

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Rakennustekniikan koulutusohjelma

Sami Räsänen

PIENTALON RAKENNERATKAISUJEN VERTAILU

Opinnäytetyö
Toukokuu 2014

Sisältö

Tiivistelmä

Abstract

| | | |
|-----|---|----|
| 1 | Johdanto | 6 |
| 1.1 | Tausta | 6 |
| 1.2 | Tavoitteet | 6 |
| 1.3 | Rajaus | 7 |
| 2 | Rakenneratkaisut ja materiaalit | 7 |
| 2.1 | Normitalo, villaeristys | 7 |
| 2.2 | Matalaenergiatalo, villaeristys | 10 |
| 2.3 | Passiivitalo, villaeristys | 12 |
| 2.4 | Matalaenergiatalo, SPU-eristys | 14 |
| 2.5 | Passiivitalo, SPU-eristys | 16 |
| 3 | Määrälaskenta ja materiaalikustannukset | 18 |
| 3.1 | Hukkaprosentit | 18 |
| 3.2 | Määrälaskenta | 18 |
| 3.3 | Normitalon määrälaskenta ja kustannukset | 19 |
| 3.4 | Villalla eristetyn matalaenergiatalon määrälaskenta ja kustannukset | 21 |
| 3.5 | Villalla eristetyn passiivitalon määrälaskenta ja kustannukset | 23 |
| 3.6 | SPU-eristetyn matalaenergiatalon määrälaskenta ja kustannukset | 25 |
| 3.7 | SPU-eristetyn passiivitalon määrälaskenta ja kustannukset | 27 |
| 4 | Työkustannukset | 29 |
| 4.1 | Normitalon työkustannukset | 30 |
| 4.2 | Villalla eristetyn matalaenergiatalon työkustannukset | 31 |
| 4.3 | Villalla eristetyn passiivitalon työkustannukset | 32 |
| 4.4 | SPU-eristetyn matalaenergiatalon työkustannukset | 34 |
| 4.5 | SPU-eristetyn passiivitalon työkustannukset | 35 |
| 5 | Käytönaikainen energian kulutus | 36 |
| 5.1 | Normitalon energiankulutus | 37 |
| 5.2 | Villalla eristetyn matalaenergiatalon energiankulutus | 38 |
| 5.3 | Villalla eristetyn passiivitalon energiankulutus | 39 |
| 5.4 | SPU-eristetyn matalaenergiatalon energiankulutus | 41 |
| 5.5 | SPU-eristetyn passiivitalon energiankulutus | 42 |
| 6 | Tulokset | 43 |
| 6.1 | Normitalon tulokset | 44 |
| 6.2 | Villalla eristetyn matalaenergiatalon tulokset | 45 |
| 6.3 | Villalla eristetyn passiivitalon tulokset | 47 |
| 6.4 | SPU-eristeisen matalaenergiatalon tulokset | 48 |
| 6.5 | SPU-eristeisen passiivitalon tulokset | 49 |
| 7 | Tulosten vertailu | 50 |
| 8 | Pohdinta | 55 |
| | Lähteet | 57 |

Liitteet

| | |
|---------|--------------------------|
| Liite 1 | Määrälaskennan pohjakuva |
| Liite 2 | Käsitteet |



OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2014
Rakennustekniikan koulutusohjelma

Karjalankatu
80100 JOENSUU
013 260 600

Tekijä(t)
Sami Räsänen

Nimeke
Pientalon rakenneratkaisujen vertailu

Toimeksiantaja

Tiivistelmä

Opinnäytetyössä vertailtiin erilaisten rakenneratkaisujen vaikutusta syntyviin kustannuksiin ja rakennuksen kerrosaloihin sekä lämmitettäviin kuutioihin. Rakennetyyppejä oli viisi erilaista, villaeristeinen normien mukaan rakennettu talo, villaeristeinen matalaenergiatalo, villaeristeinen passiivitalo, SPU-eristeinen matalaenergiatalo ja SPU-eristeinen passiivitalo.

Työssä käytettävät hintatiedot etsittiin pääosin internetin rakennustarvike liikkeiden sivuilta sekä osittain käytettiin yleisesti tiedossa olevia hintoja, esimerkkinä mainittakoon kattotuolit. Vertailussa laskettiin rakennuksen kustannukset anturasta ylöspäin mukaan luettuina perustukset, ulkoseinät ja kattorakenteet. Talotekniikka jätettiin pois laskuista sen vaatiman oman asiantuntemuksensa takia. Samoin sisäpuoliset rakenteet jätettiin pois laskuista koska ne eivät ole oleellinen osa tätä opinnäytetyötä.

Tulosten perusteella saatiin suuria eroja erilaisten rakennetyyppien välillä. Kustannukset vaihtelevat 80 000€:sta 107 000€:n. Kerrosalat vaihtelevat 188,2 m² aina 196,6 m². Lämmitettävät kuutiot vaihtelevat vajaasta 600 m³ jopa 688,1 m³ saakka.

Lisäksi laskettiin rakennusten E-luvut ja vuotuiset sähköenergian kulutukset kilowattitunteina ja euroina sekä kulut 20 vuoden ajalle nykyhintojen perusteella.

Kieli
suomi

| | |
|----------------|----|
| Sivuja | 57 |
| Liitteet | 2 |
| Liitesivumäärä | 7 |

Asiasanat
Matalaenergiatalo, Passiivitalo, Kustannusvertailu



Karelia
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

THESIS
April 2014
Degree Programme in Civil Engineering
Karjalankatu
FI 80100 JOENSUU
FINLAND
013 260 600

Author(s)
Sami Räsänen

Title
Single-family house construction types to compare

Commissioned by

Abstract

The thesis compared the effect on costs of various types of structures and surface areas and volumes. The structure of five different types, wool-insulated house built according to standards, these insulated, low energy house, these insulated of passive.

This thesis used price information was founded in the internet site building supply stores and some parts were commonly used price like roof trusses. The comparison was calculated cost of the foundation, exterior walls and roof structures. The internal structures were excluded from the calculations because there are not part of this thesis.

The results give the big differences between the various types of structures. Costs start from 80 000€ and end to 107 000€. Gross floor areas range from 188,2 m² of to 196,6 m². Heated cubes ranging from less than 600 m³ of up to 688,1 m³.

Addition, calculated of buildings E-ratios and annual electric energy consumption in kilowatt-hours and costs of 20 years.

Language
Finnish

| | |
|---------------------|----|
| Pages | 57 |
| Appendices | 2 |
| Pages of Appendices | 7 |

Keywords

Low-energy house, Passive house, Cost comparison

1 Johdanto

1.1 Tausta

Pientalon rakentamisessa on nykypäivänä monia päätöksiä tehtävä jo ennen rakentamisen aloittamista. Yksi niistä on päätös siitä, tehdäänkö normien mukainen talo, matalaenergiatalo vai passiivienergiatalo ja kuinka valitut menetelmät vaikuttavat niin kustannuksiin rakennettaessa kuin rakennettaviin pinta-aloihin ja tilavuuksiin.

Sikäli kun rakennetaan normeista poiketen paremmin eristetty rakennus, sekä pinta-alat että tilavuudet, käytännössä lämmitettävä tilavuus, kasvavat jos halutaan pitää sisätilat samankokoisina jokaisessa vaihtoehdossa. Lisäksi sekä materiaalia ja työtä tulee lisää tehtäväksi. Juuri siksi tässä työssä vertaillaan eri lämmöneristysmateriaalien ja U-arvojen vaikutusta rakennuksen rakenteisiin sekä syntyviin kustannuksiin.

1.2 Tavoitteet

Tässä opinnäytetyössä vertaillaan villarakenteista normitaloa matalaenergiataloihin ja passiivitaloihin villarakenteisina sekä polyuretaanieristeisenä. Työssä vertaillaan niin syntyviä kustannuksia rakennettaessa kuin rakennusta käytettäessä sekä tietenkin sitä, mikä on kokonaisedullisin vaihtoehto pitkällä ajanvälillä.

Tämän työn tavoitteena on selvittää erilaisten materiaalien vaikutus rakentamisen kustannuksiin materiaalien ja työn osalta sekä erilaisten lämmöneristysarvojen vaikutus rakennuksen energian kulutukseen. Rakennuksen käytön aikainen energian kulutus on tärkeä tekijä kokonaiskustannuksiin rakennuksen elinkaareissa, joten tämä asia on myös tärkeä osa tätä opinnäytetyötä.

1.3 Rajaus

Tässä työssä käsitellään pientalon rakentaminen perustuksista ulkoseinien kautta yläpohjaan. Kaikki nämä täytyy käsitellä erilaisten eristysvaatimusten ja osittain eristemateriaalien vuoksi. Perustustyöt eroavat pääasiassa eristysten osalta toisistaan erityisesti mentäessä normitalosta paremmin eristettyihin rakenteisiin. Samoin yläpohjat eroavat sekä eristysmateriaalin kuin eristyspaksuuden osalta toisistaan. Alapohjan lämmöneristeen alapuolisia rakenteita ei lasketa mukaan eikä routasuojauksia, elleivät ne kuulu suoraan seinärakenteeseen kuten SPU-eristeisissä taloissa osittain on. Samoin salaojat ja radon-suojaukset jätetään huomioitta, ne rakenteet ovat kuitenkin samat jokaisessa talossa.

Sisäpuoliset rakenteet jätetään huomiotta tässä työssä. Kustannukset ja rakenteet ovat kaikissa versioissa samanlaiset rakenteeltaan ja laatutasoltaan joten niiden osalta kustannuseroja ei synny. Lämmitysjärjestelmiä ei käsitellä niiden ollessa oma tieteen haaransa ja koska ne tarvitsevat oman erityisosaamisen erityisesti nykypäivänä.

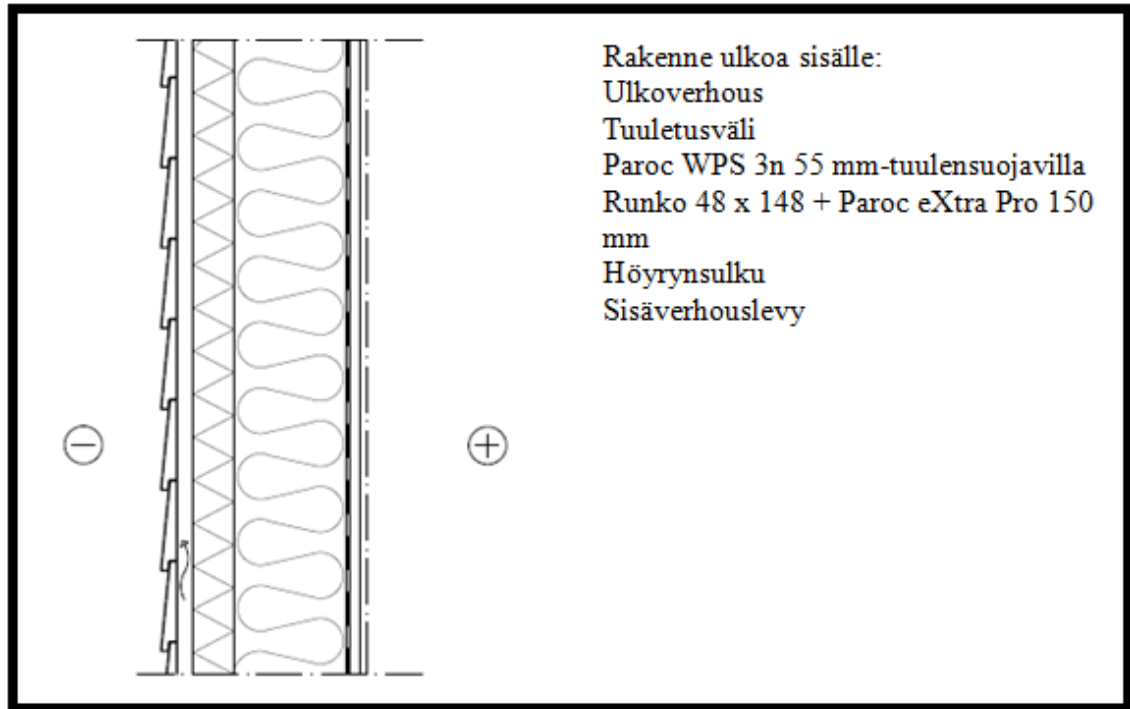
2 Rakenneratkaisut ja materiaalit

Tässä luvussa esitellään käytettävät rakennusmateriaalit ja rakenneratkaisut. Jokainen rakenneratkaisu on esitelty ja kerrottu käytettävät materiaalit. Kaikki rakenneratkaisut ovat puurunkoisia, jotka eroavat toisistaan eristyksen ja mahdollisen apurungon osalta. Rakenteiden U-arvojen ohjearvoina on käytetty osoitteesta www.energiatehokaskoti.fi löytyvää sivustoa. Kyseisen sivuston yhteistyökumppaneita ovat mm. Motiva Oy ja Ympäristöministeriö.

2.1 Normitalo, villaeristys

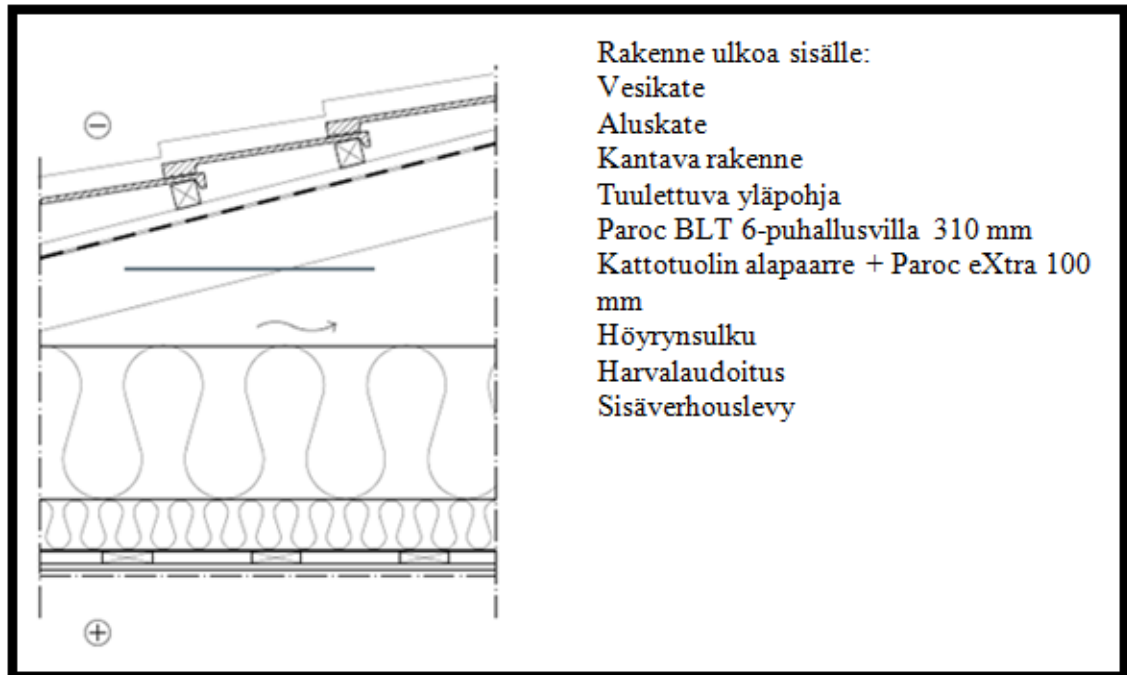
Tehdään puurunko 48 x 148 mm puutavarasta ja asennetaan 150 mm vuorivillaa, Paroc eXtra Pro ja ulkopintaan asennetaan 55 mm paksuinen tuulensuojavilla Paroc WPS 3n

(Paroc 2014). U-arvoksi tällä rakenteella saadaan $0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$ joka täyttää nykyisen U-arvovaatimuksen. Runko tehdään lujuusluokitellusta ja CE-merkitystä sahatavarasta koossa $48 \times 148 \text{ mm}$. Rakenne on Parocin kehittämä ja löytyy Parocin nettisivuilta osoitteesta www.paroc.fi. Alla on esimerkkikuva rakenteesta.



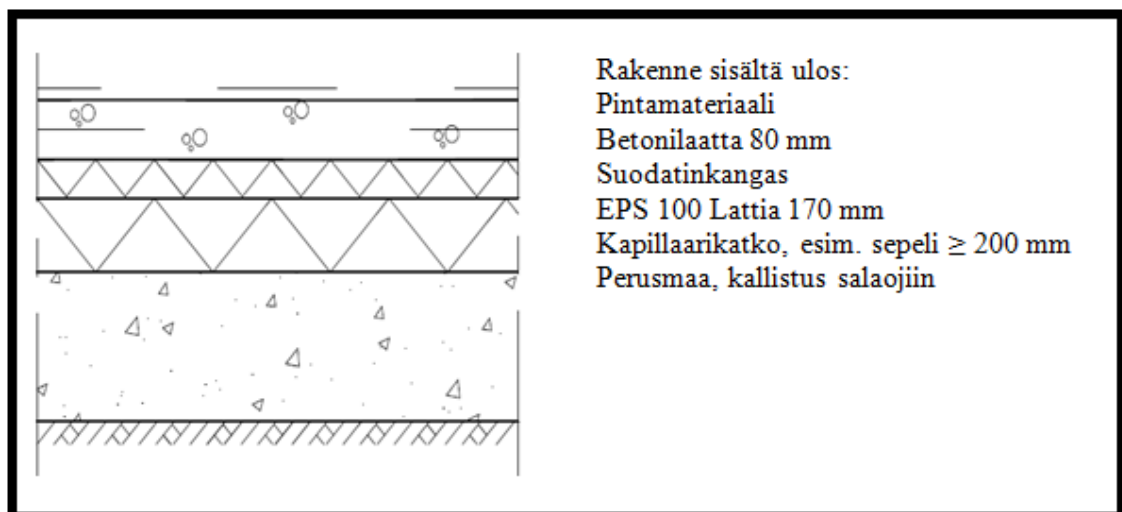
Kuva 1. Normieristetyn talon seinäleikkaus vuorivillalla (Rakennekuva Paroc)

Yläpohjaan tulee kattotuolit normaalilla k/k 900 mm jaolla valmiina tehtaalta. Alapaarteiden väliin asennetaan 100 mm Paroc eXtra levyvilla ja tämän päälle Paroc BLT 6 -puhallusvillaa 310 mm (Paroc 2014). Tällä rakenteella päästään U-arvoon $0,09 \text{ W/m}^2\text{K}$ joka on vaadittava yläpohjan U-arvo normitalossa. Rakenne on Parocin kehittämä ja löytyy Parocin nettisivuilta osoitteesta www.paroc.fi. Alla on esimerkkikuva rakenteesta.



Kuva 2. Normieristetyn talon yläpohjan leikkauskuva vuorivillalla (Rakennekuva Paroc)

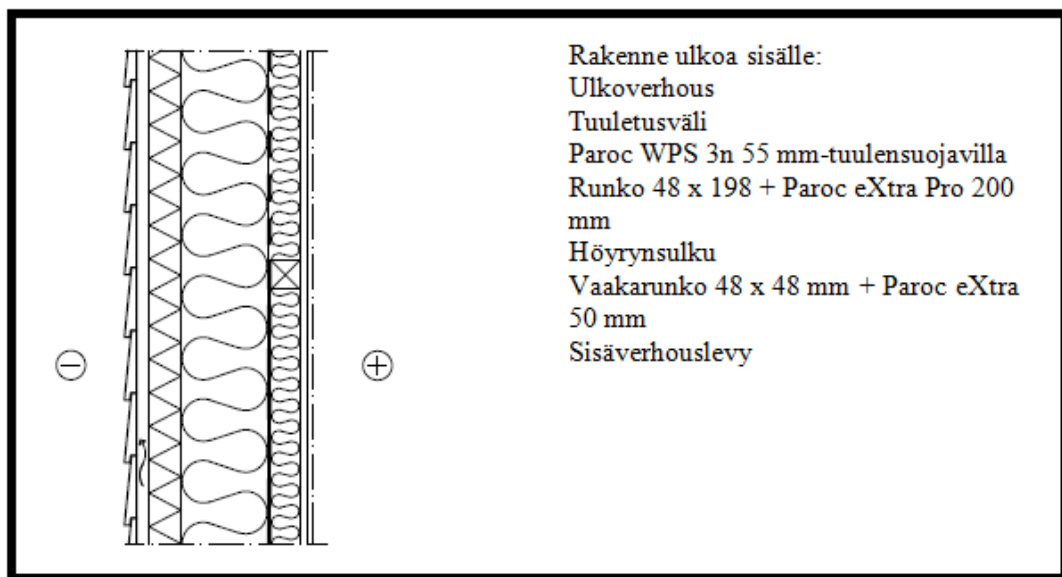
Alapohjaksi tehdään perinteinen kantava betonilaatta, 80 mm, ja asennetaan laatan alle 170 mm EPS 100 Lattia -eristettä koko lattian alueella (Thermisol 2014). U-arvoksi saadaan näin ollen vaadittu $0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$. Rakenne on Thermisolin kehittämä ja löytyy osoitteesta <http://www.thermisol.fi>. Alla on esimerkkikuva rakenteesta.



Kuva 3. Normieristetyn talon alapohjarakenne (Rakennekuva Thermisol)

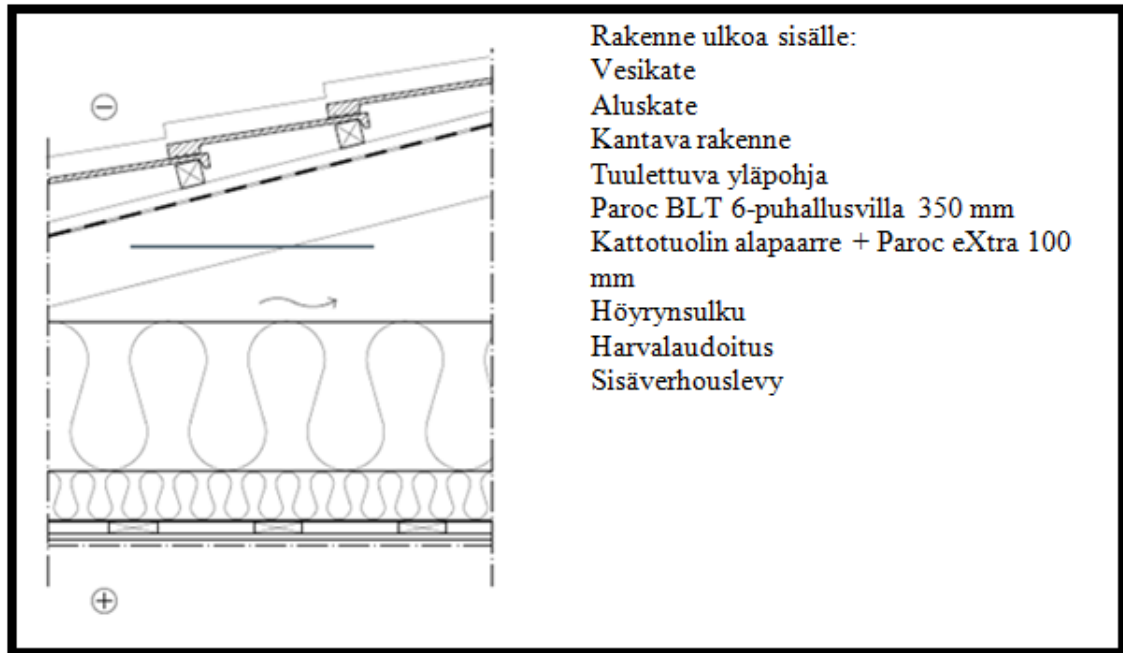
2.2 Matalaenergiatalo, villaeristys

Puurunko tehdään 48 x 198 mm sahatavarasta ja asennetaan 200 mm vuorivillaa, Paroc eXtra. Sisäpuolelle tehdään puurunko 48 x 48 mm ja asennetaan 50 mm vuorivillaa, Paroc eXtra, ulkopintaan asennetaan 55 mm paksuinen tuulensuojavilla Paroc WPS 3n (Paroc 2014). U-arvoksi tällä rakenteella saadaan 0,12 W/m²K jota käytetään matalaenergia talon U-arvon vaatimuksena. Runko tehdään lujuusluokitellusta ja CE-merkitystä sahatavarasta koossa 48 x 198 mm. Rakenne on Parocin kehittämä ja löytyy Parocin nettisivuilta osoitteesta www.paroc.fi. Alla on esimerkkikuva rakenteesta.



