

Energiatehokkuus

Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta



Ympäristöministeriö
Miljöministeriet
Ministry of the Environment

2018

Esipuhe

Ympäristöministeriö julkaisee Suomen rakentamismääräyskokoelmassa rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskentaa koskevan ohjeen, käytettäväksi 1.1.2018 voimaantulevien energiatehokkuussäädösten soveltamisen tukena. Ohje korvaa Suomen rakentamismääräyskokoelmassa julkaistun ohjeen D5 (2012) Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystarpeen laskenta.

Helsingissä 20 päivänä joulukuuta 2017

Rakennukset ja rakentaminen -yksikön päällikkö
Rakennusneuvos

Teppo Lehtinen

SISÄLLYS

1 YLEISTÄ

- 1.1 Soveltamisala
- 1.2 Määritelmiä

2 LASKENTAMENETELMÄN KUVAUS

- 2.1 Laskentaperiaate ja menetelmän rajaukset
- 2.2 Laskennan kulku

3 RAKENNUKSEN LÄMMITYSENERGIAN NETTOTARVE

- 3.1 Tilojen lämmitysenergian nettotarve
- 3.2 Rakennusvaipan johtumislämpöhäviöt
- 3.3 Vuotoilman lämpenemisen lämpöenergian tarve
- 3.4 Ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve
- 3.5 Tuloilman ja korvausilman lämmitysenergian tarve
- 3.6 Ilmanvaihdosta talteenotettu energia
- 3.7 Lämpimän käyttöveden lämmitysenergian nettotarve

4 LAITTEIDEN JA VALAISTUKSEN SÄHKÖNKULUTUS

- 4.1 Laitteiden sähköenergian kulutus
- 4.1 Valaistuksen sähköenergian kulutus

5 LÄMPÖKUORMAT

- 5.1 Lämpökuorma henkilöistä
- 5.2 Lämpökuorma valaistuksesta ja sähkölaitteista
- 5.3 Ikkunoiden kautta rakennukseen tuleva aurin-
gon säteilyenergia
- 5.4 Lämpimän käyttöveden kierron ja varastoinnin
aiheuttama lämpökuorma
- 5.5 Lämpökuormista hyödynnettävä lämpöenergia

6 LÄMMITYSJÄRJESTELMÄN ENERGIANTARVE

- 6.1 Yleistä
- 6.2 Tilojen ja ilmanvaihdon lämmönjakelujärjestel-
män lämpöenergian tarve
- 6.3 Lämpimän käyttöveden lämpöenergian tarve

7 LÄMMITYSJÄRJESTELMÄN ENERGIANKULUTUS

- 7.1 Lämmitysjärjestelmän energiankulutus
- 7.2 Käyttöveden lämmitys aurinkokeräimellä
- 7.2 Lämpöpumpun sähköenergiankulutus

8 ILMANVAIHTOJÄRJESTELMÄN SÄHKÖENERGIAN KULUTUS

- 8.1 Ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergian kulutus

9 JÄÄHDYTYSJÄRJESTELMÄN ENERGIANKULUTUS

- 9.1 Jäähdytysjärjestelmän sähkö- ja lämpöenergian
kulutus

10 LÄMMITYSTEHO

- 10.1 Rakennuksen lämmitystehon tarve
- 10.2 Rakennusvaipan johtumislämpöhäviöteho
- 10.3 Vuotoilman lämpenemisen lämpötehon tarve
- 10.4 Tilassa tapahtuvan tuloilman lämpenemisen
lämpötehon tarve
- 10.5 Korvausilman lämpenemisen lämpötehon
tarve
- 10.6 Ilmanvaihtokoneen lämmityspatterin teho
- 10.7 Käyttöveden lämmityksen lämpötehon tarve

11 AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMÄN SÄHKÖN- TUOTTO

- 11.1 Aurinkosähköjärjestelmän sähköntuotto

LIITTEET

- 1. Kattiloiden ja kaukolämmönjakokeskusten hyöty-
suhteiden ohjearvoja
- 2. Lämpöpumpun kattama osuus tilojen ja lämpi-
män käyttöveden lämpöenergian tarpeesta
- 3. Polttoainemäärän laskenta
- 4. Aurinkosähkön laskennan suuntauksen ja kallis-
tuskulman huomioiva kerroin F

1. YLEISTÄ

1.1 Soveltamisala

1.1.1

Näissä ohjeissa esitettyä kuukausitason laskentamenetelmää voidaan käyttää lämmityksen energiantarpeen, ostoenergiankulutuksen, kokonaisenergiankulutuksen ja lämmitystehon laskentaan jäähdyttämättömissä rakennuksissa tai rakennuksissa, joissa on vain yksittäisiä jäähdytettyjä tiloja. Menetelmää voidaan käyttää myös jäähdytettyjen rakennusten ostoenergiankulutuksen ja kokonaisenergiankulutuksen laskentaan, kun lämmitys- ja jäähdytysenergian nettotarpeet on laskettu dynaamisella menetelmällä.

Rakennusten energiatehokkuutta koskevien määräysten vaatimuksenmukaisuuden osoittamisessa tulee käyttää uuden rakennuksen energiatehokkuudesta annetussa ympäristöministeriön asetuksessa (jäljempänä: *energiatehokkuusasetus*) annettuja lähtöarvoja, laskentasääntöjä ja sen liitteessä 1 esitettyjä sää-tietoja sekä kohteen suunnitteluarvoja. Muissa tarkasteluissa voidaan käyttää tässä ohjeessa esitettyjä arvoja, jos muuta tietoa ei ole käytettävissä.

1.2 Määritelmiä

1.2.1

Näissä ohjeissa tarkoitetaan:

- 1) *energiantarpeella ja -kulutuksella* (kWh/(m² a)) vuotuisia energian ominaistarpeita ja kulutuksia lämmitettyä nettoalaa kohti;
- 2) *rakennuksen lämmitysenergian tarpeella* sisäilmasto-olosuhteiden ylläpitämiseksi ja lämpimän käyttöveden lämmittämiseksi tarvittavaa energiamäärä;
- 3) *lämmitysenergian nettotarpeella* lämmitysenergian tarvetta, josta on vähennetty henkilöistä, valaistuksesta ja sähkölaitteista johtuvien sisäisten lämpökuormien energia, poistoilmasta, jätevedestä ja muista energiavirroista talteen otettu ja hyväksikäytetty energia sekä auringon säteilyenergia ikkunoiden läpi. Lämmitysenergian nettotarve on energia, joka tuodaan lämmitysjärjestelmällä tiloihin, tuloilmaan ja käyttöveteen. Lämmitysenergian nettotarve koostuu tilojen, ilmanvaihdon ja lämpimän käyttöveden lämmityksen nettotarpeesta;
- 4) *tilojen lämmitysenergian nettotarpeella* lämmitysenergian tarvetta, joka muodostuu johtumislämpöhäviöistä, vuotoilman lämpöhäviöistä, korvausilman ja tuloilman lämpenemisestä tilassa huonelämpötilaan ja josta on vähennetty auringon ja sisäisten lämpökuormien vaikutus;
- 5) *ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarpeella* lämmitysenergian tarvetta, joka muodostuu ilman lämmittämisestä lämmöntalteenoton jälkeen tuloilman lämpötilaan ja mahdollisesta lämmittämisestä ennen lämmöntalteenottoa jäätyksen estämiseksi;
- 6) *lämpimän käyttöveden lämmitysenergian nettotarpeella* lämmitysenergian tarvetta, joka sisältää kulutetun lämpimän käyttöveden lämmittämiseen kylmän veden lämpötilasta lämpimän veden lämpötilaan;
- 7) *jäähdytysenergian nettotarpeella* tilojen ja tuloilman jäähdytysenergian nettotarvetta, joka on tilojen ja tuloilman jäähdyttämiseksi tarvittava energia;
- 8) *jäähdytysjärjestelmän energiankulutuksella* jäähdytysenergian tuoton energiankulutusta ja apulaittei-

den sähkönkulutusta. Jäähdytysjärjestelmän energiankulutus lasketaan jäähdytysenergian nettotarpeesta ottamalla huomioon tuoton, varastoinnin, jakelun ja luovutuksen häviöt sekä muunnokset;

9) *lämmitysjärjestelmän energiankulutuksella* tilojen lämmityksen, ilmanvaihdon lämmityksen ja lämpimän käyttöveden lämmityksen energiankulutusta. Lämmitysjärjestelmän energiankulutus lasketaan lämmitysenergian nettotarpeesta ottamalla huomioon järjestelmähäviöt ja muunnokset sekä lämmitysjärjestelmän apulaitteiden sähkönkulutus. Järjestelmähäviöt muodostuvat lämmitysenergian tuoton, varastoinnin, jakelun ja luovutuksen häviöistä ja muunnoksista sekä lämmitysjärjestelmän apulaitteiden sähkönkulutuksesta. Energian muunnokset tapahtuvat esimerkiksi lämpöpumpuissa ja polttokennoissa. Lämmitysjärjestelmän energiankulutus eritellään sähkö- ja lämpöenergian osalta;

10) *ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergiankulutuksella* puhallinsähköä ja mahdollisten apulaitteiden sähkönkulutusta (pumput, taajuusmuuttajat, säätölaitteet). Tuloilman lämmitys ja jäähdytys lasketaan lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmien energiankulutuksen osana;

11) *ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähköteholla* ($\text{kW}/(\text{m}^3 \text{ s})$) rakennuksen koko ilmanvaihtojärjestelmän kaikkien puhaltimien, mahdollisten taajuusmuuttajien ja muiden tehonsäätölaitteiden yhteenlaskettua sähköverkosta ottamaa sähkötehoa jaettuna ilmanvaihtojärjestelmän koko mitoitusulospuhallusilmavirralla tai mitoitusulkoilmavirralla (suurempi näistä);

12) *lämpöpumpun vuoden keskimääräisellä lämpökertoimella* vuotuista lämpöpumpun tuottaman lämmitysenergian ja lämpöpumpun kuluttaman sähköenergian suhdetta. Lukua voidaan käyttää SPF-lukuna eli lämpöpumpun kausisuorituskykykertoimena silloin, kun energiankulutus lasketaan koko vuoden lämmöntarpeesta;

13) *lämpötilasuhteella* lämmöntalteenottolaitteiston lämmönsiirtimen tuloilman lämpötilan muutoksen suhdetta poisto- ja ulkoilman lämpötilojen erotukseen lämmönsiirtimessä;

14) *laskennallisella energiatehokkuuden vertailuluvulla* eli *E-luvulla* ($\text{kWh}_E/(\text{m}^2 \text{ a})$) energiamuotojen kertoimilla painotettua rakennuksen vuotuista ostoenergian laskennallista kulutusta, joka on laskettu lämmitettyä nettoalaa kohden;

15) *energiamuotojen kertoimilla* (-) energialähteen tai energiatuotantomuodon kertoimia, joilla eri energiamuodot kerrotaan laskennallisen energiatehokkuuden vertailuluvun määrittämiseksi;

16) *rakennuksen ostoenergian kulutuksella* energiaa, joka hankitaan rakennukseen esimerkiksi sähköverkosta, kaukolämpöverkosta, kaukojäähdytysverkosta ja uusiutuvan tai fossiilisen polttoaineen sisältämänä energiana. Ostoenergia koostuu lämmitys-, ilmanvaihto- ja jäähdytysjärjestelmien, sähkölaitteiden ja valaistuksen energiankulutuksesta energiamuodoittain eriteltynä, huomioiden vähennykset ympäristössä olevasta energiasta otetusta energiasta;

17) *ympäristössä olevasta energiasta otetulla energialla* rakennukseen kuuluvalla laitteistolla paikan päällä tai rakennuksen lähellä auringosta, tuulesta, maasta, ilmasta tai vedestä tuotettua lämpö- tai sähköenergiaa;

18) *rakennuksen energiankulutuksella* ($\text{kWh}/(\text{m}^2 \text{ a})$) rakennuksen vuotuista lämmitykseen, sähkölaitteisiin ja jäähdytykseen yhteensä kulutettua energiamäärää, johon ei sisälly eri energiamuotojen kiinteistökohtaisen eikä kiinteistön ulkopuolisen energiantuotannon häviöitä;

19) *mitoitavilla lämpötiloilla* niitä sisä- ja ulkoilman lämpötiloja, joiden perusteella rakennuksen lämmitystehon tarve määritetään;

20) *LENI-luvulla* ($\text{kWh}/(\text{m}^2 \text{ a})$) rakennuksen, tilan tai alueen vuotuista valaistusenergian tarvetta kuvaavaa lukua.

1.2.2

Rakennuksen lämmitystehon ja lämmitysenergian tarpeen laskennassa tarvittavat vaipan eri rakennusosien pinta-alat määritetään rakennuksen kokonaissisämittojen mukaan. Jos rakennus on laskennassa jaettu useampaan laskentavyöhykkeeseen, pinta-alojen tulee sisältää myös välipohjien ja väliseinien rakennusosa-alat.

Alapohjat:

Alapohjan pinta-ala lasketaan sisämittojen mukaisesti, aukkojen ja rakenteiden aloja vähentämättä. Alapohjan läpivientejä, kuten kanavat, pilarit, viemärit ja vesijohdot, ei vähennetä alapohjan pinta-alasta.

Yläpohjat:

Yläpohjan pinta-ala lasketaan ulkoseinien sisämittojen mukaisesti, kattoikkunoiden aukkojen pinta-alat vähentäen. Yläpohjan läpivientejä, kuten kanavat, hormit ja tuuletusputket, ei vähennetä yläpohjan pinta-alasta.

Välipohjat:

Välipohjien pinta-ala lasketaan ulkoseinien sisämittojen mukaisesti, porraskaukkoja tai vastaavia aukkoja vähentämättä.

Ulkoseinät:

Ulkoseinien pinta-ala lasketaan sisämittojen mukaisesti alapohjan lattiapinnasta yläpohjan alapintaan, ikkunoiden ja ovien aukkojen pinta-alat vähentäen.

Ikkunat ja ovet:

Ikkunoiden ja ovien pinta-alat lasketaan kehän ulkomittojen (karmirakenteen ulkomittojen) mukaisesti. Julkisivun tai katon muodosta merkittävästi poikkeavan ikkunaratkaisun, kupumaisen kattoikkunan ja va-loaukollisen savunpoistoluukun pinta-ala lasketaan tapauskohtaisesti yleisohjetta soveltaen.

1.2.3

Rakennusten pinta-alojen laskenta:

Huoneala, A_{huone} (m²) on huoneen pinta-ala, jonka rajoina ovat huonetta ympäröivät seinien pinnat tai niiden ajateltu jatke. Milloin huoneen katto on vino tai porrastettu, huonealaksi lasketaan 1600 mm korkeamman tilan ala. Tällöin 1600 mm korkeamman tilan keskikorkeuden tulee olla vähintään 2200 mm. Huonealaan ei lasketa muun muassa huoneessa olevien hormiryhmien, pilareitten ja seinien alaa, seiniin upotettujen takkojen alaa eikä esimerkiksi muuraamalla tehdyn komeron alaa. Rakennuksen huonealan laskenta esitetään standardissa SFS 5139.

Lämmitetty nettoala, A_{netto} (m²) on lämmitettyjen kerrostasalojen summa kerrostasoja ympäröivien ulkoseinien sisäpintojen mukaan laskettuna (voidaan laskea myös lämmitettynä bruttoalana, josta on vähennetty ulkoseinien rakennusosa-ala).

1.2.4

Laskentakaavoissa käytetään seuraavia merkintöjä:

a	numeerinen parametri, -
$A_{\text{aurinkokeräin}}$	aurinkokeräimen pinta-ala, m^2
A_{huone}	valaistavan tilan huonepinta-ala, m^2
A_i	rakennusosan i pinta-ala, m^2
A_{ikk}	ikkuna-aukon pinta-ala (kehys- ja karmirakenteineen), m^2
$A_{\text{ikk, valoaukko}}$	ikkunan valoaukon pinta-ala, m^2
A_{kenno}	aurinkosähkökennon pinta-ala (ilman kehystä), m^2
A_{netto}	rakennuksen lämmitetty nettoala, m^2
$A_{\text{netto, i}}$	rakennuksen osan i lämmitetty nettoala, jonka lämmön jakelujärjestelmä kattaa, m^2
A_{vaippa}	rakennusvaipan pinta-ala (alapohja mukaan luettuna), m^2
C_{pi}	ilman ominaislämpökapasiteetti, $1000 \text{ J}/(\text{kg K})$
C_{pv}	veden ominaislämpökapasiteetti, $4,2 \text{ kJ}/(\text{kg K})$
C_{rak}	rakennuksen sisäpuolinen tehollinen lämpökapasiteetti, Wh/K
$C_{\text{rak, omin}}$	rakennuksen sisäpuolisen tehollinen lämpökapasiteetin ominaisarvo, Wh/K
E	rakennuksen laskennallinen energiatehokkuuden vertailuluku (E-luku), $\text{kWh}_E/(\text{m}^2 \text{ a})$
e_{tilat}	lämmönjakojärjestelmän apulaitteiden sähkön ominaiskulutus, $\text{kWh}/(\text{m}^2 \text{ a})$
e_{tuotto}	apulaitteiden ominaiskulutus, $\text{kWh}/(\text{m}^2 \text{ a})$
f	valaistuksen ohjaustavasta riippuvia ohjauskertoimia, -
F	aurinkosähkökennon ilmansuunnan ja kallistuskulman mukainen korjauskerroin, -
$f_{\text{kaukojäähdytys}}$	kaukojäähdytyksen energiamuodon kerroin, -
$f_{\text{kaukolämpö}}$	kaukolämmön energiamuodon kerroin, -
$F_{\text{kehä}}$	kehäkerroin, -
$F_{\text{läpäisy}}$	säteilyn läpäisyn kokonaiskorjauskerroin, -
$f_{\text{polttoaine, i}}$	polttoaineen i energiamuodon kerroin, -
$F_{\text{sivuvarjoitus}}$	ikkunan sivuilla olevien pystysuorien varjostusten korjauskerroin, -
F_{suunta}	muuntokerroin, jolla vaakatasolle tuleva auringon kokonaissäteilyenergia muunnetaan ilmansuunnittain pystypinnalle tulevaksi kokonaissäteilyenergiaksi, -
$f_{\text{sähkö}}$	sähkön energiamuodon kerroin, -
$F_{\text{varjostus}}$	varjostusten korjauskerroin, -
F_{verho}	verhokerroin, -
$F_{\text{ylävarjostus}}$	ikkunan yläpuolisten vaakasuorien rakenteiden varjostusten korjauskerroin, -
$F_{\text{ympäristö}}$	ympäristön horisontaalisten varjostusten korjauskerroin, -
g	ikkunan valoaukon auringon kokonaissäteilyn läpäisykerroin, -
$G_{\text{aur, i}}$	kennostoon kohdistuva auringon säteilyn energia kuukauden i aikana, kWh/m^2
$g_{\text{kohtisuora}}$	ikkunan valoaukon kohtisuoran auringonsäteilyn kokonaisläpäisykerroin, -
$G_{\text{säteily, vaakapinta}}$	vaakatasolle tuleva auringon kokonaissäteilyenergia pinta-alan yksikköä kohti, $\text{kWh}/(\text{m}^2 \text{ kk})$
$G_{\text{säteily, pystypinta}}$	pystypinnalle tuleva auringon kokonaissäteilyenergia pinta-alan yksikköä kohti, $\text{kWh}/(\text{m}^2 \text{ kk})$
H_{tila}	rakennuksen tilojen ominaislämpöhäviö, W/K
k	rakennuksen käytönaikainen käyttöaste, joka kuvaa ihmisten keskimääräistä läsnäoloa rakennuksessa, -

$k_{\text{aurinkokeräin}}$	aurinkokeräimen suuntauksen huomioon ottava kerroin, -
L	lämmön jakelujärjestelmän meno- ja paluuputkien yhteenlaskettu pituus lämmittämättömässä tilassa, m
l_k	viivamaisen kylmäsilan pituus, m
L_{lkv}	lämpimän käyttöveden kiertojohtoon kiertojohtoon pituus, m
$L_{\text{lkv, omin}}$	lämpimän käyttöveden kiertojohtoon ominaispituus, m/m ²
$LENI$	LENI-luku, numeerinen valaistuksen energiatehokkuusindikaattori, Lighting Energy Numeric Indicator, kWh/(m ² a)
n	henkilöiden lukumäärä, -
n_{50}	rakennuksen ilmanvuotoluku 50 Pa:n paine-erolla, 1/h
$n_{\text{lämmityslaite}}$	lämpimän käyttöveden kiertojohtoon kytkettyjen lämmityslaitteiden lukumäärä, kpl
P_{apu}	lämpöpumpun apulaitteiden sähköteho, kW
P	lämmityksen suhdesäätöisen säätimen suhdearvo, °C
P_{puh}	puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen sähköteho tehonsäätölaitteineen, kW
$P_{\text{lkv, pump}}_p$	lämpimän käyttöveden kiertojohtoon pumpun ottoteho, W
P_{muu}	muiden ilmanvaihtojärjestelmän laitteiden kuin puhaltimien ja puhaltimen tehon säätölaitteiden sähköteho, W
P_{pumppu}	pumpun teho, W
$P_{\text{pumppu, i}}$	yksittäisen pumpun i teho, W
p_s	ilmaan siirtyvän lämpötehon ja puhaltimen sähkötehon suhde, -
$P_{\text{valaistus}}$	valaistavan tilan valaistuksen kokonaissähköteho huonepinta-alaa kohti, W/hum ²
$PA_{\text{lämmitys, osto}}$	rakennukseen ostettava polttoainemäärä, polttoaineen mittayksikkö
q_{50}	rakennusvaipan ilmanvuotoluku, m ³ /(h·m ²)
Q_{alapohja}	johtumislämpöhäviö alapohjien läpi, kWh
Q_{aur}	ikkunoiden kautta rakennukseen tuleva auringon säteilyenergia, kWh tai kWh/kk
$Q_{\text{aurinko, lkv}}$	aurinkokeräimellä tuotettu energia lämpimään käyttöveteen, kWh/a
$Q_{\text{aurinkokeräin}}$	aurinkokeräimen energiantuotto käyttöveteen keräinpinta-alaa kohti, kWh/(m ² a)
Q_{henk}	henkilöiden luovuttama lämpöenergia, kWh
Q_{ikkuna}	johtumislämpöhäviö ikkunoiden läpi, kWh
Q_{iv}	ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve, kWh
$Q_{\text{iv, korvausilma}}$	korvausilman lämpenemisen lämpöenergian tarve, kWh
$Q_{\text{iv, tuloilma}}$	tilassa tapahtuvan tuloilman lämpenemisen lämpöenergian tarve, kWh
$Q_{\text{jakelu, ulos}}$	lämmön jakelujärjestelmän lämpöhäviö lämmittämättömään tilaan, kWh/a
$q_{\text{jakeluhäviöt, ulos}}$	lämmön jakelujärjestelmän ominaislämpöhäviö lämmittämättömään tilaan, kWh/(m a)
Q_{ji}	ilmastointikoneen jäähdytyspatterin käyttämä vuotuinen jäähdytysenergia, kWh/a
Q_{jk}	jäähdytysjärjestelmällä tuotettu vuotuinen jäähdytysenergia, kWh/a
Q_{joht}	johtumislämpöhäviöt rakennusvaipan läpi, kWh
Q_{ju}	huonelaitteiden käyttämä vuotuinen jäähdytysenergia, kWh/a
$Q_{\text{jäähdytys}}$	lämpö- tai kylmäenergiaa käyttävän järjestelmän vuotuinen energiantarve, kWh/a
$Q_{\text{kaukojäähdytys}}$	kaukojäähdytyksen kulutus, kWh/a
$Q_{\text{kaukolämpö}}$	kaukolämmön kulutus, kWh/a
$Q_{\text{kylmäsilat}}$	johtumislämpöhäviö kylmäsiltojen läpi, kWh
$Q_{\text{lisälämmitys, lkv}}$	lämpimän käyttöveden lisälämmityksen energiantarve, kWh

$Q_{\text{lisälämmitys, tilat}}$	tilojen lisälämmityksen energiantarve, kWh
$Q_{\text{lkv, kierto}}$	lämpimän käyttöveden kiertojohdon lämpöhäviö, kWh/a
$Q_{\text{lkv, kierto, kuorma}}$	lämpimän käyttöveden kiertojohdon lämpöhäviöstä lämpökuormaksi tuleva osuus, kWh
$Q_{\text{lkv, lto}}$	jäteveden lämmöntalteenotolla talteenotettu ja käyttöveden lämmityksessä hyväksikäytetty energia, kWh/a
$Q_{\text{lkv, netto}}$	lämpimän käyttöveden lämpöenergian nettotarve, kWh/a
$Q_{\text{lkv, ulos}}$	lämpimän käyttöveden kiertojohdon lämpöhäviö lämmittämättömään tilaan, kWh/a
$Q_{\text{lkv, varastointi}}$	lämpimän käyttöveden varastoinnin lämpöhäviö, kWh/a
$Q_{\text{lkv, varastointi, kuorma}}$	lämpimän käyttöveden varastoinnin lämpöhäviöstä lämpökuormaksi tuleva osuus, kWh
Q_{LP}	lämpöpumpun tuottama lämpöenergia, kWh
$Q_{\text{LP, lämmitys, lkv}}$	lämpöpumpun tuottama käyttöveden lämmitysenergia, kWh
$Q_{\text{LP, lämmitys, tilat}}$	lämpöpumpun tuottama tilojen lämmitysenergia, kWh
Q_{lto}	ilmanvaihdosta talteenotettu energia, kWh
$Q_{\text{lämmitys}}$	lämmitysjärjestelmän lämpöenergian kulutus, kWh/a
$Q_{\text{lämmitys, iv}}$	ilmanvaihdon lämmityksen lämpöenergian tarve, kWh/a
$Q_{\text{lämmitys, lkv}}$	lämpimän käyttöveden lämpöenergian tarve, kWh/a
$Q_{\text{lämmitys, tilat}}$	tilojen lämmityksen lämpöenergian tarve, kWh/a
$Q_{\text{lämmitys, tilat, iv, lkv}}$	tilojen, ilmanvaihdon ja käyttöveden lämmityksen lämpöenergian tarve, kWh
$Q_{\text{lämmitys, tilat, lkv}}$	tilojen ja käyttöveden lämmityksen lämpöenergian tarve, kWh
$Q_{\text{lämmitys, tilat, netto}}$	tilojen lämmitysenergian nettotarve, kWh/a
$Q_{\text{lämpökuorma}}$	rakennuksen lämpökuorma, kWh
Q_{muu}	johtumislämpöhäviö tilaan, jonka lämpötila poikkeaa ulkolämpötilasta, kWh
$Q_{\text{muu tuotto}}$	muilla mahdollisilla tuottojärjestelmillä tuotettu energia, kWh/a
Q_{ovi}	johtumislämpöhäviö ulko-ovien läpi, kWh
$Q_{\text{polttoaine, i}}$	polttoaineen i sisältämän energian kulutus, kWh/a
$Q_{\text{polttoaine, omin}}$	käytetyn polttoaineen tehollinen lämpöarvo, kWh / polttoaineen mittayksikkö
Q_{rakosa}	johtumislämpöhäviö rakennusosan läpi, kWh
$Q_{\text{sis. lämpö}}$	lämpökuormat, joka hyödynnetään lämmityksessä, kWh
$Q_{\text{säh}}$	valaistuksesta ja sähkölaitteista rakennuksen sisälle tuleva lämpökuorma, kWh
Q_{tila}	tilojen lämmitysenergian tarve, kWh
$Q_{\text{varastointi, ulos}}$	laskettavan lämmön jakelujärjestelmän varastoinnin lämpöhäviö, kWh/a
$Q_{\text{ulkoseinä}}$	johtumislämpöhäviö ulkoseinien läpi, kWh
q_v	puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen ilmavirta, m ³ /s
$q_v, \text{korvausilma}$	korvausilmavirta, m ³ /s
q_v, lkv	lämpimän käyttöveden mitoitusvirtaama, m ³ /s
$q_v, \text{lkv, kierto}$	lämpimän käyttöveden kiertojohdon mitoitusvesivirta, m ³ /s
q_v, poisto	poistoilmavirta, m ³ /s
q_v, tulo	tuloilmavirta, m ³ /s
$q_v, \text{vuotoilma}$	vuotoilmavirta, m ³ /s
$Q_{\text{vuotoilma}}$	vuotoilman lämpenemisen lämpöenergian tarve, kWh
$Q_{\text{yläpohja}}$	johtumislämpöhäviö yläpohjien läpi, kWh
R	tuloilmavirran suhde poistoilmavirtaan, -
R_{ek}	rakennuksen energiankulutus, kWh/(m ² a)

SFP	puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen ominaissähköteho, kW/(m ³ /s)
SPF	lämpöpumpun kausisuorituskykykerroin, SPF-luku, -
SPF _{lkv}	lämpöpumpun SPF-luku käyttöveden lämmityksessä, -
SPF _{tilat}	lämpöpumpun SPF-luku tilojen lämmityksessä, -
t _d	ilmanvaihtolaitoksen keskimääräinen vuorokautinen käyntiaikasuhde, h/24h
T _{up}	ulospuhallusilman lämpötila, °C
T _{kv}	kylmän käyttöveden lämpötila, °C
T _{liuos}	maalämpöpumpun keruupiiriltä tulevan liuoksen lämpötila, °C
T _{lkv}	lämpimän käyttöveden lämpötila, °C
T _{lkv, kierto, paluu}	lämpimän käyttöveden kiertojohdon paluueden lämpötila, °C
t _{lkv, pumppu}	lämpimän käyttöveden kiertojohdon pumpun käyttöaika, h/vrk
T _{lto}	lämmöntalteenottolaitteen jälkeinen lämpötila, °C
T _{lto, mit}	lämmön talteenoton jälkeinen tuloilman lämpötila mitoitusilanteessa, °C
T _m	korkein menoveden lämpötila, °C
T _{maa}	maan lämpötila laskentajakson aikana, °C
T _{maa, kuukausi}	alapohjan alapuolisen maan kuukausittainen keskilämpötila, °C
T _{maa, vuosi}	alapohjan alapuolisen maan vuotuinen keskilämpötila, °C
T _{meno}	lämmönjakoverkoston menoveden lämpötila, °C
T _p	meno- ja paluuputken keskimääräinen lämpötila laskentajakson aikana, °C
t _{pumppu, i}	pumpun i käyttöaika, h
T _s	sisäilman lämpötila, °C
T _{sp}	sisäänpuhalluslämpötila, °C
T _u	ulkoilman lämpötila, °C
T _{u, mit}	mitoitettava ulkoilman lämpötila, °C
T _{u, vuosi}	ulkoilman vuotuinen keskilämpötila, °C
t _v	ilmanvaihtolaitoksen viikoittainen käyntiaikasuhde, vrk/7 vrk
U _i	rakennusosan i lämmönläpäisykerroin, W/(m ² K)
U'	putken lämmönläpäisykerroin pituusyksikköä kohden, W/(m °C)
V	rakennuksen ilmatilavuus, m ³
W _{aurinko, pumput}	aurinkolämpöjärjestelmän pumppujen sähköenergian kulutus, kWh/a
W _{ilmanvaihto}	ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergian kulutus, kWh/a
W _{iv, muu}	muu ilmanvaihtojärjestelmän sähkönkulutus, kWh
W _{jäähd, apu}	jäähdytysjärjestelmän apulaitteiden sähkönkulutus, kWh/a
W _{jäähdytys}	jäähdytysjärjestelmän sähköenergian kulutus, kWh/a
W _{kuluttajalaitteet}	kuluttajalaitteiden sähköenergian kulutus, kWh/a
W _{lisälämmitys}	tilojen ja lämpimän käyttöveden lämmityksessä tarvittavan lisälämmityksen sähköenergian tarve, kWh
V _{lkv}	lämpimän käyttöveden kulutus, m ³
V _{lkv, omin}	lämpimän käyttöveden ominaiskulutus, dm ³ /m ² vuodessa
V _{lkv, omin, henk}	lämpimän käyttöveden ominaiskulutus, dm ³ henkilöä kohti vuorokaudessa
W _{lkv, pumppu}	lämpimän käyttöveden kiertopumpun sähköenergian kulutus, kWh/a
W _{LP, apu}	lämpöpumpun apulaitteiden sähköenergian kulutus, kWh
W _{LP, lämmitys}	lämpöpumppujärjestelmän sähköenergian kulutus, kWh/a
W _{lämmitys}	lämmitysjärjestelmän sähköenergian kulutus, kWh/a

