

Rakennuksen energiatodistus ja energiatehokkuusluvun määrittäminen

- Uudispientalon energiatodistusesimerkki

21.12.2007

Uudispientalon energiatodistusesimerkki

Tässä monisteessa esitetään uudispientalon energiatodistus ja sen energiatehokkuusluvun määrittäminen rakennuksen energiatodistuksesta annetun ympäristöministeriön asetuksen (765/2007) ja rakentamismääräyskokoelman osan D5 (Rakennusten energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta, ohjeet 2007) mukaisesti. Kuvissa 1 ja 2 esitetään esimerkkipientalolle laadittu energiatodistus. Rakennuksen energiatodistusasetuksen mukainen energiatehokkuusluvun laskenta esitetään yksityiskohtaisesti kohdissa 1 – 5.

ENERGIATODISTUS																											
Rakennus Rakennustyyppi: Erillinen pientalo Osoite: Kotikatu 1 00100 Helsinki Valmistumisvuosi: Rakennustunnus: 427-403-2-17 D 001 Asuntojen lukumäärä: 1																											
Energiatodistus perustuu laskennalliseen kulutukseen ja on annettu <input checked="" type="checkbox"/> rakennuslupamenettelyn yhteydessä <input type="checkbox"/> erillisen tarkastuksen yhteydessä																											
<table border="1"> <thead> <tr> <th>ET-luku</th> <th>Vähän kuluttava</th> <th>Rakennuksen ET-luokka</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>- 150</td> <td>A</td> <td></td> </tr> <tr> <td>151 - 170</td> <td>B</td> <td></td> </tr> <tr> <td>171 - 190</td> <td>C</td> <td></td> </tr> <tr> <td>191 - 230</td> <td>D</td> <td>D</td> </tr> <tr> <td>231 - 270</td> <td>E</td> <td></td> </tr> <tr> <td>271 - 320</td> <td>F</td> <td></td> </tr> <tr> <td>321 -</td> <td>G</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Paljon kuluttava</p>				ET-luku	Vähän kuluttava	Rakennuksen ET-luokka	- 150	A		151 - 170	B		171 - 190	C		191 - 230	D	D	231 - 270	E		271 - 320	F		321 -	G	
ET-luku	Vähän kuluttava	Rakennuksen ET-luokka																									
- 150	A																										
151 - 170	B																										
171 - 190	C																										
191 - 230	D	D																									
231 - 270	E																										
271 - 320	F																										
321 -	G																										
Rakennuksen energiatehokkuusluku (ET-luku, kWh/brm ² /vuosi): 222 Energiatehokkuusluvun luokittelustaiteikko: Pienet asuinrakennukset Energiatehokkuusluokitus perustuu rakennuksen laskennalliseen energiankulutukseen. Todellinen kulutus riippuu rakennuksen sijainnista, asukkaiden lukumäärästä ja asumistottumuksista.																											
Todistuksen antaja: Pekka Pääsuunnittelija		Todistuksen tilaaja: Matti Meikäläinen																									
Allekirjoitus:		Viimeinen voimassaolopäivä: 3.1.2018																									
Todistuksen antamispäivä: 4.1.2008		Viimeinen voimassaolopäivä: 3.1.2018																									

ENERGIATODISTUKSEN LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT			
Rakennuksen laajuustiedot			
Bruttoala	163 brm ²	Ilmatilavuus	382 m ³
Rakennustilavuus	522 rak-m ³	Henkilömäärä	4
Huoneistoala	147 hum ²		
Rakenteet			
Rakennusosat		Pinta-ala (m ²)	U-arvo (W/m ² K)
Ulkoseinät			
Tiiliverhoitu puurunko, 175 mm mineraalivilla		90	0,24
Kevytsoharaarkko 350. Eristemateriaali EPS		23	0,24
Yläpohja			
Harjakatto, 100 mm mineraalivillalevy+ 200 mm puhallusvilla		147	0,15
Alapohja			
Maanvarainen teräsbetoni-laatta 70 mm, EPS 100 mm 1 m:n reuna-alueella 150 mm. Maaperä moreenia.		147	0,24
Ovet			
Puualumiinirunko. Eristemateriaali EPS		8,2	1,4
Ikkunat			
Pohjoiseen MSE-puualumiini, karmi 170, sel.lasi		8,8	1,4
Itään MSE-puualumiini, karmi 170, sel.lasi		1,3	1,4
Etelään MSE-puualumiini, karmi 170, sel.lasi		11,1	1,4
Länteen MSE-puualumiini, karmi 170, sel.lasi		3,2	1,4
Tehollinen lämpökapasiteetti C_{rak omin}, Wh/(brm² K)			70
Ilmanvaihto			
Rakennuksen ilmanvuotoluku n ₅₀		4	1/h
Ilmanvaihdon poistolämvirta		0,053	m ³ /s
Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde		30	%
Vedenkulutus			
Lämpimän käyttöveden kulutus		73	m ³ /vuosi
Huoneistokohtainen vedenmittaus ja laskutus		kyllä <input checked="" type="checkbox"/>	ei <input type="checkbox"/>
Lämmitysjärjestelmät			
Lämmönkehitys	Kaukolämpö	sisältää käyttöveden lämmityksen	kyllä <input checked="" type="checkbox"/> ei <input type="checkbox"/>
Lämmönjakotapa	Vesikiertoinen lattialämmitys, 40/35 °C		
Lämmönvaraajat			
Lämpimän käyttöveden kiertojohto		kyllä <input checked="" type="checkbox"/>	ei <input type="checkbox"/>
- kiertojohtoon on liitetty märkätilojen lämmityslaitteita		kyllä <input type="checkbox"/>	ei <input checked="" type="checkbox"/>
Energiatehokkuusluvun laskenta			
Lämmitysenergian kulutus		27 986 kWh/vuosi	
Laitesähköenergian kulutus		8 150 kWh/vuosi	
Jäähdytysenergian kulutus		kWh/vuosi	
Rakennuksen energiankulutus yhteensä		36 136 kWh/vuosi	
Rakennuksen energiatehokkuusluku		222 kWh/brm²/vuosi	

Energiatodistus perustuu lakiin rakennusten energiatodistuksesta (487/2007) ja 19.6.2007 annettuun ympäristöministeriön asetuksen energiatodistuksesta. Tämä energiatodistus on asetuksen lomakkeen 1 mukainen.