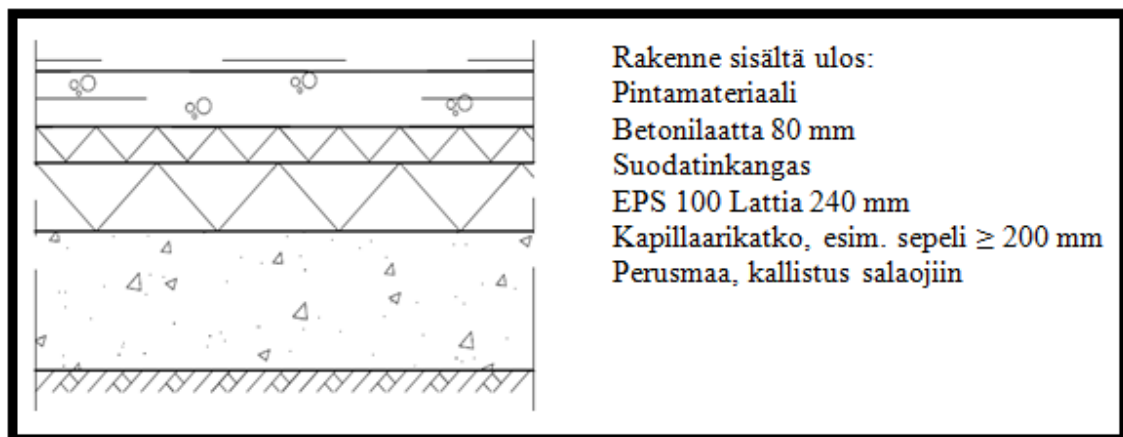
Kuva 4. Matalaenergiatalon seinäleikkaus vuorivillalla (Rakennekuva Paroc)

Yläpohjaan tulee kattotuolit k/k 900 mm jaolla valmiina tehtaalta. Alapaarteiden väliin asennetaan 100 mm Paroc eXtra levyvilla ja tämän päälle Paroc BLT 6-puhallusvillaa 350 mm (Paroc 2014). Tällä rakenteella päästään U-arvoon 0,08 W/m²K jota käytetään matalaenergia rakentamisessa yläpohjan vertailuarvona. Rakenne on Parocin kehittämä ja löytyy Parocin nettisivuilta osoitteesta www.paroc.fi. Alla on esimerkkikuva rakenteesta.



Kuva 5. Matalaenergiatalon yläpohjan leikkauskuva (Rakennekuva Paroc)

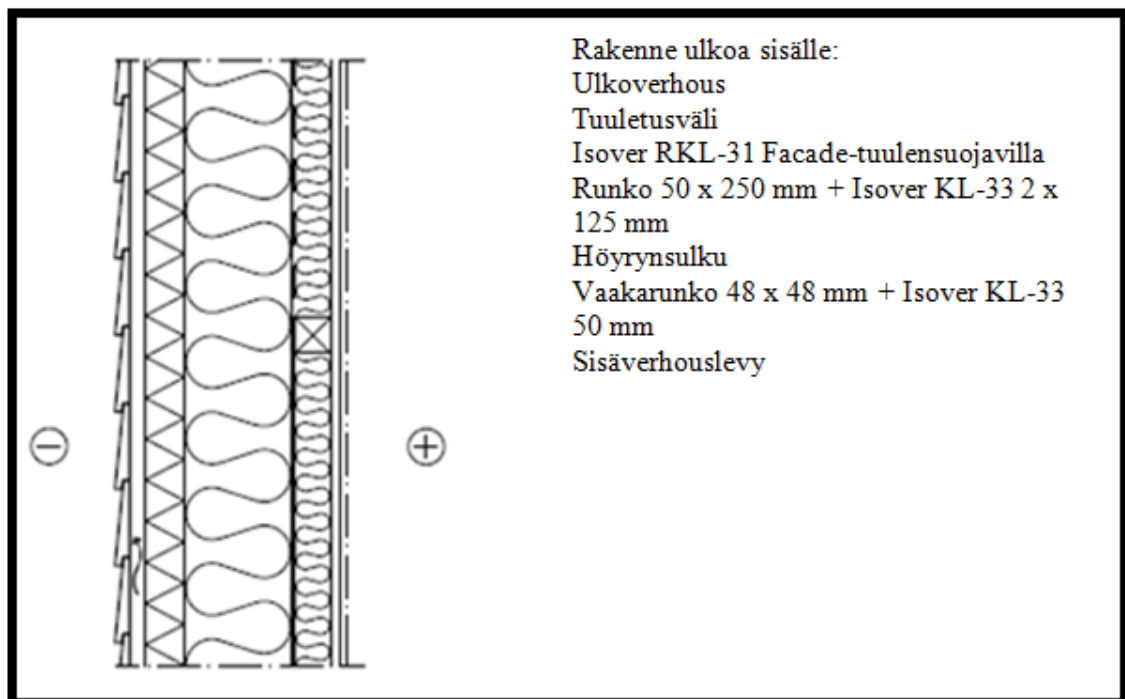
Alapohjaksi tehdään perinteinen kantava betonilaatta, 80 mm, ja alle asennetaan 240 mm EPS 100 Lattiaa (Thermisol 2014). U-arvoksi saadaan näin ollen matalaenergia rakentamisessa vertailuarvona käytetty $0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$. Rakenne on Thermisolin kehittämä ja löytyy osoitteesta <http://www.thermisol.fi>. Alla on esimerkkikuva rakenteesta.



Kuva 6. Matalaenergiatalon alapohjan leikkauskuva (Rakennekuva Thermisol)

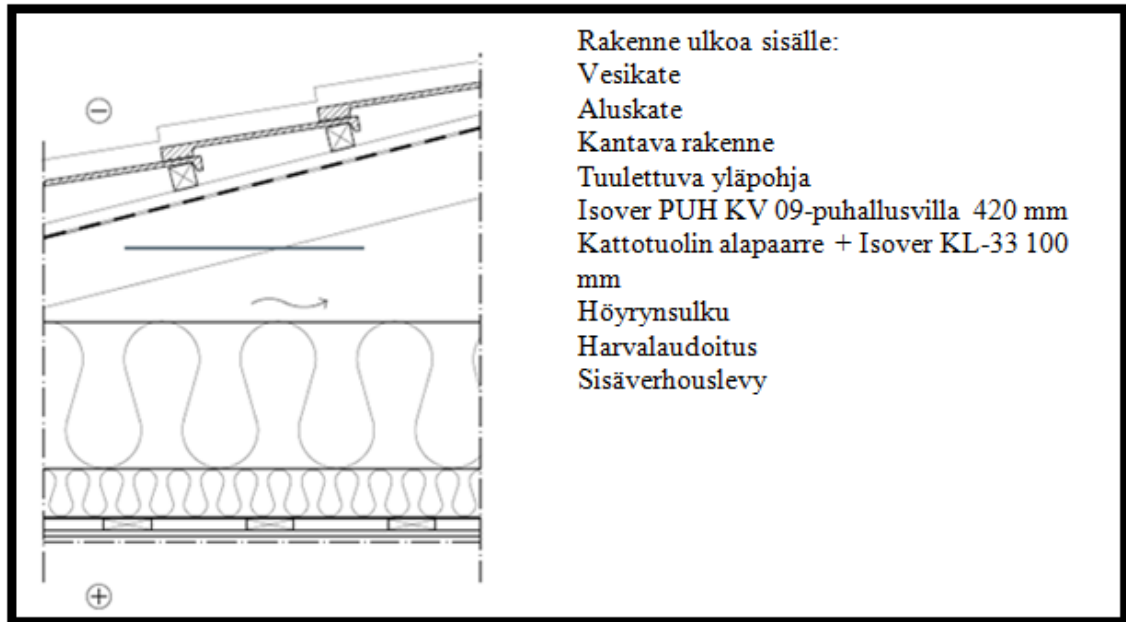
2.3 Passiivitalo, villaeristys

Puurunko tehdään 50 x 250 mm ja asennetaan 250 mm lasivillaa, Isover KL-33. Asennetaan höyrynsulku sisäpuolelle ja Isover RKL-31 75 mm, yhdistetty tuulensuoja ja lämmöneriste, rakenteen ulkopintaan. Sisäpuolelle tulee lisäksi vaakarunko 48 x 48 mm ja Isover KL-33 50 mm (Isover 2014). U-arvoksi tällä monikerroksisella ja työläällä rakenteella saadaan 0,10 W/m²K joka vastaa passiivitalon vertailuarvoa. Runko tehdään lujuusluokitellusta ja CE-merkitystä sahatavarasta. Rakenne on Isoverin kehittämästä rakenteesta tehty muunnelma. Alla on esimerkkikuva rakenteesta.



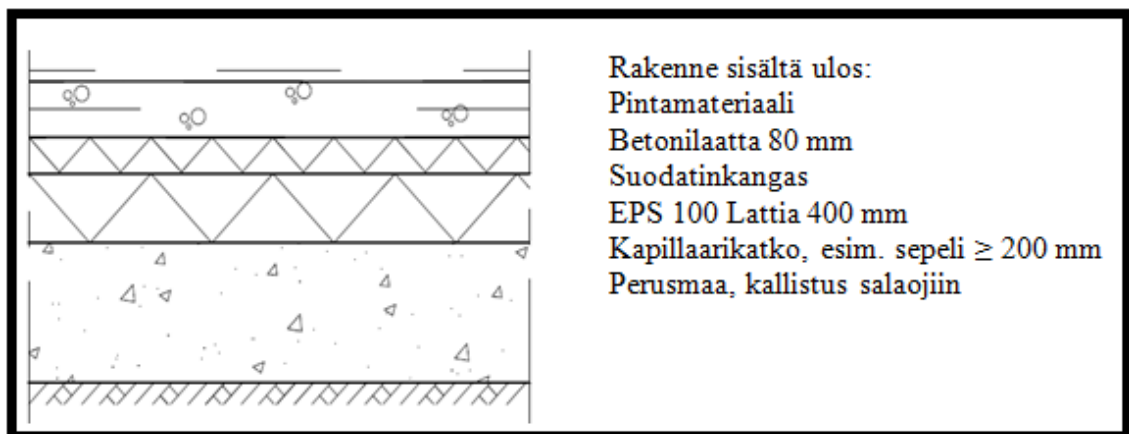
Kuva 7. Passiivitalon seinäleikkaus lasivillalla (Rakennekuva Paroc)

Yläpohjaan tulee kattotuolit k/k 900 mm jaolla valmiina tehtaalta. Alapaarteiden väliin asennetaan 100 mm Isover KL-33 levyvillaa, paarteiden alapintaan asennetaan höyrynsulku sekä levyvillan yläpuolelle puhalletaan Isover PUH KV-039 puhallusvillaa 420 mm (Isover 2014). Tällä rakenteella päästään U-arvoon 0,06 W/m²K joka on jo hivenen parempi kuin passiivitalon vertailu U-arvo 0,07 W/m²K. Rakenne on Isoverin kehittämä ja lisätietoja löytyy osoitteesta www.isover.fi. Alla on esimerkkikuva rakenteesta.



Kuva 8. Passiivitalon yläpohjan leikkauskuva (Rakennekuva Paroc)

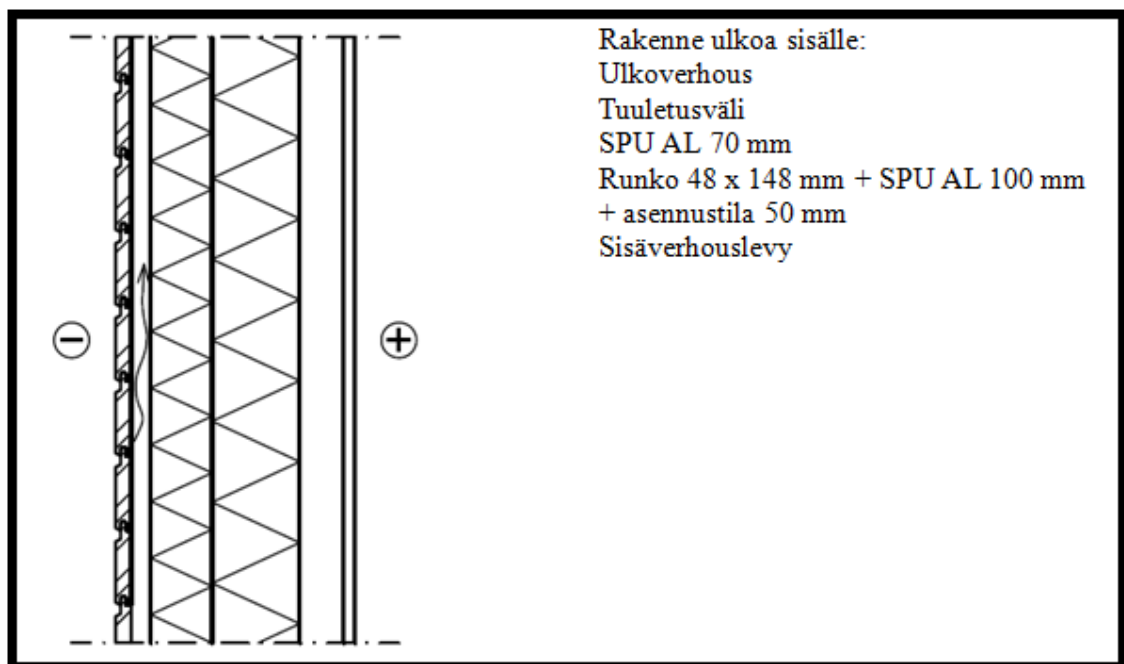
Alapohjaksi tehdään perinteinen kantava betonilaatta, 80 mm, ja asennetaan laatan alapuolelle 400 mm EPS 100 Lattiaa (Thermisol 2014). U-arvoksi saadaan näin ollen 0,08 W/m²K, joka on hieman parempi kuin passiivi rakentamisessa vertailuarvona käytettävä 0,10 W/m²K. Rakenne on Thermisolin kehittämä ja löytyy osoitteesta <http://www.thermisol.fi>. Alla on esimerkkikuva rakenteesta.



Kuva 9. Passiivitalon alapohjan leikkauskuva (Rakennekuva Thermisol)

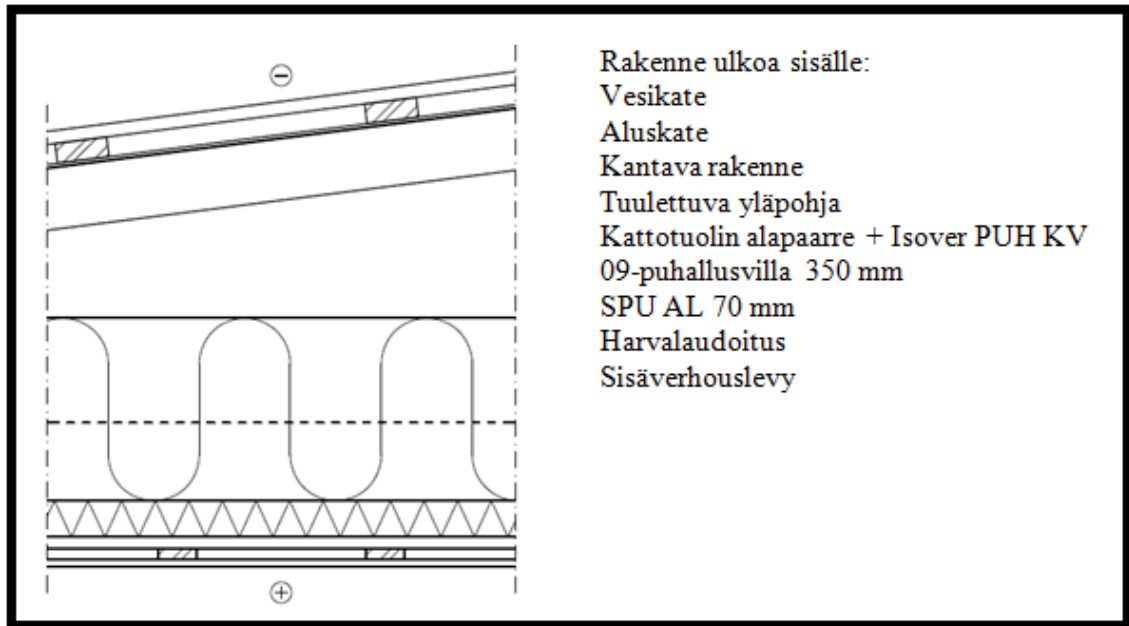
2.4 Matalaenergiatalo, SPU-eristys

Tehdään puurunko 48 x 148 mm ja asennetaan rungon väliin SPU AL 100 mm ja ulkopuolella SPU AL 70 mm yhtenäisenä kerroksena (SPU 2014). Seinärakenteeseen jää noin 50 mm asennustila sähköjohdoille yms. ja eristekerros pysyy varmasti ehjänä. U-arvoksi tällä rakenteella saadaan 0,13 W/m²K joka ei aivan ole matalaenergia tasoa mutta toisaalta rakenne on tiivis, joka osaltaan kompensoi tätä pientä puutetta. Rakenne on SPU-eristeiden kehittämä ja lisätietoja löytyy osoitteesta www.spu.fi. Alla on esimerkkikuva rakenteesta.



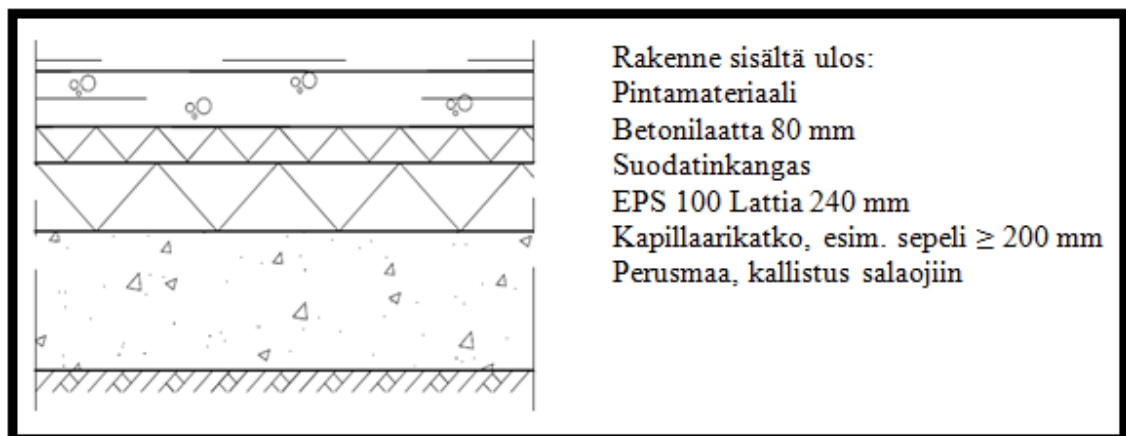
Kuva 10. Matalaenergiatalon seinäleikkaus SPU-eristeellä (rakennekuva SPU)

Yläpohjaan tulee kattotuolit k/k 900 mm jaolla valmiina tehtaalta. Alapaarteen alapintaan tulee SPU AL 70 mm yhtenäisenä kerroksena ja sen päälle kattotuolien väliin puhallusvillaa 350 mm (SPU 2014). Näin päästään U-arvoon 0,08 W/m²K joka on matalaenergiatalon vertailuarvo. Puhallusvilla käytetään siksi että saadaan katto tehtyä kattotuoleilla. Rakenne on SPU-eristeiden kehittämä ja lisätietoja löytyy osoitteesta www.spu.fi. Alla on esimerkkikuva rakenteesta.



Kuva 11. SPU-eristeisen matalaenergiatalon yläpohjan leikkauskuva (Rakennekuva SPU)

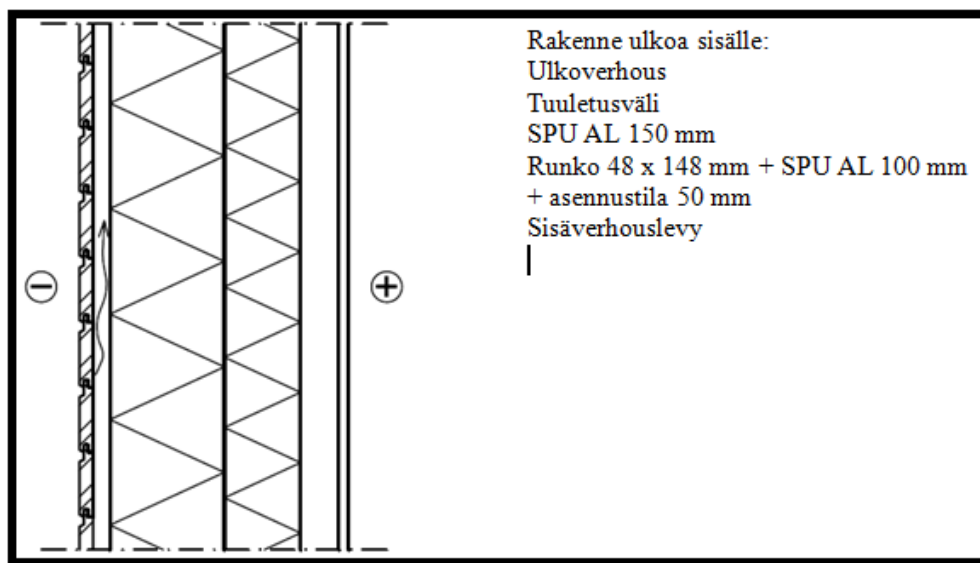
Alapohjaksi tehdään perinteinen kantava betonilaatta, 80 mm, ja asennetaan laatan alapuolelle 240 mm EPS 100 Lattiaa (Thermisol 2014). U-arvoksi saadaan näin ollen matalaenergiarakentamisessa käytetty 0,12 W/m²K. Rakenne on Thermisolin kehittämä ja löytyy osoitteesta <http://www.thermisol.fi>. Alla on esimerkkikuva rakenteesta.



Kuva 12. SPU-eristeisen matalaenergiatalon alapohjan leikkauskuva (Rakennekuva Thermisol)

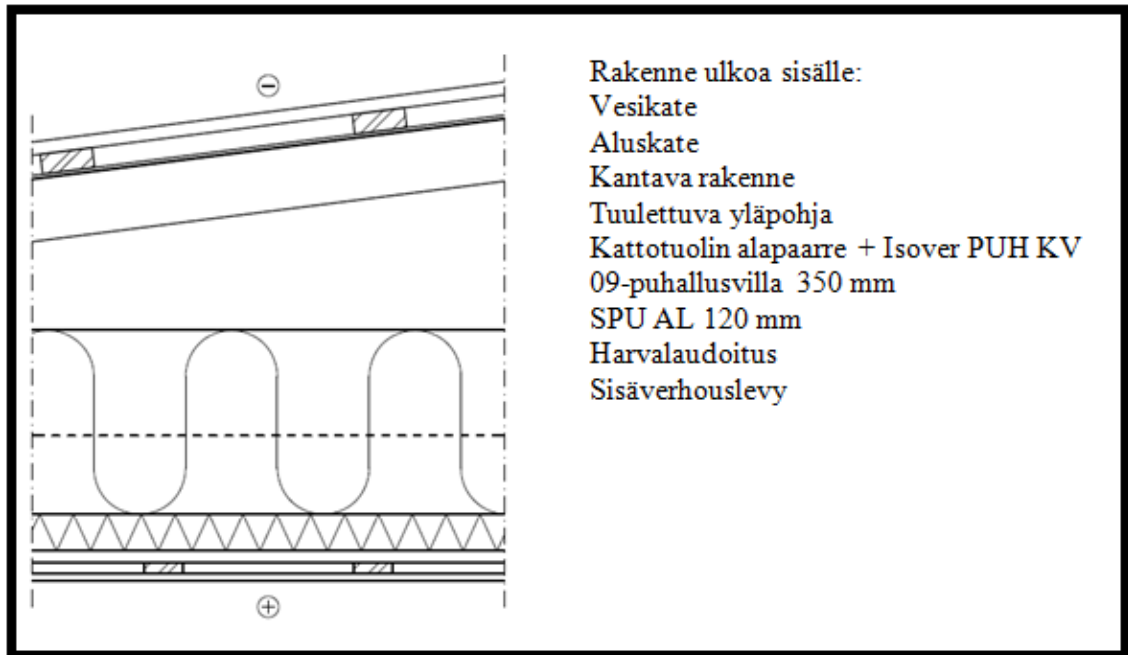
2.5 Passiivitalo, SPU-eristys

Tehdään puurunko 48 x 148 mm ja asennetaan rungon väliin SPU AL 100 mm ja ulkopuolella SPU AL 150 mm yhtenäisenä kerroksena (Spu 2014). Seinärakenteeseen jää noin 50 mm asennustila sähköjohdoille yms. ja eristekerros pysyy varmasti ehjänä. U-arvoksi tällä rakenteella saadaan 0,09 W/m²K joka on hieman parempi kuin vertailuarvona käytetty 0,10 W/m²K. Rakenne on SPU-eristeiden kehittämä ja löytyy osoitteesta www.spu.fi. Alla on esimerkkikuva rakenteesta.