W_{puhallin}	puhaltimen sähköenergian kulutus, kWh
$W_{\text{pv, i}}$	aurinkosähkökennojen tuottama sähköenergia kuukaudessa i, kWh
$W_{\text{sähkö}}$	sähkön kulutus, josta on vähennetty rakennuksessa käytetty, ympäristössä olevasta energiasta tuotettu sähköenergia, kWh/a
W_{tilat}	lämmön jakelujärjestelmän apulaitteiden sähköenergian kulutus, kWh/a
$W_{\text{tuotto, apu}}$	lämmöntuottojärjestelmän apulaitteiden sähköenergian kulutus, kWh/a
$W_{\text{valaistus}}$	valaistusjärjestelmän sähköenergian kulutus, kWh/a
x	kerroin, joka on yksikerroksisille rakennuksille 35, kaksikerroksisille 24, kolmi- ja nelikerroksisille 20 ja viisikerroksisille ja sitä korkeimmille rakennuksille 15
α_1	tuottoprosessilla 1 tuotetun vuosittaisen jäähdytysenergian osuus, -
α_2	tuottoprosessilla 2 tuotetun vuosittaisen jäähdytysenergian osuus, -
β_{apu}	järjestelmän vuotuinen apulaitteiden sähkönkulutuksen kulutuskerroin, -
β_{hji}	järjestelmän ilmapuolen (termiset, kondenssi ynnä muut) häviöt huomioon ottava kerroin, -
β_{hvj}	järjestelmän vesipuolen (termiset) häviöt huomioon ottava kerroin, -
γ	lämpökuorman suhde lämpöhäviöön, -
$\Delta p_{\text{puhallin}}$	puhaltimen paineen korotus, Pa
Δt	ajanjakson, laskentajakson tai käyttöajan ajallinen kesto, h
$\Delta T_{\text{puhallin}}$	lämpötilan nousu puhaltimessa, °C
$\Delta T_{\text{maa, kuukausi}}$	alapohjan alapuolisen maan kuukausittaisen keskilämpötilan ja vuotuisen keskilämpötilan ero (taulukko 3.5), °C
$\Delta T_{\text{maa, vuosi}}$	alapohjan alapuolisen maan ja ulkoilman vuotuisen keskilämpötilan ero, °C
$\Delta t_{\text{oleskelu}}$	oleskeluaika, h
ϵ_E	jäähdytysenergian tuottoprosessin vuotuinen kylmäkerroin, -
ϵ_{E1}	tuottoprosessin 1 vuotuinen kylmäkerroin, -
ϵ_{E2}	tuottoprosessin 2 vuotuinen kylmäkerroin, -
ϵ_Q	jäähdytysenergian tuottoprosessin vuotuinen kylmäkerroin, -
η_{kenno}	kennoston hyötysuhde, -
η_a, ivkone	ilmanvaihtokoneen lämmöntalteenoton poistoilman vuosihyötysuhde, -
$\eta_{\text{aurinkokeräin}}$	aurinkokeräimen hyötysuhde, -
η_{iv}	ilmanvaihdon tuloilman lämmitysjärjestelmän hyötysuhde mitoitusolosuhteissa, -
$\eta_{\text{käyttö}}$	hihnakäytön hyötysuhde, -
$\eta_{\text{lkv, siirto}}$	lämpimän käyttöveden siirron hyötysuhde, -
η_{lkv}	käyttöveden lämmitysjärjestelmän hyötysuhde mitoitusolosuhteissa, -
$\eta_{\text{lämmitys, tilat}}$	lämmön jakelujärjestelmän hyötysuhde, -
$\eta_{\text{lämpö}}$	lämpökuormien kuukausittainen hyödyntämisaste, -
η_{moottori}	moottorin hyötysuhde, -
$\eta_{\text{palaminen}}$	varaavan tulisijan CE-merkinnän mukainen hyötysuhde, -
η_p, mit	lämmön talteenoton poistoilman lämpötilasuhde mitoitustilanteessa, -
η_{puhallin}	puhaltimen hyötysuhde sisältäen laakerihäviöt, -
$\eta_{\text{puhallin, kok}}$	puhaltimen kokonaishyötysuhde, -
$\eta_{\text{sääätö}}$	pyörimisnopeussäätimen hyötysuhde (esimerkiksi taajuusmuuttaja), -
η_t	lämmön talteenoton lämmönsiirtimen lämpötilasuhde, -
η_t, mit	lämmön talteenoton tuloilman lämpötilasuhde mitoitustilanteessa, -
$\eta_{\text{tilalämmitys}}$	tilalämmitysjärjestelmän hyötysuhde mitoitusolosuhteissa, -

η_{tulisija}	varaavan tulisijan kokonaishyötysuhde, -
η_{tuotto}	lämmitysenergian tuoton hyötysuhde, -
ρ_i	ilman tiheys, 1,2 kg/m ³
ρ_v	veden tiheys, 1000 kg/m ³
τ	rakennuksen aikavakio, h
Φ_{alapohja}	johtumislämpöteho alapohjien läpi, W
Φ_{henk}	yhden henkilön luovuttama keskimääräinen lämpöteho (ei sisällä haihtumislämpöä), W/henkilö
Φ_{ikkuna}	johtumislämpöteho ikkunoiden läpi, W
Φ_{iv}	ilmavaihdon tuloilman lämmitysjärjestelmän lämpötehon tarve, W
Φ_i	johtumislämpöteho rakennusosan i läpi, W
Φ_{joht}	johtumislämpöteho rakennusvaipan läpi, W
$\Phi_{\text{korvausilma}}$	korvausilman lämpenemisen lämpötehon tarve, W
$\Phi_{\text{kylmäsililat}}$	johtumislämpöteho kylmäsiltojen läpi, W
Φ_{lkv}	käyttöveden lämmityksen lämpötehon tarve, W
$\Phi_{\text{lkv, kiertohäviö, omin}}$	lämpimän käyttöveden kiertojohtoon lämpöhäviön ominaisteho, W/m
$\Phi_{\text{lkv, kiertohäviö}}$	lämpimän käyttöveden kiertojohtoon lämpöhäviöt, kW
$\Phi_{\text{lkv, lämmitys, omin}}$	lämpimän käyttöveden kiertojohtoon kytkettyjen lämmityslaitteiden ominaisteho, W/kpl
Φ_{LPn}	lämpöpumpun nimellisteho, W
Φ_{lto}	lämmöntalteenotolla talteenotettu kuukauden keskimääräinen teho, W
$\Phi_{\text{lämmitys}}$	rakennuksen lämmitystehon tarve, W
Φ_{muu}	johtumislämpöteho tilaan, jonka lämpötila poikkeaa ulkolämpötilasta, W
Φ_{ovi}	johtumislämpöteho ulko-ovien läpi, W
Φ_{tila}	tilojen lämmitysjärjestelmän lämpötehon tarve, W
Φ_{tuloilma}	tilassa tapahtuvan tuloilman lämpenemisen lämpötehon tarve, W
$\Phi_{\text{ulkoseinä}}$	johtumislämpöteho ulkoseinien läpi, W
$\Phi_{\text{vuotoilma}}$	vuotoilman lämpenemisen lämpötehon tarve, W
$\Phi_{\text{yläpohja}}$	johtumislämpöteho yläpohjien läpi, W
Ψ_k	viivamaisen kylmäsilan lisäkonduktanssi, W/(m K).

2. LASKENTAMENETELMÄN KUVAUS

2.1 Laskentaperiaate ja menetelmän rajaukset

Näissä ohjeissa esitetään laskentamenetelmä, joka soveltuu jäähdyttämättömien rakennusten energiankulutuksen laskentaan tai sellaisten rakennusten energiankulutuksen laskentaan, joissa on vain yksittäisiä jäähdytettyjä tiloja.

Näissä ohjeissa esitetty menetelmä on energiatasemenetelmä, jossa energian nettotarve lasketaan kuukausittain. Energiatasemenetelmässä saman kuukauden aikana rakennukseen sisään tuleva energiamäärä on sama kuin rakennuksesta poistuva energiamäärä. Vuosikulutus on kuukausikulutusten summa.

Laskennassa käytettäviä lähtötietoja on kolmentyyppisiä:

- rakennuskohtaiset lähtötiedot, jotka saadaan yleensä rakennuksen suunnitelmista;
- rakennuksen käyttötiedot; sekä
- näissä ohjeissa annetut laskentamenetelmän ohjearvot, joita voidaan käyttää, ellei tarkempia tietoja ole käytettävissä.

Vaatimuksenmukaisuuden osoittamisessa tulee käyttää määräyksissä annettuja lähtöarvoja ja laskentäsääntöjä sekä suunnitteluarvoja.

Tässä ohjeessa esitetty menetelmä on yksinkertaistettu laskentamenetelmä, joka ottaa huomioon oleelliset energiankulutukseen vaikuttavat tekijät ja rakennuksen ominaisuudet Suomen olosuhteissa. Menetelmä perustuu pääpiirteissään standardissa SFS-EN 13790 esitettyyn laskentamenetelmään. Laskentamenetelmien tarkkuuteen vaikuttavia tekijöitä on käsitelty standardin SFS-EN 13790 liitteessä H.

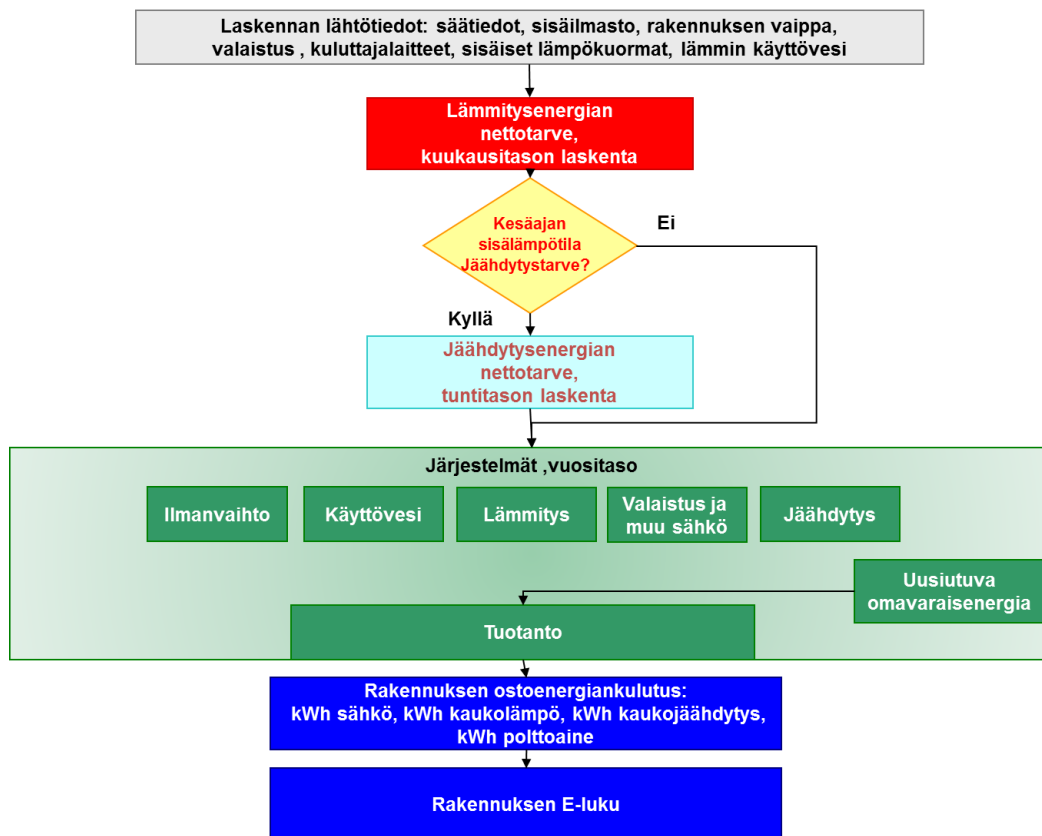
Laskennassa otetaan huomioon lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmien tuoton, varastoinnin, jakelun ja luovutuksen lämpöhäviöt, joita ovat esimerkiksi lämmitysputkiston ja pattereiden häviöt sekä kattilan hyötysuhde. Näissä ohjeissa esitetyt järjestelmähäviöt, lukuun ottamatta lämpimän käyttöveden kiertoa ja varastointia, on määritelty todellisina häviöinä ilman hyödynnettävää osuutta. Osa lämpimän käyttöveden kierron ja varastoinnin häviöistä määritellään tilaan tuleviksi lämpökuormiksi. Muut laskennassa esitetyt järjestelmähäviöt menevät hukkaan, eikä näistä tule lämpökuormia tai lämpösaantoa rakennukseen.

Jäähdytysenergian nettotarpeen ja kesäajan huonelämpötilan laskenta ei sisälly näissä ohjeissa kuvattuun laskentamenetelmään. Ne lasketaan tarkoitukseen soveltuvalla dynaamisella laskentatyökalulla.

Tässä laskentamenetelmässä rakennus käsitellään yleensä yhtenä laskentavyöhykkeenä. Tarvittaessa rakennus voidaan jakaa käyttötarkoitusta ja käyttöaikoja vastaaviin laskentavyöhykkeisiin.

2.2 Laskennan kulku

Näissä ohjeissa kuvatussa kuukausitason laskentamenetelmässä rakennuksen ostoenergiankulutus lasketaan kuvassa 2.1 esitetyissä vaiheissa.



Kuva 2.1. Rakennuksen energiankulutuksen laskennan vaiheet.

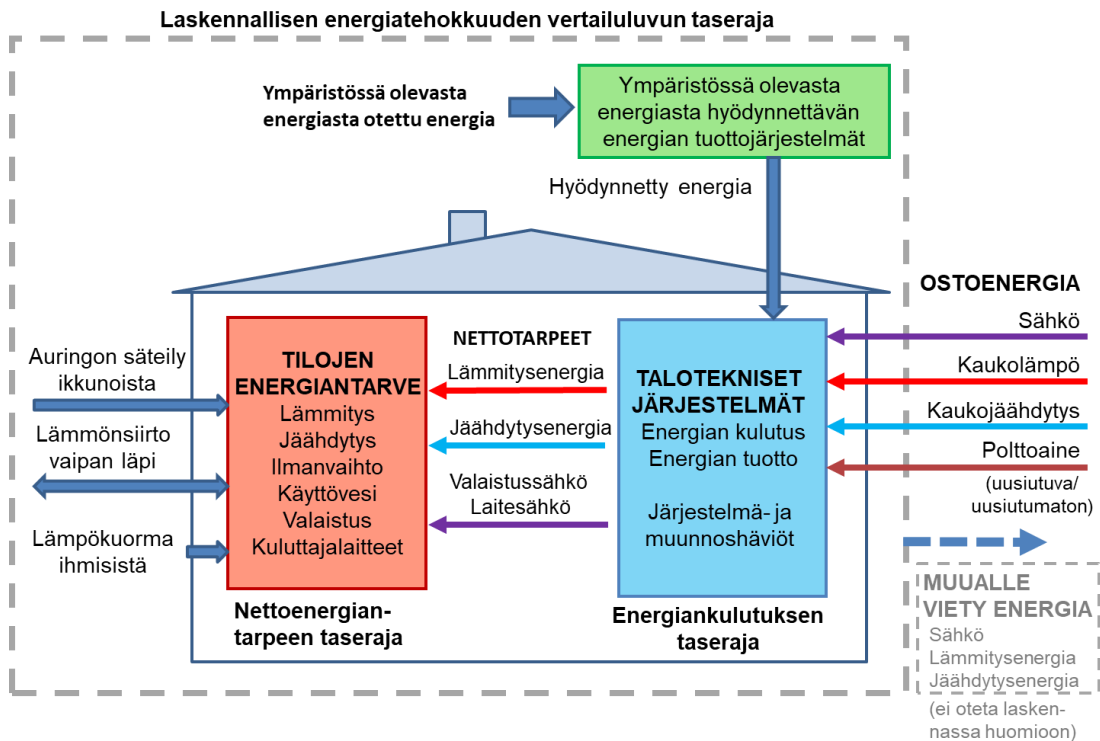
Vaatimuksenmukaisuuden osoittamisessa käytetään energiatehokkuusasetuksessa määriteltyjä säätietoja, muissa tarkasteluissa voidaan käyttää muita arvoja.

Laskentamenetelmässä käytettävät energiankulutuksen taserajat esitetään kuvassa 2.2. Rakennuksen energiantarve koostuu tilojen ja ilmanvaihdon lämmitystarpeesta, käyttöveden lämmitystarpeesta, tilojen ja ilmanvaihdon jäähdytystarpeesta sekä valaistuksen ja kuluttajalaitteiden sähköenergiatarpeesta. Lämmitysenergian nettotarve saadaan lämmitysenergian tarpeen sekä rakennukseen tulevan auringon säteilyn, poistoilmasta talteen otetun energian ja sisäisten lämpökuormien erotuksena. Lämmitysenergian nettotarvetta vastaava energia tuodaan lämmitysjärjestelmällä tiloihin, tuloilmaan ja käyttöveteen. Jäähdytysenergian nettotarvetta vastaava energia tuodaan jäähdytysjärjestelmällä tiloihin ja tuloilmaan.

Lämmitysjärjestelmän energiankulutus lasketaan lämmitysenergian nettotarpeesta ottamalla huomioon järjestelmähäviöt, jotka muodostuvat lämmitysenergian luovutuksen, jakelun ja varastoinnin häviöistä, sekä ottamalla huomioon hyötysuhteet ja ympäristössä olevasta energiasta lämmitysjärjestelmään tuotettu energia. Lämmitysjärjestelmän energia eritellään sähkö- ja lämpöenergian osalta.

Jäähdytysjärjestelmän energiankulutus lasketaan jäähdytyksen nettotarpeesta ottamalla huomioon järjestelmähäviöt, jotka muodostuvat jäähdytysenergian luovutuksen, jakelun ja varastoinnin häviöistä, sekä ottamalla huomioon jäähdytyksen tuoton häviöt ja muunnokset, samoin kuin jäähdytysjärjestelmään ympäristössä olevasta energiasta tuotettu energia. Jäähdytysjärjestelmän energiankulutus eritellään eri energiamuotojen osalta.

Ilmanvaihtojärjestelmän energiankulutus koostuu puhallinsähköstä ja mahdollisten apulaitteiden sähkönkulutuksesta (pumput, taajuusmuuttajat, säätölaitteet). Tuloilman lämmitys lasketaan lämmitysjärjestelmän energiankulutuksen osana.



Kuva 2.2. Laskennallisen energiatehokkuuden vertailuluvun taseraja ja sen muodostuminen nettoenergiantarpeista, taloteknisten järjestelmien energiankulutuksesta, rakennukseen kuuluvalla laitteistolla ympäristöstä vapaasti hyödynnettävästä energiasta sekä muusta paikallisesta energian tuotosta. Ympäristöstä vapaasti hyödynnettävä energia voi olla esimerkiksi aurinkolämpöä, tuulisähköä tai aurinkosähköä.

Rakennuksen laskennallinen energiatehokkuuden vertailulukku (E-luku) lasketaan rakennuksen ostoenergiankulutuksesta energiamuotojen kertoimia käyttäen kaavalla (2.1)

$$E = \frac{f_{\text{kaukolämpö}} Q_{\text{kaukolämpö}} + f_{\text{kaukojäähdytys}} Q_{\text{kaukojäähdytys}} + \sum_i f_{\text{polttoaine}_i} Q_{\text{polttoaine}_i} + f_{\text{sähkö}} W_{\text{sähkö}}}{A_{\text{netto}}} \quad (2.1)$$

jossa

E	rakennuksen laskennallinen energiatehokkuuden vertailulukku, kWh _E /(m ² a)
Q _{kaukolämpö}	kaukolämmön kulutus, kWh/a
Q _{kaukojäähdytys}	kaukojäähdytyksen kulutus, kWh/a
Q _{polttoaine, i}	polttoaineen i sisältämän energian kulutus, kWh/a
W _{sähkö}	sähkön kulutus vuodessa, missä on otettu huomioon vähennykset rakennukseen kuuluvalla laitteistolla ympäristöstä vapaasti hyödynnettävästä energiasta otettu energia siltä osin, kuin se on käytetty rakennuksessa, kWh/a
f _{kaukolämpö}	kaukolämmön energiamuodon kerroin, -
f _{kaukojäähdytys}	kaukojäähdytyksen energiamuodon kerroin, -
f _{polttoaine, i}	polttoaineen i energiamuodon kerroin, -
f _{sähkö}	sähkön energiamuodon kerroin, -
A _{netto}	rakennuksen lämmitetty nettoala, m ² .

Energiamuotojen kertoimista säädetään valtioneuvoston maankäyttö- ja rakennuslain nojalla annetussa valtioneuvoston asetuksessa rakennuksissa käytettävien energiamuotojen kertoimien lukuarvoista (788/2017).

Rakennuksen energiankulutuksella (kWh/(m² a)), jota käytetään ympäristöministeriön asetuksessa rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä (4/13), tarkoitetaan rakennuksen vuotuista lämmitykseen, sähkölaitteisiin ja jäähdytykseen yhteensä kulutettua energiamäärää, johon ei sisälly eri energiamuotojen kiinteistökohtaisen eikä kiinteistön ulkopuolisen energiantuotannon häviöitä. Rakennuksen energiakulutus lasketaan kaavalla (2.2)

$$RAK_{ek} = (Q_{lämmitys, tilat} + Q_{lämmitys, iv} + Q_{lämmitys, lkv} + Q_{jk} + W_{tilat} + W_{ilmanvaihto} + W_{lkv, pumppu} + W_{jäähd, apu} + W_{kuluttajalaitteet} + W_{valaistus}) / A_{netto} \quad (2.2)$$

jossa

Rak _{ek}	rakennuksen energiankulutus, kWh/(m ² a)
Q _{lämmitys, tilat}	tilojen lämmityksen lämpöenergian tarve, kWh/a
Q _{lämmitys, iv}	ilmanvaihdon lämmityksen lämpöenergian tarve, kWh/a
Q _{lämmitys, lkv}	lämpimän käyttöveden lämpöenergian tarve, kWh/a
Q _{jk}	jäähdytysjärjestelmällä tuotettu jäähdytysenergia, kWh/a
W _{tilat}	lämmönjakojärjestelmän apulaitteiden sähköenergian kulutus, kWh/a
W _{ilmanvaihto}	ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergian kulutus, kWh/a
W _{lkv, pumppu}	lämpimän käyttöveden kiertopumpun sähköenergian kulutus, kWh/a
W _{jäähd, apu}	jäähdytysjärjestelmän apulaitteiden sähkönkulutus, kWh/a
W _{kuluttajalaitteet}	kuluttajalaitteiden sähköenergian kulutus, kWh/a
W _{valaistus}	valaistuksen sähköenergian kulutus, kWh/a
A _{netto}	rakennuksen lämmitetty nettoala, m ² .

3.

RAKENNUKSEN LÄMMITYSENERGIAN NETTOTARVE

Tässä luvussa lasketaan

- 3.1 Tilojen lämmitysenergian nettotarve
- 3.2 Rakennusvaipan johtumislämpöhäviöt
- 3.3 Vuotoilman lämpenemisen lämpöenergian tarve
- 3.4 Ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve
- 3.5 Tuloilman ja korvausilman lämmitysenergian tarve
- 3.6 Ilmanvaihdosta talteenotettu energia
- 3.7 Lämpimän käyttöveden lämmitysenergian nettotarve

Laskelmien lähtötietoina tarvitaan vähintään

- Rakennusosien pinta-alat
- Rakennusosien lämmönläpäisykertoimet
- Ilmanvaihdon ilmavirrat
- Ilmanvaihtojärjestelmän käyntiajat
- Ilmanvaihtokoneiden lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteet

3.1 Tilojen lämmitysenergian nettotarve

Rakennuksen tilojen lämmitysenergian nettotarve lasketaan kaavalla (3.1)

$$Q_{\text{lämmitys, tilat, netto}} = Q_{\text{tila}} - Q_{\text{sis.lämpö}} \quad (3.1)$$

jossa

- $Q_{\text{lämmitys, tilat, netto}}$ tilojen lämmitysenergian nettotarve, kWh
- Q_{tila} tilojen lämmitysenergian tarve, kWh
- $Q_{\text{sis.lämpö}}$ lämpökuormat, joka hyödynnetään lämmityksessä, kWh.

Tilojen lämmitysenergian tarve lasketaan kaavalla (3.2)

$$Q_{\text{tila}} = Q_{\text{joht}} + Q_{\text{vuotoilma}} + Q_{\text{iv.tuloilma}} + Q_{\text{iv.korvausilma}} \quad (3.2)$$

jossa

- Q_{tila} tilojen lämmitysenergian tarve, kWh
- Q_{joht} johtumislämpöhäviöt rakennusvaipan läpi, kWh
- $Q_{\text{vuotoilma}}$ vuotoilman lämpenemisen lämpöenergian tarve, kWh
- $Q_{\text{iv, tuloilma}}$ tilassa tapahtuvan tuloilman lämpenemisen lämpöenergian tarve, kWh
- $Q_{\text{iv, korvausilma}}$ korvausilman lämpenemisen lämpöenergian tarve, kWh.

3.2 Rakennusvaipan johtumislämpöhäviöt

3.2.1

Johtumislämpöhäviöt rakennusvaipan läpi lasketaan rakennusosittain kaavalla (3.3)

$$Q_{\text{joht}} = Q_{\text{ulkoseinä}} + Q_{\text{yläpohja}} + Q_{\text{alapohja}} + Q_{\text{ikkuna}} + Q_{\text{ovi}} + Q_{\text{muu}} + Q_{\text{kylmäsilta}} \quad (3.3)$$

jossa

Q_{joht}	johtumislämpöhäviöt rakennusvaipan läpi, kWh
$Q_{\text{ulkoseinä}}$	johtumislämpöhäviö ulkoseinien läpi, kWh
$Q_{\text{yläpohja}}$	johtumislämpöhäviö yläpohjien läpi, kWh
Q_{alapohja}	johtumislämpöhäviö alapohjien läpi, kWh
Q_{ikkuna}	johtumislämpöhäviö ikkunoiden läpi, kWh
Q_{ovi}	johtumislämpöhäviö ulko-ovien läpi, kWh
Q_{muu}	johtumislämpöhäviö tilaan, jonka lämpötila poikkeaa ulkolämpötilasta, kWh
$Q_{\text{kylmäsilillat}}$	kylmäsiltojen johtumislämpöhäviö, kWh.

Ulkoilmaan rajoittuvien ulkoseinien, yläpohjien, alapohjien, ikkunoiden ja ovien lämpöhäviöt lasketaan rakennusosittain kaavalla (3.4)

$$Q_{\text{rakosa}} = \sum U_i A_i (T_s - T_u) \Delta t / 1000 \quad (3.3)$$

jossa

Q_{rakosa}	johtumislämpöhäviö rakennusosan läpi, kWh
U_i	rakennusosan i lämmönläpäisykerroin, W/(m ² K)
A_i	rakennusosan i pinta-ala, m ²
T_s	sisäilman lämpötila, °C
T_u	ulkoilman lämpötila, °C
Δt	ajanjakson pituus, h
1000	kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowattitunneiksi.

Laskettaessa johtumishäviötä muuhun tilaan (Q_{muu}), kaavassa (3.3) käytetään ulkolämpötilan T_u tilalla kyseessä olevan muun tilan suunnittelulämpötilaa. Tällainen tila on esimerkiksi puolilämmin autotalli.

Rakennusosien pinta-alojen laskenta esitetään alaluvussa 1.2.3.

Rakennusosien välisten liitosten aiheuttamien kylmäsiltojen lämpöhäviöt lasketaan kaavalla (3.4)

$$Q_{\text{kylmäsililla}} = \sum l_k \Psi_k (T_s - T_u) \Delta t / 1000 \quad (3.4)$$

jossa

$Q_{\text{kylmäsilillat}}$	johtumislämpöhäviö kylmäsiltojen läpi, kWh
l_k	viivamaisen kylmäsilan pituus, m
Ψ_k	viivamaisen kylmäsilan lisäkonduktanssi, W/(m K)

Taulukoissa 3.1.–3.3. on esitetty viivamaisten kylmäsiltojen ohjearvoja, joita voidaan käyttää, kun suunnitteluarvoja ei ole käytettävissä. Sisänurkkien tapauksessa lisäkonduktanssien arvot ovat negatiivisia. Ohjearvojen käyttö edellyttää, että liitokset on toteutettu hyvän rakentamistavan mukaisesti pyrkien minimoimaan liitosalueelle syntyvät kylmäsilillat.

Taulukko 3.1. Ohjearvoja viivamaisen kylmäsiilan aiheuttamalle lisäkonduktanssille (Ψ_k) ulkoseinän ja yläpohjan, ulkoseinän ja välipohjan sekä ulkoseinän ja alapohjan välisissä liitoksissa joillakin runkomateriaaleilla, W/(m·K).

Ulkoseinä- materiaali	Lisäkonduktanssi Ψ_k , W/(m K)									
	Yläpohjan (ulkonurkka) runkomateriaali			Välipohjan runko- materiaali			Alapohjan runkomateriaali			
	betoni	kevyt- betoni	puu	betoni	kevyt- betoni	puu	betoni maan- vast.	betoni ryöm. tila	kevyt- betoni ryöm. tila	puu ryöm. tila
betoni	0,08	-	0,04	0,00	-	-	0,24	0,28	-	--
kevytbetoni	0,18	0,06	0,04	0,10	0,00	-	0,09	0,08	0,03	-
kevytsora- betoni	0,13	-	0,04	0,07	-	-	0,15	0,11	-	-
tiili	0,08	-	0,04	0,00	-	-	0,17	0,06	-	-
puu	-	-	0,05	-	-	0,05	0,10	-	-	0,06
hirsi	-	-	0,04	-	-	0,00	0,11	-	-	0,09

Taulukko 3.2. Ohjearvoja viivamaisen kylmäsiilan aiheuttamalle lisäkonduktanssille (Ψ_k) ulkoseinien välisissä nurkkaliitoksissa sekä ikkuna- ja oviliitoksissa joillakin runkomateriaaleilla, W/(m K).

Liitos	Lisäkonduktanssi Ψ_k , W/(m K)					
	Ulkoseinän runkomateriaali					
	betoni	kevyt- betoni	kevyt- sora- betoni	tiili	puu	hirsi
ulkoseinien välinen liitos, ulkonurkka	0,06	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05
ulkoseinien välinen liitos, sisänurkka	-0,06	-0,05	-0,05	-0,05	-0,04	-0,05
ikkuna- ja oviliitos, lämmöneristeen kohdalla*)	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
ikkuna- ja oviliitos muussa tapauksessa	0,15	0,07	0,10	0,10	0,07	0,07

*) Karmi peittää vähintään 40 % lämmöneristeen kokonaispaksuudesta.

Taulukko 3.3. Ohjearvot viivamaisen kylmäsiilan aiheuttamalle lisäkonduktanssille (Ψ_k) liitoksissa, joille ei ole annettu erillistä arvoa taulukoissa 3.1 ja 3.2, W/(m K). Muut rakenteiden väliset liitokset voidaan jättää laskennassa huomioimatta.

