

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Rakennustekniikan koulutusohjelma

Aki Karttunen

RYÖMINTÄTILAN RAKENNUSFYSIKAALINEN TARKASTELU
LÄMPÖMALLIN AVULLA

Opinnäytetyö
Joulukuu 2018



OPINNÄYTETYÖ
Joulukuu 2018
Rakennustekniikan koulutusohjelma

Tikkarinne 9
80200 JOENSUU
+358 13 260 600

Tekijä
Aki Karttunen

Nimeke
Ryömintätilan rakennusfysikaalinen tarkastelu lämpömallin avulla

Toimeksiantaja
Perustava Oy

Tiivistelmä

Tämä opinnäytetyö tehtiin toimeksiantona Perustava Oy:lle. Yritys on Suomen suurin paikalla valettavien betoniperustusten urakointiin erikoistunut rakennusalan yritys.

Tässä työssä tarkastellaan pientalon tuulettuvan ontelolaatta-alapohjan ryömintätilan lämpökäyttämistä kahdella erilaisella tilan alapuolisella eristysratkaisulla. Lisäksi tehtävänä oli tehdä laskuri tuulettuvan alapohjan tuuletusaukkojen määrälle.

Työn tuloksena selvisi tutkittavien eristysratkaisujen erot alapohjan lämpökäyttämisyksissä eri vuodenaikoina työssä käytettyjen mallisäätiöjen mukaan. Eristepaksuuden kasvattaminen viilentää ryömintätilaa kesällä, mutta talvella tutkittavien eristeratkaisujen erot olivat pieniä.

Tuulettuvan alapohjan mallinnuksen vaativuuden vuoksi tässä työssä on käytetty vain lämpömallilaskentaa. Tarkempia tuloksia saadakseen tulisi tarkastella myös kosteusmallia.

Tuuletusaukkolaskurilla suunnittelija saa määritettyä tarvittavien tuuletusaukkojen lukumäärän niiden koon ja peiteritilän mallin mukaan.

Kieli
suomi

Sivuja 18
Liitteet 1
Liitesivumäärä 1

Asiasanat

alapohja, ryömintätila, lämpömalli



THESIS
January 2018
Degree Programme in Civil Engineering

Tikkarinne 9
80200 JOENSUU
FINLAND
+ 358 13 260 600

Author
Aki Karttunen

Title
Physical Examination of Crawl Space Using a Thermal Model

Commissioned by
Perustava Oy

Abstract

This thesis was commissioned by Perustava Oy. The company is a construction company specializing in the contracting of concrete foundations in Finland.

In this paper, the thermal behavior of the dewatering space of the hollow-core slab floor-board is studied with two different under-space insulation solutions.

In addition, the task was to make a counter for the number of ventilation holes in the base floor.

As a result of the work, differences in the studied insulation solutions were found in the thermal conductivity of the base floor during various seasons according to the model data used in the work. Increasing the insulation thickness will cool the crawl space in the summer, but the differences in insulation solutions in the winter were small.

Because of the complexity of modelling of crawl space, only thermal design calculations were used in this work. In order to obtain more detailed results, a moisture model should also be considered. With a ventilation counter, the designer gets a number of indications of the required ventilation openings according to their size and the model of the grating.

Language

Finnish

Pages 18

Appendices 1

Pages of Appendices 1

Keywords

bottom, crawl space, thermal model

Sisältö

1	Johdanto	1
2	Työn suoritus	1
2.1	Rajaukset.....	2
2.2	Työssä tarkasteltavat vaihtoehdot	3
2.2.1	Vaihtoehto 1.....	3
2.2.2	Vaihtoehto 2.....	4
2.3	Laskennassa käytettävien maa-ainesten ja rakennusmateriaalien laskenta- arvot	5
2.4	Laskennassa käytettäviä ilman laskenta-arvoja.....	5
3	Mallinnuksen suoritus Comsolin lämpömallilaskennalla.....	6
3.1	Mallinnettavien rakenteiden piirto Autocadilla	6
3.2	Mallintaminen Comsolilla	6
3.3	Laskentatulokset Comsolista	11
3.3.1	Lämpötilat ja lämpövirrat kesällä.....	11
3.3.2	Lämpötilat ja lämpövirrat talvella.....	13
4	Tuuletusaukkolaskuri	15
5	Lopuksi	16
	Lähteet.....	18

Liitteet

Liite 1 PDF-tuloste tuuletusaukkolaskurista

1 Johdanto

Tähän opinnäytetyöhön sain toimeksiannon työnantajaltani Perustava Oy:ltä. Yritys on Suomen suurin paikalla valettavien betoniperustusten urakointiin erikoistunut rakennusalan yritys (Perustava Oy. 2018).

Tässä työssä tarkastellaan kahta erilaista, toimeksiantajan osoittamaa, pientalon tuulettuvan ontelolaatta-alapohjan ryömintätilan alapuolista eristysratkaisua, lämpömallin avulla. Perustava Oy käyttää pääasiassa kyseisiä eristysratkaisuja urakoimissaan pientalokohteissa, kun perustusratkaisuna on paalutettu perustus. Perustava Oy:lle tulee asiakkailta usein kyselyjä näiden vaihtoehtojen mahdollisista eroista alapohjan rakennusfysikaaliseen käyttäytymiseen.

Ensimmäisessä vaihtoehdossa (kuva 1) eriste on sijoitettu ryömintätilan täyttömaan pinnan alapuolelle ja toisessa vaihtoehdossa (kuva 2) se on sijoitettu täyttömaan pinnan päälle.

Työssä tarkastellaan eristysratkaisujen vaikutusta lämpövirtojen suuntiin ja liikkeisiin alapohjassa ja lämpötiloihin ryömintätilaa ympäröivissä rakenteissa. Lisäksi toimeksiantoon kuului tehdä laskentaohjelma tuulettuvan alapohjan tuuletusaukkojen määristä (Liite 1).

2 Työn suoritus

Tässä opinnäytetyössä käytetään COMSOL Multiphysics 5.3a -ohjelmaa ja sen lämpömallilaskentaa.

Mallinnettavat kohteet piirretään Autocad 2019- ohjelmalla, josta ne viedään Comsoliin. Comsolissa cad-kuvien päälle piirretään rakenteet geometry-työkälulla ja rakenteille annetaan niiden materiaalitiedot sekä määritetään materiaali-kohtaiset laskenta- ja suunnitteluarvot (Taulukko 1).

Tuuletusaukkolaskuri tehdään Excel -taulukkolaskentaohjelmalla.

2.1 Rajaukset

Ryömintätilallisen alapohjan mallintaminen on haastavaa. Työn rajaamiseksi tässä työssä tarkastellaan vain lämpömallia. Lämpömallitarkastelussa työn tulos on teoreettinen ja vain suuntaa-antava. Tarkempia ja luotettavampia tuloksia saadakseen tulisi tarkastella myös diffuusiomallia.

