



SAVONIA

■ OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

PASSIIVITALO POHJOIS- SUOMEEN?

Energiankulutuksen tarkastelu PHPP-työkalulla

TEKIJÄ/T: Jouni Lampinen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma Rakennustekniikan koulutusohjelma			
Työn tekijä(t) Jouni Lampinen			
Työn nimi Passiivitalo Pohjois-Suomeen? –Energiankulutuksen tarkastelu PHPP-työkalulla			
Päiväys	26.03.2014	Sivumäärä/Liitteet	39+47
Ohjaaja(t) Pt. tuntiopettaja Matti Ylikärppä, Lehtori Harry Dunkel			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Eeva-Riitta Ylikärppä			
<p>Tiivistelmä</p> <p>Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tutustua PHPP-laskentaohjelmaan (Passive House Planning Package) ja selvittää PHPP:n avulla vaadittavat ratkaisut, joilla Pohjois-Suomen ilmastoon on mahdollista toteuttaa kansainvälisen sertifikaatin mukainen passiivitalo. Opinnäytetyössä perehdyttiin myös passiivitalokonseptiin ja energiatehokkuutta parantaviin ratkaisuihin.</p> <p>Tarkasteltava kohde oli Rovaniemellä sijaitseva matalaenergiatalo. Kohteen energiankulutus laskettiin ja energiatehokkuutta parannettiin rakenteiden ja ilmanvaihdon osalta kunnes passiivitaso saavutettiin. Työssä keskityttiin erityisesti lämmitysenergian tarpeen laskentaan, koska sen merkitys korostuu pohjoisen ankarissa olosuhteissa. Merkittävin muutos oli ulkoseinien lämmöneristävyuden parantaminen, joka pienensi lämmitysenergian tarvetta yli 33%.</p> <p>Laskelman perusteella voidaan todeta, että sertifioidun passiivitalon toteuttaminen Pohjois-Suomeen on hankalaa ja vaatii tarkempia tutkimuksia sekä energiatasapainoon vaikuttavien ratkaisujen tehokkaampaa optimointia. Tutkitun kohteen energiatehokkuutta voitaisiin parantaa suomalaisen passiivitalon vaatimuksien mukaiseksi, mutta kansainvälisen sertifikaatin saavuttaminen pohjoisen ilmastossa vaatii niin suuret eristepaksuudet, että rakennuskustannukset nousevat kohtuuttomasti ja rakenteiden kosteustekninen toimivuus ei ole varmaa.</p>			
Avainsanat Passiivitalo, PHPP, energiatehokkuus			
Julkinen			

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Building and Structural Engineering			
Author(s) Jouni Lampinen			
Title of Thesis Passive House In Northern Finland? –Calculating Energy consumption With PHPP			
Date	26 March 2014	Pages/Appendices	39+47
Supervisor(s) Mr. Matti Ylikärppä, Lecturer, Mr. Harry Dunkel, Lecturer			
Client Organisation /Partners Eeva-Riitta Ylikärppä			
<p>Abstract</p> <p>The purpose of this thesis was to familiarize with the utilization of the PHPP–calculation program (Passive House Planning Package), and to clarify the required solutions, by which it would be possible to build a passive house fulfilling the international certifications in Northern Finland. This thesis also explored the passive house concept, and the solutions improving energy efficiency.</p> <p>The object of the study was a low-energy building located in Rovaniemi. The energy consumption of the building was calculated, and the energy efficiency of structures and ventilation were improved until the passive house standards were met. This thesis concentrated especially on the annual heating demand calculation, because of its importance in the harsh northern climate conditions. The most significant change was improving the thermal insulation of the external walls, which reduced the annual heating demand over 33%.</p> <p>Based on the results of the calculation, it could be concluded that building a certified passive house in Northern Finland is demanding, and requires further investigation and more efficient optimization of the solutions affecting the energy balance. The energy efficiency of the studied building could be improved to meet the requirements of Finnish passive houses, but to meet the requirements of international passive houses in northern climate would require an insulation layer so thick, that building costs would rise unreasonably high and moisture problems in the structures might occur.</p>			
Keywords Passive house, PHPP, energy efficiency			
Public			

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	6
2	ENERGIATEHOKKUUS RAKENTAMISESSA	7
3	PASSIIVITALON MÄÄRITELMÄ.....	8
3.1	Passiivitalo	8
3.2	Passiivitalon määritelmä Suomessa	8
3.3	Passiivitalon kansainvälinen määritelmä.....	9
4	PASSIIVITALON SERTIFIOINTI	11
5	PASSIIVITALON SUUNNITTELUN PERIAATTEET	12
5.1	Rakennuksen muoto	12
5.2	Ilmansuuntien ja rakennuspaikan merkitys	13
5.3	Rakenteet.....	13
5.4	Ikkunat	15
5.5	Talotekniikka	16
5.5.1	Lämmitysjärjestelmä	16
5.5.2	Ilmanvaihtojärjestelmä	16
6	PASSIVE HOUSE PLANNING PACKAGE.....	18
6.1	Käyttöön liittyvät asiat.....	18
6.2	Laskentaa varten tarvittavat piirustukset	21
6.3	Lämmitysenergiantarve	22
6.4	Kokonaisprimäärienergiantarve	22
7	MATALAENERGIATALOSTA PASSIIVITALOKSI	24
7.1	Ilmasto	24
7.2	Kohteen lähtötilanne	24
7.3	Alapohja.....	27
7.4	Ulkoseinät	28
7.5	Yläpohja.....	29
7.6	Tiiveys	29
7.7	Ikkunat ja ulko-ovet.....	30
7.8	Ilmanvaihtokone	30
7.9	Tuloilman esilämmitys	31

8	TULOKSET	32
9	YHTEENVETO.....	36
	LÄHTEET	
	LIITTEET	

1 JOHDANTO

Rakennusten energiankulutusta pyritään rajoittamaan uusien määräyksin ja energian hintojen noustessa yhä useampi rakentaja on kiinnostunut energiaa säästävistä ratkaisuista ja rakennuskonsepteista. Uudisrakentamisessa suomalaisen standardin mukaiset matalaenergia- ja passiivitalot ovat yleistyneet, mutta kansainvälisen sertifikaatin mukaisia passiivitaloja on rakennettu Suomessa vasta muutamia ja ne sijaitsevat kaikki Etelä-Suomessa.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää Passive House Planning Package –laskentatyökalua apuna käyttäen vaadittavat ratkaisut, joilla Pohjois-Suomen ilmastoon on mahdollista toteuttaa sertifioitu passiivitalo. Tarkasteltavana kohteena laskelmassa on Rovaniemellä sijaitseva matalaenergiatalo, jonka energiankulutus tutkitaan ja tarvittavat muutokset tehdään passiivitason saavuttamiseksi. Laskentaohjelmanä käytettävä Passive House Planning Package ottaa huomioon laskemassa tarvittavan ilmastotiedon ja soveltuu siksi opinnäytetyön tarkoitukseen. Työssä tutustutaan passiivitalokonseptiin, sen toimivuuteen ja tulevaisuuteen Suomessa. Työssä perehdytään myös energiatehokkuutta parantaviin ratkaisuihin.

2 ENERGIA TEHOKKUUS RAKENTAMISESSA

Maailman energiatalous on haasteellisessa tilanteessa, kun energiantarve jatkaa kasvua teollistuneissa maissa ja etenkin kehittyvän talouden maissa, kuten Kiinassa ja Intiassa. Tulevaisuudessa energiankulutus lisääntyy huomattavasti myös kehittyneimmässä Afrikan maissa. Öljyn ja maakaasun tuotantoa ei taloudellisesti pystytä juurikaan lisäämään, vaan uudet esiintymät korvaavat lähinnä käytöstä poistuvia esiintymiä. Tämän vuoksi lisätään ydinenergian käyttöä ja uusiutuvanenergian käyttöä, kuten bio-, tuuli- ja aurinkoenergiaa. Kivihiiilen käyttö lisääntyy kehittyvissä teollisuusmaissa, mutta se on ongelmallista korkeiden hiilidioksidipäästöjen vuoksi. (Matalaenergiarakentaminen. Asuinrakennukset: RIL 249-2009, 255.)

Maailmanlaajuisessa Kioton sopimuksessa ja EU:n omissa energia- ja ilmastotavoitteissa on päätetty rajoittaa päästöjä ja vähentää energiankulutusta lähivuosikymmenien aikana kaikilla sektoreilla. Rakennusten energiankulutuksen vähentämisellä on merkittävä osuus suuren volyyminsä vuoksi. Rakennusten energiatehokkuuden parantaminen tuo pitkäaikaisia säästöjä ja on myös taloudellisesti erityisen kannattavaa. Hyvät tekniset valmiudet rakennusten energiatehokkuuden parantamiseen on olemassa ja Euroopassa onkin alettu toimenpiteisiin, joista kerrotaan Matalaenergiarakentaminen (RIL 249-2009, 255) kirjassa seuraavasti:

Eurooppalaisten tavoitteiden mukaan kaikki vuoden 2015 jälkeen rakennettavat talot ovat matalaenergiataloja ja vuoden 2020 jälkeen rakennettavat talot ovat passiivitaloja. Samalla lisätään olemassa olevien ja uusien kiinteistöjen omaenergian tuottoa uusiutuville energiamuodoilla, lähinnä maa/kalliolämmöllä, bioenergialla, aurinkoenergialla ja tuulienergialla, jolloin vuosittainen ostoenergian kulutus pienenee osalla uudisrakennuksista nollaenergia- ja jopa plusenergiatasolle. Energiakorjaus on yhtä tärkeä rakennusten energiatehokkuuden parantamiskeino kuin energiatehokkaat uudisrakennukset aina vuoteen 2050 saakka.

Viime vuosina yhä useammat ihmiset ovat kiinnostuneet normitalon sijaan energiatehokkaamman omakotitalon rakentamisesta. Moni harkitsee matalaenergia- tai passiivitaloa, mutta yleinen tiedon puute ja median uutisointi passiivitaloista "hometaloina" aiheuttaa epävarmuutta. Saastamoinen (2013, 6 - 9) kirjoittaa julkaisussaan Passiivitalo on tulevaisuuden valinta, normitalojen olevan pian historiaa, sillä suuntaus energiatehokkaisiin rakennuksiin on jo käynnissä. Matalaenergiarakentaminenkin tulee väistymään lähivuosina passiivitalojen nostaessa suosiotaan ja tulevaisuudessa jopa nollaenergiatalojakin aletaan tehdä Suomeen. Tällä hetkellä nollaenergiataloista on niin vähän käytännön kokemuksia ja ratkaisut ovat vielä sen verran kokeiluasteella, ettei useimmilta löydy uskallusta sellaiseen rakentamiseen. Passiivitalo on kuitenkin erittäin energiataloudellinen vaihtoehto ja tulevaisuudessa passiivitalon muuttaminen ainakin lähes nollaenergiataloksi voi olla kohtuullisin kustannuksin mahdollista. Siihen tarvittava tekniikka, kuten aurinkopaneelit halpenevat jatkuvasti ja muutaman vuoden kuluttua voi olla kannattavaa hankkia hybridi- tai sähköauto kulkuvälineeksi, jolloin osan vuodesta sen tarvitsemaa energiaa voitaisiin tuottaa itse. Tällöin aurinkopaneelien hankinta olisi kustannustehokkaampaa kun ylijäämä energiaa hyödynnettäisiin vaikkapa työmatkojen kulkemiseen sähkön voimalla, ilman polttoainekustannuksia.

3 PASSIIVITALON MÄÄRITELMÄ

3.1 Passiivitalo

Passiivitalo on erittäin vähän energiaa kuluttava rakennus ja etenkin lämmitysenergian kulutus voi olla vain murto-osan perinteiseen taloon verrattuna. Energiansäästö perustuu jo suunnitteluvaiheessa tehtyihin ratkaisuihin, joilla on pyritty mahdollisimman pieniin lämpöhäviöihin: hyvä lämmöneristys, rakenteiden ilmatiiveys, kylmäsiltojen minimointi ja tehokas ilmanvaihdon lämmön talteenotto. Hyvin eristetyin tiiviin passiivitalon sisäilmasto on tasaisen lämmin ja vedon tunnetta ei ole. Passiivitalo hyödyntää myös ikkunoiden kautta saatavaa aurinkoenergiaa sekä ihmisistä ja laitteista syntyvää lämpöenergiaa. (Lylykangas ja Nieminen 2009a, 2; VTT 2006.)

Hyvän eristyksen ja tehokkaan poistoilman lämmöntalteenoton ansiosta lämmityksen tarve on pieni ja perinteistä lämmönjakojärjestelmää ei välttämättä tarvita. Lämmönlähteeksi riittää esimerkiksi ilmanvaihtoon liitettävät lämmitysvastukset, joilla tuloilmaa lämmittämällä saadaan haluttu lämpötila kuhunkin huoneeseen. Perinteisen lämmitysjärjestelmän pois jäämisestä saaduilla kustannussäästöillä korvataan osittain niitä lisäkustannuksia, jotka aiheutuvat passiivitalon lämmöneristämisestä. (Lylykangas ja Nieminen 2009a, 2 - 3; VTT 2006.)

3.2 Passiivitalon määritelmä Suomessa

Ilmasto olosuhteet ovat Skandinaviassa haastavammat kuin Keski-Euroopassa, joten Suomi, Ruotsi ja Norja ovat muokanneet Passivhaus Institutin määrittämiä vaatimuksia helpommin saavutettavaksi. Valtion teknillinen tutkimuslaitos on laatinut suomalaisen passiivitalon määritelmän, jonka kriteerit on kohtuullisin mitoituksin ja kustannuksin täytettävissä myös Pohjois-Suomessa. Määritelmä on osa Eurooppalaisen IEE-ohjelman projektia PEP - Promotion of European Passive houses. Rakennuksen tulee täyttää taulukossa 1 esitetyt kolme kriteeriä, jotta sitä voidaan kutsua passiivitaloksi. (Lylykangas ja Nieminen 2009a, 9.)

TAULUKKO 1. Suomalaisen passiivitalon kriteerit (Lylykangas ja Nieminen 2009a, 9)

	etelärannikko	maan keskiosat	pohjoisosat
Lämmitysenergiatarve	≤ 20 kWh/(m ² a)	≤ 25 kWh/(m ² a)	≤ 30 kWh/(m ² a)
Kokonaisprimäärienergiatarve	≤ 130 kWh/(m ² a)	≤ 135 kWh/(m ² a)	≤ 140 kWh/(m ² a)
Ilmanvuotoluku n ₅₀	≤ 0,6 1/h	≤ 0,6 1/h	≤ 0,6 1/h

Suomalaisen passiivitalon laskennassa käytetään pinta-alana lämmitettävää bruttoalaa, joka lasketaan Suomen Rakentamismääräyskokoelman (RT 12-10277) mukaan. Bruttoala lasketaan ulkoseinien ulkopintoja pitkin aina 250 mm paksuuteen saakka, mutta siitä yli meneviä osia ei oteta pinta-alaan mukaan. Energiankulutuksen selvittämiseen käytettävä laskentatyökalu on vapaasti

valittavissa, mutta uudisrakennuksen energiaselvitys on tehtävä rakennusvalvonnan edellyttämällä tavalla. (Lylykangas ja Nieminen 2009a, 9.)

Lämmitysenergiantarve on passiivitaloissa vähäinen hyvän lämmöneristyksen, ikkunoiden laadun, ulkovaipan ilmanpitävyyden ja tehokkaan lämmöntalteenoton ansiosta. Lämpöä saadaan myös ihmisistä ja laitteista sekä ikkunoiden kautta tulevasta auringon säteilystä. Ilmanvaihtokoneen ja lämmityslaitteen energiankulutusta ei huomioida lämmitysenergiantarpeeseen.

Lämmitysenergiantarvetta tarkastellaan neliometriä kohden, joten rakennuksen käyttäjämäärällä tai koolla ei ole suoranaista vaikutusta kriteerien täyttämiseen. Pieni rakennus on kuitenkin vaikeampi toteuttaa passiivitalona, koska pienessä rakennuksessa lämpöhäviöitä aiheuttavaa ulkovaippaa on suhteessa lämmitettävään tilavuuteen enemmän kuin suuressa rakennuksessa. (Lylykangas ja Nieminen 2009a, 11.)

Kokonaisprimäärienergiantarpeeseen lasketaan kaikki rakennuksen tarvitsema energia painotettuna primäärienergiakertoimilla, jotka riippuvat käytetystä energiamuodosta. Pieni kokonaisprimäärienergiantarve voidaan saavuttaa minimoimalla energian kulutus sekä käyttämällä uusiutuvia energianlähteitä, joilla on pieni primäärienergiakerroin. Näitä ovat esimerkiksi puu, tuuli- ja aurinkoenergia sekä maan lämpöenergia. (Lylykangas ja Nieminen 2009a, 11; Isover.)

Ilmanvuotoluku n_{50} kertoo talon vaipan tiiveyden, pienempi luku tarkoittaa tiiviimpää vaippaa. Rakennukselle tehdään SFS-EN 13829 -standardin mukainen painekoe, joka kertoo kuinka usein rakennuksen ilmatilavuus vaihtuu tunnissa 50 Pa:n paineessa. Koe suoritetaan sekä ali- että ylipaineessa. Suunnitteluvaiheessa voidaan laskelmissa käyttää sallittua maksimiarvoa 0,6 1/h. Kriteerin täyttäminen edellyttää huolellista detaljisuunnittelua ja rakennustöiden toteutusta. (Lylykangas ja Nieminen 2009a, 11; Isover.)

3.3 Passiivitalon kansainvälinen määritelmä

Rakennuksen tulee täyttää taulukossa 2 esitetyt kriteerit, ennen kuin se voidaan sertifioida passiivitaloksi.

TAULUKKO 2. Kansainvälisen passiivitalon kriteerit (Lylykangas ja Nieminen 2009a, 3)

Lämmitysenergiantarve	$\leq 15 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$
Kokonaisprimäärienergiantarve	$\leq 120 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$
Ilmanvuotoluku n_{50}	$\leq 0,6 \text{ 1/h}$

Lisäksi lämmitysteho saa olla enintään $10 \text{ W}/\text{as}\cdot\text{m}^2$. Tämä määräys täyttyy samalla kun lämmitysenergian tarve asettuu alle sallitun rajan. Lämmitystehon raja-arvolla on kuitenkin selvä merkitys, sillä passiivitalon alkuperäisen idean mukaan erillistä lämmitysjärjestelmää ei tarvita vaan lämmitys voidaan toteuttaa ilmanvaihdon avulla kun tarvittava lämmitysteho on enintään $10 \text{ W}/\text{as}\cdot\text{m}^2$. Jäähdytysenergian tarpeelle on myös annettu yläraja, joka on sama kuin lämmitysenergian

tarpeella eli 15 kWh/(m²a). Tämä voi tulla merkitseväksi kriteeriksi lämpimissä maissa, mutta Suomessa jäähdytysenergian tarve on melko pieni, kun rakennus on suunniteltu muilta osin kesäajan ylikuumeneminen huomioon ottaen. (Lylykangas ja Nieminen 2009a, 3 - 4.)

Kansainvälisen määritelmän kriteerit ovat samat kaikkialla, suomalaisen määritelmän kaltaisia sääolosuhteista riippuvia helpotuksia ei siis ole. Laskennassa käytettävä pinta-ala on nettolattiapinta-ala, joka lasketaan ulkoseinien sisäpinnan mukaan kun taas suomalaisessa määritelmässä pinta-ala lasketaan lämmitettävän bruttoalan mukaan. Tämä muodostaa huomattavan eron laskentatapojen välillä etenkin passiivitaloissa, joissa ulkoseinärakenteet ovat paksuja käytettäessä tavanomaisia lämmöneristeitä. Lisäksi kiinteitä kalusteita, väliseiniä, tulisijoja ja muita kiinteitä rakenteita ei lasketa mukaan. Energiantarpeen laskennassa käytetään aina Excel-pohjaista PHPP-laskentatyökalua eli Passive House Planning Package:a. (Lylykangas ja Nieminen 2009a, 3 - 4.)

4 PASSIIVITALON SERTIFIOINTI

Passiivitalo määriteltiin Saksassa 1980-luvun lopulla ja passiivitalon sertifiointikäytäntö on ollut voimassa vuodesta 1996 lähtien, jolloin ensimmäinen ikkunatyypin passiivitalosertifikaatin. Käytännön on perustanut saksalainen Passivhaus Institut, joka edelleen johtaa toimintaa. (Matalaenergiarakentaminen. Asuinrakennukset: RIL 249-2009, 287.)

Edellä mainitun kansainvälisen määritelmän kriteerit täyttäviä passiivitaloja sertifioi tällä hetkellä 26 tutkimuslaitosta ja yritystä (Passive House Institute 2012). Nykyään näitä Passivhaus Institutin valtuuttamia sertifioijia on Saksan lisäksi etenkin Itävallassa, Tanskassa ja Englannissa. Missä tahansa maassa sijaitsevia passiivitaloja voidaan kuitenkin sertifioida, koska sertifiointin toimialuetta ei ole rajattu maantieteellisesti. Näin ollen sertifioituja passiivitaloja on rakennettu myös muihin Euroopan maihin ja Euroopan ulkopuolellekin. (Matalaenergiarakentaminen. Asuinrakennukset: RIL 249-2009, 288.)

Sertifiointiprosessi alkaa heti suunnitteluvaiheessa, jolloin tehdään merkittäviä ratkaisuja energiatalouden ja rakenneteknisen toimivuuden kannalta. Suunnitteluvaihe kattaa laskelmien ja dokumentoinnin tarkistusta ja hyväksyntää. Rakennustyön aikana valvotaan laatua ja suunnitelmien noudattamista. Työn laatu näkyy omalta osaltaan myös valmiille rakennukselle suoritettavassa painekokeessa. Painekokeella testataan rakennuksen ilmatiiveys, joka on olennainen osa energiatarvoitteen täyttymistä. (Matalaenergiarakentaminen. Asuinrakennukset: RIL 249-2009, 288.)

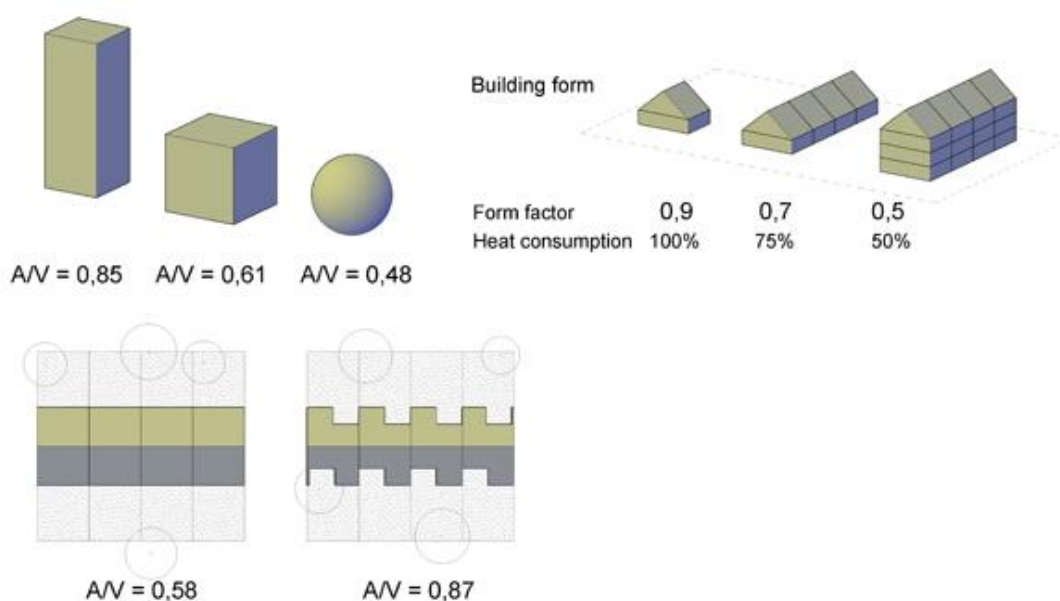
Passiivitalon sertifiointiin kuuluu vähintään seuraavat liitteet (Pedersen 2008):

- piirustukset ja kaaviot rakenteista ja talotekniikasta
- PHPP-työkalulla tehtävät laskelmat, joista nähdään että rakennus täyttää lämmitys-, jäähdytys- ja primäärienergiatarpeelle määrätyt kriteerit
- käytettyjen materiaalien ja komponenttien tekniset tiedot
- kylmäsiltilaskelmat
- tulokset ilmatiiveydestä painekokeessa
- ilmastoinnin säätöpöytäkirja
- todistus suunnitelmien mukaisesta toteutuksesta.

5 PASSIIVITALON SUUNNITTELUN PERIAATTEET

5.1 Rakennuksen muoto

Yksittäisistä suunnitteluratkaisuista rakennuksen muodolla on merkittävin vaikutus rakennuksen energiantarpeeseen. Yksinkertainen ja tiivis muoto luo edellytykset energiatehokkuudelle ja minimoi rakenteiden kylmäsiltojen määrää. Passiivitalon muodon tiiveyttä kuvataan muotokertoimella, joka voidaan määrittää kahdella tavalla, joko jakamalla ulkovaipan lämmöneristekerroksen ulkopinta-ala lämmitettävällä tilavuudella (A/V) tai laskemalla ulkovaipan alan suhde lämmitettävään pinta-alaan (A/A). Yleisemmin käytetään suhdelukua A/V . Mitä pienempi muotokerroin, sitä pienemmät lämpöhäviöt rakennuksella on. (Haavisto 2012, 15; Lylykangas ja Nieminen 2009b.)



KUVIO 1. Esimerkkejä muotokertoimista (Lylykangas ja Nieminen 2009b)

Kuution muotoinen rakennus on muotokertoimeltaan energiatehokkain, mutta muotokertoimeen vaikuttaa myös rakennuksen koko. Kuten kuviosta 1 nähdään pienessä rakennuksessa muotokerroin muodostuu huonoksi, koska lämpöhäviöitä aiheuttavan ulkovaipan pinta-ala on suuri suhteessa lämmitettävään tilavuuteen. Pieni rakennus onkin haastava suunnitella passiivitalon kriteerit täyttäväksi.

Rakennuksen muotoon vaikuttaa myös haluttu arkkitehtuuri, mutta muotokerrointa laskettaessa tulee huomioida, että vain lämmitettävän ulkovaipan muodolla on merkitystä. Rakennus voidaan siis suunnitella arkkitehtuurisesti mielenkiintoiseksi ja monimutkaisen muotoiseksi kylmien tilojen osalta kunhan lämpimät tilat sijoitellaan energiatehokkuus mielessä järkevän ja yksinkertaisen muotoisen ulkovaipan sisään. (Haavisto 2012, 15 - 16; Lylykangas ja Nieminen 2009b.)

5.2 Ilmansuuntien ja rakennuspaikan merkitys

Auringolla on merkittävä vaikutus passiivitalon tilasuunnitteluun, energiatehokkuuteen ja asumisviihtyvyyteen. Aurinkoiseen ilmansuuntaan suunnatut ikkunat parantavat asumisviihtyvyyttä ja niiden kautta saadaan hyödynnettyä passiivisesti auringon lämpöenergiaa, mikä pienentää tilojen lämmitysenergian tarvetta. Tosin lämmityskausi on Suomessa, etenkin pohjoisosissa hyvin pimeää aikaa, jolloin auringon lämpöenergiaa on hyvin vähän saatavilla. Ikkunoiden eteläsuuntauksella ei tämän vuoksi saavuteta niin suurta hyötyä kuin Keski-Euroopassa. Lisäksi täytyy ottaa huomioon, että liiallinen säteily suurten eteläikkunoiden kautta voi aiheuttaa yllämpöä kesällä, jolloin tiloja joudutaan viilentämään koneellisesti. Suomen ilmastossa koneellisen jäähdytyksen tarve on kuitenkin vältettävissä suunnittelun keinoin. Yleensä tehokkain keino yllämmön välttämiseksi on ulkopuoliset varjostavat rakenteet, jotka voivat olla osa rakennuksen arkkitehtuuria, kuten kaihtimet, räystäät ja parvekkeet. Myös pihan istutukset voivat toimia varjostimina kesällä kun puissa on lehdet paikallaan. Talvella kun lehdet ovat tippuneet valoa saadaan puiden lävitse. (Haavisto 2012, 16 - 17; Lylykangas ja Nieminen 2009b.)

Sopiva ikkunapinta-ala passiivitaloon on 15 - 17 % kerrosalasta. Parhaimmatkin ikkunat ovat lämmöneristyskyvyltään seinärakennetta selvästi huonompia, joten suurempi ikkunapinta-ala johtaa suurempiin lämpöhäviöihin. Liian pieni ikkunapinta-ala puolestaan lisää valaistuksen tarvetta, jolloin sähkönkulutus nousee. Tämä pitää huomioida ikkunoiden sijoittelussa ja koon valinnassa. Optimaalisinta olisi sijoittaa paljon luonnonvaloa tarvitsevat tilat ja niiden ikkunat eteläpuolelle parhaimman hyödyn saamiseksi auringosta. (Haavisto 2012, 16; Lylykangas ja Nieminen 2009b.)

Passiivitalon rakentajan tulee jo tonttia valitessa ottaa huomioon, että rakennuspaikka soveltuu tarkoitukseen olosuhteiltaan. Maaston muodot, aurinkoisuus, tuulisuus, puusto ja viereiset rakennukset vaikuttavat tilasuunnitteluun ja energiateknisiin ratkaisuihin. Rakennuksen tulisi olla suojassa pohjoisen kylmiltä tuuilta ja välttyä silti kesän helteiltä. Eräs ratkaisu on sijoittaa mahdollisimman suuri osa rakennuksesta maan alle hyödyntäen maan suojaavaa vaikutusta lämpötilojen vaihteluita vastaan. Etenkin etelään päin avautuvat rinnetontit soveltuvat hyvin tähän rakennustapaan, sillä valoa tarvitsevat tilat voidaan sijoittaa maanpäällisen eteläjulkisivun puolelle ja vähemmän valoa tarvitsevat tilat, kuten pesutilat ja wc maan alaisiin osiin. Tilajärjestelyiltään rakennustapa vaatii erikoisia ratkaisuja, mutta rakenteelliset ratkaisut ovat yksinkertaisia ja kohtuullisin kustannuksin toteutettavissa. Maan suojaavan vaikutuksen tehokas hyödyntäminen tarkoittaa säästöjä eristepaksuudessa ja lämmitysenergiantarpeessa. (Alatalo 2013, 14 - 15; Peura 2012, 45 - 47.)

5.3 Rakenteet

Passiivitalon rakenteiden suunnittelua varten on annettu ohjeelliset U-arvot taulukon 3 mukaisesti. Nämä ovat suuntaa antavia ohjeita ja lämmöneristysten tarve tulee aina määrittellä hankekohtaisesti tarkastellen kokonaisenergiankulutusta. (Airaksinen, Jahn ja Nieminen 2007a, 6.)

TAULUKKO 3. Suomalaisen passiivitalon rakenteiden ohjeelliset U-arvot (Airaksinen ym. 2007a, 6)

Ulkovaipan osa	U-arvo, W/m ² K
Ulkoseinä	0,07-0,09
Alapohja	0,08-0,1
Yläpohja	0,06-0,09
Ikkuna	0,7-0,9
Kiinteä ikkuna	0,6-0,8
Ulko-ovi	0,4-0,7

Ulkovaipan lämpöhäviöt ovat suuri osa rakennuksen kokonaislämpöhäviöistä. Passiivitaloissa ulkovaipan lämpöhäviöt on pyritty minimoimaan paksuilla lämmöneristeillä ja käyttämällä uusia eristysmateriaaleja, joiden lämmöneristyskyky on vanhoja parempi. Käytettäessä paksuja lämmöneristekerroksia on huomioitava, että lämmöneristävyys ei enää lisäännä lineaarisesti eristepaksuuden kasvaessa. (Haavisto 2012, 18; Lylykangas ja Nieminen 2009c.)