Liitos	Lisäkonduktanssi Ψ_k , W/(m K)
ulkoseinän ja yläpohjan liitos	0,3
ulkoseinän ja alapohjan liitos	0,5
ulkoseinän ja välipohjan liitos	0,2
ulkoseinien välinen liitos, ulkonurkka	0,1
ulkoseinien välinen liitos, sisänurkka	-0,1
ikkuna- ja oviliitos	0,2

Kylmäsiilat kaavassa (3.5) voidaan laskea ympäristöministeriön oppaan tai SFS-EN-standardien mukaan. Standardien mukaan kylmäsiiloja laskettaessa on käytettävä kaavan (3.3) mukaisia lämmönläpäisykertoimien ja pinta-alojen määritelmiä tai muutoin varmistuttava siitä, että rakennusvaipan johtumislämpöhäviö vastaa kaavaa (3.3).

3.2.2

Jos alapohja on suoraan ulkoilmaa vasten, sen johtumislämpöhäviö lasketaan lämpötilaeron $T_s - T_u$ mukaan, kaavassa (3.3) esitetyllä tavalla. Jos alapohja rajoittuu ryömintätilaan, jonka tuuletusaukkojen määrä on enintään 8 promillea alapohjan pinta-alasta, sen kautta ulkoilmaan johtuva energia lasketaan maan ja ryömintätilan lämmönvastus huomioon ottaen.

3.2.3

Maanvastaisten seinien kautta ulkoilmaan johtuva energia voidaan laskea ilman maa-aineksen aiheuttamaa lämpötilaviivettä kaavan (3.4) mukaisesti, maan lämmönvastus huomioon ottaen.

3.2.4

Maanvastaisten alapohjien kautta maahan johtuva energia voidaan laskea kaavan (3.3) mukaisesti käytämällä kaavassa ulkoilman lämpötilan sijasta alapohjan alapuolisen maan lämpötilaa. Alapohjan alapuolisen maan vuotuinen keskilämpötila lasketaan ulkoilman vuotuisesta keskilämpötilasta kaavalla (3.5)

$$T_{maa, vuosi} = T_{u, vuosi} + \Delta T_{maa, vuosi} \quad (3.5)$$

jossa

$T_{maa, vuosi}$	alapohjan alapuolisen maan vuotuinen keskilämpötila, °C
$T_{u, vuosi}$	ulkoilman vuotuinen keskilämpötila, °C
$\Delta T_{maa, vuosi}$	alapohjan alapuolisen maan ja ulkoilman vuotuisen keskilämpötilan ero, °C.

Maan ja ulkoilman vuotuisen keskilämpötilan erona käytetään arvoa 5 °C.

Maan kuukausittainen keskilämpötila lasketaan maan vuotuisesta keskilämpötilasta kaavalla (3.6)

$$T_{maa, kuukausi} = T_{maa, vuosi} + \Delta T_{maa, kuukausi} \quad (3.6)$$

jossa

$T_{maa, kuukausi}$	alapohjan alapuolisen maan kuukausittainen keskilämpötila, °C
$T_{maa, vuosi}$	alapohjan alapuolisen maan vuotuinen keskilämpötila, °C
$\Delta T_{maa, kuukausi}$	alapohjan alapuolisen maan kuukausittaisen keskilämpötilan ja vuotuisen keskilämpötilan ero (taulukko 3.4), °C.

Maan ja ulkoilman kuukausittaisten keskilämpötilojen ero saadaan taulukosta 3.4. Taulukon arvoja voidaan käyttää kaikille säävyöhykkeille ja maalajeille.

Taulukko 3.4. Alapohjan alapuolisen maan kuukausittaisen keskilämpötilan ja vuotuisen keskilämpötilan ero.

Kuukausi	$\Delta T_{maa, kuukausi}, °C$
Tammikuu	0
Helmikuu	-1
Maaliskuu	-2
Huhtikuu	-3
Toukokuu	-3
Kesäkuu	-2
Heinäkuu	0
Elokuu	1
Syyskuu	2
Lokakuu	3
Marraskuu	3
Joulukuu	2

Vaihtoehtoisesti kohdan 3.2.4 laskenta voidaan tehdä standardin SFS-EN ISO 13370 mukaisesti.

3.3 Vuotoilman lämpenemisen lämpöenergian tarve

3.3.1

Rakenteiden epätiiviyksien kautta tulevan vuotoilman lämpenemisen tarvitsema energia lasketaan kaavalla (3.7)

$$Q_{\text{vuotoilma}} = \rho_i c_{pi} q_{v, \text{vuotoilma}} (T_s - T_u) \Delta t / 1000 \quad (3.7)$$

jossa

$Q_{\text{vuotoilma}}$	vuotoilman lämpenemisen lämpöenergian tarve, kWh
ρ_i	ilman tiheys, 1,2 kg/m ³
c_{pi}	ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000 J/(kg K)
$q_{v, \text{vuotoilma}}$	vuotoilmavirta, m ³ /s
T_s	sisäilman lämpötila, °C
T_u	ulkoilman lämpötila, °C
Δt	ajanjakson pituus, h
1000	kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowattitunneiksi.

3.3.2

Vuotoilmavirta lasketaan kaavalla (3.8)

$$q_{v, \text{vuotoilma}} = \frac{q_{50}}{3600 \cdot x} A_{\text{vaiippa}} \quad (3.8)$$

jossa

$q_{v, \text{vuotoilma}}$	vuotoilmavirta, m ³ /s
q_{50}	rakennusvaiipan ilmanvuotoluku, m ³ /(h m ²)
A_{vaiippa}	rakennusvaiipan pinta-ala (alapohja mukaan luettuna), m ²
x	kerroin, joka on yksikerroksisille rakennuksille 35, kaksikerroksisille 24, kolmi- ja nelikerroksisille 20 ja viisikerroksisille ja sitä korkeimmille rakennuksille 15 kerroskorkeuden ollessa noin 3 m. Vain maapinnan yläpuoliset kerrokset otetaan huomioon.
3600	kerroin, joka muuttaa ilmavirran yksiköstä m ³ /h yksikköön m ³ /s.

Taulukossa 3.5 esitetään tyyppillisiä ilmanvuotoluvun arvoja eri rakennuksille.

Kun rakennuksen kerroskorkeus poikkeaa oleellisesti tavanomaisesta, kaavan (3.8) kerroin x valitaan sellaisen kerroslukumäärän mukaan, joka tavanomaisessa tilanteessa vastaa rakennuksen korkeutta. Tällaisia poikkeavan kerroskorkeuden rakennuksia voivat olla esimerkiksi korkeat varastorakennukset.

3.3.3

Rakennusvaiipan ilmanvuotoluku q_{50} voidaan laskea ilmanvuotoluvusta n_{50} kaavalla (3.9)

$$q_{50} = \frac{n_{50}}{A_{\text{vaiippa}}} V \quad (3.9)$$

jossa	
q_{50}	rakennusvaipan ilmanvuotoluku, $m^3/(h m^2)$
n_{50}	rakennuksen ilmanvuotoluku 50 Pa:n paine-erolla, 1/h
V	rakennuksen ilmatilavuus, m^3
A_{vaippa}	rakennusvaipan pinta-ala (alapohja mukaan luettuna), m^2 .

Taulukko 3.5. Tyypillisiä rakennuksen ilmanvuotolukuja (n_{50}) ja rakennusvaipan ilmanvuotolukuja (q_{50}) erilaisille rakennuksille, rakentamis- ja toteutustavasta riippuen.

Tavoite-ilmanpitävyys	Yksityiskohdat	Tyypilliset n_{50} -luvut, 1/h	Tyypilliset q_{50} -luvut, $m^3/(h m^2)$
Hyvä ilmanpitävyys	Saumojen ja liitosten ilmanpitävyyteen on kiinnitetty erityistä huomiota sekä suunnittelussa että rakennustyön toteutuksessa ja valvonnassa (erillistarkastus)	Pientalo 1,0 – 3,0	Pientalot 1,0 – 3,0
		Asuinkerrostalo ja toimistorakennus 0,5 – 1,5	Asuinkerrostalo ja toimistorakennus 1,0 – 4,0
Keskimääräinen ilmanpitävyys	Ilmanpitävyys on huomioitu tavanomaisesti sekä suunnittelussa että rakennustyön toteutuksessa ja valvonnassa	Pientalo 3,0 – 5,0	Pientalot 3,0 – 5,0
		Asuinkerrostalo ja toimistorakennus 1,5 – 3,0	Asuinkerrostalo ja toimistorakennus 4,0 – 8,0
Heikko ilmanpitävyys	Ilmanpitävyyteen ei ole juurikaan kiinnitetty huomiota suunnittelussa eikä rakennustyön toteutuksessa ja valvonnassa	Pientalo 5,0 – 10,0	Pientalot 5,0 – 10
		Asuinkerrostalo ja toimistorakennus 3,0 – 7,0	Asuinkerrostalo ja toimistorakennus 8,0 – 20,0

Vuotoilmavirta syntyy tuulen ja lämpötilaerojen synnyttämistä paine-eroista. Vuodon suuruuteen vaikuttaa rakennuksen vaipan ilmanpitävyys, rakennuksen sijainti ja korkeus, ilmanvaihtojärjestelmä ja sen käytötapa.

Vuotoilmavirta ei sisällä ilmanvaihtojärjestelmän aikaansaaman alipaineen vaikutuksesta sisään virtaavaa ilmaa (korvausilma), joka poistetaan ilmanvaihtojärjestelmän kautta. Korvausilman vaikutus otetaan huomioon alaluvussa 3.5.

Maanalaisissa kellaritiloissa ja rakennuksen keskellä olevissa tiloissa ilmavuotoja ei yleensä tarvitse ottaa huomioon.

Olemassa olevien rakennusten vuotoilmavirran suuruutta voidaan arvioida myös mittaustietojen avulla.

3.4 Ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve

3.4.1

Tässä luvussa esitetyllä menetelmällä voidaan laskea ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve vain silloin, kun on kyse järjestelmästä, jossa käytetään vakioilmavirtaa ja ilmapäästelyprosessi koostuu vain

ilman lämmityksestä. Jos ilmapuhallusprosessiin sisältyy jäädytystä ja kostutusta tai ilmastointijärjestelmä on ilmamääräsäätöinen, energiantarve on laskettava muulla menetelmällä.

Ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve eli ilmanvaihtokoneessa tapahtuva tuloilman lämmittäminen lasketaan erikseen jokaiselle ilmanvaihtokoneelle kaavalla (3.10), koska ilmanvaihtokoneessa tuloilman lämmittämiseen voidaan käyttää eri energiamuotoa kuin tilojen lämmitykseen. Lisäksi ilmanvaihtokoneen ja tilojen lämmönjakelujärjestelmien hyötysuhteet poikkeavat toisistaan. Koneellisen poiston ja painovoimaisen ilmanvaihdon järjestelmissä ilmanvaihdon lämmittäminen tapahtuu tilassa, jolloin se lasketaan alaluvun 3.5 mukaan korvausilmana.

$$Q_{iv} = t_d t_v \rho_i c_{pi} q_{v,tulo} ((T_{sp} - \Delta T_{puhallin}) - T_{lto}) \Delta t / 1000 \quad (3.10)$$

jossa

Q_{iv}	ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve, kWh
t_d	ilmanvaihtolaitoksen keskimääräinen vuorokautinen käyntiaikasuhte, h/24h
t_v	ilmanvaihtolaitoksen viikoittainen käyntiaikasuhte, vrk/7 vrk
ρ_i	ilman tiheys, 1,2 kg/m ³
c_{pi}	ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000 J/(kg K)
$q_{v,tulo}$	tuloilmavirta, m ³ /s
T_{sp}	sisäänpuhalluslämpötila, °C
$\Delta T_{puhallin}$	lämpötilan nousu puhaltimessa, °C
T_{lto}	lämmöntalteenottolaitteen jälkeinen lämpötila, °C
Δt	ajanjakson pituus, h
1000	kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowattitunneiksi.

Lämmöntalteenoton jälkeinen kuukauden keskimääräinen tuloilmalämpötila lasketaan kaavalla (3.11). Jos laskennassa saadaan kaavasta (3.10) lukuarvoksi negatiivinen, niin Q_{iv} arvona käytetään nollaa.

$$T_{lto} = T_u + \frac{\phi_{lto}}{t_d t_v \rho_i c_{pi} q_{v,tulo}} \quad (3.11)$$

jossa

T_{lto}	lämmöntalteenottolaitteen jälkeinen lämpötila, °C
T_u	ulkoilman lämpötila, °C
ϕ_{lto}	lämmöntalteenotolla talteenotettu kuukauden keskimääräinen teho, W
t_d	ilmanvaihtolaitoksen keskimääräinen vuorokautinen käyntiaikasuhte, h/24h
t_v	ilmanvaihtolaitoksen viikoittainen käyntiaikasuhte, vrk/7 vrk
ρ_i	ilman tiheys, 1,2 kg/m ³
c_{pi}	ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000 J/(kg K)
$q_{v,tulo}$	tuloilmavirta, m ³ /s.

Lämmöntalteenotolla talteenotettu teho lasketaan kaavalla (3.12)

$$\phi_{lto} = \eta_{a,ivkone} t_d t_v \rho_i c_{pi} q_{v,poisto} (T_s - T_u) \quad (3.12)$$

jossa

ϕ_{lto}	lämmöntalteenotolla talteenotettu kuukauden keskimääräinen teho, W
$\eta_{a,ivkone}$	ilmanvaihtokoneen lämmöntalteenoton poistoilman vuosihyötysuhde, -
t_d	ilmanvaihtolaitoksen keskimääräinen vuorokautinen käyntiaikasuhte, h/24h
t_v	ilmanvaihtolaitoksen viikoittainen käyntiaikasuhte, vrk/7 vrk
ρ_i	ilman tiheys, 1,2 kg/m ³

c_{pi}	ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000 J/(kg K)
$q_{v, poisto}$	poistoilmavirta, m ³ /s
T_s	sisälämpötila, °C
T_u	ulkolämpötila, °C.

Vuosihyötysuhdetta $\eta_{a, ivkone}$ voidaan käyttää kaikkina kuukausina. Jos ilmanvaihto on toteutettu sellaisella lämmöntalteenotolla, joka ei siirrä poistoilmasta talteenotettua lämpöä tuloilmaan, tai lämmöntalteenottoa ei ole, niin kaavassa (3.10) käytetään lämmöntalteenottolaitteen jälkeisenä lämpötilana (T_{lto}) ulkoilmanlämpötilaa (T_u).

Laskennassa kesä-, heinä- ja elokuussa lämmöntalteenotto ja ilmanvaihdon jälkilämmitys ovat pois käytöstä, jollei rakennuksen käyttö muuta edellytä. Näinä kuukausina tuloilman lämpötila saattaa poiketa asetusarvosta.

Tuloilman sisäänpuhalluslämpötilana tilaan voidaan käyttää 18 °C, ellei tarkempaa tietoa ole saatavilla. Lämmityspatterissa tapahtuva ilman lämpeneminen lasketaan sisäänpuhalluslämpötilaan asti. Kanavistossa tapahtuvaa lämpenemistä ei oteta laskentamenetelmässä huomioon.

Suurissa ilmanvaihtokoneissa, joiden lämmönsiirtimien lämpötilasuhteet mitataan standardin SFS-EN 308:1997 mukaisesti, otetaan puhaltimen tuloilmaan siirtämän lämmön vaikutus tuloilmavirran lämpötilaan $\Delta T_{puhallin}$ huomioon kaavalla (8.5). Mikäli laskennassa tarvittavia lähtöarvoja ei ole käytettävissä, voidaan oletuksena käyttää arvoa 0,5 °C.

Mikäli huoneistokohtaisen ilmanvaihtokoneen tuloilman lämpötilasuhte on mitattu standardin SFS-EN 13141-7 mukaisesti, puhaltimien tuloilmaa lämmittävää vaikutus sisältyy lämpötilasuhteeseen, jolloin $\Delta T_{puhallin} = 0$ °C.

Lämmöntalteenottoa säädetään yleensä siten, ettei sisäänpuhalluslämpötila ylitä haluttua asetusarvoa. Lämmöntalteenottolaitteen vuosihyötysuhdetta määrittäessä sen ilmavirtasuhte on otettava laskennassa huomioon. Lämmöntalteenottolaitteen jäätyminen esto otetaan huomioon rajoittamalla ulospuhallusilman lämpötilaa (tehonsäätö). Jäätyminen eston ulospuhallusilman minimilämpötilana voidaan käyttää seuraavia ohjeita, jos laitteesta ei ole olemassa varmennettuja suoritusarvoja:

- asuinrakennuksissa levylämmönsiirtimille +5 °C ja pyöriville lämmönsiirtimille tai kosteutta siirtäville levylämmönsiirtimille 0 °C;
- muissa rakennuksissa levylämmönsiirtimille 0 °C ja pyöriville lämmönsiirtimille –5 °C.

Ohjeita vuosihyötysuhteen määrittämiseksi eri tilanteissa esitetään ympäristöministeriön monisteessa 122.

Lämpötilasuhteena voidaan käyttää lämmöntalteenottolaitteen valmistajan ilmoittamaa varmennettua hyötysuhdetta. Ellei sitä ole käytettävissä, käytetään taulukon 3.6 arvoja.

Taulukko 3.6. Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton lämmönsiirtimen lämpötilasuhteen η_t arvoja, joita voi käyttää lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteen laskennassa.

Lämmönsiirintyyppi	Lämpötilasuhte, η_t
Nestekiertoainen lämmönsiirrin	0,40
Ristivirtalevyllämmönsiirrin	0,50
Vastavirtalevyllämmönsiirrin	0,60
Regeneratiivinen lämmönsiirrin	0,65

3.4.2

Rakennusten energiatehokkuutta koskevien määräysten vaatimuksenmukaisuuden osoittamisessa ilmanvaihdon ilmavirtana ja käyttöaikoina käytetään energiatehokkuusasetuksessa esitettyjä arvoja. Muissa tarkasteluissa voidaan käyttää niihin soveltuvia arvoja.

Rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta on säännökset uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta annetussa ympäristöministeriön asetuksessa.

3.5 Tuloilman ja korvausilman lämmitysenergian tarve

3.5.1

Tuloilman lämpeneminen tilassa lasketaan erikseen jokaiselle ilmanvaihtokoneelle kaavalla (3.13)

$$Q_{iv,tuloilma} = t_d t_v \rho_i c_{pi} q_{v,tulo} (T_s - T_{sp}) \Delta t / 1000 \quad (3.13)$$

jossa

$Q_{iv,tuloilma}$	tilassa tapahtuvan tuloilman lämpenemisen lämpöenergian tarve, kWh
t_d	ilmanvaihtolaitoksen keskimääräinen vuorokautinen käyntiaikasuhte, h/24h
t_v	ilmanvaihtolaitoksen viikoittainen käyntiaikasuhte, vrk/7 vrk
ρ_i	ilman tiheys, 1,2 kg/m ³
c_{pi}	ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000 J/(kg K)
$q_{v,tulo}$	tuloilmavirta, m ³ /s
T_s	sisälämpötila, °C
T_{sp}	sisäänpuhalluslämpötila, °C
Δt	ajanjakson pituus, h
1000	kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowattitunneiksi.

Sisäänpuhalluslämpötila riippuu ulkolämpötilasta, lämmöntalteenotosta, ilmanvaihtokoneen lämmityspatterin toiminnasta ja tuloilman lämpötilan noususta puhaltimessa.

3.5.2

Korvausilman lämpenemisen lämpöenergian tarve lasketaan kaavalla (3.14)

$$Q_{iv,korvausilma} = \rho_i c_{pi} q_{v,korvausilma} (T_s - T_u) \Delta t / 1000 \quad (3.14)$$

jossa

$Q_{iv,korvausilma}$	korvausilman lämpenemisen lämpöenergian tarve, kWh
ρ_i	ilman tiheys, 1,2 kg/m ³
c_{pi}	ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000 J/(kg K)
$q_{v,korvausilma}$	korvausilmavirta, m ³ /s
T_u	ulkoilman lämpötila, °C
T_s	sisäilman lämpötila, °C
Δt	ajanjakson pituus, h
1000	kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowattitunneiksi.

Korvausilmavirta lasketaan kaavalla (3.15)

$$q_{v,korvausilma} = \sum t_d t_v q_{v,poisto} - \sum t_d t_v q_{v,tulo} \quad (3.15)$$

jossa	
$q_{v, \text{korvausilma}}$	korvausilmavirta, m ³ /s
t_d	ilmanvaihtolaitoksen keskimääräinen vuorokautinen käyntiaikasuhde, h/24h
t_v	ilmanvaihtolaitoksen viikoittainen käyntiaikasuhde, vrk/7 vrk
$q_{v, \text{poisto}}$	poistoilmavirta, m ³ /s
$q_{v, \text{tulo}}$	tuloilmavirta, m ³ /s.

Jos tuloilmavirta on suurempi tai yhtä suuri kuin poistoilmavirta, korvausilmavirtaa ei ole.

Koneellisissa poistoilmavaihtojärjestelmissä ja painovoimaisissa ilmanvaihtojärjestelmissä kaikki tuloilma tulee tilaan korvausilmana, joka lasketaan kaavalla (3.15). Tällöin siis tuloilmavirta $q_{v, \text{tulo}}$ on nolla.

3.6 Ilmanvaihdosta talteenotettu energia

3.6.1

Ilmanvaihdosta talteenotettu energia voidaan laskea kaavalla (3.16)

$$Q_{lto} = \sum t_d t_v \rho_i c_{pi} q_{v, \text{tulo}} (T_{lto} - T_u) \Delta t / 1000 \quad (3.16)$$

jossa	
Q_{lto}	ilmanvaihdosta talteenotettu energia, kWh
t_d	ilmanvaihtolaitoksen keskimääräinen vuorokautinen käyntiaikasuhde, h/24h
t_v	ilmanvaihtolaitoksen viikoittainen käyntiaikasuhde, vrk/7 vrk
ρ_i	ilman tiheys, 1,2 kg/m ³
c_{pi}	ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000 J/(kg K)
$q_{v, \text{tulo}}$	tuloilmavirta, m ³ /s
T_{lto}	lämmöntalteenottolaitteen jälkeinen lämpötila, °C
T_u	ulkolämpötila, °C
Δt	ajanjakson pituus, hSPF
1000	kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowattitunneiksi.

3.7 Lämpimän käyttöveden lämmitysenergian nettotarve

3.7.1

Lämpimän käyttöveden lämmitysenergian nettotarve lasketaan kaavan (3.17) avulla

$$Q_{lkv, \text{netto}} = \rho_v c_{pv} V_{lkv} (T_{lkv} - T_{kv}) / 3600 \quad (3.17)$$

jossa	
$Q_{lkv, \text{netto}}$	lämpimän käyttöveden lämpöenergian nettotarve, kWh
ρ_v	veden tiheys, 1000 kg/m ³
c_{pv}	veden ominaislämpökapasiteetti, 4,2 kJ/(kg K)
V_{lkv}	lämpimän käyttöveden kulutus, m ³
T_{lkv}	lämpimän käyttöveden lämpötila, °C
T_{kv}	kylmän käyttöveden lämpötila, °C
3600	kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowattitunneiksi, s/h

Nettotarve sisältää kulutetun lämpimän käyttöveden lämmittämisen kylmän veden lämpötilasta lämpimän veden lämpötilaan ilman mahdollista lämmityslaitteen, varaajan tai putkiston lämpöhäviöenergiaa.

Ellei perustelluista syistä ole tarvetta käyttää muita arvoja, käytetään lämpimän ja kylmän veden lämpötilaerona ($T_{lkv} - T_{kv}$) arvoa 50 °C.

3.7.2

Rakennusten energiatehokkuutta koskevien määräysten vaatimuksenmukaisuuden osoittamisessa käytetään energiatehokkuusasetuksessa esitettyjä arvoja. Muissa tarkasteluissa voidaan käyttää myös muita arvoja. Lämpimän käyttöveden kulutus V_{lkv} voidaan laskea henkeä kohti lasketusta ominaiskulutuksesta kaavalla (3.18) avulla tai pinta-alaa kohti lasketusta ominaiskulutuksesta kaavalla (3.19)

$$V_{lkv} = n V_{lkv, omin, henk} \Delta t / 1000 \quad (3.18)$$

$$V_{lkv} = V_{lkv, omin} A_{netto} \Delta t / 365 \quad (3.19)$$

joissa

V_{lkv}	lämpimän käyttöveden kulutus, m ³
n	henkilöiden lukumäärä, -
$V_{lkv, omin, henk}$	lämpimän käyttöveden ominaiskulutus, dm ³ henkilöä kohti vuorokaudessa
Δt	ajanjakson pituus, vuorokautta
1000	kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kuutiometreiksi, dm ³ /m ³
$V_{lkv, omin}$	lämpimän käyttöveden ominaiskulutus, m ³ /m ² vuodessa
A_{netto}	rakennuksen lämmitetty nettoala, m ²
365	kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos vuosikulutuksesta vuorokausikulutukseksi, vuorokautta/a.

Asuinrakennuksissa käytetään ensisijaisesti henkilöperusteisia arvoja, muissa rakennuksissa pinta-alaperusteisia arvoja. Jos asuinrakennuksessa on huoneistokohtainen mittaus ja laskutus, henkilöperustaisena arvona voidaan käyttää 50 dm³/henkilö vuorokaudessa ja muissa tapauksissa 60 dm³/henkilö vuorokaudessa

Jos laskelmien lähtötietona on käyttöveden kokonaiskulutus, asuinrakennuksissa voidaan käyttää lämpimän käyttöveden osuutena 40 % kokonaiskulutuksesta.

4. LAITTEIDEN JA VALAISTUKSEN SÄHKÖNKULUTUS

Tässä luvussa lasketaan

4.1 Laitteiden sähköenergian kulutus

4.2 Valaistuksen sähköenergian kulutus

Laskennan lähtötietona tarvitaan vähintään

Rakennustyyppi

Rakennuksen pinta-ala

4.1 Laitteiden sähköenergian kulutus

4.1.1

Rakennuksen laitteiden sähköenergiankulutus on laitesähkön yhteenlaskettu kulutus lukuun ottamatta valaistusjärjestelmän, ilmanvaihtojärjestelmän sekä lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmien sähkönkäyttöä.

Rakennusten energiatehokkuutta koskevien määräysten vaatimuksenmukaisuuden osoittamisessa käytetään energiatehokkuusasetuksessa kuluttajalaitteille esitettyjä arvoja. Muissa tarkasteluissa laitteiden sähköenergiankulutus voidaan myös määrittää asuinrakennuksille taulukon 4.1 ja toimistorakennuksille taulukon 4.2 ominaissähkökulutusten perusteella. Taulukoissa on esitetty muitakin laitteita kuin kuluttajalaitteita.

Taulukko 4.1. Asuinrakennusten tyypillisiä laiteryhmäkohtaisia sähköenergian vuotuisia ominaiskulutuksia.

Laiteryhmä	Asuinkerrostalon kulutus	Pientalon kulutus	Yksikkö
Talosauna	410	-	kWh/asunto
Talopesula	67	-	kWh/asunto
Hissi	23	-	kWh/asukas
Autopaikat	150	150	kWh/paikka
Pihavalaistus	2	2	kWh/m ²
Liesi	340	520	kWh/kpl
Mikroaaltouuni	50	55	kWh/kpl
Kahvinkeitin	70	70	kWh/kpl
Astianpesukone	170	250	kWh/kpl
Jääkaappi	270	270	kWh/kpl
Jääkaappi-pakastin	740	740	kWh/kpl
Jää-viileäkaappi	330	330	kWh/kpl
Kaappipakastin	380	380	kWh/kpl
Pyykinpesukone	130	240	kWh/kpl
Kuivausrumpu	300	300	kWh/kpl
TV	200	200	kWh/kpl
Video	95	95	kWh/kpl
PC	80	80	kWh/kpl
Huoneistos sauna	8	8	kWh/lämmityskerta

Taulukko 4.2. Toimistorakennuksen tyypillisiä laiteryhmäkohtaisia sähköenergian vuotuisia ominaiskuluksia.

Laiteryhmä	Ominaiskulutus	Yksikkö
Ruokala	0,75	kWh/annos
Edustussauna	20	kWh/kerta
Hissi	2000	kWh/(8 henkilön hissi)
Autopaikat	150	kWh/paikka
Pihavalaistus	2	kWh/m ²
Kannettava PC	24	kWh/kpl
PC:t + näyttö	430	kWh/kpl
Kopiokoneet	1700	kWh/kpl
Laserkirjoittimet	400	kWh/kpl

4.2 Valaistuksen sähköenergian kulutus

4.2.1

Rakennusten energiatehokkuutta koskevien määräysten vaatimuksenmukaisuuden osoittamisessa käytetään energiatehokkuusasetuksessa valaistukselle esitettyjä arvoja.

4.2.2

Mikäli valaistusjärjestelmä tunnetaan tarkemmin, valaistuksen sähkönkulutus voidaan laskea tilakohtaisesti valaistustarpeen ja valaisinratkaisun perusteella.

4.2.3

Valaistuksen sähköenergian kulutus voidaan laskea kaavalla (4.1)

$$W_{\text{valaistus}} = \sum f P_{\text{valaistus}} A_{\text{huone}} \Delta t / 1000 \quad (4.1)$$

jossa

$W_{\text{valaistus}}$	valaistuksen sähköenergian kulutus, kWh
f	valaistuksen ohjaustavasta riippuvia ohjaukertoimia:
	– läsnäolotunnistin ja päivänvalosäädin 0,70
	– päivänvalosäädin 0,80
	– läsnäolotunnistin 0,75
	– huonekohtainen kytkin 0,90
	– huonekohtainen kytkin, erillinen ikkunaseinälle 0,90
	– keskitetty päälle / pois 1,00
$P_{\text{valaistus}}$	valaistavan tilan valaistuksen kokonaissähköteho huonepinta-alaa kohti, W/hum ²
A_{huone}	valaistavan tilan huonepinta-ala, hum ²
Δt	valaistuksen käyttöaika, h

Vaatimustenmukaisuuden laskennassa kerroin f on määriteltävä erillistarkastelulla siihen soveltuvalla menetelmällä. Rakennuksen valaistuksen tyypillisiä käyttöaikoja Δt rakennustyypeittäin annetaan taulukossa 4.3.

Taulukko 4.3. Rakennuksen valaistuksen tyypillisiä käyttöaikoja Δt rakennustyypeittäin.

Rakennustyyppi	Tuntia vuodessa
Asuinkerrostalo	550
Rivitalo	550
Pientalo	550
Toimistorakennus	2500
Opetusrakennus	1900
Liikerakennus	4000
Hotelli	5000
Ravintola	3500
Liikuntarakennus	5000
Sairaala	5000
Muut rakennukset	2 500

4.2.4

Rakennuksen sisävalaistuksen energiankulutuksen laskeminen voidaan suorittaa myös numeerisen valaistuksen energiatehokkuusindikaattorin eli LENI-luvun avulla. LENI-luku (Lighting Energy Numeric Indicator) kuvaa rakennuksen vuotuista valaistusenergiantarvetta, joka ilmoitetaan yksikössä kilowattituntia neliometriä kohden vuodessa (kWh/(m² a)). LENI-luku huomioi laskennassa valaistuksen asennustehon lisäksi valaistuksen ohjauksen ja lepokulutuksen vaikutuksen valaistuksen energiankulutukseen.

Valaistuksen sähköenergian kulutus voidaan laskea LENI-luvun avulla kaavalla (4.2)

$$W_{\text{valaistus}} = \text{LENI} A_{\text{netto}} \quad (4.2)$$

jossa

$W_{\text{valaistus}}$	valaistuksen sähköenergian kulutus, kWh
LENI	LENI-luku, kWh/(m ² a)
A_{netto}	lämmitetty nettoala, m ²

5.