Kuva 1. Esimerkkipientalon energiatodistuksen etusivu. Todistus on tehty lomakkeelle 1: Pienet asuinrakennukset. Todistus perustuu laskennalliseen kulutukseen ja on annettu rakennuslupamenettelyn yhteydessä. Todistus on voimassa 10 vuotta.

Kuva 2. Esimerkkipientalon energiatodistuksen laskennan lähtötiedot -osa.

Taulukko 1. Pientalon laajuustiedot.

Rakennustilavuus	522	rak-m ³
Bruttoala	163	brm ²
Kerroskorkeus	3,0	m
Huonekorkeus	2,6	m
Ilmatilavuus, V, lämpimät tilat	382	m ³
Julkisivupinta-ala	146	m ²
Ikkunoiden pinta-ala	24,5	m ²

Taulukko 2. Pientalon rakennusosien tiedot.

Rakennusosat	Pinta-ala (m ²)	U-arvo (W/m ² K)
Ulkoseinät		
Tiiliverhoiltu puurunko, 175 mm mineraalivilla	90	0,24
Kevytsojarahkko 350. Eristemateriaali EPS	23	0,24
Yläpohja		
Harjakatto, 100 mm mineraalivillalevy + 200 mm puhallusvilla	147	0,15
Alapohja		
Maanvastainen teräsbetoni-laatta 70 mm, EPS 100 mm, 1 m:n reuna-alueella 150 mm. Alapohjan alapuolinen maa on moreenia.	147	0,24
Ovet		
Puualumiinirunko. Eristemateriaali EPS	8,2	1,4
Ikkunat		
Pohjoiseen MSE-puualumiini, karmi 170, sel.lasi	8,8	1,4
Itään MSE-puualumiini, karmi 170, sel.lasi	1,3	1,4
Etelään MSE-puualumiini, karmi 170, sel.lasi	11,1	1,4
Länteen MSE-puualumiini, karmi 170, sel.lasi	3,2	1,4

2 Pientalon ET-luvun laskenta

Rakennuksen energiatehokkuus ilmaistaan rakennuksen energiatehokkuusluvulla (ET-luku). Pientalon ET-luku on rakennuksen energiankulutus vuodessa jaettuna bruttoalalla. Rakennuksen energiankulutus E_{rakennus} on rakennuksen lämmitysenergian, laitteiden sähköenergian ja tilojen jäähdytysenergian yhteenlaskettu kulutus (taulukko 3) ja se lasketaan RakMk osan D5 kaavalla 3.6. Rakennuksen energiankulutuksen laskenta esitetään yksityiskohtaisesti kohdissa 3 – 5. Esimerkkinä olevan pientalon ET-luvun laskenta esitetään seuraavassa yhtälössä.

$$ET - luku = \frac{\sum E_{\text{rakennus}}}{\sum A} = \frac{\sum [Q_{\text{lämmitys}} + W_{\text{laitesähkö}} + Q_{\text{jäähdytys, tilat}}]}{\sum A} =$$

$$\frac{[27\,986 \text{ kWh/vuosi} + 8\,150 \text{ kWh/vuosi} + 0 \text{ kWh/vuosi}]}{163 \text{ brm}^2} =$$

$$\frac{36\,136 \text{ kWh/vuosi}}{163 \text{ brm}^2} = 221,7 \text{ kWh/brm}^2/\text{vuosi} = \underline{\underline{222 \text{ kWh/brm}^2/\text{vuosi}}}$$

Taulukko 3. RakMk osan D5 mukaan laskettu rakennuksen energiankulutus.

Kuukausi	Rakennuksen lämmitysenergian kulutus, $Q_{\text{lämmitys}}$	Laitteiden sähköenergian kulutus, $W_{\text{laitesähkö}}$	Tilojen jäähdytysenergian kulutus, $Q_{\text{jäähdytys, tilat}}$	Rakennuksen energiankulutus, E_{rakennus}
	kWh	kWh	kWh	kWh
Tammikuu	4 108	692	0	4 800
Helmikuu	3 729	625	0	4 354
Maaliskuu	2 839	692	0	3 532
Huhtikuu	2 279	670	0	2 949
Toukokuu	1 519	692	0	2 211
Kesäkuu	1 011	670	0	1 681
Heinäkuu	1 017	692	0	1 709
Elokuu	1 026	692	0	1 718
Syyskuu	1 657	670	0	2 326
Lokakuu	2 381	692	0	3 073
Marraskuu	2 773	670	0	3 443
Joulukuu	3 647	692	0	4 339
Koko vuosi	27 986	8 150	0	36 136

3 Rakennuksen lämmitysenergiankulutuksen laskenta

Rakennuksen lämmitysenergiankulutus $Q_{\text{lämmitys}}$ on tilojen lämmitysenergian ja lämpimän käyttöveden lämmitysenergian summa (taulukko 4) ja se lasketaan RakMk osan D5 kaavalla 3.7 kuukausittain.

Taulukko 4. RakMk osan D5 mukaan laskettu rakennuksen lämmitysenergiankulutus.

