajasta Kymenlaakson ammattikorkeakoulusta. Kiitän erityisesti hankintapäällikkö Jukka Häyhää YIT Rakennus Oy:stä opinnäytetyöhön liittyvän materiaalin etsimisessä.

Lisäksi kiitän vanhempiani ja veljeäni taustatukena olemisesta.

23.1.2012

Ilkka Sarvelainen

SISÄLLYS	
TIIVISTELMÄ	
ABSTRACT	
SYMBOLILUETTELO	6
1 JOHDANTO	7
2 JULKISIVUT	7
2.1 Julkisivun tehtävä	8
2.2 Julkisivun osat	9
3 RAKENTEELLISET EROT	10
3.1 Muurattu julkisivu	10
3.2 Rapattu julkisivu	13
3.3 Sandwich-elementti	17
4 RAKENNETYYPPIEN KUSTANNUSEROT KOLMESSA KOHTEESSA	19
4.1 Muurattu julkisivu – As Oy Karhunkatu 22	20
4.1.1 Investointikustannukset	22
4.1.2 Elinkaarikustannukset	25
4.2 Rapattu julkisivu – As Oy Loviisan Aleksanterintulli	26
4.2.1 Investointikustannukset	29
4.2.2 Elinkaarikustannukset	31
4.3 Sandwich-elementti – As Oy Kotkan Hovineito	32
4.3.1 Investointikustannukset	34
4.3.2 Elinkaarikustannukset	37
5 JULKISIVURAKENTEIDEN VERTAILULASKENTA	38
5.1 Esimerkkilaskelma	38
5.2 Herkkyystarkastelu – Muurattu kantava julkisivu	41
6 YHTEENVETO	43
LÄHTEET	44
LIITTEET	

Liite 1. Korjauskustannusten laskentataulukko

SYMBOLILUETTELO

A	pinta-ala	[m ²]
d_{ir}	diskonttaustekijä	[-]
\bar{d}_{nr}	jaksollisten maksujen diskonttaustekijä	[-]
i	vuosi, jolloin tehdään kunnossapitotoimenpiteitä	[a]
KK_N	korjauskustannusten nykyarvo	[€]
KK_i	korjauskustannukset vuonna i	[a]
K_N	kustannusten nykyarvo	[€]
L_A	vuosittainen lämmityskustannus	[€]
L_N	lämmityskustannusten nykyarvo	[€]
n	rakennuksen käyttöikä	[a]
r	valittu korkokanta	[%]
R_N	rakennuskustannusten nykyarvo	[€]
tth	työntekijätunti	
tth/m^2	työntekijätuntia neliötä kohti	
U	lämmönläpäisykerroin	[W/m ² °C]
ϕ	lämpöhäviö	[W]
ΔT	lämpötilaero	[°C]

1 JOHDANTO

Rakennuksen rungosta ja julkisivuista aiheutuvat kustannukset ovat valtaosa koko rakennushankkeen kustannuksista. Tässä opinnäytetyössä vertaillaan erityyppisten julkisivujen rakenteita ja niistä muodostuvia kustannuksia. Opinnäytetyö on tehty YIT Rakennus Oy:lle, Kaakkois-Suomen alueyksikköön.

Vertailu rajattiin koskemaan muurattua julkisivua kantavana ja ei-kantavana rakenteena, rapattua julkisivua kantavana ja ei-kantavana rakenteena sekä vastaavaa sandwich-elementtiä. Nämä rakenteet ovat tyypillisimpiä nykyajan kerrostalojen rakennetyyppejä.

Opinnäytetyön tavoitteena on tutkia julkisivujen investointikustannusten ja elinkaarikustannusten kokonaiskustannuksia sekä selvittää kustannuseroja osaelementtirakentamisen ja täyselementtirakentamisen välillä.

Opinnäytetyössä vertailtavat kustannukset kerätään olemassa olevista tarjouksista ja arvioista. Näiden tarjousten ja arvioiden perusteella kootaan taulukko kullekin julkisivutyypille, joista saadaan kokonaishinnat julkisivuneliötä kohden.

2 JULKISIVUT

Rakennuksen julkisivu on rakennuksen muotojen, pintojen ja yksityiskohtien muodostama kokonaisuus, joiden yhteensovittamisesta riippuu, miten onnistuneena syntynyttä kokonaisuutta pidetään. Ympäristöllä on oma vaikutuksensa julkisivun ulkonäköön, esimerkiksi urbaanin miljööön julkisivut verrattuna haja-asutusalueen ”luonnontilaiseen” ympäristöön.

Kaava-alueilla on usein määritetty asuin ympäristön kokonaiskuvan mukaan saman alueen rakennusten julkisivut yhdenmukaisiksi. Kaavaan on voitu määritellä myös sallitut kerrosluvut, kattokaltevuudet, räystäskorkeudet, harjan suunta, kattomateriaalit, julkisivun värit ja jopa julkisivumateriaalit. Mitä isompi paikkakunta ja tiiviimpi kaava, sitä enemmän kaupunkikuvan yhtenäisyyttä pyritään määräyksillä ohjaamaan. (Suonto 1997.)

2.1 Julkisivun tehtävä

Julkisivun tehtävä on aktiivinen ja passiivinen. Sen toiminnallinen tehtävä on erottaa tiloja ulkoilmasta ja suojata tiloja sään rasituksilta. Suomessa se merkitsee yleensä sade- ja tuulensuojaa sekä lämmöneristystä. Passiivisesti julkisivu on rakennukselle luonteen antava ulkopinta, jonka tehtävänä on kertoa sen sisällöstä, merkityksestä ja käyttötarkoituksesta. Tästä syystä julkisivu liittyy rakennustaiteeseen ja symboliikkaan. Se kertoo sen hetkisen rakennusajan rakentamistavoista, materiaaleista ja arkkitehtuurikäsitteistä. Rakennustaiteellisen symbolimerkityksen kautta julkisivut ja rakennusmassa, ulkoarkkitehtuuri kokonaisuutena, kertovat rakennuksen historiasta ja antavat sille merkityksen omassa ympäristössään. (Suonto 1997.)

Julkisivut ovat kuin rakennuksen kasvot. Ne muodostavat rajatun alan yhdeksi kokonaisuudeksi ja näin ollen ottavat kantaa ympäristöön ja ovat osa sitä. Tästä syystä julkisivujen suunnittelu ja niiden muuttaminen on tehty luvanvaraiseksi. (Suonto 1997.)

Suomen rakentamismääräyksissä Maankäyttö- ja rakennusasetus 895/1999 ohjaavat rakentamista seuraavien kohtien mukaisesti. Näistä suurin osa on huomioitava myös rakennuksen julkisivuja ja julkisivun osia suunniteltaessa.

”1) Rakenteiden lujuus ja vakaus. Rakennukseen rakentamisen ja käytön aikana kohdistuvat kuormitukset eivät saa aiheuttaa sortumista eivätkä lujuuksia tai vakautta haittaavia muodonmuutoksia. Kuormitukset eivät myöskään saa vaurioittaa rakennuksen muita osia tai rakennukseen asennettuja laitteita tai kiinteitä varusteita. Rakenteisiin ulkoisesta syystä johtuva vaurio ei saa olla suhteeton sen aiheuttaneeseen tapahtumaan verrattuna.

2) Paloturvallisuus. Rakennuksen kantavien rakenteiden tulee palon sattuessa kestää niille asetetun vähimmäisajan. Palon ja savun kehittymisen ja leviämisen rakennuksessa tulee olla rajoitettua. Myös palon leviämistä lähistöllä oleviin rakennuksiin tulee rajoittaa. Rakennuksessa olevien henkilöiden on voitava palon sattuessa päästä poistumaan rakennuksesta tai heidät on voitava pelastaa muulla tavoin. Myös pelastushenkilöstön turvallisuus on rakentamisessa otettava huomioon.

3) Hygienia, terveys ja ympäristö. Rakennuksesta ei saa aiheutua hygienian tai terveyden vaarantumista syistä, jotka liittyvät erityisesti myrkyllisiä kaasuja sisältäviin

päästöihin, ilmassa oleviin vaarallisiin hiukkasiin tai kaasuihin, vaaralliseen säteilyyn, veden tai maapohjan saastumiseen tai myrkyttymiseen, jäteveden, savun taikka kiinteän tai nestemäisen jätteen puutteelliseen käsittelyyn taikka rakennuksen osien tai sisäpintojen kosteuteen.

4) Käyttöturvallisuus. Rakennuksen käyttöön ja huoltoon ei saa liittyä sellaista onnettomuuden uhkaa, kuten liukastumis- putoamis-, törmäys-, palo-, sähkö- tai räjähdys-tapaturman vaaraa, jota ei voida pitää hyväksyttävänä.

5) Meluntorjunta. Melu, jolle rakennuksessa tai sen lähellä olevat altistuvat, tulee rajoittaa tasolle, joka ei vaaranna terveyttä ja antaa mahdollisuuden nukkua, levätä ja työskennellä hyväksyttävissä olosuhteissa.

6) Energiatalous ja lämmöneristys. Rakennuksen ja sen lämmitys-, jäähdytys- ja ilmanvaihtolaitteiden tulee ilmasto-olot ja rakennuksen käyttäjät huomioon ottaen olla sellaisia, että energiankulutustaso rakennusta ja mainittuja laitteita käytettäessä jää alhaiseksi.” (Maankäyttö- ja rakennusasetus 1999.)

Suomessa säädellään rakennetun ympäristön käyttöä ja kaikkea rakentamista vallitsevien ihanteiden ja yhteisesti hyväksytyjen normien mukaan. Sattumanvarainen omien mieltymysten mukainen rakentaminen on kiellettyä. Alueiden käyttöä säädellään kaavoituksella ja kaikkea rakentamista valvovat kunnissa rakennustarkastusviranomaiset. Rakennukset ja erityisesti niiden julkisivut ovat aina myös yhteistä ympäristöä, joka kertoo kokonaisuutena kansakunnan tahdosta, taidoista ja rakennuskulttuurista. (Suonto 1997.)

2.2 Julkisivun osat

Julkisivut muodostuvat umpipinnoista, ikkuna- ja oviaukoista sekä seinäpinnan päälle tulevista rakenteista, kuten katoksista, räystäistä ja parvekkeista. Teknisten osien lisäksi julkisivut sisältävät joukon abstrakteja tekijöitä, joilla on suuri merkitys kokonaisuuden kannalta. Tällaisia ovat mm. aukkojen ja umpipintojen väliset suhteet, toistuvien aukkojen rytmi, ikkunoiden puitejako, ikkunapinnan syvyysasema suhteessa umpipintaan, pintojen materiaali- ja värivaikutelmat sekä mahdolliset koristekuviot ja ornamentit. (Suonto 1997.)

Kaikki osatekijät vaikuttavat kokonaisuuteen. Arkkitehtuuri muodostuu valituista aiheista, materiaaleista ja väreistä kaikkien osatekijöiden summana. Materiaalien ja rakennustekniikoiden kehityttyä arkkitehtonisia muotoja voidaan tehdä yhä useammista raaka-aineista ja vanhoja materiaaleja voidaan jäljitellä uusilla tuotteilla. (Suonto 1997.)

Julkisivujen korjauksissa uusia menetelmiä ja rakenteita käytetään sitä enemmän mitä nuorempia arkkitehtuuriajanjaksoja korjataan. Rationaalinen moderni arkkitehtuuri mahdollistaa myös järjestelmällisten ulkoseinien korjausrakenteiden ja eriytyneiden julkisivujärjestelmien käytön, vaikka vanhempaa rakennuskantaa korjataan yhä perinteisin menetelmin. (Suonto 1997.)