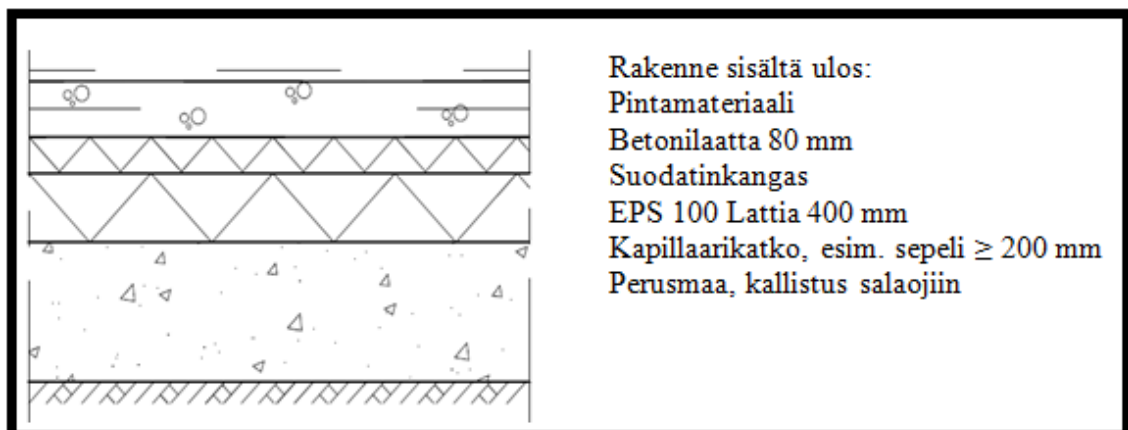
Kuva 13. Passiivitalon seinäleikkaus SPU-eristeellä (Rakennekuva SPU)

Yläpohjaan tulee kattotuolit k/k 900 mm jaolla valmiina tehtaalta. Alapaarteen alapintaan tulee SPU AL 120 mm yhtenäisenä kerroksena ja sen päälle kattotuolien väliin puhallusvillaa 350 mm (SPU 2014). Näin päästään U-arvoon 0,07 W/m²K joka on passiivi talon vertailuarvo. Puhallusvilla käytetään siksi että saadaan katto tehtyä katto-
 tuoleilla. Rakenne on SPU-eristeiden kehittämä ja löytyy osoitteesta www.spu.fi. Alla on esimerkkikuva rakenteesta.



Kuva 14. SPU-eristeisen passiivitalon yläpohjan leikkauskuva (Rakennekuva SPU)

Alapohjaksi tehdään perinteinen kantava betonilaatta, 80 mm, ja asennetaan laatan alapuolelle 400 mm EPS 100 Lattiaa (Thermisol 2014). U- arvoksi saadaan näin ollen 0,08 W/m²K, joka on hieman parempi kuin passiivi rakentamisessa vertailuarvona käytettävä 0,10 W/m²K. Rakenne on Thermisolin kehittämä ja löytyy osoitteesta <http://www.thermisol.fi>. Alla on esimerkkikuva rakenteesta.



Kuva 15. SPU-eristeisen passiivitalon alapohjan leikkauskuva (Rakennekuva Thermisol)

3 Määrälaskenta ja materiaalikustannukset

Seuraavassa vaiheessa lasketaan jokaisen rakenteen vaatimien rakennusmateriaalien määrät. Koska kyseessä on puurakenteinen pientalo ja sisämitat pidetään samoina jokaisessa eri rakenneratkaisulla tehdyssä talossa, voidaan työtä helpottaa jonkin verran määrälaskennassa. Runkotolppien määrä on sama jokaisessa eri rakenneratkaisussa. Samoin on alapohjan pinta-ala eristyksen osalta, vain eristeen paksuus muuttuu. Samoin yläpohjassa on sama pinta-ala eristeitä laskettaessa sekä kattotuolien lukumäärä.

3.1 Hukkaprosentit

Hukkaprosentit otetaan Rakennustöiden menekit 2010–kirjasta ja käytetään hukkaprosenttien yläpään prosenttilukuja. (Talonrakennusteollisuus ry: Rakennustöiden menekit 2010) Tämä siksi, että tavaroiden määrän suhteen ollaan varmalla puolella riittävyyden kohdalla ja omakotitaloa rakennettaessa kaikelle yli jäävälle materiaalille on varmasti käyttöä myöhemmin. Koska käytetään suurinta hukkaprosenttia, niin ollaan tasapuolisia kaikkia materiaaleja sekä rakennetyyppejä kohtaan. Toki tämä näkyy hinnassa mutta täytyy muistaa myös yllä todetut asiat.

3.2 Määrälaskenta

Materiaalien määrät laskettiin pohjakuvien perusteella. Pohjakuvista voidaan laskea tarvittavat tolppamäärät, ikkunan ylityspalkit, ala- ja yläsidepuut ja perustusten piiri. Samoin rakennuksen lämmitettävät neliöt saadaan pohjakuvista. Ikkunoiden ja ovien määrät ja koot saadaan myös pohjakuvasta ja niiden aiheuttamat aukkojen koot eristeitä ja ulkoverhouksia laskiessa.

Periaatteessa kaikki materiaalien määrät saadaan laskettua pelkästään pohjakuvien avulla sekä huonekorkeuden tiedolla.

3.3 Normitalon määrälaskenta ja kustannukset

Seuraavista taulukoista selviävät materiaalit ja materiaalien hinnat. Hinnat ovat otettu suoraan www.taloon.com -verkkokaupan sivuilta lukuun ottamatta höyrinsulkuteippiä, joka on Starkin nettisivuilta osoitteesta verkkokauppa.starkki.fi. Hinnat ovat sellaisia hintoja, joilla jokainen voi hankkia materiaaleja itselleen. Rahtikulut on huomioitu hinnoissa ja esitetty erillään. Jos rahtikulut ovat 0 €, tulevat tavarat samassa kuormassa kuin muu tavara jolla jo on rahtihinta.

Alla on esitetty materiaalit määrineen ja rahtihinnat.

Taulukko 1. Perustusten ja alapohjan materiaalimäärät ja kustannukset (Sisältää alv.)

| Materiaali | Määrä | Hukka-% | Määrä yht. | Hinta/yks. € | Määrä/yks. | Laatu | Hinta yhteensä € | Rahti € |
|-----------------|-------|---------|------------|--------------|------------|----------------|------------------|---------------|
| Muovimatto | 147 | 12 | 169 | 22,3€ | 1 | m | 3769,8€ | 174 |
| Lattialaatta | 25 | 5 | 27,5 | 24,33€ | 1 | m | 669,075€ | 0 |
| Laastit | 6 | 0 | 6 | 22,3€ | 25 | kg | 133,8€ | 0 |
| Vesieristys | 1 | 0 | 1 | 650€ | 1 | kpl | 650€ | 48,5 |
| Betonilaatta | 14 | 7 | 15 | 170€ | 1 | m ³ | 2546,6€ | 300 |
| Teräokset | 18 | 17 | 21,06 | 47,2€ | 10 | m ² | 991,2€ | 0 |
| Lämmöneriste | 172 | 7 | 184 | 2623€ | 1 | pkt | 2623€ | 302 |
| Anturaharkot | 100 | 8 | 108 | 7,42€ | 1 | kpl | 801,36€ | 144 |
| Perustusharkot | 500 | 8 | 575 | 2,53€ | 1 | kpl | 1454,8€ | 217 |
| Laastit | 1500 | 0 | 1500 | 150,3€ | 500 | kg | 450,9€ | 127 |
| Anturateräokset | 33 | 0 | 33 | 2,69€ | 1 | kpl | 88,77€ | 0 |
| | | | | | | | 14179,3€ | 1312,5 |

Taulukko 2. Rungon materiaalit ja kustannukset (Sisältää alv.)

| Materiaali | Määrä | Hukka-% | Määrä yhteensä | Hinta/yks€ | Määrä/yks | Laatu | Hinta yhteensä € | Rahti € |
|----------------------------|-------|---------|----------------|------------|-----------|-------|------------------|------------|
| UTV, 23x145 | 1490 | 15 | 1714 | 1,65€ | 1 | m | 2827,3€ | 174 |
| Lauta, 22x100, vajaa särmä | 650 | 10 | 715 | 0,52€ | 1 | m | 371,8€ | 0 |
| Paroc WPS 3n | 85 | 15 | 98 | 99€ | 6,48 | m2 | 1493,4€ | 0 |
| PAROC XST - saumateippi | 6 | 0 | 6 | 48,2€ | 50 | m | 289,2€ | 0 |
| PAROC eXtra 150mm | 45 | 7 | 48 | 39,5€ | 4 | m2 | 1901,9€ | 0 |
| PAROC naulusvälike | 4 | 0 | 4 | 95€ | 200 | kpl | 380€ | 0 |
| Runkopuutavara, 48x148 | 565 | 15 | 650 | 2,6€ | 1 | m | 1689,35€ | 0 |
| Höyrynsulkumuovi, 0,2mm | 3 | 0 | 3 | 95,5€ | 135 | m2 | 286,5€ | 0 |
| Kipsilevy, 13mm | 50 | 15 | 58 | 11,9€ | 1,2 x 2,6 | m | 684,3€ | 0 |
| Höyrynsulkuteippi | 6 | 10 | 7 | 9,5€ | 25 | m | 66,5€ | 0 |
| Kipsilevyruuvi | 1 | 0 | 1 | 25,6€ | 3000 | kpl | 25,6€ | 0 |
| Saumanauha | 6 | 0 | 6 | 4,95€ | 76 | m | 29,7€ | 0 |
| Saumatasoite | 2 | 0 | 2 | 33,9€ | 10 | l | 67,8€ | 0 |
| Uretaanivaahatto | 10 | 0 | 10 | 7,49€ | 750 | ml | 74,9€ | 0 |
| Lankanauha, sinkitty | 2 | 0 | 2 | 33,9€ | 10 | kg | 67,8€ | 22 |
| Konenaulat | 2 | 0 | 2 | 40,8€ | 3000 | kpl | 81,6€ | 0 |
| Maalit, ulko | 3 | 0 | 3 | 199€ | 18 | l | 597€ | 33 |
| Maalit, pohjamaali sisälle | 2 | 0 | 2 | 102€ | 18 | l | 204€ | 0 |
| Maalit, pintamaali sisälle | 4 | 0 | 4 | 209€ | 18 | l | 836€ | 0 |
| Ovi, varasto | 3 | 0 | 3 | 492€ | 1 | kpl | 1476€ | 68 |
| Ovi, pääovi ikkunalla | 1 | 0 | 1 | 518€ | 1 | kpl | 518€ | 10 |
| Ovi, ikkunalla | 2 | 0 | 2 | 976€ | 1 | kpl | 1952€ | 20 |
| Ikkuna, 16 x 12 | 5 | 0 | 5 | 766,27€ | 1 | kpl | 3831,35€ | 63 |
| Ikkuna, 12 x 12 | 4 | 0 | 4 | 674,2€ | 1 | kpl | 2696,8€ | 20 |
| Ikkuna, 6 x 6 | 5 | 0 | 5 | 226,85€ | 1 | kpl | 1134,25€ | 25 |
| | | | | | | | 23583,0€ | 435 |

Taulukko 3. Yläpohjan materiaalit ja kustannukset (Sisältää alv.)

| Materiaali | Määrä | Hukka-% | Määrä yhteensä | Hinta/yks€ | Määrä/yks | Laatu | Hinta yhteensä € | Rahti € |
|----------------------------|-------|---------|----------------|------------|-----------|-------|------------------|------------|
| Peltikatto | 44 | 0 | 44 | 87,66€ | 1 | m | 3857,0€ | 118 |
| Lauta, 22x100, vajaa särmä | 1686 | 10 | 1854,6 | 0,52€ | 1 | m | 964,392€ | 174 |
| Tuuletusrima | 276 | 15 | 317 | 0,77€ | 6,48 | m2 | 244,4€ | 0 |
| Aluskate | 3 | 0 | 3 | 76,5€ | 60 | m2 | 229,5€ | 23 |
| Kattotuoli | 23 | 0 | 23 | 150€ | 1 | kpl | 3450,0€ | 250 |
| Puhallusvilla | 62 | 2 | 63,24 | 31,7€ | 1 | m3 | 2004,708€ | 0 |
| PAROC levyvilla 100mm | 172 | 7 | 198 | 36,5€ | 6,9 | m2 | 1058,5€ | 0 |
| Höyrynsulku (jo laskettu) | 0 | 0 | 0 | 0€ | 0 | | 0€ | 0 |
| Kipsilevy, 13mm | 51 | 15 | 59 | 18,8€ | 1,2 x 3,0 | m | 1102,6€ | 0 |
| Konenaulat | 1 | 0 | 1 | 40,8€ | 3000 | kpl | 40,8€ | 0 |
| Kipsilevyruuvi | 1 | 0 | 1 | 25,6€ | 3000 | kpl | 25,6€ | 0 |
| Saumanauha | 6 | 0 | 6 | 4,95€ | 76 | m | 29,7€ | 0 |
| Saumatasoite | 2 | 0 | 2 | 33,9€ | 10 | l | 67,8€ | 0 |
| Maalit, pohjamaali sisälle | 2 | 0 | 2 | 102€ | 18 | l | 204€ | 0 |
| Maalit, pintamaali sisälle | 4 | 0 | 4 | 209€ | 18 | l | 836€ | 0 |
| Kateruuvit | 4 | 0 | 4 | 27,7€ | 500 | kpl | 110,8€ | 0 |
| Harjalista | 12 | 0 | 12 | 22,92€ | 1 | kpl | 275,04€ | 0 |
| Päätykappaleet | 2 | 0 | 2 | 5,44€ | 1 | kpl | 10,88€ | 0 |
| Harjatiiviste | 46 | 0 | 46 | 3,68€ | 1 | m | 169,28€ | 0 |
| Räystäslistat | 24 | 0 | 24 | 12,24€ | 1 | kpl | 293,76€ | 0 |
| Päätylistat | 9 | 0 | 9 | 19,55€ | 1 | kpl | 175,95€ | 0 |
| Sadevesipaketti | 1 | 0 | | 850€ | 1 | kpl | 850€ | 0 |
| | | | | | | | 16000,8€ | 565 |

Normien mukaisen talon materiaalikustannukset ovat 53 763€ (sis. alv.). Siihen sisältyy materiaalit perustusten, alapohjan, rungon ja yläpohjan tekoon.

3.4 Villalla eristetyn matalaenergiatalon määrälaskenta ja kustannukset

Alla esitetyissä taulukoissa on esitetty villalla eristetyn matalaenergiatalon materiaalmäärät, hinnat ja raudit. Hinnat on suoraan www.taloon.com verkkokaupan sivuilta ilman mitään alennuksia lukuun ottamatta höyrynsulkuteippiä joka on Starkin nettisivuilta osoitteesta verkkokauppa.starkki.fi.

Taulukko 4. Perustusten ja alapohjan materiaalmäärät ja kustannukset (Sisältää alv.)

| Materiaali | Määrä | Hukka-% | Määrä yhteensä | Hinta/yks. € | Määrä/y | Laatu | Hinta yht€ | Rahti € |
|----------------|-------|---------|----------------|--------------|---------|----------------|-----------------|---------------|
| Muovimatto | 147 | 12 | 169 | 22,3€ | 1 | m | 3769,8€ | 174 |
| Lattialaatta | 25 | 5 | 27,5 | 24,33€ | 1 | m | 669,075€ | 0 |
| Laastit | 6 | 0 | 6 | 22,3€ | 25 | kg | 133,8€ | 0 |
| Vesieristys | 1 | 0 | 1 | 650€ | 1 | kpl | 650€ | 48,5 |
| Betoni-laatta | 14 | 7 | 15 | 170€ | 1 | m ³ | 2546,6€ | 300 |
| Teräkset | 18 | 17 | 21,06 | 47,2€ | 10 | m ² | 991,2€ | 0 |
| Lämmöneriste | 172 | 7 | 184 | 3458,86€ | 1 | pkt | 3458,86€ | 302 |
| Anturaharkot | 100 | 8 | 108 | 7,42€ | 1 | kpl | 801,36€ | 144 |
| Perustusharkot | 500 | 8 | 575 | 2,53€ | 1 | kpl | 1454,8€ | 217 |
| Laastit | 1500 | 0 | 1500 | 150,3€ | 500 | kg | 450,9€ | 127 |
| Anturateräkset | 33 | 0 | 33 | 2,69€ | 1 | kpl | 88,77€ | 0 |
| | | | | | | | 15015,1€ | 1312,5 |

Taulukko 5. Rungon materiaalit ja kustannukset (Sisältää alv.)

| Materiaali | Määrä | Hukka-% | Määrä yhteensä | Hinta/yks € | Määrä/yks. | Laatu | Hinta yhteensä € | Rahti € |
|----------------------------|-------|---------|----------------|-------------|------------|-------|-------------------|------------|
| UTV, 23x145 | 1500 | 15 | 1725 | 1,65 € | 1 | m | 2846,3 € | 174 |
| Lauta, 22x100, vajaa särmä | 660 | 10 | 726 | 0,52 € | 1 | m | 377,52 € | 174 |
| Paroc WPS 3n | 28 | 15 | 32 | 99 € | 6,48 | m2 | 3187,8 € | 0 |
| PAROC XST - saumateippi | 6 | 0 | 6 | 48,2 € | 50 | m | 289,2 € | 0 |
| PAROC eXtra 200mm | 68 | 7 | 73 | 34,9 € | 2,64 | m2 | 2539,3 € | 174 |
| PAROC naulausvälike | 4 | 0 | 4 | 95 € | 200 | kpl | 380 € | 0 |
| Runkopuutavara, 48x198 | 575 | 15 | 661 | 3,5 € | 1 | m | 2314,375 € | 0 |
| Lisärunko 48 x 48 | 342 | 15 | 393 | 0,77 € | 1 | m | 302,841 € | 0 |
| Höyrynsulkumuovi, 0,2mm | 3 | 0 | 3 | 95,5 € | 135 | m2 | 286,5 € | 0 |
| Kipsilevy, 13mm | 50 | 15 | 58 | 11,9 € | 1,2 x 2,6 | m | 684,3 € | 0 |
| Höyrynsulkuteippi | 6 | 10 | 7 | 9,5 € | 25 | m | 66,5 € | 0 |
| Kipsilevyruuvi | 1 | 0 | 1 | 25,6 € | 3000 | kpl | 25,6 € | 0 |
| Saumanauha | 6 | 0 | 6 | 4,95 € | 76 | m | 29,7 € | 0 |
| Saumatasoite | 2 | 0 | 2 | 33,9 € | 10 | l | 67,8 € | 0 |
| Uretaanivaahdo | 10 | 0 | 10 | 7,49 € | 750 | ml | 74,9 € | 0 |
| Lankanauha, sinkitty | 2 | 0 | 2 | 33,9 € | 10 | kg | 67,8 € | 22 |
| Konenaulat | 2 | 0 | 2 | 40,8 € | 3000 | kpl | 81,6 € | 0 |
| Maalit, ulko | 3 | 0 | 3 | 199 € | 18 | l | 597 € | 33 |
| Maalit, pohjamaali sisälle | 2 | 0 | 2 | 102 € | 18 | l | 204 € | 0 |
| Maalit, pintamaali sisälle | 4 | 0 | 4 | 209 € | 18 | l | 836 € | 0 |
| Ovi, varasto | 3 | 0 | 3 | 832 € | 1 | kpl | 2496 € | 68 |
| Ovi, pääovi ikkunalla | 1 | 0 | 1 | 1684 € | 1 | kpl | 1684 € | 10 |
| Ovi, ikkunalla | 2 | 0 | 2 | 1236 € | 1 | kpl | 2472 € | 20 |
| Ikkuna, 16 x 12 | 5 | 0 | 5 | 865,92 € | 1 | kpl | 4329,6 € | 63 |
| Ikkuna, 12 x 12 | 4 | 0 | 4 | 740,84 € | 1 | kpl | 2963,36 € | 20 |
| Ikkuna, 6 x 6 | 5 | 0 | 5 | 322,4 € | 1 | kpl | 1612 € | 25 |
| | | | | | | | 30815,9 € | 783 |

Taulukko 6. Yläpohjan materiaalit ja kustannukset (Sisältää alv.)

| Materiaali | Määrä | Hukka-% | Määrä yhteensä | Hinta/yks. € | Määrä/yl | Laatu | Hinta yhteensä € | Rahti € |
|----------------------------|-------|---------|----------------|--------------|-----------|-------|------------------|---------|
| Peltikatto | 44 | 0 | 44 | 87,66€ | 1 | m | 3857,0 € | 118 |
| Lauta, 22x100, vajaa särmä | 1686 | 10 | 1854,6 | 0,52€ | 1 | m | 964,392 € | 174 |
| Tuuletusrima | 276 | 15 | 317 | 0,77€ | 6,48 | m2 | 244,4 € | 0 |
| Aluskate | 3 | 0 | 3 | 76,5€ | 60 | m2 | 229,5 € | 23 |
| Kattotuoli | 23 | 0 | 23 | 150€ | 1 | kpl | 3450,0 € | 250 |
| Puhallusvilla | 71 | 2 | 73 | 31,7€ | 1 | m3 | 2314,1 € | 0 |
| PAROC levyvilla 100mm | 172 | 7 | 198 | 36,5€ | 6,9 | m2 | 1058,5 € | 0 |
| Höyrynsulku (jo laskettu) | 0 | 0 | 0 | 0€ | 0 | | 0 € | 0 |
| Kipsilevy, 13mm | 51 | 15 | 59 | 18,8€ | 1,2 x 3,0 | m | 1102,6 € | 0 |
| Konenaulat | 1 | 0 | 1 | 40,8€ | 3000 | kpl | 40,8 € | 0 |
| Kipsilevyruuvi | 1 | 0 | 1 | 25,6€ | 3000 | kpl | 25,6 € | 0 |
| Saumanauha | 6 | 0 | 6 | 4,95€ | 76 | m | 29,7 € | 0 |
| Saumatasoite | 2 | 0 | 2 | 33,9€ | 10 | l | 67,8 € | 0 |
| Maalit, pohjamaali sisälle | 2 | 0 | 2 | 102€ | 18 | l | 204 € | 0 |
| Maalit, pintamaali sisälle | 4 | 0 | 4 | 209€ | 18 | l | 836 € | 0 |
| Kateruuvit | 4 | 0 | 4 | 27,7€ | 500 | kpl | 110,8 € | 0 |
| Harjalista | 12 | 0 | 12 | 22,92€ | 1 | kpl | 275,04 € | 0 |
| Päätykappaleet | 2 | 0 | 2 | 5,44€ | 1 | kpl | 10,88 € | 0 |
| Harjatiiviste | 46 | 0 | 46 | 3,68€ | 1 | m | 169,28 € | 0 |
| Räystäälistat | 24 | 0 | 24 | 12,24€ | 1 | kpl | 293,76 € | 0 |
| Päätylistat | 9 | 0 | 9 | 19,55€ | 1 | kpl | 175,95 € | 0 |
| Sadevesipaketti | 1 | 0 | | 850€ | 1 | kpl | 850 € | 0 |
| | | | | | | | 16310,2 € | 565 |

Villalla eristetyn matalaenergiatalon materiaalikustannukset ovat 62 141€ (sis. alv.), 15,6 % enemmänkuin normien mukaan rakennettu pientalo. Siihen sisältyy materiaalit perustusten, alapohjan, rungon ja yläpohjan tekoon.