Tässä työssä tarkasteltavaa perustus- ja alapohjarakennetta käytetään yleensä savipohjaisilla rakennuspaikoilla. Tästä johtuen tämän työn tarkasteluihin on valittu perusmaaksi savi. Työssä tarkastellaan toimeksiantajan osoittamien ryömintätilan alapuolisten eristysratkaisujen vaikutusta perustusten ja alapohjarakenteiden lämpötiloihin ja lämpövirtoihin eri vuodenaikoina. Työssä ei oteta kantaa sokkelin ulkopuoliseen routasuojaukseen.

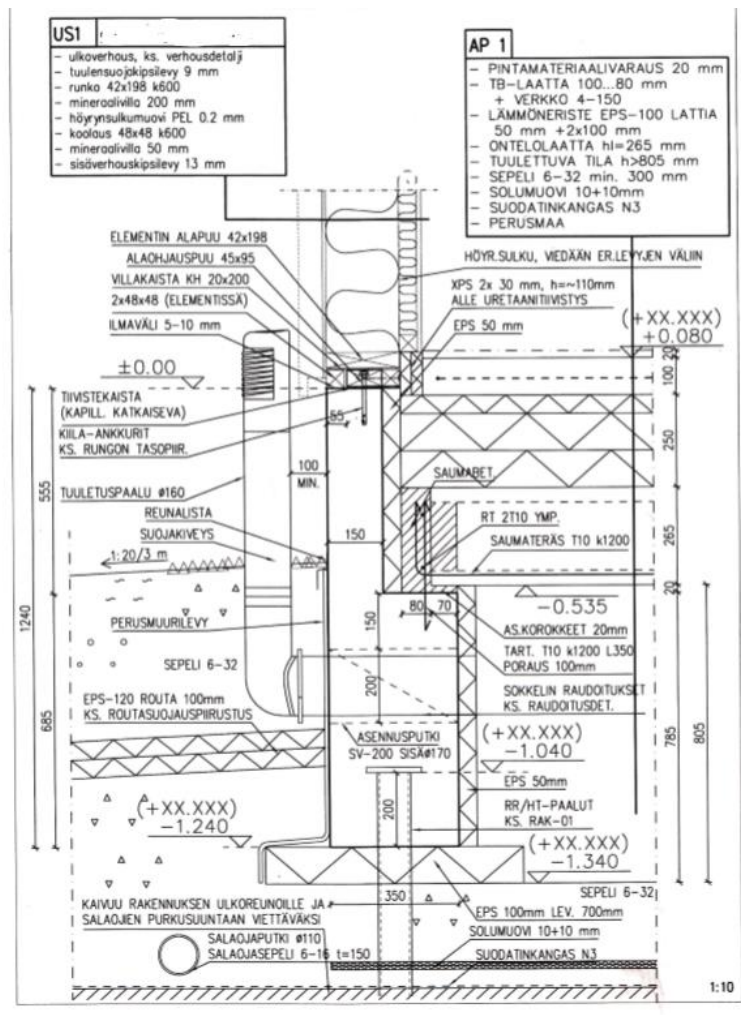
Ontelolaatan mallintaminen on monimutkaista. Ontelolaatan tilalle on mallinnuksen helpottamiseksi ja selkeyttämiseksi vaihdettu samanvahvuinen betonilaatta.

Lämpötiloja mitataan sokkelipalkin keskeltä ja kapillaarikatkon alapinnasta sokkelipalkin kohdalla. Tarkasteluajankohdat ovat juhannusaattona (22.6.) ja joulu-aattona (24.12.).

2.2 Työssä tarkasteltavat vaihtoehdot

2.2.1 Vaihtoehto 1

Tässä vaihtoehdossa ryömintätilan alapuolinen eriste on sijoitettu n. 200 mm ryömintätilan alapuolisen maanpinnan (kapillaarikatko, sepeli 6-32 mm) alapuolelle. Eristeenä on solumuovi 2x10 mm.

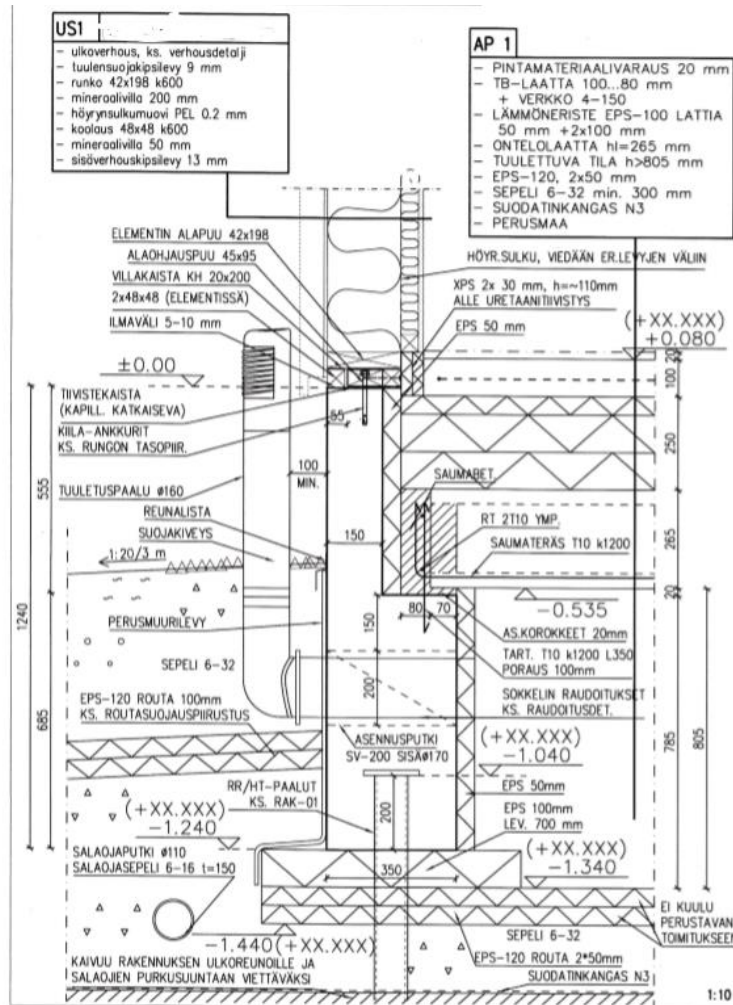


Kuva 1. Eriste sepelin sisässä (Perustava Oy).

2.2.2 Vaihtoehto 2

Tässä vaihtoehdossa ryömintätilan alapuolinen eriste on sijoitettu ryömintätilan alapuolisen maanpinnan (kapillaarikatko, sepeli 6-32 mm) päälle.

Eristeenä on EPS-120 routa 2x50 mm.



Kuva 2. Eriste sepelin pinnalla (Perustava Oy).

