

Kimmo Harju-Heikkilä

## **Omakotitalon rakenteiden ja U-arvojen muutokset**

Opinnäytetyö

Syksy 2016

SeAMK Tekniikka

Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma

**SeAMK** 

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU  
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

## Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Tekniikan yksikkö

Tutkinto-ohjelma: Rakennusalan työnjohdon tutkinto-ohjelma

Tekijä: Kimmo Harju-Heikkilä

Työn nimi: Omakotitalon rakenteiden ja U-arvojen muutokset

Ohjaaja: Petri Koistinen

Vuosi: 2016

Sivumäärä: 43

Liitteiden lukumäärä: 3

---

Tässä opinnäytetyössä tehtiin rakenteiden ja U-arvojen vertailua. Tavoitteena oli osoittaa, miten paljon rakenteet vuosikymmenien aikana ovat muuttuneet ja paljonko kalliimmaksi passiivitalon rakenteet tulivat.

Aihe rajattiin omakotitaloihin. Vertailua rakenteista ja U-arvovaatimuksista tehtiin 70-luvun omakotitalosta aina nykyisiin passiivirakenteiseen omakotitaloon saakka. Opinnäytetyössä esitettiin kunkin vuosikymmenen omakotitalojen U-arvovaatimuksia ja yleisimpiä rakenteita, joilla niihin päästiin. Työssä myöskin kerrottiin nykyisten ovien ja ikkunoiden U-arvovaatimuksia ja ominaisuuksia. Lisäksi vertailtiin yleisimpien eristemateriaalien ominaisuuksia ja käyttökohteita, yleisimpiä lämmitysmuotoja ja aurinkoenergiaratkaisujen hyödyntämistä omakotitaloissa.

Viimeisenä osiona opinnäytetyössä tehtiin hintavertailua passiivitalon ja normaalin, vaatimukset täyttävän omakotitalon rakenteista. Vertailussa keskityttiin talon niihin osiin, joissa tuli kustannuseroja, eli ulkoseiniin ja ylä- ja alapohjarakenteisiin. Osi-ossa esitettiin opinnäytetyön tekijän oma hinta-arvio kustannuksien erosta. Siitä kävi ilmi, miten paljon kalliimmaksi passiivirakenteinen omakotitalo tuli verrattuna normaalirakenteeseen.

Avainsanat: lämmön johtuminen, runkorakenteet, passiivitalot, lämmöneristys

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

## **Thesis abstract**

Faculty: School of Technology

Degree programme: Construction Site Management

Specialisation: Building Construction

Author/s: Kimmo Harju-Heikkilä

Title of thesis: Changes of family house structures and U-values

Supervisor(s): Petri Koistinen

Year: 2016

Number of pages:43

Number of appendices:3

---

In this thesis made compare the structures and U-values. The aim was to show how much the structures have changed over the decades and how much more expensive passive structures did come.

Subject was limited to single-family houses. The comparison of the structures and the U-value requirements was made all the way in the 70's family house till the modern passive house. The thesis presented family houses at each decades. There were presented U-value requirements and the most common structures how to reach those values. Work also tells the doors and windows U-value requirements and features at the moment. Furthermore compared the most common insulation materials and the most common applications of the heating and solar energy solutions for family houses.

Finally there were made price comparison between normal family house and the passive house structures. It focused those parts of the building, which make a price differences. Like exterior walls, upper-, and base floor structures. The section presented the thesis author's own estimate of the price-cost difference. It showed how much more expensive passive house became, compared to the normal structure family house.

Keywords: U-value, wall construction, passive house, thermal insulation

## SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	2
Thesis abstract.....	3
SISÄLTÖ.....	4
Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo.....	6
Käytetyt termit ja lyhenteet.....	8
1 JOHDANTO.....	9
2 RAKENNUKSEN VAIPAN LÄMMÖNERISTYSVAATIMUKSET ....	10
2.1 U-arvo.....	10
2.2 Nykyiset U-arvovaatimukset.....	10
2.3 Ovet ja ikkunat.....	12
3 YLEISIMMÄT ERISTEMATERIAALIT JA NIIDEN OMINAISUUDET	
.....	14
3.1 Mineraalivilla.....	14
3.2 EPS-eristeet (styrox).....	15
3.3 XPS-eristeet.....	15
3.4 Polyuretaanieristeet.....	16
3.5 Lämmöneristyskyky.....	17
4 PIENTALORAKENTAMISEN KEHITYS.....	18
4.1 70-luku.....	18
4.2 80-luku ja esimerkkirakenteita.....	19
4.3 90-luku ja esimerkkirakenteita.....	20
4.4 2000-Luku.....	21
4.5 Passiivitalot.....	22
5 YLEISIMMÄT LÄMMITYSMUODOT OMAKOTITALOISSA JA	
ENERGIANKULUTUKSEN JAKAUTUMINEN.....	24
5.1 Lämmitysjärjestelmät.....	24
5.2 Aurinkoenergiesovelluksia omakotitaloihin.....	25
5.2.1 Aurinkokeräimet.....	26
5.2.2 Aurinkokennot.....	26

6 PASSIIVI- JA NORMITALON VERTAILU.....	28
6.1 Passiivi- ja normitalon vaatimukset .....	28
6.2 Passiivi- ja normitalon kustannusvertailu .....	29
6.2.1 Ulkoseinärakenteet .....	30
6.2.2 Yläpohja .....	32
6.2.3 Alapohja .....	33
6.2.4 Ovet ja ikkunat .....	35
6.2.5 Työkustannuksia .....	35
6.2.6 Lämmitys- ja ilmanvaihtolaitteisto .....	36
6.2.7 Yhteensä.....	36
7 YHTEENVETO.....	38
LÄHTEET .....	40
LIITTEET .....	43

## Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuva 1. Esimerkkirakenne .....	11
Kuva 2. Mineraalivilla .....	14
Kuva 4. Styrox.....	15
Kuva 3. XPS-eriste.....	16
Kuva 5. Polyuretaanilevy .....	17
Kuva 6. Eristeiden ominaisuuksia .....	17
Kuva 7. U-arvot .....	18
Kuva 8. Valesokkeli.....	19
Kuva 9. 80-luvun esimerkkirakenne .....	20
Kuva 10. 90-luvun talon rakenne .....	21
Kuva 11. Perustukset 2000-luku. ....	21
Kuva 12. Seinärakenne 2000-luku.....	22
Kuva 13. Passiivirakenne.....	23
Kuva 14. Esimerkkikeräin .....	26
Kuva 15. Aurinkokenno.....	27
Kuva 16. Leikkauskuva .....	30
Kuva 17. Yläpohja.....	32
Kuva 18. Perustusleikkaus.....	34
Kuvio 1. Lämmitysjärjestelmät .....	25

Taulukko 1. Nykyiset U-arvovaatimukset omakotitalolle .....	11
Taulukko 2. Ovien energiatehokkuus.....	13
Taulukko 3. Raja-arvoja .....	29
Taulukko 4. Materiaalit normaalissa seinärakenteessa.....	31
Taulukko 5. Materiaalit passiivitalon seinärakenteelle. ....	32
Taulukko 6. Materiaalit normaalissa yläpohjassa.....	33
Taulukko 7. Materiaalit passiivirakenteisessa yläpohjassa. ....	33
Taulukko 8. Materiaalit normaalissa alapohjarakenteessa.....	34
Taulukko 9. Materiaalit passiivitalon alapohjassa .....	35
Taulukko 10. Hinnan erotus. ....	37

## Käytetyt termit ja lyhenteet

<b>U-arvo</b>	U-arvolla ilmaistaan rakennusosan läpi kulkeutuvan lämpövirran tiheyttä.
<b>Yläpohja</b>	Yläpohja muodostuu rakennuksen ylimmän kerroksen yläpuolisesta rakenteesta ja vesikatosta, joka yleensä yhdessä rakennuksen vaipan kanssa toimii lämpöä eristävänä rakenneosana.
<b>Alapohja</b>	Alapohjaksi kutsutaan rakennuksen huonetilan alapuolista rakennetta. Rakennuksen vaipan alin osa.
<b>Valesokkeli</b>	Perustamistapa, jossa sokkelin etureuna on nostettu seinärakenteen alareunan yläpuolelle.
<b>Kaksoislaattavalu</b>	Aiemmin yleisesti käytetty alapohjarakenne, joka koostuu 2 erillisestä betonivalusta, joiden välissä on lämmöneriste.



# 1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyön tarkoitus on antaa kattava kuva suomalaisen omakotitalorakentamisen lämmöneristämisestä ja rakenteista 70-luvulta, aina nykyajan passiivitaloon asti.

Opinnäytetyön tavoitteina on tutustua yleisimpiin eristemateriaaleihin, pientalorakentamisen kehitykseen, ovien ja ikkunoiden vaatimukseen, omakotialojen lämmitysmuotoihin ja passiivitalon rakenteeseen. Opinnäytetyössä esitellään myös yleisimpiä aurinkoenergia sovelluksia.

Työstä käy ilmi, miten paljon omakotitalorakentaminen on muuttunut viime vuosikymmeninä, miten paljon U-arvovaatimukset ovat tiukentuneet ja millä rakenteilla niihin on päästy. Opinnäytetyöstä löytyy esimerkkejä rakenteista jokaiselta vuosikymmeneltä. Siitä selviää myös rakenteiden merkittävä muutos tänä aikana. Myös ala- ja yläpohjarakenteet ovat muuttuneet samassa suhteessa.

Lopussa tarkastellaan passiivitalon rakennuskustannuksien eroa verrattuna normaaliin määräykset täyttävään omakotitaloon. Tavoitteena on osoittaa, miten rakenteet eroavat ja miten paljon kalliimmaksi passiivitalon rakenteet tulevat.

## 2 RAKENNUKSEN VAIPAN LÄMMÖNERISTYSVAATIMUKSET

### 2.1 U-arvo

U-arvolla ilmaistaan lämpövirran tiheyttä, joka kulkeutuu kyseisen rakennusosan läpi. Aiemmin U-arvo tunnettiin K-arvona. Vuoden 2003 alusta alettiin käyttää yksinomaan U-arvo-termiä. Yksikkönä käytetään  $W/(K \cdot m^2)$ . U-arvot määritetään rakennuksen ylä-, ala- ja välipohjaan. Myös ovilla ja ikkunoilla on omat vaatimuksensa. Hirsiseinille on myös erikseen omat U-arvovaatimuksensa. (RakMK-21504 2012.)

Maankäyttö- ja rakennuslaissa on määritelty nykyiset säännökset ja asetukset, jotka koskevat kaikkia rakentamisen osapuolia. Lisäksi Suomen rakentamismääräyskokoelmassa on tarkennuksia ja täydennyksiä kyseisiin määräyksiin ja asetuksiin. Tavoitteena on saada rakentamisesta energiatehokasta, ekologista, kestävä ja ympäristöystävällistä. Energiankulutukseen ja kestäväan kehitykseen kiinnitetään entistä enemmän huomiota rakentamisen joka osa-alueella. (L 5.2.1999/132.)

Nykyiset U-arvovaatimukset omakotitaloille ovat tiukentuneet vuosien saatossa useasti. Seinärakenteen vahvuus on muuttunut merkittävästi. Tämän seikan on myös arvioitu lisäävän kosteusvaurioiden ja muiden, esimerkiksi sisäilmaongelmien, riskejä.