LÄMPÖKUORMAT

Tässä luvussa lasketaan

- 5.1 Lämpökuorma henkilöistä
- 5.2 Lämpökuorma valaistuksesta ja sähkölaitteista
- 5.3 Ikkunoiden kautta rakennukseen tuleva auringon säteilyenergia
- 5.4 Lämpimän käyttöveden kierron ja varastoinnin aiheuttama lämpökuorma
- 5.5 Lämpökuormista hyödynnettävä lämpöenergia

Laskelmien lähtötietoina tarvitaan vähintään

- Rakennuksessa olevien henkilöiden lukumäärä
- Valaistuksen ja kuluttajalaitteiden sähköenergian kulutus
- Ikkunoiden pinta-alat ilmansuunnittain sekä ikkunoiden auringon säteilyn läpäisykerroin
- Lämpimän käyttöveden kierron ja varastoinnin häviöt
- Rakennuksen tilojen lämpöhäviöt (luku 3)

5.1 Lämpökuorma henkilöistä

5.1.1

Rakennusten energiatehokkuutta koskevien määräysten vaatimuksenmukaisuuden osoittamisessa henkilöiden lämpökuormina käytetään energiatehokkuusasetuksessa annettuja kuivan lämmönluovutuksen taulukkoarvoja.

5.1.2

Muissa tarkasteluissa kuin vaatimuksenmukaisuuden osoittamisessa henkilöiden luovuttama lämpöenergia voidaan laskea kaavalla (5.1)

$$Q_{\text{henk}} = k n \phi_{\text{henk}} \Delta t_{\text{oleskelu}} / 1000 \quad (5.1)$$

jossa

Q_{henk}	henkilöiden luovuttama lämpöenergia, kWh
k	rakennuksen käytönaikainen käyttöaste, joka kuvaa ihmisten keskimääräistä läsnäoloa rakennuksessa, -
n	henkilöiden lukumäärä, -
ϕ_{henk}	yhden henkilön luovuttama keskimääräinen lämpöteho (ei sisällä haihtumislämpöä), W/henkilö
$\Delta t_{\text{oleskelu}}$	oleskeluaika, h
1000	kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowattitunneiksi.

5.1.3

Yhden henkilön luovuttamana keskimääräisenä kuivana lämpötehona voidaan käyttää arvoa 85 W.

5.1.4

Oleskeluaika voidaan laskea kaavalla (5.2)

$$\Delta t_{oleskelu} = \sum t_d t_v \Delta t \quad (5.2)$$

jossa

$\Delta t_{oleskelu}$	oleskeluaika, h
t_d	rakennuksen keskimääräinen vuorokautinen käyttöaikasuhte, h/24 h
t_v	rakennuksen keskimääräinen viikoittainen käyttöaikasuhte, vrk/7 vrk
Δt	laskentajakson pituus, h.

5.2 Lämpökuorma valaistuksesta ja sähkölaitteista

5.2.1

Rakennusten energiatehokkuutta koskevien määräysten vaatimuksenmukaisuuden osoittamisessa valaistuksen ja laitteiden lämpökuormina käytetään energiatehokkuusasetuksessa esitettyjä valaistuksen ja kuluttajalaitteiden arvoja. Muissa tarkasteluissa voidaan käyttää myös muita arvoja. Valaistuksen ja laitteiden sähkönkulutus tulee kokonaisuudessaan lämpökuormaksi rakennukseen.

5.2.2

Rakennuksen valaistuksesta ja muista sähkölaitteista rakennuksen sisälle tuleva lämpökuorma lasketaan kaavalla (5.3)

$$Q_{säh} = W_{valaistus} + W_{kuluttajalaitteet} \quad (5.3)$$

jossa

$Q_{säh}$	valaistuksesta ja sähkölaitteista rakennuksen sisälle tuleva lämpökuorma, kWh
$W_{valaistus}$	valaistusjärjestelmän sähköenergian kulutus, kWh
$W_{kuluttajalaitteet}$	kuluttajalaitteiden sähköenergian kulutus, kWh.

5.3 Ikkunoiden kautta rakennukseen tuleva auringon säteilyenergia

5.3.1

Ikkunoiden kautta rakennukseen tuleva auringon säteilyenergia (Q_{aur}) lasketaan kaavalla (5.4). Säteilyenergia sisältää sekä ikkunoista suoraan rakennuksen sisälle tulevan että välillisesti ikkunaan absorboituneena lämpönä sisälle rakennukseen tulevan energian.

$$Q_{aur} = \sum G_{säteily,vaakapinta} F_{suunta} F_{läpäisy} A_{ikk} g = \sum G_{säteily,pystypinta} F_{läpäisy} A_{ikk} g \quad (5.4)$$

jossa

Q_{aur}	ikkunoiden kautta rakennukseen tuleva auringon säteilyenergia, kWh/kk
$G_{säteily, vaakapinta}$	vaakatasolle tuleva auringon kokonaissäteilyenergia pinta-alan yksikköä kohti, kWh/(m ² kk)
$G_{säteily, pystypinta}$	pystypinnalle tuleva auringon kokonaissäteilyenergia pinta-alan yksikköä kohti, kWh/(m ² kk)
F_{suunta}	muuntokerroin, jolla vaakatasolle tuleva auringon kokonaissäteilyenergia muunnetaan ilmansuunnittain pystypinnalle tulevaksi kokonaissäteilyenergiaksi, -
$F_{läpäisy}$	säteilyn läpäisyn kokonaiskorjauskerroin, -
A_{ikk}	ikkuna-aukon pinta-ala (kehys- ja karmirakenteineen), m ²
g	ikkunan valoaukon auringon kokonaissäteilyn läpäisykerroin, -.

Auringon kokonaissäteilyenergiat ($G_{\text{säteily, vaakapinta}}$ ja $G_{\text{säteily, pystypinta}}$) ja säteilyenergian muuntokertoimet (F_{suunta}) ilmansuunnittain ja kuukausittain eri säävyöhykkeille esitetään energiatehokkuusasetuksessa.

Lämmityksessä hyödynnettävä, ikkunoiden kautta rakennukseen tuleva auringon säteilyenergia riippuu ikkunoiden pinta-alasta ja suuntauksesta, ikkunoiden puitteista, lasitusten ominaisuuksista ja verhoista, luukuista ja muista suojarakenteista sekä ulkopuolisista varjostuksista kuten muista rakennuksista ja kasvillisuudesta.

Mikäli ikkunan valoaukon auringon kokonaissäteilyn läpäisykerrointa (g) ei tunneta, se lasketaan kaavalla (5.5)

$$g = 0,9 g_{\text{kohtisuora}} \quad (5.5)$$

jossa

g ikkunan valoaukon auringon kokonaissäteilyn läpäisykerroin, -
 $g_{\text{kohtisuora}}$ ikkunan valoaukon kohtisuoran auringonsäteilyn kokonaisläpäisykerroin, -.

Taulukossa 5.1 luetellaan ikkunan valoaukon kohtisuoran auringonsäteilyn kokonaisläpäisykerroimia $g_{\text{kohtisuora}}$ erilaisille ikkunatyypeille.

Taulukko 5.1. Ikkunan valoaukon kohtisuora auringonsäteilyn kokonaisläpäisykerroin $g_{\text{kohtisuora}}$.

Lasitus	$g_{\text{kohtisuora}}$
Yksinkertainen lasitus	0,85
Kaksinkertainen lasitus	0,75
Yksipuitteinen, kolmilasinen ikkuna	0,70
Eristyslasi + erillislasi	0,65
Eristyslasi, matalaemissiviteettipinnoite + erillislasi	0,55

5.3.2

Säteilyn läpäisyn kokonaiskorjauskerroin lasketaan kaavalla (5.6)

$$F_{\text{läpäisy}} = F_{\text{kehä}} F_{\text{verho}} F_{\text{varjostus}} \quad (5.6)$$

jossa

$F_{\text{läpäisy}}$ säteilyn läpäisyn kokonaiskorjauskerroin, -
 $F_{\text{kehä}}$ kehäkerroin, -
 F_{verho} verho kerroin, -
 $F_{\text{varjostus}}$ varjostusten korjauskerroin, -.

Auringonsäteilyn läpäisyn kokonaiskorjauskertoimelle voidaan käyttää arvoa $F_{\text{läpäisy}} = 0,75$, jos varjostuksia ja pysyviä verhoja ei ole.

5.3.3

Kehäkerroin $F_{\text{kehä}}$, joka on valoaukon pinta-alan ja ikkuna-aukon pinta-alan suhde, lasketaan kaavalla (5.7)

$$F_{\text{kehä}} = \frac{A_{\text{ikk, valoaukko}}}{A_{\text{ikk}}} \quad (5.7)$$

jossa

$F_{\text{kehä}}$ kehäkerroin, -
 $A_{\text{ikk, valoaukko}}$ ikkunan valoaukon pinta-ala, m²
 A_{ikk} ikkuna-aukon pinta-ala (kehys- ja karmirakenteineen), m².

Kehäkertoimena voidaan käyttää arvoa $F_{kehä} = 0,75$, jos tarkempaa arvoa ei ole käytettävissä.

5.3.4

Taulukossa 5.2 esitetään tyypillisiä verho kertoimen F_{verho} arvoja.

Taulukko 5.2. Verhokertoimia F_{verho} auringonsuojille.

Auringonsuojaratkaisu	Verhokerroin
Ei verhoa	1,00
Verhot	0,75
Valkoiset sälekaihtimet lasien välissä	0,30
Valkoiset sälekaihtimet sisäpuolella	0,60
Ikkunaluukut (säleikkö) ulkopuolella	0,30

5.3.5

Ikkunan varjostusten korjauskerroin saadaan laskemalla kolmen varjostuskertoimen tulo kaavalla (5.8)

$$F_{varjostus} = F_{ympäristö} F_{ylävarjostus} F_{sivuvarjostus} \quad (5.8)$$

jossa

$F_{varjostus}$	varjostusten korjauskerroin, -
$F_{ympäristö}$	ympäristön horisontaalisten varjostusten korjauskerroin (esimerkiksi maasto, ympäröivät rakennukset ja puut), -, (taulukko 5.3)
$F_{ylävarjostus}$	ikkunan yläpuolisten vaakasuorien rakenteiden varjostusten korjauskerroin, -, (taulukko 5.4)
$F_{sivuvarjostus}$	ikkunan sivuilla olevien pystysuorien rakenteiden varjostusten korjauskerroin, -, (taulukko 5.5).

Taulukoissa 5.3–5.5 annetaan arvoja varjostusten korjauskertoimille. Varjostuskulmat määritetään ikkunan keskipisteestä varjostavaan rakenteeseen. Väliarvot ja väli-ilmansuunnat voidaan määrittää interpoloimalla. Taulukkojen arvoja voidaan käyttää kaikilla energiatehokkuusasetuksen liitteen 1 mukaisilla säävyöhykkeillä tarkempien tietojen puuttuessa. Taulukkojen 5.4 ja 5.5 arvoja voidaan käyttää lämmityskaudella. Varjostuskulmien määritelmät esitetään kuvassa 5.1.

Taulukko 5.3 Ympäristön varjostuksen korjauskertoimet $F_{ympäristö}$, kun varjostuskulma (φ) on 45° tai 15° . Kun varjostuskulma on 0° , kerroin on aina 1,0. Väliarvot ovat jakautuneet tasavälein.

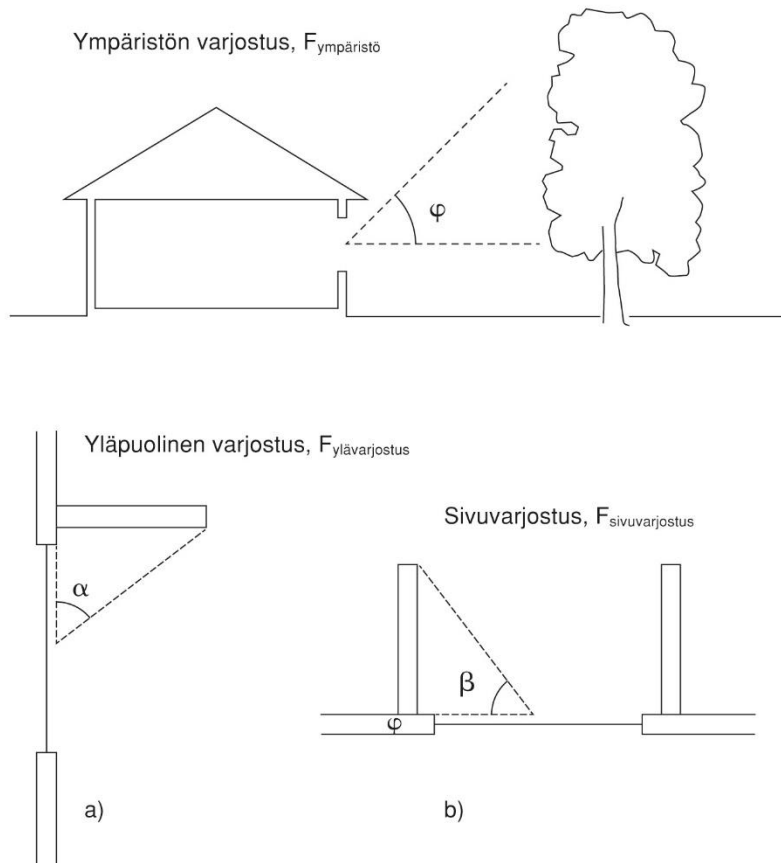
	Ikkunan ilmansuunta							
	Pohjoinen		Itä ja Länsi				Etelä	
	45°	15°	45°	15°	45°	15°	45°	15°
Tammikuu	0,95	0,98	0,60	0,86	0,25	0,75	0,25	0,75
Helmikuu	0,90	0,96	0,50	0,83	0,30	0,76	0,30	0,76
Maaliskuu	0,90	0,96	0,50	0,83	0,40	0,80	0,40	0,80
Huhtikuu	0,80	0,93	0,50	0,83	0,50	0,83	0,50	0,83
Toukokuu	0,80	0,93	0,55	0,85	0,70	0,90	0,70	0,90
Kesäkuu	0,60	0,86	0,50	0,83	0,75	0,91	0,75	0,91
Heinäkuu	0,70	0,90	0,55	0,85	0,75	0,91	0,75	0,91
Elokuu	0,65	0,88	0,40	0,80	0,40	0,80	0,40	0,80
Syyskuu	0,85	0,95	0,50	0,83	0,45	0,81	0,45	0,81
Lokakuu	0,90	0,96	0,55	0,85	0,30	0,76	0,30	0,76
Marraskuu	0,90	0,96	0,60	0,86	0,20	0,73	0,20	0,73
Joulukuu	0,95	0,98	0,80	0,93	0,20	0,73	0,20	0,73

Taulukko 5.4. Yläpuolisen varjostuksen korjauskertoimet lämmityskaudelle $F_{ylävarjostus}$.

Kulma (α)	Ikkunan ilmansuunta		
	Pohjoinen	Itä ja Länsi	Etelä
0°	1,00	1,00	1,00
10°	0,97	0,98	0,99
20°	0,93	0,95	0,97
30°	0,90	0,92	0,95
40°	0,87	0,88	0,92
45°	0,80	0,81	0,85
60°	0,66	0,65	0,66

Taulukko 5.5. Sivubarjostuksen korjauskertoimet lämmityskaudelle $F_{sivubarjostus}$.

Kulma (β)	Ikkunan ilmansuunta		
	Pohjoinen	Itä ja Länsi	Etelä
0°	1,00	1,00	1,00
10°	0,99	0,97	0,98
20°	0,99	0,94	0,96
30°	0,98	0,90	0,94
40°	0,98	0,87	0,91
45°	0,98	0,82	0,85
60°	0,98	0,73	0,73



Kuva 5.1. Varjostuskulmien määritelmät.

5.4 Lämpimän käyttöveden kierron ja varastoinnin aiheuttama lämpökuorma

5.4.1

Lämpimän käyttöveden kierron ja varastoinnin häviöt lasketaan luvun 6 mukaan. Mikäli lämpimän käyttöveden kiertojohto tai varastointi sijaitsee rakennuksen vaipan sisäpuolella, näistä häviöistä lämpökuormaksi tuleva osuus ($Q_{lkv, kierto, kuorma}$ ja $Q_{lkv, varastointi, kuorma}$) on määrätty energiatehokkuusasetuksessa.

5.5 Lämpökuormista hyödynnettävä lämpöenergia

5.5.1

Rakennukseen tulee lämpökuormia etenkin valaistuksesta, laitteista ja ihmisistä sekä ikkunoista sisään tulevasta auringon säteilyenergiasta, jotka voidaan osittain hyödyntää rakennuksen lämmityksessä. Lämpökuorma voidaan hyödyntää vain sillä edellytyksellä, että samanaikaisesti esiintyy lämmitystarvetta ja että säätölaitteet vähentävät muun lämmön tuottoa vastaavalla määrällä. Rakennuksen lämpökuorma lasketaan kaavalla (5.9)

$$Q_{\text{lämpökuorma}} = Q_{\text{henk}} + Q_{\text{säh}} + Q_{\text{aur}} + Q_{\text{lkv, kierto, kuorma}} + Q_{\text{lkv, varastointi, kuorma}} \quad (5.9)$$

jossa

$Q_{\text{lämpökuorma}}$	rakennuksen lämpökuorma, kWh
Q_{henk}	henkilöiden luovuttama lämpöenergia, kWh
$Q_{\text{säh}}$	valaistuksesta ja sähkölaitteista rakennuksen sisälle tuleva lämpökuorma, kWh
Q_{aur}	ikkunoiden kautta rakennukseen tuleva auringon säteilyenergia, kWh.
$Q_{\text{lkv, kierto, kuorma}}$	lämpimän käyttöveden kiertojohtojen lämpöhäviöstä lämpökuormaksi tuleva osuus, kWh
$Q_{\text{lkv, varastointi, kuorma}}$	lämpimän käyttöveden varastoinnin lämpöhäviöstä lämpökuormaksi tuleva osuus, kWh.

Lämpökuormien energia, joka hyödynnetään lämmityksessä, lasketaan kaavalla (5.10)

$$Q_{\text{sis. lämpö}} = \eta_{\text{lämpö}} Q_{\text{lämpökuorma}} \quad (5.10)$$

jossa

$Q_{\text{sis. lämpö}}$	lämpökuormat, jotka hyödynnetään lämmityksessä, kWh
$\eta_{\text{lämpö}}$	lämpökuormien kuukausittainen hyödyntämistä, -
$Q_{\text{lämpökuorma}}$	rakennuksen lämpökuorma eli muun kuin säätölaitteilla ohjatun lämmityksen kautta rakennuksen sisälle vapautuva lämpöenergia, kWh.

Hyödynnettävä energiaosuus lasketaan kuukausittain.

5.5.2

Lämpökuormien hyödyntämistä ($\eta_{\text{lämpö}}$) riippuu lämpökuorman ($Q_{\text{lämpökuorma}}$) ja lämpöhäviön (Q_{tila}) suhteesta (γ) sekä rakennuksen aikavakiosta (τ), joka on rakennuksen (tilan) sisäpuolisen tehollisen lämpökapasiteetin (C_{rak}) suhde ominaislämpöhäviöön (H_{tila}).

Rakennuksen eristeen sisäpuolinen lämpökapasiteetti vaikuttaa lämmön varastoitumiseen rakenteisiin ja vaikuttaa siten lämmitys- ja jäähditysenergian kulutukseen sekä sisälämpötiloihin. Suhteellinen, rakennuksen koosta riippumaton, lämpökapasiteettia kuvaava suure on rakennuksen aikavakio, joka on lämpökapasiteetin suhde ominaislämpöhäviöön. Rakennusten aikavakioiden suuruusluokka on noin 1–7 vuoro-

kautta. Rakennuksen lämpökapasiteetti on vakio, mutta ominaislämpöhäviö riippuu muun muassa ilmanvaihdon ilmavirrasta ja on siten muuttuva.

Lämpökuormien kuukausittainen hyödyntämisaste lasketaan perustapauksessa kaavalla (5.11)

$$\eta_{\text{lämpö}} = \frac{1 - \gamma^a}{1 - \gamma^{a+1}} \quad (5.11)$$

Sellaisessa erikoistapauksessa, jossa lämpökuorman suhde lämpöhäviöön $\gamma = 1$, hyödyntämisaste lasketaan kaavalla (5.12)

$$\eta_{\text{lämpö}} = \frac{a}{a + 1} \quad (5.12)$$

Kaavoissa (5.11) ja (5.12) esiintyvä a on numeerinen parametri, joka riippuu aikavakiosta τ . Se lasketaan kaavalla (5.13)

$$a = 1 + \frac{\tau}{15} \quad (5.13)$$

Suhdeluku γ lasketaan kaavalla (5.14)

$$\gamma = \frac{Q_{\text{lämpökuorma}}}{Q_{\text{tila}}} \quad (5.14)$$

joissa

$\eta_{\text{lämpö}}$	lämpökuormien kuukausittainen hyödyntämisaste, -
γ	lämpökuorman suhde lämpöhäviöön, -
a	numeerinen parametri, -
$Q_{\text{lämpökuorma}}$	rakennuksen lämpökuorma, kWh
Q_{tila}	rakennuksen tilojen lämmitysenergian tarve, kWh.

Rakennuksen aikavakio lasketaan kaavalla (5.15)

$$\tau = \frac{C_{\text{rak}}}{H_{\text{tila}}} \quad (5.15)$$

jossa

τ	rakennuksen aikavakio, h
C_{rak}	rakennuksen sisäpuolinen tehollinen lämpökapasiteetti, Wh/K, (taulukko 5.6)
H_{tila}	rakennuksen tilojen ominaislämpöhäviö (johtumisen, vuotoilman, korvausilman ja tuloilman tilassa tapahtuvan lämpenemisen yhteenlaskettu ominaishäviö), W/K.

Rakennuksen tilojen ominaislämpöhäviö lasketaan kaavalla (5.16)

$$H_{\text{tila}} = \frac{Q_{\text{tila}}}{(T_s - T_u) \Delta t} 1000 \quad (5.16)$$

jossa

H_{tila}	rakennuksen tilojen ominaislämpöväli, W/K
Q_{tila}	rakennuksen tilojen lämmitysenergian tarve, kWh
T_s	sisäilman lämpötila, °C
T_u	ulkoilman lämpötila, °C
Δt	ajanjakson pituus, h
1000	kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos wateiksi.

5.5.3

Rakennuksen sisäpuolinen tehollinen lämpökapasiteetti C_{rak} voidaan laskea esimerkiksi standardien SFS-EN ISO 13786 tai SFS-EN ISO 13790 mukaan. Rakennuksen sisäpuolisen tehollisen lämpökapasiteetin C_{rak} arvona voidaan käyttää taulukon 5.6 ominaisarvoja ($C_{\text{rak, omin}}$) kerrottuna lämmitetyllä nettopinta-alalla, ellei tarkempaa tietoa ole käytettävissä. Jos rakennuksen eri osissa on lämpökapasiteetiltaan erilaisia rakennetyyppejä, voidaan käyttää näiden osien pinta-aloilla painotettua lämpökapasiteetin keskiarvoa.

Taulukko 5.6. Rakennuksen sisäpuolisen tehollisen lämpökapasiteetin $C_{\text{rak, omin}}$ ominaisarvoja eri rakennustyypeissä kalusteineen.

Rakennetyyppi	Esimerkkirakenteita (US on ulkoseinä, VS väliseinä, VP välipohja, YP yläpohja ja AP on alapohja)	$C_{\text{rak, omin}}$, Wh/(m ² K)
Pientalot		
Kevytrakenteinen	US, VS, YP, AP kevyitä rankarakenteita	40
Keskiraskas I	US, VS, YP kevyitä rankarakenteita, AP betoni	70
Keskiraskas II	US harkko tai massiivihirsi, VS, YP kevyitä rankarakenteita, AP betoni	110
Raskasrakenteinen	US betoni tai tiili, VS harkko tai tiili, YP, AP betoni	200
Asuinkerrostalot		
Kevytrakenteinen	US, VS, VP kevyitä rankarakenteita, AP betoni	40
Keskiraskas	US kevyitä rankarakenteita, VS kevyitä rankarakenteita tai betoni, VP betoni, AP betoni	160
Raskasrakenteinen	US betoni, VS harkko tai betoni, VP betoni, AP betoni	220
Toimistorakennukset		
Kevytrakenteinen	US, VS, VP kevyitä rankarakenteita, AP betoni	70
Keskiraskas	US kevyitä rankarakenteita, VS kevyitä rankarakenteita tai betoni, VP betoni, AP betoni	110
Raskasrakenteinen	US betoni, VS harkko tai betoni, VP betoni, AP betoni	160
Muut rakennukset		
Sovelletaan taulukon arvoja tai tehollinen lämpökapasiteetti lasketaan esimerkiksi standardien SFS-EN ISO 13786 tai SFS-EN ISO 13790 mukaan.		

6. LÄMMITYSJÄRJESTELMÄN ENERGIANTARVE

Tässä luvussa lasketaan

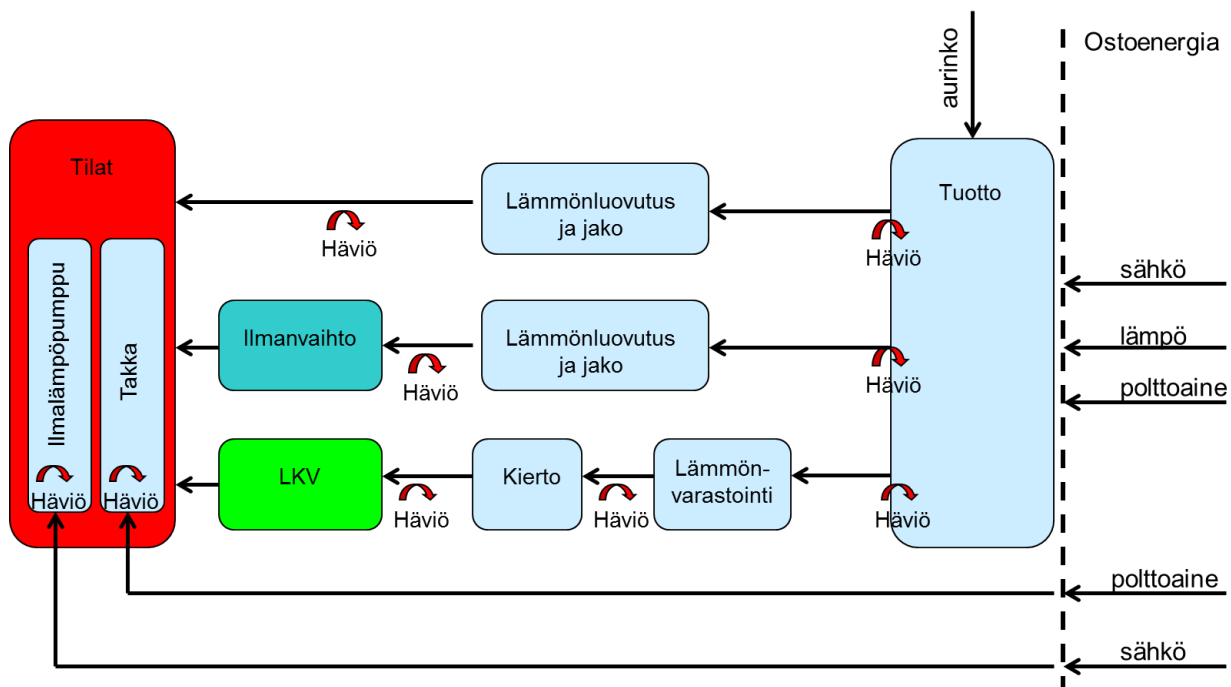
- 6.2 Tilojen ja ilmanvaihdon lämmönjakelujärjestelmän lämpöenergian tarve
- 6.3 Lämpimän käyttöveden lämpöenergian tarve

Laskelmien lähtötietoina tarvitaan vähintään

- Tilojen lämmitysenergian nettotarve
- Ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve
- Lämpimän käyttöveden lämmitysenergian nettotarve

6.1 Yleistä

Lämmitysjärjestelmän energiankulutus (ks. luku 7) lasketaan tilojen, ilmanvaihdon ja lämpimän käyttöveden lämmitysenergian nettotarpeista ottamalla huomioon lämmönluovutuksen, lämmönjaon ja lämmön varastoinnin häviöt sekä lämmöntuoton vaikutus. Häviöt otetaan huomioon seuraavassa esitettyjen hyötysuhteiden avulla. Lämmitysenergian tuoton vaikutus lämmitysjärjestelmän energiakulutukseen lasketaan hyötysuhteen tai lämpökertoimen avulla. Tässä esitettyjen hyötysuhteiden ja lämpökertoimien avulla tehtävä laskenta tapahtuu vuositasolla. Kuvassa 6.1. on esitetty lämmitysjärjestelmälaskennan periaate.



Kuva 6.1. Lämmitysjärjestelmälaskennan periaate.

6.2 Tilojen ja ilmanvaihdon lämmönjakelujärjestelmän lämpöenergian tarve

6.2.1

Tilojen lämmityksen lämpöenergian tarve ($Q_{\text{lämmitys, tilat}}$) lasketaan lämmönjakojärjestelmittäin kaavalla (6.17). Jos tilan nettolämmitystarve katetaan useammalla lämmönjakojärjestelmällä, järjestelmät tulee laskea erikseen niin, että tilan lämmitysenergian nettotarpeena käytetään laskettavan järjestelmän kattamaa osuutta.

$$Q_{\text{lämmitys,tilat}} = \frac{Q_{\text{lämmitys,tilat,netto}}}{\eta_{\text{lämmitys,tilat}}} + Q_{\text{jakelu,ulos}} + Q_{\text{varastointi,ulos}} \quad (6.17)$$

jossa

$Q_{\text{lämmitys, tilat}}$	tilojen lämmityksen lämpöenergian tarve, joka katetaan laskettavalla lämmön jakelujärjestelmällä, kWh/a
$Q_{\text{lämmitys, tilat, netto}}$	tilojen lämmitysenergian nettotarve, joka katetaan laskettavalla lämmön jakelujärjestelmällä, kWh/a
$Q_{\text{jakelu, ulos}}$	lämmön jakelujärjestelmän lämpöhäviö lämmittämättömään tilaan, kWh/a
$Q_{\text{varastointi, ulos}}$	laskettavan lämmön jakelujärjestelmän varastoinnin lämpöhäviö, kWh/a
$\eta_{\text{lämmitys, tilat}}$	laskettavan lämmön jakelujärjestelmän hyötysuhde, -.

Jos osa tilojen lämmitysenergian nettotarpeesta katetaan lämpöenergiaa suoraan tilaan luovuttavalla lämmitysjärjestelmällä, kuten tulisijalla tai ilmasta ilmaan -lämpöpumpulla, vähennetään ne aina ensin kokonaisarvosta $Q_{\text{lämmitys, tilat, netto}}$. Jäljelle jäävä osuus jaetaan tilojen lämmitysjärjestelmille ja huomioidaan niissä kaavan (6.17) mukaisesti. Tulisijan lämpöenergian kulutus lasketaan tämän jälkeen kohdassa 7.1.2 esitetyllä tavalla ja ilmasta ilmaan -lämpöpumpun sähköenergian kulutus kohdassa 7.3 esitetyllä tavalla.

Taulukossa 6.1 on esitetty lämmönjaon ja -luovutuksen hyötysuhteen ohjearvoja, joita voidaan käyttää, mikäli tarkempia arvoja ei ole tiedossa. Taulukon hyötysuhteissa on otettu huomioon lämmönjaon ja -luovutuksen häviöt sekä järjestelmän säädön ja lämpötilakerrostuman vaikutus. Lämmön varastointi on käsitelty kohdassa 6.3.

Hyötysuhteissa on otettu huomioon lämmönjakelun ja -luovutuksen häviöt sekä järjestelmän säädön ja lämpötilakerrostuman vaikutus. Hyötysuhteet on määritetty suhdesäätöisellä säätimellä ($P=2^{\circ}\text{C}$) lukuun ottamatta sähköpatterilämmitystä sekä sähköistä katto-, lattia- ja ikkunälämmitystä, jotka on määritetty elektronisella säätimellä. Mikäli vesikiertoisten järjestelmien mitoituslämpötilat poikkeavat taulukoiduista arvoista, niiden hyötysuhteet voidaan arvioida interpoloimalla taulukkoarvojen perusteella. Sähköisten lämmitysjärjestelmien apulaitteiden ominaiskulutukset perustuvat säätölaitteiden sähkönkäyttöön.

