

Esimerkki poistoilma- ja ilma-vesi- -lämpöpumpun laskemisesta Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta- ohjeen mukaisesti

Energiatodistusoppaan 2018 liite

1.11.2018



Ympäristöministeriö
Miljöministeriet
Ministry of the Environment

2018

Sisällys

1 Johdanto	3
2 Poistoilma- ja ilmavesilämpöpumpun laskenta	4
2.1 Yleistä	4
2.2 Poistoilmalämpöpumppu	4
2.3 Ilma-vesilämpöpumppu.....	6
3 Esimerkki: poistoilmalämpöpumppu	8
4 Esimerkki: ilma-vesilämpöpumppu.....	10
5 Esimerkki: poistoilmalämpöpumppu 1940-luvun pientaloon.....	11

1 Johdanto

Tässä lyhyessä oppaassa esitetään laskentaesimerkit poistoilma- ja ilmajäähdytyspumpun käsittelystä rakennuksen energiatodistusta laadittaessa. Laskentaohje perustuu Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskentaohjeeseen, joka on korvannut aiemman rakennusmääräyskokoelman osan D5/2012. Tuonnempana tässä oppaassa Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskentaohjeeseen viitataan lyhennetyllä nimellä *Energiatodistuksen laskentaohje*. Ympäristöministeriön asetukseen rakennuksen energiatodistuksesta (1048/2017) viitataan tässä oppaassa lyhennetyllä nimellä *Energiatodistusasetus*.

Opas julkaistaan Energiatodistusoppaan 2018 oheismateriaalina. Sekä Energiatodistusopas että kaikki siihen liittyvät laadintaesimerkit ja oheismateriaalit on päivitetty vuonna 2018.

2 Poistoilma- ja ilmavesilämpöpumpun laskenta

2.1 Yleistä

Lämpöpumppu otetaan huomioon lämmityksen sähköenergiankulutusta laskettaessa vain sen ajanjakson osalta, jonka aikana lämpöpumppua käytetään. Lämmityskäytössä olevan lämpöpumpun sähköenergiankulutus voidaan laskea energiatehokkuuden laskentaohjeen kaavalla (7.12)

$$W_{LP,lämmitys} = Q_{LP,lämmitys,tilat}/SPF_{tilat} + Q_{LP,lämmitys, lkv}/SPF_{lkv} + W_{lisälämmitys} \quad (1)$$

jossa

$W_{LP,lämmitys}$	lämpöpumppujärjestelmän sähköenergian kulutus, kWh
$Q_{LP,lämmitys,tilat}$	lämpöpumpun tuottama tilojen lämmitysenergia, kWh
SPF_{tilat}	lämpöpumpun SPF-luku tilojen lämmityksessä, -
$Q_{LP,lämmitys, lkv}$	lämpöpumpun tuottama käyttöveden lämmitysenergia, kWh
SPF_{lkv}	lämpöpumpun SPF-luku käyttöveden lämmityksessä, -
$W_{lisälämmitys}$	tilojen ja lämpimän käyttöveden lämmityksessä tarvittavan lisälämmityksen sähköenergian tarve ($Q_{lisälämmitys, tilat} + Q_{lisälämmitys, lkv}$), kWh.

On huomattava, että energiatehokkuuden laskentaohjeen taulukkoarvot ovat ns. turvallisella puolella. Laittevalmistajan arvot voi olla huomattavasti parempia kuin energiatehokkuuden laskentaohjeessa annetut arvot.

2.2 Poistoilmalämpöpumppu

Poistoilmalämpöpumpun laskennassa voidaan käyttää energiatehokkuuden laskentaohjeen taulukon 7.10 SPF-lukuja (tämän ohjeen Taulukko 1) ja energiatehokkuuden laskentaohjeen taulukon 7.7 tuotto-osuuksia (tämän ohjeen Taulukko 2).

Taulukko 1. Poistoilmalämpöpumppujen tilojen ja käyttöveden lämmityksen yhteisiä SPF-lukuja poistoilman lämpötilan ollessa 21 °C. Toisinto energiatehokkuuden laskentaohjeen taulukosta 7.10 (sama kuin energiatodistusasetuksen taulukko 14).

Poistoilmalämpöpumppu	SPF-luku
<i>Ulospuhallusilman alin lämpötila</i>	
-3	2,4
+1	2,1
+3	2,0
+5	1,9

Lämpöpumpun SPF-luku voidaan laskea tarkemmin ympäristöministeriön lämpöpumppuoppaassa esitettyllä yksityiskohtaisella laskentamenetelmällä tai muulla vaihtoehtoisella menetelmällä. Lähtötietoina voi käyttää esimerkiksi standardien SFS EN 16147 tai SFS EN 14511-3 mukaisilla testausmenetelmillä mitattuja tai muulla tavoin varmennettuja lämpöpumppujen tuotetietoja. Lämpöpumpun SPF-luvun määrittämisessä käytettävässä lämpöpumpun lämpökertoimessa otetaan huomioon mahdollisiin sulatusjaksoihin kuluva energia sekä lämpöpumpun apulaitteiden, esimerkiksi lämpöpumpun säätölaitteiden, puhaltimien sekä pumppujen, sähkönkulutus. Nämä tulee huomioida standardin SFS EN 14511-3 osoittamalla tavalla.

