



Tuomas Haavisto

**ENERGIATEHOKKAIDEN RAKENNUSTEN ENERGIAN-
KULUTUKSEN LASKENNALLINEN TARKASTELU
PHPP-LASKENTATYÖKALULLA**

ENERGIATEHOKKAIDEN RAKENNUSTEN
ENERGIANKULUTUKSEN LASKENNALLINEN
TARKASTELU PHPP-LASKENTATYÖKALULLA

Tuomas Haavisto
Opinnäytetyö
Kevät 2012
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

Koulutusohjelma	Opinnäytetyö	Sivuja	+	Liitteitä
Rakennustekniikka	Insinööriyö	70	+	10
Suuntautumisvaihtoehto	Aika			
Talo- ja korjausrakentaminen	2012			
Työn tilaaja	Työn tekijä			
IEEB-projekti / Kauko Tulla	Tuomas Haavisto			
Työn nimi	Energiatehokkaiden rakennusten laskennallinen tarkastelu PHPP-laskentatyökalulla			
Avainsanat	Energiatehokkuus, PHPP, kylmäsilat, passiivitalot			

Pientalojen suurella energiankulutuksella on ympäristöllisiä vaikutuksia. Energian hinnan nousun ja sen taloudelliset vaikutukset asukkaisiin ovat myös nostaneet kiinnostusta energian säästämiseen. Rakennusten suunnittelulle ja tuotekehitykselle tulee uusia haasteita energiatehokkaiden talojen kysynnän lisääntyessä. Opinnäytetyön tavoitteena oli laskea kolmen pientalokohteen energiankulutus käyttäen Passive House Planning Package (PHPP) -ohjelmistoa. Opinnäytetyössä perehdyttiin myös keskeisiin energiatehokkuuteen vaikuttaviin tekijöihin, rakenneliitoksien kylmäsilatarkasteluun sekä passiivitalokonseptiin.

Tarkasteltavat kohteet liittyivät IEEB- (Increasing Energy Efficiency in Buildings) projektiin. Laskennallisesti keskityttiin tilojen lämmitysenergiantarpeen laskentaan sekä kylmäsilta vaikutuksen mallinnukseen. Tässä opinnäytetyössä PHPP-laskennalla saatiin selville tilojen lämmitysenergiatarve. Samalla ohjelmasta saatiin tietoa muun muassa auringon säteilyenergian määrästä suhteessa ikkunoiden johtumishäviöihin, varjostavien rakenteiden vaikutuksesta saatavaan säteilyenergian määrään sekä eri rakenneliitoksien vaikutuksesta rakennuksen lämpöhäviöihin.

Laskelmien perusteella todettiin, että kylmäsilloilla on suuri vaikutus rakennuksen lämpöhäviöihin. Rakenneliitoksien suunnitteluun tulee kiinnittää erityistä huomiota kylmäsiltojen välttämiseksi. Rakennuksen ja ikkunoiden oikea sijoittaminen ilmansuuntiin nähden sekä varjostuksen ja sopivan ikkunapinta-alan optimointi ovat hyviä tapoja vähentää lämmitysenergiantarvetta.

Degree programme	Thesis	Number of pages	+	Appendices
Civil Engineering	B. Sc.	70	+	10
Line	Date			
House Building and Renovating	2012			
Commissioned by	Author			
IEEB-project / Kauko Tulla	Tuomas Haavisto			
Thesis title				
Calculation Of Energy-Efficient Buildings With PHPP				
Keywords				
Energy efficiency, PHPP, thermal bridges, passive houses				

The efficient use of energy in buildings due to increasing energy prices and CO₂-emissions requires more energy efficient building concepts. Passive houses are one way to minimize the energy demand of buildings. The aim of this thesis was to investigate PHPP (Passive House Planning Package) and use it to calculate the energy demand of three single-family houses. Further, this thesis explores modeling thermal bridges and understanding the passive house concept.

This thesis is a part of IEEB- (Increasing Energy Efficiency in Buildings) project. This three-year (2010–2013) Nordic co-operative project will focus on energy saving and efficiency methods in single-family houses. This thesis concentrates on the annual space heat demand calculation with PHPP. PHPP-software also includes many other useful tools for the reliable design of passive houses. In addition, this thesis presented the main theory of energy efficiency in buildings and ways to improve it.

The information of this thesis offers basic guidance to PHPP. As a result of calculations, it can be concluded that the thermal bridges highly affect the building's heat losses. Thermal bridges should be avoided also to ensure the level of comfort within the building. Some good ways to decrease the building's energy demand is to carefully design window orientation, optimal size and shading.

SISÄLTÖ

TIIVISTELMÄ.....	3
ABSTRACT.....	4
1 JOHDANTO.....	7
2 RAKENNUSKANNAN ENERGIATEHOKKUUS JA SEN KEHITTYMINEN.....	8
3 PASSIIVITALO.....	10
4 ENERGIATEHOKKAALLA SUUNNITTELLULLA KOHTI PASSIIVITASOA.....	15
4.1 Rakennuksen muoto.....	15
4.2 Ilmansuuntien vaikutus tilasuunnitteluun.....	16
4.3 Lämpötekniset periaatteet.....	17
4.4 Rakenteiden lämmöneristävyys.....	18
4.4.1 Rakenteiden kosteustekninen toimivuus.....	18
4.4.2 Lämmöneristeen sisäinen konvektio.....	19
4.5 Rakennuksen painesuhteet ja ilmatiiveys.....	20
4.6 Kylmäsillat.....	23
4.7 Ikkunat.....	24
4.8 Talotekniikka.....	26
4.8.1 Ilmanvaihtolämmitys.....	27
4.8.2 Tulisija.....	29
5 PASSIVE HOUSE PLANNING PACKAGE.....	31
5.1 Laskentaprosessi.....	32
5.2 Nettolattiapinta-ala.....	33
5.3 Kylmäsillat.....	34
5.4 Tilojen lämmitysenergiantarve.....	36
5.4.1 Ilmastotieto.....	36
5.4.2 Vaipan lämpöhäviöt.....	37
5.4.3 Ilmanvaihdon lämpöhäviöt.....	38
5.4.4 Auringon säteilyn kautta saatava ilmaisenergia.....	40
5.4.5 Sisäiset lämpökuormat.....	41
5.4.6 Ilmaisenergian hyödyntämiskerroin.....	41
5.5 Ikkunat ja varjostus.....	42
5.6 Kokonaisprimäärienergiantarve.....	43
6 TARKASTELTAVIEN KOHTEIDEN LÄMMITYSENERGIANTARPEEN LASKENTA.....	46

6.1 Lammi-Kivitalot.....	47
6.2 JT-Talo	53
6.3 Kastelli-talot Oy	58
7 YHTEENVETO.....	63
LÄHTEET.....	65
LIITTEET	70

1 JOHDANTO

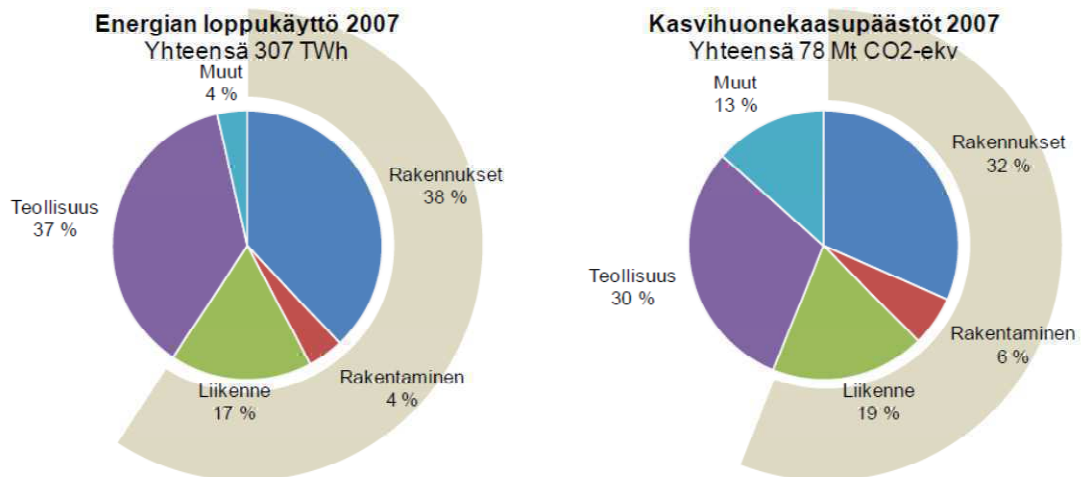
Rakennuksien energiatehokkuuteen kiinnitetään yhä enemmän huomiota, mikä näkyy ympäristöministeriön laatimien Suomen rakentamismääräyksien kehittämisessä viime vuosien aikana sekä lähitulevaisuudessa. Viime aikoina on myös ollut huomattavissa tavallisten ihmisten kiinnostuksen lisääntyminen matalaenergia- ja passiivitalorakentamista kohtaan.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on perehtyä energiatehokkaiden rakennusten energiankulutuksen laskennassa käytettävään saksalaiseen Passive House Planning Package -laskentaohjelmaan. Yleisesti varsinkin Keski-Euroopassa käytössä olevasta ohjelmasta on vielä Suomessa todella vähän käyttökokemuksia. Työssä keskitytään myös energiatehokkuuteen vaikuttaviin tekijöihin ja passiivitalokonseptiin sekä kiinnitetään erityistä huomiota rakenteiden kylmäsilta tarkasteluun.

Passive House Planning Package -ohjelmalla lasketaan kolmen omakotitalokohteen energiankulutusta. Laskentakohteet ja tämä opinnäytetyö ovat osa pohjoismaista IEEB- (Increasing Energy Efficiency in Buildings) kehityshanketta, jossa Oulun seudun ammattikorkeakoulu on mukana. Opinnäytetyön tekohetkellä laskettavat kohteet ovat alkuvaiheessa, minkä vuoksi tässä työssä keskitytään tilojen lämmitysenergian tarpeen laskentaan ja kokonaisprimäärienergian tarve käsitellään vain teoreettisesti.

2 RAKENNUSKANNAN ENERGIATEHOKKUUS JA SEN KEHITTYMINEN

Huoli maapallon ympäristöolosuhteista ja energian tuontiriippuvuudesta on saanut aikaan Euroopan Unionin asettamaan rakennusten energiatehokkuusdirektiivin. Energiansäästötoimenpiteet ovat aiheellisia varsinkin rakentamisessa ja rakennuksissa, koska ne vievät Suomessa energian loppukäytöstä jopa 42 % ja kasvihuonepäästöistä 38 % (kuva 1). On arvioitu, että rakennusten nykyisestä kulutuksesta voitaisiin säästää kustannustehokkaasti jopa 22 %. (Tuomaala 2011, dia 6.)



KUVA 1. Suomen energian loppukäyttö ja kasvihuonepäästöt vuonna 2007 (Lehtinen 2011, dia 7)

Jotta EU-direktiivien asettamiin energiansäästö tavoitteisiin päästäisiin, on Suomen ympäristöministeriö päivittänyt rakentamismääräyskokoelmia energiatehokkaampaan suuntaan. Vuonna 2010 rakennusten energiantarvetta kiristettiin noin 30 % aikaisemmasta tasosta. Uusimmat energiamääräykset astuvat voimaan vuonna 2012, jolloin kiristettävien määräyksien pääpainopiste muuttuu rakennusosien lämpöhäviöiden kiristämisestä kokonaisenergiatarkasteluun. Kokonaisenergiatarkasteluun siirtyminen kiristää määräyksiä arviolta noin 20 %. EU:n asettamissa tavoitteissa vuonna 2020 tulisi uudisrakennuksien ostoenergiantarve olla jo

melkein 0 kWh/m². Tämä tarkoittaa käytännössä passiivitalotasoista rakennusta ja energiantuottoa pääasiassa uusiutuvilla energianlähteillä. (Tuomaala 2011, diat 6,8.)

Vuoden 2012 määräyksien kokonaisenergiatarkastelu ottaa huomioon rakennuksessa käytettävän energianlähteen ympäristövaikutukset. Rakennuksissa käytettäville energiamuodoille on annettu kertoimet, jotka kertovat energiamuodon aiheuttamaa hiilidioksidipäästöä ja primäärienergiankulutusta. Vuoden 2010 määräyskokoelmassa olevat rakennusosien lämpöhäviöiden rajat toimivat perälautana uusille määräyksille (kuva 2). Uudet määräykset koskevat vain uudisrakennuksia, ja lähtökohtana on kokonaisvaltainen suunnittelu. (Penttinen 2011, diat 8,10,13, 52.)

Rakennusosien U- arvot	1976	1978	1985	2003	2007	2010 annettu (lausuntoversio)	2012
Ulkoseinä	0,4	0,29	0,28	0,25	0,24	0,17 _(0,14) 0,40 hirsis.	0,17 0,40 hirsis.
Yläpohja	0,35	0,23	0,22	0,16	0,15	0,09 _(0,09)	0,09
Alapohja	0,40	0,40	0,36	0,25	0,24	0,16/0,17 _(0,14/0,11)	0,16 / 0,17
Ikkuna	2,1	2,1	2,1	1,4	1,4	1,0 _(1,0)	1,0
Ovet	0,7	0,7	0,7	1,4	1,4	1,0 _(0,7)	1,0
Muut laskennan lähtöarvot							
n50-luku	6	6	6	4	4	2	q50 = 2, max. 4
LTO:n vuosihyötysuhde	0	0	0	30%	30%	45% _(50%)	45 %
Vaipan lämpöhäviön jousto	0	0	0	10 %	20 %	30 % _(30%)	Ei rajoitusta
Kokonaisenergiavaatimus							E-luku
Primäärienergiavaatimus							

KUVA 2. Rakennusmääräysten kehittyminen (Penttinen 2011, dia 4)

3 PASSIIVITALO

Passiivitalo on energiatehokkaampi rakennus kuin tavallinen matalaenergiatalo. Periaatteena on saada talon lämpöhäviöt mahdollisimman pieniksi. Ulkovaipan tiiveys, todella hyvä lämmöneristys ja rakenteiden kylmäsiltojen minimointi tekevät rakennuksen sisäilmastosta tasaisen lämpimän eikä perinteisistä taloista tuttua vedon tunnetta ole. Auringon säteilystä saatavaa passiivista lämpöenergiaa käytetään tehokkaasti hyväksi ja energiantarvetta vähentää myös tulo- ja poistoilmanvaihto tehokkaalla lämmön talteenotolla. Perinteistä lämmönjakojärjestelmää ei välttämättä tarvita ja lämmitys voidaan hoitaa esimerkiksi ilmanvaihtokoneeseen liitettävällä ilmanvaihtolämmityksellä. (Nieminen 2009.)

Passiivitalolla ei ole virallista asemaa rakennusmääräyksissä. Passiivitalon tulee täyttää maasta riippuvat, siellä käytettävät yleiset rakentamismääräykset. Sille on annettu useita eri määritelmiä eri maissa, koska passiivitalo-nimeä ei ole rekisteröity tai suojattu. Passiivitalon periaatteet ja määritelmä ovat alkujaan peräisin Saksasta. Passiivitaloa voidaan pitää talon tilaajan vapaaehtoisesti asettamana energiatehokkuustavoitteena. (Nieminen – Lylykangas 2009, 2.)

Valtion teknillinen tutkimuskeskus (VTT) laati eurooppalaisessa IEE-ohjelman projektissa PEP-Promotion of European Passive Houses Suomen olosuhteisiin paremmin sopivat vaatimukset passiivitalolle. Nämä vaatimukset täyttäviä passiivitaloja on jo rakennettu Suomeen useita. (Lylykangas 2011a, dia 51.)

Rakennuksen tulee täyttää kolme kriteeriä (taulukko 1), jotta sitä voidaan kutsua passiivitaloksi. Nämä kriteerit ovat tilojen lämmitysenergiantarve, kokonaisprimäärienergiantarve ja ilmavuotoluku n_{50} . Näiden kriteerien vaatimukset ovat hieman erilaisia, kun puhutaan kansainvälisestä passiivitalosta (Passivhaus Institutin vaatimukset) ja esimerkiksi Suomessa käytössä olevasta VTT:n määrittämistä arvoista. Suomi, Ruotsi ja Norja ovat

muokanneet Passivhaus Institutun määrittelemiä vaatimuksia hieman helpommin saavutettaviksi, koska ilmasto-olosuhteet ovat haastavammat Skandinaviassa kuin esimerkiksi Keski-Euroopassa. Suomessa passiivitaloista käytetään myös nimitystä passiivienergiatalo. (Nieminen – Lylykangas 2009a, 2, 3, 9.)

TAULUKKO 1. Passiivitalon kriteerit (Nieminen ym. 2009, 3, 9)

	Kansainvälinen määritelmä	Suomalainen määritelmä, Etelä-Suomi	Suomalainen määritelmä, Keski-Suomi	Suomalainen määritelmä, Pohjois-Suomi
Tilojen lämmitysenergiantarve, kWh/(m ² a)	15	20	25	30
Kokonaisprimäärienergiantarve, kWh/(m ² a)	120	130	135	140
Ilmanvuotoluku n ₅₀ , 1/h	0,6	0,6	0,6	0,6

Kansainvälisessä ja suomalaisessa passiivitalomääritelmässä käytetään kahta eri pinta-ala yksikköä. Kansainvälinen määritelmä perustuu nettolattiapinta-alaan (engl. treated floor area), joka lasketaan saksalaisten rakentamismääräyksien mukaan. Suomalainen määrittely on taas rakennuksen bruttoala, joka lasketaan Suomen Rakentamismääräyskokoelman (RT 12-10277) mukaan. Passiivitalon kansainvälinen määrittely vaatii, että rakennuksen energiantarve lasketaan PHPP-ohjelmalla (engl. Passive House Planning Package). Suomessa ei ole määriteltä erikseen millä ohjelmalla energiantarve tulisi laskea. (Nieminen ym. 2009, 9; Feist – Pfluger – Kaufmann – Schnieders – Kah 2007, 47.)

Vuoden 2012 rakentamismääräyksien kokonaisenergiakulutuksen tarkastelussa pinta-alan laskenta perustuu uuteen käsitteeseen nettoala. Tämä on eri käsite kuin saksalainen nettolattiapinta-ala, mutta tällä laskentatavalla pinta-alat ovat lähempänä toisiaan kuin bruttoalaa käytettäessä. Uudella nettoalalla laskettujen kohteiden tulokset ovat helpommin verrattavissa nettolattiapinta-alaan kuin jos käytettäisiin bruttoalaa.

Koska suomalainen bruttoala lasketaan ulkoseinien ulkopintojen mukaan ja saksalainen nettolattiapinta-ala ulkoseinien sisäpintojen mukaan on näiden kahden laskentatavan tuloksessa suuri ero. Passiivirakenteen paksut seinät vielä korostavat eroa. Suomalaisen passiivitasoisen omakotitalon lämmitysenergiantarve on vain noin 1/5 normaaliin omakotitaloon verrattuna. Tähän tavoitteeseen on haastava päästä ja talon energiatehokkuutta on parannettava huomattavasti. Pilottikohteet kuitenkin osoittavat, että suomalaisia passiivitaloja voidaan rakentaa toimivilla rakenteilla ja rakennuskustannukset pysyvät kohtuullisina. (Nieminen ym. 2009a, 9.)

Tilojen lämmitysenergiantarpeeseen vaikuttavat muun muassa ulkovaipan ilmanpitävyys, vaipan lämmöneristys ja ilmanvaihtojärjestelmän lämmön talteenotto-kyky. Vaikutusta on myös passiivisella aurinkoenergialla, jota saadaan ikkunoiden kautta sekä laitteista ja ihmisistä saatavalla lämpöenergialla. Lämmitysjärjestelmän ominaisuuksia ei huomioida tilojen lämmitysenergiantarpeeseen. (Lylykangas 2011b, dia 2.)

Kokonaisprimäärienergiantarve sisältää kokonaisprimäärienergiakertoimen ja kaiken sen energian, mitä passiivitalo tarvitsee. Kokonaisprimäärienergiakerroin on se suhdeluku, joka saadaan, kun jaetaan tietyn energianlähteen primäärienergia hankitulla energialla. Primäärienergiaa on esimerkiksi maalämpö maassa, puu metsässä, tuuli tai maaperässä oleva öljy. Primäärienergia ei ota huomioon muunto- tai kuljetusprosesseja. (Sarja – Åström – Airaksinen – Matilainen – Korhonen – Valjus – Leppänen – Peltonen – Kalema – Pulakka – Kurnitski – Peltokorpi 2009, 14.)

Ilmanvuotoluku n_{50} kertoo, kuinka tiivis talon vaippa on. Rakennukselle tehdään painekoe SFS-EN 13829 -standardin mukaan. Ilmanvuotoluku kertoo, kuinka monesti rakennuksen ilmatilavuus vaihtuu tunnissa 50 Pa:n ali- tai ylipaineessa. Uusissa vuonna 2012 voimaan tulevissa rakentamismääräyksissä siirrytään ilmanläpäisevyysluvun q_{50} käyttöön. Q_{50} -luku ilmoittaa ilmavuodot rakennusvaipan läpi kuutioina vaipan pinta-alaa kohti. (Sarja ym. 2009, 15; Heljo – Kurvinen – Korhonen 2011.)

Passiivitalon toteuttamisen helpottamiseksi VTT on esittänyt tiettyjä ohjeellisia energiatehokkuuteen vaikuttavia ohje-arvoja rakenteille ja talotekniikalle. Taulukossa 2 on esitetty VTT:n asettamat arvot suomalaiselle passiivitalolle ja Passivhaus Institutun arvot Keski-Eurooppalaisessa ilmastossa olevalle passiivitalolle.

Saksalaiseen passiivitalomääritelmään tarvittava PHPP-työkalu varmistaa, että rakennettava kohde todella täyttää passiivitalomääritelmän mukaiset arvot sekä osoittaa, että ne saavutetaan käyttämällä järkeviä rakennusmenetelmiä. VTT:n sertifiointissa ei ole määritelty tarkkaa laskennallista ohjetta, millä tarvittavat kriteerit saavutetaan. Tämä on johtanut siihen, että Suomessa passiivitalo-nimitystä käytetään turhan helposti. Esimerkiksi on rakennettu passiivitalo-nimikkeellä useita taloja ennen kuin Suomessa ei ollut edes määritetty primäärienergiakertoimia.

TAULUKKO 2. Energiatehokkuuteen vaikuttavia ohjeellisia arvoja passiivitalossa (Saari 2009, diat 37–39; Feist ym. 2007, 14)

	Suomalainen passiivitalo	Keski-Eurooppalainen passiivitalo
Ulkoseinän U-arvo, W/m ² K	0,05 – 0,13	< 0,15
Yläpohja U-arvo, W/m ² K	0,05 – 0,08	< 0,15
Alapohja U-arvo, W/m ² K	0,05 – 0,12	< 0,15
Ulko-ovet U-arvo, W/m ² K	0,4 – 0,7	< 0,8
Ikkunat U-arvo, W/m ² K	< 0,8	< 0,8
Ikkunan ja ovien valoaukot U-arvo, W/m ² K	0,6 – 0,8	< 0,8
Valoaukon valonläpäisykerroin, -	> 0,3	> 0,5
Vaipan ilmanvuotoluku n ₅₀ , 1/h	< 0,6	< 0,6
Lämmöntalteenoton hyötysuhde, %	> 65	> 75

Ensimmäinen passiivitalo valmistui Darmstadiin, Saksaan vuonna 1991. Tämän 2,5-kerroksisen rivitalon lämmitysenergian keskimääräinen vuosikulutus vuosina 1991–2006 on ollut 9,2 kWh/(m²a). Passiivitalojen isänä pidetään saksalaista tohtoria Wolfgang Feistiä. Hän perusti vuonna 1996 Passivhaus Institutun, joka riippumattomana tutkimuslaitoksena on kehittänyt passiivitalo-konseptia. (Sarja ym. 2009, 285–288.)

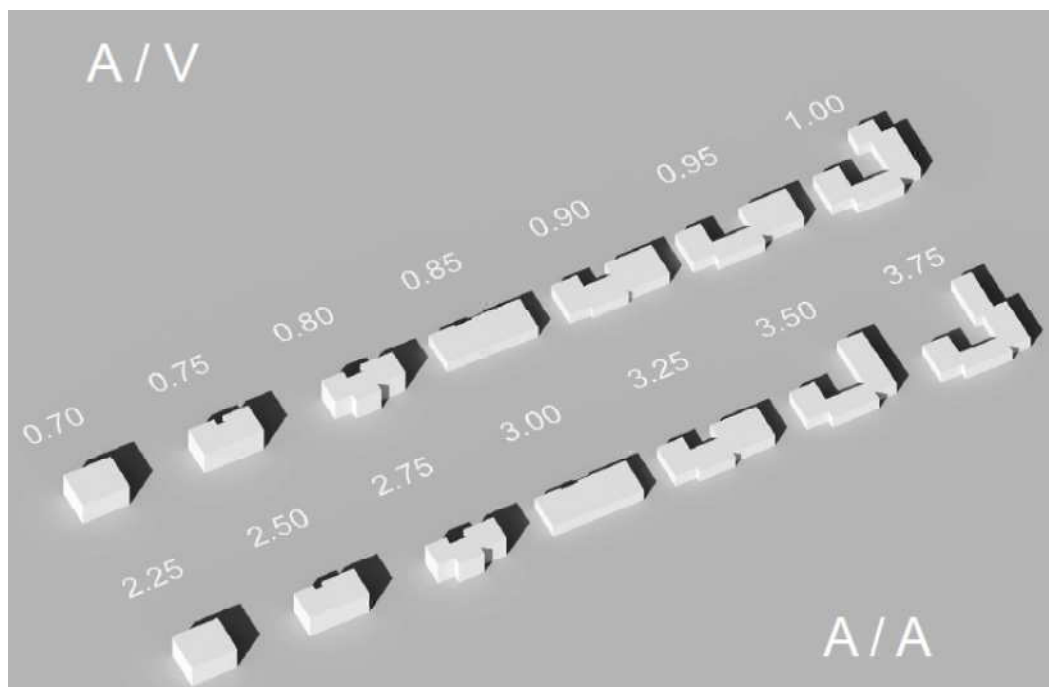
Passivhaus Institut myöntää sertifikaatin passiivitalolle, jos se täyttää kansainväliselle passiivitalolle määritetyt vaatimukset. Institut myöntää myös eri rakennusosille, kuten oville, ikkunoille ja ilmanvaihtokoneille sertifikaatteja, jotka takaavat niiden soveltuvuuden passiivitaloihin. Sertifikaatin voi myöntää vain Passivhaus Institutin valtuuttama henkilö. Institut kouluttaa myös yksityisiä rakennusalan ihmisiä sertifioituiksi passiivitalosuunnittelijoiksi. Suunnittelijat suorittavat koulutuksen päätteeksi kokeen ja sertifioitujen suunnittelijoiden nimet julkaistaan Passivhaus Institutin Internet-sivuilla. Kokeita ja kursseja järjestetään ympäri Eurooppaa ja sertifioituja suunnittelijoita on ympäri maailmaa. Suomesta löytyy tällä hetkellä muutama sertifioitu suunnittelija. (Sarja 2009, 287, 288; Feist 2011.)

4 ENERGIATEHOKKAALLA SUUNNITTELULLA KOHTI PASSIIVITASOA

4.1 Rakennuksen muoto

Yksi rakennuksen energiatehokkuuteen vaikuttavista tekijöistä on rakennuksen muoto. Muotokerroin voidaan määrittää kahdella tavalla, joko ulkovaipan lämmöneristeen ulkopinta-alan suhde lämmitettävään tilavuuteen tai ulkovaipan alan suhde lämmitettävään lattiapinta-alaan. Mitä pienempi muotokerroin on, sitä pienemmät lämpöhäviöt rakennuksella on. (Lylykangas 2011a.)

Kuvasta 3 nähdään, että neliön muotoinen passiivitalo on energiatehokkain muotokertoimeltaan. Rakennuksen koko vaikuttaa myös muotokertoimeen. Suuressa rakennuksessa on lämpöhäviötä aiheuttavaa ulkovaippaa suhteessa vähemmän kuin lämmitettävää tilavuutta, jolloin muotokerroin on parempi pieneen rakennukseen verrattuna. Rakennuksen lopulliseen muotoon vaikuttaa kuitenkin enemmän haluttu arkkitehtuuri. (Lylykangas 2011a.)



KUVA 3. Erialaisten rakennusten muotokertoimia (Lylykangas 2011a, dia 27)

Ulkopuolelta katsottuna rakennuksen muoto voi olla muotokertoimeltaan todella suuri, mutta vain lämmitettävän ulkovaipan muoto vaikuttaa energiatehokkuuteen. Tämän takia tilojen sijoitteluun kannattaa kiinnittää huomiota. On tärkeää miettiä esimerkiksi sitä, mitkä tilat sijoitetaan lämpövaipan sisäpuolelle ja mitkä ulkopuolelle. (Nieminen ym. 2009b.)

4.2 Ilmansuuntien vaikutus tilasuunnitteluun

Passiivitalon tilasuunnittelua tehdessä tulisi ottaa huomioon, että etelään suunnatuilla ikkunoilla saadaan ohjattua sisään lämmittävää auringon säteilyenergiaa, jota tarvitaan varsinkin talon lämmityskauden aikana. Toisaalta lämmityskausi on Suomessa juuri pimeänä vuodenaikana, jolloin valoisaa aikaa on suhteellisen vähän. Kesän lämpiminä päivinä ikkunoista tuleva liiallinen säteily puolestaan aiheuttaa rakennuksen ylikuumenemista, jota joudutaan viilentämään koneellisesti ja tämä lisää energiankulutusta. (Nieminen ym. 2009b).

Passiivitaloon sopiva ikkunapinta-ala on noin 12–20 % kerrosalasta. Tämä takaa optimaalisimman hyödyn auringon energiasta lämmityskaudella pitäen sisätilan lämpötilan tarpeeksi alhaalla kesäaikaan. Suurempi ikkuna pinta-ala lisää lämpöhäviön määrää seinässä, koska ikkunan U-arvo on huomattavasti korkeampi kuin pelkän seinän. Pienempi ikkuna pinta-ala lisää puolestaan valaistuksen tarvetta sisätiloissa ja samalla sähkönkulutusta. Tilasuunnittelussa tämä pitää ottaa huomioon ikkunoiden sijoittelussa juuri niihin tiloihin, joissa luonnonvaloa tarvitaan, ja nämä tilat siihen ilmansuuntaan, josta saadaan optimaalisin hyöty auringosta. (Sarja ym. 2009, 53.)

Suurien ikkunapinta-alojen aiheuttamaa rakennuksen ylikuumenemista ehkäistään varjostuksella. Varjostus voidaan tehdä monella eri tavalla, rakennetaan taloon esimerkiksi pitkät räystäät tai ikkunan pielet. Suomessa varjostus vaatii vielä enemmän suunnittelua kuin esimerkiksi Keski-Euroopassa, koska aurinko paistaa pienemmästä kulmasta. Varjostus voidaan toteuttaa myös kaihtimilla, ikkunaluukuilla tai auringonsuojalaseilla.

Hyvin suunnitellut pihan istutukset toimivat myös varjostuksena kesäaikaan, jolloin puissa ovat lehdet paikallaan. Talvella taas lehdettömät puut päästävät enemmän auringon valoa lävitseen. Yksi vaihtoehto on rakentaa kiinteä varjostava rakenne, joka muokkaa myös rakennuksen arkkitehtuurista ilmettä. (Nieminen ym. 2009b.)

Keväällä ja kesällä liiallisen auringonsäteilyn pääsyn rakennukseen estävät sopivan kokoiset räystäsrakenteet. Taloudellisesti ajateltuna kiinteä varjostava rakenne on parempi kuin kaihtimet ikkunoissa. Varjostuksen puuttuessa itään ja länteen suunnattuja ikkunoita tulee välttää. Hellekausien yllilämpenemistä voidaan tehokkaasti välttää ikkunatuuletuksen hyvällä suunnittelulla. (Pääatalo 2011, dia 25.)

4.3 Lämpötekniset periaatteet

Passiivitalossa pyritään pudottamaan lämmitysenergiankulutus niin alhaiseksi, että passiivinen aurinkoenergia ja rakennuksen sisäinen lämmöntuotto kattavat pääosan lämmitysenergiatarpeesta. Tämä vaatii rakennusprojektin eri suunnittelijoiden hyvää yhteistyötä. (Sarja ym. 2009, 59.)

Energiatehokkaassa rakennuksessa lämmitysenergiankulutus on minimoitu ja lämmityskauden pituus lyhenee verrattuna normitaloihin. Tällöin lämpötilan ja lämmityksen tarpeenmukaiseen ja tehokkaaseen säätämiseen tulee kiinnittää huomiota. Kesäkaudella taas korostuu yllilämpenemisen hallinta varjostuksella ja tuuletuksella. Ilmanvaihtoa voidaan käyttää viilentäjänä yöaikaan. (Sarja ym. 2009, 59.)

Rakennuksen lämmityskautena pääosin hyödynnettävällä sisäisellä lämmöntuotolla voidaan vähentää rakennuksen energiankulutusta. Puutteellisen suunnittelun takia tämä voi myös aiheittaa rakennuksen yllilämpenemistä. Ilmaisenergiaa saadaan muun muassa rakennuksen asukkaiden luovuttamasta lämpöenergiasta ja auringon säteilyenergiasta. Lämpökuormaa lisäävät myös lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöt sekä

kodinkoneista ja valaistuksesta vapautuva lämpöenergia. (Sarja ym. 2009, 60.)

Sisäinen lämpökuorma kasvattaa hyvin eristetyissä taloissa ajanjaksoa, jolloin rakennuksessa sisälämpötila nousee yli normaalilämpötilan. Yöilmanvaihdolla voidaan rajoittaa tätä ilmiötä, jos rakenteen eristeen sisäpuolinen lämpökapasiteetti on riittävä. Sisäinen lämpökapasiteetti vähentää sisälämpötilojen kohoamista ja pienentää jäähdytys- ja lämmitystarvetta. Hyvä tapa käyttää hyväksi rakenteiden lämmönvarauskykyä on jäähdyttää rakenteita yöllä ulkoilmalla ilmanvaihdon kautta. (Sarja ym. 2009, 110–112.)

4.4 Rakenteiden lämmöneristävyys

Passiivitalossa pyritään pääsemään mahdollisimman pieniin lämpöhäviöihin, jolloin rakenteissa käytetään uusia materiaaleja, joiden lämmöneristyskyky on parempi kuin ennen tai vaihtoehtoisesti vanhojen lämmöneristeiden paksuuksia on suurennettu. Rakenteet tehdään myös ilmatiiviiksi ja eri rakenteiden väliset kylmäsillat pyritään minimoimaan. Näiden asioiden kosteusteknisestä toimivuudesta ei ole vielä paljon kokemuspäistä tietoa, joten niiden suunnitteluun tulee käyttää erityistä huomiota, jotta varmistutaan rakenteiden toimivuudesta. (Holopainen 2011, diat 11, 12, 15; Vinha – Lindberg – Pentti – Mattila – Lahdensivu – Heljo – Suonketo – Leivo – Korpi – Aho – Lähdesmäki – Aaltonen 2009, 70.)

4.4.1 Rakenteiden kosteustekninen toimivuus

Lämmöneristeen lisääminen heikentää ulkovaipan rakenteiden kosteusteknistä toimivuutta. Rakenteen kosteusvaurioriski kasvaa, koska lämmöneristeen lisääminen viilentää rakenteen ulkopintaa, jolloin kosteuden tiivistymiselle on paremmat olosuhteet. Samalla lämmöneristeen vesihöyrynvastus kasvaa ja lämpövirta pienenee, jolloin rakenteen kuivumiseen tarvittava aika lisääntyy. Rakenteiden ja liitoksien rakentamistavat muuttuvat, koska uusia paksumpia rakenteita ei voida tehdä

täysin samoilla periaatteilla kuin vanhoja. Tämä johtaa helposti rakennusvirheisiin ja rakenteiden huolellinen suunnittelu korostuu. Rakennusprojektin kiireellinen aikataulu ja suunnittelun laiminlyönti lisäävät mahdollisuutta kosteusvaurion syntymiseen. (Vinha 2011a, diat 2–4.)

Ilmastonmuutoksella on myös vaikutusta rakenteiden kosteustekniseen toimintaan. Odotettavissa on, että tulevina vuosikymmeninä ilmaston lämpötila ja sademäärä kasvavat. Nämä olosuhteet lisäävät homeen kasvun riskiä varsinkin syksyllä ja talvella, jolloin myös rakenteiden kuivuminen hidastuu. Rakenteissa kosteuden siirtymisen suunta muuttuu, jolloin kosteus siirtyy enemmän ulkoa sisälle päin. Ulkoverhoukseen kohdistuu suurempia rasituksia, koska viistosade lisääntyy. (Vinha 2011a, diat 3–5.)

4.4.2 Lämmöneristeen sisäinen konvektio

Rakenteen sisällä tapahtuvaa haitallista ilmavirtausta esiintyy avohuokoisessa lämmöneristeessä. Avohuokoisia materiaaleja ovat esimerkiksi mineraalivilla- ja puukuitueristeet, joiden ilmanvastus on pieni. Ilmiö johtuu lämmöneristeen sisä- ja ulkopinnan lämpötilaeroista, jolloin eristeen sisäpinnan suurempi lämpötila saa ilman kohoamaan ja ulkopinnan kylmempi pinta saa ilman laskemaan. Sisäinen konvektio on sitä voimakkaampi, mitä suurempi lämpötilaero on. Eristekerroksen paksuus ja sen ilman läpäisevyys vaikuttavat myös sisäiseen konvektioon. (Siikanen 2003a, dia 2; Siikanen 2007b, 100; Vinha ym. 2008, 14.)

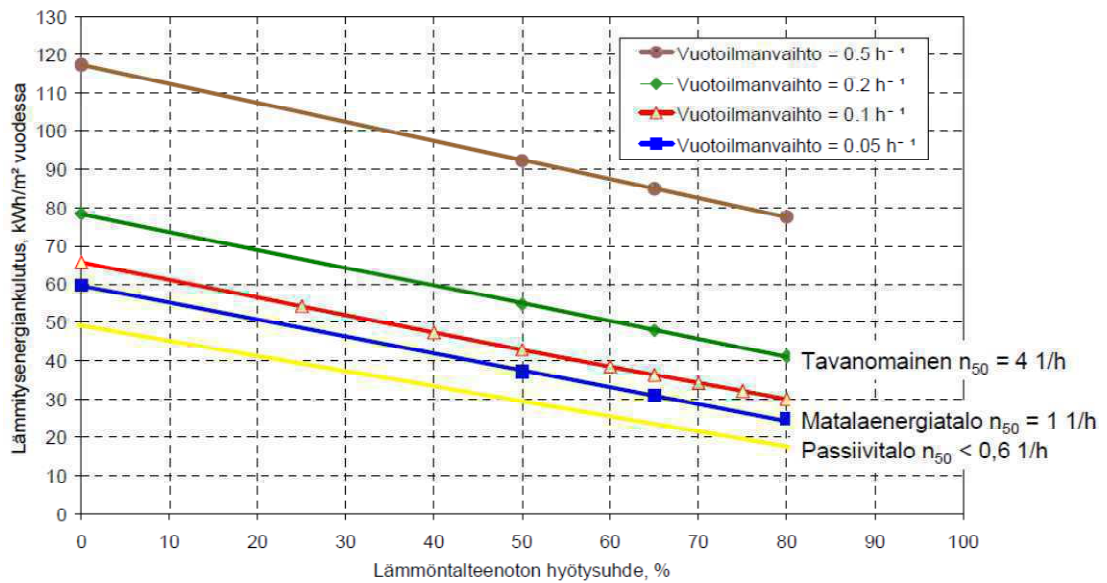
Eristeessä ilman mukana liikkuu myös lämpöenergiaa ja kosteutta, jolloin esimerkiksi seinän yläosaan tulee lisää kosteusrasitusta. Lämmöneristeen huolimaton asennus, jolloin eriste ei täytä tilaansa kokonaan, lisää myös konvektion vaikutusta. Todella paksuissa seinissä sisäinen konvektio voi heikentää lämmöneristettä kymmeniä prosentteja. Ilmiötä pystytään ehkäisemään asentamalla paksun eristeen väliin kalvo, joka päästää vesihöyryn lävitseen, mutta on ilmatiivis. (Vinha 2011a, diat 18–19.)

4.5 Rakennuksen painesuhteet ja ilmatiiveys

Rakennuksen ilmatiivis vaippa helpottaa koneellisen ilmanvaihdon säätämistä ja tavoiteltujen painesuhteiden saavuttamista. Ilmanpainesuhteilla on vaikutusta rakenteiden lämpö- ja kosteustekniseen käyttäytymiseen pääasiassa kylmänä vuodenaikana, jolloin sisä- ja ulkoilman väliset lämpötila- ja kosteuspiitoisuuserot ovat suuret. Hyvin kosteissa huonetiloissa ja korkeissa rakennuksissa voi myös kesäaikana olla paine-eroilla vaikutusta rakenteiden kosteus- ja lämpötekniiseen toimintaan. (Vinha 2011b, 5; Siikanen 2011, 31.)

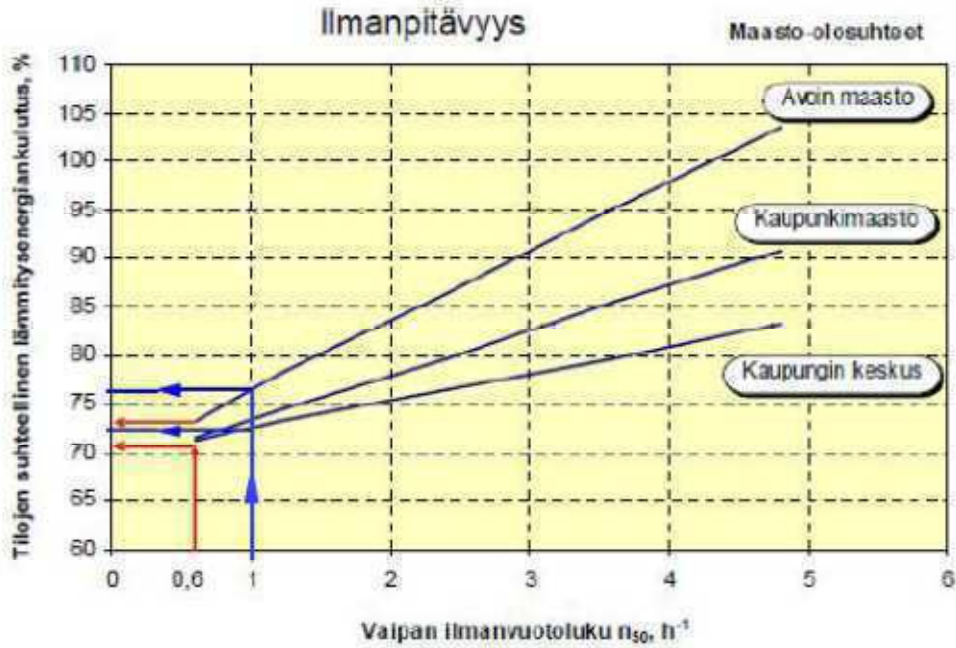
Suomen rakentamismääräyskokoelman D2 mukaan kosteusvaurion välttämiseksi rakennus suunnitellaan yleensä hieman alipaineiseksi ulkoilmaan nähden. Rakennuksen sisällä ilmanvaihdon tulee ohjata ilma puhtaammista tiloista tiloihin, joissa syntyy enemmän epäpuhtauksia. Myös liian suurella alipaineisuudella on vaikutusta asumismukavuuteen. Suuren alipaineisuuden voi aiheuttaa muun muassa keskuspölynimurin tai liesituulettimen käyttö, jolloin rakennusvaipan läpi ei tule korvausilmaa. Suuren alipaineen vaikutuksesta esimerkiksi ulko-oven aukaiseminen tulee raskaaksi. Suuri alipaineisuus voidaan välttää esimerkiksi automatiikalla, jossa ilmanvaihtokone saa viestin keskuspölynimurin tai liesituulettimen käytöstä ja säättää puhaltimien tehoa, jotta alipaineisuutta ei synny liikaa. (D2 2012, 19; Kannisto 2009, 14.)

Koska rakennuksen yläosassa vallitsee ylipaine, pyrkii sisäilma virtaamaan rakenteen läpi ulos. Tämä pakotetuksi konvektioksi nimitetty ilmiö estyy, jos rakennuksella on tiivis vaippa, jolloin haitallinen ilmavirtaus ei pääse rakenteisiin. Ilmavirran kulkiessa hallitusti pelkästään ilmanvaihtokoneen lämmöntalteenoton kautta energiankulutus vähenee huomattavasti (kuva 4). (Siikanen 2011, 31; Vinha 2011b, 5.)



KUVA 4. Rakennuksen ilmatiiveyden ja lämmöntalteenottokyvyn vaikutus lämmitysenergiankulutukseen (Nieminen 2009, 6)

Ilmatiiviin vaipan ansiosta myös rakennuksen alaosassa vallitseva alipaine ei tuo rakenteiden läpi haitallisia aineita ja mikrobeja. Kylmänä aikana myös ulkoa tuleva kylmä ilmavirtaus ei jäähdytä vaipparakenteiden sisäpintoja. Rakennuksen asukkaat aistivat tämän helposti epämiellyttävänä vedon tunteena. Vaipan ilmavuotoluvun pienentyessä myös ulkoilmassa vallitsevien tuuliolojen ja rakennuksen sijainnin vaikutus energiankulutukseen vähenevät (kuva 5). (Vinha 2011b, 5; Holopainen 2011, 20.)



KUVA 5. Maasto-olosuhteiden vaikutus tilojen suhteelliseen lämmitysenergiankulutukseen vaipan tiiveyden muuttuessa (Holopainen 2011, 22)

Ilmavuodot rakennuksen yläosan vaipassa lisäävät energiankulutusta ja syntyy kosteuskonvektioriski. Rakennuksen alaosassa olevat ilmavuodot heikentävät lämmön talteenoton hyötysuhdetta ja esimerkiksi radonkaasun riskialueilla sitä voi päästä sisäilmaan. (Vinha 2011b, dia 4.)

Hyvä ilmanpitävyys saavutetaan työmaalla, kun liitokset ja saumat tiivistetään ammattitaitoisesti ja huolellisesti. Ilman- ja höyrynsulkukerroksen ilmanläpäisevyys saa olla korkeintaan $1 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ s Pa}$. Ilman- ja höyrynsulkua tehtäessä puurakenteeseen tiivis vaippa on yleensä noin 50–75 mm rakenteen sisäpinnasta. Tällöin voidaan välttää turhia johtojen ja naulausten lävistyksiä tiivistyssulun läpi. Ilmansulkukalvoa käytettäessä tulee kalvot limittää riittävästi ja saumat tiivistetään esimerkiksi kitillä. Saumojen tulee olla myös kahden jäykän kappaleen välissä, joka varmistaa tiiviiden. Ilmanvaihtokanavat tulee olla ilmansulkukerroksen sisäpuolella ja muutenkin kaikkia läpivientejä tiiviin vaipan läpi tulee välttää. (Vinha 2011b, 27; Sarja ym. 2009, 154.)

Muuratuissa rakenteissa sisärappauksella saadaan aikaan hyvä ilmatiiveys. Pakolliset läpiviennit tulee tiivistää tai vaahdottaa huolellisesti, kuten myös ikkuna- ja oviliittymät. Tiivistykseen käytettävien materiaalien tulee kestää koko rakennuksen suunnitteluiän (yleensä 50 vuotta). (Sarja ym. 2009, 154–155, 168.)

4.6 Kylmäsillat

Kylmäsilta on hyvin lämpöä johtavasta aineesta tehty rakennusosa, jonka kohdalla rakennusosan pintojen läpi kulkeva lämpövirran tiheys on jatkuvuustilassa suurempi kuin viereisillä aineilla. Lämpövirran suuruus riippuu rakennusosan pintojen välisestä lämpötilaerosta. Pistemäinen kylmäsilta on esimerkiksi terässide, joka on rakenteessa paikallinen ja se aiheuttaa lämpövirran lisäyksen rakennusosan läpi. Viivamainen kylmäsilta aiheuttaa rakenteen pinnan suunnassa jatkuvan pituusyksikön mittaisen lisäyksen jatkuvuustilassa rakennusosan läpi kulkevaan lämpövirtaan. Viivamainen kylmäsilta on esimerkiksi palkki. (C4, 2003, 3, 5–6.)

Geometrinen kylmäsilta voi olla rakenteessa, joka koostuu vain yhdestä aineesta. Tällöin rakenteen paksuus ei ole vakio. Geometrinen kylmäsilta tulee myös silloin, kun rakenteen suunta muuttuu. Kylmäsilta muodostuu, koska sisä- ja ulkopintojen pinta-alat ovat erilaiset. Tyypillisiä kylmäsiltoja syntyy alapohjan ja ulkoseinän liittymään, ulkoseinän ja välipohjan liittymään, ulkoseinän ja yläpohjan liittymään sekä ulkoseinän ja ikkunan liittymään. (Pääatalo 2011b, 8, 12.)

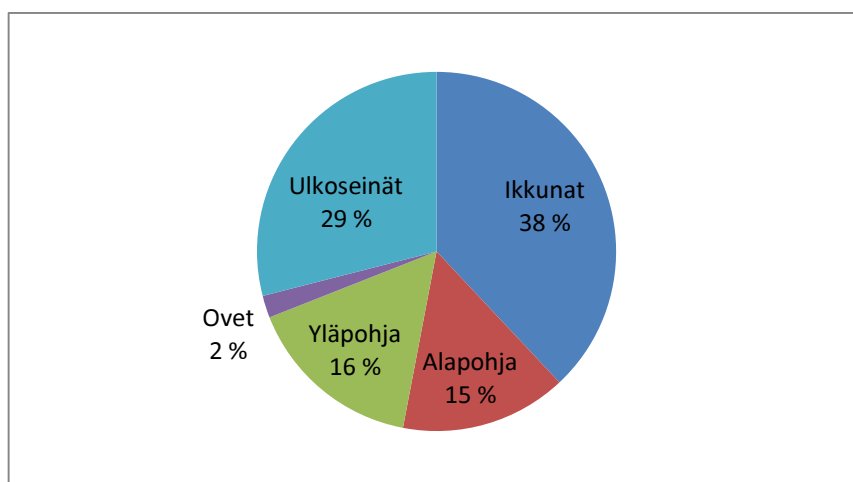
Mitä paremmin rakenne on lämmöneristetty, sitä suurempi on kylmäsilan suhteellinen vaikutus rakenteen lämpöhäviöön. Parempaa lämmöneristävyttä haettaessa perinteisillä eristeillä rakenteen paksuus kasvaa, jolloin tarvitaan järeämpiä kannatinrakenteita ja joudutaan käyttämään kestävämpiä materiaaleja, kuten teräksiä. Tämä lisää myös kylmäsilta-vaikutusta. (Holopainen 2011, 12; Vinha ym. 2008, 7.)

Rakenteen sisäpuolisten pintojen pintalämpötilat laskevat kylmäsillan vaikutuksesta. Rakennuksen asukas kokee tämän herkästi viihtyvyyden alentumisena. Kylmäsillan vaikutuksesta alentuneet pintalämpötilat voivat aiheuttaa kosteuden kondensoitumista rakenteisiin ja niiden pintoihin. Pidemmällä aikavälillä voi myös syntyä homeetta. (Sarja ym. 2009, 150–151.)

Varsinkin rakennusvaipan rakennusosien suunnittelussa tulee kiinnittää huomiota siihen, että lämmöneristys on mahdollisimman yhtenäinen. Lämmöneristystä tukevat ja vahvistavat kylmäsillan muodostavat rakenteet tulisi suunnitella tavalla, joka estää koko rakenteen läpi kulkevan kylmäsillan. (Feist ym. 2007, 97.)

4.7 Ikkunat

Ikkunoiden osuus matalaenergiarakennusten johtumislämpöhäviöistä on noin 38 % (kuva 6). Tästä syystä ikkunoiden lämpöhäviötä parantamalla saadaan suuria parannuksia talon energiatehokkuuteen. Suomessa ikkunat ovat yleensä puurakenteisia, joissa on alumiininen ulkopuite. Keski-Euroopassa materiaaleissa käytetään enemmän muovia ja alumiinia. (Riihimäki 2011, 6.)



KUVA 6. Matalaenergia-pientalojen johtumishäviöt lämmityskaudella (Sarja ym. 2009, 58)

Ikkunoiden ominaisuuksia voidaan parantaa monilla eri tavoilla. Lämpöenergia kulkee ikkunassa johtumalla, säteilemällä tai konvektion

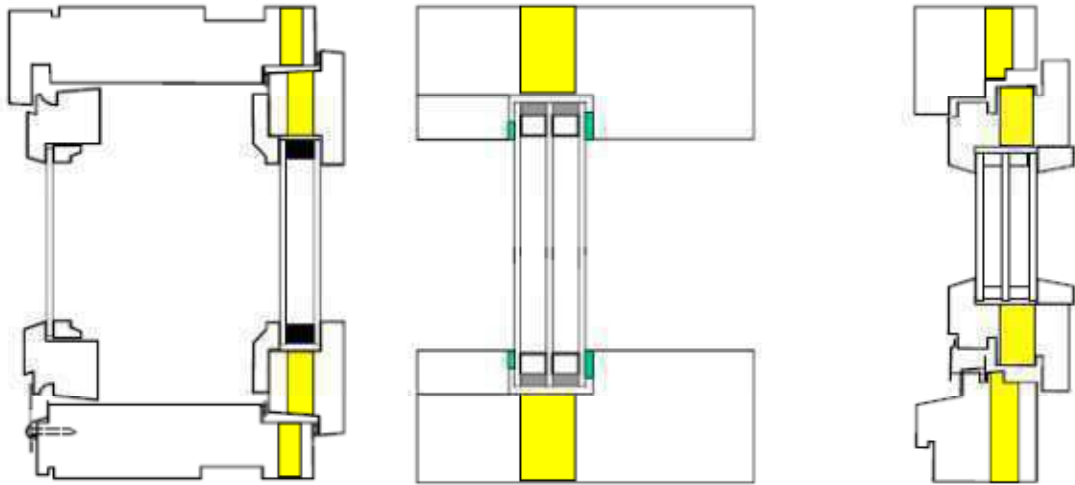
vaikutuksesta. Ikkunan valoaukon kohdalla pyritään auringon lyhytaaltainen säteily ohjaamaan rakennuksen sisään. Rakennuksen sisältä eri pinnoista heijastuvaa pitkäaaltoista säteilyä pyritään saamaan pysymään rakennuksessa. Tämä onnistuu selektiivilasilla, jonka toiminta perustuu lasin pinnalla olevaan metallioksidikerrokseen. (Hemmilä 2011, 2, 5.)

Energiatehokkuutta parannetaan myös erilaisilla eristyslaseilla. Kahden lasin väliin laitettava jalokaasu pienentää johtumisen ja konvektion vaikutuksesta häviävää lämpö määrää. Käytettävät jalokaasut ovat yleensä argon ja krypton. Kaasutäyttö parantaa U-arvoa noin $0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ käytettäessä argonia ja krypton $0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$. Eristyslasiin voidaan tehdä myös tyhjiö, jolloin johtumisen ja konvektion vaikutus lakkaa. Muovipohjaisilla välilistoilla ja kiinnittämällä huomiota puitteen materiaaleihin voidaan vielä lämpöhäviötä parantaa. (Hemmilä 2011, 2, 5, 7, 8.)

Ikkunoiden energiatehokkuuteen vaikuttaa myös ikkunalasin g-arvo, joka kertoo, kuinka suuri osa auringon säteilyenergiasta tulee läpi lasista. Esimerkiksi kirkkailla selektiivilaseilla päästään suureen g-arvoon (noin 47 %), kun taas pinnoitetuilla ja peilaavilla laseilla saavutetaan pieni g-arvo (noin 27 %). Ikkunoiden ja varjostuksen suunnittelussa tulee kiinnittää huomiota g-arvoon. Tärkeää on suunnitella nämä asiat siten, että ne toimivat kokonaisuutena. Kokonaisvaltaisella suunnittelulla saavutetaan paras mahdollinen hyöty auringosta lämmityskaudella ja tarvittava varjostus kesällä. (Peltola 2011, diat 10, 12.)

Hyvä ikkunan tiiveys saadaan aikaan asentamalla tiivisteitä useampaan kohtaan, jolloin tiiveys ei ole yhden tiivisteiden varassa. Myös tiivisteiden laatu tulee tarkastaa ja käyttää erityistä huolellisuutta tiivisteitä asennettaessa. Ikkunan ja seinän liitoksessa tulee kiinnittää huomiota liitoksen huolelliseen eristämiseen ja siihen, että ikkuna asennetaan ulkoseinän lämmöneristeen kohdalle. Liitoksen tiiveys varmistetaan karmin sisäpuolen tiivistyksellä seinän höyrynsulkuun ja ulkoiset ilmavirrat pyritään minimoimaan liitoksen ulkopinnan hyvällä tuulensuojauksella. Energiatehokkuutta voidaan parantaa

vielä Keski-Euroopassa käytettävällä eristyskarmi/-puiteratkaisulla (kuva 7). (Riihimäki 2011, 32.)