3 RAKENTEELLISET EROT

Tässä luvussa käsitellään kolmea erilaista rakennetyyppiä, niiden eroja ja käyttäytymistä julkisivun osana. Tarkasteltavana on ainoastaan kerrostalojen julkisivutyyppejä, mutta näitä soveltamalla voidaan vertailla myös pientalojen julkisivuja. Suurimmat erot pientalojen ja kerrostalojen välillä ovat kantavien rakenteiden paksuuksissa. Vertailussa on ainoastaan uudisrakenteiden tyyppisiä.

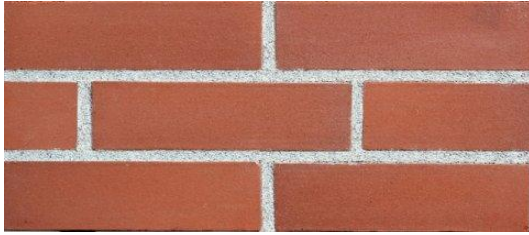
3.1 Muurattu julkisivu

”Tiili on arvostettu ja kestävä valinta julkisivumateriaaliksi. Poltetusta tiilestä tehty julkisivu on edullinen ja huoleton.

Julkisivumateriaalia valittaessa tulisi aina kiinnittää huomiota materiaalin elinkaareen ja hoitokustannuksiin. Tämä puoltaa tiilen valintaa julkisivuksi. Vaikka julkisivun osuus rakentamisen kokonaiskustannuksista on vain muutama prosentti, on se rakennuksen näkyvin osa. Poltetun tiilen lukuisat väri- ja limitysvaihtoehdot suovat mahdollisuuden yksilölliseen ilmeeseen.

Tiilestä muurattu julkisivu on näyttävä ja ajan mittaan se patinoituu kauniisti.” (Tiileri 2005.)

Julkisivuissa käytettävät tiilet jaetaan poltettuihin ja kalkkihiekkatiiliin. Poltetuissa tiilissä raaka-aineet ovat hiekka ja savi, jotka saavat ominaisuutensa korkeassa lämpötilassa poltettaessa (n. 1 000 °C). Suomessa yleisesti käytössä oleva poltetu tiili on punainen värisävyllään ja se johtuu suomalaisen saven rautapitoisuudesta. Kuvassa 1 on esitetty punaisella poltetulla tiilellä muurattua seinää. Vaaleampia sävyjä saadaan ulkomailta tuoduista savilaaduista. (Museovirasto 2004.)



Kuva 1. Punainen sileä tiiliseinä (Wienerberger 2011.)

Kalkkihiekkakivet, joita yleisesti kutsutaan tiiliksi, valmistetaan poltetun kalkin, kvartsipitoisen hiekan tai murskatun kvartsin ja veden seoksesta. Seos puristetaan kovassa paineessa tiiliraakileeksi, jonka jälkeen se viedään höyrykarkaisuun noin 200 °C lämpötilaan, jossa se saavuttaa lopullisen lujuutensa. Kuvassa 2 on kalkkihiekkakivella muurattua tiiliseinää. (Rakennustieto 2010.)

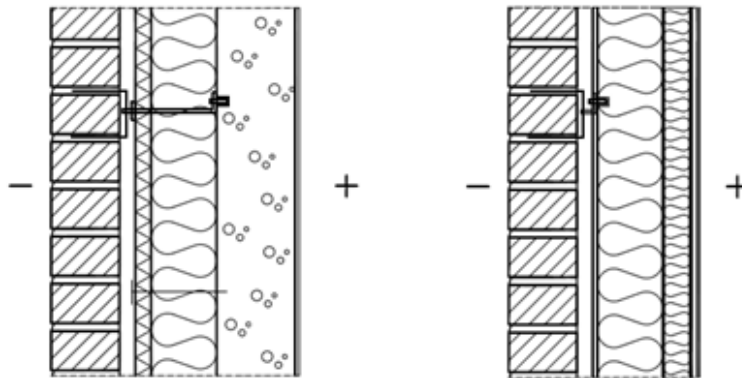


Kuva 2. Luonnonvalkoinen Kahi-tiiliseinä (Saint-Gobain Weber 2012)

Tiilen lämpö- ja kosteuselämien on vähäistä, mutta tiili absorboi eli imee vettä itseensä ja läpäisee vesihöyryä sen hygroskooppisuutensa vuoksi. Poltetu tiili ja kalkkihiekkatiili eroavat ominaisuuksiltaan jonkin verran. Poltetu tiili imee vähemmän kosteutta, kuivuu nopeammin ja sallii pidemmät välit liikuntasaumoille. Tiilestä tehty jul-

kisivurakenne tasaa lämpötilavaihteluita ja varaa itseensä massiivisuutensa ansiosta auringosta tulevaa energiaa huomattavasti paremmin kuin puurakenteinen julkisivu. (Pentti 1997.)

Tiilijulkisivussa on käytettävä vähintään 30 mm:n ilmarakoa tuuletusta varten, jotta kosteus ja mahdollinen tiiliverhouksen taakse päässyt vesi haihtuu pois. Tiilijulkisivu ei ole koskaan vedenpitävä ja oikealla toteutuksella varmistetaan tiilijulkisivun takana olevan rakenteen kestävyys. Sokkelin päällä käytetään vettä läpäisemätöntä bitumikermiä ja joka kolmas ensimmäisen kerroksen pystysauma on jätettävä avonaiseksi riittävän tuuletuksen varmistamiseksi. Kuvassa 3 on esitetty tiilijulkisivujen rakennelikkauksia. (Tiileri 2001.)



Kuva 3. Teräsbetonirunkoinen ja puurunkoinen tiilijulkisivu (Wienerberger 2012)

Tiilijulkisivun ekologiset vahvuudet ovat vähäinen huollon tarve ja pitkä käyttöikä. Julkisivun muuraustyö on vaativaa ja se tehtävä huolellisesti, jotta rakenteesta muodostuu yhtenäinen ja toimiva. Tiilijulkisivu kuormittaa ympäristöä lähes ainoastaan valmistuksessa käytettävän energian takia. Tiilet eivät ole uusiutuvia, mutta tiilissä käytetyt raaka-aineet ovat yleisesti esiintyviä. (Tiileri 2001.)

Tiilijulkisivu ei muuta väriään ja ilmettään vuosien saatossa, mikäli se on oikein toteutettu. Likaantunut julkisivu voidaan puhdistaa yleensä pelkällä pesulla tiilivalmistajan ohjeiden mukaisesti. (Tiileri 2001.)

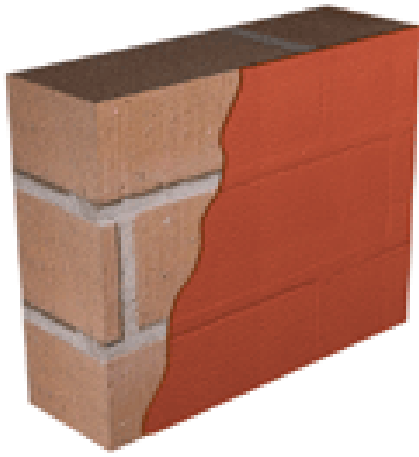
3.2 Rapattu julkisivu

Perinteisesti termillä ”rappaus” tarkoitetaan kolmikerrosrappausta. Siinä pohjarappauksen eli kynsien tehtävä on tartuttaa koko rappaus alustaan. Seuraavana päivänä tehdään oikaisu eli karkearappaus kokonaan kuivuneen pohjarappauksen päälle. Pintarappaus antaa julkisivulle halutun tasaisuuden ja värin. Nykyisin käytetään kolmikerrosrappauksen asemesta yleisesti erilaisia ohutrappauksia, kuten slammauksia, julkisivun halutun ulkonäön saavuttamiseksi tai kustannusten säästämiseksi. Rapatusta julkisivusta on Suomessakin pitkä kokemus, ja oikein tehtynä rappaus on näyttävä, ilmeikäs ja kymmeniä vuosia kestävä kivitalon suojapinnoite. (Huhtilainen 2006.)

Rapatut julkisivut muodostavat rakennukselle yhtenäisen ja saumattoman ilmeen. Rappauslaastit ovat kalkki-, sementti- tai kalkkisementtipohjaisia. Rapatun pinnan lämpö- ja kosteuseläminen on vähäistä. Rappaus sekä imee että läpäisee vesihöyryä. Rapatun pinnan vähäinen massa ei varaa itseensä lämpöenergiaa eikä tasaa lämpötilanvaihteluita. (Huhtilainen 2006.)

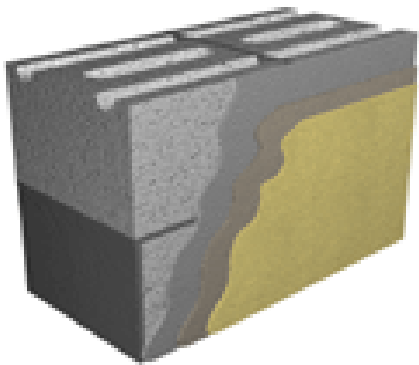
Rappaus voidaan tehdä joko suoraan siihen soveltuvalla alustalla tai ns. lämpörappauksena, jossa eriste kiinnitetään rappausalustaksi rakennuksen rungon ulkopintaan. Suoraan sopivalle alustalle tehtävä rappaus voi olla joko yksi-, kaksi- tai kolmikerrosrappaus alustan ja halutun lopputuloksen mukaan. Kivipinnoille (tiili, harkko ja betoni) rappaus voidaan tehdä suoraan. Pinnan muotoina voidaan käyttää esimerkiksi hierrettyä, harjattua tai ruiskutettua pintaa. (Huhtilainen 2006.)

Yksikerrosrappaus eli ohutrappaus on menetelmä, jossa hienojakoinen pintarappauksessa käytettävä runkoaine ruiskutetaan tai levitetään suoraan alustaan. Rappaus voidaan tehdä peittävänä tai niin, että osa alustan muodoista jää näkyviin. Sivelemällä tai harjaamalla tehtyä ohutrappausta kutsutaan myös slammaukseksi. Kuvassa 4 on esitetty yksikerrosrapattu kylmä kuorimuuri. (Saint-Gobain Weber 2012.)



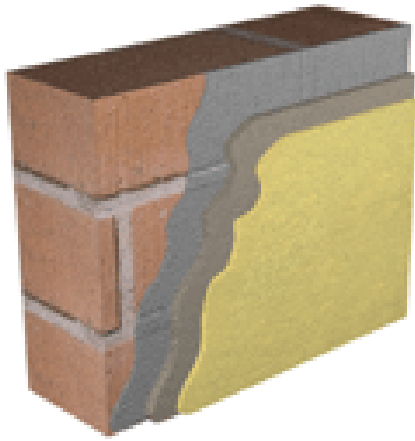
Kuva 4. Ohutrappaus kylmässä kuorimuurissa (Saint-Gobain Weber 2011a.)

Kaksikerrosrappauksella tarkoitetaan alustan pintaan laitettua tartuntarappausta ja pintarappausta. Tätä käytetään melko tasaisilla ja ominaisuuksiltaan yhtenäisillä alustoilla, jolloin rappauksen paksuus jää kohtalaisen ohueksi. Pieniä alustan epätasaisuuksia voidaan korjata karkeajakoisella tartuntarappauskerroksella, jolloin pintarappauksella saavutetaan lopullinen tasainen pinta. Osa alustan muodoista jää kaksikerrosrappauksessa näkyviin. Kuvassa 5 on esitetty kaksikerrosrappaus Leca-harkkoista tehdyn muurin pinnassa. (Saint-Gobain Weber 2012.)



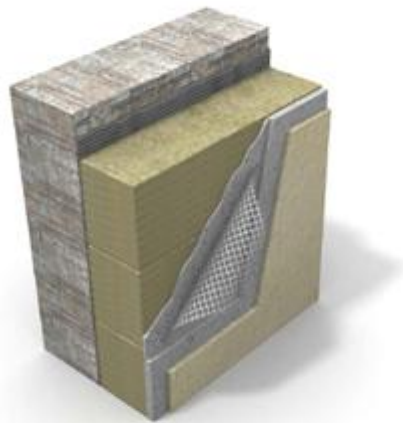
Kuva 5. Kaksikerrosrappaus Leca-harkkopinnassa (Saint-Gobain Weber 2011b.)