Kuukausi	Rakennuksen tilojen lämmitysenergiankulutus	Käyttöveden lämmityksen energiankulutus	Rakennuksen lämmitysenergiankulutus yhteensä, $Q_{\text{lämmitys}}$
	kWh	kWh	kWh
Tammikuu	3 538	569	4 108
Helmikuu	3 215	514	3 729
Maaliskuu	2 270	569	2 839
Huhtikuu	1 728	551	2 279
Toukokuu	950	569	1 519
Kesäkuu	460	551	1 011
Heinäkuu	448	569	1 017
Elokuu	457	569	1 026
Syyskuu	1 106	551	1 657
Lokakuu	1 811	569	2 381
Marraskuu	2 222	551	2 773
Joulukuu	3 078	569	3 647
Koko vuosi	21 283	6 703	27 986

3.1 Tilojen lämmitysenergiankulutus

Rakennuksen tilojen lämmitysenergiankulutus $Q_{\text{lämmitys, tilat}}$ (taulukko 5) on tilojen lämmityksen nettoenergiantarpeen ja tilojen lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöenergian yhteenlaskettu energia ja se lasketaan RakMk osan D5 kaavalla 3.8 kuukausittain. Kohdassa 3.3 (taulukko 7) esitetään tilojen lämmityksen nettoenergiantarpeen laskenta ja kohdassa 3.5.1 (taulukko 12) esitetään tilojen lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöenergian laskenta.

Taulukko 5. RakMk osan D5 mukaan laskettu rakennuksen tilojen lämmitysenergiankulutus.

Kuukausi	Rakennuksen tilojen lämmityksen netto-energiatarve	Tilojen lämmitys-järjestelmän lämpöhäviöenergia	Rakennuksen tilojen lämmitysenergian-kulutus, $Q_{\text{lämmitys, tilat}}$
	kWh	kWh	kWh
Tammikuu	2 782	757	3 538
Helmikuu	2 475	740	3 215
Maaliskuu	1 709	561	2 270
Huhtikuu	1 172	556	1 728
Toukokuu	584	365	950
Kesäkuu	296	164	460
Heinäkuu	278	170	448
Elokuu	287	170	457
Syyskuu	746	360	1 106
Lokakuu	1 250	561	1 811
Marraskuu	1 471	751	2 222
Joulukuu	2 321	757	3 078
Koko vuosi	15 371	5 912	21 283

3.2 Käyttöveden lämmityksen energiankulutus

Käyttöveden lämmityksen energiankulutus Q_{lkv} on käyttöveden lämmityksen tarvitseman lämpöenergian (nettoenergiatarve) ja käyttöveden lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöenergian yhteenlaskettu energia ja se lasketaan RakMk osan D5 kaavalla 3.10 kuukausittain. Taulukossa 6 esitetään käyttöveden kulutus, lämmitystarve, käyttöveden lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöenergia ja lämmitysenergiankulutus.

Käyttöveden lämmityksen tarvitsema energia lasketaan RakMk D5 luvussa 5 kuvatulla tavalla.

Lämpimän käyttöveden energiankulutus lasketaan henkilöä kohti lasketun ominaiskulutuksen avulla. Rakennuksen henkilömääränä käytetään arvoa 4 (= makuuhuoneiden lukumäärä + 1). Ominaiskulutus valitaan RakMk D5 taulukosta 5.1. Koska vesi laskutetaan kulutusmittauksen perusteella, vedenkulutuksena käytetään laskelmissa arvoa 50 dm³/henkilö vuorokaudessa.

Lämpimän käyttöveden lämpötilaerona ($T_{\text{lkv}} - T_{\text{kv}}$) on käytettävä arvoa 50 °C (ET-asetuksen liitteen 2 kohta 1.2.2).

Tämän monisteen kohdassa 3.5.2 esitetään käyttöveden lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöenergioiden laskenta.

Taulukko 6. RakMk osan D5 mukaan laskettu käyttöveden kulutus, lämmitystarve, käyttöveden lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöenergia ja lämmitysenergiankulutus.

Kuukausi	Lämpimän käyttöveden kulutus	Käyttöveden lämmityksen tarvitsema lämpöenergia	Käyttöveden lämmitys-järjestelmän lämpöhäviöenergia	Käyttöveden lämmityksen energiankulutus, Q_{ikv}
	m ³	kWh	kWh	kWh
Tammikuu	6,2	362	208	569
Helmikuu	5,6	327	188	514
Maaliskuu	6,2	362	208	569
Huhtikuu	6,0	350	201	551
Toukokuu	6,2	362	208	569
Kesäkuu	6,0	350	201	551
Heinäkuu	6,2	362	208	569
Elokuu	6,2	362	208	569
Syyskuu	6,0	350	201	551
Lokakuu	6,2	362	208	569
Marraskuu	6,0	350	201	551
Joulukuu	6,2	362	208	569
Koko vuosi	73	4 258	2 445	6 703

3.3 Tilojen lämmityksen nettoenergiantarve

Rakennuksen tilojen lämmityksen nettoenergiantarve $Q_{\text{lämmitys, tilat, netto}}$ on rakennuksen lämpöhäviöenergioiden ja lämmityksessä lämpökuormista hyödynnettävien energioiden erotus ja se lasketaan RakMk D5 kaavalla 3.9 kuukausittain. Taulukossa 7 esitetään tilojen lämmityksen nettoenergiantarpeen laskenta. Lämpökuormista hyödynnettävä energia lasketaan RakMk osan D5 kohdan 8.5 mukaan.

Lämpökuormien lämpöenergian hyödyntämisasteen laskenta esitetään tämän monisteen kohdassa 3.6.6. Rakennuksen lämpöhäviöenergian laskenta esitetään tämän monisteen kohdassa 3.4.1. Lämpökuormien laskenta esitetään tämän monisteen kohdassa 3.6.5.

Taulukko 7. Lämpökuormista lämmityksessä hyödynnetyt lämpöenergiat (RakMk osan D5 kaava 8.12) ja rakennuksen tilojen lämmityksen nettoenergiantarve (RakMk osan D5 kaava 3.9).