KUVA 7. Eri tyyppisten ikkunoiden karmi- ja puite-eristyksiä (Hemmilä 2011, 9)

Passive House Institutun tutkimuksen mukaan passiivitasoisen etelään suunnatun Keski-Euroopassa sijaitsevan ikkunan lämmityskaudella tuottama lämpöenergia on noin 5 % suurempi kuin ikkunan johtumishäviöt. Lopullisen lämpöenergiaa pienentävät muun muassa karmin suhteellisen suuri osuus, likaiset ikkunalasit, varjostus, lasin g-arvo sekä sijainnista riippuva auringon säteilykulma. (Bähr 2010, 63.)

4.8 Talotekniikka

Rakennuksen taloteknisten ratkaisujen tulee olla energiatehokkaita ja valittavan lämmitys- ja ilmanvaihtojärjestelmän tulee taata käyttäjilleen terveelliset olot rakennuksessa. Ratkaisujen tulee toimia hyvin ja rohkaista asukkaita säästämään energiaa. (Sarja ym. 2009, 55.)

Arkkitehdin tehtävänä on ottaa huomioon talotekniikan tarvitsema tila ja reititykset tehdessään rakennuksen tilasuunnittelua. Hän pystyy suunnittelemaan huonejärjestyksen ottaen huomioon talotekniikan, jolloin esimerkiksi reititykset voidaan suunnitella mahdollisimman lyhyiksi. Hyvä

suunnittelu optimoi talotekniikkajärjestelmän lämpöhäviöt ja tästä aiheutuvan lämpökuorman, joka aiheuttaisi muuten jäähdytyksen tarvetta. Ilmanvaihdon tulo- ja poistoilmakavavat sijoitetaan aina kulkemaan lämpimiin tiloihin, ei koskaan kylmiin tiloihin. (Saari 2011b, 10.)

4.8.1 Ilmanvaihtolämmitys

Talon lämmittäminen ilmanvaihdon kautta tapahtuu pääasiassa lämmöntalteenottolaitteessa, jossa poistoilman lämmöllä lämmitetään tuloilmaa. Tämä riittää suurimman osan vuodesta, mutta kylmimpinä aikoina tuloilmaa jälkilämmitetään sähkövastuksella tai vesipatterilla. Ilmanvaihtokoneen lämmöntalteenotto ohitetaan, kun rakennus halutaan viilenemään. Vesipatterijärjestelmää käytettäessä voidaan myös tuottaa lämmin käyttövesi samalla energiamuodolla. (Sarja ym. 2009, 122, 175.)

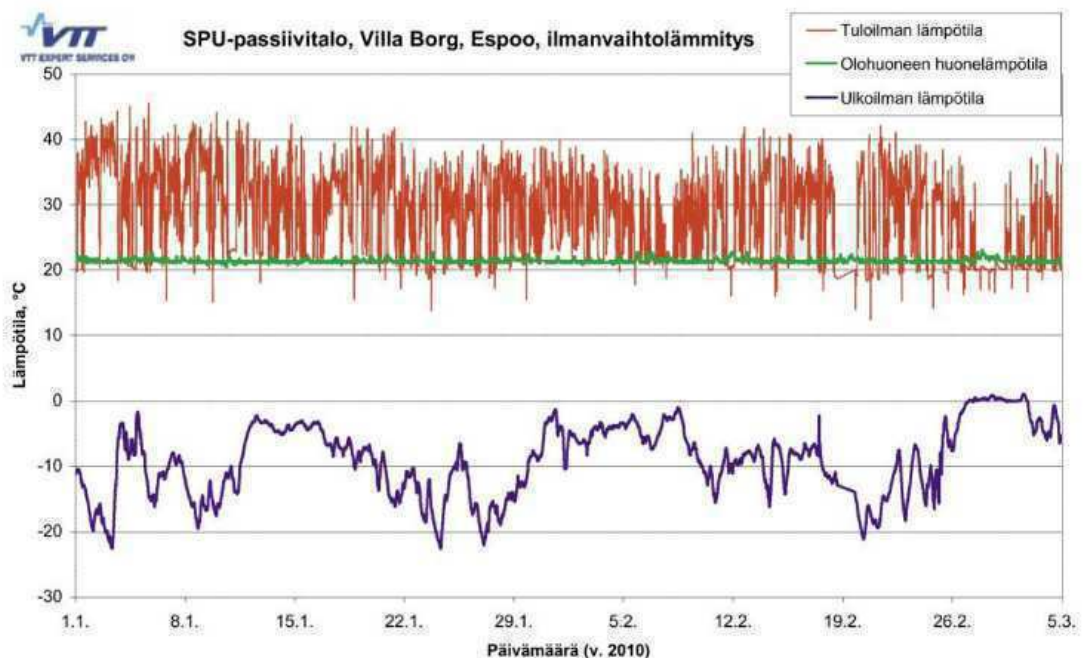
Passivhaus Institutin passiivitalomääritelmä perustuu mitoitukseen, jossa tavallista lämmönjakojärjestelmää ei välttämättä tarvita, vaan luotetaan ilmanvaihtolämmitykseen. Kun lämmitettävien tilojen lämmitystehontarve on noin 10 W/m^2 tai vähemmän, voidaan ilmanvaihtolämmitys suorittaa ilmanvaihtokoneen ilmamääriä lisäämättä. Tähän lämmitystehontarpeen arvoon on päädytty, koska hyvän ilmanlaadun varmistamiseksi tilojen lämmittämiseen käytettävän tuloilman lämpötila on korkeintaan noin $50 \text{ }^\circ\text{C}$. Kansainvälisen passiivitalomääritelmän mukaiseen lämmitysenergiantarpeeseen ($15 \text{ kWh/m}^2\text{a}$) päästään juuri noin 10 W/m^2 :n lämmitystehontarpeella. (Nieminen ym. 2009b, 3.)

Ilmanvaihtolämmitys ei ole ainut ratkaisu passiivitalon lämmittämiseen. Ilmanvaihtolämmityksen rinnalla voidaan käyttää esimerkiksi lattialämmitystä märkätiloissa tai suurien ikkunapinta-alojen lähellä radiaattorilämmitystä. Lämmitysjärjestelmän valinta tulee tehdä tapauskohtaisesti ja rakennuksen energiatehokkuus määrittelee, tarvitaanko ilmanvaihtolämmityksen lisäksi tukevia lämmitysratkaisuja. (Nieminen ym. 2009b, 3; Sarja ym. 2009, 287.)

Tilojen lämmittäminen voidaan tehdä myös perinteisimmillä lämmönjakojärjestelmillä, kuten lattialämmityksellä tai patterilämmityksellä.

Näitä järjestelmiä käytettäessä rakennuskustannukset nousevat, koska lämmönjakoon pitää rakentaa erillinen järjestelmä. Saksalainen passiivitalo perustuu juuri tähän ajattelutapaan, ettei talon lämmittämiseen tarvita muuta kuin ilmanvaihto, mikä sitten säästää rakennuskustannuksissa. Ilmanvaihtolämmityksen hyötysuhde on myös parempi kuin näiden perinteisten järjestelmien. (Nieminen ym. 2009b, 3; Sarja ym. 2009, 287.)

Passiivitaloissa esimerkiksi sisäisen lämpökuorman muutokset saavat aikaan eri huonetiloihin lämpötilaeroja. Tällöin tilojen lämmityksen ohjaus sekä lämpötilan hallinta korostuvat. Ilmanvaihtolämmityksen hyvä puoli on sen soveltuvuus lämmityksen ohjaukseen huonekohtaisesti ja tarpeenmukaisesti. Huonekohtainen termostaatti mahdollistaa asukkaalle huoneen lämpötilan säädön ja tuloilman päätelaitteeseen sijoitettu lämmitin toteuttaa asukkaan säätämän lämpötilan. Kuva 8 osoittaa, kuinka tasainen lämpötila voidaan saavuttaa huolellisesti rakennetussa passiivitalossa. Kuvan passiivitalo on polyuretaani eristeinen betonielementtitalo, jossa on käytetty ilmanvaihtolämmitystä. (Sarja ym. 2009, 107, 121–122.)

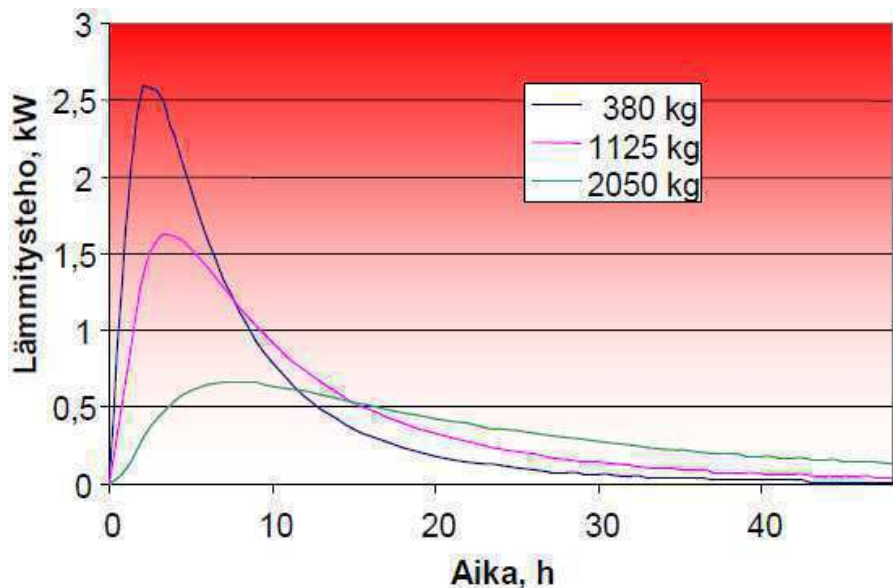


KUVA 8. Sisäilman lämpötilan muutokset lämmityskauden aikana (Kemppainen, dia 9)

Ilmanvaihdon tehokkuutta voidaan parantaa esilämmittämällä tuloilma maan alla ennen kuin se tulee ilmanvaihtokoneelle. Tämä perustuu periaatteeseen, että maan lämpötila on jäähdytyskaudella matalampi ja lämmityskaudella korkeampi kuin ulkoilman. Maan viilentävää tai lämmittävää vaikutusta voidaan käyttää hyväksi putkistolla, jossa virtaa neste tai ilma. Keski-Euroopassa enemmän käytetyllä ilmakiertoisella putkistolla on suurempi riski aiheuttaa sisäilma ongelmia Suomen olosuhteissa. Suuremmat lämpötilaerot ja maan jäätyminen voivat aiheuttaa kosteuden kondensoitumista ja siitä johtuvaa veden kertymistä putkeen. Epäpuhtaudet, kuten pöly, voivat kertyä putkeen ja vaikuttaa sisäilmastoon. Myös radon riski kasvaa ja putken puhdistettavuus on hankalaa. (Passive House Institute, a; Tarvainen 2010, 20.)

4.8.2 Tulisija

Monet haluavat omakotitaloonsa tulisijan. Passiivitalossa tulisijan tulisi olla tarpeeksi massiivinen. Varaava massiivinen tulisija luovuttaa lämpönsä tasaisesti ja hitaasti. Kevyt tulisija luovuttaa lämpönsä heti ja aiheuttaa suuren lämpökuorman, joka jouduttaisiin tuulettamaan pois. (Kuva 9.) (Saari 2011c, dia 32.)

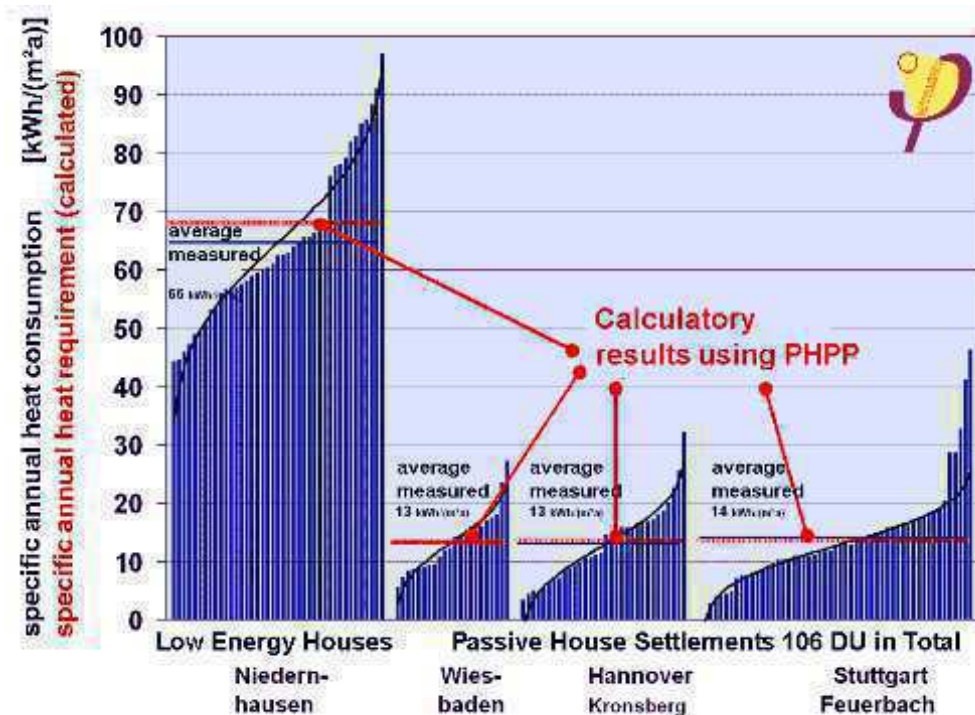


KUVA 9. Tulisijan massan vaikutus lämmitystehon vaihteluun ajassa mitattuna (Saari 2011c, dia 32)

Tulisijan tulee toimia saumattomasti talon ilmanvaihtojärjestelmän kanssa. Passiivitalossa tämä on yleensä koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto. Talossa pyritään myös pitämään pientä alipainetta, mutta tulisijan optimaalisen vetävyyden ja paloilman saannin kannalta olisi parempi ylipaineisuus. Ilmanvaihtokoneeseen voidaan liittää takkakytkintoiminto, jolla saadaan rakennus ylipaineiseksi tulisijan sytyttämisen ajaksi. Tulisijan raitisilmakanavan tulee olla suljettuna pois muusta ilmanvaihdosta, jolloin varmistetaan molempien yhtäaikainen toiminta. Tuloilma voidaan tuoda ulkoa lämmöneristetyllä ja pienipainehäviöisellä ilmakehällä. (Kannisto 2009, 16; Saari 2011c, dia 34.)

5 PASSIVE HOUSE PLANNING PACKAGE

Passive house planning package (saks. Passivhaus Projektierungs Paket) on saksalaisen Passivhaus Institutin kehittämä ohjelma energiatehokkaiden talojen suunnitteluun ja energiantarpeen laskentaan. Tätä Microsoft Excel-pohjaista ohjelmaa on käytetty yli 50 000 talon energianlaskennassa. Excel-tiedoston 35 välilehteä antavat ohjelman käyttäjälle mahdollisuuden todella yksityiskohtaiseen laskentaan ja PHPP sisältää myös paljon erilaisia suunnittelutyökaluja energiatehokkuuden optimointiin. Ohjelmalla voidaan laskea niin asuinrakennuksia kuin myös muuhun käyttöön tarkoitettuja rakennuksia. Kuvassa 10 on vertailtu PHPP-laskennan ja toteutuneen rakennuksen energiankulutusta. Kuvasta 10 nähdään, että keskimääräinen kulutus on varsinkin passiivitaloissa melkein identtinen. PHPP:sta saadut tulokset onkin todettu tarkkoiksi. (Pääatalo 2011a, dia 30.)

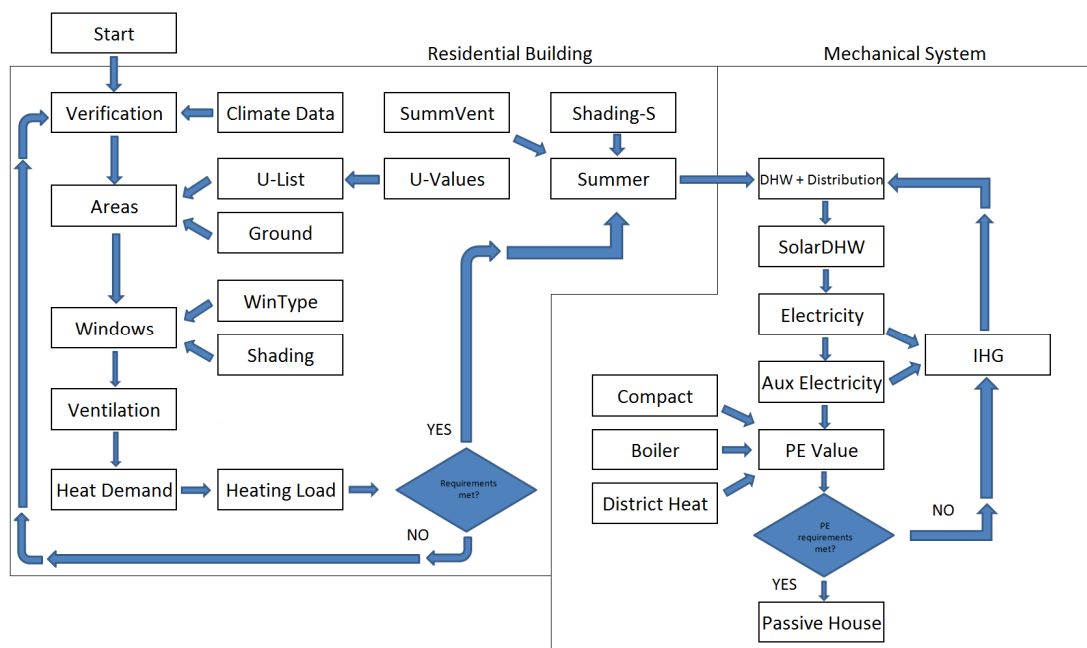


KUVA 10. PHPP-laskennan tarkkuus (Passive House Institute, b)

5.1 Laskentaprosessi

PHPP-laskenta perustuu eurooppalaisessa rakentamisessa käytettäviin standardeihin, mutta tiettyjä reunaehtoja on muokattu enemmän energiatehokkaaseen rakentamiseen sopivaksi. Ohjelman kehittämiseen on käytetty apuna rakennusten dynaamista simulointia. (Bähr 2010, 98.)

PHPP:n laskentaprosessi voidaan jakaa kahteen osaan: rakennuksen tilojen lämmitysenergiantarpeen laskentaan sekä kokonaisprimäärienergiantarpeen laskentaan. Kuvassa 11 on esitetty koko laskentaprosessi ohjelman välilehtien otsikoiden avulla. Eri välilehdet ovat yhteydessä toisiinsa ja vaikuttavat Verification-välilehdellä esitettäviin laskentatuloksiin. Ohjelma ei vaadi jokaisen mahdollisen Excel-tiedoston solun täyttämistä, vaan rakennuksen perustietojen täyttämisen jälkeen saadaan jo arvio energiatehokkuudesta. Jos käyttäjä ei määrittele tai hänellä ei ole vielä tässä projektin vaiheessa mahdollista saada jotakin tietoa, ohjelma käyttää oletusarvoja tai jättää sen pois laskennasta. Passiivitalo sertifikaatin saaminen edellyttää tiettyjen välilehtien kohtien täyttämistä muiden teknisten dokumenttien lisäksi.



KUVA 11. PHPP:n laskentaprosessi (Feist ym. 2007, 31)

PHPP käyttää laskennassa tiettyjä laskutapoja ja oletuksia, jotka ohjelman kehittäjät ovat todenneet hyvin sopiviksi energiatehokkaille rakennuksille. Seuraavassa on listattu tiettyjä käytäntöjä:

- Sisäisen lämpökuorman oletusarvo on $2,1 \text{ W/m}^2$. Ohjelmassa voidaan myös laskea tarkka sisäinen lämpökuorma, jonka laskennalle löytyy oma välilehti.
- Tulosten pinta-ala-yksikkö on nettolattiapinta-ala (engl. treated floor area).
- Eri rakenneosien pinta-alat lasketaan ulkomittojen mukaan.
- Keskimääräinen ilmanvaihto on $20\text{--}30 \text{ m}^3/\text{h}$ henkilöä kohden.

5.2 Nettolattiapinta-ala

Kaikki PHPP-ohjelmalla saadut tulokset perustuvat nettolattiapinta-alaan, jolloin on erityisen tärkeää, että se on laskettu oikein. Ennen nettolattiapinta-alan laskemista tulee määritellä rakennuksen lämpövaippa, koska vain lämpövaipan sisäpuoliset rakenteet otetaan mukaan laskentaan. (Feist ym. 2007, 47.)

Nettolattiapinta-alan määrittämisessä on tärkeää myös määritellä oleskelutilat ja muut tilat, joissa oleskellaan vain satunnaisesti. Oleskelutiloiksi lasketaan muun muassa makuuhuoneet, ruokailutilat, olohuoneet, keittiöt, pesuhuoneet ja vessat. Oleskelutiloiksi lasketaan myös käytävät, jotka eivät ole erotettu oleskelutiloista ovella. Kellareita ei lasketa oleskelutiloiksi, mutta jos kellarissa on jokin oleskelutilaksi laskettava huone, tällöin koko kellari tulee laskea oleskelutilaksi. Jos kellarin ikkunapinta-ala on yli 10 % koko kellarin lattiapinta-alasta, tällöin kellari on oleskelutila. (Hopfe – Mcleod 2010.)

Nettolattiapinta-ala lasketaan ulkoseinien sisäpintojen mukaan. Kaikki yli kaksi metriä korkeat tilat lasketaan kokonaan nettolattiapinta-alaan. 50 %

pinta-alasta otetaan huomioon, jos huonekorkeus on metrin ja kahden metrin välillä. Alle yhden metrin huonekorkeutta ei oteta ollenkaan mukaan laskentaan. Muut tilat, joita ei lasketa oleskelutiloiksi, ovat yli kaksi metriä korkeita ja sijaitsevat lämpövaipan sisäpuolella lasketaan nettolattiapinta-alaan mukaan 60 % lattiapinta-alasta. (Feist ym. 2007, 47–48.)

Nettolattiapinta-alaan eivät kuulu väliseinät, tulisijat, pilarit eikä muut kiinteät rakenteet, joiden korkeus on yli 1,5 metriä ja lattiapinta-ala on yli 0,1 m². Myös portaita, joissa on yli kolme askelmaa, ei oteta mukaan laskentaan. Alle 130 mm syviä ovien ja ikkunoiden syvennyksiä ei lasketa mukaan nettolattiapinta-alaan. (Feist ym. 2007, 47–48.)

Nettolattiapinta-ala määritelmän käyttö perustuu saksalaisiin normeihin ja on näin ollen saksalaisen Passivhaus Institutin valinta PHPP:ssa käytettäväksi pinta-alan laskentatavaksi. Eurooppalaisella tasolla nettolattiapinta-alan hieman monimutkainen laskentamenettely aiheuttaa vaikeuksia varsinkin Saksan ulkopuolella.

5.3 Kylmäsillat

Rakennuksen johtumislämpöhäviöitä laskettaessa rakennusosan U-arvo ottaa huomioon vain rakennusosan sisäiset kylmäsillat. Vielä suurempi vaikutus johtumislämpöhäviöihin on eri rakenteiden liittymäkohdilla. Tämä tarkoittaa tarkemmassa laskennassa viivamaisen lisäkonduktanssin huomioon ottamista. (Heikkinen – Rantala 2011, 4, 29.)

Rakenteiden pinta-alan laskentatapa vaikuttaa viivamaisen lisäkonduktanssin lukuarvoon. Pinta-alat laskettaessa sisämittojen mukaan lämpöhäviötä aiheuttavaa pinta-alaa on vähemmän, jolloin kylmäsiltalaskennasta saatava lisäkonduktanssin arvo on suurempi kuin ulkomittojen mukaan laskettaessa. Ulkomittojen mukaan laskettaessa rakenteiden pinta-ala on suurempi ja sen takia myös lämpöhäviö on suurempi. Tällöin lisäkonduktanssiksi muodostuu pienempi ja usein myös negatiivinen arvo. Pääasia on kuitenkin, että molemmilla laskentatavoilla

saatava yhteenlaskettu lämpöhäviö on saman suuruinen. Tästä syystä eri maissa käytössä olevien eri pinta-aloilla laskettujen lisäkonduktanssien lukuarvot eivät ole vertailukelpoisia. (Heikkinen ym. 2011, 29.)

Esimerkiksi Saksassa ja Belgiassa pinta-alat lasketaan rakenteiden ulkomittojen mukaan, jolloin lisäkonduktanssiksi muodostuu usein negatiivinen luku. Suomessa käytössä oleva pinta-alojen laskentatapa sisämittojen mukaan taas aiheuttaa aina positiivisen arvon (ulkoseinän sisänurkkaa lukuunottamatta). Näin ollen PHPP:n käyttämä kylmäsiltojen laskentatavalla saatujen kylmäsiltojen lisäkonduktanssin arvot eivät päde suoraan Suomeen. (Heikkinen ym. 2011, 29.)

Kylmäsiltojen laskentaan on kehitetty useita erilaisia ohjelmia. Passive House Planning Package suosittelee ilmaista THERM-ohjelmaa. Tässä insinööriyössä tehdyt kylmäsiltojen tarkastelut on tehty tätä ohjelmaa käyttäen. PHPP:ssa kylmäsiltojen viivamainen lisäkonduktanssi lasketaan simulointiohjelmasta saadusta psi-arvosta kaavalla 1. (Pääatalo 2011b, 23.) Psi-arvo kuvaa simuloitun rakenteen ja normirakenteen välistä eroa lineaarisessa lämmönjohtumisessa.

$$\Psi = U_{\text{simuloitu}} * I_{\text{sisä}} - U_{\text{laskettu1}} * I_{\text{ulko1}} - U_{\text{laskettu2}} * I_{\text{ulko2}} \quad \text{KAAVA 1}$$

$U_{\text{simuloitu}}$ = simulointi-ohjelmasta saatu rakenteiden liittymän U-arvo

$I_{\text{sisä}}$ = tarkasteltavan rakenteiden liittymän sisäpuolinen pituus

$U_{\text{laskettu1}}$ = rakenteen U-arvo

I_{ulko1} = tarkasteltavan rakenteen ulkopuolinen pituus

$U_{\text{laskettu2}}$ = rakenteen U-arvo, jos liittymässä on eri U-arvon omaava toinen rakenne

I_{ulko2} = tarkasteltavan rakenteen ulkopuolinen pituus

5.4 Tilojen lämmitysenergiantarve

PHPP:n tilojen lämmitysenergiantarpeen laskenta perustuu standardiin EN ISO 13790. Tämän standardin mukaan tilojen lämpöenergia pysyy tasapainossa, kun lämpöhäviöt ovat yhtä suuret kuin lämmönsaanti. Tämä tarkoittaa, että tilojen saama auringon lämpöenergia ja sisäisten lämmönlähteiden tulisi korvata rakennuksen vaipan ja ilmanvaihdon lämpöhäviöt. Todellisuudessa rakennus tarvitsee vielä ulkopuolista energiaa, koska lämpöhäviöt ja lämmönsaanti ovat harvoin tasapainossa. Tästä ulkopuolisesta energiasta muodostuu tilojen lämmitysenergiantarve. (Bähr 2010, 5.)

Tilojen lämmitysenergiantarve lasketaan kaavalla 2 (Bähr 2010, 12).

$$Q_H = Q_T + Q_V - n^*(Q_S + Q_I) \quad \text{KAAVA 2}$$

Q_T = vaipan lämpöhäviöt

Q_V = ilmanvaihdon lämpöhäviöt

n = ilmaisenergioiden hyödyntämiskerroin

Q_S = auringon säteilyn kautta saatava ilmaisenergia

Q_I = sisäiset lämpökuormat

5.4.1 Ilmastotieto

Tilojen lämmitysenergiantarpeen laskennassa käytetään hyväksi ilmastotietoa, jolla saadaan otettua huomioon rakennuksen sijainnista johtuvat erilaiset sääolot ja sen vaikutus laskentaan. Ilmastotiedon hyödyntämiseen on valittavissa kaksi eri laskentamenetelmää: koko lämmityskauden lämpötaseen tarkastelu tai lämmityskauden joka kuukauden lämpötaseiden summan tarkastelutapa. Dynaamiset vaikutukset otetaan huomioon kokeellisesti määriteltyjen hyödyntämiskertoimien avulla. (Feist ym. 2007, 35, 183–185.)

Koko lämmityskaudella ja kuukausitasoisella laskentavalla saatujen tulosten on todettu olevan todella lähellä toisiaan. Eroavaisuuksia eri laskentatapojen välillä on huomattu, kun tilojen lämmitysenergiantarve on noin 8 kWh/(m²a) tai pienempi. Lämmityskauden joka kuukauden lämpötaseiden summan tarkastelutapaa ei tule käyttää silloin, kun lämmitysenergiantarve on alle 8 kWh/(m²a). (Feist ym. 2007, 35.)

PHPP tarjoaa säätiedon kaupungeille ympäri maailmaa ja Suomesta löytyvät valmiina Helsingin ja Tampereen ilmastotieto. Käyttäjä voi luoda myös omia ilmastotietoja, jos vain saa tarvittavat tiedot. Oulun ilmastotieto saatiin Meteororm-ohjelman kautta. PHPP-manuaalin mukaan Meteorormista saatuun ilmastotietoon ei voida ihan täysin luottaa. Passivhaus Institut tarjoaa myös palvelua, jolla he tuottavat tarvittavan ilmastotiedon. (Feist ym. 2007, 184, 185.) Oikean ilmastotiedon käyttäminen on tärkeää, koska ilmastotiedolla on suuri vaikutus tuloksiin. Verrattaessa PHPP:n tarjoamia valmiita Helsingin ja Tampereen ilmastotietoja Meteorormin Oulun tietoon vaikuttaa Meteorormin tieto melko luotettavalta ja laskennan tulokset ovat linjassa toisiinsa nähden.

5.4.2 Vaipan lämpöhäviöt

Laskennassa otetaan huomioon vain ne rakenteet, jotka ovat niin sanotun lämpövaipan sisäpuolella. Lämpövaippa erottaa rakennuksen lämpimän sisäosan ulkoilmasta ja sen rakenteet tekevät vaipasta yhtenäisen sisältäen ilmatiiviin kerroksen. Rakennuksen vaippa koostuu eri rakenteista, kuten ulkoseinistä, alapohjasta ja yläpohjasta. Lämpöhäviöiden laskennassa käytetään rakenteiden ulkomittoja, jolloin varmistutaan, että laskenta ei anna liian optimistisia tuloksia. (Feist ym. 2007, 38.)

Vaipan lämpöhäviöt lasketaan kaavalla 3 (Bähr 2010, 6).

$$Q_T = A * U * b_j * G_t$$

KAAVA 3

A = ulkovaipan rakenneosan pinta-ala ulkomittojen mukaan

U = ulkovaipan rakenneosan lämmönläpäisykerroin

b_j = lämpötilakerroin

G_t = lämmitysastetunnit (ilmastotiedon perusteella)

5.4.3 Ilmanvaihdon lämpöhäviöt

Ilmanvaihdon lämpöhäviöt lasketaan kaavalla 4 (Bähr 2010, 9).

$$Q_V = V_V * n_V * c_{p\rho} * G_t \quad \text{KAAVA 4}$$

V_V = rakennuksen ilmanvaihdon kannalta olennainen tilavuus (nettolattiapinta-ala * 2,5 m huonekorkeutta)

n_V = rakennuksen energiatalouden kannalta merkittävä ilmanvaihto

$c_{p\rho}$ = ilman lämmönsiirtokapasiteetti (0,33 Wh/m³K)

G_t = lämmitysastetunnit (ilmastotiedon perusteella)

Asuinrakennuksen ilmanvaihdon kannalta olennaista tilavuutta määriteltäessä huonekorkeuden laskenta-arvoksi suositellaan maksimissaan 2,5 metriä. Suuremmalla arvolla ilmanvaihdon ilmamäärät kasvavat liian suuriksi, jolloin muun muassa rakennuksessa ilma kuivuu liikaa ja asuinmukavuus kärsii. (Feist ym. 2007, 99.)

Rakennuksen energiatalouden kannalta merkittävä ilmanvaihto lasketaan kaavalla 5 (Feist ym. 2007, 99).

$$n_V = n_{V, System} * (1 - \Phi_{HR}) + n_{V, Res} \quad \text{KAAVA 5}$$

$n_{V, System}$ = rakennuksen keskimääräinen ilmanvaihtoluku

Φ_{HR} = ilmanvaihtojärjestelmän kokonaishyötysuhde

$n_{V, Res}$ = vuotoilmanvaihdon määrä

Asuinrakennuksen keskimääräisenä ilmanvaihtolukuna PHPP suosittelee arvoa 0,4 h⁻¹, mutta tarkempi arvo voidaan määrittellä ohjelmassa olevalla

työkalulla. Myös suomalainen dosentti Juha Vinha suosittelee ilmanvaihtoluvuksi pientaloon $0,4 \text{ h}^{-1}$. PHPP:n työkalulla voidaan säätää ilmanvaihdon ilmamääriä tunnin tarkkuudella ja samalla nähdään säätöjen vaikutus keskimääräiseen ilmanvaihtolukuun. (Feist ym. 2007, 99; Päätalo, 2011c, 10.)

Ilmanvaihtojärjestelmän kokonaishyötysuhde lasketaan kaavalla 6 (Feist ym. 2007, 100).

$$\Phi_{HR} = 1 - (1 - \eta_{eff}) * (1 - \eta_{SHX}) \quad \text{KAAVA 6}$$

η_{eff} = ilmanvaihtokoneen hyötysuhde

η_{SHX} = mahdollisesti käytettävän ilmanvaihdon esilämmityksen hyötysuhde

Ilmanvaihtokoneen hyötysuhde lasketaan Passivhaus Institutin mukaan kaavalla 7 (Päätalo 2011c, 9).

$$\eta_{eff} = [T_{poisto} - T_{jäte} + P_{el} / (n_{V, System} * c_p \rho)] / (T_{poisto} - T_{ulko}) \quad \text{KAAVA 7}$$

T_{poisto} = ilmanvaihdon poistoilman lämpötila

$T_{jäte}$ = ilmanvaihdon jäteilman lämpötila

P_{el} = ilmanvaihtojärjestelmän sähkönkulutus

T_{ulko} = ulkoilman lämpötila

Suomen Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen (VTT:n) ilmanvaihtokoneelle myöntämässä sertifikaatissa koneen hyötysuhde lasketaan ilman laitteen oman sähkönkulutuksen tuottamaa lämmittävää vaikutusta. Passivhaus Institutin laskentatavan mukaan ilmanvaihdon hyötysuhde on siis hieman korkeampi kuin VTT:n. (Päätalo 2011c, 9.)

Vuotoilmanvaihdon määrä lasketaan kaavalla 8 (Bähr 2010, 9).

$$n_{V, Res} = n_{50} * e * V_{n50} / V_L \quad \text{KAAVA 8}$$

n_{50} = ilmanvuotoluku, joka saadaan mittaamalla. Ilmoittaa, kuinka monta kertaa ilma vaihtuu rakennuksessa yhden tunnin aikana, kun paine-ero sisä- ja ulkoilman välillä on 50 pascalia.

e = tuulen vaikutus eri ympäristössä. SFS-EN ISO 13789 standardin sivun 16 taulukon mukaan.

V_{n50} = Rakennuksen netto ilmatilavuus

$V_L = V_V$ = Rakennuksen ilmanvaihdon kannalta olennainen tilavuus (nettolattiapinta-ala * 2,5 m huonekorkeutta)

5.4.4 Auringon säteilyn kautta saatava ilmaisenergia

Auringon säteilyn kautta saatava ilmaisenergia lasketaan kaavalla 9 (Feist ym. 2007, 101).

$$Q_s = r * g * A_w * G \quad \text{KAAVA 9}$$

r = vaimennuskerroin auringon säteilylle. Ottaa huomioon lasin karmin, lian, varjostuksen ja auringon säteilykulman.

g = lasin auringonsäteilyn kokonaisläpäisykerroin (g-arvo)

A_w = auringon säteilyä läpäisevän lasipinnan pinta-ala

G = lämmityskauden auringonkokonaissäteily. Saadaan Ikkuna- ja ilmastotieto välilehtien tietojen perusteella.

Auringon säteilyn vaimennuskerroin lasketaan kaavalla 10 (Feist ym. 2007, 75).

$$r = r_{Shading} * r_{Dirt} * r_{Incidence\ Angle} * r_{Frame} \quad \text{KAAVA 10}$$

$r_{Shading}$ = oletusarvo on 0,75. Voidaan määritellä tarkemmin varjostus välilehdessä.

r_{Dirt} = oletusarvo on 0,95. Määrittelee ikkunoiden likaisuuden.

$r_{Incidence\ Angle}$ = oletusarvo on 0,85. Kerroin ottaa huomioon auringon säteilyn heikkenevän vaikutuksen, kun aurinko paistaa eri kulmasta kuin kohtisuorasta.

r_{Frame} = lasin pinta-alan suhde koko ikkunan pinta-alaan.

5.4.5 Sisäiset lämpökuormat

Sisäiset lämpökuormat lasketaan kaavalla 11. (Päätaalo 2011c, 11).

$$Q_I = t_{Heat} * q_i * A_{TFA} \quad \text{KAAVA 11}$$

t_{Heat} = lämmityskauden pituus (saadaan ilmastotiedon perusteella)

q_i = keskimääräinen sisäisten lämmityskuormien teho (oletusarvo 2,1 W/m²)

A_{TFA} = rakennuksen nettolattiapinta-ala

Sisäiset lämpökuormat muodostuvat ihmisistä ja koneista, jotka tuottavat lämpöä rakennuksessa. Passivhaus Institut on määritellyt oletusarvot eri tyyppisille rakennuksille siitä, kuinka suuri keskimääräinen sisäinen lämmityskuormien teho on nettolattiapinta-ala kohti. PHPP:ssa on myös oma välilehti tarkan sisäisen lämmityskuorman laskentaan. IHG-välilehdessä määritellään jokaisen sähkölaitteen kulutus. Tarkemmassa laskennassa otetaan myös huomioon kylmän veden lämmityksen ja esimerkiksi kasvien veden haihduttamisesta aiheutuva vähennys sisäiseen lämpökuormaan.

5.4.6 Ilmaisenergian hyödyntämiskerroin

Ilmaisenergian hyödyntämiskerroin lasketaan kaavalla 12 (Feist ym. 2007, 102).

$$n_G = [1 - (Q_F / Q_L)^5] / [1 - (Q_F / Q_L)^6] \quad \text{KAAVA 12}$$

Q_F = rakennuksen ilmaisenergian kokonaismäärä

Q_L = rakennuksen lämpöhäviöiden kokonaismäärä

5.5 Ikkunat ja varjostus

Ikkunoilla on suuri vaikutus rakennuksen energiataseeseen, jolloin laskenta tulee suorittaa tarkasti ja huolellisesti. PHPP:n ikkunoiden kokonaislämmönläpäisykerroimen laskenta perustuu SFS EN-ISO 10077-1 standardiin. Laskennassa otetaan myös huomioon asennuksesta johtuva kylmäsilta.

Asennetun ikkunan kokonaislämmönläpäisykerroin lasketaan kaavalla 13 (Bähr 2010, 49).

$$U_{w,Installed} = (U_g * A_g + U_f * A_f + \Psi_g * l_g + \Psi_{Install} * l_{Install}) / (A_g + A_f) \quad \text{KAAVA 13}$$

U_g = lasin U-arvo (laskenta standardin SFS-EN 673 mukaan)

A_g = lasin pinta-ala

U_f = karmin U-arvo (laskenta standardin SFS-EN ISO 10077-2 mukaan)

A_f = karmin pinta-ala

Ψ_g = lasin reunan kylmäsilta (laskenta standardin SFS-EN ISO 10077-2 mukaan)

l_g = lasin reunan pituus

$\Psi_{Install}$ = ikkunan asennuksen kylmäsilta (laskenta standardin SFS-EN ISO 10211 mukaan)

$l_{Install}$ = ikkunan asennuksen kylmäsilan pituus

Ikkunoiden kokonaislämmönläpäisykertoimen lisäksi PHPP ottaa huomioon lasin valonläpäisykertoimen eli g-arvon, ikkunan sijoittumisen ilmansuuntiin ja auringon säteilykulmaan nähden.

Energiatehokkaiden talojen yllämpenemistä pyritään vähentämään varjostuksella. Varjostus lasketaan kaavalla 14 (Feist ym. 2007, 79).

$$r_{Shading} = r_H * r_R * r_O * r_{ot} \quad \text{KAAVA 14}$$

r_H = ikkunan edessä olevan varjostavan rakenteen vaikutus.

r_R = ikkunan asennussyvyyden varjostava vaikutus seinässä ja karmin varjostava vaikutus.

r_O = ulkoisen vaakasuoran rakenteen varjostava vaikutus. Näitä ovat muun muassa parveke tai rakennuksen katon räystäs ikkunan yläpuolella.

r_{ot} = käyttäjä itse pystyy määrittelemään, kuinka suuri osa ikkunasta on varjossa.

5.6 Kokonaisprimäärienergiantarve

Kokonaisprimäärienergiantarve kertoo, kuinka paljon rakennus kuluttaa kokonaisuudessa energiaa, ja ottaa huomioon, kuinka paljon rakennuksessa käytettävän energian tuotantotapa kuluttaa uusiutumattomia energiavaroja. Eri rakennuksissa on käytössä monenlaisia erilaisia lämmitysjärjestelmiä ja niiden yhdistelmiä. PHPP sisältää laskentatyökalut seuraavanlaisille lämmitysjärjestelmien osille:

- sähkölämmitys ja sähkökäyttöinen lämminvesivaraaja
- lämpöpumput
- kaasu, öljy ja puukäyttöiset kuumavesivaraajat
- kaukolämpö

- eri lämmitysjärjestelmien yhdistelmä.

Kokonaisprimäärienergiantarve lasketaan kaavalla 15 (Feist ym. 2007, 168).

$$q_p = Q_p / A_{TFA} \quad \text{KAAVA 15}$$

Q_p = primäärienergiantarve

A_{TFA} = rakennuksen nettolattiapinta-ala

Primäärienergiantarve lasketaan kaavalla 16 (Feist ym. 2007, 167).

$$Q_p = \rho * Q_{final} \quad \text{KAAVA 16}$$

ρ = primäärienergiakerroin käytettävälle energiamuodolle (taulukko 3)

Q_{final} = lopullinen energiantarve

TAULUKKO 3. Energiamuotojen primäärienergiakertoimet (D3 2012, 8)

Energiamuoto	Primäärienergiakerroin
Sähkö	1,7
Kaukolämpö	0,7
Kaukojäähdytys	0,4
Fossiiliset polttoaineet	1
Rakennuksessa käytettävät uusiutuvat polttoaineet	0,5

Lopullinen energiantarve lasketaan kaavalla 17 (Feist ym. 2007, 166).

$$Q_{final} = e_{distribution} * e_{heat production} * Q_{use} \quad \text{KAAVA 17}$$

$e_{distribution}$ = lämmönjako järjestelmän hyötysuhde.

$e_{heat production}$ = lämmityslaitteen hyötysuhde. Kertoo, kuinka paljon energiaa tarvitaan tuottamaan yksi kWh käyttökelpoista lämpöä. Hyötysuhteen laskenta vaihtelee riippuen käytettävästä laitteistosta.

Q_{use} = tehokkaasti käytettävä lämmön määrä. Rakennuksen lämmitysenergiatarpeen ja lämpimän käyttövedentarpeen summa.

6 TARKASTELTAVIEN KOHTEIDEN LÄMMITYSENERGIANTARPEEN LASKENTA

Tässä insinööriyössä lasketaan IEEB (Increasing Energy Efficiency in Buildings) -projektiin kuuluvien kolmen omakotitalon tilojen lämmitysenergiantarvetta käyttäen Passive House Planning Package (PHPP) -ohjelmistoa. Omakotitalot sijaitsevat Oulussa, Ritaharjun kaupunginosassa, johon rakennetaan energiatehokas asuinkortteli. Asuinkortteliin on valmistumassa seitsemän omakotitaloa, joiden rakenteita ja energiatehokkuutta tutkitaan usean vuoden ajan.

IEEB-projekti on Oulun seudun ammattikorkeakoulun koordinoima pohjoismainen kehityshanke. Tarkoituksena on tutkia, kehittää ja yhtenäistää rakennusten energiatehokkuuteen liittyviä menetelmiä. Tämä kolmevuotinen (2010–2013) hanke on osa EU:n Interreg 4A Pohjoinen (NORD) -ohjelmaa. Opinnäytetyötä tehtäessä laskettavista kohteista yksi oli rakenteilla ja kahdessa rakennustöitä ei oltu vielä aloitettu.

Laskettavien kohteiden rakentaminen oli opinnäytetyötä tehtäessä niin alkuvaiheessa, että joitakin laskennassa käytettyjä tietoja on jouduttu oletamaan. Kohteiden kokonaisprimäärienergiantarvetta ei ole laskettu, koska esimerkiksi lämmityslaitteiden, lämmönjaon tai valaistuksen ominaisuuksia ei tiedetty.

Lammi-Kivitalojen sekä JT-Talojen kohteessa on asennettu ilmanvaihtokoneen hyötysuhteeseen vaikuttava maapiiri. Laskennassa ei ole otettu huomioon maapiirin vaikutusta sen hankalan laskennan vuoksi. Kaikkien kolmen kohteen laskennassa on käytetty Meteonorm-ohjelmasta saatua Oulun ilmastotietoa, joka on esitetty liitteessä 1.

Ikkunoiden lämpöhäviöitä laskettaessa PHPP ottaa huomioon ikkunan asennuksesta syntyvän kylmäsilan ja ikkunan lasin reunaan syntyvän kylmäsilan. Monimutkaisen mallinnuksen takia laskennassa käytettiin

PHPP:n suosittelemia oletusarvoja, jotka ovat molemmissa kylmäsilloissa 0,04 W/(mK). PHPP:n mukaan tämä arvo on hieman pessimistinen ja yleensä mallinnuksella saataisiin parempi arvo riippuen ikkunasta.

6.1 Lammi-Kivitalot

Lammi-Kivitalojen kohde on lämpöharkko-rakenteinen omakotitalo, jonka asuintilat sijoittuvat kahteen kerrokseen. Koko rakennuksen brutto-ala on 163 m² ja tilavuus 860 m³. Energiatohokkuustavoitteena on saavuttaa tällä hetkellä voimassa olevien määräysten 2010 mukainen energiatohokkuusluokka A ja vähimmäistavoite on täyttää vuonna 2012 voimaan tulevat uudet rakentamismääräykset. (liite 3)

Rakennuksen lämmitysmuotona on hybridilämmitysjärjestelmä, jonka lämmönlähteenä ovat aurinkokeräimet, veteen varaava takka sekä sähkövastukset. Järjestelmä on liitetty vesikiertoiseen lattialämmitykseen. Ilmanvaihtokoneeksi on valittu Enervent Pandion eco Ede. Laitteessa on koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto, jonka poistoilman lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde on 76,5 % (liite 2). Ilmanvaihtokoneen tuloilman esilämmityksen/viilennyksen hoitaa maahan asennettu lämmön keruuputkisto eli maapiiri. (liite 3)

Rakennuksen tiiveystavoite on saavuttaa passiivitaloon suositeltu minimi tiiveys eli vaipan ilmanvuotoluku n_{50} on alle 0,6 1/h. Talon ikkunoiksi on valittu Fenestra Polaris MS2E 0,8. Lämpöharkkorakenteisen ulkoseinän lisäksi rakennuksen eristys on tehty yläpohjassa puhallusvillalla, jonka paksuus on 600 mm. Alapohjassa pintalaatan alla on 200 mm solypolystyreeniä. Rakenteiden lämmönläpäisykertoimet on esitetty taulukossa 4.

TAULUKKO 4. Rakenneosien lämmönläpäisykertoimet

Rakenneosa	Lämmönläpäisykerroin (W/m ² K)
Ulkoseinä	0,17
Yläpohja	0,08
Alapohja	0,16
Ikkunat	0,76
Ovet	1,00

Laskennan tulokset

Liitteessä 4 on esitetty koko tilojen lämmitysenergiantarpeenlaskentaprosessi PHPP-ohjelmalla.

Rakennuksen vaipan lämpöhäviöt (Q_T) on esitetty taulukossa 5 seuraavasti (kaava 3, sivulla 37):

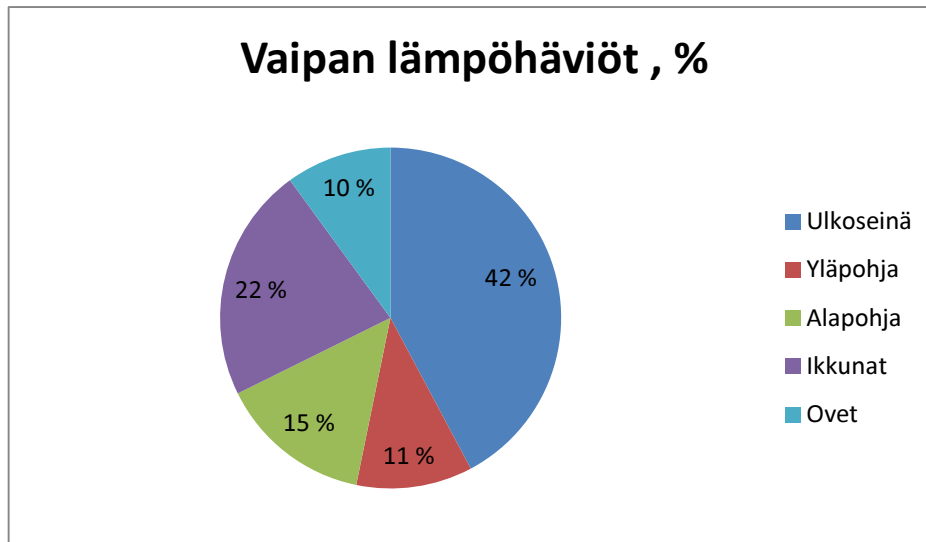
$$Q_T = A * U * b_j * G_t$$

TAULUKKO 5. Vaipan lämpöhäviöt

Rakenne	Pinta-ala, m ² , (A)	Keskimääräinen U-arvo, W/m ² K, (U)	Lämpötilakerroin, (b _j)	Lämmitysaste tunnit, kWh/a, (G _t)	Lämpöhäviöt, kWh/a, (Q _T)
Ulkoseinä	284,0	0,17	1	144	6963
Yläpohja	157,8	0,08	1	144	1815
Alapohja	154,4	0,16	0,67	144	2390
Ikkunat	30,6	0,832	1	144	3669
Ovet	17,9	1	1	144	2583
Kylmäsiilat	-	-	-	-	-2380
				Yhteensä	15040

Ulkoseinien kautta tapahtuu selkeästi suurimmat lämpöhäviöt taulukon 5 mukaan. Ulkoseinien vaikutus ei kuitenkaan ole todellisuudessa näin suuri, koska kylmäsiilatarkastelujen vaikutukset kohdistuvat muutamaa poikkeusta lukuunottamatta ulkoseiniin. Näin ollen kylmäsiilatarkasteluista saatava lämpöhäviötä pienentävä vaikutus on suurin ulkoseiniä kohtaan.

Tarkkaa rakenneosittain määriteltyä kylmäsilta-vaikutuksen osuutta ei voida määrittellä, mutta kylmäsiltoista saatava -2380 kWh/a jakaantuu ulkoseinien, yläpohjan ja alapohjan kesken. Vaipan lämpöhäviöiden prosenttuaalinen jakautuminen eri rakenneosien kesken on esitetty kuvassa 12.



KUVA 12. Vaipan lämpöhäviöt eri rakenneosissa (kylmäsiltojen vaikutus ei mukana)

Lammi-Kivitalon ovien kautta tapahtuvat johtumishäviöt ovat suhteellisen suuret (2583 kWh/a), mikä johtuu ovien suuresta määrästä. Esimerkiksi kahden muun tarkasteltavan kohteen ovien johtumishäviöt ovat noin 1100 kWh/a . Lammi-Kivitalojen ovien pinta-alaa pudottamalla esimerkiksi puoleen nykyisestä vähenisi koko rakennuksen johtumishäviöt noin 10 %.

Talon energiatehokkuuden kannalta kohteessa on suuri vaipan ulkopinta-ala verrattuna lämmitettävään tilavuuteen. Muotokerroin on 1,27. Korkeat tilat lisäävät taloon tilan tuntua ja arkkitehtuurista ilmettä, mutta energiatehokkuuden kannalta se ei ole paras ratkaisu.

Suhteellisen suuri vaikutus vaipan lämpöhäviöihin on kylmäsiltoilla. Rakenteiden pinta-alojen laskeminen PHPP-ohjelmalla ulkomittojen mukaan aiheuttaa useammassa rakenteiden liittymäkohdassa pinta-alan laskemista

kahteen kertaan, joka itsessään heikentää saatuja tuloksia ja ottaa huomioon liitoskohdassa vaikuttavaa kylmäsiltaa.

Kylmäsilan tarkempi vaikutus selvitetään mallintamalla liittymä erillisellä ohjelmalla, josta saatuja lämmönläpäisykertoimia verrataan tarkasteltavan liitoksen rakenteiden laskettuihin U-arvoihin. Lasketuksi kylmäsilta vaikutukseksi tulee negatiivinen, kun ulkomittojen mukaan lasketun rakenneliitoksen johtumishäviöt ovat suuremmat kuin mallinnetun kylmäsilan johtumishäviöt. Lammi-Kivitalojen kylmäsilatarkastelu paransi koko vaipan lämpöhäviöitä 14 %. Taulukossa 6 on esitetty eri rakenneliitoksien vaikutukset vaipan lämpöhäviöihin.

TAULUKKO 6. Rakenneliitoksien vaikutus vaipan lämpöhäviöihin

Rakenneliitos	Vaikutus vaipan lämpöhäviöihin, kWh/a
Ulkoseinien ulkonurkat	-470
Ulkoseinien ja yläpohjan liitokset	-769
Ulkoseinien ja alapohjan liitokset	-1509
Kantavien väliseinien ja alapohjan liitokset	-2
Välipohjan ja ulkoseinien liitokset	-81
Ulkoseinien sisänurkat	454

Ulkoseinien ja alapohjan sekä yläpohjan välisen kylmäsilan suuri vaikutus selittyy PHPP:n tavassa laskea rakenteiden pinta-alat ulkomittojen mukaan. Esimerkiksi ulkoseinän korkeuden laskennan alapintana pidetään alapohjan eristeen alapintaa ja yläpinta on yläpohjan eristeen yläpinta. Tämä laskentamalli poistaa mahdollisuuden, että saadaan liian optimistisia tuloksia PHPP-laskennasta, jos suunnittelija ei mallinna kylmäsiltoja.

Ulkoseiniä mallinnettaessa tarkkaa lämpöharkon rakenneosien ominaisuuksia ei tiedetty, jolloin lämpöharkko mallinnettiin vain yhtenä materiaalina, jonka lämmönjohtavuus vastasi lämpöharkon

kokonaislämmönjohtavuutta. Tämä yksinkertaistus saattoi vaikuttaa hieman kylmäsiltaikutukseen.

Ilmanvaihdon lämpöhäviöt (Q_V) voidaan laskea seuraavasti (kaava 4, sivulla 38):

$$Q_V = V_V * n_V * c_p \rho * G_t$$

$$Q_V = 356 \text{ m}^3 * 0,147 \text{ 1/h} * 0,33 \text{ Wh/m}^3\text{K} * 144 \text{ kWh/a}$$

$$Q_V = 2482 \text{ kWh/a}$$

Auringon säteilyn kautta saatava ilmaisenergia (Q_S) on esitetty taulukossa 7 seuraavasti (kaava 9, sivulla 40):

$$Q_S = r * g * A_w * G$$

TAULUKKO 7. Auringon säteilyn kautta saatava ilmaisenergia ja ikkunoiden johtumislämpöhäviöt

Ikkunan suunta	Auringon säteilyn vaimennus kerroin (r)	Ikkunalasin g-arvo (g)	Ikkunan pinta-ala, m^2 (A_w)	Lämmityskauden auringon kokonaissäteily, $\text{kWh}/(\text{m}^2 \text{ a})$, (G)	Energian tuotto, kWh/a , (Q_S)	Ikkunoiden johtumislämpöhäviöt, kWh/a
Pohjoinen	0,21	0,47	2,3	51	12	277
Itä	0,45	0,47	7	188	276	962
Etelä	0,08	0,47	1,38	275	15	199
Länsi	0,38	0,47	19,96	112	396	2231
Yhteensä			30,64		698	3669

Rakennuksen ikkunat sijaitsevat pääasiassa länsiseinällä, joka asemapiirroksen perusteella itse asiassa sijaitsee luoteessa. Etelään suunnattua lasipinta-alaa on hyvin vähän, ja tästä johtuen auringosta saatava energian tuotto jää aika pieneksi (698 kWh/a). Jos unohdetaan tontin asettamat rajoitukset rakennuksen sijoittumiseen tontille ja käännetään

rakennusta siten, että ikkuna pinta-alaltaan suurin julkisivu osoittaa suoraan etelään, saadaan auringon energian kokonaistuotoksi 1470 kWh/a. Tällä ratkaisulla auringosta saatava energia yli kaksinkertaistuisi, mutta samalla rakennuksen yllämpenemiseen tulisi kiinnittää lisää huomiota.