Kolmikerrosrappaus koostuu alustan pintaan laitettavasta tartuntarappauksesta, täyttörappauksesta ja pintarappauksesta. Tartuntarappauksella saadaan aikaan kestävä tartunta alustaan ja tasataan alustan imua seuraaville kerroksille. Paksulla täyttörappauskerroksella tasataan alustan epätasaisuudet ja muodostetaan yhtenäinen alusta pintarappaukselle. Pintarappauksella saadaan julkisivuun haluttu pintastruktuuri. Kuvassa 6 on esitetty kolmikerrosrapattu kylmä kuorimuuuri. (Saint-Gobain Weber 2012.)



Kuva 6. Kolmikerrosrappaus kylmässä kuorimuurissa (Saint-Gobain Weber 2011c.)

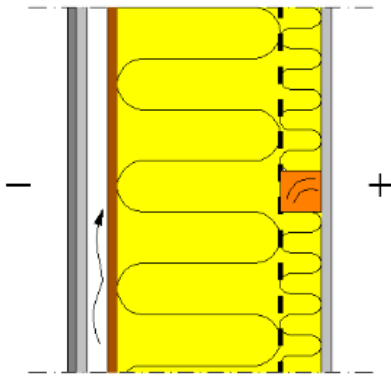
Lämpörappaus– eli eristerappaus koostuu lämmöneristelevyn (mineraalivilla, kivivil-
la, EPS) päälle tehdystä kaksi- tai kolmikerrosrappauksesta. Mineralivilla kiinnite-
tään mekaanisilla kiinnikkeillä rakennuksen runkoon. EPS-eriste voidaan kiinnittää
liimalaastilla ja varmistaa tarvittaessa mekaanisilla kiinnikkeillä. Lämpörappauksessa
on käytettävä aina rappausta lujittavaa teräs- tai muovipinnoitettua lasikuituverkkoa
sekä kulmissa erityisiä kulmavahvikkeita. Lämpörappaus voidaan tehdä vanhan julki-
sivun tai muun riittävän tukevan rungon päälle. Kuvassa 7 on esitetty lämpörappattu
betonikuori. (Paroc 2011.)



Kuva 7. Eristerappaus ohutrappausmenetelmällä (Paroc 2011.)

Rakenteen kestoa parantavat toistensa kanssa yhteensopivat rappauserrokset ja rap-
pauspohja sekä rappaustyön huolellinen suorittaminen. Sääolot rappaustyötä tehtäessä

vaikuttavat ratkaisevasti onnistumiseen. Rappauskerrosten on annettava kuivua riittävästi ennen seuraavaa rapattavaa kerrosta. Rappauspinnan tulee harventua ulospäin siirryttäessä, aivan kuten koko ulkoseinärakenteen. Kun sisätiloissa oleva lämmin ja varsin kostea ilma läpäisee rakenteen, sen lämpötila laskee. Kylmään ilmaan voi sitoutua vähemmän vettä kuin lämpimään, joten kosteus alkaa tiivistyä ensimmäiseen tiiviiseen pintaan. Etenkin puurunkoisessa rakenteessa eristerappauksen alle on jätettävä riittävä ilmarako esimerkiksi levyrappausta käyttämällä, jotta puurunko ei vaurioitu kosteuden vaikutuksesta. Tällöin valmis rappaus toimii oikein rakennuksen käyttöaikana. Kuvassa 8 on esitetty vanhan puurunkoisen rakennuksen nykyaikainen korjaustapa eristerappauksella. (Mattila 2005.)



Kuva 8. Tuulettuva eristerapattu julkisivu (Mäkitalo 2011.)

Rakennuksen rungossa tapahtuvat muutokset näkyvät rappauspinnalla halkeamina, koska rappaus ei joustaa alustan mukana. Rakennuksen elämiseen liittyviä siirtymiä ja muutoksia varten on kehitetty uudenlaisia elastisia rappauslaasteja kuten Alsecco-silikonihartsilaastit, jotka sallivat pienet muutokset alustassa. (Mattila 2005.)

Rappauksen ekologisuus syntyy pienestä materiaalimenekistä neliometriä kohden ja raaka-aineiden pienestä energiasisällöstä. Rappauksen heikkoutena ovat käyttöikään liittyvät riskit, joita on selvitetty luvussa 4.2.2. (Mattila 2005.)

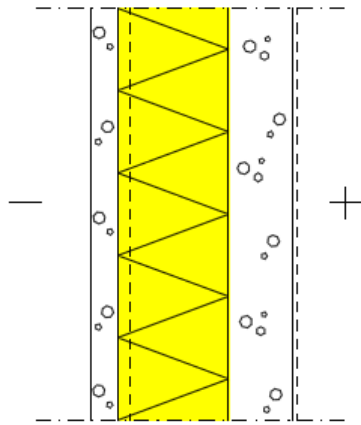
3.3 Sandwich-elementti

Betoninen sandwich-elementti on kerrosrakenne, joka koostuu sisäkuoresta, lämmöneristeestä ja ulkokuoresta. Sandwich-elementin ulko- ja sisäkuori sekä eriste on liitetty toisiinsa jo tehtaalla ja valmis komponentti kuljetetaan työmaalle, jossa se nostetaan paikalleen osaksi rakennuksen runkoa. Pitkälle esivalmistettujen elementtien ansiosta työmaalla tehtävä asennustyön määrä ja julkisivun komponenttien rakentaminen jää vähäiseksi. Kuvassa 9 on esitetty valmis asennettava sandwich-elementti. (RTT 1998.)



Kuva 9. Tiililaattapintainen sandwich-elementti (Rakennusperintö 2012.)

Sandwich-elementissä ulkokuoren paksuus on yleensä 80 mm ja sisäkuori 80 mm tai 150 mm, sen mukaan onko elementti kantava vai ei-kantava. Lämmöneriste osuus rakenteesta on nykyisin 240 mm ja eristeen pinta voi olla joko uritettu tai eristeen ja ulkokuoren välissä voi olla 40 mm:n ilmarako. Elementtien saumoissa käytetään tuuletusputkia riittävän tuuletuksen varmistamiseksi. Ulkokuorissa käytetään betonin lujuusluokkaa C30/37. Kuvassa 10 on esitetty rakenneleikkaus kantavasta sandwich-elementistä. (Suikka 2010.)



Kuva 10. Sandwich-rakenneleikkaus (Isover 2012.)

Sideraudoitteet eli ansaat sitovat sandwich-elementin betonikuoret toisiinsa. Sideraudoituksen tehtävänä on varmistaa kuorien välinen yhteistoiminta eli ripustaa ulko-kuori sisäkuoren varaan, välittää ulkokuoreen kohdistuvat painekuormat sisäkuorelle ja estää kuorien liian suuri kaareutuminen. Sideansaiden on oltava myös sellaisia, että rakenteeseen aiheutuu mahdollisimman vähän pakkovoimia. (Ratvio 1998.)

Nykyisin sandwich-elementeissä käytettävän mineraalivillaeristeen tilalla on mahdollista käyttää myös kovia EPS tai PUR-eristeitä, joilla on parempi lämmöneristävyys paksuutta kohden. Kovilla eristeillä on myös parempi tiiveys ja rakennusaikainen kosteudenkestävyys. Huonoja puolia kovia eristeitä käytettäessä ovat niiden heikompi ääneneristävyys ja palonkestävyys. (Suikka 2010.)

Mineraalivillan halvemmasta hankintahinnasta huolimatta kustannuksia muodostuu suuremmista eristepaksuuksista, elementin valmistukseen aiheutuvista kustannuksista, kuten muottityöstä, ansastuksesta ja nostolenkeistä sekä kuljetuksesta ja asennuksesta. (Suikka 2010.)

4 RAKENNETYYPPIEN KUSTANNUSEROT KOLMESSA KOHTEESSA

Tässä luvussa käsitellään kolmen toteutettavan kohteen julkisivujen aiheuttamia kustannuksia. Ensimmäisenä on Kotkan kaupunginosan Karhulan keskustaarakennettava 32-huoneistoinen asuinkerrostalo iäkkäämmille ihmisille. Rakennuksessa on huomioitu liikuntaesteisyys suuremmilla käytävätiloilla ja huoneistojen pohjaratkaisuilla. Toisena on Loviisan keskustaarakennettava 24-huoneistoinen asuinkerrostalo. Rakennuksen julkisivuissa ja muodoissa on huomioitu alueen muut rakennukset ja vanha ympäristö. Kolmantena on Kotkan taajamaan Hovisaarelle jo valmistunut 19-huoneistoinen asuinkerrostalo. Koska rakennus on meren äärellä, suunnittelussa on otettu huomioon sään aiheuttamat rasitukset rakenteissa.

Julkisivun kustannuseroja laskettaessa kokonaishinta muodostuu investointikustannuksista ja elinkaarikustannuksista. Investointikustannukset koostuvat materiaalikustannuksista, työkustannuksista ja muista kustannuksista. Elinkaarikustannuksissa on otettava huomioon rakennuksen käyttöikä, rakennetyypit, jotka vaikuttavat esimerkiksi lämmitysenergian tarpeeseen, julkisivutyypit ja niiden oletetut korjauskustannukset. Rakennuksen purkamiseen aiheutuvia kustannuksia ei ole huomioitu, eikä muitakaan rakennuksen elinkaaren lopussa muodostuvia kustannuksia.

Laskennan pohjana on käytetty toteutettujen kohteiden ja toteutuksessa olevien kohteiden rakennusosa-arvioita ja tarjouksia kullekin työvaiheelle. Useissa tarjouksissa kokonaishinta on laskettu tarjousten perusteella keskiarvona eri yksiköiden väliltä. Elementtirakentamisessa on otettu huomioon ainoastaan elementin kokonaiskustannukset, eikä siinä ole eritelty elementin valmistuksessa muodostuvia kustannuksia.

Kustannuslaskennassa ei ole huomioitu muita julkisivun rakenneosia, kuten parvekkeita, ikkunoita ja ovia, vaan ainoastaan seinäpinta julkisivultaan valmiina ja sisäpinnaltaan raakapintana tasoituksen ja maalauksen alustana. Elinkaarikustannuksista on laskettu ainoastaan korjaus ja kunnossapitokustannukset rakennuksen käyttöiän aikana. Työmaatekniikkaan liittyviä kustannuksia, kuten työmaan hallintoa, työn aikaisia asennuksia ja rakennuksia, työmaateknisiä aputöitä, energiakustannuksia, työkaluja ja laitteita ei ole huomioitu kustannuslaskennassa. Kustannusvertailu on toteutettu mahdollisimman yksinkertaisesti ja yleisellä tasolla.

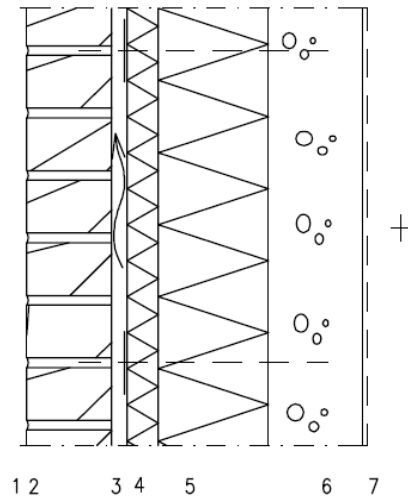
4.1 Muurattu julkisivu – As Oy Karhunkatu 22

Muuratussa julkisivussa tarkasteltavana kohteena on elementtirakenteinen nelikerroksinen kerrostalo, jossa kantavana rakenteena toimivat teräsbetoniset sisäkuorielementit ja ei-kantavat seinät ovat pystypuurunkoisia. Rakennuksen ulkokuori on paikalla muurattu. (Kuva 11.)