Kuukausi	Rakennuksen lämpöhäviöenergia yhteensä A	Lämpökuormat yhteensä B	Lämpökuormien lämpöenergian hyödyntämisaste C	Lämpökuormista hyödynnettävä energia D = B · C	Rakennuksen tilojen lämmityksen nettoenergiantarve, $Q_{\text{lämmitys, tilat, netto}}$ E = A - D
	kWh	kWh		kWh	kWh
Tammikuu	4 126	1 347	0,998	1 344	2 782
Helmikuu	3 922	1 453	0,996	1 447	2 475
Maaliskuu	3 224	1 537	0,986	1 515	1 709
Huhtikuu	2 826	1 725	0,958	1 653	1 172
Toukokuu	1 719	1 224	0,927	1 134	584
Kesäkuu	1 192	1 083	0,828	897	296
Heinäkuu	1 166	1 072	0,829	888	278
Elokuu	1 167	1 045	0,842	880	287
Syyskuu	1 805	1 100	0,962	1 059	746
Lokakuu	2 581	1 357	0,980	1 330	1 250
Marraskuu	2 764	1 309	0,988	1 294	1 471
Joulukuu	3 633	1 316	0,997	1 312	2 321
Koko vuosi	30 124	15 568	95 %	14 754	15 371

3.4 Rakennuksen lämpöhäviöenergiat

Rakennuksen lämpöhäviöenergiat lasketaan RakMk osan D5 luvussa 4 kuvatulla tavalla. Rakennuksen sisälämpötilana käytetään arvoa $T_s = +21$ °C. Ulkoilman lämpötiloina käytetään RakMk osan D5 liitteen 1 taulukon L1.4 arvoja (Jyväskylä 1979). Kohdissa 3.4.1 – 3.4.4 esitetään rakennuksen lämpöhäviöenergioiden laskenta.

3.4.1 Rakennuksen lämpöhäviöenergioiden summa

Taulukossa 8 esitetään RakMk osan D5 mukaan laskettu rakennuksen lämpöhäviöenergia yhteensä eli rakenteiden läpi johtuvan energian, vuotoilman lämmityksen tarvitseman energian ja ilmanvaihdon lämmityksen tarvitseman energian summa.

Taulukko 8. RakMk osan D5 mukaan lasketut rakennuksen lämpöhäviöenergiat.

Kuukausi	Rakenteiden läpi johtuva energia yhteensä	Vuotoilman lämmityksen tarvitsema energia	Ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsema energia	Rakennuksen lämpöhäviö-energia yhteensä
	kWh	kWh	kWh	kWh
Tammikuu	2 600	479	1 047	4 126
Helmikuu	2 474	455	993	3 922
Maaliskuu	2 086	358	781	3 224
Huhtikuu	1 854	305	667	2 826
Toukokuu	1 202	162	354	1 719
Kesäkuu	823	90	279	1 192
Heinäkuu	791	91	284	1 166
Elokuu	779	94	293	1 167
Syyskuu	1 196	191	418	1 805
Lokakuu	1 650	292	638	2 581
Marraskuu	1 755	317	692	2 764
Joulukuu	2 286	423	924	3 633
Koko vuosi	19 496	3 257	7 371	30 124

3.4.2 Rakenteiden läpi johtuva energia

Rakenteiden läpi johtuva energia Q_{joht} lasketaan RakMk osan D5 kaavoilla 4.1 ja 4.2. käyttämällä taulukossa 2 esitettyjä rakennusosien pinta-aloja ja U-arvoja. Alapohjan alapuolisen maan lämpötila lasketaan kaavalla 4.4. Laskentatulokset kuukausittain esitetään taulukossa 9.

Taulukko 9. RakMk osan D5 mukaan laskettu rakenteiden läpi johtuva energia.

Kuukausi	Kuukauden pituus	Ulko-lämpötila	Huone-lämpötila	Maan lämpötila	Ulkoseinä	Yläpohja	Alapohja	Ikkunat	Ulko-ovet	Rakenteiden läpi johtuva energia yhteensä, Q_{joht}
	h	°C	°C	°C	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
Tammikuu	744	-10,60	21,0	7	638	518	367	806	270	2 600
Helmikuu	672	-12,20	21,0	6	605	492	356	765	256	2 474
Maaliskuu	744	-2,58	21,0	5	476	387	420	602	201	2 086
Huhtikuu	720	0,20	21,0	4	406	330	432	514	172	1 854
Toukokuu	744	10,30	21,0	4	216	176	446	273	91	1 202
Kesäkuu	720	14,90	21,0	5	119	97	406	151	50	823
Heinäkuu	744	15,00	21,0	7	121	98	367	153	51	791
Elokuu	744	14,80	21,0	8	125	102	341	158	53	779
Syyskuu	720	7,97	21,0	9	254	207	305	322	108	1 196
Lokakuu	744	1,73	21,0	10	389	316	289	492	165	1 650
Marraskuu	720	-0,59	21,0	10	422	343	279	533	178	1 755
Joulukuu	744	-6,90	21,0	9	563	458	315	712	238	2 286
Koko vuosi	8760	2,76	21,0	7,0	4 334	3 523	4 324	5 481	1 834	19 496

3.4.3 Vuotoilman lämmityksen tarvitsema energia

Vuotoilmakertoimena käytetään arvoa 0,16 1/h (vaihtoa tunnissa), joka vastaa rakennuksen vaipan ilmatiiviyttä kuvaavaa ilmanvuotolukua $n_{50} = 4$ 1/h. Esimerkkirakennuksen ilmatilavuus on 382 m³. RakMk osan D5 kaavalla 4.7 laskemalla saadaan vuotoilmavirraksi 0,017 m³/s. Vuotoilman lämmityksen tarvitsema energia $Q_{\text{vuotoilma}}$ lasketaan RakMk osan D5 kaavalla 4.5. Laskentatulokset kuukausittain esitetään taulukossa 10.

Taulukko 10. RakMk osan D5 mukaan laskettu vuotoilman lämmityksen tarvitsema energia.

Kuukausi	Vuotoilman lämmityksen tarvitsema energia, $Q_{\text{vuotoilma}}$
	kWh
Tammikuu	479
Helmikuu	455
Maaliskuu	358
Huhtikuu	305
Toukokuu	162
Kesäkuu	90
Heinäkuu	91
Elokuu	94
Syyskuu	191
Lokakuu	292
Marraskuu	317
Joulukuu	423
Koko vuosi	3 257

3.4.4 Ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsema energia ja lämmöntalteenotto

Ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsema energia Q_{iv} lasketaan RakMk osan D5 kaavalla 4.9 kuukausittain.