3.5 Villalla eristetyn passiivitalon määrälaskenta ja kustannukset

Villalla eristetyn passiivitalon materiaalmäärät ja hinnat rahtikuluineen on esitetty seuraavissa taulukoissa. Hinnat ja materiaalit löytyvät jälleen www.taloon.com - verkkokaupan sivuilta lukuun ottamatta runkopuutavaraa, jonka tiedot on otettu Tamminiemen saha ja höylä -yrityksen nettisivuilta osoitteesta www.tamminiemi.com ja höyrynsulkuteippiä, jonka hintatiedot on Starkin nettisivuilta osoitteesta verkkokauppa.starkki.fi.

Taulukko 7. Perustusten ja alapohjan materiaalimäärät ja kustannukset (Sisältää alv.)

| Materiaali | Määrä | Hukka-% | Määrä yhteensä | Hinta/yks. € | Määrä/yks. | Laatu | Hinta yhteensä € | Rahti € |
|-----------------|-------|---------|----------------|--------------|------------|----------------|------------------|---------------|
| Muovimatto | 147 | 12 | 169 | 22,3€ | 1 | m | 3769,8€ | 174 |
| Lattialaatta | 25 | 5 | 27,5 | 24,33€ | 1 | m | 669,075€ | 0 |
| Laastit | 6 | 0 | 6 | 22,3€ | 25 | kg | 133,8€ | 0 |
| Vesieristys | 1 | 0 | 1 | 650€ | 1 | kpl | 650€ | 48,5 |
| Betonilaatta | 14 | 7 | 15 | 170€ | 1 | m ³ | 2546,6€ | 300 |
| Teräokset | 18 | 17 | 21 | 47,2€ | 10 | m ² | 991,2€ | 0 |
| Lämmöneriste | 172 | 7 | 184 | 5292€ | 1 | pkt | 5292€ | 302 |
| Anturaharkot | 100 | 8 | 108 | 7,42€ | 1 | kpl | 801,36€ | 144 |
| Perustusharkot | 500 | 8 | 575 | 2,53€ | 1 | kpl | 1454,8€ | 217 |
| Laastit | 1500 | 0 | 1500 | 150,3€ | 500 | kg | 450,9€ | 127 |
| Anturateräokset | 33 | 0 | 33 | 2,69€ | 1 | kpl | 88,77€ | 0 |
| | | | | | | | 16848,3€ | 1312,5 |

Taulukko 8. Rungon materiaalit ja kustannukset (Sisältää alv.)

| Materiaali | Määrä | Hukka-% | Määrä yhteensä | Hinta/yks. € | Määrä/yks. | Laatu | Hinta yhteensä € | Rahti € |
|-----------------------------|-------|---------|----------------|--------------|------------|----------------|------------------|-------------|
| UTV, 23x145 | 1500 | 15 | 1725 | 1,65€ | 1 | m | 2846,3€ | 174 |
| Lauta, 22x100, vajaa särmä | 660 | 10 | 726 | 0,52€ | 1 | m | 377,52€ | 174 |
| Isover RKL 31 | 28 | 15 | 32 | 116,3€ | 6,48 | m ² | 3744,9€ | 483 |
| Isover Facade - saumateippi | 6 | 10 | 7 | 36,9€ | 50 | m | 258,3€ | 0 |
| Isover KL-33 125mm | 144 | 7 | 154 | 32,5€ | 2,92 | m ² | 5007,6€ | 0 |
| Tuulensuojakiinnike | 4 | 0 | 4 | 271,2€ | 200 | kpl | 1084,8€ | 0 |
| Runkopuutavara, 50x250 | 575 | 15 | 661 | 4,02€ | 1 | m | 2658,225€ | 174 |
| Lisärunko 48 x 48 | 342 | 15 | 393 | 0,77€ | 1 | m | 302,841€ | 0 |
| Höyrynsulkumuovi, 0,2mm | 3 | 0 | 3 | 95,5€ | 135 | m ² | 286,5€ | 0 |
| Kipsilevy, 13mm | 50 | 15 | 58 | 11,9€ | 1,2 x 2,6 | m | 684,3€ | 0 |
| Höyrynsulkuteippi | 6 | 10 | 7 | 9,5€ | 25 | m | 66,5€ | 0 |
| Kipsilevyruuvi | 1 | 0 | 1 | 25,6€ | 3000 | kpl | 25,6€ | 0 |
| Saumanauha | 6 | 10 | 7 | 4,95€ | 76 | m | 34,65€ | 0 |
| Saumatasoite | 2 | 0 | 2 | 33,9€ | 10 | l | 67,8€ | 0 |
| Uretaanivaahto | 10 | 10 | 11 | 7,49€ | 750 | ml | 82,39€ | 0 |
| Lankanauha, sinkitty | 2 | 0 | 2 | 33,9€ | 10 | kg | 67,8€ | 22 |
| Konenaulat | 2 | 0 | 2 | 40,8€ | 3000 | kpl | 81,6€ | 0 |
| Maalit, ulko | 3 | 0 | 3 | 199€ | 18 | l | 597€ | 33 |
| Maalit, pohjamaali sisälle | 2 | 0 | 2 | 102€ | 18 | l | 204€ | 0 |
| Maalit, pintamaali sisälle | 4 | 0 | 4 | 209€ | 18 | l | 836€ | 0 |
| Ovi, varasto | 3 | 0 | 3 | 832€ | 1 | kpl | 2496€ | 68 |
| Ovi, pääovi | 1 | 0 | 1 | 1684€ | 1 | kpl | 1684€ | 10 |
| Ovi, ikkunalla | 2 | 0 | 2 | 1236€ | 1 | kpl | 2472€ | 20 |
| Ikkuna, 16 x 12 | 5 | 0 | 5 | 880,92€ | 1 | kpl | 4404,6€ | 63 |
| Ikkuna, 12 x 12 | 4 | 0 | 4 | 755,8€ | 1 | kpl | 3023,2€ | 20 |
| Ikkuna, 6 x 6 | 5 | 0 | 5 | 337,4€ | 1 | kpl | 1687€ | 25 |
| | | | | | | | 35081,3€ | 1266 |

Taulukko 9. Yläpohjan materiaalit ja kustannukset (Sisältää alv.)

| Materiaali | Määrä | Hukka-% | Määrä yhteensä | Hinta/yks. € | Määrä/yks. | Laatu | Hinta yhteensä € | Rahti € |
|----------------------------|-------|---------|----------------|--------------|------------|-------|------------------|---------|
| Peltikatto | 44 | 0 | 44 | 87,66 € | 1 | m | 3857,0 € | 118 |
| Lauta, 22x100, vajaa särmä | 1686 | 10 | 1854,6 | 0,52 € | 1 | m | 964,392 € | 174 |
| Tuuletusrima | 276 | 15 | 317 | 0,77 € | 6,48 | m2 | 244,4 € | 0 |
| Aluskate | 3 | 0 | 3 | 76,5 € | 60 | m2 | 229,5 € | 23 |
| Kattotuoli | 23 | 0 | 23 | 150 € | 1 | kpl | 3450,0 € | 250 |
| Puhallusvilla | 73 | 2 | 75 | 30,4 € | 1 | m3 | 2280 € | 0 |
| Isover levyvilla 100mm | 172 | 7 | 198 | 36,1 € | 3,9 | m2 | 1696,7 € | 0 |
| Höyrynsulku (jo laskettu) | 0 | 0 | 0 | 0 € | 0 | | 0 € | 0 |
| Kipsilevy, 13mm | 51 | 15 | 59 | 18,8 € | 1,2 x 3,0 | m | 1102,6 € | 0 |
| Konenaulat | 1 | 0 | 1 | 40,8 € | 3000 | kpl | 40,8 € | 0 |
| Kipsilevyruuvi | 1 | 0 | 1 | 25,6 € | 3000 | kpl | 25,6 € | 0 |
| Saumanauha | 6 | 0 | 6 | 4,95 € | 76 | m | 29,7 € | 0 |
| Saumatasoite | 2 | 0 | 2 | 33,9 € | 10 | l | 67,8 € | 0 |
| Maalit, pohjamaali sisälle | 2 | 0 | 2 | 102 € | 18 | l | 204 € | 0 |
| Maalit, pintamaali sisälle | 4 | 0 | 4 | 209 € | 18 | l | 836 € | 0 |
| Kateruuvit | 4 | 0 | 4 | 27,7 € | 500 | kpl | 110,8 € | 0 |
| Harjalista | 12 | 0 | 12 | 22,92 € | 1 | kpl | 275,04 € | 0 |
| Päätykappaleet | 2 | 0 | 2 | 5,44 € | 1 | kpl | 10,88 € | 0 |
| Harjativiste | 46 | 0 | 46 | 3,68 € | 1 | m | 169,28 € | 0 |
| Räystäslistat | 24 | 0 | 24 | 12,24 € | 1 | kpl | 293,76 € | 0 |
| Päätylistat | 9 | 0 | 9 | 19,55 € | 1 | kpl | 175,95 € | 0 |
| Sadevesipaketti | 1 | 0 | 1 | 850 € | 1 | kpl | 850 € | 0 |
| | | | | | | | 16914,3 € | 565 |

Villalla eristetyn passiivitalon materiaalikustannukset ovat 68 844€ (sis. alv.), 28 % enemmän kuin normien mukaan rakennettu pientalo. Siihen sisältyy materiaalit perustusten, alapohjan, rungon ja yläpohjan tekoon.

3.6 SPU-eristetyn matalaenergiatalon määrälaskenta ja kustannukset

SPU-eristeillä eristetyn matalaenergiatalon materiaalimäärät kustannuksineen ja rahteineen esitetään seuraavissa taulukoissa. Hinnat on jälleen saatu www.taloon.com verkkokaupan sivuilta.

Taulukko 10. Perustusten ja alapohjan materiaalmäärät ja kustannukset (Sisältää alv.)

| Materiaali | Määrä | Hukka-% | Määrä yhteensä | Hinta/yks. € | Määrä/yks. | Laatu | Hinta yhteensä € | Rahti € |
|------------------|-------|---------|----------------|--------------|------------|-------|------------------|---------|
| Muovimatto | 147 | 12 | 169 | 22,3€ | 1 | m | 3769,8€ | 174 |
| Lattialaatta | 25 | 5 | 27,5 | 24,33€ | 1 | m | 669,075€ | 0 |
| Laastit | 6 | 0 | 6 | 22,3€ | 25 | kg | 133,8€ | 0 |
| Vesieristys | 1 | 0 | 1 | 650€ | 1 | kpl | 650€ | 48,5 |
| Betonilaatta | 14 | 7 | 15 | 170€ | 1 | m3 | 2546,6€ | 300 |
| Teräsket | 18 | 17 | 21 | 47,2€ | 10 | m2 | 991,2€ | 0 |
| Lämmöneriste | 172 | 7 | 184 | 3458,86€ | 1 | pkt | 3458,86€ | 302 |
| Lämmöneriste SPU | 25 | 7 | 27 | 64,8€ | 1 | kpl | 1749,6€ | 0 |
| Anturaharkot | 100 | 8 | 108 | 7,42€ | 1 | kpl | 801,36€ | 144 |
| Perustusharkot | 500 | 8 | 575 | 2,53€ | 1 | kpl | 1454,8€ | 217 |
| Laastit | 1500 | 0 | 1500 | 150,3€ | 500 | kg | 450,9€ | 127 |
| Anturateräsket | 33 | 0 | 33 | 2,69€ | 1 | kpl | 88,77€ | 0 |
| | | | | | | | 16764,7€ | 1312,5 |

Taulukko 11. Rungon materiaalit ja kustannukset (Sisältää alv.)

| Materiaali | Määrä | Hukka-% | Määrä yhteensä | Hinta/yks. € | Määrä/yks. | Laatu | Hinta yhteensä € | Rahti € |
|----------------------------|-------|---------|----------------|--------------|------------|-------|------------------|---------|
| UTV, 23x145 | 1490 | 15 | 1714 | 1,65€ | 1 | m | 2827,3€ | 174 |
| Lauta, 22x100, vajaa särmä | 650 | 10 | 715 | 0,52€ | 1 | m | 371,8€ | 0 |
| SPU AL 100 | 63 | 7 | 67 | 86,8€ | 1 | kpl | 5851,2€ | 285 |
| SPU AL 70 | 63 | 7 | 67 | 64,8€ | 1 | kpl | 4368,2€ | 0 |
| Uretaanivaaho | 25 | 10 | 28 | 7,49€ | 1 | kpl | 209,7€ | 0 |
| Runkopuutavara, 48x148 | 565 | 15 | 650 | 2,6€ | 1 | m | 1689,35€ | 0 |
| Kipsilevy, 13mm | 50 | 15 | 58 | 11,9€ | 1,2 x 2,6 | m | 684,3€ | 0 |
| Kipsilevyruuvi | 1 | 0 | 1 | 25,6€ | 3000 | kpl | 25,6€ | 0 |
| Saumanauha | 6 | 0 | 6 | 4,95€ | 76 | m | 29,7€ | 0 |
| Saumatasoite | 2 | 0 | 2 | 33,9€ | 10 | l | 67,8€ | 0 |
| Lankanauha, sinkitty | 2 | 0 | 2 | 33,9€ | 10 | kg | 67,8€ | 22 |
| Konenaulat | 2 | 0 | 2 | 40,8€ | 3000 | kpl | 81,6€ | 0 |
| Maalit, ulko | 3 | 0 | 3 | 199€ | 18 | l | 597€ | 33 |
| Maalit, pohjamaali sisälle | 2 | 0 | 2 | 102€ | 18 | l | 204€ | 0 |
| Maalit, pintamaali sisälle | 4 | 0 | 4 | 209€ | 18 | l | 836€ | 0 |
| Ovi, varasto | 3 | 0 | 3 | 492€ | 1 | kpl | 1476€ | 68 |
| Ovi, pääovi ikkunalla | 1 | 0 | 1 | 518€ | 1 | kpl | 518€ | 10 |
| Ovi, ikkunalla | 2 | 0 | 2 | 976€ | 1 | kpl | 1952€ | 20 |
| Ikkuna, 16 x 12 | 5 | 0 | 5 | 865,92€ | 1 | kpl | 4329,6€ | 63 |
| Ikkuna, 12 x 12 | 4 | 0 | 4 | 740,84€ | 1 | kpl | 2963,36€ | 20 |
| Ikkuna, 6 x 6 | 5 | 0 | 5 | 322,4€ | 1 | kpl | 1612€ | 25 |
| | | | | | | | 30762,2€ | 720 |

Taulukko 12. Yläpohjan materiaalit ja kustannukset (Sisältää alv.)

| Materiaali | Määrä | Hukka-% | Määrä yhteensä | Hinta/yks. € | Määrä/yks. | Laatu | Hinta yhteensä € | Rahti € |
|----------------------------|-------|---------|----------------|--------------|------------|----------------|------------------|---------|
| Peltikatto | 44 | 0 | 44 | 87,66 | 1 | m | 3857,0 | 118 |
| Lauta, 22x100, vajaa särmä | 1686 | 10 | 1854,6 | 0,52 | 1 | m | 964,392 | 174 |
| Tuuletusrima | 276 | 15 | 317 | 0,77 | 6,48 | m ² | 244,4 | 0 |
| Aluskate | 3 | 0 | 3 | 76,5 | 60 | m ² | 229,5 | 23 |
| Kattotuoli | 23 | 0 | 23 | 150 | 1 | kpl | 3450,0 | 250 |
| Puhallusvilla | 71 | 2 | 73 | 31,7 | 1 | m ³ | 2314,1 | 0 |
| SPU AL 70 | 60 | 7 | 64 | 64,8 | 1 | kpl | 4160,2 | 0 |
| Kipsilevy, 13mm | 51 | 15 | 59 | 18,8 | 1,2 x 3,0 | m | 1102,6 | 0 |
| Konenaulat | 1 | 0 | 1 | 40,8 | 3000 | kpl | 40,8 | 0 |
| Kipsilevyruuvi | 1 | 0 | 1 | 25,6 | 3000 | kpl | 25,6 | 0 |
| Saumanauha | 6 | 0 | 6 | 4,95 | 76 | m | 29,7 | 0 |
| Saumatasoite | 2 | 0 | 2 | 33,9 | 10 | l | 67,8 | 0 |
| Maalit, pohjamaali sisälle | 2 | 0 | 2 | 102 | 18 | l | 204 | 0 |
| Maalit, pintamaali sisälle | 4 | 0 | 4 | 209 | 18 | l | 836 | 0 |
| Kateruuvit | 4 | 0 | 4 | 27,7 | 500 | kpl | 110,8 | 0 |
| Harjalista | 12 | 0 | 12 | 22,92 | 1 | kpl | 275,04 | 0 |
| Päätykappalet | 2 | 0 | 2 | 5,44 | 1 | kpl | 10,88 | 0 |
| Harjatiiviste | 46 | 0 | 46 | 3,68 | 1 | m | 169,28 | 0 |
| Räystäslistat | 24 | 0 | 24 | 12,24 | 1 | kpl | 293,76 | 0 |
| Päätylistat | 9 | 0 | 9 | 19,55 | 1 | kpl | 175,95 | 0 |
| Sadevesipaketti | 1 | 0 | | 850 | 1 | kpl | 850 | 0 |
| | | | | | | | 19411,8 | 565 |

SPU-eristeillä eristetyn matalaenergiatalon materiaalikustannukset ovat 66 939€ (sis. alv.), 24,5 % enemmänkuin normien mukaan rakennettu pientalo ja 7,7 % enemmänkuin villalla eristetty matalaenergiatalo. Siihen sisältyy materiaalit perustusten, alapohjan, rungon ja yläpohjan tekoon.

3.7 SPU-eristetyn passiivitalon määrälaskenta ja kustannukset

Spu-eristeillä eristetyn passiivitalon materiaalmäärät ja kustannukset rahteineen on esitetty seuraavissa taulukoissa. Hinnat ovat listahintoja ilman alennuksia www.taloon.com verkkokaupan sivuilta.

Taulukko 13. Perustusten ja alapohjan materiaalmäärät ja kustannukset (Sisältää alv.)

| Materiaali | Määrä | Hukka-% | Määrä yhteensä | Hinta/yks. € | Määrä/yks. | Laatu | Hinta yhteensä € | Rahti € |
|------------------|-------|---------|----------------|--------------|------------|----------------|------------------|---------------|
| Muovimatto | 147 | 12 | 169 | 22,3€ | 1 | m | 3769,8€ | 174 |
| Lattialaatta | 25 | 5 | 27,5 | 24,33€ | 1 | m | 669,075€ | 0 |
| Laastit | 6 | 0 | 6 | 22,3€ | 25 | kg | 133,8€ | 0 |
| Vesieristys | 1 | 0 | 1 | 650€ | 1 | kpl | 650€ | 48,5 |
| Betoni-laatta | 14 | 7 | 15 | 170€ | 1 | m ³ | 2546,6€ | 300 |
| Teräksset | 18 | 17 | 21 | 47,2€ | 10 | m ² | 991,2€ | 0 |
| Lämmöneriste | 172 | 7 | 184 | 5292€ | 1 | pkt | 5292€ | 302 |
| Lämmöneriste SPU | 25 | 7 | 27 | 64,8€ | 1 | kpl | 1749,6€ | 0 |
| Anturaharkot | 100 | 8 | 108 | 7,42€ | 1 | kpl | 801,36€ | 144 |
| Perustusharkot | 500 | 8 | 575 | 2,53€ | 1 | kpl | 1454,8€ | 217 |
| Laastit | 1500 | 0 | 1500 | 150,3€ | 500 | kg | 450,9€ | 127 |
| Anturateräksset | 33 | 0 | 33 | 2,69€ | 1 | kpl | 88,77€ | 0 |
| | | | | | | | 18597,9€ | 1312,5 |

Taulukko 14. Rungon materiaalit ja kustannukset (Sisältää alv.)

| Materiaali | Määrä | Hukka-% | Määrä yhteensä | Hinta/yks. € | Määrä/yks. | Laatu | Hinta yhteensä € | Rahti € |
|----------------------------|-------|---------|----------------|--------------|------------|-------|------------------|------------|
| UTV, 23x145 | 1490 | 15 | 1714 | 1,65€ | 1 | m | 2827,3€ | 174 |
| Lauta, 22x100, vajaa särmä | 650 | 10 | 715 | 0,52€ | 1 | m | 371,8€ | 0 |
| SPU AL 100 | 63 | 7 | 67 | 86,8€ | 1 | kpl | 5851,2€ | 285 |
| SPU AL 150 | 63 | 7 | 67 | 129,8€ | 1 | kpl | 8749,8€ | 0 |
| Uretaanivaahdo | 27 | 10 | 30 | 7,49€ | 1 | kpl | 224,7€ | 0 |
| Runkopuutavara, 48x148 | 565 | 15 | 650 | 2,6€ | 1 | m | 1689,35€ | 0 |
| Kipsilevy, 13mm | 50 | 15 | 58 | 11,9€ | 1,2 x 2,6 | m | 684,3€ | 0 |
| Kipsilevyruuvi | 1 | 0 | 1 | 25,6€ | 3000 | kpl | 25,6€ | 0 |
| Saumanauha | 6 | 0 | 6 | 4,95€ | 76 | m | 29,7€ | 0 |
| Saumatasoite | 2 | 0 | 2 | 33,9€ | 10 | l | 67,8€ | 0 |
| Lankanauha, sinkitty | 2 | 0 | 2 | 33,9€ | 10 | kg | 67,8€ | 22 |
| Konenaulat | 2 | 0 | 2 | 40,8€ | 3000 | kpl | 81,6€ | 0 |
| Maalit, ulko | 3 | 0 | 3 | 199€ | 18 | l | 597€ | 33 |
| Maalit, pohjamaali sisälle | 2 | 0 | 2 | 102€ | 18 | l | 204€ | 0 |
| Maalit, pintamaali sisälle | 4 | 0 | 4 | 209€ | 18 | l | 836€ | 0 |
| Ovi, varasto | 3 | 0 | 3 | 832€ | 1 | kpl | 2496€ | 68 |
| Ovi, pääovi | 1 | 0 | 1 | 1684€ | 1 | kpl | 1684€ | 10 |
| Ovi, ikkunalla | 2 | 0 | 2 | 1236€ | 1 | kpl | 2472€ | 20 |
| Ikkuna, 16 x 12 | 5 | 0 | 5 | 880,92€ | 1 | kpl | 4404,6€ | 63 |
| Ikkuna, 12 x 12 | 4 | 0 | 4 | 755,8€ | 1 | kpl | 3023,2€ | 20 |
| Ikkuna, 6 x 6 | 5 | 0 | 5 | 337,4€ | 1 | kpl | 1687€ | 25 |
| | | | | | | | 38074,7€ | 720 |

Taulukko 15. Yläpohjan materiaalit ja kustannukset (Sisältää alv.)

| Materiaali | Määrä | Hukka-% | Määrä yhteensä | Hinta/yks. € | Määrä/yks. € | Laatu | Hinta yhteensä € | Rahti € |
|----------------------------|-------|---------|----------------|--------------|--------------|-------|------------------|---------|
| Peltikatto | 44 | 0 | 44 | 87,66 | 1 | m | 3857,0 | 118 |
| Lauta, 22x100, vajaa särmä | 1686 | 10 | 1854,6 | 0,52 | 1 | m | 964,392 | 174 |
| Tuuletusrina | 276 | 15 | 317 | 0,77 | 6,48 | m2 | 244,4 | 0 |
| Aluskate | 3 | 0 | 3 | 76,5 | 60 | m2 | 229,5 | 23 |
| Kattotuoli | 23 | 0 | 23 | 150 | 1 | kpl | 3450,0 | 250 |
| Puhallusvilla | 71 | 2 | 73 | 31,7 | 1 | m3 | 2314,1 | 0 |
| SPU AL 120 | 60 | 7 | 64 | 103,9 | 1 | kpl | 6670,4 | 0 |
| Kipsilevy, 13mm | 51 | 15 | 59 | 18,8 | 1,2 x 3,0 | m | 1102,6 | 0 |
| Konenaulat | 1 | 0 | 1 | 40,8 | 3000 | kpl | 40,8 | 0 |
| Kipsilevyruuvi | 1 | 0 | 1 | 25,6 | 3000 | kpl | 25,6 | 0 |
| Saumanauha | 6 | 0 | 6 | 4,95 | 76 | m | 29,7 | 0 |
| Saumatasoite | 2 | 0 | 2 | 33,9 | 10 | l | 67,8 | 0 |
| Maalit, pohjamaali sisälle | 2 | 0 | 2 | 102 | 18 | l | 204 | 0 |
| Maalit, pintamaali sisälle | 4 | 0 | 4 | 209 | 18 | l | 836 | 0 |
| Kateruuvit | 4 | 0 | 4 | 27,7 | 500 | kpl | 110,8 | 0 |
| Harjalista | 12 | 0 | 12 | 22,92 | 1 | kpl | 275,04 | 0 |
| Päätykappalet | 2 | 0 | 2 | 5,44 | 1 | kpl | 10,88 | 0 |
| Harjatiiviste | 46 | 0 | 46 | 3,68 | 1 | m | 169,28 | 0 |
| Räystäslistat | 24 | 0 | 24 | 12,24 | 1 | kpl | 293,76 | 0 |
| Päätylistat | 9 | 0 | 9 | 19,55 | 1 | kpl | 175,95 | 0 |
| Sadevesipaketti | 1 | 0 | | 850 | 1 | kpl | 850 | 0 |
| | | | | | | | 21922,0 | 565 |

SPU-eristeillä eristetyn passiivitalon materiaalikustannukset ovat 78 595€ (sis. alv.), 46,2 % enemmänkuin normien mukaan rakennettu pientalo ja 14,2 % enemmänkuin villalla eristetty passiivitalo. Siihen sisältyy materiaalit perustusten, alapohjan, rungon ja yläpohjan tekoon.