Kylmäsilat ovat rakenteen heikkoja kohtia lämmöneristävyden kannalta ja niiden merkitys korostuu hyvin eristetyissä rakenteissa. Kylmäsilat jaetaan yleensä rakenteellisiin kylmäsiltoihin ja geometrisiin kylmäsiltoihin. Rakenteellisen kylmäsilan aiheuttaa rakennusosa, jonka lämmönjohtavuus on ympäröiviä materiaaleja suurempi. Rakenteellisia kylmäsiltoja on pistemäisiä ja viivamaisia. Pistemäinen kylmäsilta on esimerkiksi terässide, joka lisää lämmön siirtymistä rakenteen läpi paikallisesti. Viivamainen kylmäsilta on esimerkiksi runkotolppa, joka johtaa lämmöneristekerroksen läpi lämpövirran jatkuvana koko pituutensa matkalle. Geometrinen kylmäsilta muodostuu kun rakenteen suunta muuttuu, kuten rakennuksen nurkassa. Sisä- ja ulkopintojen alat ovat eri suuruiset nurkassa ja se aiheuttaa eri suuruisen lämpövirran muuhun rakenteeseen nähden. Tyypillisesti kylmäsilat ovat rakenteellisen ja geometrisen kylmäsilan yhdistelmiä, kuten ulkoseinän ja yläpohjan liitos. Kylmäsilan kohdalla rakenteen sisäpinnan lämpötila on muuta rakennetta alhaisempi. Tämä voi laskea asumisviihtyvyyttä sillä passiivitalon vähäisen lämmön tarpeen vuoksi se voidaan havaita herkemmin. Passiivitalon rakenteiden suunnittelussa tulisi kiinnittää erityistä huomiota koko eristepaksuuden läpi kulkevien kylmäsiltojen välttämiseksi ja pyrkiä mahdollisimman yhtenäiseen eristekerrokseen. (Haavisto 2012, 23; Lylykangas ja Nieminen 2009c.)

Passiivitalon ulkovaipan ilmatiiveys on aina todettava painekokeella. Mittauksessa suurin sallittu ilmavuotoluku on $n_{50}=0,6$ 1/h, kun tyypillisen suomalaisen rakennuksen vastaava ilmavuotoluvun arvo on 1,5 - 5 1/h. Passiivitalon tulee olla siis erittäin tiivis ja syystäkin, sillä ilmanpitävyys vaikuttaa lämmitysenergiatarpeeseen ja rakenteiden kosteustekniseen toimivuuteen. Ilmatiiveys perustuu yhtenäiseen ja ehjään ilmansulkukerrokseen. Ilmatiiviin kerroksen toteuttamista voidaan helpottaa rakenteiden detajisuunnitteluvaiheen ratkaisulla. Erityistä huomiota vaatii seinärakenteen liitokset ala- ja välipohjan kanssa sekä ovien- ja ikkunoiden detaljit. Ilmansulkuun tulisi tehdä mahdollisimman vähän läpivientejä. Tämän vuoksi ilmanvaihtokanavisto ja sähköasennukset on

kannattavaa asentaa kokonaan ilmansulkukerroksen sisäpuolelle. Sähköasennuksille voidaan tehdä höyrynsulkukerroksen sisäpuolelle tarvittava asennustila. Ilmanvaihtokanavista vain tulo- ja jäteilmakanavat lävistävät ilmansulun. Kaikki läpivientien liitokset tiivistetään erittäin huolellisesti. (Airaksinen ym. 2007a, 8 - 9; Lylykangas ja Nieminen 2009c.)

Passiivitalon paksuissa rakenteissa tulee kiinnittää huomiota kosteustekniseen toimivuuteen. Eristeen lisääminen vähentää rakenteen läpi johtuvaa kuivattavaa lämpövirtaa, joten rakenteen kuivuminen heikkenee. Lisäksi rakenteen ulko-osissa lämpötila laskee ja suhteellinen kosteus nousee, mikä voi johtaa kosteuden tiivistymiseen ja homekasvustolle otollisten olosuhteiden kehittymiseen. Myös rakennusaikaisen kosteuden poistumiselle vaipparakenteista tulee varata enemmän aikaa. Siirryttäessä yhä useammin käyttämään solumuovieristeitä, kuivuminen tapahtuu yhä hitaammin ja pääosin vain yhteen suuntaan, sisälle päin. Passiivitalon rakenteet ovat kuitenkin kosteusteknisesti toimivia kunhan suunnittelussa huomioidaan edellä mainitut asiat ja rakennustyön aikana kiireellisistä aikatauluista huolimatta ei tehdä laiminlyöntejä kuivumisaikojen ja tiiveyden varmistamisen suhteen. (Kuhno, Lahdensivu, Lindberg, Lähdesmäki, Manelius, Saastamoinen, Salminen, Suonketo, Vinha 2012, 10 - 13.)

5.4 Ikkunat

Ikkunat ovat lämmöneristyskyvyltään huomattavasti ulkoseinärakennetta heikompia rakennusosia, mutta ikkunoiden ominaisuuksia voidaan parantaa monin keinoin ja hyvän suunnittelun ja tarkan asennuksen avulla haitat voidaan minimoida. Passiivitalon ikkunoiden suunnittelussa ja asennuksessa tulisi huomioida seuraavia asioita (Kuhno ym. 2012, 113 - 115):

- Liian korkeat ikkunat aiheuttavat vedon tunnetta.
- Ikkunat tulee asentaa syvyysuunnassa lämmöneristekerroksen kohdalle.
- Eristepaksuuden kasvaessa ikkunan karmipaksuuden tulisi myös kasvaa.
- Kiinteiden ikkunoiden asentaminen suoraan runkorakenteisiin vähentää kylmäsilta vaikutusta.
- Ikkunoiden karmit ja ulkoseinän ilmansulkukerros tulee tiivistää huolella yhtenäiseksi kokonaisuudeksi.
- Passiivitaloon suositellaan nelilasisia ikkunoita.
- Jalokaasutäyttö kahden lasin välissä parantaa lasin lämmöneristyskykyä.
- Selektiivipinnoituksella voidaan vähentää lämpösäteilyn pääsyä rakennuksesta ulos päin.
- Selektiivipinnoitteella voidaan estää ikkunan huurtuminen.
- Selektiivipinnoite voi heikentää matkapuhelinten kuuluvuutta sisällä.

Passiivitaloissa lämmityksentarve on niin pieni, että korkeiden ikkunoiden vieressä voidaan havaita vedon tunnetta. Näin korkeita ikkunoita tulisi välttää, muuten ikkunan alle on mukavuussyistä asennettava lämpöpatteri. Vedon tunne voi aiheutua myös huonosta rakenteiden suunnittelusta tai asennuksesta, sillä ikkunan ja ulkoseinän väliseen liitokseen syntyy aina kylmäsilta. Kylmäsilan vuoksi ikkuna tulee asentaa lämmöneristekerroksen kohdalle ja paksuissa passiivitalon rakenteissa myös karmin tulee olla paksumpi. Liian ohut karmi lisää kylmäsilan aiheuttamia lämpöhäviöitä.

Kiinteisiin ikkunoihin ei välttämättä tarvita erillisiä karmeja vaan ne voidaan asentaa suoraan runkorakenteisiin kiinni minimoiden kylmäsillan vaikutukset. Ikkunoiden asennuksessa tulee kiinnittää erityistä huomiota ulkoseinän ilmansulkukerroksen liittämiseen ikkunan karmin kanssa. Yleensä liitos voidaan tiivistää kerroksittaisella polyuretaanivaahdotuksella tai elastisella saumamassalla. (Kuhno ym. 2012, 113 - 115.)

Passiivitaloon sopii nelilasiset ikkunat, joissa ikkuna muodostuu kahdesta lämpölaselementistä. Tällöin ulompi lämpölaselementti on lähellä seinärakenteen ulkopintaa ja sisempi lämpölaselementti vastaavasti lähellä sisäpintaa, jolloin hyvän lämmöneristävyyden lisäksi minimoidaan kylmäsillan vaikutukset. Lämpölaselementeissä käytetään lasien välissä jalokaasua täyteenä, koska ilmaa hidaslaikeisempien jalokaasujen käyttö vähentää johtumisen ja konvektion aiheuttamaa lämpöhäviötä. Selektiivipinnoite on metallioksidista koostuva kerros, jolla voidaan parantaa ikkunan lämmöneristävyyttä. Selektiivipinnoite on läpinäkyvä ja se päästää auringon säteilyn sisään, mutta vähentää lämpösäteilyn pääsyä ulos. Hyvin lämpöä eristävissä ikkunoissa ulkopinnan lämpötila voi laskea niin alhaiseksi, että ikkuna huurtuu. Ongelma voidaan välttää käyttämällä selektiivipinnoitetta ikkunan ulkopinnassa. Matkapuhelinten kuuluvuuden kanssa voi tulla ongelmia sisällä sillä selektiivikalvot heikentävät radioaaltojen kulkeutumista ikkunan läpi. (Motiva 2012; Kuhno ym. 2012, 113 - 115.)

5.5 Talotekniikka

5.5.1 Lämmitysjärjestelmä

Yksinkertainen talotekniikka kuuluu passiivitalon suunnitteluperiaatteisiin. Ratkaisujen tulee olla energiatehokkaita ja taata viihtyisä sisäilmasto rakennuksessa. Investoimalla ulkovaipan eristykseen ja hyödyntämällä ilmaisenergianlähteitä tehokkaasti voidaan säästää talotekniikassa sillä monimutkaisia ja kalliita järjestelmiä ei välttämättä tarvita. Talon lämmitys voidaan hoitaa ilmanvaihdon avulla. Ilmanvaihtolämmitys on edullinen tapa hyvän sisäilmaston saavuttamiseksi, koska järjestelmän avulla passiivitalon tarvitsema vähäinen lämpöteho saadaan tuotettua ja jaettua tasaisesti sekä ohjattua huonekohtaisesti. Toiminta perustuu ilmanvaihtokoneelta tulevan ilman jälkilämmittämiseen huonekohtaisesti päätelaitteeseen asennetulla sähkövastuksella. (Airaksinen ym. 2007c, 5,10.)

Passiivitaloissa käytetään myös perinteisiä lämmitysjärjestelmiä. Suorasähkölämmitys voi olla perusteltu ratkaisu vähän lämpöenergiaa kuluttavaan passiivitaloon pienten investointikustannustensa puolesta. Lattialämmitystä suositellaan käytettäväksi kivipinnoilla mukavuussyistä ja kosteissa tiloissa lattioiden kuivumisen nopeuttamiseksi. (Isover.)

5.5.2 Ilmanvaihtojärjestelmä

Ilmanvaihtolämmityksen toimivuuden takaamiseksi tarvitaan hyvä lämmöntalteenotto-laite ja mahdollisimman energiatehokkaaksi suunniteltu ilmanvaihtokanavisto. Ilmanvaihdon

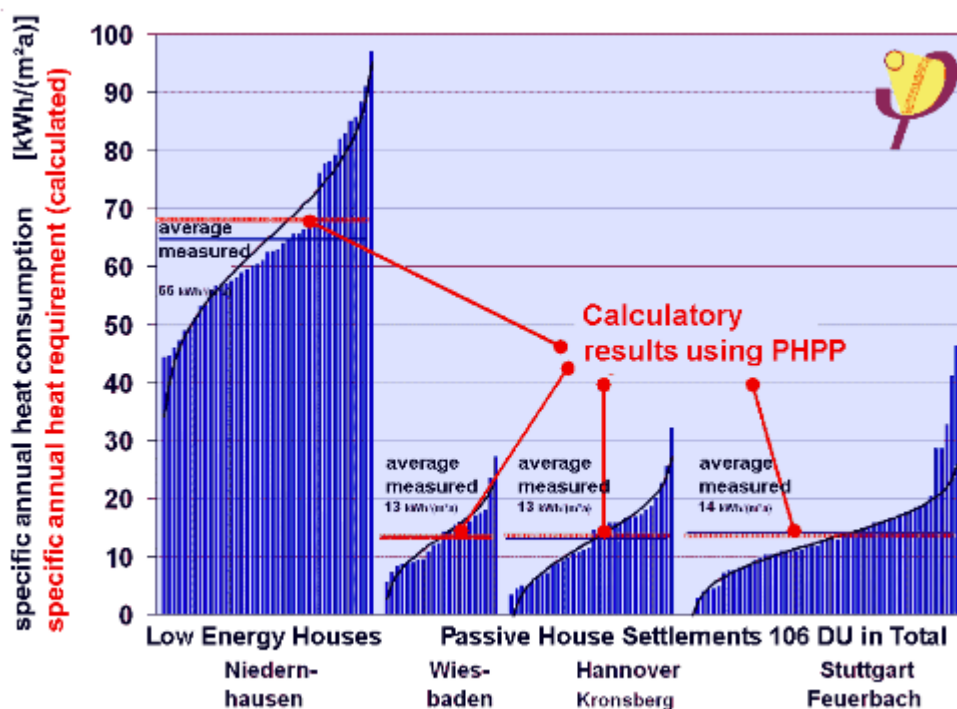
lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde tulisi olla mahdollisimman korkea, mutta vähintään 70 %. Sähkönkulutuksen vähentämiseksi ilmanvaihtokoneen tulisi käyttää EC-tasavirtapuhaltimia, joiden virrankulutus on 40 - 50 % pienempi vastaaviin vaihtovirtapuhaltimiin verrattuna. Ilmanvaihtokanaviston painehäviöt saadaan pieniksi oikealla mitoituksella ja suunnittelemalla reititykset mahdollisimman lyhyiksi. Huonejärjestyksellä pystytään vaikuttamaan paljon ilmanvaihtokanaviston pituuteen. (Airaksinen ym. 2007c, 5,10 - 11; Isover.)

Passiivitalon ilmanvaihtojärjestelmää voidaan parantaa entisestään erilaisilla lisätoiminnoilla ja automatiikalla. Kotona/poissa -kytkimellä voidaan laskea ilmanvaihtoa ja lämpötilaa energiaa säästävälle tasolle kun ollaan poissa kotoa pitemmän aikaa. Passiivitalon tiiveyden vuoksi takan sytyttämistä varten asennetaan ilmanvaihtoon takkakytkin, joka ylipaineistaa rakennuksen halutun ajan. Ilmanvaihtoon voidaan lisätä myös maaliuospiiri, jota voidaan hyödyntää talvella lämmitykseen ja kesällä viilennykseen. Maaliuospiiri kuluttaa vain pienen kiertovesipumpun tarvitseman sähköenergian. Maaliuoksella lämmitetään talvella kylmää tuloilmaa ennen kuin se menee ilmanvaihtokoneelle. Kesällä maan ollessa ilmaa viileämpää, järjestelmää voidaan käyttää viilentämään huoneisiin puhallettavaa tuloilmaa. (Isover.)

6 PASSIVE HOUSE PLANNING PACKAGE

Passive House Planning Package, lyhyemmin PHPP on excel-pohjainen laskuri, jonka pääasiallinen tarkoitus on passiivitalon sertifiointiin vaadittavan laskelman tuottaminen. Ohjelma kehitettiin ja lanseerattiin Saksassa Passivhaus Institute:n toimesta vuonna 1998. Ensimmäinen versio ohjelmasta oli saatavilla pelkästään saksankielisenä, mutta nykyään ohjelmasta on tullut jo uudistuneempia versioita useilla eri kielillä. PHPP:n 35 välilehteä sisältävät kaiken tarvittavan toimivan passiivitalon suunnitteluun ja optimointiin. Ohjelma laskee syötettyjen tietojen perusteella rakennuksen lämmitys- ja jäähdytysenergiatarpeen, kokonaisprimäärienergiatarpeen sekä kesän aikaisen yllämpenemisen esiintymisen. Laskentaohjelman lisäksi PHPP sisältää suunnitteluoppaan. Oppaassa on selitetty passiivitalon energiankulutuksen laskennassa käytettävät laskentamenetelmät ja kriteerit. Oppaassa annetaan myös ohjeita passiivitalon suunnittelun ja rakentamisen kannalta oleellisista asioista. (Passipedia b.)

PHPP:n laskennan tulokset on todettu erittäin tarkkoiksi. Tutkimuksissa ohjelmasta saatuja tuloksia on verrattu useisiin ympäri eurooppaa rakennettuihin passiivitalo kohteisiin, joiden energiankulutusta on seurattu tieteellisin menetelmin. Tutkimuksissa havaittiin, että rakennuksista mitatut keskimääräiset energiankulutukset olivat lähes yhteneväisiä PHPP-laskennasta saatujen tulosten kanssa. PHPP:n on todettu antavan luotettavia tuloksia myös muillekin rakennuksille kuin passiivitaloille, kuten kuvasta 1 voidaan havaita. (Passipedia c.)



KUVA 1. PHPP-laskennan ja toteutuneen energiankulutuksen vertailu (Passipedia c)

6.1 Käyttöön liittyvät asiat

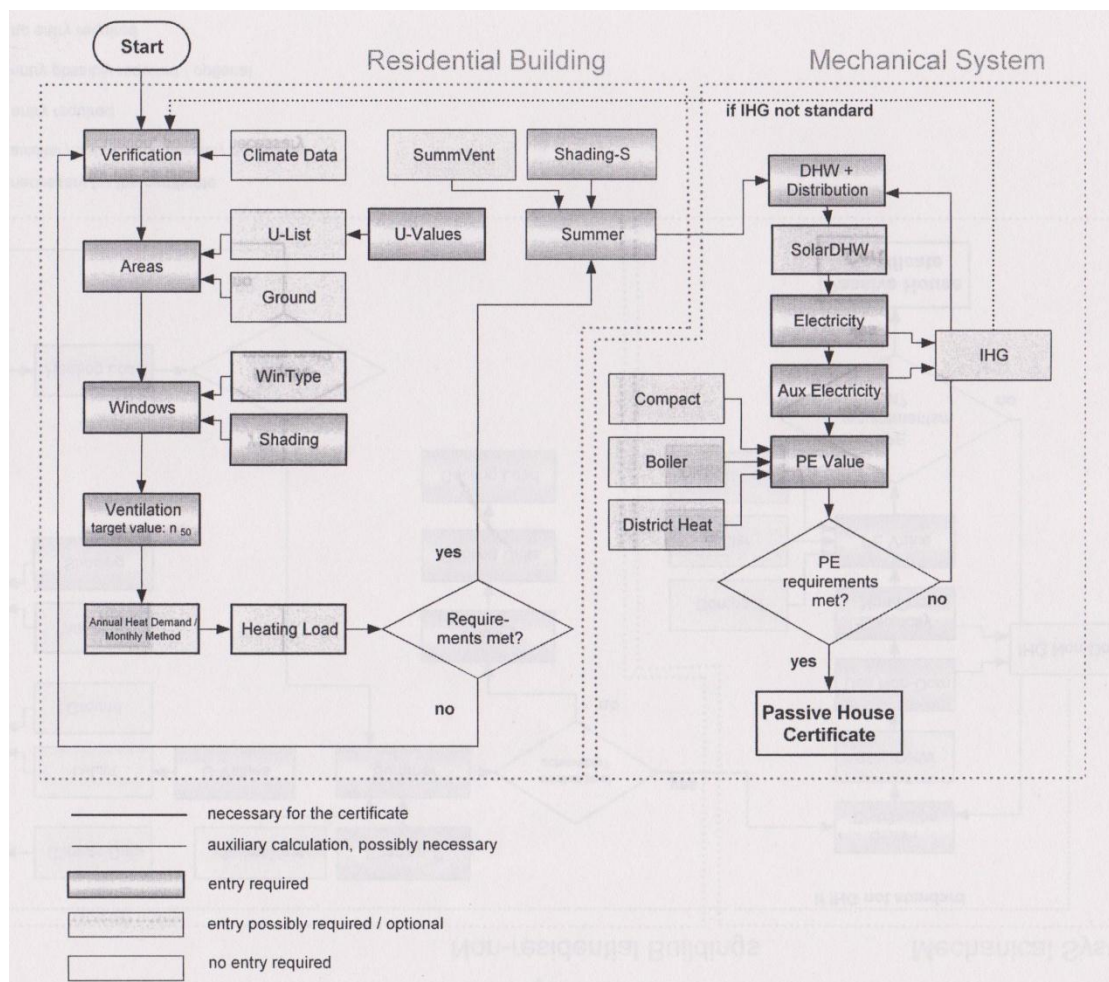
PHPP on kuin mikä tahansa Excel-laskentaohjelma, jonka soluihin syötetään tietoja ja ohjelma laskee tulokset valmiiksi ohjelmoitujen kaavojen avulla. Tärkeimmät projektin tiedot ja laskennasta saadut tulokset on koottuna Verification –välilehdellä, jota käytetään myös passiivitalon sertifioitiin. Osa PHPP:n soluista on suojattu virheiden välttämiseksi niin, ettei käyttäjä vahingossa pysty muuttamaan laskentakaavoja tai tuloksia. Suojaus voidaan purkaa erikoistapausten laskentaa varten. (Passive House Institute 2010, 33 - 34.)

Keltaiset solut sinisellä tekstillä ovat käyttäjän syöttämiä tietoja varten. Passiivitalon energialaskentaa varten käyttäjän tarvitsee syöttää tietoja ainoastaan näihin soluihin, sillä muiden solujen muokkaaminen on tarpeellista ainoastaan erikoistapauksissa. (Passive House Institute 2010, 33.)

Valkoiset solut mustalla tekstillä ovat ohjelman määrittämiä arvoja tai laskentaan tarvittavia kaavoja. Valkoisia soluja on myös violetilla tekstillä, jolloin ne sisältävät viittauksia ja arvoja muista välilehdistä. Näiden muokkaamista tulisi välttää ja siksi valkoiset solut on suojattu. (Passive House Institute 2010, 33.)

Vihreät solut mustalla tekstillä sisältävät tärkeitä laskentaan liittyviä tuloksia. Virheiden varalta myös vihreät solut on suojattu käyttäjän tekemiltä muutoksilta. (Passive House Institute 2010, 33.) Lisäksi joidenkin solujen oikeassa ylänurkassa on punainen merkki. Kun asettaa kursorin merkin päälle ohjelma antaa hyödyllisiä neuvoja kyseisen solun tietojen täyttämistä varten.

Kuvasta 2 nähdään kuinka PHPP:n laskentaprosessi etenee vaiheittain ja kuinka se jakaantuu kahteen osaan. Ensimmäinen osa (vas.) kuvaa tilojen lämmitysenergiantarpeen laskentaa ja toinen osa (oik.) keskittyy rakennuksen kokonaisprimäärienergiantarpeeseen. Lämmitysenergiantarpeen laskentaan tarvitaan vain rakennuksen perustiedot, joita ovat muun muassa ulkovaipan osien tiedot pinta-aloineen ja U-arvoineen sekä ikkunoiden ja ilmanvaihdon tiedot. Näillä tiedoilla saadaan jo arvio rakennuksen energiatehokkuudesta. Kun halutaan tietää myös rakennuksen kokonaisprimäärienergiantarve tulee täyttää jälkimmäinenkin osa, joka käsittelee rakennuksen teknisiä järjestelmiä, kuten sähköistystä, lämmitysjärjestelmää ja lämpimän veden tuotantoa. Kaikkien tietojen syöttäminen ei ole pakollista vaan ohjelma käyttää tiettyjä oletusarvoja tai jättää laskennassa huomioimatta tyhjäksi jätetyt solut. Näin ohjelmaa voidaan käyttää jo suunnittelun alkuvaiheessa kun käyttäjällä ei välttämättä ole vielä kaikkia tarvittavia tietoja. Sertifikaatin saaminen edellyttää kuitenkin, että kaikki pakolliset tiedot on syötetty oikein.



KUVA 2. PHPP:n laskennan eteneminen (Passive House Institute 2010, 31)

PHPP:n oppaassa (Passive House Institute 2010, 47 - 48) painotetaan, että kaikki laskelmista saadut tulokset perustuvat nettolattiapinta-alaan, joten on tärkeää, että se on laskettu oikein. Kyseessä on saksalaiseen normeihin perustuva laskentatapa, joka on monelle tuntematon, joten sen käyttö voi helposti aiheuttaa sekaannusta. Nettolattiapinta-alalla tarkoitetaan lämpimien tilojen ulkovaipan sisälle jäävää lattiapinta-alaa, joka lasketaan ulkoseinien sisäpintoja pitkin. Terassit, parvekkeet ja muut ulkovaipan ulkopuolelle jäävät tilat eivät kuulu nettolattiapinta-alaan. Yli kaksi metriä korkeat tilat lasketaan kokonaan nettolattiapinta-alaan. Huonekorkeuden ollessa metrin ja kahden metrin välissä vain 50 % pinta-alasta otetaan huomioon. Alle metrin korkuisia tiloja ei lasketa ollenkaan mukaan. Ulkovaipan sisällä olevat asumiskäyttöön soveltumattomat yli kaksi metriä korkeat tilat lasketaan mukaan, mutta vain 60 % pinta-alasta.

Nettolattiapinta-alaan eivät kuulu tulisijat, savupiiput, väliseinät, pilarit ja muut kiinteät rakenteet joiden korkeus ylittää 1,5 metriä ja pinta-ala on yli $0,1 \text{ m}^2$. Yli kolmen askelman pituiset portaat ja niiden tasanteet sekä alle 130 mm syvät ovien ja ikkunoiden syvennykset eivät myöskään kuulu nettolattiapinta-alaan. Lisäksi lattia-aukot, kuten avoimet tilat parven edessä eivät ole nettolattiapinta-alaa. (Passive House Institute 2010, 47 - 48.)

Laskennan kannalta on tärkeä tietää, että PHPP käyttää tiettyjä viittauksia standardeihin ja valmiiksi määritellyjä oletusarvoja ja laskentamenetelmiä, jotka on todettu toimivan energiatehokkaiden rakennuksien laskennassa. PHPP:n oppaassa (Passive House Institute 2010, 29) on lueteltu ohjelman käyttämiä laskutapoja ja oletusarvoja:

- Ilmastotietoa korjataan $-0,6$ °C jokaista 100 metriä kohden, jonka rakennuksen sijainti poikkeaa alueen yleisestä korkotasosta. Tämä voi olla tarpeen korkean mäen päälle rakennettaessa.
- Suunniteltu sisälämpötila on 20 °C.
- Sisäisen lämpökuorman oletusarvo on $2,1$ W/m².
- Asukasluku lasketaan joko pinta-alan mukaan 35 m²/asukas tai 20 - 50 m²/asukas mikäli halutaan käyttää suunnitteluarvoa tai todellista asukasmäärää.
- Lämpimän käyttöveden tarve on 25 litraa vuorokaudessa henkilöä kohden. Lämpimän käyttöveden lämpötila on 60 °C ja kylmän veden 10 °C.
- Ilmanvaihto on keskimäärin 20 - 30 m³/h henkilöä kohden. Käytetyn arvon tulisi vastata todellisuudessa käytettävää ilmanvaihdon määrää.
- Talouden sähköntarpeen osalta käytetään PHPP:n standardi arvoja paitsi poikkeustapauksissa.
- Ulkovaipan osien pinta-alat mitataan poikkeuksetta vaipan ulkomittoja käyttäen.
- Ovien ja ikkunoiden U-arvot ja kylmäsiltojen arvot karmien ja liitoksien osalta lasketaan PHPP:n laskentamenetelmiä käyttäen, standardin EN 10077:n mukaan.
- Lasituksen U-arvo määritellään standardin EN 673:n mukaan ja g-arvo EN 410:n mukaan.
- Lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteen laskennassa voidaan käyttää Passive House Institutin määrittämiä testejä tai vähentää 12 % ilmoitetusta vuosihyötysuhteen arvosta.
- Lämmittimen hyötysuhde määritetään PHPP:n laskentamenetelmin tai erillistä määritelmää käyttäen.

6.2 Laskentaa varten tarvittavat piirustukset

Laskennasta voidaan saavuttaa tarkkoja tuloksia vain yksityiskohtaisten piirustusten ja suunnitelmien avulla. Suuntaa antavia laskelmia voidaan tehdä jo luonnosvaiheessa, mutta varsinaiset sertifiointiin oikeuttavat tulokset saadaan laskettua vasta kun kaikki pinta-aloihin, rakenteisiin ja tekniikkaan liittyvät suunnitelmat ovat valmiita ja niistä saatavat arvot ohjelmaan syötettävissä.

PHPP-laskentaa varten tarvittavat piirustukset (Passive House Institute 2010, 25):

- Asemakaavakuvasta tulee käydä ilmi rakennuksen suuntaus, naapurirakennusten sijainti ja korkeus, puut ja muut varjostavat kasvit, maan korkoeroista johtuvat vaakasuorat varjostukset. On tärkeää, että kaikki varjostukseen ja auringon ilmaisenergian hyödyntämiseen liittyvät asiat ilmenevät asemakaavakuvasta.
- Pohja-, leikkaus- ja julkisivukuviissa on tärkeää, että kaikki pinta-alojen laskentaan tarvittavat mitat on annettu mahdollisimman selkeästi. Näiden kuvien perusteella määritetään nettolattiapinta-ala sekä ulkovaipan osien ja ikkunoiden pinta-alat.

- Detalj kuvat rakennusosien liitoksista, kuten ulkoseinän ja välipohjan liitos tai ikkunan rakenteiden liittyminen ulkoseinän rakenteisiin. Detalj kuvista tulee ilmetä tarvittavat mitat ja käytettävät materiaalit sekä materiaalien tekniset tiedot lämmönjohtavuuksineen.
- Ilmanvaihtosuunnitelmien tulisi sisältää tarvittavat tiedot ilmanvaihtokoneesta, ilmamääristä, ilmanvaihtokanavien mitoista ja lämmöneristyksistä sekä mahdollisesta tuloilman esilämmittimestä.
- Lämmitysjärjestelmää koskevista suunnitelmista tulee ilmetä lämmittimen ja lämmönvaraajan tekniset tiedot. Lisäksi tarvitaan lämmön ja lämpimän käyttöveden sekä kylmän veden jakeluun liittyvistä putkista ja muista osista mitat ja lämmöneristävyudet.
- Sähkösuunnitelmista tarvitaan lähinnä valaistukseen liittyvät tiedot.

6.3 Lämmitysenergiantarve

Lämmitysenergian tarpeen laskenta perustuu standardiin EN 13790. Tilojen lämmitysenergian tarve muodostuu rakennuksen lämpöhäviöiden ja lämpökuormien erotuksena, kuten kaavasta 1 voidaan havaita. Koska ulkovaipan ja ilmanvaihdon lämpöhäviöt ovat aina suuremmat kuin auringon ilmaisenergia ja sisäiset lämpökuormat, erotuksen suuruinen määrä lämpöä täytyy tuottaa rakennuksen lämmitysjärjestelmän avulla. (Lylykangas ja Nieminen 2009a, 11; Passive House Institute 2010, 93.)

Lämmitysenergian tarve lasketaan kaavalla 1 (Haavisto 2010, 36).

$$Q_H = Q_T + Q_V - n \cdot (Q_S + Q_I) \quad (1)$$

Q_T = vaipan lämpöhäviöt

Q_V = ilmanvaihdon lämpöhäviöt

n = ilmaisenergioiden hyödyntämiskerroin

Q_S = auringon säteilyn kautta saatava ilmaisenergia

Q_I = sisäiset lämpökuormat

Käyttäjätottumukset ja valitun lämmitysjärjestelmän ominaisuudet eivät vaikuta lämmitysenergian tarpeeseen vaikka ne vaikuttavatkin lämmitysenergian kulutukseen. Myöskään käyttäjämäärä tai rakennuksen koko eivät suoranaisesti vaikuta lämmitysenergian tarpeeseen, koska sitä tarkastellaan neliometriä kohden. Näin ollen tällaiset muuttujat eivät myöskään vaikuta kriteerin täyttymiseen. (Lylykangas ja Nieminen 2009a, 11.)

6.4 Kokonaisprimäärienergiantarve

Kokonaisprimäärienergiantarve sisältää kaiken rakennuksen tarvitseman energian. Sen määrää painotetaan kertomalla primäärienergiantarve käytetystä energian tuotantotavasta riippuvalla

primäärienergiakertoimella. Näin huomioidaan käytetyn energiamuodon ympäristövaikutukset, mikä ohjaa ekologisempiin valintoihin. (Lylykangas ja Nieminen 2009a, 11 - 12.)