Poistoilmalämpöpumpun tuottama tilojen ja käyttöveden lämmitysenergian osuus voidaan arvioida Taulukon 2, avulla, jos tilojen, ilmanvaihdon ja käyttöveden lämmityksen lämpöenergian tarve ($Q_{\text{lämmitys, tilat, iv, lkv}}$) tunnetaan. Taulukon 2 avulla voidaan lisäksi arvioida poistoilmalämpöpumpun ulospuhallusilman sekä SPF-luvun lämpötilan vaikutus lämpöpumpulla tuotettavan lämmitysenergian osuuteen. Arvot on laskettu normaalin asuntoilmanvaihdon poistoilmavirroilla, missä lämpöpumppu lämmittelee sekä tiloja, ilmanvaihtoa että käyttövettä. Muissa tapauksissa tulee käyttää yksityiskohtaisempaa menetelmää.

Taulukko 2. Poistoilmalämpöpumpun tuottama osuus tilojen, ilmanvaihdon ja lämpimän käyttöveden lämpöenergian tarpeesta ($Q_{LP} / Q_{\text{lämmitys, tilat, iv, lkv}}$) lämpöpumpun SPF-luvun, tilojen, ilmanvaihdon ja käyttöveden lämpöenergian tarpeen ja ulospuhallusilman lämpötilan funktiona. Toisinto energiatehokkuuden laskentaohjeen taulukosta 7.7.

$Q_{\text{lämmitys, tilat, iv, lkv}}$ kWh/(m ² a)	$Q_{LP} / Q_{\text{lämmitys, tilat, iv, lkv}}$							
	SPF = 2,0				SPF = 3,0			
	T _{jäte -3 °C}	T _{jäte 1 °C}	T _{jäte 3 °C}	T _{jäte 5 °C}	T _{jäte -3 °C}	T _{jäte 1 °C}	T _{jäte 3 °C}	T _{jäte 5 °C}
100	0,99	0,95	0,90	0,84	0,94	0,86	0,80	0,74
150	0,82	0,72	0,66	0,60	0,70	0,61	0,56	0,51
200	0,66	0,56	0,51	0,46	0,55	0,47	0,43	0,39
250	0,55	0,46	0,41	0,37	0,45	0,38	0,35	0,31

Kun lämpöpumpun SPF-luku paranee, poistoilmasta saadaan lämpö talteen tehokkaammin eli pienemmällä kompressoriteholla, ja näin ollen lämmöntuotto ja samalla tuotto-osuus pienenee. Koska lämpöpumpun puhaltimien sähkönkulutus sisältyy SPF-lukuun, poistoilmalämpöpumpulla varustetun rakennuksen ilmanvaihtokoneen puhaltimien sähkönkulutusta ei tarvitse ottaa huomioon ilmanvaihtojärjestelmän sähkönkulutusta laskettaessa.

Poistoilmalämpöpumpulle voi olla tasauslaskentaa varten laskettu ilmavaihdon lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde, jossa on laskettu vuodessa poistoilmasta talteenotetun ja rakennuksen lämmityksessä hyväksikäytetyn energian suhde poistoilmasta talteenotettavissa energiaan. Tasauslaskentaoppaan mukaan rakennuksen hyväksikäytetyssä lämmitysenergiassa ei huomioida lämpimän käyttöveden valmistuksessa käytettyä lämmitysenergiaa. Vuosihyötysuhde voi olla todistuksessaakin näkyvissä, mutta ei vaikuta kokonaisenergian laskentaan. Ilmanvaihdon lämmitysenergiantarve ei vähene siitä, että lämpöpumpun lämmönlähteenä on poistoilmavirta, vaan tuloilmavirtaa täytyy lämmitteä yhtä paljon kuin koneellisen poistoilmavaihdon järjestelmissä. Eli kokonaisenergiataseissa ilmanvaihdon vuosihyötysuhde on nolla, paitsi niissä tilanteissa, jossa poistoilmalämpöpumpun yhteydessä on

tuloilmaan lämpöä siirtävä lämmönsiirrin. Tällöin ilmanvaihdon lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteena käytetään lämmönsiirrimen tuloilmaan vuosisitasolla siirtämän energian ja poistoilmasta talteenotettavissa olevan energian suhdetta.

