

Opinnäytetyö (AMK)

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka

Rakennusinsinööri (AMK)

2020

Janne Ijäs

ASUINRAKENNUKSEN ENERGIATEHOKKUUS ENERGIATODISTUKSESSA

– Yhden asunnon rakennukset

Janne Ijäs

ASUINRAKENNUKSEN ENERGIATEHOKKUUS ENERGIATODISTUKSESSA

- Yhden asunnon rakennukset

Rakennusten energiatehokkuudelle on annettu tavoitteita kansainvälisissä ilmastokokouksissa ja näiden pohjalta tehdyissä sopimuksissa. Suomen energiatehokkuuden tavoitteena on pienentää rakennusten päästämiä kasvihuonepäästöjä lähes nollaenergiatasolle. Työssä tarkastellaan lainsäädännön kautta energiatehokkuuden vaatimuksia ja tavoitteita, jotka osoitetaan energiatodistuksen avulla. Työssä avataan laskentaperiaatteita, jotka perustuvat energiatodistuksen laskentasääntöihin. Tavoitteena on löytää ratkaisuja, joilla lainsäädännöllä ohjataan energiatehokasta rakentamista.

Lainsäädännön vaatimukset huomioiden tutkitaan miten asuinrakennus rakennetaan tai korjataan energiatehokkaaksi. Energiatodistuksen laskenta tehdään lainsäädännön oletusarvoilla. Energiankulutuksen laskemisen jälkeen tarkastellaan energiantuottomahdollisuuksia.

Energiatodistuksen luokitteluasteikon ja E-luvun raja-arvot ohjaavat uudis- ja korjausrakentamisessa rakennusosien pieniin lämpöhäviöihin, teknisten järjestelmien korkeisiin hyötysuhteisiin, energiantuottoon sekä energiamuotojen valintaa.

Energiatehokkuuden osa-alueiden optimaalisten ratkaisujen jälkeen pystytään paremmin harkitsemaan miten rakennuksen energiatehokkuutta kannattaa suunnitella ja olemassa olevaa rakennusta korjata.

ASIASANAT:

energiatodistus, energiatehokkuus, E-luku, lämpöhäviö, energiantuotto, energiankulutus

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Civil Engineering

2020 | 57 pages, 8 pages in appendices

Janne Ijäs

ENERGY EFFICIENCY OF RESIDENTIAL BUILDINGS IN ENERGY PERFORMANCE CERTIFICATES

- one-apartment buildings

The world is facing climate change because of the pollution in the environment caused by carbon monoxide. A great part of greenhouse gases in Finland have roots in buildings which use energy for heating and the general use of buildings.

This thesis provides a summary on issues which impact the energy efficiency of small residential buildings in energy performance certificates'. This thesis works as a guide for planning a building which has a high level of energy efficiency.

The energy efficiency of buildings is summarized in energy performance certificates which give letter-based ratings (from A to G). In addition to this, the added numerical values are used to compare the letter-based ratings.

The thesis provides a summary on the issues which are necessary to conduct calculations for small residential buildings. In addition to rules and regulations optimization for small residential buildings is discussed. Optimization includes matters on how to build, update and repair small residential buildings to produce as small amount of greenhouse gases as possible based on the energy performance certificate. Finally calculation summary of an ideal small residential building is presented.

KEYWORDS:

Energy performance certificate, energy efficiency, energy production, energy consumption.

SISÄLTÖ

SANASTO	7
1 JOHDANTO	8
2 KASVIHUONEPÄÄSTÖT	10
2.1 Kioton pöytäkirja	10
2.2 Pariisin ilmastopöytäkirja	10
2.3 EU:n direktiivit	11
2.4 Suomi	12
2.4.1 Rakennusten energiankulutus	12
2.4.2 Rakentamisen lämmöneristyksen historiaa	13
2.4.3 Lainsäädäntö	13
3 ENERGIATODISTUS	15
3.1 Energiatodistuksen laskentatavan merkintä	16
3.1.1 E-Luku	16
3.1.2 Rakenteellinen energiatehokkuus	17
3.1.3 Ominaisarvot ja vakioitu käyttö	17
3.1.4 Lämmitetty nettoala	18
3.1.5 Ostoenergiankulutus ja lämmitysenergian nettotarve	18
3.2 Energiamuotojen kertoimet	19
3.3 Koko, pinta-ala, muoto, tilavuus ja kerrokset	21
3.4 Lämpöhäviöt	22
3.4.1 Vertailulämpöhäviö	22
3.4.2 Ulkoseinät, ylä- ja alapohja	23
3.4.3 Ikkunat ja ulko-ovet	23
3.4.4 Kylmäsillat	23
3.4.5 Ilmatiiviys ja vuotoilmavirta	24
3.5 Lämmitysjärjestelmät	26
3.5.1 Lämmöntuotto	26
3.5.2 Lämmönjaon ja -luovutuksen hyötysuhteet	27
3.5.3 Apulaitteet	29
3.5.4 Lämpimän käyttöveden jakelu, varastointi ja kiertojohto	29
3.5.5 Jäähdytys	30