Lämmön jakelujärjestelmän lämpöhäviöt lämmittämättömään tilaan ($Q_{\text{jakelu, ulos}}$) lasketaan kaavalla (6.18)

$$Q_{\text{jakelu,ulos}} = q_{\text{jakeluhäviöt,ulos}} L \quad (6.18)$$

jossa

$Q_{\text{jakelu, ulos}}$	lämmön jakelujärjestelmän lämpöhäviö lämmittämättömään tilaan, kWh/a
$q_{\text{jakeluhäviöt, ulos}}$	lämmön jakelujärjestelmän ominaislämpöhäviö lämmittämättömään tilaan, kWh/(m a)
L	lämmön jakelujärjestelmän meno- ja paluuputkien yhteenlaskettu pituus lämmittämättömässä tilassa, m.

Lämmittämättömällä tilalla tarkoitetaan esimerkiksi maata, ulkoilmaa tai kylmää autotallia.

Taulukko 6.1 Lämmitysjärjestelmien lämmönjaon ja -luovutuksen vuosihyötysuhteiden ja apulaitteiden ominaissähkönkäytön ohjearvoja.

Lämmitysratkaisu	Vuosihyötysuhde $\eta_{\text{lämmitys, tilat}}$	Sähkö e_{tilat} kWh/(m ² a)
Vesiradiaattori 45/35 °C		
jakojohtot eristetty	0,90	2
jakojohtot eristämätön	0,85	2
Vesiradiaattori 70/40 °C		
jakojohtot eristetty	0,9	2
jakojohtot eristämätön	0,8	2
Vesiradiaattori 70/40 °C jakotukilla		
	0,80	2
Vesiradiaattori 45/35 °C jakotukilla		
	0,85	2
Vesikiertoinen lattialämmitys 40/30 °C		
maata vasten rajoittuvassa rak.	0,8	2,5
ryömintatilaan rajoittuvassa rak.	0,8	2,5
ulkoilmaan rajoittuvassa rak.	0,75	2,5
lämpimään tilaan rajoittuvassa rak.	0,85	2,5
Kattolämmitys (sähköinen)		
ulkoilmaan rajoittuvassa rak.	0,85	0,5
lämpimään tilaan rajoittuvassa rak.	0,9	0,5
Ikkunalämmitys (sähköinen)		
	0,80	0,5
Ilmanvaihtolämmitys ¹⁾		
huonekohtainen säätö	0,90	0,5
Sähköpatterilämmitys		
	0,95	0,5
Sähköinen lattialämmitys		
maata vasten rajoittuvassa rak.	0,85	0,5
ryömintätilaan tai ulkoilmaan rajoittuvassa rak.	0,8	0,5
lämpimään tilaan rajoittuvassa rak.	0,85	0,5
pintalattialämmitys ²⁾	0,90	0,5
Muut lämmityslaitteet		
Ulkotilaa tai maata vasten rajoittuva lämmitys	0,8	0,5
Sisätilaan rajoittuva lämmityslaitte	0,8	0,5

1) Ilmanvaihtolämmityksen hyötysuhde pätee järjestelmälle, jossa tuloilma lämmitetään huonekohtaisilla päätelaitteilla. Muuttuvilmavirtaisten järjestelmien hyötysuhteet on laskettava tarkemmalla menetelmällä.

2) Sähköisessä pintalattialämmityksessä lämmityskaapelit ovat välittömästi lattianpintarakenteen ja mahdollisen askeleenieristekerroksen alla.

Taulukossa 6.2 annetaan ohjeellisia lämmönjakojärjestelmän ominaislämpöhäviön arvoja lämmittämättömässä tilassa olevien lämmönjakoputkien lämpöhäviön arvioimiseksi. Näitä arvoja voidaan käyttää, mikäli tarkempia arvoja ei ole tiedossa. Taulukon arvot pätevät yksittäisen rakennuksen ja lämmöntuottoyksikön välisille siirtoputkille. Laajemman alueen siirtoputkien lämpöhäviöt on aina laskettava siihen soveltuvalla menetelmällä.

Taulukko 6.2 Lämmönjako- ja LKV-kiertoputkien ominaislämpöhäviön ohjearvoja.

Rakennustyyppi	Jakoputkien sijoitus	Vuotuinen ominaislämpöhäviö ¹⁾
		Q _{jakeluhäviöt, ulos} kWh/(m a)
Pientalo ²⁾	Jakoputket puolilämpimässä tilassa ⁴⁾	
	-eristämätön	150
	-eristetty	25
	Jakoputket ulkoilman lämpötilassa	
Muu rakennus ³⁾	Jakoputket puolilämpimässä tilassa ⁴⁾	
	-eristämätön	250
	-eristetty	30
	Jakoputket ulkoilman lämpötilassa	
	-eristetty	50

¹⁾ Määritetty lämmönjakoverkoston mitoituslämpötiloilla 70/40 °C.

²⁾ Määritetty putkikoolla DN20.

³⁾ Määritetty putkikoolla DN40.

⁴⁾ Puolilämpimän tilan lämpötila 15 °C.

Lämmön- ja lämpimän käyttöveden jakelujärjestelmän lämpöhäviöt maahan (Q_{jakelu,ulos}) lasketaan kaavalla (6.18)

$$Q_{\text{jakelu,ulos}} = U' L (T_p - T_{\text{maa}}) \Delta t / 1000 \quad (6.18)$$

jossa

U'	putken lämmönläpäisykerroin pituusyksikkö kohden, W/(m °C)
L	lämmön jakelujärjestelmän meno- ja paluuputkien yhteenlaskettu pituus maassa, m
T _p	meno- ja paluuputken keskimääräinen lämpötila laskentajakson aikana, °C
T _{maa}	maan lämpötila laskentajakson aikana, °C
Δt	ajanjakson pituus, h
1000	kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowattitunneiksi.

Maan lämpötilana voidaan käyttää kohdassa 3.2.4 määriteltyjä lämpötiloja.

Koko vuoden laskennassa voidaan käyttää taulukon 6.3 putkien keskimääräisiä lämpötiloja ja laskenta-aikana koko vuoden tunteja.

Taulukko 6.3. Lämmitysputkiston laskentalämpötilat.

Lämmitysjärjestelmän suunnittelulämpötilat, °C	Putkien keskimääräinen lämpötila T_p , °C		
	Säävyöhyke I-II	Säävyöhyke III	Säävyöhyke IV
80/60	39	40	41
70/40	34	34	35
60/40	32	32	33
55/40	31	31	32
45/35	28	28	29
40/30	26	26	27
35/30	25	25	26
LKV kierto	57	57	57

6.2.2

Ilmanvaihdon lämmitysenergian kulutuksen laskennassa voidaan olettaa ilmanvaihtokoneen lämmityspattereiden hyötysuhteeksi 1,0, jolloin $Q_{\text{lämmitys, iv}} = Q_{\text{iv}}$.

6.2.3

Lämmönjakelujärjestelmän apulaitteiden, kuten kiertopumppujen ja säätölaitteiden, sähköenergian kulutus (W_{tilat}) lasketaan kaavalla (6.4)

$$W_{\text{tilat}} = e_{\text{tilat}} A_{\text{netto}, i} \quad (6.19)$$

jossa

W_{tilat} lämmön jakelujärjestelmän apulaitteiden sähköenergian kulutus, kWh/a

e_{tilat} lämmön jakelujärjestelmän apulaitteiden sähköenergian ominaiskulutus, (taulukko 6.3), kWh/(m² a)

$A_{\text{netto}, i}$ rakennuksen osan i lämmitetty nettoala, jonka lämmön jakelujärjestelmä kattaa, m².

Taulukossa 6.1 esitetään apulaitteiden ominaiskulutuksen ohjearvoja, joita voidaan käyttää, mikäli ominaiskulutuksia ei tunneta tarkemmin.

6.2.4

Taulukon 6.1 arvot sisältävät lämmitysjärjestelmän perinteisen yksikköprosessin säädön vaikutuksen yleisimmillä säädintyypeillä. Kehittyneet ohjausjärjestelmät, kuten esimerkiksi ennustava säätö, voidaan arvioida tarkemmilla malleilla.

6.3 Lämpimän käyttöveden lämpöenergian tarve

Lämpimän käyttöveden lämpöenergian tarve lasketaan kaavalla (6.20)

$$Q_{\text{lämmitys, lkv}} = \frac{Q_{\text{lkv, netto}}}{\eta_{\text{lkv, siirto}}} + Q_{\text{lkv, varastointi}} + Q_{\text{lkv, kierto}} + Q_{\text{lkv, ulos}} - Q_{\text{lkv, lto}} \quad (6.20)$$

jossa

$Q_{\text{lämmitys, lkv}}$	lämpimän käyttöveden lämpöenergian tarve, kWh/a
$Q_{\text{lkv, netto}}$	lämpimän käyttöveden lämpöenergian nettotarve, kWh/a
$\eta_{\text{lkv, siirto}}$	lämpimän käyttöveden siirron hyötysuhde, -
$Q_{\text{lkv, varastointi}}$	lämpimän käyttöveden varastoinnin lämpöhäviö, kWh/a
$Q_{\text{lkv, kierto}}$	lämpimän käyttöveden kiertojohdon lämpöhäviö, kWh/a
$Q_{\text{lkv, ulos}}$	lämpimän käyttöveden kiertojohdon lämpöhäviö lämmittämättömään tilaan, kWh/a
$Q_{\text{lkv, lto}}$	jäteveden lämmöntalteenotolla talteenotettu ja käyttöveden lämmityksessä hyväksikäytetty energia, kWh

Lämpimän käyttöveden kiertojohdon lämpöhäviö lämmittämättömään tilaan lasketaan kohdan 6.2.1 mukaan.

6.3.1

Lämpimän käyttöveden siirron hyötysuhde kattaa lämpimän käyttöveden jakojohdon häviöt. Kiertojohdon häviöt lasketaan kohdan 6.3.3 mukaan. Ellei tarkempaa tietoa ole, voidaan lämpimän käyttöveden siirron hyötysuhteena käyttää taulukossa 6.4 esitettyä rakennustyyppikohtaista hyötysuhdetta. Taulukossa on annettu siirron hyötysuhteita jakojohdon eri eristystasoille ja tapaukselle, jossa käytössä on kiertojohto. Eristyspaksuus on ilmoitettu jakojohdon halkaisijaan D suhteutettuna. Tässä $0,5 D$ tarkoittaa eristyspaksuutta, joka on puolet eristettävän putken halkaisijasta ja $1,5 D$ tarkoittaa eristystä, jonka paksuus on 1,5-kertainen eristettävän putken halkaisijaan nähden.

Taulukko 6.4. Lämpimän käyttöveden siirron vuosihyötysuhde.

Rakennustyyppi	Kierto	$\eta_{\text{lkv, siirto}}$			
		Ei kiertoa			
		eristämätön	suojaputkessa	eristetty, perustaso ¹⁾	eristetty, parempi ²⁾
Erillinen pientalo sekä rivija ketjutalot	0,96	0,75	0,85	0,89	0,92
Asuinkerrostalo	0,97	0,76	0,86	0,90	0,94
Toimistorakennus	0,88	0,69	0,78	0,82	0,85
Liikerakennus	0,87	0,68	0,77	0,81	0,84
Majoitusliikerakennus	0,97	0,76	0,86	0,90	0,94
Opetusrakennus ja päiväkot	0,89	0,70	0,79	0,83	0,86
Liikuntahalli	0,98	0,77	0,87	0,91	0,95
Sairaala	0,94	0,74	0,84	0,88	0,91

¹⁾ Eristyksen perustaso tarkoittaa vähintään eristyspaksuutta $0,5 D$, jossa D on putken halkaisija.

²⁾ Eristyksen parempi taso tarkoittaa vähintään eristyspaksuutta $1,5 D$, jossa D on putken halkaisija.

6.3.2

Ellei tarkempaa tietoa ole, voidaan lämpimän käyttöveden varastoinnin häviönä käyttää taulukon 6.5 mukaista käyttövesivaraajan lämpöhäviötehoon perustuvaa arvoa.

Taulukko 6.5. Lämpimän käyttöveden varastoinnin vuotuinen häviö.

Varaajan tilavuus, l	Varaajan lämpöhäviö, $Q_{lkv, \text{varastointi}}$, kWh/a	
	40 mm eriste	100 mm eriste
50	440	220
100	640	320
150	830	420
200	1000	500
300	1300	650
500	1700	850
1000	2100	1100
2000	3000	1500
3000	4000	2000

6.3.3

Lämpimän käyttöveden kierron lämpöhäviö lasketaan kaavalla (6.6)

$$Q_{lkv, \text{kierto}} = \left(\varphi_{lkv, \text{kiertohäviö, omin}} L_{lkv} + \varphi_{lkv, \text{lämmitys, omin}} n_{\text{lämmitysläite}} \right) \frac{t_{lkv, \text{pumppu}} 365}{1000} \quad (6.6)$$

jossa

$Q_{lkv, \text{kierto}}$	lämpimän käyttöveden kiertojohtoon lämpöhäviö, kWh/a
$\varphi_{lkv, \text{kiertohäviö, omin}}$	lämpimän käyttöveden kiertojohtoon lämpöhäviön ominaisteho, W/m
L_{lkv}	lämpimän käyttöveden kiertojohtoon pituus, m
$\varphi_{lkv, \text{lämmitys, omin}}$	lämpimän käyttöveden kiertojohtoon kytkettyjen lämmityslaitteiden ominaisteho, W/kpl
$n_{\text{lämmitysläite}}$	lämpimän käyttöveden kiertojohtoon kytkettyjen lämmityslaitteiden lukumäärä, kpl
$t_{lkv, \text{pumppu}}$	lämpimän käyttöveden kiertojohtoon pumpun käyttöaika, h/vrk.

Lämpimän käyttöveden kiertojohtoon lämpöhäviö voidaan laskea putkipituuden ja vakiohäviön avulla. Putkipituuteen tulee laskea myös se osuus jakojohdosta, jossa on lämpimän veden kiertoa. Kiertojohtoon lämpöhäviön ominaistehon ohjearvona voidaan käyttää arvoa 40 W/m, ellei yksityiskohtaisempia laskelmia suoriteta. Mikäli kiertojohtoon eristystaso tunnetaan, voidaan käyttää taulukon 6.6 mukaisia arvoja. Pumpun käyttöaikana $t_{lkv, \text{pumppu}}$ käytetään arvoa 24h/vrk.

Mikäli lämpimän käyttöveden kiertojohtoon on kytketty kuivaukseen käytettäviä lämmityslaitteita, mutta niiden lukumäärää ei tiedetä, lisätään kiertojohtoon lämpöhäviön ominaistehoon +40 W/m. Mikäli lämmityslaitteiden lukumäärä tiedetään, voidaan tarkemman tiedon puuttuessa käyttää yhden lämmityslaitteen tehona arvoa 200 W.

Taulukko 6.6. Lämpimän käyttöveden kiertojohdon lämpöhäviön ominaisteho ja lämpimän käyttöveden kiertojohtoon kytkettyjen lämmityslaitteiden ominaisteho.

Eristystaso	Kiertojohdon lämpöhäviön ominaisteho $\phi_{lkv, kierto}$, omin, W/m
ei tietoa	40
0,5 D	10
1,5 D	6
suoja-putki	15
suoja-putki + 0,5 D	8
suoja-putki + 1,5 D	5
Lämmityslaitteiden lukumäärä	Kiertojohtoon kytkettyjen lämmityslaitteiden ominaisteho
lukumäärää ei tiedossa	lisäys kiertojohdon lämpöhäviön ominaistehoon $\phi_{lkv, kierto} + 40$ W/m
lukumäärä tiedossa	lämpimän käyttöveden kiertojohtoon kytkettyjen lämmityslaitteiden ominaisteho $\phi_{lkv, lämmitys}$, omin 200 W/kpl

Merkintä 0,5 D tarkoittaa eristyspaksuutta, joka on puolet eristettävän putken ulkohalkaisijasta. Merkintä 1,5 tarkoittaa eristyspaksuutta, joka on 1,5-kertainen eristettävän putken ulkohalkaisijaan nähden.

Mikäli tarkempaa tietoa rakennuksen lämpimän käyttöveden kiertojohdon pituudesta ei ole, voidaan käyttää taulukon 6.7 rakennustyyppiäkohtaista arvoa kiertojohdon ominaispituudelle. Ominaispituuden avulla saadaan kiertojohdon pituus, kun se kerrotaan rakennuksen lämmitetyllä nettoalalla.

Taulukko 6.7. Kiertojohdon pituus.

Rakennustyyppi	Kiertojohdon ominaispituus $L_{lkv, omin}$, m/m ²
Erillinen pientalo sekä rivi- ja ketjutilat	0,20
Asuinkerrostalo	0,20
Toimistorakennus	0,06
Liikerakennus	0,06
Majoitusliikerakennus	0,25
Opetusrakennus ja päiväkotit	0,20
Liikuntahalli	0,06
Sairaala	0,25

6.3.4

Lämpimän käyttöveden kiertopumpun sähköenergian kulutus voidaan laskea kaavalla (6.7)

$$W_{lkv, pumppu} = P_{lkv, pumppu} t_{lkv, pumppu} \frac{365}{1000} \quad (6.7)$$

jossa

$W_{lkv, pumppu}$	lämpimän käyttöveden kiertopumpun sähköenergian kulutus, kWh/a
$P_{lkv, pumppu}$	lämpimän käyttöveden kiertojohdon pumpun sähkömoottorin ottoteho, W
$t_{lkv, pumppu}$	lämpimän käyttöveden kiertojohdon pumpun käyttöaika, h/vrk.

Pumpun käyttöaikana $t_{lkv, pumppu}$ käytetään arvoa 24h/vrk. Mikäli tarkempaa tietoa pumpun sähkömootto-

rin tehontarpeesta ei ole, voidaan pumpun sähkömoottorin ottotehona $P_{\text{lkv, pumppu}}$ käyttää virtaamasta riippuvaa arvoa $200 \text{ W}/(\text{dm}^3 \text{ s})$ kerrottuna mitoitetulla virtaamalla.

7.

LÄMMITYSJÄRJESTELMÄN ENERGIANKULUTUS

Tässä luvussa lasketaan

- 7.1 Lämmitysjärjestelmän energiankulutus
- 7.2 Käyttöveden lämmitys aurinkokeräimellä
- 7.3 Lämpöpumpun sähköenergian kulutus

Laskelmien lähtötietoina tarvitaan vähintään

- Tilojen lämmitysenergian nettotarve
- Ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve
- Lämpimän käyttöveden lämmitysenergian nettotarve

7.1 Lämmitysjärjestelmän energiankulutus

7.1.1

Lämmitysjärjestelmän energiankulutus koostuu lämmitysenergian ($Q_{\text{lämmitys}}$) ja sähköenergian ($W_{\text{lämmitys}}$) kulutuksesta, jotka lasketaan erikseen.

Lämmitysjärjestelmän lämpöenergian kulutus lasketaan lämmön tuottojärjestelmittäin kaavalla (7.1)

$$Q_{\text{lämmitys}} = \frac{Q_{\text{lämmitys, tilat}} + Q_{\text{lämmitys, iv}} + Q_{\text{lämmitys, lkv}} - Q_{\text{aurinko, lkv}} - Q_{\text{muu tuotto}}}{\eta_{\text{tuotto}}} \quad (7.1)$$

jossa

$Q_{\text{lämmitys}}$	lämmitysjärjestelmän lämpöenergian kulutus, kWh/a
$Q_{\text{lämmitys, tilat}}$	tilojen lämmityksen lämpöenergian tarve, kWh/a
$Q_{\text{lämmitys, iv}}$	ilmanvaihdon lämmityksen lämpöenergian tarve (kohta 6.2.2), kWh/a
$Q_{\text{lämmitys, lkv}}$	lämpimän käyttöveden lämpöenergian tarve (kohta 6.3), kWh/a
$Q_{\text{aurinko, lkv}}$	aurinkokeräimellä tuotettu energia lämpimään käyttöveteen (kohta 7.2), kWh/a
$Q_{\text{muu tuotto}}$	muilla mahdollisilla tuottojärjestelmillä tuotettu energia, kWh/a
η_{tuotto}	lämmitysenergian tuoton hyötysuhde tilojen, ilmanvaihdon ja lämpimän käyttöveden lämmityksessä (taulukot 7.1 ja 7.2), -.

Uusiutuvat polttoaineet käsitellään osana uusiutuvaa ostoenergiaa.

Jos rakennuksessa on kaksi tai useampia lämmöntuottojärjestelmiä, lasketaan lämmitysenergian kulutus järjestelmittäin jokaisen kyseessä olevan järjestelmän hyötysuhteen ja järjestelmään kohdistuvan lämmöntarpeen avulla.

Taulukoissa 7.1. ja 7.2 esitetyt vuosihyötysuhteet sisältävät tyypillisen lämmöntuottoyksikköön integroidun varaajan häviöt. Mikäli varaaja on erillinen, voidaan sen häviöt arvioida käyttövesivaraajan häviöistä interpoloiden, ellei tarkempaa laskelmaa ole olemassa.

Taulukko 7.1 Erillisten pientalojen sekä rivi- ja ketjutalojen kattiloiden ja KL-lämmönjakokeskusten hyötysuhteiden ja sähkönkulutuksen ohjearvoja. Kuukausittaiset hyötysuhteet on esitetty liitteessä 1.

	Vuosihyöty-	Sähkö
	suhde	kWh/a m ²
	η_{tuotto}	e_{tuotto}
Öljy/kaasu, standardikattila	0,81 ³⁾	0,99 ¹⁾ 0,59 ²⁾
Öljy, kondenssikattila	0,87 ³⁾	1,07
Kaasu	0,92 ³⁾	0,68
Pellettikattila	0,75 ³⁾	0,77
Puukattila energiavaraajalla	0,73	0,38
Sähkökattila	0,88 ³⁾	0,02
Kaukolämpö	0,94	0,60
Huonekohtainen sähkölämmitys	1,00	0,00

¹⁾ öljy

²⁾ kaasu

³⁾ Vuosihyötysuhde sisältää tyypillisen lämmöntuottoyksikköön integroidun varaajan häviöt. Mikäli varaaja on erillinen, voidaan sen häviöt arvioida interpoloiden käyttövesivaraajan häviöistä, ellei tarkempaa laskelmaa ole olemassa.

Taulukko 7.2 Muiden (isompien) rakennusten kattiloiden ja KL-lämmönjakokeskusten hyötysuhteiden ja sähkönkulutuksen ohjearvoja. Kuukausittaiset hyötysuhteet on esitetty liitteessä 1.

	Vuosihyöty-	Sähkö
	suhde	kWh/a m ²
	η_{tuotto}	e_{tuotto}
Öljy/kaasu, standardikattila	0,90	0,24 ¹⁾ 0,11 ²⁾
Öljy, kondenssikattila ⁽³⁾	0,95	0,25
Kaasu, kondenssikattila ⁽³⁾	1,01	0,12
Pellettikattila	0,84	0,13
Puukattila energiavaraajalla	0,82	0,25
Kaukolämpö	0,97	0,07
Huonekohtainen sähkölämmitys	1,00	0,00

¹⁾ öljy

²⁾ kaasu

³⁾ hyötysuhde alemman lämpöarvon mukaan

7.1.2

Vaatimuksenmukaisuuden osoittamisessa varaavan tulisijan tuottona käytetään energiatehokkuusasetuksessa annettua arvoa (3000 kWh vuodessa tulisijaa kohden).

Vaatimuksenmukaisuuden osoittamisessa varaavien tulisijojen kokonaisvuosihyötysuhteena luovutuksesta ostoenergiaan kaavassa (7.1) voidaan käyttää arvoa 0,60 ellei tarkempia tietoja ole käytettävissä.

Jos varaavan tulisijan CE-merkintää varten on määritetty hyötysuhde, tulisijan kokonaisvuosihyötysuhde voidaan laskea kaavalla

$$\eta_{\text{tulisija}} = 0,8 \eta_{\text{palaminen}} \quad (7.2)$$

jossa

η_{tulisija}	varaavan tulisijan kokonaishyötysuhde, -
0,8	varaavan tulisijan lämmönluovutuksen hyötysuhde (taulukko 6.3., kohta "Muut lämmityslaitteet")
$\eta_{\text{palaminen}}$	varaavan tulisijan CE-merkinnän mukainen hyötysuhde, -.

Mikäli tulisija on yhdistetty lämmönsiirtimellä vesikiertoiseen lämmitysjärjestelmään tai ilmalämmitysjärjestelmään, ja se muodostaa näin päälämmitysjärjestelmän, otetaan tulisija laskennassa huomioon kattilaa vastaavalla tavalla.

7.1.3

Lämmitysjärjestelmän sähköenergian kulutus lasketaan kaavalla (7.3)

$$W_{\text{lämmitys}} = W_{\text{tilat}} + W_{\text{tuotto,apu}} + W_{\text{lkv,pumppu}} + W_{\text{aurinko,pumput}} + W_{\text{LP,lämmitys}} \quad (7.3)$$

jossa

$W_{\text{lämmitys}}$	lämmitysjärjestelmän sähköenergian kulutus, kWh/a
W_{tilat}	lämmönjakojärjestelmän apulaitteiden sähköenergian kulutus (alaluku 6.2.3), kWh/a
$W_{\text{tuotto,apu}}$	lämmöntuottojärjestelmän apulaitteiden sähköenergian kulutus (alaluku 7.1.4), kWh/a
$W_{\text{lkv,pumppu}}$	lämpimän käyttöveden kiertopumpun sähköenergian kulutus (alaluku 6.3.4), kWh/a
$W_{\text{aurinko,pumput}}$	aurinkolämpöjärjestelmän pumppujen sähköenergian kulutus (alaluku 7.2), kWh/a
$W_{\text{LP,lämmitys}}$	lämpöpumppujärjestelmän sähköenergian kulutus (alaluku 7.3), kWh/a.

7.1.4

Lämmöntuottojärjestelmän apulaitteiden (esimerkiksi polttimen) sähkönkulutus ($W_{\text{tuotto,apu}}$) lasketaan kaavalla (7.4). Taulukoissa 7.1 ja 7.2 esitetään apulaitteiden ominaiskulutuksen ohjearvoja, joita voidaan käyttää, mikäli ominaiskulutuksia ei tunneta tarkemmin.

$$W_{\text{tuotto,apu}} = e_{\text{tuotto}} A_{\text{netto}} \quad (7.4)$$

jossa

$W_{\text{tuotto,apu}}$	lämmöntuottojärjestelmän apulaitteiden sähköenergian kulutus, kWh/a
e_{tuotto}	apulaitteiden ominaiskulutus (taulukko 7.1), kWh/(m ² a)
A_{netto}	rakennuksen lämmitetty nettoala, m ² .

7.2 Käyttöveden lämmitys aurinkokeräimellä

7.2.1

Käyttöveden lämmitys aurinkoenergialla lasketaan kaavalla (7.3)

$$Q_{\text{aurinko,lkv}} = \eta_{\text{aurinkokeräin}} k_{\text{aurinkokeräin}} q_{\text{aurinkokeräin}} A_{\text{aurinkokeräin}} \quad (7.3)$$

jossa

$Q_{\text{aurinko, lkv}}$	aurinkokeräimellä tuotettu energia lämpimään käyttöveteen, kWh/a
$\eta_{\text{aurinkokeräin}}$	aurinkokeräimen hyötysuhde, -
$k_{\text{aurinkokeräin}}$	aurinkokeräimen suuntauksen huomioon ottava kerroin, (taulukko 7.3), -
$q_{\text{aurinkokeräin}}$	aurinkokeräimen energiantuotto käyttöveteen keräinpinta-alaa kohti (taulukko 7.4), kWh/(m ² a)
$A_{\text{aurinkokeräin}}$	aurinkokeräimen pinta-ala, m ² .

Tällöin järjestelmässä riittävän kokoinen varaaja. Aurinkokeräimen hyötysuhteelle $\eta_{\text{aurinkokeräin}}$ voidaan käyttää arvoa 0,6, mikäli suunnitteluarvoa tai tuotetietoja ei ole saatavilla. Taulukon 7.4 arvoja käytettäessä aurinkoenergian osuus koko vuoden lämpimän käyttöveden lämmitysenergiasta saa laskelmassa kuitenkin olla korkeintaan 45 %. Tarkemmalla menetelmällä laskettaessa aurinkolämmön osuus voi olla suurempi.

Kuukausittaiset aurinkokeräimen tuotot lasketaan kaavan (7.3) vuosituotosta taulukossa 7.5 esitettyjen kertoimien avulla. Koko vuoden tuoton laskennassa otetaan huomioon kuukausittain korkeintaan kuukausittaisen lämpimän käyttöveden lämpöenergian tarvetta vastaava määrä ($Q_{\text{lämmitys, lkv}}$ kaavassa 6.5).

Taulukko 7.3 Keräinten suuntauksen huomioon ottavan kertoimen k lukuarvot.

Suuntaus	k
etelä / kaakko / lounas	1,0
itä / länsi	0,8
pohjoinen / koillinen / luode	0,6

Taulukko 7.4 Aurinkokeräimen energiantuotto käyttöveteen keräinpinta-alaa kohti.

Vyöhyke/paikkakunta	$q_{\text{aurinkokeräin}}$, kWh/(m ² a)
I-II / Helsinki	390
III / Jyväskylä	350
IV / Sodankylä	310

Taulukon lukuarvot pätevät keräimille, joiden kallistuskulma on 30–70 astetta vaakatasosta. Muille kallistuskulmille taulukkoarvo kerrotaan lukuarvolla 0,8.

Taulukko 7.5 Auringon säteilyn kuukausittaisten energiaosuuksien suhde koko vuoden energiaan.

kuukausi	Säävyöhyke I-II	Säävyöhyke III	Säävyöhyke IV
Tammikuu	0,00	0,00	0,00
Helmikuu	0,02	0,02	0,01
Maaliskuu	0,07	0,06	0,06
Huhtikuu	0,12	0,12	0,16
Toukokuu	0,17	0,19	0,16
Kesäkuu	0,18	0,19	0,20
Heinäkuu	0,19	0,18	0,19
Elokuu	0,13	0,13	0,12
Syyskuu	0,09	0,08	0,08
Lokakuu	0,03	0,03	0,02
Marraskuu	0,00	0,00	0,00
Joulukuu	0,00	0,00	0,00

7.2.2

Aurinkolämpöjärjestelmän pumppujen sähköenergian kulutus lasketaan kaavalla (7.6)

$$W_{\text{aurinka, pumput}} = \sum (P_{\text{pumppu, i}} t_{\text{pumppu, i}}) / 1000 \quad (7.6)$$

jossa

$W_{\text{aurinko, pumput}}$ aurinkolämpöjärjestelmän pumppujen sähköenergiankulutus, kWh
 $P_{\text{pumppu, i}}$ yksittäisen pumpun i teho, W
 $t_{\text{pumppu, i}}$ pumpun i käyttöaika, h.

Mikäli suunnitteluarvoista ei ole yksityiskohtaista tietoa, voidaan pumpun tehon suunnitteluarvona käyttää kaavasta (7.7) laskettavaa tehoa

$$P_{\text{pumppu}} = 50 [W] + 5 [W/m^2] A_{\text{aurinkokeräin}} \quad (7.7)$$

jossa

P_{pumppu} aurinkolämpöjärjestelmän pumppujen sähköteho, W
 $A_{\text{aurinkokeräin}}$ aurinkokeräimen pinta-ala, m^2 .

