

Vesa Tammilehto

Hallirakennuksen julkisivumateriaalien vertailu

Alkusanat

Tämä mestarityö tehtiin Jokiteam Oy:n toimeksiannosta. Haluan osoittaa kiitokseni opinnäytetyön ohjaajalle lehtori Timo Riikoselle. Keskustelut kanssasi olivat motivoivia, kehittäviä ja antoivat uskoa opinnäytetyön valmistumiseen. Opinnäytetyön ohjaaja Satu Tammilehto haluan kiittää nopeasta ja kehittävästä palautteesta.

Kiitos kuuluu myös RKM CX08 ryhmälle ja muutamalle lisävahvistukselle. Teidän kanssa oli mahtavaa suorittaa opintoja mukavassa ja kehittävässä ilmapiirissä. Meidän ryhmä on parasta A-ryhmää.

Haluan kiittää vanhempiani Eijaa ja Tapiota kaikesta tuesta, luottamisesta ja mahdollisuuksien antamisesta. Erityinen kiitos kuuluu systerilleni Sadulle. Ilman sinua en tänään kirjoittaisi näitä sanoja. Avopuolisoani Miinaa haluan kiittää kannustamisesta ja tukemisesta, kaikessa mihin ryhdyn. Kiitos Mikael, kun aina niin positiivisesti uskoit tämän opinnäytetyön valmistumiseen. Maisteri Jaakkoa haluan kiittää kaikista syväluotaavista ja kannustavista keskusteluista. Lisäksi haluan kiittää kaikkia ystäviäni tukemisesta. Ilman teitä kaikkia en olisi tässä.

Tuusulan Jokelassa

29.4.2011



Vesa Tammilehto

| | |
|--|--|
| Tekijä(t) Otsikko | Vesa Tammilehto Hallin julkisivumateriaalin valinta |
| Sivumäärä Aika | 40 sivua + 12 liitettä 25.4.2011 |
| Tutkinto | Rakennusmestari (AMK) |
| Koulutusohjelma | Rakennusalan työnjohto |
| Suuntautumisvaihtoehto | Talonrakennustekniikka |
| Ohjaaja(t) | Lehtori Timo Riikonen Hallituksen jäsen Satu Tammilehto |
| <p>Tämä mestarityö tehtiin Jokiteam Oy:n toimeksiannosta vuonna 2011. Aihe oli ajankohtainen, kun julkisivun uusiminen tuli ajankohtaiseksi muutamassa Jokiteam Oy:n omistamassa hallirakennuksessa. Tämän työn tuloksia voidaan soveltaa myös uudisrakentamiseen.</p> <p>Tutkimuksen tavoitteena oli määrittää optimaalinen julkisivuratkaisu toimeksiantajan lähtökohdista. Jokiteam Oy vuokraa erilaisia tuotanto- ja toimitiloja pienten ja keskisuurten yritysten tarpeisiin. Tutkittaviksi julkisivumateriaaleiksi valittiin kalkkihiekkatiili ja teräsohutlevy, joita yritys on käyttänyt aiemmin toimitilatuotannossaan, sekä uutena materiaalina puu.</p> <p>Julkisivumateriaaleja vertailtiin viidestä eri näkökulmasta. Ensimmäisenä selvitettiin materiaalien ominaisuuksia ja soveltuvuutta hallirakennuksen julkisivuun. Toisena näkökulmana olivat valittujen julkisivuverhouksien rakentamiskustannukset ja työkustannusten sekä materiaalikustannusten vertailu. Kolmantena vertailtiin valittuja julkisivurakenteita elinkaaritaidouden kannalta. Neljäntenä kuvattiin julkisivurakenteiden työmenetelmiä, huomioitavia asioita ja tarvittavaa kalustoa. Viidentenä tarkasteltiin valittujen julkisivurakenteiden energiasisältöjä sekä ilmaston lämpenemiseen vaikuttavia ja happamoitumista aiheuttavia päästöjä.</p> <p>Puurakenne on selkeästi ympäristöystävällisin vaihtoehto. Sen rakentamis- ja elinkaarikustannukset ovat toiseksi edullisimmat valituista rakenteista. Puurakenteella korostuu erityisesti huolellisen suunnittelun ja työtoteutuksen tärkeys. Kalkkihiekkatiilirakenteen kustannukset ovat 50 vuoden suunnitteluiällä melko korkeat. Rakennuksissa, joissa suunnitteluikä on korkeampi, korostuu sen kestävyys ja vähäinen kunnossapidon tarve. Muuratulla julkisivurakenteella on korkein imagollinen arvo. Tutkimuksen perusteella muovipinnoitettu teräsohutlevyrakenne on oikea ratkaisu hallirakennuksiin. Se on valituista rakenteista selkeästi edullisin ja sen huollon sekä kunnossapidon tarve on vähäistä suunnitellun elinkaaren aikana.</p> <p>Julkisivumateriaalin valinnassa tärkeintä on ymmärtää rakennukselle valitun suunnitteluiän vaikutus kustannusten ja ympäristövaikutusten jakautumiseen koko elinkaaren ajalle.</p> <p>Jatkotutkimusaiheena esitetään julkisivumateriaalin vaikutusta rakennuksen myyntihintaan.</p> | |
| Avainsanat | julkisivu, julkisivumateriaali, hallirakennus, elinkaari |

| | |
|--|--|
| Author(s) Title | Vesa Tammilehto Facade material choosing for hall buildings |
| Number of Pages Date | 40 pages + 12 appendices 25 April 2011 |
| Degree | Bachelor of Construction Management |
| Degree Programme | Construction Site Management |
| Specialisation option | Building Construction |
| Instructor(s) | Satu Tammilehto Board Member Timo Riikonen Lecturer |
| <p>This graduate study was made by the request of Jokiteam Ltd in 2011. The topic was current because rebuilding of facade structures is becoming current in a few hall buildings owned by Jokiteam Ltd. The results of this study can also be used to choose facade material to new buildings. The main goal of this study was to determine optimum facade structure from the viewpoint of Jokiteam Ltd. Jokiteam Ltd rents different kinds of business and production premises into use for small and middle size companies. The chosen facade materials were calcium-silicate brick and steel thin plate that have already been used by the company. The third material was wood.</p> <p>Comparison was made from five different points of view. Material options and suitability for hall building facade were comprised first. Second, the chosen facade structures were compared from building cost work cost and material cost point of view. Third comparison was made between different kinds of facade structures' lifecycle costs. Fourth, working methods and needed equipment and machinery were described. The fifth point of view was to study energy content, global warming causing emission and acidity causing emissions between chosen facade structures.</p> <p>Wood structure is clearly the most environment friendly structure. Its building and lifecycle costs are second lowest among the chosen structures. Careful planning and putting into practice are the most important things when wood structure is chosen. When 50 year planning age is used, calcium-silicate brick structure's costs are quite expensive. In buildings that have higher planning age calcium-silicate brick structure's durability and low need for maintenance are highlighted. Brick facade has the highest image value. On the basis of the study, steel thin plate is the right choice for hall buildings. Coated steel thin plate structure is clearly the most inexpensive choice. It needs less maintenance and cleaning in the chosen lifespan.</p> <p>The most important thing is to understand the influence of the chosen lifespan on dividing of costs and environmental influences to the whole lifecycle. In the future it would be worth studying, what are the effects of facade material on the selling price of a building.</p> | |
| Keywords | facade, facade material, hall building, life cycle |

Sisältö

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | Johdanto | 1 |
| 2 | Työn tavoite ja rajaus | 2 |
| 2.1 | Työn tavoite | 2 |
| 2.2 | Työn rajaus | 2 |
| 2.2.1 | Julkisivu | 2 |
| 2.2.2 | Tutkittavien materiaalien valinta | 3 |
| 2.2.3 | Rakentaminen vuokratyökaluun | 4 |
| 2.3 | Hallin runkorakenne | 5 |
| 2.4 | Tutkimuskysymykset | 6 |
| 3 | Tutkimusmenetelmät | 7 |
| 3.1 | Materiaalien esittely | 7 |
| 3.2 | Työ- ja materiaalimenekki sekä kustannukset | 7 |
| 3.3 | Työmenetelmät ja työvälineet | 8 |
| 3.4 | Elinkaaritalous | 8 |
| 3.5 | Ympäristövaikutusten arviointi elinkaariarvion nojalla | 9 |
| 4 | Määritelmät | 10 |
| 4.1 | Elinkaariajattelu | 10 |
| 4.2 | Elinkaarikustannus | 11 |
| 4.3 | Ratu-kortit | 11 |
| 4.4 | Tehollinen aika, työvuoroaika T3 | 11 |
| 4.5 | Työvaiheen lisäaikakerroin, TL3-kerroin | 12 |
| 4.6 | Kokonaisaika, T4-aika | 12 |
| 5 | Tutkimustulokset | 12 |
| 5.1 | Hallin runkorakenteen työ- ja materiaalimenekki sekä kustannukset | 12 |
| 5.2 | Puu julkisivun rakennusmateriaalina | 13 |
| 5.2.1 | Puun käyttö rakentamisessa | 13 |
| 5.2.2 | Ominaisuudet | 14 |
| 5.2.3 | Suunnittelu | 14 |
| 5.2.4 | Puujulkisivun huolto ja kunnossapito | 15 |

| | | |
|-------|--|----|
| 5.3 | Kalkkihiekkatiili julkisivun rakennusmateriaalina | 16 |
| 5.3.1 | Ominaisuudet | 16 |
| 5.3.2 | Suunnittelu | 17 |
| 5.3.3 | Muuraus | 17 |
| 5.3.4 | Kalkkihiekkatiilijulkisivun huolto ja kunnossapito | 18 |
| 5.4 | Muovipinnoitetut teräsohutlevyt julkisivumateriaalina | 19 |
| 5.4.1 | Ominaisuudet | 19 |
| 5.4.2 | Teräsohutlevyn muovipinnoitus | 20 |
| 5.4.3 | Muovipinnoitetun teräsohutlevyn huolto ja kunnossapito | 21 |
| 5.5 | Työ- ja materiaalimenekit sekä kustannukset | 21 |
| 5.5.1 | Puujulkisivu | 21 |
| 5.5.2 | Kalkkihiekkatiilijulkisivu | 22 |
| 5.5.3 | Teräsohutlevyjulkisivu | 22 |
| 5.6 | Elinkaaritalous | 23 |
| 5.6.1 | Puujulkisivu | 23 |
| 5.6.2 | Kalkkihiekkatiilijulkisivu | 23 |
| 5.6.3 | Teräsohutlevyjulkisivu | 24 |
| 5.7 | Työmenetelmät ja työvälineet | 24 |
| 5.7.1 | Puujulkisivu | 25 |
| 5.7.2 | Kalkkihiekkatiilijulkisivu | 26 |
| 5.7.3 | Teräsohutlevyjulkisivu | 27 |
| 5.8 | Ympäristövaikutukset elinkaariarvion nojalla | 28 |
| 5.8.1 | Puurakenne | 28 |
| 5.8.2 | Kalkkihiekkatiilirakenne | 28 |
| 5.8.3 | Muovipinnoitettu teräsohutlevyrakenne | 29 |
| 6 | Johtopäätökset | 30 |
| 6.1 | Hallin runkorakenne | 30 |
| 6.2 | Materiaaliominaisuudet | 31 |
| 6.3 | Työ- ja materiaalimenekit sekä kustannukset | 33 |
| 6.4 | Elinkaaritalous | 34 |

| | |
|--|----|
| 6.5 Työmenetelmät ja työvälineet | 35 |
| 6.6 Ympäristövaikutukset elinkaariarvion nojalla | 35 |
| 7 Pohdinta | 36 |
| Lähteet | 39 |
| Liitteet | |
| Liite 1. Puurunkorakenteen työmenekki ja työkustannus | |
| Liite 2. Puurunkorakenteen materiaalimenekki ja materiaalikustannukset | |
| Liite 3. Puujulkisivun työmenekki ja työkustannukset | |
| Liite 4. Puujulkisivun materiaalimenekki ja materiaalikustannus | |
| Liite 5. Kalkkahiiekkajulkisivun työmenekki ja työkustannus | |
| Liite 6. Kalkkahiiekkatiilijulkisivun materiaalimenekki ja materiaalikustannus | |
| Liite 7. Teräsohutlevyjulkisivun työmenekki ja työkustannus | |
| Liite 8. Teräsohutlevyjulkisivun materiaalimenekki ja materiaalikustannus | |
| Liite 9. Materiaalien ympäristövaikutukset | |
| Liite 10. Puujulkisivun ympäristövaikutukset | |
| Liite 11. Kalkkahiiekkatiilijulkisivun ympäristövaikutukset | |
| Liite 12. Teräsohutlevyjulkisivun ympäristövaikutukset | |

1 Johdanto

Tarve tälle opinnäytetyölle muodostui, kun Jokiteam Oy pyysi selvittämään kokonaistaloudellisen julkisivumateriaalin. Jokiteam Oy ja sen sisar- sekä tytäryhtiöt aloittivat vuokrahallituotannon vuonna 1984. Tällä hetkellä yhtiöillä on hallinnassaan yhdeksän hallia sekä muita toimitilakiinteistöjä. Julkisivumateriaalina halleissa on käytetty teräspoimulevyjä sekä tiiltä. 1980-luvulla rakennetuissa halleissa, joissa on teräspoimulevyverhous, on alkanut ilmaantua vähäistä pinnoitteen irtoamista. Lisäksi pinnoitteen väri on haalentunut ajan saatossa. Näiden hallien julkisivumateriaalien uusiminen on siis tullut ajankohtaiseksi. Tämän opinnäytetyön tulokset antavat tukea myös tulevien hallirakennusten julkisivumateriaalin valintaan.

Jokiteam Oy on Tuusulan Jokelassa toimiva yritys. Yritys on keskittynyt rakentamaan ja vuokraamaan toimitiloja pienille ja keskisuurille yrityksille. Yrityksen tavoitteena on rakentaa joustavia ja laadukkaita tiloja pienten ja keskisuurten yritysten tarpeisiin. Näin vuokralla olevien yritysten ei tarvitse panostaa suuria summia pääomaa toimitilojen hankintaan, vaan ne voivat keskittyä omaan ydinsaamiseen. Vuokralla oleville yrityksille halutaan taata turvallinen ja vuokralaisen tarpeiden mukaan muuttuva toimintaympäristö. Jokiteam Oy hoitaa joustavasti ja nopeasti kiinteistöjen huollot sekä tarvittavat muutostyöt.¹

Jokiteam Oy:ssä on haluttu keskittyä oman taajaman kehittämiseen toimitilojen kautta. Näin mahdollistetaan uusien työpaikkojen muodostumista alueelle. Tämä taas luo pitkällä aikavälillä muiden palveluiden ja toimijoiden tarvetta, mikä taas muodostaa tarvetta uusille toimitiloille.

Jokiteam Oy on kahdenkymmenen toimintavuoden aikana säilyttänyt asemansa merkittävämpänä toimitilojen rakentajana ja vuokraajana Pohjois-Tuusulassa. Yrityksen hyvä maine toimitilojen vuokraajana on taannut sataprosenttisen vuokrausasteen myös taloudellisten taantumien aikana.

¹ (Jokiteam Oy, 2010)

2 Työn tavoite ja rajaus

2.1 Työn tavoite

Työn tavoitteena on saada laaja ja selkeä kuvaus tyypillisimmistä hallirakennusten julkisivumateriaaleista. Lopputuloksena on selkeästi perusteltu julkisivumateriaalin valinta. Valinnassa otetaan huomioon materiaalien ominaisuudet, työmenetelmät, menekit, kustannukset, elinkaaritalous, ympäristövaikutukset sekä muita julkisivumateriaalin valintaan vaikuttavia tekijöitä.

