



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Laura Saarimaa

Uudisrakennuksen energiatehokkuus

U-arvo ja tasauslaskelma

Opinnäytetyö

Kevät 2024

Insinööri (AMK), Rakennustekniikka



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Tutkinto-ohjelma: Insinööri (AMK), rakennustekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Talonrakennustekniikka

Tekijä: Laura Saarimaa

Työn nimi alaotsikoineen: Uudisrakennuksen energiatehokkuus, U-arvo ja tasauslaskenta

Ohjaaja: Petri Koistinen

Vuosi:2024

Sivumäärä: 51

Liitteiden lukumäärä: 3

Opinnäytetyössä perehdyttiin uudisrakennuksen energiatehokkuuteen. Opinnäytetyö rajattiin käsittelemään u-arvon laskemista sekä lämpöhäviöiden tasauslaskelman tekemistä. Yleisellä tasolla käsiteltiin myös e-lukua sekä energiatodistuksen laadintaa sekä sen eri osa-alueita. Opinnäytetyössä laadittiin Excel-pohja U-arvojen laskemiseen sekä tasauslaskelman laatimiseen. Laaditulla ohjelmalla määritettiin esimerkkinä toimineelle uudelle omakotitalolle u-arvot sekä tasauslaskelma. Saatuja tuloksia vertailtiin valmiilla ilmaisilla ohjelmilla saatuihin tuloksiin.

¹ Asiasanat: energiatehokkuus, energiatodistus, ilmanvaihtojärjestelmät, lämpöhäviö, rakennussuunnittelu

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Degree programme: Bachelor of Engineering, Construction Engineering

Specialisation: Building Construction

Author: Laura Saarimaa

Title of thesis: Energy efficiency of new building, u-value and compensation calculation of heat losses.

Supervisor: Petri Koistinen

Year:2024

Number of pages: 51

Number of appendices: 3

The thesis studied the energy efficiency of new buildings. The thesis was limited to dealing with the calculation of U-value and the compensation calculation of heat losses. In general, E-value and the sections of Energy Certificate were discussed. An Excel-template was created to calculate the U-value and heat loss equalization calculation. The prepared Excel-program was used to determine the U-value and heat loss equalization calculation for a new single-family house that served as an example. The results obtained were compared with those obtained with free programs.

¹ Keywords: energy efficiency, energy certificates, ventilation systems, heat loss, construction design

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä	2
Thesis abstract	3
SISÄLTÖ	4
Kuvio- ja taulukkoluetelo	6
Käytetyt termit ja lyhenteet.....	7
1 JOHDANTO	8
2 U-ARVON MÄÄRITTÄMINEN	9
2.1 U-arvo	9
2.2 Kokonaislämmönvastus	9
2.2.1 Yksittäisen ainekerroksen lämmönvastus	9
2.2.2 Useaa ainekerrosta sisältävän rakenteen lämmönvastus	10
2.3 Kokonaislämmönvastus	10
2.4 Kokonaislämmönvastuksen yläkiarvo	11
2.5 Kokonaislämmönvastuksen alakiarvo	11
2.6 Korjattu U-arvo	12
2.6.1 Mekaanisten kiinnikkeiden korjaustermi.....	14
2.6.2 Ilmaraoista aiheutuva korjaustermi	16
2.6.3 Käännettyjen kattojen aiheuttama korjaustermi	17
2.6.4 Viivamaisista kylmäsilloista aiheutuva korjaustermi	18
3 LÄMPÖHÄVIÖT	19
3.1 Lämpöhäviöiden määrittäminen	19
3.2 Vaipan lämpöhäviöt.....	19
3.3 Vuotoilman lämpöhäviöt	21
3.4 Ilmanvaihdon lämpöhäviöt.....	23
3.5 Lämpöhäviöiden tasauslaskelma	24
4 RAKENNUKSEN ENERGIA TEHOKKUUS	25
4.1 E-luku	25
4.1.1 Laskennan lähtöarvot.....	26

4.1.2	Lämmitetty nettoala.....	27
4.1.3	Rakennusosien pinta-alat	28
4.1.4	Rakenteet.....	28
4.1.5	Ilmanvaihto.....	30
4.1.6	Vuotoilma	30
4.1.7	Lämmin käyttövesi	31
4.1.8	Lämmitysjärjestelmä	32
4.1.9	Sähkö.....	32
4.1.10	Jäähdytys.....	32
4.1.11	Eryyistapaukset.....	32
4.2	Rakenteellinen energiatehokkuus	33
4.3	Energiatodistus.....	34
5	LASKENTAPOHJIEN LAADINTA.....	38
5.1	Lähtötiedot	38
5.2	Kohteen tiedot	38
5.3	Laaditut laskentapohjat	41
5.3.1	U-arvolaskurit.....	41
5.3.2	Lämpöhäviöt	41
5.4	Tulosten vertailu	42
6	YHTEENVETO	43
	LÄHTEET	44
	LIITTEET	46

Kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuvio 1. Kohteen pohjapiirustus	38
Kuvio 2. Ulkoseinärakenne	40
Kuvio 3. Yläpohjarakenne	40
Kuvio 4. Alapohjarakenne	41
Taulukko 1. Ilmaraoista aiheutuva korjauskerroin	17
Taulukko 2. Lämpimän tai jäähdytettävän kylmän tilan lämmönläpäisykertoimien vertailuarvot	20
Taulukko 3. Siirtokelpoisen rakennuksen sekä puolilämpimän tilan lämmönläpäisykertoimien vertailuarvot	21
Taulukko 4. Loma-asumiseen suunniteltavan pientalon lämmönläpäisykertoimien vertailuarvot	21
Taulukko 5. Vuotoilman laskentaan vaikuttava kerroin x	22
Taulukko 6. Rakennusosien lämmönläpäisykertoimien vertailuarvot ja erikoistilojen välisten rakenteiden lämmönläpäisykertoimien enimmäisarvot	29
Taulukko 7. Käyttötarkoituksiluokittainen lämmitysenergian nettotarve lämmitettyä nettoalaa kohti	31
Taulukko 8. Rakenteellisen energiatehokkuuden vaatimukset asuinrakennukselle	33
Taulukko 9. Kohteen perustietoja	39

Käytetyt termit ja lyhenteet

- Lämmönläpäisykerroin** Lämmönläpäisykerroin tunnetaan paremmin u-arvona. Arvo kertoo, kuinka paljon energiaa siirtyy rakenteen läpi yhden neliön suuruisen alueen kautta, kun lämpötilaero on 1 aste/kelvin.
- Ilmanvuotoluku** Ilmaisee, kuinka monta kuutiota ilmaa vuotaa yhden rakennusvai-
pan neliön läpi tunnissa, kun paine-ero on 50 pascalia.

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tarkoituksena on perehtyä uudisrakennuksen energiatehokkuuteen. Asiakokonaisuuden ollessa hyvin laaja, opinnäytetyö rajataan keskittymään tarkemmin U-arvon laskentaan sekä lämpöhäviöiden laskemiseen. Näiden laskemiseen tarvittavat kaavat kerrotaan aihekohtaisesti. Opinnäytetyö sisältää myös E-luvun sekä energiatodistuksen käsittelemistä yleisellä tasolla. Opinnäytetyössä laaditaan Excel-ohjelmistopohjaiset laskentaohjelmat rakennuksen ulkoseinän sekä yläpohjan U-arvon laskemiseen. Suunniteltavana olevalle yksikerroksiselle omakotitalolle lasketaan ulkoseinän ja yläpohjan U-arvo sekä lämpöhäviöiden taseaselkelma hyödyntäen teoriaosuutta sekä Excel-ohjelmistopohjaa. Saatuja tuloksia verrataan internetissä olevilla ilmaisilla laskentapohjilla saataviin tuloksiin. Lopuksi tehdään yhteenveto, erosivatko tulokset keskenään ja mistä mahdolliset eroavaisuudet voivat johtua.

2 U-ARVON MÄÄRITTÄMINEN

2.1 U-arvo

U-arvoa kutsuttiin aikaisemmin k-arvoksi. U-arvo ilmaisee, paljonko energiaa siirtyy rakenteen läpi yhden neliön suuruisen alueen kautta, kun lämpötilaero on 1 aste. (Myyryläinen, 2019, s. 42.)

U-arvo eli lämmönläpäisykerroin lasketaan kokonaislämmönvastuksen käänteislukuna kaavalla 1. (Ympäristöministeriö, 2012, s. 6).

$$U = 1/R_T \quad (1)$$

missä	U	lämmönläpäisykerroin
	R_T	rakennusosan kokonaislämmönvastus; sisältää rakennusosan lämmönvastuksen sekä rakenneosan molempien puolien pintavastukset

2.2 Kokonaislämmönvastus

2.2.1 Yksittäisen ainekerroksen lämmönvastus

Lämpö voi johtua rakenteessa usean erilaisen rakennekerroksen läpi. Rakennekerroksilla on erilaisia lämmönvastuksia sekä ainepaksuuksia.

Yksittäisen rakennekerroksen lämmönvastus voidaan laskea kaavalla 2 (Ympäristöministeriö, 2012, s. 7).

$$R = \frac{d}{\lambda_u} \quad (2)$$

missä	R	ainekerroksen lämmönvastus
-------	---	----------------------------

d	ainekerroksen paksuus (m)
λ_u	ainekerroksen lämmönjohtavuuden suunnitteluarvo

2.2.2 Useaa ainekerrosta sisältävän rakenteen lämmönvastus

Mikäli rakenneosassa on useita erilaisia ainekerroksia, joilla on erilaiset lämmönjohtavuudet, lasketaan kokonaislämmönvastus kaavalla 3 (Ympäristöministeriö, 2012, s. 7).

$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se} \quad (3)$$

missä	R_T	rakennusosan kokonaislämmönvastus
	R_{si}	sisäpuolen pintavastus
	R_1, R_2, \dots, R_n	rakenneosan ainekerrosten 1, 2, ..., n lämmönvastukset
	R_{se}	ulkopuolen pintavastus

2.3 Kokonaislämmönvastus

Jos rakenne koostuu lämmönjohtavuudeltaan erilaisista rinnakkaisista ainekerroksista, rakenteelle tulee laskea erikseen kokonaislämmönvastuksen ylä- ja alalikiarvo. Rakennusosan kokonaislämmönvastus saadaan näiden kahden arvon keskiarvolla kaavalla 4. (Ympäristöministeriö, 2012, s. 7).

$$R_T = \frac{R'_T + R''_T}{2} \quad (4)$$

missä	R'_T	rakennusosan kokonaislämmönvastuksen ylälikiarvo (kaava 5)
	R''_T	rakennusosan kokonaislämmönvastuksen alalikiarvo (kaava 6)

2.4 Kokonaislämmönvastuksen ylälikiarvo

Rakennusosa jaetaan lämpövirran suuntaisiin lohkoihin, jotka muodostuvat lämpövirran suuntaan nähden peräkkäisistä eri ainekerroksista, joilla on erilaiset lämmönjohtavuudet. Lämmönjohtavuudeltaan erilaiset rinnakkaiset ainekerrokset sijoitetaan toisistaan riippumattomiin lohkoihin. Lohkot nimetään a, b, ..., n. (Ympäristöministeriö, 2012, s. 8).