3.6 Lämpökuormat	30
3.6.1 Auringonsäteily	31
3.6.2 Lämpimän käyttöveden varastointi ja kiertojohto	31
3.7 Lämpöpumput	32
3.7.1 Ilma-ilmalämpöpumppu	32
3.7.2 Maalämpöpumppu	33
3.7.3 Ilma-vesilämpöpumppu	33
3.7.4 Poistoilmalämpöpumppu	34
3.8 Ilmanvaihto	34
3.8.1 SFP-luku	35
3.8.2 LTO	36
3.9 Energiantuotto	37
4 OLEMASSA OLEVAT RAKENNUKSET	41
4.1 Lähtötiedot	41
4.2 Rakennusten korjaus- ja muutostyöt	42
4.2.1 Rakennuksen energiansäästömahdollisuudet ja parannusehdotukset	43
4.2.2 Energiatehokkuuden parantamisen kannattavuuden arviointi	44
5 ENERGIATEHOKKUUDEN OPTIMOINTI	45
5.1 Koko, muoto ja pinta-alat	45
5.2 Lämpöhäviöt	47
5.2.1 Ulkovaippa	47
5.2.2 Ilmanvaihto	47
5.2.3 Ikkunat ja ulko-ovet	47
5.3 Lämmin käyttövesi	48
5.4 Lämmitysenergiamuoto ja lämmitysjärjestelmä	49
5.4.1 Energiamuodon kerroin	49
5.4.2 Lämmöntuotto	49
5.4.3 Lämmönjakelu ja -luovutus	50
5.4.4 Lämmitysjärjestelmän valinta	51
5.5 Energiantuottoratkaisu	52
5.6 Kooste	54
6 JOHTOPÄÄTÖKSET	55
LÄHTEET	56

LIITTEET

Liite 1. Energiatodistuksen luonnos

KAAVAT

Kaava 1. Rakennusvaipan ilmanvuotoluvun q_{50} laskenta ilmanvuotoluvusta n_{50} .	25
Kaava 2. Vuotoilmavirran määrän laskenta.	25
Kaava 3. Vuotoilman lämpöhäviö.	25
Kaava 4. Ilmanvaihdon lämpöhäviön laskenta.	35

KUVAT

Kuva 1. Säävyöhykkeet (YMa 1010/2017).	38
--	----

TAULUKOT

Taulukko 1. Taulukkoarvot rakenteiden U-arvojen vähimmäisvaatimuksista eri aikakausina.	41
Taulukko 2. Taulukko lämmitetyn nettoalan vaikutuksesta.	46
Taulukko 3. Taulukko lämmitysjärjestelmien vertailusta.	51
Taulukko 4. Kuluttajalaitteiden ja valaistuksen kuukausittaiset painokertoimet.	52
Taulukko 5. Aurinkokennojen sähköntuoton laskenta.	53

SANASTO

lämmitetty nettoala	rakennuksen lämmitetty pinta-ala sisäpintojen mukaisesti laskettuna (YMa 1010/2017)
E-luku	rakennuksen energiankulutusta kuvaava luku pinta-alan yksikölle (YMa 1010/2017)
vakioitu käyttö	rakennuksen käyttötarkoituksen mukainen tilastoperusteinen tai päätetty laskenta-arvo rakennuksen käyttäjälle (YMa 1010/2017)
U-arvo	lämpövirta wateissa pinta-alan neliölle rakennusosan läpi yhden kelvinasteen lämpötilaerossa (YMa 1010/2017)
SPF	lämpökerroin eli energiantuottomäärää kuvastava kerroin energiankulutukseen verrattuna (YMa 1010/2017)
SFP	ilmanvaihtokoneen ilmamäärään verrattava energiankulutus (YMa 1010/2017)
LTO	lämmöntalteenotto (YMa 1010/2017)
ilmanvuotoluku	rakennukseen tuleva ilma tunnin aikana ulkovaipan pinta-alaan suhteutettuna (YMa 1010/2017)
hyötysuhde	energiankäyttöä verrattuna kokonaisenergiankulutukseen kuvaava kerroin (YMa 1010/2017)
vertailulämpöhäviö	uudisrakennukselle asetettujen lämpöhäviöiden laskennan vertailuarvot (YMa 1010/2017)