ET-luvun laskennassa käytettävä poistoilmavirta määritetään siten, että rakennuksen ilmanvaihtuvuus on jatkuvasti 0,5 1/h. Esimerkkirakennuksen ilmatilavuus on 382 m³ ja poistoilmavirta on 191 m³/h eli 0,053 m³/s.

Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton (LTO) vuosihyötysuhde lasketaan esimerkissä RakMk osan D5 kaavalla 4.11. Suunnitellun ilmanvaihtokoneen valmistajan ilmoittama lämmöntalteenoton tuloilman lämpötilasuhde on 50 %, kun tulo- ja poistoilmavirta ovat yhtä suuret. Vuosihyötysuhteena voidaan käyttää arvoa 30 % (= 0,6 · 50 %). Kesäkuukausina LTO ei ole käytössä. Ilmanvaihdon LTO:lla talteenotettu energia Q_{LTO} lasketaan RakMk osan D5 kaavalla 4.12 kuukausittain.

Taulukossa 11 esitetään ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsema energia ja LTO:lla talteenotettu energia kuukausittain.

Taulukko 11. RakMk osan D5 mukaan laskettu ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsema energia ja LTO:lla talteenotettu energia. Kesä-, heinä- ja elokuussa LTO on pois käytöstä.

Kuukausi	Ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsema energia ilman LTO:a	LTO:lla talteenotettu energia	Ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsema energia, Q_{iv}
		kWh	kWh
Tammikuu	1 495	449	1 047
Helmikuu	1 419	426	993
Maaliskuu	1 116	335	781
Huhtikuu	952	286	667
Toukokuu	506	152	354
Kesäkuu	279	0	279
Heinäkuu	284	0	284
Elokuu	293	0	293
Syyskuu	597	179	418
Lokakuu	912	274	638
Marraskuu	989	297	692
Joulukuu	1 320	396	924
Koko vuosi	10 163	2 792	7 371

3.5 Lämmitysjärjestelmien lämpöhäviöenergiat

Lämmitysjärjestelmien lämpöhäviöenergiat lasketaan RakMk D5 luvussa 6 kuvatulla tavalla. Seuraavissa kohdissa esitetään tilojen ja käyttöveden lämmitysjärjestelmien lämpöhäviöenergioiden laskenta.

3.5.1 Tilojen lämmitysjärjestelmä

Rakennuksen tilojen lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöenergiat $Q_{\text{lämmitys, tilat, häviöt}}$ määritetään RakMk osan D5 kaavan 6.1 ja kohtien 6.1.3 - 6.1.6 avulla. Kaukolämmön lämmönjakokeskuksen lämmönkehityksen lämpöhäviöenergia on 2000 kWh vuodessa (RakMk osan D5 taulukko 6.1). Tämä jaetaan eri kuukausille niiden pituuksien suhteessa. Häviöenergia sisältää myös lämpimän käyttöveden tuoton lämpöhäviöenergian.

Vesikiertoisen lattialämmityksen lämmönjakelun lämpöhäviöenergia on 5 kWh/brm², lämmön luovutuksen lämpöhäviöenergia on 15 kWh/brm² ja lämmön säädöstä johtuva lämpöhäviöenergia on 4 kWh/brm² vuodessa (RakMk osan D5 taulukko 6.1). Nämä jaetaan eri kuukausille RakMk osan D5 taulukossa 6.1 (alaviite 3) esitetyissä suhteissa. Taulukossa 12 esitetään tilojen lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöenergiat.

Taulukko 12. RakMk osan D5 mukaan lasketut tilojen lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöenergiat.

Kuukausi	Tilojen lämmönkehityksen lämpöhäviöenergia	Tilojen lämmitysjärjestelmän (jakelu, luovutus ja säätö) lämpöhäviöenergia	Tilojen lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöenergia yhteensä $Q_{\text{lämmitys, tilat, häviöt}}$
	kWh	kWh	kWh
Tammikuu	170	587	757
Helmikuu	153	587	740
Maaliskuu	170	391	561
Huhtikuu	164	391	556
Toukokuu	170	196	365
Kesäkuu	164	0	164
Heinäkuu	170	0	170
Elokuu	170	0	170
Syyskuu	164	196	360
Lokakuu	170	391	561
Marraskuu	164	587	751
Joulukuu	170	587	757
Koko vuosi	2 000	3 912	5 912

3.5.2 Käyttöveden lämmitysjärjestelmä

Lämpimän käyttöveden lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöenergia $Q_{\text{lkv, häviö}}$ määritetään RakMk D5 kaavan 6.2 ja kohtien 6.2.3 - 6.2.7 avulla. Tässä esimerkissä lämpimän käyttöveden lämmönkehityksen lämpöhäviöenergia sisältyy tilojen lämmityksen lämpöhäviöenergiaan eikä sitä tässä yhteydessä lisätä käyttöveden lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöenergiaan.

Käyttöveden lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöenergia sisältää vain lämpimän käyttöveden kiertojohtoon lämpöhäviöenergian, joka on 15 kWh/brm² vuodessa (RakMk osan D5 taulukko 6.2). Tämä jaetaan eri kuukausille niiden pituuksien suhteessa. Taulukossa 13 esitetään käyttöveden lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöenergiat.

Taulukko 13. RakMk osan D5 mukaan lasketut käyttöveden lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöenergiat. Tässä esimerkissä käyttöveden lämmönkehityksen lämpöhäviö sisältyy tilojen lämmönkehityksen lämpöhäviöenergiaan.

