

Janna Jokela

MANEESIN LVI-RATKAISUT

MANEESIN LVI-RATKAISUT

Janna Jokela
Opinnäytetyö
Kevät 2023
Talotekniikan tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Talotekniikka

Tekijä(t): Janna Jokela

Opinnäytetyön nimi: Maneesin LVI-ratkaisut

Title of thesis: HVAC Solutions of Indoor Riding Arena

Työn ohjaaja(t): Mikko Virpi

Työn valmistuslukupäivä ja -vuosi: Kevät 2023

Sivumäärä: 30 + 4 liitettä

Tässä opinnäytetyössä käsitellään ratsastusmaneesin LVI-ratkaisuja ja pohditaan millainen ratkaisu olisi toimiva ja tehokas kyseiseen rakennukseen. Teoriaosuudessa lasketaan rakennuksen U-arvoa ja lämmitystarvetta. Näiden avulla tutkitaan erilaisia lämmitysratkaisuja. Lisäksi analysoidaan millaiset ilmanvaihdon ratkaisut toimisivat maneesin olosuhteissa. Aineistona toimivat valmiit dokumentit, havainnointi, muiden tutkijoiden keräämät aineistot ja kertomukset.

Tarkasteltavassa rakennuksessa eli maneesissa on sosiaalitala ja ratsastusala. Sosiaalitalassa on taukotila, toimisto ja pesuhuone. Ratsastusala on hiekkapohjainen kenttä, jolla hevoset harjoittelevat. Maneesi on käytännössä ratsastuskenttä, jota suojaamassa ovat seinät ja katto. Tämä mahdollistaa harjoittelun ympäri vuoden.

Taukotilaan valittiin sähkölämmitys, jota tukee ilmalämpöpumppu ja koneellinen ilmanvaihto. Ratsastusalalle valittiin painovoimainen ilmanvaihto. Ratsastusalaa ei lämmitetä, vaan se on ulkoilman kanssa samassa lämpötilassa.

Asiasanat: hevostalous, maneesi, LVI

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	5
2	KOHDE	6
3	SOSIAALITILAN LÄMMITYS	9
3.1	Lämmitystehon laskenta	9
3.2	Vaihtoehtoiset lämmitystavat	16
3.3	Valittu lämmitysmuoto	20
4	SISÄILMASTO	22
4.1	Sosiaalitalan ilmanvaihto	22
4.2	Ratsastusalan ilmanvaihto	22
	POHDINTA	25
	LÄHTEET	26
	LIITTEET	29

1 JOHDANTO

Hevostalous on ollut voimakkaassa kasvussa parin viime vuosikymmenen aikana. Suomen Hippoksen rekisteritietojen mukaan Suomessa on noin 75 000 hevosta. Niiden määrä on lisääntynyt kymmenessä vuodessa noin 40 % (Hippolis 2023.)

Pohjois-Pohjanmaalla sijaitseva Äimäraution hevosurheilualue on vain noin viiden kilometrin päässä Oulun keskustasta. Alueella sijaitsee useita talleja ja hevosalan yrityksiä, kuten hevostlinikka. Yhteensä alueella asustaa yli 200 hevosta. Hevosten liikutukseen alueella on yksi paikallisen ratsastusseuran ylläpitämä maneesi ja kenttä sekä ravirata ja sen ylläpitämä maastoreitti. Keväällä 2023 valmistui alueella sijaitsevan ratsastuskoulun maneesi, jota tässä opinnäytetyössä tarkastellaan.

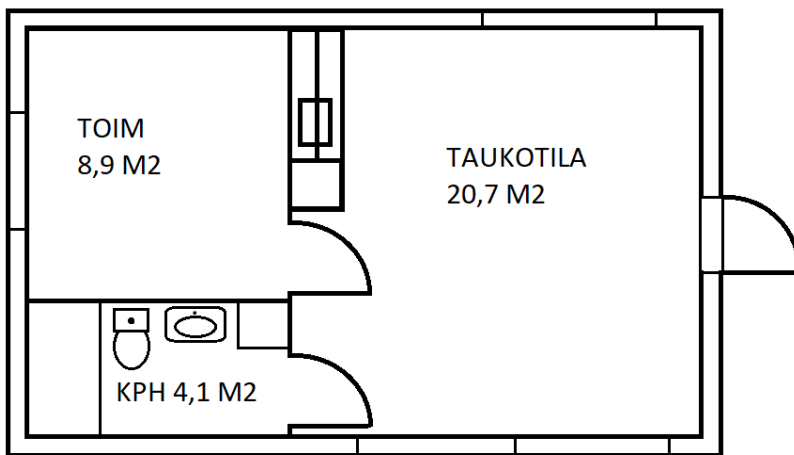
Maneesi eli ratsastushalli on ratsastuskenttä, jota suojaavat seinät ja katto. Suomen olosuhteissa, erityisesti talvella, maneesi on tavallista ratsastuskenttää parempi ja monipuolisempi vaihtoehto. Katto ja seinät antavat suojaa syksyn sateilla, talven pakkasissa ja kevään liukkailla. Hevosen jalkojen terveydelle sen liikkumilla pohjilla on suuri merkitys. Pohja ei saa olla liukas, liian kova tai liian pehmeä. Maneesissa pohja ei pääse liiallisen kosteuden takia jäätymään talvella eikä siitä tule syksyn sateilla liukas.

Eläinsuojelulaki velvoittaa huolehtimaan hevosen päivittäisestä ulkoilusta ja liikunnasta. Hevosen terveyden kannalta liikkumisen tulisi olla säännöllistä ja suunniteltua. Koska Äimäraution hevosurheilualue on suosittu, on tässä opinnäytetyössä käsitellylle maneesihankkeelle selkeä tarve.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on tutkia erilaisia LVI-ratkaisuja ratsastusmaneesiin. Tarkoituksena on pohtia erilaisia suunnitteluratkaisuja ja verrata niitä keskenään esimerkiksi energiatehokkuuden ja kustannusten kannalta. Tavoitteena on luoda turvallinen, energiatehokas ja kustannustehokas ratkaisu, joka palvelee maneesissa työskenteleviä ja harjoittelevia. Aineistonhankintamenetelminä toimivat valmiit dokumentit, havainnointi, muiden tutkijoiden keräämät aineistot ja kertomukset.

2 KOHDE

Tässä opinnäytetyössä tarkasteltu rakennus on Oulussa sijaitseva ratsastusmaneesi. Se on eristämätön teräsrunkoinen halli, jossa on pelti ulkoverhoiluna. Sen sisäpuolella on hevosten liikkumiseen tarkoitettu ratsastusala ja sosiaalitila. Sosiaalitila pitää sisällään taukotilan, toimiston ja pesuhuoneen ja sen alapohja on maanvarainen betonilaatta. Kuvassa 1 on sosiaalitilan pohjakuva.