Julkisivumateriaalin valintaan kohdistuu useasti vahvoja mielikuvia. Ei siis ole täysin selvää, että julkisivumateriaali valitaan ainoastaan alhaisten kustannusten tai nopean toteutuksen perusteella. Ekologisuuden ja arvovalintojen merkitys on kasvanut merkittävämmäksi suomalaisessa yhteiskunnassa. Tämä tarkoittaa sitä, että ihmiset ja yritykset ovat valmiimpia maksamaan enemmän ekologisen ja omien arvojen mukaisesta tuotteesta. Yrityksissä halutaankin nykyään panostaa entistä enemmän yrityksen imagoon.²

2.2 Työn rajaus

2.2.1 Julkisivu

Julkisivulla tarkoitetaan rakennuksen ulospäin näkyvää pintaa. Julkisivu muodostuu kaikesta rakennuksen ulospäin näkyvästä materiaaleista ja rakenteista. Rakennuksella on neljä julkisivua, yksi jokaiseen pääilmansuuntaan. Fasadi (ransk. facade, 'etusivu', 'kasvot') tarkoittaa tyypillisesti rakennuksen pääjulkisivua tai selkeästi muista julkisivuista koristellumpaa julkisivua tai julkisivun osaa. Julkisivua voidaan pitää rakennuksen "pintana" tai "ihona". Julkisivun kaksi vaikuttavinta tekijää ovat muotoilu ja julkisivumateriaali.³

Julkisivumateriaalilla tarkoitetaan sitä materiaalia, joka on vallitsevana materiaalina julkisivussa. Julkisivulla oli ennen merkittävämpi tehtävä kantavana rakenteena. Tämä rajoitti jonkin verran arkkitehtuurin toteutumista julkisivussa. Nykyään julkisivu ripustetaan rakenteen päälle. Tämä ei kuitenkaan tarkoita sitä, että julkisivumateriaali olisi pelkästään ulkonäöllinen tekijä. Oli julkisivu sitten erillinen rakenteen päälle

² (Ojala, 2004, s. 72)

³ (Tampereen teknillinen korkeakoulu, 1998, s. 11)

ripustettu osa tai rakenteena toimiva osa, se toimii joka tapauksessa rakennuksen suojana. Se suojaa muita rakenteita eri ympäristön aiheuttamilta rasituksilta esimerkiksi sateelta, auringon säteilyltä ja fyysisiltä rasituksilta.⁴

Julkisivumateriaalien valinta ei ole täysin vapaata. Maankäyttö- ja rakennuslain 117§:n mukaan rakennuksen tulee soveltua ympäristöön ja maisemaan sekä täyttää kauneuden ja sopusuhtaisuuden vaatimukset. Tämä pykälä käsittelee asiaa melko yleisellä tasolla. Edellä mainittu laki velvoittaa ottamaan huomioon sen ympäristön minne rakennus sijoittuu. Tarkoitus ei ole maastouttaa rakennusta ympäristöönsä vaan sulauttaa alueiden rakennukset yhdenlaiseksi kokonaisuudeksi. Toisaalta tällä lain tekstillä voidaan karsia suunnittelusta liika räikeys pois. Rakennusluvan myöntävä viranomais voi myös vaatia tarkkaakin selvitystä rakennuslupaa hakevasta rakennuksesta. Kaavamääräyksillä voidaan tarkasti ohjata julkisivumateriaalin valintaa. Kaavamääräyksissä voidaan määritellä julkisivumateriaali ja värisävy.^{5, 6}

Tässä työssä ei oteta huomioon seinärakenteen lämmönläpäisykerrointa, koska tässä opinnäytetyössä käsitellään tuuletusraollisia julkisivurakenteita.

2.2.2 Tutkittavien materiaalien valinta

Jokiteam Oy pyysi vertailtavaksi kolmea eri julkisivumateriaalia. Teräsvoimulevyverhous on yrityksen yleisimmin käyttämä julkisivumateriaali. Työpaikka- ja pienteollisuusalueilla teräsvoimulevy on yleisin julkisivumateriaali. Varsinkin lisääntynyt pelti-eriste-pelti-sandwichelementtien käyttö on vahvistanut teräslevyn asemaa julkisivumateriaalina työpaikka- ja teollisuusalueilla. Teräsvoimulevy on hinnaltaan edullinen ja nopea asentaa.⁷

Jokiteam Oy on myös toteuttanut halleja, joiden julkisivu materiaalina on lohottu kalkkihiekkatiili. Yritys on käyttänyt kalkkihiekkatiili verhousta silloin, kun vuokralle tuleva yritys on asettanut erityisiä toiveita rakennuksen ulkonäölle. Tyypillisesti tällainen toive johtuu siitä, että yrityksessä käy useasti asiakkaita tai koko toiminta perustuu asiakaskäynteihin. Näissä tapauksissa tiloissa toimiva yritys haluaa luoda

⁴ (Tampereen teknillinen korkeakoulu, 1998, s. 11)

⁵ (Ympäristöministeriö, Alueidenkäytön osasto, 2003, s. 104)

⁶ (Maankäyttö- ja rakennuslaki 5.2.1999/132)

⁷ (Mittaviiva Oy, 2011, ss. 144, 145)

tyylikkäämmän mielikuvan omasta yrityksestään. Tiiliverhouksista kalkkihiekkatiili on poltettua tiiltä edullisempi ja tästä syystä se valittiin vertailuun.^{8,9}

Tähän mennessä Jokiteam Oy ei ole käyttänyt puuta julkisivumateriaalina. Puun käyttö julkisivumateriaalina on keskittynyt lähinnä erillistaloihin ja pienkerrostaloihin. Toimivan ja mahdollisimman pitkän huoltovälin omaavan puujulkisivun suunnittelu ja toteuttaminen vaatii enemmän paneutumista ja suunnittelua. Toisaalta nykyään kiinnitetään entistä enemmän huomiota ekologisuuteen. Tämän tyyppisessä tarkastelussa puu on selkeästi johtavassa asemassa. Puu on myös näistä materiaaleista ainoa uusiutuva luonnonvara.¹⁰

2.2.3 Rakentaminen vuokratyökaluun

Hallirakentaminen ja erityisesti vuokralle rakennettävien hallien rakentaminen on lisääntynyt merkittävästi. Kun Jokiteam Oy aloitti toimintansa 80-luvulla, vuokratilojen tarjonta ja kilpailu alalla oli huomattavasti vähäisempää. Eräs tätä muutosta tukeva asia on uudet elementtiratkaisut. Kuten rakentamisessa muutenkin, on hallien rakentamisessa siirrytty paikalla rakentamisesta elementtirakentamiseen. Tätä on hallirakentamisessa vauhdittanut erityyppiset teräspelti-eriste-teräspelti-elementtien laajentunut tarjonta. Näiden elementtien kanssa voidaan käyttää lähes mitä tahansa runkorakennetta.

Hallityyppisten rakennuksien vuokralle rakentaminen eroaa jonkin verran asiakkaalle urakoitavasta rakentamisesta. Kun urakoidaan, tällöin on yleensä tiedossa asiakkaan tai rakennuttajan toivomukset ja vaatimukset. Tällöin voidaan tehdä hyvinkin yksilöllisiä ratkaisuja asiakkaan toiveiden ja tarpeiden mukaisesti. Vuokralle tulevia halleja rakennetaan useasti ilman tietoa tulevasta käyttäjästä. Tämä tekee suunnittelusta haastavaa. Tällöin on suunniteltava rakennus, joka soveltuu mahdollisimman moneen käyttötarkoitukseen. Tässäkin tapauksessa ei voida unohtaa taloudellisuutta. Vuokran tason määräävin tekijä on sijainti ja seuraavaksi määräävimmit tekijät ovat rakennuksen ikä ja kunto. Alueellisesti tarkasteltuna vuokrataso samankaltaisilla tiloilla on hyvin vakio. Tällöin ratkaisevaksi tekijäksi vuokratilojen hankinnassa muodostuu

⁸ (Mittaviiva Oy, 2011, ss. 143-149)

⁹ (Haahtela & Kiiras, 2011, ss. 226-234)

¹⁰ (Viljakainen, 2010)

yleensä liikenneyhteydet ja näkyvyys. Onkin tärkeää määritellä, millaiselle kohderyhmälle vuokralle tulevat tilat halutaan kohdistaa.

Jokiteam Oy on valinnut kohderyhmäkseen pienet ja keskisuuret yritykset. Tyypillisesti tällainen yritys työllistää yhdestä kahteenkymmeneen henkilöä. Keskimääräinen tilantarve edellä mainitun kaltaisilla yrityksillä on noin 200 m² ja vaihteluväli tilan tarpeessa on 100–1000m². Tilan käyttötarkoituksena on useimmiten työ- ja varastotila. Tyypillinen yritys tavallisesti tarvitsee työtilaa koneiden ja laitteiden huoltoon tai sitten pääosa yrityksen toiminnasta tapahtuu vuokratuissa tiloissa. Työpaikka- ja pienteollisuusalueille sijoittuu usein myös yrityksiä, jotka varastoivat, pakkaavat ja myyvät tuotteitaan vuokraamissaan tiloissaan. Tällöin näkyvyys ja liikenneyhteydet ovat hyvin tärkeitä. Kaikilla tämän tyyppisillä yrityksillä, joiden toimintaan kuuluu asiakkaiden käyminen yrityksien tiloissa, korostuu vuokrattujen tilojen julkikuva. On selvää, että tilat, joissa yritys toimii, ovat sen käyntikortti asiakkaalle.

2.3 Hallin runkorakenne

Jokiteam Oy on enimmäkseen käyttänyt runkorakenteena paikalla rakennettua puutolpparunkoa. Tämä on johtunut siitä, että tässä runkovaihtoehdossa ja rakentamismenetelmässä työn osuus on melko suuri ja materiaalina puu on edullista. Näin on koettu, että yritys pystyy vaikuttamaan tehokkaalla työnteolla parhaiten kustannusten määrään. Lisäksi asiakaspalaute on tukenut yrityksen tekemiä valintoja rakentamismenetelmän ja runkorakenteen suhteen. Varasto- ja teollisuusrakentamisessa tulee varautua laajentamiseen. Tämä puoltaa puun valintaa runkorakenteeksi. Puu on monipuolinen ja joustava materiaali sekä helposti työstettävä. Puu on myös kustannustehokas raaka-aine sekä sillä voidaan toteuttaa paloturvallisia ja kestäviä ratkaisuja. Ekologisuus puhuu myös puurakentamisen puolesta. Uusiutuvana materiaalina ja ilmaston muutosta hidastavana hiilensitojana puu on ekologinen vaihtoehto rakentamiseen.¹¹

¹¹ (Männistö;Takala;& Siltala, 2005, ss. 1-5)

2.4 Tutkimuskysymykset

Tässä tutkimuksessa selvitetään, millainen on hyvä julkisivu hallirakennuksessa. Tähän asiaan ei vaikuta ainoastaan selkeästi laskettavissa olevat asiat. Huomioon otetaan myös arvovalintoja tukevat piirteet kuten ekologisuus.

Ensimmäiseksi selvitetään, millaisia valitut materiaalit ovat ja miten ne kestävät säärasituksia sekä muuta fyysistä rasitusta.

Toiseksi selvitetään materiaali- ja työmenekit kaikille eri vaihtoehdoille sekä selvitetään, mitkä ovat työkustannukset ja materiaalikustannukset kullakin eri julkisivumateriaalilla. Tämän lisäksi selvitetään, mikä on työ- ja materiaalikustannusten suhde ja kuinka paljon oman yrityksen työn tehokkuudella voidaan vaikuttaa lopullisiin kustannuksiin.

Kolmanneksi selvitetään, mitä kustannuksia kullakin julkisivumateriaalilla on elinkaarensa aikana ja missä kohtaa elinkaarta suurin osa kustannuksista muodostuu kullakin materiaalilla.

Neljänneksi vertaillaan työmenetelmiä. Tässä selvitetään, vaatiiko jokin julkisivumateriaaleista erityisosaamista vai riittääkö kokeneen kirvesmiehen taidot julkisivujen rakentamiseen. Lisäksi selvitetään, tarvitaanko jonkin julkisivuvaihtoehdon rakentamiseen erikoiskalustoa.

Viidenneksi asiana keskitytään materiaalien ekologisuuteen. Millaisia vaikutuksia materiaaleilla on ympäristöön?

Lopuksi pohditaan, mikä näistä julkisivumateriaaleista on optimaalisin valinta.

3 Tutkimusmenetelmät

3.1 Materiaalien esittely

Materiaalien esittely osiossa käydään läpi valittujen materiaalien tyypillisiä ominaisuuksia. Käytettävien rakennusmateriaalien tunteminen on erittäin tärkeää, kun suunnitellaan mitä tahansa rakennetta. Aikaisemmin rakennustaito perustui vahvasti vuosisataiseen perinteeseen ja kokemukseen. Markkinoille tulee koko ajan uuden tyyppisiä materiaaleja. Näistä osa on täysin uusia ja osa on vanhoista materiaaleista kehitettyjä ja uusia ominaisuuksia sisältäviä materiaaleja. Sopivien materiaalien löytäminen ja niiden oikeanlainen käyttö vaatii vankkaa ammattitaitoa ja huolellista suhtautumista työn laatuun ja oikeellisuuteen rakennusprosessin jokaisessa vaiheessa, aina suunnittelusta viimeistelyyn asti. Virheitä välttämällä voidaan ehkäistä taloudellisia menetyksiä sekä luodaan turvalliset ja terveelliset olosuhteet rakennuksen käyttäjälle. Ainoastaan vahvan materiaalituntemuksen avulla on mahdollista vertailla eri vaihtoehtoja, tehdä oikeita valintoja ja rakentaa tulevaisuuden rakennuksia ja rakenteita tämän päivän tiedoilla.¹²

3.2 Työ- ja materiaalimenekki sekä kustannukset

Työ- ja materiaalimenekkien laskenta toimii pohjana aikataulu- ja kustannussuunnittelulle. Työ- ja materiaalimenekkien arvioinnissa käytetään Ratu-kortteja. Materiaalikustannuksia laskettaessa otetaan huomioon materiaalihukat. Työmenekkiä laskettaessa käytetään kokonaisaikaa T4, joka sisältää kaikki työhön käytetyt tunnit sekä yli tunnin mittaiset tauot. Työ- ja materiaalimenekkejä tarkastellaan kohti toiminnallista yksikköä, joka tässä tapauksessa on m². Tuntipalkaksi valitaan rakennusalan työehtosopimuksesta palkkaluokka neljän mukainen palkka eli 13,81 €/h. Sosiaalikulut ovat 70 prosenttia. Hinnat eivät sisällä arvonlisäveroa.¹³

¹² (Siikanen, 2001, ss. 5-15)

¹³ (Talonstrakennusteollisuus ry, 2007, ss. 1-15)

3.3 Työmenetelmät ja työvälineet

Työmenetelmien vertailussa käytetään Ratu-kortteja. Näissä työlajikohtaisissa Ratu-korteissa on käyty hyvin yksityiskohtaisesti läpi, millaisia eri työmenetelmiä työlajit sisältävät ja kuinka monta eri vaihetta työlaji sisältää. Näitä tietoja vertailemalla saadaan laaja kuva siitä, miten yksinkertainen tai monimutkainen tietty työlaji on.

Työmenetelmiä tutkimalla voidaan arvioida, pystytäänkö työt suorittamaan kirvesmiestaidoilla vai tarvitaanko erityisosaamista. Työmenetelmistä ei käydä läpi niitä työmenetelmiä, jotka liittyvät materiaalin vastaanottamiseen ja varastointiin tai aloittaviin töihin, koska nämä työmenetelmät ovat kaikilla valituilla materiaaleilla likipitään samat. Työmenetelmissä keskitytään vertailemaan niitä työmenetelmiä, jotka ovat materiaalikohtaisia.