2.3 Ilma-vesilämpöpumppu

Ilma-vesilämpöpumpun laskennassa voidaan käyttää energiatehokkuuden laskentaohjeen taulukon 7.8 SPF-lukuja (tämän oppaan Taulukko 3) sekä energiatehokkuuden laskentaohjeen liitteen 2 taulukkoa L2.2 (tämän oppaan Taulukko 4).

Taulukko 3. Ulkoilmalämpöpumppujen SPF-lukuja. Toisinto energiatehokkuuden laskentaohjeen taulukosta 7.8.

Ulkoilmalämpöpumput	SPF-luku		
	Säävyöhykkeet		
	I-II	III	IV
menoveden korkein lämpötila, °C			
Ilma-ilma	2,8	2,8	2,7
Ilma-vesi (tilojen lämmitys)			
30	2,8	2,8	2,7
40	2,5	2,5	2,4
50	2,3	2,3	2,2
60	2,2	2,1	2,0
Ilma-vesi (käyttöveden lämmitys)			
60	1,8	1,6	1,3

Taulukko 4. Ulkoilmalämpöpumpun (ilma-vesi) kattama osuus tilojen ja lämpimän käyttöveden lämpöenergian tarpeesta ($Q_{LP}/Q_{lämmitys,tilat,lkv}$). Taulukossa (ϕ_{LPn}/ϕ_{tila}) on lämpöpumpun tuottaman lämpötehon ja tilojen lämmityksen mitoitustehon suhde, ($Q_{lämmitys,tilat}/Q_{lämmitys,lkv}$) tilojen lämmityksen lämpöenergian tarpeen ja lämpimän käyttöveden lämmittämisen lämpöenergian tarpeen suhde ja (T_m) on korkein menoveden lämpötila. Lämpöpumpun nimellisteho ϕ_{LPn} annetaan toimintapisteessä $T_{ulko} / T_{meno} + 7/35$. Toisinto energiatehokkuuden laskentaohjeen taulukosta L2.2.

ϕ_{LPn}/ϕ_{tila}	$Q_{lämmitys,tilat}/Q_{lämmitys,lkv}$	Ulkoilmalämpöpumpun (ilma-vesi) kattama osuus tilojen ja lämpimän käyttöveden lämpöenergiasta ($Q_{LP}/Q_{lämmitys,tilat,lkv}$)											
		Säävyöhyke: I-II				Säävyöhyke: III				Säävyöhyke: IV			
		$T_m, °C$				$T_m, °C$				$T_m, °C$			
		30	40	50	60	30	40	50	60	30	40	50	60
0,30	0,50	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2
		3	3	3	3	1	1	1	1	8	8	8	8
	1,00	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
		9	9	9	9	7	7	7	7	3	3	3	3
	2,00	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3
		9	8	7	6	6	5	4	4	0	9	9	8
	4,00	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
		6	4	2	0	3	1	9	8	6	4	3	1
0,40	0,50	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3
		4	4	4	4	2	2	2	2	8	8	8	8
	1,00	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
		2	2	2	2	0	0	9	9	4	4	4	4
	2,00	0,6	0,6	0,6	0,5	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4