4 Työkustannukset

Itse työn tekemiseen, rakentamiseen, lasketaan tässä työssä kuuluvaksi kahden miehen työparin. Kustannukset lasketaan ja aikataulut tehdään 1 RAM ja 1 RM/RAM ryhmälle. Käytännössäkkin pientalotyömailla on käytössä kyseisen ryhmän mukainen työpari joten tässä tapauksessa pysytään hyvin realistisessa toimintaympäristössä. Erikseen on tietysti omatoimirakentajat jotka tekevät rakennustyöt omana vapaa-aikanaan ilman pitävää aikataulua.

Lisäksi työmaalla on erikoisammattimiehiä vaihtelevan pituisia ajanjaksoja, esimerkiksi sähkömiehet ja putkimiehet. Tällaisten erikoistöiden osalta tässä työssä ei ruveta te-

kemään aikatauluja tai kustannusarvioita. Nämä miehet tulevat kuitenkin tekemään omat työnsä oikeaan aikaan muiden töiden jatkuessa heistä riippumatta.

4.1 Normitalon työkustannukset

Taulukoista 16–18 selviävät alapohjan, rungon ja yläpohjan työkustannukset sosiaaliluolueen. Työvuorojen määrä tehtävään työhön on laskettu ja eritelty työtehtävien mukaisesti. Työkustannukset on laskettu samalla tavalla jokaisessa rakenneratkaisussa. Työvuoron pituus on 8 tth eli yhteensä 16 tth/työvuoro kahdelle työmiehelle.

Taulukko 16. Alapohjan ja perustusten työkustannus

| Alapohja | | | | Työkustannukset | Palkkaryhmä 4 | 13,63 |
|-------------|-----------------------|-------|---------|-------------------------------|--------------------------------------|---------------|
| Työsaavutus | Työ | Määrä | Aika tv | | HL+lomakorv.+ erillinen palkanosa | 4,07 |
| 145 m2 | Maton asennus | 147 | 1,01 | | Yhteensä | 17,7 € / h |
| 6 m2 | Laatoitus/vesieristys | 25 | 4,17 | | | |
| 80 m2/tv | Betonointi | 172 | 2,15 | | 2 RAM | 35,4 € / h |
| 1860 kg/tv | Raudoitus | 750 | 0,40 | | | |
| 400 m2/tv | Eristys | 516 | 1,29 | | Sos. Kul. 75 % | 495,6 € / tv |
| 17,6 m2/tv | Harkkomuuraus | 84 | 4,77 | Kustannus / tv | | |
| | | | 13,80 | | | |
| | | | | Työkustannus yhteensä: | | 6838 € |

Taulukko 17. Rungon työkustannus

| Runko | | | | Työkustannukset | Palkkaryhmä 4 | 13,63 |
|---------------|-----------------|-------|---------|-------------------------------|--------------------------------------|---------------|
| Työsaavutus | Työ | Määrä | Aika tv | | HL+lomakorv.+ erillinen palkanosa | 4,07 |
| 57 m2 | Rungon pystytys | 180 | 3,16 | | Yhteensä | 17,7 € / h |
| 14 kpl | Oven asennus | 6 | 0,43 | | | |
| 21 kpl | Ikkunan asennus | 9 | 0,43 | | 2 RAM | 35,4 € / h |
| 15 kpl | Ikkunan asennus | 5 | 0,33 | | | |
| 229 m2 | Seinien eristys | 180 | 0,79 | | Sos. Kul. 75 % | 495,6 € / tv |
| 133 m2 | Seinän levytys | 156 | 1,17 | Kustannus / tv | | |
| 229 m2 | Tuulensuoja | 180 | 0,79 | | | |
| 0,185 tth/m2 | Ulkooverhous | 180 | 4,16 | Työkustannus yhteensä: | | 8490 € |
| 174 m2 | Tasoitetyöt | 156 | 0,90 | | | |
| 0,1775 tth/m2 | Ulkomaalaus | 180 | 3,99375 | | | |
| 0,0505 tth/m2 | Sisämaalau | 156 | 0,98475 | | | |
| | | | 17,13 | | | |

Taulukko 18. Yläpohjan ja katon työkustannus

| Yläpohja | | | | Työkustannukset | Palkkaryhmä 4 | 13,63 |
|---------------------------|----------------|-------|----------------|-------------------------------|--------------------------------------|---------------|
| Työsaavutus | Työ | Määrä | Aika tv | | HL+lomakorv.+ erillinen palkanosa | 4,07 |
| 89 m ² | Kate | 276 | 3,10 | | Yhteensä | 17,7 € / h |
| 0,2 tth/m ² | Ruoteet | 276 | 3,45 | | | |
| 0,02 tth/m ² | Tuuletusrimat | 276 | 0,69 | | | |
| 160 m ² | Aluskate | 210 | 1,31 | | 2 RAM | 35,4 € / h |
| 5 tth | Puh.villa | 63 | 0,70 | | | |
| 400 m ² | Levyvilla | 172 | 0,43 | Kustannus / tv | Sos. Kul. 75 % | 495,6 € / tv |
| 34 kpl/tv | Kattotuolit | 23 | 0,68 | | | |
| 0,2 tth/m ² | Harvalaudoitus | 172 | 4,30 | Työkustannus yhteensä: | | 9089 € |
| 107 m ² | Katon levytyys | 172 | 1,61 | | | |
| 174 m ² | Tasoitetyöt | 172 | 0,99 | | | |
| 0,0505 tth/m ² | Sisämaalauus | 172 | 1,08575 | | | |
| | | | 18,34 | | | |

Villalla eristetyn normien mukaisen talon työkustannukset ovat 24 417€. Tähän sisältyvät perustukset, alapohja, runko ja yläpohja.

4.2 Villalla eristetyn matalaenergiatalon työkustannukset

Taulukoista 19–21 selviävät alapohjan, rungon ja yläpohjan työkustannukset sosiaaliluineen villalla eristetyn matalaenergiatalon osalta. Työvuorojen määrä tehtävään työhön on laskettu ja eritelty työtehtävien mukaisesti.

Taulukko 19. Alapohjan ja perustusten työkustannus

| Alapohja | | | | Työkustannukset | Palkkaryhmä 4 | 13,63 |
|-------------------------|-----------------------|-------|--------------|-------------------------------|--------------------------------------|---------------|
| Työsaavutus | Työ | Määrä | Aika tv | | HL+lomakorv.+ erillinen palkanosa | 4,07 |
| 145 m ² | Maton asennus | 147 | 1,01 | | Yhteensä | 17,7 € / h |
| 6 m ² | Laatoitus/vesieristys | 25 | 4,17 | | | |
| 80 m ² /tv | Betonointi | 172 | 2,15 | | | |
| 1860 kg/tv | Raudoitus | 750 | 0,40 | | 2 RAM | 35,4 € / h |
| 400 m ² /tv | Eristys | 516 | 1,29 | | | |
| 17,6 m ² /tv | Harkkomuuraus | 84 | 4,77 | Kustannus / tv | Sos. Kul. 75 % | 495,6 € / tv |
| | | | 13,80 | | | |
| | | | | Työkustannus yhteensä: | | 6838 € |

Taulukko 20. Rungon työkustannus

| Runko | | | | Työkustannukset | Palkkaryhmä 4 | 13,63 |
|-------------|--------|-----------------|---------|-----------------|--------------------------------------|-----------------------------|
| Työsaavutus | Työ | Määrä | Aika tv | | HL+lomakorv.+ erillinen palkanosa | 4,07 |
| 57 | m2 | Rungon pystytys | 180 | 3,16 | | |
| 14 | kpl | Oven asennus | 6 | 0,43 | Yhteensä | 17,7 € / h |
| 21 | kpl | Ikkunan asennus | 9 | 0,43 | | |
| 15 | kpl | Ikkunan asennus | 5 | 0,33 | 2 RAM | 35,4 € / h |
| 229 | m2 | Seinien eristys | 364 | 1,59 | | |
| 133 | m2 | Seinän levytys | 156 | 1,17 | Kustannus / tv | Sos. Kul. 75 % 495,6 € / tv |
| 229 | m2 | Tuulensuoja | 182 | 0,79 | | |
| 0,185 | tth/m2 | Ulkoverhous | 182 | 4,21 | Työkustannus yhteensä: | 8938 € |
| 174 | m2 | Tasoitetyöt | 156 | 0,90 | | |
| 0,1775 | tth/m2 | Ulkomaalaus | 182 | 4,04 | | |
| 0,0505 | tth/m2 | Sisämaalaus | 156 | 0,98 | | |
| | | | | 18,03 | | |

Taulukko 21. Yläpohjan ja katon työkustannus

| Yläpohja | | | | Työkustannukset | Palkkaryhmä 4 | 13,63 |
|-------------|--------|----------------|---------|-----------------|--------------------------------------|-----------------------------|
| Työsaavutus | Työ | Määrä | Aika tv | | HL+lomakorv.+ erillinen palkanosa | 4,07 |
| 89 | m2 | Kate | 276 | 3,10 | Yhteensä | 17,7 € / h |
| 0,2 | tth/m2 | Ruoteet | 276 | 3,45 | | |
| 0,02 | tth/m2 | Tuuletusrimat | 276 | 0,69 | 2 RAM | 35,4 € / h |
| 160 | m2 | Aluskate | 210 | 1,31 | | |
| 5 | tth | Puh.villa | 73 | 0,70 | Kustannus / tv | Sos. Kul. 75 % 495,6 € / tv |
| 400 | m2 | Levyvilla | 172 | 0,43 | | |
| 34 | kpl/tv | Kattotuolit | 23 | 0,68 | Työkustannus yhteensä: | 9089 € |
| 0,2 | tth/m2 | Harvalaudoitus | 172 | 4,30 | | |
| 107 | m2 | Katon levytys | 172 | 1,61 | | |
| 174 | m2 | Tasoitetyöt | 172 | 0,99 | | |
| 0,0505 | tth/m2 | Sisämaalaus | 172 | 1,08575 | | |
| | | | | 18,34 | | |

Villalla eristetyn matalaenergiatalon työkustannukset ovat 24 864€, 1,8 % enemmän kuin normienmukaisesti eristetty talo. Tähän sisältyvät perustukset, alapohja, runko ja yläpohja.

4.3 Villalla eristetyn passiivitalon työkustannukset

Taulukoista 22–24 selviävät alapohjan, rungon ja yläpohjan työkustannukset sosiaaliluineen villalla eristetyn passiivitalon osalta. Työvuorojen määrä tehtävään työhön on laskettu ja eritelty työtehtävien mukaisesti.

Taulukko 22. Alapohjan ja perustusten työkustannus

| Alapohja | | | | Työkustannukset | Palkkaryhmä 4 | 13,63 |
|-------------|-------|-----------------------|---------|-----------------|--------------------------------------|--------------------------------|
| Työsaavutus | Työ | Määrä | Aika tv | | HL+lomakorv.+ erillinen palkanosa | 4,07 |
| 145 | m2 | Maton asennus | 147 | 1,01 | | |
| 6 | m2 | Laatoitus/vesieristys | 25 | 4,17 | Yhteensä | 17,7 € / h |
| 80 | m2/tv | Betonointi | 172 | 2,15 | | |
| 1860 | kg/tv | Raudoitus | 750 | 0,40 | 2 RAM | 35,4 € / h |
| 400 | m2/tv | Eristys | 688 | 1,72 | | |
| 17,6 | m2/tv | Harkkomuuraus | 84 | 4,77 | Kustannus / tv | Sos. Kul. 75 % 495,6 € / tv |
| | | | | 14,23 | | |
| | | | | | Työkustannus yhteensä: | 7051 € |

Taulukko 23. Rungon työkustannus

| Runko | | | | Työkustannukset | Palkkaryhmä 4 | 13,63 |
|-------------|--------|-----------------|---------|-----------------|--------------------------------------|--------------------------------|
| Työsaavutus | Työ | Määrä | Aika tv | | HL+lomakorv.+ erillinen palkanosa | 4,07 |
| 35 | tth/m2 | Rungon pystytys | 180 | 5,14 | Yhteensä | 17,7 € / h |
| 14 | kpl | Oven asennus | 6 | 0,43 | | |
| 21 | kpl | Ikkunan asennus | 9 | 0,43 | | |
| 15 | kpl | Ikkunan asennus | 5 | 0,33 | 2 RAM | 35,4 € / h |
| 229 | m2 | Seinien eristys | 370 | 1,62 | | |
| 133 | m2 | Seinän levytys | 156 | 1,17 | Kustannus / tv | Sos. Kul. 75 % 495,6 € / tv |
| 229 | m2 | Tuulensuoja | 185 | 0,81 | | |
| 0,185 | tth/m2 | Ulkoverhous | 185 | 4,28 | Työkustannus yhteensä: | 9975 € |
| 174 | m2 | Tasoitetyöt | 156 | 0,90 | | |
| 0,1775 | tth/m2 | Ulkomaalaus | 182 | 4,04 | | |
| 0,0505 | tth/m2 | Sisämaalaus | 156 | 0,98 | | |
| | | | | 20,13 | | |

Taulukko 24. Yläpohjan ja katon työkustannus

| Yläpohja | | | | Työkustannukset | Palkkaryhmä 4 | 13,63 |
|-------------|--------|----------------|---------|-----------------|--------------------------------------|--------------------------------|
| Työsaavutus | Työ | Määrä | Aika tv | | HL+lomakorv.+ erillinen palkanosa | 4,07 |
| 89 | m2 | Kate | 276 | 3,10 | Yhteensä | 17,7 € / h |
| 0,2 | tth/m2 | Ruoteet | 276 | 3,45 | | |
| 0,02 | tth/m2 | Tuuletusrimat | 276 | 0,69 | | |
| 160 | m2 | Aluskate | 210 | 1,31 | 2 RAM | 35,4 € / h |
| 5 | tth | Puh.villa | 73 | 0,70 | | |
| 400 | m2 | Levyvilla | 172 | 0,43 | Kustannus / tv | Sos. Kul. 75 % 495,6 € / tv |
| 34 | kpl/tv | Kattotuolit | 23 | 0,68 | | |
| 0,2 | tth/m2 | Harvalaudoitus | 172 | 4,30 | Työkustannus yhteensä: | 9089 € |
| 107 | m2 | Katon levytys | 172 | 1,61 | | |
| 174 | m2 | Tasoitetyöt | 172 | 0,99 | | |
| 0,0505 | tth/m2 | Sisämaalaus | 172 | 1,08575 | | |
| | | | | 18,34 | | |

Villalla eristetyn passiivitalon työkustannukset ovat 26 115€, 6,9 % enemmän kuin normien mukaisesti eristetty talo. Tähän sisältyvät perustukset, alapohja, runko ja yläpohja.

4.4 SPU-eristetyn matalaenergiatalon työkustannukset

Taulukoista 25–27 selviävät alapohjan, rungon ja yläpohjan työkustannukset sosiaaliluineen SPU-eristetyn matalaenergiatalon osalta. Työvuorojen määrä tehtävään työhön on laskettu ja eritelty työtehtävien mukaisesti.

Taulukko 25. Alapohjan ja perustusten työkustannus

| Alapohja | | | | Työkustannukset | Palkkaryhmä 4 | 13,63 |
|-------------|-------|-----------------------|---------|-----------------|--------------------------------------|--------------------------------|
| Työsaavutus | Työ | Määrä | Aika tv | | HL+lomakorv.+ erillinen palkanosa | 4,07 |
| 145 | m2 | Maton asennus | 147 | 1,01 | | |
| 6 | m2 | Laatoitus/vesieristys | 25 | 4,17 | Yhteensä | 17,7 € / h |
| 80 | m2/tv | Betonointi | 172 | 2,15 | | |
| 1860 | kg/tv | Raudointi | 750 | 0,40 | 2 RAM | 35,4 € / h |
| 400 | m2/tv | Eristys | 516 | 1,29 | | |
| 17,6 | m2/tv | Harkkomuuraus | 84 | 4,77 | Kustannus / tv | Sos. Kul. 75 % 495,6 € / tv |
| | | | | 13,80 | | |
| | | | | | Työkustannus yhteensä: | 6838 € |

Taulukko 26. Rungon työkustannus

| Runko | | | | Työkustannukset | Palkkaryhmä 4 | 13,63 |
|-------------|--------|------------------|---------|-----------------|--------------------------------------|--------------------------------|
| Työsaavutus | Työ | Määrä | Aika tv | | HL+lomakorv.+ erillinen palkanosa | 4,07 |
| 57 | m2 | Rungon pystytys | 180 | 3,16 | Yhteensä | 17,7 € / h |
| 14 | kpl | Oven asennus | 6 | 0,43 | | |
| 21 | kpl | Ikkunan asennus | 9 | 0,43 | 2 RAM | 35,4 € / h |
| 15 | kpl | Ikkunan asennus | 5 | 0,33 | | |
| 229 | m2 | Seinien eristys | 360 | 1,57 | Kustannus / tv | Sos. Kul. 75 % 495,6 € / tv |
| 133 | m2 | Seinän levytytys | 156 | 1,17 | | |
| 90 | m2 | Saumaus | 360 | 4,00 | | |
| 0,185 | tth/m2 | Ulkoverhous | 180 | 4,16 | Työkustannus yhteensä: | 10472 € |
| 174 | m2 | Tasoitetyöt | 156 | 0,90 | | |
| 0,1775 | tth/m2 | Ulkomaalaus | 180 | 3,99375 | | |
| 0,0505 | tth/m2 | Sisämaalaus | 156 | 0,98475 | | |
| | | | | 21,13 | | |

Taulukko 27. Yläpohjan ja katon työkustannus

| Yläpohja | | | | Työkustannukset | Palkkaryhmä 4 | 13,63 |
|---------------|----------------|-------|----------------|-------------------------------|--------------------------------------|---------------|
| Työsaavutus | Työ | Määrä | Aika tv | | HL+lomakorv.+ erillinen palkanosa | 4,07 |
| 89 m2 | Kate | 276 | 3,10 | | Yhteensä | 17,7 € / h |
| 0,2 tth/m2 | Ruoteet | 276 | 3,45 | | | |
| 0,02 tth/m2 | Tuuletusrinat | 276 | 0,69 | | | |
| 160 m2 | Aluskate | 210 | 1,31 | | 2 RAM | 35,4 € / h |
| 5 tth | Puh.villa | 63 | 0,70 | | | |
| 400 m2 | SPU | 172 | 0,43 | Kustannus / tv | Sos. Kul. 75 % | 495,6 € / tv |
| 34 kpl/tv | Kattotuolit | 23 | 0,68 | | | |
| 0,2 tth/m2 | Harvalaudoitus | 172 | 4,30 | Työkustannus yhteensä: | | 9089 € |
| 107 m2 | Katon levytys | 172 | 1,61 | | | |
| 174 m2 | Tasoitetyöt | 172 | 0,99 | | | |
| 0,0505 tth/m2 | Sisämaalaus | 172 | 1,08575 | | | |
| | | | 18,34 | | | |

SPU-eristetyn matalaenergiatalon työkustannukset ovat 26 399€, 8,1 % enemmän kuin normien mukaisesti eristetty talo ja 6,2 % enemmän kuin villalla eristetty matalaenergiatalo. Tähän sisältyvät perustukset, alapohja, runko ja yläpohja.

4.5 SPU-eristetyn passiivitalon työkustannukset

Taulukoista 28–30 selviävät alapohjan, rungon ja yläpohjan työkustannukset sosiaaliluineen SPU-eristetyn passiivitalon osalta. Työvuorojen määrä tehtävään työhön on laskettu ja eritelty työtehtävien mukaisesti.