Ylälikiarvo saadaan kaavalla 5.

$$\frac{1}{R'_T} = \frac{f_a}{R_{T,a}} + \frac{f_b}{R_{T,b}} + \dots + \frac{f_n}{R_{T,n}} \quad (5)$$

missä	R'_T	rakennusosan kokonaislämmönvastuksen ylälikiarvo
	f_a, f_b, \dots, f_n	lohkojen a, b, ..., n osuudet rakennusosan lämpövirran suuntaan nähden kohtisuorasta pinta-alasta
	$R_{T,a}, R_{T,b}, \dots, R_{T,n}$	lohkojen a, b, ..., n kokonaislämmönvastukset

2.5 Kokonaislämmönvastuksen alaliikiarvo

Rakennusosa jaetaan lämpövirran suuntaan nähden kohtisuoriin koko rakenteen läpi ulottuviin kerroksiin. Kerrokseen jako tapahtuu siten, että jokainen kerros on lämmönjohtavuudeltaan yhtenäinen lämpövirran suunnassa. (Ympäristöministeriö, 2021, s. 8).

Jokaisen kerroksen lämmönjohtavuudeltaan erilaisten rinnakkaisten lohkojen lämmönvastukset yhdistetään kaavalla 6. (Ympäristöministeriö, 2021, s. 8).

$$\frac{1}{R''_j} = \frac{f_a}{R_{ja}} + \frac{f_b}{R_{jb}} + \dots + \frac{f_n}{R_{jn}} \quad (6)$$

missä

R''_j	rakennusosan kerroksessa j yhdistettävien rinnakkaisten lohkojen a, b, ... n yhteenlaskettu lämmönvastus
---------	--

f_a, f_b, \dots, f_n yhdistettävien rinnakkaisten lohkojen a, b, ... n osuudet rakennusosan lämpövirran suuntaan nähden kohtisuorasta pinta-alasta

$R_{ja}, R_{jb}, \dots, R_{jn}$ rakenneosan kerroksessa j yhdistettävien rinnakkaisten lohkojen a, b, ... n lämmönvastukset

Eriolaisten rinnakkaisten lohkojen lämmönvastusten yhdistämisen jälkeen rakenneosan kokonaislämmönvastuksen alalikiarvo lasketaan kaavalla 7. (Ympäristöministeriö, 2012, s. 9).

$$R_T'' = R_{si} + (R_1'' + R_2'' + \dots + R_j'') + (R_1 + R_2 + \dots + R_k) + R_{se} \quad (7)$$

missä R_T'' rakennusosan kokonaislämmönvastuksen alalikiarvo

R_{si} sisäpuolen pintavastus

R_{se} ulkopuolen pintavastus

$R_1'', R_2'', \dots, R_j''$ rakennusosan kerroksissa a, b, ..., j olevien rinnakkaisten lohkojen lämmönvastukset

R_1, R_2, \dots, R_k rakenneosan tasa-aineisista ja tasapaksuista ainekerroksista muodostuvien kerrosten 1, 2, ..., k lämmönvastukset

2.6 Korjattu U-arvo

Kaavalla 1. saatua U-arvoa tulee korjata lämmönläpäisykertoimen korjaustermillä, mikäli rakenteessa on mekaanisia kiinnikkeitä, ilmarakoja, viivamaisia kylmäsiltoja tai kysymyksessä on käännetty katto. Viivamainen kylmäsilta voi olla esimerkiksi teräsranka. (Ympäristöministeriö, 2012, s. 9).

Korjattu lämmönläpäisykerroin lasketaan kaavalla 8.

$$U_c = U + \Delta U \quad (8)$$

missä	U_c	rakennusosan korjattu lämmönläpäisykerroin
	U	rakennusosan lämmönläpäisykerroin
	ΔU	lämmönläpäisykertoimen korjaustermi

Lämmönläpäisykertoimen korjaustermi lasketaan kaavalla 9.

$$\Delta U = \Delta U_f + \Delta U_g + \Delta U_r + \Delta U_\psi \quad (9)$$

missä	ΔU	lämmönläpäisykertoimen korjaustermi
	ΔU_f	mekaanisista kiinnikkeistä johtuva korjaustermi
	ΔU_g	ilmaraoista aiheutuva korjaustermi
	ΔU_r	käännyistä katoista aiheutuva korjaustermi
	ΔU_ψ	viivamaisista kylmäsilloista aiheutuva korjaustermi, esimerkiksi teräsranka

Jos saatu vastaus on vähemmän kuin 3 prosenttia rakennusosan lämmönläpäisykertoimen arvosta, korjaustermiä ei tarvitse ottaa huomioon lopullisen lämmönläpäisykertoimen eli U-arvon laskennassa. Lopullinen U-arvo rakenteelle on kaavalla 1 saatu vastaus. (Ympäristöministeriö, 2012, s.10).

2.6.1 Mekaanisten kiinnikkeiden korjaustermi

Eristeen läpi osittain tai kokonaan läpäisevä mekaaninen kiinnike tai muu tasaisin etäisyyksin rakennekerroksen läpi menevä, pistemäinen kylmäsilta voidaan laskea likimääräisellä kaavalla 10. Korjausta ei tarvitse tehdä, jos kiinnikkeiden lämmönjohtavuus on pienempi kuin 1 W/ (m K). Kaavaa 10 ei voi käyttää, jos kiinnike yhdistää kaksi metallilevyä. (Ympäristöministeriö, 2012, s. 10).

Mekaanisten kiinnikkeiden korjaustermin likimääräinen tulos saadaan kaavalla 10.

$$\Delta U_f = \frac{\alpha \lambda_f A_f n_f}{d_0} \left(\frac{R_{f0}}{R_{Th}} \right)^2 \quad (10)$$

missä	ΔU_f	mekaanisista kiinnikkeistä aiheutuva korjaustermi
	α	kerroin, kaava
	λ_f	kiinnikkeen lämmönjohtavuus
	A_f	yhden kiinnikkeen poikkipinta-ala
	n_f	kiinnikkeiden lukumäärä neliötä kohti
	d_0	lämmöneristekerroksen kokonaispaksuus, johon kiinnike asennettu
	R_{f0}	lämmöneristekerroksen lämmönvastus ilman kylmäsiltojen vaikutusta, jonka kiinnike läpäisee, kaava
	R_{Th}	tarkasteltavan rakenneosan kokonaislämmönvastus ilman korjaustekijöiden ja kylmäsiltojen vaikutusta

Kaavassa 10 oleva α -kerroin saadaan kaavalla 11. (Ympäristöministeriö, 2012, s. 11).

$$\alpha = 0,8 \frac{d_{f0}}{\lambda_0} \quad (11)$$

missä

d_0 sen lämmöneristekerroksen kokonaispaksuus, johon kiinnike on asennettu

d_{f0} pituus, jonka kiinnikkeen huomattavasti ympäröivää lämpöeristettä paremmin lämpöä johtava osa kulkee tarkasteltavan lämmöneristekerroksen sisällä kohtisuoraan eristeen paksuuden suuntaisesti. Lämpövirran suuntainen pituus.

Kaavassa 10 käytetty lämmönvastus R_{f0} saadaan kaavalla 12. (Ympäristöministeriö, 2012, s. 11).

$$R_{f0} = \frac{d_{f0}}{\lambda_0} \quad (12)$$

missä λ_0 lämmöneristekerroksen lämmönjohtavuus, jonka läpi kiinnike kulkee

d_{f0} lämpövirran suuntainen pituus, jonka kiinnike kulkee huomattavasti lämmöneristettä paremmin; lämpöä johtava osa kulkee tarkasteltavan lämmöneristekerroksen sisällä kohtisuorasti eristekerroksen paksuuden suuntaan

Mekaanisten kiinnikkeiden tarkempi arvo voidaan laskea kaavalla 13. (Ympäristöministeriö, 2012, s. 11).

$$\Delta U_f = \sum X_j \frac{n_j}{A} \quad (13)$$

missä	ΔU_f	mekaanisista kiinnikkeistä aiheutuva korjaustermi
	X_j	rakennusosassa olevien keskenään samanlaisten pistemäisten kylmäsiltojen aiheuttama pistemäinen lisäkonduktanssi
	n_j	samanlaisten pistemäisten kylmäsiltojen lukumäärä
	A	rakennusosan pinta-ala

2.6.2 Ilmaraoista aiheutuva korjaustermi

Lämmöneristekerroksessa olevien ilmarakojen sekä epäideaalisesta asennuksesta aiheutuva lisäys lämmönläpäisykertoimeen lasketaan kaavalla 14.

Ilmaraoista aiheutuva korjaustekijä voidaan laskea kaavalla 14. (Ympäristöministeriö, 2012, s. 12).

$$\Delta U_g = \Delta U'' \left(\frac{R_1}{R_{Th}} \right)^2 \quad (14)$$

missä	ΔU_g	ilmaraoista johtuva korjaustekijä
	$\Delta U''$	ilmaraoista aiheutuva korjauskerroin
	R_1	ilmarakoja sisältävän lämmöneristekerroksen lämmönvastus ilman kylmäsiltojen vaikutusta (kaava)
	R_{Th}	tarkasteltavan rakennesosan kokonaislämmönvastus ilman korjaustekijöiden ja kylmäsiltojen vaikutusta (kaava)

Ilmaraoista aiheutuva kerroin valitaan taulukosta 1. mikäli tarkempia tietoja ilmaraoista ei ole.

Taulukko 1. Ilmaraoista aiheutuva korjauskerroin (Ympäristöministeriö, 2012, s. 12).

Taso	Ilmaraon kuvaus	$\Delta U''$ $W/(m^2 K)$
0	Lämmöneristeessä ei ole ilmarakoja tai lämmöneristeessä on vain vähäisiä ilmarakoja, joilla ei ole merkittävää vaikutusta lämmönläpäisykertoimeen.	0,00
1	Lämmöneristeessä on eristeen läpäiseviä ilmarakoja, jotka eivät kuitenkaan aiheuta ilman kiertokulkua lämmöneristeen lämpimän ja kylmän puolen välillä	0,01
2	Lämmöneristeessä on eristeen läpäiseviä ilmarakoja, jotka aiheuttavat ilman kiertokulkua lämmöneristeen lämpimän ja kylmän puolen välillä.	0,04

2.6.3 Käännettyjen kattojen aiheuttama korjaustermi

Käännetty kattorakenne tarkoittaa, että lämmöneriste on kokonaisuudessaan vedeneristeen yläpuolella. Käännettyissä kattorakenteissa tulee käyttää tarkoitukseen sopivaa lämmöneristettä. Käännettyjen kattojen korjaustekijä ottaa huomioon sadeveden kulkeutumisesta lämpöeristeen liitosten kautta vedeneristysten ja lämmöneristeen väliin aiheutuvan ylimääräisen lämpöhäviön. (Ympäristöministeriö, 2012, s. 12).