2.3 Laskennassa käytettävien maa-ainesten ja rakennusmateriaalien laskenta- arvot

Maa-ainesten ja rakennusmateriaalien laskenta- ja suunnitteluarvoina käytetään Suomen Rakennusmääräyskokoelman taulukoista saatuja arvoja (Taulukko 1)

Taulukko 1. Laskennassa käytettävät maa-ainesten ja rakennusmateriaalien laskenta- arvot (Ympäristöministeriö, Suomen RakMk C4)

Materiaali	Tiheys kg/m ³	Lämmönjohtavuus W/(m*K)	Ominaislämpö- kapasiteetti J/(kg*K)
Perusmaa (savi)	1500	1,5	2000
Kapillaarikatko (seveli)	1500	2	1000
Sokkelin ulkopuoliset täytöt (sora)	1800	2	1000
Eriste (EPS, solumuovi)	20	0,050	1450
Betoni	2300	2	1000

Perusmaan (savi) lämpötilaksi oletetaan +4°C.

2.4 Laskennassa käytettäviä ilman laskenta-arvoja

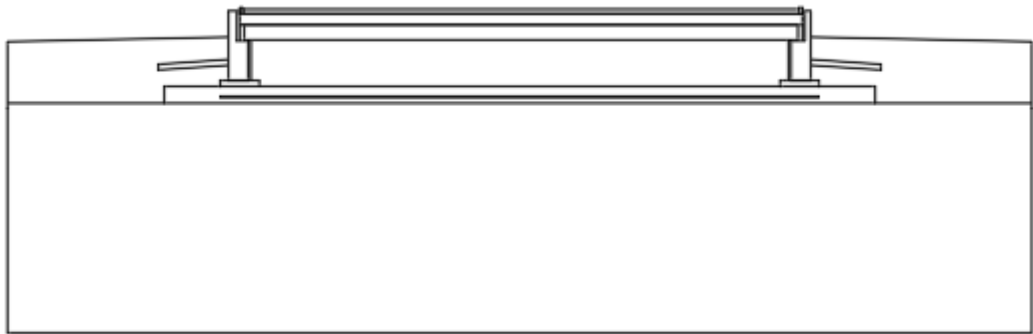
Sisäilman lämpötilaksi oletetaan +20°C. Ulkoilman ominaisuuksina on laskennassa käytetty rakennusten energialaskennan testivuoden (TRY2012) Jyväskylän säätietoja (Ympäristöministeriö 2018). Testivuotia on kopioitu kolme samantyyppistä vuotta peräkkäin.

Ryömintätilan ilman lämpötilatietoina on käytetty samoja säätietoja muokattuna siten, että ryömintätilan ilman lämpötilan oletetaan olevan aina yli 0°C (Kuva 11). Talvisin tavanomaisissa rajoitetusti tuulettuvissa ryömintätiloissa lämpötila laskee harvoin alle 0°C:n tason (RIL 255-1-2014).

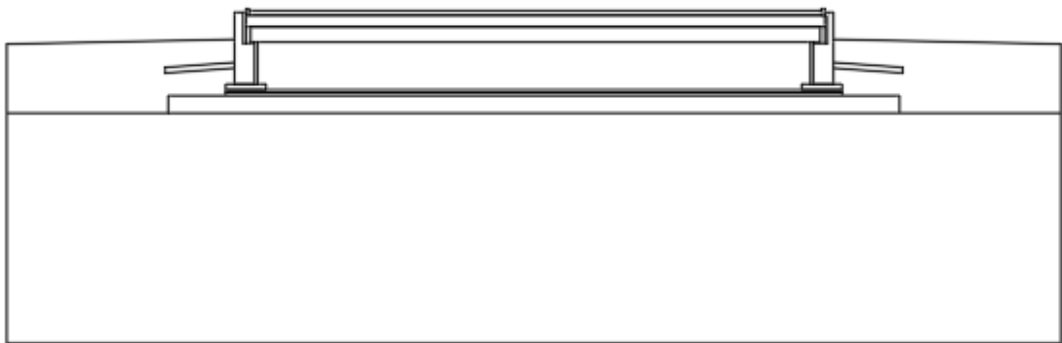
3 Mallinnuksen suoritus Comsolin lämpömallilaskennalla

3.1 Mallinnettavien rakenteiden piirto Autocadilla

Ensiksi piirrettiin mallinnettavat alapohjarakenteet Autocad 19 -ohjelmalla.



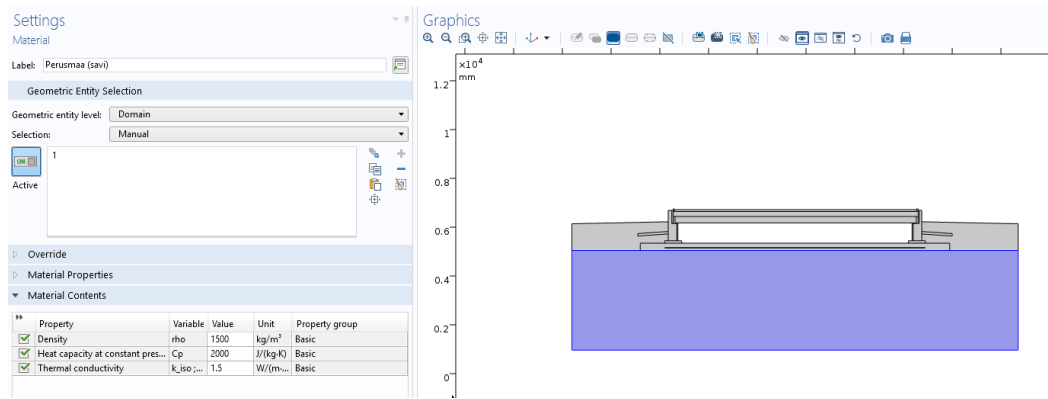
Kuva 3. Mallinnettavat rakenteet Autocadilla piirrettynä. Eristysvaihtoehto 1.



Kuva 4. Mallinnettavat rakenteet Autocadilla piirrettynä. Eristysvaihtoehto 2.