Kuva 1. Sosiaalitilan pohjakuva

Kuvassa 2 sosiaalitila katsottuna ratsastusalan puolelta. Sosiaalitila toimii myös katsomona, josta voi seurata ratsastusalalla tapahtuvaa harjoittelua.



Kuva 2. Sosiaalitila ulkoa

Maneesi on käytössä keskimäärin 6—7 tuntia vuorokaudesta. Yhden tunnin aikana maneesia käyttää 6—12 henkilöä ja 6—8 hevosta. Siellä voidaan harrastaa sekä kouluratsastusta että esteratsastusta. Lisäksi hevosia voidaan treenata ihmisen seistessä maassa, esimerkiksi juoksuttamalla. Juoksuttaessa hevonen kulkee isolla ympyrällä ihmisen pidellessä juoksutusliinaa ympyrän keskellä.



Kuva 3. Maneesi sisältä

Maneesin sisäpuolista ratsastusala ei lämmitetä. Sen seinissä on pelkästään ulkoverhouspelti ja osittainen valokate eli ratsastusalan lämpötila on lähellä ulkoilman lämpötilaa. Kuvassa 3 näkyy maneesin sisäpuolella oleva ratsastusala.

Suomessa ratsastusmaneesin tai -kentän pohjana käytetään yleisemmin siltistä hiekkaa. Hiekka on raekooltaan 0,06—2,0 mm. Silttiseksi hiekaksi voidaan kutsua hiekkaa, joka sisältää 30–50 % silttiä tai aikaisemmin kutsuttua hienoa hietaa tai hiesua. Sitä voidaan käyttää sellaisenaan tai siihen voidaan lisätä muita materiaaleja, kuten esimerkiksi kuitua parantamaan pohjan joustoa (Hevostietokeskus 2021.)

Tässä maneesissa on päädytty kuidun ja hiekan yhdistelmään. Sitä kastellaan säännöllisesti tarpeen mukaan ja sitä lanataan päivittäin. Näin pohja ei pääse pölisemään sisäilmaan ja se on hevosen jalan alla kantava ja pitävä, olematta liian kova tai pehmeä.

3 SOSIAALITILAN LÄMMITYS

Jokaisella lämmitysjärjestelmällä on etunsa, ja sen valinta riippuu esimerkiksi energian saatavuudesta, kustannuksista ja käyttötarpeesta. Ennen lämmitysratkaisuiden miettimistä täytyy laskea rakennuksen lämmönläpäisykyky eli U-arvo ja lämmitystarve. Rakennus sijaitsee säävyöhykkeellä 3, joten käytetään laskennassa sen alueen säädataa. Laskenta suoritetaan SFS-EN ISO 6946 -standardin ja Ympäristöministeriön rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehon tarpeen laskenta -ohjeen mukaisesti.

3.1 Lämmitystehon laskenta

U-arvo

U-arvo kuvaa rakenteen lämmönläpäisykykyä eli sitä, kuinka paljon energiaa virtaa rakenteen läpi. U-arvon laskeminen aloitetaan laskemalla lämmönjohtamisvastus. Lämmönjohtamisvastus R kuvaa sitä, kuinka paljon vastustusta materiaali tarjoaa lämmönjohtamiseen. Lämmönjohtavuusvastus R lasketaan kaavalla 1 (Rakennusteollisuus RTT ry, 2017).

$$R = \frac{d}{\lambda} \quad (\text{KAAVA 1})$$

jossa

d on rakenneosan materiaalikerroksen paksuus, m

λ on materiaalin lämmönjohtavuuden suunnittelu-arvo, W/m·K.

Kokonaislämmönjohtamisvastus R_{tot} saadaan laskemalla yhteen kaikkien kerrosten lämmönjohtamisvastukset. Lopullinen lämmönjohtavuus lasketaan kaavalla 2 (Rakennusteollisuus RTT ry, 2017).

$$R_{tot} = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se} \quad (\text{KAAVA 2})$$

jossa

R_{si} on sisäpuolinen pintavastus, m²·K/ W

R_1, R_2, \dots, R_n ovat kerrosten lämmönvastusten suunnittelu-arvoja, m²·K/W

R_{se} on ulkopuolinen pintavastus, $m^2 \cdot K/W$.

Rakenneosan kokonaislämmönvastus R_T lasketaan lämmönvastuksen ylä- ja alalikiarvojen keskiarvona. Se lasketaan kaavalla 3 (Rakennusteollisuus RTT ry, 2017).

$$R_T = \frac{R_{tot;upper} + R_{tot;lower}}{2} \quad (\text{KAAVA 3})$$

jossa

$R_{tot;upper}$ on kokonaislämmönvastuksen ylälikiarvo, $m^2 \cdot K/W$

$R_{tot;lower}$ on kokonaislämmönvastuksen alalikiarvo, $m^2 \cdot K/W$

Kokonaislämmönvastuksen ylälikiarvo $R_{tot;upper}$ lasketaan olettaen, että lämpövirta on kohtisuoraan rakenneosan pintoja vastaan. Ylälikiarvo lasketaan kaavalla 4 (Rakennusteollisuus RTT ry, 2017).

$$\frac{1}{R_{tot;upper}} = \frac{f_a}{R_{tot;a}} + \frac{f_b}{R_{tot;b}} + \dots + \frac{f_q}{R_{tot;q}} \quad (\text{KAAVA 4})$$

jossa

f_a, f_b, \dots, f_g ovat osuuksien pinta-alaosuudet

$R_{tot;a}, R_{tot;b}, \dots, R_{tot;q}$ ovat osuuksien kokonaislämmönvastuksia, $m^2 \cdot K/W$.

Kokonaislämmönvastuksen alalikiarvo $R_{tot;lower}$ lasketaan olettaen, että kaikki rakenneosien pintojen kanssa yhdensuuntaiset tasot ovat isotermisiä eli vakioämpöisiä tasoja. Ensin lasketaan ekvivalentti lämmönvastus R_j kaavalla 5 (Rakennusteollisuus RTT ry, 2017).

$$\frac{1}{R_j} = \frac{f_a}{R_{aj}} + \frac{f_b}{R_{bj}} + \dots + \frac{f_q}{R_{qj}} \quad (\text{KAAVA 5})$$

jossa

f_a, f_b, \dots, f_g ovat osuuksien pinta-alaosuudet

$R_{aj}, R_{bj}, \dots, R_{qj}$ ovat rakennusosan lämmönvastukset, $m^2 \cdot K/W$.