Käännettyjen kattojen korjaustekijä lasketaan kaavalla 15.

$$\Delta U_r = p f x \left(\frac{R_1}{R_{Th}} \right)^2 \quad (15)$$

missä	ΔU_r	käännettyjen kattojen korjaustekijä
	p	lämmityskauden keskimääräinen sateen intensiteetti, jona voidaan käyttää yleensä arvoa 0,5 mm/vrk
	f	vedeneristysten ja lämmöneristeen väliin kulkeutuneen sadeveden osuus keskimääräisestä sateen intensiteetistä

x	kerroin, jolla kuvataan sadeveden kulkeutumisesta vedeneristyksen ja lämmöneristeen väliin aiheutuvaa kasvavaa lämpöhäviötä
R_1	vedeneristyksen yläpuolella olevan lämmöneristekerroksen lämmönvastus ilman kylmäsiltojen vaikutusta
R_{Th}	rakenteen kokonaislämmönvastus, ilman korjaustekijöiden ja kylmäsiltojen vaikutusta

2.6.4 Viivamaisista kylmäsilloista aiheutuva korjaustermi

Säännöllisten viivamaisten kylmäsiltojen, esimerkiksi teräsrankojen, aiheuttama korjaustekijä lasketaan kaavalla 16. (Ympäristöministeriö, 2012, s. 13).

$$\Delta U_{\Psi} = \sum \Psi_k \frac{l_k}{A} \quad (16)$$

missä

ΔU_{Ψ}	viivamaisten säännöllisten kylmäsiltojen aiheuttama lämmönläpäisykertoimen lisäys
Ψ_k	rakennusosassa olevien keskenään samanlaisten viivamaisten kylmäsiltojen k-viivamainen lisäkonduktanssi, (tuotekohtaisia valmistajan toimesta)
l_k	samanlaisten viivamaisten kylmäsiltojen pituus rakenteessa
A	rakennusosan pinta-ala

3 LÄMPÖHÄVIÖT

3.1 Lämpöhäviöiden määrittäminen

Lämpöhäviö tarkoittaa rakennuksen vaipan, vuotoilman sekä ilmanvaihdon yhteenlaskettua lämpöhäviötä, joka voi olla enintään yhtä suuri kuin vertailuarvoilla laskettu vertailulämpöhäviö (Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta 1010/2017, 3 luku 23§). Lämpöhäviöille asetettu vaatimus huomioi erikseen rakennuksen lämpimät sekä puolilämpimät tilat.

Jos kyseessä on rakennuksen laajennus tai kerrosalaan vaikuttava tila, jossa voidaan hyödyntää olemassa olevaa ilmanvaihto- ja lämmitysjärjestelmää tai rakennus on suunniteltu loma-asunnoksi, jossa oleskellaan vähintään 4kk vuodessa, koskee lämpöhäviön määrittämisessä vain rakennuksen vaipalle asetetut määräykset (Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta 1010/2017, 3 luku 23§).

Jos rakennus on rakennettu ennen 1.7.2012 ja kyseinen rakennus halutaan siirtää, lämpöhäviötä koskeva vaatimus ei vaikuta rakennukseen (Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta 1010/2017, 3 luku 23§).

3.2 Vaipan lämpöhäviöt

Rakennuksen vaipan lämpöhäviö lasketaan kaavalla 17 (Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta 1010/2017, 3 luku 24§).

$$\sum H_{\text{johtuminen}} = \sum (U_{\text{ulkoseinä}} A_{\text{ulkoseinä}}) + \sum (U_{\text{yläpohja}} A_{\text{yläpohja}}) + \sum (U_{\text{alapohja}} A_{\text{alapohja}}) + \sum (U_{\text{ikkuna}} A_{\text{ikkuna}}) + \sum (U_{\text{ovet}} A_{\text{ovet}}) \quad (17)$$

Missä

$\sum H_{\text{johtuminen}}$ on rakennuksen vaipan ominaislämpöhäviö

U on rakennusosan lämmönläpäisykerroin

A on rakennusosan pinta-ala

Rakennuksen vaipan lämpöhäviön suunnitteluarvoon vaikuttaa rakennusosan lämmönläpäisykerroin U sekä rakennusosan pinta-ala A (Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta 1010/2017, 3 luku 24§). Laskennassa pitää käyttää rakennukselle suunniteltuja lämmönläpäisykertoimia sekä rakennuksen todellisia ikkunapinta-aloja sekä suunnitellun rakennuksen koko- ja muototietoja. Eri rakenneosien pinta-alat määritetään rakennuksen tiedossa olevien sisämittojen perusteella.

Laskettaessa vaipan lämpöhäviötä lasketaan suunnitteluarvolle vertailuarvo (Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta 1010/2017, 3 luku 24§). Vertailuarvon laskennassa U -arvoille käytetään taulukon 2 mukaisia arvoja.

Rakennuksen yhteenlasketun ikkunapinta-alan vertailuarvona käytetään 15 prosenttia rakennuksen maanpäällisten sekä osittain maanpäällisten kerrosten kerrosalojen yhteenlasketusta määrästä (Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta 1010/2017, 3 luku 23§). Ikkunapinta-ala saa olla enintään 50 prosenttia rakennuksen julkisivujen pinta-alasta. Ikkunoiden pinta-aloja laskiessa käytetään ikkunan karmin ulkomittoja.

Taulukko 2. Lämpimän tai jäähdytettävän kylmän tilan lämmönläpäisykertoimien vertailuarvot (Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta 1010/2017, 3 luku 24§).

Seinä	0,17	W/(m ² K)
Massiivipuuseinä, jonka keskimääräinen paksuus >180 mm	0,40	W/(m ² K)
Yläpohja ja ulkoilmaan rajoittuva alapohja	0,09	W/(m ² K)
Ryömintätilaan rajoittuva alapohja	0,17	W/(m ² K)
Maata vasten oleva rakennusosa	0,16	W/(m ² K)
Ikkuna, kattoikkuna, ovi, kattovalokupu savunpoistoluukku, uloskäyntiluukku	1,00	W/(m ² K)

Taulukko 3. Siirtokelpoisen rakennuksen sekä puolilämpimän tilan lämmönläpäisykertoimien vertailuarvot (Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta 1010/2017, 3 luku 3 24§).

Seinä	0,26	W/(m ² K)
Massiivipuuseinä, jonka keskimääräinen paksuus >180 mm	0,60	W/(m ² K)
Yläpohja ja ulkoilmaan rajoittuva alapohja	0,14	W/(m ² K)
Ryömintätilaan rajoittuva alapohja	0,26	W/(m ² K)
Maata vasten oleva rakennusosa	0,24	W/(m ² K)
Ikkuna, kattoikkuna, ovi, kattovalokupu savunpoistoluukku, uloskäyntiluukku	1,4	W/(m ² K)

Taulukko 4. Loma-asumiseen suunniteltavan pientalon lämmönläpäisykertoimien vertailuarvot (Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta 1010/2017, 3 luku 24§).

Seinä	0,24	W/(m ² K)
Massiivipuuseinä, jonka keskimääräinen paksuus >130 mm	0,80	W/(m ² K)
Yläpohja ja ulkoilmaan rajoittuva alapohja	0,15	W/(m ² K)
Ryömintätilaan rajoittuva alapohja	0,19	W/(m ² K)
Maata vasten oleva rakennusosa	0,24	W/(m ² K)
Ikkuna, kattoikkuna, ovi, kattovalokupu savunpoistoluukku, uloskäyntiluukku	1,4	W/(m ² K)

3.3 Vuotoilman lämpöhäviöt

Vuotoilman lämpöhäviö lasketaan kaavalla 18 (Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta 1010/2017, 3 luku 25§).

$$H_{vuotoilma} = \rho_i c_{pi} q_{v,vuotoilma} \quad (18)$$

missä

ρ_i ilmantiheys

c_{pi} ilmanominaislämpökapasiteetti

$q_{v,vuotoilma}$ vuotoilmavirta

Vuotoilmavirran suunnitteluarvona käytetään arvoa $4 \text{ m}^3 / (\text{h m}^2)$, jos vuotoilman määrää ei pystytä todentamaan laadunvarmistusmenetelmillä tai osoiteta mittaustuloksilla (Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta 1010/2017, 2 luku 17§). Vertailuarvoa laskettaessa käytetään arvoa $2 \text{ m}^3 / (\text{h m}^2)$ (Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta 1010/2017, 3 luku 25§).

Vuotoilmavirta lasketaan kaavalla 19 (Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta 1010/2017, 2 luku 17§).

$$q_{v,vuotoilma} = \frac{q_{50}}{3600 \cdot x} A_{vaippa} \quad (19)$$

missä

q_{50}	vuotoilmavirta
3600	kerroin, joka muuttaa ilmavirran yksikön
x	kerroin, johon vaikuttaa rakennuksen kerrosluku taulukon 5 mukaan.
A_{vaippa}	rakennusvaipan pinta-ala

Taulukko 5. Vuotoilman laskentaan vaikuttava kerroin x. (Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta 1010/2017, 2 luku 17§)

Yksikerroksinen rakennus	35
Kaksikerroksinen rakennus	24
Kolme- tai neljäkerroksinen rakennus	20
Korkeampi kuin neljäkerroksinen rakennus	15

3.4 Ilmanvaihdon lämpöhäviöt

Rakennuksen ilmanvaihdon lämpöhäviö lasketaan kaavalla 20 (Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta 1010/2017, 3 luku 26§).

$$H_{iv} = \rho_i c_{pi} q_{v,poisto} t_d t_v (1 - \eta_a) \quad (20)$$

Missä	H_{iv}	ilmanvaihdon ominaislämpöhäviö
	ρ_i	ilman tiheys
	c_{pi}	ilman ominaislämpökapasiteetti
	$q_{v,poisto}$	vakioidun käytön mukainen laskennallinen poistoilmavirta
	t_d	ilmanvaihtojärjestelmän keskimääräinen vuorokautinen käymisai- kasuhde
	t_v	ilmanvaihtojärjestelmän viikoittainen käyntiaikasuhde
	η_a	ilmanvaihdon poistoilman lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde

Laskettaessa ilmavaihdon lämpöhäviöitä pitää sekä vertailu- että suunnitteluarvon laskennassa käyttää samoja ilmavirtojen arvoja sekä ilmanvaihtojärjestelmien käyntiaikoja (Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta 1010/2017, 3 luku 23§).

3.5 Lämpöhäviöiden tasauslaskelma

Vaipan lämpöhäviön, vuotoilman sekä ilmanvaihdon laskennasta saadut arvot lasketaan yhteen (Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta 1010/2017, 3 luku 23§). Kaikki osa-alueet lasketaan erikseen suunnitelluilla arvoilla sekä erikseen vertailuarvoilla. Jos suunnitteluratkaisu on pienempi kuin vertailuratkaisu, rakenteen lämpöhäviölaskelma on kunnossa. Vertailuarvon ollessa suurempi lämpöhäviölaskelma ei ole kunnossa, ja siihen täytyy tehdä muutoksia niin, että yhtälö toteutuu

4 RAKENNUKSEN ENERGIATEHOKKUUS

4.1 E-luku

E-luku kertoo standardikäytöllä lämmitettyä nettoalaa kohti energiakertoimilla painotetun rakennuksen vuotoisen ostoenergiakulutuksen (Ympäristöministeriö, 2012, s. 8). E-luku lasketaan jokaiselle rakennukselle tai eri käyttötarkoitukseen tarkoitettulle tilalle erikseen (Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatodistuksesta 1048/2017, 2§). E-luvun laskemiseen on olemassa kaksi erilaista tapaa: kuukausitason laskentamenetelmä ja dynaaminen laskentamenetelmä.