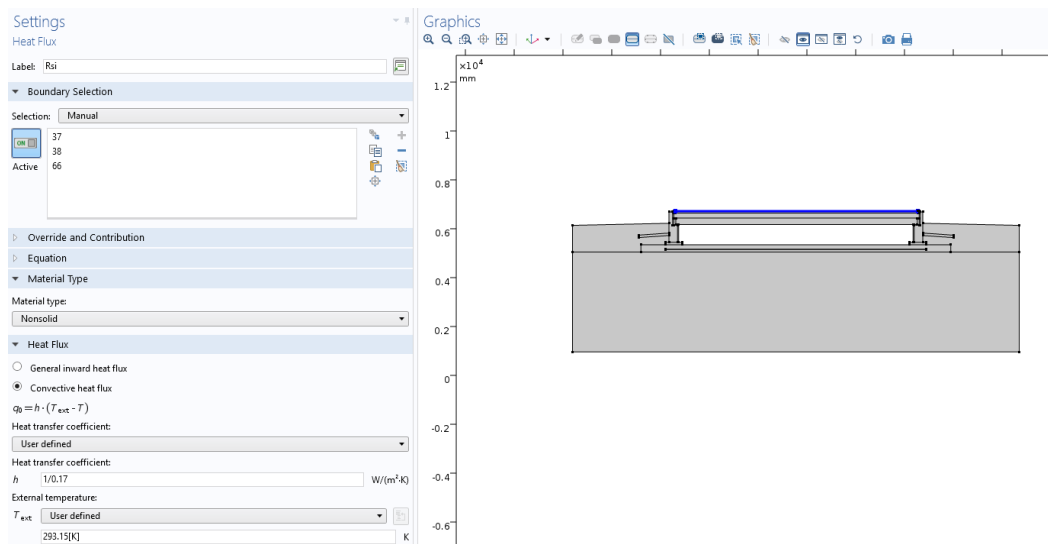
3.2 Mallintaminen Comsolilla

Comsolissa määritettiin mallinnettavat rakenteet tuomalla Cadilla piirretyt mallit Comsoliiin ja piirtämällä niiden päälle rakenteet Comsolin geometry -työkalulla. Tämän jälkeen määritettiin malleihin rakenteiden materiaalit ja materiaalien mitoitus- ja laskenta-arvot. Arvoina käytettiin luvuissa 2.3 ja 2.4 olevia, Suomen rakennusmääräyskokoelmasta saatuja arvoja.



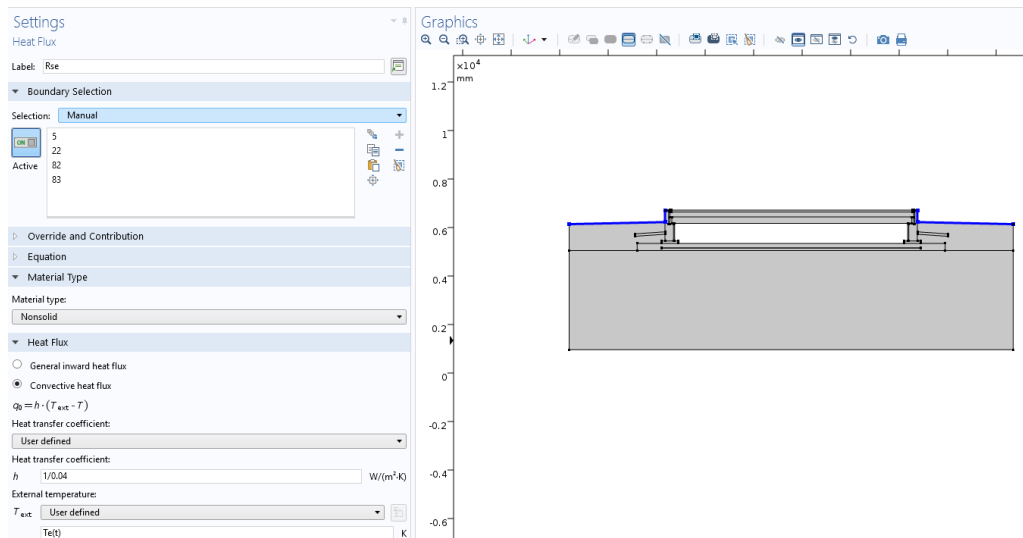
Kuva 5. Laskenta-arvojen määrittäminen materiaaleille Comsolissa.

Tämän jälkeen määritettiin rakenteille rajapinnat ja niiden pintavastukset. Sisäpuolisena pintavastuksena on käytetty arvoa $R_{si} = 0,17 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$, lämpövirran suunnan ollessa alaspäin (Taulukko 3).



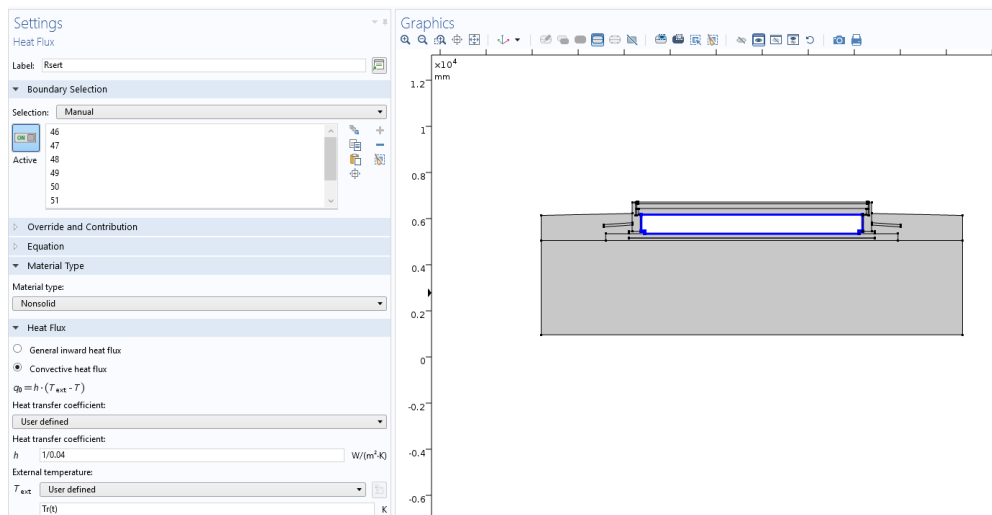
Kuva 6. Sisäpuolinen pintavastus mallissa.

Ulkopuolisena pintavastuksena on käytetty arvoa $R_{si} = 0,04 \text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$ (Taulukko 2).



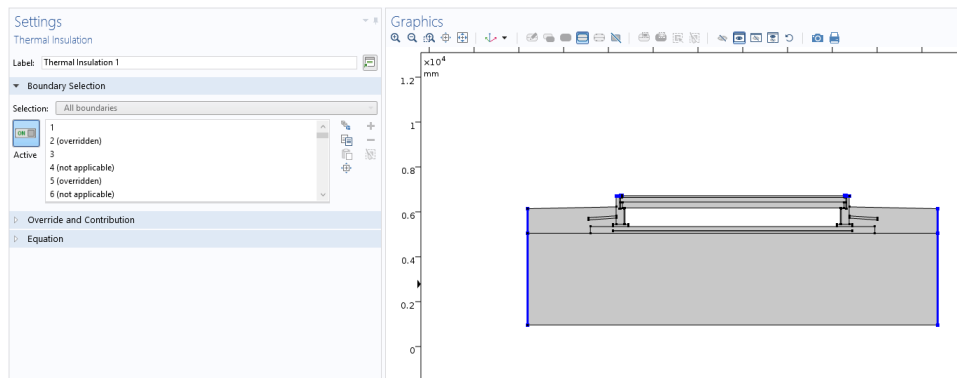
Kuva 7. Ulkopuolinen pintavastus mallissa

Ryömintätilassa pintavastuksena on käytetty ulkopuolista pintavastusta $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$.



Kuva 8. Ryömintätilan pintavastus mallissa.

Malliin määritettiin myös rajapinnat, joiden läpi lämmön siirtymistä ei tapahdu. (Kuva 9).