### 2.2 Nykyiset U-arvovaatimukset

Nykypäivänä yleisin ulkoseinärakenne omakotitalossa on puurunkoinen ratkaisu, jonka valitsee noin 75 prosenttia rakentajista. Yleensä kantavana runkona toimii 48\*198 ja esim. sisäpuolelle tehdään ristiin koolaus 48\*48. Tällä eristevahvuudella (250 mm mineraalivilla) ja seinärakenteella saavutetaan nykypäivän U-arvovaatimukset. (Puurunko on yleisin, [Viitattu 28.3.2016].)

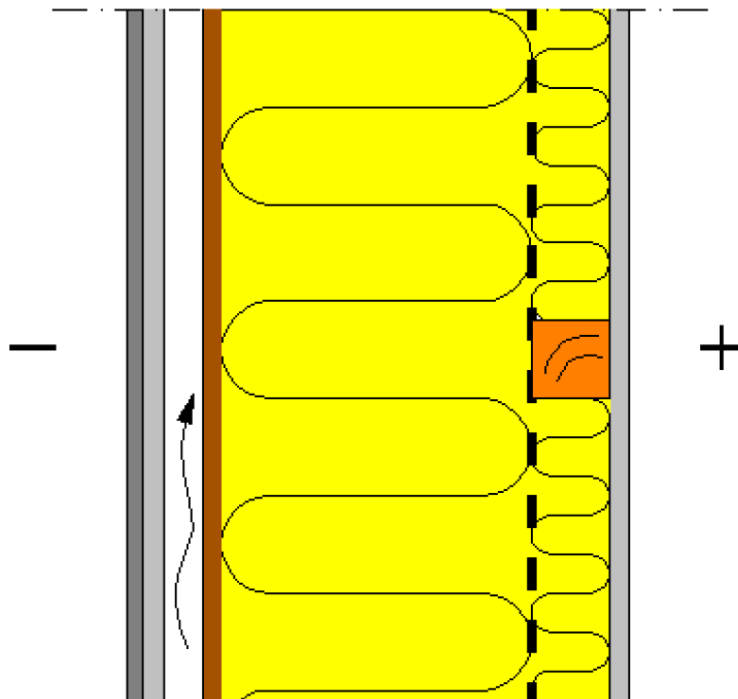
Nykyiset U-arvovaatimukset selviävät alla olevasta taulukosta. (Taulukko 1).

Taulukko 1. Nykyiset U-arvovaatimukset omakotitalolle  
(RakMK-21504 2012).

<b>Ulkoseinä</b>	<b>0,17 W/(m<sup>2</sup> K) (*0,40 W/(m<sup>2</sup> K)</b>
<b>Yläpohja</b>	<b>0,09 W/(m<sup>2</sup> K)</b>
<b>Alapohja</b>	<b>0,16 W/(m<sup>2</sup> K)</b>
<b>Ovet ja ikkunat</b>	<b>1,0 W/(m<sup>2</sup> K)</b>

\*hirsirakenne

Kuva 1 havainnoi esimerkkirakennetta, millä saavutetaan nykyiset raja-arvot. Rakennetta sisältä ulospäin on: kipsilevy 13 mm, koolaus/villa 48 mm, höyrynsulku-muovi, runko 198 mm/villa, tuulensuojalevy, tuuletusväli 30 mm, ulkoverhous.



Kuva 1. Esimerkkirakenne  
(Uudet energiamääräykset...2014).

### 2.3 Ovet ja ikkunat

Ikkunat ovat huonoimmin lämpöä eristävä osa omakotitalossa. Niiden valintaan ja sijoitteluun kannattaa kiinnittää erityistä huomiota. Toisaalta ikkunat voivat toimia myöskin valon ja lämmön lähteenä. Omakotitalossa suurimmat ikkunapinnat sijoitetaan pääsääntöisesti olohuoneeseen ja ne pyritään suuntaamaan etelään, mikäli se on mahdollista. Kaikille rakennusosille on oma lämmönläpäisykerroin, eli U-arvo, sama koskee myöskin ikkunoita. Lisäksi ikkunoilla on myös kokonaisläpäisykerroin, g-arvo. Se kuvaa auringonsäteilyn läpäisevyyttä ikkunan läpi ja miten paljon säteet lämmittävät huonetilaa. Ikkunoille on kehitetty myös oma energialuokitus, jotta niiden vertailu keskenään olisi mahdollisimman helppoa kuluttajalle. Nykyisin eristyslasien välitila täytetään erilaisilla kaasuilla, millä yritetään osaltaan parantaa lasien lämmöneristävyttä. Yleisimpiä ovat esimerkiksi argon-, krypton- ja ksenonkaasut. Lasien pinnalla käytetään selektiivipinnoitteita, joilla pyritään vähentämään ikkunoiden lasien välillä tapahtuvaa lämpösäteilyä. (Ikkunoiden energiatehokkuus, [Viitattu 23.10.2016].)

RT RakMK-21504 (2012) kortin mukaan ikkunan U-arvon vähimmäisvaatimus on  $1,0 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ .

Ulko-ovet joutuvat useasti kovalle rasitukselle, mutta niistä johtuva lämpöhukka on yleisesti ottaen melko vähäistä. Nykyiset ovet ovat erittäin energiatehokkaita ja parhaimmillaan niiden U-arvo voi olla jopa  $0,6 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$ . Taulukosta (Taulukko 2) käy ilmi, miten ulko-ovien U-arvovaatimukset ovat kehittyneet ja paljonko on arvioitu olevan energiankulutus oven kautta. Ulko-ovilla on enemmän vaikutusta asumisviihtyvyyteen kuin lämpöhukkaan. Vanhat ovet päästävät kylmää ilmaa sisään esimerkiksi huonojen tiivisteiden kautta, aiheuttaen näin vedontunnetta lattian rajassa. Ovet kehittyvät edelleen jatkuvasti energiatehokkaampaan suuntaan. Niiden U-arvon oletetaan edelleen pienenevän. (Ovikorjaus 2013.)

Taulukko 2. Ovien energiatehokkuus  
(Ovikorjaus. 2013)

Muutokset lämmönläpäisevyyssarvoissa	Lämmönläpäisevyyssarvot (U-arvot) [W/m <sup>2</sup> K]	Arvioitu energian kulutus oven kautta, rakennus 150 m <sup>2</sup> , ovipinta-ala 4,2 m <sup>2</sup> , kWh/vuosi
1950-lukuun asti	5,80	n. 4000 (ikkunallinen ovi)
1960-luku	3,49	n. 2500 (ikkunaa 50 %)
1970-luvun alku	3,14	n. 2100
1975 - energiakriisin jälkeen	2,10	n. 1400
2000-luku	1,40	n. 1000
2010	1,00	n. 700
Erittäin energiatehokas talo	0,40	n. 300

### 3 YLEISIMMÄT ERISTEMATERIAALIT JA NIIDEN OMINAISUUDET

#### 3.1 Mineraalivilla

Useimmin käytettyjä mineraalivilloja ovat kivi- ja lasivillat. Kivivilla valmistetaan enimmäkseen emäksisestä kivistä. Lasivillan valmistukseen käytetään kvartsihiekkää, soodaa ja kalkkikiveä. Lasivillan raaka-aineena on 50-60 % kierrätyslasia. (Siikainen 2001, 217.)

Mineraalivillan tiheys vaihtelee 10-250 kg/m<sup>3</sup> riippuen sen valmistusmenetelmästä ja raaka-aineista. Mineraalivillan ilmanläpäisevyys on yleensä suuri. Se on myös kinmoinen aine, eli kuormittaessa puristuu kokoon ja palautuu kuormituksen jälkeen. Lämmöneristävyys perustuu pääasiassa huokoiseen rakenteeseen ja paikallaan pysyvän ilman alhaiseen lämmönjohtavuuteen. Mineraalivilla on joustava materiaali, joka joustaa rakenteen pieniä liikkeitä. Tällöin pieni rakenteen eläminen ei aiheuta sen eristyskyvyn menetystä. (Siikainen 2001, 219)

Mineraalivillan lämmönjohtavuus vaihtelee välillä 0,033-0,050 W/m<sup>2</sup>\*C, ja sen ominaislämpö huoneenlämmössä on noin 840J/kg\*C. Mineraalivillaa voidaan pitää myös hyvin kuumuutta kestäväenä ja lähes palamattomana eristeenä. Sen syttymisherkkyys- ja palonlevitysluokka on 1. Mineraalivilla on myös hyvä ääneneristeenä. Mikäli villa pääsee kastumaan, sen eristyskyky heikkenee olennaisesti. (Siikainen 2001, 220.) Kuvassa 2 on ehkäpä tunnetuin mineraalivilla.



Kuva 2. Mineraalivilla  
(Paroc Extra, [Viitattu 20.10.2016]).

### 3.2 EPS-eristeet (styrox)

Eriste valmistetaan muottimenetelmällä ja sen raaka-aineena toimii pentaanikaasua sisältävät polystyreenihelmet. Eristeen tiheys vaihtelee 15-60 kg/m<sup>3</sup> välillä. Sen lujuus paranee, kun tiheys kasvaa. Eristeen lämmönjohtavuus vaihtelee välillä 0,033-0,050 W/m<sup>2</sup>\*C. EPS on luokiteltu palavaksi materiaaliksi. EPS-tuotteita ja sen käyttötapoja on myöskin paljon. Yleisimpiä käyttökohteita ovat esimerkiksi maanvaraislattiat, routaeristykset, perustukset, tasakatot, sandwich-rakenteet ja muut vastaavat kohteet. Kuvassa 4 on yleinen lattiassa käytettävä eriste. EPS-eristeitä käytetään lisäksi myös esimerkiksi askeläänieristykseen ja putkieristeinä. (Siikainen 2001, 266)



Kuva 3. Styrox  
(Styrox 50, [Viitattu 20.10.2016]).

### 3.3 XPS-eristeet

XPS-eristeet ovat valmistettu solumuovista, jonka pääraaka-aineena on polystyreeni. Kuvassa 3, on yleinen XPS-eriste. Eriste valmistetaan suulakepuristamalla. Sen solurakenne on yhtenäinen ja suljettu, joten se poikkeaa täten EPS-eristeiden solurakenteesta. Sen lämmönjohtavuus vaihtelee 0,030-0,041 W/m<sup>2</sup>\*C välillä. Tiheys vaihtelee noin 25-50 kg/m<sup>3</sup>. Eriste on erittäin hyvin vettä hylkivää koostu-

muksensa vuoksi, joten se ei ime sitä itseensä. Eriste toimii myöskin höyrynsulkuna, kunhan sen saumat teipataan tiiviisti toisiinsa. Lämmönkesto vaihtelee  $-200$  ja  $+75^{\circ}\text{C}$  välillä. Yleisimpiä käyttökohteita ovat esimerkiksi sokkelit, perustukset, maanvaraiset alapohjat, käännetyt katot jne. (Siikainen 2001, 267)

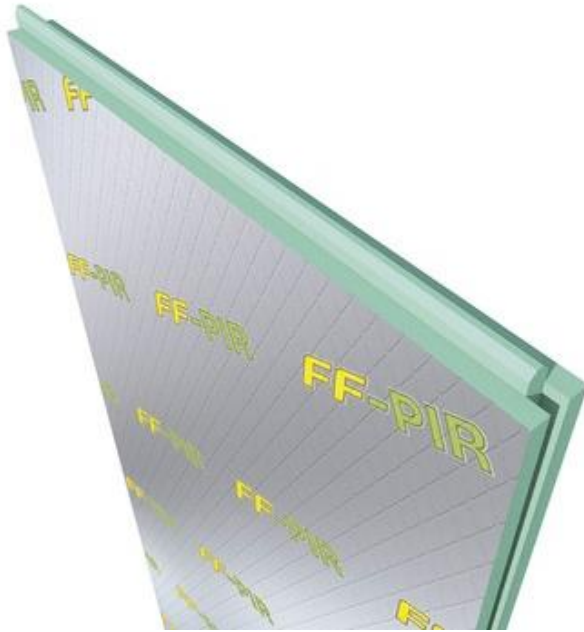


Kuva 4. XPS-eriste  
(XPS, [Viitattu 20.10.2016]).