Ikkunoiden johtumishäviöt ovat huomattavasti suuremmat kuin auringosta saatava energiantuotto. Suoraan etelään suunnatuilla tässä kohteessa käytössä olevilla ikkunoilla on käytännössä mahdoton saada enemmän energiaa auringosta ikkunan läpi kuin siitä tulee johtumishäviöitä. Ikkunat ovat vielä energiatehokkuudeltaan markkinoiden kärkikastia. Jos kohde rakennettaisiin Helsingin seudulle ja ikkuna pinta-alaltaan suuri julkisivu osoittaisi suoraan etelään, tältä julkisivulta saataisiin auringon energiantuotoksi 1557 kWh/a, kun johtumishäviöt olisivat samalla 1757 kWh/a. Hieman ikkunoiden energiatehokkuutta parantamalla voitaisiin saada Suomen olosuhteissa ikkunasta enemmän energiaa kuin sitä johtumalla häviää.

PHPP kuvaa rakennuksen yllämpenemistä prosenttiosuudella, kuinka monta prosenttia vuodesta lämpötila nousee rakennuksessa yli 25 °C:een. Mielestäni tätä on hankala arvioida tarkasti, koska PHPP ottaa huomioon kaikki kiinteät varjostavat rakenteet, mutta esimerkiksi verhojen ja sälekaihtimien vaikutus riippuu niin paljon asukkaan asumistavoista. Yllämpenemiseen vaikuttaa myös ilmanvaihdon kesäaikainen toiminta, kuten se, tehostetaanko ilmanvaihtoa kesällä, käytetäänkö esimerkiksi yöaikaista ilmanvaihtoa viilennykseen ja tehdäänkö tämä ikkunoita avaamalla vai ilmanvaihtokoneen välityksellä. PHPP:n antama arvo 24 % tarkoittaa, että Lammi-Kivitalo lämpenee liikaa, jos varjostus hoidetaan pelkästään kiinteillä rakenteilla.

Sisäiset lämpökuormat (Q_I) voidaan laskea seuraavasti (kaava 11, sivulla 41):

$$Q_I = t_{Heat} * q_i * A_{TFA}$$

$$Q_I = 0,024 \text{ kh/d} * 205 \text{ d/a} * 2,1 \text{ W/m}^2 * 142,2 \text{ m}^2$$

$$Q_I = 1466 \text{ kWh/a}$$

Rakennuksen tilojen lämmitysenergiantarve (Q_H) voidaan laskea seuraavasti (kaava 2, sivulla 32):

$$Q_H = Q_T + Q_V - n^*(Q_S + Q_I)$$

$$Q_H = 15040 \text{ kWh/a} + 2482 \text{ kWh/a} - 1 * (698 \text{ kWh/a} + 1466 \text{ kWh/a})$$

$$Q_H = 15357 \text{ kWh/a}$$

Rakennuksen tilojen lämmitysenergiantarve on nettolattiapinta-alaa kohden $108 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ ja bruttopinta-alaa kohden: $94 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$. Verrattaessa eri rakennuspaikan vaikutusta lämmitysenergiantarpeeseen, jos Lammi-Kivitalo rakennettaisiin Tampereelle, lämmitysenergiantarve olisi nettolattiapinta-alaa kohden $85 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ tai Saksan Hannoveriin $54 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$.

6.2 JT-Talo

JT-Talon kohde on kaksikerroksinen puurunkorakenteinen talo. Ensimmäisen kerroksen kerrostasoala on 101 m^2 ja toisen kerroksen kerrostasoala 87 m^2 . Rakennuksen tilavuus on 650 m^3 . Ilmatiiveyteen kiinnitetään huomiota ja tavoite on saada vaipan ilmanvuotoluvuksi $0,6 \text{ l/h}$.

Ilmanvaihtokoneeksi on valittu Enervent Pandion Eco Ede ja sen poistoilman lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde on $76,5 \%$. Rakennuksen viereiseen maahan asennetaan myös maapiiri, joka esilämmittää tai viilentää tuloilmaa ilmanvaihtokoneelle. Osa energiasta on tarkoitus tuottaa aurinkopaneeleilla. Ikkunoiden merkki ja malli on Pihla Termo sekä ovien kokonais-U-arvo on $0,9 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$. Puurunkoisessa ulkoseinässä on mineraalivillaa noin 250 mm , jonka ulkopinnassa on vielä 25 mm paksu tuulensuojalevy. Yläpohjan lämmöneristys on tehty 500 mm paksulla puhallusvillalla. Alapohjassa

pintalaatan alle on asennettu 200 mm eristettä. Rakenneosien U-arvot on esitetty taulukossa 8.

TAULUKKO 8. Rakenneosien lämmönläpäisykerroimet

Rakenneosa	Lämmönläpäisykerroin (W/m ² K)
Ulkoseinä	0,17
Yläpohja	0,09
Alapohja	0,15
Ikkunat	0,9
Ovet	0,9

Laskennan tulokset

Liitteessä 7 on esitetty koko tilojen lämmitysenergiantarpeen-laskentaprosessi PHPP-ohjelmalla.

Rakennuksen vaipan lämpöhäviöt (Q_T) on laskettu taulukossa 9 seuraavasti (kaava 3, sivulla 37):

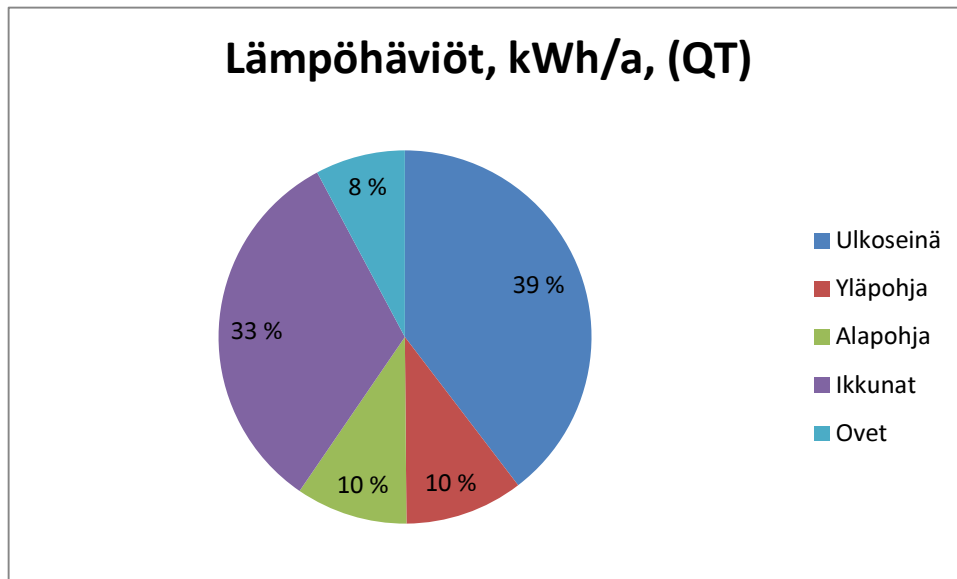
$$Q_T = A * U * b_j * G_t$$

TAULUKKO 9. Vaipan lämpöhäviöt

Rakenne	Pinta-ala, m ² , (A)	Keskimääräinen U-arvo, W/m ² K, (U)	Lämpötilakerroin, (b _j)	Lämmitysaste tunnit, kWh/a, (G _t)	Lämpöhäviöt, kWh/a, (Q _T)
Ulkoseinä	214,7	0,17	1	144	5240
Yläpohja	104,7	0,09	1	144	1358
Alapohja	88,2	0,15	0,67	144	1280
Ikkunat	31,7	0,946	1	144	4317
Ovet	8	0,9	1	144	1034
Kylmäsiilat	-	-	-	-	-1475
				Yhteensä	11755

JT-Talon eri rakenteiden lämpöhäviöiden prosentuaaliset osuudet (kuva 15) ovat pääpiirteissään samassa suhteessa kuin on esitetty aikaisemmin opinnäytetyön kuvassa 7 sivulla 24. JT-Talon suurta ulkoseinien

lämpöhäviötä tasoittaa kylmäsiltaarkastelusta saatava negatiivinen lämpöhäviö, jota ei ole huomioitu kuvassa 13.



KUVA 13. Vaipan lämpöhäviöt eri rakenneosissa (kylmäsiltojen vaikutus ei ole huomioitu)

Kylmäsiltaarkastelu paransi vaipan lämpöhäviötä noin 11 %. Rakennuksen muodoksi on valittu melkein neliö, jonka ansiosta ulkoseinien nurkkaliitoksien kautta tapahtuvaa lämpöhäviötä on pystytty vähentämään. Muotokertoimeltaan rakennus on kompakti, kun tarkastellaan ulkovaipan pinta-alan suhdetta lämmitettävään tilavuuteen muotokertoimeksi muodostui 0,84. Taulukossa 10 on esitetty eri rakenneliitoksien vaikutus lämpöhäviöihin.

TAULUKKO 10. Rakenneliitoksien vaikutus vaipan lämpöhäviöihin

Rakenneliitos	Vaikutus vaipan lämpöhäviöihin, kWh/a
Ulkoseinien ulkonurkka	-130
Ulkoseinien ja yläpohjan liitos	-304
Ulkoseinien ja alapohjan liitos	-953
Kantavien väliseinien ja alapohjan liitos	18
Välipohjan ja ulkoseinien liitos	-106

Ilmanvaihdon lämpöhäviöt (Q_V) voidaan laskea seuraavasti (kaava 4, sivulla 38):

$$Q_V = V_V * n_V * c_p \rho * G_t$$

$$Q_V = 370 \text{ m}^3 * 0,135 \text{ 1/h} * 0,33 \text{ Wh/m}^3\text{K} * 144 \text{ kKh/a}$$

$$Q_V = 2372 \text{ kWh/a}$$

Auringon säteilyn kautta saatava ilmaisenergia (Q_S) on laskettu taulukossa 11 seuraavasti (kaava 9, sivulla 40):

$$Q_S = r * g * A_w * G$$

TAULUKKO 11. Auringon säteilyn kautta saatava ilmaisenergia ja ikkunoiden johtumislämpöhäviöt

Ikkunan suunta	Auringon säteilyn vaimennuskerroin (r)	Ikkunalasin g-arvo (g)	Ikkunan pinta-ala, m ² (A _w)	Lämmityskauden auringon kokonaissäteily, kWh/(m ² a), (G)	Energiantuotto, kWh/a, (Q _s)	Ikkunoiden johtumislämpöhäviöt, kWh/a
Pohjoinen	0,27	0,42	2,3	51	13	403
Itä	0,49	0,42	11,46	187	445	1528
Etelä	0,47	0,42	4,4	276	238	696
Länsi	0,52	0,42	13,54	112	330	1689
Yhteensä			31,7		1026	4317

Lasipintojen suuntaus on pääasiassa idässä ja lännessä. Ikkunoiden johtumishäviöt ovat yli nelinkertaiset verrattuna energiantuottoon. Pelkillä kiinteillä rakenteilla tapahtuvan varjostuksen vaikutuksesta rakennuksen sisälämpötila kohoaa yli 25 °C:een noin 32 % koko vuoden ajasta.

Sisäiset lämpökuormat (Q_I):

$$Q_I = t_{Heat} * q_i * A_{TFA}$$

$$Q_I = 0,024 \text{ kh/d} * 205 \text{ d/a} * 2,1 \text{ W/m}^2 * 148 \text{ m}^2$$

$$Q_I = 1525 \text{ kWh/a}$$

Rakennuksen tilojen lämmitysenergiantarve (Q_H) voidaan laskea seuraavasti (kaava 2, sivulla 32):

$$Q_H = Q_T + Q_V - n * (Q_S + Q_I)$$

$$Q_H = 11755 \text{ kWh/a} + 2372 \text{ kWh/a} - 1 * (1026 \text{ kWh/a} + 1525 \text{ kWh/a})$$

$$Q_H = 11576 \text{ kWh/a}$$

Rakennuksen tilojen lämmitysenergiantarve on nettolattiapinta-alaa kohden 79 kWh/(m²a) ja bruttopinta-alaa kohden 62 kWh/(m²a). Verrattaessa eri rakennuspaikan vaikutusta lämmitysenergiantarpeeseen, jos JT-Talo rakennettaisiin Tampereelle, lämmitysenergiantarve olisi nettolattiapinta-alaa kohden 62 kWh/(m²a) tai Saksan Hannoveriin 37 kWh/(m²a).

6.3 Kastelli-talot Oy

Kastellin kohde on puurakenteinen kaksikerroksinen puutalo, jonka asuintilat sijoittuvat kahteen kerrokseen. Asuinperheen makuuhuoneet, kylpyhuone ja WC sijaitsevat yläkerrassa ja muut tilat on alakerrassa. Talon alakerran koko on 114 brm² ja yläkerran 95 brm². Rakennuksen tilavuus on 751 m³ ja ikkunoiden pääasiallinen suuntaus on kaakkoon ja luoteeseen.

Ulkoseinien 200 mm paksu runko on eristetty mineraalivillalla ja rungon ulkopintaan on lisätty 100 mm paksu tuulensuojaeriste. Alapohjan U-arvoon 0,1 W/m²K on päästy noin 250 mm paksulla eristepaksuudella. Yläpohjan hyvä lämmönläpäisykerroin on saavutettu 700 mm paksulla eristeellä. Ikkunoita ei ollut vielä päätetty PHPP-laskentaa tehtäessä, joten laskennassa on oletettu ikkunoiksi Fenestra Polaris MS2E 0,8. Rakenneosien lämmönläpäisykerroimet löytyvät taulukosta 12.

TAULUKKO 12. Rakenneosien lämmönläpäisykerroimet

Rakenneosa	Lämmönläpäisykerroin (W/m ² K)
Ulkoseinä	0,11
Yläpohja	0,058
Alapohja	0,1
Ikkunat	0,8
Ovet	0,8

Laskennassa on oletettu rakennuksen vaipan ilmanvuotoluvuksi 0,6 1/h. Ilmanvaihtokoneen poistoilman lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde on 76 %. Kolmesta tarkasteltavasta kohteesta Kastelli on ainoa, jonka rakenneosien U-arvot ovat huomattavasti alhaisemmat kuin vuonna 2012 voimaan tulevien rakentamismääräyksien vaatimat arvot.

Laskennan tulokset

Liitteessä 10 on esitetty koko tilojen lämmitysenergiantarpeen-laskentaprosessi PHPP-ohjelmalla.

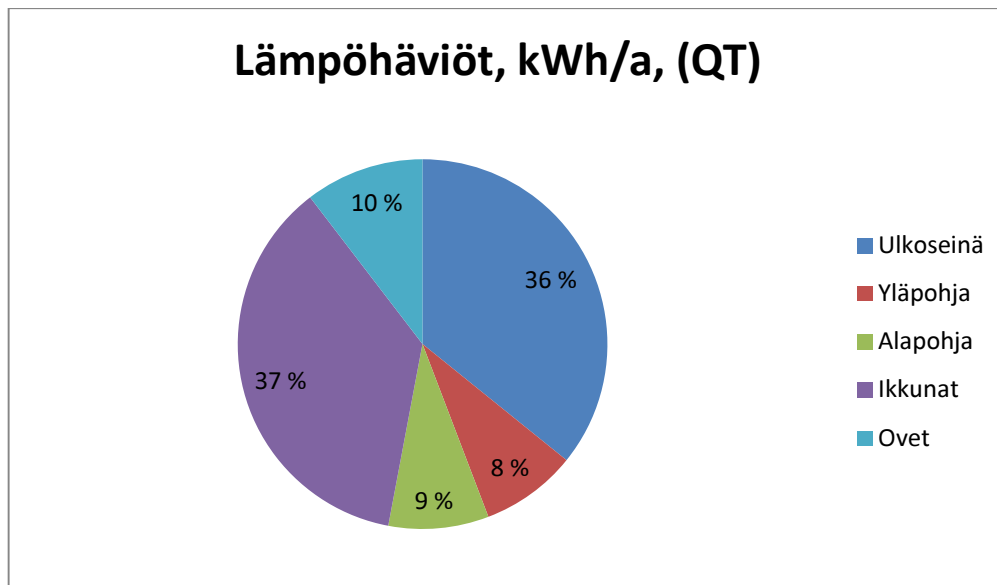
Rakennuksen vaipan lämpöhäviöt (Q_T) on esitetty taulukossa 13 seuraavasti (kaava 3, sivulla 37):

$$Q_T = A * U * b_j * G_t$$

TAULUKKO 13. Vaipan lämpöhäviöt

Rakenne	Pinta-ala, m ² , (A)	Keskimääräinen U-arvo, W/m ² K, (U)	Lämpötilakerroin, (b _j)	Lämmitysastetunnit, kWh/a, (G _t)	Lämpöhäviöt, kWh/a, (Q _T)
Ulkoseinä	240,1	0,111	1	144	3825
Yläpohja	107,3	0,058	1	144	898
Alapohja	96,6	0,1	0,67	144	935
Ikkunat	32,2	0,845	1	144	3910
Ovet	9,7	0,8	1	144	1113
Kylmäsiilat	-	-	-	-	-1199
				Yhteensä	9481

Energiätehoisuuden kannalta Kastellin muotokerroin on hyvä, koska talossa on vain neljä nurkkaa, jolloin ylimääräisiä kylmäsiltoja aiheuttavia nurkkaliitoksia on mahdollisimman vähän. Muotokertoimeksi muodostui kuitenkin 1,07, kun tarkastellaan ulkovaipan pinta-alan suhdetta lämmitettävään ilmatilavuuteen. Paksut rakenteet sekä kohtuullisen suuri ilmatilavuus heikentävät muotokertoimen arvoa, joka melkein neliön muotoiselle rakennukselle olisi voinut olla parempi. Vaipan lämpöhäviöt on esitetty kuvassa 14. Ulkoseinät on eristetty niin hyvin, että niiden lämpöhäviöt ovat jo pienemmät kuin ikkunoiden.



KUVA 14. Vaipan lämpöhäviöt eri rakenneosissa (kylmäsiltojen vaikutus ei mukana)

Kastellin kylmäsiltojen tarkastelu paransi koko vaipan lämpöhäviöitä 11 %. Taulukossa 14 on esitetty eri rakenneliitoksien vaikutukset vaipan lämpöhäviöihin.

TAULUKKO 14. Rakenneliitoksien vaikutus vaipan lämpöhäviöihin

Rakenneliitos	Vaikutus vaipan lämpöhäviöihin, kWh/a
Ulkoseinien ulkonurkka	-143
Ulkoseinien ja yläpohjan liitos	-367
Ulkoseinien ja alapohjan liitos	-547
Välipohjan ja ulkoseinien liitos	-143

Alapohjan ja ulkoseinän välisen liitoksen vaikutus lämpöhäviöihin on merkittävä. Kantavan väliseinän kylmäsiltojen vaikutusta ei huomioitu, koska kylmäsiltojen pituutta ei tiedetty.

Ilmanvaihdon lämpöhäviöt (Q_v) lasketaan seuraavasti (kaava 4, sivulla 38):

$$Q_V = V_V * n_V * c_p \rho * G_t$$

$$Q_V = 380 \text{ m}^3 * 0,160 \text{ 1/h} * 0,33 \text{ Wh/m}^3\text{K} * 144 \text{ kWh/a}$$

$$Q_V = 2888 \text{ kWh/a}$$

Auringon säteilyn kautta saatava ilmaisen energia (Q_S) on esitetty taulukossa 11 seuraavasti (kaava 9, sivulla 40):

$$Q_S = r * g * A_w * G$$

TAULUKKO 15. Auringon säteilyn kautta saatava ilmaisen energia ja ikkunoiden johtumislämpöhäviöt

Ikkunan suunta	Auringon säteilyn vaimennus kerroin (r)	Ikkunalasin g-arvo (g)	Ikkuna pinta-ala, m^2 , (A_w)	Lämmityskauden auringon kokonaissäteily, $\text{kWh}/(\text{m}^2 \text{ a})$, (G)	Energian tuotto, kWh/a , (Q_S)	Ikkunoiden johtumislämpöhäviöt, kWh/a
Pohjoinen	0,36	0,47	1,57	51	14	263
Itä	0,5	0,47	11,10	187	488	1419
Etelä	0,41	0,47	1,57	276	83	263
Länsi	0,54	0,47	17,91	112	512	1966
Yhteensä			32,15		1097	3911

Ikkunoiden johtumislämpöhäviöt ovat noin 3,5-kertaiset verrattuna ikkunoiden energiantuottoon. Ikkunoiden pinta-alaa karsimalla voitaisiin saada johtumislämpöhäviöitä pienennettyä tehokkaasti. Ikkunoiden pinta-alan pienentäminen tulisi kuitenkin miettiä huonekohtaisesti, jotta varmistuttaisiin, ettei tilasta tulisi liian hämärä, jolloin jouduttaisiin lisäämään valaistuksen määrää valaisimilla.

Rakennuksen lämpöviivyyteen ja varsinkin kesäaikaiseen viilennykseen tulee kiinnittää huomiota, koska pelkillä kiinteillä rakenteilla tapahtuvan varjostuksen vaikutuksesta rakennuksen sisälämpötila kohoaa yli 25 °C:seen noin 46 %:a vuodesta.

Sisäiset lämpökuormat (Q_I) voidaan laskea seuraavasti (kaava 11, sivulla 41):

$$Q_I = t_{Heat} * q_i * A_{TFA}$$

$$Q_I = 0,024 \text{ kh/d} * 205 \text{ d/a} * 2,1 \text{ W/m}^2 * 151,8 \text{ m}^2$$

$$Q_I = 1565 \text{ kWh/a}$$

Rakennuksen tilojen lämmitysenergiantarve (Q_H) voidaan laskea seuraavasti (kaava 2, sivulla 32):

$$Q_H = Q_T + Q_V - n * (Q_S + Q_I)$$

$$Q_H = 9481 \text{ kWh/a} + 2888 \text{ kWh/a} - 1 * (1097 \text{ kWh/a} + 1565 \text{ kWh/a})$$

$$Q_H = 9708 \text{ kWh/a}$$

Rakennuksen tilojen lämmitysenergiantarve on nettolattiapinta-alaa kohden 64 kWh/(m²a) ja bruttopinta-alaa kohden 46 kWh/(m²a). Verrattaessa eri rakennuspaikan vaikutusta lämmitysenergiantarpeeseen, jos Kastellin talo rakennettaisiin Tampereelle, lämmitysenergiantarve olisi nettolattiapinta-alaa kohden 48 kWh/(m²a) tai Saksan Hannoveriin 28 kWh/(m²a).

7 YHTEENVETO

Opinnäytetyössä perehdyttiin energiatehokkaiden pientalojen suunnitteluun vaikuttaviin pääperiaatteisiin. Suurin painopiste oli suunnittelulla, jolla saavutettaisiin passiivitasoinen rakennus. Tutkimuksen kohteena oli myös laskentaohjelmisto Passive House Planning Package (PHPP), jolla laskettiin kolmen pientalokohteen tilojen lämmitysenergiantarpeet.

PHPP:n pääasiallinen käyttötarkoitus on osoittaa passiivitasoisen rakennuksen laskennallinen energiantarve ja saada sen kautta rakennukselle kansainvälinen passiivitalosertifikaatti. Suunnittelija voi käyttää myös ohjelmaa muiden tyyppisissä rakennuksissa ja esimerkiksi korjauskohteissa. PHPP:lla voidaan esimerkiksi vertailla eri korjausvaihtoehtojen vaikutusta energiantarpeeseen.

PHPP-laskennassa käytettävä rakennuksen sijainnista riippuva ilmastotieto on mielenkiintoinen ominaisuus. Ilmastotiedon perusteella voidaan arvioida ilmaston vaikutusta taloon eri paikkakunnilla. Ilmastotieto mahdollistaa myös tarkastelun, jossa voidaan luoda erilaisia ilmastotietoja, jotka ennustavat esimerkiksi ilmastomuutoksen vaikutusta paikalliseen säähän. Näiden ilmastotietojen perusteella voidaan arvioida koko rakennuksen elinkaaren aikaisia ilmastotiloja ja niiden vaikutusta rakennukseen. Tämä edellyttää kuitenkin tarvittavan ilmastotiedon hankkimista.

Tässä opinnäytetyössä tarkasteltiin kahta puurunkoista ja yhtä kivirakenteista pientaloa. Lasketuissa kohteissa suurimmat vaipan lämpöhäviöt tulivat suuren pinta-alan omaavasta ulkoseinistä sekä ikkunoista. Kaikki kolme kohdetta oli sijoitettu tontille samaan suuntaan, jolloin ikkunapinta-aloiltaan suurimmat julkisivut olivat kaakkoon ja luoteeseen. Lämmittävän auringon säteilyenergian kannalta tämä ei ole paras ratkaisu.

Tehdyt rakenneliitoksien kylmäsiltemallinnukset osoittivat, että kylmäsilloilla on suuri vaikutus vaipan lämpöhäviöihin. Energiatehokkaissa rakennuksissa kylmäsiltemaikutuksilla on suhteellisesti suurempi vaikutus lämpöhäviöihin

kuin normitaloissa. Varsinkin ulkoseinän ja alapohjan välisellä liitoksella on suuri vaikutus rakennuksen vaipan lämpöhäviöihin. Rakenneliitoksien suunnitteluun pitää kiinnittää huomiota ja uusien energiatehokkaampien liitoksien tulee olla kosteusteknisesti turvallisia. Suomesta poikkeava PHPP:ssa käytettävä rakenteiden pinta-alojen laskeminen ulkomittojen mukaan varmistaa, ettei laskenta anna liian optimaalisia tuloksia ilman kylmäsilta tarkastelua.

Tässä opinnäytetyössä laskettu tilojen lämmitysenergiatarve on vain osa koko rakennuksen energiatehokkuutta. Rakennuksen kokonaisvaltaisempaa ympäristövaikutusta tarkasteltaessa tilojen lämmitysenergiatarpeen tueksi pitäisi ottaa huomioon myös kokonaisprimäärienergiatarve, jota ei tässä opinnäytetyössä laskettu.

LÄHTEET

Bähr, Annette 2010. Certified European Passive House Designer. Koulutuksen oppimateriaali syksyllä 2010.

C3, 2003. Lämmöneristys. Ohjeet 2003. Helsinki: Ympäristöministeriö.

D2, 2012. Rakennuksen sisäilmasto ja ilmanvaihto. Määräykset ja ohjeet 2012. Helsinki: Ympäristöministeriö.

D3, 2012. Rakennusten energiatehokkuus. Määräykset ja ohjeet 2012. Helsinki: Ympäristöministeriö.

Feist, Wolfgang 2011. Find Certified Passive House Designers / Consultants. Saatavissa: <http://www.passivhausplaner.eu/englisch/planersuche.php>. Hakupäivä 30.11.2011.

Feist, Wolfgang – Pfluger, Rainer – Kaufmann, Berthold – Schnieders, Jürgen – Kah, Oliver 2007. Passive House Planning Package 2007. Darmstadt: Passive House Institute.

Heikkinen, Jorma – Rantala, Jukka 2011. Rakennusosien välisten liitosten kylmäsillat. Rakennusten energiatehokkuus-workshop 18.3.2011, luentomateriaali.

Heljo, Juhani – Kurvinen, Antti – Korhonen, Reijo 2011. EVAKO – Edullisen viihtyisän asumisen varmistaminen lähiökorttelikorjaamisen päätöksenteon kriteeristön avulla, sisäisen tiiveyden mittaaminen. Saatavissa: <http://www.ara.fi/download.asp?contentid=24171&lan=fi>. Hakupäivä 1.12.2011.

Hemmilä, Kari 2011. Energiatehokkaat ikkunat. Energiatehokas rakennussuunnittelu, 30 op. Opintojakson luento keväällä 2011. Oulu: Oulun seudun ammattikorkeakoulu, tekniikan yksikkö.

Holopainen, Riikka 2011. Rakenteiden vaikutus rakennuksen energiatehokkuuteen ja lämpöviihtyvyyteen. Energiatehokas rakennussuunnittelu, 30 op. Opintojakson luento keväällä 2011. Oulu: Oulun seudun ammattikorkeakoulu, tekniikan yksikkö.

Hopfe, C – Mcleod, Rob 2010. Wohnflächenverordnung translation – low res.pdf. Saatavissa: <http://www.aecb.net/forum/index.php?topic=2652.0>. Hakupäivä 4.12.2011.

Kannisto, Eero 2009. Ilmanvaihtolämmitys passiivenergiarakentamisessa. Oulu: Oulun seudun ammattikorkeakoulu, talotekniikan koulutusohjelma, insinöörityö.

Kemppainen, Ari 2011. Energiatehokkuus – mahdollisuus. Saatavissa: <http://www.thermopolis.fi/UserData/doc/Tapahtumat/Rakentamisenilta24-5-2011/SPU-erist%C3%A4minen.pdf>. Hakupäivä 3.12.2011

Lehtinen, Teppo 2011. ERA17 – Energiaviisaan rakennetun ympäristön aika 2017. Energiatehokas rakennussuunnittelu, 30 op. Opintojakson luento keväällä 2011. Oulu: Oulun seudun ammattikorkeakoulu, tekniikan yksikkö.

Lylykangas, Kimmo 2011a. Energiatehokas rakentaminen – Suunnittelun ja toteutuksen haasteita. Energiatehokas rakennussuunnittelu, 30 op. Opintojakson luento keväällä 2011. Oulu: Oulun seudun ammattikorkeakoulu, tekniikan yksikkö.

Lylykangas, Kimmo 2011b. Kokonaisenergiatarkastelun vaikutus suunnitteluprosessiin – pääsuunnittelijan rooli. Energiatehokas rakennussuunnittelu, 30 op. Opintojakson luento keväällä 2011. Oulu: Oulun seudun ammattikorkeakoulu, tekniikan yksikkö.

Nieminen, Jyri – Lylykangas, Kimmo 2009a. Passiivitalon määritelmä. Saatavissa: http://www.passiivi.info/download/passiivitalon_maaritelma.pdf. Hakupäivä 30.11.2011.

Nieminen, Jyri – Lylykangas, Kimmo 2009b. Passiivitalon luonnossuunnittelu. Saatavissa: <http://www.passiivi.info/data.php?sivu=luonnos>. Hakupäivä 1.12.2011.

Nieminen, Jyri 2009. Passiivitalo-ohjeita rakennuttajalle. Saatavissa: <http://northpass.vtt.fi/Finland/Documents/6Rakennuttajalle.pdf>. Hakupäivä: 5.9.2011.

Passive House Institute, a. Types of ventilation. Saatavissa: http://passipedia.passiv.de/passipedia_en/planning/building_services/ventilation/basics/types_of_ventilation?s%5b%5d=subsoil. Hakupäivä 4.12.2011.

Passive House Institute, b. PHPP – the Passive House Planning Package. Saatavissa: http://passipedia.passiv.de/passipedia_en/planning/calculating_energy_efficiency/phpp_-_the_passive_house_planning_package. Hakupäivä 4.12.2011.

Peltola, Pasi 2011. Energiatehokas rakentaminen. Energiatehokas rakennussuunnittelu, 30 op. Opintojakson luento keväällä 2011. Oulu: Oulun seudun ammattikorkeakoulu, tekniikan yksikkö.

Penttinen, 2011. Energiatehokas rakennussuunnittelu, 30 op. Opintojakson luento keväällä 2011. Oulu: Oulun seudun ammattikorkeakoulu, tekniikan yksikkö.

Pääatalo, Juha 2011a. Passiivitalon paikka. Saatavissa: <http://www.saint-gobainrakennustuotteet.fi/download.aspx?intFileID=1636&intLinkedFromObjectID=8837>. Hakupäivä 1.12.2011.

Pääatalo, Juha 2011b. Kylmäsiltojen laskenta Therm-ohjelmalla. Energiatehokas rakennussuunnittelu, 30 op. Opintojakson luento keväällä 2011. Oulu: Oulun seudun ammattikorkeakoulu, tekniikan yksikkö.

Päätaalo, Juha 2011c. Energialaskenta PHPP-ohjelmalla. Energiatehokas rakennussuunnittelu, 30 op. Opintojakson luento keväällä 2011. Oulu: Oulun seudun ammattikorkeakoulu, tekniikan yksikkö.

Riihimäki, Markku 2011. Energiatehokkuus rakentamisessa ja asumisessa ”Ikkunoiden energiatehokkuus”. Energiatehokas rakennussuunnittelu, 30 op. Opintojakson luento keväällä 2011. Oulu: Oulun seudun ammattikorkeakoulu, tekniikan yksikkö.

RIL 249-2009 Matalaenergiarakentaminen Asuinrakennukset. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

Saari, Mikko 2011a. 3. päivä Talotekniikka, osa 1. Energiatehokas rakennussuunnittelu, 30 op. Opintojakson luento keväällä 2011. Oulu: Oulun seudun ammattikorkeakoulu, tekniikan yksikkö.

Saari, Mikko 2011b. 3. päivä Talotekniikka, osa 2. Energiatehokas rakennussuunnittelu, 30 op. Opintojakson luento keväällä 2011. Oulu: Oulun seudun ammattikorkeakoulu, tekniikan yksikkö.

Saari, Mikko 2011c. 3. päivä Talotekniikka, osa 3. Energiatehokas rakennussuunnittelu, 30 op. Opintojakson luento keväällä 2011. Oulu: Oulun seudun ammattikorkeakoulu, tekniikan yksikkö.

Sarja, Asko – Åström, Gunnar – Airaksinen, Miimu – Matilainen, Pellervo – Korhonen, Pekka – Valjus, Juha – Leppänen, Pekka – Peltonen, Vesa – Kalema, Timo – Pulakka, Sakari – Kurnitski, Jarek – Peltokorpi, Mikko 2009. RIL 249-2009 Matalaenergiarakentaminen Asuinrakennukset. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

Siikanen, Unto 2007. Puurakennusten suunnittelu. Helsinki: Rakennustieto.

Siikanen, Unto 2003. Puurakenteet. Saatavissa: http://www.glulam.fi/fi/?__EVIA_WYSIWYG_FILE=6500&name=file. Hakuaika 2.12.2011.

Siikanen, Unto 2011. Rakennusfysiikka: perusteet ja sovellukset. Helsinki: Rakennustieto.

Tarvainen, Anna-Maija 2010. KEHRÄ Matalaenergiatalo Porvoon Johannisbergiin. Tampere: Tampereen teknillinen yliopisto, arkkitehtuurin koulutusohjelma, diplomityö.

Tuomaala, Pekka 2011. Talotekniikka. Energiatehokas rakennussuunnittelu, 30 op. Opintojakson luento keväällä 2011. Oulu: Oulun seudun ammattikorkeakoulu, tekniikan yksikkö.

Vinha, Juha – Lindberg, Ralf – Pentti, Matti – Mattila, Jussi – Lahdensivu, Jukka – Heljo, Juhani – Suonketo, Jommi – Leivo, Virpi – Korpi, Minna – Aho, Hanna – Lähdesmäki, Kimmo – Aaltonen, Anu 2008. Matalaenergiarakenteiden toimivuus. Tampere: Tampereen teknillinen yliopisto, rakennustekniikan laitos.

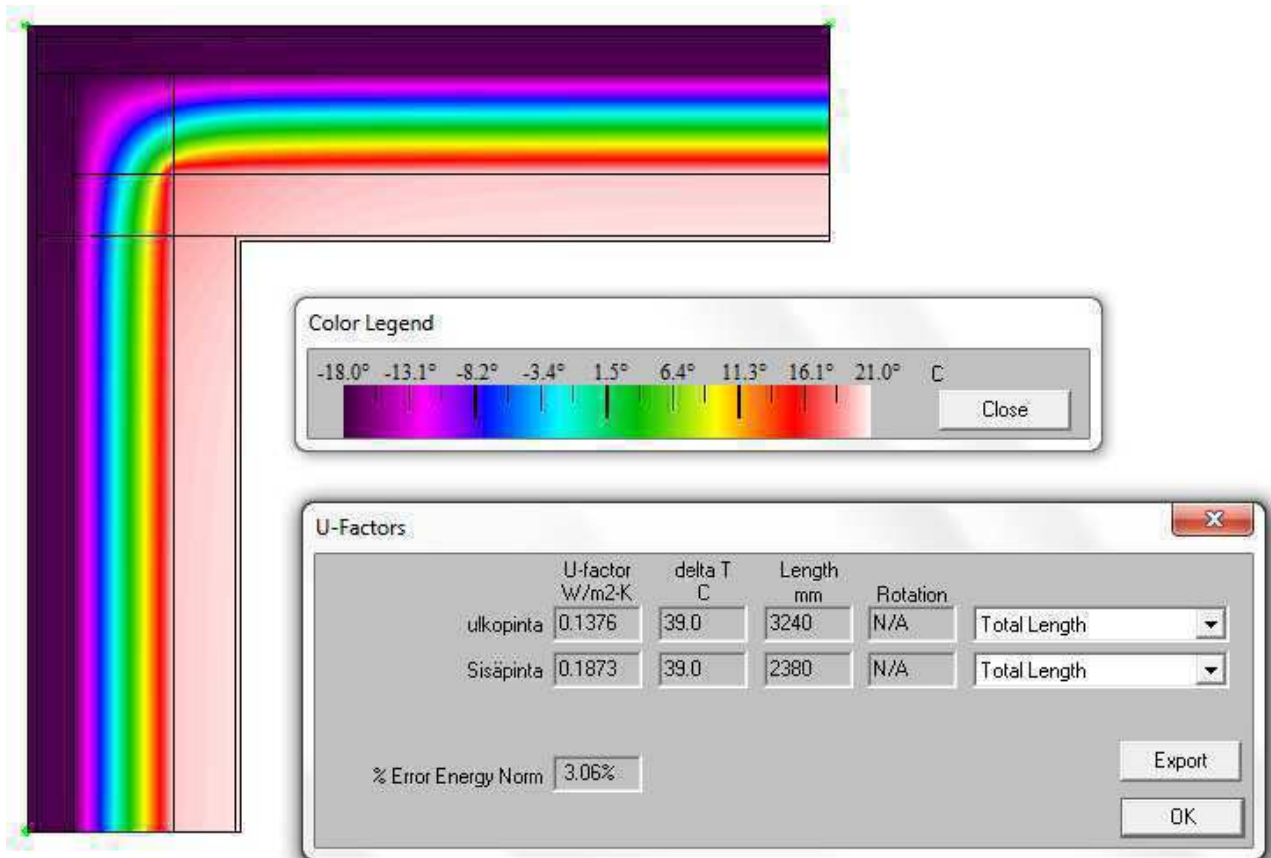
Vinha, Juha 2011a. Lämmöneristyksen lisäyksen vaikutus rakenteiden kosteustekniseen toimivuuteen. Energiatehokas rakennussuunnittelu, 30 op. Opintojakson luento keväällä 2011. Oulu: Oulun seudun ammattikorkeakoulu, tekniikan yksikkö.

Vinha, Juha 2011b. Rakennusten ilmanpitävyys. Energiatehokas rakennussuunnittelu, 30 op. Opintojakson luento keväällä 2011. Oulu: Oulun seudun ammattikorkeakoulu, tekniikan yksikkö.

LIITTEET

- Liite 1. Oulun ilmastotieto
- Liite 2. Lammi-Kivitalon kylmäsilta tarkastelu
- Liite 3. Lammi-Kivitalon piirustukset
- Liite 4. Lammi-Kivitalon tilojen lämmitysenergiantarpeen laskenta
- Liite 5. JT-Talon piirustukset
- Liite 6. JT-Talon kylmäsilta tarkastelu
- Liite 7. JT-Talon tilojen lämmitysenergiantarpeen laskenta
- Liite 8. Kastellin piirustukset
- Liite 9. Kastellin kylmäsilta tarkastelu
- Liite 10. Kastellin tilojen lämmitysenergiantarpeen laskenta

Ulkoseinien ulkonurkkaliitos



Kylmäsiirtotarkastuksen psi-arvo:

$$\Psi = U_{\text{simuloitu}} \cdot l_{\text{sisä}} - U_{\text{laskettu}} \cdot l_{\text{ulko}}$$

$$\Psi = 0,1873 \text{ W/m}^2\text{K} \cdot 2,380\text{m} - 0,17 \text{ W/m}^2\text{K} \cdot 3,240\text{m} = - 0,1050 \text{ W/mK}$$

Viivamaisen kylmäsiirtotarkastuksen pituus: 31,2 m

Ulkoseinien ulkonurkkaliitoksien yhteen laskettu vaikutus koko rakennuksen vaipan lämpöhäviöihin on – 470 kWh/a.

Building Element	Temperature Zone	Area m ²	U-Value W/(m ² K)	Temp. Factor f _t	G _t kWh/a	kWh/a
Exterior TB (length/m)	A	31,2	-0,105	1,00	144,0	-470

Ulkoseinän sisänurkka

Kylmäsiirtotarkastelu:

$$\Psi = U_{\text{simuloitu}} \cdot I_{\text{sisä}} - U_{\text{laskettu}} \cdot I_{\text{ulko}}$$

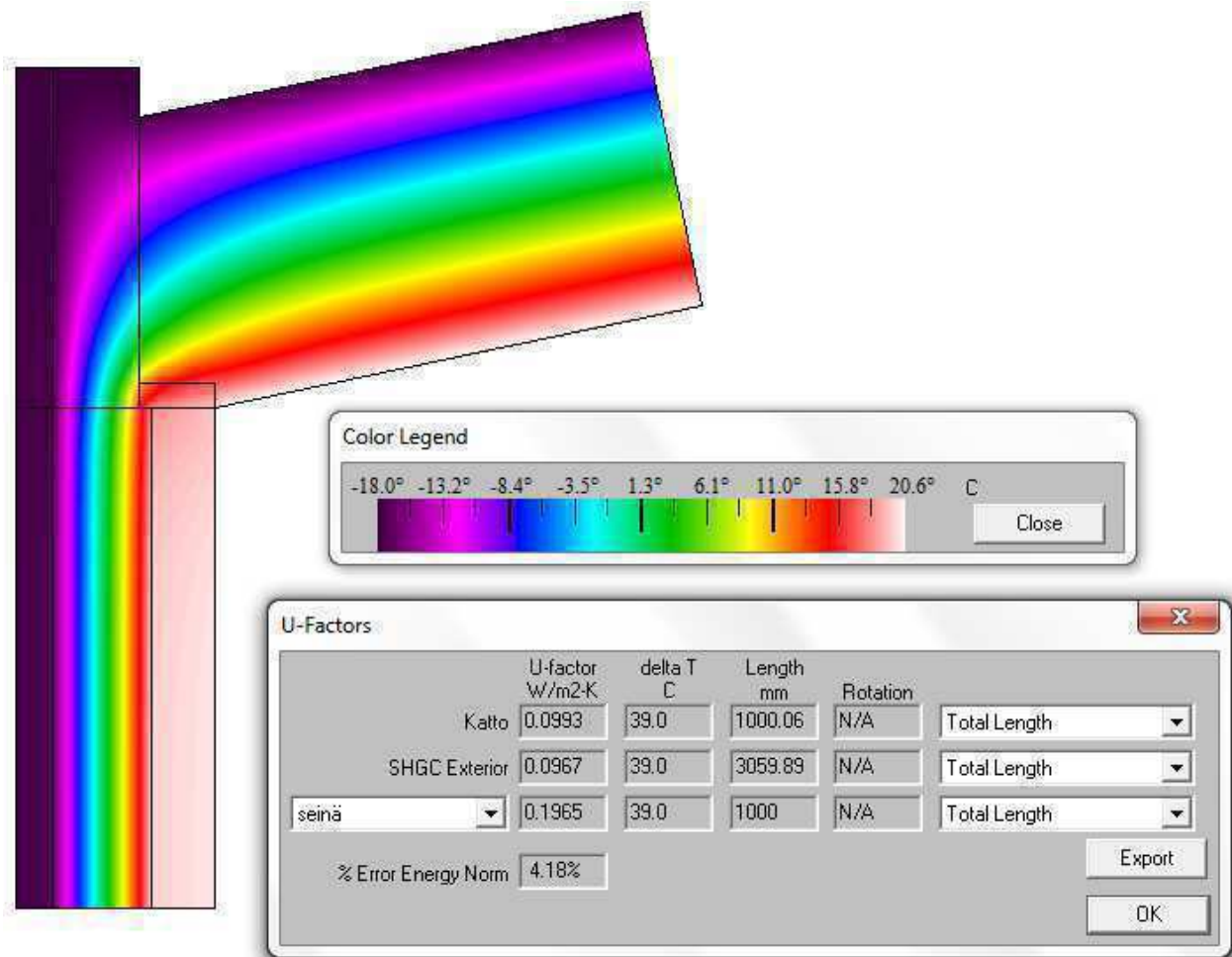
$$\Psi = 0,1873 \text{ W/m}^2\text{K} \cdot 3,240\text{m} - 0,17 \text{ W/m}^2\text{K} \cdot 2,380\text{m} = 0,2023 \text{ W/mK}$$

Viivamaisen kylmäsiirtotarkastelu pituus: 15,6 m

Ulkoseinien sisänurkkaliitoksien yhteen laskettu vaikutus koko rakennuksen vaipan lämpöhäviöihin on 454 kWh/a.

Building Element	Temperature Zone	Area m ²	U-Value W/(m ² K)	Temp. Factor f _t	G _t kWh/a		kWh/a
Exterior TB (length/m)	A	15,6	0,202	1,00	144,0	=	454

Ulkoseinän ja yläpohjan liitos



Kylmäsiirran psi-arvo:

$$\Psi = U_{\text{simuloitu1}} * I_{\text{sisä1}} + U_{\text{simuloitu2}} * I_{\text{sisä2}} - U_{\text{laskettu1}} * I_{\text{ulko1}} - U_{\text{laskettu2}} * I_{\text{ulko2}}$$

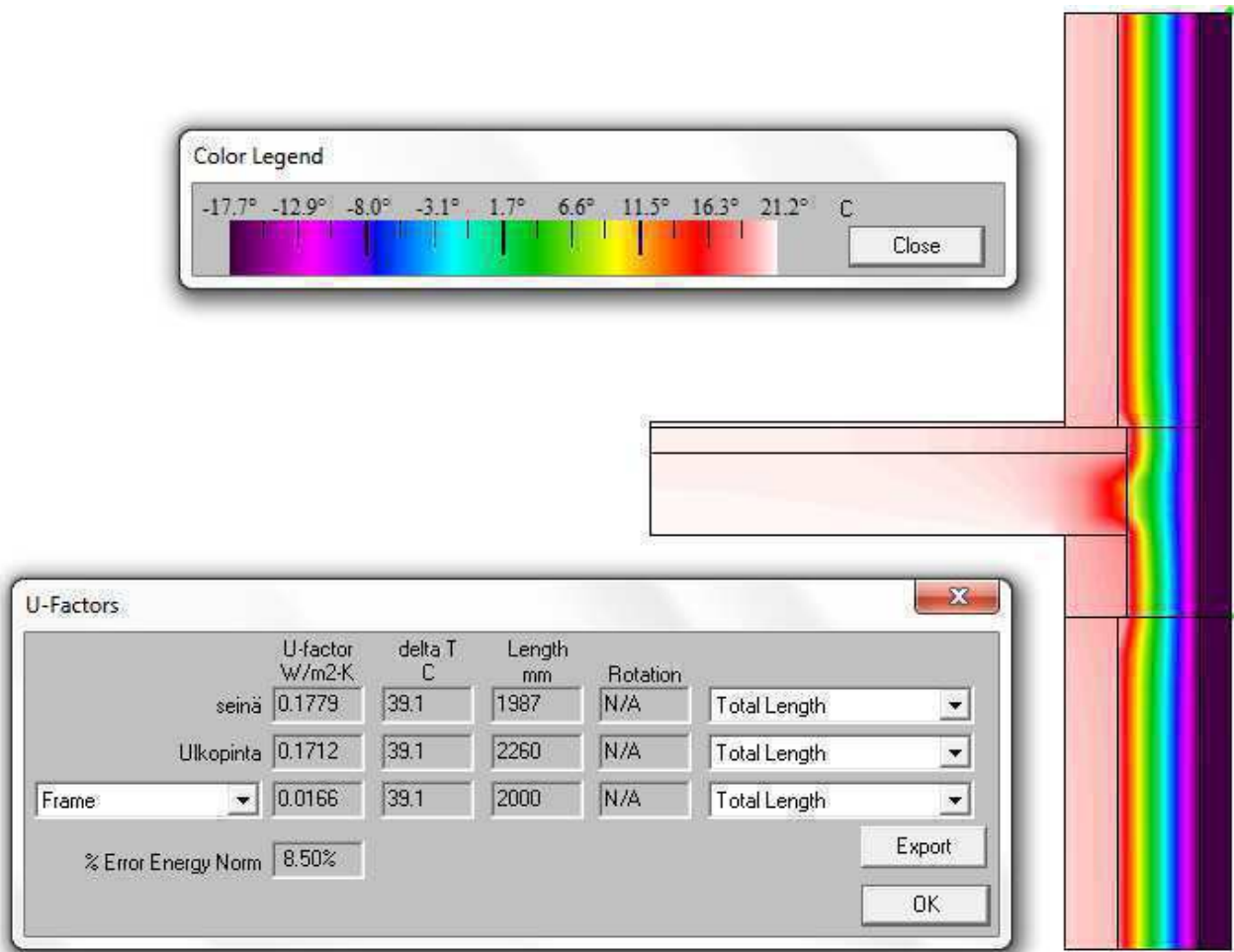
$$\Psi = 0,0993 \text{ W/m}^2\text{K} * 1\text{m} + 0,1965 \text{ W/m}^2\text{K} * 1\text{m} - (0,17 \text{ W/m}^2\text{K} * 1,682\text{m} + 0,08 \text{ W/m}^2\text{K} * 1,251) = -0,0902 \text{ W/mK}$$

Yläpohjan kylmäsiirran pituus: 59,2m

Ulkoseinien ja yläpohjan liitoksien yhteen laskettu vaikutus koko rakennuksen vaipan lämpöhäviöihin on -769 kWh/a.

Building Element	Temperature Zone	Area m²	U-Value W/(m²K)	Temp. Factor f _t	G _t kWh/a	kWh/a
Exterior TB (length/m)	A	59,2	-0,090	1,00	144,0	-769

Ulkoseinän ja välipohjan liitos



$$\Psi = U_{\text{simuloitu}} \cdot l_{\text{sisä}} - U_{\text{laskettu}} \cdot l_{\text{ulko}}$$

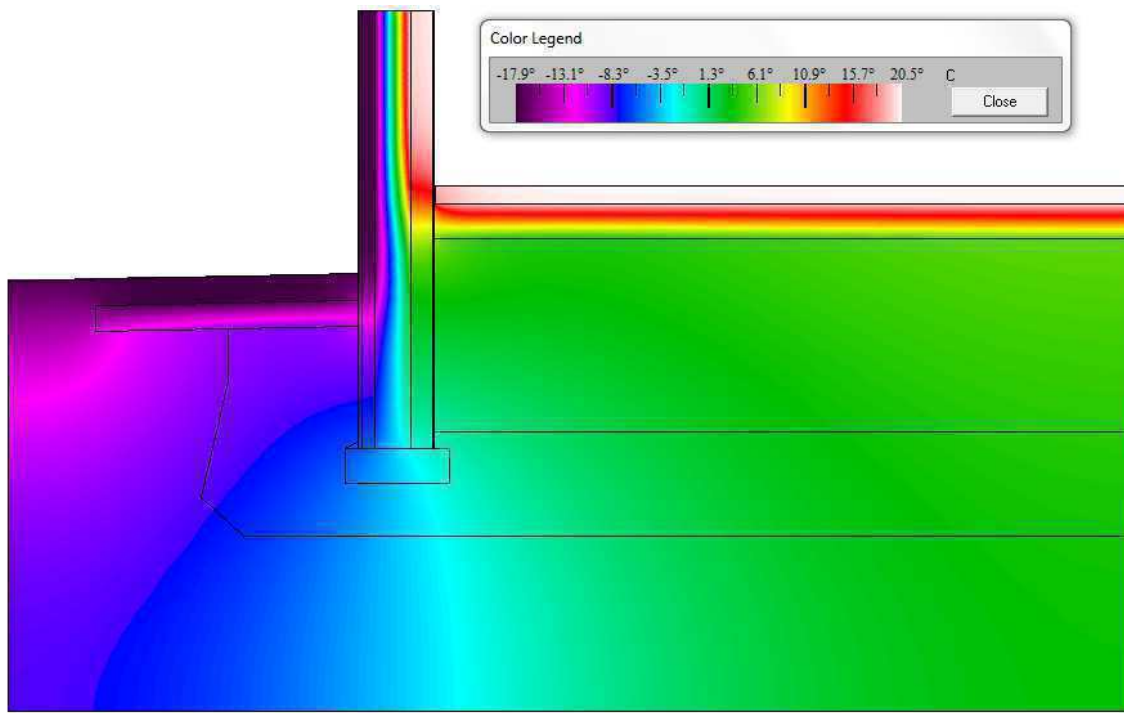
$$\Psi = 0,1779 \text{ W/m}^2\text{K} \cdot 1,987\text{m} - 0,17 \text{ W/m}^2\text{K} \cdot 2,26\text{m} = -0,0307 \text{ W/mK}$$

Viivamaisen kylmäsiirtotarkastelu pituus: 18,4 m

Ulkoseinien ja välipohjan liitoksien yhteen laskettu vaikutus koko rakennuksen vaipan lämpöhäviöihin on -81 kWh/a.

Building Element	Temperature Zone	Area m ²	U-Value W/(m ² K)	Temp. Factor f _t	G _t kWh/a	kWh/a
Exterior TB (length/m)	A	18,4	-0,031	1,00	144,0	-81

Alapohjan ja ulkoseinän liitos



U-Factors					
	U-factor W/m ² K	delta T C	Length mm	Rotation	
seinä	0.2958	39.0	1000	N/A	Total Length
lattia	0.0914	39.0	4000	N/A	Total Length
% Error Energy Norm 7.65%					
Export					
OK					

$$\Psi = U_{\text{simuloitu}} * I_{\text{sisä}} - U_{\text{laskettu1}} * I_{\text{ulko1}} - U_{\text{laskettu2}} * I_{\text{ulko2}}$$

$$\Psi = 0,2958 \text{ W/m}^2\text{K} * 1\text{m} + 0,0914 \text{ W/m}^2\text{K} * 4\text{m} - (0,17 \text{ W/m}^2\text{K} * 1,3\text{m} + 0,16 \text{ W/m}^2\text{K} * 4,4)$$

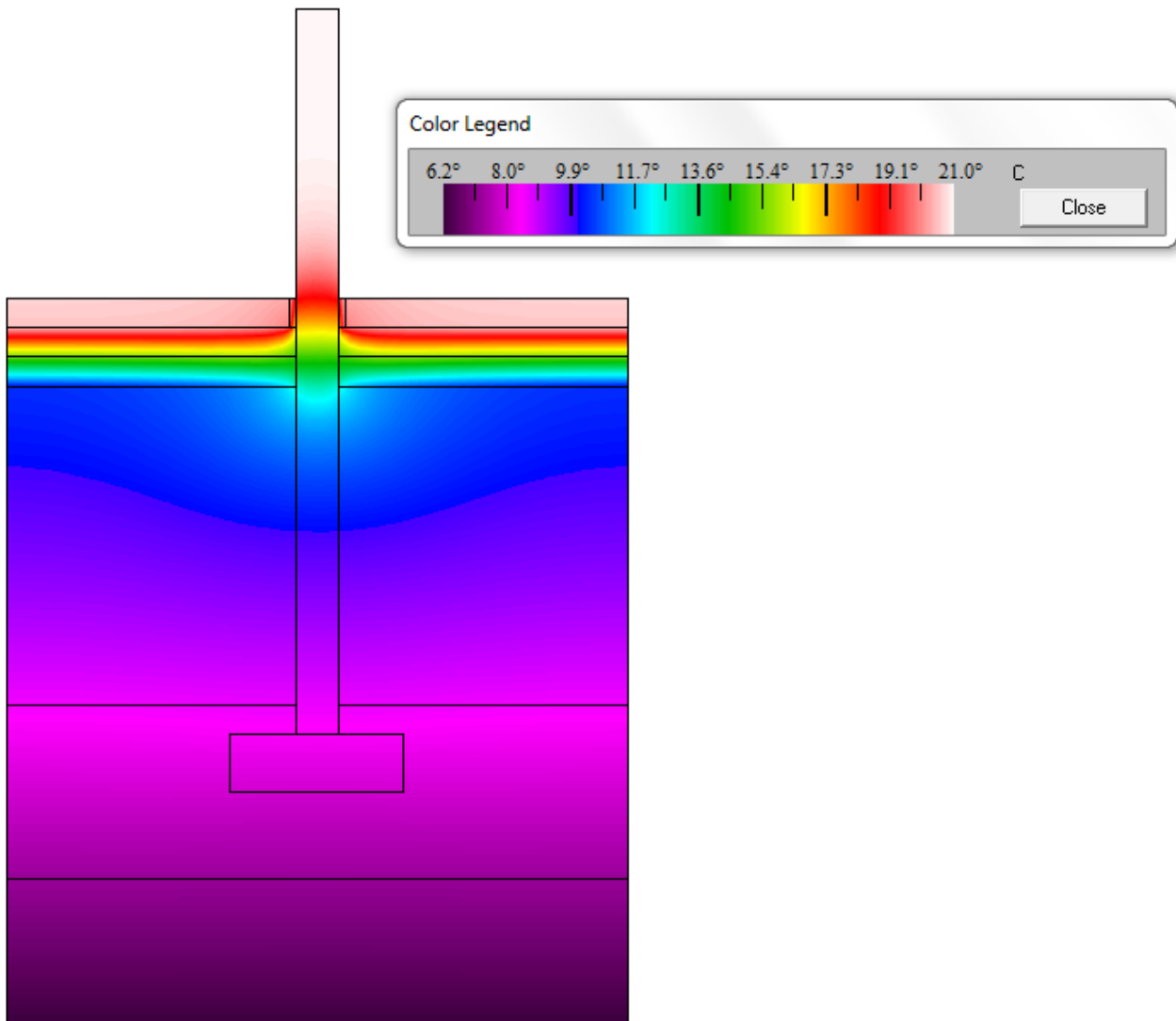
$$= -0,264 \text{ W/mK}$$

Viivamaisen kylmäsillan pituus: 59,2m

Ulkoseinien ja alapohjan liitoksien yhteen laskettu vaikutus koko rakennuksen vaipan lämpöhäviöihin on -1509 kWh/a.