Kuva 11. As Oy Karhunkatu 22 (Hovi & Nikki 2011.)

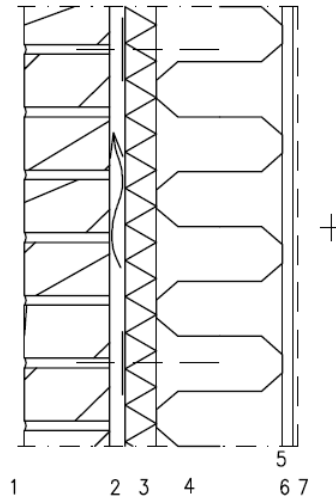
Kantavassa ulkoseinässä kantavana rakenteena toimii 150 mm paksu sisäkuorielementti. Sisäkuorielementin pintaan kiinnitetään mekaanisesti 150 mm paksu mineraalivillalasteri ja varsinaisen eristeen päälle 50 mm paksu tuulensuojavilla. Julkisivumuuraus tehdään 40 mm:n etäisyydelle tuulensuojavillasta riittävän tuuletuksen varmistamiseksi. (Kuva 12.)



135 mm	1	Muuraus rakennusselityksen mukaan (poltetut tiilet)
40 mm	2	Ilmarako
50 mm	3	Tuulensuojavilla: (esim. RKL-31 Fasade / Paroc Cortex)
150 mm	4	Mineraalivilla: esim. (KL-35-150 tai Paroc eXtra)
150 mm	5	Teräsbetoni rakennepiirustusten mukaan
	6	Pintamateriaali ja -käsittely huoneselityksen mukaan

Kuva 12. Kantava ulkoseinä (Kakko 2011a.)

Puurunkoinen ei-kantava ulkoseinä koostuu 50x150 mm:n runkotolpista, jotka ovat 600 mm:n jaolla seinässä. Puurunko eristetään 150 mm paksulla mineraalivillalla sekä puurungon ulkopuolelle tulevalla 50 mm paksulla tuulensuojavillalla. Puurungon sisäpuolella on höyrynsulkumuovi, joka estää kosteuden siirtymisen rakenteen läpi. Tiiviin höyrynsulkumuovin päällä on 13 mm paksu kipsistä valmistettu sisäverhouslevy. Julkisivumuuraus tehdään 40 mm:n etäisyydelle tuulensuojavillasta riittävän tuuletuksen varmistamiseksi. (Kuva 13.)



135 mm	1	Muuraus rakennuslityksen mukaan (poltetut tiilet)
40 mm	2	Ilmarako
50 mm	3	Tuulensuojavilla: (esim. RKL-31 Fasade / Paroc Cortex)
150 mm	4	Runko 150x50 k600, Mineraalivilla:(150) esim. (Paroc eXtra)
	5	Höyrinsulkumuovi, tiiviisti saumat ja läpiviennit teipattu
13 mm	6	Sisäverhouslevy, rakennuslityksen mukaan
	7	Pintamateriaali ja -käsittely huoneselityksen mukaan

Kuva 13. Ei-kantava ulkoseinä (Kakko 2011b.)

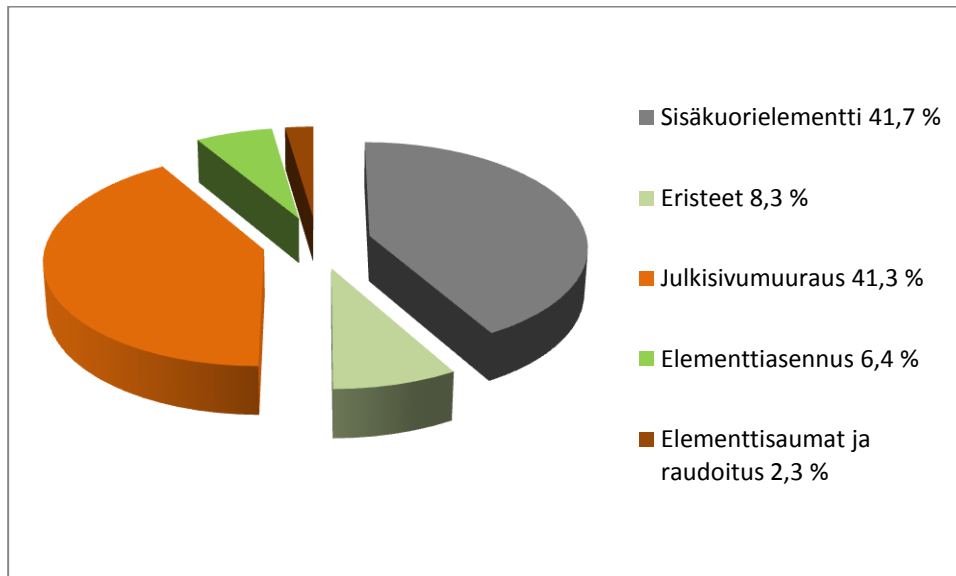
4.1.1 Investointikustannukset

Kantavassa julkisivussa tarkastellaan 353 neliömetrin suuruista osuutta koko julkisivusta. Sisäkuorielementin kustannukset sisältävät kokonaisuudessaan valmiin tuotteen kustannukset toimitettuna työmaalle. Eristeet asennetaan työmaalla sisäkuorielementin pintaan ja tästä kiinnityksestä muodostuu sekä materiaali- että työkustannuksia. Julkisivumuurausten yksikköhinta on laskettu valmiille julkisivumuuraukselle, jossa on mukana materiaali- ja työkustannukset sekä muuraustelineet. Elementtien asennukseen liittyvissä saumavaluissa, raudoituksissa ja pystysaumojen valussa, joka tehdään pumppaamalla, on huomioitu materiaali- ja työkustannukset. Kantavan julkisivun neliöhinta on **220,39** euroa. Taulukossa 1 on esitetty kantavan julkisivun kustannukset.

Taulukko 1. Kantavan julkisivun kustannukset

nimike	määrä	€/yks.	yhteensä (€)
sisäkuorielementti 150	34 kpl	955,18	32476,00
mineraalivilla 150	353 m ²	7,90	2788,70
tuulensuojavilla 50	353 m ²	10,30	3635,90
julkisivumuuraus NRT	353 m ²	91,00	32123,00
elementtiasennus	34 kpl	146,00	4964,00
raudoitus ja saumavalu	102 m	2,54	259,08
pystysaumabetonointi	102 m	15,20	1550,21
		yhteensä (€)	77796,89
		€/m²	220,39

Kuvassa 14 on eritelty kantavan julkisivun kustannukset prosentuaalisesti kokonaisedinnasta.



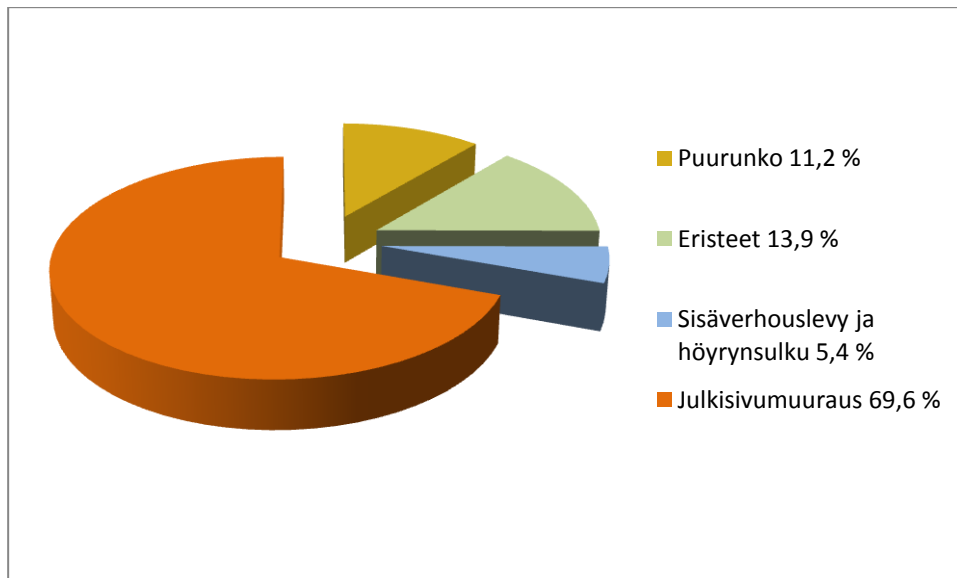
Kuva 14. Kantavan julkisivun kustannusjakauma

Ei-kantavassa julkisivussa tarkastellaan 470 neliömetrin suuruista osuutta koko julkisivusta. Puurunko tehdään kantavien elementtien asennuksen jälkeen. Puurunko eristetään ja sisäpuolelle asennetaan höyrynsulkumuovi sekä sisäverhouslevy. Puurunkoon liittyvissä kustannuksissa on huomioitu sekä materiaali että työkustannukset. Julkisivumuurauksen yksikköhinta on laskettu valmiille julkisivumuuraukselle, jossa on mukana materiaali- ja työkustannukset sekä muuraustelineet. Ei-kantavan julkisivun neliöhinta on **130,80** euroa. Taulukossa 2 on esitetty ei-kantavan julkisivun kustannukset.

Taulukko 2. Ei-kantavan julkisivun kustannukset

nimike	määrä	€/yks.	yhteensä (€)
puurunko 50x150 k600	470 m ²	14,60	6862,00
mineraalivilla 150	470 m ²	7,90	3713,00
tuulensuojavilla 50	470 m ²	10,30	4841,00
höyrynsulkumuovi	470 m ²	1,40	658,00
sisäverhouslevy 13	470 m ²	5,60	2632,00
julkisivumuuraus NRT	470 m ²	91,00	42770,00
		yhteensä (€)	61476,00
		€/m²	130,80

Kuvasta 15 huomataan, että julkisivumuurauksesta muodostuu valtaosa koko julkisivun kustannuksista. Ei-kantavan osan eli eristetyn puurungon ja sisäverhouksen osuus ei ole merkittävä, vaikka siinä on suurin osa työkustannuksia verrattuna valmiiseen elementtiin.



Kuva 15. Ei-kantavan julkisivun kustannusjakauma

Koko julkisivun keskihinta neliötä kohti on **168,2 €/m²**. Keskihinta on laskettu kantavien ja ei-kantavien julkisivurakenteiden kokonaisneliöhinnosta.

4.1.2 Elinkaarikustannukset

Tiiliverhotuissa taloissa tyypillisimmät ongelmat ovat vauriot tiilien välisissä laastisaumoissa, elastisissa liikuntasaumoissa sekä erilaiset kosteusvauriot tiiliverhouksen ulkopinnalla ja tiilien halkeilut. Tiilijulkisivun huollolla varmistetaan sen kestävyys säään rasituksia vastaan. Julkisivu vaatii vain vähäisiä huoltotoimenpiteitä, kuten julkisivun puhdistuksen, liikunta- ja muiden saumojen kunnossapidon sekä julkisivussa olevien yksityiskohtien, kuten pellitysten, valaisimien, kannakkeiden ja muiden liitoskohtien kunnossapidon. (Rakennustieto 1996a.)

Silmämääräisessä tarkastelussa voidaan todeta seuraavia seikkoja: pakkasvauriot, kosteuslähteet ja kosteustekninen toiminta, sadevesivuodot räystäällä ja syöksytorvissa sekä muissa pellityksissä, kosteusrasituksesta johtuva kalkkihärme, halkeamat julkisivussa, laastisaumoissa olevien raudoitteiden korroosio, saumalaastin kunto ja elastisten saumarakenteiden kunto. (Rakennustieto 1996a.)

50 vuoden käyttöiän aikana julkisivuun ei tarvitse tehdä yleensä mitään korjaustoimenpiteitä, jos tiilimuuraus on oikein toteutettu.