### 3.4 Polyuretaanieristeet

Polyuretaanieristeitä on monipuolinen tuoteryhmä. Polyuretaanieriste on verkkorakenteista. Raaka-aineina toimivat joko polyeetterit, polyesterit sekä isosyaniittiryhmiä sisältäviä yhdisteitä. Ne liittyvät yhteen ja niistä muodostuu kertamuovirakenne. Eristeen tiheys vaihtelee  $30-120 \text{ kg/m}^3$  välillä. Eristettä löytyy joko huonosti syttyvänä, tai itsestään sammuvana laatuna. Lämmönjohtavuus vaihtelee  $0,015-0,030 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$  välillä. Eristettä valmistetaan esimerkiksi vaahtona, mikä voidaan ruiskuttaa suoraan rakenteeseen, johon se kovettuu. Siitä on myös erityyppisiä valmiiksi leikattuja levyjä eri valmistajilta. Eristettä käytetään esimerkiksi sandwich-tyyppisissä rakenteissa ja paikoissa missä tarvitaan hyvää lämmöneristyskykyä ja vahvaa rakennetta. Kuvassa numero 5 näkyy tyypillinen levymäinen eriste. (Siikainen 2001, 263)

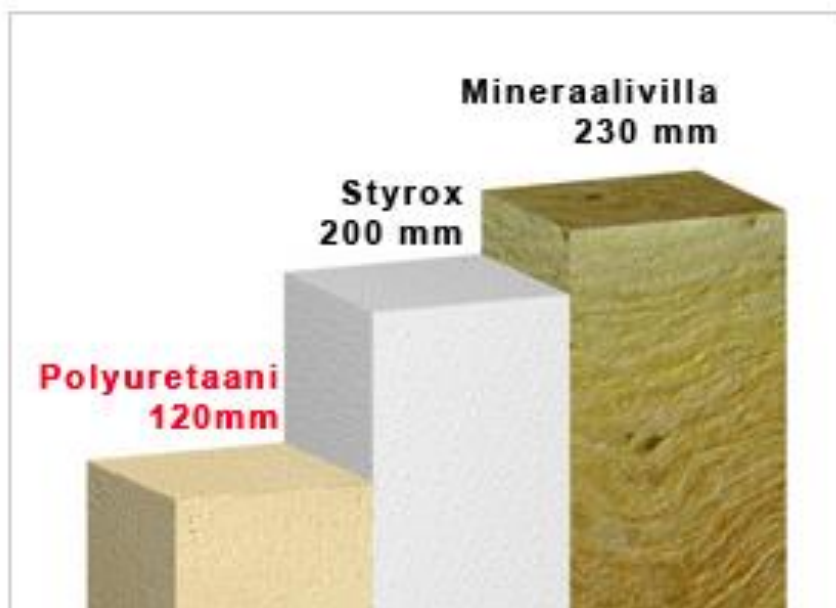




Kuva 5. Polyuretaanilevy  
(Eristelevy FF-PIR 30, [Viitattu 13.11.2016]).

### 3.5 Lämmöneristyskyky

Kuvassa 5 on vertailtu lämpöeristeiden ominaisuuksia keskenään. Tämä kuva kertoo miten paksulti eristettä tarvitaan, että saavutetaan sama lämmöneristyskyky.



Kuva 6. Eristeiden ominaisuuksia  
(Ballextherm-polyuretaanieristeet, [Viitattu 12.4.2016]).

## 4 PIENTALORAKENTAMISEN KEHITYS

Alla olevasta taulukosta selviää U-arvon kehitys vuosikymmenten kuluessa, aina vuodesta 1969 vuoteen 2012.

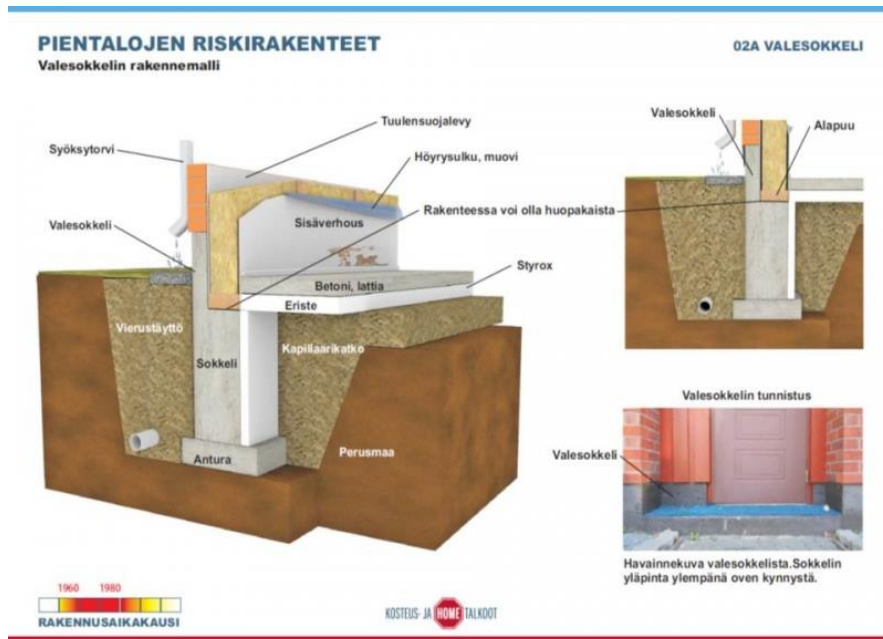
	Rakennusluvun vireilletulovuosi								
	-1969	1969-	1976-	1978-	1985-	10/2003-	2008-	2010-	2012-
Lämpimät tilat									
Ulkoseinä	0,81	0,81	0,40	0,35	0,28	0,25	0,24	0,17	0,17
Maavarainen alapohja	0,47	0,47	0,40	0,40	0,36	0,25	0,24	0,16	0,16
Ryömintätilainen alapohja	0,47	0,47	0,40	0,40	0,40	0,20	0,20	0,17	0,17
Ulkoilmaan rajoittuva alapohja	0,35	0,35	0,35	0,29	0,22	0,16	0,16	0,09	0,09
Yläpohja	0,47	0,47	0,35	0,29	0,22	0,16	0,15	0,09	0,09
Ovi	2,2	2,2	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,0	1,0
Ikkuna	2,8	2,8	2,1	2,1	2,1	1,4	1,4	1,0	1,0

Kuva 7. U-arvot  
(Energiehokkaan rakentamisen parhaat käytännöt, [Viitattu 10.4.2016]).

### 4.1 70-luku

70-luvun alussa ulkoseinän U-arvoksi riitti 0,81. Yleinen rakenne oli esim. 100 mm mineraalivillaa (puurunko), yhdistettynä muuhun seinärakenteeseen. Rakentaminen oli siten edullista ja nopeasti toteutettavissa. Alapohjaratkaisut poikkesivat oleellisesti nykyisistä ratkaisuista. Yleinen ratkaisu oli esim. ns. kaksoislaattavalu. Siinä alempi laatta valettiin suoraan täyttöhiekan päälle. Laattojen väliin tuli lämmöneriste, joko villa tai polystyreeni. Alemman laatan päälle toteutettiin kosteudensulku esim. bitumisivelyllä. Yläpohjassa eristeenä käytettiin mineraalivillaa, jonka paksuus vaihteli 150-200 mm välillä. (Energiatodistus opas, [Viitattu 10.4.2016].)

70-luvulla alkoi yleistymään valesokkeli. Esimerkkirakenne valesokkelista on kuvassa 7. Lattianpinta oli lähellä maanpinnan tasoa. Ilmanvaihto oli joko painovoimainen tai se toteutettiin koneellisella poistolla. (1970-luvun talo, [Viitattu 10.4.2016].)



Kuva 8. Valesokkeli  
(Ulkoseinät ja perustukset, [Viitattu 8.4.2016]).

#### 4.2 80-luku ja esimerkkirakenteita

Ulkoseinän U-arvovaatimus oli 80-luvun alussa 0,35. Tyypillinen runko oli joko puusta tai tiilestä. Eristeenä käytettiin esim. 150 mm mineraalivillaa. Ulkoverhous oli joko tiilestä tai puusta. Perustukset ovat edelleen matalia ja valesokkeli yleinen ratkaisu. Yläpohjassa eristekerroksen paksuus vaihteli 200-300 mm:n välillä. (Energiatodistus opas, [Viitattu 10.4.2016].)

Ilmanvaihto toteutettiin koneellisesti ja koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto alkoi yleistyä. Alapohjaratkaisuna käytetään edelleen yleisesti esimerkiksi kaksoislaattavalua. (1980-luvun talo, [Viitattu 10.4.2016].)

Kuvassa numero 8 on yleinen omakotitalossa käytetty rakenne 80-luvulta.



Kuva 9. 80-luvun esimerkkirakenne (Korjaa 1980-luvun talo oikein, [Viitattu 31.10.2016]).

### 4.3 90-luku ja esimerkkirakenteita

90-luvun alussa seinän U-arvovaatimuksena oli 0,28. Kuvassa 8 on yleinen 90-luvun omakotitalon rakenne. Talojen runkona käytettiin joko rankarakenteista puurunkoa tai tiilimuurausta. Myöskin kevytsora- tai kevytbetonirakenteisia omakotitaloja valmistettiin. Ilmanvaihtojärjestelmänä käytettiin joko koneellista tulo- ja poistoilmanvaihtoa tai pelkästään koneellista poistoilmanvaihtoa. Edelleen käytetään valesokkeli-rakennetta. Eristevahvuudet kasvavat hieman 80-luvulta. (1990-luvun talo, [Viitattu 23.10.2016].)

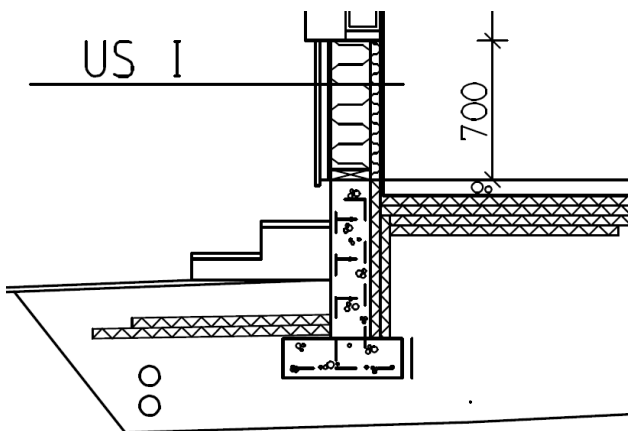


Kuva 10. 90-luvun talon rakenne  
(Korjaa 1990-luvun talo oikein, [Viitattu 20.10.2016]).

#### 4.4 2000-Luku

Alla olevassa kuvassa (Kuva 11), on tyypillinen perustus nykypäivän omakotitalossa. Yleisin ratkaisu on maanvarainen laatta. Alapohjassa eristeenä käytetään yleisesti EPS-eristettä (styrox). Sen osuus on noin 80 prosenttia. (Pientalon lämmöneristys, [Viitattu 31.10.2016].)