Building Element	Temperature Zone	Area m ²	U-Value W/(m ² K)	Temp. Factor f _t	G _t kKh/a	kWh/a
Perimeter TB (length/m)	P	59,2	-0,264	0,67	144,0	-1509

Alapohjan ja kantavan väliseinän liitos



	U-factor W/m ² K	delta T C	Length mm	Rotation	
lattia	0.1711	15.0	2000	N/A	Total Length
Ulkopinta	0.2853	15.0	2150	N/A	Total Length
seinä	0.1355	15.0	2000	N/A	Total Length
% Error Energy Norm					6.14%

Export
OK

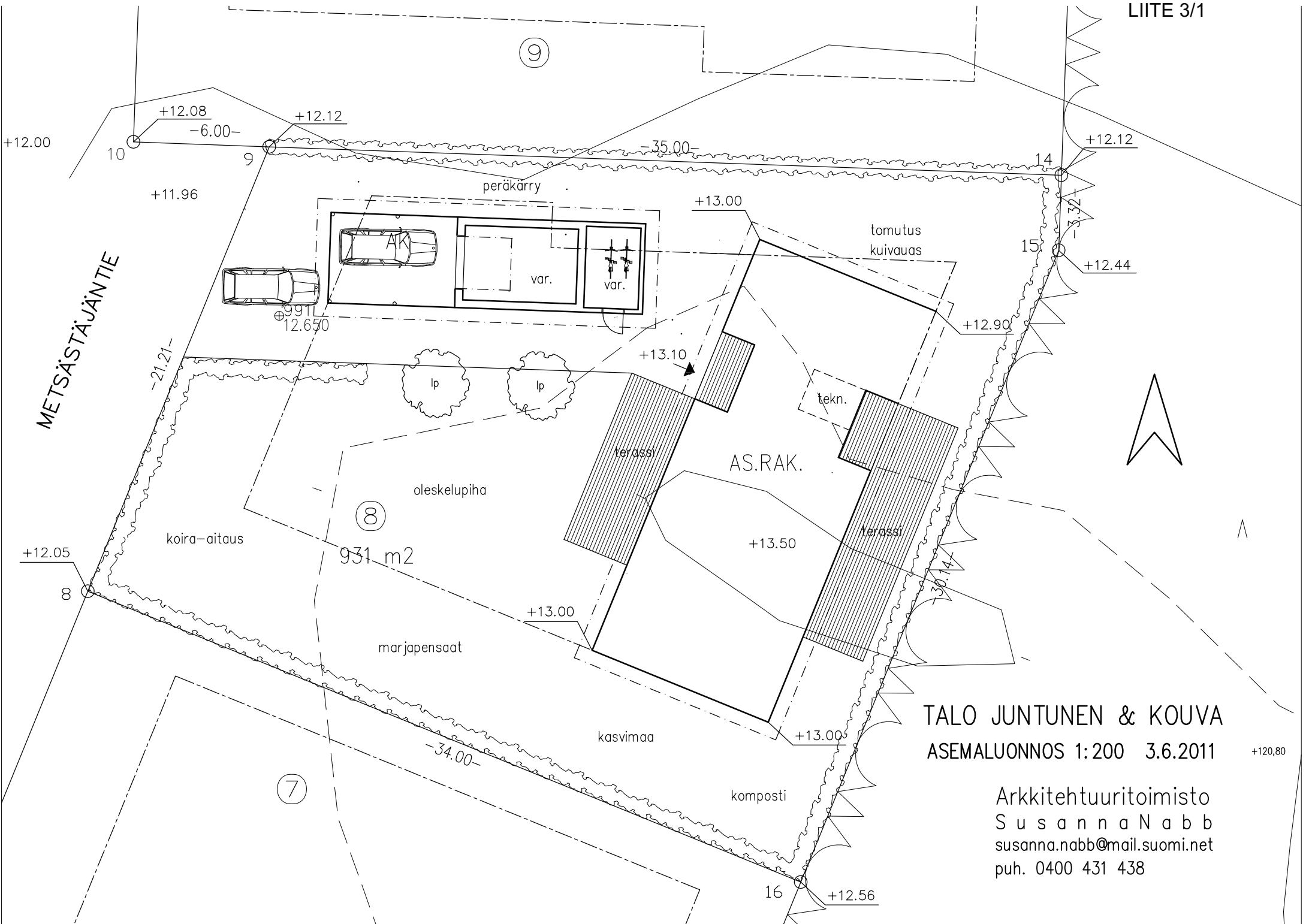
$$\Psi = U_{\text{simuloitu}} * I_{\text{sisä}} - U_{\text{laskettu}} * I_{\text{ulko}}$$

$$\Psi = 0,1711 \text{ W/m}^2\text{K} * 2\text{m} - 0,16 \text{ W/m}^2\text{K} * 2,15\text{m} = -0,0018 \text{ W/mK}$$

Viivamaisen kylmäsiirtotarkastelu pituus: 11,4 m

Kantavien väliseinien ja alapohjan liittokseen yhteensä laskettu vaikutus koko rakennuksen vaipan lämpöhäviöihin on -2 kWh/a.

Building Element	Temperature Zone	Area m ²	U-Value W/(m ² K)	Temp. Factor f _t	G _t kWh/a	kWh/a
Ground TB (length/m)	B	11,4	-0,002	0,67	144,0	-2



METSÄSTÄJÄNTIE

931 m²

TALO JUNTUNEN & KOUVA
ASEMALUONNOS 1:200 3.6.2011

Arkkitehtuuri-toimisto
Susanna Nabb
susanna.nabb@mail.suomi.net
puh. 0400 431 438

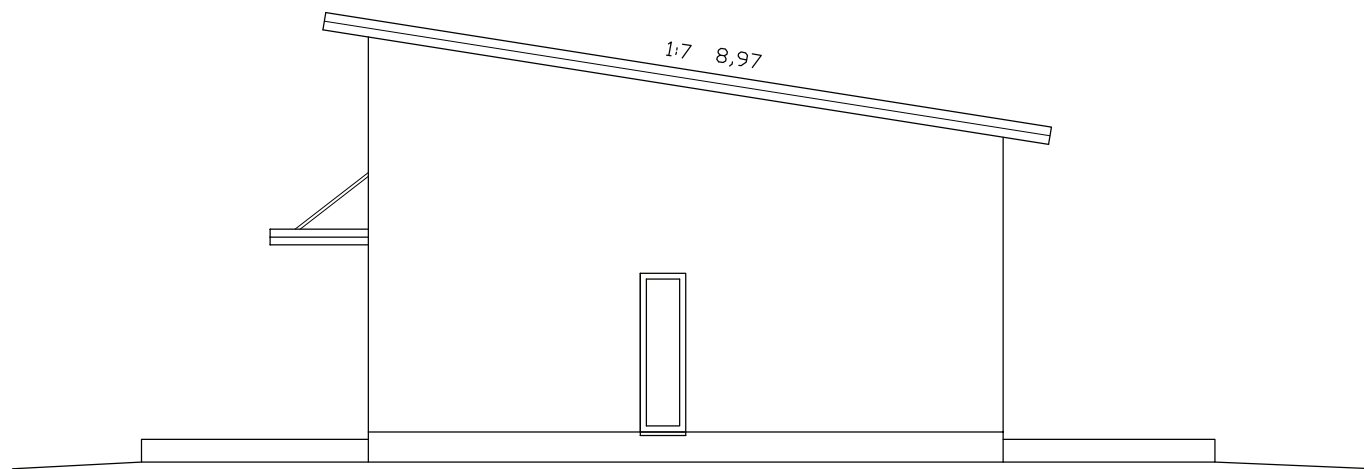
+120,80



ETUJULKISIVU

TALO JUNTUNEN & KOUVA
6.5.2011, NOSTO 60 cm

JULKISIVU 1:100
Arkkitehtuuritoimisto
Susanna Nabb
susanna.nabb@mail.suomi.net
puh. 0400 431 438



ETELÄPÄÄTY

TALO JUNTUNEN & KOUVA
6.5.2011, NOSTO 60 cm

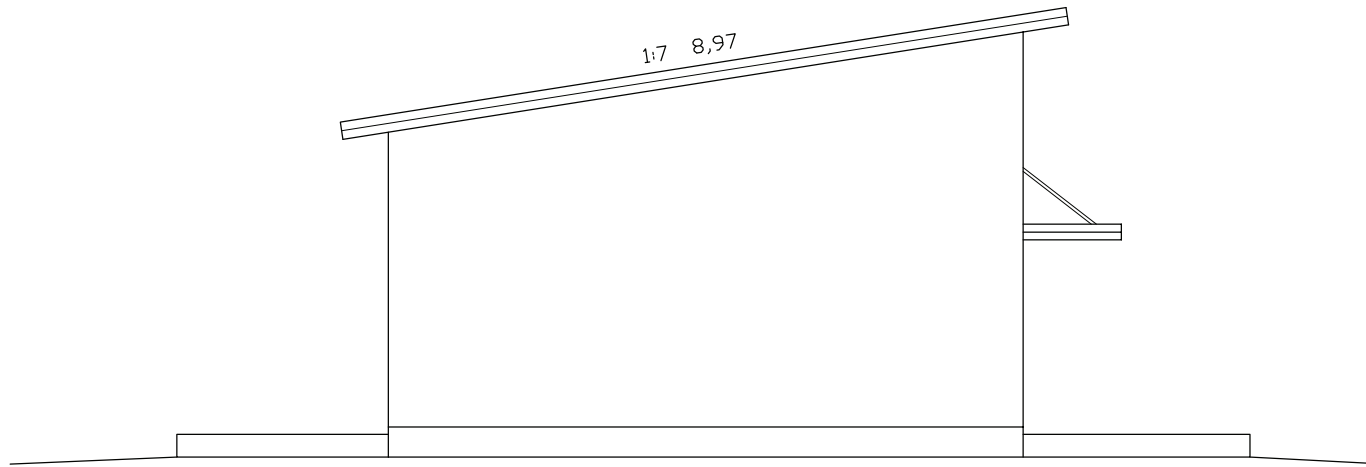
JULKISIVU 1:100
Arkkitehtuuritoimisto
S u s a n n a N a b b
susanna.nabb@mail.suomi.net
puh. 0400 431 438



TAKAJULKISIVU

TALO JUNTUNEN & KOUVA
6.5.2011, NOSTO 60 cm

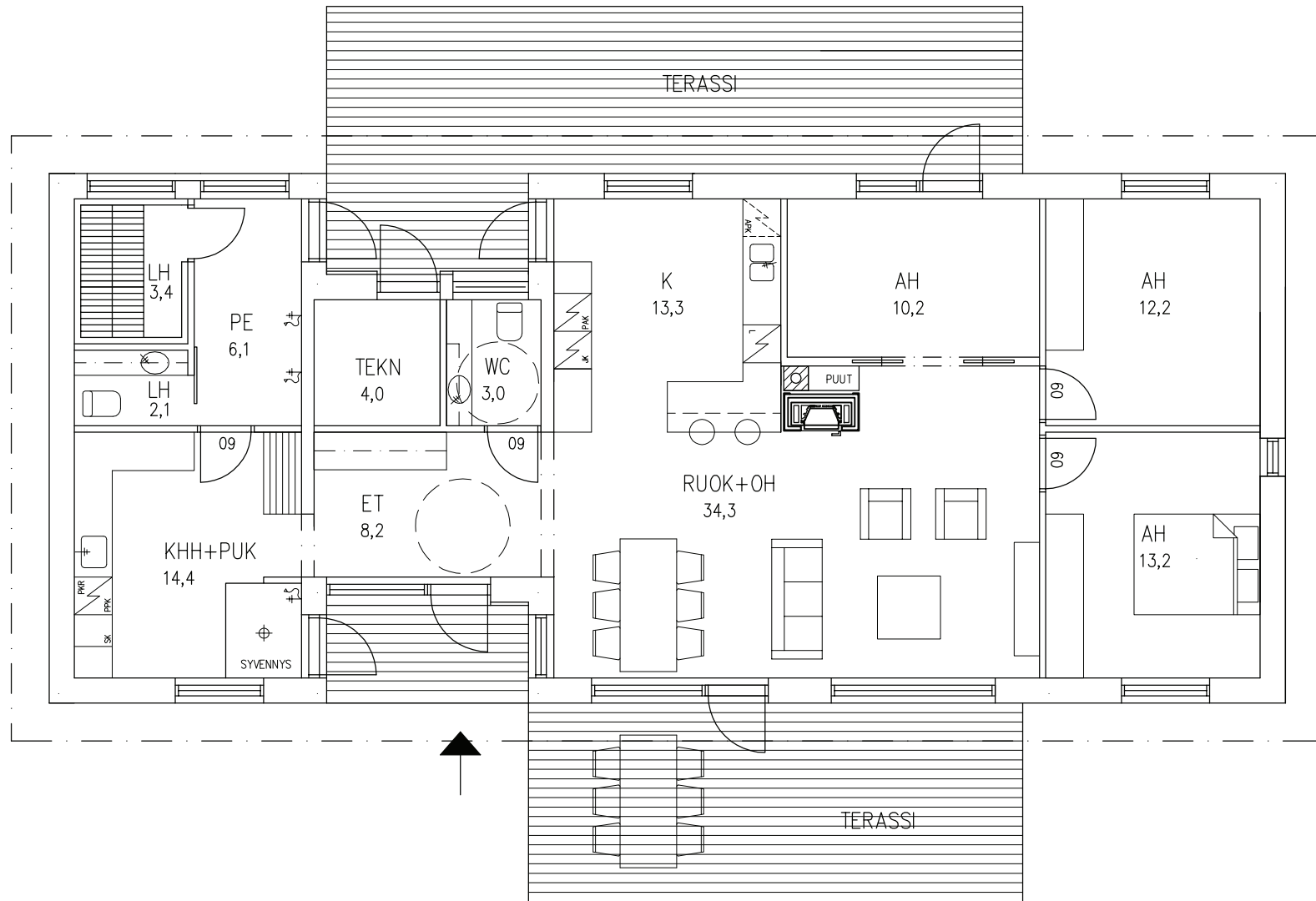
JULKISIVU 1:100
Arkkitehtuuritoimisto
Susanna Nabb
susanna.nabb@mail.suomi.net
puh. 0400 431 438



POHJOISPÄÄTY

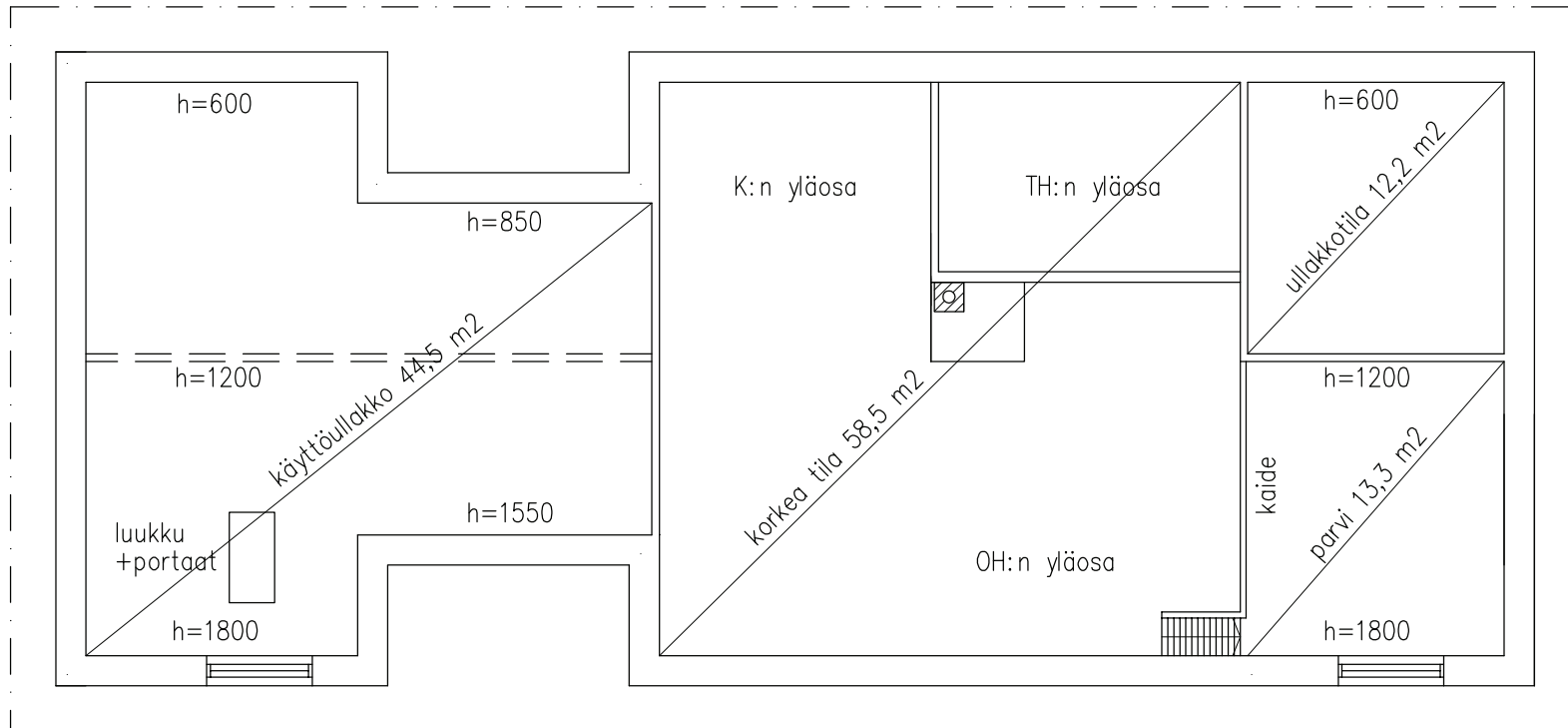
TALO JUNTUNEN & KOUVA
6.5.2011, NOSTO 60 cm

JULKISIVU 1:100
Arkkitehtuuritoimisto
S u s a n n a N a b b
susanna.nabb@mail.suomi.net
puh. 0400 431 438



TALO JUNTUNEN & KOUVA
6.5.2011

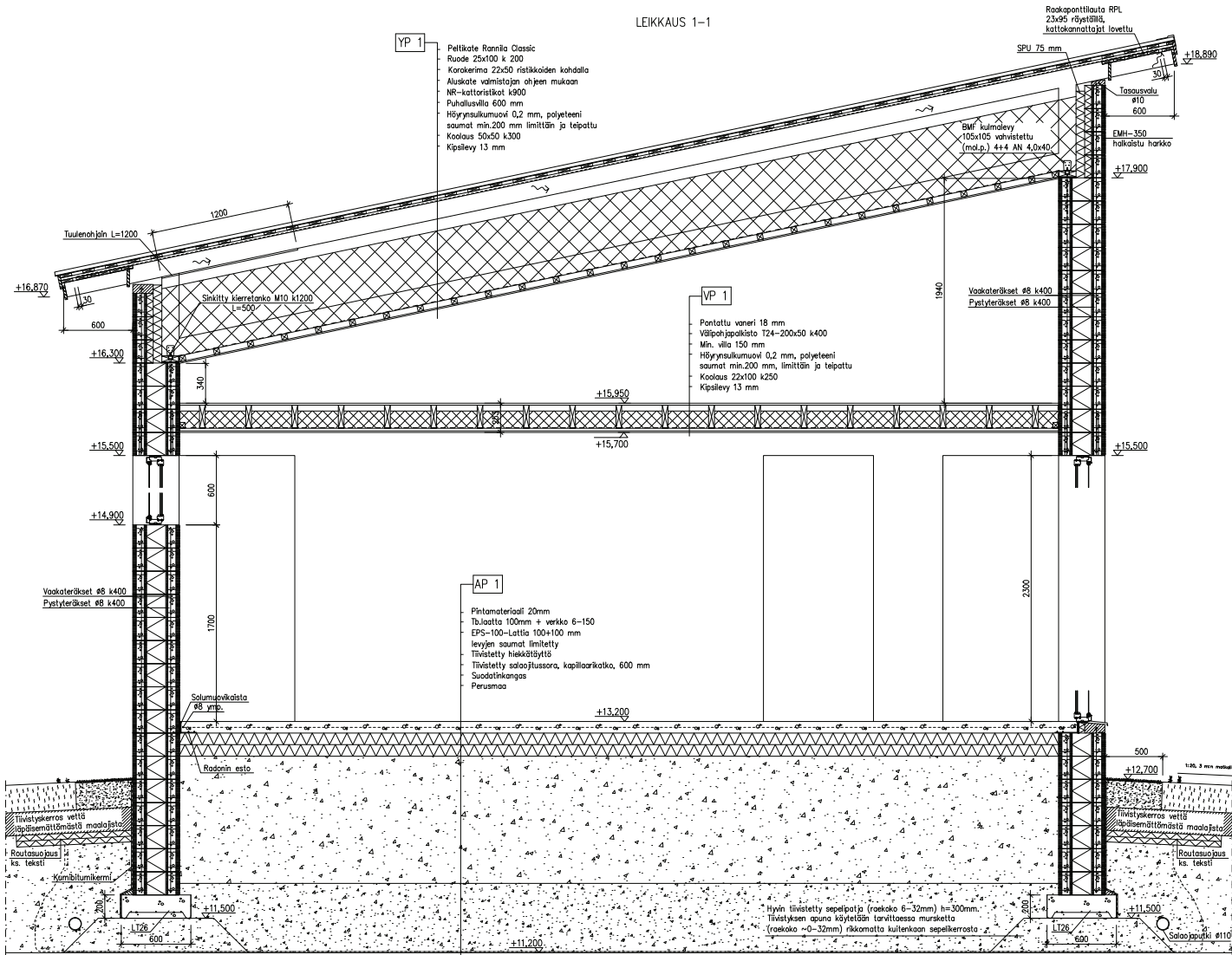
POHJA 1:100
Arkkitehtuuritoimisto
Susanna Nabb
susanna.nabb@mail.suomi.net
puh. 0400 431 438



TALO JUNTUNEN & KOUVA
19.5.2011

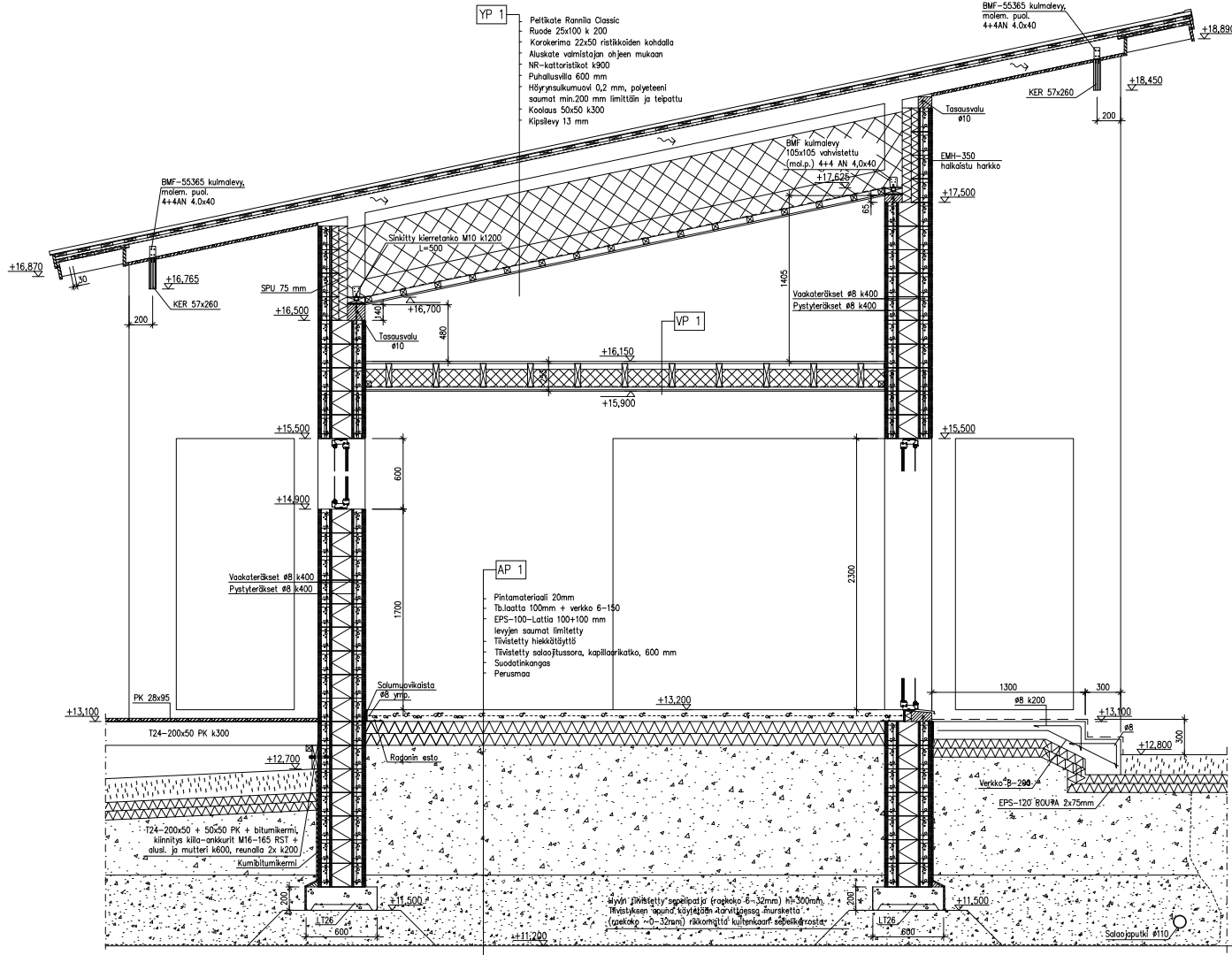
ULLAKKOKERROS 1:100
Arkkitehtuuritoimisto
Susanna Nabb
susanna.nabb@mail.suomi.net
puh. 0400 431 438

LEIKKAUS 1-1

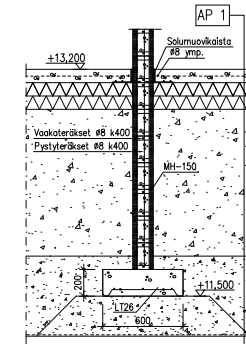


Tunnus	Muutos	Nim.		Pihäty	
K.sivu/KyB	Kortit/Ilta	Tentti/Rico	Viranomaisen arkiatodistuksen varten		
79	161	8	18	8	6
Rakennusohjelmä	UUDISRAKENNUS	Piirustuskäsi	RAKENNEPIIRUSTUS	Julkaisu	6
Rakennuskohteen nimi ja osoite	TALO KOUVA Metsästäjäntie 20 90540, Oulu		LEIKKAUS 1-1		
Lammin Betoni Oy Paarmantien 8 16900 Lammi Puh. 0207 530 400 Fax. 0207 530 404	RAK		Mittakaava	1:20	
Pvm.	Siv.	Työ nro	Ris. nro	Muutos	
08.2011	08	0711	06		
08.2011		Konstantin Trelyus, DI			

LEIKKAUS 2-2

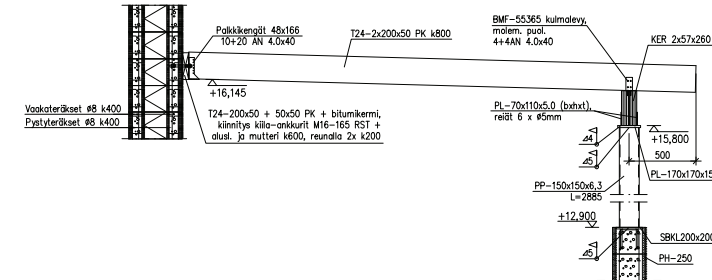


LEIKKAUS 4-4



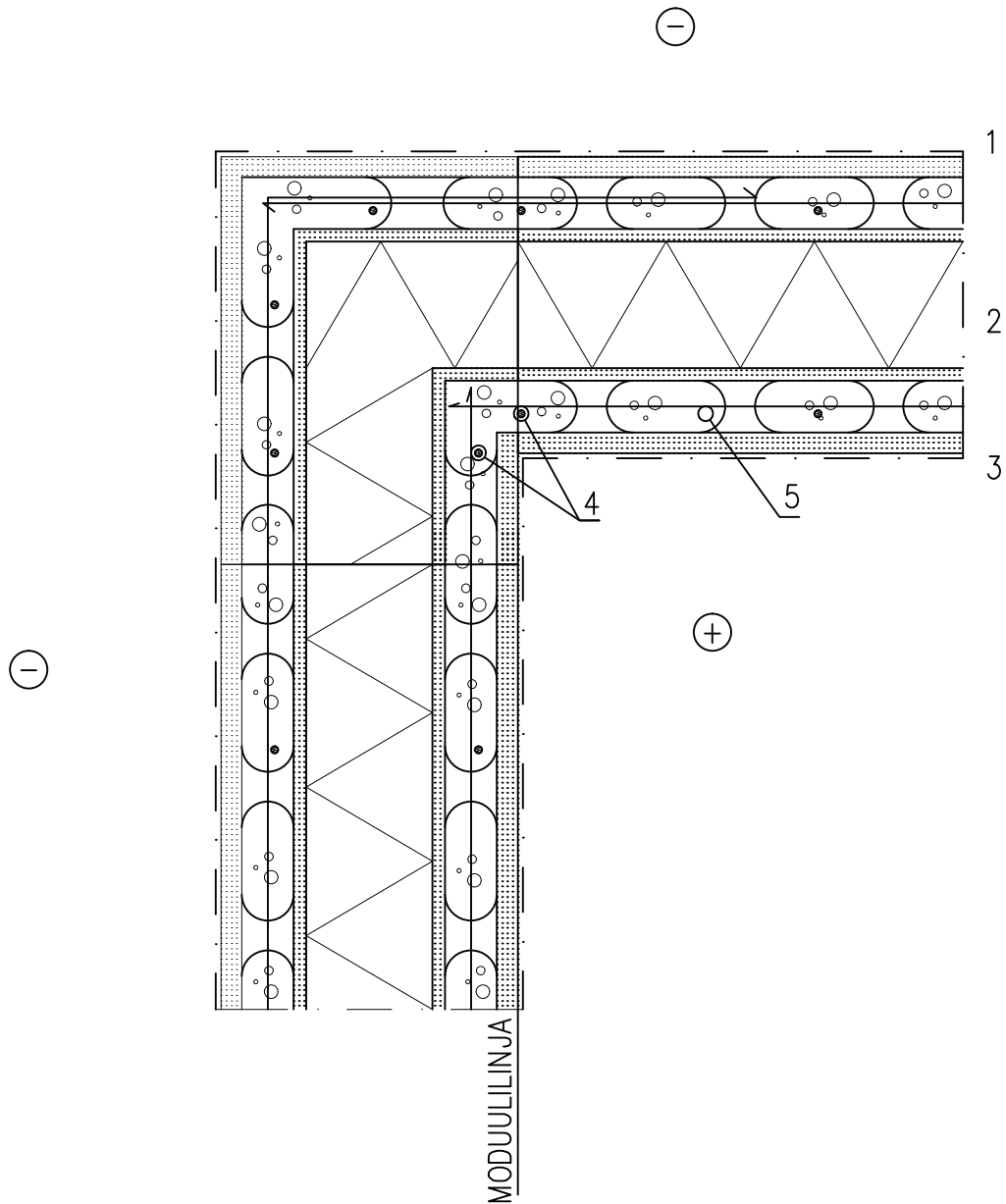
LIITE 3/9

LEIKKAUS 6-6



Tunnus	Muutos	Nimi	Päivä
K.sivu/Ky/8	Kortit/tila	Tentti/Roo	Viranomaisen arvioinninmerkintä varten
79	161	8	
Rakennusohje	UUDISRAKENNUS	Rakennuksen nimi ja osoite	Piirustuksen nimi ja numero
TALO KOUVA	Metsästäjäntie 20	90540, Oulu	7
Lammin Betoni Oy	Paarmamäentie 8	16900 Lammi	RAK
Puh. 0207 530 400	Fax. 0207 530 404		Mittakaava
08.2011	Konstantin Trelyus, DI		1:20
		0711	07

Suunnittelija LAMMIN BETONI	Työn nro 0711	DET.1
	Päiväys		Tekijä
Rakennuskohde Talo Kouva	Sisältö Ladottava lämpöharkkoseinä (ulkonurkka) LIITE 3/10	



- 1 Pintamateriaali ja -käsittely rakennusselostuksen mukaan
- 2 Kantava rakenne ladottava lämpöharkko LAMMI LL400
- 3 Pintamateriaali ja -käsittely huoneselostuksen mukaan
- 4 Pystyteräs $\varnothing 8$ k400 molempiin kuoriin
- 5 Vaakateräs $\varnothing 8$ k400 molempiin kuoriin

Suunnittelija
LAMMIN BETONI

Työn nro 0711

DET.14

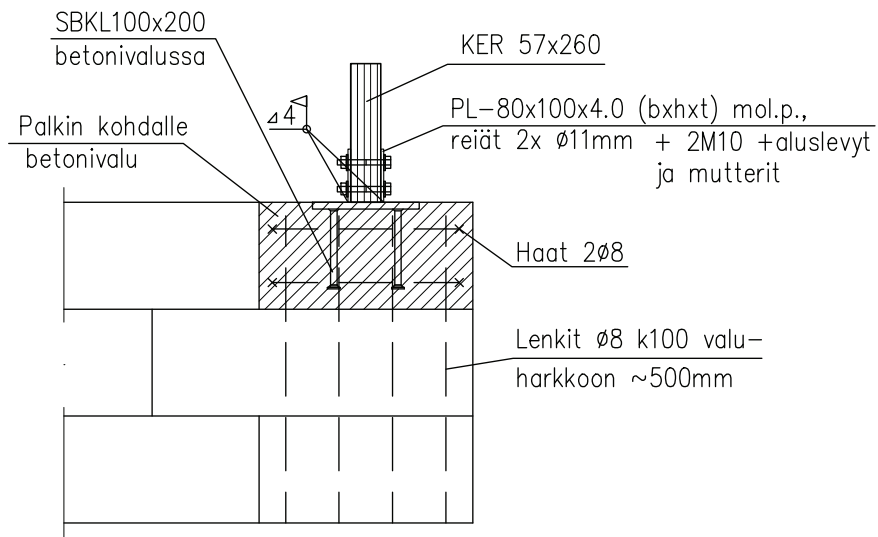
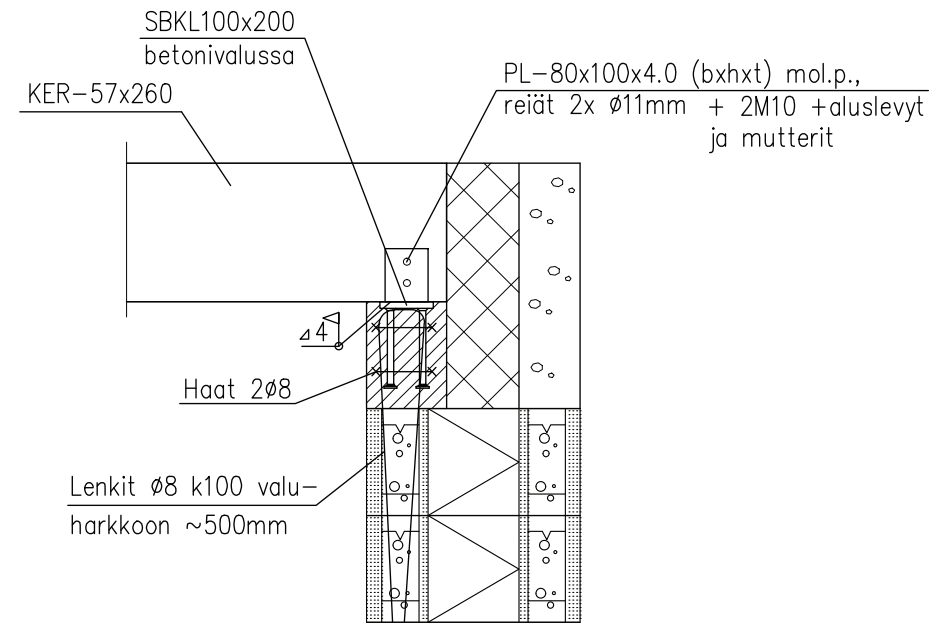
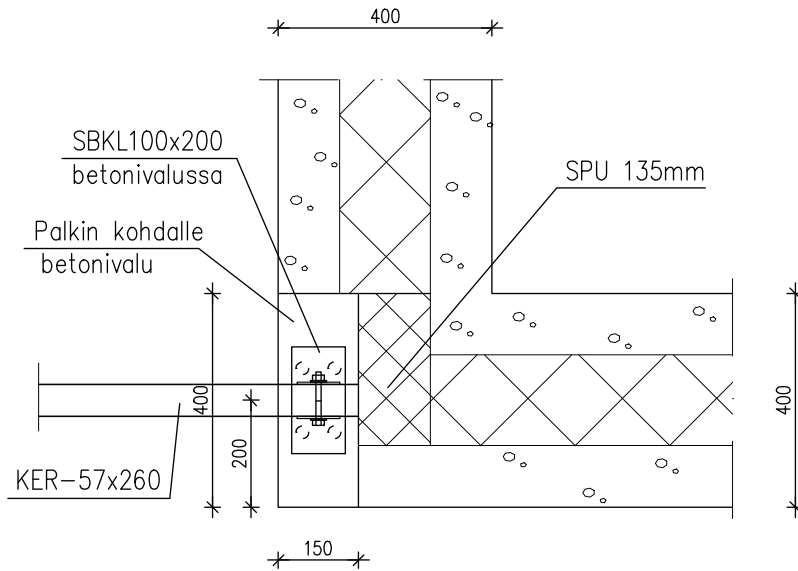
Päiväys

Tekijä

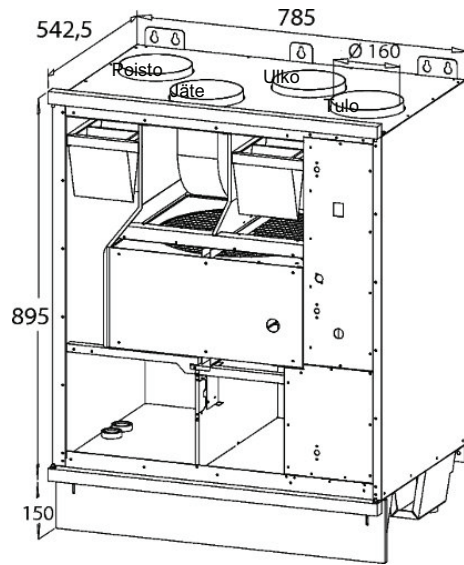
Rakennuskohde
Talo Kouva

Sisältö
Puupalkin liitos kantavaan ulkoseinään,
periaatedetelji

LIITE 3/11



Pandion eco EDE



Laitetiedot: Pandion eco EDE	
Kanavalähdöt	Ø 160 mm
Leveys	785 mm
Korkeus	895 mm
Syvyys	543 mm
Paino	90 kg
Puhaltimen teho	230 W
Pyörivä lämmönsiirrin	
Sähköpatterin teho (sisäinen)	800 W
Ei jäädytystä	
Asennus lämpimään tilaan	
Sähkötiedot: 230 V/50 Hz, 1-vaihe, sulake 10 A nopea	

Äänet:										
	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	dB	dB(A)
Tila	49	50	48	43	42	30	23	0	54,3	45,9
Tila: 10 m2 absorptio LpA:										41,9
Tulo	51	51	53	59	62	60	50	37	66,2	65,5
Poisto	49	42	41	42	46	33	22	19	52,0	47,1
Ulko	47	46	45	48	42	37	30	21	53,4	47,9
Jäte	57	58	57	61	67	61	55	47	70,0	69,1

Mitoitusarvot:	Tulo	Poisto
Ilmavirta:	77 l/s	81 l/s
Kanavapaine:	125 Pa	125 Pa
Suodatustaso:	F5	F5

Tulokset:	Tulo:	Poisto:
Mitoituspisteessä:		
Puhallinnopeus:	57 %	58 %
Ilmavirta:	77 l/s	81 l/s
Kanavapaine:	125 Pa	125 Pa
Ottoteho:	62 W	64 W
SFP:	1,56 kW/(m3/s)	

Huipputeho:		
Ilmavirta:	127 l/s	132 l/s
Kanavapaine:	341 Pa	330 Pa
Tehostusvara:	65 %	62 %

Otsapintanopeuksia:		
Kanavalähtö (Ø160 mm):	3,83 m/s	4,03 m/s
LTO (Ø420 mm):	1,13 m/s	1,19 m/s

Patterit:		
Lämmityspatteri: Sähkö 200 x 325 mm sisäinen, 800 W		
Otsapintanopeus:	1,18 m/s	
Painehäviö:	4 Pa	

Pyörivä lämmönsiirrin:		
Painehäviö:	48 Pa	51 Pa
Hyötysuhde mitoitusasteessa:	80,8 %	
Tuloilma jälkeen LTO:n:	12,0 °C	
Jälkilämmitystarve mitoituslämpötilassa:	657 W	

Vuosilaskenta: Helsinki, Suomi	
Poistoilmasta talteenotettu lämpöenergia:	9878 kWh
Mitoituslämpötila:	-26 °C
Vuotuinen jälkilämmitystarve:	1023 kWh
Tuloilman tavoitelämpötila:	19 °C
Lämpökerroin:	1 kWh sähköä = 8,3 kWh lämpöä
Vuosihyötysuhde: Moniste 122:n mukaisesti	76,5 %

Moniste 122 - ilmanvaihdon lämmöntalteenotto lämpöhäviöiden taseaslaskennassa

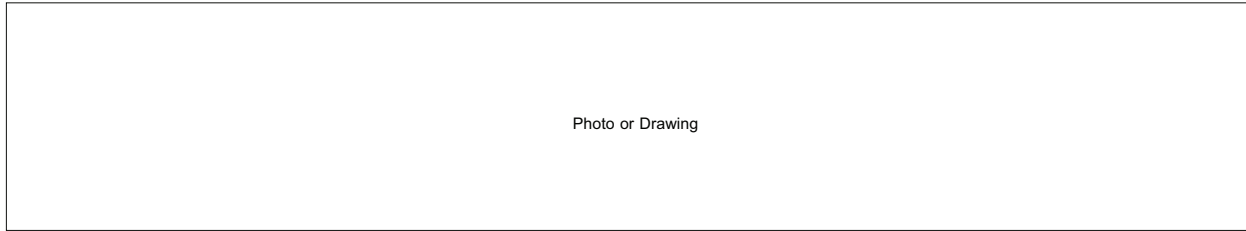
Lähtöarvoja	
Paikkakunta	Helsinki, Suomi
Poistoilman lämpötila	21,0 °C
Jäteilmarajoitus	-10,0 °C
Ilmavirtojen suhde (tulo/poisto)	0,951
Hyötysuhde yhtäsuurilla ilmavirroilla	78,7 %
Vuosihyötysuhde: 76,5 %	

Temp	Duration	Jäteilma	Tulo LTO	Ss	St
-30	0,011 %	-10,0	2,6	2,0	1,3
-29	0,034 %	-10,0	3,6	4,2	2,7
-28	0,057 %	-10,0	4,6	4,1	2,7
-27	0,137 %	-10,0	5,6	14,0	9,5
-26	0,217 %	-10,0	6,6	13,7	9,5
-25	0,297 %	-10,0	7,6	13,4	9,5
-24	0,365 %	-10,0	8,6	11,2	8,1
-23	0,514 %	-10,0	9,6	23,9	17,7
-22	0,799 %	-10,0	10,6	44,7	33,9
-21	1,164 %	-10,0	11,6	56,0	43,4
-20	1,461 %	-10,0	12,6	44,4	35,4
-19	1,678 %	-9,7	13,3	31,7	25,6
-18	2,203 %	-8,9	13,5	74,7	60,3
-17	2,568 %	-8,2	13,7	50,6	40,9
-16	3,219 %	-7,4	13,9	87,9	71,0
-15	3,79 %	-6,6	14,1	75,0	60,6
-14	4,6 %	-5,9	14,3	103,5	83,5
-13	5,913 %	-5,1	14,4	162,9	131,6
-12	6,963 %	-4,3	14,6	126,5	102,1
-11	7,831 %	-3,6	14,8	101,4	81,9
-10	8,893 %	-2,8	15,0	120,2	97,0
-9	10,22 %	-2,0	15,2	145,3	117,3
-8	11,63 %	-1,3	15,4	149,2	120,5
-7	12,91 %	-0,5	15,6	130,8	105,6
-6	14,74 %	0,3	15,8	180,3	145,6
-5	16,62 %	1,0	16,0	178,4	144,0
-4	18,82 %	1,8	16,2	200,7	162,1
-3	21,35 %	2,6	16,4	221,6	178,9
-2	23,44 %	3,3	16,6	175,5	141,7
-1	27,02 %	4,1	16,8	287,5	232,1
0	32,04 %	4,9	17,0	384,8	310,7
1	38,64 %	5,7	17,1	481,8	389,0
2	43,6 %	6,4	17,3	344,0	277,7
3	47,73 %	7,2	17,5	271,3	219,1
4	51,43 %	8,0	17,7	229,6	185,4
5	54,66 %	8,7	17,9	188,6	152,3
6	57,16 %	9,5	18,1	136,9	110,5
7	59,26 %	10,3	18,3	107,3	86,6
8	61,37 %	11,0	18,5	100,1	80,8
9	64,09 %	11,8	18,7	119,1	96,2
10	66,84 %	12,6	18,9	110,4	89,1
11	69,43 %	13,3	19,1	94,5	76,3
12	72,49 %	14,1	19,3	100,5	81,2
	100 %			5504,7	4431,0

Moniste 122: [<http://www.environment.fi/download.asp?contentid=9298&lan=fi>]

Passive House Verification

LIITE 4/1



Building:	Lammi-Kivitalot		
Location and Climate:	Oulu	Oulu	
Street:	Metsästäjäntie		
Postcode/City:			
Country:	Finland		
Building Type:	Omakotitalo		
Home Owner(s) / Client(s):			
Street:			
Postcode/City:			
Architect:			
Street:			
Postcode/City:			
Mechanical System:			
Street:			
Postcode/City:			
Year of Construction:	2012		
Number of Dwelling Units:		Interior Temperature:	21,0 °C
Enclosed Volume V_e :	740,0 m ³	Internal Heat Gains:	2,1 W/m ²
Number of Occupants:	4,1		

Specific Demands with Reference to the Treated Floor Area				
	Treated Floor Area:	Applied:	PH Certificate:	Fulfilled?
	142,2 m ²	Annual Method		
Specific Space Heat Demand:		108 kWh/(m²a)	15 kWh/(m²a)	No
Pressurization Test Result:		0,6 h⁻¹	0,6 h ⁻¹	Yes
Specific Primary Energy Demand (DHW, Heating, Cooling, Auxiliary and Household Electricity):		kWh/(m ² a)	120 kWh/(m ² a)	
Specific Primary Energy Demand (DHW, Heating and Auxiliary Electricity):		kWh/(m ² a)		
Specific Primary Energy Demand Energy Conservation by Solar Electricity:		kWh/(m ² a)		
Heating Load:		46 W/m ²		
Frequency of Overheating:		26 %	over 25 °C	
Specific Useful Cooling Energy Demand:		kWh/(m ² a)	15 kWh/(m ² a)	
Cooling Load:		8 W/m ²		

We confirm that the values given herein have been determined following the PHPP methodology and based on the characteristic values of the building. The calculations with PHPP are attached to this application.

Issued on:

signed:

Passive House Planning

AREAS DETERMINATION

LIITE 4/2

Building: Lammi-Kivitalot

Heat Demand 108 kWh/(m²a)

Summary					Building Element Overview		Average U-Value [W/(m²K)]	
Group Nr.	Area Group	Temp Zone	Area	Unit	Comments			
1	Treated Floor Area		142,21	m²	Living area or useful area within the thermal envelope			
2	North Windows	A	2,30	m²	Results are from the Windows worksheet.	North Windows	0,836	
3	East Windows	A	7,00	m²		East Windows	0,955	
4	South Windows	A	1,38	m²		South Windows	1,002	
5	West Windows	A	19,96	m²		West Windows	0,776	
6	Horizontal Windows	A	0,00	m²		Horizontal Windows		
7	Exterior Door	A	17,94	m²		Please subtract area of door from respective building element	Exterior Door	1,000
8	Exterior Wall - Ambient	A	284,03	m²		Window areas are subtracted from the individual areas specified in the "Windows" worksheet.	Exterior Wall - Ambient	0,170
9	Exterior Wall - Ground	B	0,00	m²		Temperature Zone "A" is ambient air.	Exterior Wall - Ground	
10	Roof/Ceiling - Ambient	A	157,78	m²		Temperature zone "B" is the ground.	Roof/Ceiling - Ambient	0,080
11	Floor Slab	B	154,40	m²			Floor Slab	0,160
12			0,00	m²		Temperature zones "A", "B", "P" and "X" may be used. NOT "I"		
13			0,00	m²		Temperature zones "A", "B", "P" and "X" may be used. NOT "I"		
14		X	0,00	m²		Temperature zone "X": Please provide user-defined reduction factor (0 < f, < 1):	Factor for X	75 %
Thermal Bridge Overview							Y [W/(mK)]	
15	Thermal Bridges Ambient	A	124,40	m	Units in m	Thermal Bridges Ambient	-0,048	
16	Perimeter Thermal Bridges	P	59,20	m	Units in m; temperature zone "P" is perimeter (see Ground worksheet).	Perimeter Thermal Bridges	-0,264	
17	Thermal Bridges Floor Slab	B	11,35	m	Units in m	Thermal Bridges Floor Slab	-0,002	
18	Partition Wall to Neighbour	I	0,00	m²	No heat losses, only considered for the heat load calculation.	Partition Wall to Neighbour		
Total Thermal Envelope							Average Therm. Envelope	0,167

Area Input												Selection of the Corresponding Building Element Assembly		U-Value [W/(m²K)]		
Area Nr.	Building Element Description	Group Nr.	Assigned to Group	Quantity	x (	a [m]	x	b [m]	+ User-Determined [m²]	- User Subtraction [m²]	- Subtraction Window Areas [m²]	=	Area [m²]		Nr.	U-Value [W/(m²K)]
	Treated Floor Area	1	Treated Floor Area	1	x (		x		+	-	) =	0,0				
	North Windows	2	North Windows									2,3				0,836
	East Windows	3	East Windows									7,0				0,955
	South Windows	4	South Windows									1,4				1,002
	West Windows	5	West Windows									20,0				0,776
	Horizontal Windows	6	Horizontal Windows									0,0				0,000
	Exterior Door	7	Exterior Door	1	x (	6,00	x	2,30	+ 4,14	-	) =	17,9				1,000
1	Julkisivu etelään	8	Exterior Wall - Ambient	1	x (		x		+ 61,58	- 4,60	) =	55,6	US1 Ulkoseinä	1		0,170
2	Julkisivu pohjoiseen	8	Exterior Wall - Ambient	1	x (		x		+ 61,58	- 2,30	) =	57,0	US1 Ulkoseinä	1		0,170
3	Julkisivu länteen	8	Exterior Wall - Ambient	1	x (		x		+ 118,05	- 2,30	) =	95,8	US1 Ulkoseinä	1		0,170
4	Julkisivu itään	8	Exterior Wall - Ambient	1	x (		x		+ 84,96	- 2,30	) =	75,7	US1 Ulkoseinä	1		0,170
5				1	x (		x		+	-	) =	0,0				0
6				1	x (		x		+	-	) =	0,0				0
7	Yläpohja	10	Roof/Ceiling - Ambient	1	x (		x		+ 157,78	-	) =	157,8	YP1 Yläpohja	3		0,080
8	Alapohja	11	Floor Slab	1	x (		x		+ 154,40	-	) =	154,4	AP1 Alapohja	2		0,160
9				1	x (		x		+	-	) =	0,0				0
10	1.krs keittiö	1	Treated Floor Area	1	x (	3,60	x	3,70	+	-	) =	13,3				0
11	1.krs olohuone	1	Treated Floor Area	1	x (		x		+ 32,64	-	) =	32,6				0
12	1.krs eteinen	1	Treated Floor Area	1	x (	3,85	x	2,30	+	-	) =	8,9				0
13	1.krs MH1	1	Treated Floor Area	1	x (	3,40	x	3,90	+	-	) =	13,3				0
14	1.krs MH2	1	Treated Floor Area	1	x (	3,40	x	3,60	+	-	) =	12,2				0
15	1.krs MH3	1	Treated Floor Area	1	x (	3,95	x	2,51	+	-	) =	9,9				0
16	1.krs WC1	1	Treated Floor Area	1	x (	1,55	x	2,00	+	-	) =	3,1				0
17	1.krs WC2	1	Treated Floor Area	1	x (	1,80	x	1,20	+	-	) =	2,2				0
18	1.krs PE	1	Treated Floor Area	1	x (	3,60	x	1,70	+	-	) =	6,1				0
19	1.krs Sauna	1	Treated Floor Area	1	x (		x		+ 3,45	-	) =	3,5				0
20	1.krs KHH+PUK	1	Treated Floor Area	1	x (		x		+ 13,97	-	) =	14,0				0
21	1.krs tekninen	1	Treated Floor Area	1	x (		x		+ 2,46	-	) =	2,5				0
22	2.krs käyttöullakko	1	Treated Floor Area	1	x (		x		+ 12,79	-	) =	12,8				0
23	2.krs parvi	1	Treated Floor Area	1	x (		x		+ 6,77	-	) =	6,8				0
24	2.krs ullakko	1	Treated Floor Area	1	x (		x		+ 1,18	-	) =	1,2				0
25				1	x (		x		+	-	) =	0,0				0
26				1	x (		x		+	-	) =	0,0				0
27				1	x (		x		+	-	) =	0,0				0
28				1	x (		x		+	-	) =	0,0				0
29				1	x (		x		+	-	) =	0,0				0
30				1	x (		x		+	-	) =	0,0				0
31				1	x (		x		+	-	) =	0,0				0
32				1	x (		x		+	-	) =	0,0				0
33				1	x (		x		+	-	) =	0,0				0
34				1	x (		x		+	-	) =	0,0				0
35				1	x (		x		+	-	) =	0,0				0
36				1	x (		x		+	-	) =	0,0				0
37				1	x (		x		+	-	) =	0,0				0
38				1	x (		x		+	-	) =	0,0				0
39				1	x (		x		+	-	) =	0,0				0
40				1	x (		x		+	-	) =	0,0				0
41				1	x (		x		+	-	) =	0,0				0
42				1	x (		x		+	-	) =	0,0				0
43				1	x (		x		+	-	) =	0,0				0
44				1	x (		x		+	-	) =	0,0				0
45				1	x (		x		+	-	) =	0,0				0
46				1	x (		x		+	-	) =	0,0				0
47				1	x (		x		+	-	) =	0,0				0
48				1	x (		x		+	-	) =	0,0				0
49				1	x (		x		+	-	) =	0,0				0
50				1	x (		x		+	-	) =	0,0				0
FLend																

Passive House Planning AREAS DETERMINATION

LIITE 4/3

Building: Lammi-Kivitalot

Heat Demand 108 kWh/(m²a)