1 JOHDANTO

Rakennuksia koskeva lainsäädäntö on energiatehokkuuden osalta tiukentunut vuosien varrella useaan kertaan, mutta kasvihuonepäästötavoitteita ei olla vielä saavutettu. Energiatehokkuutta pyritään parantamaan, jotta hiilidioksidipäästöt vähenevät ja ilmastonmuutosta saadaan hillittyä. Rakennukset ovat merkittävä kasvihuonepäästöjen lähde, minkä vuoksi niihin asetetaan vaatimuksia ja hiilidioksidipäästötavoitteita. Suomen energiatehokkuuden lainsäädäntö on 2000-luvulla pohjautunut lähinnä Euroopan Unionissa asetettujen direktiivien sekä kansallisten tavoitteiden noudattamiseen. Energiatehokkuuden vaatimus on viety uudisrakentamisesta myös korjausrakentamiseen.

Hiilidioksidipäästöjen vähentämiseen pyritään energiankulutusta pienentämällä ja energiantuottoa lisäämällä. Pienempään energiankulutukseen päästään lämmöneristekerospaksuutta lisäämällä, rakennuksen järjestelmien ja laitteiden hyötysuhteita parantamalla sekä energiatehokkaita suunnitteluratkaisuja hakemalla. Jäljelle jäävää rakennuksessa käytettyä energiaa on mahdollista tuottaa käytettävissä olevilla ratkaisulla, joiden teknologia ja hyötysuhteet ovat kehittyneet hyvällä tahdilla. Energiantuotto mahdollistaa teoreettisen kasvihuonepäästöttömän eli energiankulutukseltaan omavaraisen rakennuksen.

Rakennuksen energiatehokkuutta kuvaamaan on luotu Euroopan unionissa yleisesti käytössä oleva ”energy performance certificate”, Suomessa rakennuksen energiatodistus. Energiatodistuksessa annetaan energiankulutusta kuvaava luku pinta-alaneliölle ja lisäksi energiatehokkuutta kuvaava kirjainarvo A–G, jossa A on paras luokka ja G huonoin.

Työn tarkoitus on toimia oppaana ja tietolähteenä Insinöörioy Kiinteistöasiantuntijat Oy:n energiatodistuksien parannusehdotuksille, korjausrakentamisen energiatehokkuuden parantamiselle sekä asiakkaiden uudis- ja korjausrakentamisen päätösten tueksi.

Energiatehokkuus tarkoittaa arkkitehtuurisesti pelkistettyjä ratkaisuja ja energiamuodon valinnassa energiamuodon kertoimien perusteella valittua lämmitystapaa, jotka toimivat suunnittelun lähtökohtana. Eri energiamuodoille on annettu kertoimet, jotka vaikuttavat merkittävästi laskennan lopputulokseen. Niiden tehtävänä on havainnollistaa ympäristölle ja ilmastolle koituvaa kokonaisrasitusta kasvihuonepäästöjen muodossa.

Energiatehokkuuden lisäksi rakentamista ohjaa myös muu lainsäädäntö. Asuinrakennusten tulee olla turvallisia, terveellisiä ja viihtyisiä. Näiden tavoitteiden toteuttamiseksi rakennuksen rakenteiden tulee olla lujia ja vakaita, kooltaan ja muodoltaan asumiseen soveltuvia, ilmanvaihdoltaan ja lämmitykseltään tarkoituksenmukaisia, ääni-, palo- ja lämmöneristetty, esteetön sekä asumiseen muuten soveltuva. Asuinrakennuksessa tulee olla riittävä määrä ikkunoita, joista pääsee luonnonvaloa asuinhuoneisiin. Sisäilmasto-olosuhteiden tulee olla asumiseen soveltuvia ja riittäviä.