Ratu-kortista selviää myös työlajin suorittamiseen tarvittavat työvälineet, koneet ja kalustot. Näitä tietoja vertailemalla voidaan päätellä, tarvitaanko työlajin suorittamisessa jotakin erikoiskalustoa.

3.4 Elinkaaritalous

Suurin osa rakennuksen kustannuksista muodostuu rakentamisvaiheessa. Lisäksi kustannuksia muodostuu hoidosta, kunnossapidosta ja mahdollisista muutostöistä. Tästä johtuen rakennus ja sen osat tulee suunnitella niin, että saavutetaan mahdollisimman pitkäaikainen elinkaari edullisin kokonaiskustannuksin. Suunnittelussa tulee myös ottaa huomioon, että rakennusta on helppo muunnella eri käyttötarkoituksiin ja että ylläpito on taloudellista.

Julkisivun elinkaaren pituuteen vaikuttavat useat asiat lähtien raaka-aineiden laadusta ja jalostamisesta aina rakennusmateriaalien kuljettamiseen, käsittelyyn, varastointiin ja käyttöön asti. Hyvin onnistuneella suunnittelulla voidaan vaikuttaa hoitovälien pituuteen ja koko rakenteen elinkaaren pituuteen.

Maankäyttö- ja rakennuslain 12§:n mukaan rakentamisen ohjauksen tavoitteena on edistää rakentamista, joka perustuu elinkaariominaisuuksiltaan kestäviin ja taloudellisiin, sosiaalisesti ja ekologisesti toimiviin sekä kulttuuriarvoja luoviin ja

säilyttäviin ratkaisuihin. Tämä tarkoittaa sitä, että jo laki velvoittaa rakentajia hakemaan ja suunnittelemaan mahdollisimman kustannustehokkaita ja ekologisia elinkaariratkaisuja.

Tässä tutkimuksessa rakenteen elinkaaren pituutena käytetään 50 vuotta. Tämä on tyypillinen hallirakennuksen suunnitteluikä. Lisäksi elinkaari taloudessa otetaan huomioon julkisivun korjauskustannukset, purkukustannukset ja aukon tekeminen seinään ^{14, 15, 16}

3.5 Ympäristövaikutusten arviointi elinkaariarvion nojalla

Elinkaariarviointi tarkoittaa menettelyä, jossa arvioidaan, mitä mahdollisia ympäristövaikutuksia tuotteella on sen koko elinkaaren aikana. Elinkaareen kuuluvat kaikki vaiheet raaka-aineiden hankinnasta ja tuottamisesta tuotteesta tulevien jätteiden loppukäsittelyyn asti. Lähtötietoina ovat tiedot energia- ja materiaalisyötteistä tuotteen valmistuksessa, käytössä ja hävityksessä sekä tiedot prosesseissa syntyvistä tuotteista ja sivutuotteista sekä aiheutuvista päästöistä ja jätteistä.

Ympäristökuormitus aiheutuu terveydelle ja ympäristölle haitallisista kuormituksista. Niitä ovat hiilen, typen ja rikin oksidit. Tämän lisäksi ympäristövaikutuksia aiheutuu käytön aiheuttamasta resurssien kulumisesta. Useasti elinkaariarvion tavoitteen suhteen riittää, että tutkitaan tarkasteltavien tuotteiden aiheuttamia ympäristökuormia ja resurssien käyttöä.¹⁷

Rakennustuotteilla on erityispiirteitä elinkaaritutkimuksen suhteen. Rakennusten ja rakennusosien käyttöikä on pitkä verrattuna moniin muihin tuotteisiin. Elinkaariarvioinnin menettelytavat on alun perin kehitetty muiden kuin rakennusalan tuotteita varten. Koska uusio- ja uudelleenkäyttömahdollisuudet kehittyvät jatkuvasti,

¹⁴ (Haahtela & Kiiras, 2011, ss. 226-234)

¹⁵ (Myyryläinen, 2008, ss. 19-25)

¹⁶ (Maankäyttö- ja rakennuslaki 5.2.1999/132)

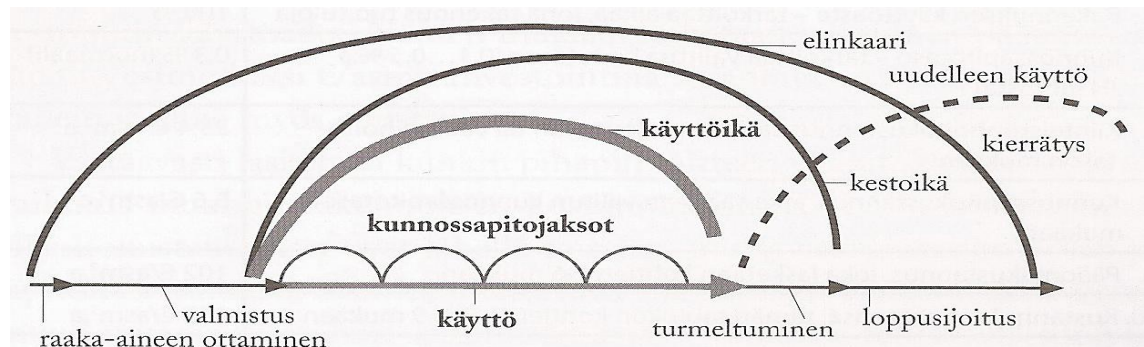
¹⁷ (Häkkinen, Rakennustuotteiden ja taloteknisten järjestelmien ympäristökuormitus, 2000, ss. 34-49)

on vaikeaa ottaa näitä mahdollisuuksia huomioon täysipainoisesti. Tämä korostuu rakennustuotteissa, koska niiden käyttöikä on pitkä.^{18, 19}

4 Määritelmät

4.1 Elinkaariajattelu

Elinkaariajattelussa on tärkeää ymmärtää erot elinkaaren, käyttöiän ja kestoian välillä. Rakennuksen elinkaari alkaa, kun raaka-aineet otetaan käyttöön, ja loppuu, kun rakennuksessa käytetyt materiaalit päätyvät uudelleen käytettäviksi, kierrätykseen tai loppusijoituspaikkaan. Käyttöikä on tärkein rakennuksen hyötykäytön kannalta tarkasteltu ominaisuus. Käyttöikäsuunnittelu on tärkeä ekotehokkaan rakentamisen elementti. Mahdollisimman pitkä käyttöikä rakennusosalle saavutetaan ainoastaan suunnittelemalla rakennusosa mahdollisimman hyvin. Lisäksi tarvittavat huolto- ja kunnossapitotoimenpiteet tulee tehdä ajallaan. Käyttöikä voi päättyä ennen aikaisesti, jos näitä toimenpiteitä laiminlyödään. Kestoikä alkaa, kun rakennus tai rakennusosa valmistuu ja loppuu, kun se uudelleen käytetään, kierrätetään tai loppu sijoitetaan. Rakennusta ei ole mahdollista käyttää paremmin tai taloudellisemmin kuin millaiseksi se on suunniteltu. Tästä johtuen suunnittelun tärkeys korostuu elinkaariajattelussa. Kuvassa 1 on kuvattu erilaisia elinkaaria.^{20, 21}



Kuvio 1. Erilaisten elinkaarien kuvaus (Lähde: Elinkaariajattelu kiinteistönpidossa, s 22)

¹⁸ (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL r.y., 2001, s. 273)

¹⁹ (Häkkinen, Rakennustuotteiden ja taloteknisten järjestelmien ympäristökuormitus, 2000, ss. 142-151)

²⁰ (Myyryläinen, 2008, ss. 19-22)

²¹ (Saari, 2000, ss. 50-55)

4.2 Elinkaarikustannus

Elinkaarikustannus tarkoittaa tuotteen elinkaaren hankinta-, käyttö-, kunnossapito- ja uusimiskustannusten summaa. Elinkaarikustannuslaskenta on helpoiten toteutettavissa perinteisin laskentamenetelmin. Elinkaarilaskenta voidaan tehdä koko kiinteistölle, yksittäiselle tuotteelle tai laitteelle ja rakennusosalle.²²

4.3 Ratu-kortit

Työmenekkien tarkastelussa käytetään Ratu-kortteja. Ratu-korteista selviää tiedot hyvän rakennustavan mukaisista ja turvallisista työtavoista. Menekkien osalta Ratu-korteissa esitetään menetelmien työ- ja materiaalimenekit. Näiden menekkitietojen tärkeimpiä käyttökohteita ovat aikataulu-, kustannus- ja tehtäväsuunnittelu, alihankintojen vertailu, hankintojen suunnittelu sekä menetelmien kehittäminen ja vertailu. Menekkitietojen pohjalta voidaan tarkistaa tarvittavan työryhmän koko, suunniteltavan työkokonaisuuden kesto ja työsaavutus. Näin voidaan varmistaa, että tarvittavat resurssit ovat käytössä, ja voidaan laatia realistinen aikataulu työlle. Menekkitietojen perusteella voidaan vertailla eri menetelmien ja materiaalivaihtoehtojen vaikutuksia työkokonaisuuden kustannuksiin ja keston.²³

Ratu-korteista löytyy myös selosteet työmenetelmistä. Ratu-korteissa käydään yksityiskohtaisesti läpi kaikki työlajin sisältämät työmenetelmät. Näistä selosteista saadaan kattava kuva työlajin sisältämistä työvaiheista ja niiden määrästä.

4.4 Tehollinen aika, työvuoroaika T3

T3-ajat ovat tavoitteellisia työmenekkejä, jotka eivät sisällä yli tunnin kestäviä häiriöitä tai keskeytyksiä. Tehollista aikaa käytetään rakentamisvaiheaikataulujen, viikkoaikataulujen ja tehtäväsuunnitelmien tehtävien kestoja laskettaessa.²⁴

²² (Rakennustietosäätiö, 2000, ss. 34-36)

²³ (Talonrakennusteollisuus ry, 2007, ss. 8-12)

²⁴ (Talonrakennusteollisuus ry, 2007, ss. 8-12)

4.5 Työvaiheen lisäaikakerroin, TL3-kerroin

Työvaiheen lisäajat ovat vähintään tunnin pituisia työn keskeytyksiä, pieniä erillisiä työvaiheita tai koneiden ja laitteiden rikkoutumisia tai huoltoja, odotusaikoja, säähaittoja, tapaturmia tms. TL3-kerroin vaihtelee 1,10...1,30 työlajista riippuen. Pakkaspäivät eivät kuulu työvaiheen lisäaikoihin.²⁵

4.6 Kokonaisaika, T4-aika

Kokonaisaika eli työvaiheaika sisältää kaikki työhön käytetyt tunnit, myös tunnin mittaiset ja pidemmät työskentelyn keskeytykset. Kokonaisaikaa käytetään kustannusten arvioimiseen ja yleisaikataulujen laadintaan. $T4=TL3*T3$ eli kokonaisajat saadaan kertomalla työvuoroajat TL3-kertoimella.²⁶

5 Tutkimustulokset

5.1 Hallin runkorakenteen työ- ja materiaalimenekki sekä kustannukset

Jokiteam Oy:n käyttämän puutolpparunkorakenteen työkustannus kohden seinäpinta-alaa on 14,56 €/m². Materiaalikustannukseksi edellä mainitulle rakenteelle saadaan 28,62 €/m². Kustannukset ovat siis yhteensä 43,18 €/m². Työkustannusten osuus on noin 33 prosenttia ja materiaalikustannusten osuus on noin 67 prosenttia. Nämä menekit ja kustannukset on laskettu liitteissä 1 ja 2. Jos rakenteessa siirrytään jalostetumpiin eli elementtiratkaisuihin, silloin materiaalikustannusten osuus kasvaa. Materiaalikustannukset eivät elementteihin siirryttäessä kasva suorassa suhteessa. Elementtiratkaisuihin siirtyminen tarkoittaa sitä, että työkustannus siirtyy suureksi osaksi elementin valmistajalle. Suuremmissa rakennusalan yrityksissä käytetään paljon valmiselementtejä, koska elementinvalmistaja pystyy tuottamaan vastaavan rakenteen tehokkaammin ja taloudellisemmin kuin mitä se olisi paikalla rakentamismenetelmällä mahdollista. Toisaalta hyvin organisoitu, rutinoitunut ja johdettu työryhmä pystyy paremmin vaikuttamaan rakenneosan kustannuksiin silloin, kun työnkustannuksen

²⁵ (Talorakennusteollisuus ry, 2007, ss. 8-12)

²⁶ (Talorakennusteollisuus ry, 2007, ss. 8-12)

osuus on suurempi. Tämä on yksi syy, jonka takia Jokiteam Oy:ssä on päädytty pidättäytymään paikalla rakentamismenetelmässä.^{27, 28}

5.2 Puu julkisivun rakennusmateriaalina

5.2.1 Puun käyttö rakentamisessa

Puu on ollut aina merkittävässä asemassa suomalaisessa rakentamisessa. Puu on kevyt ja hengittävä luonnonmateriaali, jota on helppo työstää. Siitä on myös helppo toteuttaa terveitä ja ekologisia rakenteita. Oikein toteutetuista puurakenteista saadaan erittäin pitkäikäisiä rakenteita. Erilaisia kiinnitysmenetelmiä puurakenteille on lukuisia. Puuta on myös helposti saatavilla ja se on edullinen rakennusmateriaali.

Puuta on käytetty Suomessa erityisesti pientalojen julkisivumateriaalina, mutta myös muissa kuten julkisessa rakentamisessa. Puu on Keski-Euroopassa erittäin arvostettu ja käytetty materiaali. 1990-luvun vaihteessa Manner-Euroopassa alkoi uusi puurakentamiskausi. Muualla Euroopassa puuta käytetään muun muassa 1–4-kerroksissa arkkitehtonisesti korkeatasoisissa asuinrakennuksissa sekä liike-, teollisuus-, urheilu- ja julkisissa rakennuksissa.

Puun käyttö on lainsäädännön muutoksesta ja ekologisuuden takia lisääntymässä myös pienkerrostaloissa.

Toimiva puuverhous ei tarvitse suojakseen maalia, vaan maalaus on ulkonäköön vaikuttava toimenpide. Puun pinnan käsittely ei sellaisenaan takaa puuverhouksen säilyvyyttä, vaan se on tehtävä oikeilla materiaaleilla ja menetelmillä. Julkisivun rakenteella on suuri merkitys maalatun puujulkisivun kestävyteen.^{29, 30, 31}

²⁷ (Mittaviiva Oy, 2011, ss. 80-99)

²⁸ (Talonstrukturaaliteollisuus ry, 2007, ss. 70-98)

²⁹ (Siikanen, 2001, ss. 15-44)

³⁰ (Ojala, 2004, ss. 72-75)

³¹ (Murtomaa, 1997, s. 47)

5.2.2 Ominaisuudet

Puisen julkisivuverhouksen parhaita ominaisuuksia ovat kestävyys ja melko vähäinen kunnossapidon tarve. Puurunkoisen talon paras verhousmateriaali on puu. Julkisivuissa käytetään yleisimmin höylättyä tai höyläämätöntä mänty- tai kuusilautaa. Parhaan tartuntapinnan maaleille antaa sahapintainen lauta. Muotoon höylätyt profiilit on mahdollista saada hienosahattuna eli jälkisahattuna.

5.2.3 Suunnittelu

Erilaisen solukkorakenteen takia kuusi imee kosteutta vähemmän kuin mänty. Tästä johtuen kuusen kosteuseläminen on vähäisempää kuin männyllä. Perusvaatimuksena ulkoverhouslaudalle on laatuluokka B:n kuusilauta. Parempaan lopputulokseen päästään käyttämällä laatuluokan A männyn sydänpuuta. Varsinkin ponttilautaa käytettäessä puun kosteuden tulisi olla alle 18 painoprosenttia eli ilmakeuua.