Taulukko 28. Alapohjan ja perustusten työkustannus

| Alapohja | | | | Työkustannukset | Palkkaryhmä 4 | 13,63 |
|-------------|-----------------------|-------|--------------|-------------------------------|--------------------------------------|---------------|
| Työsaavutus | Työ | Määrä | Aika tv | | HL+lomakorv.+ erillinen palkanosa | 4,07 |
| 145 m2 | Maton asennus | 147 | 1,01 | | Yhteensä | 17,7 € / h |
| 6 m2 | Laatoitus/vesieristys | 25 | 4,17 | | | |
| 80 m2/tv | Betonointi | 172 | 2,15 | | | |
| 1860 kg/tv | Raudoitus | 750 | 0,40 | | 2 RAM | 35,4 € / h |
| 400 m2/tv | Eristys | 516 | 1,29 | | | |
| 17,6 m2/tv | Harkkomuuraus | 84 | 4,77 | Kustannus / tv | Sos. Kul. 75 % | 495,6 € / tv |
| | | | 13,80 | | | |
| | | | | Työkustannus yhteensä: | | 6838 € |

Taulukko 29. Rungon työkustannus

| Runko | | | | Työkustannukset | Palkkaryhmä 4 | 13,63 |
|---------------|-----------------|-------|---------|-------------------------------|--------------------------------------|----------------|
| Työsaavutus | Työ | Määrä | Aika tv | | HL+lomakorv.+ erillinen palkanosa | 4,07 |
| 57 m2 | Rungon pystytys | 180 | 3,16 | | Yhteensä | 17,7 € / h |
| 14 kpl | Oven asennus | 6 | 0,43 | | | |
| 21 kpl | Ikkunan asennus | 9 | 0,43 | | | |
| 15 kpl | Ikkunan asennus | 5 | 0,33 | | 2 RAM | 35,4 € / h |
| 229 m2 | Seinien eristys | 360 | 1,57 | | | |
| 133 m2 | Seinän levytys | 156 | 1,17 | Kustannus / tv | Sos. Kul. 75 % | 495,6 € / tv |
| 90 m2 | Saumaus | 360 | 4,00 | | | |
| 0,185 tth/m2 | Ulkoeristys | 180 | 4,16 | Työkustannus yhteensä: | | 10472 € |
| 174 m2 | Tasotetyöt | 156 | 0,90 | | | |
| 0,1775 tth/m2 | Ulkomaalaus | 180 | 3,99375 | | | |
| 0,0505 tth/m2 | Sisämaalaus | 156 | 0,98475 | | | |
| | | | 21,13 | | | |

Taulukko 30. Yläpohjan työkustannus

| Yläpohja | | | | Työkustannukset | Palkkaryhmä 4 | 13,63 |
|---------------|----------------|-------|---------|-------------------------------|--------------------------------------|---------------|
| Työsaavutus | Työ | Määrä | Aika tv | | HL+lomakorv.+ erillinen palkanosa | 4,07 |
| 89 m2 | Kate | 276 | 3,10 | | Yhteensä | 17,7 € / h |
| 0,2 tth/m2 | Ruoteet | 276 | 3,45 | | | |
| 0,02 tth/m2 | Tuuletusrimat | 276 | 0,69 | | | |
| 160 m2 | Aluskate | 210 | 1,31 | | 2 RAM | 35,4 € / h |
| 5 tth | Puh.villa | 63 | 0,70 | | | |
| 400 m2 | SPU | 172 | 0,43 | Kustannus / tv | Sos. Kul. 75 % | 495,6 € / tv |
| 34 kpl/tv | Kattotuolit | 23 | 0,68 | | | |
| 0,2 tth/m2 | Harvalaudoitus | 172 | 4,30 | Työkustannus yhteensä: | | 9089 € |
| 107 m2 | Katon levytys | 172 | 1,61 | | | |
| 174 m2 | Tasotetyöt | 172 | 0,99 | | | |
| 0,0505 tth/m2 | Sisämaalaus | 172 | 1,08575 | | | |
| | | | 18,34 | | | |

SPU-eristetyn passiivitalon työkustannukset ovat yhteensä 26 399€, 8,2 % enemmän kuin normien mukaisesti eristetty talo ja 1,1 % enemmän kuin villalla eristetty passiivitalo. Tähän hintaan sisältyy perustukset, alapohja, runko ja yläpohja.

5 Käytönaikainen energian kulutus

Käytönaikainen energian kulutus selvitetään E-luku laskurilla joka löytyy osoitteesta www.laskentapalvelut.fi. Edellä mainitulla sivulla voidaan tehdä rakennukselle energiatodistus. Kyseisellä laskurilla selvitetään rakennuksen energialuokka ja ostoenergian

tarve. Lisäksi tehdään tasauslaskelmat jokaisesta eri rakennevaihtoehdosta ympäristöministeriön tasauslaskelmalomakkeelle jonka tiedot löytyvät jokaisen rakennevaihtoehdon kohdalta.

E-luku laskurissa lämmönlähteenä käytetään maalämpöä jokaiselle eri rakennetyypille. Tämä siksi, että saatavat lukuarvot ovat keskenään vertailukelpoisia. Lisälämmönlähteenä käytetään varaavaa tulisijaa.

5.1 Normitalon energiankulutus

Normien mukaan rakennetun pientalon E-luvuksi saadaan 133 kWh/m²vuosi. Tällä E-luvulla rakennus pääsee energiatehokkuusluokkaan C, mikä on alaraja nykynormeissa rakennusluvan saannille. Laskennallinen ostoenergian kulutus sähkön muodossa on 12 396 kWh sekä lisäksi puuta 3 334 kWh, yhteensä 15 730 kWh. Energiamuodon kertoimella painotettuna sähköä kuluu 21 073 kWh ja puuta 1 667 kWh, yhteensä 22 740 kWh.

Taulukko 31. E-luvun laskennan tulokset (www.laskentapalvelut.fi)

| E-LUVUN LASKENNAN TULOKSET | | | | |
|-------------------------------------|--------------------------------|-------------------------|---|--------------|
| Rakennuskohde | | | | |
| Rakennuksen käyttötarkoitusluokka | Pientalo (Erilliset pientalot) | | | |
| Rakennuksen valmistumisvuosi | | | | |
| Lämmitetty nettoala, m ² | 171.5 | | | |
| E-luku, kWhE/(m ² vuosi) | 133 (< raja=161) | | | |
| E-luvun erittely | | | | |
| Käytettävät energiamuodot | Laskettu ostoenergia kWh/vuosi | Energiamuodon Kerroin - | Energiamuodon kertoimella painotettu energiankulutus kWhE/vuosi kWhE/(m ² vuosi) | |
| Sähkö | 12396 | 1.70 | 21073 | 122.9 |
| Uusiutuva polttoaine (Puu) | 3334 | 0.50 | 1667 | 9.7 |
| YHTEENSÄ | 15730 | | 22740 | 132.6 |

Ympäristöministeriön tasauslaskentalomake antaa ominaislämpöhäviön arvoksi 177 W/K. Vertailuarvo tälle on 184 W/K joten rakennus on myös tämän laskurin mukaan hyväksyttävien raja-arvojen alapuolella.

Taulukko 32. Lämpöhäviöiden tasaus (D3 Tasauslaskin-Ympäristöministeriö)

| Rakennuksen lämpöhäviöiden tasaus | Ominaislämpöhäviö, W/K [H = H _{joht} + H _{vuotoilma} + H _{iv}] | |
|---|---|--------------------------|
| | Vertailu- ratkaisu | Suunnittelu- ratkaisu |
| Lämpimien tilojen ominaislämpöhäviö yhteensä | 184 | 177 |
| Puolilämpimien tilojen ominaislämpöhäviö yhteensä | - | - |

5.2 Villalla eristetyn matalaenergiatalon energiankulutus

Villalla eristetyn matalaenergiatalon E-luvuksi saadaan 123 kWh/m²vuosi. Tällä E-luvulla rakennus pääsee energiatehokkuusluokkaan B. Laskennallinen ostoenergian kulutus sähkön muodossa on 11 394 kWh, noin 92 % normien mukaisesti eristetyn pientalon kulutuksesta sekä lisäksi puuta 3 334 kWh, yhteensä 14 728 kWh. Energianmuodon kertoimella painotettuna sähköä kuluu 19 371 kWh ja puuta 1 667 kWh, yhteensä 21 038 kWh.

Taulukko 33. E-luvun laskennan tulokset (www.laskentapalvelut.fi)

| E-LUVUN LASKENNAN TULOKSET | | | | |
|-------------------------------------|--------------------------------|-------------------------|---|--------------|
| Rakennuskohde | | | | |
| Rakennuksen käyttötarkoitusluokka | Pientalo (Erilliset pientalot) | | | |
| Rakennuksen valmistumisvuosi | | | | |
| Lämmitetty nettoala, m ² | 171.5 | | | |
| E-luku, kWhE/(m ² vuosi) | 123 (< raja=161) | | | |
| E-luvun erittely | | | | |
| Käytettävät energiamuodot | Laskettu ostoenergia kWh/vuosi | Energiamuodon Kerroin - | Energiamuodon kertoimella painotettu energiankulutus kWhE/vuosi kWhE/(m ² vuosi) | |
| Sähkö | 11394 | 1.70 | 19371 | 112.9 |
| Uusiutuva polttoaine (Puu) | 3334 | 0.50 | 1667 | 9.7 |
| YHTEENSÄ | 14728 | | 21038 | 122.7 |

Ympäristöministeriön tasauslaskentalomake antaa ominaislämpöhäviön arvoksi 155 W/K. Vertailuarvo tälle on 188 W/K joten rakennus on myös tämän laskurin mukaan hyväksyttävien raja-arvojen alapuolella. Myös matalaenergiarakentamisen lämpöhä-

viotasossa päästään 85 % raja-arvon alapuolelle. Lämpöhäviötason vertailuarvo on 160 W/K.

Taulukko 34. Lämpöhäviöiden tasaus (D3 Tasauslaskin-Ympäristöministeriö)

| Rakennuksen lämpöhäviöiden tasaus | Ominaislämpöhäviö, W/K [H = H _{Joht} + H _{vuotoilma} + H _{Iv}] | |
|---|---|--------------------------|
| | Vertailu- ratkaisu | Suunnittelu- ratkaisu |
| Lämpimien tilojen ominaislämpöhäviö yhteensä | 188 | 155 |
| Puolilämpimien tilojen ominaislämpöhäviö yhteensä | - | - |

Taulukko 35. Matalaenergiarakennuksen lämpöhäviötaso (D3 Tasauslaskin-Ympäristöministeriö)

| Matalaenergiarakennuksen lämpöhäviötaso (osa D3) | | | |
|---|--|-------|----|
| Kun suunnitellaan matalaenergiarakennusta, tulisi rakennuksen laskennallisen lämpöhäviön olla enintään 85 % rakennukselle määritetystä vertailulämpöhäviöstä. Tällöin vertailulämpöhäviön laskennassa käytetään hirsiseinille lämmönläpäisykertoimen vertailuarvoa 0,17 W/m ² K lämpimissä tiloissa ja 0,26 W/m ² K puolilämpimissä tiloissa. | | | |
| Suunnitteluratkaisun ominaislämpöhäviö on enintään 85 % vertailuratkaisun ominaislämpöhäviöstä | | kyllä | ei |
| - lämpimissä tiloissa | | ✓ | |
| - puolilämpimissä tiloissa | | | |
| Suunnitteluratkaisu vastaa matalaenergiarakennuksen lämpöhäviötasoa | | ✓ | |

5.3 Villalla eristetyn passiivitalon energiankulutus

Villalla eristetyn passiivitalon E-luvuksi saadaan 114 kWh/m²vuosi. Tällä E-luvulla rakennus pääsee energiatehokkuusluokkaan B. Laskennallinen ostoenergian kulutus sähkön muodossa on 10 511 kWh, 84,8 % normien mukaisesti eristetyn pientalon kulu- tuksesta sekä lisäksi puuta 3 334 kWh, yhteensä 13 845 kWh. Energianmuodon kertoi- mella painotettuna sähköä kuluu 17 869 kWh ja puuta 1 667 kWh, yhteensä 19 536 kWh.

Taulukko 36. E-luvun laskennan tulokset (www.laskentapalvelut.fi)

| E-LUVUN LASKENNAN TULOKSET | | | | |
|-------------------------------------|--------------------------------|-------------------------|---|--------------|
| Rakennuskohde | | | | |
| Rakennuksen käyttötarkoituusluokka | Pientalo (Erilliset pientalot) | | | |
| Rakennuksen valmistumisvuosi | 171.5 | | | |
| Lämmitetty nettoala, m ² | 114 (< raja=161) | | | |
| E-luku, kWhE/(m ² vuosi) | 114 (< raja=161) | | | |
| E-luvun erittely | | | | |
| Käytettävät energiamuodot | Laskettu ostoenergia kWh/vuosi | Energiamuodon Kerroin - | Energiamuodon kertoimella painotettu energiankulutus kWhE/vuosi kWhE/(m ² vuosi) | |
| Sähkö | 10511 | 1.70 | 17869 | 104.2 |
| Uusiutuva polttoaine (Puu) | 3334 | 0.50 | 1667 | 9.7 |
| YHTEENSÄ | 13845 | | 19536 | 113.9 |

Ympäristöministeriön tasauslaskentalomake antaa ominaislämpöhäviön arvoksi 130 W/K. Vertailuarvo tälle on 191 W/K joten rakennus on myös tämän laskurin mukaan hyväksyttävien raja-arvojen alapuolella. Myös matalaenergiarakentamisen lämpöhäviötasossa päästään 85 % raja-arvon alapuolelle. Lämpöhäviötason vertailuarvo on 163 W/K. Tällä rakenteella päästään noin 68 % vertailuarvosta 191 W/K.

Taulukko 37. Lämpöhäviöiden tasaus (D3 Tasauslaskin-Ympäristöministeriö)

| Rakennuksen lämpöhäviöiden tasaus | Ominaislämpöhäviö, W/K [H = H _{jeht} + H _{vuotoilma} + H _{iv}] | |
|---|---|--------------------------|
| | Vertailu- ratkaisu | Suunnittelu- ratkaisu |
| Lämpimien tilojen ominaislämpöhäviö yhteensä | 191 | 130 |
| Puolilämpimien tilojen ominaislämpöhäviö yhteensä | - | - |

Taulukko 38. Matalaenergiarakennuksen lämpöhäviötaso (D3 Tasauslaskin-Ympäristöministeriö)

| Matalaenergiarakennuksen lämpöhäviötaso (osa D3) | | | |
|---|----------|------------------------|----------------------|
| Kun suunnitellaan matalaenergiarakennusta, tulisi rakennuksen laskennallisen lämpöhäviön olla enintään 85 % rakennukselle määritetystä vertailulämpöhäviöstä. Tällöin vertailulämpöhäviön laskennassa käytetään hirsiseinille lämmönläpäisykertoimen vertailuarvoa 0,17 W/m ² K lämpimissä tiloissa ja 0,26 W/m ² K puolilämpimissä tiloissa. | | | |
| Suunnitteluratkaisun ominaislämpöhäviö on enintään 85 % vertailuratkaisun ominaislämpöhäviöstä | | 85 % vertailu- arvo | Suunnittelu- arvo |
| - lämpimissä tiloissa | kyllä ei | 163 W/K | 130 W/K |
| - puolilämpimissä tiloissa | | | |
| Suunnitteluratkaisu vastaa matalaenergiarakennuksen lämpöhäviötasoa | V | | |

5.4 SPU-eristetyn matalaenergiatalon energiankulutus

SPU-eristeillä eristetyn matalaenergiatalon E-luvuksi saadaan 124 kWh/m²vuosi. Tällä E-luvulla rakennus pääsee energiatehokkuusluokkaan B. Laskennallinen ostoenergian kulutus sähkön muodossa on 11 480 kWh, 92,6 % normien mukaisesti eristetyn pientalon kulutuksesta sekä lisäksi puuta 3 334 kWh, yhteensä 14 814 kWh. Energianmuodon kertoimella painotettuna sähköä kuluu 19 516 kWh ja puuta 1 667 kWh, yhteensä 21 183 kWh.

Taulukko 39. E-luvun laskennan tulokset (www.laskentapalvelut.fi)

| E-LUVUN LASKENNAN TULOKSET | | | | |
|-------------------------------------|--------------------------------|-----------------------|---|--------------|
| Rakennuskohde | | | | |
| Rakennuksen käyttötarkoituusluokka | Pientalo (Erilliset pientalot) | | | |
| Rakennuksen valmistumisvuosi | 171.5 | | | |
| Lämmitetty nettoala, m ² | 124 (< raja=161) | | | |
| E-luku, kWh/(m ² vuosi) | 124 (< raja=161) | | | |
| E-luvun erittely | | | | |
| Käytettävät energiamuodot | Laskettu ostoenergia kWh/vuosi | Energiamuodon Kerroin | Energiamuodon kertoimella painotettu energiankulutus kWhE/vuosi kWhE/(m ² vuosi) | |
| Sähkö | 11480 | 1.70 | 19516 | 113.8 |
| Uusiutuva polttoaine (Puu) | 3334 | 0.50 | 1667 | 9.7 |
| YHTEENSÄ | 14814 | | 21183 | 123.5 |

Ympäristöministeriön tasauslaskentalomake antaa ominaislämpöhäviön arvoksi 156 W/K. Vertailuarvo tälle on 187 W/K joten rakennus on myös tämän laskurin mukaan hyväksyttävien raja-arvojen alapuolella. Myös matalaenergiarakentamisen lämpöhäviötasossa päästään 85 % raja-arvon alapuolelle. Lämpöhäviötason vertailuarvo on 159 W/K.

Taulukko 40. Lämpöhäviöiden tasaus (D3 Tasauslaskin-Ympäristöministeriö)

| Rakennuksen lämpöhäviöiden tasaus | Ominaislämpöhäviö, W/K [H = H _{ohit} + H _{vuololima} + H _{iv}] | |
|---|---|--------------------------|
| | Vertailu- ratkaisu | Suunnittelu- ratkaisu |
| Lämpimien tilojen ominaislämpöhäviö yhteensä | 187 | 156 |
| Puolilämpimien tilojen ominaislämpöhäviö yhteensä | - | - |

Taulukko 41. Matalaenergiarakennuksen lämpöhäviötaso (D3 Tasauslaskin-Ympäristöministeriö)

| Matalaenergiarakennuksen lämpöhäviötaso (osa D3) | | | | |
|--|----------|----|----------------|--------------|
| Kun suunnitellaan matalaenergiarakennusta, tulisi rakennuksen laskennallisen lämpöhäviön olla enintään 85 % rakennukselle määritetystä vertailulämpöhäviöstä. Tällöin vertailulämpöhäviön laskennassa käytetään hirsiseinille lämmönläpäisykertoimen vertailuarvoa 0,17 W/m ² K lämpimissä tiloissa ja 0,26 W/m ² K puoliämpimissä tiloissa. | | | | |
| Suunnitteluratkaisun ominaislämpöhäviö on enintään 85 % | | | 85 % vertailu- | Suunnittelu- |
| vertailuratkaisun ominaislämpöhäviöstä | kyllä | ei | arvo | arvo |
| - lämpimissä tiloissa | V | | 159 W/K | 156 W/K |
| - puoliämpimissä tiloissa | | | | |
| Suunnitteluratkaisu vastaa matalaenergiarakennuksen lämpöhäviötasoa | V | | | |

5.5 SPU-eristetyn passiivitalon energiankulutus

SPU-eristeillä eristetyn matalaenergiatalon E-luvuksi saadaan 114 kWh/m²vuosi. Tällä E-luvulla rakennus pääsee energiatehokkuusluokkaan B. Laskennallinen ostoenergian kulutus sähkön muodossa on 10 486 kWh, 84,6 % normien mukaisesti eristetyn pientalon kulutuksesta sekä lisäksi puuta 3 334 kWh, yhteensä 13 819 kWh. Energianmuodon kertoimella painotettuna sähköä kuluu 17 825 kWh ja puuta 1 667 kWh, yhteensä 19 492 kWh

Taulukko 42. E-luvun laskennan tulokset (www.laskentapalvelut.fi)

| E-LUVUN LASKENNAN TULOKSET | | | | |
|-------------------------------------|--------------------------------|-------------------------|--|--------------|
| Rakennuskohde | | | | |
| Rakennuksen käyttötarkoitusluokka | Pientalo (Erilliset pientalot) | | | |
| Rakennuksen valmistumisvuosi | 171.5 | | | |
| Lämmitetty nettoala, m ² | 171.5 | | | |
| E-luku, kWhE/(m ² vuosi) | 114 (< raja=161) | | | |
| E-luvun erittely | | | | |
| Käytettävät energiamuodot | Laskettu ostoenergia kWh/vuosi | Energiamuodon Kerroin - | Energiamuodon kertoimella painotettu energiankulutus kWhE/(m ² vuosi) | |
| Sähkö | 10486 | 1.70 | 17825 | 103.9 |
| Uusiutuva polttoaine (Puu) | 3334 | 0.50 | 1667 | 9.7 |
| YHTEENSÄ | 13819 | | 19492 | 113.7 |

Ympäristöministeriön tasaaslaskentalomake antaa ominaislämpöhäviön arvoksi 130 W/K. Vertailuarvo tälle on 191 W/K joten rakennus on myös tämän laskurin mukaan hyväksyttävien raja-arvojen alapuolella. Myös matalaenergiarakentamisen lämpöhäviötasossa päästään 85 % raja-arvon alapuolelle. Lämpöhäviötason vertailuarvo on 162 W/K. Tällä rakenteella päästään noin 68 % vertailu arvosta 191 W/K.

Taulukko 43. Lämpöhäviöiden tasaus (D3 Tasaaslaskin-Ympäristöministeriö)

| Rakennuksen lämpöhäviöiden tasaus | Ominaislämpöhäviö, W/K [H = H _{joht} + H _{vuolilima} + H _{iv}] | |
|---|---|--------------------------|
| | Vertailu- ratkaisu | Suunnittelu- ratkaisu |
| Lämpimien tilojen ominaislämpöhäviö yhteensä | 191 | 130 |
| Puolilämpimien tilojen ominaislämpöhäviö yhteensä | - | - |

Taulukko 44. Matalaenergiarakennuksen lämpöhäviötaso (D3 Tasaaslaskin-Ympäristöministeriö)

| Matalaenergiarakennuksen lämpöhäviötaso (osa D3) | | | |
|---|--------------|-----------|------------------------|
| Kun suunnitellaan matalaenergiarakennusta, tulisi rakennuksen laskennallisen lämpöhäviön olla enintään 85 % rakennukselle määritetystä vertailulämpöhäviöstä. Tällöin vertailulämpöhäviön laskennassa käytetään hirsiseinille lämmönläpäisykertoimen vertailuarvoa 0,17 W/m ² K lämpimissä tiloissa ja 0,26 W/m ² K puolilämpimissä tiloissa. | | | |
| Suunnitteluratkaisun ominaislämpöhäviö on enintään 85 % vertailuratkaisun ominaislämpöhäviöstä | kyllä | ei | 85 % vertailu- arvo |
| - lämpimissä tiloissa | V | | 162 W/K |
| - puolilämpimissä tiloissa | | | |
| Suunnitteluratkaisu vastaa matalaenergiarakennuksen lämpöhäviötasoa | V | | Suunnittelu- arvo |
| | | | 130 W/K |

6 Tulokset

Eroja löytyy eri rakenneratkaisujen kesken. Rakenteiden aiheuttamat kustannukset ovat suurin yksittäinen tekijä kustannusten nousuun. Lämmityskustannuksissa ei ole otettu huomioon energian hinnan nousua vaan ne on laskettu nykyisillä sähkön hinnoilla. Sähkön hinnassa on otettu huomioon sähköenergian hinta, siirtomaksu ja kuukausimaksut sekä verot. Sähkön hintatiedot ovat peräisin Pohjois-Karjalan sähköltä osoitteesta

www.pks.fi. Todellisuudessa erot energian kulutuksessa ovat suuremmat kuin mitä tämä vertailu antaa olettaa sähköenergian hinnan nousun, verojen nousun ja sähkön siirron hinnannousun vuoksi.

Normien mukaisesti rakennettu pientalo on tässä työssä muiden rakenneratkaisuiden vertailutalo. Tähän verrataan niin rakentamisessa syntyneitä kustannuksia kuin käytön aikana syntyneitä kustannuksia.

6.1 Normitalon tulokset

Rakenteiden puolesta normien mukainen talo on monen suosima vaihtoehto ja varmasti toimiva ratkaisu. Rakenteen ei ole kovin paksu mutta eristävyys on varsin hyvä. Kerrosalaksi on saatu 188,20 m² huoneistoalan pysyessä 171,5 m². Seinien viemä pinta-ala on 16,7 m² kerrosalasta (liite 1, s. 1). Rakennuksen vaipan pinta-ala on 566,5 m². Seinien viemä pinta-ala on 190,1 m² josta ikkunoiden ja ovien viemä pinta-ala on 30 m². Yläpohjan sekä alapohjan pinta-alat ovat 188,2 m².

Lämmitettävä tilavuus on 595,6 m³ huonekorkeuden ollessa 2500 mm. Kokonaispituus on 20,75 m ja leveys 9,07 m. Hintaa tällaiselle rakenteelle ja näille neliöille kertyy vielä varsin maltilliset 80 492 € (sis. alv.). Tässä ovat mukana työ ja tarvikkeet sekä rahti.