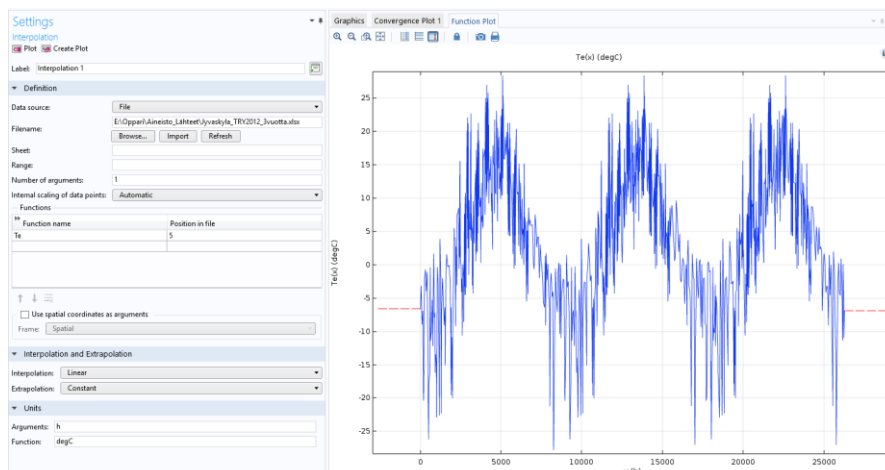


Kuva 9. Lämpöä läpäisemättömät rajapinnat mallissa.

Taulukko 2. Pintavastuksien likiarvoja rakennusfysikaalisissa tarkasteluissa (SFS-EN ISO 6946 2017).

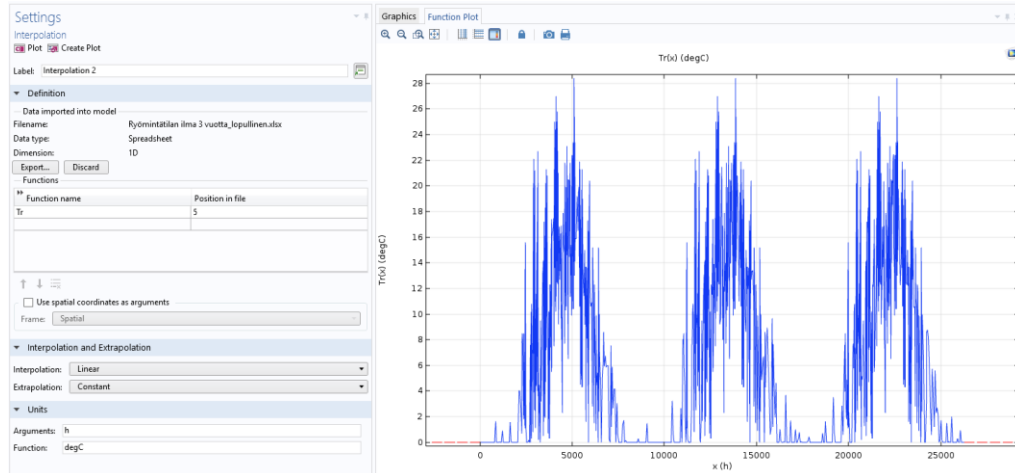
Pintavastus $m^2 \cdot K/W$	Lämpövirran suunta		
	Ylöspäin	vaakasuora	alaspäin
Sisäpuolinen pintavastus R_{si}	0,10	0,13	0,17
Ulkopuolinen pintavastus R_{se}	0,04	0,04	0,04

Malliin ladattiin ulkoilman ominaisuuksiksi ympäristöministeriön sivuilta laskennassa käytetyt rakennusten energialaskennan testivuoden (TRY2012) Jyväskylän säätiedot muokattuna siten, että testivuotia oli kopioitu kolme vuotta peräkkäin (kuva 10).



Kuva 10. Mallissa käytetyt säätiedot.

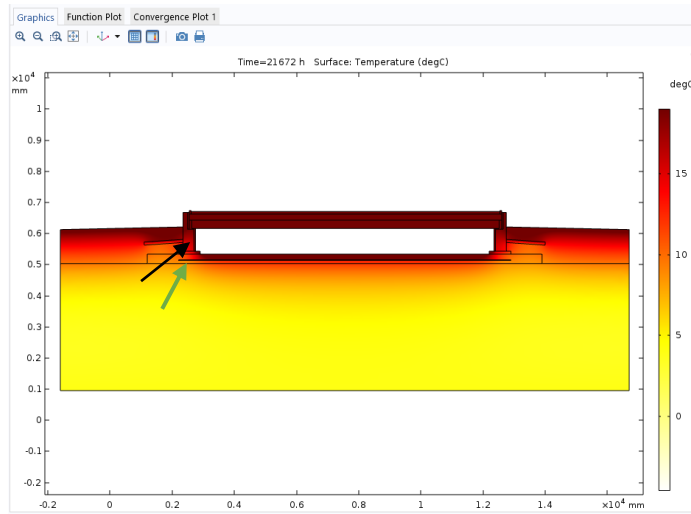
Ryömintätilan ilman lämpötilatietoina on käytetty samoja säätietoja muokattuna siten, että ryömintätilan ilman lämpötilan oletetaan olevan aina yli 0°C (Kuva 11). Talvisin tavanomaisissa rajoitetusti tuulettuvissa ryömintätiloissa lämpötila harvoin laskee alle 0°C :n tason (RIL 255-1-2014).



Kuva 11. Mallissa käytetyt ryömintätilan ilman lämpötilatiedot.

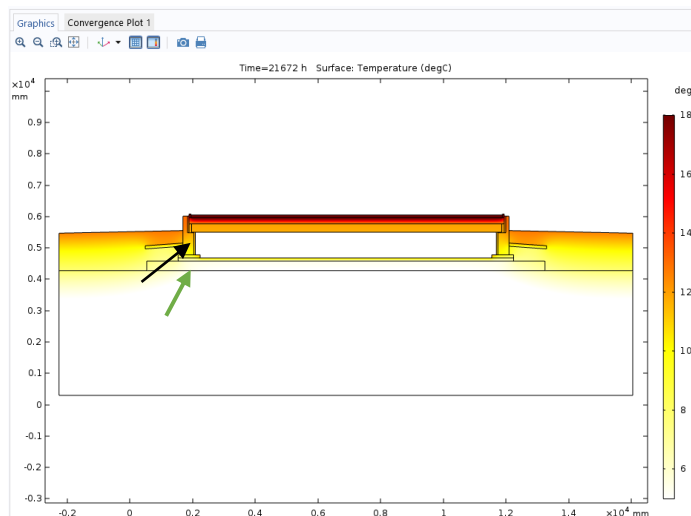
3.3 Laskentatulokset Comsolista

3.3.1 Lämpötilat ja lämpövirrat kesällä



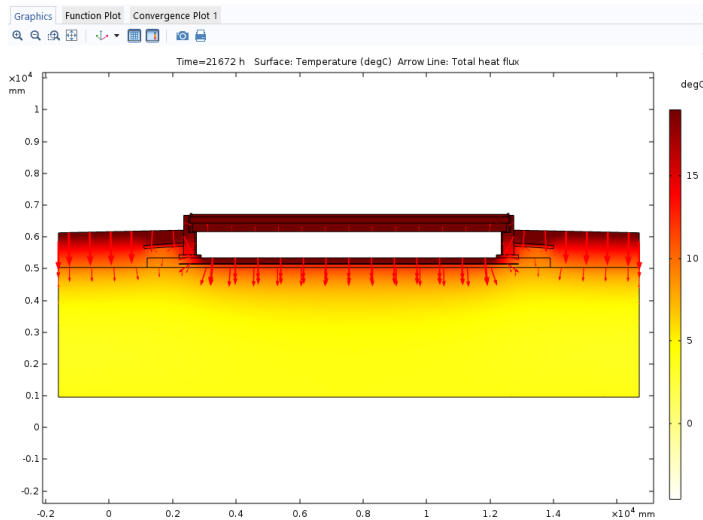
Kuva 12. Rakenteiden lämpötilat 22.6. klo 0.00 tarkasteluvaihtoehdossa 1.