Tämän jälkeen alalikiarvo määritetään kaavalla 6 (Rakennusteollisuus RTT ry, 2017).

$$R_{tot} = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se} \quad (\text{KAAVA 6})$$

jossa

R_{si} on sisäpuolinen pintavastus, $\text{m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$

$R_1, R_2 \dots R_n$ ovat kerrosten lämmönvastusten suunnitteluarvoja, $\text{m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$

R_{se} on ulkopuolinen pintavastus, $\text{m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$.

Lopullinen lämmönläpäisykerroin eli U-arvo lasketaan kaavalla 7 (Rakennusteollisuus RTT ry, 2017).

$$U = \frac{1}{R_T} \quad (\text{KAAVA 7})$$

Taukotilassa on kahta erilaista seinämateriaalia. Maneesin puolelle tulevassa ulkoseinässä (US1) on sisäpuolelta ulospäin:

- kipsilevy sisäverhoiluna
- koolaus
- höyrynsulkumuovi
- runko + eriste
- tuulensuojalevy
- koolaus
- vaneri ulkoverhoiluna.

Taulukossa 1 on esimerkkilaskenta US1:n U-arvon laskennasta. Taulukossa esitellään eri pintojen paksuudet ja lämmönjohtavuudet.

Taulukko 1: US1:n U-arvon laskenta

US1/villa	Paksuus [m]	Lambda [W/mK]	R
Rsi	-	-	0,13
Sisäverhous/Kipsi	0,013	0,21	0,06
Sisäverhouksen koolaus	0,048	0,12	0,40
Höyrynsulkumuovi	0,002		0,02
Mineraalivilla	0,24	0,036	6,67
Tuulensuojalevy	0,009	0,23	0,04
Ulkoverhous/Vaneri	0,018	0,15	0,12
Rse	-	-	0,04
		Rtot	7,48

US1/tolppa	Paksuus [m]	Lambda [W/mK]	R
Rsi	-	-	0,13
Sisäverhous/Kipsi	0,013	0,21	0,06
Sisäverhouksen koolaus	0,048	0,12	0,40
Höyrynsulkumuovi	0,002		0,02
Pystytolppa	0,148	0,12	1,23
Tuulensuojalevy	0,009	0,23	0,04
Ulkoverhous/Vaneri	0,018	0,15	0,12
Rse	-	-	0,04
		Rtot	2,04

Painoitukset	l [mm]	ltot [mm]	f
Villa	558	600	0,93
Tolppa	48	600	0,08
Seinän U-arvo	0,164		

Maneesin ratsastusuran puoli ei ole eristetty eikä lämmitetty, joten se on periaatteessa samassa lämpötilassa kuin ulkolämpötila. Toki sääolosuhteet kuten tuuli vaikuttavat, että maneesin sisällä on aavistuksen lämpimämpää.

Ulos tulevassa ulkoseinässä (US2) on sisäpuolelta ulospäin:

- kipsilevy sisäverhoiluna
- koolaus
- höyrynsulkumuovi
- runko + eriste

- tuulensuojalevy
- ilmarako
- ulkoverhouspelti.

Yläpohjan materiaalit ovat sisäpuolelta ulospäin:

- kipsilevy sisäverhoiluna
- koolaus
- höyrynsulkumuovi
- kattopalkit + eriste
- OSB-levy.

Alapohjan lattian materiaalit ovat sisäpuolelta ulospäin:

- teräsbetoni verkolla
- eriste
- hiekka
- suodatinkangas
- sora.

US1:n eli ulkoseinän, jossa uloimpana pintana on ulkoverhouspelti, U-arvoksi saatiin 0,164 W/m²·K. US2:n eli ulkoseinän, jossa uloimpana pintana on vaneri, U-arvoksi saatiin 0,165 W/m²·K. Alapohjan U-arvoksi saatiin 0,157 W/m²·K ja yläpohjan U-arvoksi saatiin 0,108 W/m²·K

Lämmitystarve

Lämmitystarpeen laskennassa arvioidaan rakennuksen tarvitsema lämpöteho, joka tarvitaan pitämään sisälämpötila halutulla tasolla. Se auttaa valitsemaan sopivimman lämmitysjärjestelmän ja arvioimaan energiakustannuksia.

Jokaisesta rakenteesta (ulkoseinästä, alapohjasta ja niin edelleen) lasketaan lämpöhäviökerroin H. Myös kylmäsilloille (nurkat, ikkunoiden liitokset ja niin edelleen) lasketaan lämpöhäviökertoimet. Lämpöhäviökertoimet lasketaan kaavalla 8 (Ympäristöministeriö 2018.)

$$H = \frac{U}{A}$$

(KAAVA 8)

jossa

H on lämpöhäviökerroin, W/K

U on kokonaislämmönvastus, W/m²·K

A on rakenteen pinta-ala, m²

Rakennus sijaitsee vyöhykkeellä 3. Tämä vaikuttaa muun muassa ulkoilman ja maaperän mitoituslämpötilaan. Lämmitystarvetta laskiessa huomioidaan paljonko lämpötilaa johtuu rakenteiden läpi. Kaavalla lasketaan kuukausittaiset lämpöhäviöt, jotka yhteen laskemalla saadaan vuosittainen lämpöhäviö. Lisäksi lasketaan myös paljonko lämpöhäviötä tapahtuu kylmäsiltojen kautta. Johtumalla tapahtuvat lämpöhäviöt lasketaan kaavalla 9 (Ympäristöministeriö 2018.)

$$Q_{\text{johtuminen}} = \frac{H * (T_s - T_u) * h}{1000} \quad (\text{KAAVA 9})$$

jossa

Q_{johtuminen} on lämpömäärä, joka johtuu rakenteen läpi, kWh

H on lämpöhäviökerroin, W/K

T_s on sisälämpötila, K

T_u on ulkolämpötila, K

h on kuukaudessa olevien tuntien määrä.

Lasketaan huoneessa tuloilman lämmittämiseen tarvittava lämmitysenergia. Se lasketaan kaavalla 10 (Ympäristöministeriö 2018.)

$$Q_{IV} = \frac{\rho * C_{pi} * (\text{ulkoilmavirta} * A_{\text{netto}}) * (T_s - T_{sp}) * h}{1000} \quad (\text{KAAVA 10})$$

jossa

Q_{IV} on tuloilman kautta tapahtuva lämpöhäviö, kWh

ρ on ilman tiheys, 1,2 kg/m³

C_{pi} on ilman lämpökapasiteetti, 1 kJ/kg·K

Ulkoilmavirta, dm/(s·m²)

A_{netto} on pintojen pinta-alat yhteenlaskettuna, m²

T_s on sisälämpötila, K

T_{sp} on sisäänpuhalluslämpötila, K

H on kuukaudessa olevien tuntien määrä.