Kokonaisprimäärienergiantarve lasketaan kaavalla 2 (Passive House Institute 2010, 168).

$$q_p = Q_p / A_{TFA} \quad (2)$$

Q_p = primäärienergiantarve

A_{TFA} = rakennuksen nettolattiapinta-ala

Primäärienergiantarve lasketaan kaavalla 3 (Passive House Institute 2010, 167).

$$Q_p = p * Q_{final} \quad (3)$$

p = primäärienergiakerroin käytettävälle energiamuodolle (taulukko 4)

Q_{final} = lopullinen energiantarve

TAULUKKO 4. Primäärienergiakertoimet eri energiamuodoille (Passive House Institute 2010, 168)

Energiamuoto	Primäärienergiakerroin
Öljy	1,1
Maakaasu	1,1
Nestekaasu	1,1
Kivihilli	1,1
Puu	0,2
Sähkö	2,6
Aurinkosähkö	0,7

PHPP:n käyttämät primäärienergiakertoimet taulukossa 4 kertovat kuinka paljon merkitystä käytetyllä energiamuodolla on passiivitalon suunnittelun kannalta. Esimerkiksi paljon sähköä käyttävän rakennuksen kokonaisprimäärienergiantarve voi olla suuri, mutta se pienenee merkittävästi jos sähkö tuotetaan aurinkopaneeleilla.

Kokonaisprimäärienergiantarpeen kriteeri varmistaa, että passiivitaloissa pyritään vähentämään esimerkiksi laitesähkön ja valaistuksen energiankulutusta (Lylykangas ja Nieminen 2009a, 11 - 12).

7 MATALAENERGIATALOSTA PASSIIVITALOKSI

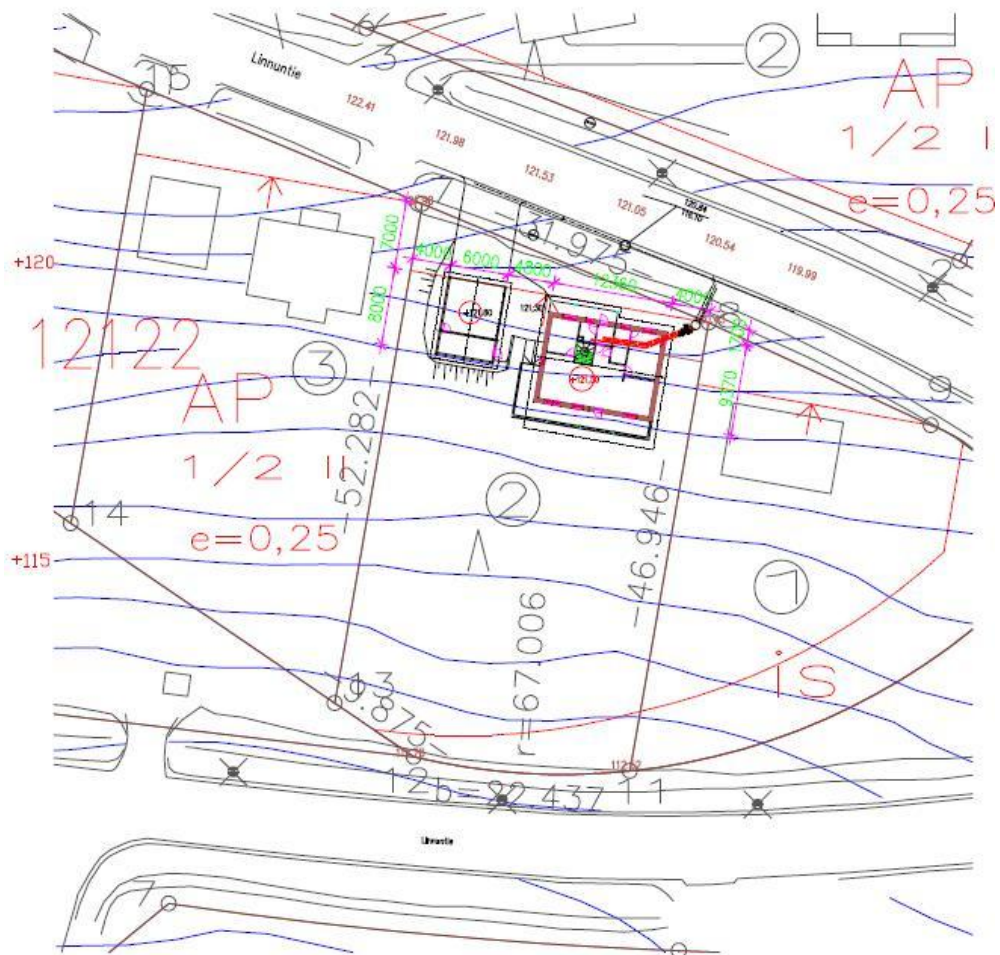
7.1 Ilmasto

Pohjois-Suomen ilmasto asettaa haasteita passiivitalon suunnittelijalle. Talvi on Pohjois-Suomen pisin vuodenaika ja se voi kestää puoli vuotta. Talvella lämpötilaerot voivat olla suuria ja kovia pakkasia esiintyy, jolloin lämpötila voi laskea jopa -50 asteeseen, mikä pitää huomioida lämmitysjärjestelmää mitoitettaessa. Samaan aikaan auringon ilmaisenergiaa saadaan hyvin vähän, koska aurinko ei kaamoksen aikaan nouse napapiirin pohjoispuolella keskipäivälläkään. Tämä lisää lämmitysenergian tarvetta ja vähentää ikkunoiden eteläsuuntauksesta saatavaa hyötyä. Rovaniemi sijaitsee juuri napapiirin rajan tuntumassa sen eteläpuolella, joten edellä mainitut ongelmat koskevat myös tutkittavaa kohdetta. Lisäksi kostean syksyn aikana passiivitalon paksuihin rakenteisiin kertynyt kosteus voi tiivistyä haitallisesti rakenteisiin. Rakenteet eivät välttämättä kerkeä kuivua lyhyen kesänkään aikana, sillä kesän pituus on vain kahdesta kolmeen kuukautta ja lämpötilat voivat olla melko alhaisia kesälläkin.

Koska PHPP on pääasiassa Keski-Euroopassa käytetty ja Suomessa hyvin tunnetun laskentaohjelma sen ilmastotiedoista ei löydy juuri tarvitsemaamme Rovaniemen säädataa. Ainoat Suomen alueelta löytyvät ilmastotiedot ovat Tampereen ja Helsingin. Ruotsissa PHPP on ollut laajemmassa käytössä ja ilmastotietoja löytyy useilta eri alueilta, joten laskelmassa päätettiin käyttää Kirunan ilmastotietoa, joka on melko yhtäläinen Rovaniemen ilmaston kanssa.

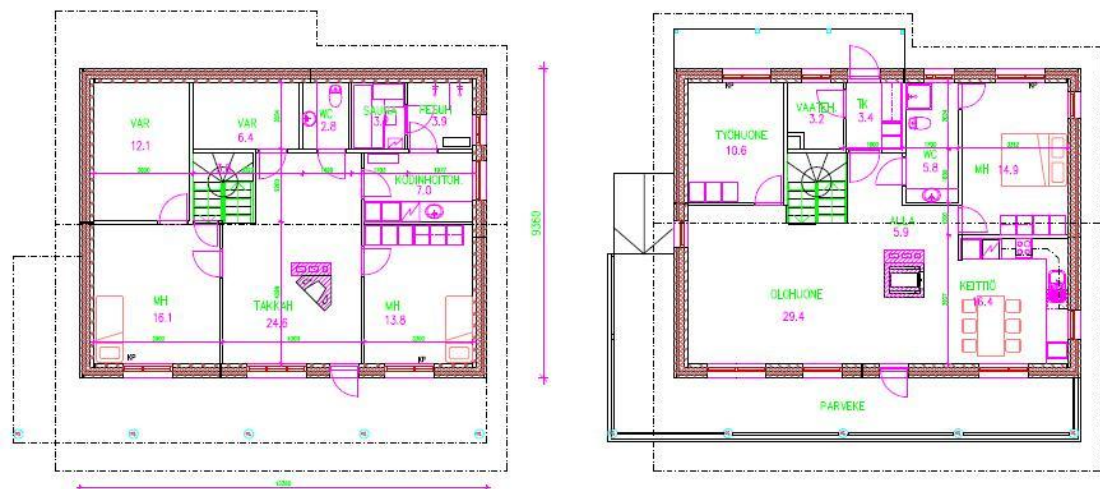
7.2 Kohteen lähtötilanne

Kohde sijaitsee Rovaniemellä Linnuntiellä uudisrakennusalueella. Rakennus sijaitsee tontin etuosassa pohjoispuolella, joten takapihan puolelle jää etelärinteeseen avautuva aurinkoinen pihapiiri, kuten kuvasta 3 käy ilmi. Rakennus on kaksikerroksinen omakotitalo ja alempi kerros on rinteestä johtuen maan alla pohjoisen puolelta. Pihapiirissä on myös autotalli/varastorakennus.



KUVA 3. Asemapiirros

Päärakennus on bruttoalaltaan 210 m² suuruinen ja asuinpinta-alaa on 130 m². PHPP:n käyttämä nettolattiapinta-ala on 171m². Autotalli/varistorakennuksen bruttoala on 50 m². Energialaskelma suoritetaan ainoastaan päärakennukselle.



KUVA 4. Pohjakuvat

Kuvasta 4 nähdään, että alakerrassa on varastotilaa, pesutilat, kaksi makuuhuonetta ja takkahuone, josta on käynti takapihan puolelle. Yläkertaan on sijoitettu yleiset oleskelutilat, olohuone ja keittiö ovat yhtenäistä avaraa tilaa. Olohuoneesta pääsee myös parvekkeelle. Lisäksi yläkerrassa on työhuone ja makuuhuone omalla wc:llä.



KUVA 5. Julkisivukuvat

Kuvasta 5 käy ilmi, että eteläjulkisivulla on paljon ikkunapinta-alaa, jonka kautta saadaan talvella hyödynnettyä auringon lämpöenergiaa. Kesällä auringon paistaessa ylempää parveke varjostaa niin, että asunto ei lämpene liikaa. Pohjoisjulkisivun ikkunat puolestaan huonontavat rakennuksen energiatehokkuutta.

		171,1 m ²	Requirements	Fulfilled?*
Space heating	Treated floor area	171,1 m ²		
	Annual heating demand	48 kWh/(m ² a)	15 kWh/(m ² a)	no
	Heating load	21 W/m ²	10 W/m ²	no
Space cooling	Overall specific space cooling demand	0 kWh/(m ² a)	15 kWh/(m ² a)	yes
	Cooling load	2 W/m ²	-	-
	Frequency of overheating (> 25 °C)	%	-	-
Primary Energy	Space heating and cooling, dehumidification, household electricity.	179 kWh/(m ² a)	120 kWh/(m ² a)	no
	DHW, space heating and auxiliary electricity	136 kWh/(m ² a)	-	-
	Specific primary energy reduction through solar electricity	kWh/(m ² a)	-	-
Airtightness	Pressurization test result n ₅₀	0,6 1/h	0,6 1/h	yes
Passive House?				no

* empty field: data missing; "-": no requirement

KUVA 6. PHPP-laskennan tulokset matalaenergiatalolle

Kuvasta 6 nähdään, että lämmitysenergian tarve on $48 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ eli se ylittää sallitun maksimiarvon $15 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ yli kolminkertaisesti. Lämmitykseen menee siis huomattava määrä energiaa ja sen vähentämiseen tarvitaan merkittäviä toimenpiteitä. Ulkovaipan ja ilmanvaihdon lämpöhäviöitä pienentämällä sekä ikkunoiden kautta saatavan auringon ilmaisenergian tehokkaalla hyödyntämisellä saadaan lämmitysenergian tarve kriteerien mukaiseksi.

Jäähdytysenergian tarvetta ei tarvitse tutkia tarkemmin sillä Pohjois-Suomen sääolosuhteissa jäähdytyksen osuus energiankulutuksesta on yleensä erittäin pieni ja tutkitussa kohteessa lähes olematon. Etelän puoleisia ikkunoita kesällä varjostava parveke riittää huolehtimaan siitä ettei rakennuksessa tarvita erillistä jäähdytystä.

Kokonaisprimäärienergiatarve on $179 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ ja se ylittää sallitun ylärajan $120 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ noin puolella. Kokonaisprimäärienergiaan sisältyy kaikki rakennuksessa käytettävä energia kerrottuna primäärienergiakertoimella ja tutkitussa kohteessa se tarkoittaa sähköä ja puuta. Takoissa poltettavan puun primäärienergiakerroin on 0,2 ja laitteiden, kodinkoneiden, valaistuksen sekä lämmitysjärjestelmän käyttämän sähkön primäärienergiakerroin on 2,6. Korkean primäärienergiakertoimen vuoksi sähkönkulutuksen vähentämisellä on suuri merkitys ja koska lämmitysjärjestelmänä on sähköllä toimiva ilma-vesilämpöpumppu on kannattavaa tutkia ensin keinoja lämmitysenergian tarpeen vähentämiseksi ja jos se ei riitä niin sen jälkeen voidaan tutkia millä muilla keinoin sähköä voidaan säästää.

Tiiveyden osalta kriteeri täyttyy ilmanvuotoluvun arvolla 0,6 l/h. Tiiveyttä voidaan silti parantaa huomattavasti.

Voidaan siis todeta, että kokonaisprimäärienergiatarpeeseen pitää kiinnittää huomiota, mutta tässä kohteessa määrääväenä tekijänä on lämmitysenergian tarpeen vähentäminen. Muilta osin kriteerit täyttyvät.

7.3 Alapohja

Rakenteen U-arvo on $0,139 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, mikä ei ole riittävän hyvä pohjoisen olosuhteisiin passiivitalolle. Alapohjarakenne säilytettiin muuten ennallaan, mutta eristemateriaali vaihdettiin lämmöneristyskyvyltään parempaan polyuretaanieristeeseen ja eristekerroksen paksuutta lisättiin 400 mm saakka kunnes saavutettiin tarvittava lämmöneristävyys.

Taulukosta 5 käy ilmi, että uuden rakenteen U-arvo on $0,055 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ ja muutos pienentää lämmitysenergian tarvetta 10,2 %. Lämmitysenergian tarve muutoksen jälkeen on $43 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$. Samalla kokonaisprimäärienergiatarve vähenee 6,1 % ja on siis muutoksen jälkeen $168 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$.

TAULUKKO 5. Maanvaraisen alapohjan rakenne matalaenergia- ja passiivitasoisena

Matalaenergia rakenne: U=0,139 W/(m²K)		
	paksuus, mm	λ, W/(m ² K)
betoni	100	1,2
Thermisol Platina	200	0,031
hiekkä	500	2
suodatinkangas		
sepeli	300	1,4
Passiivi rakenne: U=0,055 W/(m²K)		
	paksuus, mm	λ, W/(m ² K)
betoni	100	1,2
polyuretaani	400	0,023
hiekkä	500	2
suodatinkangas		

7.4 Ulkoseinät

Rakenteen U-arvo on 0,143 W/(m²K). Seinän rakennetta muutettiin niin, että mineraalivilla vaihdettiin polyuretaanieristeseen, koska mineraalivillalla seinästä olisi tullut kohtuuttoman paksu. Eristepaksuutta jouduttiin kasvattamaan 400 mm saakka vaikka käytettiin polyuretaanieristettä.

TAULUKKO 6. Ulkoseinän rakenne matalaenergia- ja passiivitasoisena

Matalaenergia rakenne: U=0,143 W/(m²K)		
	paksuus, mm	λ, W/(m ² K)
kantava betonikuori	100/120	1,2
Mineraalivilla	240	0,036
ulkokuori	80	1,2
ohutpinnoite	5	1,2
Passiivi rakenne: U=0,056 W/(m²K)		
	paksuus, mm	λ, W/(m ² K)
kantava betonikuori	100/120	1,2
polyuretaani	400	0,023
ulkokuori	80	1,2
ohutpinnoite	5	1,2

Uuden rakenteen U-arvo on 0,056 W/(m²K), kuten taulukosta 6 nähdään. Seinärakenteen muutos vaikuttaa lämmitysenergian tarpeeseen 33,3 % pudottaen sen arvoon 27 kWh/(m²a). Suuren pinta-alansa vuoksi ulkoseinien lämmöneristävyydellä on merkittävä vaikutus lämmitysenergian

tarpeeseen tutkitussa kohteessa. Kokonaisprimäärienergiantarve pienenee 19,6 % ja on muutoksen jälkeen 133 kWh/(m²a).

7.5 Yläpohja

Rakenteen U-arvo on 0,077 W/(m²K). Yläpohjarakennetta muutettiin niin, että mineraalivilla vaihdettiin saman paksuiseen kerrokseen polyuretaania, joka samalla korvaa höyrynsulkumuovin ja puhallusvuorivillaa lisättiin 700 mm saakka.

TAULUKKO 7. Yläpohjan rakenne matalaenergia- ja passiivitasoisena

Matalaenergia rakenne: U=0,077 W/(m²K)		
	paksuus, mm	λ, W/(m ² K)
kuusipaneeli	15	0,12
harvalaudoitus/ilma	22	0,12/0,16
höyrynsulkumuovi		
mineraalivilla	100	0,036
puhallusvuorivilla	450	0,045
Passiivi rakenne: U=0,051 W/(m²K)		
	paksuus, mm	λ, W/(m ² K)
kuusipaneeli	15	0,12
harvalaudoitus/ilma	22	0,12/0,16
polyuretaani	100	0,023
puhallusvuorivilla	700	0,045

Uuden rakenteen U-arvo on 0,051 W/(m²K). Taulukosta 7 voidaan havaita, että muutos pienentää lämmitysenergian tarvetta vain 3,5 %, sillä yläpohjan lämmöneristyskyky oli jo valmiiksi hyvä eikä siis muutu niin merkittävästi kuin esimerkiksi alapohjan. Lämmitysenergian tarve muutoksen jälkeen on 25 kWh/(m²a). Kokonaisprimäärienergiantarve pienenee 1,7 % ja on muutoksen jälkeen 130 kWh/(m²a).

7.6 Tiiveys

Matalaenergiataloille ei ole määrätty pakollista tiiveysmittausta, joten tutkitulle kohteellekaan sitä ei oltu tehty. Rakennuksen energiankulutus laskettiin käyttäen passiivitaloille suurinta sallittua ilmanvuotoluvun arvoa 0,6 1/h vaikka matalaenergiatalolla se voisi olla enemmänkin. Käyttämällä passiivitaloille sallittua maksimiarvoa voitiin paremmin tehdä vertailua ilmanvuotoluvun merkityksestä passiivitalon energiankulutukseen kun tiiveys on tehty juuri sallitun raja-arvon täyttäen verrattuna tilanteeseen, jossa tiiveys on tehty niin hyvin kuin mahdollista. Kun kaikki

rakenneliitokset ja läpiviennit toteutetaan mahdollisimman tiiviisti, voidaan päästä ilmanvuotoluvun arvoon 0,1 1/h ja Suomessa on passiivitaloille mitattu alhaisempiakin arvoja.

Tiiveyden muutos arvosta 0,6 1/h arvoon 0,1 1/h vähentää lämmitysenergian tarvetta 8,9 % pudottaen sen arvoon 21 kWh/(m²a). Kokonaisprimäärienergiantarve pienenee 5 % ja on muutoksen jälkeen 121 kWh/(m²a).

7.7 Ikkunat ja ulko-ovet

Tutkitussa kohteessa on jo valmiiksi energiatehokkaat nelilasiset ikkunat, eikä niiden muutosta tutkittu tässä työssä vaan käytettiin laskentaohjelman parhaita ikkunoita, joilla pystyttiin tehokkaasti hyödyntämään auringon ilmaisenergiaa ja saavuttamaan mahdollisimman vähäiset lämpöhäviöt passiivitalon suunnitteluperiaatteiden mukaisesti. Eteläjulkisivulle valittiin lämmöneristyskyvyltään (suurempi U-arvo) hieman huonommat, mutta auringon säteilyenergiaa paremmin läpäisevät ikkunat (suurempi g-arvo), kuin muille julkisivuille. Tämän ratkaisun havaittiin parantavan energiatehokkuutta, koska suuremman g-arvon ansiosta auringon lämpöenergiaa saatiin etelään päin suunnatuista ikkunoista enemmän suhteessa siihen energiaan mitä menetettiin huonomman U-arvon vuoksi. Ikkunoiden paikkoja suunniteltiin vaihdettavaksi niin, että yläkerran makuuhuoneen pohjoiseen päin suunnattu ikkuna olisi siirretty itäpäättyyn ja työhuoneen vastaava ikkuna olisi siirretty länsipäättyyn. Muutos olisi pienentänyt lämmitysenergian tarvetta, koska auringon ilmaista lämpöenergiaa olisi saatu ikkunoiden kautta etenkin syksyllä ja keväällä kun aurinko paistaa myös itä- ja länsijulkisivuille. Näin ei kuitenkaan tehty, koska pohjoispuolella sijaitsevalle kadulle päin suunnatut ikkunat on säilytettävä ulkonäön vuoksi.

Ulko-ovia on kolme ja ne ovat kaikki yksinkertaisia ulospäin aukeavia ovia. Laskelmassa ulko-ovet vaihdettiin kaksinkertaisiin ulos- ja sisäänpäin aukeaviin oviin, jolloin ovien lämmöneristyskyky parani yksinkertaisten ovien U-arvosta 0,85 W/Km² kaksinkertaisten ovien U-arvoon 0,4 W/Km².

Ovien vaihtaminen lämmöneristyskyvyltään parempiin pienentää lämmitysenergian tarvetta 4,1 % ja lämmitysenergian tarve muutoksen jälkeen on 19 kWh/(m²a). Kokonaisprimäärienergiantarve vähenee 2,2 % ja on muutoksen jälkeen 117 kWh/(m²a), mikä täyttää kansainvälisen sertifikaatin asettaman kriteerin. Sertifikaatin mukaan kokonaisprimäärienergiantarpeen tulee olla alle 120 kWh/(m²a).

7.8 Ilmanvaihtokone

Tutkitussa kohteessa on nykyaikainen koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmä lämmöntalteenotolla varustettuna. Ilmanvaihtokoneen lämmöntalteenoton hyötysuhde on 82 %, mikä takaa hyvän energiatehokkuuden. PHPP-laskentaohjelmaan on valmiiksi syötettynä energiatehokkaampiakin vaihtoehtoja, joista valittiin kohteeseen parhaiten sopiva. Valitun ilmanvaihtokoneen lämmöntalteenoton hyötysuhde on erittäin hyvä, jopa 93 %. Myös

virrankulutuksessa on merkittävä ero, sillä vanhan ilmanvaihtokoneen virrankulutus on $0,41 \text{ Wh/m}^3$ ja uuden vain $0,24 \text{ Wh/m}^3$.

11 %:n parannus lämmöntalteenoton hyötysuhteessa vähentää lämmitysenergian tarvetta 7,3 %, jolloin lämmitysenergian tarve on enää $16 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$. Kokonaisprimäärienergiantarve vähenee, pienemmän lämmitysenergian tarpeen lisäksi myös pienentyneen virrankulutuksen vuoksi, jopa 6,1 %. Kokonaisprimäärienergiantarve on muutoksen jälkeen $106 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$. Tähän asti tehdyillä muutoksilla saavutettiin lämmityskuormalle asetettu kriteeri, jonka mukaan lämmityskuorman tulee olla alle 10 W/m^2 .

7.9 Tuloilman esilämmitys

Ilmanvaihdon hyötysuhdetta voidaan parantaa entisestään asentamalla tuloilman esilämmityspiiri. Kylminä vuodenaikoina maakeruuputkistolla kerätään lämpöenergiaa rakennusta ympäröivästä maasta ja siirretään se esilämmityspatterin avulla tuloilmaan lämmittäen ilmaa ennen kun se saavuttaa ilmanvaihtokoneen. Järjestelmän tehokkuus paranee sitä mukaan kun maan ja ilman välinen lämpötilaero kasvaa. Kesällä maan ollessa viileämpää kuin ilma, tilanne on päinvastainen ja samaa esilämmityspiiriä voidaan hyödyntää tuloilman viilentämiseen, mikä vähentää jäähdytysenergian tarvetta.

Lämmitysenergian tarve vähenee 0,7 %, jolloin rakennus saavuttaa lämmitysenergian tarpeen arvon $15 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ ja täyttää näin ollen vaaditun kriteerin. Kokonaisprimäärienergiantarve pienenee 1,7 % ja on lopulta $103 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$.

		Treated floor area	171,1 m ²	Requirements	Fulfilled?*
Space heating	Annual heating demand		15 kWh/(m ² a)	15 kWh/(m ² a)	yes
	Heating load		10 W/m ²	10 W/m ²	yes
Space cooling	Overall specific space cooling demand		1 kWh/(m ² a)	15 kWh/(m ² a)	yes
	Cooling load		2 W/m ²	-	-
	Frequency of overheating (> 25 °C)		%	-	-
Primary Energy	Space heating and cooling, dehumidification, household electricity.		103 kWh/(m ² a)	120 kWh/(m ² a)	yes
	DHW, space heating and auxiliary electricity		61 kWh/(m ² a)	-	-
	Specific primary energy reduction through solar electricity		kWh/(m ² a)	-	-
Airtightness	Pressurization test result n ₅₀		0,1 1/h	0,6 1/h	yes
					* empty field: data missing; '-': no requirement
Passive House?					yes

KUVA 7. PHPP-laskennan tulokset muutosten jälkeen.

Kuten kuvasta 7 nähdään, rakennus täyttää kaikki passiivitalon sertifiointiin vaadittavat kriteerit. Kokonaisprimäärienergiantarpeen ja jäähdytysenergian tarpeen kriteerit alittuvat helposti. Lämmitysenergian tarve ja siitä johtuen lämmityskuorman arvo ovat ne tekijät, joiden vuoksi jouduttiin tekemään merkittävimmät energiatehokkuutta parantavat muutokset.

8 TULOKSET

TAULUKKO 8. Tehdyt muutokset ja niiden vaikutus lämmitysenergian tarpeeseen

			Lämmitysenergiatarve kWh/a
Alapohja	0,139 W/m ² K	0,055 W/m ² K	832 (10,2 %)
Ulkoseinät	0,143 W/m ² K	0,056 W/m ² K	2730 (33,3 %)
Yläpohja	0,077 W/m ² K	0,051 W/m ² K	286 (3,5 %)
Tiiveys	0,6 1/h	0,1 1/h	728 (8,9 %)
Ovet	0,85 W/m ² K	0,4 W/m ² K	335 (4,1 %)
Ilmanvaihtokone	82 %	93 %	602 (7,3 %)
Tuloilman esilämmitys	-	33 %	59 (0,7 %)
Yhteensä			5572,0 (68 %)

Taulukosta 8 nähdään, että lämmitysenergian tarpeeseen eniten vaikuttaneet muutokset olivat ulkoseinän ja alapohjan lämmöneristävyyden lisääminen sekä ulkovaipan tiiveyden parantaminen. Ulkoseinän osuus on 33,3 %, mikä on ylivoimaisesti suurin johtuen sen suuresta pinta-alasta muihin ulkovaipan osiin nähden. Ulkoseinän lämmöneristävyyteen tehtiin myös kaikkein suurimmat parannukset, mikä edelleen korostaa sen vaikutusta lämmitysenergian tarpeeseen. Tiiveyden merkitys on taulukosta hyvin todettavissa. Juuri ja juuri raja-arvon täyttävänä tutkittu rakennus kuluttaisi lämmitykseen lähes 9 % enemmän energiaa kuin huolella tiiviiksi tehtynä. Ulkovaipan osista yläpohjan lämmöneristävyyden lisäämisellä oli pienin merkitys, jopa pienempi kuin ulko-ovien muutoksella vaikka ovien pinta-alaa on huomattavasti vähemmän. Tämä johtuu siitä, että ovien lämmöneristävyyttä voitiin parantaa huomattavasti, mutta yläpohjan lämmöneristävyys oli jo valmiiksi hyvä, eikä sitä voitu parantaa niin merkittävästi kuin muita vaipan osia. Lisäksi eristeen lisääminen ei paksuissa rakenteissa enää tietyn pisteen jälkeen paranna lämmöneristävyyttä lineaarisesti.

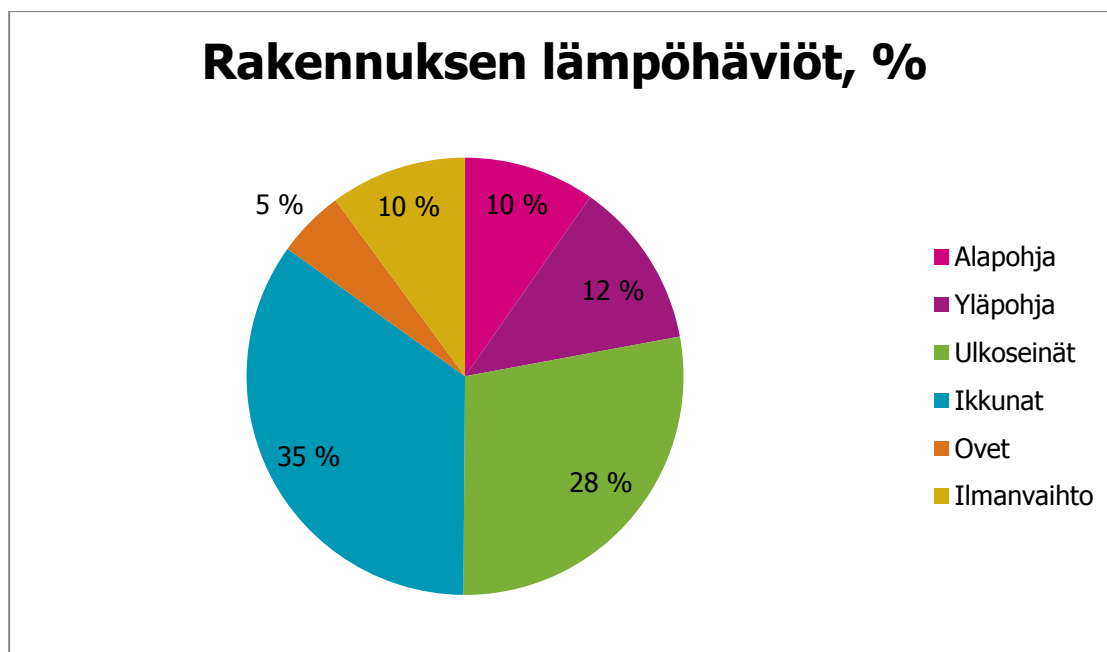
Yli 80 % hyötysuhde lämmöntalteenotossa on erittäin hyvä, mutta passiivitalon saavuttamiseksi vaihdettiin vielä energiatehokkaampi ilmanvaihtokone, jolla saavutettiin 93 % hyötysuhde. Ilmanvaihdon energiatehokkuutta parannettiin lisäksi tuloilman esilämmitysjärjestelmällä. Tuloilman esilämmitykselle asetettu 33 %:n hyötysuhteen arvo on otettu PHPP:n käyttöohjeesta ja se on vain suuntaa antavana arvona rakennuksen ympärikiertävälle maakeruu putkistolle. Tuloilman esilämmityksen hyötysuhde voisi olla parempikin. Hyötysuhteen voi laskea sille tarkoitettulla ohjelmalla tarkemmin, mutta siihen ei tässä opinnäytetyössä nähty tarvetta, koska tuloilman esilämmityksen merkitys on suhteellisen pieni ja rakennus pystyi täyttämään passiivitalon kriteerit asetetulla hyötysuhteella.

Matalaenergiatalona tutkittu kohde kulutti 8197 kWh (48 kWh/m²) energiaa vuodessa lämmitykseen. Laskelman mukaisena passiivitalona vastaava lukema on 2625 kWh (15 kWh/m²). Lämmitysenergian tarve passiivitalolla on siis 5572 kWh (33 kWh/m²) vuodessa pienempi, mikä tarkoittaa 68 %:n eroa.

TAULUKKO 9. Rakennuksen lämpöhäviöt osa-alueittain

Osa-alue	Pinta-ala, m ²	U-arvo, W/m ² K	Lämpöhäviöt, kWh/a
Alapohja	115,7	0,055	728 (10,4 %)
Yläpohja	115,7	0,051	929 (13,3 %)
Ulkoseinät	251,7	0,056	2103 (30,1 %)
Ikkunat	22,7	0,73	2610 (37,4 %)
Ovet	5,9	0,4	374 (5,4 %)
Ilmanvaihto			758 (10,9 %)
Kylmäsiljat			-523 (-7,5 %)
Kokonaislämpöhäviöt			6979 (100 %)

Rakennuksen lämpöhäviöt on myös esitetty sektorikaaviona kuviossa 2.