Summary						Building Element Overview	Average U-Value [W/(m ² K)]	
Group Nr.	Area Group	Temp Zone	Area	Unit	Comments			
1	Treated Floor Area		142,21	m ²	Living area or useful area within the thermal envelope			
2	North Windows	A	2,30	m ²	Results are from the Windows worksheet.	North Windows	0,836	
3	East Windows	A	7,00	m ²		East Windows	0,955	
4	South Windows	A	1,38	m ²		South Windows	1,002	
5	West Windows	A	19,96	m ²		West Windows	0,776	
6	Horizontal Windows	A	0,00	m ²		Horizontal Windows		
7	Exterior Door	A	17,94	m ²		Please subtract area of door from respective building element	Exterior Door	1,000
8	Exterior Wall - Ambient	A	284,03	m ²		Window areas are subtracted from the individual areas specified in the "Windows" worksheet.	Exterior Wall - Ambient	0,170
9	Exterior Wall - Ground	B	0,00	m ²		Temperature Zone "A" is ambient air.	Exterior Wall - Ground	
10	Roof/Ceiling - Ambient	A	157,78	m ²		Temperature zone "B" is the ground.	Roof/Ceiling - Ambient	0,080
11	Floor Slab	B	154,40	m ²			Floor Slab	0,160
12			0,00	m ²		Temperature zones "A", "B", "P" and "X" may be used. NOT "I"		
13			0,00	m ²		Temperature zones "A", "B", "P" and "X" may be used. NOT "I"		
14		X	0,00	m ²		Temperature zone "X". Please provide user-defined reduction factor (0 < f, < 1):	Factor for X 75 %	
						Thermal Bridge Overview	Y [W/(mK)]	
15	Thermal Bridges Ambient	A	124,40	m	Units in m	Thermal Bridges Ambient	-0,048	
16	Perimeter Thermal Bridges	P	59,20	m	Units in m; temperature zone "P" is perimeter (see Ground worksheet).	Perimeter Thermal Bridges	-0,264	
17	Thermal Bridges Floor Slab	B	11,35	m	Units in m	Thermal Bridges Floor Slab	-0,002	
18	Partition Wall to Neighbour	I	0,00	m ²	No heat losses, only considered for the heat load calculation.	Partition Wall to Neighbour		
Total Thermal Envelope						Average Therm. Envelope	0,167	

Thermal Bridge Inputs											
Nr. of Thermal Bridge	Thermal Bridge Description	Group Nr.	Assigned to Group	Quantity	User Determined Length [m]	Subtraction User-Determined Length [m]	)=	Length [m]	Input of Thermal Bridge Heat Loss Coefficient W/(mK)	Y W/(mK)
1	Ulkoseinien ulkonurkka	15	Thermal Bridges Ambient	1	x (31,20	-	) =	31,20	Ulkoseinien ulkonurkka	-0,105
2	Ulkoseinän ja yläpohjan liitos	15	Thermal Bridges Ambient	1	x (59,20	-	) =	59,20	Ulkoseinän ja yläpohjan liitos	-0,090
3	Ulkoseinän ja alapohjan liitos	16	Perimeter Thermal Bridges	1	x (59,20	-	) =	59,20	Ulkoseinän ja alapohjan liitos	-0,264
4	Kantavan väliseinän liitos	17	Thermal Bridges Floor Slab	1	x (11,35	-	) =	11,35	Kantavan väliseinän liitos alapohjan	-0,002
5	Väli­pohjan ja ulkoseinän liitos	15	Thermal Bridges Ambient	1	x (18,40	-	) =	18,40	Väli­pohjan ja ulkoseinän liitos	-0,031
6	Ulkoseinien sisänurkka	15	Thermal Bridges Ambient	1	x (15,60	-	) =	15,60	Ulkoseinien sisänurkka	0,202
7					x (-) =				
8					x (-) =				
9					x (-) =				
10					x (-) =				
11					x (-) =				
12					x (-) =				
13					x (-) =				
14					x (-) =				
15					x (-) =				
16					x (-) =				
17					x (-) =				
18					x (-) =				
19					x (-) =				
20					x (-) =				
21					x (-) =				
22					x (-) =				
23					x (-) =				
24					x (-) =				
25					x (-) =				
26					x (-) =				
27					x (-) =				
28					x (-) =				
29					x (-) =				
30					x (-) =				
31					x (-) =				
32					x (-) =				
33					x (-) =				
34					x (-) =				
35					x (-) =				
36					x (-) =				
37					x (-) =				
38					x (-) =				
39					x (-) =				
40					x (-) =				
41					x (-) =				
42					x (-) =				
43					x (-) =				
44					x (-) =				
45					x (-) =				
46					x (-) =				
47					x (-) =				
48					x (-) =				
49					x (-) =				
50					x (-) =				
TBend											

Passive House Planning

U-VALUES OF BUILDING ELEMENTS

LIITE 4/4

Building: Lammi-Kivitalot

Wedge Shaped Building Element Layers and
Still Air Spaces -> Secondary Calculation to the Right

1	US1 Ulkoseinä					
Assembly No. Building Assembly Description						
Heat Transfer Resistance [m ² K/W]						
interior R _{si} :						0,13
exterior R _{se} :						0,04
Area Section 1	I [W/(mK)]	Area Section 2 (optional)	I [W/(mK)]	Area Section 3 (optional)	I [W/(mK)]	Total Width Thickness [mm]
1.	Rappaus (kalkkisementt)					20
2.	Ladottava lämpöharkko					400
3.	Tasoite					10
4.						
5.						
6.						
7.						
8.						
Percentage of Sec. 2						
Percentage of Sec. 3						
Total						43,0 cm
U-Value: 0,170 W/(m ² K)						

2	AP1 Alapohja					
Assembly No. Building Assembly Description						
Heat Transfer Resistance [m ² K/W]						
interior R _{si} :						0,17
exterior R _{se} :						0,04
Area Section 1	I [W/(mK)]	Area Section 2 (optional)	I [W/(mK)]	Area Section 3 (optional)	I [W/(mK)]	Total Width Thickness [mm]
1.	Betonilaatta					100
2.	Solypolystyreeni					200
3.	Hiekkatäyttö					1100
4.	Salaojasora					600
5.						
6.						
7.						
8.						
Percentage of Sec. 2						
Percentage of Sec. 3						
Total						200,0 cm
U-Value: 0,160 W/(m ² K)						

3	YP1 Yläpohja					
Assembly No. Building Assembly Description						
Heat Transfer Resistance [m ² K/W]						
interior R _{si} :						0,10
exterior R _{se} :						0,04
Area Section 1	I [W/(mK)]	Area Section 2 (optional)	I [W/(mK)]	Area Section 3 (optional)	I [W/(mK)]	Total Width Thickness [mm]
1.	Tuulensuojapaperi					2
2.	Puhallusvilla					600
3.						
4.						
5.						
6.						
7.						
8.						
Percentage of Sec. 2						
Percentage of Sec. 3						
Total						60,2 cm

Passive House Planning

U-VALUES OF BUILDING ELEMENTS

LIITE 4/5

Building: Lammi-Kivitalot

Wedge Shaped Building Element Layers and
Still Air Spaces -> Secondary Calculation to the Right

U-Value: 0,080 W/(m²K)

4

Assembly No. Building Assembly Description

Heat Transfer Resistance [m²K/W] interior R_{si}:
 exterior R_{se}:

	Area Section 1	I [W/(mK)]	Area Section 2 (optional)	I [W/(mK)]	Area Section 3 (optional)	I [W/(mK)]	Total Width Thickness [mm]
1.							
2.							
3.							
4.							
5.							
6.							
7.							
8.							
							Total
			Percentage of Sec. 2		Percentage of Sec. 3		<input style="width: 50px;" type="text"/> cm

U-Value: W/(m²K)

5

Assembly No. Building Assembly Description

Heat Transfer Resistance [m²K/W] interior R_{si}:
 exterior R_{se}:

	Area Section 1	I [W/(mK)]	Area Section 2 (optional)	I [W/(mK)]	Area Section 3 (optional)	I [W/(mK)]	Total Width Thickness [mm]
1.							
2.							
3.							
4.							
5.							
6.							
7.							
8.							
							Total
			Percentage of Sec. 2		Percentage of Sec. 3		<input style="width: 50px;" type="text"/> cm

U-Value: W/(m²K)

6

Assembly No. Building Assembly Description

Heat Transfer Resistance [m²K/W] interior R_{si}:
 exterior R_{se}:

	Area Section 1	I [W/(mK)]	Area Section 2 (optional)	I [W/(mK)]	Area Section 3 (optional)	I [W/(mK)]	Total Width Thickness [mm]
1.							
2.							
3.							
4.							
5.							
6.							
7.							
8.							
							Total
			Percentage of Sec. 2		Percentage of Sec. 3		

Passive House Planning

LIITE 4/6

HEAT LOSSES VIA THE GROUND

Ground Characteristics				Climate Data			
Thermal Conductivity	I	2,0	W/(mK)	Av. Indoor Temp. Winter	T _i	21,0	C
Heat Capacity	rc	2,0	MJ/(m³K)	Av. Indoor Temp. Summer	T _i	25,0	C
Periodic Penetration Depth	d	3,17	m	Average Ground Surface Temperature	T _{g,ave}	2,6	C
				Amplitude of T _{g,ave}	T _{g,Δ}	17,9	C
				Length of the Heating Period	n	6,7	months
				Heating Degree Hours - Exterior	G _i	139,1	kKh/a

Building Data				Floor Slab U-Value			
Floor Slab Area	A	154,4	m²	Floor Slab U-Value	U _f	0,160	W/(m²K)
Floor Slab Perimeter	P		m	Thermal Bridges at Floor Slab	Y _{B'} I	-0,02	W/K
Charact. Dimension of Floor Slab	B'	#DIV/0!	m	Floor Slab U-Value incl. TB	U _{f'}	0,160	W/(m²K)
				Eq. Thickness Floor	d _f	12,5	m

Floor Slab Type (select only one)			
<input type="checkbox"/>	Heated Basement or Underground Floor Slab		Unheated basement
<input checked="" type="checkbox"/>	Slab on Grade		Suspended Floor

For Basement or Underground Floor Slab				For Suspended Floor			
Basement Depth	z		m	U-Value Belowground Wall	U _{wB}		W/(m²K)
Additionally for Unheated Basements				Height Aboveground Wall	h		m
Air Change Unheated Basement	n	0,20	h ⁻¹	U-Value Aboveground Wall	U _w		W/(m²K)
Basement Volume	V		m³	U-Value Basement Floor Slab	U _B		W/(m²K)

For Perimeter Insulation for Slab on Grade				For Suspended Floor			
Perimeter Insulation Width/Depth	D		m	U-Value Crawl Space	U _{Crawl}		W/(m²K)
Perimeter Insulation Thickness	d _n		m	Height of Crawl Space Wall	h		m
Conductivity Perimeter Insulation	I _n		W/(mK)	U-Value Crawl Space Wall	U _w		W/(m²K)
Location of the Perimeter Insulation	horizontal			Area of Ventilation Openings	eP		m²
(check only one field)	vertical			Wind Velocity at 10 m Height	v	4,0	m/s
				Wind Shield factor	f _w	0,05	-

Additional Thermal Bridge Heat Losses at Perimeter				Steady-State Fraction			
Phase Shift	b		months	Steady-State Fraction	Y _{P,stat} *I	-15,629	W/K
				Harmonic Fraction	Y _{P,harm} *I	-15,629	W/K

Groundwater Correction				Transm. Belowground El. (w/o Ground)			
Depth of the Groundwater Table	z _w	3,0	m	Transm. Belowground El. (w/o Ground)	L _{req}	9,07	W/K
Groundwater Flow Rate	q _w	0,05	m/d	Relative Insulation Standard	d/B'	#DIV/0!	-
Groundwater Correction Factor	G _w	#DIV/0!	-	Relative Groundwater Depth	z _w /B'	#DIV/0!	-
				Relative Groundwater Velocity	I/B'	#DIV/0!	-

Basement or Underground Floor Slab				Phase Shift			
Eq. Thickness Floor Slab	d _f		m	Phase Shift	b		months
U-Value Floor Slab	U _{bf}		W/(m²K)	Exterior Periodic Transmittance	L _{pe}		W/K
Eq. Thickness Basement Wall	d _w		m				
U-Value Wall	U _{bw}		W/(m²K)				
Steady-State Transmittance	L _s		W/K				

Unheated Basement				Phase Shift			
Steady-State Transmittance	L _s		W/K	Phase Shift	b		months
				Exterior Periodic Transmittance	L _{pe}		W/K

Slab on Grade				Phase Shift			
Heat Transfer Coefficient	U ₀	#DIV/0!	W/(m²K)	Phase Shift	b	1,41	months
Eq. Ins. Thickness Perimeter Ins.	d'	0,00	m	Exterior Periodic Transmittance	L _{pe}	0,00	W/K
Perimeter Insulation Correction	DY		W/(mK)				
Steady-State Transmittance	L _s	#DIV/0!	W/K				

Suspended Floor Above a Ventilated Crawl Space (at max. 0.5 m Below Ground)				Phase Shift			
Eq. Ins. Thickness Crawl Space	d _g		m	Phase Shift	b		months
U-Value Crawl Space Floor Slab	U _g		W/(m²K)	Exterior Periodic Transmittance	L _{pe}		W/K
U-Value Crawl Space Wall & Vent.	U _x		W/(m²K)				
Steady-State Transmittance	L _s		W/K				

Interim Results				Steady-State Heat Flow			
Phase Shift	b	1,41	months	Steady-State Heat Flow	F _{stat}		W
Steady-State Transmittance	L _s	#DIV/0!	W/K	Periodic Heat Flow	F _{harm}		W
Exterior Periodic Transmittance	L _{pe}	#DIV/0!	W/K	Heat Losses During Heating Period	Q _{tot}		kWh

Ground Reduction Factor for "Annual Heat Demand" Sheet

Monthly Average Ground Temperatures for Monthly Method

Month	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Average Value
Winter													
Summer													

Design Ground Temperature for Heat Load Sheet for Cooling Load Sheet

Passive House Planning

REDUCTION FACTOR SOLAR RADIATION, WINDOW U-VALUE

Building: Lammi-Kivitalot

Annual Heat Demand: 108 kWh/(m²a)

Heating Degree Hours:

Table with columns: Climate, Window Area Orientation, Global Radiation (Cardinal Points), Shading, Dirt, Non-Perpendicular Incident Radiation, Glazing Fraction, g-Value, Reduction Factor for Solar Radiation, Window Area, Window U-Value, Glazing Area, Average Global Radiation. Includes rows for North, East, South, West, Horizontal and a Total or Average Value for All Windows row.

Summary table with columns: Transmission Losses, Heat Gains Solar Radiation. Rows for kWh/a and totals: 277, 12, 962, 276, 199, 15, 2231, 396, 0, 0, 3669, 698.

Main table with columns: Quantity, Description, Deviation from North, Angle of Inclination from the Horizontal, Orientation, Window Rough Openings (Width, Height), Installed (in Area in the Areas worksheet, Nr.), Glazing (Select glazing from the WinType worksheet, Nr.), Frame (Select window from the WinType worksheet, Nr.), g-Value, U-Value (Glazing, Frames), Window Frame Dimensions (Width - Left, Width - Right, Width - Below, Width - Above), Installation (Left 1/0, Right 1/0, Sill 1/0, Head 1/0), Y-Value (Y Spacer, Y Installation), Results (Window Area, Glazing Area, U-Value Window, Glazed Fraction per Window).

Passive House Planning

GLAZING ACCORDING TO CERTIFICATION

LIITE 4/8

for frame types, go to row: 71

Assembly No.	Type	g-Value	U _g -Value
	Glazing		
1	Fenestra polaris MS2E 0,8	0,470	W/(m ² K) 0,470
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			

Passive House Planning

FRAME TYPE ACCORDING TO CERTIFICATION

LIITE 4/9

for glazings, go to row: 2

	Type	U _f -Value	Frame Dimensions				Thermal Bridge	Thermal Bridge
Assembly No.	Frame	Frame	Width - Left	Width - Right	Width - Below	Width - Above	Y _{Spacer}	Y _{Installation}
		W/(m ² K)	m	m	m	m	W/(mK)	W/(mK)
1	Fenestra Polaris MS2E 0,8	1,13	0,082	0,082	0,082	0,082	0,040	0,040
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								

Passive House Planning

CALCULATING SHADING FACTORS

LIITE 4/10

Climate: Oulu

Building: Lammi-Kivitalot

Latitude: 65,17 °

Orientation	Glazing Area m ²	Reduction Factor r _s
North	1,79	34 %
East	4,83	80 %
South	0,93	15 %
West	15,98	58 %
Horizontal	0,00	100 %

Quantity	Description	Deviation from North	Angle of Inclination from the Horizontal	Orientation	Glazing Width	Glazing Height	Glazing Area	Height of the Shading Object	Horizontal Distance	Window Reveal Depth	Distance from Glazing Edge to Reveal	Overhang Depth	Distance from Upper Glazing Edge to Overhang	Additional Shading Reduction Factor	Horizontal Shading Reduction Factor	Reveal Shading Reduction Factor	Overhang Shading Reduction Factor	Total Shading Reduction Factor
		Degrees	Degrees		m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	%	%	%	%
					w _g	h _g	A _g	h _{hori}	d _{hori}	O _{reveal}	d _{reveal}	O _{over}	d _{over}	F _{other}	f _H	f _R	f _O	f _s
1	Etelä	202	90	South	0,44	2,14	0,9	7,70	9,50	0,16	0,092	0,76	2,52		17 %	91 %	99 %	15 %
1	Länsi	292	90	West	0,84	1,44	1,2			0,16	0,092	0,76	3,50		100 %	86 %	95 %	82 %
1	Länsi	292	90	West	0,84	0,54	0,4			0,16	0,092	0,76	5,10		100 %	86 %	96 %	83 %
1	Länsi	292	90	West	2,44	2,14	5,2			0,16	0,092	3,96	0,99		100 %	94 %	62 %	59 %
1	Länsi	292	90	West	1,34	2,14	2,9	3,00	5,70	0,16	0,092	2,31	3,50		60 %	91 %	88 %	47 %
1	Länsi	292	90	West	1,74	2,14	3,7			0,16	0,092	3,96	0,99		100 %	92 %	62 %	57 %
1	Länsi	292	90	West	0,84	0,44	0,4			0,16	0,092	0,76	1,49		100 %	86 %	89 %	77 %
1	Länsi	292	90	West	0,84	0,44	0,4			0,16	0,092	0,76	1,49		100 %	86 %	89 %	77 %
1	Länsi	292	90	West	0,44	0,44	0,2			0,16	0,092	0,76	1,49		100 %	79 %	89 %	70 %
1	Pohjoinen	22	90	North	0,84	2,14	1,8	3,60	3,20	0,16	0,092	3,20	3,20		47 %	90 %	80 %	34 %
2	Itä	112	90	East	1,24	0,44	1,1			0,16	0,092	0,76	1,44		100 %	90 %	91 %	82 %
1	Itä	112	90	East	1,04	0,44	0,5			0,16	0,092	2,31	1,44		100 %	89 %	75 %	67 %
2	Itä	112	90	East	0,84	1,44	2,4			0,16	0,092	0,76	1,44		100 %	87 %	93 %	81 %
2	Itä	112	90	East	0,84	0,54	0,9			0,16	0,092	0,76	3,04		100 %	87 %	95 %	83 %
1	Länsi	292	90	West	0,84	1,44	1,2	2,20	3,80	0,16	0,092	0,76	3,50		57 %	86 %	95 %	47 %
1	Länsi	292	90	West	0,84	0,54	0,4	3,00	3,80	0,16	0,092	0,76	5,10		48 %	86 %	96 %	40 %

Passive House Planning

VENTILATION DATA

LIITE 4/11

Building: Lammi-Kivitalot

Treated Floor Area A_{TFA}	m ²	142	(Areas worksheet)
Room Height h	m	2,5	(Annual Heat Demand worksheet)
Room Ventilation Volume ($A_{TFA} \cdot h$) = V_V	m ³	356	(Annual Heat Demand worksheet)

Ventilation System Design - Standard Operation

Occupancy	m ² /P	35				
Number of Occupants	P	4,1				
Supply Air per Person	m ³ /(P*h)	30				
Supply Air Requirement	m ³ /h	122				
Extract Air Rooms			Kitchen	Bathroom	Shower	WC
Quantity			1	1	2	2
Extract Air Requirement per Room	m ³ /h		60	40	20	20
Total Extract Air Requirement	m ³ /h	180				
Design Air Flow Rate (Maximum)	m ³ /h	180				

Average Air Change Rate Calculation

Type of Operation	Daily Operation Duration h/d	Factors Referenced to Maximum	Air Flow Rate m ³ /h	Air Change Rate 1/h
Maximum		1,00	180	0,51
Standard	24,0	0,77	138	0,39
Basic		0,54	97	0,27
Minimum		0,40	72	0,20
<input checked="" type="checkbox"/> Residential Building		Average value 0,77	Average Air Flow Rate (m³/h) 138	Average Air Change Rate (1/h) 0,39

Infiltration Air Change Rate according to EN 13790

Wind Protection Coefficients According to EN 13790		Several Sides Exposed	One Side Exposed		
Coefficient e for Screening Class		0,10	0,03		
No Screening		0,07	0,02		
Moderate Screening		0,04	0,01		
High Screening		15	20		
Coefficient f					
Wind Protection Coefficient, e		for Annual Demand: 0,07	for Heat Load: 0,18		
Wind Protection Coefficient, f		15	15	Net Air Volume for Press. Test V_{n50}	Air Permeability q_{50}
Air Change Rate at Press. Test n_{50}	1/h	0,60	0,60	469 m ³	0,44 m ³ /h
Type of Ventilation System					
<input checked="" type="checkbox"/> Balanced PH Ventilation	Please Check				
Pure Extract Air					
Excess Extract Air		1/h 0,00	0,00		
Infiltration Air Change Rate $n_{V,Res}$	1/h	0,055	0,139		

Effective Heat Recovery Efficiency of the Ventilation System with Heat Recovery

<input checked="" type="checkbox"/> Central unit within the thermal envelope.					
Central unit outside of the thermal envelope.					
Efficiency of Heat Recovery η_{HR}		0,77	ENERVENT PANDEON Eco EDE		
Transmittance Ambient Air Duct	Y	W/(mK) 0,000	Calculation see Secondary Calculation		
Length Ambient Air Duct		m			
Transmittance Exhaust Air Duct	Y	W/(mK) 0,000	Calculation see Secondary Calculation		
Length Exhaust Air Duct		m			
Temperature of Mechanical Services Room (Enter only if the central unit is outside of the thermal envelope.)	C			Room Temperature (°C) 21	
				Av. Ambient Temp. Heating P. (°C) -7,3	
				Av. Ground Temp (°C) 2,6	
Effective Heat Recovery Efficiency $\eta_{HR,eff}$					76,5%

Effective Heat Recovery Efficiency Subsoil Heat Exchanger

SHX Efficiency	h^*_{SHX}	0 %
Heat Recovery Efficiency SHX	h_{SHX}	0 %

Passive House Planning

LIITE 4/12

SPECIFIC ANNUAL HEAT DEMAND

Climate:	Oulu
Building:	Lammi-Kivitalot
Location:	Oulu

Interior Temperature:	21,0	C
Building Type/Use:	Omakotitalo	
Treated Floor Area A _{TFA} :	142,2	m ²

Building Element	Temperature Zone	Area m ²	U-Value W/(m ² K)	Temp. Factor f _t	G _i kWh/a	kWh/a	per m ² Treated Floor Area
1. Exterior Wall - Ambient	A	284,0	0,170	1,00	144,0	6963	
2. Exterior Wall - Ground	B			0,67			
3. Roof/Ceiling - Ambient	A	157,8	0,080	1,00	144,0	1815	
4. Floor Slab	B	154,4	0,160	0,67	144,0	2390	
5.	A			1,00			
6.	A			1,00			
7.	X			0,75			
8. Windows	A	30,6	0,832	1,00	144,0	3669	
9. Exterior Door	A	17,9	1,000	1,00	144,0	2583	
10. Exterior TB (length/m)	A	124,4	-0,048	1,00	144,0	-867	
11. Perimeter TB (length/m)	P	59,2	-0,264	0,67	144,0	-1511	
12. Ground TB (length/m)	B	11,4	-0,002	0,67	144,0	-2	
Total of All Building Envelope Areas		644,8					

Transmission Heat Losses Q_T

Total	15040	kWh/(m ² a)	105,8
-------	-------	------------------------	-------

Ventilation System:

Effective Heat Recovery Efficiency
of Heat Recovery

Efficiency of Subsoil Heat Exchanger

Effective Air Volume, V_V

h_{eff} 77 %

h_{SHX} 0 %

A _{TFA} m ²	142,2	Clear Room Height m	2,50	m ³	355,5
------------------------------------	-------	------------------------	------	----------------	-------

Energetically Effective Air Exchange n _V	0,389	(1 - 0,77)	+ 0,055	=	0,147
---	-------	------------	---------	---	-------

Ventilation Heat Losses Q_V

V _V m ³	356	n _V 1/h	0,147	C _{Air} Wh/(m ² K)	0,33	G _i kWh/a	144,0	kWh/a	2482	kWh/(m ² a)	17,5
----------------------------------	-----	-----------------------	-------	---	------	-------------------------	-------	-------	------	------------------------	------

Total Heat Losses Q_L

Q _T	15040	+	Q _V	2482)	Reduction Factor Night/Weekend Saving	1,0	=	17521	kWh/(m ² a)	123,2
----------------	-------	---	----------------	------	---	---	-----	---	-------	------------------------	-------

Orientation
of the Area

Reduction Factor
See Windows Sheet

g-Value
(perp. radiation)

Area
m²

Radiation HP
kWh/(m²a)

Orientation	Reduction Factor	g-Value	Area	Radiation HP	kWh/a
1. North	0,21	0,47	2,30	51	12
2. East	0,45	0,47	7,00	188	276
3. South	0,08	0,47	1,38	275	15
4. West	0,38	0,47	19,96	112	396
5. Horizontal	0,40	0,00	0,00	174	0

Available Solar Heat Gains Q_S

Total	698	kWh/(m ² a)	4,9
-------	-----	------------------------	-----

Internal Heat Gains Q_I

kh/d	0,024	Length Heat. Period d/a	205	Spec. Power q _i W/m ²	2,10	A _{TFA} m ²	142,2	kWh/a	1466	kWh/(m ² a)	10,3
------	-------	----------------------------	-----	--	------	------------------------------------	-------	-------	------	------------------------	------

Free Heat Q _F	Q _S + Q _I	=	2164	kWh/a	15,2
--------------------------	---------------------------------	---	------	-------	------

Ratio of Free Heat to Losses	Q _F / Q _L	=	0,12
------------------------------	---------------------------------	---	------

Utilisation Factor Heat Gains h_G

(1 - (Q _F / Q _L) ⁵) / (1 - (Q _F / Q _L) ⁶)	=	100 %
---	---	-------

Heat Gains Q_G

h _G * Q _F	=	2164	kWh/(m ² a)	15,2
---------------------------------	---	------	------------------------	------

Annual Heat Demand Q_H

Q _L - Q _G	=	15357	kWh/(m ² a)	108
---------------------------------	---	-------	------------------------	-----

Limiting Value

15 kWh/(m²a)

Requirement met? **No** (Yes/No)

PASSIVE HOUSE PLANNING

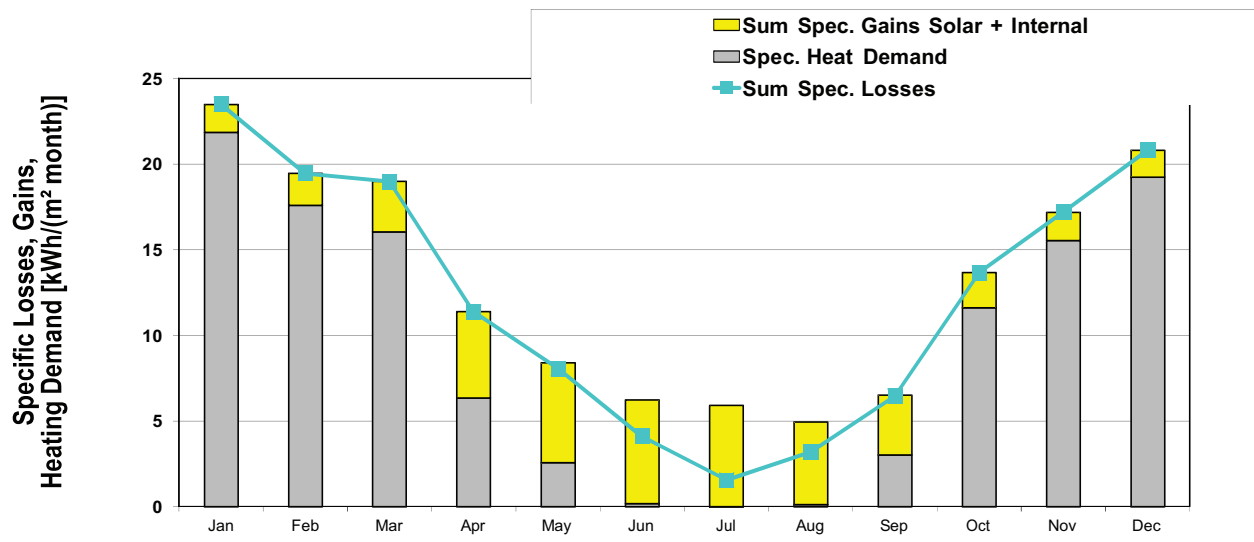
SPECIFIC ANNUAL HEAT DEMAND MONTHLY METHOD

LIITE 4/13

Climate: Oulu
 Building: Lammi-Kivitalot
 Location: Oulu

Interior Temperature: 21 °C
 Building Type/Use: Omakotitalo
 Treated Floor Area A_{FFA}: 142 m²

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Year	
Heating Degree Hours - E	27,7	22,7	21,9	12,7	8,7	4,0	1,0	3,2	7,3	16,1	20,3	24,6	170	kKh
Heating Degree Hours - G	15,6	15,5	17,8	16,6	15,5	12,9	11,1	9,4	8,5	9,4	10,7	13,3	157	kKh
Losses - Exterior	3200	2626	2538	1465	1006	466	120	370	841	1858	2348	2839	19677	kWh
Losses - Ground	141	141	161	151	141	117	100	85	78	86	97	121	1419	kWh
Sum Spec. Losses	23,5	19,5	19,0	11,4	8,1	4,1	1,6	3,2	6,5	13,7	17,2	20,8	148,3	kWh/m ²
Solar Gains - North	0	1	3	8	15	20	17	10	4	1	0	0	81	kWh
Solar Gains - East	6	31	73	193	209	219	207	167	104	27	8	0	1244	kWh
Solar Gains - South	0	2	4	9	8	7	7	7	5	2	1	0	51	kWh
Solar Gains - West	3	31	115	292	375	401	385	281	169	41	9	0	2101	kWh
Solar Gains - Horiz.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	kWh
Solar Gains - Opaque	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	kWh
Internal Heat Gains	222	201	222	215	222	215	222	222	215	222	215	222	2616	kWh
Sum Spec. Gains Solar +	1,6	1,9	2,9	5,0	5,8	6,1	5,9	4,8	3,5	2,1	1,6	1,6	42,9	kWh/m ²
Utilisation Factor	100 %	100 %	100 %	99 %	94 %	65 %	26 %	64 %	98 %	100 %	100 %	100 %	80 %	
Annual Heat Demand	3109	2502	2281	904	366	26	0	19	430	1650	2212	2737	16237	kWh
Spec. Heat Demand	21,9	17,6	16,0	6,4	2,6	0,2	0,0	0,1	3,0	11,6	15,6	19,2	114,2	kWh/m ²



Passive House Planning

CLIMATE DATA

LIITE 4/14

Standard/Regional Climate: Select here.

Regional Climate Data

Select Region Here

User Data

Select regional climate here:

Oulu

Building: Lammi-Kivitalot

Use Regional Data? Yes

Climate Building Oulu

Chosen Method for Annual Heat Demand: Annual Method

Monthly Data: Oulu

Annual Data: Oulu

Use Annual Climate Data Set No

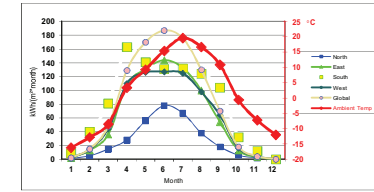
Results:

Annual Heat Demand 108,0 kWh/(m²a)

Heat Load 45,5 W/m²

Transfer to Annual Method

Hr:	205	d/a
G:	139	kKh/a
North	48	kWh/(m ² a)
East	140	kWh/(m ² a)
South	284	kWh/(m ² a)
West	154	kWh/(m ² a)
Horizontal	174	kWh/(m ² a)



Parameters for PHPP Calculated Ground Temperatures:

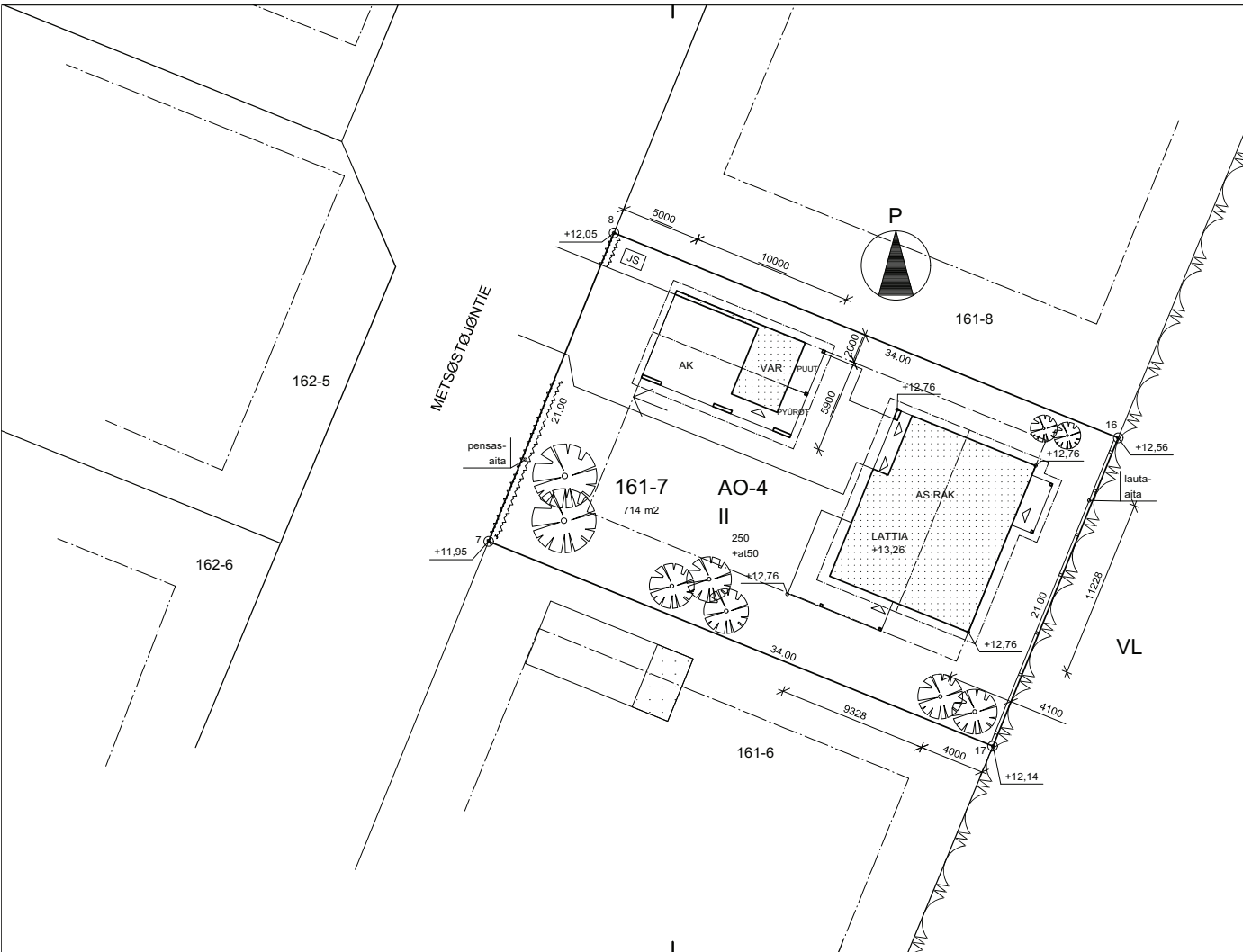
Phase Shift Months 2,00

Damping -1,05


Depth m 3,32

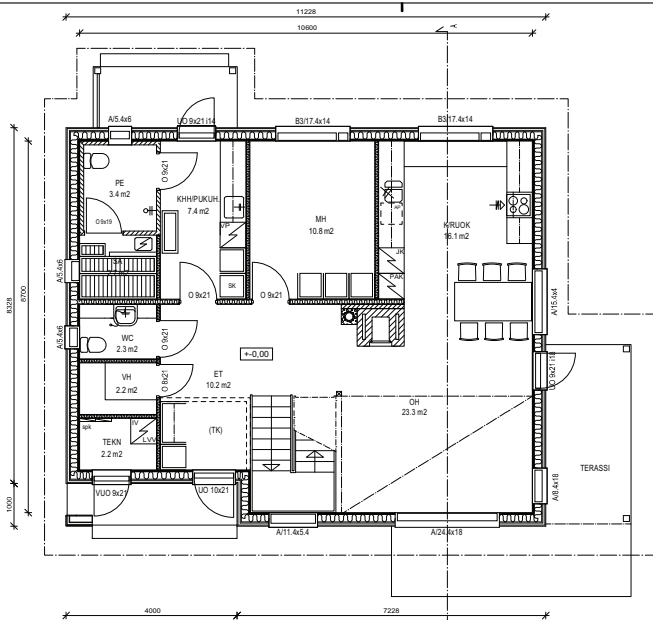
Shift of Average Temperature K 1,60

Month	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Heating Load		Cooling Load
Days	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	Weather 1	Weather 2	Radiation
Oulu	Latitude:	65,2	Longitude East	25,5	Altitude m	19	Daily Temperature Swing Summer (K)		40551,0	Radiation Data:	kWh/(m ² month)		Radiation: W/m ²		W/m ²
Ambient Temp	-16,2	-12,8	-8,5	-3,4	9,3	15,4	19,6	16,7	10,9	-0,6	-7,2	-12,0	-30,8	-25,7	22,4
North	1	5	15	28	56	78	67	38	18	6	2	0	1	1	91
East	2	13	36	108	131	144	133	100	54	13	3	0	2	2	209
South	9	40	81	163	141	131	132	124	104	32	12	0	6	6	206
West	2	14	44	110	126	127	125	98	64	16	4	0	2	2	193
Global	2	15	48	129	170	187	176	130	70	18	4	0	2	2	262
Dew Point	-17,9	-14,9	-11,7	-7,8	-2,8	6,7	14,4	12,4	7,5	-2,7	-8,5	-13,5			
Sky Temp	-37,9	-32,8	-27,5	-11,7	-5,0	3,3	11,1	8,4	1,7	-13,2	-22,3	-30,4			11,9
Ground Temp	0,1	-2,1	-2,9	-2,1	0,1	3,1	6,1	8,3	9,1	8,3	6,1	3,1	-2,9	-2,9	9,1



Muutos	Piivälys	Suunnittelija	Sellitys
79			
Rakennuslupamenetelmä			
UUDISRAKENNUS			
Rakennuskohteen nimi ja osoite			
Jt-energiatalo			
Metsästäjäintie			
Oulu			

<p>PUUTUOMELA OY UUSIKATU 57-59 90120 OULU www.jt-talo.com</p>		<p>ARK</p>
<p>ARHITTEHTITOIMISTO JAAKKO ESKELINEN OY Asemalamminte 57 41370 KUUSJA P. 040 5377669, FAX 0420 322893 01.06.2011</p>		



HORMISTO 1:20



1. TAKKA POISTOHORMI

TYYPPIHYVOKKYTTY ELEMENTIHORMI
SUOJAEISETTYT VALMISTAJAN
OHJEEN MUKAISELLI.

	ALAK.	YLÄK.	YHST.
HUONEISTOTALA	65 m ²	73 m ²	138 m ²
KERROSLA	101 m ²	87 m ²	188 m ²
TILAVUUS			650 m ³

Rakennus varustetaan koneellaisella ilmanvaihdolla
ja ilmastointilaitteistoilla, jonka ilmastointimen-
telänsä ilmastointilaitteisto on vähintään 50 %.

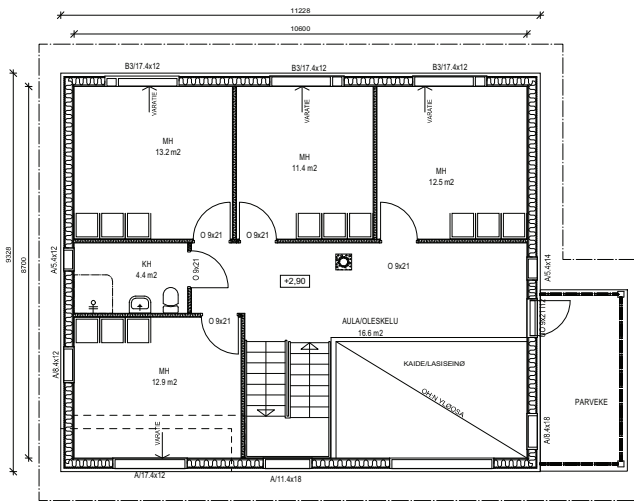
Rakenteiden U-arvot rakennuslupaasiirakenteissa.

IKKUNAPINTAALAA
18 % KERROSLAUSTA
17.6 % LAUSOISEN BRUUTTOTALAUSTA

	Pinta-ala	Läsnä
Ulkoilmat	7.8	1.2
Ulkoväli	20.4	0.0
Maahan	13.9	26.7

RAKENNUS VARUSTETAAN
SÄHKÖVERKKOON KYTKETTÖVIN
PALOVAROITTIMIN. 1KPL/50m²

KAIKISSA IKKUNOISSA JA IKKUNAKOVISSA,
LAUSAIKUN ALAREUNANA ON ALLE 700 mm LATTIAPINNASTA
KÖYTETÖN TURVALASIA TAI 6 mm TASOLASIA.



LIITE 5/2

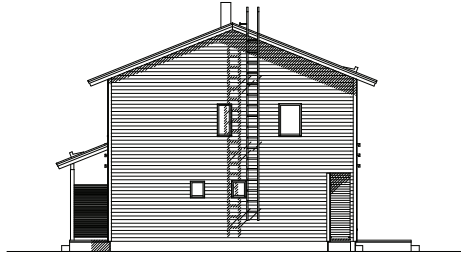
Numero	Päiväys	Seuranta	Seura
1	16.11.2011	16.11.2011	16.11.2011
2	16.11.2011	16.11.2011	16.11.2011
3	16.11.2011	16.11.2011	16.11.2011

PUUTUOMELA OY LUISINKATU 57-59 00100 OULU puh. 0207 290180 www.puutuomela.fi Y-tunnus: 0110450-20-1 01.06.2011		ARK
---	--	------------

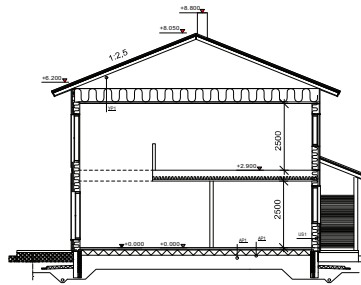


LÖNTEEN

JULKISIVUMATERIAALIT:
1.BETONIKATTI OTILU
2.LAATIVERHOUS
3.BETONI, HARMMA



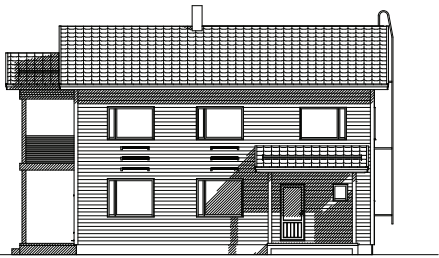
POHJOISEEN



YP 1 0.09 W/m²K
-VESIKATE
-RUOTEET
-KOROKERIMA
-ALLISKATE
-RISTIKKO,
-PUHALLUSVILLAERISTE 400 mm
-MIN.VILLA 100 mm
-HÜYRYNSULKU
-KOOLOUS
-SISÖKATTOVERHOUS

US 1 0.17 W/m²K
-ULKOVERHOUS
-TUULETURAKO 25x25 mm
-TUULENSUOJAEARISTELEVY 25 mm
-RUNKO 48x173 k600
-LÖMMÄNERISTE 175 mm
-HÜYRYNSULKU
-VAAKAKOOLAUS 48x48 k600
+ MIN.VILLA 45 mm
-SISÖVERHOUS

AP 1 0.15 W/m²K
-LATTIAPINNOITE
-BETONILAATTA
-LÖMMÄNERISTE 200 mm
-SALAOJAKERROS



ITÖÖN



ETELÖÖN

RAKENTEIDEN SUUNNITTELU U-ARVOT: VAATIMUS C3:N MUKAAN:

LÖMPIMÖT TILAT:	U-ARVO	VAATIMUS
ULKOSIINO US1:	0.17 W/m ² K	0.17 W/m ² K
ILLEPÖLJÄ YP1:	0.09 W/m ² K	0.09 W/m ² K
ALAPÖLJÄ AP1:	0.15 W/m ² K	0.15 W/m ² K
IKKUNAT :	1.00 W/m ² K	1.00 W/m ² K
POOVI :	0.69 W/m ² K	1.00 W/m ² K
PUUTARHAOVI :	1.10 W/m ² K	1.00 W/m ² K

LISÖTÖTÖJÄ:

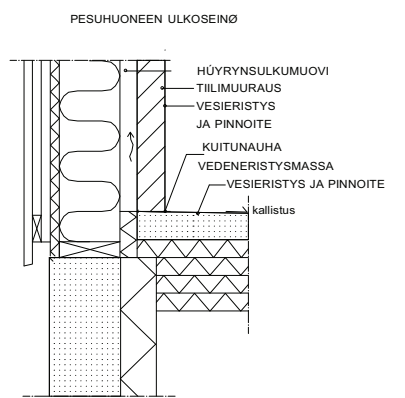
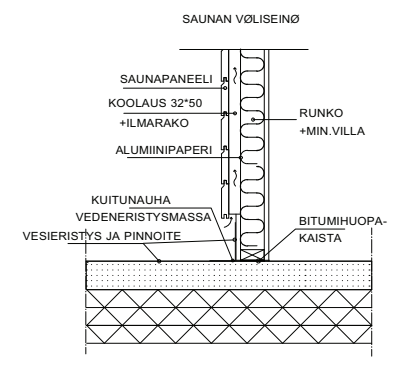
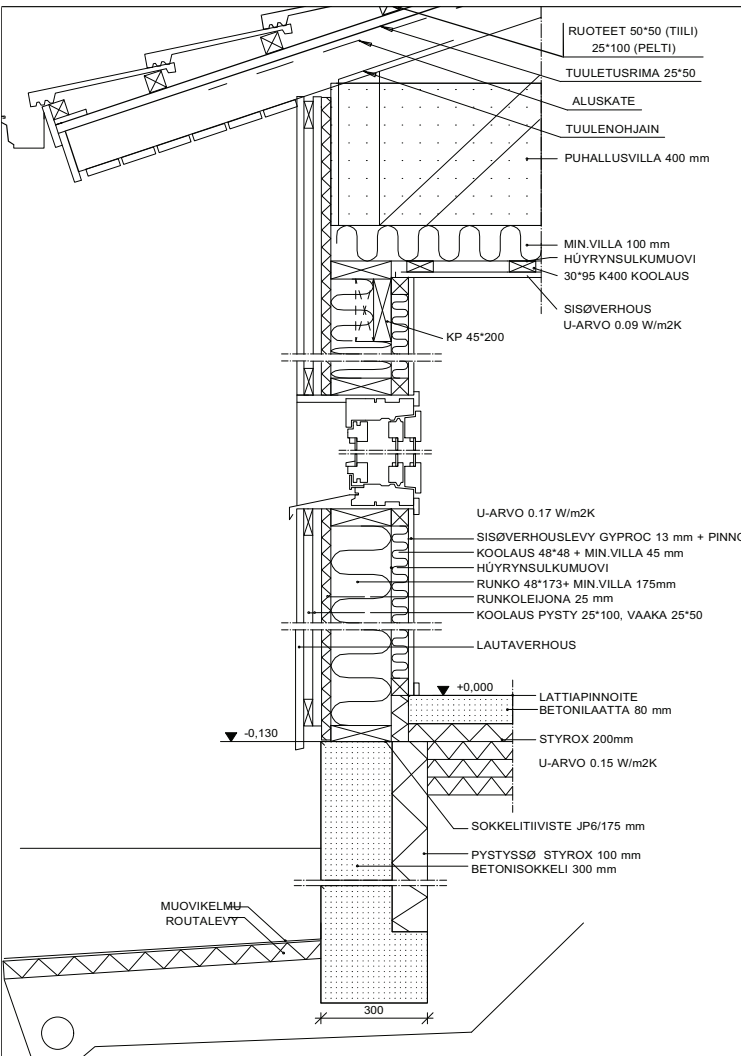
ikkunapinta-ala kerroalasta (maksimi 15%)	18.0 %
ikkunapinta-ala ulkoseinien bruttoalasta (maksimi 50%)	17.6 %
lmmntalteenoton vuosilylyysaude (vähintään 10%)	50 %

Muoto	Pöytä	Suunnitelma	Selitys
Kassa/työ	Kortit/Tila	Tuotit/työ	Vierasmestien markkinoille varten
79	161	7	
Rakennuslupamäärä			Pöytäkirja
LUJUSRAKENNUS			PÖÖPIRUSTUS 3(5)
Rakennuslupamäärä pöytä			Pöytäkirja
Ji-energiatalo			JULKISVUT 1:100
Metsästäjintie			LEIKKAUS 1:100
Oulu			


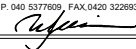
PUUTUOMELA OY
ULUSKATU 57-59
90120 OULU
www.p-tuo.com

ARKKITEHTITOIMISTO JAAKKO ESKELINEN OY
Asiantuntijamies 27
+358 9 KULISA P. 040 537000 FAX:040 322653
01.06.2011

ARK



LIITE 5/4

Muutos	Piivlys	Suunnittelija	Sellitys
K.osa/Kylil 79	Korttel/Tila 161	Tontti/Rn:o 7	Viranomaisten merkintä varten
Rakennuslöymengpide UUDISRAKENNUS			Piirustuslaji PØØPIIRUSTUS 4(5)
Rakennuskohteen nimi ja osoite Jt-energiatalo			Piirustuksen sisältö RAKENNELEIKKAUKSET 1:10
Metsistijintie Oulu			
PUUTUOMELA OY UUSIKATU 57-59 90120 OULLU www.jt-talo.com puh. 0207 280180			 ARK
ARKITEHTITOIMISTO JAAKKO ESKELINEN OY Asiantuntijamies 57 41370 KUUSJA P. 040 5377669, FAX 0420 322893 01.06.2011			 <small>©2000 J.TALO/ARK</small>

Kohde:

Jt-energiatalo

RAK

Mittakaava

1:10

Päivämäärä

08.11.2011

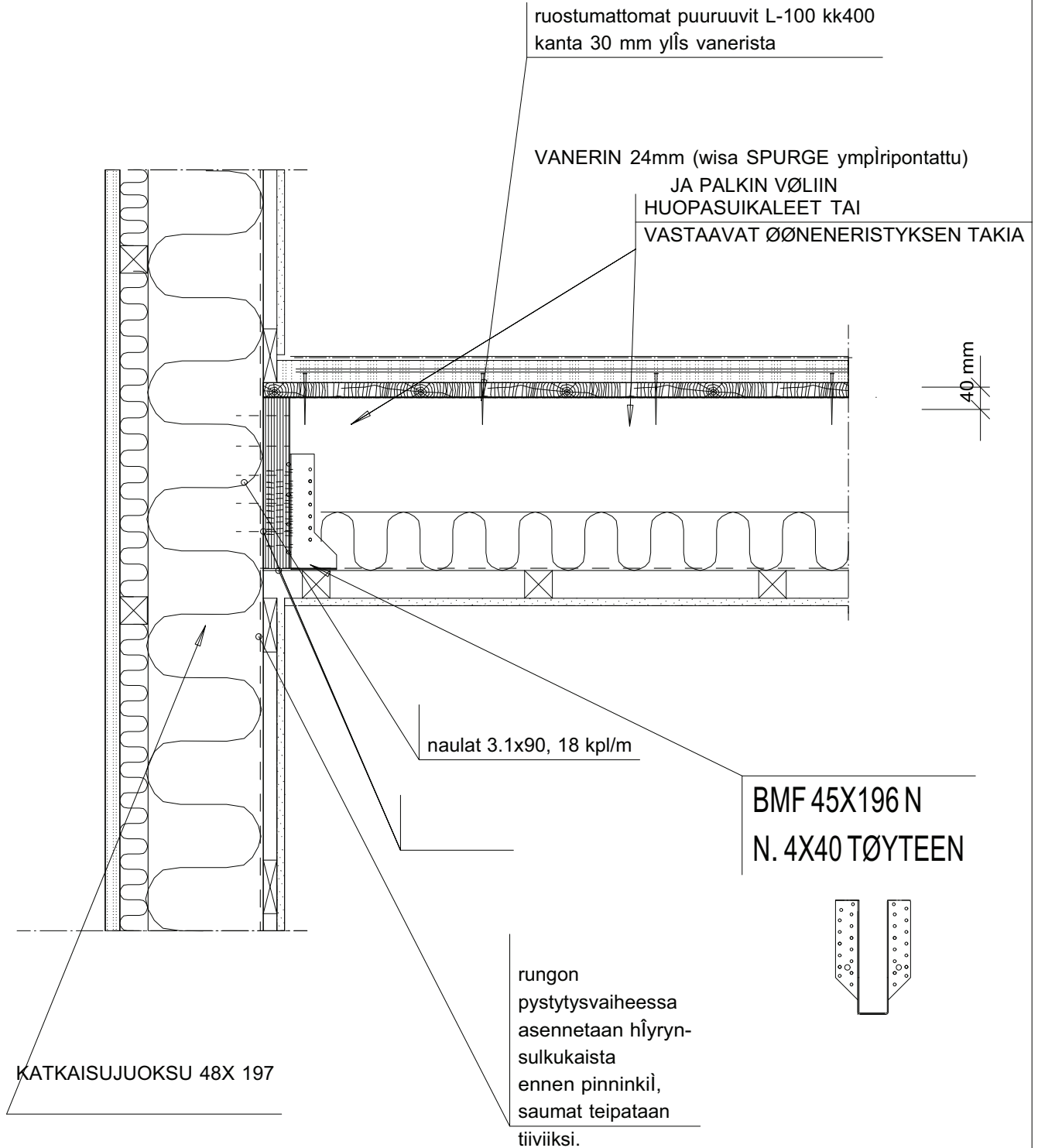
Muutos

Tunnus

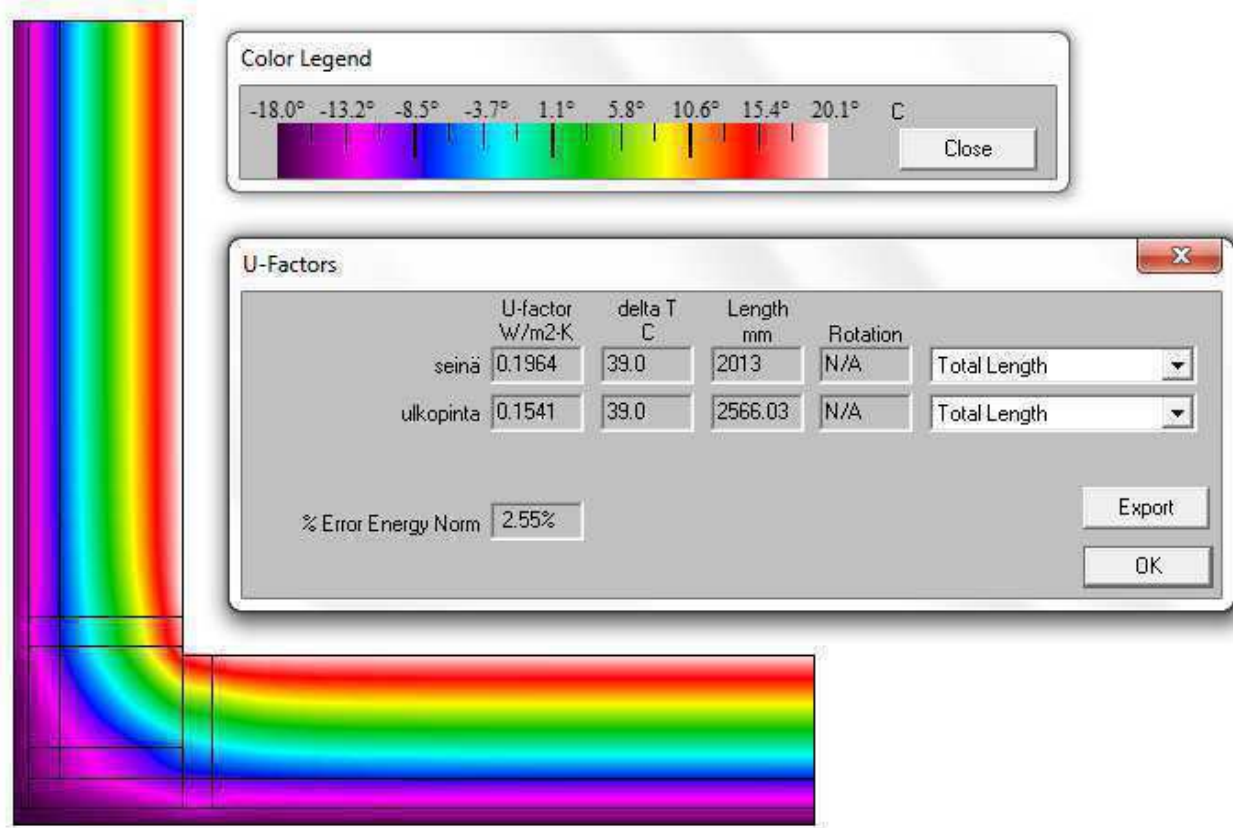
L3

Välipohja 296, sivuseinä

LIITE 5/5



Ulkoseinien ulkonurkkaliitos



Kylmäsilan psi-arvo:

$$\Psi = U_{\text{simuloitu}} \cdot l_{\text{sisä}} - U_{\text{laskettu}} \cdot l_{\text{ulko}}$$

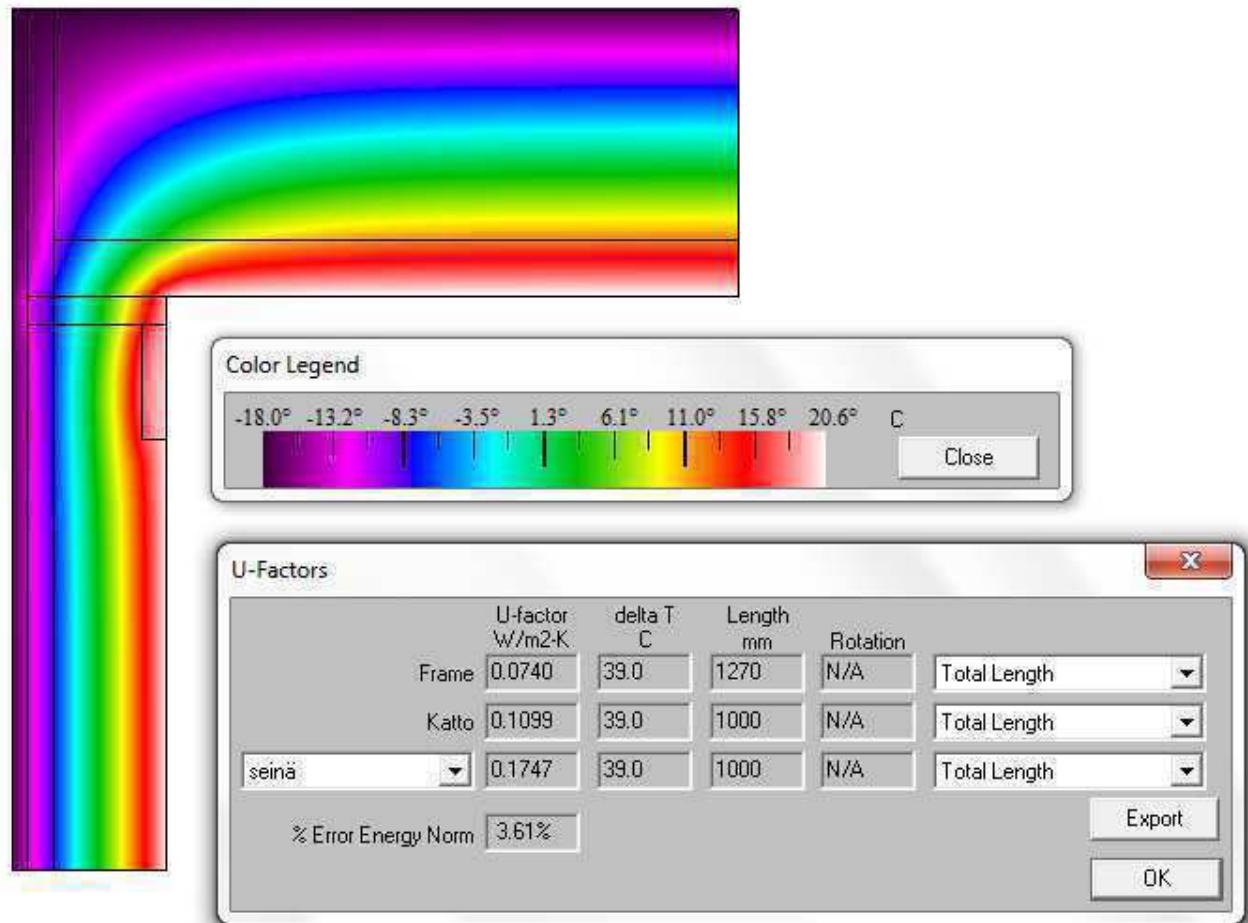
$$\Psi = 0,1964 \text{ W/m}^2\text{K} \cdot 2,013\text{m} - 0,17 \text{ W/m}^2\text{K} \cdot 2,566\text{m} = - 0,0409 \text{ W/mK}$$

Viivamaisen kylmäsilan pituus: 22 m

Ulkoseinien ulkonurkkaliitoksien yhteen laskettu vaikutus koko rakennuksen vaipan lämpöhäviöihin on -130 kWh/a.