Työssä on tarkoituksena selvittää, miten nollaenergiarakennusta kannattaa lähteä tavoittelemaan lainsäädännön laskentasääntöjen näkökulmasta. Laskelmissa ei arvioida taloudellista kannattavuutta. Eristekerrospaksuuksien kasvattamisen hyöty lämmöneristävyydessä pienenee paksumpiin kerroksiin mentäessä. Lisäksi paksut eristekerrokset ovat aiheuttaneet spekulointia rakennusfysikaalisten ilmiöiden, kuten kosteuden kanssa, joten laskelmien ratkaisut ovat tavanomaisia eli yleisesti käytössä olevia.

Lainsäädännöllä on tavoite rakennuksen energiatehokkaaseen toteutukseen. Energiatehokkuuden tarkastelu tehdään laskelmilla yhden asunnon asuinrakennuksiin. Lopputuloksena on saatu selvitettyä, minkälainen suunnittelu ja toteutus ovat energiatodistuksen laskennallisten oletusten ja ominaisarvojen kannalta energiatehokkaimmat eli hiilidioksidipäästöiltään vähäisimmät.

2 KASVIHUONEPÄÄSTÖT

Suomi on sopimuksissaan sitoutunut noudattamaan kansainvälisiä tavoitteita ilmastoa vähemmän kuormittavampaan suuntaan. Kansainvälisillä sopimuksilla ja Euroopan Unionin sisällä on tehty kunnianhimoisia tavoitteita ilmastomuutoksen eli maapallon ilmaston keskilämpötilan nousun rajoittamiseksi sopimuksissa tavoitellulle tasolle. Sopimusten seurauksena on laadittu energiatehokkuutta parantavaa lainsäädäntöä, joka koskettaa myös rakennusten rakentamista ja korjausta. Kaikki tämä tiivistyy Euroopan Unionissa käyttöön otettuun energiatodistukseen, joka koskettaa laajaa osaa Suomen rakennuskannasta.

2.1 Kioton pöytäkirja

Kioton pöytäkirja on vuonna 1997 laaditu Suomessa hyväksytty ilmastomuutosta koskeva puitesopimus, jonka noudattaminen alkoi vuonna 2005. Sopimuksen tavoitteena on vähentää kansainvälisesti kasvihuonepäästöjä määrittelemällä sallitut päästömäärät. (Valtiosopimus 13/2005)

Päästöjen vähentämisessä panostetaan energiatehokkuuteen. Tämä tarkoittaa rakennusten osalta lämpöhäviöiden pienentämistä, käytön tehostamista, ilmaisenergiaoiden hyödyntämistä, kulutuksen ohjausta ja energiamuodon valintaa. (Ojanen ym. 2017, 25)

2.2 Pariisin ilmastosopimus

Suomi hyväksyi vuonna 2015 Pariisin ilmastosopimuksen, jonka tavoitteena on rajata maapallon keskilämpötilan nousua. Vertailukohteena on esiteollinen aika. Sopimus sitouttaa osapuolia vähentämään päästöjä määrittelemällä tavoitteet ja saavuttamaan ne poliittisilla toimilla. Kasvihuonepäästövähennyksille on asetettu yhteisiä tavoitteita EU:n jäsenvaltioille verraten vuoteen 1990. EU:n päästövähennyslupaus oli 40 % vuoteen 2030 mennessä ja 80 % vuoteen 2050 mennessä. (HE 200/2016)

2.3 EU:n direktiivit

Kioton pöytäkirjan päästövähennysveloitteet tehdään vuoteen 2020 ulottuvalla EU:n ilmastojäsenvaltioiden ja energialainsäädännöllä, jossa on 20 % päästövähennystavoite vuoteen 1990 verraten. Ilmastolainsäädännössä asetetaan jäsenvaltioille päästökauppa, uusiutuvan energian käyttötavoite ja energiatehokkuuden lisääminen. EU:n tavoitteet jaetaan sisäisesti jäsenvaltioille. EU tavoittelee 20 % kasvihuonepäästöjen vähentämistä, uusiutuvien energialähteiden nostamista 20 % energian loppukulutuksesta ja energiatehokkuuden parantamista 20 %. Päästökauppajärjestelmään ei kuulu rakentaminen, rakennusten lämmitys, eikä asuminen. Tavoitteiden toteuttamiseksi asetettiin lainsäädäntöä, kuten rakennusten rakentamista ja korjausta ohjaavia direktiivejä. (HE 366/2014, Kalliomäki, P. 2017a)