Omavaraisenergialle ei ole olemassa kertoimia, koska omavaraisesti tuotettu energia, esimerkiksi aurinkopaneelit sekä paikallinen tuulienergia, pienentävät ostoenergian tarvetta (Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatehokkuudesta 176/2013, s. 3). Omavaraisenergiasta otetaan huomioon vain se osa energiasta, joka käytetään hyödyksi. Ulkopuolisiin energiaverkkoihin syötettyä energiaa ei oteta E-luvun laskennassa huomioon.

E-luku lasketaan kaavalla 21. (Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatodistuksesta 1048/2017, 7§)

(21)

$$E = \frac{f_{\text{kaukolämpö}} Q_{\text{kaukolämpö}} + f_{\text{kaukojäähdytys}} Q_{\text{kaukojäähdytys}} + \sum f_{\text{polttoaine},i} Q_{\text{polttoaine},i} + f_{\text{sähkö}} W_{\text{sähkö}}}{A_{\text{netto}}}$$

missä E energiatehokkuuden vertailuarvo

$Q_{\text{kaukolämpö}}$ kaukolämmön kulutus vuodessa

$Q_{\text{kaukojäähdytys}}$ kaukojäähdytyksen kulutus vuodessa

$Q_{\text{polttoaine},i}$ polttoaineen i sisältämän energian kulutus vuodessa

$W_{\text{sähkö}}$ sähkön kulutus vuodessa, missä on otettu huomioon vähennys

$f_{kaukolämpö}$ kaukolämmön energian kerroin

$f_{kaukojäähdytys}$ kaukojäähdytyksen energiamuodon kerroin

$f_{polttoaine}$ polttoaineen i energiamuodon kerroin

$f_{sähkö}$ sähkön energiamuodon kerroin

A_{netto} rakennuksen lämmitetty nettoala m²

Energiamuotojen kertoimien lukuarvoina käytetään alla olevia arvoja. (Valtioneuvoston asetus rakennuksissa käytettävien energiamuotojen kertoimien lukuarvoista 788/2017, 1§)

- sähkö 1,20
- kaukolämpö 0,50
- kaukojäähdytys 0,28
- fossiiliset polttoaineet 1,00
- rakennuksessa käytettävät uusiutuvat polttoaineet 0,50

4.1.1 Laskennan lähtöarvot

Laskennassa on otettava huomioon vähintään seuraavat asiat:

Vaatimukset laskentamenetelmälle: (Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta 1010/2017, 2 luku 8§).

- a) rakennusosien ja niiden liitosten lämpöominaisuudet, rakennuksen ilmanpitävyys, ilmanvaihdon ilmavirta;
- b) sisäilman lämpötila;

- c) lämpimän käyttöveden tarve;
- d) ilmanvaihdon lämmöntalteenotto;
- e) lämpökuormat henkilöistä, valaistuksesta, sähkölaitteista, lämpimästä käyttövedestä ja auringosta;
- f) tilojen ja ilmanvaihdon lämmitysjärjestelmän lämpö- ja sähköenergian tarve;
- g) käyttöveden lämmitysjärjestelmän lämpö- ja sähköenergian tarve;
- h) ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergian tarve;
- i) kuluttajalaitteiden ja valaistuksen sähköenergian tarve.

Ja silloin, kun rakennukseen suunnitellaan aurinkokeräin, aurinkopaneeli tai jäteveden lämmöntalteenotto:

- j) aurinkokeräimen lämmöntuotto ja sen hyödyntäminen rakennuksessa;
- k) aurinkopaneelin sähköntuotto ja sen hyödyntäminen rakennuksessa;
- l) jäteveden lämmöntalteenotto ja sen hyödyntäminen rakennuksessa.

4.1.2 Lämmitetty nettoala

Lämmitetty nettoala on lämmitettyjen kerrostasojen ympäröivien ulkoseinien sisäpintojen mittojen mukaan laskettu ala (Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatehokkuudesta 176/2013, s. 5). Vaihtoehtoinen tapa saada sama vastaus on vähentää lämmitetystä bruttoalasta ulkoseinien rakennusosa-ala. Uudisrakennuskohteissa vaadittavat pinta-alat saadaan rakennuksen suunnitelmista tai energiaselvityksestä. Olemassa olevissa rakennuksissa lämmitetty nettoala saadaan esimerkiksi ajantasaisista piirustuksista. Mikäli ajantasaisia piirustuksia ei löydy, lämmitetyn nettoalan voidaan arvioida olevan 90 prosenttia lämmitetystä bruttoalasta. Bruttoala voidaan tarvittaessa arvioida rakennuksen

ulkomittojen sekä kerrosluvun mukaan. Lämmitetty bruttoala saadaan vähentämällä bruttoalasta lämmittämättömien tilojen pinta-alat. Puolilämpimät tilat, kuten ullakko, käsitellään lämpiminä tiloina, mutta lämmittämättömät tilat eivät kuulu tarkasteluun, esimerkiksi kellari.

4.1.3 Rakennusosien pinta-alat

Rakennuksen rakenneosien pinta-alat saadaan selville uudisrakennuskohteessa piirustuksista ja olemassa olevissa rakennuksissa rakennusaikaisista piirustuksista tarkistaen kuitenkin niiden todenperäisyys. (Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatodistuksesta 176/2013, s. 6.)

Ostoenergiaa laskettaessa tarvitaan rakennusvaipan eri osien pinta-alat (Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatodistuksesta 176/2013, s. 6). Alapohjan pinta-ala saadaan rakennuksen sisämittojen mukaan laskemalla, yläpohjan pinta-ala samalla tavalla rakennuksen sisämittojen mukaan vähentäen rakennuksessa mahdollisesti olevat kattoikkunat. Ala- tai yläpohjasta ei vähennetä hormien, läpivientien tai kanavistojen pinta-aloja.

Ulkoseinien pinta-ala lasketaan alapohjan lattiapinnasta yläpohjan alapintaan vähentäen ikkunoiden ja ovien pinta-alat (Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatodistuksesta 176/2013, s. 6). Ikkunoiden ja ovien vähennettävä pinta-ala lasketaan karmin ulkomittojen mukaan. Poikkeavuudet julkisivuissa tai kattorakenteessa huomioidaan laskelmissa tapauskohtaisesti yleisohjeita soveltaen.

4.1.4 Rakenteet

Lämmönläpäisykertoimet eri rakennusosille selvitetään uudisrakennuksille suunnitelmissa (Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatehokkuudesta 176/2013, s. 6). Olemassa oleville rakennuksille lämmönläpäisykertoimet selvitetään olemassa olevista suunnitelmista, piirustuksista sekä rakennuksen rakentamisen aikaan voimassa olleista rakentamismääräyksistä tai erilaisista rakennushankkeessa noudatetuista ohjeista. Mikäli rakenteiden ominaisuuksia ei saada selville asiakirjoista, niitä tulee selvittää rakennuksen tarkastuksen yhteydessä. Jos tarkastuksessa ei voida selvittää asioita, käytetään taulukon 6. mukaisia lämmönläpäisykertoimia.

Taulukko 6. Rakennusosien lämmönläpäisykertomien vertailuarvot ja erikoistilojen välisten rakenteiden lämmönläpäisykertomien enimmäisarvot. (Ympäristöministeriö, 2017, s. 12).

Rakennusosat	
U-arvot	Vertailuarvo
LÄMPIMÄT TILAT	
Ulkoseinä	0,17
Massiivipuuseinä, paksuus vähintään 180 mm	0,40
Yläpohja	0,09
Alapohja (ulkoilmaan rajoittuva)	0,09
Alapohja (ryömintätilaan rajoittuva)	0,17
Alapohja (maanvastainen)	0,16
Muu maanvastainen rakennusosa	0,16
Ikkunat	1,0
Ulko-ovet ja tuuletusluukut	1,0
Kattoikkunat	1,0
Kattovalokuvut	1,0
PUOLILÄMPIMÄT TILAT	
Ulkoseinä	0,26
Massiivipuuseinä, paksuus vähintään 180 mm	0,60
Yläpohja	0,14
Alapohja (ulkoilmaan rajoittuva)	0,14
Alapohja (ryömintätilaan rajoittuva)	0,26
Alapohja (maanvastainen)	0,24
Muu maanvastainen rakennusosa	0,24
Ikkunat	1,4
Ulko-ovet ja tuuletusluukut	1,4
Kattoikkunat	1,4
Kattovalokuvut	1,4
LÄMPIMÄN JA PUOLILÄMPIMÄN TILAN VÄLISET RAKENTEET	Enimmäisarvo
Seinä ja välipohja	0,60
Ikkunat ja ovet	2,80
JÄÄHDYTETTÄVÄN KYLMÄN TILAN JA MUIDEN TILOJEN VÄLISET	Enimmäisarvo
Seinä ja välipohja	0,27
Ovet	1,40

4.1.5 Ilmanvaihto

Ilmanvaihdon käyntiaikoina ja ilmamäärinä käytetään Rakennusmääräyskokoelmassa D3 esitettyjä rakennuksen käyttötarkoituksesta riippuvaisia arvoja (Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatehokkuudesta 176/2013, s. 8). Uudisrakennukselle käytetään suunniteltuja arvoja lämmitysenergian nettotarpeesta, ja sähköenergian kulutusta laskettaessa käytetään ilmanvaihtojärjestelmän lämmöntalteenoton vuosihyötysuhdetta. Olemassa oleville rakennuksille käytetään selvitettyjä arvoja.

Ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve tarkoittaa lämmitysenergian tarvetta (Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatehokkuudesta 176/2013, s. 8). Lämmitysenergiatarve muodostuu ilman lämmittämisestä talteenoton jälkeen tuloilman kanssa samaan lämpötilaan sekä tilanteen mukaan ilman lämmittämisestä ennen talteenottoa ilman jäähtymisen estämiseksi. Lämmitysenergiatarpeeseen sisältyy myös tiloissa tapahtuva tuloilman sekä korvausilman lämpeneminen. Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde voidaan laskea laitetietojen mukaisilla lämpötilasuhteilla. Ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergiakulutuksella tarkoitetaan puhallinsähköä sekä mahdollisten apulaitteiden sähkönkulutusta. Apulaitteilla tarkoitetaan muun muassa pumppuja, taajuusmuuntajia sekä säätölaitteita. Lämmitysjärjestelmän energiankulutukseen lasketaan tuloilman lämmittäminen.

4.1.6 Vuotoilma

Ilmanvuotoluvulla ilmaistaan rakennuksen tai rakennuksen osan ilmanpitävyyttä (Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatehokkuudesta 176/2013, s. 8). Vuotoilma lasketaan rakennusmääräyskokoelman D3 mukaan rakennusvaipan ilmanvuotoluvusta. Ilmanvuotoluku tarkoittaa rakennusvaipan keskimääräistä vuotoilmaa tunnissa 50 Pascalin paine-erolla. Vuotoilma ilmoitetaan rakennuksen kokonaissisämittojen mukaan laskettua rakennusvaipan pinta-ala yksikköä kohti.

Uudisrakennukselle käytetään lähtöarvona energiaselvityksissä esitettyä suunnitteluarvoa (Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatehokkuudesta 176/2013, s. 9). Olemassa oleville rakennuksille rakennusvaipan ilmanvuotoluku selvitetään suorittamalla mitauksia rakennuksessa, selvittämällä suunnitelmia sekä ajantasaisia asiakirjoja. Jos

rakennusvaipan ilman vuotolukua ei ole pystytty selvittämään tai todentamaan mittauksilla, käytetään ilmanvuotolukuna 4 m³/ (h m³).