4.2 Rapattu julkisivu – As Oy Loviisan Aleksanterintulli

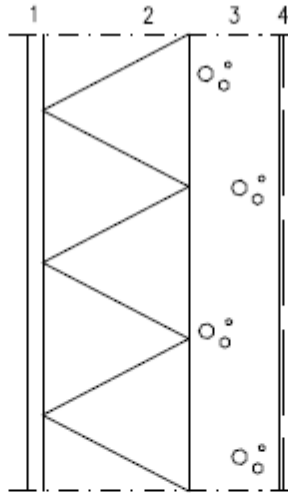
Rapatussa julkisivussa tarkasteltavana kohteena on elementtirakenteinen kolmikerroksinen kerrostalo, jossa kantavat ja ei-kantavat ulkoseinäelementit ovat teräsbetonia. Elementeissä oleva kivivillaeriste on kiinnitetty elementtiin jo tehtaalla sisäkuoren valun yhteydessä. Eristeen ulkopinta on limutettu eli pintaan on ruiskutettu laasti suojaamaan villakuidun ja sideaineen liitosta auringon uv-säteilyä sekä sään rasiuksia vastaan. (Kuva 16.)

Rappaus toteutetaan kuituvahvistettuna kaksikerrosrappauksena, jossa rappausverkko kiinnitetään limutetun elementin pintaan. Rappausverkon päälle tehdään pohjarappaus ja pinterappaus.



Kuva 16. As Oy Loviisan Aleksanterintulli (YIT Rakennus Oy 2012a.)

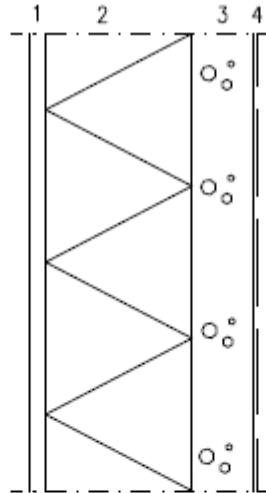
Kantavassa ulkoseinässä kantavana rakenteena toimii 150 mm paksu kuorielementti. Elementin pintaan on kiinnitetty jo tehtaalla valun yhteydessä 240 mm paksu Paroc FAL 1 -kivivillalamellieriste. Eristeen pinta on suojattu säätä vastaan limutuksella. Rappaus toteutetaan kolmikerrosrappauksena pinnoitetun eristeen päälle. (Kuva 17.)



~25	1	RAPPAUS	} ELEMENTTI RAKENNE- PIIRUSTUSTEN MUKAAN
240	2	PAROC FAL1 240	
150	3	TERÄSBETONI	
	4	PINTAKÄSITTELY TAI -VERHOUS SEINÄN OLLESSA KYLPY- TAI PESUHUONEEN KOHDALLA: VEDENERISTYS	
<hr/>			
~415			

Kuva 17. Kantava ulkoseinä (Rikkonen 2011a.)

Ei-kantavassa ulkoseinässä sisäkuorena toimii 100 mm paksu kuorielementti. Elementin pintaan on kiinnitetty jo tehtaalla valun yhteydessä 240 mm paksu Paroc FAL 1 -kivivillalamellieriste. Eristeen pinta on suojattu säätä vastaan limutuksella. Rappaus toteutetaan kolmikerrosrappauksena pinnoitetun eristeen päälle. (Kuva 18.)



~25	1	RAPPAUS	} ELEMENTTI RAKENNE- PIIRUSTUSTEN MUKAAN
240	2	PAROC FAL1 240	
100	3	TERÄSBETONI	
	4	PINTAKÄSITTELY TAI -VERHOUS	
		SEINÄN OLLESSA KYLPY- TAI PESUHUONEEN KOHDALLA: VEDENERISTYS	
~365			

Kuva 18. Ei-kantava ulkoseinä (Rikkonen 2011b.)

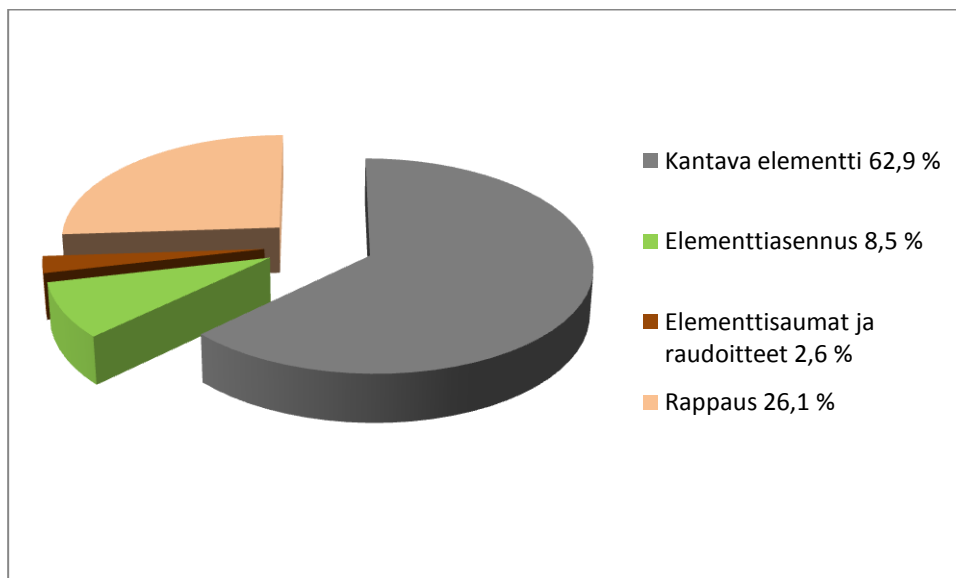
4.2.1 Investointikustannukset

Kantavassa julkisivussa tarkastellaan 328 neliömetrin suuruista osuutta koko julkisivusta. Kantavan elementin kustannuksissa on mukana eristeet sääsuojauksineen ja kokonaishinta on laskettu valmiille tuotteelle toimitettuna työmaalle. Elementtien asennukseen liittyvissä kustannuksissa on huomioitu materiaali- ja työkustannukset. Rappauksen kustannuksissa on mukana materiaali- ja työkustannukset sekä tarvittavat telineet ja nostimet. Kantavan julkisivun neliöhinta on **237,99** euroa. Taulukossa 3 on esitetty kantavan julkisivun kustannukset.

Taulukko 3. Kantavan julkisivun kustannukset

nimike	määrä	€/yks.	yhteensä (€)
elementti (kantava)	40 kpl	1228,13	49125,00
elementtiasennus	40 kpl	165,00	6600,00
raudoitus ja saumavalu	120 m	2,54	304,80
pystysaumabetonointi	120 m	14,13	1696,00
rappaus	328 m ²	62,00	20336,00
yhteensä (€)			78061,80
€/m²			237,99

Suurin osa kantavan julkisivun kustannuksista muodostuu kantavasta elementistä, joka on valmiiksi eristetty tehtaalla. Rappauksen osuus on noin neljäsosa kokonaiskustannuksista. (Kuva 19.)



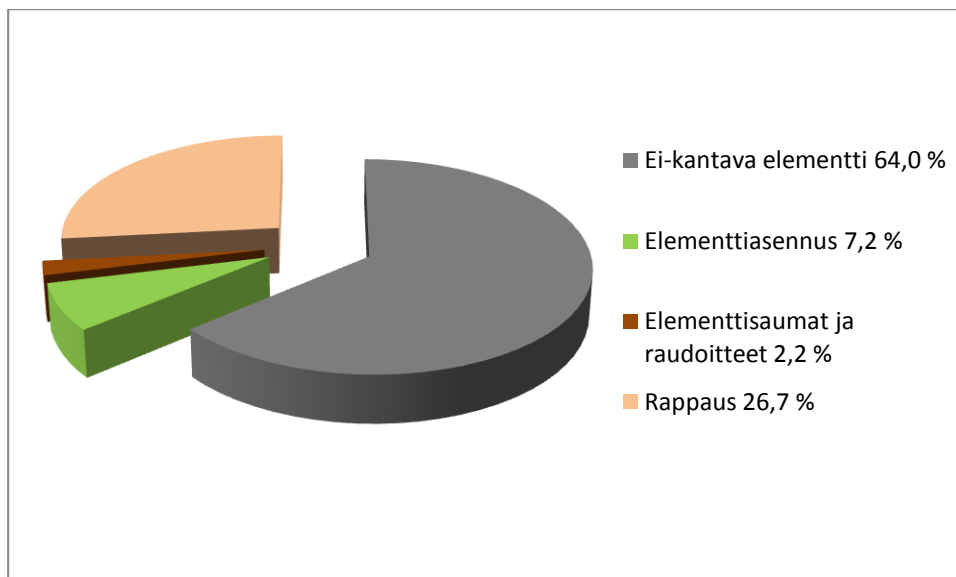
Kuva 19. Kantavan julkisivun kustannusjakauma

Ei-kantavassa julkisivussa tarkastellaan 621 neliömetrin suuruista osuutta koko julkisivusta. Ei-kantavan elementin kustannuksissa on mukana eristeet sääsuojauksineen ja kokonaishinta muodostuu valmiista tuotteesta toimitettuna työmaalle. Elementtien asennukseen liittyvissä kustannuksissa on huomioitu materiaali- ja työkustannukset. Rappauksen kustannuksissa on mukana materiaali- ja työkustannukset sekä tarvittavat telineet ja nostimet. Ei-kantavan julkisivun neliöhinta on **232,64** euroa. Taulukossa 4 on esitetty ei-kantavan julkisivun kustannukset.

Taulukko 4. Ei-kantavan julkisivun kustannukset

nimike	määrä	€/yks.	yhteensä (€)
elementti (ei-kantava)	63 kpl	1466,98	92419,67
elementtiasennus	63 kpl	165,00	10395,00
raudoitus ja saumavalu	189 m	2,54	480,06
pystysaumabetonointi	189 m	14,13	2671,20
rappaus	621 m ²	62,00	38502,00
		yhteensä (€)	144467,93
		€/m²	232,64

Suurin osa ei-kantavan julkisivun kustannuksista muodostuu ei-kantavasta elementistä, joka on valmiiksi eristetty tehtaalla. Rappauksen osuus on noin neljäsosa kokonaiskustannuksista. (Kuva 20.)



Kuva 20. Ei-kantavan julkisivun kustannusjakauma

Koko julkisivun keskihinta neliötä kohti on **234,5 €/m²**. Keskihinta on laskettu kantavien ja ei-kantavien julkisivurakenteiden kokonaisneliöhinnosta.

4.2.2 Elinkaarikustannukset

Rakenteellisilta yksityiskohdiltaan hyvin suunniteltu ja oikein toteutettu rapattu julkisivu on pitkäikäinen ja kestävä. Kosteudelle alttiit kohdat yhdessä pakkasen kanssa heikentävät laatua ja aiheuttavat vaurioita. Vedelle ja kosteudelle altistuneet alueet on helppo havaita tummempina kohtina rapatussa julkisivussa. Niiden läheisyydessä olevia räystäitä ja julkisivuun kiinnitettyjä yksityiskohtia on syytä tarkkailla mahdollisten vaurioiden estämiseksi.

Pitkään jatkuneet kosteusvauriot voivat irrottaa rappauksen alustastaan ja korjaustyössä on mitattava alueen laajuus kokonaisuudessaan korjaustyön kustannusten selvittämiseksi.