		3	1	0	8	0	8	7	6	2	1	0	9
	4,00	0,6 8	0,6 5	0,6 3	0,6 1	0,6 4	0,6 2	0,6 0	0,5 8	0,5 6	0,5 4	0,5 2	0,5 1
0,50	0,50	0,5 4	0,5 4	0,5 4	0,5 4	0,5 2	0,5 2	0,5 2	0,5 2	0,4 7	0,4 7	0,4 7	0,4 7
	1,00	0,6 5	0,6 4	0,6 4	0,6 3	0,6 2	0,6 1	0,6 1	0,6 0	0,5 5	0,5 4	0,5 4	0,5 3
	2,00	0,7 3	0,7 1	0,6 9	0,6 8	0,7 0	0,6 8	0,6 6	0,6 4	0,6 1	0,6 0	0,5 8	0,5 7
	4,00	0,7 8	0,7 5	0,7 2	0,7 0	0,7 4	0,7 1	0,6 8	0,6 6	0,6 4	0,6 2	0,6 0	0,5 8
0,60	0,50	0,6 4	0,6 4	0,6 4	0,6 4	0,6 2	0,6 2	0,6 2	0,6 1	0,5 5	0,5 5	0,5 5	0,5 5
	1,00	0,7 5	0,7 4	0,7 2	0,7 2	0,7 2	0,7 0	0,6 9	0,6 9	0,6 4	0,6 3	0,6 2	0,6 1
	2,00	0,8 2	0,7 9	0,7 7	0,7 5	0,7 8	0,7 6	0,7 4	0,7 2	0,6 9	0,6 7	0,6 5	0,6 4
	4,00	0,8 4	0,8 2	0,8 0	0,7 7	0,8 1	0,7 8	0,7 6	0,7 3	0,7 1	0,6 9	0,6 6	0,6 4
0,70	0,50	0,7 3	0,7 3	0,7 3	0,7 3	0,7 0	0,7 0	0,7 0	0,7 0	0,6 3	0,6 3	0,6 3	0,6 3
	1,00	0,8 3	0,8 1	0,8 0	0,7 8	0,7 9	0,7 8	0,7 6	0,7 5	0,7 1	0,6 9	0,6 8	0,6 7
	2,00	0,8 7	0,8 5	0,8 3	0,8 2	0,8 4	0,8 2	0,8 0	0,7 8	0,7 5	0,7 3	0,7 1	0,6 9
	4,00	0,8 9	0,8 7	0,8 5	0,8 3	0,8 6	0,8 4	0,8 1	0,7 9	0,7 6	0,7 4	0,7 2	0,7 0
0,80	0,50	0,8 1	0,8 0	0,8 0	0,7 9	0,8 0	0,8 0	0,7 9	0,7 8	0,7 2	0,7 1	0,7 1	0,7 0
	1,00	0,8 8	0,8 7	0,8 5	0,8 4	0,8 6	0,8 5	0,8 4	0,8 2	0,7 7	0,7 6	0,7 4	0,7 3
	2,00	0,9 0	0,8 9	0,8 8	0,8 6	0,8 8	0,8 6	0,8 5	0,8 4	0,7 9	0,7 7	0,7 6	0,7 4
	4,00	0,9 1	0,9 0	0,8 8	0,8 7	0,8 8	0,8 7	0,8 5	0,8 4	0,7 9	0,7 7	0,7 6	0,7 4
0,90	0,50	0,8 9	0,8 8	0,8 8	0,8 7	0,8 6	0,8 5	0,8 4	0,8 3	0,7 7	0,7 6	0,7 6	0,7 5
	1,00	0,9 2	0,9 1	0,9 0	0,8 9	0,8 9	0,8 8	0,8 7	0,8 6	0,8 1	0,8 0	0,7 8	0,7 7
	2,00	0,9 2	0,9 1	0,9 0	0,8 9	0,9 0	0,8 9	0,8 8	0,8 7	0,8 1	0,8 0	0,7 9	0,7 7
	4,00	0,9 2	0,9 1	0,9 0	0,8 9	0,8 9	0,8 8	0,8 7	0,8 6	0,8 1	0,8 0	0,7 8	0,7 7
1,00	0,50	0,9 2	0,9 2	0,9 1	0,9 0	0,9 0	0,8 9	0,8 8	0,8 8	0,8 2	0,8 1	0,8 0	0,7 9
	1,00	0,9 3	0,9 2	0,9 2	0,9 1	0,9 1	0,9 0	0,9 0	0,8 9	0,8 3	0,8 2	0,8 1	0,8 0
	2,00	0,9 3	0,9 2	0,9 2	0,9 1	0,9 1	0,9 0	0,8 9	0,8 9	0,8 3	0,8 2	0,8 1	0,8 0
	4,00	0,9 3	0,9 2	0,9 1	0,9 0	0,9 0	0,9 0	0,8 9	0,8 8	0,8 2	0,8 1	0,8 0	0,7 9

Suhteellisen lämpötehon arvo $\phi_{LPn}/\phi_{tila} = 1,0$ vastaa lämpöpumpun tehomittoitusta noin -5 °C ulkolämpötilassa menoveden lämpötilan ollessa 35 °C . Tarkka mitoituspisteen ulkolämpötila riippuu lämpöpumpun lämmöntuottokyvystä alle $+7\text{ °C}$ ulkolämpötiloilla ja se voidaan tarvittaessa määrittää laitekohtaisesti.

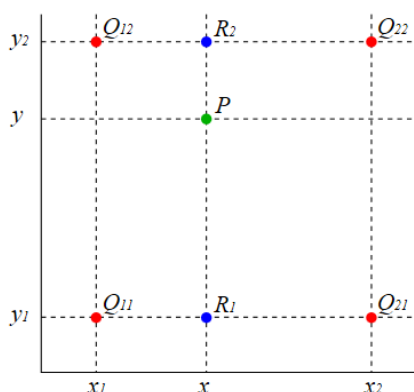
3 Esimerkki: poistoilmalämpöpumppu

Käytetään esimerkkinä uutta sähkölämmitteistä pientaloa, jossa on poistoilmalämpöpumppu. Laskuesimerkin ymmärtämisessä esimerkkirakennuksella ei ole väliä, laskentaesimerkissä tarvittavat taulukotiedot ja numeroarvot annetaan tässä oppaassa. Poistoilmalämpöpumpun tapauksessa tilojen lämmitysenergiankulutus on 20976,9 kWh/a eli 142,7 kWh/(m², a). Lämpimän käyttöveden energiankulutus on 6688,5 kWh/a eli 45,5 kWh/(m², a). Yhteensä nämä tekevät 27665,4 kWh/a eli 188,2 kWh/(m², a).