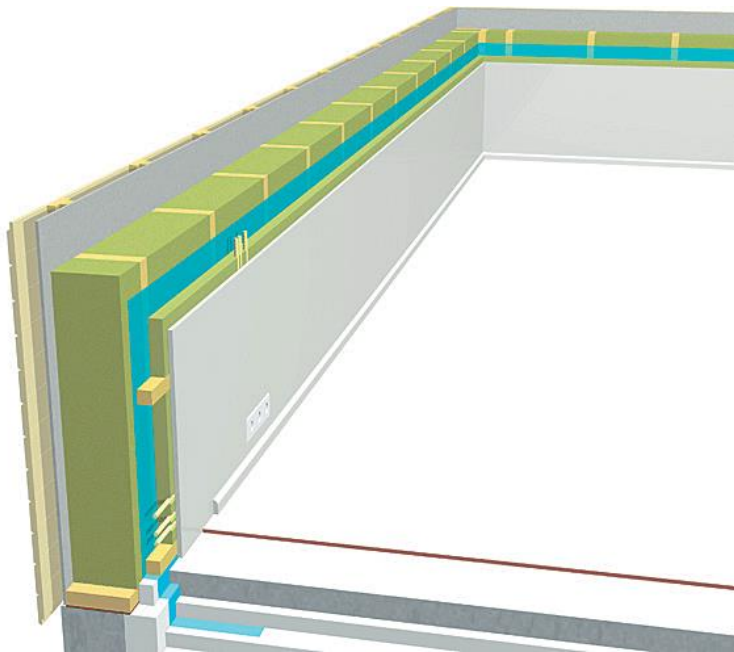
Kaksoislaattavalua ei enää käytetä ja kosteuden nousu rakenteisiin estetään kapillaarikatkolla. Betonilaatan vahvuus on noin 80-100 mm.



Kuva 11. Perustukset 2000-luku.

Kuvassa (Kuva 12) on normaalin puurunkoisen ulkoseinän rakenteet. U-arvovaatimus on  $0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Tähän päästään esimerkiksi 250 mm:llä mineraalivillaa. Usein runko on 200 mm ja apurunko 50 mm. Höyrynsulku jää villakerrosten väliin. Yläpohjissa eristevahvuus on kasvanut keskimäärin noin 500 millimetriin. Yleisin eristemateriaali on puukuitueriste, esim. sellu- tai ekovilla. (Pientalon lämmöneristys, [Viitattu 31.10.2016].)

Ilmanvaihtojärjestelmänä käytetään koneellista tulo- ja poistoilmanvaihtoa. Siitä on tullut käytännössä pakollinen, koska eristevahvuudet ovat merkittävästi kasvaneet. Ilmanvaihdon tulee myöskin olla säädettävä. Normaalioloissa pitäisi koko sisäilma talossa vaihtaa kokonaan kerran kahden tunnin aikana. Myöskin lämmöntalteenotolla on entistä suurempi vaikutus, koska energiamääräykset ovat tiukentuneet. (Yleistä ilmanvaihdosta, [Viitattu 31.10.2016].)



Kuva 12. Seinärakenne 2000-luku  
(Saumatonta energiatehokkuutta taloissa, [Viitattu 31.10.2016]).

#### 4.5 Passiivitalot

Passiivitalo on rakennus, joka kuluttaa mahdollisimman vähän energiaa. Passiivitalon pieneen energiankulutukseen on tarkoitus päästä rakennuksen vaipan lisälämmöneristämällä. Ulkoseinän U-arvo pitää olla  $0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$  tai sen alle. Myös ylä- ja alapohjan vaatimukset ovat suuremmat verrattuna normaaliin, määräykset

täyttävään omakotitaloon. Kuvassa numero (Kuva 13) näkyy passiivitalolle asetettuja vaatimuksia. Passiivitalossa korostuu myös ilmanvaihdon tehokas lämmöntalteenottojärjestelmä. Sillä on iso rooli energiankulutuksen pienentämisessä. Passiivitalon ilmanvaihtoluvun n50 on jäätävä alle 0,61 1/h. Lisäksi lämmitysenergiatarpeelle on määritelty rajat. Maan keskiosissa energiantarpeen on oltava alle 25 kWh/(m<sup>2</sup>a). (Passiivitalon määritelmä, [Viitattu 1.11.2016].)



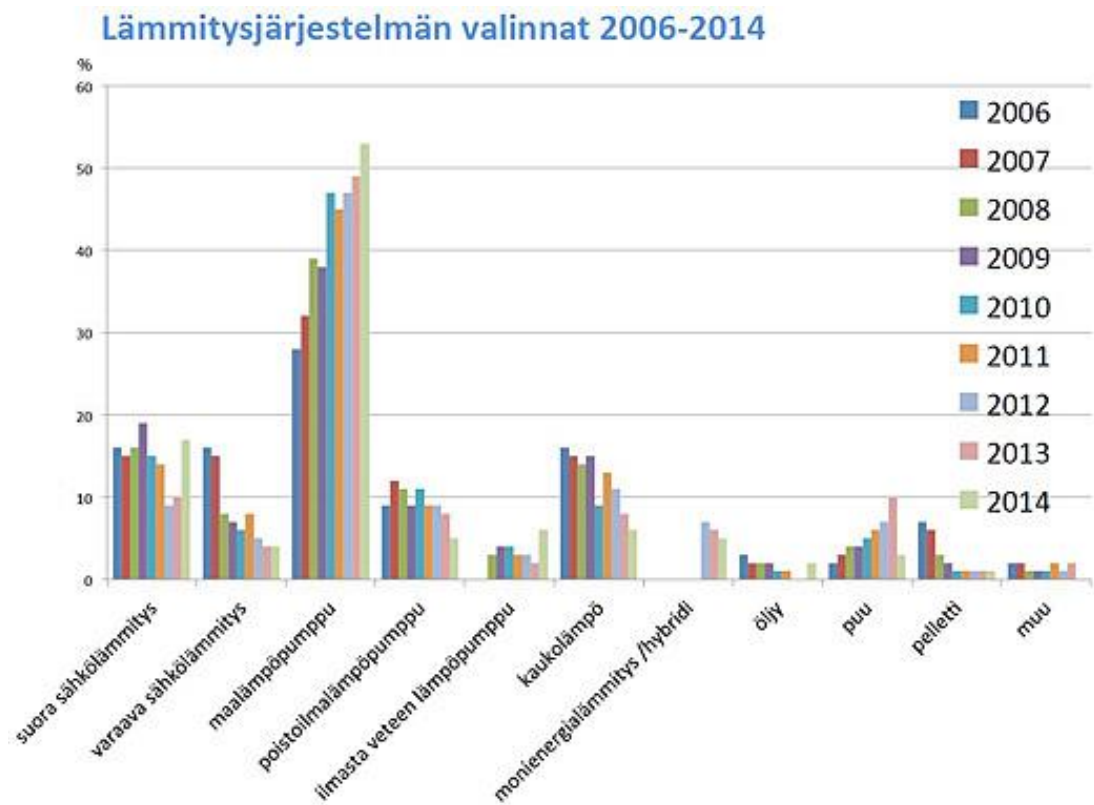
Kuva 13. Passiivirakenne  
 (Joko sinä olet tutustunut passiivitaloon, [Viitattu 1.11.2016]).

## **5 YLEISIMMÄT LÄMMITYSMUODOT OMAKOTITALOISSA JA ENERGIANKULUTUKSEN JAKAUTUMINEN**

### **5.1 Lämmitysjärjestelmät**

Alla olevasta kuvioista 1 selviää omakotitalojen yleisimmät lämmitysmuodot ja niiden prosenttiosuus. Tarkasteltaessa uutta keskikokoista pientaloa ja sen energiankulutusta voidaan todeta seuraavaa. Tilojen lämmitykseen kuluu noin 10 000 kWh, käyttöveden lämmitykseen 4 henkilölle noin 6000 kWh ja taloussähköön noin 7000 kWh vuodessa. Taloussähkö pitää sisällään kodinkoneet, valaistus jne. Lämmitysjärjestelmän valinta koostuu monesta eri seikasta ja sen valinta on usein vaikeaa. On vaikea arvioida, mikä on paras ratkaisu ja kustannuksiltaan edullisin vuosikymmenien kuluessa. Varminta on täten rakentaa energiatehokas rakennus. Lämmitysjärjestelmän lopullinen kokonaiskustannus muodostuu järjestelmän investoinnin hinnasta, energiakustannuksista, kiinteistä perusmaksuista ja huolto- ja korjauskustannuksista. (Lämmitys, [Viitattu 22.10.2016].)





Kuvio 1. Lämmitysjärjestelmät  
(Lämmitysjärjestelmän valinta, [Viitattu 22.10.2016]).

## 5.2 Aurinkoenergiasovelluksia omakotitaloihin

Aurinkoenergiaa markkinoidaan uusiutuvana ja puhtaana vaihtoehtona nykyisten energiaratkaisujen rinnalle ja täydentämiseen. Auringosta pystytään keräämään sekä lämpöä että sähköä. Aurinkopaneeleja hyödynnetään sähkön tuottamisessa ja erityyppisillä keräimillä kerätään lämpöenergiaa talteen. Kuva 14 on tyypillinen aurinkokeräin. Lämpöenergiaa voidaan hyödyntää lämpimän käyttöveden lämmittämiseen, asunnon lattiassa kulkevan lämmitysputkiston veden lämmittämiseen jne. Sähköä voidaan varastoida erityyppisiin akkuihin tai liittää suoraan sähköverkkoon. Tuotteet kehittyvät nopealla tahdilla. Automatikkaa tulee lisää ja tuotteiden kirjo kasvaa.

Aurinkoenergian hinta laskee tasaisesti ja sen on arveltu tulevaisuudessa olevan kilpailukykyinen nykyisten fossiilisten polttoaineiden kanssa ja lopuksi sen arvioidaan olevan jopa halvempaa. (Aurinko- ja tuulivoima...2015.)

### 5.2.1 Aurinkokeräimet



Kuva 14. Esimerkkikeräin (SAE202 tasokeräin, [Viitattu 2.4.2016].).

### 5.2.2 Aurinkokennot

Aurinkokennot pyritään sijoittamaan mahdollisimman lähelle katon harjaa. Ei kuitenkaan aivan harjaan kiinni, ettei vastakkaiselta puolelta puhaltava tuuli suoraan puhalla kennojen alle. Tämä mitta vaihtelee katon jyrkkyyden ja rakennuksen sijainnin mukaan. Sijoittelussa tulee ottaa myös huomioon katolla sijaitsevat esteet, esimerkiksi ilmastointihormit ja savupiiput. Niiden varjojen muodostus aurinkopaneelien päälle pyritään minimoimaan, parhaan lopputuloksen saavuttamiseksi. Kuva 15 on esimerkki siitä, miten sijoittelu pyritään toteuttamaan. (Aurinkopaneeliston sijoittelu katolle, [Viitattu 1.11.2016].)



Kuva 15. Aurinkokenno  
(Aurinkopaneeliston sijoittelu katolle, [Viitattu 1.11.2016]).

## **6 PASSIIVI- JA NORMITALON VERTAILU**

### **6.1 Passiivi- ja normitalon vaatimukset**

Taulukosta numero 3 käy ilmi raja-arvot normi- ja passiivitalolle U-arvoille, ilma-  
vaihtojärjestelmän tehokkuudelle ja ilmanpitävyydelle.