Taulukko 5. Rapatun julkisivun vauriomäärien arviointi (Rakennustieto 1996b.)

vaurio tai ongelma	vaurion laajuus pieni	suuri	hyvin suuri
pakkasvaurio	≤ 3 m ² alue	15 % pinnasta	≥ 15 % pinnasta
pintahalkeamat rappauksessa	muutamia, väli > 2 m	väli < 2 m	halkeamia ja kopoa
huono tartunta kopoa	< 0,5 m ² alue väli > 2 m	muutama suurempi alue	15 % irti, myös halkeamia
rakennehalkeamia	muutamia eri materiaalien rajapinnassa	suurempia rakennehalkeamia	runsaasti ikkunoiden ja parvekkeiden nurkissa, perustuksissa jne.
pinnoitteen kuluminen	likaantuminen, värien epätasaisuus	kupliva, halkeillut, irronnut pinnoite	voimakkaasti vaurioitunut pinnoite ja rappaus
ehjä, heikko rappaus	kalkkirappaus kova pintarappaus alla heikko rappaus	epätasalaatuinen ks-rappaus, heikkoja kohtia < 15 %	hyvin heikko ks-rappaus, heikkoja kohtia > 15 %
suolasaostumia pinnassa	paikoitellen	suurilla alueilla	laajoilla alueilla

Korjauksen kustannukset muodostuvat korjattavan alueen koon, sijainnin ja tyyppin mukaan. Suuremmissa korjauksissa on syytä miettiä, onko koko rakennuksen julkisivut rapattava uudelleen yhtenäisen julkisivun aikaansaamiseksi. Rappaus uusitaan yleensä kokonaan, jos suuria vaurioita on yli 30 % rakennuksen julkisivusta. (Rakennustieto 1996b.)

Likaantunut julkisivu voidaan puhdistaa pesemällä, mutta puhdistettavat alueet on rajattava luonnollisiin kohtiin, kuten nurkkiin tai syöksytorviin, jotta julkisivuun ei jää näkyvää rajaa.

Rapatun julkisivun perusteellinen tarkastus tehdään noin viiden vuoden välein. Koko julkisivun rappaus joudutaan uusimaan noin 50 vuoden välein. Paikkarappauksia voidaan tehdä tarvittaessa. Ilmansuunnalla ja rakennuksen sijainnilla on ratkaiseva merkitys rappauksen kestoikään. Etelän- ja lännenpuoleisilla seinillä rappauksen kesto saattaa olla vain puolet suojaisempien seinien kestoista. (Mehto 1997.)

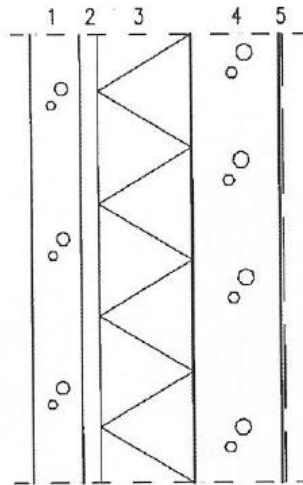
4.3 Sandwich-elementti – As Oy Kotkan Hovineito

Sandwich-julkisivussa tarkasteltavana kohteena on elementtirakenteinen viisikerroksinen kerrostalo. Rakennuksen kantavat ja ei-kantavat seinät ovat teräsbetonisia sandwich-elementtejä tiililaattapinnalla. (Kuva 21.)



Kuva 21. As Oy Kotkan Hovineito (YIT Rakennus Oy 2012b.)

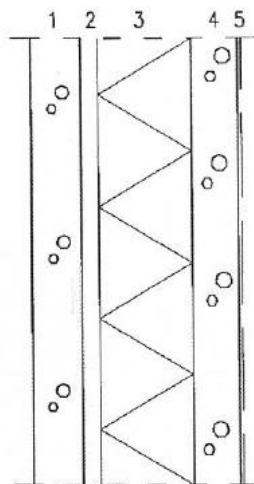
Kantavassa sandwich-elementissä kantavana rakenteena toimii 150 mm paksu sisäkuori. Ulkokuori on 85 mm paksu ja se on päällystetty tiililaatalla. Eristeenä on käytetty pinnoittamatonta eristevillalevyä Isover OL-E:tä, joka soveltuu betonisandwich-elementtiin kuormituskestävyytensä ansiosta. Eristeen ja ulkokuoren välissä on 30 mm:n tuuletusväli kosteuden siirtymisen parantamiseksi rakenteessa. (Kuva 22.)



85	1	TERÄSBETONI	} ELEMENTTI RA- KENNEPIIRUS- TUSTEN MUKAAN
30	2	ILMARAKO	
160	3	ISOVER OL-E	
150	4	TERÄSBETONI	
	5	PINTAKÄSITTELY TAI -VERHOUS	
<hr/> 425			

Kuva 22. Kantava sandwich-elementti (Rikkonen 2010a)

Ei-kantavassa sandwich-elementissä sisäkuorena toimii 80 mm paksu kuorielementti, joka on yhdistetty ulkokuoreen raudoituksen avulla. Ulkokuori on 85 mm paksu ja se on päällystetty tiililaatalla. Eristeenä on käytetty pinnoittamatonta eristevillalevyä Isover OL-E:tä, joka soveltuu betonisandwich-elementtiin kuormituskestävyytensä ansiosta. Eristeen ja ulkokuoren välissä on 30 mm:n tuuletusväli kosteuden siirtymisen parantamiseksi rakenteessa. (Kuva 23.)



85	1	TERÄSBETONI	} ELEMENTTI RA- KENNEPIIRUS- TUSTEN MUKAAN
30	2	ILMARAKO	
160	3	ISOVER OL-E	
80	4	TERÄSBETONI	
	5	PINTAKÄSITTELY TAI -VERHOUS	
<hr/> 355			

Kuva 23. Ei-kantava sandwich-elementti (Rikkonen 2010b.)

4.3.1 Investointikustannukset

Sandwich-elementeistä valmistetun julkisivun kustannukset koostuvat varsinaisesta elementistä ja sen asennukseen sekä viimeistelyyn liittyvistä kustannuksista. Elementtien kustannuksiin vaikuttavat tilattava elementtimäärä, kuljetusmatkat, elementtien koko ja muoto, aukkojen ja kulmien määrä, julkisivun pintakäsittely ja vuodenaikaan liittyvät kustannukset.

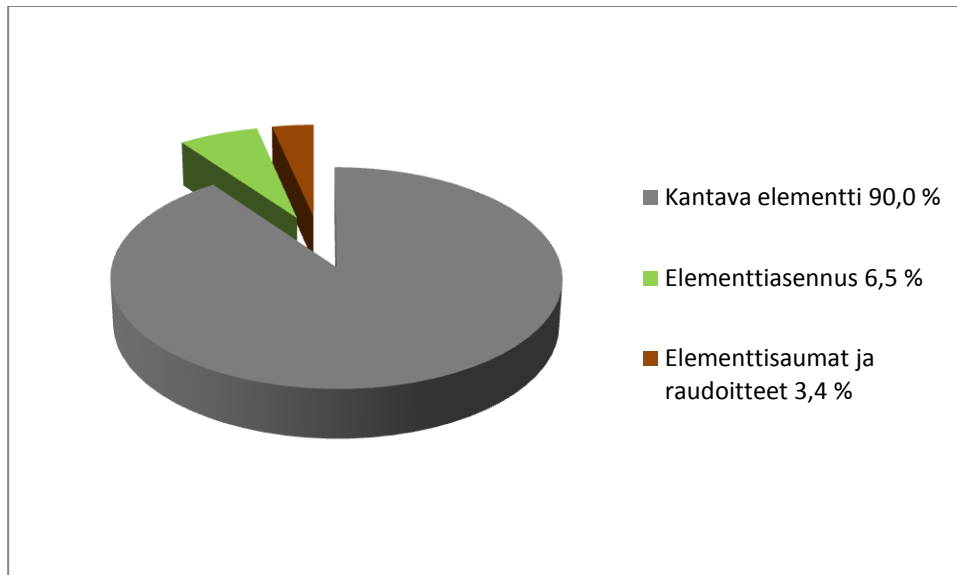
Elementtiasennuksen kustannuksiin vaikuttavat asennuspaikka ja vuodenaika. Pitkillä nostoetäisyyksillä ja painavilla elementeillä tarvitaan suurempaa nostokalustoa. Talvella tapahtuvassa elementtiasennuksessa kustannuksia muodostuu lisälämmityksestä, lumen ja jään poistosta sekä talvikäyttöön sopivista rakennusmateriaaleista. Elementtijulkisivun saumaus on myös merkittävä kustannuserä.

Kantava sandwich-elementti on yksikköhinnaltaan melko kallis, koska julkisivu on käytännössä kokonaan valmis asennuksen jälkeen. Elementin kustannuksissa on mukana kantava sisäkuori, sisäkuoren ja ulkokuoren välissä oleva eriste sekä ulkokuori tiililaattapinnalla. Elementtiasennuksessa on huomioitu materiaali ja työkustannukset. Kantavan sandwich-elementin neliöhinta on **197,31** euroa. Taulukossa 6 on esitetty kantavan sandwich-elementin kustannukset.

Taulukko 6. Kantavan sandwich-elementin kustannukset

nimike	määrä	€/yks.	yhteensä (€)
elementti (kantava)	44 kpl (536,8)	2167,56	95372,73
elementtiasennus	44 kpl	157,41	6926,04
raudoitus ja saumavalu	132 m	2,54	335,28
pystysaumabetonointi	132 m	15,23	2010,34
elementtisaumaus	308 m	4,12	1268,96
		yhteensä (€)	105913,35
		€/m²	197,31

Kuvasta 24 huomataan, että valmis elementti muodostaa suurimman osan koko julkisivun kustannuksista. Paksumman sisäkuoren vuoksi kantavan elementin kustannukset ovat suuremmat kuin ei-kantavan.



Kuva 24. Kantavan julkisivun kustannusjakauma

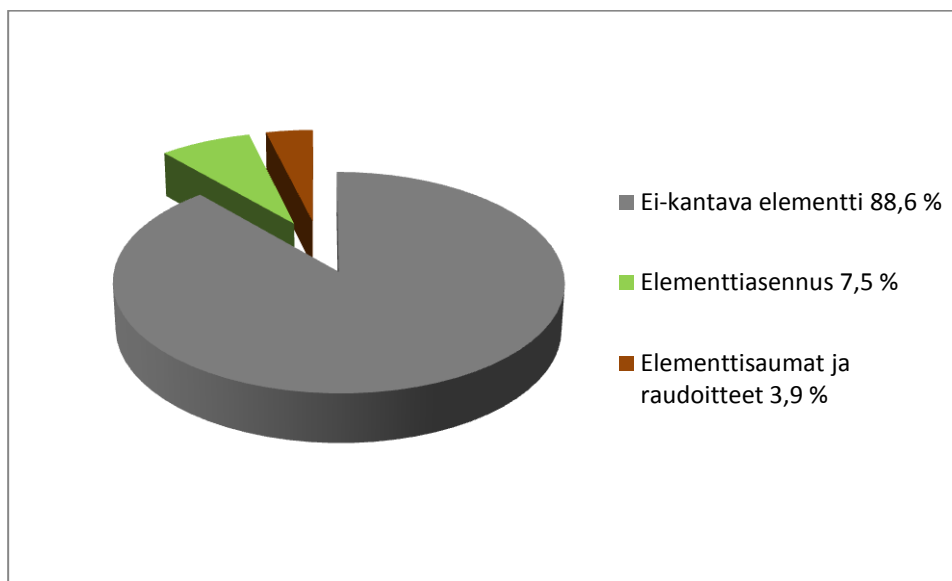
Ei-kantava sandwich-elementti on yksikköhinnaltaan melko kallis, koska julkisivu on käytännössä kokonaan valmis asennuksen jälkeen. Elementin kustannuksissa on mu-

kana ei-kantava sisäkuori, sisäkuoren ja ulkokuoren välissä oleva eriste sekä ulkokuori tiililaattapinnalla. Elementtiasennuksessa on huomioitu materiaali ja työkustannukset. Ei-kantavan sandwich-elementin neliöhinta on **190,91** euroa. Taulukossa 7 on esitetty ei-kantavan sandwich-elementin kustannukset.