4.1.7 Lämmin käyttövesi

Laskettaessa lämpimän käyttöveden ostoenergiankulutus otetaan huomioon nettoenergia-tarpeesta jakelun, varastoinnin ja tuoton häviöt (Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatehokkuudesta 176/2013, s. 9).

Taulukko 7. Käyttötarkoitukseluokittainen lämmitysenergian nettotarve lämmitettyä nettoalaa kohti (Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta 1010/2017, 2 luku 12§).

Käyttötarkoitus- luokka	Lämpimän käyttöveden lämmitysenergian nettotarve vuodessa kWh/(m ² a)
Luokka 1)	35
Luokka 2)	35
Luokka 3)	6
Luokka 4)	4
Luokka 5)	40
Luokka 6)	11
Luokka 7)	20
Luokka 8)	30

Luokassa 1 lämpimän käyttöveden lämmitysenergian nettotarve on vähintään 4200 kWh vuodessa asuntoa kohti (Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta 1010/2017, 2 luku 12§). Nettotarpeen laskennassa voidaan käyttää 15 prosenttia pienempiä arvoja kuin taulukossa 6 on esitetty. Pienempien arvojen käyttö on sallittua, jos rakennuksen käyttövesiverkosto varustetaan vakiopaineventtiilillä tai muulla vastaavalla painetasoa säätelevällä tekniikalla

4.1.8 Lämmitysjärjestelmä

Lämmitysjärjestelmän energiankäyttöön kuuluu tilojen lämmityksen, ilmanvaihdon lämmityksen sekä lämpimän käyttöveden valmistuksen energiakäyttö (Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta 1010/2017, 2 luku 18§). Lämmitysjärjestelmän energiakulutusta laskiessa huomioidaan lämmönjaon häviöt rakennuksen sisä- ja ulkopuolella, lämmön luovutuksen häviöt, lämmitysenergian tuoton häviöt ja muunnokset, lämpimän käyttöveden siirron ja kiertojohdosta aiheutuneet häviöt rakennuksen sisä- ja ulkopuolella, varastoinnista aiheutuneet häviöt sekä lämmitysjärjestelmän apulaitteiden sähkönkulutus

4.1.9 Sähkö

Rakennuksen sähköenergian kulutus muodostuu seuraavien osa-alueiden sähkönkulutuksesta: ilmanvaihtojärjestelmästä, lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmien apulaitteista, kuluttajalaitteista sekä valaistuksesta (Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatehokkuudesta 176/2013, s. 15). Lämmitysjärjestelmän laskenta sisältää tilojen tai tuloilmojen lämmityksen.

4.1.10 Jäähdytys

Jäähdytysjärjestelmän energiakulutus kuuluu rakennuksen ostoenergiankulutuksen laskentaan, jos rakennuksessa on jäähdytysjärjestelmä (Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatehokkuudesta 176/2013, s. 15). Jos rakennuksessa on jäähdytystoimintoa vain yksittäisissä huoneissa, sen osuus jäähdytysjärjestelmien energiankulutuksen laskennasta voidaan jättää pois. Jos rakennuksessa on jäähdytysjärjestelmä, lämmitysjärjestelmän laskennallinen energiakulutus koostuu jäähdytysjärjestelmän sekä sen apulaitteiden toiminnasta.

4.1.11 Erityistapaukset

Varaavan tulisijan lämmitysenergian tuottona voidaan käyttää enintään 3000 kWh tulisijaa kohti yhden vuoden ajanjaksolla (Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen

energiatehokkuudesta 1010/2017, 2 luku 19§). Ostoenergiankulutusta laskettaessa käytetään kokonaisvuosihyötysuhteena luovutuksesta ostoenergiaan kerrointa 0,60, mikäli tarkempia tietoja ei ole tiedossa (Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatehokkuudesta 176/2013, s. 15). Jos varaavaan tulisijaan liitetään lämmönsiirtimelle vesikiertoinen tai ilmalämmitysjärjestelmä muodostaen rakennuksen päälämmitysjärjestelmän, käsitellään tällaista tapausta laskennassa lämmityskattilaa vastaavalla menettelyllä.

Ilma-ilmalämpöpumpun asuinhuoneistoon tuottamaksi lämmitysenergiaksi voidaan laskea enintään 3000 kWh vuodessa yhtä laitetta kohden (Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta 1010/2017, 2 luku 19§). Laitteen toiminta rakennuksessa voidaan laskea tarkemmin dynaamisella laskentamenetelmällä, joka ottaa huomioon tilojen väliset ilmavirtaukset sekä lämpötilaerot

4.2 Rakenteellinen energiatehokkuus

Rakenteellinen energiatehokkuus on vaihtoehtoinen menettely E-lukuvaatimukselle (Ympäristöministeriö, 2017, s. 4). Näiden vaatimusten täytyminen todennetaan pääsääntöisesti lämpöhäviölaskelmilla, joissa on huomioitu käytettävien rakenneosien lämmönläpäisykertoimien, ilmanvuotoluvun sekä poistoilman lämmöntalteenoton (LTO:n) vuosihyötysuhteen vertailuarvot. Energiatehokkuuden vaatimukset asuinrakennukselle on taulukossa 7. Lisäksi ilmanvaihtojärjestelmälle, ominaissähköteholle sekä rakennuksen lämmitysjärjestelmälle asetetut vaatimukset on täytettävä. Ilmanvaihtojärjestelmänä tulee olla koneellinen tulo- ja poistojärjestelmä

Taulukko 8. Rakenteellisen energiatehokkuuden vaatimukset asuinrakennukselle (Ympäristöministeriö, 2017, s.4).

RAKENNUSOSAT	Vertailuarvo
U-arvo, W/(m²K)	
Ulkoseinä (käyttötarkoitusluokka 1)	0,12
Ulkoseinä (käyttötarkoitusluokka 2)	0,14
Yläpohja	0,07
Alapohja (ulkoilmaan rajoittuva)	0,07
Alapohja (ryömintätilaan rajoittuva tuuletettu)	0,10
Alapohja (maanvastainen)	0,10
Muu maanvastainen rakenneosa	0,10
Ikkunat	0,70

Ulko-ovet ja tuuletusluukut	0,70
Kattoikkunat	0,70
Kattovalokuvut	0,70
RAKENNUKSEN ILMANVUOTOLUKU	
$q_{50}, m^3/(h m^2)$	0,6
LTO: n VUOSIHYÖTYSUHDE	
$\eta_a, \%$	65
KONEELLISEN TULO- JA POISTOILMANVAIHTO- JÄRJESTELMÄN OMINAISÄHKÖTEHO	Enimmäisarvo
$kW/(m^3s)$	1,5
RAKENNUKSEN LÄMMITYSJÄRJESTELMÄ	Vaatimus
rakennuksen lämmitysjärjestelmänä on käytet- tävä:	Kaukolämpöä, maalämpöpumppua tai ilma- vesilämpöpumppua

Ominaislämpöhäviötä laskettaessa yhdellä osa-alueella ei ole määrittävää vaikutusta vaan kaikkien yllä mainittujen asioiden yhteenvedona rakennus täyttää tai ei täytä rakenteellisen energiatehokkuuden vaatimukset (Ympäristöministeriö, 2017, s. 6).

4.3 Energiatodistus

Energiatodistus pohjautuu E-lukuun, josta on kerrottu tarkemmin luvussa 4.1. Energiatodistuksessa rakennukselle tai rakennuksen osalle annetaan energiatehokkuusluokka (Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatodistuksesta 1048/2017, 3§). Luokat määrittyvät käyttötarkoitukseltaan kirjaimilla A-G. Paras energiatehokkuuden luokka on A. Energiatodistuksia tehdään myös niin sanotulla kevennetyllä menettelyllä, joka on sallittu julkisesti esillä olevassa ilmoituksessa, jos energiatodistus on liitteenä kohteen myynti- tai vuokrailmoituksessa. Tällaisissa tapauksissa käytetään energiatehokkuutta kuvaavana tunnuksena kirjainta H.

Energiatodistuksen laatijan tulee perehtyä rakennuskohteeseen, rakennusosiin sekä teknisten rakenneosien tekniseen kuntoon sekä selvittää kohteessa mahdolliset energiansäästämismahdollisuudet (Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatodistuksesta 1048/2017, 4§). Laatijan tulee perehtyä energiansäästämismahdollisuuksiin, joilla voidaan

rakennuksen tai sen osan energiatehokkuutta parantaa kustannustehokkailla ratkaisuilla vaarantamatta sisäilmaolosuhteita. Energiatodistukseen sisältyvien suositusten on katettava rakennuksen vaipan tai teknisten järjestelmien korjauksien yhteydessä toteutettavat toimenpiteet. Suositusten on myös katettava yksittäistä rakenneosaa koskevat toimenpiteet. Yksittäinen osa on jokin pienempi kokonaisuus kuin rakennuksen vaippa tai tekniset järjestelmät.

Mikäli energiasäästösuosituksia esitetään energiatodistuksen yhteydessä, suositusten tulee antaa arvio säästettävän energian määrästä sekä toimenpiteen vaikutuksesta E-lukuun (Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatodistuksesta 1048/2017, 4§). Vähintään alla olevat osa-alueet tulee huomioida suunniteltaessa energiasäästöjä ja niiden vaikutusta E-lukuun.

- ulkoseinät, ulko-ovet, ikkunat, yläpohja ja alapohja sekä muut rakenteet;
- lämmitysjärjestelmä;
- käyttövesijärjestelmä;
- ilmanvaihto- ja ilmastointijärjestelmä;
- valaistus;
- jäähdytysjärjestelmä;
- sähköiset erillislämmittimet;
- muut järjestelmät, joilla on vaikutusta rakennuksen energiatehokkuuteen.

Energiatodistuksen saa laatia henkilö, jonka pätevyys on todennettu ja voimassa (Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatodistuksesta 1048/2017, 12§). Energiatodistuksia laativan henkilön tulee olla rekisteröitynyt pätevien energiatodistuksen laatijoiden rekisteriin. Todistuksen laatijalla pitää olla energiatodistuksen kohteena olevan rakennuksen tai sen osan vaatimustason mukainen tekniikan alan tutkinto tai tutkinnon korvaava

työkokemus. Lisäksi energiatodistuksia laativalla henkilöllä pitää olla laatijakokeen hyväksytty arvosana. Hyväksytyllä energiatodistuksen laatijakokeen perusteella henkilö osoittaa olevansa perehtynyt energiatodistuksen laadintaan sekä aihetta koskevaan lainsäädäntöön. Valtioneuvoston asetuksella voidaan antaa tarkempia säädöksiä vaatimustasoista, vaatimustasojen mukaisesta työkokemuksesta sekä energiatodistuksen laatijakokeen sisällöstä.

Hyväksytty pätevyys on voimassa määräajan, joka voi olla enintään seitsemän vuotta (Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatodistuksesta 1048/2017, 14§). Pätevyyden uusiminen edellyttää energiatodistusten laatimista, ammattitaitoa ylläpitävää koulutusta tai näihin rinnastettavaa toimintaa. (Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatodistuksesta 1048/2017, 13§). Energiatodistuksen laatijalla tulee olla tehtävään soveltuvat menetelmät energiamäärien määrittämiseen sekä rakennuksen ominaisuuksien selvittämiseen tarvittavat laitteet, välineet ja järjestelmät.