Kun oletetaan, että poistoilmalämpöpumpun ulospuhallusilman alin lämpötila on -3 °C, niin lämpöpumpun SPF-luku on 2,4 (Taulukko 1).

Taulukosta 2 voidaan interpoloida poistoilmalämpöpumpun tuottama osuus bilineaarisesti $f(x,y)$ arvo kaavalla

$$f(x,y) = \frac{1}{(x_2 - x_1)(y_2 - y_1)} (f_{11}(x_2 - x)(y_2 - y) + f_{21}(x - x_1)(y_2 - y) + f_{12}(x_2 - x)(y - y_1) + f_{22}(x - x_1)(y - y_1)) \quad (2)$$



Kuva 1. Selvennys interpoloinnin laskukaavasta, tässä Q_{11} vastaa merkintää f_{11} jne.

Sijoittamalla $x=188$, $x_1=150$, $x_2=200$, $y=2,4$, $y_1=2$ ja $y_2=3$, saadaan

$$f(188, 2,4) = \frac{1}{(200 - 150)(3 - 2)} * (0,82 * (200 - 188)(3 - 2,4) + 0,66(188 - 150)(3 - 2,4) + 0,7(200 - 188)(2,4 - 2) + 0,55(188 - 150)(2,4 - 2)) \quad (3)$$

$$f(188, 2,4) = 0,65$$

Tämä voidaan tehdä myös kahdella linearisoinnilla esimerkiksi ensin energiankulutuksen suhteen ja sitten SPF-luvun suhteen. Jos linearisoidaan energiantarpeen suhteen, niin tuotto-osuudet ovat 0,698 ja 0,585 SPF-luvuille 2,0 ja 3,0. Kun näillä lukuarvoilla linearisoidaan SPF-luvun suhteen, niin saadaan tuotto-osuudeksi sama 0,65. Ratkaisu kahdella linearisoinnilla saadaan soveltamalla kaavaa:

$$f(x) = y_0 + (y_1 - y_0) \frac{x - x_0}{x_1 - x_0}$$

$$f(x_a) = 0,82 + (0,66 - 0,82) \frac{188,2 - 150}{200 - 150} = 0,698$$

$$f(x_b) = 0,7 + (0,55 - 0,7) \frac{188,2 - 150}{200 - 150} = 0,585 \quad (4)$$

$$f(x_{a,b}) = x_a + (x_b - x_a) \frac{z - z_0}{z_1 - z_0}$$

$$f(x_{a,b}) = 0,698 + (0,585 - 0,698) \frac{2,4 - 2}{3 - 2} = 0,65$$

Jälkimmäinen vaihtoehto ei tuota kaikissa tilanteissa samaa tulosta kuin bilineaarinen menetelmä, mutta on riittävän tarkka.

Näin lämpöpumpun ostoenergiaksi (sähköä) saadaan energiatehokkuuden laskentaohjeen kaavalla 7.12 (tämän oppaan kaava 1):

$$W_{LP, \text{lämmitys}} = 0,65 * 20976,9/2,4 + 0,65 * 6688,5/2,4 + (1 - 0,65) * 27665,4 = 17175,6 \text{ kWh/a} \quad (5)$$

Lisälämmityksen eli sähkövastuksien osuus tästä on $(1-0,65)*27665,4 = 9682,9$ kWh/a. Lämmitykseen tarvittava kokonaissähkönkulutus on siis $17175,6$ kWh/a + $9682,9$ kWh/a = $26858,5$ kWh/a.

Poistoilmalämpöpumpun tapauksessa lämmönlähteenä on poistoilmavirta, joten siinä ympäristössä olevasta energiasta otetun energian osuus on 0 kWh. Energiatodistusasetuksen (1048/2017) mukaan poistoilmalämpöpumpun poistoilmasta ottamaa energiaa ei lasketa rakennuksen ympäristöstä peräisin olevaksi energiaksi.

4 Esimerkki: ilma-vesilämpöpumppu

Ilma-vesilämpöpumppua koskevassa esimerkissä tilojen ja ilmanvaihdon lämmitysenergiakulutus on 13443,2 kWh/a eli 91,45 kWh/(m², a). Lämpimän käyttöveden energiankulutus on 6688,5 kWh/a eli 45,5 kWh/(m², a). Yhteensä 20131,65 kWh/a eli 136,95 kWh/(m², a).