KUVIO 2. Rakennuksen lämpöhäviöt (Kylmäsiltojen vaikutus ei mukana)

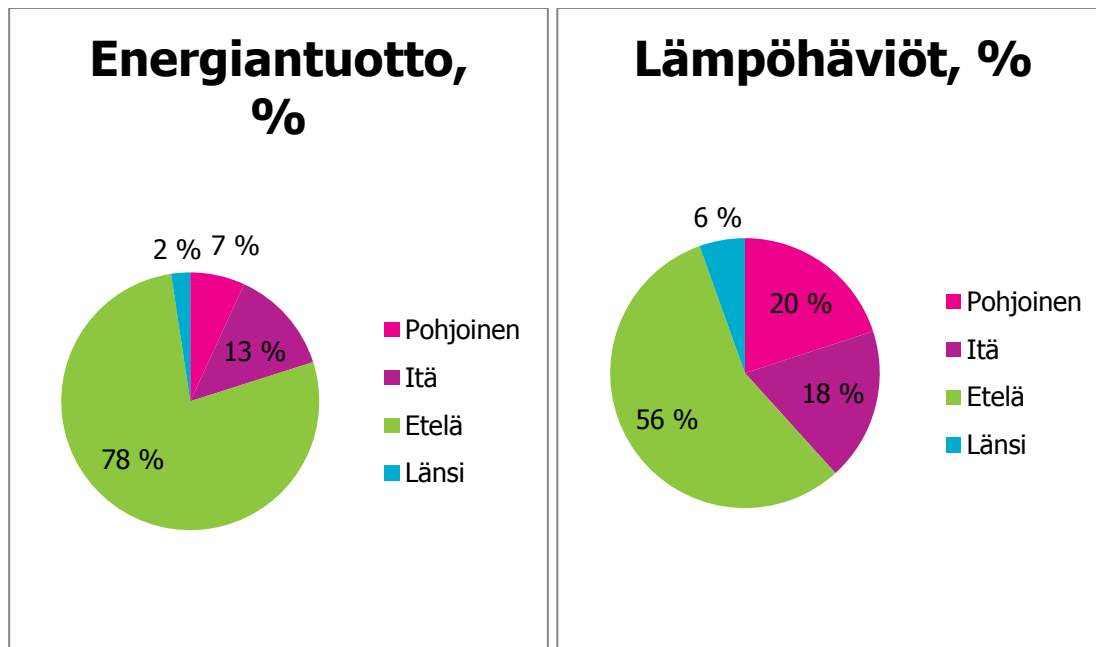
Taulukosta 9 nähdään kuinka tutkitun passiivitalon lämpöhäviöt jakaantuvat eri ulkovaipan osille ja ilmanvaihdolle. Ikkunat ja ulkoseinät erottuvat selvästi suurimpina lämpöhäviöiden aiheuttajina. Suuren pinta-alansa vuoksi ulkoseinien kautta menetetään suuri osuus lämpöä vaikka ulkoseinien lämmöneristävyttä parannettiin huomattavasti. Tulee kuitenkin huomioida, että kylmäsiltojen lämpöhäviöitä pienentävistä vaikutuksista suurin osa kohdistuu ulkoseiniin ja loput ala- ja yläpohjaan, joten ulkoseinien osuus ei todellisuudessa ole näin suuri. Kylmäsiltojen vaikutus

lämpöhäviöitä pienentävänä tekijänä johtuu PHPP:n laskenta tavasta. Ikkunoiden lämpöhäviöiden suuri osuus johtuu siitä, että ne ovat lämmöneristävyydeltään rakennuksen heikoin osa ja niiden osuus korostuu kun muiden vaipan osien lämmöneristävyyttä lisättiin äärimmilleen passiivitason saavuttamiseksi.

TAULUKKO 10. Ikkunoiden kautta saatava auringon ilmaisenergiantuotto ja johtumislämpöhäviöt ilmansuunnittain

Ilmansuunta	Pinta-ala, m ²	U-arvo, W/m ² K	g-arvo	Auringon kokonaissäteily, kWh/(m ² a)	Energiantuotto, kWh/a	Lämpöhäviöt, kWh/a
Pohjoinen	4,68	0,7	0,5	166	168	490
Itä	4,34	0,69	0,5	326	323	449
Etelä	12,36	0,75	0,62	530	1895	1379
Länsi	1,28	0,7	0,5	347	58	134
Yhteensä	22,66				2443	2452

Ikkunoiden energiantuotto ja lämpöhäviöt ilmansuunnittain on myös esitetty sektorikaaviona kuviossa 3.



KUVIO 3. Ikkunoiden energiantuotto ja lämpöhäviöt ilmansuunnittain

Ikkunoiden osuus rakennuksen lämpöhäviöistä on suurin, mutta ei pidä unohtaa, että niiden kautta myös saadaan energiaa, joten on syytä tarkastella hieman tarkemmin ikkunoiden energiatasapainoa. Taulukossa 10 on esitetty ikkunoiden energiantuotot ja lämpöhäviöt ilmansuunnittain. Auringon kokonaissäteily on suurimmillaan etelän puolella ja pienimmillään pohjoisen puolella. Tämän vuoksi pohjoisen ikkunoiden energiantuotto on pienin pinta-alaan suhteutettuna. Etelään päin on suunnattu

eniten ikkunapinta-alaa passiivitalon suunnitteluperiaatteiden mukaisesti, joten etelän puoleisista ikkunoista saadaan suurin energiantuotto. Suurimman pinta-alan vuoksi myös lämpöhäviöt ovat suurimmat etelän puolella. Myös ikkunavalinnoilla vaikutettiin energiatasapainoon. Muihin ilmansuuntiin valittiin ikkunat parhaimman lämmöneristävyyden mukaan kun etelä puolelle valittiin ikkunat, joilla saatiin suurin energiantuotto suhteessa lämpöhäviöihin. Tästä syystä etelä ikkunoilla on hieman huonompi lämmöneristävyys, mutta suurempi auringonsäteilyn kokonaisläpäisykerroin (g-arvo). Näin ollen eteläikkunoiden energiantuotto on suurempi kuin lämpöhäviöt. Ikkunoiden yhteen laskettu energiantuotto korvaa ikkunoista aiheutuvat lämpöhäviöt lähes kokonaan.

9 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli laskennallisesti tutkia onko Pohjois-Suomeen mahdollista toteuttaa kansainvälisen sertifikaatin mukaista passiivitaloa. Työssä keskityttiin pääosin lämmitysenergian tarpeen tarkasteluun, koska kylmissä olosuhteissa lämmitysenergian tarpeen merkitys laskelman kannalta on oleellisin. Kokonaisprimäärienergian tarve tutkittiin vain suuntaa antavalla tasolla. Työssä perehdyttiin myös PHPP-laskentatyökalun käyttöön, joka on suunniteltu nimenomaan passiivitalojen energiankulutuksen laskentaan.

PHPP-laskentatyökalun tulkitseminen ja käyttö osoittautui alkuun haastavaksi, vaikka apuna oli ohjelman englanninkielinen käyttöohje. Ohjelman monimutkaisuuden ja erilaisten laskentatapojen vuoksi, on melko todennäköistä, että aloittelija syöttää vahingossa tietoja väärään paikkaan tai tiedot ovat virheellisiä. Kuitenkin osaavissa käsissä ohjelma antaa luotettavaa tietoa rakennuksen energiankulutuksesta yksityiskohtaisen laskentansa ansiosta. Ilmastotiedolla on merkittävä osuus laskennan tarkkuuteen ja sen avulla voidaan myös vertailla energiankulutusta rakennuksen sijainnin perusteella, mikä on mielenkiintoinen ominaisuus. PHPP-laskentatyökalun pääasiallinen tarkoitus on passiivitalon sertifiointiin tarvittavan laskelman tuottaminen, mutta suunnittelija voi hyödyntää monipuolisen ohjelman työkaluja muidenkin rakennusten energiankulutuksen laskentaan sekä korjaus kohteissa eri korjaus vaihtoehtojen kannattavuuden arviointiin.

Lasketussa kohteessa suurimmat vaipan lämpöhäviöt johtuivat ulkoseinistä ja ikkunoista. Kaksikerroksisessa rakennuksessa ulkoseinien pinta-ala on vaipan osista ylivoimaisesti suurin, mikä selittää ulkoseinien kautta haihtuvan lämmön määrää. Samasta syystä ulkoseinien muutos vaikutti rakennuksen energiankulutukseen eniten. Laskelmasta käy myös ilmi, että alakerran ulkoseinien lämpöhäviöt ovat pienemmät kuin yläkerran, koska alemman kerroksen seinät ovat osittain maan alla jolloin ympäröivä maa suojaa niitä pakkaselta ja tuuilta. Maan suojaavaa vaikutusta voisi siis hyödyntää enemmänkin passiivitaloissa. Ikkunoissa lämpöä häviää ensinnäkin lasituksen läpi, mutta passiivitaloissa myös ikkunan puitteiden ja karmien lämpöhäviöt muodostuvat normitaloa merkitsevämmiksi. Tutkitussa kohteessa on jaettu ikkunoita pienemmiksi ulkonäkösysteistä, mutta energiatalouden kannalta järkevämpää olisi yhdistää vierekkäiset ikkunat yhdeksi suuremmaksi ikkunaksi, jolloin puitteiden aiheuttamia kylmäsiltoja muodostuu vähemmän ja hyödyllistä lasipinta-alaa saadaan enemmän. Ikkunoiden suuntaus ilmansuuntiin nähden on melko hyvä, sillä suurin osa ikkunapinta-alasta on etelään päin, joten auringon ilmaisen energiaa saadaan hyödynnettyä tehokkaasti. Pohjoisjulkisivun ikkunat huonontavat energiatehokkuutta, mutta ulkonäkösysteistä niitä ei voitu siirtää talon päätyihin, jolloin ne olisivat osoittaneet itään ja länteen parantaen energiatehokkuutta.

Yhteenvetona voidaan todeta, että tutkitun kohteen kaltainen rakennus on hankala saada täyttämään sertifikaatin kriteerit Pohjois-Suomen olosuhteissa. Tulee huomioida, että työssä keskityttiin energiankulutuksen tarkasteluun eikä rakenteiden kosteusteknisistä toimintaa tutkittu. Passiivitalo vaatii paksut lämmöneristeet kaikkiin ulkovaipan rakenteisiin ja on todennäköistä, että tutkitut rakenteet eivät olisi kosteusteknisesti toimivia pohjoisen olosuhteissa. Lisäksi

elementtitehtaat eivät valmista sandwich-elementtiseiniä niin paksuin eristein mitä tutkimuksessa käytettiin. Laskennassa tehdyistä muutoksista suurin osa on silti toteutettavissa ja näin ollen kohteen energiatehokkuutta voitaisiin parantaa huomattavasti vaikkei siitä sertifioitua passiivitaloa kannataakaan tehdä. Sen sijaan täysin energiatehokkuus mielessä suunniteltu ja parhaista rakennusmateriaaleista rakennettu passiivitalo voisi täyttää sertifikaatin kriteerit ja olla toimiva myös Pohjois-Suomessa.

Kokonaisprimäärienergiantarvetta ei voitu laskea tarkasti, koska PHPP-ohjelman tarjoamat tekniset järjestelmät ovat yleisesti keskieuroopassa käytettyjä, mutta eroavat suomalaisista järjestelmistä niin, että sopivaa laitetta ei välttämättä ole valittavissa. Ohjelmaan pystyy myös itse syöttämään tietyntyyppisten laitteiden teknisiä ominaisuuksia, mutta rajoitetusti. Laskelmassa käytetty versio PHPP-ohjelmasta ei näiltä osin sovellu erityisen hyvin suomalaisten rakennusten energiatehokkuuden laskentaan, mutta uudemmissa versioissa nämä ominaisuudet voivat olla kehittyneempiä.

LÄHTEET

- AIRAKSINEN, Miimu; JAHN, Jenni; NIEMINEN, Jyri 2007a. PEP – Promotion of European Passive Houses. Passiivitalon rakennesuunnittelu. [viitattu 2014-01-29] Saatavissa: <http://northpass.ivl.se/download/18.7df4c4e812d2da6a416800079385/1350484462275/Passiivitalon+rakennesuunnittelu.pdf>
- AIRAKSINEN, Miimu; JAHN, Jenni; NIEMINEN, Jyri 2007b. PEP – Promotion of European Passive Houses. Passiivitalon arkkitehtisuunnittelu. [viitattu 2014-01-29] Saatavissa: <http://northpass.ivl.se/download/18.7df4c4e812d2da6a416800079383/1350484462041/Passiivitalon+arkkitehtisuunnittelu.pdf>
- AIRAKSINEN, Miimu; JAHN, Jenni; NIEMINEN, Jyri 2007c. PEP – Promotion of European Passive Houses. Passiivitalon energiansuunnittelu. [viitattu 2014-02-17] Saatavissa: <http://northpass.ivl.se/download/18.7df4c4e812d2da6a416800079384/1350484462166/Passiivitalon+energiansuunnittelu.pdf>
- ALATALO, Eveliina 2013. Passiivitalon alustava optimointi PHPP-laskennan avulla. Oulun seudun ammattikorkeakoulu. Rakennustekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö. [viitattu 2014-01-05] Saatavissa: <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201305107736>
- HAAVISTO, Tuomas 2012. Energiatehokkaiden rakennusten energiankulutuksen laskennallinen tarkastelu PHPP-laskentatyökalulla. Oulun seudun ammattikorkeakoulu. Rakennustekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö. [viitattu 2014-01-04] Saatavissa: <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201202292670>
- Isover. Passiivitalo. [viitattu 2014-01-08] Saatavissa: <http://www.isover.fi/passiivitalo>
- KUHNO, Vesa; LAHDENSIVU, Jukka; LINDBERG, Ralf; LÄHDESMÄKI, Kimmo; MANELIUS, Elina; SAASTAMOINEN, Kari; SALMINEN, Kati; SUONKETO, Jommi; VINHA, Juha 2012. Matalaenergia- ja passiivitalojen rakenteiden ja liitosten suunnittelu- ja toteutusohjeita. [viitattu 2014-02-12] Saatavissa: <http://www.tut.fi/idcprod/groups/public/@I912/@web/@p/documents/liit/p034351.pdf>
- LYLYKANGAS, Kimmo; NIEMINEN, Jyri 2009a. Passiivitalon määritelmä. [viitattu 2013-02-18] Saatavissa: http://www.passiivi.info/download/passiivitalon_maaritelma.pdf
- LYLYKANGAS, Kimmo; NIEMINEN, Jyri 2009b. Passiivitalon luonnossuunnittelu. [viitattu 2014-01-23] Saatavissa: <http://www.passiivi.info/data.php?sivu=luonnos>
- LYLYKANGAS, Kimmo; NIEMINEN, Jyri 2009c. Passiivitalon talotekniikka, rakenteet ja detaljisuunnittelu. [viitattu 2014-01-30] Saatavissa: <http://www.passiivi.info/data.php?sivu=detalji>
- Matalaenergiarakentaminen, asuinrakennukset RIL 249-2009. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.
- Motiva 2012. Ikkunoiden energiatehokkuus. [viitattu 2014-02-13] Saatavissa: http://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/vaikuta_hankinnoilla/ikkunoiden_energialuokitus/ikkunoiden_energiatehokkuus
- Passipedia a. Calculating energy efficiency. [viitattu 2014-03-10] Saatavissa: http://www.passipedia.org/passipedia_en/planning/calculating_energy_efficiency
- Passipedia b. PHPP – Passive House Planning Package. [viitattu 2014-03-10] Saatavissa: http://www.passipedia.org/passipedia_en/planning/calculating_energy_efficiency/phpp_-_the_passive_house_planning_package
- Passipedia c. PHPP – validated and proven in practice. [viitattu 2014-03-10] Saatavissa: http://www.passipedia.org/passipedia_en/planning/calculating_energy_efficiency/phpp_-_the_passive_house_planning_package/phpp_-_validated_and_proven_in_practice
- Passive House Institute 2010. Passive House Planning Package 2007, Requirements for Quality-Approved Passive Houses.

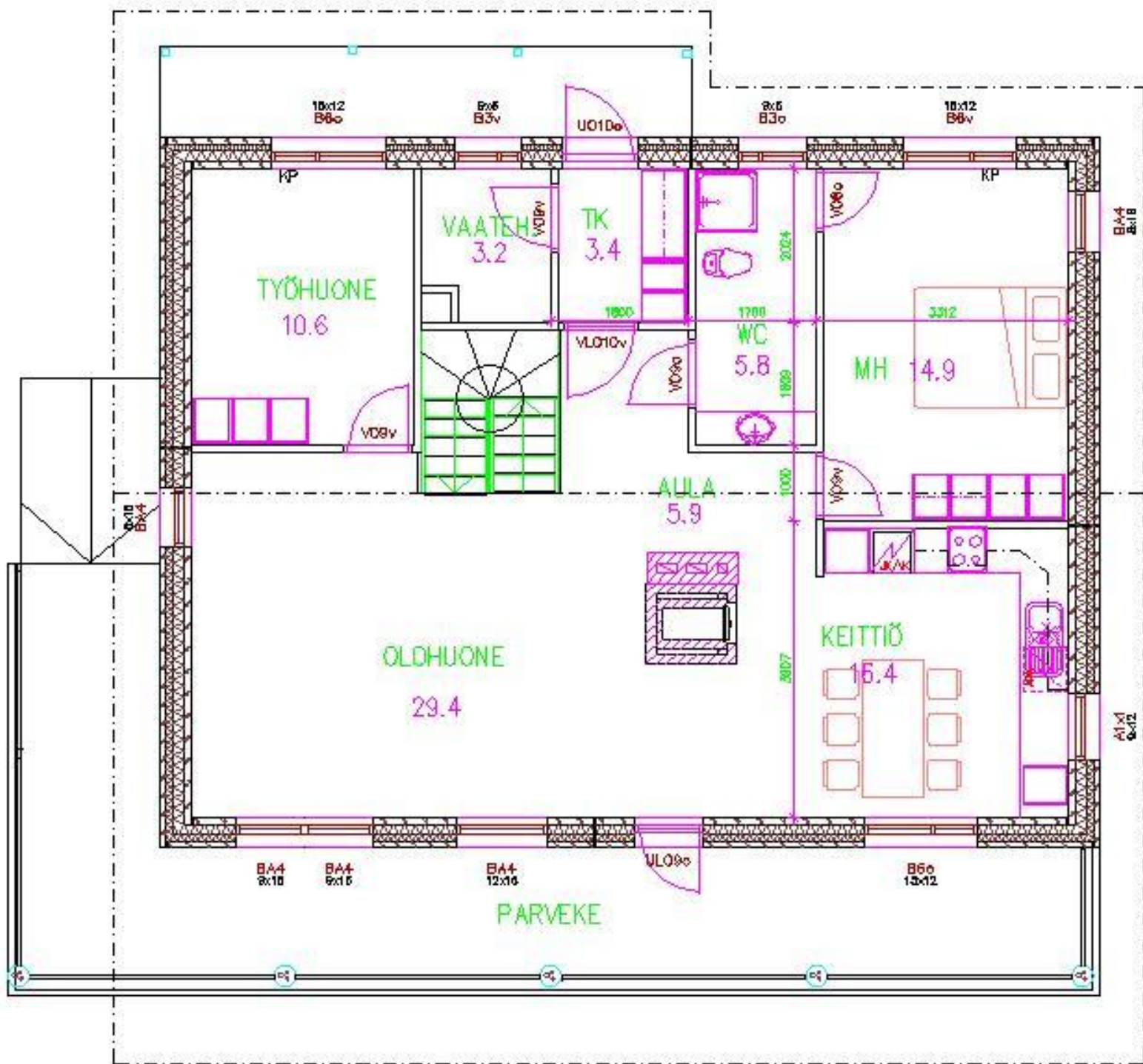
Passive House Institute 2012. Passive House Institute Accredited Building Certifiers. [viitattu 2014-03-12] Saatavissa: http://www.passiv.de/en/03_certification/02_certification_buildings/03_certifiers/01_accredited/01_accredited.php

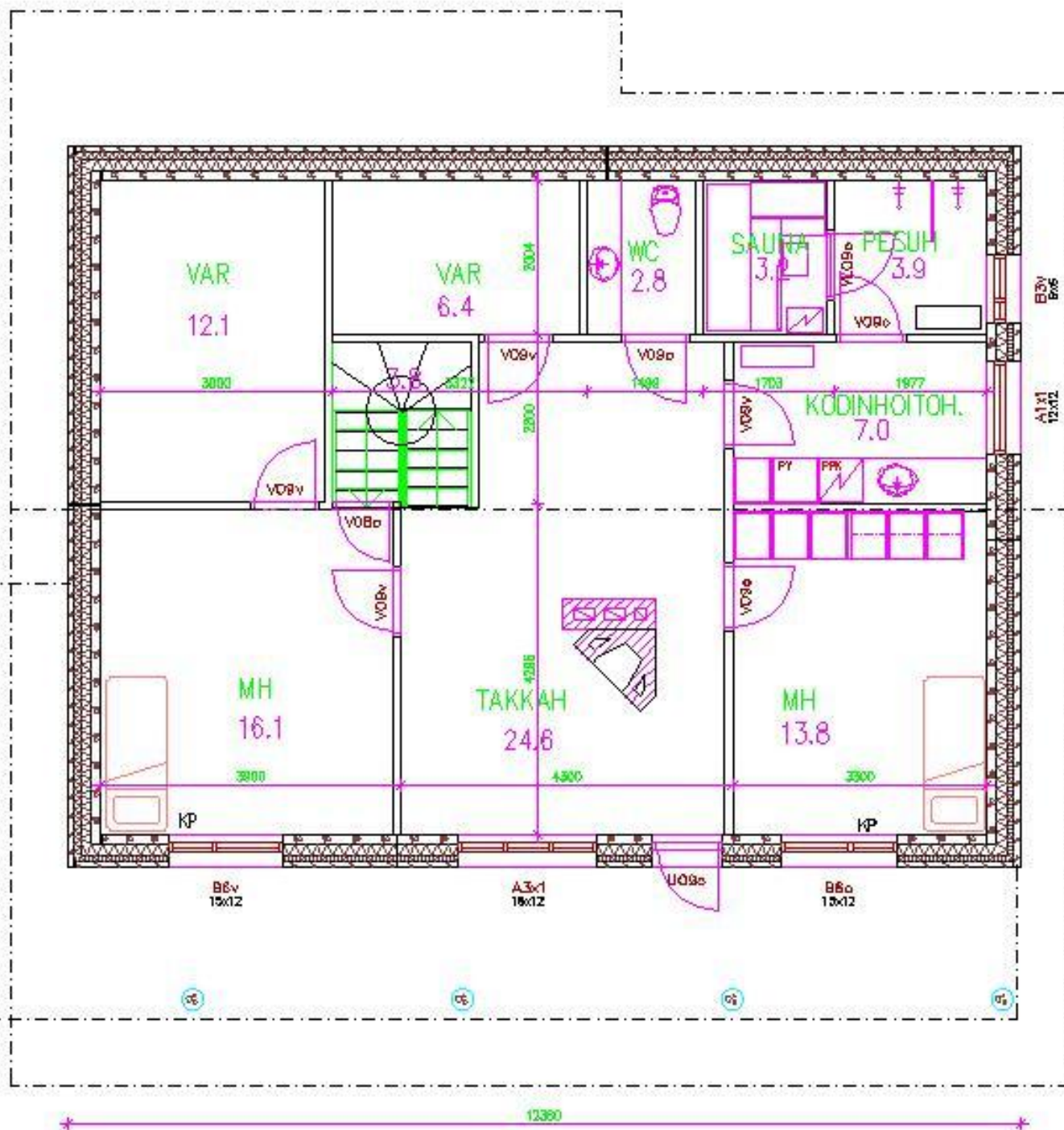
PEDERSEN, Søren 2008. Passiivitalojen sertifiointi. [viitattu 2014-02-13] Saatavissa: <http://www.passivhus.dk/fi/sertifiointi.html>

PEURA, Jarno 2012. Maan suojaavan vaikutuksen huomioon ottaminen energiatehokkaassa rakentamisessa. Seinäjoen ammattikorkeakoulu. Rakennustekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö. [viitattu 2014-01-06] Saatavissa: <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2012053110946>

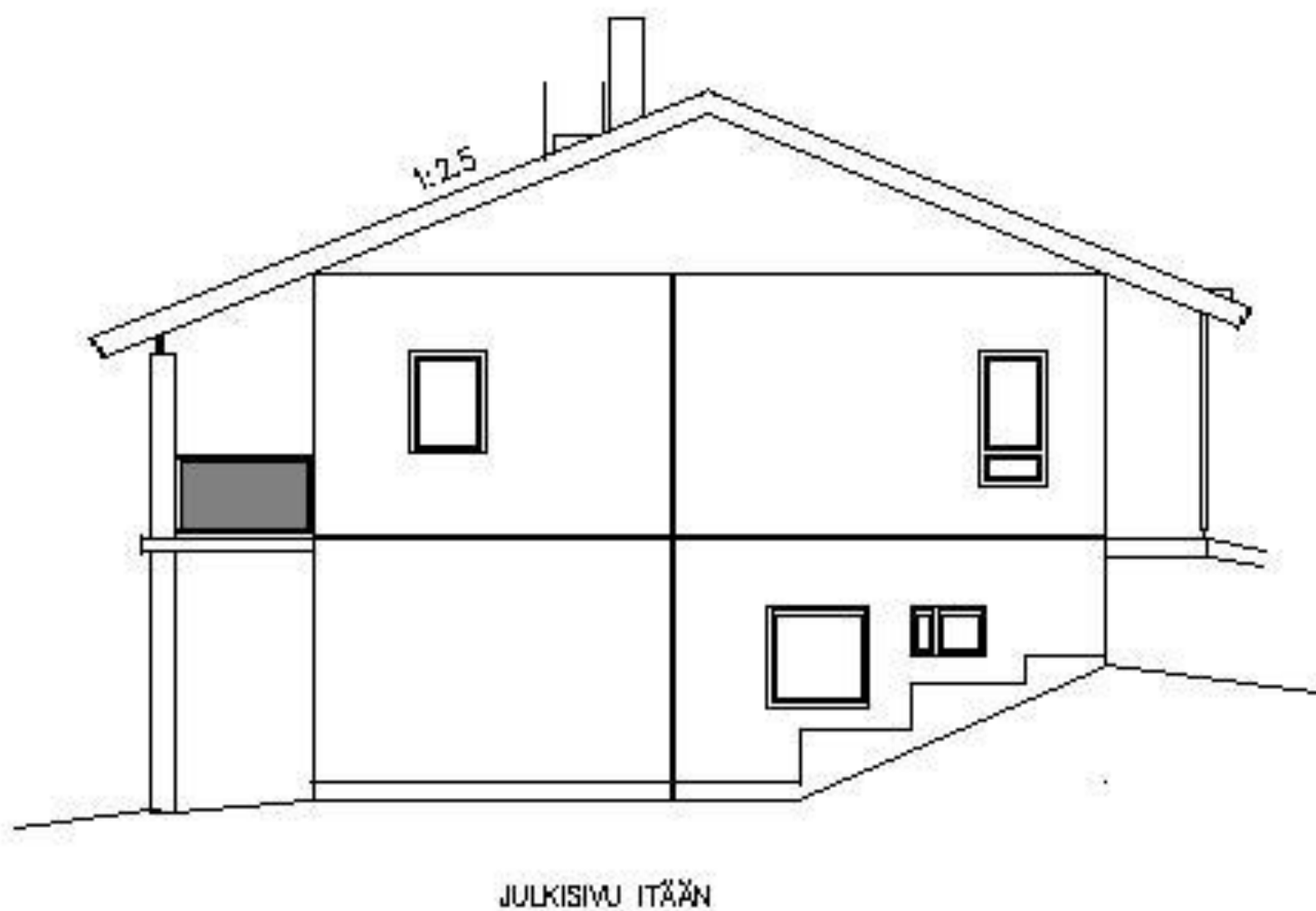
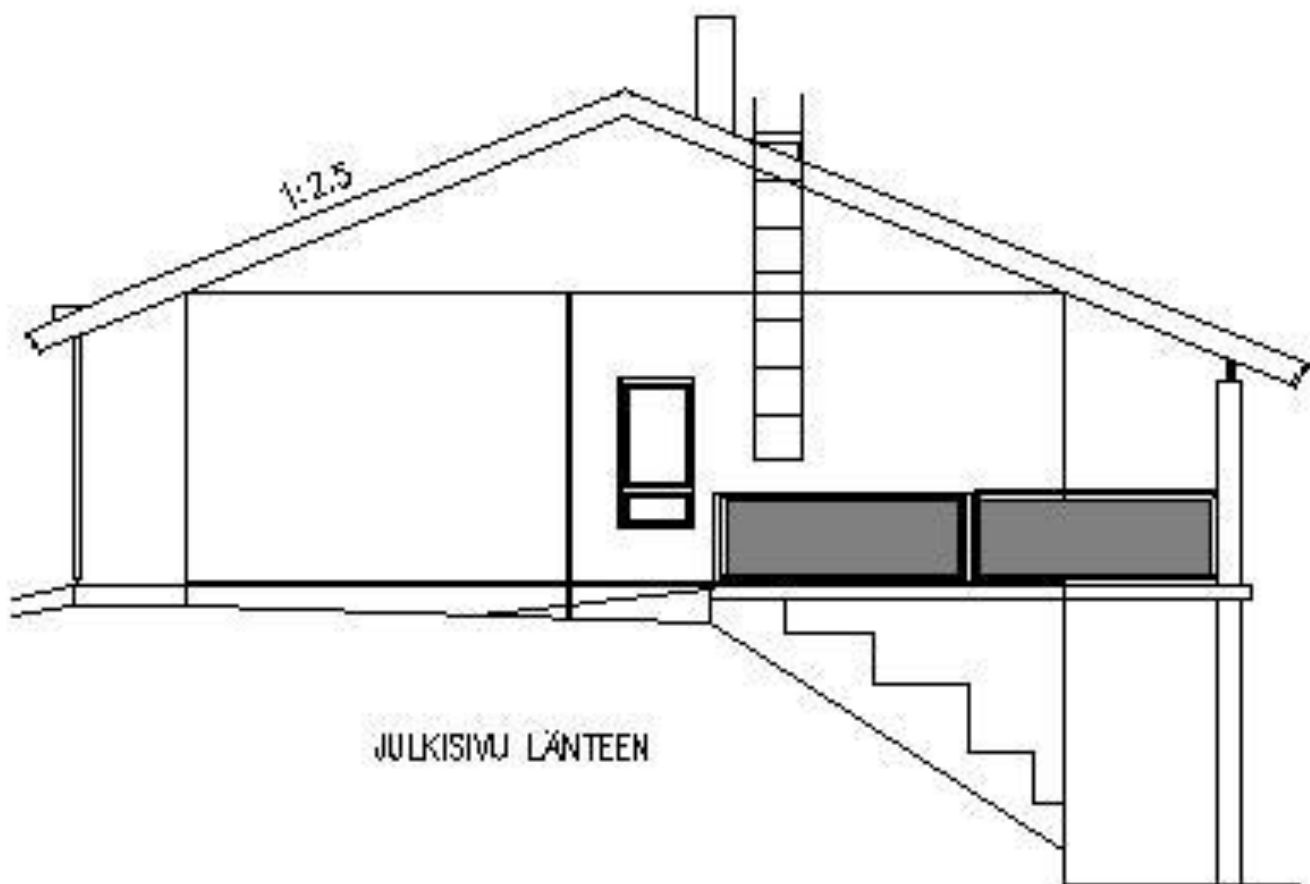
SAASTAMOINEN, Arto 2013-03. Passiivitalo on tulevaisuuden valinta. Sähköala. [viitattu 2013-10-02]

Valtion Teknillinen Tutkimuskeskus (VTT) 2006. Passiivitalo. [viitattu 2013-02-18] Saatavissa: <http://passivehouse.vtt.fi/index.html>