Lämpötila sokkelipalkin keskellä on $+15,8^{\circ}\text{C}$ (Musta nuoli) ja lämpötila kapillaarikatkon alapinnassa on $+9,0^{\circ}\text{C}$ (Vihreä nuoli). Ulkoilman lämpötila on tarkasteluajankohtana $+17,8^{\circ}\text{C}$.



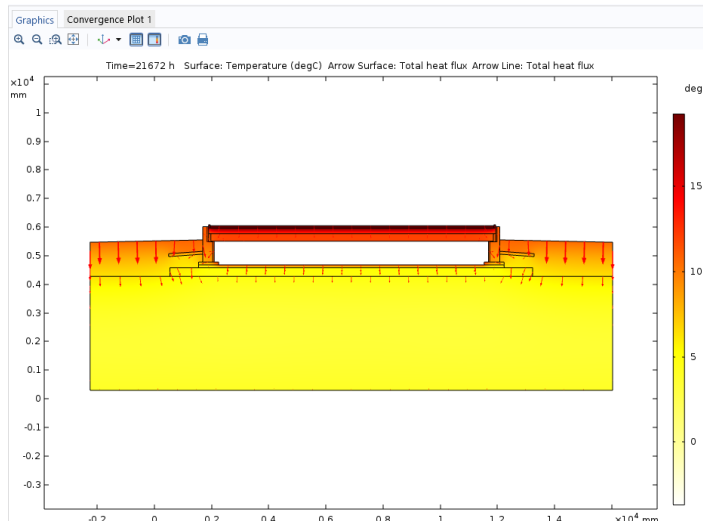
Kuva 13. Rakenteiden lämpötilat 22.6. klo 0.00 tarkasteluvaihtoehdossa 2.

Lämpötila sokkelipalkin keskellä on $+10,4^{\circ}\text{C}$ (Musta nuoli) ja lämpötila Kapillaarikatkon alapinnassa on $+5,8^{\circ}\text{C}$ (Vihreä nuoli). Ulkoilman lämpötila on tarkasteluajankohtana $+17,8^{\circ}\text{C}$.



Kuva 14. Rakenteiden lämpövirrat 22.6. klo 0.00 tarkasteluvaihtoehdossa 1.

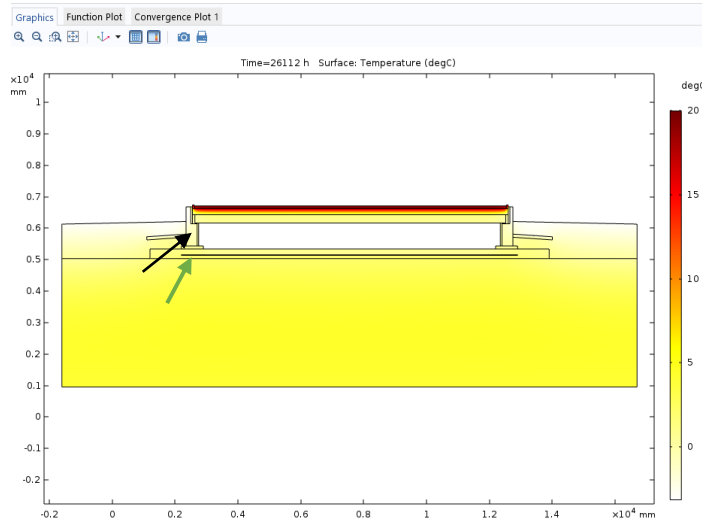
Lämpövirtojen liike lämpimästä ryömintätilasta viileään maaperään on voimakasta. Sisätilojen ja ryömintätilan pienestä lämpötilaerosta johtuen lämpövirtojen liike näiden välillä on vähäistä.



Kuva 15. Rakenteiden lämpövirrat 22.6. klo 0.00 tarkasteluvaihtoehdossa 2.

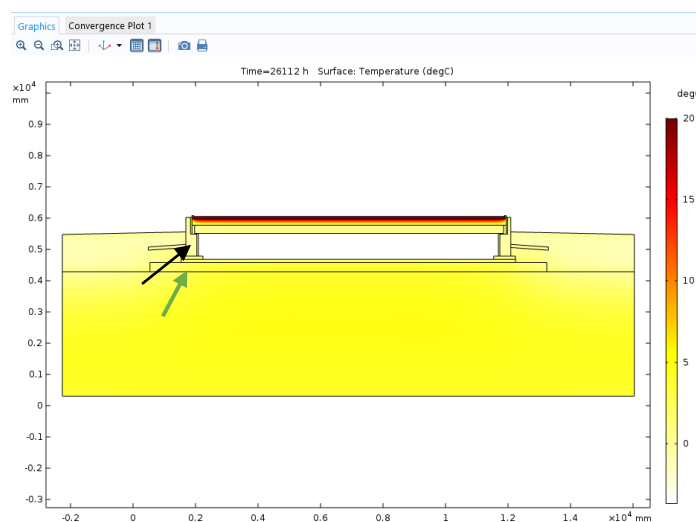
Lämpövirtojen liike ympäröivistä rakenteista ryömintätilaan ja ryömintätilasta maaperään on melko vähäistä.

3.3.2 Lämpötilat ja lämpövirrat talvella



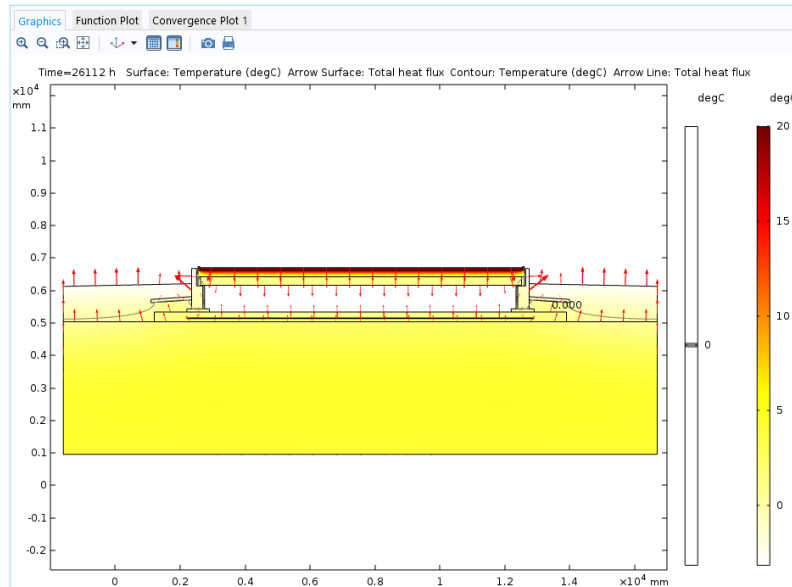
Kuva 16. Rakenteiden lämpötilat 24.12. klo. 0.00 tarkasteluvaihtoehdossa 1.