Lainsäädäntö ohjailee energiatodistuksen tarpeellisuutta erilaisissa rakennuskohteissa (Motiva, i.a.). Energiatodistus on pakollinen uusille rakennuksille. Uudisrakentamiseksi ei katsota rakennuksen korjaus- tai muutostöitä, rakennuksen laajentamista eikä rakennuksen käyttötarkoituksen muuttamista. Energiatodistus pitää esittää olemassa olevan rakennuksen tai sen osan myynnin yhteydessä. Rakennuksen ulosottotilanteessa kaupan yhteydessä ei laadita energiatodistusta.

Energiatodistusta ei vaadita alla listatuilta rakennuksilta: (Motiva, i.a.).

- rakennus, jonka kerrosala on alle 50 neliömetriä
- loma-asumiseen tarkoitettu rakennus, jossa ei harjoiteta majoituselinkeinoa
- määräaikainen tai tilapäinen rakennus, jonka käyttöaika on enintään 2 vuotta
- teollisuus- tai korjaamorakennus
- maatilarakennus, joka ei ole tarkoitettu asuinkäyttöön eikä sen energiantarve ole suuri

- rakennus, jota käytetään uskonnolliseen toimintaan tai hartauden harjoittamiseen
- rakennus tai sen osa on suojeltu lakien ja yleissopimuksen vuoksi
- puolustushallinnon rakennus, jossa on jotakin salassa pidettävää tietoa

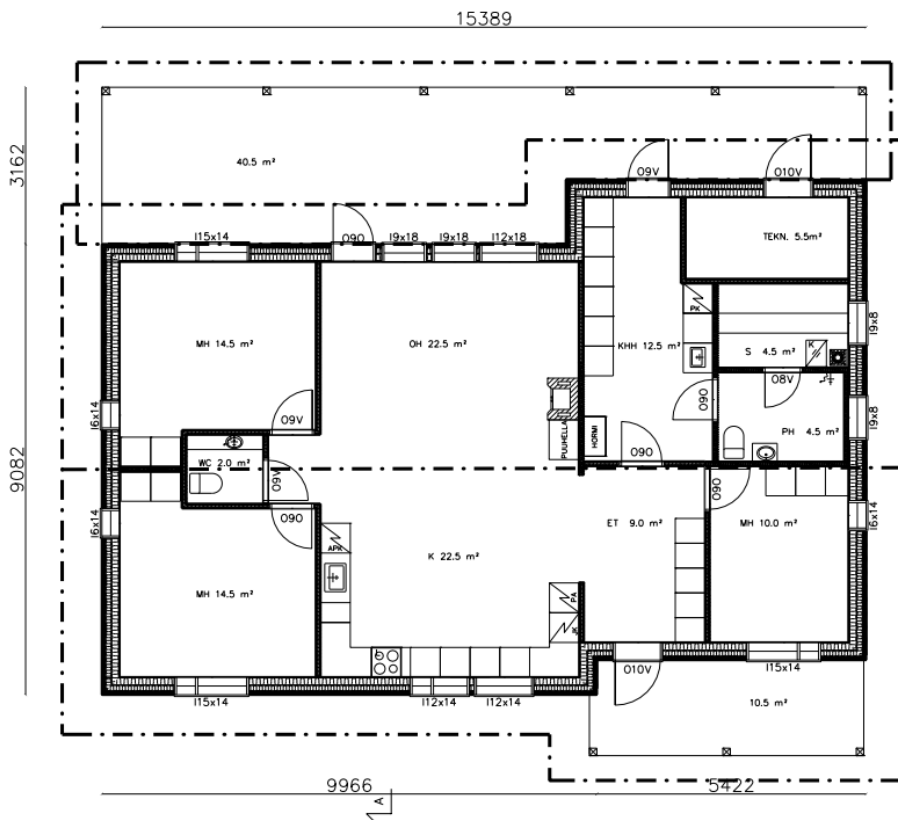
5 LASKENTAPOHJIEN LAADINTA

5.1 Lähtötiedot

Opinnäytetyössä laadittiin laskentapohjat ulkoseinän ja yläpohjan u-arvon laskemiseen sekä laskentapohja tasauslaskelman suorittamiseen. Laskentapohjat laadittiin esimerkki-kohteelle, johon on tarkoitus hakea rakennuslupaa keväällä 2024. Laskentapohjat on laadittu yrityksen omaan käyttöön syntyneestä tarpeesta

5.2 Kohteen tiedot

Omakotitalo rakennetaan asuntoalueelle, joka on kaavassa merkitty erillispientalojen korttelialueeksi. Rakennuksen koko ja pohjapiirustus on kuviossa 1. Kyseessä on siis melkein suorakaiteenmuotoinen yksikerroksinen omakotitalo, jossa lämmitysmuotona on maalämpö vesikiertoisella lattialämmityksellä. Muut tiedot rakennuksessa on kerrottu taulukossa 9.



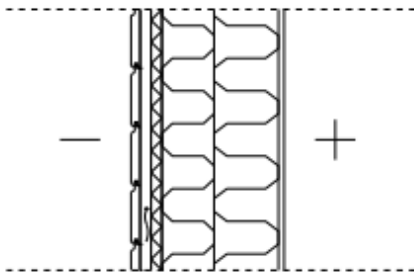
Kuvio 1. Kohteen pohjapiirustus

Taulukko 9. Kohteen perustietoja

Kohteen tiedot:	
Kerrosala	144 m ²
Huoneistoala, lämmitetty nettoala	126 m ²
Huonekorkeus	2,6 m
Tilavuus	628 m ³
Rakennuksen piiri	48,7 m
Ulkoseinän paksuus	354 mm
Ikkunoiden pinta-ala	19 m ²
Ovien pinta-ala	8 m ²
Ulkoseinien pinta-ala	126 m ²
Ulkoseinän U-arvo	0,13
Yläpohjan U-arvo	0,08
Alapohjan U-arvo	0,14
Ilmanvuotoluku	4 m ³ /m ²
Ilmanvaihtokoneen käyntiajat	24 h 7 d
Lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde	72 %

Rakennuksesta tulee puurunkoinen, alapohja rakennetaan maanvaraisella laattalla ja yläpohja ristikkorakenteisena. Rakennetyypit ulkoseinälle, ala- ja yläpohjalle on esitetty kuvissa 2, 3 ja 4.

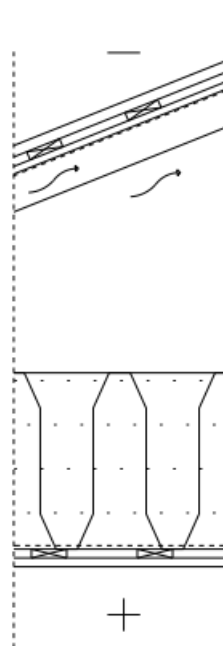
ULKOSEINÄRAKENNE



Ulkoverhouspaneeli
 Paneelin naulausrima
 Tuuletusvälirima
 Tuulensuojalevy 25mm
 120mm runko + mineraalivilla
 148mm runko + mineraalivilla
 Höyrinsulkumuovi
 Sisäverhouskipsilevy

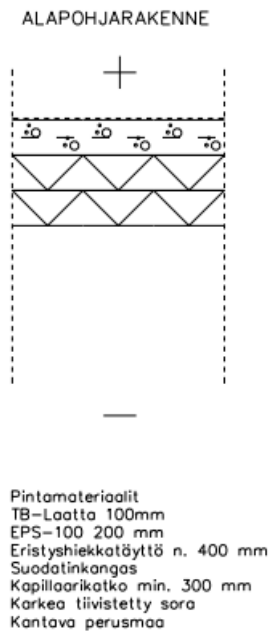
Kuvio 2. Ulkoseinärakenne

YLÄPOHJARAKENNE



Pystysaumapeltikate
 Ruoteet
 Aluskatteen tuuletusrimat
 Aluskate
 Kattoristikot
 Tuulettuva välitila
 Mineraalivilla 500 mm
 Tehdasvalmisteiset kattoristikot
 Höyrinsulkumuovi
 Koolauslauta
 Naulauslauta
 Sisöverhous

Kuvio 3. Yläpohjarakenne



Kuvio 4. Alapohjarakenne

5.3 Laaditut laskentapohjat

5.3.1 U-arvolaskurit

Laaditut laskentapohjat muodostuivat järjestyksessä aloittaen ulkoseinän U-arvon laskemisesta. Laadinnassa käytettiin lähteinä SeAMKin opetusmateriaaleja, Rakennusmääräyskokoelma C4-luonnosta sekä Rakennusmääräyskokoelman C4-osuutta. Laskentakaavojen syöttäminen eteni vaihe vaiheelta saaden lopuksi vastauksen kohteen ulkoseinän U-arvolle. Sama prosessi toistettiin yläpohjan U-arvon laskemiseen.

5.3.2 Lämpöhäviöt

Saatujen U-arvojen pohjalta aloitettiin kasaamaan tasauslaskelmaa kohteelle. Tasauslaskelmaa laatiessa käytettiin lähteenä SeAMKin opetusmateriaaleja sekä Tasauslaskentapöytäkirja 2017 -tulostetta. Tasauslaskenta Excel-ohjelmistossa on jokaiselle välilehdelle yksi tasauslaskennan osa-alue. Ensimmäisellä välilehdellä käsitellään vaipan lämpöhäviöitä,

toisella vuotoilmaa, kolmannella ilmanvaihdon osuutta ja viimeiselle välilehdelle kerätään tieto aikaisemmilta ja selviää, onko suunnitteluratkaisu pienempi kuin vertailuratkaisu.

5.4 Tulosten vertailu

Tämän opinnäytetyön tekijän itse laatiman laskentapohjan avulla saatiin u-arvoksi pyöristettynä kahteen merkitsevään numeroon 0,13 W/m²K. Puuinfon laskurilla laskiessa saatiin sama tulos merkitsevien numeroiden osalta (Liite 1), joten laaditulla laskentapohjalla saatu tulos on oikea. (Puuinfo, 2021)

Yläpohjan u-arvon laskeminen oli hieman monimutkaisempaa. Laaditulla laskentapohjalla saatu tulos ei ole suoraan vertailukelpoinen Puuinfon laskurilla saatavaan tulokseen, joka ei huomioi sisäpuolen koolauksia eikä koolauksien välissä olevia ilmatiloja. Puuinfon laskuri ei myöskään huomioi tuulettuvaa ilmatilaa puhallusvillakerroksen yläpuolella. Laaditulla laskentapohjalla saatiin yläpohjan u-arvoksi 0,08 W/m²K.

Alapohjan u-arvo laskettiin ainoastaan puuinfon laskurilla ja sain tulokseksi 0,14 W/m²K. (Liite 2)

Tasauslaskelmassa tulokset olivat hyvin samaa suuruusluokkaa laaditulla laskentapohjalla kuin valmiilla Ympäristöministeriön lämpöhäviöiden tasauslaskimella laskettuna (Liite 3) (Ympäristöministeriö, i.a.). Kummallakin laskentatavalla saatiin suunnitteluratkaisu pienemmäksi kuin vertailuratkaisu. Lämpöhäviöiden tasauslaskimella suunnitteluratkaisu oli 99 W/K ja vertailuratkaisu 112 W/K. Omalla laskentaohjelmalla sain suunnitteluratkaisuksi 99.04 W/K ja vertailuratkaisuksi 112.02 W/K. Näin ollen omalla laskentaohjelmalla saatua tulosta voidaan pitää oikeana.