Kun lattialämmityksen menoveden lämpötila on +40 °C, ilma-vesilämpöpumpun SPF-luku tilojen lämmitykselle on 2,5 ja käyttöveden lämmitykselle 1,8 (Taulukko 3).

Lämpöpumpun teho on 70 % mitoitustehosta. Tässä tulee käyttää rakennuksen todellisen sijainnin mukaista mitoitustehoa, eli rakennuksen kokonaislämmitystehoa (lämmitys + ilmanvaihto) tosiasiallisen säävyöhykkeen (1–4) mukaisella mitoitusteholla. Kun $Q_{\text{lämmitys, tilat}} / Q_{\text{lämmitys, lkv}} = 13443,2/6688,5 = 2,0$, niin taulukon 4 mukaan lämpöpumpun tuotto-osuudeksi saadaan 0,85.

Näin lämpöpumpun ostoenergiaksi (sähköä) saadaan:

$$W_{LP,\text{lämmitys}} = 0,85 * 13443,2/2,5 + 0,85 * 6688,5/1,8 + (1 - 0,85) * 20131,65 = 10748,9 \text{ kWh/a} \quad (6)$$

Lisälämmityksen eli sähkövastuksien osuus tästä on $(1-0,85)*20131,65 = 3019,7$ kWh/a.

Höyrytimen ilmasta ottama energia on ympäristössä olevasta energiasta otettua energiaa, jonka määrä voidaan laskea esimerkiksi lämpöpumpun tuottaman lämpöenergian ja käytetyn sähköenergian erotuksena:

$$Q_{LP,\text{höyrystin}} = 0,85 * (13443,2 + 6688,5) - (9534,7 - 805,3) = 8382,5 \text{ kWh/a} \quad (7)$$

Ympäristössä olevasta energiasta hyödynnetty energia ilmoitetaan energiatodistuksen sivulla 4.

5 Esimerkki: poistoilmalämpöpumppu 1940-luvun pientaloon

Energiatodistusoppaan 2018 liitteenä on julkaistu laadintaesimerkki ”Pientalo 1940-luvulta”. Pientalossa on öljylämmitys sekä painovoimainen ilmanvaihto, ja se on rakennuksena ilmeisen energiatehoton: pientalon E-luvuksi saadaan **510 kWh/(m² a)**, ja se sijoittuu energiatehokkuusluokkaan **G**. Laadintaesimerkissä esitetään rakennukselle energiatehokkuuden parannustoimenpiteiksi aurinkolämmön asentamista, ikkunoiden vaihtamista energiatehokkaammiksi, öljylämmityksen vaihtamista maalämpöpumppuun, ilmalämpöpumpun käyttämistä lisälämmönlähteenä sekä koneellisen tulo-poistoilmanvaihdon asentamista lämmöntalteenotolla.

Eräs mahdollinen energiatehokkuuden parannustoimenpide olisi koneellisen ilmanvaihdon ja poistoilmalämpöpumpun asentaminen. Tässä esimerkissä käytetään kyseisen laadintaesimerkin pientalon lähtötietoja ja esitetään, kuinka lasketaan koneellisen tulo-poistoilmanvaihdon ja poistoilmalämpöpumpun asentamisen vaikutus esimerkkirakennuksen E-lukuun. Oletetaan, että öljylämmitys kattaa edelleen sen osuuden tilojen ja lämpimän käyttöveden energiantarpeesta, jota lämpöpumppu ei kata.

Pientalon tilojen vuotuinen lämmitysenergian nettotarve $Q_{\text{lämmitys,tilat,netto}}$ on **37791,1 kWh**. Rakennuksessa on kaksi varaavaa tulisijaa, jotka kumpikin luovuttavat tiloihin laskennallisesti 3000 kWh vuodessa (Energiatodistusasetus, kohta 2.3.1), eli ne kattavat lämmitysenergian nettotarpeesta yhteensä **6000 kWh** vuodessa. Jäljelle jää **31791,2 kWh**. Lämpimän käyttöveden vuotuinen nettoenergiatarve $Q_{\text{kv,netto}}$ on **3958,5 kWh**. Poistoilmalämpöpumpun ja lisälämmitysjärjestelmän katettavaksi jää vuodessa yhteensä $31791,1 \text{ kWh} + 3958,5 \text{ kWh} = \mathbf{35749,6 \text{ kWh}}$ eli **316,1 kWh/(m² a)**.