Laudan paksuus vaikuttaa suoraan sen kestävyteen. Perusvaatimusta parempaan lopputulokseen päästään, kun käytetään 28 mm paksua lautaa. Ponttilaudat tulee höylätä siten, että sydänpuoli jää ulospäin. Ulkoverhouslaudan kiinnitysalustan tulisi olla vähintään ulkoverhouslaudan paksuinen ja paras tulos saadaan, kun kiinnitysalustan paksuus on kaksi kertaa ulkoverhouslaudan paksuus. Alustan k-jako tulee olla enintään 600 mm. Riittävän tiheällä k-jaolla varmistetaan kiinnikkeiden riittävä tartuntalujuus. Tämä estää ulkoverhouslautaa kieroutumasta. Kiinnityskoolauksen tulee olla myös riittävän jäykkä tuulikuormia vastaan.

Jatkoksien perusvaatimus on päätyponttijatkos ja jatkoksien poikkileikkauspinnat tulee pintakäsitellä. Vaakaverhouksessa päätyponttijatkosta ei tarvitse sijoittaa kiinnityskoolauksen kohdalle. Tällöin pystytään vähentämään hukkaa ja liittimille saadaan riittävä päätyetäisyys. Liittimenä tulee käyttää vähintään täysikantaista kuumasinkittyä naulaa ja parempaan lopputulokseen päästään käyttämällä täysikantaista kampanaulaa, kierrenaulaa tai ruuvia. Liittimen kannan tulee olla tasan puun pinnan kanssa ja parempi ratkaisu on kiinnittää ulkoverhouslaudat taustalta. Tämä voi edellyttää elementointia. Jotta vältytään ulkoverhouslaudan halkeamiselta, tulisi liittimien päätyetäisyys olla vähintään 70 mm ja reunaetäisyyden vähintään

20...25mm. Jos nämä ehdot reunaetäisyyksistä eivät täyty, tulee liittimille esiporata reiät ulkoverhouslautaan.

Suosittelavaa olisi käyttää pohjamaalattua lautaa ja parhaaseen mahdolliseen lopputulokseen päästään, kun laudalle tehdään teollinen homesuojaus, pohjustus ja pohjamaalaus. Pintamaalauksen perusvaatimuksena on yksi maalauskerä maalin valmistajan suosittelemissa olosuhteissa. Parhaaseen lopputulokseen päästään kun puu-ulkoverhous elementoidaan ja pintakäsitellään valmiiksi. Aukkojen pielet ja muut kohdat, jossa lauta katkaistaan tai halkaistaan, tulee käsitellä kaksi kertaa.

Vaakaverhouksen suurin etu on taustan tuuletuksen järjestämisen helppous. Vaakaverhouksessa tulee sydänpuoli asentaa ulkopuolelle. Ponttilautaa käytettäessä tämä tapahtuu automaattisesti. Puuverhouksen alareunassa tulee olla tippanokka, jolloin vesi valuu luonnostaan pois rakenteesta.^{32, 33}

5.2.4 Puujulkisivun huolto ja kunnossapito

Lika ja pöly erottuvat huonosti puujulkisivun pinnalta. Sadevesi huuhtelee yleensä riittävästi puuverhouksen pintaa. Tarvittaessa puuverhous voidaan pestä esimerkiksi painevesipesulla. Paineen tulee olla alle 100 bar.

Puujulkisivuverhous vaatii säännöllisen huoltomaalauksen. Huoltomaalauksen aikavälinä pidetään 15 vuotta. Ennen huoltomaalausta, halkeillut ja hilseillyt maali irrotetaan mekaanisesti harjaamalla. Tämän jälkeen lika poistetaan harjaamalla sekä pesulla ja huuhtelulla. Jos käytetään painevesipesua, kuivumisaika ennen huoltomaalausta on pidempi.

³² (Siikanen, 2001, ss. 267-273)

³³ (Wood Focus Oy, 2006, ss. 1-4)

5.3 Kalkkihiekkatiili julkisivun rakennusmateriaalina



Kuvio 2. Lohkottu luonnonharmaa kalkkihiekkatiili julkisivu (Lähde E-Weber)

5.3.1 Ominaisuudet

Kalkkihiekkatiilet voivat olla luonnonharmaita, valkoisia tai värillisiä. Väri kalkkihiekkatiileen saadaan sekoittamalla väriaines massaan valmistusvaiheessa. Kalkkihiekkatiilet valmistetaan kvartsipitoisen hiekan ja sammumattoman kalkin sekä veden seoksesta. Kalkkihiekkatiilissä voi esiintyä sävyeroja eri valmistuserien välillä. Kalkkihiekkatiilissä pinta voi olla sileä, lohkottu tai harjattu. Kalkkihiekkatiilet muodostetaan puristamalla ja höyrykarkaisemalla. Niitä käytetään samalla tavalla kuin poltettuja tiiliä. Kalkkihiekkatiiltä käytetään kantavissa ja kantamattomissa seinärakenteissa sekä julkisivuissa. Erilaiset väri- ja pintavaihtoehdot ovat lisänneet niiden käyttöä julkisivuissa. Kuvassa 2 on esimerkki luonnonharmaasta ja lohkotusta kalkkihiekkatiilijulkisivusta.

Kalkkihiekkatiilet ovat fysikaalisilta ja kemiallisilta ominaisuuksiltaan kestäviä. Kalkkihiekkatiilet kestävät hyvin myös mekaanista rasitusta. Ilmassa olevat hiili- ja rikkidioksidit rapauttavat tiilen pintaa, mutta sillä ei ole vaikutusta rakenteeseen. Kalkkihiekkatiilen kosteuspitoisuus vaihtelee ilman suhteellisen kosteuden mukaan. Kastuessa ja kuivussa kalkkihiekkatiilimuurin piteuden muutos on noin 0,2 mm/m.

Kalkkiehiekkatiilen vedenimunoisuus on yleensä 1–2 kg/m²min ja vedenimukyky on noin 10–16 prosenttia. Se on siis suhteellisen suuri.³⁴

Sääkestävyydellä tarkoitetaan tässä yhteydessä tiilen pakkasenkestävyyttä. Julkisivutiilen pakkasenkestävyys on suhteellisen hyvä. Pakkanen yhdessä veden kanssa on kuitenkin tiilen tyypillisin vaurioitumista aiheuttava tekijä. Näin ollen julkisivutiilien laadunvalvonta keskittyykin pakkasenkestävyyden varmistamiseen. Tiilen valmistaja ilmoittaa toimitetun erän säänkestävyyden.

Kalkkiehiekkatiili on palamaton rakennusmateriaali ja sen lämmönkestävyys on hyvä. Kalkkiehiekkatiili kestää +600 °C:sta ilman lujuuden menetystä. Muuraussauman tiiviydellä on suuri vaikutus muuratun rakenteen paloteknisiin ominaisuuksiin. Tämä johtuu siitä, että saumojen osuus rakenteessa on melko suuri.^{35, 36}

5.3.2 Suunnittelu

Suunnittelussa tulee ottaa huomioon käyttökohteen vaatimat pakkasen-, kuumuuden tai ympäristörasitusten kestävyysominaisuudet. Tiilen ja laastin vedenmuominaisuuksien tulee olla yhteensopivia. Julkisivuverhouksessa rakenteen nimellispaksuuden tulee olla vähintään 85 mm. Tämä tarkoittaa käytännössä MKH 85 tiilen käyttämistä julkisivurakenteessa. Useasti tiiliverhouksien vauriot johtuvat huonosta kosteusteknisestä suunnittelusta. Veden ja kosteuden pääsyä rakenteeseen ei pystytä kokonaan estämään. Tämän takia tulee huolehtia veden poisjohtamisesta ja tuuletuksen toimivuudesta julkisivurakenteen ja seinärakenteen välissä. Muuraussiteet tulee olla valmistettu korroosion kestävästä materiaalista.

5.3.3 Muuraus

Muurauksessa erityistä huomiota pitää kiinnittää laastin ja kiven väliseen tartuntaan. Kalkkiehiekkatiilen muurauksessa käytetään muurausmenttilaastia. Puhtaaksimuuratuissa julkisivuissa suositeltavaa on muurata täysin saumoin välittömästi. Näin tiilimuuri kestää sille tulevat rasitukset ja on sateenpitävä.

³⁴ (Siikanen, 2001, ss. 98-104)

³⁵ (Siikanen, 2001, ss. 98-104)

³⁶ (RT 35-10840, 2005)

Muuraustyö tulisi tehdä niin hyvin, että jälkipuhdistusta ei tarvita, koska se on erittäin työlästä.^{37, 38}

5.3.4 Kalkkihiekkatiilijulkisivun huolto ja kunnossapito

Kalkkihiekkatiilen vaaleasta sävystä johtuen siinä näkyy lika melko hyvin. Tämä on selkeästi kalkkihiekkatiilen haittapuoli varsinkin hallityppisten rakennuksien julkisivuna. Emäksisyytensä takia kalkkihiekkatiili ei ole yhtä haponkestävä kuin poltettu tiili. Heikko haponkestävyys on otettava huomioon puhdistusmenetelmiä valittaessa. Veden ja kosteuden tiilen huokosiin kuljettama lika, kuten esimerkiksi veden valumajäljet, eivät puhdistu itsestään sään vaikutuksesta.

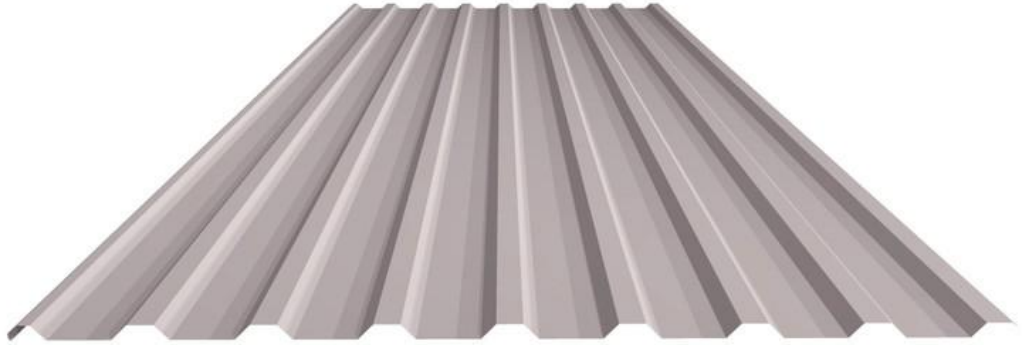
Kalkkihiekkatiilen puhdistamiseen soveltuvat pääasiassa samat menetelmät kuin poltetun tiilen puhdistukseen. Ainoana erona on se, että kalkkihiekkatiilelle ei voida käyttää happokäsittelyitä. Rakenne tulee kastella ennen kemikaalien käyttöä. Kemikaalilla pesu suoritetaan ylhäältä alaspäin ja vesipesu alhaalta ylöspäin. Teräsharjaus ei sovellu käytettäväksi kalkkihiekkatiilelle, koska metallisista harjaksista jää pintaan metallia ja tämä aiheuttaa ruostepilkkuja. Suositeltavampaa on käyttää kuituharjaa mekaanisessa puhdistamisessa.

Kalkkihiekkatiili voidaan suojata likaantumista ja kastumista vastaan silikonikäsittelyllä. Tällainen käsittely vähentää seinän ja sadeveden välistä adheesiota. Tällöin vesipisaroiden pintajännitys estää veden imeytymisen huokosiin. Silikonikäsittely tapahtuu ruiskuttamalla tai sivelemällä. Käsittely tulee uusua aikaisintaan viiden ja viimeistään kymmenen vuoden välein. Uusi rakenne voidaan käsitellä vasta, kun sen pH on laskenut alle yhdeksän. Tämä tarkoittaa käytännössä puolta vuotta muurauksen valmistumisesta.

³⁷ (RT 35-10840, 2005)

³⁸ (Siikanen, 2001, ss. 98-104)

5.4 Muovipinnoitetut teräsohutlevyt julkisivumateriaalina



Kuvio 3. Muovipinnoitettu teräsohutlevy (Lähde: Ruukki)

5.4.1 Ominaisuudet

Teräsohutlevytuotteilla tarkoitetaan kylmävalssaamalla kuumavalssatusta nauhasta valmistettuja pinnoittamattomia tai pinnoitettuja nauha- ja levytuotteita. Kolmea millimetriä pidetään kylmävalssatun ohutlevyn paksuuden ylärajana. Erilaisia profiloituja kylmävalssattuja ohutlevyjä käytetään laajasti vesikatteina ja julkisivumateriaalina. Teräsohutlevyt ovat todella kilpailukykyisiä hallityyppisten rakennuksien julkisivumateriaalina. Tämä johtuu teräsohutlevytuotteiden kilpailukykyisestä hinnasta ja sen monipuolisista ominaisuuksista. Kuvassa 3 on muovipinnoitettu teräsohutlevy 20 mm korkealla profiililla.

Tärkeimpiä teräsohutlevyn ominaisuuksia ovat monipuoliset mekaaniset ominaisuudet, monipuolinen käsiteltävyys, laaja lujuuskaala, valmis pinnoite tai helppo pinnoitettavuus, tasalaatuisuus ja toleranssitarkeus, pitkäaikaiskestävyys ja kierrätettävyys. Teräsohutlevyt voidaan helposti työstää myös työmaaolosuhteissa. Pinnoitettua teräsohutlevyä leikatessa ja muokattaessa tulee kiinnittää huomiota pinnoitteen ehjänä säilymiseen. Lämpötilan muutokset aiheuttavat teräsohutlevyjen laajenemisen ja kutistumisen. Teräs laajenee 1,2 mm/m, kun lämpötila muuttuu 100 °C. Tämä tulee ehdottomasti ottaa huomioon levyjen kiinnityksessä, jotta väsymisrepeämiä ja pullistumia ei pääse muodostumaan.

Teräsohutlevy on rakenteeltaan homogeeninen ja mittatarkka. Tämä tekee lämpölaajenemisliikkeen arvioinnista helppoa suunnitteluvaiheessa. Myös työstön, kuten leikkauksen ja liittämisen, jälkeinen teräsohutlevytuote on mittatarkka.

Nykyään ympäristöystävällisyys on noussut suureen rooliin rakennusmateriaalien ominaisuuksissa. Teräsohutlevyjen kierrätysasteen arvioidaan olevan 70...90 prosenttia.

5.4.2 Teräsohutlevyn muovipinnoitus

Julkisivuiksi ja vesikatteiksi käytettävien teräsohutlevyjen kuumasinkityn pinnan ulkonäkö ja elinikä eivät usein ole riittäviä ilman maalauskäsittelyä. Maalatun tai niin sanotun muovipinnoitteisen teräsohutlevyn käyttö on kasvanut merkittävästi.

Julkisivurakenteissa ulkonäöllä ja kestävyydellä on suuri merkitys. Tyypillisimpiä pinnoitteita teräsohutlevyille on PVDF, Pural, Plastisol ja mattapolyesteri. PVDF-maalipinnoitteen korroosion- ja UV-säteilyn kestävyys ovat erinomaista tasoa. Lisäksi pinnoite on luja, kestää muovausta ja on helppo pitää puhtaana. Pural-pinnoite sopii parhaiten kattolevyihin, mutta sitä voidaan käyttää myös muissa pellityksissä. Plastisol-pinnoitteen korroosion kestävyys on erinomainen ja säänkestävyys on hyvä. Mattapolyesterin korroosion- ja säänkestävyys on hyvä. Tämän takia mattapolyesteriä käytetään lähinnä muotokatteissa.

Suomessa korroosiorasitus on pienehkö, mutta auringonsäteilyn ja olosuhdevaihteluiden merkitys on yllättävänkin voimakas. Ympäristörasituksia arvioitaessa on otettava huomioon paikalliset olosuhteet. Pinnoitteen tulisi siis kestää UV-säteilyä, lämpöä, kovaa käsittelyä, korrodoivia olosuhteita ja sen tulisi olla pitkään hyvännäköinen.