6 YHTEENVETO

Opinnäytetyössä perehdyttiin pääasiassa uudisrakennuksen lämpötekniisiin ominaisuuksiin sekä niiden määrittämiseen. Esimerkkikohdetta apuna käyttäen määritettiin teoriaosuudessa kirjoitettujen kaavojen pohjalta u-arvolaskuri ulkoseinän ja yläpohjan u-arvon määrittämiseen sekä rakennuksen tasauslaskelman tekeminen. Prosessin yhteydessä etsittiin ja harjoiteltiin internetistä ilmaiseksi saatavilla olevien valmiiden laskureiden käyttöä sekä niiden toimintaperiaatetta. Saatuja tuloksia vertailtiin keskenään. Omilla laskureilla saadut tulokset olivat samansuuruisia kuin esimerkiksi Puuinfon laskureilla laskettaessa. Tasauslaskelman tulosta vertailtiin ympäristöministeriön laskentapohjan avulla saatuun tulokseen. Molempia tuloksia voidaan pitää siis oikeina virhemarginaalin ollessa niin pieni.

Opinnäytetyö toteutettiin yhteistyössä opinnäytetyön laatijan yrityksen kanssa. Yritys saa opinnäytetyön teoriamateriaaleista sekä laadituista laskureista pohjatietoa rakenteiden suunnitteluun sekä mahdollisesti tulevaisuudessa energiatodistusten laadintaan.

LÄHTEET

Motiva. (i.a). Milloin energiatodistusta tarvitaan ja milloin energiatodistusta ei tarvita?

https://www.motiva.fi/ratkaisut/energiatodistusneuvonta/mika_on_energiatodistus/milloin_energiatodistus_tarvitaan_ja_milloin_ei

Myyryläinen, L. (2019). Rakennuksen elinkaari, energia ja kunto. Rakennustieto.

Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatodistuksesta 176/2013.

<https://finlex.fi/fi/laki/ajantasa/kumotut/2013/20130176>

Puuinfo. (24.9.2021). Puurakenteen U-arvon määrittäminen.

<https://puuinfo.fi/suunnittelu/mitoitustyokalu/puurakenteen-u-arvon-maarittaminen/>

Ympäristöministeriö. (27.10.2017). Rakenteellisen energiatehokkuuden määräystenmukaisuuden osoittaminen.

https://ym.fi/documents/1410903/38439968/Rakenteellisen-energiatehokkuuden-esimerkkilaskelmat-2018-697B528D_A378_40CF_9006_4A23BCE63455-133700.pdf/e5896887-43e2-f8b7-db79-edd6cce2b718/Rakenteellisen-energiatehokkuuden-esimerkkilaskelmat-2018-697B528D_A378_40CF_9006_4A23BCE63455-133700.pdf?t=1603260240946

Ympäristöministeriö. (2002). Suomen rakennusmääräyskokoelma C4 lämmöneristys.

Ympäristöministeriö. (2012). Suomen rakennusmääräyskokoelma C4 luonnos.

Ympäristöministeriö. (2012). Suomen rakennusmääräyskokoelma D3 Rakennuksen energiatehokkuus.

Valtioneuvoston asetus rakennuksissa käytettävien energiamuotojen kertoimien lukuarvoista 788/2017. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20171010>

Ympäristöministeriö. (i.a). Suomen rakentamismääräyskokoelma. Lämpöhäviöiden tasauslaskin 2018. <https://ym.fi/rakentamismaaraykset>

Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta 1010/2017.

<https://finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20171010>

Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatodistuksesta 1048/2017.

<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20171010>

Ympäristöministeriö. (31.3.2017). Tasauslaskentaopas 2018.

[https://ym.fi/documents/1410903/38439968/Tasauslaskentaopas-2018-310317-181217-\(002\)-8DA891B6_94AC_4367_9E45_D59ECED00CCF-133703.pdf/acb4fd5e-](https://ym.fi/documents/1410903/38439968/Tasauslaskentaopas-2018-310317-181217-(002)-8DA891B6_94AC_4367_9E45_D59ECED00CCF-133703.pdf/acb4fd5e-)

[e622-c6e7-c0f0-97aa59de0886/Tasauslaskentaopas-2018-310317-181217-\(002\)-8DA891B6_94AC_4367_9E45_D59ECED00CCF-133703.pdf?t=1603260250564](https://e622-c6e7-c0f0-97aa59de0886/Tasauslaskentaopas-2018-310317-181217-(002)-8DA891B6_94AC_4367_9E45_D59ECED00CCF-133703.pdf?t=1603260250564)

LIITTEET

Liite 1. Ulkoseinän U-arvo

Liite 2. Alapohjan U-arvo

Liite 3. Rakennuksen lämpöhäviöiden taseuslaskelma

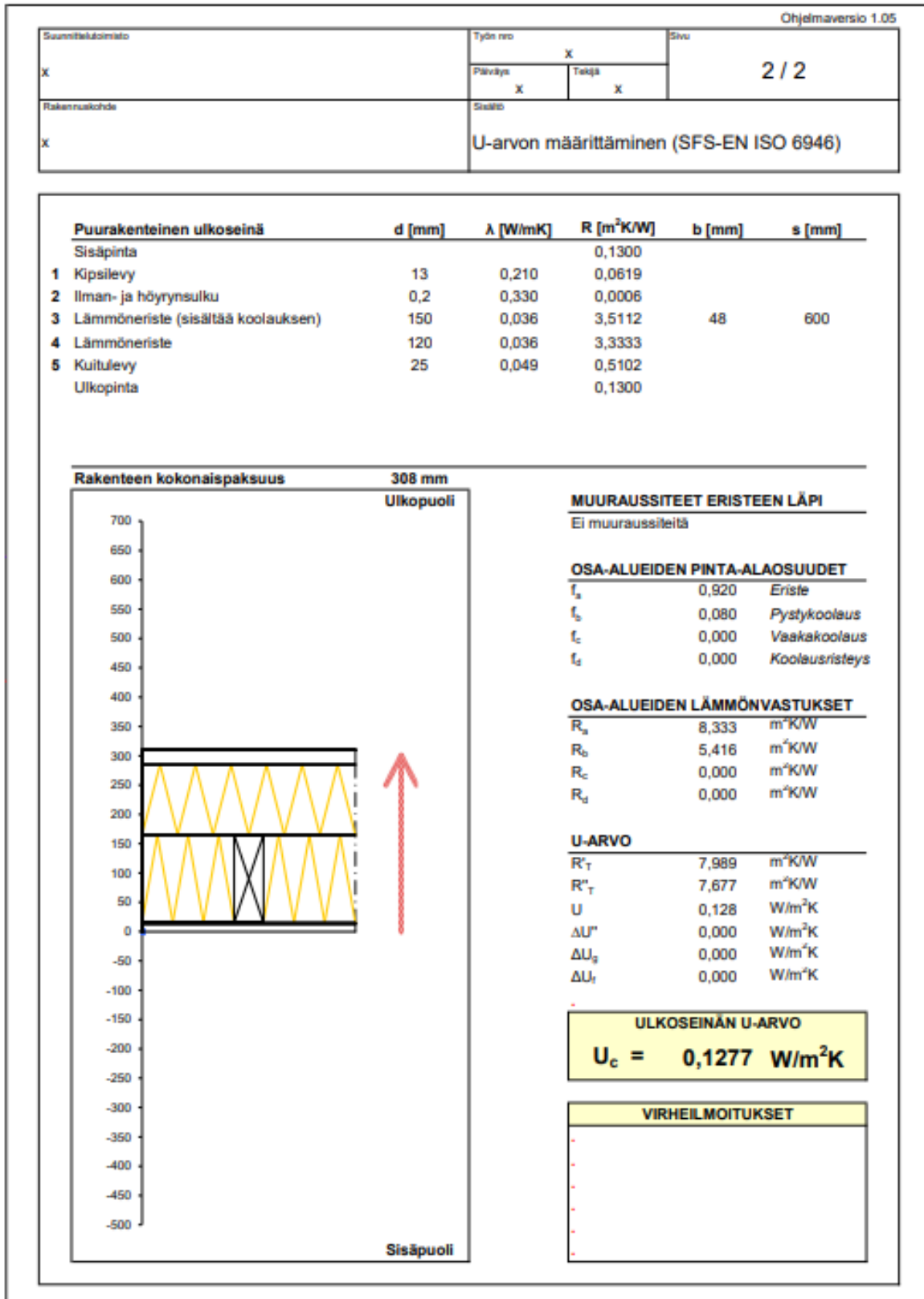
Liite 1

Ohjelmaversio 1.05		
Suunnittelukomitea	Työn nro	Sivu
x	x	1 / 2
	Päiväys	
	x	x
Rakennuskohde	Sisältö	
x	U-arvon määrittäminen (SFS-EN ISO 6946)	

RAKENTEEN TIEDOT	Info
TARKASTELTAVA RAKENNE: Puurakenteinen ulkoseinä (lämpövirran suunta vaakasuoraan) ▼	
RAKENNEKERROKSET	
Sisäpinta	
1 Kipsilevy ▼	
Kerroksen paksuus [d]	13,0 mm
Lämmönjohtavuus [λ]	0,210 W/mK
2 Ilman- ja höyrynsulku ▼	
3 Lämmöneriste (sisältää koolauksen) ▼	
Kerroksen paksuus [d]	150,0 mm
Lämmönjohtavuus [λ]	0,036 W/mK
Koolaussuunta (p / v)	p
4 Lämmöneriste ▼	
Kerroksen paksuus [d]	120,0 mm
Lämmönjohtavuus [λ]	0,036 W/mK
5 Kuitulevy ▼	
Kerroksen paksuus [d]	25,0 mm
Lämmönjohtavuus [λ]	0,049 W/mK
6 Ei rakennekerrosta ▼	
7 Ei rakennekerrosta ▼	
8 Ei rakennekerrosta ▼	
Ulkopinta	

ILMARAKOJEN TIEDOT	
Ulkopuolen tuuletusrako	Hyvin tuulettuva ▼
Ilmarakojen korjaustekijä	Korjaustaso 0 ▼
METALLISTEN MUURAUSSITEIDEN TIEDOT	
Muuraussiteiden tyyppi	Ei muuraussiteitä ▼
KOOLAUKSEN TIEDOT	
Koolauspuun leveys [b]	48 mm ▼
Koolauspuun lämmönjohtavuus [λ]	0,120 W/mK
Pystykoolauksen k-jako [s]	600 mm

RAKENNE / LÄMPÖVIRTA



Liite 2

Ohjelmaversio 1.02		
Suunnittelutiedot	Työn nimi	Sivu
X	X	1 / 2
	Päätyä	Toukka
	X	X
Rakennuskohde	Sisätila	
X	U-arvon määrittäminen (EN ISO 13370)	