Lämpötila sokkelipalkin keskellä on $-0,7^{\circ}\text{C}$ (Musta nuoli) ja lämpötila Kapillaarikatkon alapinnassa on $+2,2^{\circ}\text{C}$ (Vihreä nuoli). Ulkoilman lämpötila on tarkasteluajankohtana $-1,8^{\circ}\text{C}$.



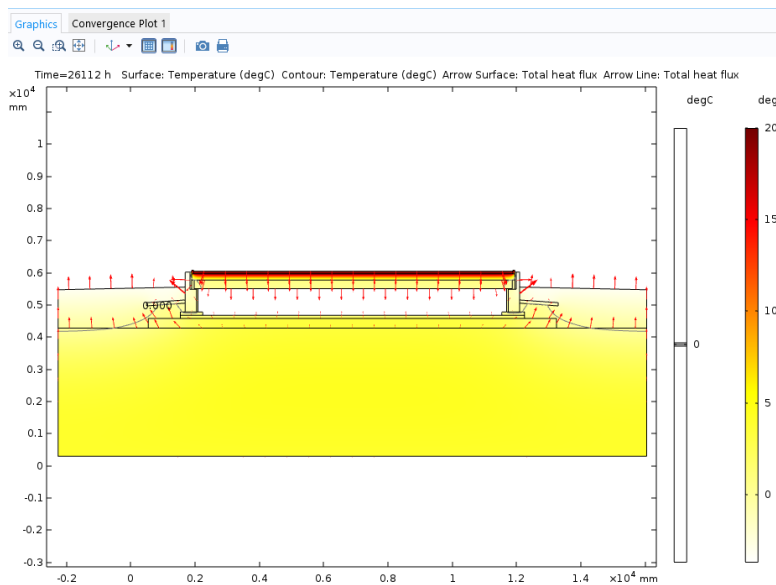
Kuva 17. Rakenteiden lämpötilat 24.12. klo. 0.00 tarkasteluvaihtoehdossa 2.

Lämpötila sokkelipalkin keskellä on $-1,1^{\circ}\text{C}$ (Musta nuoli) ja lämpötila kapillaarikatkon alapinnassa on $+2,3^{\circ}\text{C}$ (Vihreä nuoli). Ulkoilman lämpötila on tarkasteluajankohtana $-1,8^{\circ}\text{C}$.



Kuva 18. Rakenteiden lämpövirrat 24.12. klo. 0.00 tarkasteluvaihtoehdossa 1.

Lämpövirrat liikkuvat maaperästä ja sisätiloista ryömintätilaan. Lämpötilan nollaraja (harmaa viiva) kulkee ulkopuolisen routasuojauksen ulkoreunalla. Rajan alapuolella maan lämpötila on yli 0°C.



Kuva 19. Rakenteiden lämpövirrat 24.12. klo. 0.00 tarkasteluvaihtoehdossa 2.

Lämpövirrat liikkuvat voimakkaasti sisätiloista ryömintätilaan. Lämpövirtojen liikuminen ryömintätilasta maaperään on vähäistä. Lämpötilan nollaraja (harmaa viiva) kulkee hieman lähempänä sokkeliä kuin vaihtoehdossa 1. Rajan alapuolella maan lämpötila on yli 0°C.

4 Tuuletusaukkolaskuri

Tuuletusaukkolaskuri on aputyökalu perustussuunnittelijalle sokkelipalkkiin tulevien ryömintätilan tuuletusaukkojen määrän laskemista varten (liite 1).

Laskuri ilmoittaa tarvittavien tuuletusaukkojen määrän tuuletettavan tilan pinta-alan, tuuletusaukon koon ja muodon sekä tuuletusaukossa käytettävän suoja-äleikön (Taulukko 3) mallin mukaan.

Mitoitusperusteena on tuuletusaukkojen yhteenlaskettu tehollinen pinta-ala, jonka täytyy olla tuulisella rakennuspaikalla vähintään 0,5 promillea ja tavanomaisella rakennuspaikalla vähintään 1 promille tuuletettavan tilan pinta-alasta (RIL-107-2012).

Taulukko 3. Työssä käytettyjä tuuletusaukkojen pinta-alan pienennyskertoimia (RIL 261-2013).

Säleikkö tai verkko	Pienennyskerroin
Puristettu peltisäleikkö	0,3
Valettu säleikkö	0,6
Verkot	0,9

Tuuletusaukkojen sijoittelussa on huomioitava rakennuksen mitat ja muoto sekä mahdolliset tuuletettavan tilan sisäpuoliset sokkelit. Sisäpuolisiin sokkeleihin tehdään pinta-alaltaan vähintään kaksinkertaiset tuuletusaukot ulkoseinän sokkeleiden tuuletusaukkoihin verrattuna. Sisäpuolisten sokkeleiden tuuletusaukot tulee sijoittaa samalle virtauslinjalle ulkoseinän sokkeleiden tuuletusaukkojen kanssa. Aukkojen alareunan on oltava vähintään 150 mm maanpinnan yläpuolella, mutta mahdollisuuksien mukaan tätä korkeammalla. Aukkojen vähimmäiskoon tulee olla 150 cm² sekä enimmäisvälin 6m (RIL 261-2013).

5 Lopuksi

Tarkasteltavien eristysvaihtoehtojen välillä ilmeni jonkin verran eroja ryömintätilaa ympäröivien rakenteiden lämpötiloissa ja lämpövirtojen voimakkuuksissa. Eristysvaihtoehdossa 1 ryömintätilaa ympäröivien rakenteiden lämpötilavaihtelut olivat suurempia eri vuodenaikojen välillä kuin eristysvaihtoehdossa 2.

Vaihtoehdossa 1 ryömintätilaa ympäröivien rakenteiden lämpötila on kesällä korkeampi ja ero ryömintätilan ilman lämpötilaan on pienempi kuin vaihtoehdossa 2. Tästä johtuen lämpövirtojen suunta on voimakkaasti lämpimästä ryömintätilasta viileää maaperää kohti. Talvella ryömintätila on kylmä ja lämpövirtojen suunta on sisätiloista ja maaperästä ryömintätilaan.