Poistoilman lämpötila on **21°C** (vakioidun laskennan mukaisesti) ja ulospuhallusilman alin lämpötila on **+3°C** (pohjautuu laitevalintaan). Tämän ohjeen taulukosta 1 saadaan poistoilmalämpöpumpun SPF-luvuksi **2,0**. Tämän ohjeen taulukosta 2 puolestaan saadaan poistoilmalämpöpumpun tuottamaksi osuudeksi tilojen, ilmanvaihdon ja lämpimän käyttöveden lämmitysenergian tarpeesta **41%**. Tämä osuus toteutuu, mikäli poistoilmalämpöpumpun teho riittää jäähdyttämään poistoilman +3°C:hen, mikä on kyseisen rakennuksen osalta tarkastettava. Jos poistoilmalämpöpumpun teho on riittävä, poistoilmalämpöpumppu tuottaa rakennukseen vuodessa $0,41 * 35749,6 \text{ kWh} = \mathbf{14657,3 \text{ kWh}}$ eli **129,6 kWh/(m² a)**.

Poistoilmalämpöpumpun asentamisen jälkeen pientalon laskennallinen lämmitysöljyn kulutus pienenee vuodessa **20237 kWh** ja laskennallinen ostosähkön kulutus kasvaa **8216 kWh**. Uudeksi E-luvuksi saadaan **418 kWh_E/(m² a)** eli E-luku pienenee $92 \text{ kWh}_E/(\text{m}^2 \text{ a})$. Rakennus nousee energiatehokkuusluokasta **G** yhden luokan ylöspäin, eli se saa energiatehokkuusluokituksen **F**. Muutokset summataan taulukossa 8. (Rakennuksen E-luvun laskenta on esitetty kokonaisuudessaan omassa laadintaesimerkissä, joten sitä ei toisteta tässä.)

Taulukko 8. Poistoilmalämpöpumpun asentamisen vaikutus esimerkkirakennuksen laskennalliseen ostoennergiankulutukseen ja E-lukuun.

	Vanha tilanne		Uusi tilanne		Muutos	
	kWh/a	kWh/(m ² a)	kWh/m ²	kWh/(m ² a)	kWh/a	kWh/(m ² a)
Sähkönkulutus (ostoenergia)	2716,1	24,02	10932	96,66	-8215,9	-72,64
Lämmitysöljyn kulutus (ostoenergia)	49359	436,42	29122	257,49	20237	178,93
Polttopuun kulutus (ostoenergia)	10000	88,42	10000	88,42	0	0,00
E-luku		510		418		-92

Kuvissa 2 ja 3 esitetään energiatodistuslomakkeen sivut 3 ja 4 siten kuin ne täytettäisiin siinä tapauksessa, että rakennuksessa todella olisi poistoilmalämpöpumppu. Huomaa, että tässä tapauksessa rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän LTO:n vuosihyötysuhteeksi merkitään 0% (kuva 2), ja ilmanvaihtojärjestelmän vuotuiseksi sähköenergian kulutukseksi 0 kWh/m² (kuva 3). Koko energiatodistuslomaketta ei esitetä, koska 1940-luvun pientalon osalta myös koko energiatodistuksesta on annettu esimerkki omassa laadintaohjeessaan.

E-LUVUN LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT				
Rakennuskohde				
Rakennuksen käyttötarkoitusluokka	Yhden asunnon talot			
Rakennuksen valmistumisvuosi	1947	Lämmitetty nettoala	113	m ²
Rakennusvaippa				
Ilmanvuotoluku q ₅₀	4,7	m ³ /(h m ²)		
	A	U	UxA	Osuus lämpöhäviöistä
	m ²	W/(m ² K)	W/K	%
Ulkoseinät	158,9	0,67	106,5	43 %
Yläpohja	89,2	0,40	35,7	14 %
Alapohja	83,5	0,44	36,7	15 %
Ikkunat	14,8	2,60	38,5	16 %
Ulko-ovet	3,8	1,80	6,8	3 %
Kylmäsiilat	-	-	22,4	9 %
Ikkunat ilmansuunnittain				
	A	U	g_{kohtisuora}-arvo	
	m ²	W/(m ² K)	-	
Pohjoinen	4,3	2,50	0,60	
Koillinen				
Itä	2,0	2,80	0,60	
Kaakko				
Etelä	6,1	2,60	0,60	
Lounas				
Länsi	2,4	2,60	0,60	
Luode				
Ilmanvaihtojärjestelmä				
Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus:	LTO-kone asetuksen 2018 vertailuarvoilla, LTO=55, SFP=1.8			
	Ilmavirta tulo/poisto	Järjestelmän SFP-luku	LTO:n lämpötilasuhde	Jäätymisenesto
	(m ³ /s) / (m ³ /s)	kW / (m ³ /s)	-	°C
Pääilmanvaihtokoneet	/			
Erillispoistot	0,00 / 0,05	0,00	-	-
Ilmanvaihtojärjestelmä	0,00 / 0,05	0,00	-	-
Rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän LTO:n vuosihyötysuhde:			0 %	
Lämmitysjärjestelmä				
Lämmitysjärjestelmän kuvaus:	vesikiertoiset patterit, öljylämmitys / öljylämmitys			
	Tuoton hyötysuhde	Jaon ja luovutuksen hyötysuhde	Lämpökerroin¹	Apulaitteiden sähkönkäyttö²
	-	-	-	kWh/(m ² vuosi)
Tilojen ja iv:n lämmitys		90 %	2,0	2,6
Lämpimän käyttöveden valmistus		85 %	2,0	0,6
¹ vuoden keskimääräinen lämpökerroin lämpöpumpulle				
² lämpöpumppujärjestelmissä voi sisältyä vuoden keskimääräiseen lämpökertoimeen				
	Määrä	Tuotto		
	kpl	kWh		
Varaava tulisija	2	6 000		
Ilmalämpöpumppu				
Jäähdytysjärjestelmä				
Jäähdytyskauden painotettu kylmäkerroin				
-				
Jäähdytysjärjestelmä				
Lämmin käyttövesi				
	Ominaiskulutus	Lämmitysenergian nettotarve		
	dm ³ /(m ² vuosi)	kWh/(m ² vuosi)		
Lämmin käyttövesi	600	35		
Sisäiset lämpökuormat eri käyttöasteilla				
	Käyttöaste	Henkilöt	Kuluttajalaitteet	Valaistus
	-	W/m ²	W/m ²	W/m ²
Henkilöt ja kuluttajalaitteet	60 %	2,0	3,0	
Valaistus	10 %			6,0