Taulukko 3. Raja-arvoja  
(Suuntaa antavia ohjearvoja 2016).

<b>Vaipanosien vertailuarvot</b>	<b>Normitalo 2008</b>	<b>Normitalo 2010</b>	<b>Matalaenergia-talo</b>	<b>Passiivitalo</b>
<b>Seinä (W/m<sup>2</sup>,K)</b>	<b>0,24</b>	<b>0,17</b>	<b>0,12</b>	<b>0,08-0,10</b>
<b>Hirsiseinä (W/m<sup>2</sup>,K)</b>		<b>0,40</b>		
<b>Yläpohja (W/m<sup>2</sup>,K)</b>	<b>0,15</b>	<b>0,09</b>	<b>0,08</b>	<b>0,07</b>
<b>Alapohja (W/m<sup>2</sup>,K)</b>				
- maanvarainen	<b>0,24</b>	<b>0,16</b>	<b>0,12</b>	<b>0,10</b>
- ryömintätilaan rajoitettu	<b>0,19</b>	<b>0,17</b>	<b>0,10</b>	<b>0,08</b>
- ulkoilmaan rajoittuva	<b>0,15</b>	<b>0,09</b>	<b>0,08</b>	<b>0,08</b>
<b>Ikkunat ja ovet (W/m<sup>2</sup>,K)</b>	<b>1,4</b>	<b>1,0</b>	<b>0,8</b>	<b>0,4-0,7</b>
<b>Ilmanpitävyys, n<sub>50</sub>-luku (1/h)</b>	<b>4,0</b>	<b>2,0</b>	<b>&lt;1,0</b>	<b>&lt;0,6</b>
<b>LTO-laitteen vuosihyötysuhde</b>	<b>30 %</b>	<b>45 %</b>	<b>&gt;70 %</b>	<b>&gt; 80 %</b>
<b>Ilmanvaihdon ominaissähköteho (kW/m<sup>3</sup>,s)</b>	<b>&lt;2,5</b>	<b>&lt;2,5</b>	<b>&lt;2,0</b>	<b>&lt;1,5</b>

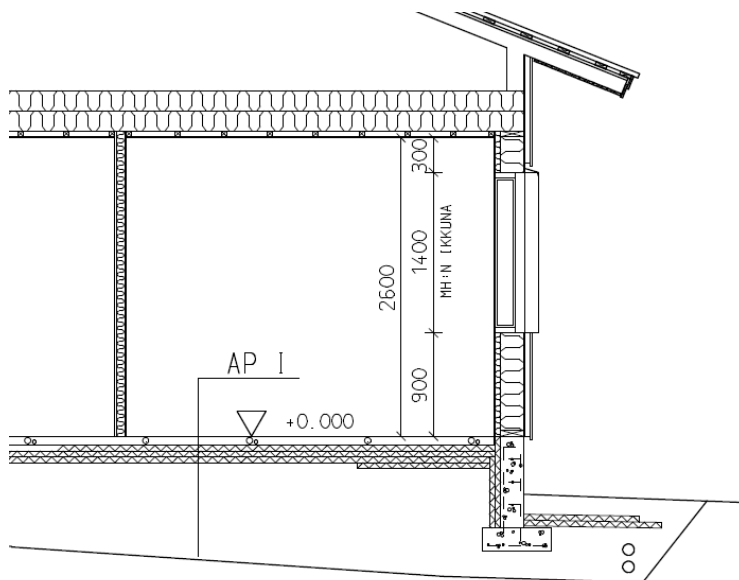
## 6.2 Passiivi- ja normitalon kustannusvertailu

Tässä osiossa opinnäytetyön tekijä keskittyy pääsääntöisesti vertailemaan pelkästään omakotitalon rakentamisen kustannuksia. Työssä tehdään vertailua passiivitalon ja normaalin vaatimukset täyttävän omakotitalon välillä. Opinnäytetyössä ei oteta kantaa investoinnin takaisinmaksu-aikaan, kannattavuuteen tai rakennuksen lopulliseen energiankulutukseenkaan. Vertailukohtana pidetään noin 150 m<sup>2</sup>:n yk-

sikerroksista omakotitaloa (kuvat liitteenä). Kohteesta vertaillaan vain niitä rakennusosia, joissa syntyy kustannuseroa.

### 6.2.1 Ulkoseinärakenteet

Kuvasta 15 käy ilmi yleinen seinärakenne, jota käytetään uusissa omakotitaloissa. Talossa on puurunko ja lautaverhous. Ulkoapäin lueteltuna rakenne on seuraava: vaakapaneeli 27 mm, pystykoolaus 32 mm, tuulensuojalevy 12 mm, Runko+200 mm mineraalivilla, Höyrynsulku, Vaakarunko+50 mm mineraalivilla ja kipsilevy 13 mm. Tällä rakenteella päästään nykyiseen U-arvovaatimukseen, joka on 0,17 W/m<sup>2</sup>K.



Kuva 16. Leikkauskuva.

Kyseisessä talossa ulkoseinän pinta-ala on yhteensä noin 187 m<sup>2</sup>. Ovet ja ikkunat vievät siitä noin 30 m<sup>2</sup> (ovent noin 6m<sup>2</sup> ja ikkunat noin 24 m<sup>2</sup>). Seinäpintaa jää siten jäljelle noin 157 m<sup>2</sup>.

Alla olevasta taulukosta numero 4 näkyy materiaalien menekit ja hinnat ulkoseinien osalta. Hintojen laskentaperusteena on käytetty taloon.com (mikäli mahdollis-

ta) nettisivuston hintoja, vaikka ne eivät olekaan ehkä toteutuneita ostohintoja, mutta materiaalien hintasuhde toisiinsa pysyy suurin piirtein samana. Materiaalihukat ovat jo otettuina huomioon määrissä.

Taulukko 4. Materiaalit normaalissa seinärakenteessa.

<b>Materiaali</b>	<b>Yks.</b>	<b>Määrä</b>	<b>Hinta /Yks.</b>		<b>Yhteensä</b>
<b>Paneeli 27 mm</b>	<b>m2</b>	<b>165</b>	<b>17€</b>		<b>2805€</b>
<b>Koolaus 32 mm</b>	<b>m</b>	<b>410</b>	<b>0,80€</b>		<b>328€</b>
<b>Tuulensuojalevy</b>	<b>m2</b>	<b>173</b>	<b>3,50€</b>		<b>605€</b>
<b>Runko 198*48</b>	<b>m</b>	<b>650</b>	<b>3,60€</b>		<b>2340€</b>
<b>Villa 100mm</b>	<b>m2</b>	<b>230</b>	<b>7,03€</b>		<b>1616€</b>
<b>Höyrynsulku</b>	<b>m2</b>	<b>120</b>	<b>0,70€</b>		<b>84€</b>
<b>Vaakarunko 50*50</b>	<b>m</b>	<b>450</b>	<b>0,75€</b>		<b>338€</b>
<b>Villa 50 mm</b>	<b>m2</b>	<b>115</b>	<b>4,40€</b>		<b>506€</b>
<b>Kipsilevy</b>	<b>m2</b>	<b>120</b>	<b>3,30€</b>		<b>396€</b>
				<b>Yht.</b>	<b>9018€</b>

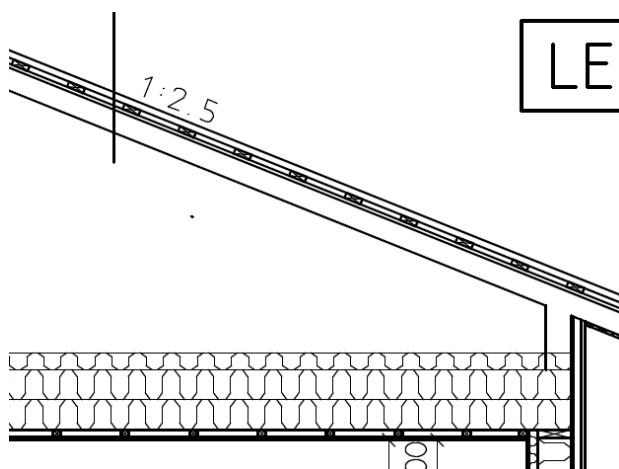
Alla olevassa taulukossa 5 on passiivitalon ulkoseinärakenne. Se on toteutettu mineraalivillalla, että vertailu olisi helpompaa. Toinen vaihtoehto olisi toteuttaa eristys XPS-eristeitä käyttäen. Ulkoapäin lueteltuna rakenne on seuraava: vaaka-paneeli 27 mm, pystykoolaus 25 mm, tuulensuojaeriste 60 mm, Runko+250 mm mineraalivilla, Höyrynsulku, Vaakarunko+50 mm mineraalivilla ja kipsilevy 13 mm. Tällä rakenteella saavutetaan U-arvoksi 0.10 W/m<sup>2</sup>K.

Taulukko 5. Materiaalit passiivitalon seinärakenteelle.

Materiaali	Yks.	Määrä	Hinta /Yks.		Yhteensä
Paneeli 27 mm	m2	165	17€		2805€
Koolaus 25 mm	m	410	0,60€		246€
Tuulensuoja+60mm eriste	m2	173	16,20€		2802€
Runko 250*48 200+50	m	650	4,35€		2828€
Villa 100mm	m2	115	7,03€		809€
Villa 150mm	m2	115	10,63€		1223€
Höyrynsulku	m2	120	0,70€		84€
Vaakarunko 50*50	m	450	0,75€		338€
Villa 50 mm	m2	115	4,40€		506€
Kipsilevy	m2	120	3,30€		396€
				Yht.	12037€

### 6.2.2 Yläpohja

Alla olevassa kuvassa numero 16 näkyy normaali yläpohjarakenne. Nykyisissä taloissa on myös tärkeää, että tuulenojaimet ovat asennettuna, ettei eristemateriaali (puhallusvilla) pääse tuulen vaikutuksesta liikkumaan.



Kuva 17. Yläpohja.



Nykyisissä omakotitaloissa on pääsääntöisesti yläpohjassa eristeenä puhallusvilla, yleensä joko sellu-, vuori- tai lasivilla. Eristevahvuus on noin 450 mm. Rakenne on hyvin yksinkertainen. Rakenne alhaalta ylöspäin on: pintamateriaali, harvalaudoitus, höyrynsulku ja sen päällä lämmöneriste (puhallusvilla). U-arvovaatimus on 0,09 W/m<sup>2</sup>K. Taulukossa numero 6 on normaalirakenteen kustannuksia.

Taulukko 6. Materiaalit normaalissa yläpohjassa.

<b>Materiaali</b>	<b>Yks.</b>	<b>Määrä</b>	<b>Hinta /Yks.</b>		<b>Yhteensä</b>
<b>Puhallusvilla</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	<b>75</b>	<b>32,50€</b>		<b>2437€</b>
<b>Hinta sisältää Asennuksen</b>					

Passiivitalossa U-arvovaatimus on 0,07 W/m<sup>2</sup>K. Tähän päästään esimerkiksi rakenteella, missä on normaalirakenteen lisäksi levyvilla puhallusvillan alapuolella. Muu rakenne pysyy samanlaisena kuin normaalissa määräykset täyttävässä talossa. Tapoja on toki muitakin, mutta tämä on ehkäpä helpoin tapa saavuttaa kyseinen U-arvo. Taulukosta numero 7 selviää passiivirakenteen kustannuksia.

Taulukko 7. Materiaalit passiivirakenteisessa yläpohjassa.