Building Element	Temperature Zone	Area m ²	U-Value W/(m ² K)	Temp. Factor f _t	G _t kKh/a	kWh/a
Exterior TB (length/m)	A	22,0	-0,041	1,00	144,0	-130

Ulkoseinän ja yläpohjan liitos



Kylmäsiirtävän psi-arvo:

$$\Psi = U_{\text{simuloitu1}} * I_{\text{sisä1}} + U_{\text{simuloitu2}} * I_{\text{sisä2}} - U_{\text{laskettu1}} * I_{\text{ulko1}} - U_{\text{laskettu2}} * I_{\text{ulko2}}$$

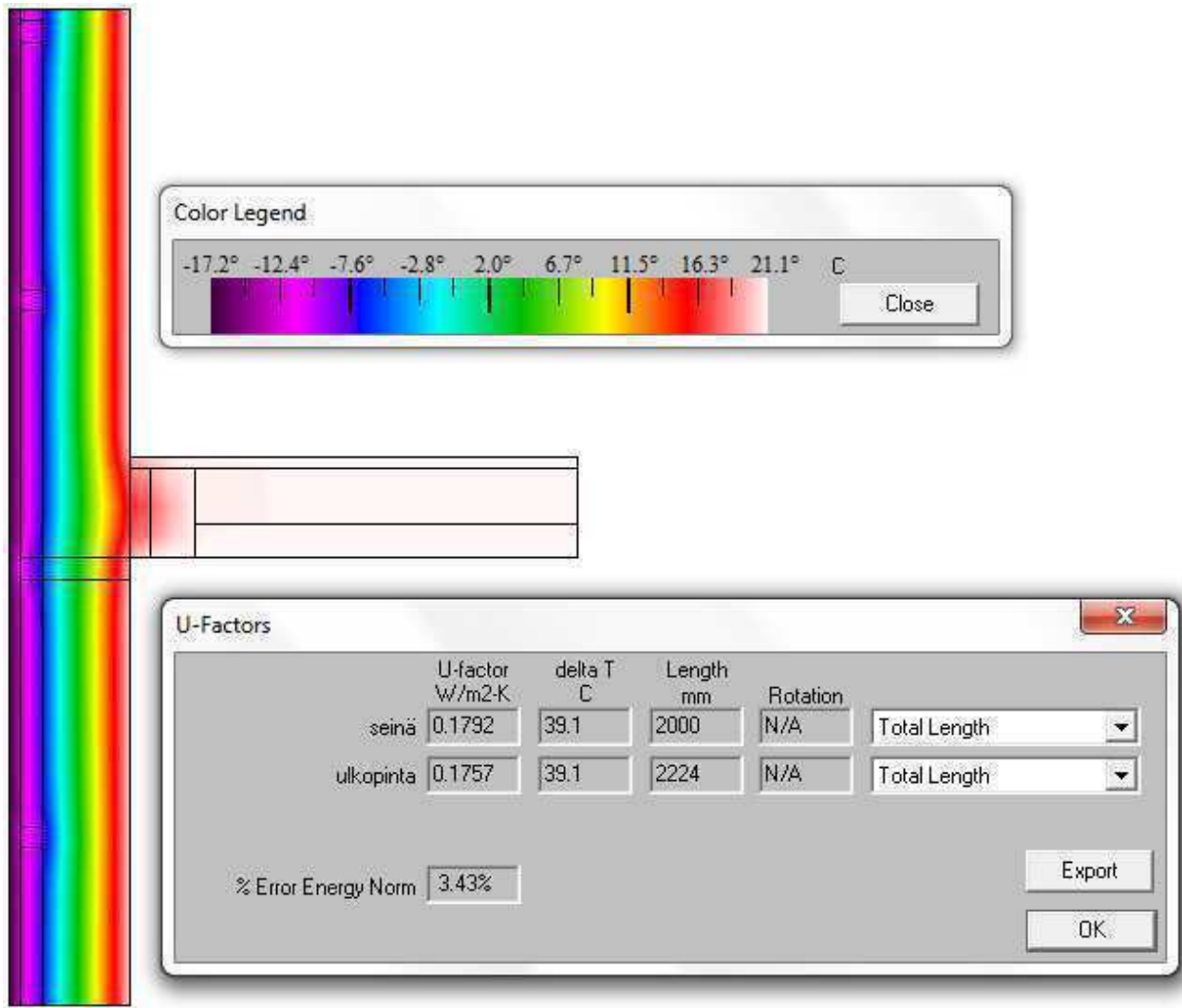
$$\Psi = 0,1099 \text{ W/m}^2\text{K} * 1\text{m} + 0,1747 \text{ W/m}^2\text{K} * 1\text{m} - (0,09 \text{ W/m}^2\text{K} * 1,27\text{m} + 0,15 \text{ W/m}^2\text{K} * 1,5) = -0,0547 \text{ W/mK}$$

Yläpohjan kylmäsiirtävän pituus: 38,6m

Ulkoseinien ja yläpohjan liitoksien yhteen laskettu vaikutus koko rakennuksen vaipan lämpöhäviöihin on -304 kWh/a.

Building Element	Temperature Zone	Area m ²	U-Value W/(m ² K)	Temp. Factor f _t	G _t kWh/a	kWh/a
Exterior TB (length/m)	A	38,6	-0,055	1,00	144,0	-304

Ulkoseinän ja välipohjan liitos



$$\Psi = U_{\text{simuloitu}} * l_{\text{sisä}} - U_{\text{laskettu}} * l_{\text{ulko}}$$

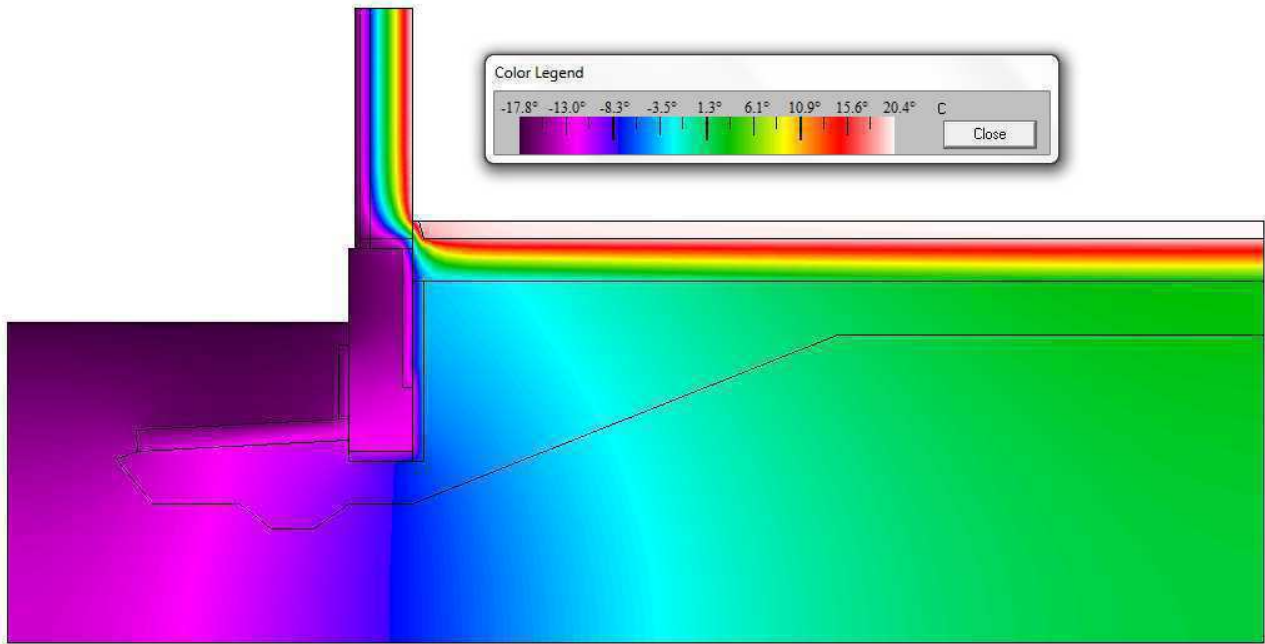
$$\Psi = 0,1792 \text{ W/m}^2\text{K} * 2\text{m} - 0,17 \text{ W/m}^2\text{K} * 2,22\text{m} = -0,019 \text{ W/mK}$$

Viivamaisen kylmäsiirtimen pituus: 38,6 m

Ulkoseinien ja välipohjan liitoksien yhteen laskettu vaikutus koko rakennuksen vaipan lämpöhäviöihin on -106 kWh/a.

Building Element	Temperature Zone	Area m ²	U-Value W/(m ² K)	Temp. Factor f _t	G _t kWh/a		kWh/a
Exterior TB (length/m)	A	38,6	-0,019	1,00	144,0	=	-106

Alapohjan ja ulkoseinän liitos



	U-factor W/m ² K	delta T C	Length mm	Rotation	
lattia	0.1104	39.0	4000	N/A	Total Length
seinä	0.1616	39.0	1000	N/A	Total Length
Ulkopinta	0.1936	39.0	3115.26	N/A	Total Length
% Error Energy Norm		8.67%			

$$\Psi = U_{\text{simuloitu}} * I_{\text{sisä}} - U_{\text{laskettu1}} * I_{\text{ulko1}} - U_{\text{laskettu2}} * I_{\text{ulko2}}$$

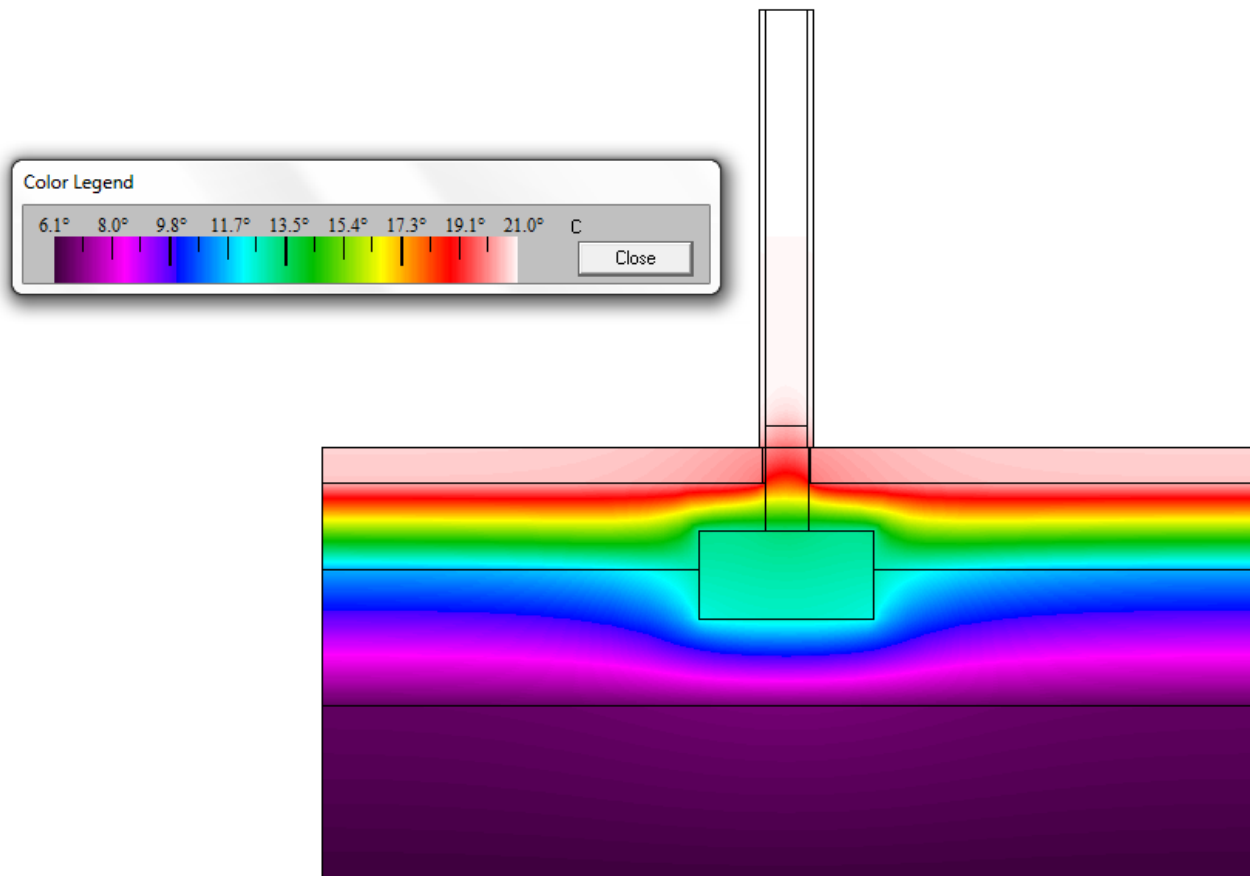
$$\Psi = 0,1616 \text{ W/m}^2\text{K} * 1\text{m} + 0,1104 \text{ W/m}^2\text{K} * 4\text{m} - (0,17 \text{ W/m}^2\text{K} * 1,28\text{m} + 0,15 \text{ W/m}^2\text{K} * 4,273) = -0,2554 \text{ W/mK}$$

Viivamaisen kylmäsillan pituus: 38,6m

Ulkoseinien ja alapohjan liitoksien yhteen laskettu vaikutus koko rakennuksen vaipan lämpöhäviöihin on -953 kWh/a.

Building Element	Temperature Zone	Area m ²	U-Value W/(m ² K)	Temp. Factor f _t	G _t kWh/a	kWh/a
Perimeter TB (length/m)	P	38,6	-0,255	0,67	144,0	= -953

Alapohjan ja kantavan väliseinän liitos



	U-factor W/m ² -K	delta T C	Length mm	Rotation	
lattia	0.1695	15.0	2000	N/A	Total Length
seinä	0.0129	15.0	2000	N/A	Total Length

% Error Energy Norm 6.29%

Export

OK

$$\Psi = U_{\text{simuloitu}} * l_{\text{sisä}} - U_{\text{laskettu}} * l_{\text{ulko}}$$

$$\Psi = 0,1695 \text{ W/m}^2\text{K} * 2\text{m} - 0,15 \text{ W/m}^2\text{K} * 2,124\text{m} = 0,0204 \text{ W/mK}$$

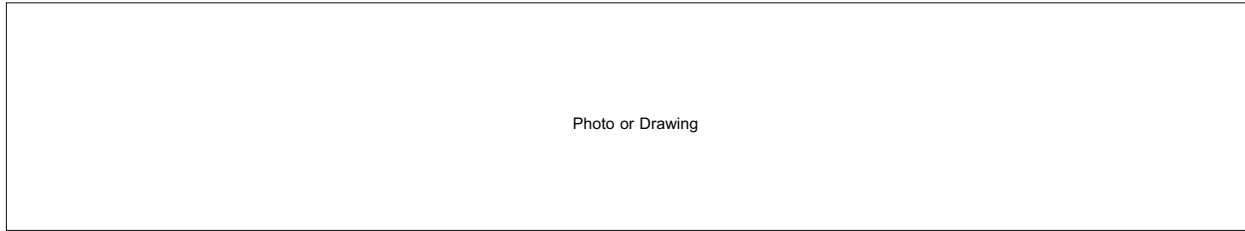
Viivamaisen kylmäsillan pituus: 8,98 m

Kantavien väliseinien ja alapohjan liitoksien yhteen laskettu vaikutus koko rakennuksen vaipan lämpöhäviöihin on 18 kWh/a.

Building Element	Temperature Zone	Area m ²	U-Value W/(m ² K)	Temp. Factor f _t	G _t kWh/a	kWh/a
Perimeter TB (length/m)	P	9,0	0,020	0,67	144,0	18

Passive House Verification

LIITE 7/1



Building:	Puutuomela		
Location and Climate:		Oulu	
Street:	Metsästäjäntie		
Postcode/City:	Oulu		
Country:	Suomi		
Building Type:	Asuinrakennus		
Home Owner(s) / Client(s):			
Street:			
Postcode/City:			
Architect:			
Street:			
Postcode/City:			
Mechanical System:			
Street:			
Postcode/City:			
Year of Construction:			
Number of Dwelling Units:			
Enclosed Volume V_e :	650,0	m ³	Interior Temperature: 21,0 °C
Number of Occupants:	4,2		Internal Heat Gains: 2,1 W/m ²

Specific Demands with Reference to the Treated Floor Area					
	Treated Floor Area:	Applied:	Monthly Method	PH Certificate:	Fulfilled?
Specific Space Heat Demand:	148,0 m ²	79	kWh/(m ² a)	15 kWh/(m ² a)	No
Pressurization Test Result:		0,6	h ⁻¹	0,6 h ⁻¹	Yes
Specific Primary Energy Demand (DHW, Heating, Cooling, Auxiliary and Household Electricity):			kWh/(m ² a)	120 kWh/(m ² a)	
Specific Primary Energy Demand (DHW, Heating and Auxiliary Electricity):			kWh/(m ² a)		
Specific Primary Energy Demand Energy Conservation by Solar Electricity:			kWh/(m ² a)		
Heating Load:		35	W/m ²		
Frequency of Overheating:		31	%	over 25 °C	
Specific Useful Cooling Energy Demand:			kWh/(m ² a)	15 kWh/(m ² a)	
Cooling Load:		11	W/m ²		

We confirm that the values given herein have been determined following the PHPP methodology and based on the characteristic values of the building. The calculations with PHPP are attached to this application.

Issued on:

signed:

Passive House Planning AREAS DETERMINATION

LIITE 7/2

Building: Puutuomela

Heat Demand 79 kWh/(m²a)

Summary							Building Element Overview	Average U-Value [W/(m²K)]
Group Nr.	Area Group	Temp Zone	Area	Unit	Comments			
1	Treated Floor Area		147,97	m²	Living area or useful area within the thermal envelope			
2	North Windows	A	2,30	m²	Results are from the Windows worksheet.	North Windows	1,216	
3	East Windows	A	11,46	m²		East Windows	0,926	
4	South Windows	A	4,40	m²		South Windows	1,100	
5	West Windows	A	13,54	m²		West Windows	0,867	
6	Horizontal Windows	A	0,00	m²		Horizontal Windows		
7	Exterior Door	A	7,98	m²		Please subtract area of door from respective building element	Exterior Door	0,900
8	Exterior Wall - Ambient	A	214,70	m²		Window areas are subtracted from the individual areas specified in the "Windows" worksheet.	Exterior Wall - Ambient	0,170
9	Exterior Wall - Ground	B	0,00	m²		Temperature Zone "A" is ambient air.	Exterior Wall - Ground	
10	Roof/Ceiling - Ambient	A	104,73	m²		Temperature zone "B" is the ground.	Roof/Ceiling - Ambient	0,090
11	Floor Slab	B	88,22	m²			Floor Slab	0,150
12			0,00	m²		Temperature zones "A", "B", "P" and "X" may be used. NOT "I"		
13			0,00	m²		Temperature zones "A", "B", "P" and "X" may be used. NOT "I"		
14		X	0,00	m²		Temperature zone "X": Please provide user-defined reduction factor (0 < f, < 1):	Factor for X	75 %
							Thermal Bridge Overview	γ [W/(mK)]
15	Thermal Bridges Ambient	A	99,20	m	Units in m	Thermal Bridges Ambient	-0,038	
16	Perimeter Thermal Bridges	P	47,58	m	Units in m; temperature zone "P" is perimeter (see Ground worksheet).	Perimeter Thermal Bridges	-0,203	
17	Thermal Bridges Floor Slab	B	0,00	m	Units in m	Thermal Bridges Floor Slab		
18	Partition Wall to Neighbour	I	0,00	m²	No heat losses, only considered for the heat load calculation.	Partition Wall to Neighbour		
Total Thermal Envelope							Average Therm. Envelope	0,185

Area Input												Selection of the Corresponding Building Element Assembly	Nr.	U-Value [W/(m²K)]		
Area Nr.	Building Element Description	Group Nr.	Assigned to Group	Quantity	x (	a [m]	x	b [m]	User-Determined [m²]	User Subtraction [m²]	Subtraction Window Areas [m²]	=	Area [m²]		
	Treated Floor Area	1	Treated Floor Area	1	x (		x					=	0,0		
	North Windows	2	North Windows	1	x (		x					=	2,3		1,216
	East Windows	3	East Windows	1	x (		x					=	11,5		0,926
	South Windows	4	South Windows	1	x (		x					=	4,4		1,100
	West Windows	5	West Windows	1	x (		x					=	13,5		0,867
	Horizontal Windows	6	Horizontal Windows	1	x (		x					=	0,0		0,000
	Exterior Door	7	Exterior Door	1	x (		x					=	8,0		0,900
	U-Value Exterior Door											=				
1	Julkisivu etelään	8	Exterior Wall - Ambient	1	x (x		+ 58,30	- 1,89	-	=	4,4	US	1	0,170
2	Julkisivu pohjoiseen	8	Exterior Wall - Ambient	1	x (x		+ 55,52	-	-	=	2,3	US	1	0,170
3	Julkisivu länteen	8	Exterior Wall - Ambient	1	x (x		+ 70,18	- 3,99	-	=	13,5	US	1	0,170
4	Julkisivu itään	8	Exterior Wall - Ambient	1	x (x		+ 70,18	- 1,89	-	=	11,5	US	1	0,170
5				1	x (		x					=	0,0		
6				1	x (		x					=	0,0		
7	Yläpohja	10	Roof/Ceiling - Ambient	1	x (11,23	x	9,33				=	104,7	YP	3	0,090
8	Alapohja	11	Floor Slab	1	x (x		+ 88,22	-	-	=	88,2	AP	2	0,150
9				1	x (		x					=	0,0		
10	1.krs. Pesuhuone	1	Treated Floor Area	1	x (		x		+ 3,40	-	-	=	0,0		
11	1.krs. Sauna	1	Treated Floor Area	1	x (		x		+ 2,70	-	-	=	0,0		
12	1.krs. KHH	1	Treated Floor Area	1	x (		x		+ 7,40	-	-	=	0,0		
13	1.krs. WC	1	Treated Floor Area	1	x (		x		+ 2,30	-	-	=	0,0		
14	1.krs. VH	1	Treated Floor Area	1	x (		x		+ 2,20	-	-	=	0,0		
15	1.krs. MH	1	Treated Floor Area	1	x (		x		+ 10,80	-	-	=	0,0		
16	1.krs. TK	1	Treated Floor Area	1	x (		x		+ 3,70	-	-	=	0,0		
17	1.krs. ET	1	Treated Floor Area	1	x (		x		+ 4,55	-	-	=	0,0		
18	1.krs. OH	1	Treated Floor Area	1	x (		x		+ 25,40	-	-	=	0,0		
19	1.krs. Keittiö	1	Treated Floor Area	1	x (		x		+ 13,30	-	-	=	0,0		
20	1.krs. Tekninen	1	Treated Floor Area	1	x (		x		+ 1,32	-	-	=	0,0		
21				1	x (		x					=	0,0		
22	2.krs. MH1	1	Treated Floor Area	1	x (		x		+ 13,20	-	-	=	0,0		
23	MH2	1	Treated Floor Area	1	x (		x		+ 11,40	-	-	=	0,0		
24	MH3	1	Treated Floor Area	1	x (		x		+ 12,50	-	-	=	0,0		
25	MH4	1	Treated Floor Area	1	x (		x		+ 12,90	-	-	=	0,0		
26	2.krs. Pesuhuone	1	Treated Floor Area	1	x (		x		+ 4,40	-	-	=	0,0		
27	2.krs. Oleskelu	1	Treated Floor Area	1	x (		x		+ 16,50	-	-	=	0,0		
28				1	x (		x					=	0,0		
29				1	x (		x					=	0,0		
30				1	x (		x					=	0,0		
31				1	x (		x					=	0,0		
32				1	x (		x					=	0,0		
33				1	x (		x					=	0,0		
34				1	x (		x					=	0,0		
35				1	x (		x					=	0,0		
36				1	x (		x					=	0,0		
37				1	x (		x					=	0,0		
38				1	x (		x					=	0,0		
39				1	x (		x					=	0,0		
40				1	x (		x					=	0,0		
41				1	x (		x					=	0,0		
42				1	x (		x					=	0,0		
43				1	x (		x					=	0,0		
44				1	x (		x					=	0,0		
45				1	x (		x					=	0,0		
46				1	x (		x					=	0,0		
47				1	x (		x					=	0,0		
48				1	x (		x					=	0,0		
49				1	x (		x					=	0,0		
50				1	x (		x					=	0,0		
FLend																

Passive House Planning AREAS DETERMINATION

LIITE 7/3

Building: Puutuomela

Heat Demand 79 kWh/(m²a)

Summary						Building Element Overview	Average U-Value [W/(m²K)]
Group Nr.	Area Group	Temp Zone	Area	Unit	Comments		
1	Treated Floor Area		147,97	m²	Living area or useful area within the thermal envelope		
2	North Windows	A	2,30	m²	Results are from the Windows worksheet.	North Windows	1,216
3	East Windows	A	11,46	m²		East Windows	0,926
4	South Windows	A	4,40	m²		South Windows	1,100
5	West Windows	A	13,54	m²		West Windows	0,867
6	Horizontal Windows	A	0,00	m²		Horizontal Windows	
7	Exterior Door	A	7,98	m²		Please subtract area of door from respective building element	Exterior Door	0,900
8	Exterior Wall - Ambient	A	214,70	m²	Window areas are subtracted from the individual areas specified in the "Windows" worksheet.	Exterior Wall - Ambient	0,170
9	Exterior Wall - Ground	B	0,00	m²	Temperature Zone "A" is ambient air.	Exterior Wall - Ground	
10	Roof/Ceiling - Ambient	A	104,73	m²	Temperature zone "B" is the ground.	Roof/Ceiling - Ambient	0,090
11	Floor Slab	B	88,22	m²		Floor Slab	0,150
12			0,00	m²	Temperature zones "A", "B", "P" and "X" may be used. NOT "I"		
13			0,00	m²	Temperature zones "A", "B", "P" and "X" may be used. NOT "I"		
14		X	0,00	m²	Temperature zone "X": Please provide user-defined reduction factor (0 < f, < 1):	Factor for X 75 %	
						Thermal Bridge Overview	Y [W/(mK)]
15	Thermal Bridges Ambient	A	99,20	m	Units in m	Thermal Bridges Ambient	-0,038
16	Perimeter Thermal Bridges	P	47,58	m	Units in m; temperature zone "P" is perimeter (see Ground worksheet).	Perimeter Thermal Bridges	-0,203
17	Thermal Bridges Floor Slab	B	0,00	m	Units in m	Thermal Bridges Floor Slab	
18	Partition Wall to Neighbour	I	0,00	m²	No heat losses, only considered for the heat load calculation.	Partition Wall to Neighbour	
Total Thermal Envelope						Average Therm. Envelope	0,185

Thermal Bridge Inputs										
Nr. of Thermal Bridge	Thermal Bridge Description	Group Nr.	Assigned to Group	Quantity	User Determined Length [m]	Subtraction User-Determined Length [m]	=	Length [m]	Input of Thermal Bridge Heat Loss Coefficient W/(mK)	Y W/(mK)
1					x (-) =			
2	Kantava väliseinä	16	Perimeter Thermal Bridges	1	x (8,98	-	) =	8,98	Kantava väliseinä	0,020
3	Ulkoseinän ja yläpohjan liitos	15	Thermal Bridges Ambient	1	x (38,60	-	) =	38,60	Ulkoseinän ja yläpohjan liitos	-0,055
4	Ulkoseinien nurkkaliitos	15	Thermal Bridges Ambient	1	x (22,00	-	) =	22,00	Ulkoseinien nurkkaliitos	-0,041
5	Välipohjan liitos	15	Thermal Bridges Ambient	1	x (38,60	-	) =	38,60	Välipohjan liitos	-0,019
6	Ulkoseinän ja alapohjan liitos	16	Perimeter Thermal Bridges	1	x (38,60	-	) =	38,60	Ulkoseinän ja alapohjan liitos	-0,255
7					x (-) =			
8					x (-) =			
9					x (-) =			
10					x (-) =			
11					x (-) =			
12					x (-) =			
13					x (-) =			
14					x (-) =			
15					x (-) =			
16					x (-) =			
17					x (-) =			
18					x (-) =			
19					x (-) =			
20					x (-) =			
21					x (-) =			
22					x (-) =			
23					x (-) =			
24					x (-) =			
25					x (-) =			
26					x (-) =			
27					x (-) =			
28					x (-) =			
29					x (-) =			
30					x (-) =			
31					x (-) =			
32					x (-) =			
33					x (-) =			
34					x (-) =			
35					x (-) =			
36					x (-) =			
37					x (-) =			
38					x (-) =			
39					x (-) =			
40					x (-) =			
41					x (-) =			
42					x (-) =			
43					x (-) =			
44					x (-) =			
45					x (-) =			
46					x (-) =			
47					x (-) =			
48					x (-) =			
49					x (-) =			
50					x (-) =			
TBend										

Passive House Planning

U-VALUES OF BUILDING ELEMENTS

LIITE 7/4

Building:

Wedge Shaped Building Element Layers and
Still Air Spaces -> Secondary Calculation to the Right

1	US					
Assembly No. Building Assembly Description						
Heat Transfer Resistance [m ² K/W]			interior R _{si} :	0,13		
			exterior R _{se} :	0,13		
Area Section 1	I [W/(mK)]	Area Section 2 (optional)	I [W/(mK)]	Area Section 3 (optional)	I [W/(mK)]	Total Width Thickness [mm]
1. Tuulensuojalevy	0,052					25
2. Lämmöneriste	0,048					245
3.						
4.						
5.						
6.						
7.						
8.						
			Percentage of Sec. 2	Percentage of Sec. 3		Total 27,0 cm
			<input style="width: 40px;" type="text"/>	<input style="width: 40px;" type="text"/>		
U-Value:						0,170 W/(m ² K)

2	AP					
Assembly No. Building Assembly Description						
Heat Transfer Resistance [m ² K/W]			interior R _{si} :	0,17		
			exterior R _{se} :	0,04		
Area Section 1	I [W/(mK)]	Area Section 2 (optional)	I [W/(mK)]	Area Section 3 (optional)	I [W/(mK)]	Total Width Thickness [mm]
1. Betonilaatta	1,700					80
2. Lämmöneriste	0,045					200
3. Salaajakerros	0,130					255
4.						
5.						
6.						
7.						
8.						
			Percentage of Sec. 2	Percentage of Sec. 3		Total 53,5 cm
			<input style="width: 40px;" type="text"/>	<input style="width: 40px;" type="text"/>		
U-Value:						0,150 W/(m ² K)

3	YP					
Assembly No. Building Assembly Description						
Heat Transfer Resistance [m ² K/W]			interior R _{si} :	0,10		
			exterior R _{se} :	0,17		
Area Section 1	I [W/(mK)]	Area Section 2 (optional)	I [W/(mK)]	Area Section 3 (optional)	I [W/(mK)]	Total Width Thickness [mm]
1. Puhallusvillaeriste	0,048					400
2. Mineraalivilla	0,040					100
3.						
4.						
5.						
6.						
7.						
8.						
			Percentage of Sec. 2	Percentage of Sec. 3		Total 50,0 cm
			<input style="width: 40px;" type="text"/>	<input style="width: 40px;" type="text"/>		

Passive House Planning

U-VALUES OF BUILDING ELEMENTS

LIITE 7/5

Building:

Wedge Shaped Building Element Layers and
Still Air Spaces -> Secondary Calculation to the Right

U-Value: W/(m²K)

4

Assembly No. Building Assembly Description

Heat Transfer Resistance [m²K/W] interior R_{si}:
exterior R_{se}:

Area Section 1	I [W/(mK)]	Area Section 2 (optional)	I [W/(mK)]	Area Section 3 (optional)	I [W/(mK)]	Total Width Thickness [mm]
1.						
2.						
3.						
4.						
5.						
6.						
7.						
8.						
Percentage of Sec. 2			Percentage of Sec. 3		Total	
<input type="text"/>			<input type="text"/>		<input style="background-color: #d9ead3;" type="text"/> cm	

U-Value: W/(m²K)

5

Assembly No. Building Assembly Description

Heat Transfer Resistance [m²K/W] interior R_{si}:
exterior R_{se}:

Area Section 1	I [W/(mK)]	Area Section 2 (optional)	I [W/(mK)]	Area Section 3 (optional)	I [W/(mK)]	Total Width Thickness [mm]
1.						
2.						
3.						
4.						
5.						
6.						
7.						
8.						
Percentage of Sec. 2			Percentage of Sec. 3		Total	
<input type="text"/>			<input type="text"/>		<input style="background-color: #d9ead3;" type="text"/> cm	

U-Value: W/(m²K)

6

Assembly No. Building Assembly Description

Heat Transfer Resistance [m²K/W] interior R_{si}:
exterior R_{se}:

Area Section 1	I [W/(mK)]	Area Section 2 (optional)	I [W/(mK)]	Area Section 3 (optional)	I [W/(mK)]	Total Width Thickness [mm]
1.						
2.						
3.						
4.						
5.						
6.						
7.						
8.						
Percentage of Sec. 2			Percentage of Sec. 3		Total	
<input type="text"/>			<input type="text"/>		<input type="text"/> cm	

Passive House Planning

HEAT LOSSES VIA THE GROUND

LIITE 7/6

Ground Characteristics				Climate Data			
Thermal Conductivity	I	2,0	W/(mK)	Av. Indoor Temp. Winter	T_i	21,0	C
Heat Capacity	rc	2,0	MJ/(m ³ K)	Av. Indoor Temp. Summer	T_i	25,0	C
Periodic Penetration Depth	d	3,17	m	Average Ground Surface Temperature	$T_{g,ave}$	2,6	C
				Amplitude of $T_{g,ave}$	$T_{g,\Delta}$	17,9	C
				Length of the Heating Period	n	6,7	months
				Heating Degree Hours - Exterior	G_i	139,1	kKh/a
Building Data				Floor Slab U-Value			
Floor Slab Area	A	88,2	m ²	Thermal Bridges at Floor Slab	$Y_{B'}^I$	0,00	W/K
Floor Slab Perimeter	P		m	Floor Slab U-Value incl. TB	U_f'	0,150	W/(m ² K)
Charact. Dimension of Floor Slab	B'	#DIV/0!	m	Eq. Thickness Floor	d_f	13,3	m
Floor Slab Type (select only one)							
<input type="checkbox"/> Heated Basement or Underground Floor Slab				<input type="checkbox"/> Unheated basement			
<input type="checkbox"/> Slab on Grade				<input type="checkbox"/> Suspended Floor			
For Basement or Underground Floor Slab							
Basement Depth	z		m	U-Value Belowground Wall	U_{WB}		W/(m ² K)
Additionally for Unheated Basements				For Suspended Floor			
Air Change Unheated Basement	n	0,20	h ⁻¹	Height Aboveground Wall	h		m
Basement Volume	V		m ³	U-Value Aboveground Wall	U_W		W/(m ² K)
				U-Value Basement Floor Slab	U_{Bf}		W/(m ² K)
For Perimeter Insulation for Slab on Grade							
Perimeter Insulation Width/Depth	D		m	U-Value Crawl Space	U_{Crawl}		W/(m ² K)
Perimeter Insulation Thickness	d_n		m	Height of Crawl Space Wall	h		m
Conductivity Perimeter Insulation	I_n		W/(mK)	U-Value Crawl Space Wall	U_W		W/(m ² K)
Location of the Perimeter Insulation	horizontal			Area of Ventilation Openings	eP		m ²
(check only one field)	vertical			Wind Velocity at 10 m Height	v	4,0	m/s
				Wind Shield factor	f_W	0,05	-
Additional Thermal Bridge Heat Losses at Perimeter				Steady-State Fraction			
Phase Shift	b		months	Harmonic Fraction	$Y_{P,harm}^I$	-9,675	W/K
				Groundwater Correction			
				Depth of the Groundwater Table	z_w	3,0	m
				Groundwater Flow Rate	q_w	0,05	m/d
				Groundwater Correction Factor	G_w		-
				Transm. Belowground El. (w/o Ground)	L_{reg}	-9,68	W/K
				Relative Insulation Standard	d/B'	#DIV/0!	-
				Relative Groundwater Depth	z_w/B'	#DIV/0!	-
				Relative Groundwater Velocity	I/B'	#DIV/0!	-
Basement or Underground Floor Slab							
Eq. Thickness Floor Slab	d_f		m	Phase Shift	b		months
U-Value Floor Slab	U_{Bf}		W/(m ² K)	Exterior Periodic Transmittance	L_{pe}		W/K
Eq. Thickness Basement Wall	d_w		m				
U-Value Wall	U_{Bw}		W/(m ² K)				
Steady-State Transmittance	L_S		W/K				
Unheated Basement							
Steady-State Transmittance	L_S		W/K	Phase Shift	b		months
				Exterior Periodic Transmittance	L_{pe}		W/K
Slab on Grade							
Heat Transfer Coefficient	U_0		W/(m ² K)	Phase Shift	b		months
Eq. Ins. Thickness Perimeter Ins.	d'		m	Exterior Periodic Transmittance	L_{pe}		W/K
Perimeter Insulation Correction	DY		W/(mK)				
Steady-State Transmittance	L_S		W/K				
Suspended Floor Above a Ventilated Crawl Space (at max. 0.5 m Below Ground)							
Eq. Ins. Thickness Crawl Space	d_g		m	Phase Shift	b		months
U-Value Crawl Space Floor Slab	U_g		W/(m ² K)	Exterior Periodic Transmittance	L_{pe}		W/K
U-Value Crawl Space Wall & Vent.	U_X		W/(m ² K)				
Steady-State Transmittance	L_S		W/K				

Interim Results							
Phase Shift	b		months	Steady-State Heat Flow	F_{stat}		W
Steady-State Transmittance	L_S		W/K	Periodic Heat Flow	F_{harm}		W
Exterior Periodic Transmittance	L_{pe}		W/K	Heat Losses During Heating Period	Q_{tot}		kWh

Ground Reduction Factor for "Annual Heat Demand" Sheet

Monthly Average Ground Temperatures for Monthly Method													
Month	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Average Value
Winter													
Summer													

Design Ground Temperature for Heat Load Sheet for Cooling Load Sheet

Passive House Planning

LIITE 7/7

REDUCTION FACTOR SOLAR RADIATION, WINDOW U-VALUE

Building: Puutuomela

Annual Heat Demand: 79 kWh/(m²a)

Heating Degree Hours:

Climate:	Oulu											
Window Area Orientation	Global Radiation (Cardinal Points)	Shading	Dirt	Non-Perpendicular Incident Radiation	Glazing Fraction	g-Value	Reduction Factor for Solar Radiation	Window Area	Window U-Value	Glazing Area	Average Global Radiation	
maximum:	kWh/(m²a)	0,75	0,95	0,85				m²	W/(m²K)	m²	kWh/(m²a)	
North East	48	0,58	0,95	0,85	0,575	0,42	0,27	2,30	1,22	1,3	51	
South	140	0,81	0,95	0,85	0,757	0,42	0,49	11,46	0,93	8,7	187	
West	284	0,90	0,95	0,85	0,647	0,42	0,47	4,40	1,10	2,8	276	
Horizontal	154	0,81	0,95	0,85	0,795	0,42	0,52	13,54	0,87	10,8	112	
	174	0,75	0,95	0,85	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0	174	
Total or Average Value for All Windows.						0,42	0,48	31,70	0,95	23,6		

144,0	
Transmission Losses	Heat Gains Solar Radiation
kWh/a	kWh/a
403	13
1528	445
696	238
1689	330
0	0
4317	1026

Quantity	Description	Deviation from North	Angle of Inclination from the Horizontal	Orientation	Window Rough Openings		Installed		Glazing		Frame		g-Value	U-Value		Window Frame Dimensions				Installation				Y-Value		Results			Glazed Fraction per Window	
					Width	Height	in Area in the Areas worksheet	Nr.	Select glazing from the WinType worksheet	Nr.	Select window from the WinType worksheet	Nr.		Perpendicular Radiation	Glazing	Frames	Width - Left	Width - Right	Width - Below	Width - Above	Left 1/0	Right 1/0	Sill 1/0	Head 1/0	Y _{Spacer}	Y _{Installation}	Window Area	Glazing Area		U-Value Window
					m	m	Select:	Select:	Select:	-	W/(m²K)	W/(m²K)		m	m	m	m					W/(mK)	W/(mK)	m²	m²	W/(m²K)	%			
1	Itään	112	90	East	0,540	0,600	Julkisivu itään	4	Pihla Termo	1	Pihla Termo	1	0,42	0,54	1,26	0,09	0,09	0,09	0,09	1	1	1	1	0,040	0,040	0,3	0,15	1,40	0,46	
2	Etelään	112	90	East	1,740	1,400	Julkisivu itään	4	Pihla Termo	1	Pihla Termo	1	0,42	0,54	1,26	0,09	0,09	0,09	0,09	1	1	1	1	0,040	0,040	4,9	3,78	0,89	0,78	
1	Etelään	202	90	South	1,540	0,400	Julkisivu etelään	1	Pihla Termo	1	Pihla Termo	1	0,42	0,54	1,26	0,09	0,09	0,09	0,09	1	1	1	1	0,040	0,040	0,6	0,29	1,37	0,48	
1	Länsi	202	90	South	0,840	1,800	Julkisivu etelään	1	Pihla Termo	1	Pihla Termo	1	0,42	0,54	1,26	0,09	0,09	0,09	0,09	1	1	1	1	0,040	0,040	1,5	1,06	1,02	0,70	
1	Länsi	292	90	West	2,440	1,800	Julkisivu länteen	3	Pihla Termo	1	Pihla Termo	1	0,42	0,54	1,26	0,09	0,09	0,09	0,09	1	1	1	1	0,040	0,040	4,4	3,65	0,81	0,83	
1	Pohjoinen	292	90	West	1,140	0,540	Julkisivu länteen	3	Pihla Termo	1	Pihla Termo	1	0,42	0,54	1,26	0,09	0,09	0,09	0,09	1	1	1	1	0,040	0,040	0,6	0,34	1,25	0,55	
2	Itään	22	90	North	0,540	0,600	Julkisivu pohjoiseen	2	Pihla Termo	1	Pihla Termo	1	0,42	0,54	1,26	0,09	0,09	0,09	0,09	1	1	1	1	0,040	0,040	0,6	0,30	1,40	0,46	
3	Etelään	112	90	East	1,740	1,200	Julkisivu itään	4	Pihla Termo	1	Pihla Termo	1	0,42	0,54	1,26	0,09	0,09	0,09	0,09	1	1	1	1	0,040	0,040	6,3	4,74	0,93	0,76	
1	Etelään	202	90	South	0,540	1,400	Julkisivu etelään	1	Pihla Termo	1	Pihla Termo	1	0,42	0,54	1,26	0,09	0,09	0,09	0,09	1	1	1	1	0,040	0,040	0,8	0,43	1,22	0,57	
1	Länsi	202	90	South	0,840	1,800	Julkisivu etelään	1	Pihla Termo	1	Pihla Termo	1	0,42	0,54	1,26	0,09	0,09	0,09	0,09	1	1	1	1	0,040	0,040	1,5	1,06	1,02	0,70	
1	Länsi	292	90	West	2,440	1,800	Julkisivu länteen	3	Pihla Termo	1	Pihla Termo	1	0,42	0,54	1,26	0,09	0,09	0,09	0,09	1	1	1	1	0,040	0,040	4,4	3,65	0,81	0,83	
1	Länsi	292	90	West	1,140	1,800	Julkisivu länteen	3	Pihla Termo	1	Pihla Termo	1	0,42	0,54	1,26	0,09	0,09	0,09	0,09	1	1	1	1	0,040	0,040	2,1	1,54	0,93	0,75	
1	Pohjoinen	292	90	West	1,740	1,200	Julkisivu länteen	3	Pihla Termo	1	Pihla Termo	1	0,42	0,54	1,26	0,09	0,09	0,09	0,09	1	1	1	1	0,040	0,040	2,1	1,58	0,93	0,76	
1	Pohjoinen	22	90	North	0,540	1,200	Julkisivu pohjoiseen	2	Pihla Termo	1	Pihla Termo	1	0,42	0,54	1,26	0,09	0,09	0,09	0,09	1	1	1	1	0,040	0,040	0,6	0,36	1,24	0,56	
1				North	0,840	1,200	Julkisivu pohjoiseen	2	Pihla Termo	1	Pihla Termo	1	0,42	0,54	1,26	0,09	0,09	0,09	0,09	1	1	1	1	0,040	0,040	1,0	0,67	1,08	0,66	

Passive House Planning

GLAZING ACCORDING TO CERTIFICATION

LIITE 7/8

for frame types, go to row: 71

Assembly No.	Type	g-Value	U _g -Value
	Glazing		
1	Pihla Termo	0,420	W/(m ² K) 0,540
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			

Passive House Planning LIITE 7/9

FRAME TYPE ACCORDING TO CERTIFICATION

for glazings, go to row: 2

	Type	U _f -Value	Frame Dimensions				Thermal Bridge	Thermal Bridge
Assembly No.	Frame	Frame	Width - Left	Width - Right	Width - Below	Width - Above	Y _{Spacer}	Y _{Installation}
		W/(m ² K)	m	m	m	m	W/(mK)	W/(mK)
1	Pihla Termo	1,26	0,092	0,092	0,092	0,092	0,040	0,040
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								

Passive House Planning

CALCULATING SHADING FACTORS

LIITE 7/10

Climate: Oulu

Building: Puutuomela

Latitude: 65,17 °

Orientation	Glazing Area m ²	Reduction Factor r _s
North	1,32	58 %
East	8,67	81 %
South	2,85	90 %
West	10,76	81 %
Horizontal	0,00	100 %

Quantity	Description	Deviation from North	Angle of Inclination from the Horizontal	Orientation	Glazing Width	Glazing Height	Glazing Area	Height of the Shading Object	Horizontal Distance	Window Reveal Depth	Distance from Glazing Edge to Reveal	Overhang Depth	Distance from Upper Glazing Edge to Overhang	Additional Shading Reduction Factor	Horizontal Shading Reduction Factor	Reveal Shading Reduction Factor	Overhang Shading Reduction Factor	Total Shading Reduction Factor
		Degrees	Degrees		m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	%	%	%	%
					w _g	h _g	A _g	h _{hor}	d _{hor}	O _{Reveal}	d _{Reveal}	O _{Over}	d _{Over}	F _{Other}	f _H	f _R	f _O	f _s
1	Itään	112	90	East	0,36	0,42	0,1			0,19	0,105	2,12	0,50		100 %	75 %	57 %	43 %
2	Itään	112	90	East	1,56	1,22	3,8			0,19	0,105	0,94	3,50		100 %	91 %	95 %	86 %
1	Etelään	202	90	South	1,36	0,22	0,3			0,19	0,105	0,94	5,50		100 %	95 %	100 %	95 %
1	Etelään	202	90	South	0,66	1,62	1,1			0,19	0,105	0,94	0,60		100 %	92 %	98 %	90 %
1	Länsi	292	90	West	2,26	1,62	3,6			0,19	0,105	0,94	3,50		100 %	93 %	94 %	88 %
1	Länsi	292	90	West	0,96	0,36	0,3			0,19	0,105	0,94	3,50		100 %	86 %	94 %	80 %
2	Pohjoinen	22	90	North	0,36	0,42	0,3	3,70	9,50	0,19	0,11	0,94	5,50		73 %	81 %	95 %	56 %
3	Itään	112	90	East	1,56	1,02	4,7			0,19	0,11	0,94	0,72		100 %	91 %	85 %	77 %
1	Etelään	202	90	South	0,36	1,22	0,4			0,19	0,11	2,65	0,75		100 %	88 %	96 %	85 %
1	Etelään	202	90	South	0,66	1,62	1,1			0,19	0,11	2,65	1,30		100 %	92 %	97 %	89 %
1	Länsi	292	90	West	2,26	1,62	3,6			0,19	0,11	0,94	0,72		100 %	93 %	85 %	79 %
1	Länsi	292	90	West	0,96	1,62	1,5			0,19	0,11	0,94	0,72		100 %	86 %	85 %	73 %
1	Länsi	292	90	West	1,56	1,02	1,6			0,19	0,11	0,94	0,72		100 %	90 %	82 %	74 %
1	Pohjoinen	22	90	North	0,36	1,02	0,4	3,00	9,50	0,19	0,11	0,94	2,00		77 %	81 %	89 %	55 %
1	Pohjoinen	22	90	North	0,66	1,02	0,7	3,00	9,50	0,19	0,11	0,94	2,70		77 %	87 %	91 %	61 %

Passive House Planning

VENTILATION DATA

LIITE 7/11

Building: Puutuomela

Treated Floor Area A_{TFA}	m ²	148	(Areas worksheet)
Room Height h	m	2,5	(Annual Heat Demand worksheet)
Room Ventilation Volume ($A_{TFA} \cdot h$) = V_V	m ³	370	(Annual Heat Demand worksheet)

Ventilation System Design - Standard Operation

Occupancy	m ² /P	35				
Number of Occupants	P	4,2				
Supply Air per Person	m ³ /(P*h)	30				
Supply Air Requirement	m ³ /h	127				
Extract Air Rooms			Kitchen	Bathroom	Shower	WC
Quantity			1	1	2	2
Extract Air Requirement per Room	m ³ /h		60	40	20	20
Total Extract Air Requirement	m ³ /h	180				
Design Air Flow Rate (Maximum)	m ³ /h	180				

Average Air Change Rate Calculation

Type of Operation	Daily Operation Duration h/d	Factors Referenced to Maximum	Air Flow Rate m ³ /h	Air Change Rate 1/h
Maximum		1,00	180	0,49
Standard	24,0	0,77	138	0,37
Basic		0,54	97	0,26
Minimum		0,40	72	0,19
<input checked="" type="checkbox"/> Residential Building	Average value	0,77	Average Air Flow Rate (m³/h) 138	Average Air Change Rate (1/h) 0,37

Infiltration Air Change Rate according to EN 13790

Wind Protection Coefficients According to EN 13790		Several Sides Exposed	One Side Exposed		
Coefficient e for Screening Class		0,10	0,03		
No Screening		0,07	0,02		
Moderate Screening		0,04	0,01		
High Screening		15	20		
Coefficient f					
Wind Protection Coefficient, e		for Annual Demand: 0,07	for Heat Load: 0,18		
Wind Protection Coefficient, f		15	15	Net Air Volume for Press. Test V_{n50}	Air Permeability q_{50}
Air Change Rate at Press. Test n_{50}	1/h	0,60	0,60	414 m ³	0,56 m ³ /h
Type of Ventilation System					
<input checked="" type="checkbox"/> Balanced PH Ventilation	Please Check				
Pure Extract Air					
Excess Extract Air		1/h	0,00	0,00	
Infiltration Air Change Rate $n_{V,Res}$		1/h	0,047	0,118	

Effective Heat Recovery Efficiency of the Ventilation System with Heat Recovery

<input checked="" type="checkbox"/> Central unit within the thermal envelope.				
Central unit outside of the thermal envelope.				
Efficiency of Heat Recovery η_{HR}		0,77	ENERVENT PANDION Eco Ede	
Transmittance Ambient Air Duct	Y	W/(mK)	0,000	Calculation see Secondary Calculation
Length Ambient Air Duct		m		
Transmittance Exhaust Air Duct	Y	W/(mK)	0,000	Calculation see Secondary Calculation
Length Exhaust Air Duct		m		
Temperature of Mechanical Services Room (Enter only if the central unit is outside of the thermal envelope.)		C		
			Room Temperature (°C)	21
			Av. Ambient Temp. Heating P. (°C)	-7,3
			Av. Ground Temp (°C)	2,6

Effective Heat Recovery Efficiency $\eta_{HR,eff}$ **76,5%**

Effective Heat Recovery Efficiency Subsoil Heat Exchanger

SHX Efficiency	h^*_{SHX}	
Heat Recovery Efficiency SHX	h_{SHX}	0 %

Passive House Planning

LIITE 7/12

SPECIFIC ANNUAL HEAT DEMAND

Climate: Oulu
 Building: Puutuomela
 Location: _____

Interior Temperature: 21,0 °C
 Building Type/Use: Asuinrakennus
 Treated Floor Area A_{TFA}: 148,0 m²

Building Element	Temperature Zone	Area m ²	U-Value W/(m ² K)	Temp. Factor f _t	G _i kWh/a	kWh/a	per m ² Treated Floor Area
1. Exterior Wall - Ambient	A	214,7	0,170	1,00	144,0	5240	
2. Exterior Wall - Ground	B			0,67			
3. Roof/Ceiling - Ambient	A	104,7	0,090	1,00	144,0	1358	
4. Floor Slab	B	88,2	0,150	0,67	144,0	1280	
5.	A			1,00			
6.	A			1,00			
7.	X			0,75			
8. Windows	A	31,7	0,946	1,00	144,0	4317	
9. Exterior Door	A	8,0	0,900	1,00	144,0	1034	
10. Exterior TB (length/m)	A	99,2	-0,038	1,00	144,0	-539	
11. Perimeter TB (length/m)	P	47,6	-0,203	0,67	144,0	-936	
12. Ground TB (length/m)	B			0,67			
Total of All Building Envelope Areas		447,3					

Transmission Heat Losses Q_T

Total 11755 kWh/a
 79,4 kWh/(m²a)

Ventilation System:

Effective Heat Recovery Efficiency of Heat Recovery 77 %
 Efficiency of Subsoil Heat Exchanger 0 %

Effective Air Volume, V_V m³
 h_{eff} 77 %
 h_{SHX} 0 %

A_{TFA} m² 148,0 * Clear Room Height m 2,50 = m³ 369,9

Energetically Effective Air Exchange n_V = $\frac{n_{V,system}}{1 - F_{HR} + n_{V,Res}}$ = $\frac{0,374}{(1 - 0,77) + 0,047}$ = 0,135

Ventilation Heat Losses Q_V

V _V m ³	n _V 1/h	C _{Air} Wh/(m ² K)	G _i kWh/a	kWh/a	kWh/(m ² a)
370	0,135	0,33	144,0	2372	16,0

Total Heat Losses Q_L

Q _T kWh/a	Q _V kWh/a	Reduction Factor Night/Weekend Saving	kWh/a	kWh/(m ² a)
11755	2372	1,0	14127	95,5

Orientation of the Area

Reduction Factor See Windows Sheet

g-Value (perp. radiation)

Area m²

Radiation HP kWh/(m²a)

Orientation	Reduction Factor	g-Value	Area	Radiation HP	kWh/a
1. North	0,27	0,42	2,30	51	13
2. East	0,49	0,42	11,46	187	445
3. South	0,47	0,42	4,40	276	238
4. West	0,52	0,42	13,54	112	330
5. Horizontal	0,40	0,00	0,00	174	0

Available Solar Heat Gains Q_S

Total 1026 kWh/a
 6,9 kWh/(m²a)

Internal Heat Gains Q_I

kh/d	Length Heat. Period d/a	Spec. Power q _i W/m ²	A _{TFA} m ²	kWh/a	kWh/(m ² a)
0,024	205	2,10	148,0	1525	10,3

Free Heat Q_F = Q_S + Q_I = 2552 kWh/a
 17,2 kWh/(m²a)

Ratio of Free Heat to Losses Q_F / Q_L = 0,18

Utilisation Factor Heat Gains h_G

$(1 - (Q_F / Q_L)^5) / (1 - (Q_F / Q_L)^6) = 100 \%$

Heat Gains Q_G

h_G * Q_F = 2551 kWh/a
 17,2 kWh/(m²a)

Annual Heat Demand Q_H

Q_L - Q_G = 11576 kWh/a
78 kWh/(m²a)

Limiting Value kWh/(m²a) 15

Requirement met? **No** (Yes/No)

PASSIVE HOUSE PLANNING

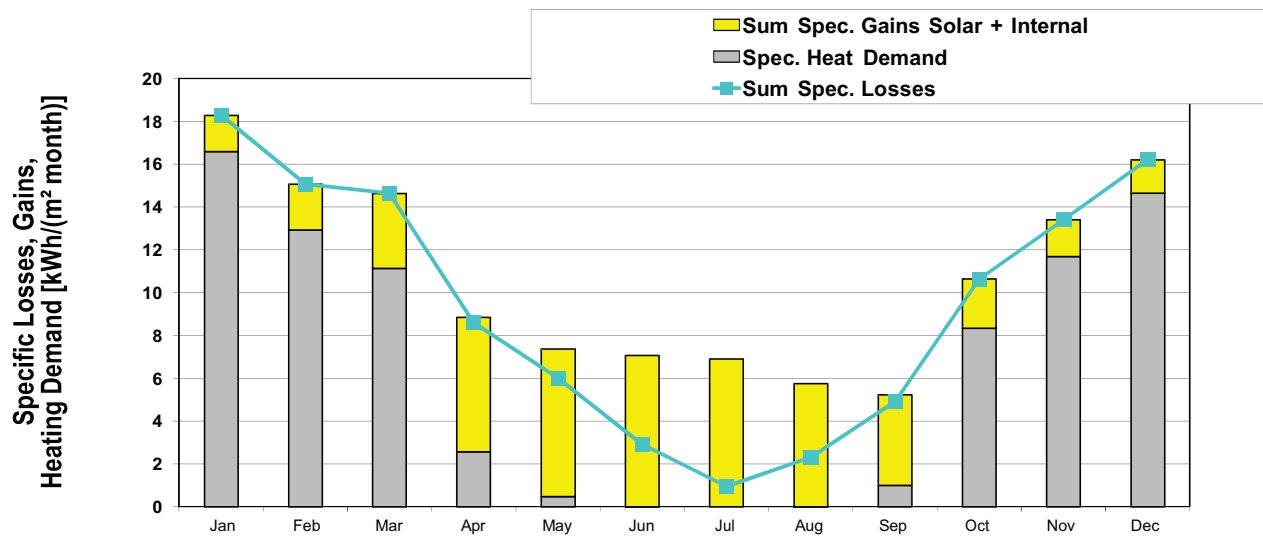
SPECIFIC ANNUAL HEAT DEMAND MONTHLY METHOD

LIITE 7/13

Climate: Oulu
 Building: Puutuomela
 Location:

Interior Temperature: 21 °C
 Building Type/Use: Asuinrakennus
 Treated Floor Area A_{FFA}: 148 m²

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Year	
Heating Degree Hours - E	27,7	22,7	21,9	12,7	8,7	4,0	1,0	3,2	7,3	16,1	20,3	24,6	170	kKh
Heating Degree Hours - G	15,6	15,5	17,8	16,6	15,5	12,9	11,1	9,4	8,5	9,4	10,7	13,3	157	kKh
Losses - Exterior	2650	2174	2101	1213	833	386	100	306	696	1538	1944	2350	16292	kWh
Losses - Ground	56	55	63	59	55	46	39	34	30	34	38	48	558	kWh
Sum Spec. Losses	18,3	15,1	14,6	8,6	6,0	2,9	0,9	2,3	4,9	10,6	13,4	16,2	113,9	kWh/m ²
Solar Gains - North	0	1	4	9	17	23	20	12	5	2	0	0	92	kWh
Solar Gains - East	9	50	118	312	338	354	334	269	168	44	13	0	2009	kWh
Solar Gains - South	7	33	68	139	122	113	114	106	89	27	10	0	828	kWh
Solar Gains - West	3	25	95	243	312	333	320	233	140	34	8	0	1747	kWh
Solar Gains - Horiz.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	kWh
Solar Gains - Opaque	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	kWh
Internal Heat Gains	231	209	231	224	231	224	231	231	224	231	224	231	2722	kWh
Sum Spec. Gains Solar +	1,7	2,1	3,5	6,3	6,9	7,1	6,9	5,8	4,2	2,3	1,7	1,6	50,0	kWh/m ²
Utilisation Factor	100 %	100 %	100 %	96 %	80 %	41 %	14 %	40 %	92 %	100 %	100 %	100 %	69 %	
Annual Heat Demand	2454	1912	1648	380	71	1	0	0	149	1234	1728	2167	11744	kWh
Spec. Heat Demand	16,6	12,9	11,1	2,6	0,5	0,0	0,0	0,0	1,0	8,3	11,7	14,6	79,4	kWh/m ²



Passive House Planning

CLIMATE DATA

LIITE 7/14

Standard/Regional Climate: Select here.