$Q_{vuotoilman}$ kaavalla lasketaan kuukausittaiset lämpöhäviöt, jotka yhteen laskemalla saadaan vuosittainen lämpöhäviö. Rakennuksen vuotokohtien kautta tapahtuvaa lämpöhäviötä lasketaan kaavalla 11 (Ympäristöministeriö 2018.)

$$Q_{vuotoilma} = \rho * C_{pi} * \left(\left(\frac{q_{50}}{(3600*35)} \right) * A_{vaiippa} \right) * (T_s - T_u) * h \quad (\text{KAAVA 11})$$

jossa

$Q_{vuotoilma}$ on vuotokohtien kautta tapahtuva lämpöhäviö, kWh

ρ on ilman tiheys, 1,2 kg/m³

C_{pi} on ilman lämpökapasiteetti, 1 kJ/kg·K

Q_{50} on ilmanvuotoluku, m³/h·m²

$A_{vaiippa}$ on rakennuksen pintojen pinta-alojen summa, m²

T_s on sisälämpötila, K

T_u on ulkolämpötila, K

H on kuukaudessa olevien tuntien määrä

Q_{tila} saadaan laskemalla yhteen kaikki lämpöhäviöt kaavalla 12 (Ympäristöministeriö 2018)

$$Q_{tila} = Q_{johtuminen} + Q_{IV} + Q_{vuotoilma} \quad (\text{KAAVA 12})$$

jossa

Q_{tila} on tilan lämmitysjärjestelmän lämpötehon tarve, kWh

$Q_{johtuminen}$ on johtumislämpöhäviöt, kWh

Q_{IV} on tuloilman lämmittämisen häviö, kWh

Q_{vuoto} on vuotokohtien kautta tapahtuva lämpöhäviö, kWh

Kokonaislämpöhäviö kertoo paljonko tila tarvitsee lämmitystä pysyäkseen tavoitellussa sisälämpötilassa. Kokonaislämpöhäviö eli tilan lämmitystarve riippuu halutusta sisälämpötilasta.

Kuten taulukosta 2 voidaan todeta, mitä matalammaksi haluttu sisälämpötila lasketaan, sen matalampi on lämmitystarve.

Taulukko 2. Sisälämpötilasta riippuva vuosittainen lämmitystarve.

Sisälämpötila [C]	Lämmitystarve [kWh]
21	6389,3
18	5982,1
15	4431,3

3.2 Vaihtoehtoiset lämmitystavat

Suora sähkö

Suora sähkölämmitys on yksi yleisimmistä tavoista lämmittää. Siinä käytetään sähkövastuksia, jotka muuttavat sähköenergian lämmöksi. Se on helppo ja kätevä ratkaisu pieniin tiloihin. Sähkölämmityksen kustannukset voivat vaihdella rajusti, kuten energiakriisi vuonna 2022 osoitti.

Yhtenä vaihtoehtona sosiaalitalon lämmittämiseen voisi olla sähkölämmitys. Laskentaan on käytetty sähköyhtiö Oomin tarjoamaa kiinteää sopimusta, jossa sähkö maksaa 13,53 c/kWh (Oomi 2023). Hinnassa ei ole huomioitu sähkön siirtomaksuja. Taulukko 3 osoittaa, kuinka lämmitystarve ja kustannukset ovat yhteydessä toisiinsa.

TAULUKKO 3. Vertailua sisälämpötilan kautta

Lämmitystarve [kWh]	Suora sähkö [€/a]
6389,3	864,5
5982,1	809,4
4431,3	599,6

Ilmalämpöpumppu

Ilmalämpöpumppu on lämmitysjärjestelmä, joka siirtää lämpöä ulkoilmasta sisätiloihin. Ulkoyksikkö koostuu kompressorista, lämmönvaihtimesta ja puhaltimesta ja se vastaanottaa ulkoilman lämmön. Sisäyksikkö koostuu lämmönvaihtimesta ja puhaltimesta ja se luovuttaa lämmön huoneilmaan.

Yksiköiden välillä kulkee kylmäaine suljetussa järjestelmässä, joka siirtää lämmön ulkoyksiköltä sisäyksikölle. Ilmalämpöpumpun ei ole tarkoitus olla ainoa lämmitysjärjestelmä, vaan se on tukemassa toisen jatkuvatoimisen lämmitysjärjestelmän toimintaa. Ilmalämpöpumppu on myös tehokas jäähdytysjärjestelmä kesän helteille.

Ilmalämpöpumpun mitoituksen voi karkeasti arvioida neliöiden kautta. Laskennallinen lämmitysteho on noin 65 kilowattia lattianeliömetrin kohti (KKH-Luoma 2023.) Taukotilan ollessa noin 34 m², saadaan lämmitystekoksi noin 2,1 kW. Esimerkiksi Toshiba Multisplit - ilmalämpöpumppu voisi olla sopiva vaihtoehto. Kuvassa 4 ilmalämpöpumpun tekniset tiedot.

Ulkoyksikkö		2-huoneen multi	
		RAS-2M10U2AVG-E	
Jäähdytysteho	kW		3.3
Jäähdytysteho (min. - max.)	kW		1.25 - 3.9
Virransyöttö	kW	C	0.76
EER	W/W		4.35
SEER			6.73
Energiatohokkuusluokka		C	A++
Lämmitysteho	kW		4.0
Lämmityskapasiteetti (min. - max.)	kW		1.00 - 4.90
Virransyöttö	kW	H	0.81
COP	W/W		4.94
SCOP			4.60
Energiatohokkuusluokka		H	A++

Kuva 4. Toshiba Multisplit: in suoritustiedot (Toshibasuomi 2023).

Taulukossa 4 nähdään kuinka ilmalämpöpumpun tuotto jakautuu vuodelle. Lämmöntarve on suurin lokakuun ja maaliskuun välissä talvisaikaan, jolloin ilmalämpöpumpun käyttö on perusteltua. Ilma-ilmalämpöpumpun tuottama energian enimmäismäärä vuodessa on 3000 kWh/laite (Finlex, 2017.)