Todistustunnus: XXXXXX, 3/8

Kuva 2. Esimerkki energiatodistuslomakkeen sivusta 3, kun kyseessä on pientalo, jossa on poistoilma-
lämpöpumppu.

E-LUVUN LASKENNAN TULOKSET				
Rakennuskohde				
Rakennuksen käyttötarkoituusluokka	Yhden asunnon talot			
Rakennuksen valmistumisvuosi	1947			
Lämmitetty nettoala, m ²	113,1			
E-luku, kWh _e / (m ² vuosi)	418			
E-luvun erittely				
Käytettävät energiamuodot	Vakioidulla käytöllä laskettu ostoenergia kWh/vuosi	Energiamuodon kerroin -	Energiamuodon kertoimella painotettu energiankulutus	
			kWh _e /vuosi	kWh _e /(m ² vuosi)
sähkö	10 932	1,2	13 119	116
uusiutuva polttoaine	10 000	0,5	5 001	45
fossiilinen polttoaine	29 122	1	29 123	258
YHTEENSÄ	50 055		47 243	418
Rakennuksen ympäristössä olevasta energiasta otettu energia, hyödynnetty osuus (kuukausitason erittely lisätiedoissa)				
	kWh/vuosi		kWh/(m ² vuosi)	
Rakennuksen teknisten järjestelmien energiankulutus				
	Sähkö kWh/(m ² vuosi)	Lämpö kWh/(m ² vuosi)	Kaukojäähdytys kWh/(m ² vuosi)	
Lämmitysjärjestelmä				
Tilojen lämmitys ¹	2,6	312,3	-	
Tuloilman lämmitys	0,0	0,0	-	
Lämpimän käyttöveden valmistus	0,6	41,2	-	
Ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergiankulutus	0,0	-	-	
Jäähdytysjärjestelmä	0,0	0,0	0,0	
Kuluttajalaitteet ja valaistus	21,0	-	-	
YHTEENSÄ	25,0	354,0	0,0	
¹ ilmanvaihdon tuloilman lämpeneminen tilassa ja korvausilman lämmitys kuuluu tilojen lämmitykseen				
Energian nettotarve				
	kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)		
Tilojen lämmitys ²	37 791	335		
Ilmanvaihdon lämmitys ³	0	0		
Lämpimän käyttöveden valmistus	3 959	36		
Jäähdytys	0	0		
² sisältää vuotoilman, korvausilman ja tuloilman lämpenemisen tilassa				
³ laskettu lämmöntalteenoton kanssa				
Lämpökuormat				
	kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)		
Aurinko	2 674	24		
Henkilöt	1 189	11		
Kuluttajalaitteet	1 783	16		
Valaistus	594	6		
Lämpimän käyttöveden kierrosta ja varastoinnin häviöistä	0	0		
Laskentatyökalun nimi ja versionumero				
Laskentatyökalun nimi ja versionumero	Laskentaohjelma X Versio 1.0			

Todistustunnus: XXXXXX, 4/8

Kuva 3. Esimerkki energiatodistuslomakkeen sivusta 4, kun kyseessä on pientalo, jossa on poistoilma-lämpöpumppu.