Taulukko 45. Normitalon rakentamiskustannukset

| | € |
|-----------------------|--------------|
| Materiaalit yhteensä | 53763 |
| Työt yhteensä | 24417 |
| Rahtikulut yhteensä | 2313 |
| Kulut Yhteensä | 80492 |

Energiakustannukset vuotta kohden ovat 1840 € (sis. alv.). Sähkön hintatiedot ovat peräisin Pohjois-Karjalan sähköltä. Talon koko. 171,5 m², huomioon ottaen ne ovat varsin maltilliset. Tämä johtuu lämmitystavan valinnasta, maalämmöstä sekä varaavasta tulisi-

jasta. Taulukossa 46 on esitetty vuotuiset energiakulut yhtä vuotta kohden ja taulukossa 47 on energiakulut 20 vuotta kohden.

Taulukko 46. Energian kulutus, 1 vuosi

| | kWh | € |
|-----------------|--------------|-------------|
| Ostosähkö | 12396 | 1690 |
| Puut | 3334 | 150 |
| Yhteensä | 15730 | 1840 |

Taulukko 47. Energian kulutus, 20 vuotta

| | kWh | € |
|-----------------|---------------|--------------|
| Ostosähkö | 247920 | 33800 |
| Puut | 66680 | 3000 |
| Yhteensä | 314600 | 36800 |

6.2 Villalla eristetyn matalaenergiatalon tulokset

Villaeristeinen matalaenergiatalo lisää jo kerrosalaa jonkin verran. Kerrosalaksi tulee 194,2 m² (liite 1, s. 2) mikä on vielä kohtuullinen verrokki rakenteeseen verrattuna. Lisäystä tulee kerrosalaan tasan 6 m², mutta täytyy muistaa että kaikki tämä on ulkoseini- en viemää pinta-alaa. Rakennuksen vaipan pinta-ala on 587,1 m². Seinien viemä pinta-ala on 198,7 m², josta ikkunoiden ja ovien viemä pinta-ala on 30 m². Yläpohjan sekä alapohjan pinta-alat ovat 194,2 m².

Lämmitettävä tilavuus nousee 635,8 m³:iin. Lämmitettävä tilavuus nousee 40,3 m³ verrokkirakenteeseen nähden. Kokonaispituus on 20,95 m ja leveys 9,27 m. Hintaa tälle rakenteelle kertyy 89 666 € (sis. alv.). Eroa kertyy 9174 € normien mukaiseen pientaloon verrattuna.

Taulukko 48. Matalaenergiatalon rakentamiskustannukset

| | € |
|-----------------------|--------------|
| Materiaalit yhteensä | 62141 |
| Työt yhteensä | 24864 |
| Rahtikulut yhteensä | 2661 |
| Kulut Yhteensä | 89666 |

Energiakustannukset vuotta kohden ovat 1721 € (sis. alv.). Sähkön hintatiedot ovat peräisin Pohjois-Karjalan sähköltä. Energiakulut laskevat lämmityksen vaatiman energianlaskun vuoksi noin 6,5 % normien mukaisesti rakennettuun pientaloon verrattuna. Taulukossa 49 on esitetty vuotuiset energiakulut yhtä vuotta kohden ja taulukossa 50 on energiakulut 20 vuotta kohden.

Taulukko 49. Energian kulutus, 1 vuosi

| | kWh | € |
|-----------------|--------------|-------------|
| Ostosähkö | 11394 | 1571 |
| Puut | 3334 | 150 |
| Yhteensä | 14728 | 1721 |

Taulukko 50. Energian kulutus, 20 vuotta

| | kWh | € |
|-----------------|---------------|--------------|
| Ostosähkö | 227880 | 31420 |
| Puut | 66680 | 3000 |
| Yhteensä | 294560 | 34420 |

Kahdenkymmenen vuoden ajanjaksolla tarkasteltuna villalla eristetty matalaenergiatalo tulee noin 5,8 % kalliimmaksi kuin normien mukaisesti eristetty pientalo.

6.3 Villalla eristetyn passiivitalon tulokset

Villaeristeiseen passiivitaloon tulee lisää kerrosalaa reilusti normien mukaiseen pientaloon verrattuna. Kerrosalaksi tulee 196,6 m² (liite 1, s. 3). Lisäystä tulee kerrosalaan tasan 8,4 m². Rakennuksen vaipan pinta-ala on 605,5 m². Seinien viemä pinta-ala on

212,1 m², josta ikkunoiden ja ovien viemä pinta-ala on 30 m². Yläpohjan sekä alapohjan pinta-alat ovat 196,6 m².

Lämmitettävä tilavuus nousee 688,1 m³:iin. Lämmitettävä tilavuus nousee 92,5 m³ verrokkirakenteeseen nähden. Kokonaispituus on 21,03 m ja leveys 9,35 m. Hintaa tälle rakenteelle kertyy 98 102 € (sis. alv.). Eroa kertyy 17 610 € normien mukaiseen pientaloon verrattuna.

Taulukko 51. Passiivitalon rakentamiskustannukset

| | € |
|-----------------------|--------------|
| Materiaalit yhteensä | 68844 |
| Työt yhteensä | 26115 |
| Rahtikulut yhteensä | 3144 |
| Kulut Yhteensä | 98102 |

Energiakustannukset vuotta kohden ovat 1616 € (sis. alv.). Sähkön hintatiedot ovat peräisin Pohjois-Karjalan sähköltä. Energiakulut laskevat lämmityksen vaativan energian laskun vuoksi noin 12 % normien mukaisesti rakennettuun pientaloon verrattuna. Taulukossa 52 on esitetty vuotuiset energiakulut yhtä vuotta kohden ja taulukossa 53 on energiakulut 20 vuotta kohden.

Taulukko 52. Energian kulutus, 1 vuosi

| | kWh | € |
|-----------------|--------------|-------------|
| Ostosähkö | 10 511 | 1466 |
| Puut | 3334 | 150 |
| Yhteensä | 13845 | 1616 |

Taulukko 53. Energian kulutus, 20 vuotta

| | kWh | € |
|-----------------|---------------|--------------|
| Ostosähkö | 210220 | 29320 |
| Puut | 66680 | 3000 |
| Yhteensä | 276900 | 32320 |

Kahdenkymmenen vuoden ajanjaksolla tarkasteltuna villalla eristetty passiivitalo tulee noin 11,2 % kalliimmaksi kuin normien mukaisesti eristetty pientalo.

6.4 SPU-eristeisen matalaenergiatalon tulokset

SPU-eristeisen matalaenergiatalon kerrosalaksi tulee 189,1 m² (liite 1, s. 4). Lisäystä tulee kerrosalaan tasan 0,9 m². Rakennuksen vaipan pinta-ala on 568,6 m². Seinien viemä pinta-ala on 190,4 m², josta ikkunoiden ja ovien viemä pinta-ala on 30 m². Yläpohjan sekä alapohjan pinta-alat ovat 189,1 m².

Lämmitettävä tilavuus nousee 623,2 m³:iin. Lämmitettävä tilavuus nousee 27,6 m³ verrokkirakenteeseen nähden. Kokonaispituus on 20,78 m ja leveys 9,10 m. Hintaa tälle rakenteelle kertyy 95 935 € (sis. alv.). Eroa kertyy 15 443 € normien mukaiseen pientaloon verrattuna.

Taulukko 54. SPU-eristeisen matalaenergiatalon rakentamiskustannukset

| | € |
|-----------------------|--------------|
| Materiaalit yhteensä | 66939 |
| Työt yhteensä | 26399 |
| Rahtikulut yhteensä | 2598 |
| Kulut Yhteensä | 95935 |

Energiakustannukset vuotta kohden ovat 1732 € (sis. alv.). Sähkön hintatiedot ovat peräisin Pohjois-Karjalan sähköltä. Energiakulut laskevat lämmityksen vaativan energian laskun vuoksi noin 6 % normien mukaisesti rakennettuun pientaloon verrattuna. Taulukossa 55 on esitetty vuotuiset energiakulut yhtä vuotta kohden ja taulukossa 56 on energiakulut 20 vuotta kohden.

Taulukko 55. Energian kulutus, 1 vuosi

| | kWh | € |
|-----------------|--------------|-------------|
| Ostosähkö | 11480 | 1582 |
| Puut | 3334 | 150 |
| Yhteensä | 14814 | 1732 |

Taulukko 56. Energian kulutus, 20 vuotta

| | kWh | € |
|-----------------|---------------|--------------|
| Ostosähkö | 229600 | 31640 |
| Puut | 66680 | 3000 |
| Yhteensä | 296280 | 34640 |

Kahdenkymmenen vuoden ajanjaksolla tarkasteltuna SPU-eristetty matalaenergiatalo tulee noin 11,3 % kalliimmaksi kuin normien mukaisesti eristetty pientalo.

6.5 SPU-eristeisen passiivitalon tulokset

SPU-eristeisen passiivitalon kerrosalaksi tulee 193,9 m² (liite 1, s. 5). Lisäystä tulee kerrosalaan tasan 5,7 m². Rakennuksen vaipan pinta-ala on 592,5 m². Seinien viemä pinta-ala on 204,7 m², josta ikkunoiden ja ovien viemä pinta-ala on 30 m². Yläpohjan sekä alapohjan pinta-alat ovat 193,9 m².

Lämmitettävä tilavuus nousee 668,9 m³:iin. Lämmitettävä tilavuus nousee 73,3 m³ verrokkirakenteeseen nähden. Kokonaispituus on 20,94 m ja leveys 9,26 m. Hintaa tälle rakenteelle kertyy 107 591 € (sis. alv.). Eroa kertyy 27 099 € normien mukaiseen pientaloon verrattuna.

Taulukko 57. SPU-eristeisen passiivitalon rakentamiskustannukset

| | € |
|-----------------------|---------------|
| Materiaalit yhteensä | 78595 |
| Työt yhteensä | 26399 |
| Rahtikulut yhteensä | 2598 |
| Kulut Yhteensä | 107591 |

Energiakustannukset vuotta kohden ovat 1613 € (sis. alv.). Sähkön hintatiedot ovat peräisin Pohjois-Karjalan sähköltä. Energiakulut laskevat lämmityksen vaativan energian laskun vuoksi noin 13 % normien mukaisesti rakennettuun pientaloon verrattuna. Taulukossa 58 on esitetty vuotuiset energiakulut yhtä vuotta kohden ja taulukossa 59 on energiakulut 20 vuotta kohden.

Taulukko 58. Energian kulutus, 1 vuosi

| | kWh | € |
|-----------------|--------------|-------------|
| Ostosähkö | 10486 | 1463 |
| Puut | 3334 | 150 |
| Yhteensä | 13820 | 1613 |

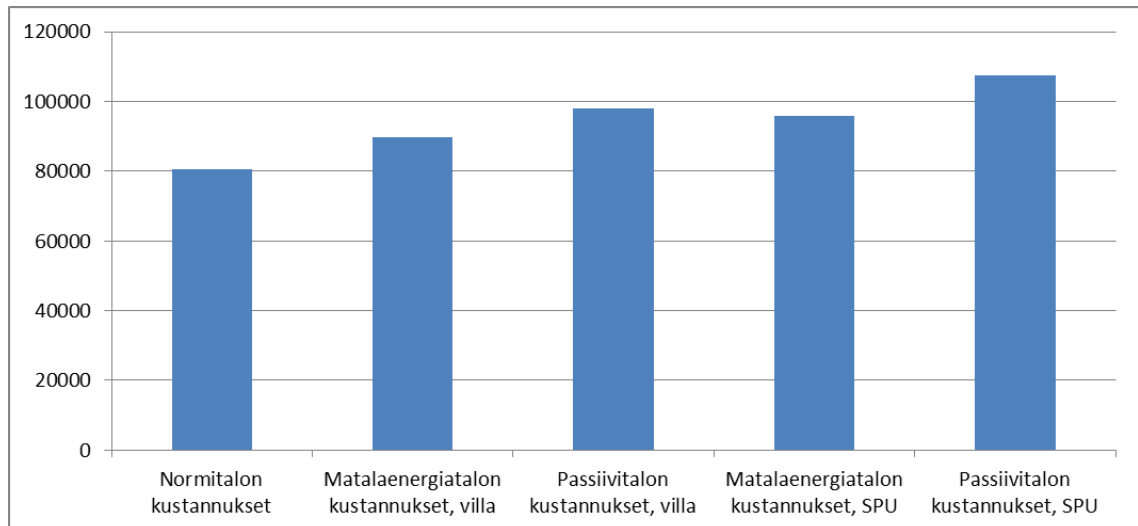
Taulukko 59. Energian kulutus, 20 vuotta

| | kWh | € |
|-----------------|---------------|--------------|
| Ostosähkö | 209720 | 29260 |
| Puut | 66680 | 3000 |
| Yhteensä | 276400 | 32260 |

Kahdenkymmenen vuoden ajanjaksolla tarkasteltuna SPU-eristetty passiivitalo tulee noin 19,2 % kalliimmaksi kuin normien mukaisesti eristetty pientalo.

7 Tulosten vertailu

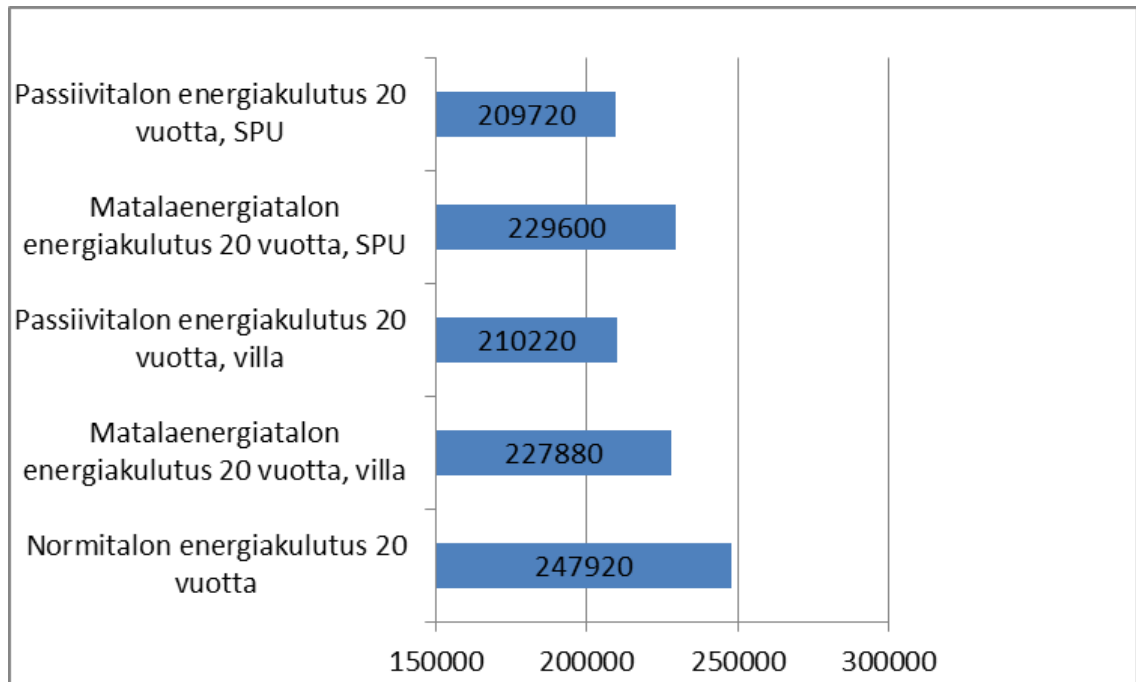
Erilaiset rakenteet seinissä, alapohjissa ja yläpohjissa aiheuttavat eroja rakennuksen kerrosaloihin, vaipan pinta-aloihin, työ- ja materiaalikustannuksiin sekä lopulta käyttön-aikaisiin energiakuluihin. Paremmiin lämpöeristetty rakenne maksaa enemmän mutta lämmityskuluihin vaikutus on päinvastainen.



Kuva 16. Rakentamiskustannukset

Pelkästään rakentamiskustannuksia katsomalla valinta osuu normien mukaiseen pientaloon. Hinta on 80 000 € ja eroa passiivitaloihin kertyy jopa 27 000 €. Matalaenergiataloon hintaeroa kertyy lähes 10 000 €.

Lämmityskulut mukaan otettaessa hintataso hieman tasoittuu. Normien mukaisesti rakennettu pientalo kuluttaa 20 vuoden käytön aikana sähköä 247 920 kWh joka tekee nykyisellä sähköhintatasolla 33 800 €. (PKS 5/2014) Matalaenergiatalo kuluttaa 227 880 kWh joka on noin 20 000 kWh vähemmän ja tekee euroissa 2 380 €. Passiivitalo kuluttaa sähköä samassa ajassa 210 220 kWh ja se tekee euroissa 4 480 € vähemmän kuin normien mukaisesti rakennettu pientalo.



Kuva 17. Sähkön kulutus, 20 vuotta

Työkustannuksissa on erilaisten rakennusratkaisujen tuomia eroja. Mitä enemmän joudutaan asentamaan eristelevyjä, sitä enemmän kuluu aikaa. Levyristeiden asennus onkin yksi työaikaan vaikuttavista töistä, etenkin SPU-eristeisissä rakennuksissa levyjen saumaus tuo lisää työtä. Taulukossa 60 on esitetty työhön menevät ajat eri rakenteilla.

Taulukko 60. Työvuorot eri rakennusratkaisuilla

| | Nomitalo | Matalaenergia talo | Passiivitalo | Matalaenergia talo SPU | Passiivitalo SPU |
|------------|----------|--------------------|--------------|------------------------|------------------|
| Työaika tv | 49,27 | 50,17 | 52,69 | 53,27 | 53,27 |

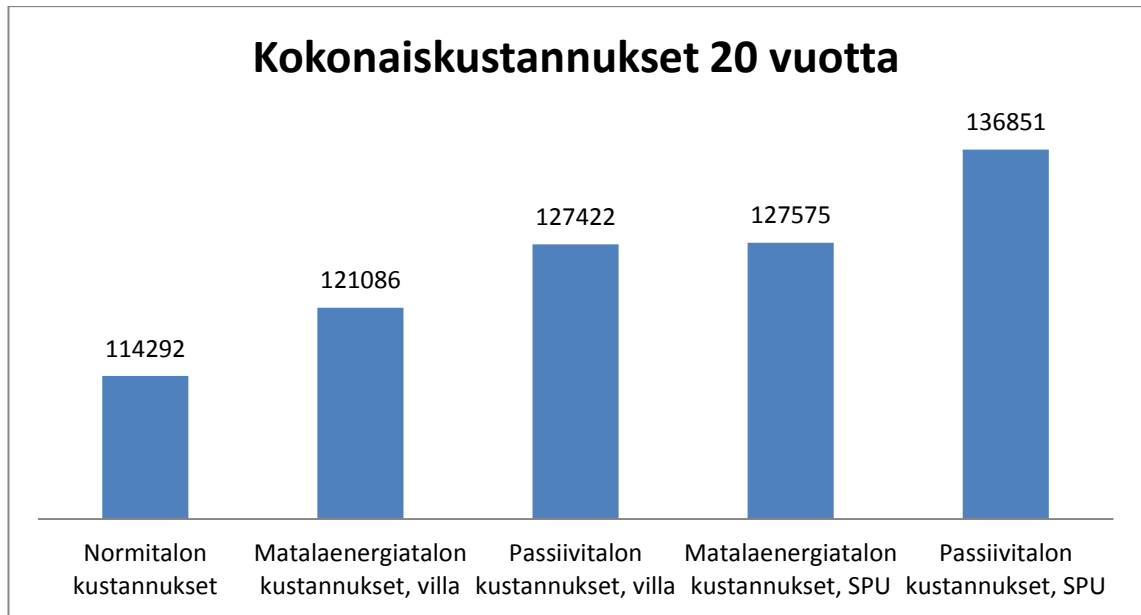
Aikaa menee rakenteista riippuen 49 työvuorosta 54 työvuoroon jos suurempia odotusaikoja ei tule työn edessä. Hintaeroa työnosalta kertyy noin 2 000 € rakennusratkaisusta riippuen. Yllä oleviin työvuoroihin on hyvä ottaa jokunen päivä ylimääräistä aikatauluun kuivumisaikojen ja erilaisten erikoistöiden takia. Työvuorojen määrät ovat kuitenkin melko lähellä toisiaan joten tuskin valinta rakennettavan talon rakennetyypistä kaa-tuu rakentamiseen käytettävään aikaan. Työvuorot ovat kuitenkin viiden työvuoron sisällä toisistaan, käytännössä viikon. Yksi viikko tuskin on ratkaiseva tekijä rakennusratkaisun valinnassa.

Taulukossa 61 on esitetty mittoihin, pinta-aloihin ja tilavuuksiin tulevat muutokset käytettäessä erilaisia rakennratkaisuja. Osa eroista ei ole suuria toisiinsa verrattuna mutta useamman mitan muuttuessa esimerkiksi tilavuudet ja pinta-alat kasvavat nopeasti.

Taulukko 61. Rakenteiden aiheuttamat erot

| | Normita- lo | Matalaenergia talo | Passiivitalo | Matalaener- gia talo SPU | Passiivita- lo SPU |
|---|------------------------|-------------------------------|---------------------|-------------------------------------|-------------------------------|
| Pituus, m | 20,75 | 20,95 | 21,03 | 20,78 | 20,94 |
| Leveys, m | 9,07 | 9,27 | 9,35 | 9,10 | 9,26 |
| Ker- rosala, m² | 188,2 | 194,20 | 196,60 | 189,10 | 193,90 |
| Tilavuus, m³ | 595,6 | 635,80 | 688,10 | 623,20 | 668,90 |
| Vaipan ala, m² | 566,5 | 587,1 | 605,5 | 568,6 | 592,5 |
| Hinta, € | 80 492 | 89 666 | 98 102 | 95 935 | 107 591 |

Tässä työssä vastaan tulleiden tietojen perusteella kokonaisedullisimmaksi ratkaisuksi 20 vuoden ajanjaksolla tulee normienmukaisesti rakennettu pientalo. Lämmityskuluissa ei tule säästöä niin paljon että paremmin lämpöeristetty rakenne maksaisi itsensä takaisin tällä ajanjaksolla. Jos huomioon pystyisi ottamaan energian hinnannousun ja sähkönsiirron hinnannousun, tuloksena voisi olla joku aivan joku muu ratkaisu. Mutta hintoja on mahdoton tietää etukäteen, vain se että ne nousevat, on varmaa. Se, kuinka paljon ja milloin, on arvailujen varassa joten tässä on tyytyminen nykyhintoihin ja niiden avulla laskettuihin kustannuksiin. Kuva 18 kertoo kokonaiskustannuksien määrän 20 vuoden ajanjaksolla. Siihen sisältyy rakentamiskustannukset siltä osin kuin ne on tässä työssä laskettu sekä sähköenergian kustannukset 20 vuoden ajalta nykyisellä hintatasolla laskettuna.



Kuva 18. Kokonaiskustannukset 20 vuoden aikana

Täytyy kuitenkin muistaa että tässä työssä ei ole otettu kantaa erilaisiin lämmitysratkaisuihin. Erilainen lämmitysmuoto voi antaa aivan erilaisen tuloksen kuin tässä vertailussa käytetty maalämpö. Lämmitysmuoto vaikuttaa myös E-lukuun. Jos valittu lämmitysmuoto olisi ollut uusiutuvalla energialla tuotettu, esimerkiksi puukattilalla, olisi E-luku ollut paljon pienempi ja rakennukset olisivat sijoittuneet parempaan energialuokkaan. Suora sähkölämmitys taas olisi tiputtanut energialuokkaa ja E-luku olisi noussut. Normien mukaisesti rakennettu pientalo ei olisi saanut edes rakennuslupaa ilman parannuksia rakennusosien lämmöneristyksessä. Ikkunat ja ovet olisi pitänyt olla paremmilla U-arvoilla ja yläpohjaan parempi lämmöneristys.