Taulukko 4. Ilmalämpöpumpun tuoton jakautuminen vuodelle

	Tu	d	h	Q tila	Q pumppu
Tammi	-8,00	31	744	764,1	511
Helmi	-7,10	28	672	685,1	462
Maalis	-3,53	31	744	701,5	511
Huhti	2,42	30	720	579,3	
Touko	8,84	31	744	474,9	
Kesä	13,39	30	720	363,3	
Heinä	15,76	31	744	306,2	
Elo	13,76	31	744	333,0	
Syys	9,18	30	720	396,3	
Loka	4,07	31	744	496,2	511
Marras	-1,76	30	720	588,9	495
Joulu	-5,92	31	744	700,5	511

Pumppu

Lämmittää [kWh/a]	3000
-------------------	------

Kuten taulukosta 5 voidaan huomata, on ilmalämpöpumppu sähkölämmityksen tukena huomattavasti halvempi valinta sosiaaliltaan kuin sähkölämmitys yksistään. Tässä kohteessa ilmalämpöpumppu maksaisi itsensä takaisin 4,9 vuodessa, jos ilmalämpöpumppu kustantaisi 2000 €.

TAULUKKO 5. Ilmalämpöpumpun rahallinen säästö verrattuna sähkölämmitykseen

Sisälämpötila [C]	Lämmitystarve [kWh]	Suora sähkö [€/a]	Sähkö+ILP [€/a]
21	6389,3	864,5	458,6
18	5982,1	809,4	403,5
15	4431,3	599,6	193,7

Maalämpö

Maalämpö hyödyntää maaperään varastoitunutta lämpöä. Se koostuu maalämpöpumpusta ja maalämpökaivosta tai -keruupiiristä. Kaivo porataan maaperään ja keruupiiri asennetaan

vaakatasoon maan alle tai vesistöön. Putkistoissa kiertää lämmönsiirtoneste, joka ottaa talteen lämpöä maaperästä. Kuvassa 5 on periaatepiirroksat erilaisista lämmönkeruutavoista.



Kuva 5. Erilaiset lämmönkeruutavat (Nivos 2023.)

Maalämpö kannattaa yleensä parhaiten isoissa, yli 150 neliömetrin rakennuksissa, joissa vuotuinen kokonaisenergiankulutus on yli 30 000 kilowattituntia. (Urakkamaailma 2023). Jo tämän perusteella pelkkään sosiaalitalaan ei ole kannattavaa laittaa maalämpöä. Taukotilan lämmityskustannusten ollessa matalat, maalämmön takaisinmaksuaika venyisi tarpeettomasti eikä järjestelmä olisi kustannustehokas.

Aurinkokeräimet ja -paneelit

Aurinkokeräimet ovat laitteita, joilla kerätään aurinkoenergiaa ja muutetaan se hyödynnettäväksi lämmöksi. Keräin asetetaan paikkaan, jossa se saa mahdollisimman paljon auringonsäteilyä. Keräimessä on läpinäkyvä, yleensä lasinen pinta, jonka alla on tumma absorptiopinta. Pinta imee itseensä mahdollisimman paljon säteilyenergiaa ja pinnan alla kulkeva lämmönsiirtoaine lämpiää ja kuljettaa lämmön absorptiopinnalta lämmönvaihtimeen. Vaihtimessa lämmönsiirtoaineessa oleva lämpö siirretään esimerkiksi veteen, jota voi käyttää muun muassa tilojen lämmittämiseen (Vattenfall 2023 ja Motiva 2022).

Aurinkopaneelit tai aurinkokennot ovat laitteita, jotka muuttavat auringonvalon sähköksi. Auringonsäteily koostuu fotoneista. Fotonit absorboituvat puolijohdemateriaaliin, kuten piihin. Tämä saa aikaan elektronien liikkeelle lähdön. Elektronit pääsevät virtamaan puolijohdemateriaalissa ja muodostavat sähkövirtaa (Vattenfall 2023 ja Motiva 2022).

Aurinkopaneelit tuottavat tasavirtaa, joka ei sovellu kodin laitteiden virranlähteeksi sellaisenaan. Tasavirta muutetaan vaihtovirraksi invertterin avulla.

Kyseisessä kohteessa haasteeksi tulee keräimien tai paneelien sijainti. Rakennuksen katon lappeet ovat itään ja länteen. Suuntaus vaikuttaa merkittävästi tuotantoon. Hyödyllisin asennussuunta on etelään päin. Itä-länsi asennussuunta on hyödyllinen vain kesäaikaan, eikä silloinkaan parhaimmillaan, sillä katteelle paistaa pelkästään aikaisin aamulla tai myöhään illalla. Aurinkosähkön hankinta on kannattavinta, kun sähkönkulutus on korkea päiväsaikaan. (Motiva 2022). Tiloja käytetään pääsääntöisesti ilta-aikaan, jolloin sähkönkulutusta päiväsaikaan ei ole tai se on hyvin pientä.

Koska lämmintä käyttövettä tarvitaan pääasiassa käsien pesuun, ei aurinkokeräimiä ole kannattavaa asentaa pelkästään sen takia. Lappeen suunnan takia järjestelmä ei ole tuottava rakennuksen pääsääntöiseen käyttöaikaan eli iltaisin. Tiloja ei ole tarpeen lämmittää kesäisin, joten aurinkoenergiaa ei ole energiatehokasta varastoida myöskään vesikiertoiseen lämmitysjärjestelmään.

Lappeen suunnan ja pienen sähkönkulutuksen takia aurinkopaneelitkaan eivät ole kannattava järjestelmä tähän kohteeseen. Kesäisin sähkölaitteita, kuten ratsastusalan valoja ei ole tarpeen käyttää tai käyttö on hyvin vähäistä ilta-aikaan. Sosiaalitallassa on vain muutama sähkölaitte, kuten kahvinkeitin, joten pelkästään niiden takia ison järjestelmän asentaminen ei olla hyödyllistä.

Tähän kohteeseen ei ole suurta hyötyä asentaa kumpaakaan järjestelmää. Lappeiden sijaintien takia järjestelmät eivät tuottaisi tarpeeksi energiaa, silloin kun sille on tarve. Toisaalta energiankulutus tässä kohteessa on vähäistä, joten järjestelmät eivät välttämättä tuota riittävästi energiaa, jotta investointi olisi kannattavaa. Vaikka suoranainen sähkölasku pienenesi, järjestelmän takaisinmaksuaika venyisi kohtuuttomasti.

3.3 Valittu lämmitysmuoto

Sosiaalitalaan on valittu pääsääntöiseksi lämmitysjärjestelmäksi sähkölämmitys, jonka toimintaa on tukemassa ilmalämpöpumppu kahdella sisäyksiköllä. Ilmalämpöpumppu tuo ratkaisuun

taloudellisuutta ja energiatehokkuutta. Maalämpöä tai aurinkokeräimiä tai -paneeleita tähän kohteeseen ei ole hyödyttävää tai kustannustehokasta laittaa.