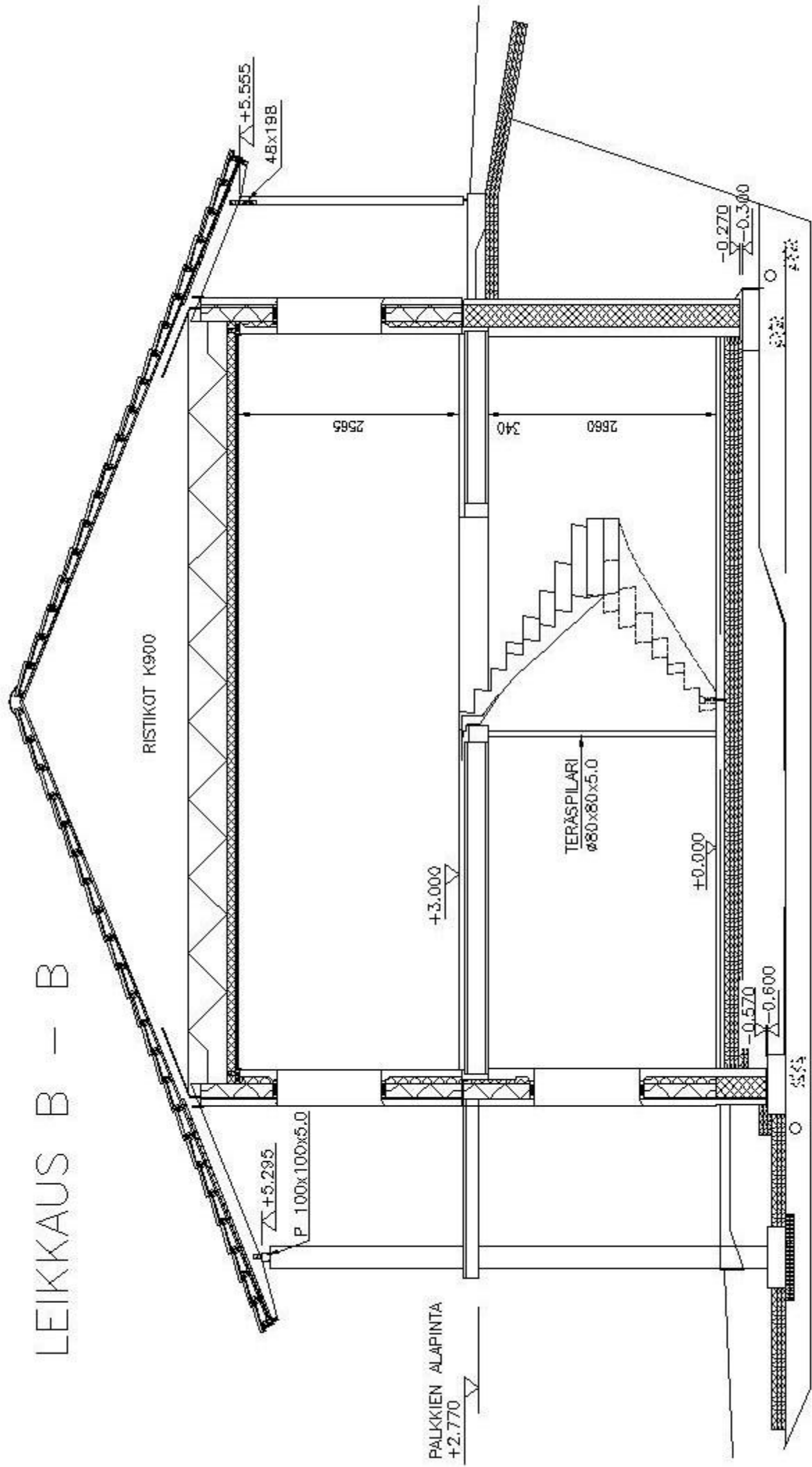








LEIKKAUS B - B



Passive House verification

Photo or Drawing

Building:	Okt Heikkinen - Ylikärppä		
Street:			
Postcode/City:	Rovaniemi		
Country:	Finland		
Building Type:	Townhouse		
Climate:	Kiruna		
Home Owner(s) / Client(s):			
Street:			
Postcode/City:			
Architect:			
Street:			
Postcode/City:			
Mechanical System:			
Street:			
Postcode/City:			
Year of Construction:	2012	Interior Temperature:	20,0 °C
Number of Dwelling Units:	1	Internal Heat Gains:	2,1 W/m ²
Enclosed Volume V _e :	69,3		
Number of Occupants:	4,9		

Specific building demands with reference to the treated floor area

use: Monthly method

	Treated floor area	171,1 m ²	Requirements	Fulfilled?*
Space heating	Annual heating demand	48 kWh/(m ² a)	15 kWh/(m ² a)	no
	Heating load	21 W/m ²	10 W/m ²	no
Space cooling	Overall specific space cooling demand	0 kWh/(m ² a)	15 kWh/(m ² a)	yes
	Cooling load	2 W/m ²	-	-
	Frequency of overheating (> 25 °C)	%	-	-
Primary Energy	Space heating and cooling, dehumidification, household electricity.	179 kWh/(m ² a)	120 kWh/(m ² a)	no
	DHW, space heating and auxiliary electricity	136 kWh/(m ² a)	-	-
	Specific primary energy reduction through solar electricity	kWh/(m ² a)	-	-
Airtightness	Pressurization test result n ₅₀	0,6 1/h	0,6 1/h	yes

* empty field: data missing; '-': no requirement

Passive House?

no

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

Name:	
Surname:	
Company:	

Registration number PHPP:	
Issued on:	
Signature:	

Passive House verification

AREAS DETERMINATION

Building: Heating demand: kWh/(m²a)

Summary						Building element overview	Average U-Value [W/(m²K)]
Group Nr.	Area group	Temp. zone	Area	Unit	Comments		
1	Treated Floor Area		171,09	m²	Living area or useful area within the thermal envelope		
2	North Windows	A	4,68	m²	Results are from the Windows worksheet.	North Windows	0,701
3	East Windows	A	4,34	m²		East Windows	0,693
4	South Windows	A	12,36	m²		South Windows	0,748
5	West Windows	A	1,28	m²		West Windows	0,704
6	Horizontal Windows	A	0,00	m²		Horizontal Windows	
7	Exterior Door	A	5,88	m²		Please subtract area of door from respective building element	Exterior Door	0,850
8	Exterior Wall - Ambient	A	191,35	m²	Window areas are subtracted from the individual areas specified in the "Windows" worksheet.	Exterior Wall - Ambient	0,143
9	Exterior Wall - Ground	B	60,30	m²	Temperature Zone "A" is ambient air.	Exterior Wall - Ground	0,143
10	Roof/Ceiling - Ambient	A	115,69	m²	Temperature zone "B" is the ground.	Roof/Ceiling - Ambient	0,077
11	Floor slab / basement ceiling	B	115,69	m²		Floor slab / basement ceiling	0,139
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	ψ [W/(mK)]
15	Thermal Bridges Ambient	A	98,27	m	Units in m	Thermal Bridges Ambient	-0,049
16	Perimeter Thermal Bridges	P	44,15	m	Units in m; temperature zone "P" is perimeter (see Ground worksheet).	Perimeter Thermal Bridges	-0,028
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 heating load calculation.	Partition Wall to Neighbour	
Total thermal envelope						Average Therm. Envelope	0,149

Area input														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]	Selection of the corresponding building element assembly	Nr.	U-Value [W/(m²K)]	
	Treated Floor Area	1	Treated Floor Area	1	x		x		+		-		-		=	0,0				
	North Windows	2	North Windows	1	x	3,23	x	12,36	+		-	2,10	-		=	4,7	From Windows sheet	1	0,701	
	East Windows	3	East Windows	1	x	3,23	x	9,36	+		-		-		=	4,3	From Windows sheet	1	0,693	
	South Windows	4	South Windows	1	x	3,23	x	12,36	+		-	1,89	-		=	12,4	From Windows sheet	1	0,748	
	West Windows	5	West Windows	1	x	3,23	x	9,36	+		-		-		=	1,3	From Windows sheet	1	0,704	
	Horizontal Windows	6	Horizontal Windows	1	x		x		+		-		-		=	0,0	From Windows sheet	1	0,000	
	Exterior Door	7	Exterior Door	1	x	1,00	x	2,10	+	3,78	-		-		=	5,9	U-Value Exterior Door		0,85	
1	US1 pohjoinen	8	Exterior Wall - Ambient	1	x	3,23	x	12,36	+		-	2,10	-		=	4,7	US1	1	0,143	
2	US1 itä	8	Exterior Wall - Ambient	1	x	3,23	x	9,36	+		-		-		=	27,9	US1	1	0,143	
3	US1 etelä	8	Exterior Wall - Ambient	1	x	3,23	x	12,36	+		-	1,89	-		=	31,4	US1	1	0,143	
4	US1 länsi	8	Exterior Wall - Ambient	1	x	3,23	x	9,36	+		-		-		=	29,0	US1	1	0,143	
5				1	x		x		+		-		-		=	0,0				
6	US2 pohjoinen	8	Exterior Wall - Ambient	1	x		x		+	5,61	-		-		=	5,6	US2	2	0,143	
7	US2 itä	8	Exterior Wall - Ambient	1	x		x		+	26,37	-		-		=	24,4	US2	2	0,143	
8	US2 etelä	8	Exterior Wall - Ambient	1	x		x		+	39,80	-	1,89	-		=	32,2	US2	2	0,143	
9	US2 länsi	8	Exterior Wall - Ambient	1	x		x		+	7,80	-		-		=	7,8	US2	2	0,143	
10				1	x		x		+		-		-		=	0,0				
11	US3 pohjoinen	9	Exterior Wall - Ground	1	x	3,22	x	12,36	+		-	5,61	-		=	34,2	US2	2	0,143	
12	US3 itä	9	Exterior Wall - Ground	1	x	3,22	x	9,36	+		-	26,37	-		=	3,8	US2	2	0,143	
13	US3 etelä	9	Exterior Wall - Ground	1	x	3,22	x	12,36	+		-	39,80	-		=	0,0	US2	2	0,143	
14	US3 länsi	9	Exterior Wall - Ground	1	x	3,22	x	9,36	+		-	7,80	-		=	22,3	US2	2	0,143	
15				1	x		x		+		-		-		=	0,0				
16	Yläpohja	10	Roof/Ceiling - Ambient	1	x	12,36	x	9,36	+		-		-		=	115,7	Yläpohja	3	0,077	
17	Alapohja	11	Floor slab / basement ceiling	1	x	12,36	x	9,36	+		-		-		=	115,7	Alapohja	4	0,139	
18				1	x		x		+		-		-		=	0,0				
19	1krs. MR1	1	Treated Floor Area	1	x		x		+	16,10	-		-		=	16,1				
20	1krs. MR2	1	Treated Floor Area	1	x		x		+	13,80	-		-		=	13,8				
21	1krs. Takkah	1	Treated Floor Area	1	x		x		+	24,60	-	1,20	-		=	23,4				
22	1krs. Kodinhoitoh	1	Treated Floor Area	1	x		x		+	7,00	-		-		=	7,0				
23	1krs. Pesuh	1	Treated Floor Area	1	x		x		+	3,90	-		-		=	3,9				
24	1krs. Sauna	1	Treated Floor Area	1	x		x		+	3,20	-		-		=	3,2				
25	1krs. Wc	1	Treated Floor Area	1	x		x		+	2,80	-		-		=	2,8				
26	1krs. Var1	1	Treated Floor Area	0,6	x		x		+	12,10	-		-		=	7,3				
27	1krs. Var2	1	Treated Floor Area	0,6	x		x		+	6,40	-		-		=	3,8				
28	1krs. Vaateh	1	Treated Floor Area	1	x		x		+	3,80	-	1,86	-		=	1,9				
29				1	x		x		+		-		-		=	0,0				
30	2krs. MR3	1	Treated Floor Area	1	x		x		+	14,90	-		-		=	14,9				
31	2krs. Wc	1	Treated Floor Area	1	x		x		+	5,80	-		-		=	5,8				
32	2krs. Tk	1	Treated Floor Area	1	x		x		+	3,40	-		-		=	3,4				
33	2krs. Vaateh	1	Treated Floor Area	1	x		x		+	3,20	-		-		=	3,2				
34	2krs. Työhuone	1	Treated Floor Area	1	x		x		+	10,60	-		-		=	10,6				
35	2krs. Olohuone	1	Treated Floor Area	1	x		x		+	29,40	-	1,75	-		=	27,7				
36	2krs. Aula	1	Treated Floor Area	1	x		x		+	5,90	-		-		=	5,9				
37	2krs. Keittö	1	Treated Floor Area	1	x		x		+	16,40	-		-		=	16,4				
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				
51				1	x		x		+		-		-		=	0,0				
52				1	x		x		+		-		-		=	0,0				
53				1	x		x		+		-		-		=	0,0				
54				1	x		x		+		-		-		=	0,0				
55				1	x		x		+		-		-		=	0,0				
56				1	x		x		+		-		-		=	0,0				
57				1	x		x		+		-		-		=	0,0				
58				1	x		x		+		-		-		=	0,0				
59				1	x		x		+		-		-		=	0,0				
60				1	x		x		+		-		-		=	0,0				
61				1	x		x		+		-		-		=	0,0				
62				1	x		x		+		-		-		=	0,0				
63				1	x		x		+		-		-		=	0,0				
64				1	x		x		+		-		-		=	0,0				
65				1	x		x		+		-		-		=	0,0				
66				1	x		x		+		-		-		=	0,0				
67				1	x		x		+		-		-		=	0,0				
68				1	x		x		+		-		-		=	0,0				
69				1	x		x	</												

Passive House verification

AREAS DETERMINATION

Building: Heating demand: kWh/(m²a)

Summary						Building element overview	Average U-Value [W/(m²K)]
Group Nr.	Area group	Temp. zone	Area	Unit	Comments		
1	Treated Floor Area		171,09	m²	Living area or useful area within the thermal envelope		
2	North Windows	A	4,68	m²	Results are from the Windows worksheet.	North Windows	0,701
3	East Windows	A	4,34	m²		East Windows	0,693
4	South Windows	A	12,36	m²		South Windows	0,748
5	West Windows	A	1,28	m²		West Windows	0,704
6	Horizontal Windows	A	0,00	m²		Horizontal Windows	
7	Exterior Door	A	5,88	m²		Please subtract area of door from respective building element	Exterior Door	0,850
8	Exterior Wall - Ambient	A	191,35	m²	Window areas are subtracted from the individual areas specified in the "Windows" worksheet.	Exterior Wall - Ambient	0,143
9	Exterior Wall - Ground	B	60,30	m²	Temperature Zone "A" is ambient air.	Exterior Wall - Ground	0,143
10	Roof/Ceiling - Ambient	A	115,69	m²	Temperature zone "B" is the ground.	Roof/Ceiling - Ambient	0,077
11	Floor slab / basement ceiling	B	115,69	m²		Floor slab / basement ceiling	0,139
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	ψ [W/(mK)]
15	Thermal Bridges Ambient	A	98,27	m	Units in m	Thermal Bridges Ambient	-0,049
16	Perimeter Thermal Bridges	P	44,15	m	Units in m; temperature zone "P" is perimeter (see Ground worksheet).	Perimeter Thermal Bridges	-0,028
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 heating load calculation.	Partition Wall to Neighbour	
Total thermal envelope			511,57	m²		Average Therm. Envelope	0,149

Thermal Bridge Inputs												
No.	Thermal bridge description	Group Nr.	Assigned to group	Quantity	x (	User determined length [m]	-	Subtraction user-determined length [m]	)=	Length l [m]	Input of thermal bridge heat loss coefficient W/(mK)	ψ W/(mK)
1	us ulkokulmat	15	Thermal Bridges Ambient	1	x (	18,11	-	)=		18,11	us ulkokulmat	-0,083
2	us ulkokulmat maan alla	16	Perimeter Thermal Bridges	1	x (	4,15	-	)=		4,15	us ulkokulmat maan alla	-0,083
3	ap/us	16	Perimeter Thermal Bridges	1	x (	40,00	-	)=		40,00	ap/us	-0,023
4	valipohja/us	15	Thermal Bridges Ambient	1	x (	40,00	-	)=		40,00	valipohja/us	-0,006
5	yp/us	15	Thermal Bridges Ambient	1	x (	40,16	-	)=		40,16	yp/us	-0,077
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 (-)=				
51					x (-)=				
52					x (-)=				
53					x (-)=				
54					x (-)=				
55					x (-)=				
56					x (-)=				
57					x (-)=				
58					x (-)=				
59					x (-)=				
60					x (-)=				
61					x (-)=				
62					x (-)=				
63					x (-)=				
64					x (-)=				
65					x (-)=				
66					x (-)=				
67					x (-)=				
68					x (-)=				
69					x (-)=				
70					x (-)=				
71					x (-)=				
72					x (-)=				
73					x (-)=				

Passive House verification

U-VALUES OF BUILDING ELEMENTS

Building: Okt Heikkinen - Ylikärppä

Wedge shaped building element laye
still air spaces -> Secondary calculation to t_f

Assembly No.	Building assembly description					Interior insulation
1	US1					
Heat transfer resistance [m ² K/W]						
					interior R _{si} :	0,13
					exterior R _{se} :	0,04
Area section 1	λ [W/(mK)]	Area section 2 (optional)	λ [W/(mK)]	Area section 3 (optional)	λ [W/(mK)]	Thickness [mm]
1.	Kantava betonikuori	1,200				100
2.	Mineraalivilla	0,036				240
3.	Ulkokuori	1,200				80
4.	Ohutpinnoite	1,200				5
5.						
6.						
7.						
8.						
			Percentage of Sec. 2			Percentage of Sec. 3
Total						42,5
U-Value:						0,143 W/(m ² K)

Assembly No.	Building assembly description					Interior insulation
2	US2					
Heat transfer resistance [m ² K/W]						
					interior R _{si} :	0,13
					exterior R _{se} :	0,04
Area section 1	λ [W/(mK)]	Area section 2 (optional)	λ [W/(mK)]	Area section 3 (optional)	λ [W/(mK)]	Thickness [mm]
1.	Kantava betonikuori	1,200				120
2.	Mineraalivilla	0,036				240
3.	Ulkokuori	1,200				80
4.	Ohutpinnoite	1,200				5
5.						
6.						
7.						
8.						
			Percentage of Sec. 2			Percentage of Sec. 3
Total						44,5
U-Value:						0,143 W/(m ² K)

Assembly No.	Building assembly description					Interior insulation
3	Yläpohja					
Heat transfer resistance [m ² K/W]						
					interior R _{si} :	0,10
					exterior R _{se} :	0,04
Area section 1	λ [W/(mK)]	Area section 2 (optional)	λ [W/(mK)]	Area section 3 (optional)	λ [W/(mK)]	Thickness [mm]
1.	Kuusipaneeli	0,120				15
2.	Harvalaudoitus	0,120	Ilma	0,160		22
3.	Höyrynsulkumuovi	1,000				2
4.	Mineraalivilla	0,036		Kattoristikko	0,120	100
5.	Puhallusvuorivilla	0,045				450
6.						
7.						
8.						
			Percentage of Sec. 2			Percentage of Sec. 3
			75,0%			5,6%
Total						58,9
U-Value:						0,077 W/(m ² K)

Passive House verification

U-VALUES OF BUILDING ELEMENTS

Building:

Wedge shaped building element laye
still air spaces -> Secondary calculation to tf

Assembly No.	Building assembly description					Interior insulation
4	Alapohja					
Heat transfer resistance [m ² K/W]		interior R _{si} :		<input type="text" value="0,17"/>		
		exterior R _{se} :		<input type="text" value="0,00"/>		
Area section 1	λ [W/(mK)]	Area section 2 (optional)	λ [W/(mK)]	Area section 3 (optional)	λ [W/(mK)]	Thickness [mm]
1.	Teräsbetoni-laatta					100
2.	Thermisol Platina					200
3.	Hiekkatäyttö					500
4.	Suodatinkangas					2
5.	Salaoja sepeli					300
6.	Suodatinkangas					2
7.						
8.						
		Percentage of Sec. 2		Percentage of Sec. 3		Total
		<input type="text"/>		<input type="text"/>		<input type="text" value="110,4"/>
U-Value:					<input type="text" value="0,139"/>	W/(m ² K)

Assembly No.	Building assembly description					Interior insulation
5						
Heat transfer resistance [m ² K/W]		interior R _{si} :		<input type="text"/>		
		exterior R _{se} :		<input type="text"/>		
Area section 1	λ [W/(mK)]	Area section 2 (optional)	λ [W/(mK)]	Area section 3 (optional)	λ [W/(mK)]	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"/>
U-Value:					<input type="text"/>	W/(m ² K)

Assembly No.	Building assembly description					Interior insulation
6						
Heat transfer resistance [m ² K/W]		interior R _{si} :		<input type="text"/>		
		exterior R _{se} :		<input type="text"/>		
Area section 1	λ [W/(mK)]	Area section 2 (optional)	λ [W/(mK)]	Area section 3 (optional)	λ [W/(mK)]	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"/>
U-Value:					<input type="text"/>	W/(m ² K)

Passive House verification

HEAT LOSSES VIA THE GROUND

Ground Characteristics			
Thermal Conductivity	λ	1,5	W/(mK)
Heat Capacity	ρc	1,5	MJ/(m ³ K)
Periodic Penetration Depth	δ	3,17	m

Climate Data			
Av. Indoor Temp. Winter	T_i	20,0	°C
Av. Indoor Temp. Summer	T_i	25,0	°C
Average Ground Surface Temperatur	$T_{g,ave}$	1,0	°C
Amplitude of $T_{g,ave}$	$T_{g,\Delta}$	13,0	°C
Length of the Heating Period	n	8,0	months
Heating Degree Hours - Exterior	G_e	149,2	kWh/a

Building Data			
Floor Slab Area	A	115,7	m ²
Floor Slab Perimeter	P	43,4	m
Charact. Dimension of Floor Slab	B'	5,33	m
U-value floor slab/basement ceiling	U_f	0,139	W/(m ² K)
Thermal bridges floor slab/basement	$\Psi_{B'}^f$	0,00	W/K
U-value floor slab/basement ceiling in U_f'		0,139	W/(m ² K)
Eq. Thickness Floor	d_f	10,76	m

Floor Slab Type (select only one)			
<input checked="" 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	2,96	m
U-Value Belowground Wall	U_{wB}	0,143	W/(m ² K)

Additionally for Unheated Basements			
Air Change Unheated Basement	n		h ⁻¹
Basement Volume	V		m ³
Height Aboveground Wall	h		m
U-Value Aboveground Wall	U_{wW}	0,143	W/(m ² K)
U-Value Basement Floor Slab	U_{fB}		W/(m ² K)

For Perimeter Insulation for Slab on Grade			
Perimeter Insulation Width/Depth	D	1,00	m
Perimeter Insulation Thickness	d_n	0,20	m
Conductivity Perimeter Insulation	λ_n	0,035	W/(mK)
Orientation of the Perimeter Ins. (check only one field)	horizontal	<input checked="" type="checkbox"/>	
	vertical	<input type="checkbox"/>	

For Suspended Floor			
U-Value Crawl Space	U_{Crawl}		W/(m ² K)
Height of Crawl Space Wall	h		m
U-Value Crawl Space Wall	U_{wW}		W/(m ² K)
Area of Ventilation Openings	εP		m ²
Wind Velocity at 10 m Height	v	4,0	m/s
Wind Shield factor	f_{wv}	0,05	-

Additional Thermal Bridge Heat Losses at Perimeter			
Phase Shift	β		months
Steady-State Fraction	$\Psi_{P,stat}^f$	-1,248	W/K
Harmonic Fraction	$\Psi_{P,harm}^f$	-1,248	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	1,0066459	-
Transm. Belowground El. (w/o Ground)	L_{wg}		33,23 W/K
Relative Insulation Standard	d_f/B'		2,07 -
Relative Groundwater Depth	z_w/B'		0,56 -
Relative Groundwater Velocity	I/B'		0,12 -

Basement or Underground Floor Slab			
Eq. Thickness Floor Slab	d_f	10,8	m
U-Value Floor Slab	U_{fB}	0,10	W/(m ² K)
Eq. Thickness Basement Wall	d_w	10,51	m
U-Value Wall	U_{wB}	0,11	W/(m ² K)
Steady-State Transmittance	L_S	26,31	W/K
Phase Shift	β	1,39	months
Exterior Periodic Transmittance	L_{pe}	10,16	W/K

Unheated Basement			
Steady-State Transmittance	L_S		W/K
Phase Shift	β		months
Exterior Periodic Transmittance	L_{pe}		W/K

Slab on Grade			
Heat Transfer Coefficient	U_0		W/(m ² K)
Eq. Ins. Thickness Perimeter Ins.	d'		m
Perimeter Insulation Correction	$\Delta\Psi$		W/(mK)
Steady-State Transmittance	L_S		W/K
Phase Shift	β		months
Exterior Periodic Transmittance	L_{pe}		W/K

Suspended Floor Above a Ventilated Crawl Space (at max. 0.5 m Below Ground)			
Eq. Ins. Thickness Crawl Space	d_g		m
U-Value Crawl Space Floor Slab	U_g		W/(m ² K)
U-Value Crawl Space Wall & Vent.	U_x		W/(m ² K)
Steady-State Transmittance	L_S		W/K
Phase Shift	β		months
Exterior Periodic Transmittance	L_{pe}		W/K

Interim Results			
Phase Shift	β	1,39	months
Steady-State Transmittance	L_S	25,06	W/K
Exterior Periodic Transmittance	L_{pe}	8,91	W/K
Steady-State Heat Flow	Φ_{stat}		477,1 W
Periodic Heat Flow	Φ_{harm}		35,7 W
Heat Losses During Heating Period	Q_{tot}		2991 kWh

Ground reduction factor for "Annual Heating Demand" sheet

0,60

Monthly Average Ground Temperatures for Monthly Method

Month	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Average Val
Winter	3,1	2,2	2,3	3,3	4,9	6,7	8,2	9,0	8,9	8,0	6,3	4,6	5,6
Summer	4,3	3,5	3,6	4,6	6,2	8,0	9,5	10,3	10,2	9,2	7,6	5,8	6,9

Design Ground Temperature for Heating Load Sheet

2,2

for Cooling Load Sheet

10,3

Passive House verification REDUCTION FACTOR SOLAR RADIATION, WINDOW U-VALUE

Building: Osk Heikkinen - Ylikarppa

Annual heating demand: 48 kWh/m²

Heating degree hours: 1492

Climate:		Kilvutus	
Window area orientation	Global radiation (cardinal points)	Shading	Dirt
maximum:	kWh/m ² a	0.75	0.85
North	166	0.84	0.95
East	326	0.84	0.85
South	530	0.86	0.85
West	347	1.01	0.85
Horizontal	352	1.00	0.85
Total or Average Value for All Windows			
		0.57	0.73

Transmission losses		Heat gains solar radiation	
kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a
490	166	490	166
449	323	1379	1895
134	58	0	0
0	0	2452	2443

Reduction factor for solar radiation	Window area	Window U-Value	Glazing area	Average global radiation
	m ²	W/m ² K	m ²	kWh/m ² a
0.43	4.68	0.70	3.0	166
0.46	4.34	0.69	2.9	326
0.47	12.36	0.75	8.3	530
0.26	1.28	0.70	0.8	347
0.00	0.00	0.00	0.0	352
0.45	22.66	0.73	15.0	

Quantity	Description	Deviation from north	Angle of inclination from the horizontal	Window rough openings				Installed	Glazing	Frame	g-Value	U-Value		Ψ _{Spacer} (centre)	Installation								Results						
				Orientation	Width	Height	In Area in the worksheet					Select glazing from the WinType worksheet	Select window from the WinType worksheet		Perpen-dicular Radiation	Frames (centre)	Left 1/10	Right 1/10	Bottom 1/10	Top 1/10	Ψ _{Installation left}	Ψ _{Installation right}	Ψ _{Installation bottom}	Ψ _{Installation top}	Ψ _{Installation Average value}	Window Area	Glazing Area	U-Value Window	Fraction per Window
1	1krs. E1	180	90	South	0,600	1,200	US2 etab	8	Gardian - Chm3	33	F FBS Over Grnd	2	0,62	0,60	0,025	1	0	1	1	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,7	0,46	0,77	64%	
1	1krs. E2	180	90	South	0,900	1,200	US2 etab	8	Gardian - Chm3	33	F FBS Over Grnd	2	0,62	0,60	0,025	1	0	1	1	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,7	0,46	0,77	64%	
1	1krs. E3	180	90	South	0,600	1,200	US2 etab	8	Gardian - Chm3	33	F FBS Over Grnd	2	0,62	0,60	0,025	1	0	1	1	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,7	0,46	0,77	64%	
1	1krs. E4	180	90	South	0,600	1,200	US2 etab	8	Gardian - Chm3	33	F FBS Over Grnd	2	0,62	0,60	0,025	1	0	1	1	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,7	0,46	0,77	64%	
1	1krs. E5	180	90	South	0,600	1,200	US2 etab	8	Gardian - Chm3	33	F FBS Over Grnd	2	0,62	0,60	0,025	1	0	1	1	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,7	0,46	0,77	64%	
1	1krs. E6	180	90	South	0,900	1,200	US2 etab	8	Gardian - Chm3	33	F FBS Over Grnd	2	0,62	0,60	0,025	1	0	1	1	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	1,1	0,77	0,74	71%	
1	1krs. E7	180	90	South	0,600	1,200	US2 etab	8	Gardian - Chm3	33	F FBS Over Grnd	2	0,62	0,60	0,025	0	1	1	1	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,7	0,46	0,77	64%	
1	1krs. I1	90	90	East	1,200	1,200	US2 Et	7	Reflex - RX VWAH	55	F FBS Over Grnd	2	0,50	0,49	0,025	1	1	1	1	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	1,4	1,08	0,66	75%	
1	1krs. I2	90	90	East	0,300	0,600	US2 Et	7	Reflex - RX VWAH	55	F FBS Over Grnd	2	0,50	0,49	0,025	1	0	1	1	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,2	0,06	0,85	35%	
1	1krs. I3	90	90	East	0,600	0,600	US2 Et	7	Reflex - RX VWAH	55	F FBS Over Grnd	2	0,50	0,49	0,025	1	1	1	1	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,4	0,19	0,76	53%	
1	2krs. E1	180	90	South	0,900	1,200	US1 etab	0	Gardian - Chm3	33	F FBS Over Grnd	2	0,62	0,60	0,025	1	0	0	1	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	1,1	0,77	0,72	71%	
1	2krs. E2	180	90	South	0,400	1,200	US1 etab	3	Gardian - Chm3	33	F FBS Over Grnd	2	0,62	0,60	0,025	1	0	1	0	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,4	0,17	0,81	47%	
1	2krs. E3	180	90	South	0,900	1,200	US1 etab	3	Gardian - Chm3	33	F FBS Over Grnd	2	0,62	0,60	0,025	1	0	1	0	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	1,1	0,77	0,72	71%	
1	2krs. E4	180	90	South	0,900	1,200	US1 etab	3	Gardian - Chm3	33	F FBS Over Grnd	2	0,62	0,60	0,025	0	1	1	0	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,4	0,17	0,81	47%	
1	2krs. E5	180	90	South	1,200	1,200	US1 etab	3	Gardian - Chm3	33	F FBS Over Grnd	2	0,62	0,60	0,025	1	1	0	1	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	1,4	1,08	0,72	75%	
1	2krs. E6	180	90	South	1,200	1,200	US1 etab	3	Gardian - Chm3	33	F FBS Over Grnd	2	0,62	0,60	0,025	1	1	0	1	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,5	0,24	0,81	49%	
1	2krs. E7	180	90	South	0,900	1,200	US1 etab	3	Gardian - Chm3	33	F FBS Over Grnd	2	0,62	0,60	0,025	1	0	1	1	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	1,1	0,77	0,74	71%	
1	2krs. E8	180	90	South	0,600	1,200	US1 etab	3	Gardian - Chm3	33	F FBS Over Grnd	2	0,62	0,60	0,025	0	1	1	1	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,7	0,46	0,77	64%	
1	2krs. I1	90	90	East	0,900	1,200	US1 Et	2	Reflex - RX VWAH	55	F FBS Over Grnd	2	0,50	0,49	0,025	1	1	1	1	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	1,1	0,77	0,68	71%	
1	2krs. I2	90	90	East	0,800	1,200	US1 Et	2	Reflex - RX VWAH	55	F FBS Over Grnd	2	0,50	0,49	0,025	1	0	1	1	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	1,0	0,67	0,68	69%	
1	2krs. I3	90	90	East	0,800	0,400	US1 Et	2	Reflex - RX VWAH	55	F FBS Over Grnd	2	0,50	0,49	0,025	1	1	1	1	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,3	0,15	0,78	46%	
1	2krs. L1	270	90	West	0,800	1,200	US1 lense	4	Reflex - RX VWAH	55	F FBS Over Grnd	2	0,50	0,49	0,025	1	1	0	1	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	1,0	0,67	0,68	69%	
1	2krs. L2	270	90	West	0,800	0,400	US1 lense	4	Reflex - RX VWAH	55	F FBS Over Grnd	2	0,50	0,49	0,025	1	1	0	1	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,3	0,15	0,78	46%	
1	2krs. P1	0	90	North	0,600	1,200	US1 polysteen	1	Reflex - RX VWAH	55	F FBS Over Grnd	2	0,50	0,49	0,025	1	0	1	1	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,7	0,46	0,70	64%	
1	2krs. P2	0	90	North	0,900	1,200	US1 polysteen	1	Reflex - RX VWAH	55	F FBS Over Grnd	2	0,50	0,49	0,025	0	1	1	1	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	1,1	0,77	0,66	71%	
1	2krs. P3	0	90	North	0,600	1,200	US1 polysteen	1	Reflex - RX VWAH	55	F FBS Over Grnd	2	0,50	0,49	0,025	1	0	1	1	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,4	0,19	0,76	53%	
1	2krs. P4	0	90	North	0,300	0,600	US1 polysteen	1	Reflex - RX VWAH	55	F FBS Over Grnd	2	0,50	0,49	0,025	1	1	1	1	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,2	0,06	0,85	35%	
1	2krs. P5	0	90	North	0,300	0,600	US1 polysteen	1	Reflex - RX VWAH	55	F FBS Over Grnd	2	0,50	0,49	0,025	1	1	1	1	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,2	0,06	0,85	35%	
1	2krs. P6	0	90	North	0,600	0,600	US1 polysteen	1	Reflex - RX VWAH	55	F FBS Over Grnd	2	0,50	0,49	0,025	1	1	1	1	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,4	0,19	0,76	53%	
1	2krs. P7	0	90	North	0,900	1,200	US1 polysteen	1	Reflex - RX VWAH	55	F FBS Over Grnd	2	0,50	0,49	0,025	1	0	1	1	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	1,1	0,77	0,66	71%	
1	2krs. P8	0	90	North	0,600	1,200	US1 polysteen	1	Reflex - RX VWAH	55	F FBS Over Grnd	2	0,50	0,49	0,025	0	1	1	1	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,7	0,46	0,70	64%	