Oletusarvoisesti pumpun käyttöaikana voidaan käyttää arvoa 2000 h/a, jos tarkempaa tietoa ei ole käytävissä. Käyttöajan oletetaan jakautuvan ajallisesti kuukausittaisten säteilyenergioiden suhteessa.

Pumppujen sähköenergiasta mahdollisesti talteen otettavaa energiaa ei huomioida rakennuksen lämmöntarpeen laskennassa.

7.3 Lämpöpumpun sähköenergian kulutus

7.3.1

Tässä luvussa esitetyllä lämpöpumppujen yksinkertaisella laskentamenetelmällä voidaan laskea lämmityskäytössä olevan lämpöpumpun sähköenergian kulutus, lämpöpumpun tuottama tilojen ja käyttöveden lämmitysenergia sekä tilojen ja käyttöveden lämmitykseen tarvittava lisälämmitysenergia. Esitettyä laskentamenetelmää voidaan käyttää myös tapauksissa, joissa lämpöpumppua käytetään tilojen ja käyttöveden lämmityksen lisäksi myös ilmanvaihdon lämmitykseen. Tällöin ilmanvaihdon lämmitysenergian tarve lisätään tilojen lämmitysenergian tarpeeseen ja ilmanvaihto lasketaan osana tilojen lämmitystä.

Maalämpöpumpun ja ulkoilmalämpöpumppujen energialaskentaa varten on ensin laskettava tilojen lämmitystehon tarve kohdan 10.1.3 mukaan. Edellä mainittujen lämpöpumppujen tuottama lämmitysenergia määritetään valitun lämpöpumpun nimellistehon ja tilojen lämmitystehontarpeen avulla.

Lämpöpumpun sähköenergian kulutus koostuu lämmitysenergian tuoton energiankulutuksesta sekä apulaitteiden sähkökulutuksesta. Lämpöpumpun sähköenergian kulutus lasketaan lämpöpumpun tuottaman tilojen tai käyttöveden lämmitysenergian sekä lämpöpumpun kausisuorituskykykertoimen (SPF-luku) avulla. Tämän alaluvun taulukoissa esitetyt SPF-luvut ovat vuoden keskimääräisiä lämpökertoimia, joita voidaan käyttää vain silloin, kun energiankulutus lasketaan koko vuoden lämmöntarpeesta.

Alaluvussa 7.3.2 esitettävässä lämpöpumppujen lisälämmitysenergian laskentamenetelmässä sekä alaluvussa 7.3.3 esitettävien lämpöpumpun SPF-lukujen esimerkkiarvojen (taulukot 7.6–7.8) laskennassa on oletettu, että ulkoilmalämpöpumppujen alin toimintalämpötila on -20°C . Samoin on oletettu, että tiloja ja käyttövettä lämmittävät ulkoilma- ja maalämpölämpöpumput lämmittävät vuorotellen käyttövettä tai tiloja, siten että käyttövettä lämmitetään ensisijaisesti. Poistoilmalämpöpumpun oletetaan lämmittävän tiloja sekä käyttövettä vuoroittain. Mikäli nämä oletukset eivät päde laskettavassa tapauksessa, on tapaus laskettava tarkemmin muilla menetelmillä.

Taulukoissa esitettyjen lukuarvojen väliarvot voidaan tarvittaessa määrittää interpoloimalla.

Lisäksi lämpöpumppujärjestelmän varaajat on otettava erikseen huomioon alalukujen 6.3 ja 7.1 mukaisesti.

7.3.2

Lämpöpumpulla tuotettava tilojen ja käyttöveden lämmitysenergia lasketaan ottamalla lisälämmitykseen tarvittava energiankulutus huomioon kaavojen (7.4) ja (7.5) mukaisesti

$$Q_{LP, \text{lämmitys, tilat}} = Q_{\text{lämmitys, tilat}} - Q_{\text{lisälämmitys, tilat}} \quad (7.4)$$

jossa

$Q_{LP, \text{lämmitys, tilat}}$	lämpöpumpun tuottama tilojen lämmitysenergia, kWh
$Q_{\text{lämmitys, tilat}}$	tilojen lämmityksen lämpöenergian tarve, kWh
$Q_{\text{lisälämmitys, tilat}}$	tilojen lisälämmityksen energiantarve, kWh.

$$Q_{LP, \text{lämmitys, lkv}} = Q_{\text{lämmitys, lkv}} - Q_{\text{lisälämmitys, lkv}} \quad (7.5)$$

jossa

$Q_{LP, \text{lämmitys, lkv}}$	lämpöpumpun tuottama käyttöveden lämmitysenergia, kWh
$Q_{\text{lämmitys, lkv}}$	lämpimän käyttöveden lämpöenergian tarve, kWh
$Q_{\text{lisälämmitys, lkv}}$	lämpimän käyttöveden lisälämmityksen energiantarve, kWh.

Tilojen ja käyttöveden lämmityksessä tarvittava lisälämmityksen energiantarve ($Q_{\text{lisälämmitys, tilat}}$ ja $Q_{\text{lisälämmitys, lkv}}$) voidaan laskea kaavoilla (7.6) ja (7.7) käyttäen taulukoissa 7.6, 7.7, L2.1 ja L2.2 esitettyjä lämpöpumpun tuottaman lämpöenergian osuuden arvoja.

$$Q_{\text{lisälämmitys, tilat}} = \left(1 - Q_{LP} / Q_{\text{lämmitys, tilat, lkv}}\right) Q_{\text{lämmitys, tilat}} \quad (7.6)$$

jossa

$Q_{\text{lisälämmitys, tilat}}$	tilojen lisälämmityksen energiantarve, kWh
$Q_{LP} / Q_{\text{lämmitys, tilat, lkv}}$	lämpöpumpun tuottaman lämpöenergian osuus tilojen ja lämpimän käyttöveden lämpöenergian tarpeesta, -
$Q_{\text{lämmitys, tilat}}$	tilojen lämmityksen lämpöenergian tarve, kWh

$$Q_{\text{lisälämmitys, lkv}} = \left(1 - Q_{LP} / Q_{\text{lämmitys, tilat, lkv}}\right) Q_{\text{lämmitys, lkv}} \quad (7.7)$$

jossa

$Q_{\text{lisälämmitys, lkv}}$	lämpimän käyttöveden lisälämmityksen energiantarve, kWh
$Q_{LP} / Q_{\text{lämmitys, tilat, lkv}}$	lämpöpumpun tuottaman lämpöenergian osuus tilojen ja lämpimän käyttöveden lämpöenergian tarpeesta, -
$Q_{\text{lämmitys, lkv}}$	lämpimän käyttöveden lämpöenergian tarve, kWh.

Tilojen ja käyttöveden lämmityksen energiankulutukset ($Q_{\text{lämmitys, tilat}}$ ja $Q_{\text{lämmitys, lkv}}$) voidaan laskea kaavoilla (6.1) ja (6.5). Mikäli lämpöpumpua käytetään ilmanvaihdon tuloilman lämmityksessä, ilmanvaihdon lämmityksen energiankulutus lisätään kaavassa (7.10) rakennuksen tilojen lämmitysenergiankulutukseen ($Q_{\text{lämmitys, tilat}}$).

Ulkoilma- ja maalämpöpumppujen tuottama lämmitysenergian osuus voidaan arvioida taulukoiden L2.1, L2.2 ja 7.6 avulla, jos lämpöpumpun nimellistehon (φ_{LPn}) suhde rakennuksen tilojen lämmityksen mitoitustehoon (φ_{tila}) tunnetaan. Tätä suuretta kutsutaan tässä ohjeessa suhteelliseksi lämpötehoksi ($\varphi_{LPn} / \varphi_{tila}$). Taulukoissa esitetty lämpöpumppujen nimellisteho (φ_{LPn}) on määritetty standardin SFS EN 14511-2:2007 mukaisissa testausolosuhteissa: ulkoilmalämpöpumpuille ulkoilman lämpötilalla +7 °C ja sisäilman lämpötilalla 20°C, maalämpöpumpuille keruupiiriltä tulevan liuoksen lämpötilalla 0 °C ja lämmönjakoverkoston menoveden lämpötilalla 35°C. Taulukoiden avulla voidaan lisäksi arvioida lämmönjakover-

koston lämpötilatason, tilojen ja käyttöveden lämmitysenergian keskinäisen osuuden sekä Suomen säävyöhykkeiden vaikutus lisälämmitysenergian tarpeeseen.

Poistoilmalämpöpumpun tuottama tilojen ja käyttöveden lämmitysenergian osuus voidaan arvioida taulukon 7.7 avulla, jos tilojen, ilmanvaihdon ja käyttöveden lämmityksen lämpöenergian tarve ($Q_{\text{lämmitys, tilat, iv, lkv}}$) tunnetaan. Taulukon 7.7 avulla voidaan lisäksi arvioida poistoilmalämpöpumpun ulospuhallusilman sekä SPF-luvun lämpötilan vaikutus lämpöpumpulla tuotettavan lämmitysenergian osuuteen. Arvot on laskettu normaalin asuntoilmanvaihdon poistoilmavirroilla ja lämpöpumppu lämmittää tiloja, ilmanvaihtoa ja käyttövettä. Muissa tapauksissa tulee käyttää yksityiskohtaisempaa menetelmää. Taulukojen arvoja ei voida soveltaa, jos poistoilmalämpöpumpussa on mukana myös suoraan tuloilmaan lämpöä siirtävä lämmöntalteenottolaite.

Kaikkien edellä mainittujen lämpöpumpputyypin lisälämmitykseen tarvittava energiankulutus voidaan arvioida taulukoiden avulla määritettävän lämpöpumpun tuottaman lämpöenergian osuutta hyödyntäen. Lämpöpumpun tuottama lämpöenergian osuus on lämpöpumpun tuottaman lämmitysenergian (Q_{LP}) ja rakennuksen tilojen ja käyttöveden lämmitysenergian yhteenlasketun tarpeen ($Q_{\text{lämmitys, tilat, lkv}}$) suhde, kun lämpöpumppu lämmittää sekä tiloja että käyttövettä. Ulkoilmalämpöpumpun (ilma-ilma) tapauksessa lämpöpumpun tuottama lämpöenergian osuus on tilojen lämmitysenergian (Q_{LP}) ja rakennuksen tilojen lämmitysenergiatarpeen ($Q_{\text{lämmitys, tilat}}$) suhde.

Taulukko 7.6 Ulkoilmalämpöpumpun (ilma-ilma) tuottama osuus tilojen lämpöenergian tarpeesta ($Q_{LP} / Q_{\text{lämmitys, tilat}}$) suhteellisen lämpötehon funktiona (ϕ_{LPn} / ϕ_{tila}) eri säävyöhykkeillä. Lämpöpumpun nimellisteho (ϕ_{LPn}) annetaan toimintapisteessä $T_u / T_s + 7 / 20^\circ\text{C}$.

ϕ_{LPn} / ϕ_{tila}	$Q_{LP} / Q_{\text{lämmitys, tilat}}$		
	Säävyöhyke I ja II	Säävyöhyke III	Säävyöhyke IV
0,3	0,54	0,51	0,44
0,4	0,66	0,62	0,53
0,5	0,75	0,71	0,61
0,6	0,81	0,78	0,68
0,7	0,85	0,83	0,73

Taulukko 7.7 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. Taulukkoarvoja voidaan käyttää vain, mikäli poistoilmalämpöpumppu tuottaa lämpöenergiaa tilojen, ilmanvaihdon ja lämpimän käyttöveden tarpeeseen.

$Q_{\text{lämmitys, tilat, iv, lkv}}$ kWh/(m ² a)	$Q_{LP} / Q_{\text{lämmitys, tilat, iv, lkv}}$							
	SPF = 2,0				SPF = 3,0			
	$T_{up} -3^\circ\text{C}$	$T_{up} 1^\circ\text{C}$	$T_{up} 3^\circ\text{C}$	$T_{up} 5^\circ\text{C}$	$T_{up} -3^\circ\text{C}$	$T_{up} 1^\circ\text{C}$	$T_{up} 3^\circ\text{C}$	$T_{up} 5^\circ\text{C}$
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

7.3.3

Lämpöpumppu otetaan huomioon lämmityksen sähköenergiankulutusta laskettaessa vain sen ajanjakson osalta, jolloin lämpöpumppua käytetään. Lämmityskäytössä olevan lämpöpumpun sähköenergiankulutus voidaan laskea kaavalla (7.8)

$$W_{LP, \text{lämmitys}} = Q_{LP, \text{lämmitys, tilat}} / SPF_{\text{tilat}} + Q_{LP, \text{lämmitys, lkv}} / SPF_{\text{lkv}} + W_{\text{lisälämmitys}} \quad (7.8)$$

jossa

$W_{LP, \text{l\u00e4mmitys}}$	l\u00e4mp\u00f6pumppuj\u00e4rjestelm\u00e4n s\u00e4hk\u00f6energian kulutus, kWh
$Q_{LP, \text{l\u00e4mmitys, tilat}}$	l\u00e4mp\u00f6pumpun tuottama tilojen l\u00e4mmitysenergia, kWh
SPF_{tilat}	l\u00e4mp\u00f6pumpun SPF-luku tilojen l\u00e4mmityksess\u00e4, -
$Q_{LP, \text{l\u00e4mmitys, lkv}}$	l\u00e4mp\u00f6pumpun tuottama k\u00e4ytt\u00f6veden l\u00e4mmitysenergia, kWh
SPF_{lkv}	l\u00e4mp\u00f6pumpun SPF-luku k\u00e4ytt\u00f6veden l\u00e4mmityksess\u00e4, -
$W_{\text{lis\u00e4l\u00e4mmitys}}$	tilojen ja l\u00e4mpim\u00e4n k\u00e4ytt\u00f6veden l\u00e4mmityksess\u00e4 tarvittavan lis\u00e4l\u00e4mmityksen s\u00e4hk\u00f6energian tarve ($Q_{\text{lis\u00e4l\u00e4mmitys, tilat}} + Q_{\text{lis\u00e4l\u00e4mmitys, lkv}}$), kWh.

Ulkoilmal\u00e4mp\u00f6pumpun (ilma-ilma) s\u00e4hk\u00f6energiankulutus lasketaan kaavalla (7.8) k\u00e4ytt\u00e4en ainoastaan niiden tilojen l\u00e4mmitysenergiankulutusta, jotka ovat l\u00e4mp\u00f6pumpun vaikutuspiiriss\u00e4. T\u00e4ll\u00f6in n\u00e4iden tilojen l\u00e4mmitysenergiankulutus on laskettava erikseen. Vaatimuksenmukaisuuden osoittamiseen voidaan ilma-ilma -l\u00e4mp\u00f6pumpun asuinhuoneistoon tuottamaksi vuotuisesti l\u00e4mp\u00f6energiaksi k\u00e4ytt\u00e4\u00e4 energitehokkuusasetuksessa annettua arvoa (3000 kW vuodessa laitetta kohden).

Kaavassa (7.8) eri l\u00e4mp\u00f6pumpputyypin SPF-lukuina voidaan k\u00e4ytt\u00e4\u00e4 taulukoiden 7.8–7.10 lukuarvoja, ellei tarkempaa tietoa ole k\u00e4ytett\u00e4viss\u00e4. SPF-lukujen arvot ovat samat s\u00e4\u00e4vy\u00f6hykkeell\u00e4 I ja II. Mik\u00e4li taulukoissa 7.8–7.9 esitetyt l\u00e4mm\u00f6njakoverkoston l\u00e4mp\u00f6tilatasot eiv\u00e4t vastaa laskettavan tapauksen l\u00e4mm\u00f6njakoverkoston l\u00e4mp\u00f6tilatasoa, voidaan taulukoissa esitettyjen SPF-lukujen v\u00e4liarvoja interpoloida.

Taulukko 7.8 Ulkoilmal\u00e4mp\u00f6pumppujen SPF-lukuja.

Ulkoilmal\u00e4mp\u00f6pumput: menoveden korkein l\u00e4mp\u00f6tila, $^{\circ}\text{C}$	SPF-luku		
	S\u00e4\u00e4vy\u00f6hykkeet		
	I-II	III	IV
Ilma-ilma	2,8	2,8	2,7
Ilma-vesi (tilojen l\u00e4mmitys)			
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 (k\u00e4ytt\u00f6veden l\u00e4mmitys)			
60	1,8	1,6	1,3

Taulukko 7.9 Maal\u00e4mp\u00f6pumppujen SPF-lukuja

Maal\u00e4mp\u00f6pumput: menoveden korkein l\u00e4mp\u00f6tila, $^{\circ}\text{C}$	SPF-luku	
	Vuotuinen keruupiirin paluunesteen keskil\u00e4mp\u00f6tila, $^{\circ}\text{C}$	
	-3	+3
Tilojen l\u00e4mmitys		
30	3,4	3,5
40	3,0	3,1
50	2,7	2,7
60	2,5	2,5
K\u00e4ytt\u00f6veden l\u00e4mmitys		
60	2,3	2,3

Taulukko 7.10 Poistoilmalämpöpumppujen tilojen ja käyttöveden lämmityksen yhteisiä SPF-lukuja poistoilman lämpötilan ollessa 21 °C.

Poistoilmalämpöpumput: ulospuhallusilman alin lämpötila, °C	SPF-luku
-3	2,4
+1	2,1
+3	2,0
+5	1,9

Lämpöpumpun SPF-luku voidaan laskea tarkemmin ympäristöministeriön oppaassa esitettyllä yksityiskohdaisella laskentamenetelmällä tai muulla vaihtoehtoisella menetelmällä, käyttäen lähtötietona 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 kuten lämpöpumpun säätölaitteiden, puhaltimien sekä pumppujen sähkönkulutus standardin SFS EN 14511-3 osoittamalla tavalla.

Lämpöpumpun apulaitteiden sähkönkulutus, joka ei sisälly lämpöpumpun lämpökertoimen mitattuihin arvoihin (joissakin laitteissa esimerkiksi lämmönkeruupiirin pumppaukseen kuluva sähköenergia), otetaan erikseen huomioon SPF-luvun laskennassa. Rakennuksen lämmönjakopiirin pumppauksen sähkönkulutus lasketaan kaavassa 6.4, jolloin sitä ei lasketa mukaan lämpöpumpun apulaitteiden sähkönkulutukseen.

Koska lämpöpumpun puhaltimien sähkönkulutus sisältyy SPF-lukuun, poistoilmalämpöpumpulla varustetun rakennuksen ilmanvaihtokoneen puhaltimien sähkönkulutusta ei tarvitse ottaa huomioon ilmanvaihtojärjestelmän sähkönkulutusta laskettaessa.

Lämpöpumpun apulaitteiden sähkönkulutus, joka ei sisälly lämpöpumpun lämpökertoimen mitattuihin arvoihin, voidaan laskea kaavalla (7.13)

$$W_{LP,apu} = P_{apu} \Delta t \quad (7.9)$$

jossa

$W_{LP,apu}$ lämpöpumpun apulaitteiden sähköenergian kulutus, kWh
 P_{apu} lämpöpumpun apulaitteiden sähköteho, kW
 Δt apulaitteiden käyttöaika laskentajaksolla, h.

8.

ILMANVAIHTOJÄRJESTELMÄN SÄHKÖENERGIAN KULUTUS

Tässä luvussa lasketaan

8.1 Ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergian kulutus

Laskelmien lähtötietoina tarvitaan vähintään

Ilmanvaihtokoneiden sähkötehot tai SFP-luvut

Ilmanvaihtokoneiden ilmavirrat

8.1 Ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergian kulutus

8.1.1

Puhaltimien tai ilmanvaihtokoneiden sähkönkulutus lasketaan suunnitellun ominaissähkötehon, ilmavirran ja käyttöajan tulona kaavan (8.1) mukaan

$$W_{ilmanvaihto} = \sum SFP q_v \Delta t + W_{iv, muu} \quad (8.1)$$

jossa

$W_{ilmanvaihto}$	ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergian kulutus, kWh
SFP	puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen ominaissähköteho, kW/(m ³ /s)
q_v	puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen ilmavirta, m ³ /s
Δt	puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen käyttöaika laskentajaksolla, h
$W_{iv, muu}$	muu ilmanvaihtojärjestelmän sähkönkulutus, kWh.

Tarpeenmukaisesti ohjatun ilmanvaihdon vaikutus lasketaan erikseen siihen soveltuvilla menetelmillä. Ilmanvaihtojärjestelmä suunnitellaan yleensä niin, että ominaissähköteho ei ylitä arvoa 1,8 kW/(m³ s) (koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmä) tai arvoa 0,9 kW/(m³ s) (koneellinen poistoilmanvaihtojärjestelmä).

8.1.2

Ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähköteho lasketaan konekohtaisesti kaavalla (8.2)

$$SFP = \frac{P_{puh}}{q_v} \quad (8.2)$$

jossa

SFP	puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen ominaissähköteho, kW/(m ³ /s)
P_{puh}	puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen sähköteho tehonsäätölaitteineen, kW
q_v	puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen ilmavirta, m ³ /s.

Ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähkötehoon vaikuttavat ilmanvaihtojärjestelmän painehäviö ja puhaltimien hyötysuhde. Ilmanvaihtokoneen ominaissähkötehona laskennassa käytetään käyttöajan tehostamantonta poistoilmavirtaa tai tuloilmavirtaa (suurempaa näistä).

8.1.3

Puhaltimen sähköenergiankulutus voidaan laskea myös kaavalla (8.3)

$$W_{\text{puhallin}} = \frac{\Delta p_{\text{puhallin}} q_v}{\eta_{\text{puhallin, kok}} \times 1000} \Delta t \quad (8.3)$$

jossa

W_{puhallin}	puhaltimen sähköenergian kulutus, kWh
$\Delta p_{\text{puhallin}}$	puhaltimen paineen korotus, Pa
q_v	puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen ilmavirta, m ³ /s
$\eta_{\text{puhallin, kok}}$	puhaltimen kokonaishyötysuhde, -
Δt	ajanjakson pituus, h.

Puhaltimen kokonaishyötysuhde voidaan laskea kaavalla (8.4)

$$\eta_{\text{puhallin, kok}} = \eta_{\text{puhallin}} \times \eta_{\text{käyttö}} \times \eta_{\text{moottori}} \times \eta_{\text{säätö}} \quad (8.4)$$

jossa

$\eta_{\text{puhallin, kok}}$	puhaltimen kokonaishyötysuhde, -
η_{puhallin}	puhaltimen hyötysuhde sisältäen laakerihäviöt, -
$\eta_{\text{käyttö}}$	hihnakäytön hyötysuhde, -
η_{moottori}	moottorin hyötysuhde, -
$\eta_{\text{säätö}}$	pyörimisnopeussäätimen hyötysuhde (esimerkiksi taajuusmuuttaja), -

Kaavaa (8.3) käytettäessä on puhaltimien tehonsäätölaitteiden sähkökäyttö laskettava erikseen.

8.1.4

Lämpötilan nousu puhaltimessa lasketaan kaavalla (8.5)

$$\Delta T_{\text{puhallin}} = \frac{SFP p_s}{\rho_i c_{pi}} = \frac{P_{\text{puh}} p_s}{\rho_i c_{pi} q_v} \quad (8.5)$$

jossa

$\Delta T_{\text{puhallin}}$	lämpötilan nousu puhaltimessa, °C
SFP	puhaltimen ominaissähköteho, kW/(m ³ /s)
p_s	ilmaan siirtyvän lämpötehon ja puhaltimen sähkötehon suhde, -
ρ_i	ilman tiheys, 1,2 kg/m ³
c_{pi}	ilman ominaislämpökapasiteetti, 1,0 kJ/(kg K)
P_{puh}	puhaltimen sähköteho tehonsäätölaitteineen, kW
q_v	puhaltimen ilmavirta, m ³ /s.

Suhdeluvulle p_s käytetään taulukossa 8.1 annettuja arvoja.

Taulukko 8.1 Ilmaan siirtyvän lämpötehon ja puhaltimen sähkötehon suhde p_s .

Puhaltimen moottorin sijainti	p_s
Ilmavirrassa	1,0
Ei ole ilmavirrassa	0,6

Mikäli laskennassa tarvittavia lähtöarvoja ei ole käytettävissä, oletusarvona lämpötilan nousulle puhaltimessa voidaan käyttää arvoa 0,5 °C.

8.1.5

Muu ilmanvaihtojärjestelmän sähkönkulutus, kuten lämmöntalteenottojärjestelmän pumppujen ja pyörivän lämmöntalteenottolaitteen moottorin sähkönkulutus, lasketaan kaavalla (8.6)

$$W_{iv, muu} = \sum P_{muu} \Delta t / 1000 \quad (8.6)$$

jossa

$W_{iv, muu}$

muu ilmanvaihtojärjestelmän sähkönkulutus, kWh

P_{muu}

muiden ilmanvaihtojärjestelmän laitteiden kuin puhaltimien ja puhaltimen tehonsäätölaitteiden sähköteho, W

Δt

ajanjakson pituus, h.

9.

JÄÄHDYTYSJÄRJESTELMÄN ENERGIANKULUTUS

Tässä luvussa lasketaan

9.1 Jäähdytysjärjestelmän sähkö- ja lämpöenergian kulutus

Laskelmien lähtötietoina tarvitaan vähintään

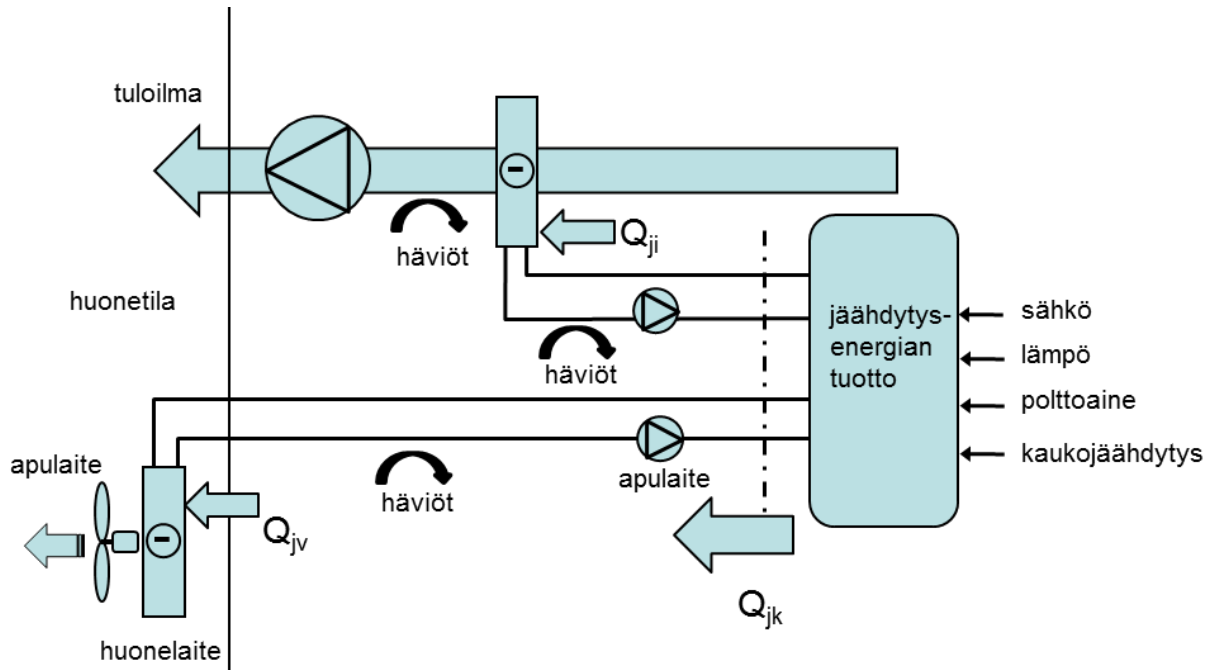
Ilmastointikoneen jäähdytyspatterin käyttämä vuotuinen jäähdytysenergia

Huonelaitteiden käyttämä vuotuinen jäähdytysenergia

9.1 Jäähdytysjärjestelmän sähkö- ja lämpöenergian kulutus

9.1.1

Rakennuksen tilojen jäähdyttämiseen käytettävä jäähdytysenergia tuodaan tiloihin joko ilmavirran tai vesivirran avulla tai käyttäen molempia tapoja samanaikaisesti (kuva 9.1). Jäähdytysjärjestelmän energiankulutus koostuu jäähdytysenergian tuoton (esimerkiksi kompressorilaitos tai jäähdytystorni) energiankulutuksesta sekä apulaitteiden sähkönkulutuksesta.



Kuva 9.1 Jäähdytysjärjestelmän periaatekuva.

Jäähdytysjärjestelmän käyttämä vuotuinen energiankulutus arvioidaan ilmanvaihdon tai ilmastoinnin jäähdytyspatterin vuotuisen jäähdytysenergiaan Q_{ji} , huonelaitteiden jäähdytysenergiaan Q_{jv} sekä jäähdytysjärjestelmän ominaisuuksiin perustuen. Mainitut vuosienenergiat lasketaan tilojen jäähdytysenergian tarpeen laskennan yhteydessä tarkoitukseen soveltuvalle energiasimulointiohjelmalla, enintään tunnin pituisista aika-askelista käyttäen. Jäähdytysjärjestelmällä tuotettu vuotuinen jäähdytysenergia lasketaan kaavalla (9.1)

$$Q_{jk} = (1 + \beta_{hji})Q_{ji} + (1 + \beta_{hju})Q_{jv} \quad (9.1)$$

jossa

Q_{jk}	jäähdytysjärjestelmällä tuotettu jäähdytysenergia, kWh/a
β_{hji}	järjestelmän ilmapuolen (termiset, kondenssi ynnä muut) häviöt huomioon ottava kerroin
Q_{ji}	ilmastointikoneen jäähdytyspatterin käyttämä jäähdytysenergia, kWh/a
β_{hju}	järjestelmän vesipuolen (termiset) häviöt huomioon ottava kerroin
Q_{ju}	huonelaitteiden käyttämä jäähdytysenergia, kWh/a.

Jäähdytyksen häviökertoimien ohjervoja annetaan taulukossa 9.1. Laskentatavasta (ohjelmasta) riippuen ilmastointikoneen jäähdytyspatterin käyttämä vuotuinen jäähdytysenergia sisältää jäähdytyspatterilla ta-
pahtuvan ilman kosteuden kondensoitumiseen tarvittavan jäähdytysenergian (märkä patteri) tai ei sisällä sitä (kuiva patteri). Tämä täytyy huomioida taulukon 9.1 häviökertoimien käytössä. Jos jäähdytyspatterin käyttämä vuotuinen jäähdytysenergia sisältää kosteuden kondensoitumiseen tarvittavan energian, käytetään sitä taulukon 9.1 kertoimen β_{hji} arvoa, joka ei sisällä kondensoitumisen vaikutusta. Jos toisaalta kondensoituminen ei sisälly jäähdytyspatterin käyttämään energiaan, se täytyy huomioida kertoimella joka sisältää kondensoitumisen.

Taulukko 9.1. Jäähdytyksen häviökertoimen ohjearvoja.

Jäähdytyksen menoveden lämpötila	$\beta_{hji}^{1)}$	$\beta_{hji}^{2)}$	β_{hju}
7 °C	0,3	0,6	0,2
10 °C	0,2	0,5	0,15
15 °C	0,1	0,2	0,1
18 °C	0,0	0,0	0,0

1) ei sisällä kondenssihäviötä

2) sisältää kondenssihäviön

9.1.2

Järjestelmälle, joka käyttää sähköä jäähdytysenergian tuottamiseen, vuotuinen jäähdytysjärjestelmän sähköenergiankulutus lasketaan kaavalla (9.2)

$$W_{\text{jäähdytys}} = \frac{Q_{jk}}{\varepsilon_E} + W_{\text{jäähd.apu}} \quad (9.2)$$

jossa

$W_{\text{jäähdytys}}$	jäähdytysjärjestelmän sähköenergian kulutus, kWh/a
Q_{jk}	jäähdytysjärjestelmällä tuotettu jäähdytysenergia, kWh/a
ε_E	jäähdytysenergian tuottoprosessin vuotuinen kylmäkerroin, -
$W_{\text{jäähd.apu}}$	jäähdytysjärjestelmän apulaitteiden sähkönkulutus, kWh/a.