Eri pinnoitteilla on paljon erilaisia ominaisuuksia, mutta kaikki ominaisuudet eivät toteudu yhdellä pinnoitteella. Tästä johtuen joudutaan priorisoimaan tärkeimmät ominaisuudet. Kulutuksenkestävyys ja naarmunkestävyys edellyttävät paksuhkoa ja kimmoista pinnoitetta. Tällaiset ominaisuudet ovat Plastisol- ja Pural-pinnoitteilla. Väriin ja kiillon kestävyys liittyy selkeästi julkisivurakentamiseen. Tällöin oikea pinnoite on PVDF.

5.4.3 Muovipinnoitetun teräsohutlevyn huolto ja kunnossapito

Muovipinnoitettu teräsohutlevy on helppo pitää siistinä. Kovapintainen pinnoite estää likaa tarttumasta ja sadevesi riittää yleensä pitämään pinnoitteen puhtaana. Jos teräsohutlevyn pinnalle kertyy näkyvää likaa tai pölyä, se on syytä pestä. Tämä korostuu erityisesti saastepitoisissa teollisuusilmastoissa. Pesussa tulee välttää vahvoja liuottimia ja vesipainepesun paineen tulee olla alle 100 bar. Tarvittaessa voidaan käyttää pehmeää harjaa. Pinnoitteeseen tulleet vauriot on syytä paikata mahdollisimman nopeasti, että korroosio ei pääse muodostumaan pinnoitteen alle. Liian suurta paikkamaalausta tulee välttää, koska paikkamaalilla ja pinnoitteella on todennäköisesti hieman eri sävyt.

PVDF-pinnoitteen huoltomaalausväliksi suositellaan 20-30 vuotta. Hyvin suoritettu huoltomaalaus takaa teräsohutlevylle noin 20 vuoden kestoian huoltomaalauksesta. Rei'itettyjä ja kolhittuja teräsohutlevyjä voidaan paikata paikkapaloilla, ruuveilla ja liimamassalla kiinnittäen. Tällaisista paikkauksista julkisivussa tulee kuitenkin helposti erotettavia. Näin ollen usein päädytään vaihtamaan kokonainen levy, jotta lopputulos on siisti.^{39, 40}

5.5 Työ- ja materiaalimenekit sekä kustannukset

5.5.1 Puujulkisivu

Puujulkisivun rakenteeksi valittiin vaakaponttilaudoitus. Tuuletuksen toimivuuden varmistamiseksi valittiin kaksikertainen koolaus 22 millimetriä paksulla ja 100 millimetriä leveällä laudalla. Ulkoverhouslautana käytettiin 28 millimetriä paksua ja 120 millimetriä leveää täyspontattua ulkoverhouslautaa, jonka pontin ylähuulen ja alavasteen reunanmuoto eli sauman tai profiilin muoto on viisto. Puuverhoukselle laskettiin kahdenkertainen maalaus; ensiksi pohjamaalilla ja pintamaali öljypohjaisella ulkokäyttöön soveltuvalla maalilla.

Kokonaistyömenekiksi vaakaponttiulkoverhouslaudoitukselle saatiin 1,26 tth/m². Palkkaluokka neljän mukaisella tuntipalkalla ja sosiaalikulut lisättyinä, työ kustannukseksi tulee 29,85 €/m². Materiaalikustannukseksi ilman arvonlisäveroa tuli

³⁹ (Tampereen teknillinen korkeakoulu, 1998, ss. 59-149)

⁴⁰ (Siikanen, 2001, ss. 174-197)

22,67 €/m². Kokonaiskustannukseksi vaakaponttiulkoverhouslaudoitukselle tuli 52,25 €/m². Työkustannuksen osuus kokonaiskustannuksesta on 56 prosenttia ja materiaalikustannusten osuus on 44 prosenttia (liitteet 3 ja 4).

5.5.2 Kalkkihiekkatiilijulkisivu

Kalkkihiekkatiilijulkisivun tiileksi valittiin luonnonharmaa lohkottu julkisivutiili (MKH 85). Tiilen mitat ovat seuraavat: pituus 285 mm, leveys 85 mm ja leveys 85 mm. Muuraus laastiksi valittiin kalkkihiekkamuurauslaasti. Laastisauman paksuudeksi valittiin 13 mm. Muuraussiteitä tulee kuusi kappaletta neliömetrille.

Kokonaistyömenekiksi kalkkihiekkatiilijulkisivulle saatiin 1,53 tth/m². Palkkaluokka 4 mukaisella tuntipalkalla ja sosiaalikulut lisättynä työkustannukseksi tulee 35,92 €/m². Materiaalikustannukseksi ilman arvonlisäveroa tulee 39,95 €/m². Kokonaiskustannukseksi kalkkihiekkatiilijulkisivulle tuli 75,87 €/m². Työkustannusten osuus kokonaiskustannuksesta on 47 prosenttia ja materiaalikustannusten osuus on 53 prosenttia (liitteet 5 ja 6).

5.5.3 Teräsohutlevyjulkisivu

Teräsohutlevyjulkisivuksi valittiin teräsohutpoimulevy, jonka hyötyleveys on 900 mm, profiilin korkeus on 20 mm, ainevahvuus on 0,6 mm ja pinnoitteena Prelaq Nova pinnoite. Riittävän tuuletuksen takaamiseksi ulkoverhouksen ja seinärakenteen välissä valittiin kaksinkertainen koolaus 22 mm paksulla ja 100 mm leveällä laudalla.

Kokonaistyömenekiksi teräsohutlevyjulkisivulle saatiin 0,385 tth/m². Palkkaluokka neljän mukaisella tuntipalkalla ja sosiaalikulut lisättynä työkustannukseksi tulee 9,04 €/m². Materiaalikustannukseksi ilman arvonlisäveroa tulee 20,89 €/m². Kokonaiskustannukseksi teräsohutlevyjulkisivulle tuli 29,93 €/m². Työkustannusten osuus kokonaiskustannuksesta on 30 prosenttia ja materiaalikustannusten osuus on 70 prosenttia (liitteet 7 ja 8).

5.6 Elinkaaritalous

5.6.1 Puujulkisivu

Valitun puujulkisivun rakennuskustannukseksi tuli 52,25 €/m². Tämä on ensimmäinen kustannuserä puujulkisivun 50 vuoden elinkaaren aikana. Puujulkisivun maalipinnoite tulisi uusia noin 15 vuoden välein. Tämä tarkoittaa sitä, että 50 vuoden aikana maalipinnoite tulisi uusia kaksi kertaa. Uudelleen pinnoittamisen kokonaiskustannus on 12,2 €/m²/kerta eli 24,4 €/m² koko elinkaaren aikana. Puujulkisivun purku elinkaarenlopussa maksaa 7,5 €/m². Jos puujulkisivu vaurioituu niin, että siihen on tehtävä paikkakorjaus, kustannus on 76 €/m². Aukon tekeminen lautaverhottuun puurakenteiseen ulkoseinään, jonka koko on 0,5...3,0 m², maksaa 54 €/m². Kokonaiskustannukseksi puujulkisivulle tulee elinkaaren aikana 84,15 €/m² (liitteet 3 ja 4).^{41, 42}

5.6.2 Kalkkihiekkatiilijulkisivu

Valitun kalkkihiekkatiili julkisivun rakennuskustannukseksi tuli 75,87 €/m². Pitkissä kalkkihiekkatiilijulkisivuissa on elastisia liikuntasauvoja, jotka tulee uusia 20 vuoden välein. Tämä tarkoittaa, että 50 vuoden elinkaaren aikana uusiminen tulisi tehdä kerran. Muuratun julkisivun elastisen saumausten uusimisen kustannus on 1,2 €/m². Muuta huoltoa muurattu julkisivu ei välttämättä tarvitse.

Tässä tutkimuksessa tarkastellaan hallityyppisen rakennuksen julkisivuja. Tästä johtuen oletetaan, että ympäröivien olosuhteiden johdosta kalkkihiekkajulkisivu joudutaan pesemään kahdesti 50 vuoden elinkaaren aikana. Muuratun ulkoseinän korkeapainepesun kustannus on 1,2 €/m². Tällöin huoltotoimenpiteiden kokonaiskustannukseksi elinkaaren aikana tulee 3,6 €/m².

Kalkkihiekkatiilijulkisivun purkaminen maksaa 12,4 €/m². Jos kalkkihiekkatiilijulkisivu vaurioituu siten, että tiiliä joudutaan vaihtamaan noin 0,5 neliömetrin alueelta, sen korjaus kustannus on 270 €/m². Aukon tekeminen kalkkihiekkatiiliverhottuun puurakenteiseen ulkoseinään, jonka koko on 0,5...3,0 m², maksaa 123 €/m².

⁴¹ (Haahtela & Kiiras, 2011, ss. 227-235)

⁴² (Myyryläinen, 2008, ss. 173-178)

Kokonaiskustannukseksi kalkkiahiekkatiilijulkisivulle elinkaaren aikana tulee 91,87 €/m² (liitteet 5 ja 6).^{43, 44}

5.6.3 Teräsohutlevyjulkisivu

Muovipinnoitetun teräsohutlevyjulkisivun rakennuskustannukseksi tuli 29,93 €/m². Teräsohutlevyjulkisivun pinnoite tulee uusida 20 vuoden välein. Tämä tarkoittaa sitä, että uudelleen pinnoittaminen tulisi tehtäväksi kerran 50 vuoden elinkaaren aikana. Pinnoituksen kustannus on 3,34 €/m². Ennen pinnoittamista tulee tehdä korkeapainepesu. Lisäksi lasketaan, että ympäristöolosuhteista johtuen teräsohutlevy julkisivu pestään kaksi kertaa. Korkeapainepesun kustannus on 1,2 €/m²/kerta. Huoltotoimenpiteiden kustannukseksi elinkaaren aikana tulee 6,94 €/m².

Teräsohutlevyjulkisivun purkamiskustannus elinkaaren lopussa on 7,5 €/m². Jos muovipinnoitettu profiilipeltilevy julkisivu vaurioituu siten, että peltilevy joudutaan vaihtamaan, kustannus on 32 €/m². Aukon tekeminen teräsohutlevyverhottuun puurakenteiseen ulkoseinään, jonka koko on 0,5...3m², maksaa 123 €/m². Kokonaiskustannukseksi teräsohutlevyverhoukselle tulee elinkaaren aikana 44,37 €/m² (liitteet 7 ja 8).^{45, 46}

5.7 Työmenetelmät ja työvälineet

Alkutilanteessa julkisivuverhouksen puurunkoa edeltävät rakenteet kuten perustukset, seinärunko ja vesikatto ovat valmiita ja tarkastettu. Julkisivuverhouksessa käytettävät materiaalit ja tarvittava kalusto ovat työmaalla käytettävissä. Työmaa tai työalue on rauhoitettu julkisivutyötä varten.

Lopputilanteessa julkisivuverhous on tehty suunnitelmien mukaisesti. Työn on myös tarkastettu ja hyväksytty suunnitelmien mukaisena. Kaikki työssä syntyneet jätteet on lajiteltu ja kohde on julkisivutyön osalta siivottu.

⁴³ (Haahtela & Kiiras, 2011, ss. 227-235)

⁴⁴ (Myyryläinen, 2008, ss. 173-178)

⁴⁵ (Haahtela & Kiiras, 2011, ss. 227-235)

⁴⁶ (Myyryläinen, 2008, ss. 173-178)

5.7.1 Puujulkisivu

Puujulkisivutyöhön sisältyvät materiaalille tyypilliset työmenetelmät ja niissä huomioitavat asiat on listattu seuraavassa:

1. Työkohteen mittaukset: Mitataan seinien ja aukkojen koot sekä suunnitellaan lautajako.
2. Puutavaran jatkokäsittely työmaalla: Puun poikkileikkauspinnat suojataan esim. maalaamalla.
3. Koolauslaudan kiinnitys: Koolauslauta tulee tuulensuojalevyn päälle vaakatasoon.
4. Naulauspuun kiinnitys: Naulauspuu tulee koolauslaudan päälle ja se asennetaan pystysuoraan.
5. Alin lautarivi: Alimmaksi laudaksi vaalitaan mahdollisimman suora lauta ja se asennetaan vesivaa'an avulla.
6. Lautojen kiinnitys: Kiinnityksessä käytetään suunnitelman mukaisia liittimiä. Samalla varmistetaan, että kiinnitykset sallivat julkisivuverhouksen lämpö- ja kosteusliikkeen. Pontit tulee asentaa tiiviisti.
7. Jatkokset: Jatkokset pyritään tekemään päätyporteilla tai jiiiriliitoksin naulauspuun kohdalla.
8. Tarkistukset: Varmistetaan, että tuuletusväli toimii ja se, että verhouk on 300 mm maanpintaa ylempänä joka kohdassa.
9. Maalaus: Maalaus tulee tehdä mahdollisimman pian asennuksen jälkeen.

Mittaustöitä varten tarvitaan vesivaaka, linjalanka ja mitta. Puujulkisivun rakentamisessa tarvitaan normaali kirvesmiehen varustus sekä lisäksi käsisirkkeli, pöytäsiirkkeli, paineilmakompressori ja – naulain sekä porakone. Työn aikana on alkusammutuskalusto oltava saatavilla. Maalaustyössä tarvitaan normaalit maalausvälineet sekä suojausmateriaalia kuten suojausmuovia tai vastaavaa.⁴⁷

⁴⁷ (Ratu 51-0259, 2004)

5.7.2 Kalkkiehkektiilijulkisivu

Kalkkiehkektiilijulkisivutyöhön sisältyvät materiaalille tyypilliset työmenetelmät ja niissä huomioitavat asiat on listattu seuraavassa:

1. Mittaus: Mitataan seinälinjapituus ja suunnitellaan tiilijako.
2. Tuet ja ohjurit: Pystytetään tarvittavat aukkojen reunatuot ja ohjurit.
3. Teline työ: Telineet pystytetään telinesuunnitelman mukaisesti
4. Työtasot: Työtasoja nostetaan työn edetessä 1,4...1,7 metriä kerrallaan
5. Laastin valmistus: Laasti valmistetaan valmisasemalla, josta se kuljetetaan muurauspaikalle
6. Materiaali siirrot: Laastipaljut ja tiilet siirretään muurauspaikalle niin, että työ etenee muurauksen tahdistamana.
7. Bitumikaista: Julkisivumuuraus erotetaan perustuksesta bitumihuopakaistalla.
8. Tuuletus ja vedenpoisto: Ensimmäisessä tai toisessa kerroksessa joka toinen...neljäs pystysauma jätetään avoimeksi.
9. Muurausohjurit: Muurausohjureihin kiinnitetään linjalanka, jonka avulla tiilikerros saadaan muurattua vaakasuoraan.
10. Muuraus: Julkisivu muuraus tehdään täysin saumoin ja nokkalaastia käyttäen. Muuratessa varmistetaan, että laastia ei pääse tippumaan tuuletusväliin.
11. Muurausside: Muuraussiteitä käytetään 6 kpl neliömetriä kohti.
12. Aukkojen ylitykset: Aukkojen ylityksissä tulee käyttää suunnitelman mukaisia rakenteita ja raudotteita.
13. Saumojen viimeistely: Puhtaaksimuurauksessa sauma viimeistellään saumaustyökälulla. Viimeistely tulee tehdä ennen kuin laasti kovettuu liikaa.
14. Puhdistus: Mahdolliset laastiroiskeet tulee puhdistaa mahdollisimman pian ennen laastin kuivumista.

Muuraustyössä tarvittavia mittaustyökäluja on vesivaaka, linjalanka, luotinaru, mitta, ohjaimet ja merkintävälit. Muuraustyössä tarvitsee siirtää raskaita tiililetkoja ja laastiastioita. Tätä varten tarvitaan kuormaaja. Lisäksi tarvitaan valmislaastiasema.