Passive House verification

GLAZING ACCORDING TO CERTIFICATION

[Go to curtain wall facades / window frames from line 99 onwards](#)

Assem- bly No.	Type	g-Value	U _g -Value
	Glazing			W/(m^{2}K)
1	Guardian - ClimaGuard Premium (4:/14/4/14/:4 Ar 90%)	0,49	0,64
2	INTERPANE - iplus 3CE (4:/12/4/12/:4 Krypton 90%)	0,50	0,49
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			

Passive House verification

CURTAIN WALL FACADE / WINDOW FRAME AS PER CERTIFICATE

Go to [checkboxes](#) from line 2 onwards

Assem- bly No.	Type Window frame	U-Value				Frame Dimensions				Thermal bridges																
		Frame left		Frame right		Frame bottom		Frame top		Width - Right		Width - Left		Width - Below		Width - Above		Glazing edge thermal bridge				Installation thermal bridge				Curtain wall facades:
		Post left W/(m²K)	W/(m²K)	Post right W/(m²K)	W/(m²K)	Beam bottom W/(m²K)	W/(m²K)	Beam top W/(m²K)	W/(m²K)	Post left m	Post right m	Beam bottom m	Beam top m	Beam bottom m	Beam top m	W _{glazing edge} left W/(m²K)	W _{glazing edge} right W/(m²K)	W _{glazing edge} bottom W/(m²K)	W _{glazing edge} top W/(m²K)	W _{installation} left W/(m²K)	W _{installation} right W/(m²K)	W _{installation} bottom W/(m²K)	W _{installation} top W/(m²K)	Z _{acc-value} Glass carrier W/mK		
1	F FBS Over GmbH - VADB-Plus 550 - withTFS	0,64	0,64	0,64	0,68	0,68	0,64	0,64	0,075	0,075	0,100	0,075	0,100	0,075	0,026	0,026	0,024	0,026	0,026	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	
2	F FBS Over GmbH - VADB-Plus 550+ - withTFS	0,60	0,60	0,60	0,59	0,59	0,60	0,60	0,075	0,075	0,100	0,075	0,100	0,075	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	
3																										
4																										
5																										
6																										
7																										
8																										
9																										
10																										
11																										

Passive House verification CALCULATING SHADING FACTORS

Climate: Kiruna
 Building: Okt Heikkinen - Ylikarppa
 Latitude: 67,81 °

Orientation	Glazing area m ²	Reduction factor f _s
North	2,97	84%
East	2,91	84%
South	8,26	86%
West	0,81	51%
Horizontal	0,00	100%

Quantity	Description	Deviation from North	Angle of inclination from the Horizontal	Orientation	Glazing width m W _g	Glazing height m H _g	Glazing area A _g	Height of the shading object m h _{shd}	Horizontal distance m d _{hor}	Window reveal depth m d _{reveal}	Distance from glazing edge to reveal m d _{glaz}	Overhang depth m d _{over}	Distance from upper glazing edge to overhang m d _{upper}	Additional shading reduction factor f _{shd}	Horizontal shading reduction factor f _h	Reveal Shading Reduction Factor f _r	Overhang shading reduction factor f _o	Total shading reduction factor f _s
1	1krs. E1	180	90	South	0,45	1,03	0,5			0,15	0,075	2,61	0,717	45%	100%	94%	100%	42%
1	1krs. E2	180	90	South	0,75	1,03	0,8			0,15	0,075	2,61	0,717	100%	100%	96%	100%	96%
1	1krs. E3	180	90	South	0,45	1,03	0,5			0,15	0,075	2,61	0,717	68%	100%	94%	100%	64%
1	1krs. E4	180	90	South	0,45	1,03	0,5			0,15	0,075	2,61	0,717	100%	100%	94%	100%	94%
1	1krs. E5	180	90	South	0,45	1,03	0,5			0,15	0,075	2,61	0,717	100%	100%	94%	100%	94%
1	1krs. E6	180	90	South	0,75	1,03	0,8			0,15	0,075	2,61	0,717	100%	100%	96%	100%	96%
1	1krs. E7	180	90	South	0,45	1,03	0,5			0,15	0,075	2,61	0,717	100%	100%	94%	100%	94%
1	1krs. I1	90	90	East	1,05	1,03	1,1			0,15	0,075			100%	100%	88%	100%	88%
1	1krs. I2	90	90	East	0,15	0,43	0,1			0,15	0,075			100%	100%	61%	100%	61%
1	1krs. I3	90	90	East	0,45	0,43	0,2			0,15	0,075			100%	100%	78%	100%	78%
1	2krs. E1	180	90	South	0,75	1,03	0,8			0,15	0,075	2,61	0,00	62%	100%	96%	100%	59%
1	2krs. E2	180	90	South	0,75	1,03	0,2			0,15	0,075	2,61	1,17	62%	100%	96%	100%	59%
1	2krs. E3	180	90	South	0,75	1,03	0,8			0,15	0,075	2,61	0,00	100%	100%	96%	100%	96%
1	2krs. E4	180	90	South	0,75	1,03	0,2			0,15	0,075	2,61	1,17	100%	100%	96%	100%	96%
1	2krs. E5	180	90	South	1,05	1,03	1,1			0,15	0,075	2,61	0,00	100%	100%	97%	100%	97%
1	2krs. E6	180	90	South	1,05	1,03	0,8			0,15	0,075	2,61	1,17	100%	100%	97%	100%	97%
1	2krs. E7	180	90	South	0,75	1,03	0,8			0,15	0,075	2,61	0,00	100%	100%	96%	100%	96%
1	2krs. E8	180	90	South	0,45	1,03	0,5			0,15	0,075	2,61	0,00	100%	100%	94%	100%	94%
1	2krs. I1	90	90	East	0,75	1,03	0,8			0,15	0,075			100%	100%	84%	100%	84%
1	2krs. I2	90	90	East	0,65	1,03	0,7			0,15	0,075			100%	100%	83%	100%	83%
1	2krs. I3	90	90	East	0,65	0,23	0,1			0,15	0,075			100%	100%	83%	100%	83%
1	2krs. L1	270	90	West	0,65	1,03	0,7	3,50	7,80	0,15	0,075			100%	62%	83%	100%	51%
1	2krs. L2	270	90	West	0,65	0,23	0,1	3,90	7,80	0,15	0,075			100%	59%	83%	100%	49%
1	2krs. P1	0	90	North	0,45	1,03	0,5			0,15	0,075			100%	100%	86%	100%	86%
1	2krs. P2	0	90	North	0,75	1,03	0,8			0,15	0,075			100%	100%	91%	100%	91%
1	2krs. P3	0	90	North	0,45	0,43	0,2			0,15	0,075			100%	100%	86%	100%	86%
1	2krs. P4	0	90	North	0,15	0,43	0,1			0,15	0,075			100%	100%	76%	100%	76%
1	2krs. P5	0	90	North	0,15	0,43	0,1			0,15	0,075			31%	100%	76%	100%	24%
1	2krs. P6	0	90	North	0,45	0,43	0,2			0,15	0,075			100%	100%	86%	100%	86%
1	2krs. P7	0	90	North	0,75	1,03	0,8			0,15	0,075			88%	100%	91%	100%	80%
1	2krs. P8	0	90	North	0,45	1,03	0,5			0,15	0,075			100%	100%	86%	100%	86%

Passive House verification

VENTILATION DATA

Building:

Treated floor area A_{TFA}	m ²	<input type="text" value="171"/>	(Areas worksheet)
Room height h	m	<input type="text" value="2,5"/>	(Annual Heating Demand worksheet)
Room ventilation volume ($A_{TFA} \cdot h$) = V_v	m ³	<input type="text" value="428"/>	(Annual Heating Demand worksheet)

Type of ventilation system

- Balanced PH ventilation *Please Check*
- Pure extract air

Infiltration air change rate

Wind protection coefficients e and f		
Coefficient e for screening class	Several sides exposed	One side exposed
No screening	0,10	0,03
Moderate screening	0,07	0,02
High screening	0,04	0,01
Coefficient f	15	20

		for Annual Demand:	for Heating Load:		
Wind protection coefficient, e		<input type="text" value="0,07"/>	<input type="text" value="0,18"/>		
Wind protection coefficient, f		<input type="text" value="15"/>	<input type="text" value="15"/>		
Air Change Rate at Press. Test n_{50}	1/h	<input type="text" value="0,60"/>	0,60	Net Air Volume for Press. Test V_{n50}	Air permeability q_{50}
				<input type="text" value="479"/>	<input type="text" value="0,56"/>
				m ³	m ³ /(hm ²)
Excess extract air	1/h	<input type="text" value="0,00"/>	<input type="text" value="0,00"/>		
Infiltration air change rate $n_{v,Res}$	1/h	<input type="text" value="0,047"/>	<input type="text" value="0,118"/>		

Selection of ventilation data input - Results

The PHPP offers two methods for dimensioning the air quantities and choosing the ventilation unit. Fresh air or extract air quantities for residential buildings and parameters for ventilation system can be determined using the standard planning option in the 'Ventilation' sheet. The 'Additional Vent' sheet has been created for more complex ventilation systems and allows up to 10 different v. Furthermore, air quantities can be determined on a room-by-room or zone-by-zone basis. Please select your design method here.

- Ventilation unit / Heat recovery efficiency design**
- Sheet Ventilation (Standard design) *(Sheet Ventilation see below)*
- Sheet Extended ventilation *(Sheet Additional Vent)*
(Multiple ventilation units, non-residential buildings)

Mean Air exchange	Mean Air Change Rate	Extract air excess (Extract air system)	Effective heat recovery efficiency Unit	Specific power input	Heat recovery efficiency SHX
m ³ /h	1/h	1/h	[-]	Wh/m ³	
<input type="text" value="139"/>	<input type="text" value="0,32"/>	<input type="text" value="0,00"/>	<input type="text" value="80,4%"/>	<input type="text" value="0,41"/>	<input type="text" value="0,0%"/>
SHX efficiency					η_{SHX} <input type="text" value="0%"/>

STANDARD INPUT FOR BALANCED VENTILATION

Ventilation dimensioning for systems with one ventilation unit

Occupancy	m ² /P	35				
Number of occupants	P	4,9				
Supply air per person	m ³ /(P·h)	30				
Supply air requirement	m ³ /h	147				
Extract air rooms		Kitchen	Bathroom	Bathroom (shower only)	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	0,42
Standard	24,0	0,77	139	0,32
Basic		0,54	97	0,23
Minimum		0,40	72	0,17
Average value		0,77	139	0,32

Selection of ventilation unit with heat recovery

- Central unit within the thermal envelope.
- Central unit outside of the thermal envelope.

Ventilation unit selection	Heat recovery efficiency Unit η_{HR}	Specific power input [Wh/m ³]	Application range [m ³ /h]	Frost protection required	Unit noise level < 35dB(A)
Logavent HRV 31 Buderus - Buderus	0,82	0,41	100 - 200	yes	no

Conductance value of outdoor air duct Ψ	W/(mK)	0,227	See calculation below
Length of outdoor air duct	m	2	
Conductance value of exhaust air duct Ψ	W/(mK)	0,227	See calculation below
Length of exhaust air duct	m	2	
Temperature of mechanical services room (Enter only if the central unit is outside of the thermal envelope.)	°C		
			Room Temperature (°C) 20
			Av. Ambient Temp. Heating P. (°C) -5,6
			Av. Ground Temp (°C) 1,0

Effective heat recovery efficiency $\eta_{HR,eff}$ **80,4%**

Effective heat recovery efficiency subsoil heat exchanger

SHX efficiency η_{SHX}	
Heat recovery efficiency SHX	0%

Secondary calculation

Ψ -value supply or ambient air duct

Nominal width:	160 mm
Insul. Thickness:	100 mm
Reflective? Please mark with an "x"!	
<input type="checkbox"/> Yes	Please check one box only
<input checked="" type="checkbox"/> No	
Thermal conductivity	0,032 W/(mK)
Nominal air flow rate	139 m ³ /h
$\Delta\theta$	26 K
Exterior duct diameter	0,160 m
Exterior diameter	0,360 m
α -Interior	9,35 W/(m ² K)
α -Surface	5,65 W/(m ² K)
Ψ-value	0,227 W/(mK)
Surface temperature difference	0,911 K

Secondary calculation

Ψ -value extract or exhaust air duct

Nominal width:	160 mm
Insul. Thickness:	100 mm
Reflective? Please mark with an "x"!	
<input type="checkbox"/> Yes	Please check one box only
<input checked="" type="checkbox"/> No	
Thermal conductivity	0,032 W/(mK)
Nominal air flow rate	139 m ³ /h
$\Delta\theta$	26 K
Exterior duct diameter	0,160 m
Exterior diameter	0,360 m
α -Interior	9,35 W/(m ² K)
α -Surface	5,65 W/(m ² K)
Ψ-value	0,227 W/(mK)
Surface temperature difference	0,911 K

Passive House verification

SPECIFIC ANNUAL HEATING DEMAND

Climate: **Kiruna**
 Building: **Okt Heikkinen - Ylikärppä**

Interior Temperature: **20,0** °C
 Building Type/Use: **Townhouse**
 Treated Floor Area A_{TFA}: **171,1** m²

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 kWh/(m ² a)
Exterior Wall - Ambient	A	191,4	0,143	1,00	149,2	4079	23,84
Exterior Wall - Ground	B	60,3	0,143	0,60	149,2	774	4,53
Roof/Ceiling - Ambient	A	115,7	0,077	1,00	149,2	1331	7,78
Floor slab / basement ceiling	B	115,7	0,139	0,60	149,2	1452	8,48
	A			1,00			
	A			1,00			
	X			0,75			
Windows	A	22,7	0,725	1,00	149,2	2452	14,33
Exterior Door	A	5,9	0,850	1,00	149,2	746	4,36
Exterior TB (length/m)	A	98,3	-0,049	1,00	149,2	-716	-4,19
Perimeter TB (length/m)	P	44,2	-0,028	0,60	149,2	-112	-0,66
Ground TB (length/m)	B			0,60			
Total of All Building Envelope Areas		511,6					
Transmission Heat Losses Q_T						10005	58,5

Ventilation System:

Effective Heat Recovery Efficiency of Heat Recovery η_{eff} **80%**
 Efficiency of Subsoil Heat Exchanger η_{SHX} **0%**

Effective Air Volume, V_V m³

η_{eff} **80%**

η_{SHX} **0%**

Energetically Effective Air Exchange n_V **0,324**

n_{V,system} 1/h

Φ_{IR} **0,80**

n_{V,Res} 1/h

0,047

1/h

Ventilation Heat Losses Q_V

V_V m³

428

n_V 1/h

0,110

C_{Air} Wh/(m³K)

0,33

G_t kWh/a

149,2

kWh/a

2325

kWh/(m²a)

13,6

Total Heat Losses Q_L

Q_T kWh/a

10005

Q_V kWh/a

2325

Reduction Factor Night/Weekend Saving **1,0**

kWh/a

12330

kWh/(m²a)

72,1

Orientation of the Area

1. North
2. East
3. South
4. West
5. Horizontal

Reduction Factor See Windows Sheet

g-Value (perp. radiation)

Area m²

Radiation HP kWh/(m²a)

0,43

0,50

4,68

166

kWh/a

168

0,46

0,50

4,34

326

kWh/a

323

0,47

0,62

12,36

530

kWh/a

1895

0,26

0,50

1,28

347

kWh/a

58

0,00

0,00

0,00

352

kWh/a

0

Available Solar Heat Gains Q_S

Total **2443**

kWh/(m²a)

14,3

Internal Heat Gains Q_I

kh/d

0,024

Length Heat. Period d/a

243

Spec. Power q_i W/m²

2,10

A_{TFA} m²

171,1

kWh/a

2095

kWh/(m²a)

12,2

Free Heat Q_F kWh/a

Q_S + Q_I =

4538

kWh/(m²a)

26,5

Ratio of Free Heat to Losses

Q_F / Q_L =

0,37

Utilisation Factor Heat Gains η_G

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

Heat Gains Q_G

$\eta_G \cdot Q_F =$

4519

kWh/a

26,4

Annual Heating Demand Q_H

Q_L - Q_G =

7811

kWh/a

46

Limiting Value

15

Requirement met?

NO

Passive House verification

SPECIFIC ANNUAL HEATING DEMAND MONTHLY METHOD

(This page displays the sums of the monthly method over the heating period)

Climate: Interior Temperature: °C
 Building: Building Type/Use:
 Spec. Capacity: Wh/(m²K) (Enter in "Summer" worksheet.) Treated Floor Area A_{TFA}: m²

Building Element	Temperature Zone	Area m²	U-Value W/(m²K)	Month. Red. Fac.	G _i kWh/a	kWh/a	per m² Treated Floor Area
Exterior Wall - Ambient	A	191,4	0,143	1,00	176	4801	
Exterior Wall - Ground	B	60,3	0,143	1,00	126	1081	
Roof/Ceiling - Ambient	A	115,7	0,077	1,00	176	1566	
Floor slab / basement ceiling	B	115,7	0,139	1,00	126	2026	
	A			1,00			
	A			1,00			
	X			0,75			
Windows	A	22,7	0,725	1,00	176	2886	
Exterior Door	A	5,9	0,850	1,00	176	877	
Exterior TB (length/m)	A	98,3	-0,049	1,00	176	-843	
Perimeter TB (length/m)	P	44,2	-0,028	1,00	126	-157	
Ground TB (length/m)	B			1,00			

Transmission Heat Losses Q_T Total kWh/a kWh/(m²a)

Effective Air Change Rate Ambient n _{s,a}	Effective Air Change Rate Ground n _{s,g}	Effective Air Volume V _{RAx} m³	Clear Room Height m	n _{V,system} 1/h	η*SHX	η _{HR}	n _{V,Res} 1/h	n _{V,equi} fraction 1/h	V _{RAx} m³	n _{V,equi} fraction 1/h	C _{Air} Wh/(m³K)	G _i kWh/a	kWh/a	kWh/(m²a)
0,324	0,324	171	2,50	0,324	0%	0,80	0,047	0,110	428	0,110	0,33	176	2736	16,0
					0%	0,80		0,000	428	0,000	0,33	167	0	0,0

Ventilation Heat Losses Q_V Total kWh/a kWh/(m²a)

Total Heat Losses Q_L (kWh/a + kWh/a) * Reduction Factor Night/Weekend Saving = kWh/a kWh/(m²a)

Orientation of the Area	Reduction Factor See Windows worksheet	g-Value (perp. radiation)	Area m²	Global Radiation kWh/(m²a)	kWh/a	kWh/(m²a)
North	0,43	0,50	4,7	378	382	
East	0,46	0,50	4,3	680	673	
South	0,47	0,62	12,4	903	3228	
West	0,26	0,50	1,3	676	113	
Horizontal	0,00	0,00	0,0	796	0	
Sum Opaque Areas					0	

Available Solar Heat Gains Q_S Total kWh/a kWh/(m²a)

Internal Heat Gains Q_I k/hvd * Length Heat Period dia * Spec. Power q W/m² * A_{TFA} m² = kWh/a kWh/(m²a)

Free Heat Q_F Q_S + Q_I = kWh/a kWh/(m²a)

Ratio Free Heat to Losses Q_F / Q_L =

Utilisation Factor Heat Gains η_{IS} =

Heat Gains Q_G η_{IG} * Q_F = kWh/a kWh/(m²a)

Annual Heating Demand QH Q_L - Q_G = kWh/a kWh/(m²a)

Limiting Value kWh/(m²a) Requirement met? (Yes/No)

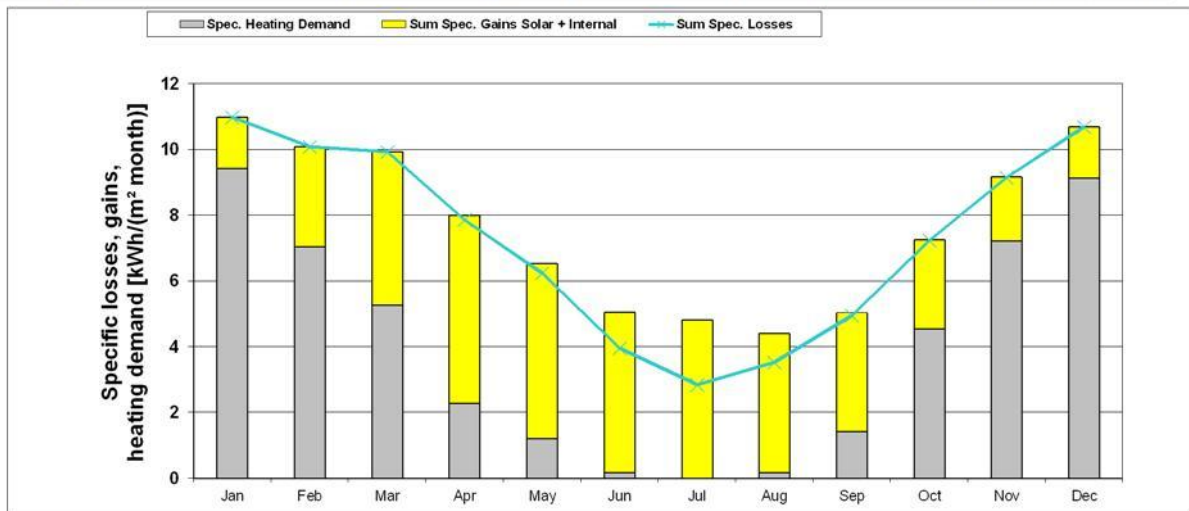
Passive House verification

SPECIFIC ANNUAL HEAT DEMAND MONTHLY METHOD

Climate: **Kiruna**
 Building: **Okt Heikkinen - Ylikärppä**

Interior Temperature: **20** °C
 Building Type/Use: **Townhouse**
 Treated Floor Area A_{TFA}: **171** m²

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Year	
Heating Degree Hours - E	23,1	21,1	20,3	15,6	11,8	6,6	4,1	6,0	9,6	15,0	19,5	22,8	176	kKh
Heating Degree Hours - G	12,6	11,9	13,1	12,0	11,2	9,6	8,8	8,2	8,0	9,0	9,8	11,5	126	kKh
Losses - Exterior	1585	1445	1391	1065	805	454	280	413	661	1029	1336	1559	12024	kWh
Losses - Ground	296	280	309	282	263	224	206	191	187	210	231	270	2950	kWh
Sum Spec. Losses	11,0	10,1	9,9	7,9	6,2	4,0	2,8	3,5	5,0	7,2	9,2	10,7	87,5	kWh/m ²
Solar Gains - North	0	7	24	50	75	84	73	40	17	9	2	0	382	kWh
Solar Gains - East	0	18	59	110	111	118	108	81	44	21	4	0	673	kWh
Solar Gains - South	0	250	436	540	440	361	357	325	290	161	68	0	3228	kWh
Solar Gains - West	0	4	11	19	21	17	16	13	9	3	1	0	113	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	267	241	267	259	267	259	267	267	259	267	259	267	3147	kWh
Sum Spec. Gains Solar +	1,6	3,0	4,7	5,7	5,3	4,9	4,8	4,3	3,6	2,7	1,9	1,6	44,1	kWh/m ²
Utilisation Factor	100%	100%	100%	98%	94%	78%	59%	79%	98%	100%	100%	100%	90%	
Annual Heating Demand	1614	1205	903	392	205	28	3	29	244	779	1234	1562	8197	kWh
Spec. Heating Demand	9,4	7,0	5,3	2,3	1,2	0,2	0,0	0,2	1,4	4,6	7,2	9,1	47,9	kWh/m ²



Passive House verification

CLIMATE DATA

Standard/Regional Climate: Select here.

Region climate data:

Select region here:

Select regional climate here:

Building:

Use Regional Data?

Climate Building:

Chosen Method for Heating Demand:

Monthly Data:

Annual Data:

Use Annual Climate Data Set:

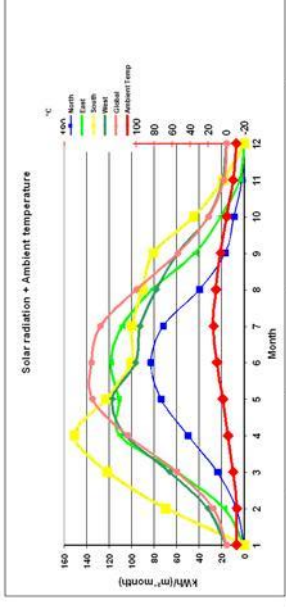
Results:

Annual Heating Demand:

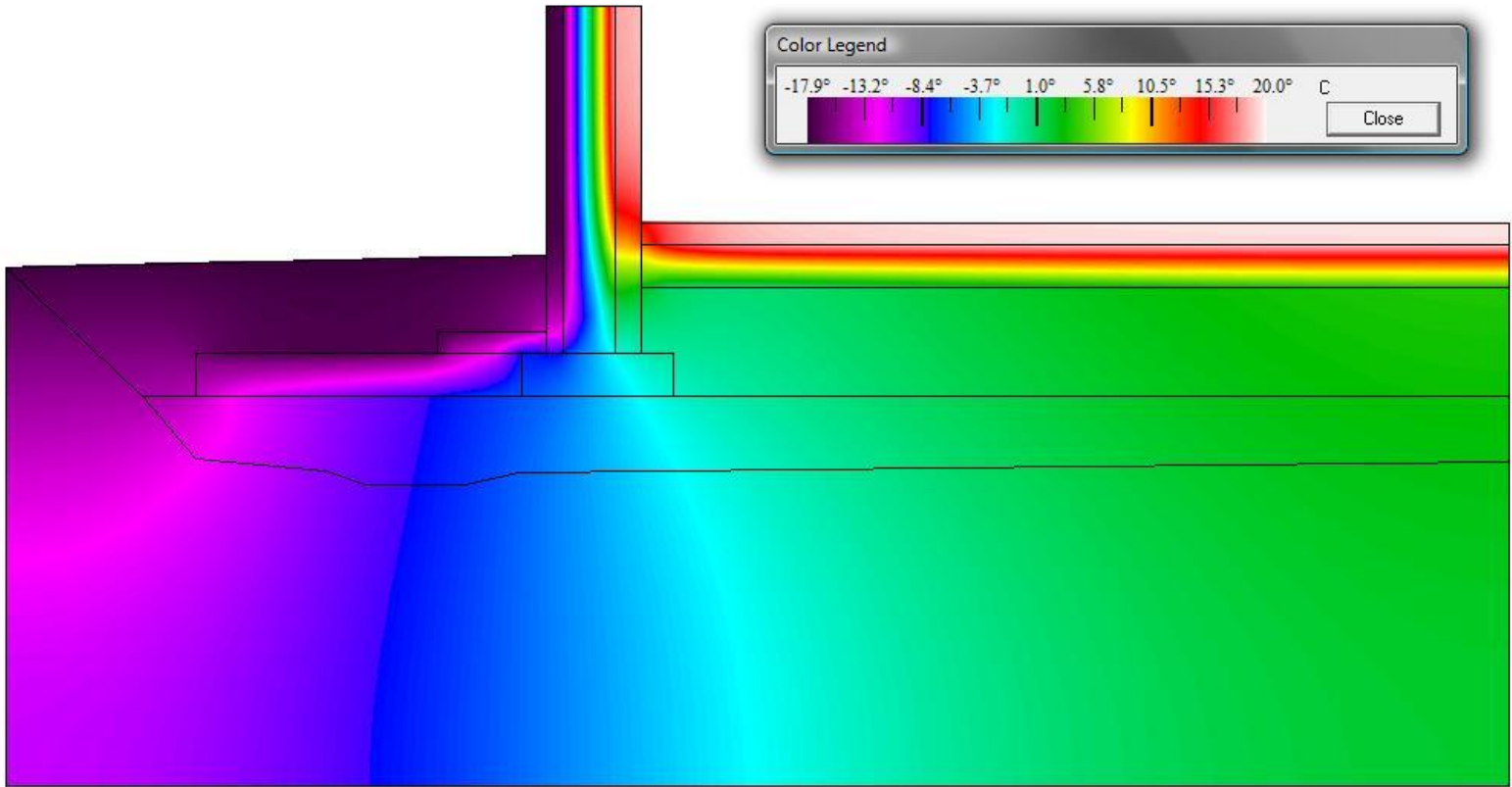
Heating Load:

Transfer to Annual Method

Hr	24,3	g/a
G _p	149	kWh(m²a)
North	166	kWh(m²a)
East	326	kWh(m²a)
South	530	kWh(m²a)
West	347	kWh(m²a)
Horizontal	352	kWh(m²a)



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Heating Load	Weather 1	Weather 2	Cooling Load	
Month	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31					
Days	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31					
Latitude	67,6	67,6	67,6	67,6	67,6	67,6	67,6	67,6	67,6	67,6	67,6	67,6					
Longitude	-11,1	-11,4	-7,3	-1,6	4,2	10,8	14,5	11,9	6,6	-0,2	-7,1	-10,6					
Altitude	20,3	20,3	20,3	20,3	20,3	20,3	20,3	20,3	20,3	20,3	20,3	20,3					
Phase Shift Months																	
Ambient Temp	-11,1	-11,4	-7,3	-1,6	4,2	10,8	14,5	11,9	6,6	-0,2	-7,1	-10,6					
North	0	7	24	50	74	85	72	40	17	9	2	0					
East	0	18	60	111	112	119	109	62	44	21	4	0					
South	0	27	100	220	320	350	300	170	100	50	9	0					
West	0	21	82	173	252	301	250	140	80	40	7	0					
Global	0	15	55	110	159	200	140	100	54	3	3	0					
Dew Point	-14,3	-15,2	-11,8	-7,1	-2,5	3,0	7,9	6,8	2,2	-3,3	-9,9	-13,6					
Shift of Average Temperature K	-29,3	-27,6	-23,0	-17,4	-11,4	-4,0	2,0	1,0	-4,1	-10,9	-19,5	-24,5					
Sky Temp	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60					
Ground Temp	3,1	2,2	2,3	3,3	4,9	6,7	8,2	9,0	8,9	8,0	6,3	4,6					
Heating Load													2,2	2,2	2,2	2,2	10,3
Weather 1																	
Weather 2																	
Radiation																	
Winter																	
Summer																	
Autumn																	
Spring																	