RAKENTEEN TIEDOT

Info

<p>Perusmaan tyyppi Hiekka tai sora</p> <p>Alapohjan tyyppi Maanpäällinen alapohja</p> <p>Reunan lisäeristys Pystyeriste</p> <p>Kellarin seinätyyppi Ei kellaria</p>	<h4>REUNAN PYSTYERISTEEN TIEDOT</h4> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="border: 1px solid black;">Lämmönjohtavuus [λ]</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">0,037 W/mK</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black;">Paksuus [d]</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">100 mm</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black;">Korkeus [D]</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">500 mm</td> </tr> </table>	Lämmönjohtavuus [λ]	0,037 W/mK	Paksuus [d]	100 mm	Korkeus [D]	500 mm
Lämmönjohtavuus [λ]	0,037 W/mK						
Paksuus [d]	100 mm						
Korkeus [D]	500 mm						

Alapohjan pinta-ala [A]	126,0 m2
Alapohjan ympärysmitta [P]	49,0 m
Perusmuurin paksuus [w]	300 mm

RAKENNEKERROKSET

Sisäpinta

- 1 Betonilaatta
 Kerroksen paksuus [d] 100,0 mm
 Lämmönjohtavuus [λ] 2,500 W/mK
- 2 Polystyreeni (EPS)
 Kerroksen paksuus [d] 200,0 mm
 Lämmönjohtavuus [λ] 0,037 W/mK
- 3 Ei rakennekerrosta
- 4 Ei rakennekerrosta
- 5 Ei rakennekerrosta
- 6 Ei rakennekerrosta

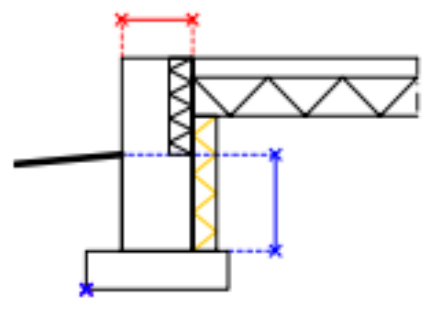
Ulkopinta

LAATAN REUNAN RAKENNE

Mittävövojen selitykset

x→x = perusmuurin paksuus [w]

x→x = pystyeristeen korkeus [D]



Ohjelmaversio 1.02		
Suunnittelukohta	Työn no.	Sivu
X	X	2 / 2
	Päiväys	
	X	X
Rakennuskohde	Sisätila	
X	U-arvon määrittäminen (EN ISO 13370)	

ALAPOHJA	d [mm]	λ [W/mK]	R [m²K/W]
Sisäpinta			0,17
1 Betonilaatta	100	2,500	0,04
2 Polystyreeni (EPS)	200	0,037	5,41
Ulkopinta			0,04

SUHTEELLINEN LATTIAMITTA		
A	126,0	m²
P	49,0	m
B'	5,143	m

LATTIAN EKVIVALENTTI PAKSUUS		
w	0,300	m
d _t	11,611	m
λ _{pesustus}	2,000	W/mK
R _{so}	0,170	m²K/W
R _{soa}	0,040	m²K/W
R _t	5,445	m²K/W
R _g	1,175	m²K/W

SEINÄN EKVIVALENTTI PAKSUUS		
z	-	m
d _w	-	m
R _w	-	m²K/W

U-ARVO		
ψ _{s,a}	-0,02	
U _o	0,14	W/m²K
U _{o,f}	-	W/m²K
U _{o,w}	-	W/m²K

ALAPOHJAN U-ARVO
U_c = 0,1370 W/m²K

VIRHEILMOITUKSET

Liite 3

Rakennuksen lämpöhäviön tasauslaskelma, 2018 (voimassa 1.1.2018 alkaen)

Rakennuskohde	
Rakennuslupatunnus	
Rakennustyyppi	
Pääsuunnittelija	
Tasauslaskelman tekijä	
Päiväys	
Tulos: Suunnitteluratkaisu	TÄYTTÄÄ VAATIMUKSET

Rakennuksen laajuustiedot

Rakennustilavuus	325 rak-m ³
Maanpäälliset kerrostasoalat yhteensä	144 m ²
Lämmitetty nettoala, lämpimät tilat	126 m ²
Lämmitetty nettoala, puoliämpimät tilat	m ²
Rakennusluokka (1 - 9)	1
Rakennuksen kerrosmäärä	1 kerrosta

Laskentatuloksia

Julkisivupinta-ala on 126 m²
 Ikkunapinta-ala on 13 % maanpäällisestä kerrostasoalasta
 Ikkunapinta-ala on 15 % julkisivun pinta-alasta
 Lämpöhäviö on 88 % vertailutasosta (lämpimät tilat)

Perustiedot	Pinta-alat, m ²		U-arvot, W/(m ² K)		Lämpöhäviöiden tasaus	
	Vertailu- arvo	Suunnittelu- arvo	Vertailu- arvo	Suunnittelu- arvo	Vertailu- ratkaisu	Suunnittelu- ratkaisu
RAKENNUSOSAT						
Lämpimät tilat						
Ulkoseinä	96	99	0,17	0,13	16,4	12,9
Massiivpuuseinä ¹⁾			0,40		-	-
Yläpohja	126	126	0,09	0,08	11,3	10,1
Alapohja (ulkoilmaan rajoittuva)			0,09		-	-
Alapohja (ryömintätilaan rajoittuva)			0,17		-	-
Alapohja (maanvastainen)	126		0,16	0,14	20,2	17,6
Muu maanvastainen rakennusosa			0,16		-	-
Ikkunat	21,6	19,0	1,00	1,00	21,6	19,0
Uiko-ovet ja tuuletusluukut ²⁾	8,0		1,00	1,00	8,0	8,0
Kattoikkunat			1,00		-	-
Kattovalokuvut			1,00		-	-
Lämpimät tilat yhteensä	378	378			77,5	67,6
Puoliämpimät tilat tai määräraikaiset rakennukset						
Ulkoseinä			0,26		-	-
Massiivpuuseinä ¹⁾			0,60		-	-
Yläpohja			0,14		-	-
Alapohja (ulkoilmaan rajoittuva)			0,14		-	-
Alapohja (ryömintätilaan rajoittuva)			0,26		-	-
Alapohja (maanvastainen)			0,24		-	-
Muu maanvastainen rakennusosa			0,24		-	-
Ikkunat			1,40		-	-
Uiko-ovet ja tuuletusluukut ²⁾			1,40		-	-
Kattoikkunat			1,40		-	-
Kattovalokuvut			1,40		-	-
Puoliämpimät tilat yhteensä	-	-			-	-
VAIPAN ILMAVUODOT						
	Ilmanvuotoluku, m ³ /(h m ²) [q _{so}]		Vuotoilmavirta, m ³ /s [q _v , v ² = q _{so} / 35 · A/3600]		Ominaislämpöhäviö, W/K [H _{vuotoilma} = 1200 · q _v]	
	Vertailu- arvo	Suunnittelu- arvo	Vertailu- arvo	Suunnittelu- arvo	Vertailu- ratkaisu	Suunnittelu- ratkaisu
Vuotoilma						
Lämpimät tilat	2,0	4,0	0,0060	0,0120	7,2	14,4
Puoliämpimät tilat	2,0				-	-
ILMANVAIHTO						
	Poistoilmavirta, m ³ /s [q _{v,p}]		Ilmanvaihdon LTO:n vuosiyötysuhde, % [η _o]		Ominaislämpöhäviö, W/K [H _v = 1200 · q _{v,p} · (1-η _o)]	
	Vertailu- arvo	Suunnittelu- arvo	Vertailu- arvo	Suunnittelu- arvo	Vertailu- ratkaisu	Suunnittelu- ratkaisu
Hallittu ilmanvaihto						
Lämpimät tilat	0,050		55	72	27,2	16,9
Lämpimät tilat, ei LTO-vaatimusta			0		-	-
Puoliämpimät tilat			55		-	-
Puoliämpimät tilat, ei LTO-vaatimusta			0		-	-
Rakennuksen lämpöhäviöiden tasaus						
Lämpimien tilojen ominaislämpöhäviö					112	99
Puoliämpimien tilojen					-	-

¹⁾ Massiivpuuseinä, jonka keskimääräinen paksuus on vähintään 180 mm.

²⁾ Ulko-ovien ja tuuletusluukkuihin sisältyvät myös savunpoisto-, uloskäynti- ja huoltoluukut sekä muut vastaavat luukut.

Rakennuksen lämpöhäviön tasauslaskelma, 2018 (voimassa 1.1.2018 alkaen)

Rakennuskohde
Rakennuslupatunnus

Rakennuksen lämpöhäviön määräystenmukaisuuden tarkistuslista			
Pinta-alat			
Vertailukunnapinta-ala on 15 % yhteenlasketuista maanpäällisistä kerrostasaloista, mutta kuitenkin enintään 50 % julkisivujen pinta-alasta	kyllä	ei	
	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Rakennusosien yhteenlaskettu pinta-ala sama molemmissa ratkaisussa			
- lämpimissä tiloissa	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
- puolitäpimissä tiloissa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Rakennusvaipan ilmanpitävyys			
Rakennusvaipan ilmanvuotoluvun q_{50} suunniteltu arvo on enintään enimmäisarvon suurin	kyllä	ei	Enimmäisarvo Suunniteltu arvo
- lämpimissä tiloissa	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	4 4,00
- puolitäpimissä tiloissa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	4
Rakennuksen lämpöhäviöiden tasaus			
Suunnitteluratkaisun ominaislämpöhäviö on enintään vertailuratkaisun suurin	kyllä	ei	Vertailuarvo Suunniteltu arvo
- lämpimissä tiloissa	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	112 W/K 99 W/K
- puolitäpimissä tiloissa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Tarkistuslistan yhteenvedo			
Suunnitteluratkaisu täyttää lämpöhäviövaatimukset	kyllä	ei	
	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Lisätietoja**Rakennuksen ilmanpitävyys**

Rakennuksen suunnitteluratkaisun lämpöhäviön laskennassa käytetään rakennusvaipan ilmanvuotoluvun q_{50} suunniteltu arvoa. Rakennuksen vaipan ilmanvuotoluku q_{50} saa olla enintään $4,0 \text{ m}^3/(\text{h m}^2)$, mutta ilmanvuotoluku voi ylittää tämän arvon, jos rakennuksen käytön vaatimat rakenteelliset ratkaisut huonontavat merkittävästi ilmanpitävyyttä. Jos ilmanpitävyyttä ei tulla osoittamaan mittaamalla tai teollisen talonrakennuksen laadunvarmistusmenettelyllä, rakennusvaipan ilmanvuotolukuna käytetään arvoa $4,0 \text{ m}^3/(\text{h m}^2)$.

Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton (LTO) vuosihyötysuhde

Ilmanvaihtokoneen poistoilman lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde määritetään käyttäen lämmöntalteenottoalaitteen ominaisuuksia ja ilmanvaihtokoneen suunniteltuja ilmavirtoja sekä asetuksen liitteessä 1 säädetyn säävyöhykkeen 1 säätiöitä. Kahden tai useamman ilmanvaihtokoneen poistoilman lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde määritetään suunniteltujen ilmavirtojen ja käyntiaikojen painotettuna vuosihyötysuhteena. Rakennuksen suunnitteluratkaisun ilmanvaihdon lämpöhäviö lasketaan käyttäen näin määritettyä poistoilman lämmöntalteenoton vuosihyötysuhdetta ja asetuksen 26 § mukaisia ilmavirtojen arvoja ja käyntiaikoja.

Huomautus

Tässä lomakkeessa esitetyt lämpöhäviövaatimukset koskevat rakennuksia, joiden kerrosala on 50 m^2 tai enemmän.