Regional Climate Data

Select Region Here

User Data

Select regional climate here:

Oulu

Building: Puutuomela

Use Regional Data? Yes

Climate Building: Oulu

Chosen Method for Annual Heat Demand: Monthly Method

Monthly Data: Oulu

Annual Data: Use Annual Climate Data Set No

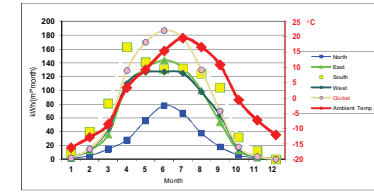
Results:

Annual Heat Demand 79,4 kWh/(m²a)

Heat Load 35,4 W/m²

Transfer to Annual Method

Hr:	205	d/a
G:	139	kKh/a
North	48	kWh/(m ² a)
East	140	kWh/(m ² a)
South	284	kWh/(m ² a)
West	154	kWh/(m ² a)
Horizontal	174	kWh/(m ² a)



Parameters for PHPP Calculated Ground Temperatures:

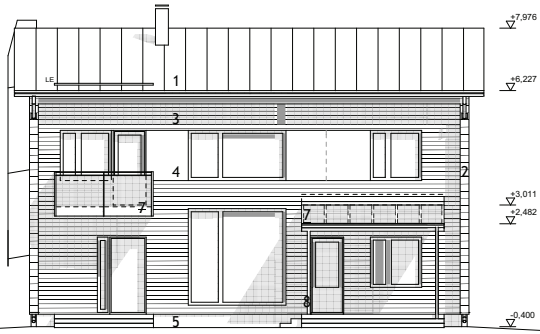
Phase Shift Months 2,00

Damping -1,05

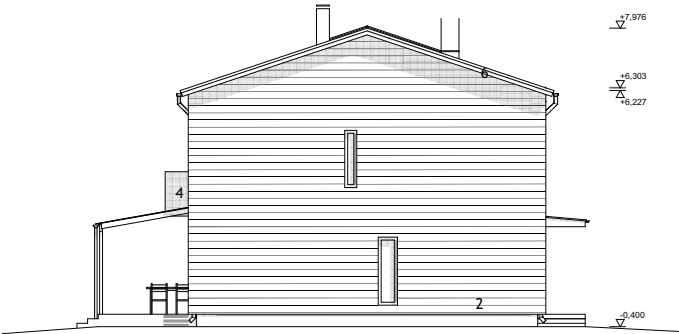
Depth m 3,32

Shift of Average Temperature K 1,60

Month	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Heating Load		Cooling Load
Days	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	Weather 1	Weather 2	Radiation
Oulu	Latitude:	65,2	Longitude East	25,5	Altitude m	19	Daily Temperature Swing Summer (K)		40551,0	Radiation Data:	kWh/(m ² month)		Radiation: W/m ²		W/m ²
Ambient Temp	-16,2	-12,8	-8,5	3,4	9,3	15,4	19,8	16,7	10,9	-0,6	-7,2	-12,0	-30,8	-25,7	22,4
North	1	5	15	28	56	78	87	38	18	6	2	0	1	1	91
East	2	13	36	108	131	144	133	100	54	13	3	0	2	2	209
South	9	40	81	163	141	131	132	124	104	32	12	0	6	6	206
West	2	14	44	110	126	127	125	98	64	16	4	0	2	2	193
Global	2	15	49	129	170	176	176	130	70	18	4	0	2	2	262
Dew Point	-17,9	-14,9	-11,7	-7,9	-2,8	8,7	14,4	12,4	7,5	-2,7	-8,5	-13,5			
Sky Temp	-37,9	-32,8	-27,5	-11,7	-5,0	3,3	11,1	8,4	1,7	-13,2	-22,3	-30,4			11,9
Ground Temp	0,1	-2,1	-2,9	-2,1	0,1	3,1	6,1	8,3	9,1	8,3	6,1	3,1	-2,9	-2,9	9,1



JULKISIVU LÄNTEEN 1:100



JULKISIVU ETELÄÄN 1:100

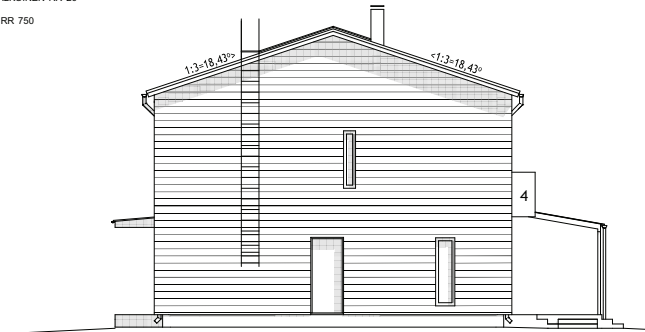
JULKISIVUMATERIAALIT JA -VÄRI

1. KATTOPELTI CLASSIC, TIILENPUNAINEN RR 750
2. ULKOVERHOUSPANEELI UTW 28X220mm, PEITTO MAALATTU, VAALEAN HÄRMÄÄ TIKKURILAN 555X
3. ULKOVERHOUSPANEELI UTWV 28X120 mm, PEITTO MAALATTU VAALEAN HÄRMÄÄ TEKNOS 7433
4. STENI COLOUR JULKISIVULEVY, VIHREÄ NCS S 2060-G70Y
5. TERÄSBETONI SOKKELI, VAALEAN HÄRMÄÄ
6. RÄYSTÄS, PEITTOJALATTU VAALEAN HÄRMÄÄ TIKKURILA 555X
7. LASI KIRKAS, TURVALASI - LAMINOITU KARKAISTU
8. TERÄSPILARI 80x80 PEITTOJALATTU VALKOINEN RR20

IKKUNAT JA OVET, VALKOINEN RR 20, SMYYGILAUDAT SEINÄN VÄRIIN
VESIPELLIT, VESIKOURUT JA SYÖKSYT, VALKOINEN RR 20
TALOTIKKAAT, VALKOINEN RR 20
KATTOTURVATUOTTEET TIILENPUNAINEN RR 750

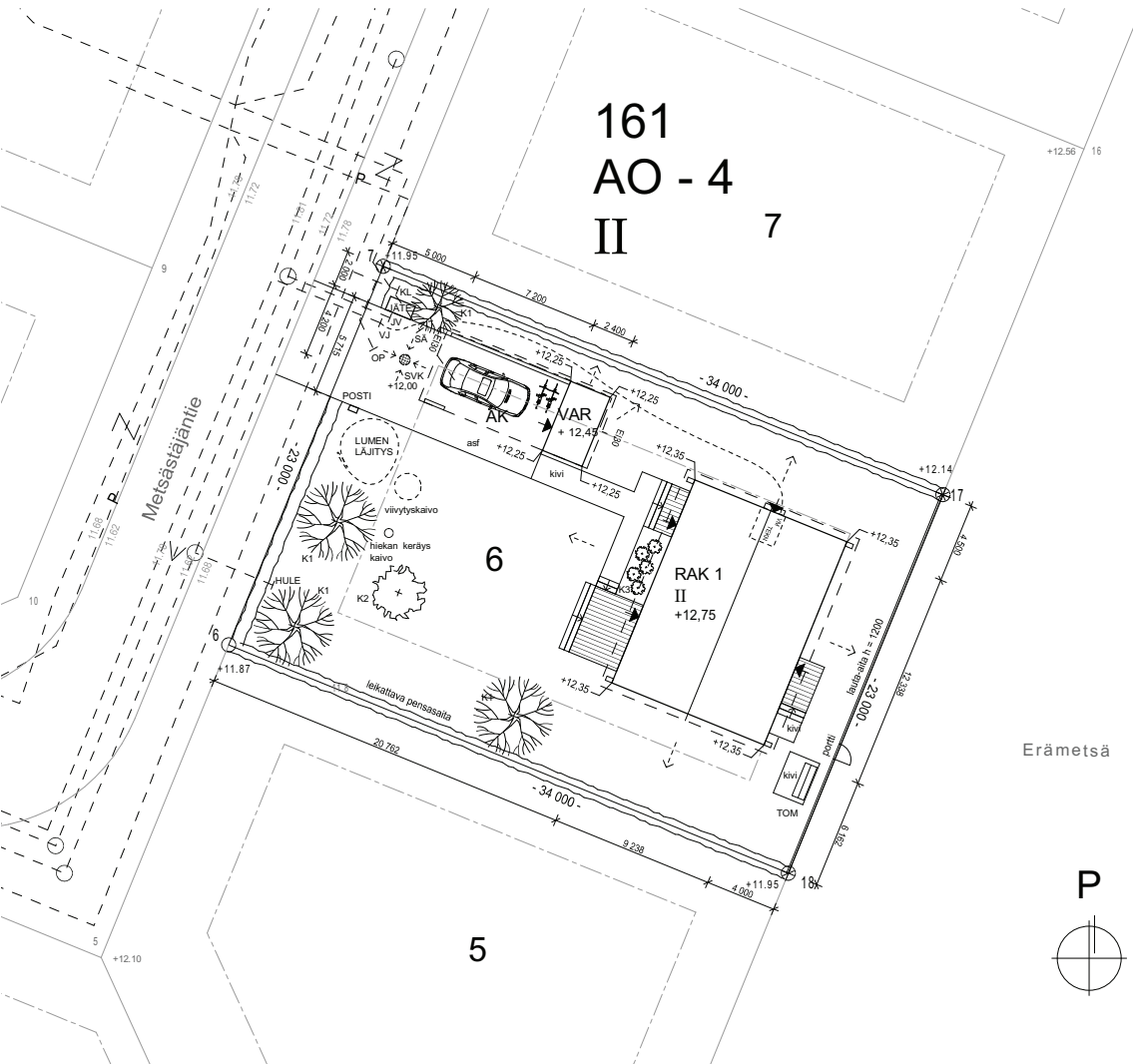


JULKISIVU ITÄÄN 1:100



JULKISIVU POHJOISEN 1:100


Kaupunginhosakylä Ritaharju	Kortteli/tila 161	Tontti/Rn:o 6	Viranomaisien arkkistointimerkintöjä varten
Rakennuslomienpide Uudisrakennus	Rakennuskohteen nimi ja osoite Kastelli-Talot Oy Metsästäjäntie 16 90540 OULU		Juoks. nro 3/6 Mittakaavat 1:100
Suunnittelija Jari Haapalahti, Arkkitehti SAFA Arkkitehtitoimisto Arkadi Zetelintie 17B 90440 Kempele p. 0400-681 417			Piirustuksen sisältö Julkisivut Länteen Etelään Itään Pohjoiseen
Päiväys 30.09.2011	Vastuullinen suunnittelija <i>Petri Ilmarinen</i> Petri Ilmarinen, Arkkitehti SAFA		Suunnitteluala ja piirustusnumero ARK 303 Muutos

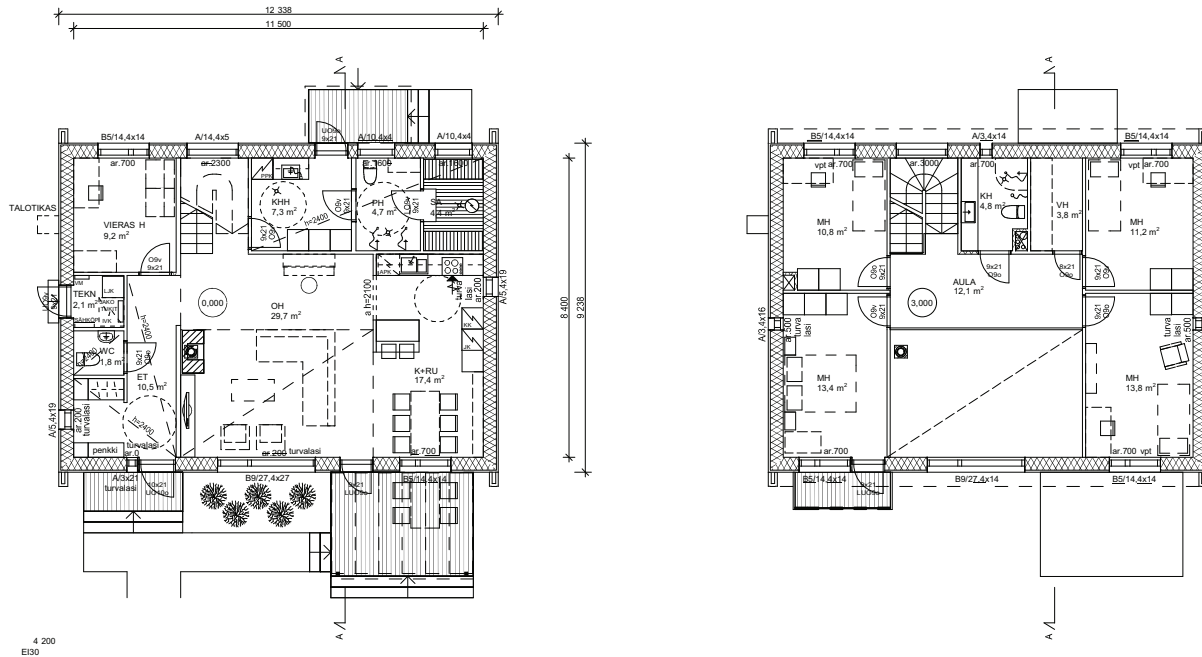


SELVITYKSET PINTA-ALOISTA JA TILAVUUKSISTA	
TONTIN PINTA-ALA	782,0 m ²
RAKENNUSOIKEUS	250 + at 50
RAK1, ASUINRAKENNUS	
BRUUTTOALA 209,0 brm ²	
1.krs.	114,0 ktm ²
2.krs.	95,0 ktm ²
KERROSALA 205,0 kem ²	
1.krs.	114,0 kem ²
2.krs.	90,0 kem ²
RAKENNUSOIKEUTEEN LASKETTAVA KERROSALA (U5-250MM) 190,0 kem ²	
1.krs.	107,0 kem ²
2.krs.	83,0 kem ²
HUONEISTOALA 168,0 htm ²	
1.krs.	91,0 hum ²
2.krs.	77,0 hum ²
TILAVUUS 751,0 m ³	
VARASTO	
KERROSALA 10,0 kem ²	
HUONEISTOALA 7,0 m ²	
TILAVUUS 34,0 m ³	
AUTOPAIKKOJA 2 kpl	

Erämetsä



Kaupunginosa/kylä Ritlaharju	Korttelit/tila 161	Tontti/Rno 6	Viranomaisten arkistointimerkintöjä varten	
Rakennusluokkengrpid Uudisrakennus			Piirustustaji Pääpiirustus	Juoks. nro 1/5
Rakennuskohteen nimi ja osoite Kastelli-Talot Oy Metsästäjätie 90540 OULU			Piirustuksen sisältö Asemapiirros	Mittakaavat 1:200
	Suunnittelija Jari Haapalahti, Arkkitehti SAFA			
Päiväys 01.10.2011	Arkkitehtitoimisto Arkadi Zatelliintie 17B 90440 Kempele p. 0400-681 417	Vastuullinen suunnittelija  Petri Ilmarinen, Arkkitehti SAFA	Suunnittelu- ja piirustusnumero ARK 301	Muutos



4 200
E130

RAKENNUKSEN PALOLUOKKA ON P3.

RAKENNUKSESSA ON SÄHKÖVERKKOON KYTKETTY PALOHÄLYTYNJÄRJESTELMÄ. PALOVAROITTIMET SUOJETAAN TULISIJAN LÄHEISYYTEEN JA KAIKKIIN MAKUUHUONEISIIN.

ASUNTO VARUSTETAAN KONEELLISELLA TULO- JA POISTOILMANVAIHDOLLA. ILMANVAIHTOJÄRJESTELMÄÄN LIITETÄÄN LÄMMÖNTALTEENOTTOLAITE, JONKA VUOSIHYÖTYSUHDE ON VÄHINTÄÄN 50%.

IKKUNALASIJEN, JOIDEN ALAREUNA LATTIASTA ON ALLE 70 CM, ON OLTAVA TURVALASIA (RakMK F2 3.2 Lasirakenteet).

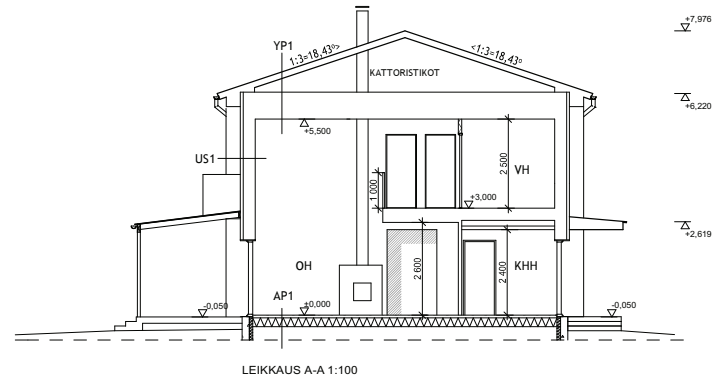
HORMIN JA TULISIJAN ASENNUS JA SUOJAETÄISYYDET VALMISTAJAN JA RakMk E3 MUKAISESTI. HORMIN SUOJAETÄISYYDET MITOITETTAVA TULISIJAN SAVUKAASUJEN LÄMPÖTILAN MUKAAN, KUITENKIN VÄHINTÄÄN T600 MUKAAN (MYÖS PELTIHORMI)

PINTAVESIEN JOHTAMINEN TOTEUTETAAN ERIKOISSUUNNITELMIEN MUKAAN.

PERUSTUKSET RAKENNETAAN ERILLISEN PERUSTUSSUUNNITELMAN MUKAAN.

0,000 = + 12,70 MERENPINNASTA

Kaupunginhosakylä Riiharju	Korttelitila 161	Tontti/Rno 6	Viranomaisten arkistointimerkintöjä varten	
Rakennuslomienpide Uudisrakennus	Rakennuskohteen nimi ja osoite Kastelli-Talot Oy Metsästäjäntie 90540 OULU		Piirustustaji Pääpiirustus	Juoks. nro 2/5
Suunnittelija Jari Haapalahti, Arkkitehti SAFA			Piirustuksen sisältö Pohjapiirustus	Mittakaavat 1:100
Päiväys 01.10.2011		Arkkitehtitoimisto Arkadi Zeteliintie 17B 90440 Kempele p. 0400-681 417	Vastuullinen suunnittelija Petri Ilmarinen, Arkkitehti SAFA	Suunnitteluala ja piirustusnumero Muutos
			ARK 302	



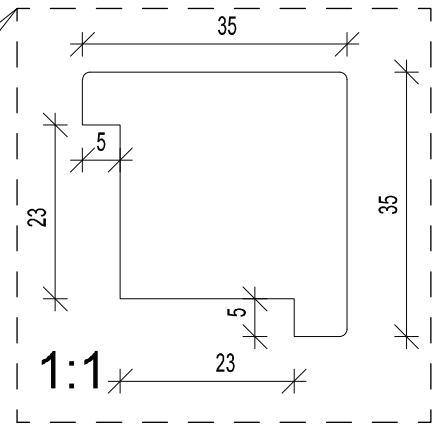
LIITE 8/4

RAKENNELLEIKKAUS 1:20

0,000 = + 12,70 MERENPINNASTA

Kaupunginosa/kylä Ritlaharju	Kortteli/tila 161	Tontti/Rno 6	Viranomaisten arkitointimerkintä varten	
Rakennuslupamenetelmä Uudisrakennus			Piirustustaji Pääpiirustus	Juoks. nro 4/5
Rakennuskohteen nimi ja osoite Kastelli-Talot Oy Metsästäjäntie 90540 OULU			Piirustuksen sisältö Leikkaus A-A, Rakennetyypit 1:100	Mittakaavat
		Suunnittelija Jari Haapalahti, Arkkitehti SAFA		
		Arkkitehtitoimisto Arkadi Zatellintie 17B 90440 Kempele p. 0400-681 417		
Päiväys 01.10.2011	Vastuullinen suunnittelija  Petri Ilmarinen, Arkkitehti SAFA		Suunnitteluala ja piirustusnumero ARK 304	Muutos

ulkokulmalista 35x35



välikalikat 48x147-352 k1200

48x147

32x98

48x147

306

koolaus 32x98 kiinnitys
Koolausruuvi 6x190
(ruuvi Isoverin toimituksessa)

48x147

n.3.1x90 2 kpl k600

sivuseinä

48x97

421

koolaus 32x98 kiinnitys
Koolausruuvi 6x190
(ruuvi Isoverin toimituksessa)

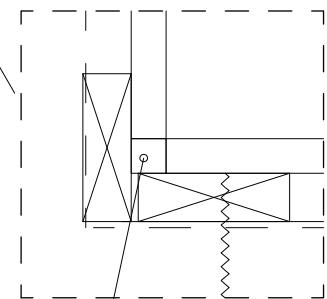
sokkelilinja

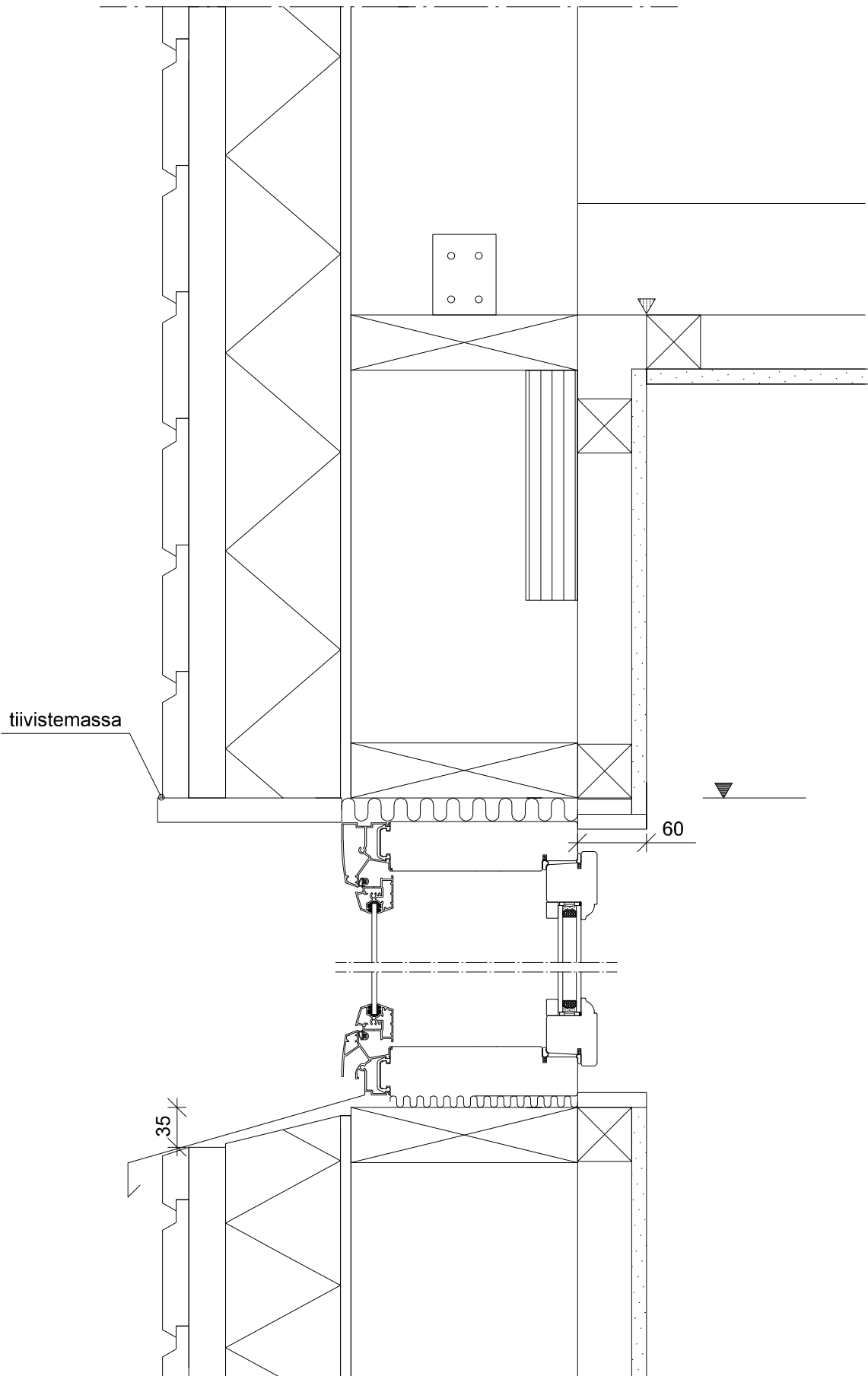
päätyseinä

VERHOUS
SISÄKULMA

421

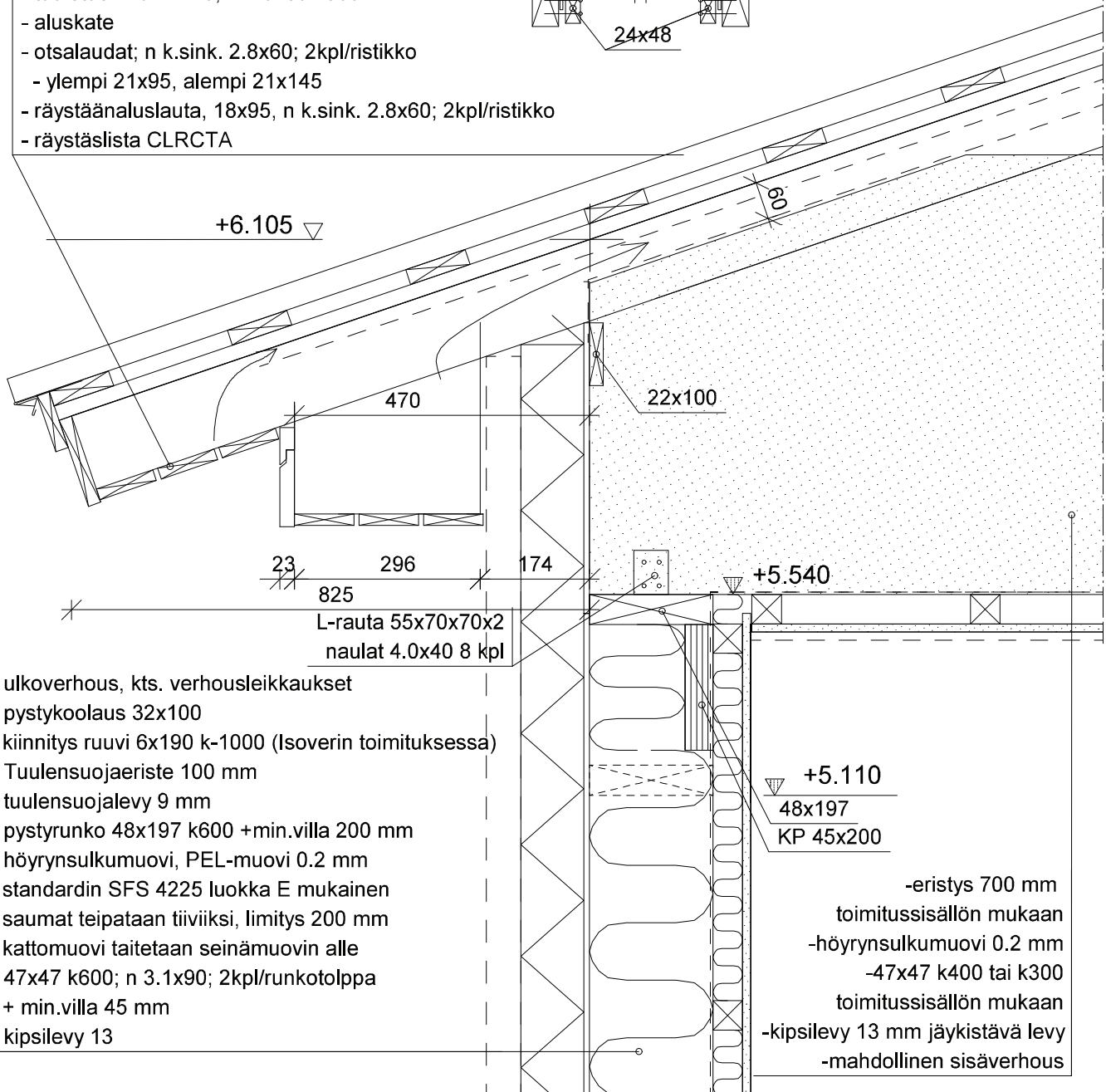
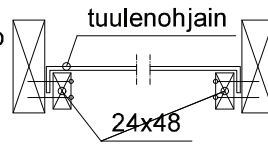
rima kavennetaan
verhouslaudasta



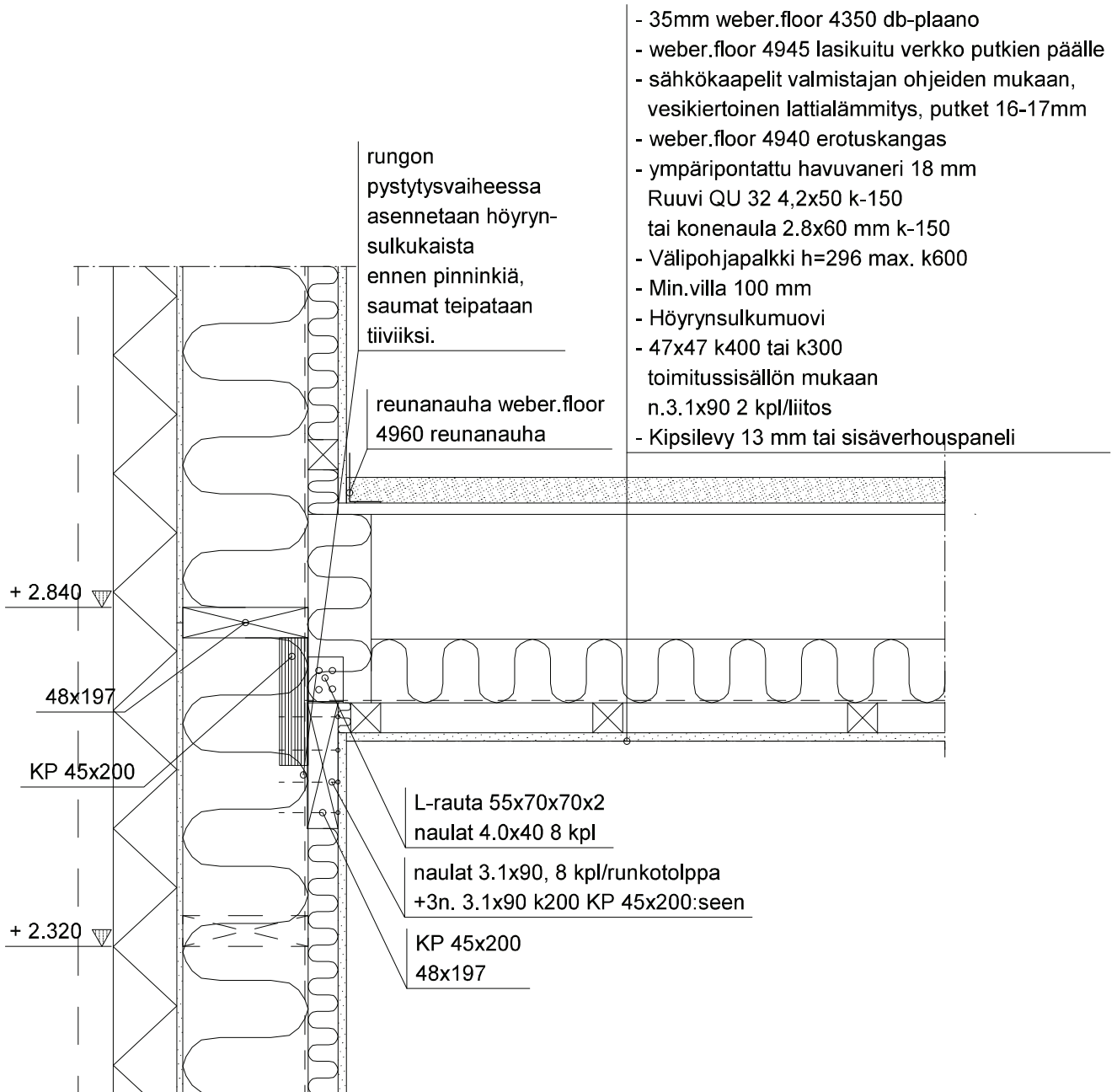


Sivuräystä

- Classic kate, kiinnitys ks. asennusohje
- ruode 25x98; ristikot k 900
ruodejako k300, kiinnitys KS 3.1x90 2 kpl/ristikko
- tuuletusrima 24x48, n 2.8x60 k300
- aluskate
- otsalaudat; n k.sink. 2.8x60; 2kpl/ristikko
- ylempi 21x95, alempi 21x145
- räystäänaluslauta, 18x95, n k.sink. 2.8x60; 2kpl/ristikko
- räystäslista CLRCTA



Välipohja 296, sivuseinä



ROUTASUOJAUS

Mitoituspakkasmäärä F50: 55000 Kh
Perustamissyvyys 0.5 m

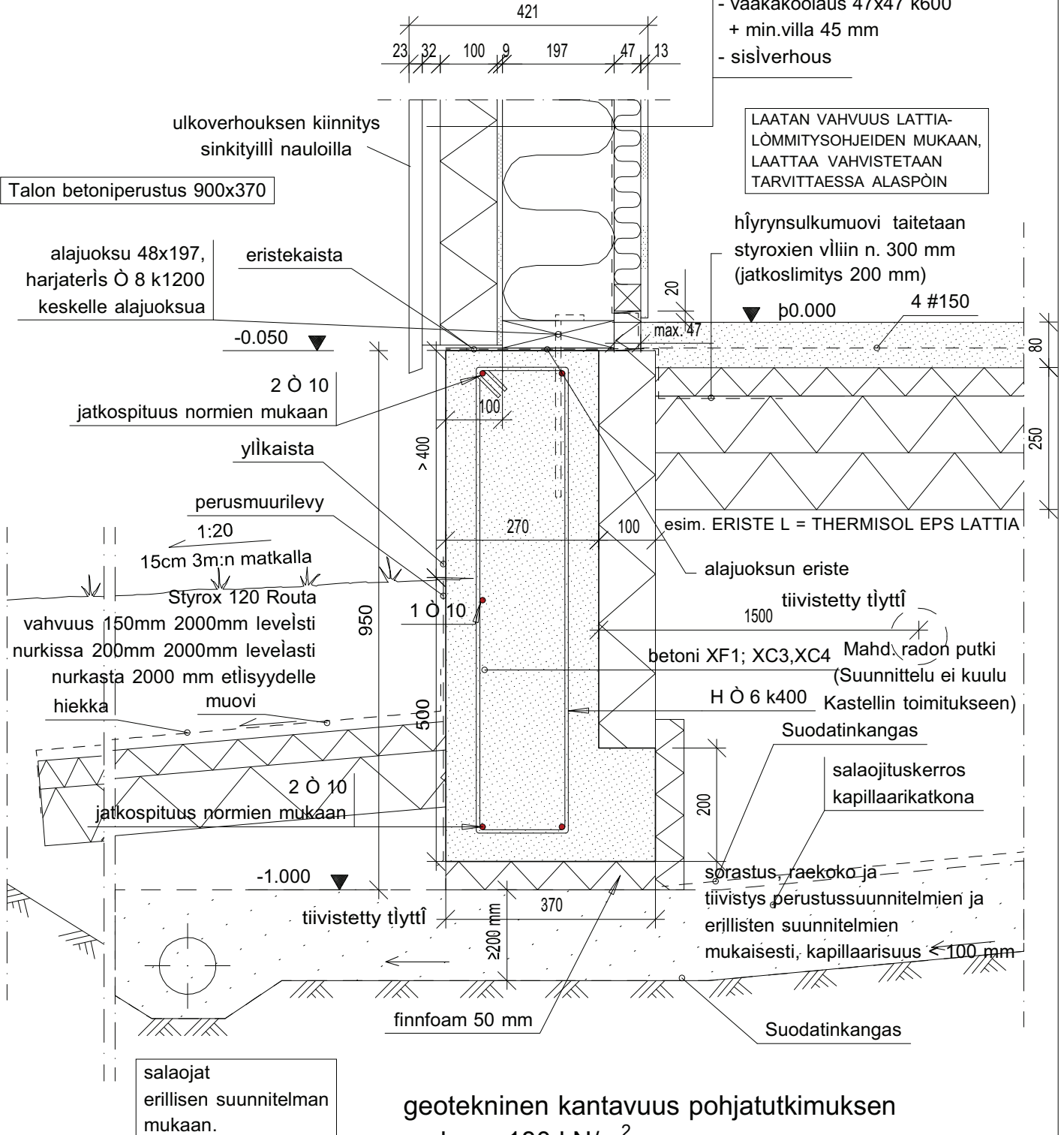
Routaeristys seinustoilla 150 mm
nurkissa 200 mm 2 metrin matkalle
eristeen leveys sokkelista 2 m

- ulkoverhouslauta
- koolaus 32x100 k600
- tuulensuojajeriste RKL Termofix 100 mm
- pystyrunko 48x197 k600
+ min.villa 200 mm
- höyrinsulku, PEL-muovi 0.2 mm
standardin SFS 4225
luokka E mukainen,
saumat teipataan tiiviiksi
- vaakakoolaus 47x47 k600
+ min.villa 45 mm
- sisiverhous

LAATAN VAHUUUS LATTIA-
LÖMMITYSOHJEIDEN MUKAAN,
LAATTA VAHVISTETAAN
TARVITTAESSA ALASPÖIN

höyrinsulkumuovi taitetaan
styroxien väliin n. 300 mm
(jatkoslimitus 200 mm)

▼ b0.000 4 #150



Talon betoniperustus 900x370

ulkoverhouksen kiinnitys
sinkityillä nautoilla

alajuoksu 48x197,
harjateräks Ø 8 k1200
keskelle alajuoksua

eristekaista

-0.050 ▼

2 Ø 10
jatkospituus normien mukaan

yläkaista

perusmuurilevy

1:20

15cm 3m:n matkalla

Styrox 120 Routa

vahvuus 150mm 2000mm levelästi
nurkissa 200mm 2000mm levelästi
nurkasta 2000 mm etäisyydelle
hiekkamuovi

2 Ø 10
jatkospituus normien mukaan

-1.000 ▼

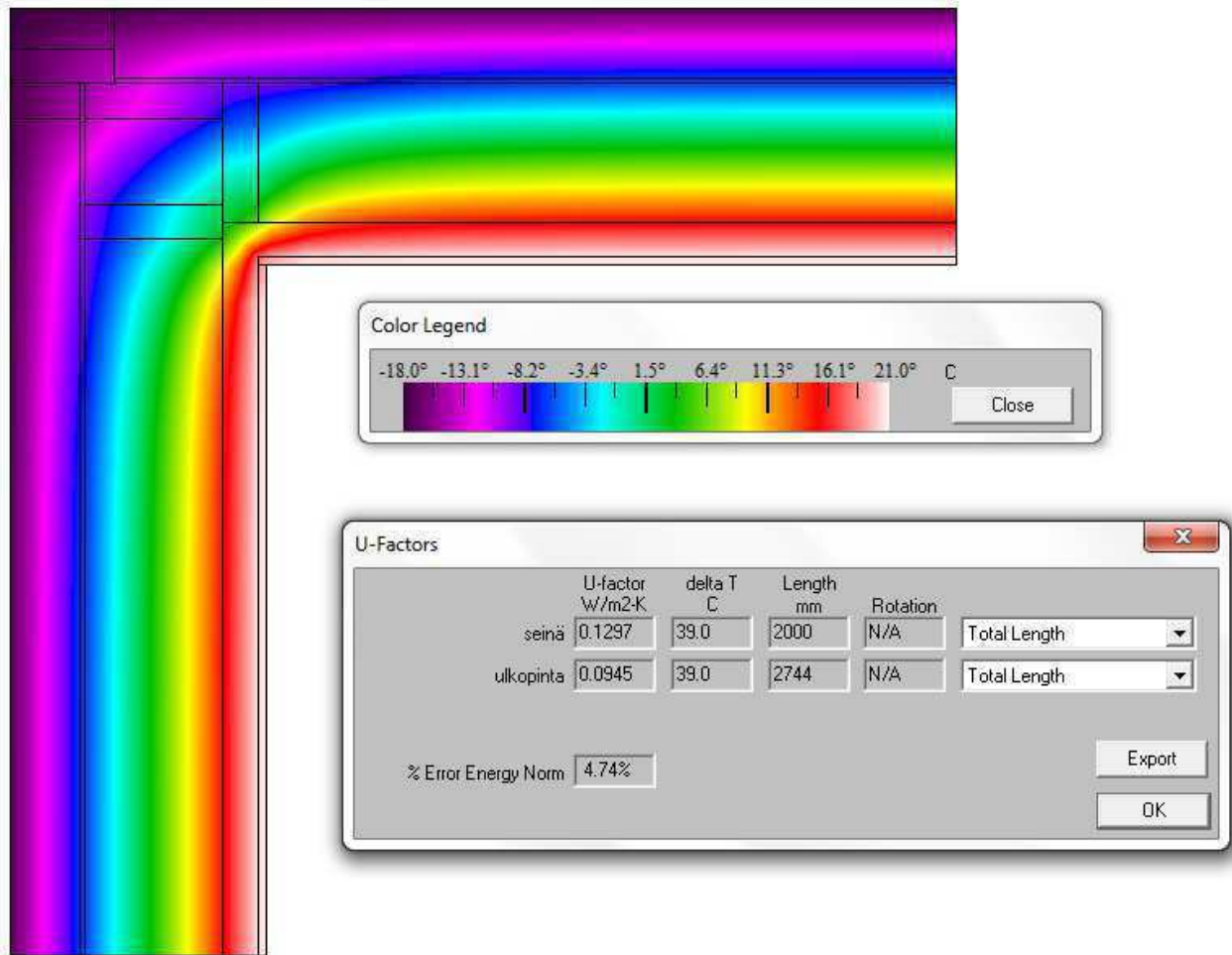
tiivistetty tiilti

finnfoam 50 mm

salaojat
erillisen suunnitelman
mukaan.

geotekninen kantavuus pohjatutkimuksen
mukaan 180 kN/m²

Ulkoseinien ulkonurkkaliitos



Kylmäsilan psi-arvo:

$$\Psi = U_{\text{simuloitu}} * l_{\text{sisä}} - U_{\text{laskettu}} * l_{\text{ulko}}$$

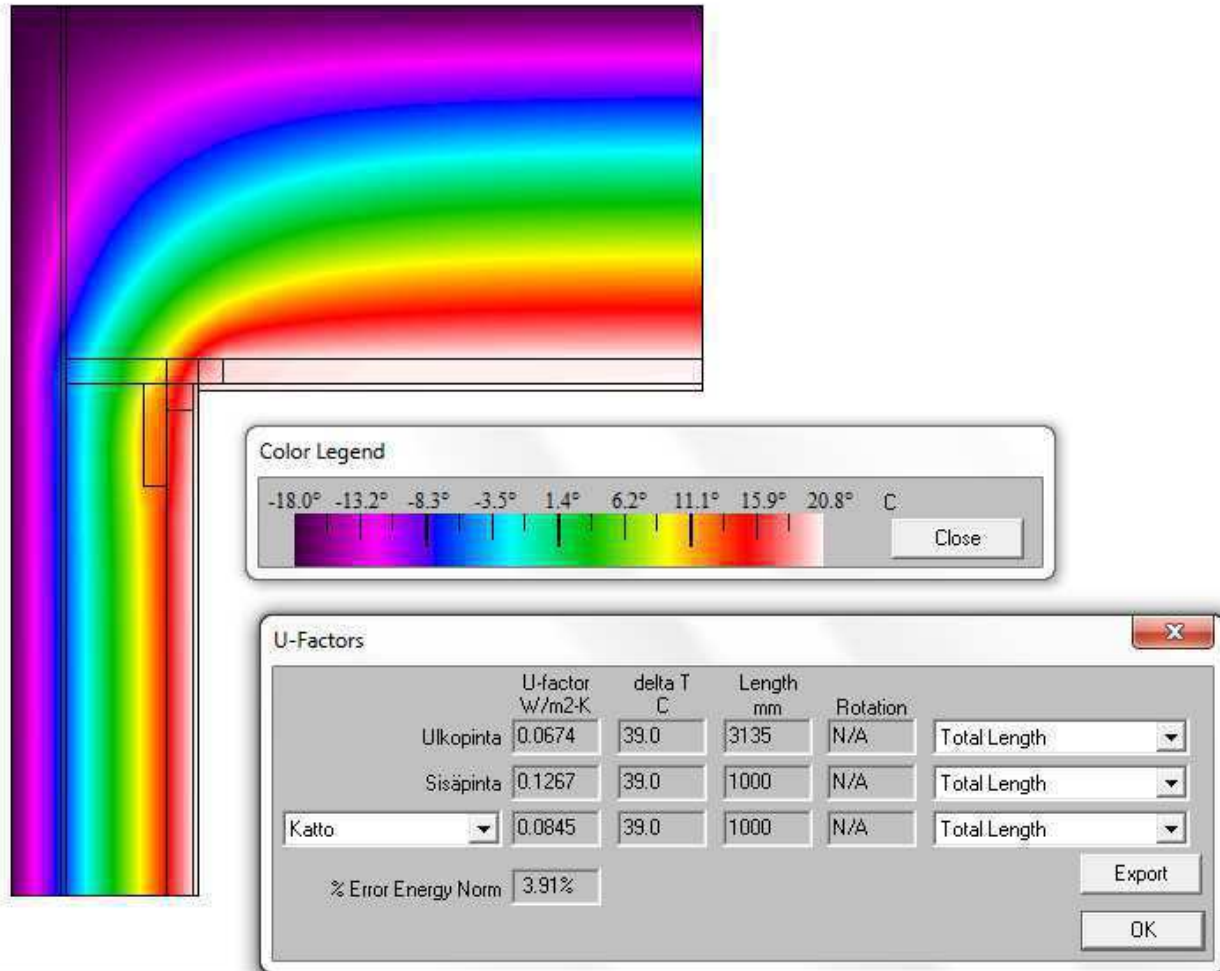
$$\Psi = 0,1297 \text{ W/m}^2\text{K} * 2\text{m} - 0,111 \text{ W/m}^2\text{K} * 2,744\text{m} = - 0,04518 \text{ W/mK}$$

Viivamaisen kylmäsilan pituus: 22 m

Ulkoseinien ulkonurkkaliitoksien yhteen laskettu vaikutus koko rakennuksen vaipan lämpöhäviöihin on – 143 kWh/a.

Building Element	Temperature Zone	Area m ²	U-Value W/(m ² K)	Temp. Factor f _t	G _t kWh/a	kWh/a
Exterior TB (length/m)	A	22,0	-0,045	1,00	144,0	-143

Ulkoseinän ja yläpohjan liitos



Kylmäsiirton psi-arvo:

$$\Psi = U_{\text{simuloitu1}} * I_{\text{sisä1}} + U_{\text{simuloitu2}} * I_{\text{sisä2}} - U_{\text{laskettu1}} * I_{\text{ulko1}} - U_{\text{laskettu2}} * I_{\text{ulko2}}$$

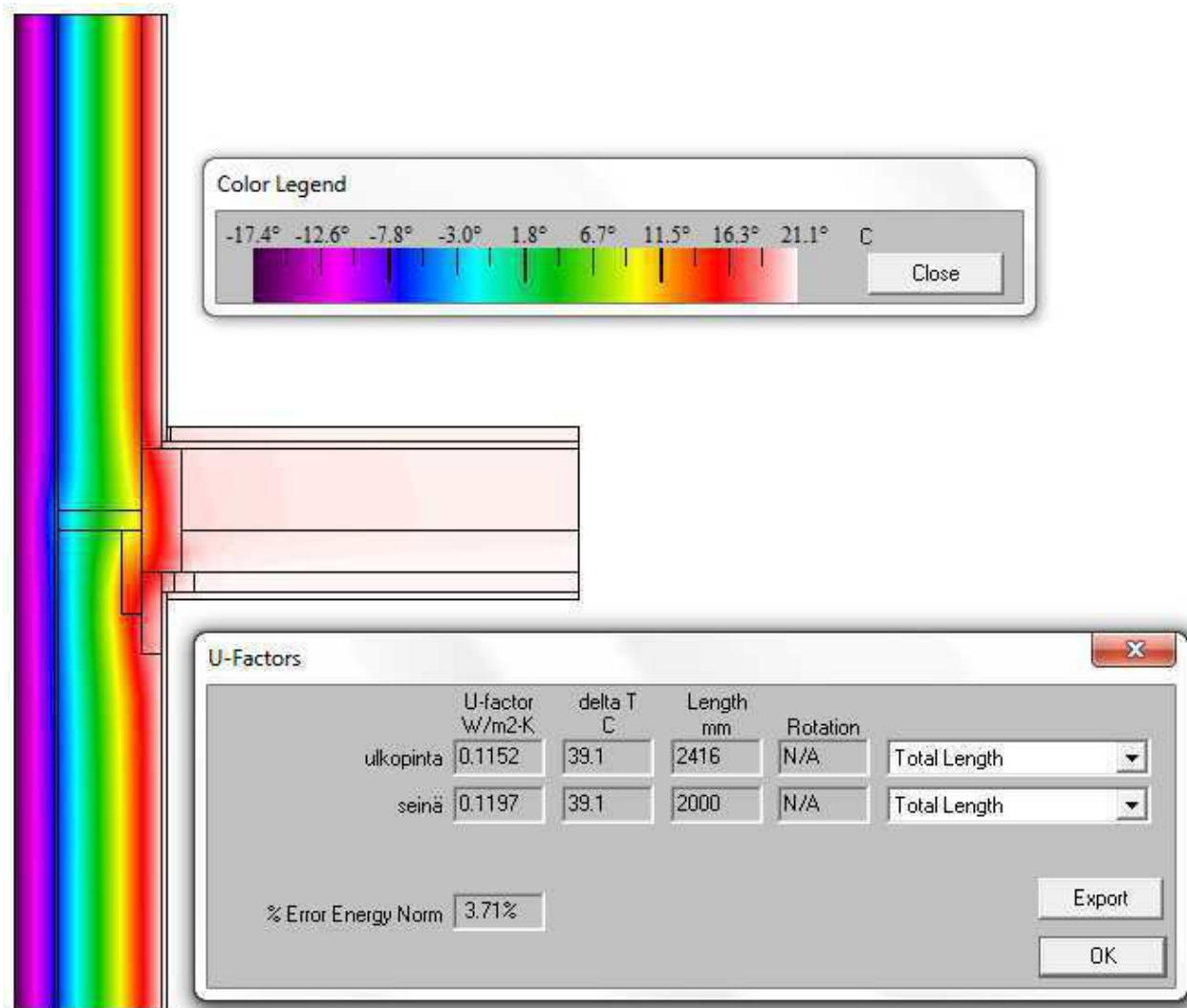
$$\Psi = 0,0845 \text{ W/m}^2\text{K} * 1\text{m} + 0,1267 \text{ W/m}^2\text{K} * 1\text{m} - (0,058 \text{ W/m}^2\text{K} * 1,372\text{m} + 0,111 \text{ W/m}^2\text{K} * 1,763) = -0,064 \text{ W/mK}$$

Yläpohjan kylmäsiirton pituus: 39,8m

Ulkoseinien ja yläpohjan liitoksien yhteen laskettu vaikutus koko rakennuksen vaipan lämpöhäviöihin on -367 kWh/a.