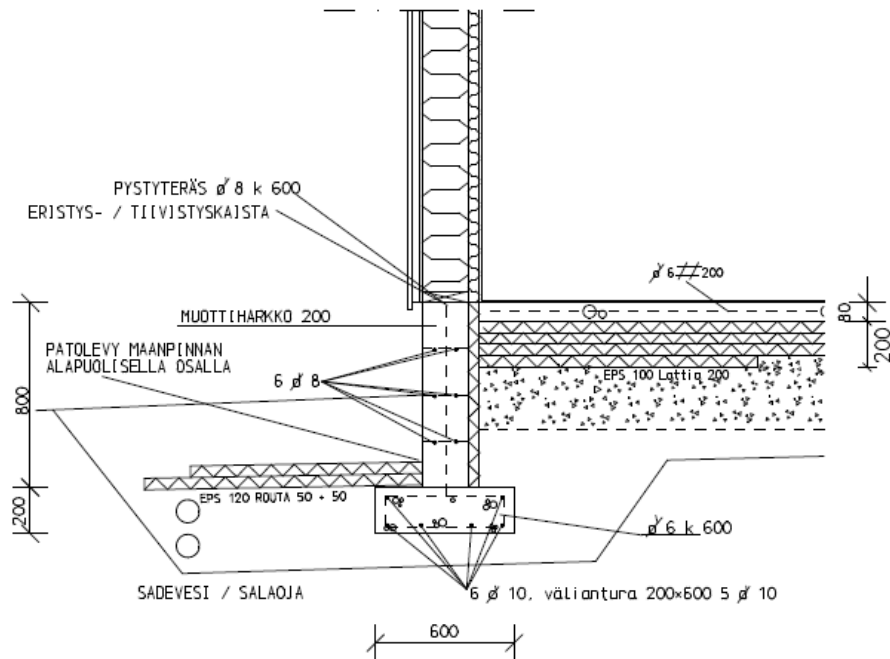
<b>Materiaali</b>	<b>Yks.</b>	<b>Määrä</b>	<b>Hinta /Yks.</b>		<b>Yhteensä</b>
<b>Mineraalivilla 100mm</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	<b>150</b>	<b>7,03€</b>		<b>1055€</b>
<b>Puhallusvilla</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	<b>75</b>	<b>32,50€</b>		<b>2437€</b>
<b>Hinta sisältää Asennuksen</b>				<b>Yhteensä</b>	<b>3492€</b>

### 6.2.3 Alapohja

Kuvassa 17 näkyy yleinen perustamistapa. Eristeenä maanvaraisen laatan alla käytetään normaalisti EPS-eristettä (styrox). Reuna-alueilla käytetään 200 mm:n ja keskiosalla 150 mm:n vahvuutta. Lisäksi perusmuuria vasten sisäpuolella on yleensä 100 mm styroxia ja ulkopuolella anturaa vasten routaeristettä 100 mm. U-

arvovaatimus on  $0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$ . EPS-eristeen suosiminen alapohjassa johtuu pitkälti sen edullisesta hinnasta ja sen ominaisuuksista. Jonkin verran käytetään kuitenkin myös XPS-eristeitä, mutta sen osuus on melko vähäinen.

### PERUSTUSLEIKKAUS 1:20



Kuva 18. Perustusleikkaus.

Alla olevissa taulukoissa 8 ja 9 on tehty hintavertailua rakenteiden välillä.

Taulukko 8. Materiaalit normaalissa alapohjarakenteessa.

Materiaali	Yks.	Määrä	Hinta /Yks.		Yhteensä
EPS-lattia	m <sup>2</sup>	630	3,22€		2028€
EPS-routa	m <sup>2</sup>	130	3,88€		505€
				Yht.	2533€

Passiivirakenne alapohjassa on toteutettu EPS-eristeellä ja vertailun vuoksi myöskin XPS-eristeellä. U-arvo, mihin rakenteilla päästään, on alle  $0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$ . EPS-eristeellä toteutetussa mallissa eristettä on 400 mm reuna-alueilla ja 350 mm kes-

kellä. Routasuojasta myöskin lisätään 50 mm perusrakenteeseen. XPS-eristettä (SPU) käytettäessä alapohjan eristevahvuudeksi riittäisi esim. noin 220 mm reuna-alue ja 200 mm keskialueelle.

Taulukko 9. Materiaalit passiivitalon alapohjassa

<b>Materiaali</b>	<b>Yks.</b>	<b>Määrä</b>	<b>Hinta /Yks.</b>		<b>Yhteensä</b>
<b>EPS-lattia</b>	<b>m2</b>	<b>1250</b>	<b>3,22€</b>		<b>4025€*</b>
<b>EPS-routa</b>	<b>m2</b>	<b>195</b>	<b>3,88€</b>		<b>757€</b>
				<b>Yht.</b>	<b>4782€</b>
<b>SPU 120-lattia</b>	<b>m2</b>	<b>70</b>	<b>22,19€</b>		<b>1553*</b>
<b>SPU 100-lattia</b>	<b>m2</b>	<b>300</b>	<b>22,19€</b>		<b>6657*</b>

\*vaihtoehto EPS-eristeelle

#### 6.2.4 Ovet ja ikkunat

Normaalirakenteisen omakotitalon ikkunoiden ja ovien U-arvovaatimus on 1,0 W/m<sup>2</sup>K. Passiivitalossa vastaava vaatimus ikkunoille on noin 0,7 W/m<sup>2</sup>K. Ovet ovat vielä siitäkkin vähän pienempää U-arvoa, noin 0,6 W/m<sup>2</sup>K. Ovi- ja ikkunavalmistajia on paljon ja on vaikea tehdä aivan tarkkaa hinta-arviota passiivi- ja normaalirakenteen välillä. Hintojen tutkimisen jälkeen tultiin siihen tulokseen, että kyseisen talon ovet ovat noin 1000 euroa kalliimmat ja ikkunoissa hinnaneroa olisi noin 2500 euroa.

#### 6.2.5 Työkustannuksia

Passiivitalon työkustannukset ovat jonkin verran suuremmat kuin normaalin rakenteen. Lisätunteja tulee esimerkiksi tuulensuojaeristeen hitaammasta asennuksesta ja teippauksesta, vahvemmassa rungosta, yläpohjan levyvilla eristyksestä, alapohjan vahvemmassa eristämisestä ja ylipäättään entistä tarkemmasta rakenteen tii-

vistämisestä. Kaikki työ pyritään tekemään vielä entistä tarkemmin. Jonkin verran kustannuksia nostavat myös suuremmat tarvikemäärät. Hintaa tulee rahdeista jne. Arvio on, että työ kestää noin 9-10 päivää kauemman passiivirakenteen toteuttamisessa kahdelta rakennusmieheltä. Rahdit ja kuljetukset mukaan luettuna hinta olisi siten noin 6000 euroa korkeampi kuin normaalissa rakenteessa.

### **6.2.6 Lämmitys- ja ilmanvaihtolaitteisto**

Passiivitalo vaatii lämmöntalteenotolta tehokkaamman ja kalliimman ilmanvaihtokoneen kuin perusratkaisu. Toisaalta lämmityslaitteistossa voidaan päästä kevyemmällä ja halvemmalla ratkaisulla, mikä kumoaa ilmavaihtokoneen kalliimpia kustannuksia. Lämmitys- ja ilmanvaihtolaitteiston kustannuksia ei siis tässä oteta vertailuun mukaan.

### **6.2.7 Yhteensä**

Kun ulkoseinän lisäeristäminen toteutetaan mineraalivillalla ja alapohjaan lisätään EPS-eristettä, materiaalien hinnanerotukset on käsitelty alla olevassa taulukossa 10. Lisäksi on tietenkin isojakin eroja sillä, mitä materiaaleja käytetään. Passiivitalossa on lisäksi kuten todettu, iso merkitys lämmitysjärjestelmän ja ilmanvaihdon toteutuksella. Niillä pystytään vaikuttamaan merkittävästi rakennuksen energiankulutukseen.

Taulukko 10. Hinnan erotus.

<b>Rakenneosa</b>	<b>Normaali</b>	<b>Passiivi</b>	<b>Erotus</b>
<b>Ulkoseinä</b>	<b>9018€</b>	<b>12037€</b>	<b>3019€</b>
<b>Yläpohja</b>	<b>2437€</b>	<b>3492€</b>	<b>1055€</b>
<b>Alapohja</b>	<b>2533€</b>	<b>4782€</b>	<b>2249€</b>
<b>Ovet</b>	<b>-</b>	<b>+1000€</b>	<b>1000€</b>
<b>Ikkunat</b>	<b>-</b>	<b>+2500€</b>	<b>2500€</b>
<b>Työ</b>	<b>-</b>	<b>+6000€</b>	<b>6000€</b>
		<b>yht.</b>	<b>15823€</b>

## 7 YHTEENVETO

Opinnäytetyön päätavoitteena oli käydä läpi omakotitalorakentamista 70-luvulta aina tähän päivään saakka. Työstä kävi ilmi rakenteiden ja eristevahvuuksien merkittävä muutos. 70-luvun omakotitalossa oli ratkaisuja, joita ei enää käytetä nykyisessä uudisrakentamisessa. Silloisen talon ulkoseinärakenteen U-arvoksi riitti 0,81 W/m<sup>2</sup>K, kun taas nykyinen sille esitetty vaatimus on 0,17 W/m<sup>2</sup>K. Tämä kuvaa hyvin sitä, miten paljon vaatimukset ovat tiukentuneet ja miten paljon lämmöneristyskyky on kasvanut. Työstä tuli ilmi myöskin ala- ja yläpohjarakenteiden muuttuminen. Niissäkin eristevahvuudet kasvoivat samassa suhteessa kuin ulkoseinissä ja rakenteet muuttuivat myöskin oleellisesti.

Eristemateriaalien vertailusta selvisi niiden yleisimmät käyttökohteet. Vertailusta kävi ilmi myöskin eristeiden ominaisuuksia ja miten paksulta eristettä tarvitaan, että saavutetaan sama lämmöneristyskyky.

Ovien ja ikkunoiden kehitys kasvoi samalla vauhdilla muiden rakenteiden kanssa. Nykyajan ovet ja lasit ovat erittäin energiatehokkaita verrattuina 70-luvun vastaviin.

Aurinkoenergiaratkaisuihin kävi ilmi, että ne tulevat olemaan aina vain suuremmissa roolissa uusissa taloissa energian tuottamisessa. Ratkaisut halpenevat ja kehittyvät kiihtyvällä vauhdilla. Maalämmöllä oli iso osuus tämän päivän lämmitysjärjestelmissä. Sen valitsi yli puolet rakentajista. Osuus oli suurempi kuin osasi odottaa.

Viimeisessä osassa opinnäytetyötä tehtiin vertailua passiivitalon ja normaalin, määräykset täyttävän omakotitalon rakenteista. Työssä vertailtiin vain niitä rakenteiden osia, joissa tuli kustannuseroja. Lisäksi yritettiin antaa arvio siitä, miten paljon kalliimmaksi ja hitaammaksi itse rakentaminen tulisi. Lopputuloksena oli, että passiivirakenteinen 150 m<sup>2</sup>:n omakotitalo tuli vähän alle 16 000 € kalliimmaksi. Opinnäytetyössä ei otettu kantaa kustannuksen takaisinmaksu-aikaan tai sen kannattavuuteen. Silti oli yllättävää, että rakennuskustannuksien ero pysyi kuitenkin kohtuullisen pienenä rakenteiden välillä. Opinnäytetyön tekijä odotti ehkäpä suurempaakin kustannuksien kasvua passiivirakenteelle.