Taulukko 7. Ei-kantavan sandwich-elementin kustannukset

nimike	määrä	€/yks.	yhteensä (€)
elementti (ei-kantava)	46 kpl (504,7)	1856,51	85399,57
elementtiasennus	46 kpl	157,41	7240,86
raudoitus ja saumavalu	138 m	2,54	350,52
pystysaumabetonointi	138 m	15,23	2101,72
elementtisaumaus	306 m	4,12	1260,72
		yhteensä (€)	96353,40
		€/m²	190,91

Kuvasta 25 huomataan, että valmis elementti muodostaa suurimman osan koko julkisivun kustannuksista. Ohuemman sisäkuoren vuoksi ei-kantavan elementin kustannukset ovat pienemmät kuin kantavan elementin.



Kuva 25. Ei-kantavan julkisivun kustannusjakauma

Koko julkisivun keskihinta neliötä kohti on **194,2 €/m²**. Keskihinta on laskettu kantavien ja ei-kantavien julkisivurakenteiden kokonaisneliöhinnosta.

4.3.2 Elinkaarikustannukset

Sandwich-julkisivun korjaus- ja kunnossapitokustannukset muodostuvat lähinnä elementin ulkokuoreen liittyvistä vauriotapauksista. Suurin osa elementtijulkisivun vaurioista syntyy kosteusrasituksen ja pakkasen yhteisvaikutuksesta. Tämä rapauttaa elementin kuorta ja se jatkuu kiihtyvästi, jos julkisivua ei korjata ajoissa. Vesi imeytyy esimerkiksi kuorielementin halkeamista, viallisista saumoista tai ulkokuoreen tiivistävästä kosteudesta, joka tulee ulkoseinän sisältä. Huonosti suunnitellut julkisivun yksityiskohdat mahdollistavat myös veden kulkeutumisen rakenteeseen.

Toinen merkittävä sandwich-julkisivun vauriotyyppi on korroosiovauriot. Ajan kuluessa betonirakenteet neutralisoituvat eli karbonatisoituvat, joten betonissa käytetty rauditus alkaa ruostua, sen tilavuus kasvaa ja syntyy kovempi paine betonin sisällä. Paine halkaisee tai lohkaisee betonipeitteen ja rauditus tulee esiin. Raudituksen korroosiota voidaan estää riittävän suurilla betonin peitekerrospaksuuksilla, joiden on oltava nykyisten normien mukaan yli 25 mm. Sään rasituksessa olevien rauditteiden ja ansasten on oltava ruostumattomia.

Saumarakenteiden vauriot aiheuttavat myös suoraan kuorielementtiin ja taustalla olevaan rakenteeseen vaurioita. Saumauksen kestävyysvaikuttavat sauman mitoitus ja liikkeet, sadevesi, auringon uv-säteily ja mekaaninen kulutus ja alkuperäinen saumaustyön laatu sekä kunnossapito. (Rakennustieto 2009.)

Julkisivusaumausten tyypillinen kestoikä on noin 15 vuotta, jolloin 50 vuoden käyttöä aikana julkisivut on saumattava muutamaan kertaan. Suuremmissa kuorielementtien vaurioissa on suunniteltava koko julkisivun korjaus yhtenäiseksi, esimerkiksi kuorielementin ja eristeen poistolla ja kokonaan uuden julkisivun rakentamisella, kuten yhtenäisellä julkisivumuurauksella tai eristerappauksella.

5 JULKISIVURAKENTEIDEN VERTAILULASKENTA

5.1 Esimerkkilaskelma

Esimerkkilaskelmassa pohditaan kokonaisen rakennuksen julkisivujen kustannuseroja. Tarkastelussa on otettu mielivaltainen kerrostalo, jossa on 1 500 m² julkisivua, josta 40 % on kantavaa ja 60 % on ei-kantavaa. Laskennassa on käytetty esimerkkikohteista saatuja rakenteiden kustannusten arvoja.

Investointikustannuksiltaan rapattu julkisivu on kallein, n. 350 000 €, ja halvin on muurattu julkisivu, joka on n. 250 000 €. Sandwich-julkisivun kustannukset ovat n. 290 000 €. Korjauskustannukset ja lämmitysenergian kustannukset on diskontattu nykyarvomenetelmällä alkuhetkeen. Lämmitysenergian kustannuksia pidetään tarkastelussa hoitokustannuksina. Rakennuksen käyttöikä on käytetty 50:tä vuotta ja korkokantana 5 %:a.

$$K_N = R_N + L_N + KK_N \quad (1)$$

missä	K_N	kustannusten nykyarvo
	R_N	rakennuskustannusten nykyarvo
	L_N	lämmityskustannusten nykyarvo
	KK_N	korjauskustannusten nykyarvo

Muuratun julkisivun korjauskustannukset on laskettu siten, että 5 % julkisivusta joudutaan uusimaan 50 vuoden käyttöiän aikana. Todennäköisesti julkisivua ei tarvitse korjata näin lyhyellä tarkastelujaksolla, mutta laskennassa on arvioitu sen vaikutuksia kokonaiskustannuksiin. Muurauksen uusimisesta kustannuksia muodostuu n. 9 300 €.

Rapatun julkisivun korjauskustannuksissa on laskettu koko julkisivun uusiminen 50 vuoden käyttöiän aikana. Vanhan rappaus poistetaan ja uusi rappaus tehdään eristeen päälle. Rappauksen uusimisesta muodostuu kustannuksia n. 116 000 €.

Sandwich-elementin korjauskustannuksissa on laskettu elementtisaumojen uusiminen kolme kertaa 50 vuoden käyttöiän aikana. Elementtisaumat poistetaan ja pohjat puhdistetaan ennen uutta saumausta. Elementtisaumauksesta muodostuu kustannuksia n. 18 000 €.

Korjauskustannukset on diskontattu seuraavalla kaavalla nykyarvoon:

$$KK_N = \sum KK_i \frac{1}{(1+r)^i} = KK_i d_{ir} \quad (2)$$

missä	KK_N	korjauskustannusten nykyarvo
	KK_i	korjauskustannukset vuonna i
	r	valittu korkokanta
	i	vuosi, jolloin tehdään korjaustoimenpiteitä
	d_{ir}	diskonttaustekijä

Taulukossa 8 on esitetty esimerkkinä rapatun julkisivun korjauskustannuksiin vaikuttavia tekijöitä.

Taulukko 8. Rapatun julkisivun korjauskustannukset

selite	tth/m ²	m ²	tth	tuntityö (€)	yhteensä (€)
purku	0,35	1500	525	35	18375
jätteen kuljetus	0,05	1500	75	35	2625
paikkaus	0,04	1500	60	35	2100
				yht	23100
rappaus (sis. materiaalit + työt)		1500		62	93000
				yht	116 100,00

Rapatun julkisivun korjauskustannusten diskonttaus lasketaan seuraavasti:

$$KK_N = KK_{50} d_{50,5} = 116\,100 \text{ €} \times 18,26 = \mathbf{10\,124 \text{ €}} \quad (3)$$

Lämmitysenergian kustannukset on laskettu RakMk C3 (2010) vaatimusten mukaisen seinän lämmönläpäisykertoimen perusteella. Seinän U-arvo on tällöin 0,17 W/m²°C. Kokonaislämpöhäviö on laskettu kolmen kuukauden jaksoista (kevät, kesä, syksy ja

talvi). Laskennassa käytetään ulkoilman keskilämpötilaa eli keväällä lukemaa 5 °C, kesällä lukemaa 15 °C, syksyllä lukemaa 5 °C ja talvella lukemaa -15 °C. Sisäilman lämpötilana käytetään läpi vuoden lukemaa 22 °C.

$$\phi = UA\Delta T \quad (4)$$

missä	ϕ	lämpöhäviö [W]
	U	lämmönläpäisykerroin [W/m ² °C]
	A	pinta-ala [m ²]
	ΔT	lämpötilaero [°C]

Rakennuksen lämmitysenergia saadaan kaukolämpöverkosta ja laskennassa on käytetty Kotkan Energian kaukolämmön hintaa (1.7.2011 alkaen), joka muodostuu energimaksusta ja tehomaksusta. Energimaksu on 51,66 €/MWh ja tehomaksu on 9,73 €/MWh, eli kokonaishinnaksi muodostuu 61,39 €/MWh. (Energieollisuus 2011.)

Lämmitysenergia on diskontattu seuraavalla kaavalla nykyarvoon:

$$L_N = L_A \frac{(1+r)^n - 1}{r(1+r)^n} = L_A \bar{d}_{nr} \quad (5)$$

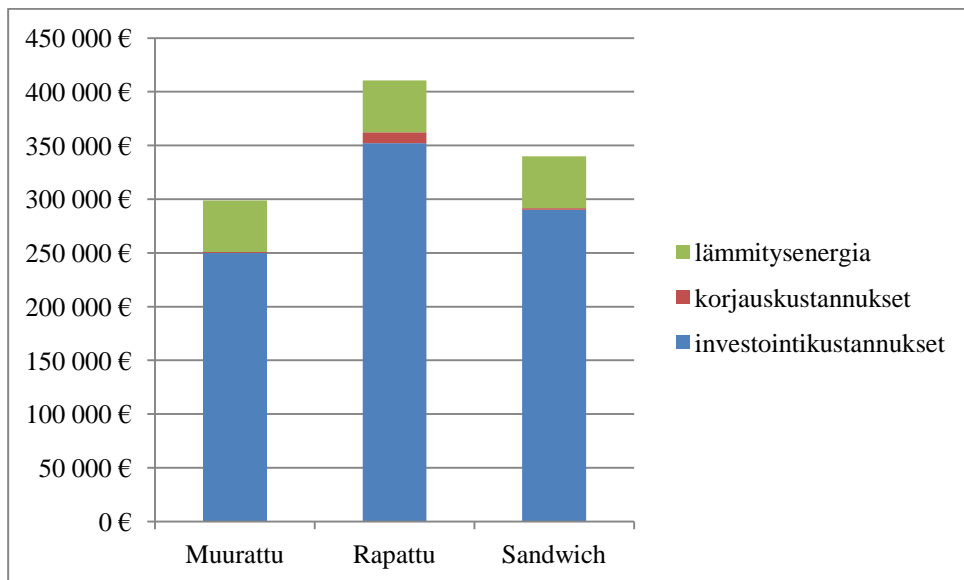
missä	L_N	lämmityskustannusten nykyarvo
	L_A	vuosittainen lämmityskustannus
	r	valittu korkokanta
	n	rakennuksen käyttöikä
	\bar{d}_{nr}	jaksollisten maksujen diskonttaustekijä.

Taulukossa 9 on esitetty julkisivujen kokonaiskustannusten muodostuminen, jossa on mukana investointikustannukset ja elinkaarikustannukset.

Taulukko 9. Julkisivujen kustannusten nykyarvo

	Muurattu	Rapattu	Sandwich
investointikustannukset	249 953 €	352 170 €	290 204 €
korjauskustannukset	813 €	10 124 €	1 584 €
lämmitysenergia	48 149 €	48 149 €	48 149 €
yhteensä	298 915 €	410 443 €	339 937 €

Kuvasta 26 huomataan, että korjauskustannuksilla ei ole ratkaisevaa vaikutusta rakennuksen käyttöiän aikana muodostuviin kustannuksiin.



Kuva 26. Julkisivun kokonaiskustannukset

5.2 Herkkyystarkastelu – Muurattu kantava julkisivu

Julkisivun osien kustannukset muodostuvat eri tekijöistä. Taulukossa 10 on tehty herkkyystarkastelu As Oy Karhunkadun muuratulle julkisivulle, jossa on kantava sisäkuori. Yksikköhintojen vaihteluväliksi on otettu tarkastelussa noin $\pm 10\%$ alkupe-
räisestä hinnasta. Taulukosta huomataan, että suurimmat erot kokonaishinnassa syntyvät suurten kokonaisuuksien hintojen muutoksesta.