Koska taukotila on käytössä vain 6—7 tuntia vuorokaudessa, on sinne valittu 18 °C sisälämpötilaksi. Ilmalämpöpumpun valinnassa on huomioitu, että sisälämpötilaa voidaan nostaa tarvittaessa.

4 SISÄILMASTO

Ilmanvaihdolla saadaan raikas ja terveellinen sisäilma. Sen toimivuus riippuu esimerkiksi rakennuksen koosta, ilmanvaihdon suunnittelusta ja lämpötilasta. Tehokas ja toimiva ilmanvaihto poistaa ilmasta epäpuhtauksia ja kosteutta. Maneesissa ilmanvaihdon vaihtoehtoja mietitään maneesin sisällä olevaan sosiaalitalaan ja ratsastusalalle.

4.1 Sosiaalitalan ilmanvaihto

Sosiaalitalan ilmanvaihto voidaan hoitaa joko koneellisesti tai painovoimaisesti. Painovoimaisessa ilmanvaihdossa korvausilmaventtiilit voisi sijoittaa toimiston ja taukotilan puolelle ja poistoilmaventtiili pesuhuoneen puolelle. Maneesin ollessa korkea, saataisiin poistoilmahormin yläpään ja tuloilmaventtiin väliseksi korkeuseroksi vähintään viisi metriä. Lisäksi alue sijaitsee merenrannan läheisyydessä, joten tuulen aiheuttama paine-ero on taattu (Ilmakas 2023). Ilmanvaihto voidaan hoitaa myös koneellisesti.

Sosiaalitalassa on päädytty koneelliseen ilmanvaihtoon. Koneellinen ilmanvaihto on painovoimaista varmatoimisempi muun muassa kesällä, jolloin lämpötilaeroa ulko- ja sisäilman välillä ei aina ole. Koska tila sijaitsee maneesin sisällä, missä muun muassa pölyisyys on ongelma, nostetaan ilmavirtoja tavanomaista asuntorakennusta korkeammalle. Taukotilaan sijoitetaan kaksi tuloilmaventtiiliä ja yksi poistoilmaventtiili. Kylpyhuoneeseen sijoitetaan yksi poistoilmaventtiili ja tuloilma hoidetaan siirtoilmalla oven alta. Toimistoon sijoitetaan yksi tuloilmaventtiili ja yksi poistoilmaventtiili. Sosiaalitalasta poistetaan ilmaa yhteensä 57 l/s ja taukotilaan tuodaan ilmaa yhteensä 55 l/s. Koneeksi on valittu Vallox 096 MV -ilmanvaihtokone.

4.2 Ratsastusalan ilmanvaihto

Pölyäminen on isoimpia ratsastusalan sisäilmastoon vaikuttavista ongelmista. Pintakerroksesta voi irrota hengitysilmaan sekä epäorgaanista ainetta, kuten hiekkaa, että orgaanista ainetta, kuten hevosen lannassa olevaa hienoainesta. (Hevostietokeskus 2016). Pienimmät hiukkaset voivat kulkeutua keuhkoihin asti. Suuremmat hiukkaset pysähtyvät ylähengitysteihin, mutta voivat siltikin aiheuttaa ärsytystä. Ongelmia voi aiheutua niin ihmisille kuin hevosille. Tutkimuksen mukaan

maneesissa työskenteleville ihmisille kehittyä todennäköisemmin kroonisen keuhkoputkentulehduksen oireita kuin ulkoratsastuskentällä työskenteleville. Muita sairauksia, joita maneesissa pääsääntöisesti työskentelevillä esiintyy, ovat krooninen nuha, astma ja keuhkokuume (Kollar J.L. 2005.) 2019 tehdyssä mittauksessa havaittiin, että pölisevällä kentällä kvartsipölyn määrä oli kohonnut sellaiselle tasolle, josta voi aiheutua vakavia keuhkosairauksia. (Bulfin K. 2019.) Kvartsipölylle altistuminen voi aiheuttaa silikoosia ja keuhkosityöpää (Työterveyslaitos 2020).

2019 tehdyssä tutkimuksessa kuitupohjaisessa maneesissa, jossa hiekkaa on sekoitettu kuitua tai tekstiiliä, ilmaan vapautui enemmän pölyä kuin maneesissa, jossa pohja on tehty hiekasta tai hiekan ja puuhakkeen seoksesta. Kuitupohjaisessa maneesissa pöly saadaan hallintaan riittävällä kastelulla ja varmistamalla pohjan möyhinnällä, ettei kuitu pääse nousemaan kentän pintaan (Bulfin K. 2019.)

Suomen Hevostietokeskus on suorittanut mittauksia sisäilman laadusta erilaisissa maneeseissa. Mittausaika oli yli 2 tuntia, mittaushetkellä maneesissa oli noin viisi ratsukkoa, ja näytteet kerättiin 130–160 cm korkeudelta. Pitoisuudet olivat työhygieenisestä näkökulmasta tarkasteltuna pieniä. Taulukossa 6 esitellään mittausten tulokset.

TAULUKKO 6. Suomen hevostietokeskuksen suorittama mittaus sisäilman laadusta (Hevostietokeskus 2021).

Maneesi	Nro 1	Nro 2	Nro 3	Nro 4	Nro 5	Nro 6*	Nro 6**
Pintakerros	Hiekka	Hiekka	Hiekka	Hiekka	Hiekka+geopat	Hiekka+geopat	Hiekka+geopat
Hengittävä pöly, mg/m ³	0,19	0,36	0,16	0,12	0,36	0,22	0,1
Pölyn alveolijae, mg/m ³	0,03	0,09	0,02	0,02	0,03	0,02	0,03
Kokonaishomemassa, U/m ³	137	101	179	112	144	350	100
Endotoksiini, EU/m ³	9	10	3	6	12	7	2

* mittaus tehty ennen pintakerroksen uusimista

** mittaus tehty pintakerroksen uusimisen jälkeen

Pölyämistä voidaan estää pohjan säännöllisellä huollolla. Näitä ovat kasteleminen, möyhentäminen, suolaaminen ja lannan keräys. Keräämätön lanta kuivattaa pohjaa entisestään, eikä sido kosteutta. Suomessa alta kasteltavia pohjia ei ole montaa. Pääsääntöisesti kastelu suoritetaan "ylhäältäpäin" erilaisilla kastelujärjestelmillä, sadettimilla tai traktori ja vesisäiliö - yhdistelmällä. Suolaaminen auttaa pölynsidonnassa.