Kuukausi	Käyttöveden lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöenergiat yhteensä, $Q_{\text{lkv, häviö}}$
	kWh
Tammikuu	208
Helmikuu	188
Maaliskuu	208
Huhtikuu	201
Toukokuu	208
Kesäkuu	201
Heinäkuu	208
Elokuu	208
Syyskuu	201
Lokakuu	208
Marraskuu	201
Joulukuu	208
Koko vuosi	2 445

3.6 Lämpökuormat

Rakennukseen tulee lämpökuormia siellä tapahtuvasta toiminnasta, etenkin valaistuksesta ja ihmisistä sekä ikkunoista sisään tulevasta auringon säteilyenergiasta, jotka voidaan osittain hyödyntää rakennuksen lämmityksessä. Lämpökuormaenergia voidaan hyödyntää vain sillä edellytyksellä, että samanaikaisesti esiintyy lämmitystarvetta ja että säätölaitteet vähentävät muun lämmön tuottoa vastaavalla määrällä.

Lämpökuormat ja niiden hyödyntäminen lasketaan RakMk D5 luvussa 8 kuvatulla tavalla. Taulukossa 14 esitetään lasketut lämpökuormat kuukausittain. Taulukossa 15 esitetään lämpökuormien lämpöenergian hyödyntämistason laskenta kuukausittain.

3.6.1 Henkilöiden luovuttama lämpöenergia

Henkilöiden luovuttama lämpöenergia lasketaan RakMk D5 taulukon 8.1. mukaisesti, kertomalla pientalon ominaislämpöenergia (8 kWh/brm² vuodessa) rakennuksen bruttopinta-alalla. Vuotuinen lämpöenergia jaetaan eri kuukausille niiden pituuksien suhteessa.

3.6.2 Lämmityslaitteista vapautuva lämpökuormaenergia

Tilojen lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöenergiasta ja lämpimän käyttöveden lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöenergiasta lämpökuormaksi tuleva osuus lasketaan RakMk D5 kohtien 8.2.1 ja 8.2.2 mukaisesti. Tilojen lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöenergiasta 70 % ja lämpimän käyttöveden lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöenergiasta 50 % tulee lämpökuormaksi. Lisäksi käyttöveden

lämmitysenergiatarpeesta (taulukko 6) 30 % tulee lämpökuormaksi. Lämpökuormaenergia lasketaan lämpöhäviöenergiasta kuukausittain.

3.6.3 Valaistuksesta ja sähkölaitteista vapautuva lämpökuormaenergia

Valaistuksesta, ilmanvaihtojärjestelmästä ja muista sähkölaitteista tuleva lämpökuormaenergia lasketaan RakMk D5 taulukon 8.3 mukaisesti, kertomalla pientalon ominaisarvo (32 kWh/brm² vuodessa) rakennuksen bruttopinta-alalla. Tässä esimerkkilaskelmassa lämpökuormaenergia jaetaan eri kuukausille niiden pituuksien suhteessa.

3.6.4 Ikkunoiden kautta rakennukseen tuleva auringon säteilyenergia

Ikkunoiden kautta rakennukseen tuleva auringon säteilyenergia lasketaan RakMk osan D5 kaavalla 8.6 kuukausittain. Säteilyenergia sisältää sekä ikkunoista rakennuksen sisälle suoraan tulevan että välillisesti ikkunaan absorboituneena lämpönä sisälle rakennukseen tulevan energian.

Auringon kokonaissäteilyenergiaina ilmansuunnittain ja kuukausittain käytetään RakMk osan D5 liitteen 1 taulukon L1.4 arvoja (Jyväskylä 1979).

Ikkunan valoaukon kohtisuoran auringonsäteilyn kokonaisläpäisykertoimen arvona käytetään $g_{\text{kohtisuora}} = 0,55$ (RakMk osan D5 taulukko 8.4). Ikkunan valoaukon auringon kokonaissäteilyn läpäisykertoimeksi saadaan $g = 0,50$ (RakMk osan D5 kaava 8.7).

Kehäkertoimen $F_{\text{kehä}}$ arvona käytetään rakennuksen ikkunoille arvoa 0,75 (RakMk osan D5 kohta 8.4.3). Verhokertoimen F_{verho} arvona käytetään arvoa 1,0 loka-huhtikuussa ja arvoa 0,3 touko-syyskuussa (ET-asetuksen liitteen 2 kohta 1.2.4).

Ympäristön varjostusten korjauskertoimina $F_{\text{ympäristö}}$ käytetään RakMk D5 taulukon 8.6 varjostuskulman 15° arvoja (ET-asetuksen liitteen 2 kohta 1.2.4). Ylävarjostuksen korjauskertoimina $F_{\text{ylävarjostus}}$ ja sivuvarjostuksen korjauskertoimina $F_{\text{sivuvarjostus}}$ käytetään kaikkiin ilmansuuntiin arvoa 1,0 (ET-asetuksen liitteen 2 kohta 1.2.4).

3.6.5 Lämpökuormat yhteensä

Taulukossa 14 esitetään kohtien 3.6.1 – 3.6.4 mukaan lasketut lämpökuormat ja niiden summa $Q_{\text{lämpökuorma}}$ kuukausittain.

Taulukko 14. RakMk osan D5 mukaan lasketut lämpökuormat (RakMk osan D5 kaava 8.11).

Kuukausi	Lämpökuorma henkilöistä kWh	Lämpökuorma sähkölaitteista kWh	Lämpökuorma lämmityslaitteista kWh	Lämpökuorma lämpimän käyttöveden laitteista kWh	Ikkunoiden kautta tuleva auringon säteilyenergia kWh	Lämpökuormat yhteensä, $Q_{\text{lämpökuorma}}$ kWh
Tammikuu	111	444	530	212	49	1 347
Helmikuu	100	401	518	192	241	1 453
Maaliskuu	111	444	393	212	376	1 537
Huhtikuu	107	430	389	205	594	1 725
Toukokuu	111	444	256	212	201	1 224
Kesäkuu	107	430	115	205	225	1 083
Heinäkuu	111	444	119	212	186	1 072
Elokuu	111	444	119	212	159	1 045
Syyskuu	107	430	252	205	106	1 100
Lokakuu	111	444	393	212	197	1 357
Marraskuu	107	430	526	205	41	1 309
Joulukuu	111	444	530	212	19	1 316
Koko vuosi	1 304	5 232	4 138	2 500	2 393	15 568

3.6.6 Lämpökuormien lämpöenergian hyödyntämisaste

Lämpökuormien hyödyntämisaste $\eta_{\text{lämpö}}$ kuukausittain (taulukko 15) lasketaan RakMk osan D5 kaavalla 8.13 tai 8.14. Hyödyntämisasteen laskennassa tarvitaan rakennuksen aikavakio (RakMk osan D5 kaava 8.18) sekä lämpökuormien ja lämpöhäviön suhde (RakMk osan D5 kaava 8.16). Aikavakio riippuu rakennuksen sisäpuolisesta tehollisesta lämpökapasiteetista ja rakennuksen ominaislämpöhäviöstä.