Lisälämmönlähteenä olevat ratkaisut voivat tuoda säästöä lämmityskuluihin ja samalla lisätä kustannuksia rakentamisvaiheessa. Aurinkopaneeleilla olisi voinut lämmittää käyttövettä mutta ne olisivat tuoneet lisäkuluja rakentamisvaiheessa. Ilmalämpöpumpulla olisi voinut lämmittää ja jäähdyttää rakennusta keväästä syksyyn mutta toisaalta, tässä tapauksessa lämmitys hoidetaan jo lämpöpumpulla. Varaavaa tulisijaa useammin lämmittämällä saa helpon ja edullisimmin säästöjä sähkölaskuun. E-luku -laskurissa otetaan kuitenkin vain osa tulisijan antamasta hyödystä huomioon ja laskennallisesti puuta poltetaan vain 2,5 pinokuutiota vuodessa. Todellisuudessa puuta menee kolmin-, ellei jopa nelinkertaisesti laskennassa käytettyyn määrään nähden käyttäjästä riippuen. Kuluja ei itse tulisijasta olisi tullut koska se on jo hankittu, ainoastaan polttopuut tuovat lisäkuluja.

8 Pohdinta

Tämä opinnäytetyö syntyi omasta mielenkiinnosta pientalorakentamiseen ja kustannusten syntyyn. Kustannuksia on varmasti vertailtu kautta aikain ja usein mutta ajat muuttuvat ja samoin materiaalien ja työn hinnat. Talon pohja on suunniteltu itselleni ja kustannuksien synty kiinnostaa juuri tälle kyseiselle pohjaratkaisulle erityisesti. Talon pohjakuva löytyy liitteistä (Liite 1, sivut 1-5). Itse pystyn hyödyntämään tehtyä opinnäytetyötä tulevaisuudessa jatkamalla kustannusten ja materiaalien laskemista omien vaatimusteni pohjalta. Varmasti muutkin saavat hyödynnettyä erilaisten rakenneratkaisujen vertailua omiin projekteihinsa.

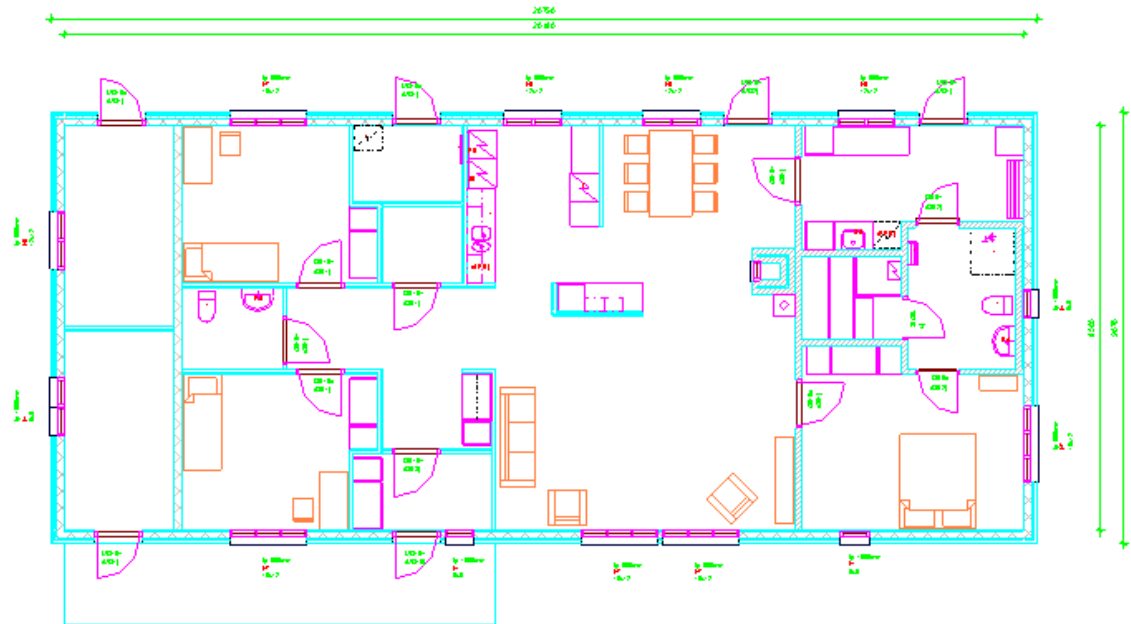
Aikaa tällainen vertailu ottaa mutta antaa hyvän kuvan sekä materiaalien menekeistä ja hinnoista kuin työmenekeistä jotka perustuvat suoraan Rakennustöiden menekit 2010-kirjaan. (Talonrakennusteollisuus ry. Rakennustöiden menekit 2010) Toisaalta taas kun tällaisen työn tekee kertaalleen vaikka Excelille, on sama pohja käytettävissä uudelleen toisissa kohteissa. Hinnat ja määrät muuttamalla ohjelma laskee suoraan tarvittavat materiaalmäärät ja syntyvät kustannukset. Pientalo kohteissa on täysin perusteltua jopa käyttää nykyisin lähes jokaiselta löytyvää toimisto-ohjelmaa tällaiseen laskelmaan, ainakin hintatasoa määriteltäessä. Tietysti jos käytössä on vaikka Klara.net-ohjelma niin sieltä saa varmasti nopeammin samat tiedot kuin tässä työssä verkkokaupoista etsimällä ja taulukkolaskentaohjelmalla tehtäessä. Eri asia on sitten suurissa kerrostalo- ja rivitalokohteissa joissa on jo rakentamassa suurehkoja yritykset ja kohteita lasketaan miltei jatkuvasti. Silloin on varmasti oikea ratkaisu investoida maksulliseen laskentaohjelmaan. Suurissa kohteissa taulukkolaskentaohjelma ei ole oikea ratkaisu, mieluummin käytetään vaikka Klara.net-ohjelmaa tai jotain muuta vastaavaa ohjelmaa.

Jatkoa tälle työlle on helppo kehitellä. Rakenneratkaisuja on lisää joille voisi laskea määrät ja kustannukset. Osa on tosin sellaisia, joihin tulee esimerkiksi runko valmiina tehtaalta, hirsirunko esimerkkinä mainiten. Samoin harkkotalon kustannuslaskelma voisi olla hyvä lisä tälle työlle. Arvatenkin silloin hinnat nousevat tässä työssä esitellyistä korkeammaksi mutta rakenne yksinkertaistuu ja rakenteen toiminta on varmempaa nykyisillä eristysvaatimuksilla.

Energialaskelmilla ja tarvittavilla talotekniikan laitteistojen kustannuksilla on tästä hyvä jatkaa työtä. Lämpö, vesi ja ilma tämänkokoiseen rakennukseen tuottavat oman työnsä ja vaativatkin oman alansa asiantuntijan suunnittelemaan järjestelmän.

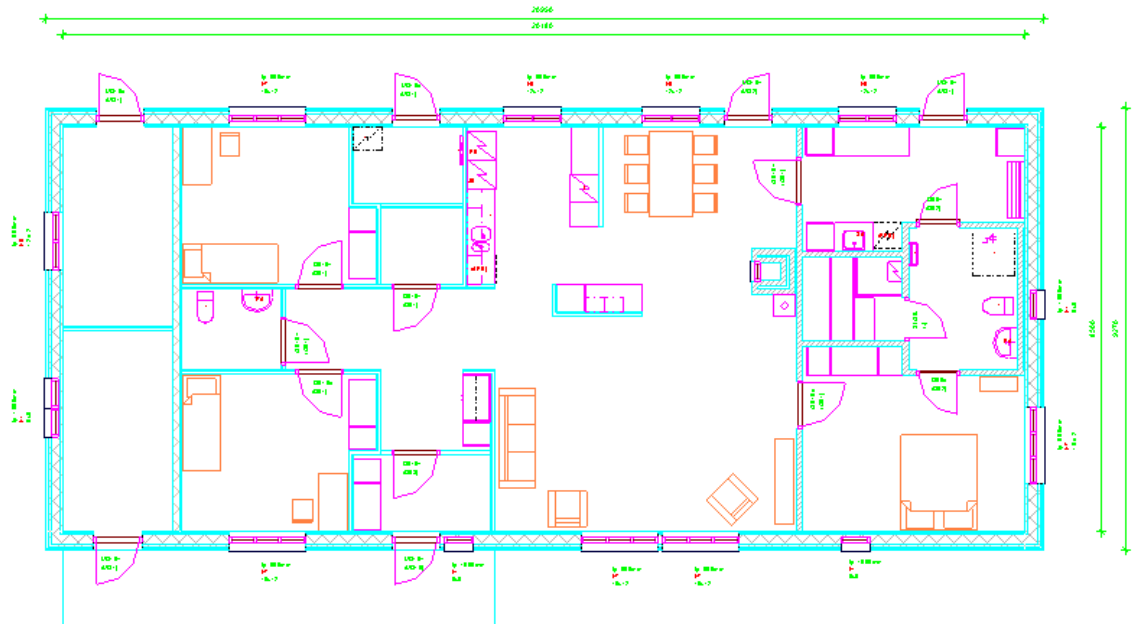
Lähteet

- Paroc Group Oy. Ratkaisut ja Tuotteet/Harjakatot. 2014
<http://www.paroc.fi/ratkaisut-tuotteet/ratkaisut/katot-ylapohjat/harjakatot>
 10.4.2014
- Paroc Group Oy. Ratkaisut ja Tuotteet/Ulko- ja väliseinät. 2014
<http://www.paroc.fi/ratkaisut-tuotteet/ratkaisut/ulko-ja-valiseinat>
 10.4.2014
- ThermiSol Oy. Rakennekuvat/Maanvastainen alapohja. 2014
<http://www.thermisol.fi/materiaalipankki/rakennekuvat.html>
 10.4.2014
- Energiatehokas Koti – hanke. 30.10.2013
http://www.energiatehokaskoti.fi/perustietoa/hyva_tietaa/suuntaa-antavia_ohjevoja 11.4.2014
- Saint-Gobain Rakennustuotteet Oy. Passiivitalorakenteet/Ulkoseinä. 2014
<http://www.isover.fi/passiivitalo/passiivitalorakenteet/ulkoseina-us1>
 11.4.2014
- Saint-Gobain Rakennustuotteet Oy. Passiivitalorakenteet/Yläpohja. 2014
<http://www.isover.fi/passiivitalo/passiivitalorakenteet/ylapohja-yp1>
 11.4.2014
- Spu Oy. Suunnittelu/Detaljikirjasto/ulkoseinät. 2014
<http://www.spu.fi/suunnittelu/detaljikirjasto/ulkoseinat/> 12.4.2014
- Spu Oy. Suunnittelu/Detaljikirjasto/katot/yläpohjat. 2014
<http://www.spu.fi/suunnittelu/detaljikirjasto/katot-ylapohjat/> 12.4.2014
- Talonrakennusteollisuus ry. Rakennustöiden menekit 2010
 4 Muuraus ja kivityöt
- Talonrakennusteollisuus ry. Rakennustöiden menekit 2010
 5 Puutyöt
- Talonrakennusteollisuus ry. Rakennustöiden menekit 2010
 6 Eristys ja saumaustyöt
- Talonrakennusteollisuus ry. Rakennustöiden menekit 2010
 7 Pintatyöt
- Saint-Gobain Rakennustuotteet Oy/D.O.F. tech Oy. E-luku -laskuri. 2014
www.laskentapalvelut.fi
- Pohjois-Karjalan sähkö. Sähköenergian hintatiedot ja sähkönsiirron hintatiedot.
www.pks.fi. 18.5.2014.
- Ympäristöministeriö. Maankäyttö ja rakentaminen. 9.4.2014.
http://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Rakentamismaarayskokoelma. 18.5.2014



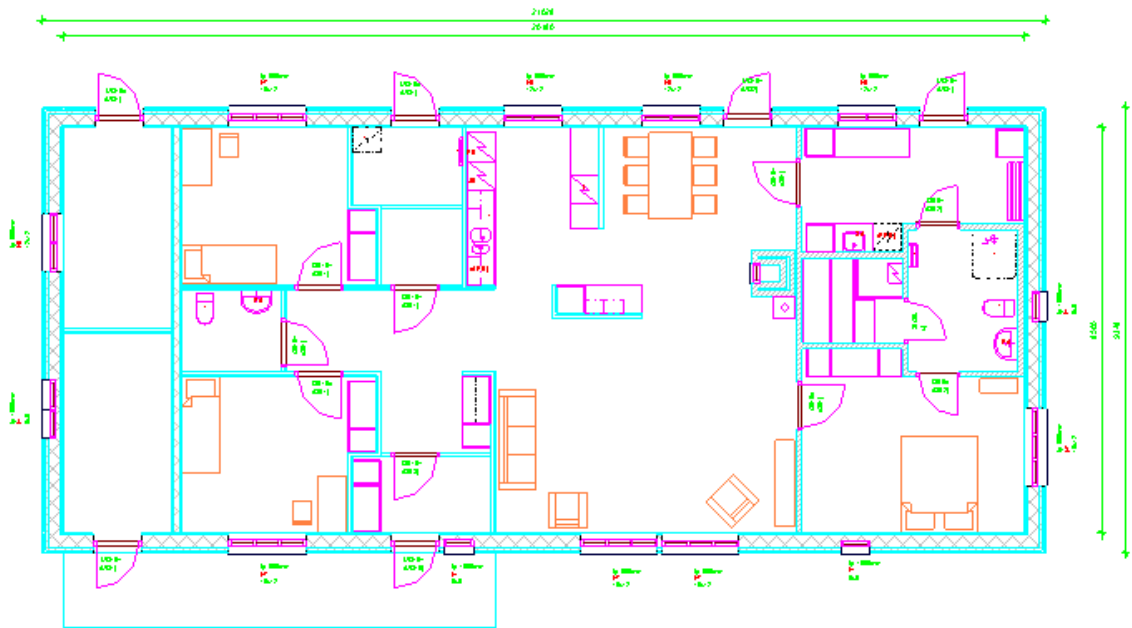
Normitalo, villaeristys. Kuvan perusteella kerrosalaksi on saatu 188,20 m² huoneistoalan pysyessä 171,5 m². Seinien viemä pinta-ala on 16,7 m². Lämmitettävät neliöt on 184,2 m² ja kuutiot 595,6 m³ huonekorkeuden ollessa 2500 mm. Rakennuksen vaipan pinta-ala on 566,5 m². Seinien viemä pinta-ala on 190,1 m² josta ikkunoiden ja ovien viemä pinta-ala on 30 m². Yläpohjan sekä alapohjan pinta-alat ovat 188,2 m².

Kokonaispituus on 20,75 m ja leveys 9,07 m.



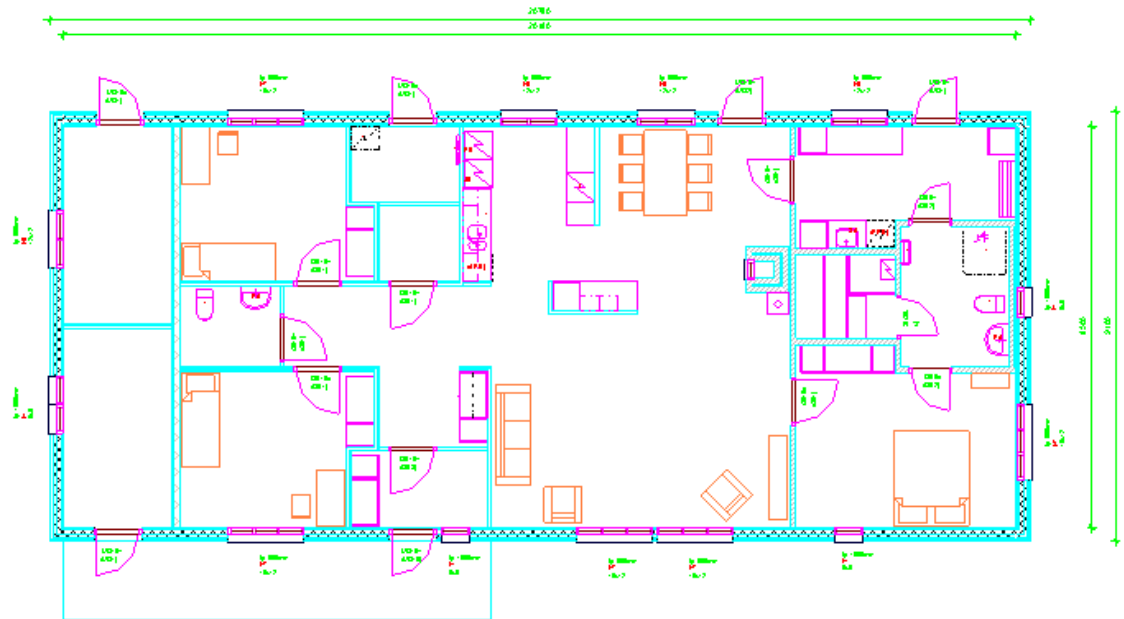
Matalaenergia talo, villaeristys. Kuvan perusteella kerrosalaksi on saatu 194,20 m² huoneistoalan pysyessä 171,5 m². Seinien viemä pinta-ala on 22,7 m². Lämmitettävät neliöt on 190,2 m² ja kuutiot 635,8 m³ huonekorkeuden ollessa 2500 mm. Rakennuksen vaipan pinta-ala on 587,1 m². Seinien viemä pinta-ala on 198,7 m², josta ikkunoiden ja ovien viemä pinta-ala on 30 m². Yläpohjan sekä alapohjan pinta-alat ovat 194,2 m².

Kokonaispituus on 20,95 m ja leveys 9,27 m.



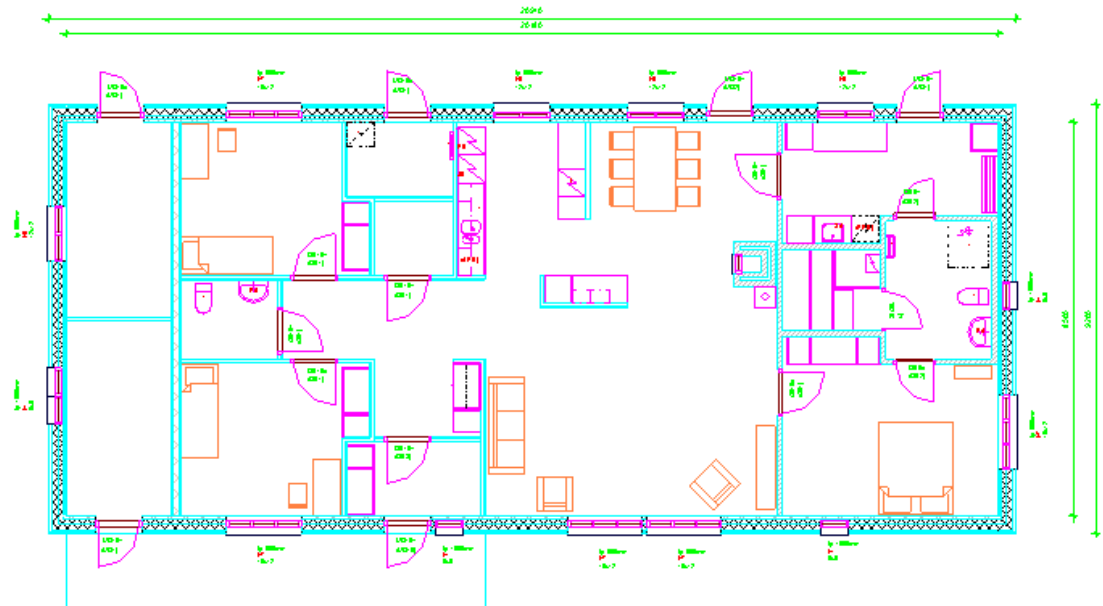
Passiivitalo, villaeristys. Kuvan perusteella kerrosalaksi on saatu 196,60 m² huoneistoalan pysyessä 171,5 m². Seinien viemä pinta-ala on 25,1 m². Lämmitettävät neliöt on 192,6 m² ja kuutiot 688,1 m³ huonekorkeuden ollessa 2500 mm. Rakennuksen vaipan pinta-ala on 605,5 m². Seinien viemä pinta-ala on 212,1 m², josta ikkunoiden ja ovien viemä pinta-ala on 30 m². Yläpohjan sekä alapohjan pinta-alat ovat 196,6 m².

Kokonaispituus on 21,03 m ja leveys 9,35 m.



Matalaenergiatalo, SPU-eristys. Kuvan perusteella kerrosalaksi on saatu 189,1 m² huoneistoalan pysyessä 171,5 m². Seinien viemä pinta-ala on 17,6 m². Lämmitettävät neliöt on 185,1 m² ja kuutiot 623,2 m³ huonekorkeuden ollessa 2500 mm. Rakennuksen vaipan pinta-ala on 568,6 m². Seinien viemä pinta-ala on 190,4 m², josta ikkunoiden ja ovien viemä pinta-ala on 30 m². Yläpohjan sekä alapohjan pinta-alat ovat 189,1 m².

Kokonaispituus on 20,78 m ja leveys 9,10 m.



Passiivitalo, SPU-eristys. Kuvan perusteella kerrosalaksi on saatu 193,90 m² huoneistoalan pysyessä 171,5 m². Seinien viemä pinta-ala on 22,4 m². Lämmitettävät neliöt on 189,9 m² ja kuutiot 668,9 m³ huonekorkeuden ollessa 2500 mm. Rakennuksen vaipan pinta-ala on 592,5 m². Seinien viemä pinta-ala on 204,7 m², josta ikkunoiden ja ovien viemä pinta-ala on 30 m². Yläpohjan sekä alapohjan pinta-alat ovat 193,9 m².

Kokonaispituus on 20,94 m ja leveys on 9,26 m.

Käsitteet

| | |
|-----------------------|---|
| Huoneistoala | Huoneistoala on ala, jota rajaavat toisaalta huoneistoa ympäröivien seinien, toisaalta huoneiston sisällä olevien kantavien ja muiden koko rakennukselle välttämättömien rakennusosien huoneiston puoleiset pinnat.(RT 12-11055, s. 6) |
| Kerrosala | Rakennuksen kerrosalaan luetaan kerrosten alat ulkoseinien ulkopinnan mukaan laskettuina ja se kellarikerroksen tai ullakon ala, johon sijoitetaan tai voidaan näiden tilojen sijainnista, yhteyksistä, koosta, valoisuudesta ja muista ominaisuuksista päätellen sijoittaa rakennuksen pääasiallisen käyttötarkoituksen mukaisia tiloja. Jos ulkoseinän paksuus on enemmän kuin 250 millimetriä, saa rakennuksen kerrosala ylittää muutoin rakennettavaksi sallitun kerrosalan tästä aiheutuvan pinta-alan verran.(MRL 115§) |
| Lämmitettävät kuutiot | Alapohjan eristeiden alapinnasta yläpohjan eristeiden yläpintaan ulottuva kerros laskettuna ulkoseinien tuulensuojan ulkopinnan mukaan. |
| U-arvo | Lämmönläpäisykerroin W/m ² K |
| Normitalo | U-arvo seinärakenteessa 0,17W/m ² K, yläpohjassa 0,09W/m ² K, maata vasten olevassa alapohjassa 0,16W/m ² K |
| Matalaenergiatalo | U-arvo seinärakenteessa 0,12W/m ² K, yläpohjassa 0,08W/m ² K, maata vasten olevassa alapohjassa 0,12W/m ² K tai laskennallisten lämpöhäviöiden tulisi olla enintään 85 % rakennukselle määritetystä vertailulämpöhäviöstä. |
| Passiivitalo | U-arvo seinärakenteessa 0,10W/m ² K, yläpohjassa 0,07W/m ² K, maata vasten olevassa alapohjassa 0,10W/m ² K |

E-luku Energiamuotojen kertoimilla painotettua rakennuksen vuotuista ostoenergian laskennallista kulutusta, joka on laskettu lämmitettyä nettoalaa kohden.

Energiamuodon kerroin

Energiamuodon kerroin ottaa huomioon rakennuksen käyttämän energian tuotantotavan. Sähköllä tämä kerroin on 1,7 ja puulla 0,5.