Mikäli työssä olisi edetty pidemmälle, siinä olisi voitu vertailla lisäksi energiankulutusta passiivitalon ja normaali rakenteisen omakotitalon välillä. Lisäksi olisi voitu tehdä vertailua eri lämmitysjärjestelmien kesken. Samalla tutkien mikä niistä olisi kannattavin valinta kyseiseen taloon, esimerkiksi takaisinmaksuajan osalta. Työn tekeminen oli kuitenkin opettavaista ja käytännönläheistä. Siitä sai hyvän kuvan omakotitalorakentamisen historiasta ja se sisälsi paljon erittäin hyödyllistä tietoa.

## LÄHTEET

- 1970-luvun talo. Päivitetty 5.4.2016. [Verkkajulkaisu]. Hometalkoot.fi. [Viitattu 10.4.2016]. Saatavana: [http://www.hometalkoot.fi/pdf/omakotitalo/1970\\_omakotitalo\\_osat.pdf](http://www.hometalkoot.fi/pdf/omakotitalo/1970_omakotitalo_osat.pdf)
- 1980-luvun talo. Päivitetty 5.4.2016. [Verkkajulkaisu]. Hometalkoot.fi. [Viitattu 10.4.2016]. Saatavana: [http://www.hometalkoot.fi/pdf/omakotitalo/1980\\_omakotitalo\\_osat.pdf](http://www.hometalkoot.fi/pdf/omakotitalo/1980_omakotitalo_osat.pdf)
- 1990-luvun talo. Päivitetty 5.4.2016. [Verkkajulkaisu]. Hometalkoot.fi. [Viitattu 23.10.2016]. Saatavana: [http://www.hometalkoot.fi/pdf/omakotitalo/1990\\_omakotitalo\\_osat.pdf](http://www.hometalkoot.fi/pdf/omakotitalo/1990_omakotitalo_osat.pdf)
- Aurinko- ja tuulivoima...2015. Päivitetty 15.1.2015. [Verkkosivu]. Lappeenrannan teknillinen yliopisto LUT. [Viitattu 1.4.2016]. Saatavana: [http://www.lut.fi/uutiset/-/asset\\_publisher/h33vOeufQQWn/content/aurinko-ja-tuulivoima-ovat-tulevaisuudessa-halvimmat-energiamuodot](http://www.lut.fi/uutiset/-/asset_publisher/h33vOeufQQWn/content/aurinko-ja-tuulivoima-ovat-tulevaisuudessa-halvimmat-energiamuodot)
- Aurinkopaneeliston sijoittelu katolle. Ei päivystä. [Verkkosivu]. Aurinkovirta.fi. [Viitattu 1.11.2016]. Saatavana: <http://aurinkovirta.fi/aurinkopaneeliston-sijoittelu-katolle/>
- Balextherm-polyuretaanieristeet. Ei päivystä. [Verkkosivu]. Rakennusfakta.fi. [Viitattu 12.4.2016]. Saatavana: <http://www.rakennusfakta.fi/fasmer/balextherm-polyuretaanieristeet/tuote.html>
- Energiatehokkaan rakentamisen parhaat käytännöt. Ei päivystä. [Verkkajulkaisu]. Tampereen teknillinen yliopisto. [Viitattu 10.4.2016]. Saatavana: <http://docplayer.fi/2457670-Energiatehokkaan-rakentamisen-parhaat-kaytannot-perusteet.html>
- Energiatodistus opas. Ei päivystä. [Verkkajulkaisu]. Ympäristö.fi. [Viitattu 10.4.2016]. Saatavana: <http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7BAC7A25CB-AE7E-4869-8884-1AE74D3FE2DE%7D/100058>
- Eristelevy FF-PIR 30. Ei päivystä. [Verkkosivu]. Stark. [Viitattu 13.11.2016]. Saatavana: <http://www.stark-suomi.fi/fi/eristelevy-ff-pir-30-alk-30-mm-1-44-m%C2%B2>
- Ikkunoiden energiatehokkuus. Ei päivystä. [Verkkosivu]. Motiva. [Viitattu 23.10.2016]. Saatavana: [http://www.motiva.fi/koti\\_ja\\_asuminen/vaikuta\\_hankinnoilla/ikkunoiden\\_energiatodistus/ikkunoiden\\_energiatehokkuus](http://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/vaikuta_hankinnoilla/ikkunoiden_energiatodistus/ikkunoiden_energiatehokkuus)



Korjaa 1980-luvun talo oikein. Päivitetty 2.6.2016. [Verkkosivu]. Meillä kotona. [Viitattu 31.10.2016]. Saatavana: <http://www.meillakotona.fi/rakenna-ja-remontoi/talon-huolto/korjaa-1980-luvun-talo-oikein>

Korjaa 1990-luvun talo oikein. Ei päiväystä. [Verkkosivu]. Meillä kotona. [Viitattu 20.10.2016]. Saatavana: <http://www.meillakotona.fi/rakenna-ja-remontoi/talon-huolto/korjaa-1990-luvun-talo-oikein>

L 5.2.1999/132. Maankäyttö- ja rakennuslaki

Lämmitys. Päivitetty 6.4.2016. [Verkkosivu]. Energiatehokaskoti. [Viitattu 22.10.2016]. Saatavana: [http://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan\\_suunnittelu/lammitys](http://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan_suunnittelu/lammitys)

Lämmitysjärjestelmän valinta. Päivitetty 22.9.2016. [Verkkosivu]. Motiva. [Viitattu 22.10.2016]. Saatavana: [http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman\\_valinta](http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta)

Ovikorjaus. 1.2.2013. [Pdf-julkaisu]. Oulu Rakennusvalvonta. [Viitattu 31.10.2016]. Saatavana: [http://www.energiakorjaus.info/wp-content/uploads/2013/08/Pientalo\\_5\\_Ovikorjaus\\_2013\\_02\\_01.pdf](http://www.energiakorjaus.info/wp-content/uploads/2013/08/Pientalo_5_Ovikorjaus_2013_02_01.pdf)

Paroc Extra. Ei päiväystä. [Verkkosivu]. K-rauta. [Viitattu 20.10.2016]. Saatavana: <https://www.k-rauta.fi/rautakauppa/paroc-extra-100-565x1170-5-29-m2>

Passiivitalon määritelmä. Heinäkuu 2009 [Pdf-julkaisu]. WWW. PASSIIVI INFO. [Viitattu 1.11.2016]. Saatavana: [http://www.passiivi.info/download/passiivitalon\\_maaritelma.pdf](http://www.passiivi.info/download/passiivitalon_maaritelma.pdf)

Pientalon lämmöneristys. Päivitetty 6.6.2016. [Verkkosivu]. Suomirakentaa.fi. [Viitattu 31.10.2016]. Saatavana: <http://www.suomirakentaa.fi/omakotirakentaja/ulkoseinaet-ja-julkisivut/pientalon-lammoneristys>

Puurunko on yleisin. Päivitetty 19.11.2014. [Verkkosivu]. Suomirakentaa. [Viitattu 28.3.2016]. Saatavana: <http://www.suomirakentaa.fi/omakotirakentaja/ulkoseinaet-ja-julkisivut/runkoratkaisun-valinta>

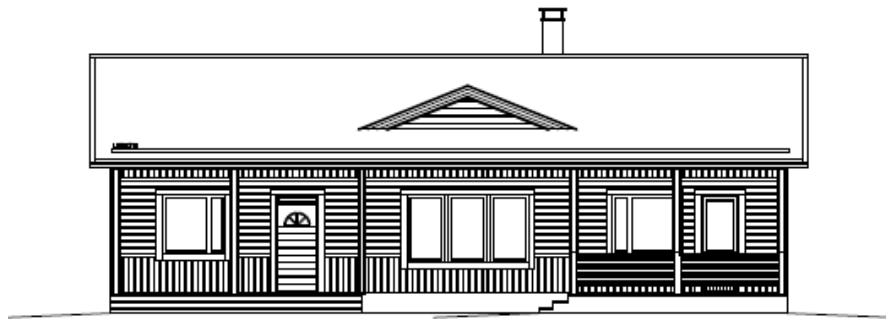
RakMK-21504\_2012\_D3. Rakennusten energiatehokkuus. Määräykset ja ohjeet. Helsinki: Rakennustieto

SAE202 tasokeräin. Ei päiväystä. [Verkkosivu]. Suomen aurinkoenergia OY. [Viitattu 2.4.2016]. Saatavana: <http://suomenaurinkoenergia.fi/tuotteet/aurinkokeraimet/sae202-tasoker%C3%A4in>

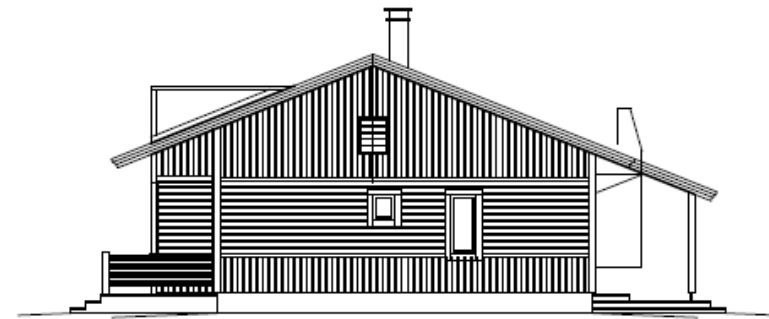
- Saumatonta energiatehokkuutta taloissa. 31.10.2016. [Verkkosivu]. Rakentaja.fi. [Viitattu 31.10.2016]. Saatavana: [https://www.rakentaja.fi/artikkelit/11253/saumaton\\_rakenne\\_kastelli.htm](https://www.rakentaja.fi/artikkelit/11253/saumaton_rakenne_kastelli.htm)
- Siikainen, U. 2001. Rakennusaineoppi. 6.uud.painos. Helsinki: Rakennustieto oy.
- Styrox 50. Ei päiväystä. [Verkkosivu]. Lakkapää. [Viitattu 20.10.2016]. Saatavana: [https://www.lakkapaa.com/lakka\\_fi/t/rakentaminen/eristeet/eps-eristeet/styrox-50-eps100-lattia-p-1000x1200-12m2-pkt/300072608](https://www.lakkapaa.com/lakka_fi/t/rakentaminen/eristeet/eps-eristeet/styrox-50-eps100-lattia-p-1000x1200-12m2-pkt/300072608)
- Suuntaa antavia ohjearvoja. 2016. Päivitetty 26.2.2016. [Verkkosivu]. Energiatehokaskoti.fi. [Viitattu 5.4.2016]. Saatavana: [http://www.energiatehokaskoti.fi/perustietoa/hyva\\_tietaa/suuntaa-antavia\\_ohjearvoja](http://www.energiatehokaskoti.fi/perustietoa/hyva_tietaa/suuntaa-antavia_ohjearvoja)
- Ulkoseinät ja perustukset. Ei päiväystä. [Verkkosivu]. Hometalkoot.fi. [Viitattu 8.4.2016]. Saatavana: <http://www.hometalkoot.fi/omakotitalo>
- Uudet energiamääräykset...2014. [Verkkosivu]. Kunnat.fi. [Viitattu 10.4.2016]. Saatavana: [http://www.kunnat.net/fi/tietopankit/tapahtumat/aineisto/2014/ilmastokonferenssi-2014/08052014/05\\_Vinha\\_FCG\\_Uudet%20energiam%C3%A4%C3%A4r%C3%A4ykset%20ja%20niiden%20vaikutukset\\_080514.pdf0Y,%D7%A3.pdf](http://www.kunnat.net/fi/tietopankit/tapahtumat/aineisto/2014/ilmastokonferenssi-2014/08052014/05_Vinha_FCG_Uudet%20energiam%C3%A4%C3%A4r%C3%A4ykset%20ja%20niiden%20vaikutukset_080514.pdf0Y,%D7%A3.pdf)
- XPS. Ei päiväystä. [Verkkosivu]. Meltex. [Viitattu 20.10.2016]. Saatavana: <http://www.meltex.fi/tuotteet/rakennustarvikkeet/eristeet/xps.html>
- Yleistä ilmanvaihdosta. 31.3.2014. [Verkkosivu]. Rakentaja.fi. [Viitattu 31.10.2016]. Saatavana: [https://www.rakentaja.fi/artikkelit/6708/yleista\\_ilmanvaihdosta\\_vallox.htm](https://www.rakentaja.fi/artikkelit/6708/yleista_ilmanvaihdosta_vallox.htm)