Rakennuksen sisäpuolinen lämpökapasiteetti vaikuttaa lämmön varastoitumiseen rakenteisiin. Siten se vaikuttaa sekä lämmitys- että jäähdytysenergian kulutukseen että sisälämpötiloihin. Suhteellinen, rakennuksen koosta riippumaton, lämpökapasiteettia kuvaava suure on rakennuksen aikavakio, joka on lämpökapasiteetin suhde ominaislämpöhäviöön. Rakennusten aikavakioiden suuruusluokka on noin 1 – 7 vuorokautta. Rakennuksen lämpökapasiteetti on vakio, mutta ominaislämpöhäviö riippuu muun muassa ilmanvaihdon ilmavirrasta ja on siten muuttuva.

Tehollisen lämpökapasiteetin C_{rak} arvona käytetään esimerkissä arvoa 70 Wh/(brm² K) (RakMk osan D5 taulukko 8.9, keskiraskas I). Tämä vastaa esimerkkinä olevaa pientaloa parhaiten.

Ominaislämpöhäviö lasketaan RakMk osan D5 kaavalla 8.19. Tämä lasketaan rakennuksen yhteenlasketusta lämpöhäviöenergiasta (laskettu taulukkoon 8), josta on vähennetty tuloilman jälkilämmityspatterin lämmitysenergiankulutus (RakMk osan D5 kaava 8.17). Tuloilman

jälkilämmityspatterin lämmitysenergiankulutus lasketaan RakMk osan D5 kaavalla 4.15. Tässä esimerkissä tuloilman lämpötilan asetusarvo on 15 °C ja tuloilmavirta on 90 % poistoilmavirrasta.

Taulukko 15. Lämpökuormien lämpöenergian hyödyntämisaste (RakMk osan D5 kaava 8.13 tai 8.14).

Kuukausi	Rakennuksen lämpöhäviö-energia yhteensä A	Tuloilman jälkilämmityspatteri B	Lämpöhäviö-energia ilman tuloilman jälkilämmityspatteria C=A-B	Lämpökuormat yhteensä D	Lämpökuormaenergian suhde lämpöhäviö-energiaan D/C	Rakennuksen ominaislämpöhäviö	Aika-vakio	Lämpökuormien lämpöenergian hyödyntämisaste, $\eta_{\text{lämpö}}$
	kWh	kWh	kWh	kWh	-	W/K	h	
Tammikuu	4 126	593	3 533	1 347	0,381	150	76	0,998
Helmikuu	3 922	577	3 345	1 453	0,434	150	76	0,996
Maaliskuu	3 224	365	2 859	1 537	0,538	163	70	0,986
Huhtikuu	2 826	277	2 548	1 725	0,677	170	67	0,958
Toukokuu	1 719	0	1 719	1 224	0,712	216	53	0,927
Kesäkuu	1 192	0	1 192	1 083	0,908	271	42	0,828
Heinäkuu	1 166	0	1 166	1 072	0,919	261	44	0,829
Elokuu	1 167	0	1 167	1 045	0,896	253	45	0,842
Syyskuu	1 805	64	1 741	1 100	0,632	186	61	0,962
Lokakuu	2 581	243	2 337	1 357	0,581	163	70	0,980
Marraskuu	2 764	299	2 465	1 309	0,531	159	72	0,988
Joulukuu	3 633	488	3 145	1 316	0,418	152	75	0,997
Koko vuosi	30 124	2 907	27 217	15 568				95 %

4 Laitteiden sähköenergiankulutuksen laskenta

Laitteiden sähköenergiankulutus lasketaan RakMk D5 luvussa 7 kuvatulla tavalla. Rakennuksen laitteiden sähkökulutus $W_{\text{laitesähkö}}$ lasketaan kertomalla RakMk D5 taulukosta 7.1 saatu rakennustyyppikohtainen ominaissähkökulutus rakennuksen bruttopinta-alalla. Tässä esimerkissä vuotuinen sähkökulutus jaetaan eri kuukausille niiden pituuksien suhteessa.

Rakennuksen laitteiden sähköenergiankulutus on valaistussähkön, ilmanvaihtojärjestelmän sähkön ja muun laitesähkön yhteenlaskettu kulutus ilman tilojen lämmitykseen ja jäähdytykseen käytettyä sähköä.

Taulukossa 16 esitetään esimerkkipientalon laitteiden sähkökulutus kuukausittain.

Taulukko 16. Esimerkkipientalon laitteiden sähkökulutus (RakMk osan D5 taulukko 7.1).

Kuukausi	Valaistus- järjestelmän sähkökulutus	Ilmanvaihto- järjestelmän sähkökulutus	Muiden laitteiden sähkökulutus	Laitteiden sähkökulutus yhteensä $W_{\text{laitesähkö}}$
	kWh	kWh	kWh	kWh
Tammikuu	97	97	498	692
Helmikuu	88	88	450	625
Maaliskuu	97	97	498	692
Huhtikuu	94	94	482	670
Toukokuu	97	97	498	692
Kesäkuu	94	94	482	670
Heinäkuu	97	97	498	692
Elokuu	97	97	498	692
Syyskuu	94	94	482	670
Lokakuu	97	97	498	692
Marraskuu	94	94	482	670
Joulukuu	97	97	498	692
Koko vuosi	1 141	1 141	5 868	8 150

5 Tilojen jäähdytysenergiankulutuksen laskenta

Rakennuksen tilojen jäähdytysenergiankulutus (jäähdytysjärjestelmään tuotu jäähdytysenergia) $Q_{\text{jäähdytys, tilat}}$ lasketaan RakMk D5 kaavalla 3.11. Jäähdytysenergiankulutus sisältyy rakennuksen energiankulutukseen vain niissä tapauksissa, joissa rakennus varustetaan jäähdytysjärjestelmällä.