Valmislaastiasemaan nostetaan laastin kuiva-ainekset esimerkiksi kuorma-auton nostimella. Tämän lisäksi laastiasema kytketään vesijohtoverkkoon. Muurauksessa tarvitaan laastipalju, laastilapio, tiilivasara ja saumaustyökalu.⁴⁸

5.7.3 Teräsohutlevyjulkisivu

Teräsohutlevyjulkisivutyöhön sisältyvät materiaalille tyypilliset työmenetelmät ja niissä huomioitavat asiat on listattu seuraavassa:

1. Henkilönostimet: Tarkastetaan soveltuvuus ja toimivuus.
2. Nostoapuvälineet: Tarkastetaan nostoapuvälineiden soveltuvuus ja toimivuus. Kuorma irrotetaan vasta, kun kuorma on kiinnitetty lopullisesti.
3. Ohutlevytyöstö: Työstämiseen käytetään niin sanottua nakertajaa. Katkaisulaikan käyttö on ehdottomasti kielletty, koska kuumat teräshiukkaset vahingoittavat pinnoitetta.
4. Koolauslaudan kiinnitys: Koolauslauta tulee tuulensuojalevyn päälle pystyyn.
5. Kiinnityspuun kiinnitys: Kiinnityspuu tulee koolauslaudan päälle ja se asennetaan vaakasuoraan.
6. Kiinnittäminen: Kiinnittämiseen käytetään porakärkiruuveja. Mahdolliset poralastut poistetaan välittömästi valmiilta pinnalta. Kiinnitys tapahtuu aina uran pohjasta.
7. Poimulevyn asennus: Asennettaessa tulee ottaa huomioon materiaalin lämpöliike.
8. Limitykset: Limitykset tehdään valmistajan ohjeiden mukaisesti ja varmistetaan, että limityksiin ei jää kosteutta tai roskia.

Teräsohutlevyjulkisivutyössä tarvitaan mittaukseen vesivaaka, linjalanka, pitkä mitta ja merkintävälineet. Teräsohutlevyjien nostaminen seinälle voi onnistua miesvoimin riippuen levyn koosta. Tarvittaessa käytetään nostoapuvälineitä. Kiinnittämiseen tarvitaan ruuvinväännin. Yleensä teräsohutlevyt tulevat työmaalle muotoon leikattuina. Työmaalla leikkaukseen voidaan käyttää nakertajaa. Kipinöivien tai kuumentavien

⁴⁸ (Ratu 41-0289, 2005)

menetelmien käyttäminen teräsohutlevyn leikkaamisessa on kiellettyä, koska se voi vahingoittaa suojaavaa pinnoitetta.⁴⁹

5.8 Ympäristövaikutukset elinkaariarvion nojalla

5.8.1 Puurakenne

Puun päästöt koostuvat lähinnä sen korjuusta, kuljettamisesta ja jalostamisesta. Puu itsessään ei aiheuta päästöjä, vaan se esimerkiksi sitoo hiilidioksidia. Puu on tutkittavista materiaaleista ainoa uusiutuva materiaali.

Puun todennäköisenä käyttöikänä pidetään 50–100 vuotta. Puu sisältää uusiutumattomaa energiaa 1,3 MJ/kg ja uusiutuvaa energiaa 12 MJ/kg. Ilmaston lämpenemiseen vaikuttavia päästöjä on 80 g CO₂/kg ja happamoitumiseen vaikuttavia päästöjä on 0,62g SO₂/kg.

Tyypillisen ulkomaalin käyttöikä on 10–15 vuotta. Maalituotteessa on uusiutumattomaa energiaa 24 MJ/kg ja uusiutuvaa energiaa 0,81 MJ/kg. Ilmaston lämpenemiseen vaikuttavia päästöjä on 1200 g CO₂/kg ja happamoitumiseen vaikuttavia päästöjä on 12 g SO₂/kg.⁵⁰

Puujulkisivuverhouksessa on uusiutuvaa energiaa 244 MJ/kg ja uusiutumattomaa energiaa 34 MJ/kg. Ilmaston lämpenemiseen vaikuttavia päästöjä on 3400 g CO₂/kg ja happamoitumiseen vaikuttavia päästöjä on 30 g SO₂/kg (liitteet 9 ja 10).

5.8.2 Kalkkiahkatiilirakenne

Kalkkiahkatiilet valmistetaan lähinnä uusiutumattomista luonnonmateriaaleista eli hiekasta ja kalkista. Kalkkiahkattuotteissa on uusiutumattomaa energiaa 1,3 MJ/kg ja uusiutuvaa energiaa ne sisältävät 0,18MJ/kg. Kalkkiahkatiilien kestoikänä pidetään 50–100 vuotta. Ilmastonlämpenemiseen vaikuttavia päästöjä on 170 g CO₂/kg ja happamoitumiseen vaikuttavia päästöjä on 0,83 g SO₂/kg. Kalkkiahkatiilijulkisivun

⁴⁹ (Ratu 34-0245, 2002)

⁵⁰ (Häkkinen;Vares;Vesikari;Saarela;Tattari;& Säteri, 1997, s. 66)

purku tuotteet voidaan murskata ja käyttää uudelleen valmistusprosessissa. Ympäristökeskuksen luvalla mursketta voidaan käyttää myös maanrakennuksessa.

Muurauslaastia valmistetaan lähinnä uusiutumattomista luonnonmateriaaleista. Muurauslaasti sisältää uusiutumattomaa energiaa 1,1 MJ/kg ja uusiutuvaa energiaa 0,039 MJ/kg. Muurauslaastissa ilmaston lämpenemiseen vaikuttavia päästöjä on 120 g CO₂/kg ja happamoitumiseen vaikuttavia päästöjä on 0,42 g SO₂/kg.^{51, 52}

Kalkkiahiekkatilijulkisivuverhouksessa on uusiutuvaa energiaa 28 MJ/kg ja uusiutumattomaa energiaa 235 MJ/kg. Ilmaston lämpenemiseen vaikuttavia päästöjä on 30 000 g CO₂/kg ja happamoitumiseen vaikuttavia päästöjä on 140 g SO₂/kg (liitteet 9 ja 11).

5.8.3 Muovipinnoitettu teräsohutlevyrakenne

Terästä valmistetaan erittäin korkeissa lämpötiloissa ja sen takia energian tarve on suuri. Teräsohutlevyissä raaka-aineena käytetään maalipinnoitettuja teräskeloja. Uusiutumattoman energian määrä on 92,8 MJ/kg ja uusiutuvan energian määrä on 13,9 MJ/kg. Teräsohutlevyn ilmastonlämpenemiseen vaikuttavia päästöjä on 5 494 g CO₂/kg ja happamoitumiseen vaikuttavia päästöjä on 15,9 SO₂/kg.

Rakennusteollisuudessa syntyvän metallijätteen kierrätys aste on 97 prosenttia. Käytön ja purkamisen jälkeen materiaali voidaan uudelleen käyttää teräksen valmistuksessa raaka-aineena. Tällainen metalliromun kierrätys vähentää huomattavasti ilmansaasteita ja kaivosten aiheuttamia ympäristökuormia.^{53, 54}

Teräsohutlevyjulkisivuverhouksessa on uusiutuvaa energiaa 62 MJ/kg ja uusiutumattomaa energiaa 127 MJ/kg. Ilmaston lämpenemiseen vaikuttavia päästöjä on 7 500 g CO₂/kg ja happamoitumiseen vaikuttavia päästöjä on 35 g SO₂/kg (liitteet 9 ja 12).

⁵¹ (Häkkinen;Vares;Vesikari;Saarela;Tattari;& Säteri, 1997, s. 57)

⁵² (Siikanen, 2001, s. 104)

⁵³ (Siikanen, 2001, ss. 196-197)

⁵⁴ (Tampereen teknillinen korkeakoulu, 1998, ss. 37-39)

6 Johtopäätökset

6.1 Hallin runkorakenne

Jokiteam Oy:ssä on päädytty käyttämään paikalla rakennettua puutolpparunkoa ja tällä menetelmällä on pitkät perinteet yrityksessä. 80-luvulla rakennettaessa käytettiin muun muassa omasta metsästä saatua puutavaraa. Tuohon aikaan puutolpparunko oli todella yleinen runkoratkaisu omakotitaloissa ja pienteollisuushalleissa, eikä kevytelementtejä ollut tarjolla.

Nykyäänkin monen omakotitaloa rakentavan hartiapankkirakentajan ratkaisu on puutolpparunko. Tämä johtuu siitä, että kyseisessä runkoratkaisussa työkustannusten osuus on suurempi kuin erilaisissa elementtiratkaisuissa. Kun työn osuus on suurempi, pystytään työmaalla tehokkaalla työskentelyllä vaikuttamaan kustannuksiin enemmän.

Jos paikalla rakentamismenetelmästä siirryttäisiin elementtirakentamiseen, se tarkoittaisi työkustannusten siirtymistä materiaalin hintaan. Tämä tarkoittaisi myös sitä, että työkustannusten osuus pienenesi huomattavasti. Työkustannusten pienentyessä työmaan vaikutusmahdollisuus kokonaiskustannuksiin pienenee.

Täytyy myös ottaa huomioon, että työkustannuksen osuuden suuruus kokonaiskustannuksista ei ole suoraan verrannollinen työmaan mahdollisuuteen vaikuttaa kokonaiskustannuksiin. Tämä johtuu siitä, että elementtejä tuottavat yritykset pystyvät tuottamaan elementit todella tehokkaasti. Kuitenkin täytyy muistaa, että markkinatalous toimii tässäkin yhteydessä. Elementtituotteet on hinnoiteltu niin, että ne houkuttelevat siirtymään niiden käyttämiseen, mutta osa tehokkuudesta jäävästä kustannus säästöstä jää elementin valmistajalle.

Puutolpparungon etuna on myös sen helppo työstettävyys. Sen tekemiseen riittää kirvesmiestäidot. Jos siirryttäisiin erityyppisiin metalli- tai liimapuukaarirakenteisiin, se tarkoittaisi siirtymistä valmisosien eli elementtien käyttämiseen. Tämä tarkoittaisi työkustannuksien siirtymistä materiaalikustannuksiin.

On myös otettava huomioon rakentamisaika ja sen vaikutukset. Nopeammin rakennettu rakennus alkaa tuottaa aikaisemmin, kuin hitaasti rakennettu. Tämä seikka puolustaa valmisosien käyttöä rakentamisessa. Kuitenkaan hallit, joista vuokrataan esimerkiksi 100–600 m² kokoisia tiloja, eivät yleensä ole vuokrattu kokonaan ennen rakennuksen valmistumista. Tällaisissa tapauksissa rakennusaika ei nouse merkittäväksi tekijäksi.

Talouden matalasuhdanteella on suuri vaikutus pieniin ja keskisuuriin yrityksiin. Tämä johtuu siitä, että useat pienistä ja keskisuurista yrityksistä tekevät alihankintaa suuremmille yrityksille. Esimerkiksi suuryrityksen viennin tai muusta syystä johtuvan markkinatilanteen lasku aiheuttaa ketjureaktion, joka vaikuttaa vuokratilojen kysyntään asti. Näin kävi vuonna 2010. Tällaisessa tilanteessa rakennuksen valmistumisella ei ole kiirettä. Etenkin, kun halutaan pitää hyväksi todetut työntekijät yrityksessä töissä, pystytään pidemmällä rakennusajalla välttämään mahdolliset lomautukset tai irtisanomiset. Tällainen toimintamalli kuitenkin vaatii, että rakentamisen rahoituksen omavaraisuusaste on riittävä.

6.2 Materiaaliominaisuudet

Kaikki vertailussa olleet materiaalit kestävät hyvin säärasituksia. Hallityyppisissä rakennuksissa julkisivuun kohdistuu myös mekaanisia rasituksia, kuten esimerkiksi iskuja. Lisäksi teollisuus- ja työpaikka-alueilla ilmassa on normaalia enemmän erilaisia hiukkasia ja likaa. Hallirakennusten tyypillinen suunnittelu ikä on 50 vuotta ja tätä pidetään myös julkisivuverhouksen vähimmäisvaatimuksena.

Kalkkihiekkatiili on vertailuista materiaaleista ainoa, jonka kestoikä ilman kunnostustöitä on 50–100 vuotta. Kalkkihiekkatiiliverhous kestää hyvin mekaanista rasitusta, kun tiilien kiinnittymisestä laastiin on huolehdittu. Kalkkihiekkatiilien heikkoutena on sen huokoinen rakenne. Huokoinen rakenne yhdistettynä vesi- ja pakkasrasitukseen on kalkkihiekkatiilien rapistumisen yleisin syy. Huokoinen rakenne on myös arka lialle. Varsinkin, jos kalkkihiekkatiiliverhoukselle roiskuu nestettä, kuten esimerkiksi öljyä, on sitä lähes mahdoton poistaa pesemällä. Pelkän pölymäisen lian puhdistaminen kalkkihiekkatiiliverhouksesta onnistuu korkeapainepesulla.

Puuverhousta käytettäessä täytyy maalipinnoite uusia kaksi kertaa rakentamisen jälkeen. Näillä kunnostustoimenpiteillä saavutetaan jopa 50–100 vuoden kestoikä myös puuverhoukselle. Periaatteessa puuverhous on uudelleen pinnoittamisen jälkeen elinkaarensa alussa. Puuverhous kestää hyvin iskuja eivätkä pienimmät naarmut ja muut jäljet näy puun heterogeenisessä pinnassa kovin helposti. Puuverhouksen käyttö edellyttää onnistunutta suunnittelua ja toteutusta. Suunnittelun tärkeys korostui erityisesti puun osalla. Puu on materiaalina helppo työstää ja sen käyttämiseen sekä kiinnittämiseen on lukuisia mahdollisuuksia.

Teräsohutlevyverhous on useasti hallirakennuksissa käytetty julkisivumateriaali. Teräsohutlevyjen muovipinnoitteet ovat kehittyneet merkittävästi. Näitä pinnoitteita käyttämällä odotetaan jopa 30 vuoden kestoä. Kun noin 25 vuoden käytön jälkeen teräsohutlevyverhous pinnoitetaan uudelleen, sen kestoikäksi saadaan 50 vuotta. Muovipinnoitettu teräsohutlevy kestää todella hyvin sää- ja ympäristörasituksia. Pölymäinen lika poistuu teräsohutlevyn pinnalta sateella. Mikään muukaan lika ei pääse tarttumaan teräsohutlevynpintaan niin, että sitä ei voitaisi siitä puhdistaa. Jopa spraymaalit saadaan poistettua teräsohutlevyn pinnalta laimeaa liuotinta käyttämällä. Teräsohutlevyn heikkous on sen iskujen kestävyys. Pienikin isku voi aiheuttaa lommon, joka näkyy homogeenisessä teräsohutlevyn pinnassa todella helpolla.

Materiaaliominaisuuksia vertaillen kävi ilmi, että suunnittelulla on suuri merkitys julkisivuverhouksen onnistumiseen. Kaikilla valituilla materiaaleilla on edellytyksiä hallirakennuksen julkisivumateriaaliksi. Materiaaliominaisuuksien perusteella käyttöolosuhteilla on ratkaiseva merkitys julkisivumateriaalin valinnassa. Materiaalilla on myös arvomerkitystä. Kalkkihiekkatiili- ja puuverhous ovat yleensä arvostetumpia materiaaleja kuin teräsohutlevyverhous. Tällä on merkitystä, kun rakennusta myydään.