Ratsastusalan puolella on päädytty painovoimaiseen ilmanvaihtoon. Se perustuu ilman luonnolliseen liikkeeseen, jossa lämmin ilma nousee ylös ja kylmä ilma virtaa alhaalta sisälle korvaamaan poistuneen ilman. Katolla oleva valoharja on auki ylhäältä, mitä kautta lämmin ilma pääsee poistumaan rakennuksesta. Valoharjalla saadaan aikaan luonnollinen veto (Conexx 2023.)

Koska maneesi on käytössä myös kesäisin, saattaa ilman vaihtuvuuden kanssa olla haasteita. Kesän lämpimillä keleillä on haastavaa saada aikaiseksi riittävää lämpötilaeroa, jotta painovoimainen ilmanvaihto toimisi kunnolla. Tähän ongelmaan voisi olla avuksi esimerkiksi koneellinen poisto. Koneellisella poistolla voidaan poistaa lämpöä ja hiekkapohjasta nousevaa pölyä. Tämä parantaisi maneesissa oleskelevien mukavuutta ja turvallisuutta. Korvausilma tulisi oviraoista ja rakenteiden raoista tai tarvittaessa voitaisiin asentaa korvausilmaventtiilejä. Koneellinen poisto on mahdollista lisätä maneesiin jälkikäteen.

POHDINTA

Työn tavoitteena oli selvittää, millaisia erilaisia LVI-ratkaisuja olisi mahdollista käyttää ratsastusmaneesissa ja sen ohessa olevissa tiloissa. Opinnäytetyön materiaaleina toimivat valmiit dokumentit, havainnointi, muiden tutkijoiden keräämät aineistot ja kertomukset.

Toimiva maneesi on tärkeä niin maneesissa työskenteleville opettajille ja harjoitteleville ratsukoille. Sillä on suuri vaikutus terveydelle. Esimerkiksi huonosti toimiva ilmanvaihto ja huonosti tehty ja huollettu pohja nostavat riskiä vakaville hengitystiesairauksille. Pohjalla, jolla hevonen juoksee, on merkitystä hevosen jalkojen terveydelle. Tarkka pohdinta useammasta näkökulmasta ja oikea mitoitus luovat perustan toimivalle järjestelmälle.

Tässä kohteessa päädyttiin sosiaalityössä koneelliseen ilmanvaihtoon ja ilmalämpöpumpun ja sähkölämmityksen yhdistelmään. Ratsastusalan puolella päädyttiin painovoimaiseen ilmanvaihtoon. Ratsastusalan puolta ei ole eristetty, joten sitä ei lämmitetä. Tulevaisuudessa ratsastusalan puolelle on mahdollista lisätä koneellinen poistoilma auttamaan ilmanvaihtumista erityisesti kesällä, kun lämpötilaeroa ei juurikaan ole sisä- ja ulkoilman välillä.

LÄHTEET

Bulfin K. 2019. Occupational exposures in an equestrian ccentre to respirable dust and respirable crystalline silica. Hakupäivä 24.2.2023. https://www.researchgate.net/publication/335589536_Occupational_Exposures_in_an_Equestrian_Centre_to_Respirable_Dust_and_Respirable_Crystalline_Silica

Conexx. Navetta: Valoharja. Hakupäivä 22.2.2023. <https://www.conexx.fi/valoharja>

Finlex 2017. Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatodistuksesta. Hakupäivä 24.5.2023. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20171048>

Hevostietokeskus 2021. Ratsastuskentän pölystä voi olla haittaa terveydelle. Hakupäivä 24.2.2023. <https://hevostietokeskus.fi/i/talliymparisto/tarhat-ja-kentat/ratsastuskentan-pohjan-hoidosta/ratsastuskentan-polysta-voi-olla-haittaa-terveydelle>

Hevostietokeskus 2016. Ratsastuskentän pohjan hoidosta. Hakupäivä 24.2.2023. <https://hevostietokeskus.fi/i/talliymparisto/tarhat-ja-kentat/ratsastuskentan-pohjan-hoidosta/ratsastuskentan-polysta-voi-olla-haittaa-terveydelle>

Hippolis. Hevostalous Suomessa. Hakupäivä 21.2. 2023. <http://www.hippolis.fi/kehittamishankkeet/hevoset-ja-yhteiskunta-hanke/hevoset-ja-kunta/hevostalous-suomessa/>

Ilmakas. Painovoimainen ilmanvaihto – Miten se toimii? Hakupäivä 24.2.2023 <https://ilmakas.fi/painovoimainen-ilmanvaihto/>

KKH-Luoma Oy. Mitoitus ja asennus. Hakupäivä 30.4.2023 <https://www.kkh-luoma.fi/mitoitus/>

Kollar J.L. 2005. Dust exposure and respiratory disorders in equine instructors. Hakupäivä 24.2.2023. [https://www.appliedanimalscience.org/article/S1080-7446\(15\)31181-5/pdf](https://www.appliedanimalscience.org/article/S1080-7446(15)31181-5/pdf)

Motiva 2022. Aurinkosähkön ja sähkönkulutuksen yhteensovittaminen. Hakupäivä 13.5.2023.
https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/jarjestelman_valinta/aurinkosahkon_ja_sahkonkulutuksen_yhteensovittaminen

Motiva 2022. Aurinkosähköteknologia. Hakupäivä 24.5.
https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/aurinkosahkojarjestelmat/aurinkosahkoteknologiat

Nivos. Näin maalämpöpumppu toimii. Hakupäivä 23.5.2023.
<https://www.nivos.fi/kotiin/artikkeli/nain-maalampopumppu-toimii>

Oomi. Sähkösopimukset ja sähkön hinta. Hakupäivä 18.2.2023.
<https://oomi.fi/sahko/sahkosopimukset/>

Rakennusteollisuus RTT ry, 2017. Building components and building elements. Thermal resistance and thermal transmittance. Calculation methods (ISO 6946:2017)

Työterveyslaitos 2020. Kvartsi (kiteinen piidioksidi). Hakupäivä 24.2.2023.
<https://www.ttl.fi/teemat/tyoturvaluisuus/altistuminen-tyoympariston-haittatekijoille/kemiallisten-tekijoiden-hallinta-tyopaikalla/kemikaalit-ja-tyo-altistumistietosivusto/kvartsi-kiteinen-piidioksidi>

Urakkamaailma 2023. Maalämpö – Paljonko maalämpöpumpun asentaminen ja käyttö maksaa?
Hakupäivä 21.2.2023 <https://www.urakkamaailma.fi/maalampo-hinta>

Urakkamaailma 2023. Ilmalämpöpumppu – Mikä on ilmalämpöpumpun hinta asennettuna?
Hakupäivä 21.2.2023 <https://www.urakkamaailma.fi/remonttien-hinnat/lampo/ilmalampopumput>

Ympäristöministeriö 2018. Energiatohokkuus. Hakupäivä 29.5.
<https://ym.fi/documents/1410903/0/Ohje+-+Rakennuksen+energiankulutuksen+ja+l%C3%A4mmitystehontarpeen+laskenta+20-12-2017.pdf/3efb5c34-e921-592e-3d54-aaf9ecc1b62e/Ohje+-+Rakennuksen+energiankulutuksen+ja+l%C3%A4mmitystehontarpeen+laskenta+20-12-2017.pdf?t=1647934666563>

Vattenfall 2023. Miten aurinkosähkö tuotetaan? Hakupäivä 24.5.