Vastaavasti lämpö- tai kylmäenergiaa käyttävän järjestelmän (absorptiojäähdytys tai kaukojäähdytys) vuotuinen energiantarve lasketaan kaavalla (9.3)

$$Q_{\text{jäähdytys}} = \frac{Q_{jk}}{\varepsilon_Q} \quad (9.3)$$

jossa

$Q_{\text{jäähdytys}}$	lämpö- tai kylmäenergiaa käyttävän järjestelmän energiantarve, kWh/a
Q_{jk}	jäähdytysjärjestelmällä tuotettu jäähdytysenergia, kWh/a
ε_Q	jäähdytysenergian tuottoprosessin vuotuinen kylmäkerroin, -

Jäähdytysenergian tuotto-prosessin vuotuinen kylmäkerroin määritellään prosessilla vuosittain tuotetun jäähdytysenergian suhteena kyseessä olevaan prosessiin vuosittain käytetyn energian määrään. Tuotto-prosessiin käytettävään energiaan sisältyy tällöin muun muassa lauhdutinkiertoon käytettävä pump-pausenergia, lauhduttimen puhallinenergia, jäähdytystornin puhallinenergia ynnä muu jäähdytysproses-sin välittömästi käyttämä energia.

Jäähdytysenergian tuottotavan kylmäkertoimet on esitetty taulukossa 9.2. Taulukossa esitettyjen kertoi-mien tilalla voidaan myös käyttää yksityiskohtaisemmilla menetelmillä määritettyjä suoritusarvoja.

Taulukko 9.2. Jäähdytysenergian tuotto-prosessin vuotuisia kylmäkertoimia.

Jäähdytysenergian tuottotapa	ε_E	ε_Q
Kompressori-kylmälaitos, ilmalauhdutteinen	2,5	-
Kompressori-kylmälaitos, vesilauhdutteinen	3	-
Vapaajäähdytys, liuosjäähdytin (kuiva)	5	-
Vapaajäähdytys, jäähdytystorni (märkä)	7	-
Vapaajäähdytys, maaputkisto (vaakasuora)	30	-
Split-laitteet	3	-
Kaukojäähdytys (lämmönsiirrin)	-	1
Absorptiojäähdytys	-	0,7

9.1.3

Kun rakennuksessa käytettävä jäähdytysenergia tuotetaan kahdella eri prosessilla, esimerkiksi vapaajäh-dytyksellä ja sitä täydentävällä kompressoriyksiköllä, järjestelmän vuotuinen energiankulutus lasketaan kaavalla (9.4)

$$W_{\text{jäähdytys}} = \alpha_1 \frac{Q_{jk}}{\varepsilon_{E1}} + \alpha_2 \frac{Q_{jk}}{\varepsilon_{E2}} + W_{\text{jäähd,apu}} \quad (9.4)$$

jossa

$W_{\text{jäähdytys}}$	jäähdytysjärjestelmän sähköenergian kulutus, kWh/a
α_1	tuotto-prosessilla 1 tuotetun vuosittaisen jäähdytysenergian osuus, -
Q_{jk}	jäähdytysjärjestelmällä tuotettu jäähdytysenergia, kWh/a
α_2	tuotto-prosessilla 2 tuotetun vuosittaisen jäähdytysenergian osuus, - ($\alpha_1 + \alpha_2 = 1,0$)
$W_{\text{jäähd,apu}}$	jäähdytysjärjestelmän apulaitteiden sähköenergian kulutus, kWh/a.
ε_{E1}	tuotto-prosessin 1 vuotuinen kylmäkerroin, -
ε_{E2}	tuotto-prosessin 2 vuotuinen kylmäkerroin, -

9.1.4

Edellisen lisäksi järjestelmät käyttävät sähköä pumppujen, puhaltimien ja muiden apulaitteiden toimintoihin jäähdytyksen luovutuksen ja jakelun yhteydessä. Apulaitteiden sähkönkulutukseen lasketaan jäähdytysenergian jakeluun tarvittava pumppausenergia sekä jäähdytysenergian luovutuksen tehostamiseen käytettävä energia, kuten puhallinkonvektorin puhallinenergia. Apulaitteiden sähkönkulutukseen ei lasketa ilmanvaihdon tai ilmastoinnin ilman siirtämiseen käyttämää puhallinenergiaa eikä jäähdytysenergian tuottoprosessin yhteydessä käytettävää energiaa. Apulaitteiden sähkönkulutus riippuu järjestelmän tyypistä ja se lasketaan kaavalla (9.5)

$$W_{\text{jäähd, apu}} = \beta_{\text{apu}} Q_{\text{jk}} \quad (9.5)$$

$W_{\text{jäähd, apu}}$ jäähdytysjärjestelmän apulaitteiden sähköenergian kulutus, kWh/a
 β_{apu} järjestelmän vuotuinen apulaitteiden sähkönkulutuksen kulutuskerroin, -
 Q_{jk} jäähdytysjärjestelmällä tuotettu jäähdytysenergia, kWh/a.

Kulutuskertoimelle on esitetty arvoja taulukossa 9.3. Taulukossa esitettyjen arvojen tilalla voidaan aina käyttää yksityiskohtaisemmalla menetelmällä laskettuja arvoja.

Taulukko 9.3. Jäähdytyksen apulaitteiden sähkönkulutuksen kulutuskertoimen arvoja.

Jäähdytysjärjestelmä	β_{apu}
Vesijärjestelmä, jäähdytyspalkki	0,06
Vesijärjestelmä, puhallinkonvektori	0,08
Ilmajärjestelmä, ilmamääräsäätöinen järjestelmä	0,05

10.

LÄMMITYSTEHO

Tässä luvussa lasketaan

- 10.1 Rakennuksen lämmitystehon tarve
- 10.2 Rakennusvaipan johtumislämpöhäviöteho
- 10.3 Vuotoilman lämpenemisen lämpötehon tarve
- 10.4 Tilassa tapahtuvan tuloilman lämpenemisen lämpötehon tarve
- 10.5 Korvausilman lämpenemisen lämpötehon tarve
- 10.6 Ilmanvaihtokoneen lämmityspatterin teho
- 10.7 Käyttöveden lämmityksen lämpötehon tarve

Laskelmien lähtötietoina tarvitaan vähintään

- Rakennusosien pinta-alat
- Rakennusosien lämmönläpäisykertoimet
- Rakennuksen ilmatilavuus
- Ilmanvaihdon ilmavirrat
- Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton lämpötilasuhteet mitoitusilanteessa
- Lämpimän käyttöveden mitoitusvirtaama
- Lämmitysjärjestelmien hyötysuhteet

10.1 Rakennuksen lämmitystehon tarve

10.1.1

Rakennuksen lämmitystehon tarve lasketaan yleensä tilakohtaisesti, jolloin voidaan laskea tilassa tarvittava lämmitysteho ja mitoittaa ja valita tilakohtaiset lämmityslaitteet. Rakennuksen lämmitystehon tarve riippuu pääasiassa rakenteiden johtumislämpöhäviöistä, ilmapuodoista ja ilmanvaihdosta. Lämmitystehon tarve lasketaan paikkakunnan mitoittavalla ulkoilman lämpötilalla, joka on esitetty energiategohkoisuusasetuksen liitteessä 1.

Jos ilmanvaihtoon tarvittava ulkoilma tai osa siitä tuodaan tiloihin suoraan ulkoa tai huoneilman lämpötilaa matalammassa lämpötilassa, sen lämpenemisen tarvitsema teho on otettava huomioon tilakohtaisten lämmityslaitteiden mitoituksessa. Ilmanvaihtokoneessa tapahtuva tuloilman jälkilämmitys otetaan huomioon ilmanvaihtokoneen lämmityspatterin mitoituksessa. Rakennuksen lämmitystehon tarve saadaan tilakohtaisten samanaikaisten lämmitystehon tarpeiden summana, johon lisätään ilmanvaihtojärjestelmästä riippuen mahdollisen tuloilman lämmitystehon tarve sekä lämpimän käyttöveden lämmityksen samanaikainen tehontarve.

Auringon säteilylämpöä ei oteta huomioon tehontarpeen laskennassa. Sisäisten lämmönlähteiden vaikutus tehontarpeeseen otetaan huomioon vain niiden ollessa merkittäviä ja jatkuvia. Rakennuksen rakenteiden lämpökapasiteetti otetaan huomioon epäjatkuvan lämmityksen mitoituslämmitystehoa laskettaessa.

Lämmöntuottolaitteistot voidaan mitoittaa lasketusta lämmitystehon tarpeesta poikkeavasti. Esimerkiksi varaavissa järjestelmissä varaajaan tai varaaviin rakenteisiin voidaan tuoda vuorokautinen energia muutamassa tunnissa. Teho on tällöin moninkertainen jatkuvaan lämmitystehon tarpeeseen nähden. Toisaalta lämpimän käyttöveden suuret hetkittäiset tehohiiput voidaan ottaa varaajasta, jolloin varaajaa voidaan lämmittää hitaasti pienellä teholla uutta käyttöä varten.

Jaksollisessa ja osa-aikaisessa lämmityksessä käytettävien laitteiden mitoitus riippuu voimakkaasti palautuslämmityksen aikaisesta tehontarpeesta, johon vaikuttavat palautuslämmitysaika, rakenteiden lämpökapasiteetti (massiivisuus), lämpötilan sallittu lasku ja lämmitysjakson pituus.

10.1.2

Rakennuksen lämmitystehon tarve lasketaan laskemalla yhteen samanaikaiset tehontarpeet kaavalla (10.1)

$$\phi_{\text{lämmitys}} = \frac{\phi_{\text{tila}}}{\eta_{\text{tilalämmitys}}} + \frac{\phi_{\text{iv}}}{\eta_{\text{iv}}} + \frac{\phi_{\text{lkv}}}{\eta_{\text{lkv}}} \quad (10.1)$$

jossa

$\phi_{\text{lämmitys}}$	rakennuksen lämmitystehon tarve, W
ϕ_{tila}	tilojen lämmitysjärjestelmän lämpötehon tarve, W
ϕ_{iv}	ilmanvaihdon tuloilman lämmitysjärjestelmän lämpötehon tarve, W
ϕ_{lkv}	käyttöveden lämmitysjärjestelmän lämpötehon tarve, W
$\eta_{\text{tilalämmitys}}$	tilalämmitysjärjestelmän hyötysuhde mitoitusolosuhteissa, -
η_{iv}	ilmanvaihdon tuloilman lämmitysjärjestelmän hyötysuhde mitoitusolosuhteissa, -
η_{lkv}	käyttöveden lämmitysjärjestelmän hyötysuhde mitoitusolosuhteissa, -

Mikäli järjestelmien hyötysuhdetta mitoitusolosuhteissa ei tunneta, hyötysuhteena voidaan käyttää arvoa 0,9. Suoraan sisäilmaa tai tuloilmaa lämmittävän sähkölämmityksen hyötysuhteena voidaan kuitenkin yleensä käyttää arvoa 1,0.

10.1.3

Tilojen lämmitysjärjestelmän lämpötehon tarve lasketaan kaavalla (10.2)

$$\phi_{\text{tila}} = \phi_{\text{joht}} + \phi_{\text{vuotoilma}} + \phi_{\text{tuloilma}} + \phi_{\text{korvausilma}} \quad (10.2)$$

jossa

ϕ_{tila}	tilojen lämmitysjärjestelmän lämpötehon tarve, W
ϕ_{joht}	johtumislämpöhäviöt rakennusvaipan läpi, W
$\phi_{\text{vuotoilma}}$	vuotoilman lämpenemisen lämpötehon tarve, W
ϕ_{tuloilma}	teho tuloilman lämmittämiseen tilassa, W
$\phi_{\text{korvausilma}}$	teho korvausilman lämmittämiseen tilassa, W.

10.2 Rakennusvaipan johtumislämpöhäviöteho

10.2.1

Rakennusvaipan johtumislämpöhäviöteho lasketaan kaavalla (10.3)

$$\phi_{\text{joht}} = \phi_{\text{ulkoseinä}} + \phi_{\text{yläpohja}} + \phi_{\text{alapohja}} + \phi_{\text{ikkuna}} + \phi_{\text{ovi}} + \phi_{\text{muu}} + \phi_{\text{kylmäsilta}} \quad (10.3)$$

jossa

ϕ_{joht}	johtumislämpöteho rakennusvaipan läpi, W
$\phi_{\text{ulkoseinä}}$	johtumislämpöteho ulkoseinien läpi, W
$\phi_{\text{yläpohja}}$	johtumislämpöteho yläpohjien läpi, W
ϕ_{alapohja}	johtumislämpöteho alapohjien läpi, W
ϕ_{ikkuna}	johtumislämpöteho ikkunoiden läpi, W
ϕ_{ovi}	johtumislämpöteho ulko-ovien läpi, W
ϕ_{muu}	johtumislämpöteho tilaan, jonka lämpötila poikkeaa ulkolämpötilasta, W
$\phi_{\text{kylmäsilta}}$	johtumislämpöteho kylmäsiltojen läpi, W.

Lämpöhäviötehot rakennusosien läpi lasketaan jokaiselle rakennusosalle i kaavalla (10.4) ja lämpöhäviötehot kylmäsiltojen läpi lasketaan kaavalla (10.5)

$$\phi_i = \sum U_i A_i (T_s - T_{u,mit}) \quad (10.4)$$

$$\phi_{kylmäsilta} = \sum l_k \Psi_k (T_s - T_{u,mit}) \quad (10.5)$$

joissa

ϕ_i	johtumislämpöteho rakennusosan i läpi, W
$\phi_{kylmäsilta}$	johtumislämpöteho kylmäsiltojen läpi, W
U_i	rakennusosan i lämmönläpäisykerroin, W/(m ² K)
A_i	rakennusosan i pinta-ala, m ²
T_s	sisäilman lämpötila, °C
$T_{u,mit}$	mitoitettava ulkoilman lämpötila, °C
l_k	viivamaisen kylmäsilan pituus, m
Ψ_k	viivamaisen kylmäsilan lisäkonduktanssi, W/(m K).

Mitoitustilanteen ulkolämpötila valitaan rakennuksen sijaintipaikan mukaan säätietotaulukosta, joka on annettu energiatehokkuusasetuksen liitteessä 1.

10.2.2

Tilakohtaisen lämmitystehon laskennassa viereisiin tiloihin joutuva lämpöteho huomioidaan tarvittaessa kaavassa (10.3) termissä ϕ_{muu} . Viereisiin tiloihin johtuva lämpöteho lasketaan kaavalla (10.4) käyttämällä laskennassa tilojen välisten rakennusosien lämmönläpäisykertoimia ja lämpötilaerona tilojen sisälämpötilojen eroa.

10.2.3

Johtumisteho alapohjan läpi voidaan laskea kaavan (10.4) avulla, jos lämmönjohtuminen alapohjasta tapahtuu pääasiassa ulkoilmaan. Jos ilman lämpötila alapohjan alla on jatkuvasti sama kuin ulkoilman lämpötila, käytetään mitoituksessa tällöin tätä varsinaista ulkoilman lämpötilaa.

10.2.4

Jos alapohjan alla oleva ryömintätila on osittain suljettu siten, että tuuletusaukkoja on enintään 8 promillea alapohjan pinta-alasta, mitoittavana lämpötilana käytetään vuotuisia mitoittavia keskilämpötilan arvoja vähennettynä 2 °C:lla. Tällöin alapohjan U-arvo lasketaan ilman maan ja ryömintätilan lämmönvastusta ja teho voidaan laskea kaavan (10.4) avulla.

10.2.5

Maahan johtuva teho voidaan laskea kaavan (10.4) avulla. Tällöin alapohjan U-arvona käytetään rakenteen ja maaperän yhteenlaskettua lämmönläpäisykerrointa. Mitoittavana ulkolämpötilana käytetään vuotuisia mitoittavia keskilämpötilan arvoja lisättynä 2 °C:lla. Pinta-alana käytetään välittömästi maan kanssa kosketuksissa olevaa alapohjan pinta-alaa.

10.3 Vuotoilman lämpenemisen lämpötehon tarve

10.3.1

Vuotoilman lämpenemisen lämpötehon tarve lasketaan kaavalla (10.6)

$$\phi_{\text{vuotoilma}} = \rho_i c_{pi} q_{v, \text{vuotoilma}} (T_s - T_{u, \text{mit}}) \quad (10.6)$$

jossa

$\phi_{\text{vuotoilma}}$	vuotoilman lämpenemisen lämpötehon tarve, W
ρ_i	ilman tiheys, 1,2 kg/m ³
c_{pi}	ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000 J/(kg K)
$q_{v, \text{vuotoilma}}$	vuotoilmavirta, m ³ /s
T_s	sisäilman lämpötila, °C
$T_{u, \text{mit}}$	mitoitettava ulkoilman lämpötila, °C.

10.3.2

Jos on perusteltua syytä olettaa rakennus poikkeuksellisen tiiviiksi tai epätiiviiksi, vuotoilmavirta on tällöin arvioitava erikseen. Maanalaisissa kellaritiloissa ja rakennuksen keskellä olevissa tiloissa ilmavuotoja ei yleensä tarvitse ottaa huomioon.

10.4 Tilassa tapahtuvan tuloilman lämpenemisen lämpötehon tarve

10.4.1

Tilassa tapahtuvan tuloilman lämpenemisen lämpötehon tarve lasketaan kaavalla (10.7)

$$\phi_{\text{tuloilma}} = \rho_i c_{pi} q_{v, \text{tulo}} (T_s - T_{sp}) \quad (10.7)$$

jossa

ϕ_{tuloilma}	tilassa tapahtuvan tuloilman lämpenemisen lämpötehon tarve, W
ρ_i	ilman tiheys, 1,2 kg/m ³
c_{pi}	ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000 J/(kg K)
$q_{v, \text{tulo}}$	tuloilmavirta, m ³ /s
T_s	sisäilman lämpötila, °C
T_{sp}	sisäänpuhalluslämpötila, °C.

10.5 Korvausilman lämpenemisen lämpötehon tarve

10.5.1

Korvausilman lämpenemisen lämpötehon tarve lasketaan kaavalla (10.8)

$$\phi_{\text{korvausilma}} = \rho_i c_{pi} q_{v, \text{korvausilma}} (T_s - T_{u, \text{mit}}) \quad (10.8)$$

jossa

$\phi_{\text{korvausilma}}$	korvausilman lämpenemisen lämpötehon tarve, W
ρ_i	ilman tiheys, 1,2 kg/m ³
c_{pi}	ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000 J/(kg K)
$q_{v, \text{korvausilma}}$	korvausilmavirta, m ³ /s
T_s	sisäilman lämpötila, °C
$T_{u, \text{mit}}$	mitoitettava ulkoilman lämpötila, °C.

10.5.2

Korvausilmavirta lasketaan kaavalla (10.9)

$$q_{v, \text{korvausilma}} = q_{v, \text{poisto}} - q_{v, \text{tulo}} \quad (10.9)$$

jossa

Q_v , korvausilma	korvausilmavirta, m ³ /s
Q_v , poisto	poistoilmavirta, m ³ /s
Q_v , tulo	tuloilmavirta, m ³ /s.

10.6 Ilmanvaihtokoneen lämmityspatterin teho

10.6.1

Tehontarpeen laskennassa käytetään suunnitelmien mukaisia ilmavirtoja. Lämmityslaitteistojen tehoa ei tarvitse mitoittaa ilmanvaihdon lyhytaikaisten tehostustilanteiden, kuten esimerkiksi pientaloissa liesituuletin suurimman poistoilmavirran mukaisesti.

Poistoilmasta lämmöntalteenottolaitteilla tuloilman lämmityksessä hyödynnettävä teho lasketaan ottamalla huomioon lämmöntalteenottolaitteiden hyötysuhde mitoituslämpötilassa, mukaan lukien lämmöntalteenottolaitteen jäätymissuojauksen toiminta, ilmavirtojen mahdolliset muutokset sekä hyödyksi saatava tuloilmapuhaltimien sähköteho.

Poistoilmalämpöpumpun vaikutus ilmanvaihdon lämmitystehon tarpeeseen lasketaan erikseen ottamalla huomioon talteenotetun lämmön käyttökohde.

10.6.2

Koko rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän tarvitsema lämmitysteho lasketaan ilmanvaihtokoneittain kaavalla (10.10)

$$\phi_{iv} = \rho_i c_{pi} Q_{v,tulo} (T_{sp} - T_{lto,mit}) \quad (10.10)$$

jossa

ϕ_{iv}	ilmavaihdon lämmityspatterin teho, W
ρ_i	ilman tiheys, 1,2 kg/m ³
c_{pi}	ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000 J/(kg K)
$Q_{v,tulo}$	tuloilmavirta, m ³ /s
T_{sp}	sisäänpuhalluslämpötila, °C
$T_{lto,mit}$	lämmöntalteenoton jälkeinen tuloilman lämpötila mitoitusilanteessa, °C.

Lämmöntalteenoton jälkeinen tuloilman lämpötila lasketaan kaavalla (10.11)

$$T_{lto,mit} = T_{u,mit} + \eta_{t,mit} (T_s - T_{u,mit}) \quad (10.11)$$

jossa

$T_{lto,mit}$	lämmöntalteenoton jälkeinen tuloilman lämpötila mitoitusilanteessa, °C
$T_{u,mit}$	mitoitettava ulkoilman lämpötila, °C
$\eta_{t,mit}$	lämmöntalteenoton tuloilman lämpötilasuhde mitoitusilanteessa, -
T_s	sisäilman lämpötila, °C.

10.6.3

Lämmöntalteenoton tuloilman lämpötilasuhde mitoitusilanteessa lasketaan kaavalla (10.12)

$$\eta_{t,mit} = \frac{\eta_{p,mit}}{R} \quad (10.12)$$

jossa

$\eta_{t, mit}$ lämmöntalteenoton tuloilman lämpötilasuhde mitoitustilanteessa, -
 $\eta_{p, mit}$ lämmöntalteenoton poistoilman lämpötilasuhde mitoitustilanteessa, -
R tuloilmavirran suhde poistoilmavirtaan, -

10.6.4

Lämmöntalteenoton poistoilman lämpötilasuhde mitoitustilanteessa lasketaan kaavalla (10.13)

$$\eta_{p, mit} = \frac{T_s - T_{up}}{T_s - T_{u, mit}} \quad (10.13)$$

jossa

$\eta_{p, mit}$ lämmöntalteenoton poistoilman lämpötilasuhde mitoitustilanteessa, -
 T_s sisäilman lämpötila, °C
 T_{up} ulospuhallusilman lämpötila, °C
 $T_{u, mit}$ ulkoilman lämpötila mitoitustilanteessa, °C.

Lämmitystehon laskennassa otetaan huomioon poistoilman lämpötilasuhteen heikentäminen esimerkiksi ohittamalla lämmöntalteenotto, jotta lämmönsiirrin ei jäätyisi. Ulospuhallusilman lämpötilana mitoitustilanteessa käytetään ensisijaisesti valmistajan ilmoittamaa varmennettua arvoa. Mikäli valmistajan ilmoittama arvo ei ole käytettävissä, ja mikäli jäätymissuojaus ja käyttöolosuhteet sen sallivat, kuivissa toimitustiloissa voidaan käyttää tehontarpeen laskennassa jäätymisenestön rajoituslämpötilana ulospuhallusilman lämpötilaa 0 °C ja tavanomaisissa asuintiloissa voidaan käyttää lämpötilaa +5 °C.

Jos lämmöntalteenotto kykenee nostamaan tuloilman lämpötilan korkeammaksi kuin tuloilman lämpötilan asetusarvo, kaavalla (10.10) laskettu arvo on negatiivinen. Tällöin tuloilman jälkilämmityspatterin tehontarpeena käytetään arvoa 0 W.

10.7 Käyttöveden lämmityksen lämpötehon tarve

10.7.1

Käyttöveden lämmityksen tarvitsema teho lasketaan rakennusten vesi- ja viemärlaitteistoista annetun ympäristöministeriön asetuksen mukaisesti määritetyllä, rakennuskohtaisella lämpimän käyttöveden mitoitusvirtaamalla. Tehoon lisätään tarvittaessa lämpimän käyttöveden kiertojohdon lämpöhäviöteho. Yleensä kiertojohdon lämpöhäviöteho on pieni verrattuna käyttöveden lämmitystehon tarpeeseen.

Käyttöveden lämmityksen lämpötehon tarve lasketaan kaavalla (10.14)

$$\phi_{lkv} = \rho_v c_{pv} q_{v, lkv} (T_{lkv} - T_{kv}) + \phi_{lkv, kiertohäviö} \quad (10.14)$$

jossa

ϕ_{lkv} käyttöveden lämmityksen lämpötehon tarve, kW
 ρ_v veden tiheys, 1000 kg/m³
 c_{pv} veden ominaislämpökapasiteetti, 4,2 kJ/(kg K)
 $q_{v, lkv}$ lämpimän käyttöveden mitoitusvirtaama, m³/s
 T_{lkv} lämpimän käyttöveden lämpötila, °C
 T_{kv} kylmän käyttöveden lämpötila, °C
 $\phi_{lkv, kiertohäviö}$ lämpimän käyttöveden kiertojohdon lämpöhäviöt, kW.

Ellei perustelluista syistä ole tarvetta käyttää muita arvoja, lämpimän ja kylmän veden lämpötilaerona ($T_{lkv} - T_{kv}$) käytetään arvoa 50 °C.

10.7.2

Jos käyttövesi lämmitetään varaajassa, varaajan latausteho on yleensä pienempi kuin käyttöveden lämmitysteho mitoitusvirtaamalla. Varaajan latausteho ja varauskyky mitoitetaan yleensä vastaamaan vuorokauden kulutusta. Varaajan lämpöhäviöt tulee ottaa huomioon lataustehoa mitoitettaessa.

Käyttöveden lämmityksen tarvitsemaan tehoon lasketaan tarvittaessa mukaan lämpimän käyttöveden kiertojohtoon lämpöhäviöiden aiheuttama lämmitystehon tarve kaavalla (10.15) tai kaavalla (10.16)

$$\phi_{lkv, kiertohäviö} = \phi_{lkv, kiertohäviö, omin} A_{netto} \quad (10.15)$$

$$\phi_{lkv, kiertohäviö} = \rho_v c_{pv} q_{v, lkv, kierto} (T_{lkv} - T_{lkv, kierto, paluu}) \quad (10.16)$$

jossa

$\phi_{lkv, kiertohäviö}$	lämpimän käyttöveden kiertojohtoon lämpöhäviöt, kW
$\phi_{lkv, kiertohäviö, omin}$	lämpimän käyttöveden kiertojohtoon lämpöhäviöiden ominaisteho, kW/m ²
A_{netto}	rakennuksen lämmitetty nettoala, m ²
ρ_v	veden tiheys, 1000 kg/m ³
c_{pv}	veden ominaislämpökapasiteetti, 4,2 kJ/(kg K)
$q_{v, lkv, kierto}$	lämpimän käyttöveden kiertojohtoon mitoitusvesivirta, m ³ /s
T_{lkv}	lämpimän käyttöveden lämpötila, °C
$T_{lkv, kierto, paluu}$	lämpimän käyttöveden kiertojohtoon paluuveden lämpötila, °C

Ellei perustelluista syistä ole tarvetta käyttää muita arvoja, lämpimän ja kylmän veden kiertojohtoon paluuveden lämpötilaerona ($T_{lkv} - T_{lkv, kierto, paluu}$) käytetään arvoa 5 °C.

Ellei selvityksin toisin osoiteta, asuinrakennuksissa ja vastaavissa käytetään lämpimän käyttöveden kiertojohtoon tarvitsemana ominaistehona arvoa 0,002 kW/m², jos kiertojohtoon ei ole kytketty kuivauspattereita. Jos kiertojohtoon on kytketty kuivauspattereita, ominaistehona käytetään arvoa 0,004 kW/m². Muissa rakennustyypeissä ominaisteho on puolet asuinrakennusten arvoista.

11.

AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMÄN SÄHKÖNTUOTTO

Tässä luvussa lasketaan

11.1 Aurinkosähköjärjestelmän sähköntuotto

Laskelmien lähtötietoina tarvitaan vähintään

Kennojen pinta-ala, suuntaus ja kallistus sekä kennojen hyötysuhde

11.1 Aurinkosähköjärjestelmän sähköntuotto

11.1.1

Rakennukseen liitetyn aurinkosähköjärjestelmän tuottama kuukausittainen sähköenergia $W_{pv, i}$ voidaan laskea tällä menetelmällä. Menetelmä koskee ainoastaan rakennukseen kuuluvan aurinkosähköjärjestelmän energiantuoton laskentaa: menetelmä ei käsittele sähkön siirtoa, jakelua tai varastointia. Tätä menetelmää ei voi käyttää, jos paneeleihin kohdistuu merkittävästi varjostuksia. Aurinkokennojen mahdollisesti tarvitseman apuenergian kulutusta ei lasketa erikseen. Aurinkokennojen mahdollisesti tuottamaa lämpöä tai niistä talteen otettavaa lämpöä ei oteta huomioon tässä energiataselaskennassa.

Rakennuksessa käytetyn sähköenergian ja aurinkosähköjärjestelmällä tuotetun sähköenergian suhdetta voidaan arvioida kuukausittain alaluvussa 11.1.3 annettujen kertoimien avulla. Näitä kuukausittaisia arvoja ei tule käyttää vaatimuksenmukaisuuden osoittamisen laskennassa eri kuukausien lämpökuormien arvoina. Kertoimissa on otettu huomioon sähkökulutuksen kuukausittainen vaihtelu. Niissä ei ole otettu huomioon mahdollista varastointia ja sähkönkäytön vuorokausittaisia sekä viikottaisia vaihteluja ja niiden vaikutusta ostoenergian määrään.

11.1.2

Aurinkosähkökennojen kuukausittain tuottama sähköenergia lasketaan kaavalla (11.1)

$$W_{pv, i} = \eta_{kenno} F G_{aur, i} A_{kenno} \quad (11.1)$$

jossa

$W_{pv, i}$	aurinkosähkökennojen tuottama sähköenergia kuukaudessa i , kWh
η_{kenno}	kennoston hyötysuhde, -
F	aurinkosähkökennon ilmansuunnan ja kallistuskulman mukainen korjauskerroin, -
$G_{aur, i}$	kennostoon kohdistuva auringon säteilyn energia kuukauden i aikana, kWh/m ²
A_{kenno}	aurinkosähkökennon pinta-ala (ilman kehystä), m ² .

Taulukossa 11.1 on esitetty eri ilmastovyöhykeille suoraan etelään ja 45° kallistuskulmaan tulevan auringon säteilyn intensiteetti.

Taulukko 11.1. Auringon säteilyn intensiteetti pinnalle, joka on suunnattu etelään ja jolla on 45° kallistuskulma.

kuukausi	kWh/m ²		
	Säävyöhyke I-II	Säävyöhyke III	Säävyöhyke IV
Tammikuu	11,2	8,4	1,5
Helmikuu	43,4	40,1	26,6
Maaliskuu	90,3	68,0	73,2
Huhtikuu	141,4	127,3	150,0
Toukokuu	166,9	178,5	127,8
Kesäkuu	161,7	150,4	143,8
Heinäkuu	180,3	158,4	154,7
Elokuu	138,0	127,9	103,3
Syyskuu	111,5	100,5	96,2
Lokakuu	34,7	37,2	28,4
Marraskuu	15,2	12,9	3,7
Joulukuu	10,2	3,7	0,2

Taulukoissa L4.1 – L4.3 on esitetty eri ilmastovyöhykeille suuntauksen ja kallistuskulman huomioon ottava kerroin F.