Building Element	Temperature Zone	Area m ²	U-Value W/m ² K	Temp. Factor f _t	G _t kWh/a	kWh/a
Exterior TB (length/m)	A	39,8	-0,064	1,00	144,0	-367

Ulkoseinän ja välipohjan liitos



$$\Psi = U_{\text{simuloitu}} \cdot l_{\text{sisä}} - U_{\text{laskettu}} \cdot l_{\text{lulko}}$$

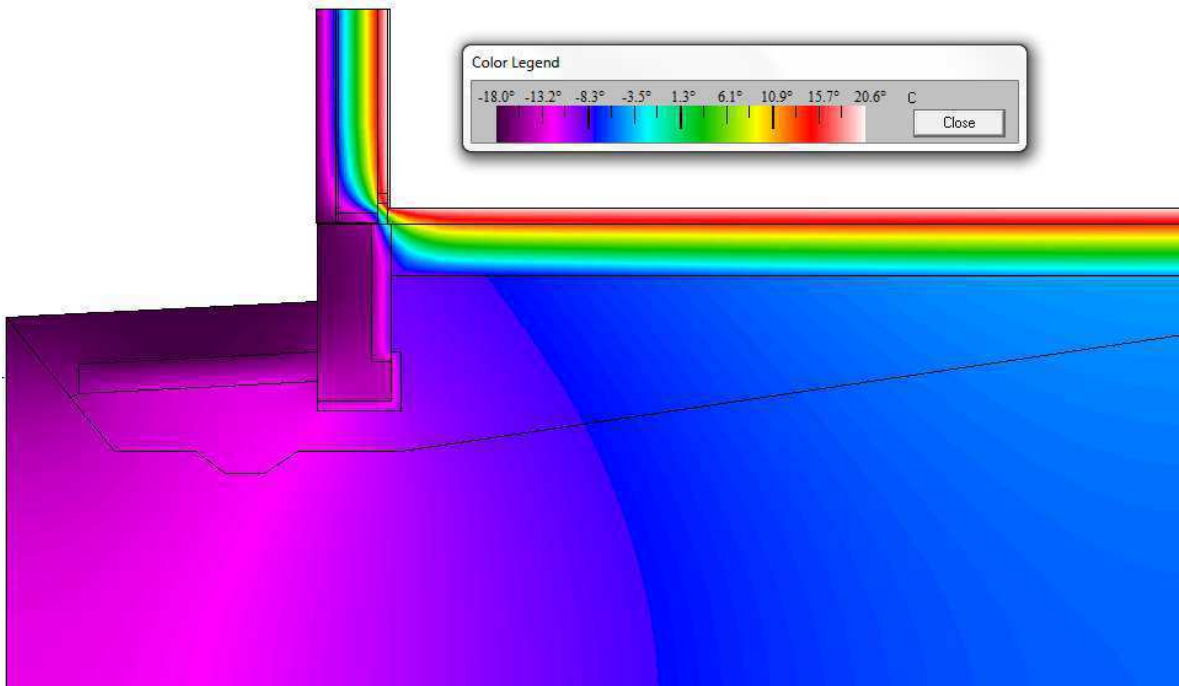
$$\Psi = 0,1197 \text{ W/m}^2\text{K} \cdot 2\text{m} - 0,111 \text{ W/m}^2\text{K} \cdot 2,416\text{m} = -0,0288 \text{ W/mK}$$

Viivamaisen kylmäsiirran pituus: 34,4 m

Ulkoseinien ja välipohjan liitoksien yhteen laskettu vaikutus koko rakennuksen vaipan lämpöhäviöihin on -143 kWh/a.

Building Element	Temperature Zone	Area m ²	U-Value W/m ² K	Temp. Factor f _t	G _t kWh/a	kWh/a
Exterior TB (length/m)	A	34,4	-0,029	1,00	144,0	-143

Alapohjan ja ulkoseinän liitos



	U-factor W/m ² -K	delta T C	Length mm	Rotation	
Ulkopinta	0.1451	39.0	3053.19	N/A	Total Length
lattia	0.0742	39.0	4000	N/A	Total Length
seinä	0.1460	39.0	1000	N/A	Total Length
% Error Energy Norm		6.75%		Export	
OK					

$$\Psi = U_{\text{simuloitu}} * I_{\text{sisä}} - U_{\text{laskettu1}} * I_{\text{ulko1}} - U_{\text{laskettu2}} * I_{\text{ulko2}}$$

$$\Psi = 0,1460 \text{ W/m}^2\text{K} * 1\text{m} + 0,074 \text{ W/m}^2\text{K} * 4\text{m} - (0,111 \text{ W/m}^2\text{K} * 1,34\text{m} + 0,1 \text{ W/m}^2\text{K} * 4,363) = -0,1422 \text{ W/mK}$$

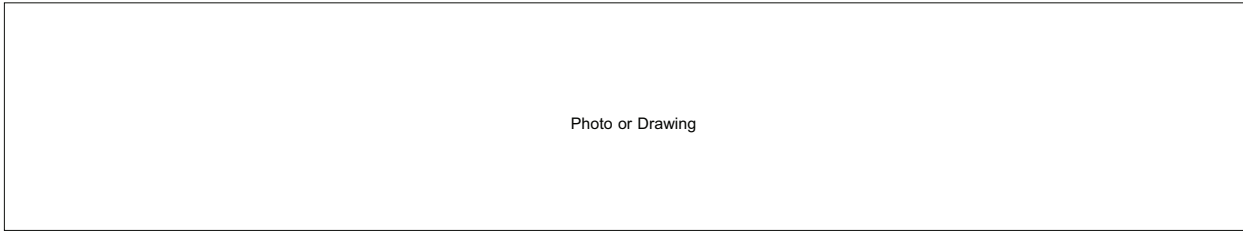
Viivamaisen kylmäsiirtotarkan pituus: 39,8m

Ulkoseinien ja alapohjan liitoksien yhteen laskettu vaikutus koko rakennuksen vaipan lämpöhäviöihin on -547 kWh/a.

Building Element	Temperature Zone	Area m ²	U-Value W/(m ² K)	Temp. Factor f _t	G _t kWh/a	kWh/a
Perimeter TB (length/m)	P	39,8	-0,142	0,67	144,0	= -547

Passive House Verification

LIITE 10/1



Building:	Kastelli		
Location and Climate:	Oulu	Oulu	
Street:	Metsästäjätie		
Postcode/City:			
Country:			
Building Type:			
Home Owner(s) / Client(s):			
Street:			
Postcode/City:			
Architect:			
Street:			
Postcode/City:			
Mechanical System:			
Street:			
Postcode/City:			
Year of Construction:	2012		
Number of Dwelling Units:		Interior Temperature:	21,0 °C
Enclosed Volume V_e :	751,0 m ³	Internal Heat Gains:	2,1 W/m ²
Number of Occupants:	4,3		

Specific Demands with Reference to the Treated Floor Area					
	Treated Floor Area:	Applied:	Monthly Method	PH Certificate:	Fulfilled?
	151,8 m ²				
Specific Space Heat Demand:		64	kWh/(m²a)	15 kWh/(m²a)	No
Pressurization Test Result:		0,6	h⁻¹	0,6 h ⁻¹	Yes
Specific Primary Energy Demand (DHW, Heating, Cooling, Auxiliary and Household Electricity):			kWh/(m²a)	120 kWh/(m ² a)	
Specific Primary Energy Demand (DHW, Heating and Auxiliary Electricity):			kWh/(m²a)		
Specific Primary Energy Demand Energy Conservation by Solar Electricity:			kWh/(m²a)		
Heating Load:		31	W/m²		
Frequency of Overheating:		42	%	over 25 °C	
Specific Useful Cooling Energy Demand:			kWh/(m²a)	15 kWh/(m ² a)	
Cooling Load:		12	W/m²		

We confirm that the values given herein have been determined following the PHPP methodology and based on the characteristic values of the building. The calculations with PHPP are attached to this application.

Issued on:

signed:

Passive House Planning AREAS DETERMINATION

LIITE 10/2

Building: **Kastelli**

Heat Demand **64** kWh/(m²a)

Summary						Building Element Overview	Average U-Value [W/(m²K)]	
Group Nr.	Area Group	Temp Zone	Area	Unit	Comments			
1	Treated Floor Area		151,82	m²	Living area or useful area within the thermal envelope			
2	North Windows	A	1,57	m²	Results are from the Windows worksheet.	North Windows	1,162	
3	East Windows	A	11,10	m²		East Windows	0,888	
4	South Windows	A	1,57	m²		South Windows	1,162	
5	West Windows	A	17,91	m²		West Windows	0,762	
6	Horizontal Windows	A	0,00	m²		Horizontal Windows		
7	Exterior Door	A	9,66	m²		Please subtract area of door from respective building element	Exterior Door	0,800
8	Exterior Wall - Ambient	A	240,08	m²		Window areas are subtracted from the individual areas specified in the "Windows" worksheet.	Exterior Wall - Ambient	0,111
9	Exterior Wall - Ground	B	0,00	m²		Temperature Zone "A" is ambient air.	Exterior Wall - Ground	
10	Roof/Ceiling - Ambient	A	107,34	m²		Temperature zone "B" is the ground.	Roof/Ceiling - Ambient	0,058
11	Floor Slab	B	96,60	m²			Floor Slab	0,100
12			0,00	m²		Temperature zones "A", "B", "P" and "X" may be used. NOT "I"		
13			0,00	m²		Temperature zones "A", "B", "P" and "X" may be used. NOT "I"		
14		X	0,00	m²		Temperature zone "X": Please provide user-defined reduction factor (0 < f, < 1):	Factor for X	75 %
						Thermal Bridge Overview	γ [W/(mK)]	
15	Thermal Bridges Ambient	A	96,20	m	Units in m	Thermal Bridges Ambient	-0,047	
16	Perimeter Thermal Bridges	P	39,80	m	Units in m; temperature zone "P" is perimeter (see Ground worksheet).	Perimeter Thermal Bridges	-0,142	
17	Thermal Bridges Floor Slab	B	0,00	m	Units in m	Thermal Bridges Floor Slab		
18	Partition Wall to Neighbour	I	0,00	m²	No heat losses, only considered for the heat load calculation.	Partition Wall to Neighbour		
Total Thermal Envelope						Average Therm. Envelope	0,138	

Area Input											Selection of the Corresponding Building Element Assembly	Nr.	U-Value [W/(m²K)]						
Area Nr.	Building Element Description	Group Nr.	Assigned to Group	Quantity	x	a [m]	x	b [m]	+	User-Determined [m²]	-	User Subtraction [m²]	-	Subtraction Window Areas [m²]	=	Area [m²]			
	Treated Floor Area	1	Treated Floor Area	1	x		x		+		-		-		=	0,0			
	North Windows	2	North Windows	1	x		x		+		-		-		=	1,6		1,162	
	East Windows	3	East Windows	1	x		x		+		-		-		=	11,1		0,888	
	South Windows	4	South Windows	1	x		x		+		-		-		=	1,6		1,162	
	West Windows	5	West Windows	1	x		x		+		-		-		=	17,9		0,762	
	Horizontal Windows	6	Horizontal Windows	1	x		x		+		-		-		=	0,0		0,000	
	Exterior Door	7	Exterior Door	1	x		x		+	9,66	-		-		=	9,7		0,800	
	Please complete in Windows worksheet only!																		
1	Julkisivu etelään	8	Exterior Wall - Ambient	1	x	9,14	x	6,59	+		-		-	1,6	=	58,7	Ulkoseinä	1	0,111
2	Julkisivu pohjoiseen	8	Exterior Wall - Ambient	1	x	9,14	x	6,59	+		-	1,89	-	1,6	=	56,8	Ulkoseinä	1	0,111
3	Julkisivu länteen	8	Exterior Wall - Ambient	1	x	12,24	x	6,59	+		-	5,88	-	17,9	=	56,9	Ulkoseinä	1	0,111
4	Julkisivu itään	8	Exterior Wall - Ambient	1	x	12,24	x	6,59	+		-	1,89	-	11,1	=	67,7	Ulkoseinä	1	0,111
5				1	x		x		+		-		-		=	0,0			
6	Yläpohja	10	Roof/Ceiling - Ambient	1	x	12,03	x	8,93	+		-		-	0,0	=	107,3	Yläpohja	2	0,058
7	Alapohja	11	Floor Slab	1	x	11,50	x	8,40	+		-		-	0,0	=	96,6	Alapohja	3	0,100
8				1	x		x		+		-		-	0,0	=				
9	1.krs. Pesuhuone	1	Treated Floor Area	1	x		x		+	4,70	-		-	0,0	=	4,7			
10	1.krs. Sauna	1	Treated Floor Area	1	x		x		+	4,40	-		-	0,0	=	4,4			
11	1.krs. KHH	1	Treated Floor Area	1	x		x		+	7,30	-		-	0,0	=	7,3			
12	1.krs. Keittiö	1	Treated Floor Area	1	x		x		+	8,26	-		-	0,0	=	8,3			
13	1.krs. Ruokailu	1	Treated Floor Area	1	x		x		+	9,13	-		-	0,0	=	9,1			
14	1.krs. OH	1	Treated Floor Area	1	x		x		+	25,10	-		-	0,0	=	25,1			
15	1.krs. ET	1	Treated Floor Area	1	x		x		+	10,50	-		-	0,0	=	10,5			
16	1.krs. WC	1	Treated Floor Area	1	x		x		+	1,80	-		-	0,0	=	1,8			
17	1.krs. Tekninen	1	Treated Floor Area	1	x		x		+	2,10	-		-	0,0	=	2,1			
18	1.krs. Vieras MH	1	Treated Floor Area	1	x		x		+	9,20	-		-	0,0	=	9,2			
19				1	x		x		+		-		-	0,0	=				
20	2.krs. Aula	1	Treated Floor Area	1	x		x		+	11,97	-		-	0,0	=	12,0			
21	2.krs. KH	1	Treated Floor Area	1	x		x		+	4,60	-		-	0,0	=	4,6			
22	2.krs. VH	1	Treated Floor Area	1	x		x		+	3,78	-		-	0,0	=	3,8			
23	2.krs. MH1	1	Treated Floor Area	1	x		x		+	10,59	-		-	0,0	=	10,6			
24	2.krs. MH2	1	Treated Floor Area	1	x		x		+	13,38	-		-	0,0	=	13,4			
25	2.krs. MH3	1	Treated Floor Area	1	x		x		+	11,16	-		-	0,0	=	11,2			
26	2.krs. MH4	1	Treated Floor Area	1	x		x		+	13,85	-		-	0,0	=	13,9			
27				1	x		x		+		-		-	0,0	=				
28				1	x		x		+		-		-	0,0	=				
29				1	x		x		+		-		-	0,0	=				
30				1	x		x		+		-		-	0,0	=				
31				1	x		x		+		-		-	0,0	=				
32				1	x		x		+		-		-	0,0	=				
33				1	x		x		+		-		-	0,0	=				
34				1	x		x		+		-		-	0,0	=				
35				1	x		x		+		-		-	0,0	=				
36				1	x		x		+		-		-	0,0	=				
37				1	x		x		+		-		-	0,0	=				
38				1	x		x		+		-		-	0,0	=				
39				1	x		x		+		-		-	0,0	=				
40				1	x		x		+		-		-	0,0	=				
41				1	x		x		+		-		-	0,0	=				
42				1	x		x		+		-		-	0,0	=				
43				1	x		x		+		-		-	0,0	=				
44				1	x		x		+		-		-	0,0	=				
45				1	x		x		+		-		-	0,0	=				
46				1	x		x		+		-		-	0,0	=				
47				1	x		x		+		-		-	0,0	=				
48				1	x		x		+		-		-	0,0	=				
49				1	x		x		+		-		-	0,0	=				
50				1	x		x		+		-		-	0,0	=				
FLend																			

Passive House Planning AREAS DETERMINATION

LIITE 10/3

Building: **Kastelli**

Heat Demand **64** kWh/(m²a)

Summary						Building Element Overview	Average U-Value [W/(m²K)]
Group Nr.	Area Group	Temp Zone	Area	Unit	Comments		
1	Treated Floor Area		151,82	m²	Living area or useful area within the thermal envelope		
2	North Windows	A	1,57	m²	Results are from the Windows worksheet.	North Windows	1,162
3	East Windows	A	11,10	m²		East Windows	0,888
4	South Windows	A	1,57	m²		South Windows	1,162
5	West Windows	A	17,91	m²		West Windows	0,762
6	Horizontal Windows	A	0,00	m²		Horizontal Windows	
7	Exterior Door	A	9,66	m²		Please subtract area of door from respective building element	Exterior Door	0,800
8	Exterior Wall - Ambient	A	240,08	m²	Window areas are subtracted from the individual areas specified in the "Windows" worksheet.	Exterior Wall - Ambient	0,111
9	Exterior Wall - Ground	B	0,00	m²	Temperature Zone "A" is ambient air.	Exterior Wall - Ground	
10	Roof/Ceiling - Ambient	A	107,34	m²	Temperature zone "B" is the ground.	Roof/Ceiling - Ambient	0,058
11	Floor Slab	B	96,60	m²		Floor Slab	0,100
12			0,00	m²	Temperature zones "A", "B", "P" and "X" may be used. NOT "I"		
13			0,00	m²	Temperature zones "A", "B", "P" and "X" may be used. NOT "I"		
14		X	0,00	m²	Temperature zone "X": Please provide user-defined reduction factor (0 < f, < 1):	Factor for X	75 %
						Thermal Bridge Overview	Y [W/(mK)]
15	Thermal Bridges Ambient	A	96,20	m	Units in m	Thermal Bridges Ambient	-0,047
16	Perimeter Thermal Bridges	P	39,80	m	Units in m; temperature zone "P" is perimeter (see Ground worksheet).	Perimeter Thermal Bridges	-0,142
17	Thermal Bridges Floor Slab	B	0,00	m	Units in m	Thermal Bridges Floor Slab	
18	Partition Wall to Neighbour	I	0,00	m²	No heat losses, only considered for the heat load calculation.	Partition Wall to Neighbour	
Total Thermal Envelope						485,84	0,138

Thermal Bridge Inputs											
Nr. of Thermal Bridge	Thermal Bridge Description	Group Nr.	Assigned to Group	Quantity	User Determined Length [m]	Subtraction User-Determined Length [m]	=	Length [m]	Input of Thermal Bridge Heat Loss Coefficient W/(mK)	Y W/(mK)	
1	Ulkoseinän nurkkaliitos	15	Thermal Bridges Ambient	4	x (5,50	-	)	22,00	Ulkoseinän nurkkaliitos	-0,045
2	Ulkoseinän ja yläpohjan liitos	15	Thermal Bridges Ambient	1	x (39,80	-	)	39,80	Ulkoseinän ja yläpohjan liitos	-0,064
3	Ulkoseinän ja välipohjan liitos	15	Thermal Bridges Ambient	1	x (34,40	-	)	34,40	Ulkoseinän ja välipohjan liitos	-0,029
4	Ulkoseinän ja alapohjan liitos	16	Perimeter Thermal Bridges	1	x (39,80	-	)	39,80	Ulkoseinän ja alapohjan liitos	-0,142
5					x (-)				
6					x (-)				
7					x (-)				
8					x (-)				
9					x (-)				
10					x (-)				
11					x (-)				
12					x (-)				
13					x (-)				
14					x (-)				
15					x (-)				
16					x (-)				
17					x (-)				
18					x (-)				
19					x (-)				
20					x (-)				
21					x (-)				
22					x (-)				
23					x (-)				
24					x (-)				
25					x (-)				
26					x (-)				
27					x (-)				
28					x (-)				
29					x (-)				
30					x (-)				
31					x (-)				
32					x (-)				
33					x (-)				
34					x (-)				
35					x (-)				
36					x (-)				
37					x (-)				
38					x (-)				
39					x (-)				
40					x (-)				
41					x (-)				
42					x (-)				
43					x (-)				
44					x (-)				
45					x (-)				
46					x (-)				
47					x (-)				
48					x (-)				
49					x (-)				
50					x (-)				
TBend											

Passive House Planning

U-VALUES OF BUILDING ELEMENTS

LIITE 10/4

Building:

Wedge Shaped Building Element Layers and
Still Air Spaces -> Secondary Calculation to the Right

1	Ulkoseinä					
Assembly No. Building Assembly Description						
Heat Transfer Resistance [m²K/W] interior R _{si} : <input type="text" value="0,13"/>						
exterior R _{se} : <input type="text" value="0,13"/>						
Total Width						
Area Section 1	I [W/(mK)]	Area Section 2 (optional)	I [W/(mK)]	Area Section 3 (optional)	I [W/(mK)]	Total Width
Thickness [mm]						
1.	Tuulensuojaeriste	0,031				100
2.	Tuulensuojalevy	0,250				9
3.	Mineraalivilla	0,041	Puu	0,120		200
4.	Mineraalivilla	0,041		Puu	0,120	50
5.	Kipsilevy	0,210				13
6.						
7.						
8.						
		Percentage of Sec. 2		Percentage of Sec. 3		Total
		<input type="text" value="8,3 %"/>		<input type="text" value="8,3 %"/>		<input type="text" value="37,2 cm"/>
U-Value: <input style="width: 80px;" type="text" value="0,111"/> W/(m²K)						

2	Yläpohja					
Assembly No. Building Assembly Description						
Heat Transfer Resistance [m²K/W] interior R _{si} : <input type="text" value="0,10"/>						
exterior R _{se} : <input type="text" value="0,04"/>						
Total Width						
Area Section 1	I [W/(mK)]	Area Section 2 (optional)	I [W/(mK)]	Area Section 3 (optional)	I [W/(mK)]	Total Width
Thickness [mm]						
1.	Puhallusvilla	0,041				700
2.						
3.						
4.						
5.						
6.						
7.						
8.						
		Percentage of Sec. 2		Percentage of Sec. 3		Total
		<input style="width: 60px;" type="text" value=""/>		<input style="width: 60px;" type="text" value=""/>		<input type="text" value="70,0 cm"/>
U-Value: <input style="width: 80px;" type="text" value="0,058"/> W/(m²K)						

3	Alapohja					
Assembly No. Building Assembly Description						
Heat Transfer Resistance [m²K/W] interior R _{si} : <input type="text" value="0,17"/>						
exterior R _{se} : <input type="text" value="0,04"/>						
Total Width						
Area Section 1	I [W/(mK)]	Area Section 2 (optional)	I [W/(mK)]	Area Section 3 (optional)	I [W/(mK)]	Total Width
Thickness [mm]						
1.	Betonilaatta	1,700				80
2.	Lämmöneriste	0,035				260
3.	Salaojakerros	0,130				300
4.						
5.						
6.						
7.						
8.						
		Percentage of Sec. 2		Percentage of Sec. 3		Total
		<input style="width: 60px;" type="text" value=""/>		<input style="width: 60px;" type="text" value=""/>		<input type="text" value="64,0 cm"/>
U-Value: <input style="width: 80px;" type="text" value=""/>						

Passive House Planning

U-VALUES OF BUILDING ELEMENTS

LIITE 10/4

Building:

Wedge Shaped Building Element Layers and
Still Air Spaces -> Secondary Calculation to the Right

U-Value: W/(m²K)

4

Assembly No. Building Assembly Description

Heat Transfer Resistance [m²K/W] interior R_{si}:
exterior R_{se}:

Area Section 1	I [W/(mK)]	Area Section 2 (optional)	I [W/(mK)]	Area Section 3 (optional)	I [W/(mK)]	Total Width Thickness [mm]
1.						
2.						
3.						
4.						
5.						
6.						
7.						
8.						
Percentage of Sec. 2			Percentage of Sec. 3		Total	
<input type="text"/>			<input type="text"/>		<input style="background-color: #d9ead3;" type="text"/> cm	

U-Value: W/(m²K)

5

Assembly No. Building Assembly Description

Heat Transfer Resistance [m²K/W] interior R_{si}:
exterior R_{se}:

Area Section 1	I [W/(mK)]	Area Section 2 (optional)	I [W/(mK)]	Area Section 3 (optional)	I [W/(mK)]	Total Width Thickness [mm]
1.						
2.						
3.						
4.						
5.						
6.						
7.						
8.						
Percentage of Sec. 2			Percentage of Sec. 3		Total	
<input type="text"/>			<input type="text"/>		<input style="background-color: #d9ead3;" type="text"/> cm	

U-Value: W/(m²K)

6

Assembly No. Building Assembly Description

Heat Transfer Resistance [m²K/W] interior R_{si}:
exterior R_{se}:

Area Section 1	I [W/(mK)]	Area Section 2 (optional)	I [W/(mK)]	Area Section 3 (optional)	I [W/(mK)]	Total Width Thickness [mm]
1.						
2.						
3.						
4.						
5.						
6.						
7.						
8.						
Percentage of Sec. 2			Percentage of Sec. 3		Total	
<input type="text"/>			<input type="text"/>		<input type="text"/> cm	

Passive House Planning

LIITE 10/5

HEAT LOSSES VIA THE GROUND

Ground Characteristics				Climate Data			
Thermal Conductivity	I	2,0	W/(mK)	Av. Indoor Temp. Winter	T _i	21,0	C
Heat Capacity	rc	2,0	MJ/(m³K)	Av. Indoor Temp. Summer	T _i	25,0	C
Periodic Penetration Depth	d	3,17	m	Average Ground Surface Temperature	T _{g,ave}	2,6	C
				Amplitude of T _{g,ave}	T _{g,Δ}	17,9	C
				Length of the Heating Period	n	6,7	months
				Heating Degree Hours - Exterior	G _i	139,1	kKh/a

Building Data				Floor Slab U-Value			
Floor Slab Area	A	96,6	m²	Floor Slab U-Value	U _f	0,100	W/(m²K)
Floor Slab Perimeter	P		m	Thermal Bridges at Floor Slab	Y _{B'} I	0,00	W/K
Charact. Dimension of Floor Slab	B'	#DIV/0!	m	Floor Slab U-Value incl. TB	U _{f'}	0,100	W/(m²K)
				Eq. Thickness Floor	d _f	20,0	m

Floor Slab Type (select only one)			
<input type="checkbox"/>	Heated Basement or Underground Floor Slab	<input type="checkbox"/>	Unheated basement
<input type="checkbox"/>	Slab on Grade	<input type="checkbox"/>	Suspended Floor

For Basement or Underground Floor Slab				For Suspended Floor			
Basement Depth	z		m	U-Value Belowground Wall	U _{wB}		W/(m²K)
Additionally for Unheated Basements				Height Aboveground Wall	h		m
Air Change Unheated Basement	n	0,20	h ⁻¹	U-Value Aboveground Wall	U _w		W/(m²K)
Basement Volume	V		m³	U-Value Basement Floor Slab	U _B		W/(m²K)

For Perimeter Insulation for Slab on Grade				For Suspended Floor			
Perimeter Insulation Width/Depth	D		m	U-Value Crawl Space	U _{Crawl}		W/(m²K)
Perimeter Insulation Thickness	d _n		m	Height of Crawl Space Wall	h		m
Conductivity Perimeter Insulation	I _n		W/(mK)	U-Value Crawl Space Wall	U _w		W/(m²K)
Location of the Perimeter Insulation	horizontal	<input type="checkbox"/>		Area of Ventilation Openings	eP		m²
(check only one field)	vertical	<input type="checkbox"/>		Wind Velocity at 10 m Height	v	4,0	m/s
				Wind Shield factor	f _w	0,05	-

Additional Thermal Bridge Heat Losses at Perimeter				Steady-State Fraction			
Phase Shift	b		months	Steady-State Fraction	Y _{P,stat} *I	-5,660	W/K
				Harmonic Fraction	Y _{P,harm} *I	-5,660	W/K

Groundwater Correction				Transm. Belowground El. (w/o Ground)			
Depth of the Groundwater Table	z _w	3,0	m	Transm. Belowground El. (w/o Ground)	L _{req}	-5,66	W/K
Groundwater Flow Rate	q _w	0,05	m/d	Relative Insulation Standard	d/B'	#DIV/0!	-
Groundwater Correction Factor	G _w		-	Relative Groundwater Depth	z _w /B'	#DIV/0!	-
				Relative Groundwater Velocity	I/B'	#DIV/0!	-

Basement or Underground Floor Slab				Unheated Basement			
Eq. Thickness Floor Slab	d _f		m	Steady-State Transmittance	L _S		W/K
U-Value Floor Slab	U _{bf}		W/(m²K)	Phase Shift	b		months
Eq. Thickness Basement Wall	d _w		m	Exterior Periodic Transmittance	L _{pe}		W/K
U-Value Wall	U _{bw}		W/(m²K)				
Steady-State Transmittance	L _S		W/K				

Slab on Grade				Suspended Floor Above a Ventilated Crawl Space (at max. 0.5 m Below Ground)			
Heat Transfer Coefficient	U ₀		W/(m²K)	Eq. Ins. Thickness Crawl Space	d _g		m
Eq. Ins. Thickness Perimeter Ins.	d'		m	U-Value Crawl Space Floor Slab	U _g		W/(m²K)
Perimeter Insulation Correction	DY		W/(mK)	U-Value Crawl Space Wall & Vent.	U _x		W/(m²K)
Steady-State Transmittance	L _S		W/K	Steady-State Transmittance	L _S		W/K

Interim Results					
Phase Shift	b	months	Steady-State Heat Flow	F _{stat}	W
Steady-State Transmittance	L _S	W/K	Periodic Heat Flow	F _{harm}	W
Exterior Periodic Transmittance	L _{pe}	W/K	Heat Losses During Heating Period	Q _{tot}	kWh

Ground Reduction Factor for "Annual Heat Demand" Sheet

Monthly Average Ground Temperatures for Monthly Method													
Month	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Average Value
Winter													
Summer													

Design Ground Temperature for Heat Load Sheet for Cooling Load Sheet

Passive House Planning

LIITE 10/6

REDUCTION FACTOR SOLAR RADIATION, WINDOW U-VALUE

Building: **Kastelli**

Annual Heat Demand: **64** kWh/(m²a)

Heating Degree Hours:

Climate:	Oulu			Non-Perpendicular Incident Radiation	Glazing Fraction	g-Value	Reduction Factor for Solar Radiation	Window Area	Window U-Value	Glazing Area	Average Global Radiation
Window Area Orientation	Global Radiation (Cardinal Points)	Shading	Dirt					m ²	W/(m ² K)	m ²	kWh/(m ² a)
maximum:	kWh/(m ² a)	0,75	0,95	0,85							
North East	48	0,77	0,95	0,85	0,577	0,47	0,36	1,57	1,16	0,9	51
South	140	0,83	0,95	0,85	0,744	0,47	0,50	11,10	0,89	8,3	187
West	284	0,88	0,95	0,85	0,577	0,47	0,41	1,57	1,16	0,9	276
Horizontal	154	0,82	0,95	0,85	0,821	0,47	0,54	17,91	0,76	14,7	112
	174	0,75	0,95	0,85	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0	174
Total or Average Value for All Windows.						0,47	0,51	32,15	0,84	24,8	

144,0	
Transmission Losses	Heat Gains Solar Radiation
kWh/a	kWh/a
263	14
1419	488
263	83
1966	512
0	0
3910	1097

Quantity	Description	Deviation from North	Angle of Inclination from the Horizontal	Orientation	Window Rough Openings		Installed		Glazing		Frame		g-Value	U-Value		Window Frame Dimensions				Installation				Y-Value		Results			Glazed Fraction per Window
					Width	Height	In Area in the Areas worksheet	Nr.	Select glazing from the WinType worksheet	Nr.	Select window from the WinType worksheet	Nr.		Perpendicular Radiation	Glazing	Frames	Width - Left	Width - Right	Width - Below	Width - Above	Left 1/0	Right 1/0	Sill 1/0	Head 1/0	Y _{Spacer}	Y _{Installation}	Window Area	Glazing Area		U-Value Window
					m	m	Select:		Select:		Select:		-	W/(m ² K)	W/(m ² K)	m	m	m	m					W/(mK)	W/(mK)	m ²	m ²	W/(m ² K)	%
1	Etelä	202	90	South	0,540	1,900	Julkisivu etelään	1	Fenestra Polaris M36	1	Fenestra Polaris M36	1	0,47	0,47	1,13	0,08	0,08	0,08	0,08	1	1	1	1	0,040	0,040	1,0	0,65	1,07	0,64
1	Pohjoinen	202	90	South	0,340	1,600	Julkisivu etelään	1	Fenestra Polaris M36	1	Fenestra Polaris M36	1	0,47	0,47	1,13	0,08	0,08	0,08	0,08	1	1	1	1	0,040	0,040	0,5	0,25	1,35	0,46
1	Pohjoinen	22	90	North	0,540	1,900	Julkisivu pohjoiseen	2	Fenestra Polaris M36	1	Fenestra Polaris M36	1	0,47	0,47	1,13	0,08	0,08	0,08	0,08	1	1	1	1	0,040	0,040	1,0	0,65	1,07	0,64
1	Länsi	22	90	North	0,340	1,600	Julkisivu pohjoiseen	2	Fenestra Polaris M36	1	Fenestra Polaris M36	1	0,47	0,47	1,13	0,08	0,08	0,08	0,08	1	1	1	1	0,040	0,040	0,5	0,25	1,35	0,46
1	Länsi	292	90	West	1,440	1,400	Julkisivu länteen	3	Fenestra Polaris M36	1	Fenestra Polaris M36	1	0,47	0,47	1,13	0,08	0,08	0,08	0,08	1	1	1	1	0,040	0,040	2,0	1,58	0,83	0,78
1	Länsi	292	90	West	1,440	1,400	Julkisivu länteen	3	Fenestra Polaris M36	1	Fenestra Polaris M36	1	0,47	0,47	1,13	0,08	0,08	0,08	0,08	1	1	1	1	0,040	0,040	2,0	1,58	0,83	0,78
1	Länsi	292	90	West	2,740	1,400	Julkisivu länteen	3	Fenestra Polaris M36	1	Fenestra Polaris M36	1	0,47	0,47	1,13	0,08	0,08	0,08	0,08	1	1	1	1	0,040	0,040	3,8	3,18	0,75	0,83
1	Länsi	292	90	West	0,300	2,100	Julkisivu länteen	3	Fenestra Polaris M36	1	Fenestra Polaris M36	1	0,47	0,47	1,13	0,08	0,08	0,08	0,08	1	1	1	1	0,040	0,040	0,6	0,26	1,42	0,42
1	Länsi	292	90	West	2,740	2,700	Julkisivu länteen	3	Fenestra Polaris M36	1	Fenestra Polaris M36	1	0,47	0,47	1,13	0,08	0,08	0,08	0,08	1	1	1	1	0,040	0,040	7,4	6,53	0,66	0,88
1	Itä	292	90	West	1,440	1,400	Julkisivu länteen	3	Fenestra Polaris M36	1	Fenestra Polaris M36	1	0,47	0,47	1,13	0,08	0,08	0,08	0,08	1	1	1	1	0,040	0,040	2,0	1,58	0,83	0,78
1	Itä	112	90	East	1,440	1,400	Julkisivu itään	4	Fenestra Polaris M36	1	Fenestra Polaris M36	1	0,47	0,47	1,13	0,08	0,08	0,08	0,08	1	1	1	1	0,040	0,040	2,0	1,58	0,83	0,78
1	Itä	112	90	East	1,440	1,400	Julkisivu itään	4	Fenestra Polaris M36	1	Fenestra Polaris M36	1	0,47	0,47	1,13	0,08	0,08	0,08	0,08	1	1	1	1	0,040	0,040	2,0	1,58	0,83	0,78
1	Itä	112	90	East	1,440	0,500	Julkisivu itään	4	Fenestra Polaris M36	1	Fenestra Polaris M36	1	0,47	0,47	1,13	0,08	0,08	0,08	0,08	1	1	1	1	0,040	0,040	0,7	0,43	1,13	0,60
1	Itä	112	90	East	1,040	0,400	Julkisivu itään	4	Fenestra Polaris M36	1	Fenestra Polaris M36	1	0,47	0,47	1,13	0,08	0,08	0,08	0,08	1	1	1	1	0,040	0,040	0,4	0,21	1,29	0,50
1	Itä	112	90	East	1,040	0,400	Julkisivu itään	4	Fenestra Polaris M36	1	Fenestra Polaris M36	1	0,47	0,47	1,13	0,08	0,08	0,08	0,08	1	1	1	1	0,040	0,040	0,4	0,21	1,29	0,50
1	Itä	112	90	East	0,340	1,400	Julkisivu itään	4	Fenestra Polaris M36	1	Fenestra Polaris M36	1	0,47	0,47	1,13	0,08	0,08	0,08	0,08	1	1	1	1	0,040	0,040	0,5	0,22	1,36	0,46
1	Itä	112	90	East	1,440	2,100	Julkisivu itään	4	Fenestra Polaris M36	1	Fenestra Polaris M36	1	0,47	0,47	1,13	0,08	0,08	0,08	0,08	1	1	1	1	0,040	0,040	3,0	2,47	0,77	0,82

Passive House Planning

GLAZING ACCORDING TO CERTIFICATION

Kaava 10/7

for frame types, go to row: 71

Assembly No.	Type	g-Value	U _s -Value
	Glazing		
1	Fenestra Polaris MS2E 0,8	0,470	W/(m ² K) 0,470
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			

Passive House Planning

Kaava 10/8

FRAME TYPE ACCORDING TO CERTIFICATION

for glazings, go to row: 2

	Type	U _f -Value	Frame Dimensions				Thermal Bridge	Thermal Bridge
Assembly No.	Frame	Frame	Width - Left	Width - Right	Width - Below	Width - Above	Y _{Spacer}	Y _{Installation}
		W/(m ² K)	m	m	m	m	W/(mK)	W/(mK)
1	Fenestra Polaris MS2E 0,8	1,13	0,082	0,082	0,082	0,082	0,040	0,040
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								

Passive House Planning CALCULATING SHADING FACTORS

LIITE 10/9

Climate: Oulu

Building: Kastelli

Latitude: 65,17 °

Orientation	Glazing Area m ²	Reduction Factor r _s
North	0,91	77 %
East	8,26	83 %
South	0,91	88 %
West	14,71	82 %
Horizontal	0,00	100 %

Quantity	Description	Deviation from North	Angle of Inclination from the Horizontal	Orientation	Glazing Width	Glazing Height	Glazing Area	Height of the Shading Object	Horizontal Distance	Window Reveal Depth	Distance from Glazing Edge to Reveal	Overhang Depth	Distance from Upper Glazing Edge to Overhang	Additional Shading Reduction Factor	Horizontal Shading Reduction Factor	Reveal Shading Reduction Factor	Overhang Shading Reduction Factor	Total Shading Reduction Factor
		Degrees	Degrees		m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	%	%	%	%
					w _g	h _g	A _g	h _{tori}	d _{tori}	o _{reveal}	d _{reveal}	o _{over}	d _{over}	f _{other}	f _h	f _r	f _o	f _s
1	Etelä	202	90	South	0,38	1,74	0,7			0,16	0,092	0,76	5,57		100 %	90 %	100 %	89 %
1	Etelä	202	90	South	0,18	1,44	0,3			0,16	0,092	0,76	2,61		100 %	85 %	99 %	84 %
1	Pohjoinen	22	90	North	0,38	1,74	0,7			0,16	0,092	0,76	4,72		100 %	83 %	96 %	80 %
1	Pohjoinen	22	90	North	0,18	1,44	0,3			0,16	0,092	0,76	2,61		100 %	76 %	93 %	71 %
1	Länsi	292	90	West	1,28	1,24	1,6			0,16	0,092	2,69	0,36		100 %	90 %	51 %	46 %
1	Länsi	292	90	West	1,28	1,24	1,6			0,16	0,092	0,76	1,14		100 %	90 %	89 %	81 %
1	Länsi	292	90	West	2,58	1,24	3,2			0,16	0,092	0,76	1,14		100 %	95 %	89 %	85 %
1	Länsi	292	90	West	0,14	1,94	0,3			0,16	0,092	0,74	0,69		100 %	64 %	89 %	57 %
1	Länsi	292	90	West	2,58	2,54	6,5			0,16	0,092	0,76	3,30		100 %	95 %	96 %	91 %
1	Länsi	292	90	West	1,28	1,24	1,6			0,16	0,092	0,76	1,14		100 %	90 %	89 %	81 %
1	Itä	112	90	East	1,28	1,24	1,6			0,16	0,092	0,76	1,14		100 %	91 %	91 %	83 %
1	Itä	112	90	East	1,28	1,24	1,6			0,16	0,092	0,76	1,14		100 %	91 %	91 %	83 %
1	Itä	112	90	East	1,28	1,24	1,6			0,16	0,092	0,76	4,00		100 %	91 %	97 %	87 %
1	Itä	112	90	East	1,28	0,34	0,4			0,16	0,092	0,76	3,34		100 %	91 %	95 %	86 %
1	Itä	112	90	East	0,88	0,24	0,2			0,16	0,092	1,19	0,48		100 %	87 %	68 %	59 %
1	Itä	112	90	East	0,88	0,24	0,2			0,16	0,092	0,76	4,29		100 %	87 %	96 %	84 %
1	Itä	112	90	East	0,18	1,24	0,2			0,16	0,092	0,76	1,14		100 %	68 %	91 %	62 %
1	Itä	112	90	East	1,28	1,94	2,5			0,16	0,092	0,76	1,14		100 %	91 %	93 %	84 %

Passive House Planning

VENTILATION DATA

LIITE 10/10

Building: Kastelli

Treated Floor Area A_{TFA}	m ²	152	(Areas worksheet)
Room Height h	m	2,5	(Annual Heat Demand worksheet)
Room Ventilation Volume ($A_{TFA} \cdot h$) = V_V	m ³	380	(Annual Heat Demand worksheet)

Ventilation System Design - Standard Operation

Occupancy	m ² /P	35				
Number of Occupants	P	4,3				
Supply Air per Person	m ³ /(P*h)	30				
Supply Air Requirement	m ³ /h	130				
Extract Air Rooms			Kitchen	Bathroom	Shower	WC
Quantity			1	2	2	2
Extract Air Requirement per Room	m ³ /h		60	40	20	20
Total Extract Air Requirement	m ³ /h	220				
Design Air Flow Rate (Maximum)	m ³ /h	220				

Average Air Change Rate Calculation

Type of Operation	Daily Operation Duration h/d	Factors Referenced to Maximum	Air Flow Rate m ³ /h	Air Change Rate 1/h
Maximum		1,00	220	0,58
Standard	24,0	0,77	169	0,45
Basic		0,54	118	0,31
Minimum		0,40	88	0,23
<input checked="" type="checkbox"/> Residential Building	Average value	0,77	Average Air Flow Rate (m³/h) 169	Average Air Change Rate (1/h) 0,45

Infiltration Air Change Rate according to EN 13790

Wind Protection Coefficients According to EN 13790		Several Sides Exposed	One Side Exposed		
Coefficient e for Screening Class		0,10	0,03		
No Screening		0,07	0,02		
Moderate Screening		0,04	0,01		
High Screening		15	20		
Coefficient f					
Wind Protection Coefficient, e		for Annual Demand: 0,07	for Heat Load: 0,18		
Wind Protection Coefficient, f		15	15	Net Air Volume for Press. Test V_{n50}	Air Permeability q_{50}
Air Change Rate at Press. Test n_{50}	1/h	0,60	0,60	480 m ³	0,59 m ³ /(h)
Type of Ventilation System					
<input checked="" type="checkbox"/> Balanced PH Ventilation	Please Check				
Pure Extract Air					
Excess Extract Air		1/h	0,00	0,00	
Infiltration Air Change Rate $n_{V,Res}$		1/h	0,053	0,133	

Effective Heat Recovery Efficiency of the Ventilation System with Heat Recovery

<input checked="" type="checkbox"/> Central unit within the thermal envelope.					
Central unit outside of the thermal envelope.					
Efficiency of Heat Recovery η_{HR}			0,76	ILMANVAIHTOKONE	
Transmittance Ambient Air Duct	Y	W/(mK)	0,000	Calculation see Secondary Calculation	
Length Ambient Air Duct		m			
Transmittance Exhaust Air Duct	Y	W/(mK)	0,000	Calculation see Secondary Calculation	
Length Exhaust Air Duct		m			
Temperature of Mechanical Services Room (Enter only if the central unit is outside of the thermal envelope.)		C			Room Temperature (°C) 21
					Av. Ambient Temp. Heating P. (°C) -7,3
					Av. Ground Temp (°C) 2,6
Effective Heat Recovery Efficiency $\eta_{HR,eff}$			76,0%		

Effective Heat Recovery Efficiency Subsoil Heat Exchanger

SHX Efficiency	h^*_{SHX}	
Heat Recovery Efficiency SHX	h_{SHX}	0 %

Passive House Planning

KAAVA 10/11

SPECIFIC ANNUAL HEAT DEMAND

Climate:	Oulu
Building:	Kastelli
Location:	Oulu

Interior Temperature:	21,0	°C
Building Type/Use:		
Treated Floor Area A _{TFA} :	151,8	m ²

Building Element	Temperature Zone	Area m ²	U-Value W/(m ² K)	Temp. Factor f _t	G _t kWh/a	kWh/a	per m ² Treated Floor Area
1. Exterior Wall - Ambient	A	240,1	0,111	1,00	144,0	3825	
2. Exterior Wall - Ground	B			0,67			
3. Roof/Ceiling - Ambient	A	107,3	0,058	1,00	144,0	898	
4. Floor Slab	B	96,6	0,100	0,67	144,0	935	
5.	A			1,00			
6.	A			1,00			
7.	X			0,75			
8. Windows	A	32,2	0,845	1,00	144,0	3910	
9. Exterior Door	A	9,7	0,800	1,00	144,0	1113	
10. Exterior TB (length/m)	A	96,2	-0,047	1,00	144,0	-652	
11. Perimeter TB (length/m)	P	39,8	-0,142	0,67	144,0	-547	
12. Ground TB (length/m)	B			0,67			
Total of All Building Envelope Areas		485,8					

Transmission Heat Losses Q_T

Total	9481	kWh/(m ² a)	62,4
-------	------	------------------------	------

Ventilation System:

Effective Heat Recovery Efficiency
of Heat Recovery

Efficiency of Subsoil Heat Exchanger

Effective Air Volume, V _V	
h _{eff}	76 %
h _{SHX}	0 %

A _{TFA}	151,8	m ²
Clear Room Height	2,50	m
	379,6	m ³

Energetically Effective Air Exchange n _V	0,446	(1 - 0,76)	+ 0,053	= 0,160	1/h
---	-------	------------	---------	---------	-----

Ventilation Heat Losses Q_V

V _V	380	m ³	n _V	0,160	1/h	C _{Air}	0,33	Wh/(m ² K)	G _t	144,0	kWh/a	2888	kWh/(m ² a)	19,0
----------------	-----	----------------	----------------	-------	-----	------------------	------	-----------------------	----------------	-------	-------	------	------------------------	------

Total Heat Losses Q_L

Q _T	9481	kWh/a	+	Q _V	2888	kWh/a)	Reduction Factor Night/Weekend Saving	1,0	=	12369	kWh/a	81,5	kWh/(m ² a)
----------------	------	-------	---	----------------	------	-------	---	---------------------------------------	-----	---	-------	-------	------	------------------------

Orientation
of the Area

Reduction Factor
See Windows Sheet

g-Value
(perp. radiation)

Area

Radiation HP

Orientation	Reduction Factor	g-Value	Area	Radiation HP	kWh/a	kWh/(m ² a)
1. North	0,36	0,47	1,57	51	14	14
2. East	0,50	0,47	11,10	187	488	488
3. South	0,41	0,47	1,57	276	83	83
4. West	0,54	0,47	17,91	112	512	512
5. Horizontal	0,40	0,00	0,00	174	0	0

Available Solar Heat Gains Q_S

Total	1097	kWh/(m ² a)	7,2
-------	------	------------------------	-----

Internal Heat Gains Q_I

kh/d	0,024	Length Heat. Period	205	d/a	Spec. Power q _i	2,10	W/m ²	A _{TFA}	151,8	m ²	kWh/a	1565	kWh/(m ² a)	10,3
------	-------	---------------------	-----	-----	----------------------------	------	------------------	------------------	-------	----------------	-------	------	------------------------	------

Free Heat Q _F	Q _S + Q _I	=	2662	kWh/a	17,5	kWh/(m ² a)
--------------------------	---------------------------------	---	------	-------	------	------------------------

Ratio of Free Heat to Losses	Q _F / Q _L	=	0,22
------------------------------	---------------------------------	---	------

Utilisation Factor Heat Gains h_G

$$(1 - (Q_F / Q_L)^5) / (1 - (Q_F / Q_L)^6) = 100 \%$$

Heat Gains Q_G

h _G * Q _F	=	2661	kWh/a	17,5	kWh/(m ² a)
---------------------------------	---	------	-------	------	------------------------

Annual Heat Demand Q_H

Q _L - Q _G	=	9708	kWh/a	64	kWh/(m ² a)
---------------------------------	---	------	-------	----	------------------------

Limiting Value	15	kWh/(m ² a)
----------------	----	------------------------

Requirement met?	No	(Yes/No)
------------------	----	----------

PASSIVE HOUSE PLANNING

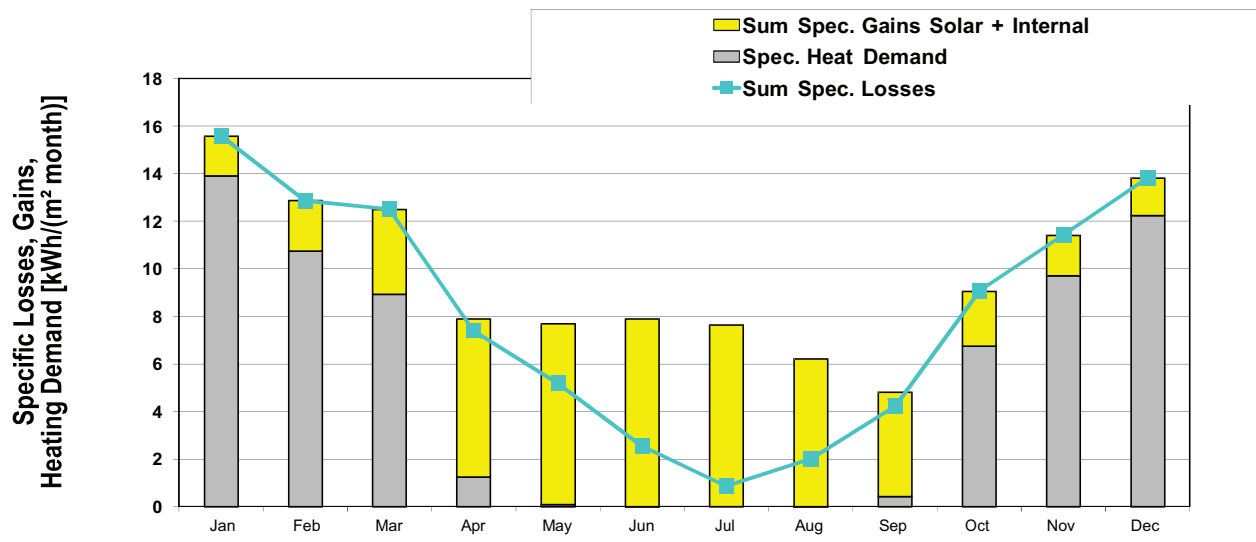
SPECIFIC ANNUAL HEAT DEMAND MONTHLY METHOD

KAAVA 10/12

Climate: Oulu
 Building: Kastelli
 Location: Oulu

Interior Temperature: 21 °C
 Building Type/Use: _____
 Treated Floor Area A_{FFA}: 152 m²

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Year	
Heating Degree Hours - E	27,7	22,7	21,9	12,7	8,7	4,0	1,0	3,2	7,3	16,1	20,3	24,6	170	kKh
Heating Degree Hours - G	15,6	15,5	17,8	16,6	15,5	12,9	11,1	9,4	8,5	9,4	10,7	13,3	157	kKh
Losses - Exterior	2303	1890	1827	1055	724	336	87	266	605	1337	1690	2043	14163	kWh
Losses - Ground	62	62	71	67	62	52	44	38	34	38	43	53	627	kWh
Sum Spec. Losses	15,6	12,9	12,5	7,4	5,2	2,5	0,9	2,0	4,2	9,1	11,4	13,8	97,4	kWh/m ²
Solar Gains - North	0	1	4	9	17	23	20	12	5	2	0	0	94	kWh
Solar Gains - East	10	54	130	342	371	388	366	295	184	48	14	0	2203	kWh
Solar Gains - South	3	11	24	48	43	39	40	37	31	9	3	0	289	kWh
Solar Gains - West	4	40	148	378	484	517	498	363	218	53	12	0	2715	kWh
Solar Gains - Horiz.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	kWh
Solar Gains - Opaque	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	kWh
Internal Heat Gains	237	214	237	230	237	230	237	237	230	237	230	237	2793	kWh
Sum Spec. Gains Solar +	1,7	2,1	3,6	6,6	7,6	7,9	7,6	6,2	4,4	2,3	1,7	1,6	53,3	kWh/m ²
Utilisation Factor	100 %	100 %	100 %	92 %	67 %	32 %	11 %	32 %	86 %	100 %	100 %	100 %	63 %	
Annual Heat Demand	2111	1632	1355	190	15	0	0	0	63	1026	1474	1860	9725	kWh
Spec. Heat Demand	13,9	10,7	8,9	1,3	0,1	0,0	0,0	0,0	0,4	6,8	9,7	12,2	64,1	kWh/m ²



Passive House Planning

CLIMATE DATA

LIITE 10/13

Standard/Regional Climate: Select here.

Regional Climate Data

Select Region Here

User Data

Select regional climate here:

Oulu

Building: **Kastelli**

Use Regional Data? **Yes**

Climate Building **Oulu**

Chosen Method for Annual Heat Demand: **Monthly Method**

Monthly Data: **Oulu**

Annual Data: **No**

Use Annual Climate Data Set **No**

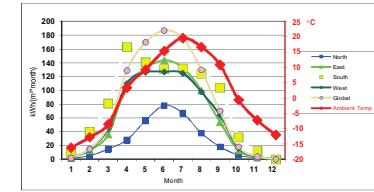
Results:

Annual Heat Demand **64,1** kWh/(m²a)

Heat Load **30,7** W/m²

Transfer to Annual Method

Hr:	205	d/a
G:	139	kKh/a
North	48	kWh/(m ² a)
East	140	kWh/(m ² a)
South	284	kWh/(m ² a)
West	154	kWh/(m ² a)
Horizontal	174	kWh/(m ² a)



Parameters for PHPP Calculated Ground Temperatures:

Phase Shift Months **2,00**

Damping **-1,05**

Depth m **3,32**

Shift of Average Temperature K **1,60**

Month	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Heating Load		Cooling Load
Days	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	Weather 1	Weather 2	Radiation
Oulu	Latitude:	65,2	Longitude East	25,5	Altitude m	19	Daily Temperature Swing Summer (K)		40551,0	Radiation Data:	kWh/(m ² /month)		Radiation: W/m ²		W/m ²
Ambient Temp	-16,2	-12,8	-8,5	3,4	9,3	15,4	19,6	16,7	10,9	-0,6	-7,2	-12,0	-30,8	-25,7	22,4
North	1	5	15	28	56	78	67	38	18	6	2	0	1	1	91
East	2	13	36	108	131	144	133	100	54	13	3	0	2	2	209
South	9	40	81	163	141	131	132	124	104	32	12	0	6	6	206
West	2	14	44	110	126	127	125	98	64	16	4	0	2	2	193
Global	2	15	49	129	170	187	176	130	70	18	4	0	2	2	262
Dew Point	-17,9	-14,9	-11,7	-7,8	-2,8	8,7	14,4	12,4	7,5	-2,7	-8,5	-13,5			
Sky Temp	-37,9	-32,8	-27,5	-11,7	-5,0	3,3	11,1	8,4	1,7	-13,2	-22,3	-30,4			11,9
Ground Temp	0,1	-2,1	-2,9	-2,1	0,1	3,1	6,1	8,3	9,1	8,3	6,1	3,1	-2,9	-2,9	9,1