## LIITTEET

Liite 1. Esimerkkikohteen lupakuvat



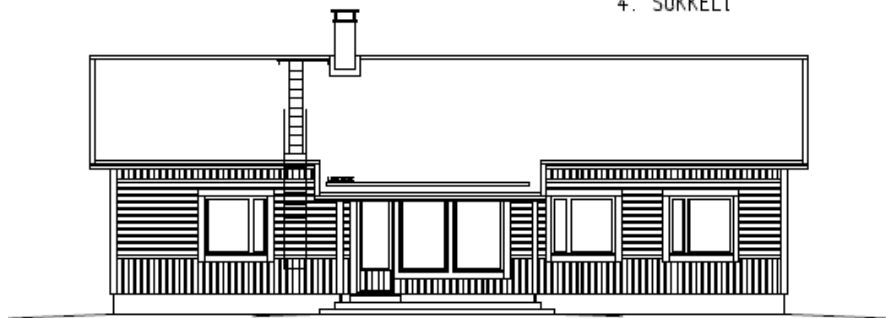
ITÄÄN



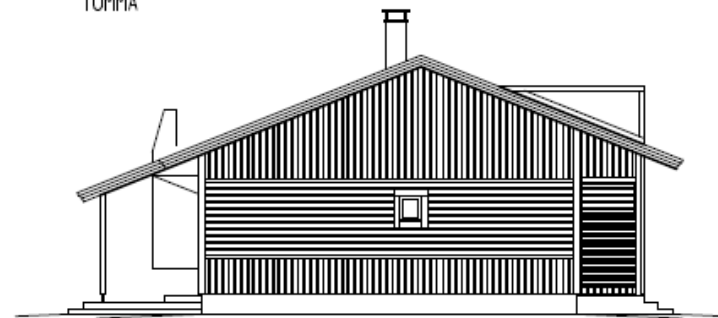
POHJOISEEN

1. TIJLIKUVIOITU PELTIKATE
2. PANEELI
3. VUORI LAUDOITUS
4. SÖKKELI

MUSTA  
VAALEA SININEN  
VALKOINEN  
TUMMA

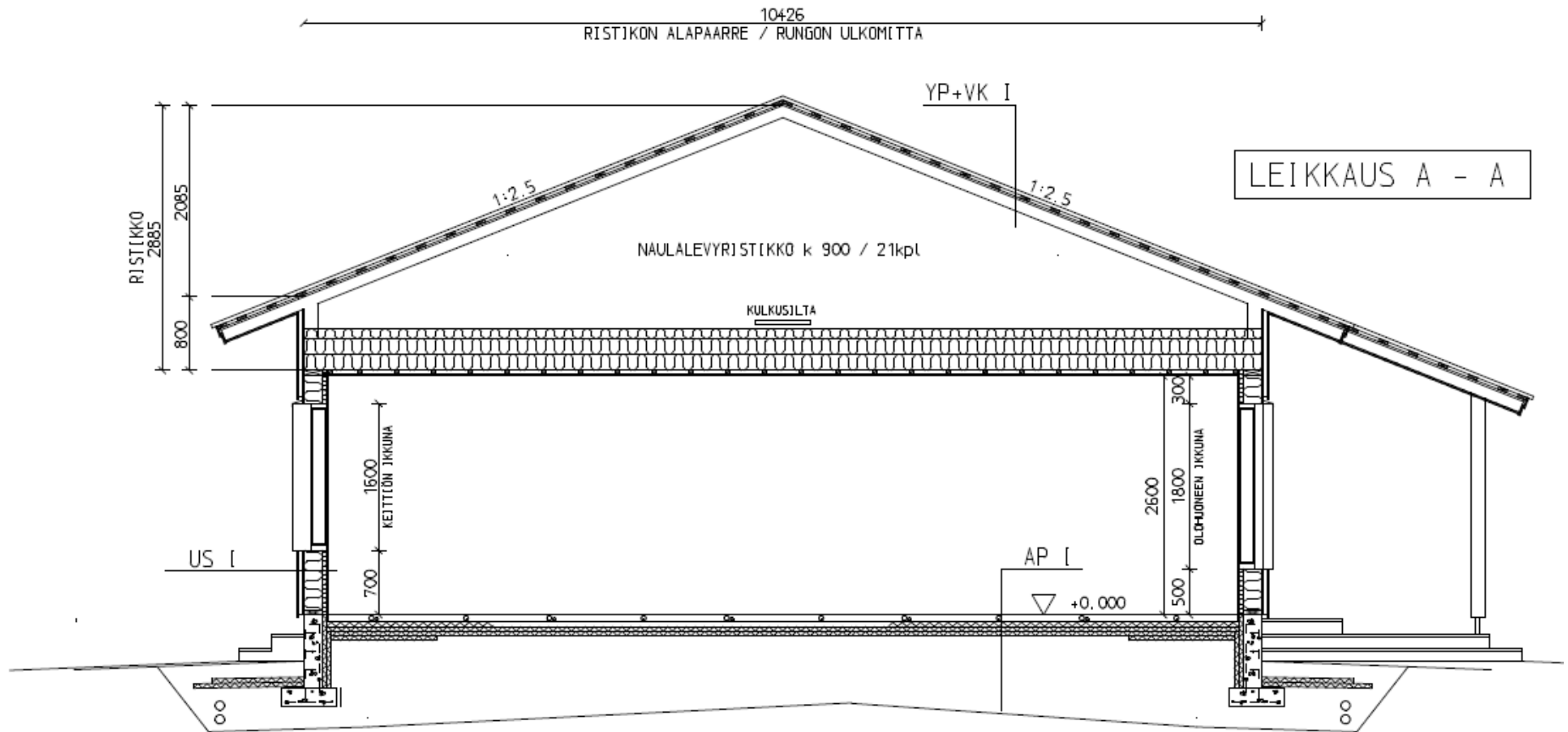


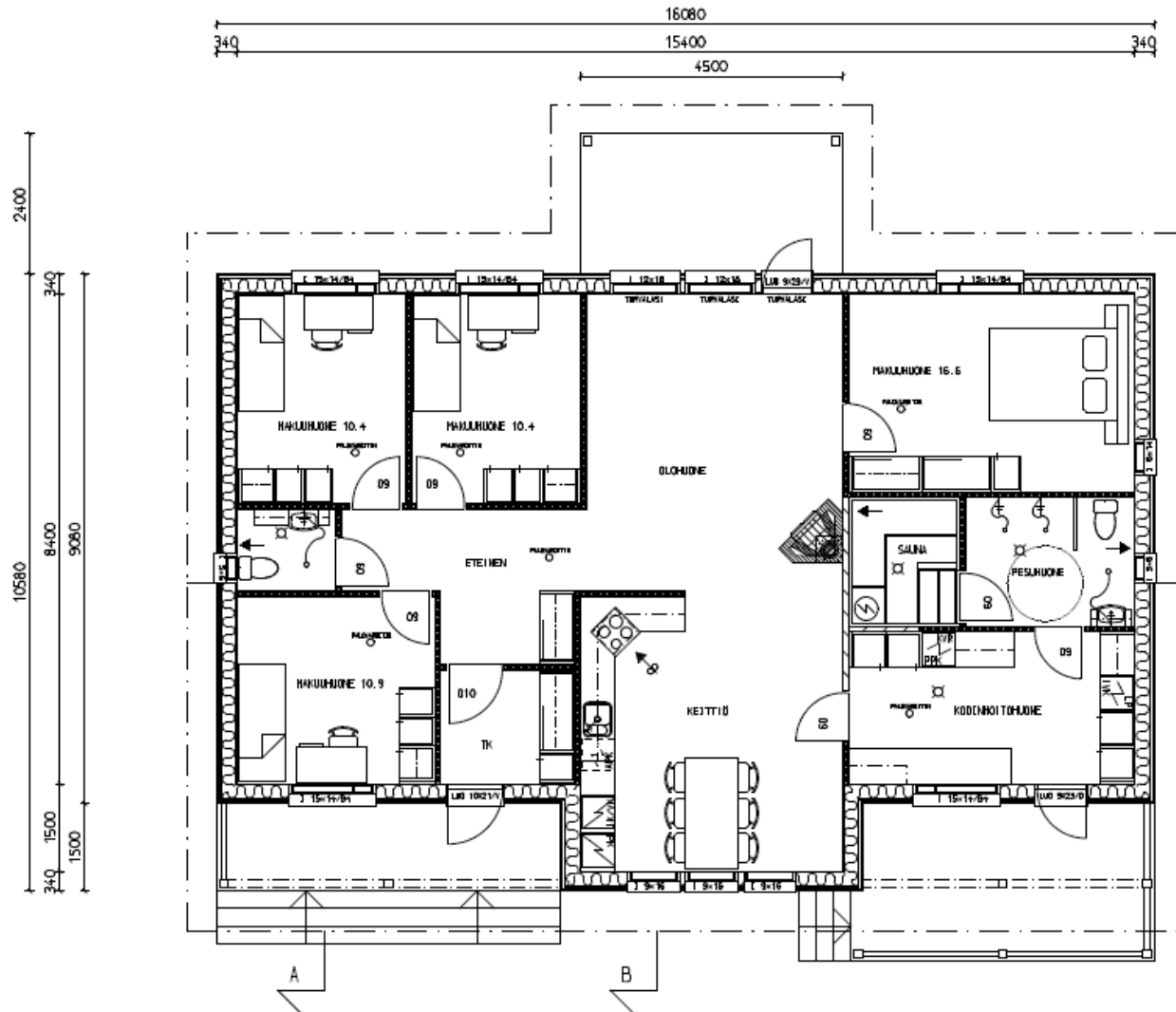
LÄNTEEN



ETELÄÄN

VESIKATON TURVAVARUSTEET RakMK F2 MUKAAN !





PALOLUOKKA P 3

PINNAT 2 / -

ILMA-VESILÄMPÖPUMPPU /  
VESIKIERTOINEN LATTIALÄMMITYS

KONEELLINEN ILMANVAIHTO LÄMMÖNTALTEETILLA /  
ILMANVAIHTOKONEEN VUOSIHYÖTYSUHDE > 45% /  
ERIKOISSUUNNITELMIEN MUKAAN

PALOVAIROITTIMET LIITETÄÄN SÄHKÖVERKKOON

KERROSALA : 154.0 m<sup>2</sup>

HUONEISTOALA : 135.0 m<sup>2</sup>

TILAVUUS : 490 m<sup>3</sup>