Taulukko 10. Julkisivun herkkyystarkastelu

nimike	vaihteluväli				
	850	900	950	1000	1050
sisäkuorielementti 150	850	900	950	1000	1050
hinta (€/m ²)	210,26	215,07	219,89	224,71	229,52
mineraalivilla 150	7	7,5	8	8,5	9
hinta (€/m ²)	219,49	219,99	220,49	220,99	221,49
tuulensuojavilla 50	9	9,5	10	10,5	11
hinta (€/m ²)	219,09	219,59	220,09	220,59	221,09
julkisivumuuraus	80	85	90	95	100
hinta (€/m ²)	209,39	214,39	219,39	224,39	229,39
elementtiasennus	135	140	145	150	155
hinta (€/m ²)	219,33	219,81	220,29	220,77	221,25
raudoitus ja saumavalu	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7
hinta (€/m ²)	220,32	220,35	220,38	220,41	220,43
pystysaumabetonointi	13	14	15	16	17
hinta (€/m ²)	219,75	220,04	220,33	220,62	220,91

Ilman herkkyystarkasteluakin olisi voitu päätellä, että suurin loppukustannuksiin vaikuttava tekijä on osuus, joka muodostaa suurimman osan kokonaishinnasta. Tässä tapauksessa sisäkuorielementin yksikköhinnan pienenemisellä saavutetaan huomattava ero neliöhinnassa.

Suurissa rakennusosahankinnoissa on mahdollista saavuttaa merkittäviä säästöjä koko rakennushankkeen kustannuksissa.

6 YHTEENVETO

Tämä opinnäytetyö on tehty YIT Rakennus Oy:lle Kaakkois-Suomen alueyksikköön. Työn tavoitteena oli selvittää julkisivujen investointikustannusten ja elinkaarikustannusten kokonaiskustannuksia sekä kustannuseroja osaelementtirakentamisen ja täys-elementtirakentamisen välillä.

Julkisivumateriaalien valinnalla ja rakennetyypeillä on merkittävä vaikutus kokonaiskustannuksiin, niin investointikustannuksissa kuin elinkaarikustannuksissa. Beto-nielementtirakenteisten julkisivujen kustannukset vaihtelivat 190 ja 240 euron välillä neliötä kohden. Muuratussa ei-kantavassa julkisivussa kustannusero johtui varsin edullisesta sisäkuoresta, joka oli puurunkoinen.

Valmisosarakentamisen edut näkyvät myös nopeammassa aikataulussa. Elementtien kustannukset voivat olla hieman suurempia verrattuna paikalla tehtyyn julkisivuun. Nopealla aikataululla rakennetussa talossa on tosin riskitekijöitä, kuten kosteus- ja homevauriot rakenteiden riittämättömän kuivumisen takia.

Vallitsevilla sääolosuhteilla rakentamisen aikana on ratkaiseva merkitys kustannuksiin. Talvi ja sen aiheuttamat lisäkustannukset on laskettava mahdollisimman tarkasti, jotta kokonaiskustannukset pysyvät tavoitteessa. Paikalla tehtävät julkisivut vaativat huomattavasti enemmän suojaamista sääoloja vastaan verrattuna elementeistä rakennettaviin julkisivuihin.

Kiristyvät energiamääräykset aiheuttavat tulevaisuudessa kustannuksia, koska eriste-paksuudet kasvavat, mutta eristevalmistajat kehittävät koko ajan energiatehokkaampia eristeitä, joissa paksuudet pysyvät lähes ennallaan. Elementtirakentamisessa on kiinnitettävä huomiota myös ilmatiiveyteen elementtien liitoskohdissa.

Huolella ja hyvin rakennetulla sekä hyvälaatuisista materiaaleista valmistetusta julkisivusta saadaan pitkäikäinen. Suuremmilla investointikustannuksilla voidaan säästää korjauskustannuksissa, säilyttää rakennuksen julkisivun yleinen ilme tasokkaana ja parantaa asuntojen jälleenmyyntiarvoa.

LÄHTEET

Arkkitehtitoimisto Hovi & Nikki. 2011. As Oy Karhunkatu 22 julkisivu. Kotka.

Huhtilainen, M. 2006. Rapatut julkisivut. Kivitalokirja. Helsinki: Suomen Betonitieto Oy.

Isover Oy. 2012. Sandwich-rakenneleikkaus. Saatavissa:
<http://www.isover.fi/suunnittelu/rakennekirjasto/3540/us-2005> [viitattu 1.12.2011].

Kakko, K. 2011a. Kantava ulkoseinä. As Oy Karhunkatu 22 rakennetyypit. Pyhtää.

Kakko, K. 2011b. Ei-kantava ulkoseinä. As Oy Karhunkatu 22 rakennetyypit. Pyhtää.

Energiateollisuus ry. 2011. Kaukolämmön hinta 1.7.2011 alkaen. Taulukko. Saatavissa: http://www.energia.fi/sites/default/files/hinta_010711.xls [viitattu 23.12.2011].

Mattila, P. 2005. Rapattu julkisivu on näyttävä. Betoni 2/2005. Helsinki: Betoniteollisuus ry.

Mehto, L. 1997. Betonijulkisivujen korjaus ja pintakäsittely. Julkisivujen korjausopas. Helsinki: Julkisivuyhdistys ry.

Maankäyttö- ja rakennusasetus 10.9.1999/895.

Museovirasto. 2004. Tiilen historiaa Suomessa. Saatavissa:
<http://www.nba.fi/tiili/valmistus/poltto.htm> [viitattu 17.11.2011].

Mäkitalo, M. 2011. Puurunkoisten ulkoseinärakenteiden toiminta. Seminaari 1.12.2011. Helsinki: Ympäristöministeriö.

Paroc Oy. 2011. Eristerappaus ohutrappausmenetelmällä. Saatavissa:
http://www.paroc.fi/resources/bi_056_339x270.jpg [viitattu 20.11.2011].

Pentti, M. 1997. Julkisivujen korjaustarpeet. Julkisivujen korjausopas. Helsinki: Julkisivuyhdistys ry.

Rakennusperintö. 2012. Tiililaattapintainen sandwich-elementti. Saatavissa:
<http://www.rakennusperinto.fi> [viitattu 5.1.2012].

Rakennustieto Oy. 1996a. Muuratut julkisivut KH 92-00227. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Rakennustieto Oy. 1996b. Rapatut julkisivut. KH 92-00228. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Rakennustieto Oy. 2009. Kiviaineisten elementtijulkisivujen saumat. RT 82-10980. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Rakennustieto Oy. 2010. Kahi-kalkkihiekkatiilet ja -harkot RT 37991. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Ratvio, J. 1998. Eriytetyn betonijulkisivun suunnitteluperusteita. Helsinki: VTT.

Rikkonen, H. 2010a. Kantava sandwich-elementti. As Oy Kotkan Hovineito rakennustyypit. Kotka.

Rikkonen, H. 2010b. Ei-kantava sandwich-elementti. As Oy Kotkan Hovineito rakennustyypit. Kotka.

Rikkonen, H. 2011a. Kantava ulkoseinä. As Oy Loviisan Aleksanterintulli rakennustyypit. Kotka.

Rikkonen, H. 2011b. Ei-kantava ulkoseinä. As Oy Loviisan Aleksanterintulli rakennustyypit. Kotka.

Rakennustuoteteollisuus RTT ry. 1998. Uudet betonijulkisivurakenteet. Helsinki: Rakennustuoteteollisuus RTT ry.

Saint-Gobain Weber Oy. 2012. Weber opas 2012. Helsinki: Saint-Gobain Weber Oy.

Saint-Gobain Weber Oy. 2011a. Ohutrappaus kylmässä kuorimuurissa. Saatavissa:
<http://www.maxit.fi/modules/image/images/3C2B0B4516B04345B192B6DB0A1F2B17.GIF> [viitattu 10.11.2011].

Saint-Gobain Weber Oy. 2011b. Kaksikerrosrappaus Leca-harkkopinnassa. Saatavissa:

<http://www.maxit.fi/modules/image/images/A23B0D4216B04624B192B6DB0B132C14.GIF> [viitattu 10.11.2011].

Saint-Gobain Weber Oy. 2011c. Kolmikerrosrappaus kylmässä kuorimuurissa. Saatavissa:

<http://www.maxit.fi/modules/image/images/4E9B0B4516B04624B192B6DB0D153D10.GIF> [viitattu 10.11.2011].

Saint-Gobain Weber Oy. 2012. Luonnonvalkoinen Kahi-tiiliseinä. Saatavissa:

<http://www.e-weber.fi/muuratut-rakenteet/paras-mahdollinen-ratkaisu/vaerikartat/tiili-ja-laastivaerimallit.html> [viitattu 8.1.2012].

Suikka, A. 2010. Betonisandwich-elementit. Seminaari 6.10.2010. Saatavissa:

<http://www.elementtisuunnittelu.fi/Download/23645/Betonisandwich-%20elementit.pdf> [viitattu 13.1.2012].

Suonto, Y. 1997. Asuinrakennusten julkisivut. Julkisivujen korjausopas. Helsinki: Julkisivuyhdistys ry.

Tiileri Oy. 2005. Tekninen opas I. Helsinki: Tiileri Oy.

Tiileri Oy. 2001 Tekninen opas II. Helsinki: Tiileri Oy.

Wienerberger Oy. 2011. Punainen sileä tiiliseinä. Saatavissa:

<http://www.wienerberger.fi/images/db/srprdet/1152637405726.jpg> [viitattu 12.11.2011].

Wienerberger Oy. 2012. Teräsbetonirunkoinen ja puurunkoinen tiilijulkisivu. Saatavissa:

http://www.wienerberger.fi/servlet/Satellite?pagename=Wienerberger/Page/CallArticle05&cid=1121162008861&sl=wb_fi_home_fi [viitattu 8.1.2012].

YIT Rakennus Oy. 2012a. As Oy Loviisan Aleksanterintulli. Saatavissa:

<http://www.yit.fi/palvelut/YITKoti/Asunnot/Uusimaa/Loviisa/109717?template=Image.aspx&size=504x307&mode=fit&field=Image> [viitattu 12.1.2012].

YIT Rakennus Oy. 2012b. As Oy Kotkan Hovineito. Kuva. Saatavissa:

<http://www.yit.fi/palvelut/YITKoti/Asunnot/etelasuomi/Kotka/97289?template=Image.aspx&size=504x307&mode=fit&field=Image> [viitattu 10.1.2012].

Korjauskustannusten laskentataulukko.

Laskennassa on käytetty Rakennustiedon ohjekortteja kyseessä olevien rakenteiden korjaukseen liittyvissä työmäärissä. (KH 92-00227, KH 92-00228 ja RT 82-10980).

Muuratun julkisivun korjaus 5 % = 75 m ²						
selite	tth/m ²	m ²	tth	tuntityö (€)	yhteensä (€)	
purku	0,9	75	67,5	35	2362,5	
jätteen kuljetus	0,05	75	3,75	35	131,25	
				yht	2493,75	
muuraus (sis. materiaalit + työt)		75		91	6825	
				yht	9 318,75	
Rapatun julkisivun korjaus (100 %)						
selite	tth/m ²	m ²	tth	tuntityö (€)	yhteensä (€)	
purku	0,35	1500	525	35	18375	
jätteen kuljetus	0,05	1500	75	35	2625	
paikkaus	0,04	1500	60	35	2100	
				yht	23100	
rappaus (sis. materiaalit + työt)		1500		62	93000	
				yht	116 100,00	
Sandwich-elementtijulkisivun saumojen korjaus						
selite	tth/m	m	tth	tuntityö (€)	yhteensä (€)	
sauman poisto	0,08	875	70	35	2450	
				yht	2450	
saumaus		875		4,12	3605	
				yht	6 055,00	
saumojen uusiminen 3 kertaa					18165,00	