Materiaaliominaisuuksien perusteella teräsohutlevyjulkisivu on oikea ratkaisu, varasto- ja työtiloina toimiviin hallirakennuksiin. Jos hallirakennus sijaitsee avainpaikalla ja siihen oletetaan sijoittuvan yrityksiä, joiden tiloissa käy asiakkaita tai yritysten toiminta perustuu asiakaskäynteihin, on oikea julkisivumateriaali valinta kalkkihiekkatiili- tai puuverhous.

6.3 Työ- ja materiaalimenekit sekä kustannukset

Menekkejä ja kustannuksia vertaillaan tuli valita jokaiselle julkisivumateriaalille rakenteet. Rakenteiden valinnassa painotettiin rakenteen edullisuutta ja toimivuutta hallirakennuksen julkisivuna. Menekit ja kustannukset laskettiin yhtä seinä neliometriä kohden. Tämä on perusteltua, koska tässä tutkimuksessa ei käytetty mitään tiettyä työkohdetta laskennan perustana. Kustannukset eivät sisältäneet arvonlisäveroa.

Valitun puujulkisivurakenteen työmenekiksi tuli 1,26 tth/m² ja työkustannukseksi tuli 29,85 €/m². Materiaalikustannukseksi tuli 22,67 €/m² ja kokonaiskustannukseksi saatiin 52,25 €/m². Työkustannusten osuus valitussa puujulkisivuverhouksessa on 56 prosenttia.

Kalkkihiekkatiilijulkisivu rakenteen työmenekiksi tuli 1,53 tth/m² ja työkustannukseksi tuli 35,92 €/m². Materiaalikustannukseksi tuli 39,95 €/m² ja kokonaiskustannukseksi saatiin 75,87 €/m². Työkustannusten osuus kalkkihiekkatiilijulkisivuverhouksessa on 47 prosenttia.

Teräsohutlevyjulkisivun työmenekiksi tuli 0,385 tth/m² ja työkustannukseksi tuli 9,04 €/m². Materiaalikustannukseksi tuli 20,89 €/m² ja kokonaiskustannukseksi saatiin 29,93 €/m². Työkustannusten osuus teräsohutlevyjulkisivuverhouksessa on 30 prosenttia.

Rakentamiskustannuksiltaan edullisin vaihtoehto on teräsohutlevyverhous. Toiseksi edullisin vaihtoehto on puuverhous, jonka kokonaiskustannukset ovat noin 20 euroa suuremmat kuin teräsohutlevyverhouksen. Valituista julkisivumateriaaleista rakentamiskustannuksiltaan kallein on kalkkihiekkatiiliverhous. Kalkkihiekkatiiliverhous oli neliölle 20 euroa kalliimpi kuin puuverhous.

Rakentamiskustannusten perusteella teräsohutlevyverhous on edullisin valinta. Sen työkustannusten osuus on vain 30 prosenttia. Tämä tarkoittaa sitä, että teräsohutlevyverhouksen osalla kustannussäästöä on helpompi saada materiaalihankinnassa. Toiseksi edullisin vaihtoehto on puuverhous. Puuverhouksen työkustannusten osuus on 44 prosenttia. Kustannussäästöjen saaminen perustuu siis tehokkaaseen ja hyvin suunniteltuun työhön sekä materiaalihankinnan onnistumiseen.

Kalkkiahiekkatiiliverhouksella on kallein rakentamiskustannus ja työkustannusten osuus jakautuu samalla tavalla kuin puuverhouksella.

6.4 Elinkaaritalous

Elinkaaritalouden tutkiminen on tärkeää erityisesti, jos rakennettava rakennus on tarkoitus pitää omassa omistuksessa. Elinkaaritalouden tutkiminen on myös suhteellisen helppo menetelmä. Rakennuskustannusten lisäksi arvioidaan huolto- ja kunnossapitotoimenpiteiden tarve ja lasketaan niiden kustannukset. Elinkaaren pituudeksi valittiin 50 vuotta, joka on tyyppillinen hallirakennuksen suunnitteluikä. Huomioon otettiin myös rakennusosa purku elinkaaren lopussa. Näin saadaan laajempi ja ns. todenmukaisempi kuva rakennuksen tai rakennusosan kustannuksista.

Elinkaaritalousvertailunkin perusteella teräsohutlevyverhous on edullisin. Sen elinkaarikustannukseksi tuli 44,37 €/m². Myös sen korjauskustannus on edullisin. Toiseksi edullisin tämän vertailun perusteella on puuverhous sen elinkaarikustannukseksi tuli 84,15 €/m². Suurin elinkaarikustannus muodostui kalkkiahiekkatiiliverhoukselle. Sen elinkaarikustannukseksi tuli 91,87 €/m². Kalkkiahiekkatiiliverhouksen korjauskustannus oli selkeästi suurin.

Elinkaaritalousvertailussa teräsohutlevyverhous jäi hyvin selkeästi edullisimmaksi. Sen elinkaarikustannus jäi puolta pienemmäksi kuin toiseksi edullisimman vaihtoehdon eli puuverhouksen. Kun purkukustannusta ei oteta huomioon, elinkaarikustannuksiltaan kalleimman vaihtoehdon, eli kalkkiahiekkatiiliverhouksen, huolto- ja kunnossapitokustannukset olivat kuitenkin pienimmät 3,6 €/m². Huolto- ja kunnossapitokustannuksiltaan kallein on puuverhous.

50 vuoden elinkaari ei ole edullinen kalkkiahiekkatiiliverhoukselle. Sen kestävyys ja vähäinen kunnossapidon tarve pääsee oikeuksiinsa rakennuksissa, joiden suunnitteluikä on suurempi. Puuverhouksella on korkeimmat kunnossapitokustannukset. Sen säännöllisen kunnossapitotarpeen johdosta siitä tulisi kallein vaihtoehto, jos suunnitteluikänsä olisi esimerkiksi 100 vuotta. Kalkkiahiekkatiili- ja puuverhouksella on mahdollista päästää 100 vuoden elinkaareen, mutta teräsohutlevyllä siihen ei päästä. Tämä johtuu siitä, että sen ulkonäkövaatimukset eivät enää täyty usean uudelleen pinnoituksen jälkeen. Teräsohutlevyverhouksen

uudelleenpinnoituksen onnistuminen niin, että korroosiolta vältytään, on epätodennäköistä.

6.5 Työmenetelmät ja työvälineet

Työmenetelmiltään helpoin suorittaa on teräsohutlevyverhous. Sen leikkaamisessa tulee käyttää ns. nakertajaa, koska katkaisulaikasta sinkoavat kuumat metallihiukkaset vahingoittavat pinnoitetta. Pinnoitteen vahingoittuminen todennäköisesti johtaa korroosion muodostumiseen.

Puuverhouksen työmenetelmät onnistuvat kirvesmiestaidoilla. Puuverhouksen työstössä vaadittavat koneet ovat myös sellaisia, jotka kuuluvat työmaan peruskoneisiin. Puuverhouksen menetelmissä korostui työvaiheiden määrä sekä työnsuunnittelu. Puuverhouksessa korostuu täsmällisen suunnittelun ja työntoteutuksen tärkeys. Ainoastaan edellä mainittujen ehtojen täytyessä voidaan taata kestävä puuverhous.

Kalkkiahiekkatiiliverhous vaatii selkeästi eniten erikoiskalustoa kuten valmislaastiaseman laastin valmistukseen ja pienkuormaajan tai vastaavan painavien tiililetkojen ja laastiastioiden siirtelyyn. Lisäksi telinetyön tärkeys korostui muuraustyössä. Tämä johtuu siitä, että telineisiin kohdistuu huomattavasti suurempia kuormia tiililetkojen ja laastiastioiden takia. Muuraustyö vaatii ammattimuurarin, jotta voidaan varmistua muuraustyön laadusta.

6.6 Ympäristövaikutukset elinkaariarvion nojalla

Ympäristövaikutuksia vertailtaessa puujulkisivuverhousrakenne on selkeästi ympäristöystävällisin ratkaisu. Sen energiasisältö painottuu selkeästi uusiutuvaan energiaan. Tämä tarkoittaa sitä, että puuverhouksen energia sisältö on positiivinen. Puuverhouksesta aiheutuu myös vähiten ilmastolämpenemiseen ja happamoitumiseen vaikuttavia päästöjä.

Teräsohutlevyverhousrakenteen energiasisältö painottuu uusiutumattomaan energiaan. Sen ilmastolämpenemiseen vaikuttavat päästöt ovat kaksinkertaiset, puuverhoukseen verrattuna. Kuitenkin happamoitumista aiheuttavat päästöt ovat melko lähellä puuverhouksen tasoa.

Kalkkiahiekkatiiliverhous erottui selvästi sekä energia sisällön että päästöjen tarkastelussa. Se sisältää uusiutumattonta energiaa melkein kaksikertaisen määrän verrattuna teräsohutlevyverhousrakenteeseen. Ilmaston lämpenemiseen vaikuttavia päästöjä kalkkiahiekkatiiliverhouksella on lähes kymmenenkertainen määrä puuverhoukseen verrattuna. Happamoitumiseen vaikuttavia päästöjä kalkkiahiekkatiiliverhouksella on lähes viisinkertainen määrä.

7 Pohdinta

Tutkimuksen pohjana oli Jokiteam Oy:ssä kohta ajankohtaiseksi tulevat julkisivuremontit ja uudisrakennusten julkisivumateriaalivalinnat. Yrityksen toiveena oli saada laaja kuvaus valituista materiaaleista ja selkeät valintaperusteet niille. Jokiteam Oy:ssä haluttiin myös saada valinnan perusteeksi muutakin kuin rakennuskustannukset. Pienempien rakennusyritysten yleinen kilpailuetu on kustannustehokas organisaatorakenne ja korkea työteho. Tästä johtuen haluttiin tarkastella myös kustannuksia ja niiden rakennetta. Julkisivuverhouksen valinta on myös yhteydessä runkorakenteeseen. Tämän takia haluttiin myös perustella runkorakenteen valintaa. Useasti rakennusosien valinta perustuu rakentamisnopeuteen ja rakentamiskustannuksiin. Nämä arvot ovat helposti saatavissa ja siksi ne vahvasti ohjaavat rakennusosien valintaa.

Julkisivumateriaalin valinnan kohdistaminen hallirakennukseen, joka on vuokrakäytössä, toi vertailuun erityispiirteitä. Tällaisessa käytössä ja ympäristössä julkisivumateriaalilta vaaditaan kestävyyttä ja sen puhtaanapidon tulisi olla helppoa. Vuokralle rakennettaessa rakennuksen omistus jää Jokiteam Oy:lle. Tästä syystä piti ottaa huomioon kustannukset koko elinkaaren aikana. Ei myöskään voi unohtaa muuntojoustavuutta, joka korostuu hallirakennuksilla erityisesti vuokrakäyttöön rakennettaessa.

Julkisivumateriaalien tutkimisessa ja vertailussa kävi ilmi, että kaikki vertailuun valitut materiaalit soveltuvat ominaisuuksiltaan hallirakennuksiin. Teräsohutlevyn ominaisuudet soveltuvat parhaiten hallirakennukseen, jonka pääasiallinen käyttötarkoitus on varastointi ja tuotanto. Tässä käytössä teräsohutlevyn puhtaan- ja kunnossapito on selkeästi helpointa. Kiinteistömäärän kasvaessa Jokiteam Oy:llä

kunnossapidon helppous on merkittävä valinta kriteeri. Kestoiältään teräsohutlevyverhous on kuitenkin heikoin ja sen kestävyys iskuja vastaan on myös heikoin. Teräsohutlevyn kestoikä riittää kuitenkin hyvin hallirakennuksen 50 vuoden suunnitteluiän ajan. Erityisesti puulla korostui suunnittelun tärkeys ja korkea kotimaisuusaste.

Rakennuskustannuksiltaan edullisin materiaali on teräsohutlevy. Muovipinnoitetun teräsohutlevyjulkisivun rakentamiskustannuksiksi saatiin noin 30 €/m². Työkustannusten osuus on vain 30 prosenttia. Puujulkisivun rakennuskustannukset olivat noin 20 €/m² korkeammat eli noin 50 €/m². Kalkkahiiekkatiilijulkisivu oli puujulkisivua 20 €/m² ja teräsohutlevyä 40 €/m² kalliimpi. Rakennuskustannusten vertailu antaa oikeaksi valinnaksi teräsohutlevyn.

Elinkaaritaloutta vertailtaessa materiaalien asetelma on sama kuin rakennuskustannus vertailussa. Teräsohutlevy on edullisin valinta ja sen korjauskustannukset on edullisimmat. Korjaamisen edullisuus korvaa osittain sen korkeaa vaurioitumisriskiä. Elinkaaritaloutta tutkittaessa rakennusosan tai rakennuksen suunnitteluikä nousee merkittäväksi tekijäksi. Jos käytettäisiin pidempää elinkaarta, asetelma materiaalien välillä muuttuisi.

Työmenetelmiltään selkeästi yksinkertaisin on teräsohutlevyverhousrakenne. Puuverhousrakenteessa on eniten huomioon otettavaa työmenetelmien osalta. Kalkkahiiekkatiilijulkisivurakenteen tekeminen vaatii ammattimuurarin. Lisäksi se vaatii eniten erikoiskalustoa. Tästä syystä on todennäköistä, että Jokiteam Oy käyttäisi muuraustyön tekemisessä aliurakoitsijaa, joka toisi lisäkustannuksia.

Ympäristövaikutuksiltaan puu on ekologisen maineensa veroinen. Se on huomattavasti ympäristöystävällisempi kuin muut vertailun materiaalit. Puuverhous on ainoa, jonka energiasisältö koostuu pääasiassa uusiutuvasta energiasta. Lisäksi se on täysin uusiutuva luonnonmateriaali. Kalkkahiiekkatiiliverhouksen ympäristövaikutukset on moninkertaiset verrattuna teräsohutlevy verhoukseen, jolla oli toiseksi vähiten ympäristövaikutuksia. Jos materiaalin valintaperusteena on ekologisuus, puu on oikea vaihtoehto.

Tutkimusta aloittaessa mielessäni oli arviot tutkimustuloksista. Yllättävintä oli, että teräsohutlevy oli näin selkeästi edullisin valinta, kun huomioon otettiin elinkaaritalous. Tutkimustuloksia tukee teollisuus- ja työpaikka-alueilla vallitse teräsohutlevyverhouksen käyttö. Teräsohutlevyverhouksen ympäristö vaikutuksetkin ovat melko pienet. Jos teräsohutlevyverhouksessa kiinnityspuun asemasta olisi käytetty teräsosaa, olisi se kasvattanut kyseisen rakenteen ympäristövaikutuksia. Kalkkihiekkatiiliverhouksen päästöt olivat mielestäni yllättävän suuret. Tämä selittyy rakenteen suurella massalla ja valmistukseen tarvittavalla energiamäärällä.

Tutkimuksen perusteella hallirakennuksiin oikea julkisivumateriaali on muovipinnoitettu teräsohutlevy painotettaessa kustannusten merkitystä. Jos halutaan painottaa ja ekologisia arvoja, oikea valinta on puuverhous. Imagolliset valintaperusteet taas puoltavat arvokkaana pidettyä kalkkihiekkatiiliverhousa.

Elinkaaritalouteen ja ympäristövaikutuksiin elinkaaren aikana käytetään liian vähän huomiota rakentamisessa. Maankäyttö- ja rakennuslaki antaa rakentamisen ohjauksen tavoitteeksi edistää mm. rakentamista, joka perustuu elinkaariominaisuuksiltaan kestäviin ja taloudellisiin, sosiaalisesti ja ekologisesti toimiviin sekä kulttuuriarvoja luoviin ja säilyttäviin ratkaisuihin. Näissä asioissa on kehitytty rakennusalalla, mutta ei riittävästi. Tutkimuskenttää elinkaaripohjaisissa menetelmissä riittää.