<https://www.vattenfall.fi/sahkosopimukset/tuotantomuodot/aurinkovoima/>

LIITTEET

U-arvon laskenta, US1

LIITE 1

US1/villa	Paksuus [m]	Lambda [W/mK]	R
Rsi	-	-	0,13
Sisäverhous/Kipsi	0,013	0,21	0,06
Sisäverhouksen koolaus	0,048	0,12	0,40
Höyrynsulkumuovi	0,002		0,02
Mineraalivilla	0,24	0,036	6,67
Tuulensuojalevy	0,009	0,23	0,04
Ulkoerhous/Vaneri	0,018	0,15	0,12
Rse	-	-	0,04
		Rtot	7,48

US1/tolppa	Paksuus [m]	Lambda [W/mK]	R
Rsi	-	-	0,13
Sisäverhous/Kipsi	0,013	0,21	0,06
Sisäverhouksen koolaus	0,048	0,12	0,40
Höyrynsulkumuovi	0,002		0,02
Pystytolppa	0,148	0,12	1,23
Tuulensuojalevy	0,009	0,23	0,04
Ulkoerhous/Vaneri	0,018	0,15	0,12
Rse	-	-	0,04
		Rtot	2,04

Painoitukset	l [mm]	ltot [mm]	f
Villa	558	600	0,93
Tolppa	48	600	0,08

	W/m ² K	m ² K/W
Yläikiarvo	0,16	6,12
Seinän U-arvo	0,164	

US2/villa	Paksuus [m]	Lambda [W/mK]	R
Rsi	-	-	0,13
Sisäverhous/Kipsi	0,013	0,21	0,06
Sisäverhouksen koolaus	0,048	0,12	0,40
Höyrynsulkumuovi	0,002		0,02
Mineraalivilla	0,24	0,036	6,67
Tuulensuojalevy	0,009	0,23	0,04
Ilmarako/Rsi	-	-	0,13
Ulkoverhous			
Rse			
		Rtot	7,45

US2/tolppa	Paksuus [m]	Lambda [W/mK]	R
Rsi	-	-	0,13
Sisäverhous/Kipsi	0,013	0,21	0,06
Sisäverhouksen koolaus	0,048	0,12	0,40
Höyrynsulkumuovi	0,002		0,02
Pystytolppa	0,148	0,12	1,23
Tuulensuojalevy	0,009	0,23	0,04
Ilmarako/Rsi	-	-	0,13
Ulkoverhous			
Rse			
		Rtot	2,01

Painoitukset	l [mm]	ltot [mm]	f
Villa	558	600	0,93
Tolppa	48	600	0,08

	W/m ² K	m ² K/W
Yläikiarvo	0,16	6,08
Seinän U-arvo	0,165	

Alapohja/reuna-alue	Paksuus [m]	Lambda [W/mK]	R
Rsi	-	-	0,17
Betonilaatta	0,08	1,35	0,06
EPS-eriste	0,15	0,033	4,55
Hiekka	0,6	1	0,60
Sora	0,4	2	0,20
Rb	-	-	0,80
Rtot			6,37
U-arvo			0,16

Alapohja/sisä-alue	Paksuus [m]	Lambda [W/mK]	R
Rsi	-	-	0,17
Betonilaatta	0,08	1,35	0,06
EPS-eriste	0,15	0,033	4,55
Hiekka	0,6	1	0,60
Sora	0,3	2	0,15
Rb	-	-	0,80
Rtot			6,32
U-arvo			0,158

Yläpohja	Paksuus [m]	Lambda [W/mK]	R
Rsi	-	-	0,1
Kipsilevy	0,013	0,21	0,06
Koolaus	0,048	0,12	0,40
Höyrynsulkumuovi	0,002	-	0,02
Mineraalivilla	0,3	0,036	8,33
OSB-levy	0,018	1	0,02
Ru	-	-	0,30
Rse	-	-	0,04
Rtot			9,27
U-arvo			0,108

Vyöhyke 3	Tu	d	h	ΔT maa, kk [C]	Tmaa, kk	Qjoht (us,yp,ovi,ikk)	Qjoh (ap)
Tammi	-8,00	31	744	0	8,43	342	148,1
Helmi	-7,10	28	672	-1	7,43	299	144,4
Maalis	-3,53	31	744	-2	6,43	289	171,6
Huhti	2,42	30	720	-3	5,43	212	177,5
Touko	8,84	31	744	-3	5,43	143	183,4
Kesä	13,39	30	720	-2	6,43	87	166,1
Heinä	15,76	31	744	0	8,43	62	148,1
Elo	13,76	31	744	1	9,43	85	136,3
Syys	9,18	30	720	2	10,43	135	120,5
Loka	4,07	31	744	3	11,43	199	112,8
Marras	-1,76	30	720	3	11,43	259	109,1
Joulu	-5,92	31	744	2	10,43	317	124,5

Vyöhyke 3	Qkylmäsiilat	Qjoht	Q iv, tuloilma	Q vuotoilma	Q korvausilma	Qtila
Tammi	122,7	612,4	57,1	94,6	0,0	764,1
Helmi	107,4	550,7	51,6	82,8	0,0	685,1
Maalis	103,8	564,4	57,1	80,0	0,0	701,5
Huhti	76,1	465,4	55,3	58,7	0,0	579,3
Touko	51,5	378,1	57,1	39,7	0,0	474,9
Kesä	31,2	284,0	55,3	24,0	0,0	363,3
Heinä	22,2	232,0	57,1	17,1	0,0	306,2
Elo	30,6	252,2	57,1	23,6	0,0	333,0
Syys	48,4	303,6	55,3	37,3	0,0	396,3
Loka	71,7	383,8	57,1	55,2	0,0	496,2
Marras	93,2	461,7	55,3	71,9	0,0	588,9
Joulu	113,9	555,5	57,1	87,8	0,0	700,5