Esimerkkipientaloa ei ole varustettu tilojen jäähdytysjärjestelmällä. ET-luvun laskennassa rakennuksen tilojen jäähdytysenergiankulutuksena (taulukko 3) käytetään arvoa 0 kWh.

6 Uudispientalon energiatodistus

Kuvissa 4 ja 5 esitetään esimerkkipientalolle laadittu energiatodistus.

ENERGIATODISTUS		
Rakennus		
Rakennustyyppi:	Erillinen pientalo	Valmistumisvuosi:
Osoite:	Kotikatu 1 00100 Helsinki	Rakennustunnus: 427-403-2-17 D 001
		Asuntojen lukumäärä: 1
Energiatodistus perustuu laskennalliseen kulutukseen ja on annettu		
<input checked="" type="checkbox"/> rakennuslupamenettelyn yhteydessä		
<input type="checkbox"/> erillisen tarkastuksen yhteydessä		
Energiatodistus		
ET-luku	Vähän kuluttava	Rakennuksen ET-luokka
- 150	A	
151 - 170	B	
171 - 190	C	
191 - 230	D	D
231 - 270	E	
271 - 320	F	
321 -	G	
Paljon kuluttava		
Rakennuksen energiatehokkuusluku (ET-luku, kWh/brm ² /vuosi):		222
Energiatehokkuusluvun luokitteluasteikko: Pienet asuinrakennukset		
Energiatehokkuusluokitus perustuu rakennuksen laskennalliseen energiankulutukseen. Todellinen kulutus riippuu rakennuksen sijainnista, asukkaiden lukumäärästä ja asumistottumuksista.		
Todistuksen antaja:	Todistuksen tilaaja:	
Pekka Pääsuunnittelija	Matti Meikäläinen	
Allekirjoitus:		
Todistuksen antamispäivä:	Viimeinen voimassaolopäivä:	
4.1.2008	3.1.2018	

Energiatodistus perustuu lakiin rakennusten energiatodistuksesta (487/2007) ja 19.6.2007 annettuun ympäristöministeriön asetukseen energiatodistuksesta. Tämä energiatodistus on asetuksen lomakkeen 1 mukainen.

Kuva 4. Esimerkkipientalon energiatodistuksen etusivu.

ENERGIATODISTUKSEN LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT						
Rakennuksen laajuustiedot						
Bruttoala	163 brm ²		Ilmatilavuus	382 m ³		
Rakennustilavuus	522 rak-m ³		Henkilömäärä	4		
Huoneistoala	147 hum ²					
Rakenteet						
Rakennusosat						
Ulkoseinät						
Tiiliverhoitu puurunko, 175 mm mineraalivilla			Pinta-ala (m ²)	U-arvo (W/m ² K)		
Kevytsoharkko 350. Eristemateriaali EPS			90	0,24		
			23	0,24		
Yläpohja						
Harjakatto, 100 mm mineraalivillalevy+ 200 mm puhallusvilla			147	0,15		
Alapohja						
Maanvarainen teräsbetonilaatta 70 mm, EPS 100 mm			147	0,24		
1 m:n reuna-alueella 150 mm. Maaperä moreenia.						
Ovet						
Puualumiinirunko. Eristemateriaali EPS			8,2	1,4		
Ikkunat						
Pohjoiseen	MSE-puualumiini, karmi 170, sel.lasi		8,8	1,4	g _{kohtisuora}	F _{kehä}
Itään	MSE-puualumiini, karmi 170, sel.lasi		1,3	1,4	0,55	0,75
Etelään	MSE-puualumiini, karmi 170, sel.lasi		11,1	1,4	0,55	0,75
Länteen	MSE-puualumiini, karmi 170, sel.lasi		3,2	1,4	0,55	0,75
Tehollinen lämpökapasiteetti C_{rak omin} Wh/(brm² K)			70			
Ilmanvaihto						
Rakennuksen ilmanvuotoluku n ₅₀			4	1/h		
Ilmanvaihdon poistoilmavirta			0,053	m ³ /s		
Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton vuosiyhötysuhde			30	%		
Vedenkulutus						
Lämpimän käyttöveden kulutus			73	m ³ /vuosi		
Huoneistokohtainen vedenmittaus ja laskutus			kyllä <input checked="" type="checkbox"/>	ei <input type="checkbox"/>		
Lämmitysjärjestelmät						
Lämmönkehitys	Kaukolämpö	sisältää käyttöveden lämmityksen	kyllä <input checked="" type="checkbox"/>	ei <input type="checkbox"/>		
Lämmönjakotapa	Vesikiertoinen lattialämmitys, 40/35 °C					
Lämmönvaraajat						
Lämpimän käyttöveden kiertojohdo			kyllä <input checked="" type="checkbox"/>	ei <input type="checkbox"/>		
- kiertojohdoon on liitetty märkätilojen lämmityslaitteita			kyllä <input type="checkbox"/>	ei <input checked="" type="checkbox"/>		
Energiatehokkuusluvun laskenta						
Lämmitysenergian kulutus			27 986 kWh/vuosi			
Laitesähköenergian kulutus			8 150 kWh/vuosi			
Jäähdytysenergian kulutus			kWh/vuosi			
Rakennuksen energiankulutus yhteensä			36 136 kWh/vuosi			
Rakennuksen energiatehokkuusluku			222 kWh/brm²/vuosi			

Kuva 5. Esimerkkiopintalon energiatodistuksen laskennan lähtötiedot -osa.