U-Factors

	U-factor W/m ² -K	delta T C	Length mm	Rotation	
Seinä	0.2177	38.0	1000	N/A	Total Length
SHGC Exterior	0.1586	38.0	3635.61	N/A	Total Length
Lattia	0.0898	38.0	4000	N/A	Total Length

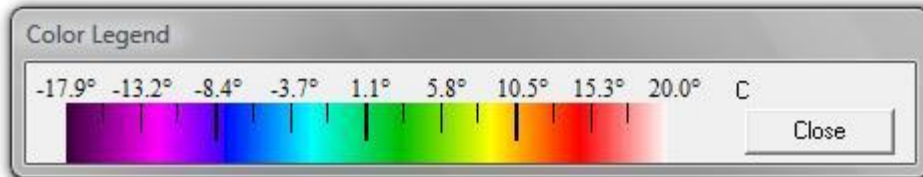
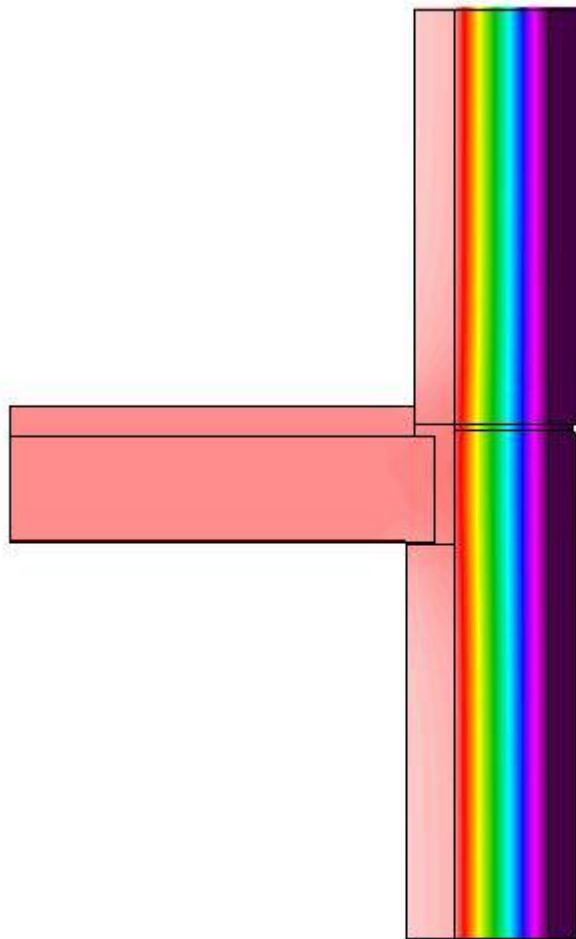
Display

U-factor
 R-value

% Error Energy Norm 9.03%

Export

OK



U-Factors

	U-factor W/m ² -K	delta T C	Length mm	Rotation	
Seinä	0.1645	38.0	2000	N/A	Total Length
SHGC Exterior	0.1395	38.0	2358.28	N/A	Total Length

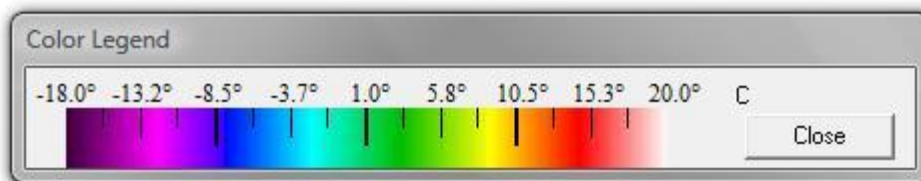
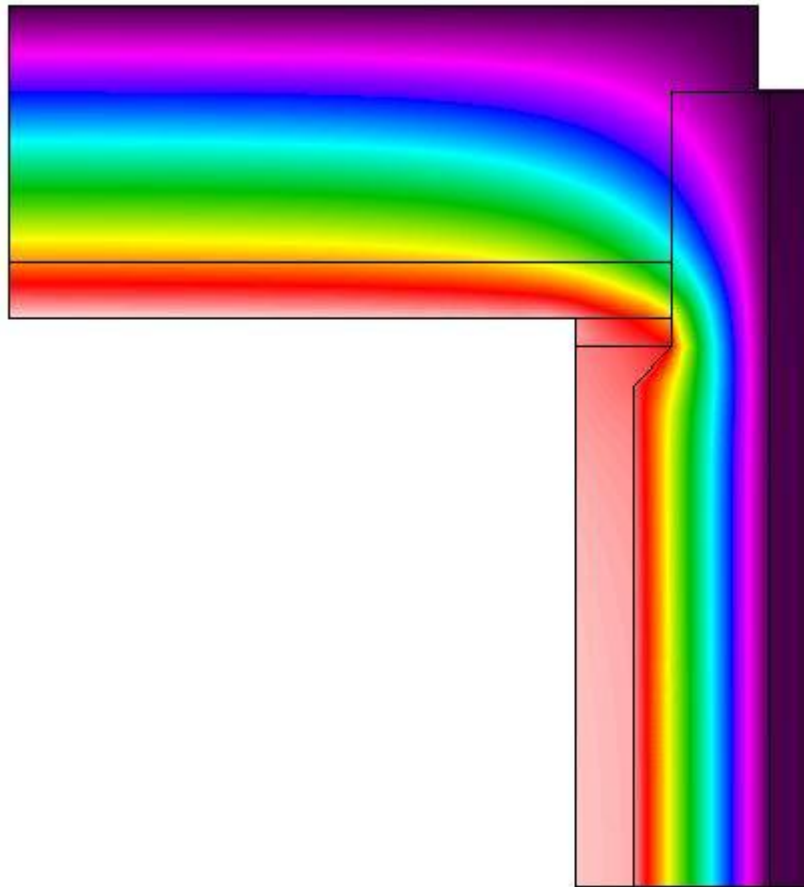
Display

U-factor
 R-value

% Error Energy Norm 1.79%

Export

OK



U-Factors

	U-factor W/m ² K	delta T C	Length mm	Rotation	
Seinä	0.1711	38.0	1000	N/A	Total Length
SHGC Exterior	0.0856	38.0	2970	N/A	Total Length
Katto	0.0832	38.0	1000	N/A	Total Length

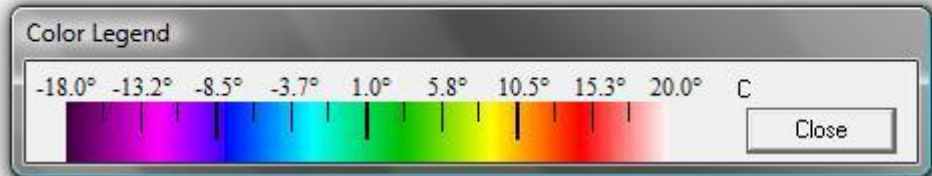
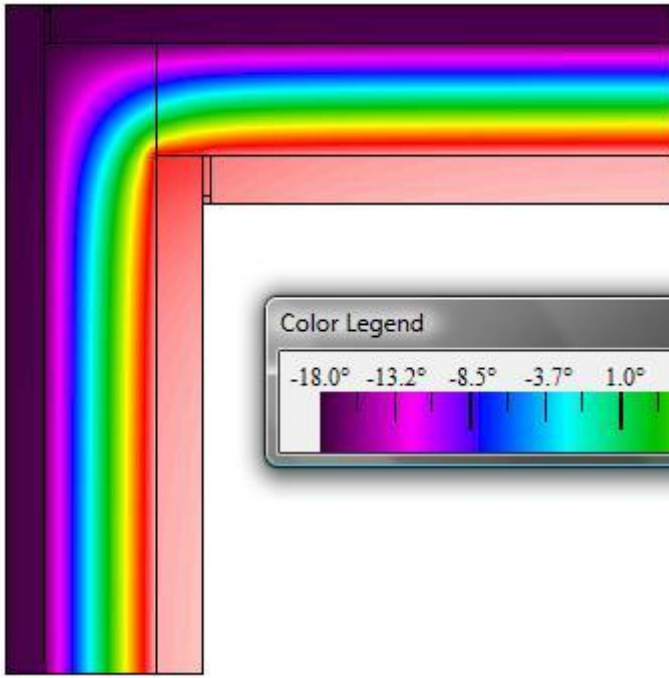
Display

U-factor
 R-value

% Error Energy Norm 5.21%

Export

OK



U-Factors

	U-factor W/m ² -K	delta T C	Length mm	Rotation	
SHGC Exterior	0.1138	38.0	2840	N/A	Total Length
Seinä	0.1617	38.0	2000	N/A	Total Length

Display

U-factor
 R-value

% Error Energy Norm

Export

OK

Passive House verification

Photo or Drawing

Building:	Okt Heikkinen - Ylikärppä		
Street:			
Postcode/City:	Rovaniemi		
Country:	Finland		
Building Type:	Townhouse		
Climate:	Kiruna		
Home Owner(s) / Client(s):			
Street:			
Postcode/City:			
Architect:			
Street:			
Postcode/City:			
Mechanical System:			
Street:			
Postcode/City:			
Year of Construction:	2012	Interior Temperature:	20,0 °C
Number of Dwelling Units:	1	Internal Heat Gains:	2,1 W/m ²
Enclosed Volume V _e :	69,3		
Number of Occupants:	4,9		

Specific building demands with reference to the treated floor area		use: Monthly method	
		Requirements	Fulfilled?*
Space heating	Treated floor area	171,1 m ²	
	Annual heating demand	43 kWh/(m ² a)	15 kWh/(m ² a) no
	Heating load	21 W/m ²	10 W/m ² no
Space cooling	Overall specific space cooling demand	1 kWh/(m ² a)	15 kWh/(m ² a) yes
	Cooling load	2 W/m ²	- -
	Frequency of overheating (> 25 °C)	%	- -
Primary Energy	Space heating and cooling, dehumidification, household electricity.	168 kWh/(m ² a)	120 kWh/(m ² a) no
	DHW, space heating and auxiliary electricity	126 kWh/(m ² a)	- -
	Specific primary energy reduction through solar electricity	kWh/(m ² a)	- -
Airtightness	Pressurization test result n ₅₀	0,6 1/h	0,6 1/h yes

* empty field: data missing; '-': no requirement

Passive House?	no
----------------	-----------

<p>We confirm that the values given herein have been determined following the PHPP methodology and based on the characteristic values of the building. The PHPP calculations are attached to this application.</p>	Name:		Registration number PHPP:	
	Surname:		Issued on:	
	Company:		Signature:	

Passive House verification

Photo or Drawing

Building:	Okt Heikkinen - Ylikärppä		
Street:			
Postcode/City:	Rovaniemi		
Country:	Finland		
Building Type:	Townhouse		
Climate:	Kiruna		
Home Owner(s) / Client(s):			
Street:			
Postcode/City:			
Architect:			
Street:			
Postcode/City:			
Mechanical System:			
Street:			
Postcode/City:			
Year of Construction:	2012	Interior Temperature:	20,0 °C
Number of Dwelling Units:	1	Internal Heat Gains:	2,1 W/m ²
Enclosed Volume V _e :	69,3		
Number of Occupants:	4,9		

Specific building demands with reference to the treated floor area		use: Monthly method	
	Treated floor area	171,1 m ²	
Space heating	Annual heating demand	27 kWh/(m ² a)	15 kWh/(m ² a) no
	Heating load	16 W/m ²	10 W/m ² no
Space cooling	Overall specific space cooling demand	1 kWh/(m ² a)	15 kWh/(m ² a) yes
	Cooling load	3 W/m ²	- -
	Frequency of overheating (> 25 °C)	%	- -
Primary Energy	Space heating and cooling, dehumidification, household electricity.	133 kWh/(m ² a)	120 kWh/(m ² a) no
	DHW, space heating and auxiliary electricity	90 kWh/(m ² a)	- -
	Specific primary energy reduction through solar electricity	kWh/(m ² a)	- -
Airtightness	Pressurization test result n ₅₀	0,6 1/h	0,6 1/h yes

* empty field: data missing; '-': no requirement

Passive House?

no

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

Name:

Registration number PHPP:

Surname:

Issued on:

Company:

Signature:

Passive House verification

Photo or Drawing

Building:	Okt Heikkinen - Ylikärppä		
Street:			
Postcode/City:	Rovaniemi		
Country:	Finland		
Building Type:	Townhouse		
Climate:	Kiruna		
Home Owner(s) / Client(s):			
Street:			
Postcode/City:			
Architect:			
Street:			
Postcode/City:			
Mechanical System:			
Street:			
Postcode/City:			
Year of Construction:	2012	Interior Temperature:	20,0 °C
Number of Dwelling Units:	1	Internal Heat Gains:	2,1 W/m ²
Enclosed Volume V _e :	69,3		
Number of Occupants:	4,9		

Specific building demands with reference to the treated floor area		use: Monthly method	
	Treated floor area	171,1 m ²	
Space heating	Annual heating demand	25 kWh/(m ² a)	15 kWh/(m ² a) no
	Heating load	15 W/m ²	10 W/m ² no
Space cooling	Overall specific space cooling demand	1 kWh/(m ² a)	15 kWh/(m ² a) yes
	Cooling load	3 W/m ²	- -
	Frequency of overheating (> 25 °C)	%	- -
Primary Energy	Space heating and cooling, dehumidification, household electricity.	130 kWh/(m ² a)	120 kWh/(m ² a) no
	DHW, space heating and auxiliary electricity	87 kWh/(m ² a)	- -
	Specific primary energy reduction through solar electricity	kWh/(m ² a)	- -
Airtightness	Pressurization test result n ₅₀	0,6 1/h	0,6 1/h yes

* empty field: data missing; '-': no requirement

Passive House?

no

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

Name:

Registration number PHPP:

Surname:

Issued on:

Company:

Signature:

Passive House verification

Photo or Drawing

Building:	Okt Heikkinen - Ylikärppä		
Street:			
Postcode/City:	Rovaniemi		
Country:	Finland		
Building Type:	Townhouse		
Climate:	Kiruna		
Home Owner(s) / Client(s):			
Street:			
Postcode/City:			
Architect:			
Street:			
Postcode/City:			
Mechanical System:			
Street:			
Postcode/City:			
Year of Construction:	2012	Interior Temperature:	20,0 °C
Number of Dwelling Units:	1	Internal Heat Gains:	2,1 W/m ²
Enclosed Volume V _e :	69,3		
Number of Occupants:	4,9		

Specific building demands with reference to the treated floor area		use: Monthly method	
	Treated floor area	171,1 m ²	
Space heating	Annual heating demand	21 kWh/(m ² a)	15 kWh/(m ² a) no
	Heating load	12 W/m ²	10 W/m ² no
Space cooling	Overall specific space cooling demand	1 kWh/(m ² a)	15 kWh/(m ² a) yes
	Cooling load	3 W/m ²	- -
	Frequency of overheating (> 25 °C)	%	- -
Primary Energy	Space heating and cooling, dehumidification, household electricity.	121 kWh/(m ² a)	120 kWh/(m ² a) no
	DHW, space heating and auxiliary electricity	78 kWh/(m ² a)	- -
	Specific primary energy reduction through solar electricity	kWh/(m ² a)	- -
Airtightness	Pressurization test result n ₅₀	0,1 1/h	0,6 1/h yes

* empty field: data missing; '-': no requirement

Passive House?

no

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

Name:

Registration number PHPP:

Surname:

Issued on:

Company:

Signature:

Passive House verification

Photo or Drawing

Building:	Okt Heikkinen - Ylikärppä		
Street:			
Postcode/City:	Rovaniemi		
Country:	Finland		
Building Type:	Townhouse		
Climate:	Kiruna		
Home Owner(s) / Client(s):			
Street:			
Postcode/City:			
Architect:			
Street:			
Postcode/City:			
Mechanical System:			
Street:			
Postcode/City:			
Year of Construction:	2012	Interior Temperature:	20,0 °C
Number of Dwelling Units:	1	Internal Heat Gains:	2,1 W/m ²
Enclosed Volume V _e :	69,3		
Number of Occupants:	4,9		

Specific building demands with reference to the treated floor area		use: Monthly method	
	Treated floor area	171,1 m ²	
Space heating	Annual heating demand	19 kWh/(m ² a)	15 kWh/(m ² a) no
	Heating load	11 W/m ²	10 W/m ² no
Space cooling	Overall specific space cooling demand	1 kWh/(m ² a)	15 kWh/(m ² a) yes
	Cooling load	3 W/m ²	- -
	Frequency of overheating (> 25 °C)	%	- -
Primary Energy	Space heating and cooling, dehumidification, household electricity.	117 kWh/(m ² a)	120 kWh/(m ² a) yes
	DHW, space heating and auxiliary electricity	74 kWh/(m ² a)	- -
	Specific primary energy reduction through solar electricity	kWh/(m ² a)	- -
Airtightness	Pressurization test result n ₅₀	0,1 1/h	0,6 1/h yes

* empty field: data missing; '-': no requirement

Passive House?	no
----------------	-----------

We confirm that the values given herein have been determined following the PHPP methodology and based on the characteristic values of the building. The PHPP calculations are attached to this application.	Name:		Registration number PHPP:	
	Surname:		Issued on:	
	Company:		Signature:	

Passive House verification

Photo or Drawing

Building:	Okt Heikkinen - Ylikärppä		
Street:			
Postcode/City:	Rovaniemi		
Country:	Finland		
Building Type:	Townhouse		
Climate:	Kiruna		
Home Owner(s) / Client(s):			
Street:			
Postcode/City:			
Architect:			
Street:			
Postcode/City:			
Mechanical System:			
Street:			
Postcode/City:			
Year of Construction:	2012	Interior Temperature:	20,0 °C
Number of Dwelling Units:	1	Internal Heat Gains:	2,1 W/m ²
Enclosed Volume V _e :	69,3		
Number of Occupants:	4,9		

Specific building demands with reference to the treated floor area		use: Monthly method	
	Treated floor area	171,1 m ²	
Space heating	Annual heating demand	16 kWh/(m ² a)	15 kWh/(m ² a)
	Heating load	10 W/m ²	10 W/m ²
Space cooling	Overall specific space cooling demand	1 kWh/(m ² a)	15 kWh/(m ² a)
	Cooling load	3 W/m ²	-
	Frequency of overheating (> 25 °C)	%	-
Primary Energy	Space heating and cooling, dehumidification, household electricity.	106 kWh/(m ² a)	120 kWh/(m ² a)
	DHW, space heating and auxiliary electricity	63 kWh/(m ² a)	-
	Specific primary energy reduction through solar electricity	kWh/(m ² a)	-
Airtightness	Pressurization test result n ₅₀	0,1 1/h	0,6 1/h

* empty field: data missing; '-': no requirement

Passive House?

yes

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

Name:

Registration number PHPP:

Surname:

Issued on:

Company:

Signature:

Passive House verification

Photo or Drawing

Building:	Okt Heikkinen - Ylikärppä		
Street:			
Postcode/City:	Rovaniemi		
Country:	Finland		
Building Type:	Townhouse		
Climate:	Kiruna		
Home Owner(s) / Client(s):			
Street:			
Postcode/City:			
Architect:			
Street:			
Postcode/City:			
Mechanical System:			
Street:			
Postcode/City:			
Year of Construction:	2012	Interior Temperature:	20,0 °C
Number of Dwelling Units:	1	Internal Heat Gains:	2,1 W/m ²
Enclosed Volume V _e :	69,3		
Number of Occupants:	4,9		

Specific building demands with reference to the treated floor area		use: Monthly method	
	Treated floor area	171,1 m ²	
Space heating	Annual heating demand	15 kWh/(m ² a)	15 kWh/(m ² a) yes
	Heating load	10 W/m ²	10 W/m ² yes
Space cooling	Overall specific space cooling demand	1 kWh/(m ² a)	15 kWh/(m ² a) yes
	Cooling load	2 W/m ²	- -
	Frequency of overheating (> 25 °C)	%	- -
Primary Energy	Space heating and cooling, dehumidification, household electricity.	103 kWh/(m ² a)	120 kWh/(m ² a) yes
	DHW, space heating and auxiliary electricity	61 kWh/(m ² a)	- -
	Specific primary energy reduction through solar electricity	kWh/(m ² a)	- -
Airtightness	Pressurization test result n ₅₀	0,1 1/h	0,6 1/h yes

* empty field: data missing; '-': no requirement

Passive House?

yes

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

Name:

Registration number PHPP:

Surname:

Issued on:

Company:

Signature:

Passive House verification

AREAS DETERMINATION

Building: Heating demand: 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		171,09	m ²	Living area or useful area within the thermal envelope		
2	North Windows	A	4,68	m ²	Results are from the Windows worksheet.	North Windows	0,701
3	East Windows	A	4,34	m ²		East Windows	0,693
4	South Windows	A	12,36	m ²		South Windows	0,748
5	West Windows	A	1,28	m ²		West Windows	0,704
6	Horizontal Windows	A	0,00	m ²		Horizontal Windows	
7	Exterior Door	A	5,88	m ²	Please subtract area of door from respective building element	Exterior Door	0,400
8	Exterior Wall - Ambient	A	191,35	m ²	Window areas are subtracted from the individual areas specified in the "Windows" worksheet.	Exterior Wall - Ambient	0,056
9	Exterior Wall - Ground	B	60,30	m ²	Temperature Zone "A" is ambient air.	Exterior Wall - Ground	0,056
10	Roof/Ceiling - Ambient	A	115,69	m ²	Temperature zone "B" is the ground.	Roof/Ceiling - Ambient	0,051
11	Floor slab / basement ceiling	B	115,69	m ²		Floor slab / basement ceiling	0,055
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 _r < 1):		75%
						Thermal Bridge Overview	ψ [W/(mK)]
15	Thermal Bridges Ambient	A	98,27	m	Units in m	Thermal Bridges Ambient	-0,029
16	Perimeter Thermal Bridges	P	44,15	m	Units in m; temperature zone "P" is perimeter (see Ground worksheet).	Perimeter Thermal Bridges	-0,014
17	Thermal Bridges Floor Slab	B	0,00	m	Units in m	Thermal Bridges Floor Slab	
18	Partition Wall to Neighbour	I	0,00	m ²	No heat losses, only considered for the heating load calculation.	Partition Wall to Neighbour	
Total thermal envelope			511,57	m²		Average Therm. Envelope	0,082

Thermal Bridge Inputs												
No.	Thermal bridge description	Group Nr.	Assigned to group	Quantity	x (	User determined length [m]	-	Subtraction user-determined length [m]	)=	Length l [m]	Input of thermal bridge heat loss coefficient W/(mK)	ψ W/(mK)
1	us ulkokulmat	15	Thermal Bridges Ambient	1	x (	18,11	-	)=		18,11	us ulkokulmat	-0,042
2	us ulkokulmat maan alla	16	Perimeter Thermal Bridges	1	x (	4,15	-	)=		4,15	us ulkokulmat maan alla	-0,042
3	ap/us	16	Perimeter Thermal Bridges	1	x (	40,00	-	)=		40,00	ap/us	-0,011
4	valipohja/us	15	Thermal Bridges Ambient	1	x (	40,00	-	)=		40,00	valipohja/us	0,000
5	yp/us	15	Thermal Bridges Ambient	1	x (	40,16	-	)=		40,16	yp/us	-0,052
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 (-)=				
51					x (-)=				
52					x (-)=				
53					x (-)=				
54					x (-)=				
55					x (-)=				
56					x (-)=				
57					x (-)=				
58					x (-)=				
59					x (-)=				
60					x (-)=				
61					x (-)=				
62					x (-)=				
63					x (-)=				
64					x (-)=				
65					x (-)=				
66					x (-)=				
67					x (-)=				
68					x (-)=				
69					x (-)=				
70					x (-)=				
71					x (-)=				
72					x (-)=				
73					x (-)=				

Passive House verification

U-VALUES OF BUILDING ELEMENTS

Building: Okt Heikkinen - Ylikärppä

Wedge shaped building element laye
still air spaces -> Secondary calculation to t_f

Assembly No.	Building assembly description	Interior insulation					
1	US1						
Heat transfer resistance [m ² K/W]		interior R _{si} :		0,13			
		exterior R _{se} :		0,04			
Area section 1	λ [W/(mK)]	Area section 2 (optional)	λ [W/(mK)]	Area section 3 (optional)	λ [W/(mK)]	Thickness [mm]	
1. Kantava betonikuori	1,200					100	
2. Polyuretaani	0,023					400	
3. Ulkokuori	1,200					80	
4. Ohutpinnoite	1,200					5	
5.							
6.							
7.							
8.							
Percentage of Sec. 2			Percentage of Sec. 3			Total	
						58,5	
U-Value:		0,056		W/(m ² K)			

Assembly No.	Building assembly description	Interior insulation					
2	US2						
Heat transfer resistance [m ² K/W]		interior R _{si} :		0,13			
		exterior R _{se} :		0,04			
Area section 1	λ [W/(mK)]	Area section 2 (optional)	λ [W/(mK)]	Area section 3 (optional)	λ [W/(mK)]	Thickness [mm]	
1. Kantava betonikuori	1,200					120	
2. Polyuretaani	0,023					400	
3. Ulkokuori	1,200					80	
4. Ohutpinnoite	1,200					5	
5.							
6.							
7.							
8.							
Percentage of Sec. 2			Percentage of Sec. 3			Total	
						60,5	
U-Value:		0,056		W/(m ² K)			

Assembly No.	Building assembly description	Interior insulation					
3	Yläpohja						
Heat transfer resistance [m ² K/W]		interior R _{si} :		0,10			
		exterior R _{se} :		0,04			
Area section 1	λ [W/(mK)]	Area section 2 (optional)	λ [W/(mK)]	Area section 3 (optional)	λ [W/(mK)]	Thickness [mm]	
1. Kuusipaneeli	0,120					15	
2. Harvalaudoitus	0,120	Ilma	0,160			22	
3.							
4. Polyuretaani	0,023			Kattoristikko	0,120	100	
5. Puhallusvuorivilla	0,045					700	
6.							
7.							
8.							
Percentage of Sec. 2			Percentage of Sec. 3			Total	
75,0%			5,6%			83,7	
U-Value:		0,051		W/(m ² K)			

Passive House verification

U-VALUES OF BUILDING ELEMENTS

Building:

Wedge shaped building element laye
still air spaces -> Secondary calculation to t_f

Assembly No.	Building assembly description	Interior insulation			
4	Alapohja				
Heat transfer resistance [m ² K/W]					
	interior R _{si} :	<input type="text" value="0,17"/>			
	exterior R _{se} :	<input type="text" value="0,00"/>			
Area section 1	λ [W/(mK)]	Area section 2 (optional)			
Area section 3 (optional)	λ [W/(mK)]	Thickness [mm]			
1.	Teräsbetoni-laatta	1,200			100
2.	Polyuretaani	0,023			400
3.	Hiekkatäyttö	2,000			500
4.	Suodatinkangas	1,000			2
5.	Salaoja sepeli	1,400			300
6.	Suodatinkangas	1,000			2
7.					
8.					
		Percentage of Sec. 2	Percentage of Sec. 3		Total
		<input type="text"/>	<input type="text"/>		130,4
U-Value:		0,055		W/(m ² K)	

Assembly No.	Building assembly description	Interior insulation			
5					
Heat transfer resistance [m ² K/W]					
	interior R _{si} :	<input type="text"/>			
	exterior R _{se} :	<input type="text"/>			
Area section 1	λ [W/(mK)]	Area section 2 (optional)			
Area section 3 (optional)	λ [W/(mK)]	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"/>
U-Value:		<input type="text"/>		W/(m ² K)	

Assembly No.	Building assembly description	Interior insulation			
6					
Heat transfer resistance [m ² K/W]					
	interior R _{si} :	<input type="text"/>			
	exterior R _{se} :	<input type="text"/>			
Area section 1	λ [W/(mK)]	Area section 2 (optional)			
Area section 3 (optional)	λ [W/(mK)]	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"/>
U-Value:		<input type="text"/>		W/(m ² K)	

Passive House verification

HEAT LOSSES VIA THE GROUND

Ground Characteristics			
Thermal Conductivity	λ	1,5	W/(mK)
Heat Capacity	ρc	1,5	MJ/(m ³ K)
Periodic Penetration Depth	δ	3,17	m

Climate Data			
Av. Indoor Temp. Winter	T_i	20,0	°C
Av. Indoor Temp. Summer	T_i	25,0	°C
Average Ground Surface Temperatur	$T_{g,ave}$	1,0	°C
Amplitude of $T_{g,ave}$	$T_{g,\Delta}$	13,0	°C
Length of the Heating Period	n	8,0	months
Heating Degree Hours - Exterior	G_e	149,2	kWh/a

Building Data			
Floor Slab Area	A	115,7	m ²
Floor Slab Perimeter	P	43,4	m
Charact. Dimension of Floor Slab	B'	5,33	m
U-value floor slab/basement ceiling	U_f	0,055	W/(m ² K)
Thermal bridges floor slab/basement	$\Psi_{B',f}$	0,00	W/K
U-value floor slab/basement ceiling in U_f'		0,055	W/(m ² K)
Eq. Thickness Floor	d_f	27,17	m

Floor Slab Type (select only one)			
<input checked="" 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	2,96	m
U-Value Belowground Wall	U_{wb}	0,056	W/(m ² K)

Additionally for Unheated Basements			
Air Change Unheated Basement	n		h ⁻¹
Basement Volume	V		m ³
Height Aboveground Wall	h		m
U-Value Aboveground Wall	U_{wv}	0,056	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	1,00	m
Perimeter Insulation Thickness	d_n	0,20	m
Conductivity Perimeter Insulation	λ_n	0,035	W/(mK)
Orientation of the Perimeter Ins.	horizontal	<input checked="" type="checkbox"/>	
(check only one field)	vertical	<input type="checkbox"/>	

For Suspended Floor			
U-Value Crawl Space	U_{Crawl}		W/(m ² K)
Height of Crawl Space Wall	h		m
U-Value Crawl Space Wall	U_w		W/(m ² K)
Area of Ventilation Openings	eP		m ²
Wind Velocity at 10 m Height	v	4,0	m/s
Wind Shield factor	f_{wv}	0,05	-

Additional Thermal Bridge Heat Losses at Perimeter			
Phase Shift	β		months
Steady-State Fraction	$\Psi_{P,stat}$	-0,607	W/K
Harmonic Fraction	$\Psi_{P,harm}$	-0,607	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	1,0028575	-
Transm. Belowground El. (w/o Ground)	L_{wg}		13,03 W/K
Relative Insulation Standard	d/B'		5,28 -
Relative Groundwater Depth	z_w/B'		0,56 -
Relative Groundwater Velocity	I/B'		0,12 -

Basement or Underground Floor Slab			
Eq. Thickness Floor Slab	d_f	27,2	m
U-Value Floor Slab	U_{bf}	0,05	W/(m ² K)
Eq. Thickness Basement Wall	d_w	26,60	m
U-Value Wall	U_{bw}	0,05	W/(m ² K)
Steady-State Transmittance	L_S	11,96	W/K
Phase Shift	β	1,45	months
Exterior Periodic Transmittance	L_{pe}	4,34	W/K

Unheated Basement			
Steady-State Transmittance	L_S		W/K
Phase Shift	β		months
Exterior Periodic Transmittance	L_{pe}		W/K

Slab on Grade			
Heat Transfer Coefficient	U_0		W/(m ² K)
Eq. Ins. Thickness Perimeter Ins.	d'		m
Perimeter Insulation Correction	$\Delta\Psi$		W/(mK)
Steady-State Transmittance	L_S		W/K
Phase Shift	β		months
Exterior Periodic Transmittance	L_{pe}		W/K

Suspended Floor Above a Ventilated Crawl Space (at max. 0.5 m Below Ground)			
Eq. Ins. Thickness Crawl Space	d_g		m
U-Value Crawl Space Floor Slab	U_g		W/(m ² K)
U-Value Crawl Space Wall & Vent.	U_x		W/(m ² K)
Steady-State Transmittance	L_S		W/K
Phase Shift	β		months
Exterior Periodic Transmittance	L_{pe}		W/K

Interim Results			
Phase Shift	β	1,45	months
Steady-State Transmittance	L_S	11,36	W/K
Exterior Periodic Transmittance	L_{pe}	3,73	W/K
Steady-State Heat Flow	Φ_{stat}		216,2 W
Periodic Heat Flow	Φ_{harm}		14,5 W
Heat Losses During Heating Period	Q_{tot}		1346 kWh

Ground reduction factor for "Annual Heating Demand" sheet

0,69

Monthly Average Ground Temperatures for Monthly Method

Month	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Average Val
Winter	0,7	-0,2	-0,2	0,8	2,5	4,5	6,1	7,0	7,0	6,0	4,3	2,4	3,4
Summer	1,4	0,4	0,5	1,5	3,2	5,1	6,7	7,7	7,6	6,6	4,9	3,0	4,0

Design Ground Temperature for Heating Load Sheet

-0,2

for Cooling Load Sheet

7,7

Passive House verification

VENTILATION DATA

Building:

Treated floor area A_{TFA}	m ²	<input type="text" value="171"/>	(Areas worksheet)
Room height h	m	<input type="text" value="2,5"/>	(Annual Heating Demand worksheet)
Room ventilation volume ($A_{TFA} \cdot h$) = V_v	m ³	<input type="text" value="428"/>	(Annual Heating Demand worksheet)

Type of ventilation system

- Balanced PH ventilation *Please Check*
- Pure extract air

Infiltration air change rate

Wind protection coefficients e and f		
Coefficient e for screening class	Several sides exposed	One side exposed
No screening	0,10	0,03
Moderate screening	0,07	0,02
High screening	0,04	0,01
Coefficient f	15	20

		for Annual Demand:	for Heating Load:		
Wind protection coefficient, e		<input type="text" value="0,07"/>	<input type="text" value="0,18"/>		
Wind protection coefficient, f		<input type="text" value="15"/>	<input type="text" value="15"/>		
Air Change Rate at Press. Test n_{50}	1/h	<input type="text" value="0,10"/>	<input type="text" value="0,10"/>	Net Air Volume for Press. Test V_{n50}	Air permeability q_{50}
				<input type="text" value="479"/> m ³	<input type="text" value="0,09"/> m ³ /(hm ²)
Excess extract air	1/h	<input type="text" value="0,00"/>	<input type="text" value="0,00"/>		
Infiltration air change rate $n_{v,Res}$	1/h	<input type="text" value="0,008"/>	<input type="text" value="0,020"/>		

Selection of ventilation data input - Results

The PHPP offers two methods for dimensioning the air quantities and choosing the ventilation unit. Fresh air or extract air quantities for residential buildings and parameters for ventilation system can be determined using the standard planning option in the 'Ventilation' sheet. The 'Additional Vent' sheet has been created for more complex ventilation systems and allows up to 10 different v. Furthermore, air quantities can be determined on a room-by-room or zone-by-zone basis. Please select your design method here.