Esille nousi kysymys, onko julkisivumateriaalilla vaikutusta rakennuksen myynnissä ja onko tätä kautta mahdollista saada takaisin korkeammat rakentamiskustannukset. Tämä kysymys oli rajattu työn ulkopuolelle. Sitä voisi tutkia jatkossa erillisenä enemmän kiinteistösijoittamiseen painottuvassa tutkimuksessa.

Lähteet

- Haahtela, Y.;& Kiiras, J. (2011). *Talonrakennuksen kustannustieto 2011*. Tampere: Haahtela-kehitys Oy.
- Häkkinen, T. (2000). Rakennustuotteiden ja taloteknisten järjestelmien ympäristökuormitus. Teoksessa *Rakentajan ekotieto* (ss. 142-151). Rakennustieto Oy.
- Häkkinen, T.;Vares, S.;Vesikari, E.;Saarela, K.;Tattari, K.;& Säteri, J. (1997). *Rakennusmateriaalien ja -tuotteiden ympäristövaikutukset ja niiden arviointiperusteet*. Espoo: Valtion teknillinen tutkimuskeskus.
- Jokiteam Oy. (10. 1 2010). *Jokiteam Oy*. Haettu 18. 4 2011 osoitteesta <http://www.tammilehto.eu/Jokiteam/>
- Maankäyttö- ja rakennuslaki 5.2.1999/132. (ei pvm).
- Mittaviiva Oy. (2011). *Rakennusosien kustannuksia 2011*. Talinna: Rakennustieto Oy.
- Murtomaa, P. (1997). Rakennustekniikka. Teoksessa P. Murtomaa, *Kiinteistönpidon tekniikka, talous ja hallinto* (ss. 180-189). Vantaa: Tampereen teknillinen korkeakoulu.
- Myyryläinen, L. (2008). *Elinkaariajattelu kiinteistönpidossa*. Helsinki: Kiinteistöalan Kustannus Oy.
- Männistö, J.;Takala, R.;& Siltala, K. (2005). *Hallin rakennuttaminen*. Vammala: Wood Focus Oy.
- Ojala, K. (2004). *Parempi pientalo*. Juva: Werner Söderström Osakeyhtiö.
- Rakennustietosäätiö. (2000). *Rakentajan ekotieto*. Tampere: Rakennustieto Oy.
- Ratu 34-0245. (2002). *Ratu-kortisto* . Rakennustieto Oy.
- Ratu 41-0289. (2005). *Ratu-kortisto* . Rakennustieto Oy.
- Ratu 51-0259. (2004). *Ratu-kortisto* . Rakennustieto Oy.
- RT 35-10840. (3 2005). *Kalkkihiekkatiilet* . Rakennustieto Oy.
- Saari, A. (2000). Rakennuksen elinkaaritalous. Teoksessa *Rakentajan ekotieto* (ss. 50-59). Helsinki: Rakennustieto Oy.
- Siikanen, U. (2001). *Rakennusaineoppi*. Hämeenlinna: Rakennustieto Oy.

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL r.y. (2001). *Rakenteiden elinkaaritekniikka RIL 216-2001*. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL r.y.

Talonrakennusteollisuus ry. (2007). *Aikataulukirja 2008*. Jyväskylä: Rakennustieto Oy.

Tampereen teknillinen korkeakoulu. (1998). *Teräsjulkisivut*. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Viljakainen, M. (21. 11 2010). *ECO2*. Haettu 20. 04 2011 osoitteesta <http://www.eco2.fi/uploads/ECO2%20 tampere%20viljakainen%20.pdf>

Wood Focus Oy. (2006). *Pitkäikäinen puujulkisivu*. Wood Focus Oy.

Ympäristöministeriö, Alueidenkäytön osasto. (2003). *Asemakaavamerkinnät ja määräykset*. Helsinki: Edite Prima Oy.

Liitteet

Liite 1. Puurunkorakenteen työmenekki ja työkustannus

| Työnosat | Työmenekki | Yksikkö |
|------------------------------------|------------|--------------------|
| Runko | | |
| tavarán vastaanotto ja varastointi | 0,01 | tth/m ² |
| mittaus | 0,1 | tth/m ² |
| materiaalisiirrot | 0,05 | tth/m ² |
| ala- ja yläsidepuut | 0,02 | tth/m ² |
| runkotolpat | 0,14 | tth/m ² |
| ristiinkoolaus | 0,04 | tth/m ² |
| yhteensä | 0,36 | tth/m ² |
| Eristäminen | | |
| lämmöneristyslevyjien asennus k600 | 0,04 | tth/m ² |
| siivous | 0,01 | tth/m ² |
| yhteensä | 0,05 | tth/m ² |
| Levytyö | | |
| tavarán vastaanotto ja varastointi | 0,01 | tth/m ² |
| sisäpuolinen kipsilevytys | 0,12 | tth/m ² |
| tuulensuojalevytys | 0,07 | tth/m ² |
| siivous | 0,01 | tth/m ² |
| yhteensä | 0,21 | tth/m ² |
| Koko puurunkotyö yhteensä | 0,62 | tth/m ² |
| Luokan 4 mukainen tuntipalkka | 13,81 | €/h |
| Sosiaalimaksut | 70 | % |
| Työkustannus | 14,56 | €/m ² |

Liite 2. Puurunkorakenteen materiaalimenekki ja materiaalikustannukset

| Puurunkoisen ulkoseinärakenteen materiaalimenekki (ROK 2011) | | | | |
|--|--|-----------------|---------------------|------------------|
| Materiaali | Materiaalimenekki 1,00 m ² | yksikkö | Materiaalikustannus | yksikkö |
| kipsikartonkilevy 13mm | 1,1 | m ² | 3,36 | €/m ² |
| ruuvi, kipsilevyruuvi 25mm | 0,02 | kg | 0,05 | €/m ² |
| runkotolppa 50*200 | 2,14 | m ² | 6,27 | €/m ² |
| naula, lankanauha 3,4*100, kuumasinkitty | 0,06 | kg | 0,16 | €/m ² |
| höyrynsulkumuovi | 1,2 | m ² | 1,08 | €/m ² |
| lämmöneriste, mineraalivilla 200mm | 1,04 | m ² | 14 | €/m ² |
| tuulensuojalevy 9mm | 1,04 | m ² | 3,7 | €/m ² |
| | | yhteensä | 28,62 | €/m ² |

Liite 3. Puujulkisivun työmenekki ja työkustannukset

| Puujulkisivun työmenekki ja työkustannus | | |
|--|------------|--------------------|
| Työnosat | Työmenekki | yksikkö |
| tavaran vastaanotto | 0,01 | tth/m ² |
| mittaus | 0,08 | tth/m ² |
| materiaalisiirrot | 0,03 | tth/m ² |
| koolaus 2-kertainen | 0,7 | tth/m ² |
| ponttilaudoitus | 0,3 | tth/m ² |
| siivous | 0,01 | tth/m ² |
| maalaukset 2 kertaa, öljymaali | 0,13 | tth/m ² |
| yhteensä | 1,26 | tth/m ² |
| Luokan 4 mukainen tuntipalkka | 13,81 | €/h |
| Sosiaalimaksut | 70 | % |
| Työkustannus | 29,58 | €/m ² |

Liite 4. Puujulkisivun materiaalimenekki ja materiaalikustannus

| Puujulkisivun materiaalimenekki ja materiaali kustannukset (ROK 2011) | | | | |
|---|---|-----------------|-------------------------|------------------|
| Materiaali | Materiaalimenekki 1,00m ² | yksikkö | Materiaalik ustannus | yksikkö |
| ulkoverhouslauta 28*120mm, UTV | 9,74 | jm | 14,9 | €/m ² |
| sahattu lauta 22*100mm, kuusi B | 1,79 | jm | 1,14 | €/m ² |
| sahattu lauta 22*100mm, kuusi B | 1,79 | jm | 1,14 | €/m ² |
| naula | 0,2 | kg | 1,32 | €/m ² |
| maali, pohjamaali | 0,15 | l | 1,26 | €/m ² |
| maali, öljymaali (ulkokäyttö) | 0,35 | l | 2,91 | €/m ² |
| | | yhteensä | 22,67 | €/m ² |

Liite 5. Kalkkahiiekkajulkisivun työmenekki ja työkustannus

| Kalkkahiiekkatiilijulkisivun työmenekki ja työkustannus | | |
|---|------------|--------------------|
| Työnosat | Työmenekki | yksikkö |
| siirrot | 0,25 | tth/m ² |
| rakennustelineet | 0,2 | tth/m ² |
| työtasot | 0,06 | tth/m ² |
| mittaus, julkisivu | 0,6 | tth/m ² |
| laastin valmistus, valmisasema | 0,03 | tth/m ² |
| puhtaaksi muuraus, MKH 285*85*85 mm | 0,38 | tth/m ² |
| kohteen lopetus työt | 0,01 | tth/m ² |
| yhteensä | 1,53 | tth/m ² |
| Luokan 4 mukainen tuntipalkka | 13,81 | €/h |
| Sosiaalimaksut | 70 | % |
| Työkustannus | 35,92 | €/m ² |

Liite 6. Kalkkihiekkatiilijulkisivun materiaalimenekki ja materiaalikustannus

| Kalkkihiekkatiilijulkisivun materiaalimenekki ja materiaali kustannukset (ROK 2011) | | | | |
|---|---|-----------------|-------------------------|------------------|
| Materiaali | Materiaali menekki 1,00m ² | yksikkö | Materiaali kustannus | yksikkö |
| tiili MKH285*85*85 mm julkisivu,luonnonharm. | 37 | kpl | 29,97 | €/m ² |
| laasti, muurauslaasti (1000 kg säkit) | 43 | kg | 3,44 | €/m ² |
| muurausside | 6 | kpl | 6,54 | €/m ² |
| | | yhteensä | 39,95 | €/m ² |

Liite 7. Teräsohutlevyjulkisivun työmenekki ja työkustannus

| Teräsohutlevyjulkisivun työmenekki ja työkustannus | | |
|--|------------|--------------------|
| Työosat | Työmenekki | yksikkö |
| tavaran vastaanotto ja varastointi | 0,005 | tth/m ² |
| siirrot | 0,1 | tth/m ² |
| mittaus, poimulevyt | 0,04 | tth/m ² |
| koolaus, 2-kertainen | 0,1 | tth/m ² |
| verhouksen asennus pysty | 0,13 | tth/m ² |
| siivous | 0,01 | tth/m ² |
| yhteensä | 0,385 | tth/m ² |
| Luokan 4 mukainen tuntipalkka | 13,81 | €/h |
| Sosiaalimaksut | 70 | % |
| Työkustannus | 9,04 | €/m ² |

Liite 8. Teräsohutlevyjulkisivun materiaalimenekki ja materiaalikustannus

| Teräsohutlevyjulkisivun materiaalimenekki ja materiaali kustannukset (ROK 2011) | | | | |
|---|---|-----------------|-------------------------|------------------|
| Materiaali | Materiaalimenekki 1,00m ² | yksikkö | Materiaali kustannus | yksikkö |
| teräsohutlevy, Prelaq Nova, hyötylev. 900mm | 1,05 | kpl | 15,19 | €/m ² |
| koolaus 2-kertainen, sahattu lauta 22*100mm, kuusi B | 3,58 | jm | 5,16 | €/m ² |
| ruuvi, kateruuvi | 1 | kpl | 0,54 | €/m ² |
| | | yhteensä | 20,89 | €/m ² |

Liite 9. Materiaalien ympäristövaikutukset

| Materiaali | Uusiutuva energia (MJ/kg) | Uusiutumaton energia (MJ/kg) | g CO2/kg | g SO2/kg |
|------------|---------------------------|------------------------------|----------|----------|
| puu | 12 | 0 | 80 | 0,62 |
| maali | 0,81 | 24 | 1200 | 12 |
| kahi | 0,18 | 1,3 | 170 | 0,83 |
| laasti | 0,039 | 1,1 | 120 | 0,42 |
| teräs | 2,2 | 18,5 | 1150 | 3,5 |

Liite 10. Puujulkisivun ympäristövaikutukset

| Puujulkisivuverhouksen ympäristö vaikutukset 1.00m ² | | | | | | | |
|---|--------|--------|---------|---------|--------|-----------------|------------|
| Materiaali | pituus | leveys | korkeus | menekki | tiheys | käyttökerrat | massa (kg) |
| koolauslauta 22*100 | 1,79 | 0,1 | 0,022 | | 500 | | 1,97 |
| kiinnityslauta 22*100 | 1,79 | 0,1 | 0,022 | | 500 | | 1,97 |
| ulkoverhouslauta 28*120 | 9,74 | 0,12 | 0,028 | | 500 | | 16,36 |
| | | | | | | yhteensä | 20,30 |
| maali, ulkomaali | | | | 0,4 | 1,2 | 3 | 1,44 |

| | Uusiutuva energia (MJ/kg) | Uusiutumaton energia (MJ/kg) | g CO2/kg | g SO2/kg |
|-------------------------|---------------------------|------------------------------|----------|----------|
| koolauslauta 22*100 | 23,63 | 0,00 | 157,52 | 1,22 |
| kiinnityslauta 22*100 | 23,63 | 0,00 | 157,52 | 1,22 |
| ulkoverhouslauta 28*120 | 196,36 | 0,00 | 1309,06 | 10,15 |
| maali, ulkomaali | 1,17 | 34,56 | 1728,00 | 17,28 |
| Yhteensä | 244,78 | 34,56 | 3352,10 | 29,87 |

Liite 11. Kalkkahiiekkatiilijulkisivun ympäristövaikutukset

| Kalkkahiiekkatiilijulkisivuverhouksen ympäristö vaikutukset 1.00m ² | | | | | | | |
|--|--------|--------|---------|---------|--------|--------------|------------|
| Materiaali | pituus | leveys | korkeus | menekki | tiheys | käyttökerrat | massa (kg) |
| Kahi-tiili MKH 85 | 0,285 | 0,085 | 0,085 | 37 | 1900 | | 144,76 |
| muurauslaasti | | | | 43 | 1 | | 43,00 |

| | Uusiutuva energia (MJ/seinä m ²) | Uusiutumaton energia (MJ/seinä m ²) | g CO ₂ /seinä m ² | g SO ₂ /seinä m ² |
|-------------------|--|---|---|---|
| Kahi-tiili MKH 85 | 26,06 | 188,18 | 24608,60 | 120,15 |
| muurauslaasti | 1,68 | 47,30 | 5160,00 | 18,06 |
| Yhteensä | 27,73 | 235,48 | 29768,60 | 138,21 |

Liite 12. Teräsohutlevyjulkisivun ympäristövaikutukset

| Teräsohutlevyjulkisivuverhouksen ympäristö vaikutukset 1.00m ² | | | | | | | |
|---|--------|--------|---------|---------|--------|--------------|------------|
| Materiaali | pituus | leveys | korkeus | menekki | tiheys | käyttökerrat | massa (kg) |
| koolauslauta 22*100 | 1,79 | 0,1 | 0,022 | | 500 | | 1,97 |
| kiinnityslauta 22*100 | 1,79 | 0,1 | 0,022 | | 500 | | 1,97 |
| teräsohutlevy | | | | 1,05 | | | |

| | Uusiutuva energia (MJ/seinä m ²) | Uusiutumaton energia (MJ/seinä m ²) | g CO ₂ /seinä m ² | g SO ₂ /seinä m ² |
|-----------------------|--|---|---|---|
| koolauslauta 22*100 | 23,63 | 0,00 | 157,52 | 1,22 |
| kiinnityslauta 22*100 | 23,63 | 0,00 | 157,52 | 1,22 |
| teräsohutlevy | 13,9 | 92,8 | 5494 | 15,9 |
| uudelleen pinnoitus | 1,17 | 34,56 | 1728,00 | 17,28 |
| Yhteensä | 62,33 | 127,36 | 7537,04 | 35,62 |