Eristysvaihtoehdossa 2 ryömintätilaa ympäröivien rakenteiden lämpötilojen vaihtelu on vähäisempää eri vuodenaikojen välillä. Kesällä ryömintätilaa ympäröivien rakenteiden lämpötila on alhaisempi kuin vaihtoehdossa 1, joten viileämpien rakenteiden ja ryömintätilan ilman välinen lämpötilaero on suurempi. Tämä voi johtaa kosteuden tiivistymiseen ryömintätilaa ympäröivien rakenteiden pinnoille. Talvella lämpötiloissa ei ole juurikaan eroa vaihtoehtoon 1. Paksummasta ryömintätilan alapuolisesta eristeestä johtuen lämpövirtojen liikkeet ovat vähäisempiä ryömintätilasta maaperään.

Tässä opinnäytetyössä tehdyn tutkimuksen tulosten perusteella tutkittavissa vaihtoehdoissa ei ole merkittäviä eroja ryömintätilaa ympäröivien rakenteiden lämpötiloissa talviaikaan, mutta paksumpi ryömintätilan alapuolinen eristys vähentää lämpövirtojen liikettä maaperästä viileämpään ryömintätilaan vaihtoehdossa 2. Tämä voi pitää maaperän lämpötilan hieman korkeampana talvella ja näin ollen vähentää maaperän jäätyksen ja routimisen riskiä. Kesäaikaan vaihtoehdossa 2 ryömintätilaa ympäröivät rakenteet ovat huomattavasti ryömintätilan ilmaa viileämpiä ja rakenteisiin voi tiivistyä kosteutta, joten ryömintätilan riittävään tuuletukseen tulee kiinnittää erityistä huomiota.

Tässä opinnäytetyössä tehdyt tarkastelut ovat vain teoreettisia, eikä työssä ole tarkasteltu rakenteiden kosteusteknistä käyttäytymistä. Kosteustekninen tarkastelu olisi kuitenkin välttämätöntä, jotta tarkasteltujen vaihtoehtojen erot voitaisiin selvittää luotettavasti.

Tuuletusaukkolaskuria voivat toimeksiantajayrityksessä suunnittelijoiden lisäksi käyttää myös myyjät, joiden on tarjouslaskennassa huomioitava sokkelipalkkiin tulevien, hintaan vaikuttavien reikien ja läpivientien lukumäärä.

Lähteet

Perustava Oy. 2018.

www.perustava.fi 3.10.2018.

RIL ry. 2012. RIL 107-2012 Rakennusten veden- ja kosteudeneristysohjeet.

RIL ry. 2013. RIL 261-2013 Routasuojaus rakennukset ja infrarakenteet.

RIL ry. 2014. RIL 255-1-2014 Rakennusfysiikka 1 Rakennusfysikaalinen suunnittelu ja tutkimukset. Helsinki.

SFS-Standardit. 2017. Pintavastukset.

SFS-EN ISO 6946:2017:en. Building components and building elements. Thermal resistance and thermal transmittance. Calculation methods. Table 7. 4.11.2018.

Ympäristöministeriö. 2012. Suomen rakentamismääräyskokoelma C4.

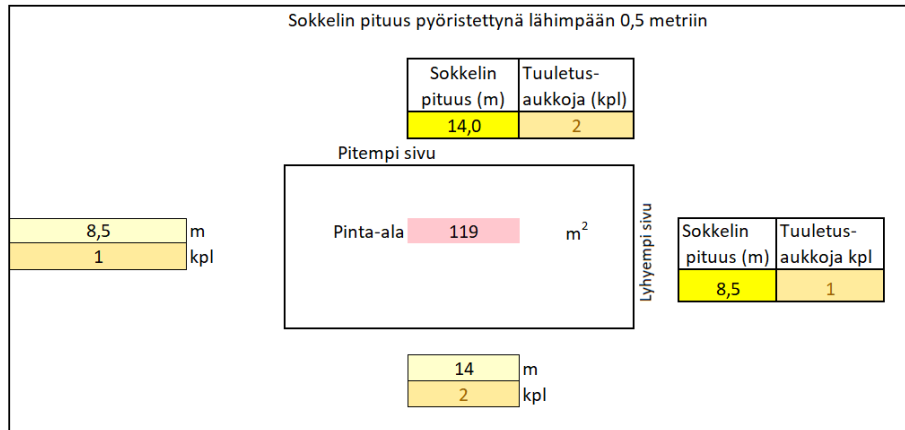
Lämmöneristys, ohjeet luonnos 2012. Helsinki.

Ympäristöministeriö. 2018. Säätiötiedot Jyväskylä 2012.

http://www.ymparisto.fi/FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Rakentamismaarayskokoelma/Energiatehokkuus. 3.10.2018.

Tuulettuvan alaphjan tuuletusaukkolaskuri (painovoimainen tuuletus)
Tuuletuspaalut mitoitetaan erillisen ohjeen (esimerkkilaskelma) mukaan

=pudotusvalikko		Säleikkö-tyypit		(1)	(2)
Tuuletusaukon koko	Ø200 mm	1	Puristettu peltisäleikkö		
Säleikön tyyppi	5	2	Valettu säleikkö		
		3	Hitsattu peltisäleikkö		
		4	Muoviverkko		
		5	Metalliverkko		



Tuuletusaukkojen tehollinen pinta-ala yhteensä (m ²)	0,18	Tuuletusaukkojen yhteenlaskettu tehollinen pinta-ala oltava min. 1 promille tuulettavan tilan pinta-alasta ja max. väli 6 metriä
1 promille tuul. tilan pinta-alasta	0,12	

Esimerkkilaskelma

Suuntaa antava esimerkkilaskelma ryömintätilan koneellisesta poistoilmanvaihto-järjestelmästä: (mitoitusperusteena taulukossa on ryömintätilan 0,5-kertainen ilmanvaihto)

Ryömintätilan koko A x h = V	Poistoilmavirta dm ³ /s	Ross-tuuletuspaalusuositus	
		Ø 125	Ø 160
50 m ² x 0,8 m = 40 m ³	5,6	4 kpl	2 kpl
100 m ² x 0,8 m = 80 m ³	11,2	6 kpl	4 kpl
150 m ² x 0,8 m = 120 m ³	16,8	6 kpl	4 kpl
200 m ² x 0,8 m = 160 m ³	22,4	8 kpl	6 kpl

Suuntaa antava esimerkkilaskelma painovoimaisesta ryömintätilan tuulettuksesta:

Ryömintätilan koko A x h = V	Ross Ø 160 (paine-erolla 5 Pa)
50 m ² x 0,8 m = 40 m ³	4 kpl
100 m ² x 0,8 m = 80 m ³	6 kpl
150 m ² x 0,8 m = 120 m ³	8 kpl

Ryömintätilan tuulettamisen suunnittelussa pitää ottaa huomioon talon muoto ja sijainti sekä ilmavirran esteet.

Tarkemmat tiedot ryömintätilan tuulettamisen määräyksistä löytyy Suomen Rakennusmääräyskokoelman osiosta C2: 3.2.1.5.