- Ventilation unit / Heat recovery efficiency design**
- Sheet Ventilation (Standard design) *(Sheet Ventilation see below)*
- Sheet Extended ventilation *(Sheet Additional Vent)*
(Multiple ventilation units, non-residential buildings)

Mean Air exchange	Mean Air Change Rate	Extract air excess (Extract air system)	Effective heat recovery efficiency Unit	Specific power input	Heat recovery efficiency SHX
m ³ /h	1/h	1/h	[-]	Wh/m ³	
<input type="text" value="139"/>	<input type="text" value="0,32"/>	<input type="text" value="0,00"/>	<input type="text" value="91,4%"/>	<input type="text" value="0,24"/>	<input type="text" value="8,5%"/>
SHX efficiency					η_{SHX} <input type="text" value="33%"/>

STANDARD INPUT FOR BALANCED VENTILATION

Ventilation dimensioning for systems with one ventilation unit

Occupancy	m ² /P	35				
Number of occupants	P	4,9				
Supply air per person	m ³ /(P·h)	30				
Supply air requirement	m ³ /h	147				
Extract air rooms		Kitchen	Bathroom	Bathroom (shower only)	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	0,42
Standard	24,0	0,77	139	0,32
Basic		0,54	97	0,23
Minimum		0,40	72	0,17
Average value		0,77	139	0,32

Selection of ventilation unit with heat recovery

<input checked="" type="checkbox"/>	Central unit within the thermal envelope.
<input type="checkbox"/>	Central unit outside of the thermal envelope.
Ventilation unit selection	novus 300 - PAUL
Heat recovery efficiency Unit η_{HR}	0,93
Specific power input [Wh/m ³]	0,24
Application range [m ³ /h]	121 - 231
Frost protection required	yes
Unit noise level < 35dB(A)	no

Conductance value of outdoor air duct Ψ	W/(mK)	0,227	See calculation below
Length of outdoor air duct	m	2	
Conductance value of exhaust air duct Ψ	W/(mK)	0,227	See calculation below
Length of exhaust air duct	m	2	
Temperature of mechanical services room (Enter only if the central unit is outside of the thermal envelope.)	°C		
Room Temperature (°C)		20	
Av. Ambient Temp. Heating P. (°C)		-5,6	
Av. Ground Temp (°C)		1,0	

Effective heat recovery efficiency $\eta_{HR,eff}$ **91,4%**

Effective heat recovery efficiency subsoil heat exchanger

SHX efficiency η^{SHX}	33%
Heat recovery efficiency SHX η_{SHX}	8%

Secondary calculation

Ψ -value supply or ambient air duct

Nominal width:	160 mm
Insul. Thickness:	100 mm
Reflective? Please mark with an "x"!	
<input type="checkbox"/> Yes	Please check one box only
<input checked="" type="checkbox"/> No	
Thermal conductivity	0,032 W/(mK)
Nominal air flow rate	139 m ³ /h
$\Delta\theta$	26 K
Exterior duct diameter	0,160 m
Exterior diameter	0,360 m
α -Interior	9,35 W/(m ² K)
α -Surface	5,65 W/(m ² K)
Ψ-value	0,227 W/(mK)
Surface temperature difference	0,911 K

Secondary calculation

Ψ -value extract or exhaust air duct

Nominal width:	160 mm
Insul. Thickness:	100 mm
Reflective? Please mark with an "x"!	
<input type="checkbox"/> Yes	Please check one box only
<input checked="" type="checkbox"/> No	
Thermal conductivity	0,032 W/(mK)
Nominal air flow rate	139 m ³ /h
$\Delta\theta$	26 K
Exterior duct diameter	0,160 m
Exterior diameter	0,360 m
α -Interior	9,35 W/(m ² K)
α -Surface	5,65 W/(m ² K)
Ψ-value	0,227 W/(mK)
Surface temperature difference	0,911 K

Passive House verification

SPECIFIC ANNUAL HEATING DEMAND

Climate: **Kiruna**
 Building: **Okt Heikkinen - Ylikärppä**

Interior Temperature: **20,0** °C
 Building Type/Use: **Townhouse**
 Treated Floor Area A_{TFA}: **171,1** m²

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
Exterior Wall - Ambient	A	191,4	0,056	1,00	149,2	1611	9,41
Exterior Wall - Ground	B	60,3	0,056	0,69	149,2	351	2,05
Roof/Ceiling - Ambient	A	115,7	0,051	1,00	149,2	872	5,10
Floor slab / basement ceiling	B	115,7	0,055	0,69	149,2	660	3,86
	A			1,00			
	A			1,00			
	X			0,75			
Windows	A	22,7	0,725	1,00	149,2	2452	14,33
Exterior Door	A	5,9	0,400	1,00	149,2	351	2,05
Exterior TB (length/m)	A	98,3	-0,029	1,00	149,2	-426	-2,49
Perimeter TB (length/m)	P	44,2	-0,014	0,69	149,2	-63	-0,37
Ground TB (length/m)	B			0,69			
Total of All Building Envelope Areas		511,6					
Transmission Heat Losses Q_T						5807	33,9

Ventilation System:

Effective Heat Recovery Efficiency of Heat Recovery η_{eff} **91%**
 Efficiency of Subsoil Heat Exchanger η_{SHX} **8%**

Effective Air Volume, V_V m³

η_{eff} **91%**

η_{SHX} **8%**

A_{TFA} m² **171,1** * Clear Room Height m **2,50** = m³ **427,7**

171,1 * **2,50** = **427,7**

n_{V,system} 1/h

Φ_{IR}

n_{V,Res} 1/h

Energetically Effective Air Exchange n_V **0,324** * (1 - **0,92**) + **0,008** = **0,033**

0,324

0,92

0,008

V_V m³ **428**

n_V 1/h **0,033**

C_{Air} Wh/(m²K) **0,33**

G_t kWh/a **149,2**

Ventilation Heat Losses Q_V

428 * **0,033** * **0,33** * **149,2** = **703** kWh/a

kWh/(m²a) **4,1**

Total Heat Losses Q_L

(**5807** + **703**) * **1,0** = **6510** kWh/a

kWh/(m²a) **38,1**

Orientation of the Area

- North
- East
- South
- West
- Horizontal

Reduction Factor See Windows Sheet

g-Value (perp. radiation)

Area m²

Radiation HP kWh/(m²a)

0,43	0,50	4,68	166
0,46	0,50	4,34	326
0,47	0,62	12,36	530
0,26	0,50	1,28	347
0,00	0,00	0,00	352

166	=	168
326	=	323
530	=	1895
347	=	58
352	=	0

Available Solar Heat Gains Q_S

Total **2443** kWh/a

kWh/(m²a) **14,3**

Internal Heat Gains Q_I

kh/d **0,024** * Length Heat. Period d/a **243** * Spec. Power q_i W/m² **2,10** * A_{TFA} m² **171,1** = kWh/a **2095**

kWh/(m²a) **12,2**

Free Heat Q_F **4538** kWh/a

kWh/(m²a) **26,5**

Ratio of Free Heat to Losses **0,70**

Utilisation Factor Heat Gains η_G

(1 - (Q_F/Q_L)⁵) / (1 - (Q_F/Q_L)⁶) = **94%**

Heat Gains Q_G

η_G * Q_F = **4283** kWh/a

kWh/(m²a) **25,0**

Annual Heating Demand QH

Q_L - Q_G = **2228** kWh/a

13 kWh/(m²a)

Limiting Value kWh/(m²a) **15**

Requirement met? **yes**

Passive House verification

SPECIFIC ANNUAL HEATING DEMAND MONTHLY METHOD

(This page displays the sums of the monthly method over the heating period)

Climate: Interior Temperature: °C
 Building: Building Type/Use:
 Spec. Capacity: Wh/(m²K) (Enter in "Summer" worksheet.) Treated Floor Area A_{TFA}: m²

Building Element	Temperature Zone	Area m²	U-Value W/(m²K)	Month. Red. Fac.	G _i kWh/a	kWh/a	per m² Treated Floor Area
Exterior Wall - Ambient	A	191,4	0,056	1,00	159	1715	
Exterior Wall - Ground	B	60,3	0,056	1,00	114	388	
Roof/Ceiling - Ambient	A	115,7	0,051	1,00	159	929	
Floor slab / basement ceiling	B	115,7	0,055	1,00	114	728	
	A			1,00			
	X			0,75			
Windows	A	22,7	0,725	1,00	159	2610	
Exterior Door	A	5,9	0,400	1,00	159	374	
Exterior TB (length/m)	A	98,3	-0,029	1,00	159	-454	
Perimeter TB (length/m)	P	44,2	-0,014	1,00	114	-69	
Ground TB (length/m)	B			1,00			

Transmission Heat Losses Q_T

Total kWh/a kWh/(m²a)

Effective Air Change Rate Ambient n _s	Effective Air Change Rate Ground n _g	n _{V,system} 1/h	η*SHX	η _{HR}	n _{V,Res} 1/h	n _{V,equifraction} 1/h
<input type="text" value="0,324"/>	<input type="text" value="0,324"/>	<input type="text" value="0,324"/>	<input type="text" value="33%"/>	<input type="text" value="0,91"/>	<input type="text" value="0,008"/>	<input type="text" value="0,027"/>
		*(1 - 33%)		*(1 - 0,91)		=
						<input type="text" value="0,009"/>

Ventilation Losses Ambient Q_V

V _{MAX} m³	n _{V,equifraction} 1/h	C _{air} Wh/(m³K)	G _i kWh/a	kWh/a	kWh/(m²a)
<input type="text" value="428"/>	<input type="text" value="0,027"/>	<input type="text" value="0,33"/>	<input type="text" value="159"/>	<input type="text" value="595"/>	<input type="text" value="3,5"/>

Ventilation Losses Ground Q_{V,e}

V _{MAX} m³	n _{V,equifraction} 1/h	C _{air} Wh/(m³K)	G _i kWh/a	kWh/a	kWh/(m²a)
<input type="text" value="428"/>	<input type="text" value="0,009"/>	<input type="text" value="0,33"/>	<input type="text" value="125"/>	<input type="text" value="162"/>	<input type="text" value="0,9"/>

Ventilation Heat Losses Q_V

Total kWh/a kWh/(m²a)

Total Heat Losses Q_L

(kWh/a + kWh/a) * = kWh/a kWh/(m²a)

Orientation of the Area

North
East
South
West
Horizontal
Sum Opaque Areas

Reduction Factor See Windows worksheet	g-Value (perp. radiation)	Area m²	Global Radiation kWh/(m²a)	kWh/a
<input type="text" value="0,43"/>	<input type="text" value="0,50"/>	<input type="text" value="4,7"/>	<input type="text" value="183"/>	<input type="text" value="185"/>
<input type="text" value="0,46"/>	<input type="text" value="0,50"/>	<input type="text" value="4,3"/>	<input type="text" value="370"/>	<input type="text" value="366"/>
<input type="text" value="0,47"/>	<input type="text" value="0,62"/>	<input type="text" value="12,4"/>	<input type="text" value="611"/>	<input type="text" value="2184"/>
<input type="text" value="0,26"/>	<input type="text" value="0,50"/>	<input type="text" value="1,3"/>	<input type="text" value="401"/>	<input type="text" value="67"/>
<input type="text" value="0,00"/>	<input type="text" value="0,00"/>	<input type="text" value="0,0"/>	<input type="text" value="406"/>	<input type="text" value="0"/>
				<input type="text" value="0"/>

Available Solar Heat Gains Q_S

Total kWh/a kWh/(m²a)

Internal Heat Gains Q_I

* * = kWh/a kWh/(m²a)

Free Heat Q_F = Q_S + Q_I = kWh/a kWh/(m²a)

Ratio Free Heat to Losses = Q_F / Q_L =

Utilisation Factor Heat Gains η_{UG}

=

Heat Gains Q_G

η_{UG} * Q_F = kWh/a kWh/(m²a)

Annual Heating Demand Q_H

Q_L - Q_G = kWh/a kWh/(m²a)

Limiting Value

kWh/(m²a)

Requirement met?

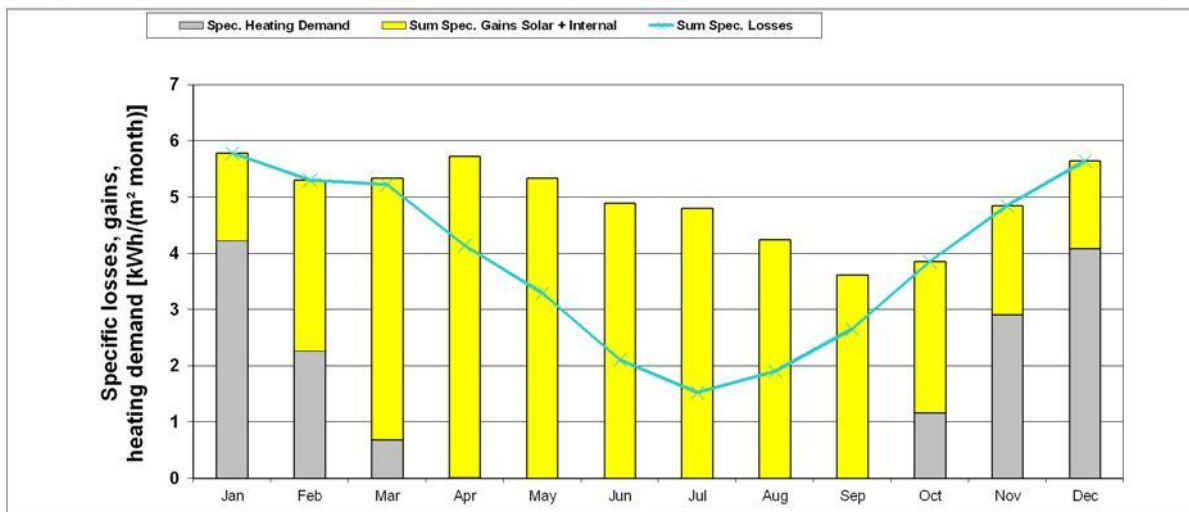
Passive House verification

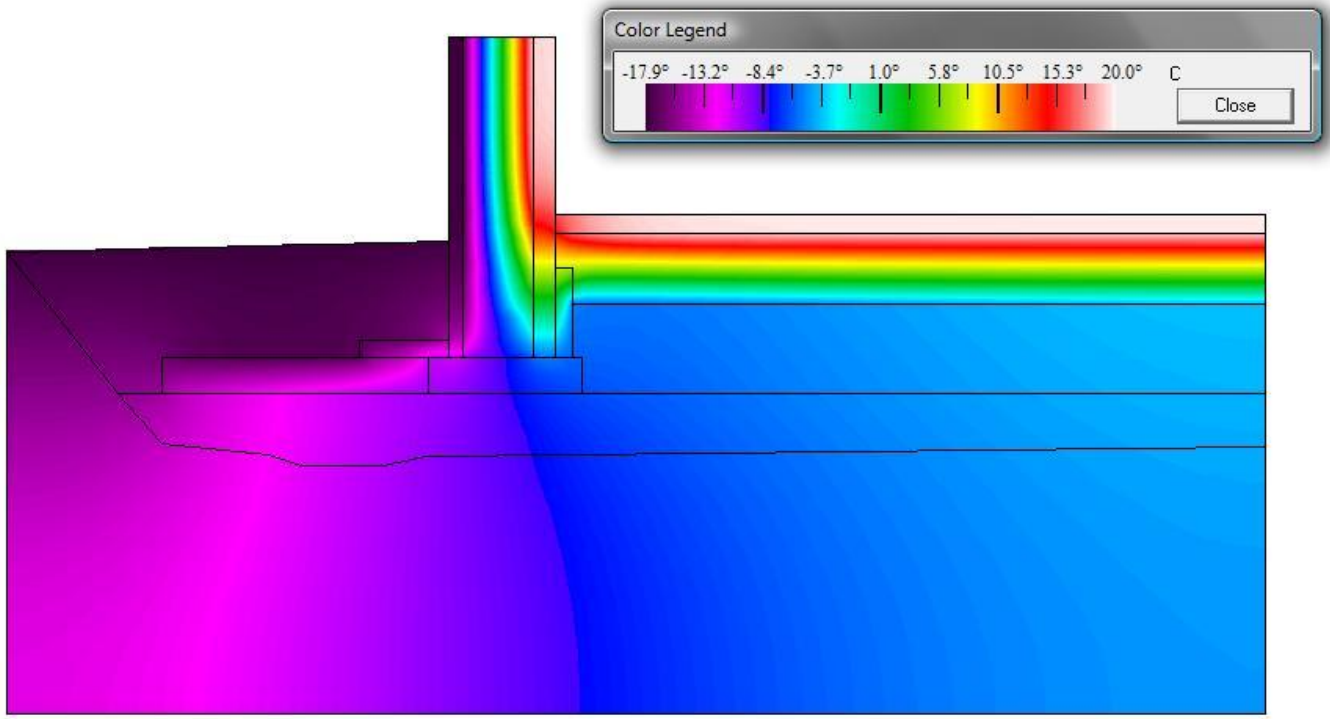
SPECIFIC ANNUAL HEAT DEMAND MONTHLY METHOD

Climate: **Kiruna**
 Building: **Okt Heikkinen - Ylikärppä**

Interior Temperature: **20** °C
 Building Type/Use: **Townhouse**
 Treated Floor Area A_{IFA}: **171** m²

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Year	
Heating Degree Hours - E	23,1	21,1	20,3	15,6	11,8	6,6	4,1	6,0	9,6	15,0	19,5	22,8	176	kKh
Heating Degree Hours - G	14,3	13,6	15,0	13,8	13,0	11,2	10,3	9,7	9,4	10,4	11,3	13,1	145	kKh
Losses - Exterior	840	766	738	565	427	241	149	219	350	546	709	827	6377	kWh
Losses - Ground	150	141	156	144	138	121	113	107	104	114	122	139	1550	kWh
Sum Spec. Losses	5,8	5,3	5,2	4,1	3,3	2,1	1,5	1,9	2,7	3,9	4,9	5,6	46,3	kWh/m ²
Solar Gains - North	0	7	24	50	75	84	73	40	17	9	2	0	382	kWh
Solar Gains - East	0	18	59	110	111	118	108	81	44	21	4	0	673	kWh
Solar Gains - South	0	250	436	540	440	361	357	325	290	161	68	0	3228	kWh
Solar Gains - West	0	4	11	19	21	17	16	13	9	3	1	0	113	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	267	241	267	259	267	259	267	267	259	267	259	267	3147	kWh
Sum Spec. Gains Solar +	1,6	3,0	4,7	5,7	5,3	4,9	4,8	4,3	3,6	2,7	1,9	1,6	44,1	kWh/m ²
Utilisation Factor	100%	100%	98%	72%	62%	43%	32%	45%	73%	100%	100%	100%	70%	
Annual Heating Demand	723	388	116	2	0	0	0	0	1	200	497	699	2625	kWh
Spec. Heating Demand	4,2	2,3	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	2,9	4,1	15,3	kWh/m ²





U-Factors

	U-factor W/m ² ·K	delta T C	Length mm	Rotation	
Seinä	0.1162	38.0	1000	N/A	Total Length
SHGC Exterior	0.0897	38.0	3635.61	N/A	Total Length
Lattia	0.0525	38.0	4000	N/A	Total Length

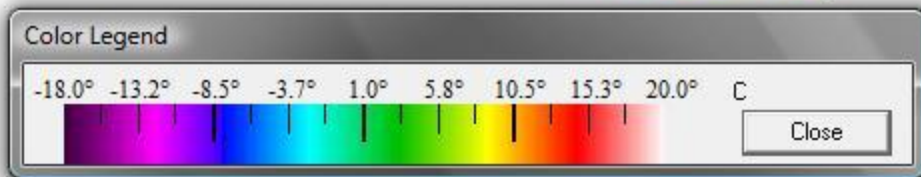
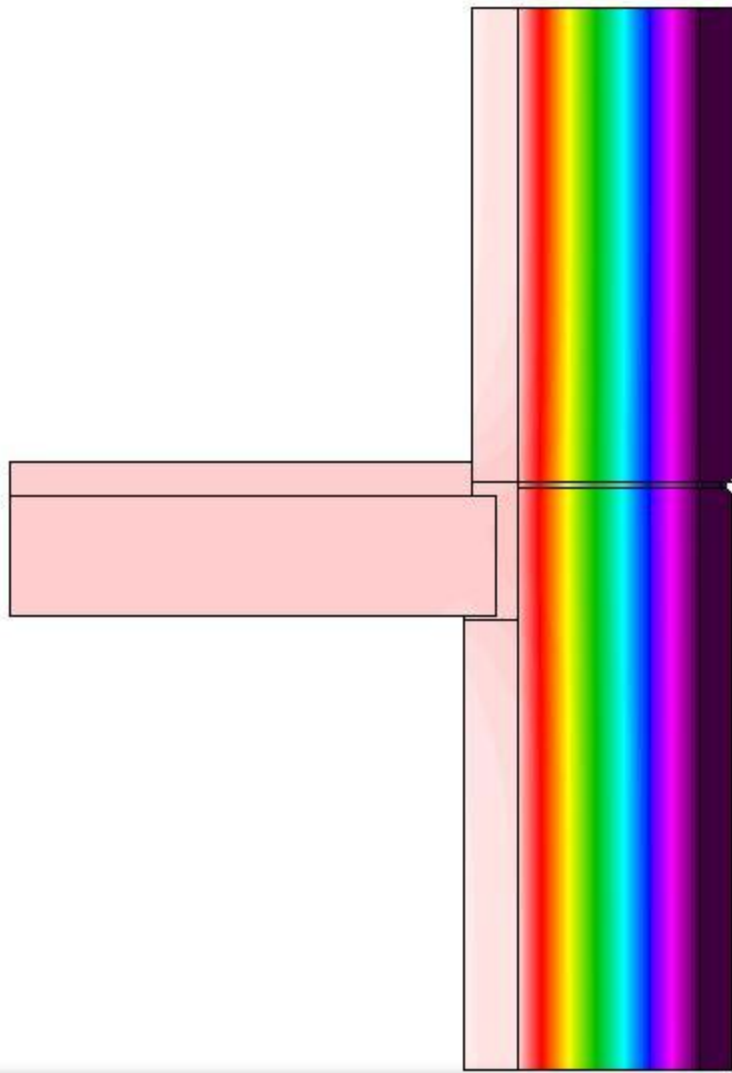
Display

U-factor
 R-value

% Error Energy Norm 8.27%

Export

OK



U-Factors

	U-factor W/m ² -K	delta T C	Length mm	Rotation	
Seinä	0.0658	38.0	2000	N/A	Total Length
SHGC Exterior	0.0558	38.0	2358.28	N/A	Total Length

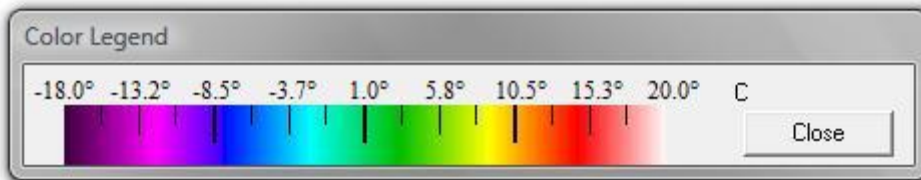
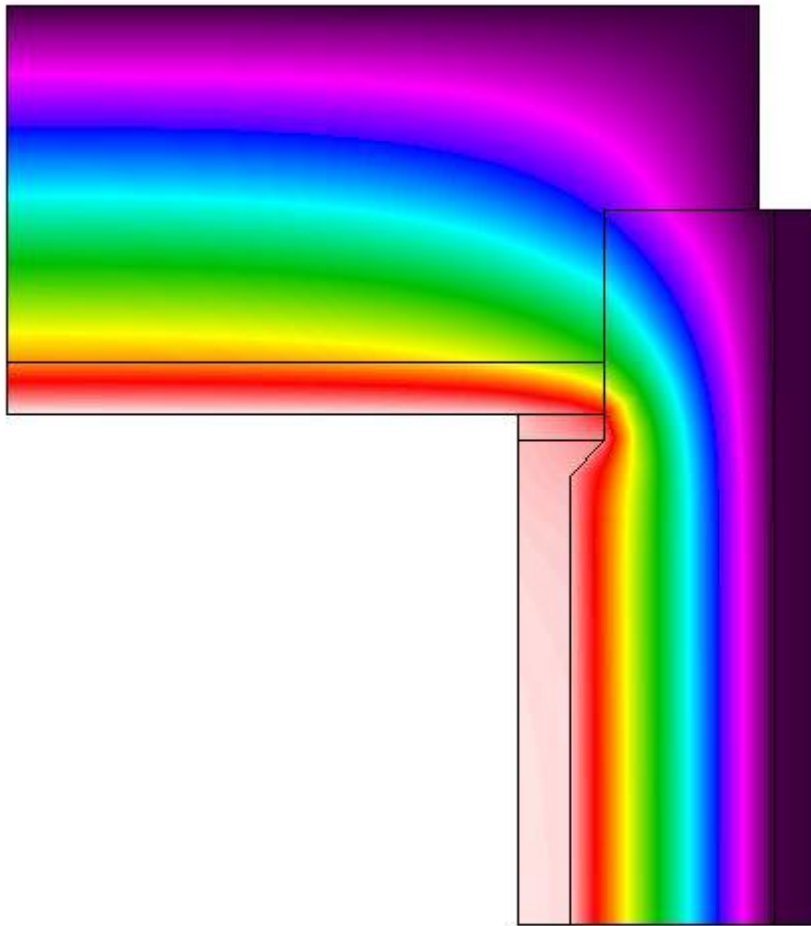
Display

U-factor
 R-value

% Error Energy Norm 1.66%

Export

OK



U-Factors

	U-factor W/m2-K	delta T C	Length mm	Rotation	
Seinä	0.0745	38.0	1000	N/A	Total Length
SHGC Exterior	0.0382	38.0	3380	N/A	Total Length
Katto	0.0547	38.0	1000	N/A	Total Length

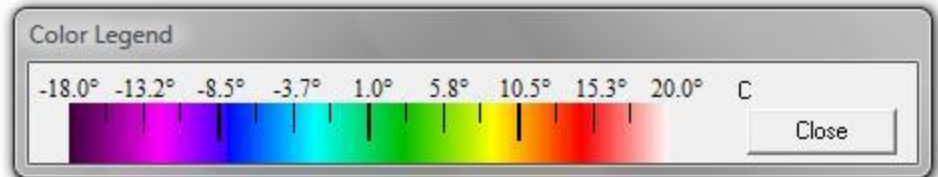
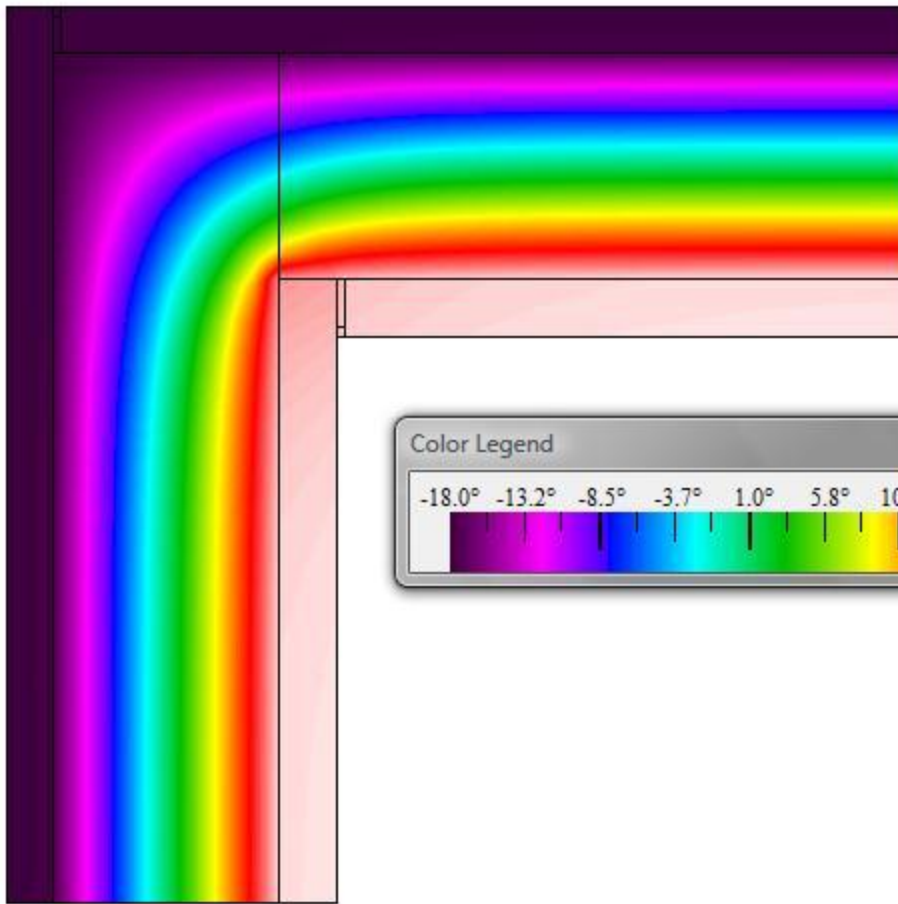
Display

U-factor
 R-value

% Error Energy Norm 5.16%

Export

OK



U-Factors

	U-factor W/m ² -K	delta T C	Length mm	Rotation	
SHGC Exterior	0.0427	38.0	3160	N/A	Total Length ▾
Seinä	0.0674	38.0	2000	N/A	Total Length ▾

Display

U-factor
 R-value

‡ Error Energy Norm

Export

OK