11.1.3

Kuluttajalaitteiden ja valaistuksen kuukausittaisia energiankulutuksia, jotka on laskettu esimerkiksi vuosikulutuksista kuukausien päivien lukumäärien avulla, voidaan painottaa eri kuukausille taulukon 11.2 kertoimien avulla. Saatuja kuukausittaisia arvoja voidaan käyttää sähköntuoton hyödyntämistasteen laskennassa.

Näitä kuukausittaisia arvoja ei tule käyttää vaatimuksen mukaisuuden osoittamisen laskennassa eri kuukausien lämpökuormien arvoina.

Taulukko 11.2. Kuluttajalaitteiden ja valaistuksen sähköenergiakulutuksen kuukausittaiset painokertoimet.

kuukausi	Asuinrakennukset		Muut rakennukset	
	Kuluttajalaitteet	Valaistus	Kuluttajalaitteet	Valaistus
Tammikuu	1,2	1,2	1,2	1,2
Helmikuu	1,2	1,2	1,2	1,2
maaliskuu	1,1	1,1	1,2	1,1
Huhtikuu	0,9	0,9	1,2	0,9
Toukokuu	0,8	0,8	1,2	0,8
Kesäkuu	0,8	0,8	0,4	0,8
Heinäkuu	0,8	0,8	0,4	0,8
Elokuu	0,8	0,8	0,4	0,8
Syyskuu	0,9	0,9	1,2	0,9
Lokakuu	1,1	1,1	1,2	1,1
Marraskuu	1,2	1,2	1,2	1,2
Joulukuu	1,2	1,2	1,2	1,2

Liite1

Kattiloiden ja kaukolämmönjakokeskusten hyötysuhteiden ohjearvoja

Taulukko L1.1 Erillisten pientalojen sekä rivi- ja ketjutalojen kattiloiden ja kaukolämmönjakokeskuksen hyötysuhteiden kuukausittaisia ohjearvoja.

Kuukausi	Hyötysuhde, -						
	standardi öljy/kaasu	kondenssi öljy	kondenssi kaasu	η_{tuotto} pelletti- kattila	puukattila energia- varaajalla	sähkö- kattila	kaukolämpö
1	0,86	0,92	0,98	0,81	0,78	0,94	0,96
2	0,86	0,92	0,98	0,81	0,78	0,93	0,96
3	0,83	0,89	0,94	0,77	0,71	0,90	0,95
4	0,79	0,85	0,91	0,73	0,75	0,86	0,93
5	0,72	0,79	0,84	0,65	0,69	0,79	0,91
6	0,67	0,73	0,78	0,60	0,55	0,74	0,91
7	0,68	0,74	0,78	0,60	0,67	0,74	0,91
8	0,67	0,73	0,78	0,60	0,57	0,74	0,91
9	0,73	0,79	0,84	0,66	0,67	0,79	0,91
10	0,80	0,86	0,91	0,74	0,76	0,87	0,94
11	0,83	0,90	0,95	0,78	0,74	0,91	0,95
12	0,85	0,91	0,97	0,80	0,79	0,93	0,96

Taulukko L1.2 Muiden (isompien) rakennusten kattiloiden ja kaukolämmönjakokeskuksen hyötysuhteiden kuukausittaisia ohjearvoja.

Kuukausi	Hyötysuhde, -					
	standardi öljy/kaasu	kondenssi öljy	kondenssi kaasu	η_{tuotto} pelletti- kattila	puukattila energiavaraajalla	kaukolämpö
1	0,92	0,97	1,03	0,87	0,84	0,98
2	0,92	0,97	1,03	0,88	0,84	0,98
3	0,91	0,96	1,02	0,86	0,83	0,98
4	0,88	0,93	0,99	0,80	0,80	0,95
5	0,78	0,83	0,88	0,64	0,71	0,88
6	0,68	0,73	0,77	0,51	0,60	0,83
7	0,67	0,71	0,76	0,50	0,59	0,82
8	0,67	0,72	0,77	0,51	0,61	0,83
9	0,77	0,82	0,87	0,63	0,72	0,88
10	0,88	0,93	0,99	0,81	0,82	0,96
11	0,91	0,96	1,02	0,86	0,83	0,98
12	0,92	0,97	1,03	0,88	0,84	0,99

Liite2

Lämpöpumpun kattama osuus tilojen ja lämpimän käyttöveden lämpöenergian tarpeesta

Taulukossa L2.1 esitetään maalämpöpumpun kattama osuus tilojen ja lämpimän käyttöveden lämpöenergian tarpeesta. Taulukon L2.1 lukuarvojen laskennassa on oletettu, että tiloja ja käyttövettä lämmitävät lämpöpumput lämmitävät vuorotellen käyttövettä tai tiloja, siten että käyttövettä lämmitetään ensisijaisesti. Mikäli oletus ei päde laskettavassa tapauksessa, on tapaus laskettava tarkemmin muilla menetelmillä.

Taulukko L2.1. Maalämpöpumpun kattama osuus tilojen ja lämpimän käyttöveden lämpöenergian tarpeesta ($Q_{LP}/Q_{\text{lämmitys, tilat, lkv}}$). Taulukossa ($\phi_{LPn}/\phi_{\text{tila}}$) on lämpöpumpun tuottaman lämpötehon ja tilojen lämmityksen mitoitetustehon suhde, ($Q_{\text{lämmitys, tilat}}/Q_{\text{lämmitys, lkv}}$) tilojen lämmityksen lämpöenergian tarpeen ja lämpimän käyttöveden lämmittämisen lämpöenergian tarpeen suhde ja (T_m) on korkein menoveden lämpötila. Lämpöpumpun nimellisteho ϕ_{LPn} annetaan toimintapisteessä $T_{\text{iuos}}/T_{\text{meno}} 0/35$ °C.

$\phi_{LPn}/\phi_{\text{tila}}$	$Q_{\text{lämmitys, tilat}}/Q_{\text{lämmitys, lkv}}$	Maalämpöpumpun kattama osuus tilojen ja lämpimän käyttöveden lämpöenergiasta ($Q_{LP}/Q_{\text{lämmitys, tilat, lkv}}$)											
		Säävyöhyke: I-II				Säävyöhyke: III				Säävyöhyke: IV			
		$T_m, \text{°C}$				$T_m, \text{°C}$				$T_m, \text{°C}$			
		30	40	50	60	30	40	50	60	30	40	50	60
0,30	0,50	0,39	0,39	0,39	0,39	0,38	0,38	0,38	0,38	0,36	0,36	0,36	0,36
	1,00	0,47	0,47	0,47	0,47	0,46	0,46	0,46	0,46	0,44	0,44	0,44	0,44
	2,00	0,62	0,60	0,58	0,56	0,60	0,58	0,56	0,54	0,44	0,54	0,52	0,51
	4,00	0,68	0,65	0,62	0,59	0,67	0,63	0,60	0,58	0,63	0,59	0,56	0,54
0,40	0,50	0,52	0,52	0,52	0,52	0,51	0,51	0,51	0,51	0,48	0,48	0,48	0,48
	1,00	0,67	0,66	0,65	0,64	0,65	0,64	0,63	0,62	0,61	0,60	0,59	0,59
	2,00	0,78	0,75	0,72	0,70	0,76	0,73	0,70	0,68	0,59	0,69	0,67	0,64
	4,00	0,84	0,79	0,76	0,73	0,82	0,77	0,73	0,70	0,78	0,73	0,69	0,66
0,50	0,50	0,65	0,65	0,65	0,65	0,63	0,63	0,63	0,63	0,61	0,61	0,61	0,61
	1,00	0,82	0,80	0,78	0,76	0,80	0,78	0,76	0,74	0,77	0,74	0,73	0,71
	2,00	0,90	0,87	0,84	0,81	0,89	0,85	0,82	0,79	0,71	0,81	0,78	0,75
	4,00	0,92	0,89	0,86	0,83	0,91	0,88	0,84	0,81	0,89	0,84	0,80	0,76
0,60	0,50	0,81	0,80	0,79	0,78	0,79	0,78	0,77	0,76	0,75	0,74	0,74	0,73
	1,00	0,92	0,90	0,88	0,86	0,91	0,88	0,86	0,84	0,88	0,85	0,82	0,80
	2,00	0,95	0,93	0,91	0,89	0,95	0,92	0,90	0,87	0,80	0,90	0,86	0,83
	4,00	0,96	0,94	0,92	0,90	0,96	0,93	0,91	0,88	0,95	0,91	0,88	0,85
0,70	0,50	0,92	0,90	0,88	0,87	0,90	0,88	0,87	0,86	0,87	0,85	0,84	0,83
	1,00	0,97	0,95	0,94	0,92	0,96	0,95	0,93	0,91	0,95	0,92	0,90	0,88
	2,00	0,98	0,96	0,95	0,93	0,98	0,96	0,94	0,92	0,88	0,95	0,92	0,90
	4,00	0,98	0,97	0,95	0,94	0,98	0,96	0,95	0,93	0,98	0,95	0,93	0,90
0,80	0,50	0,97	0,96	0,95	0,94	0,97	0,95	0,94	0,93	0,95	0,93	0,91	0,90
	1,00	0,99	0,98	0,97	0,96	0,99	0,97	0,96	0,95	0,98	0,96	0,95	0,93
	2,00	0,99	0,98	0,97	0,96	0,99	0,98	0,97	0,95	0,99	0,97	0,95	0,95
	4,00	0,99	0,98	0,97	0,96	0,99	0,98	0,97	0,95	0,99	0,98	0,96	0,94
0,90	0,50	0,99	0,98	0,98	0,97	0,99	0,98	0,97	0,96	0,99	0,97	0,96	0,95
	1,00	1,00	0,99	0,98	0,97	1,00	0,99	0,98	0,97	0,99	0,98	0,97	0,96
	2,00	1,00	0,99	0,98	0,98	1,00	0,99	0,98	0,97	1,00	0,99	0,97	0,96
	4,00	1,00	0,99	0,98	0,97	1,00	0,99	0,98	0,97	1,00	0,99	0,97	0,96
1,00	0,50	1,00	0,99	0,99	0,98	1,00	0,99	0,99	0,98	1,00	0,99	0,98	0,97
	1,00	1,00	1,00	0,99	0,99	1,00	1,00	0,99	0,98	1,00	0,99	0,99	0,98
	2,00	1,00	1,00	0,99	0,99	1,00	1,00	0,99	0,98	1,00	0,99	0,99	0,98
	4,00	1,00	1,00	0,99	0,99	1,00	1,00	0,99	0,98	1,00	1,00	0,99	0,98

Jos lämpöpumpun mitoitustehon on 70 % tilojen lämmityksen tehontarpeesta (ϕ_{LPn}/ϕ_{tila}) ja tilojen lämmitysenergiatarve on puolet lämpimän käyttöveden tarpeesta ($Q_{lämmitys, tilat}/Q_{lämmitys, lkv}$), niin menoveden lämpötilalla +30 °C saadaan lämpöpumpulla katetuksi 92 % tilojen ja lämpimän käyttöveden lämmitysenergiatarpeesta.

Taulukossa L2.2 esitetään ulkoilmalämpöpumpun (ilma-vesi) kattama osuus tilojen ja lämpimän käyttöveden lämpöenergiasta. Taulukon lukuarvojen laskennassa on oletettu, että ulkoilmalämpöpumppujen alin toimintalämpötila on –20 °C. Lisäksi on oletettu, että tiloja ja käyttövettä lämmittävät ulkoilmalämpöpumput lämmittävät vuorotellen käyttövettä tai tiloja siten, että käyttövettä lämmitetään ensisijaisesti. Mikäli nämä oletukset eivät päde laskettavassa tapauksessa, on tapaus laskettava tarkemmin muilla menetelmillä.

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

$\phi_{LPn}/\phi_{\text{tila}}$	$Q_{\text{lämmitys, tilat}}/Q_{\text{lämmitys, lkv}}$	Ulkoilmalämpöpumpun (ilma-vesi) kattama osuus tilojen ja lämpimän-käyttöveden lämpöenergiasta ($Q_{LP}/Q_{\text{lämmitys, tilat, lkv}}$)											
		Säävyöhyke: I-II				Säävyöhyke: III				Säävyöhyke: IV			
		$T_m, \text{ }^\circ\text{C}$				$T_m, \text{ }^\circ\text{C}$				$T_m, \text{ }^\circ\text{C}$			
		30	40	50	60	30	40	50	60	30	40	50	60
0,30	0,50	0,33	0,33	0,33	0,33	0,31	0,31	0,31	0,31	0,28	0,28	0,28	0,28
	1,00	0,39	0,39	0,39	0,39	0,37	0,37	0,37	0,37	0,33	0,33	0,33	0,33
	2,00	0,49	0,48	0,47	0,46	0,46	0,45	0,44	0,44	0,40	0,39	0,39	0,38
	4,00	0,56	0,54	0,52	0,50	0,53	0,51	0,49	0,48	0,46	0,44	0,43	0,41
0,40	0,50	0,44	0,44	0,44	0,44	0,42	0,42	0,42	0,42	0,38	0,38	0,38	0,38
	1,00	0,52	0,52	0,52	0,52	0,50	0,50	0,49	0,49	0,44	0,44	0,44	0,44
	2,00	0,63	0,61	0,60	0,58	0,60	0,58	0,57	0,56	0,52	0,51	0,50	0,49
	4,00	0,68	0,65	0,63	0,61	0,64	0,62	0,60	0,58	0,56	0,54	0,52	0,51
0,50	0,50	0,54	0,54	0,54	0,54	0,52	0,52	0,52	0,52	0,47	0,47	0,47	0,47
	1,00	0,65	0,64	0,64	0,63	0,62	0,61	0,61	0,60	0,55	0,54	0,54	0,53
	2,00	0,73	0,71	0,69	0,68	0,70	0,68	0,66	0,64	0,61	0,60	0,58	0,57
	4,00	0,78	0,75	0,72	0,70	0,74	0,71	0,68	0,66	0,64	0,62	0,60	0,58
0,60	0,50	0,64	0,64	0,64	0,64	0,62	0,62	0,62	0,61	0,55	0,55	0,55	0,55
	1,00	0,75	0,74	0,72	0,72	0,72	0,70	0,69	0,69	0,64	0,63	0,62	0,61
	2,00	0,82	0,79	0,77	0,75	0,78	0,76	0,74	0,72	0,69	0,67	0,65	0,64
	4,00	0,84	0,82	0,80	0,77	0,81	0,78	0,76	0,73	0,71	0,69	0,66	0,64
0,70	0,50	0,73	0,73	0,73	0,73	0,70	0,70	0,70	0,70	0,63	0,63	0,63	0,63
	1,00	0,83	0,81	0,80	0,78	0,79	0,78	0,76	0,75	0,71	0,69	0,68	0,67
	2,00	0,87	0,85	0,83	0,82	0,84	0,82	0,80	0,78	0,75	0,73	0,71	0,69
	4,00	0,89	0,87	0,85	0,83	0,86	0,84	0,81	0,79	0,76	0,74	0,72	0,70
0,80	0,50	0,81	0,80	0,80	0,79	0,80	0,80	0,79	0,78	0,72	0,71	0,71	0,70
	1,00	0,88	0,87	0,85	0,84	0,86	0,85	0,84	0,82	0,77	0,76	0,74	0,73
	2,00	0,90	0,89	0,88	0,86	0,88	0,86	0,85	0,84	0,79	0,77	0,76	0,74
	4,00	0,91	0,90	0,88	0,87	0,88	0,87	0,85	0,84	0,79	0,77	0,76	0,74
0,90	0,50	0,89	0,88	0,88	0,87	0,86	0,85	0,84	0,83	0,77	0,76	0,76	0,75
	1,00	0,92	0,91	0,90	0,89	0,89	0,88	0,87	0,86	0,81	0,80	0,78	0,77
	2,00	0,92	0,91	0,90	0,89	0,90	0,89	0,88	0,87	0,81	0,80	0,79	0,77
	4,00	0,92	0,91	0,90	0,89	0,89	0,88	0,87	0,86	0,81	0,80	0,78	0,77
1,00	0,50	0,92	0,92	0,91	0,90	0,90	0,89	0,88	0,88	0,82	0,81	0,80	0,79
	1,00	0,93	0,92	0,92	0,91	0,91	0,90	0,90	0,89	0,83	0,82	0,81	0,80
	2,00	0,93	0,92	0,92	0,91	0,91	0,90	0,89	0,89	0,83	0,82	0,81	0,80
	4,00	0,93	0,92	0,91	0,90	0,90	0,90	0,89	0,88	0,82	0,81	0,80	0,79

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

Liite 3

Polttoainemäärän laskenta

Rakennukseen ostettava polttoainemäärä lasketaan kaavalla

$$PA_{\text{lämmitys, osto}} = Q_{\text{lämmitys}} / Q_{\text{polttoaine, omin}}$$

jossa

$PA_{\text{lämmitys, osto}}$ rakennukseen ostettava polttoainemäärä, polttoaineen mittayksikkö
 $Q_{\text{lämmitys}}$ lämmitysjärjestelmän lämpöenergian kulutus, kWh/a
 $Q_{\text{polttoaine, omin}}$ käytetyn polttoaineen tehollinen lämpöarvo, kWh/polttoaineen mittayksikkö (taulukko L3.1).

Taulukko L3.1. Polttoaineiden teholliset lämpöarvot.

Polttoaine	Tehollinen lämpöarvo
	$Q_{\text{polttoaine, omin}}$
Raskas polttoöljy	11,4 kWh/kg
Kevyt polttoöljy	10,0 kWh/dm ³
Maakaasu	10,0 kWh/m ³ n
Polttopuu yleensä (pilkkeet)	4,1 kWh/kg
Pilkkeet (havu- ja sekapuu)	1300 kWh/pino-m ³
Pilkkeet (koivu)	1700 kWh/pino-m ³
Puupelletit	4,7 kWh/kg
Polttohake	900 kWh/irto-m ³
Kivihiili	6,6 kWh/kg
Palaturve	3,3 kWh/kg
Puubriketit	4,8 kWh/kg

Liite 4

Aurinkosähkön laskennan suuntauksen ja kallistuskulman huomioiva kerroin F

Taulukko L4.1 Suuntauksen ja kallistuskulman huomioon ottava kerroin F ilmastovyöhykeellä 1-II.

Suuntaus Kallistuskulma	Itä							Kaakko							Etelä							Lounas							Länsi						
	0	15	30	45	60	75	90	0	15	30	45	60	75	90	0	15	30	45	60	75	90	0	15	30	45	60	75	90	0	15	30	45	60	75	90
Tammikuu	0,43	0,44	0,44	0,44	0,43	0,41	0,38	0,43	0,57	0,71	0,82	0,88	0,90	0,87	0,43	0,63	0,84	1,00	1,11	1,15	1,12	0,43	0,56	0,69	0,79	0,85	0,87	0,84	0,43	0,43	0,43	0,43	0,41	0,39	0,36
Helmikuu	0,42	0,44	0,47	0,49	0,49	0,48	0,45	0,42	0,58	0,72	0,83	0,88	0,89	0,84	0,42	0,64	0,84	1,00	1,09	1,12	1,07	0,42	0,57	0,71	0,81	0,86	0,86	0,81	0,42	0,43	0,45	0,47	0,47	0,46	0,43
Maaliskuu	0,58	0,61	0,64	0,65	0,65	0,62	0,58	0,58	0,73	0,84	0,91	0,94	0,91	0,84	0,58	0,76	0,91	1,00	1,03	1,01	0,93	0,58	0,70	0,80	0,85	0,87	0,84	0,77	0,58	0,58	0,59	0,59	0,58	0,56	0,52
Huhtikuu	0,72	0,73	0,74	0,74	0,73	0,70	0,65	0,72	0,83	0,91	0,94	0,93	0,88	0,79	0,72	0,87	0,96	1,00	0,98	0,92	0,79	0,72	0,83	0,91	0,95	0,94	0,89	0,80	0,72	0,73	0,75	0,75	0,74	0,71	0,66
Toukokuu	0,83	0,85	0,86	0,86	0,84	0,81	0,75	0,83	0,93	0,98	0,99	0,96	0,89	0,79	0,83	0,94	1,00	1,00	0,95	0,86	0,72	0,83	0,91	0,95	0,96	0,93	0,86	0,76	0,83	0,83	0,83	0,82	0,80	0,76	0,71
Kesäkuu	0,93	0,92	0,91	0,90	0,87	0,82	0,76	0,93	0,98	1,00	0,99	0,94	0,85	0,75	0,93	1,00	1,02	1,00	0,93	0,82	0,68	0,93	0,99	1,02	1,01	0,96	0,88	0,77	0,93	0,94	0,94	0,93	0,91	0,86	0,79
Heinäkuu	0,87	0,88	0,88	0,88	0,86	0,82	0,76	0,87	0,95	0,99	0,99	0,95	0,88	0,77	0,87	0,97	1,01	1,00	0,94	0,84	0,69	0,87	0,95	0,99	1,00	0,96	0,89	0,78	0,87	0,88	0,89	0,89	0,87	0,83	0,76
Elokuu	0,77	0,81	0,84	0,85	0,84	0,81	0,74	0,77	0,89	0,97	1,01	1,00	0,94	0,84	0,77	0,90	0,98	1,00	0,97	0,89	0,77	0,77	0,85	0,89	0,91	0,88	0,83	0,74	0,77	0,75	0,74	0,73	0,72	0,69	0,64
Syyskuu	0,56	0,57	0,60	0,62	0,62	0,60	0,56	0,56	0,70	0,81	0,88	0,90	0,87	0,80	0,56	0,76	0,91	1,00	1,03	1,00	0,91	0,56	0,71	0,83	0,90	0,93	0,90	0,83	0,56	0,59	0,62	0,64	0,64	0,62	0,58
Lokakuu	0,55	0,56	0,58	0,59	0,59	0,56	0,53	0,55	0,68	0,78	0,85	0,88	0,86	0,80	0,55	0,73	0,89	1,00	1,05	1,05	0,99	0,55	0,69	0,80	0,88	0,91	0,90	0,84	0,55	0,57	0,60	0,61	0,61	0,59	0,55
Mar- raskuu	0,40	0,41	0,42	0,43	0,42	0,40	0,38	0,40	0,54	0,69	0,80	0,87	0,89	0,86	0,40	0,61	0,83	1,00	1,11	1,15	1,13	0,40	0,54	0,68	0,78	0,85	0,87	0,83	0,40	0,41	0,41	0,42	0,41	0,39	0,36
Joulukuu	0,32	0,33	0,33	0,33	0,33	0,31	0,29	0,32	0,47	0,63	0,77	0,85	0,89	0,87	0,32	0,55	0,80	1,00	1,14	1,20	1,19	0,32	0,47	0,64	0,78	0,87	0,90	0,88	0,32	0,33	0,33	0,34	0,33	0,32	0,30

Taulukko L4.2 Suuntauksen ja kallistuskulman huomioon ottava kerroin F ilmastovyöhykeellä 1II.

Suuntaus Kallis- tuskulma	Itä							Kaakko							Etelä							Lounas							Länsi						
	0	15	30	45	60	75	90	0	15	30	45	60	75	90	0	15	30	45	60	75	90	0	15	30	45	60	75	90	0	15	30	45	60	75	90
Tam- mikuu	0,52	0,51	0,50	0,49	0,47	0,44	0,40	0,52	0,63	0,73	0,80	0,84	0,84	0,80	0,52	0,69	0,86	1,00	1,08	1,10	1,07	0,52	0,65	0,77	0,86	0,91	0,92	0,88	0,52	0,53	0,54	0,53	0,51	0,49	0,45
Helmikuu	0,37	0,39	0,42	0,44	0,45	0,44	0,41	0,37	0,54	0,70	0,82	0,89	0,90	0,86	0,37	0,60	0,82	1,00	1,11	1,15	1,12	0,37	0,52	0,67	0,78	0,84	0,85	0,81	0,37	0,38	0,40	0,41	0,42	0,41	0,38
Maaliskuu	0,62	0,62	0,63	0,63	0,62	0,60	0,56	0,62	0,73	0,82	0,87	0,88	0,85	0,78	0,62	0,79	0,92	1,00	1,03	1,01	0,93	0,62	0,75	0,86	0,93	0,95	0,92	0,86	0,62	0,64	0,68	0,69	0,69	0,66	0,62
Huhtikuu	0,69	0,72	0,74	0,75	0,74	0,71	0,66	0,69	0,82	0,91	0,95	0,95	0,90	0,82	0,69	0,85	0,95	1,00	0,99	0,93	0,82	0,69	0,80	0,88	0,92	0,91	0,86	0,78	0,69	0,70	0,71	0,71	0,70	0,67	0,63
Toukokuu	0,83	0,85	0,87	0,88	0,86	0,82	0,76	0,83	0,92	0,98	1,00	0,98	0,91	0,81	0,83	0,94	0,99	1,00	0,96	0,87	0,73	0,83	0,90	0,94	0,95	0,92	0,86	0,76	0,83	0,82	0,82	0,82	0,80	0,77	0,71
Kesäkuu	0,91	0,92	0,91	0,90	0,87	0,83	0,76	0,91	0,97	1,00	0,99	0,94	0,87	0,76	0,91	0,99	1,02	1,00	0,94	0,84	0,71	0,91	0,97	0,99	0,98	0,94	0,86	0,75	0,91	0,91	0,90	0,88	0,86	0,81	0,74
Heinäkuu	0,85	0,87	0,87	0,86	0,84	0,80	0,73	0,85	0,93	0,98	0,99	0,96	0,89	0,78	0,85	0,95	1,00	1,00	0,95	0,86	0,72	0,85	0,93	0,96	0,96	0,93	0,86	0,75	0,85	0,85	0,85	0,84	0,82	0,78	0,72
Elokuu	0,74	0,74	0,74	0,74	0,72	0,69	0,63	0,74	0,84	0,90	0,93	0,91	0,86	0,77	0,74	0,88	0,96	1,00	0,98	0,92	0,80	0,74	0,85	0,92	0,96	0,94	0,89	0,80	0,74	0,76	0,77	0,77	0,76	0,72	0,67
Syyskuu	0,54	0,56	0,60	0,62	0,63	0,61	0,58	0,54	0,69	0,82	0,89	0,92	0,90	0,83	0,54	0,74	0,90	1,00	1,04	1,02	0,94	0,54	0,68	0,80	0,87	0,90	0,87	0,81	0,54	0,55	0,58	0,60	0,60	0,58	0,55
Lokakuu	0,47	0,49	0,52	0,53	0,53	0,51	0,48	0,47	0,62	0,75	0,84	0,88	0,87	0,82	0,47	0,68	0,87	1,00	1,07	1,08	1,03	0,47	0,62	0,75	0,84	0,88	0,87	0,82	0,47	0,49	0,51	0,53	0,53	0,51	0,48
Mar- raskuu	0,41	0,43	0,44	0,44	0,44	0,42	0,38	0,41	0,56	0,70	0,81	0,88	0,90	0,87	0,41	0,62	0,83	1,00	1,10	1,14	1,12	0,41	0,55	0,68	0,78	0,85	0,86	0,83	0,41	0,42	0,42	0,43	0,42	0,40	0,37
Joulukuu	0,66	0,66	0,65	0,63	0,60	0,56	0,51	0,66	0,76	0,84	0,89	0,91	0,90	0,85	0,66	0,80	0,92	1,00	1,04	1,05	1,00	0,66	0,75	0,82	0,86	0,88	0,86	0,82	0,66	0,65	0,63	0,61	0,57	0,53	0,48

Taulukko L4.3 Suuntauksen ja kallistuskulman huomioon ottava kerroin F ilmastovyöhykeellä 1V.

Suuntaus Kallistuskulma	Itä							Kaakko							Etelä							Lounas							Länsi						
	0	15	30	45	60	75	90	0	15	30	45	60	75	90	0	15	30	45	60	75	90	0	15	30	45	60	75	90	0	15	30	45	60	75	90
Tammikuu	0,75	0,74	0,73	0,69	0,65	0,60	0,55	0,75	0,82	0,87	0,90	0,90	0,87	0,82	0,75	0,86	0,95	1,00	1,02	1,01	0,96	0,75	0,83	0,88	0,90	0,90	0,88	0,82	0,75	0,75	0,73	0,70	0,66	0,61	0,56
Helmikuu	0,41	0,42	0,44	0,45	0,45	0,44	0,41	0,41	0,55	0,69	0,79	0,85	0,86	0,82	0,41	0,63	0,84	1,00	1,10	1,14	1,11	0,41	0,57	0,72	0,83	0,90	0,92	0,88	0,41	0,44	0,47	0,49	0,49	0,48	0,45
Maaliskuu	0,52	0,54	0,57	0,59	0,59	0,58	0,54	0,52	0,66	0,78	0,86	0,89	0,88	0,83	0,52	0,72	0,88	1,00	1,06	1,06	1,00	0,52	0,67	0,79	0,88	0,91	0,91	0,85	0,52	0,55	0,58	0,61	0,61	0,59	0,56
Huhtikuu	0,63	0,67	0,71	0,74	0,75	0,74	0,69	0,63	0,79	0,91	0,99	1,01	0,98	0,90	0,63	0,83	0,97	1,00	1,07	1,03	0,93	0,63	0,77	0,88	0,95	0,97	0,93	0,86	0,63	0,65	0,67	0,70	0,70	0,68	0,64
Toukokuu	0,85	0,89	0,94	0,96	0,96	0,93	0,87	0,85	0,94	1,01	1,03	1,01	0,95	0,85	0,85	0,94	0,99	1,00	0,96	0,88	0,77	0,85	0,91	0,95	0,96	0,94	0,88	0,79	0,85	0,84	0,85	0,86	0,86	0,83	0,77
Kesäkuu	0,90	0,90	0,91	0,92	0,91	0,87	0,81	0,90	0,95	0,99	0,99	0,96	0,89	0,79	0,90	0,97	1,01	1,00	0,95	0,86	0,74	0,90	0,96	1,00	1,00	0,97	0,90	0,80	0,90	0,91	0,93	0,94	0,93	0,90	0,84
Heinäkuu	0,82	0,85	0,87	0,88	0,87	0,83	0,77	0,82	0,92	0,97	0,99	0,97	0,91	0,80	0,82	0,93	0,99	1,00	0,97	0,88	0,76	0,82	0,89	0,93	0,94	0,91	0,85	0,76	0,82	0,81	0,81	0,80	0,79	0,75	0,70
Elokuu	0,73	0,73	0,74	0,75	0,74	0,72	0,67	0,73	0,83	0,89	0,93	0,92	0,87	0,79	0,73	0,87	0,96	1,00	0,99	0,93	0,83	0,73	0,85	0,93	0,98	0,98	0,93	0,85	0,73	0,76	0,79	0,81	0,80	0,77	0,72
Syyskuu	0,48	0,51	0,56	0,60	0,62	0,62	0,58	0,48	0,65	0,79	0,89	0,94	0,93	0,87	0,48	0,70	0,88	1,00	1,06	1,05	0,97	0,48	0,64	0,78	0,87	0,91	0,90	0,84	0,48	0,50	0,54	0,58	0,59	0,59	0,56
Lokakuu	0,42	0,44	0,47	0,49	0,50	0,49	0,46	0,42	0,57	0,72	0,83	0,89	0,91	0,87	0,42	0,63	0,84	1,00	1,10	1,14	1,11	0,42	0,56	0,70	0,80	0,86	0,87	0,83	0,42	0,44	0,46	0,48	0,48	0,47	0,44
Mar- raskuu	0,57	0,57	0,56	0,55	0,53	0,50	0,46	0,57	0,67	0,76	0,83	0,86	0,86	0,82	0,57	0,73	0,88	1,00	1,07	1,09	1,06	0,57	0,69	0,79	0,87	0,91	0,91	0,87	0,57	0,58	0,59	0,58	0,56	0,53	0,49
Joulukuu	0,73	0,72	0,70	0,67	0,62	0,58	0,53	0,73	0,81	0,86	0,89	0,90	0,88	0,83	0,73	0,84	0,94	1,00	1,03	1,02	0,98	0,73	0,81	0,87	0,90	0,91	0,89	0,84	0,73	0,73	0,71	0,67	0,63	0,58	0,53