Kasvihuonepäästöjen rajoittamiseksi pyritään myös rakennusten kasvihuonepäästöjä vähentämään energiatehokkuutta parantamalla. Uusille rakennuksille tuli asettaa vähimmäisenergiatehokkuusvaatimus ja laatia energiatodistus (2002/91/EY). Energiatehokkuusvaatimusta varten rakennukselle tehtiin määritelmä lähes nollaenergiarakennus. Määritelmä tarkoittaa hyvän energiatehokkuuden rakennusta, jonka vähäinen energian määrä katetaan suurelta osin uusiutuvalla energialla. (2010/31/EU)

Rakennuksen energiatehokkuus lasketaan rakennuksen käytöstä suunniteltuihin lämpötilaolosuhteisiin ja lämpimän käyttöveden valmistuksesta aiheutuneelle energiamäärälle. Rakennusten energiatehokkuus ilmoitetaan avoimella tavalla, joka määritetään energiatehokkuutta kuvaavalla indikaattorilla ja numeroarvoisella primäärienergiankulutuksen indikaattorilla, joka on laskettu energiamuodon kertoimella painotettuna. Energiamuotojen kertoimille annetaan kansalliset lukuarvot. Laskennassa otetaan huomioon lämpöominaisuudet, lämpöeristys, passiivinen lämmitys, jäähdytys, kylmäsillat, lämmityslaitteet, lämpimän veden jakelu, ilmastointilaitteet, ilmanvaihto, ilmatiiviyys, valaistus, rakennuksen suunnittelu, sijainti, suuntaus, ulkoiset ilmasto-olosuhteet, passiiviset aurinkoenergiajärjestelmät, aurinkosuojaus, sisäilmasto-olosuhteet, suunniteltu sisäilmasto sekä sisäiset kuormat. Lisäksi huomioidaan auringonvalon määrä, aurinkoenergiajärjestelmät, uusiutuvista lähteistä peräisin olevan energian käyttöön perustuvat lämmitys- ja sähköjärjestelmät, päivänvalo, yhteistuotantona tuotettu sähkö, kaukolämpö ja -jäähdytys sekä aluelämmitys. Rakennukset jaetaan luokkiin. (2010/31/EU)

Laajamittaisille korjauksille on haettava energiatehokkuutta, mittausjärjestelmien käyttöönottoa ja energiaa säästäviä ohjausjärjestelmiä, kun se on teknisesti, toiminnallisesti ja taloudellisesti toteutettavissa. Kunnostettaville rakennuksille on haettava toimintatapoja ja toimenpiteitä rakennusten muuntamisesta lähes nollaenergiarakennuksiksi. Suunnitelmat, kuten uusiutuvien energialähteiden käyttö, tehdään kansallisesti. (2010/31/EU)

EU on määritellyt uusille ja perusteellisesti kunnostettaville rakennuksille uusiutuvista lähteistä peräisin olevan energian lisäämistä ja vähimmäistasoa. Vähimmäistason pystyy saavuttamaan esimerkiksi uusiutuvilla energialähteillä tuotetulla kaukolämmöllä ja -jäähdytyksellä. Rakennukseen kuuluvan laitteiston ympäristössä olevasta energiasta, joka on käytetty rakennuksessa, voidaan ottaa energiataselaskennassa huomioon. Ympäristössä oleva energia voi olla peräisin tuulesta, maasta tai auringosta. Uusiutuvan polttoaineen käytössä tuotannon hyötysuhde määrittää energian edullisuuden verrattuna muihin lämmitysmuotoihin (2009/28/EY). Rakennuksille edellytetään kulutuksien mittamista mittareilla lämmityksessä ja lämpimässä käyttövedessä (2012/27/EU).

2.4 Suomi

Suomi EU:n jäsenvaltiona sopimusten puitteissa tekee osuutensa ilmaston ja sopimusten noudattamisen hyväksi. Suomen tavoite uusiutuvan energian käytölle on 38 % kuluksista. Energiatehokkuudelle asetettuihin tavoitteisiin pääsemiseksi ja direktiivien noudattamiseksi on laadittu lainsäädäntöä, joka koskee myös korjausrakentamista. Korjausrakentamisessa pyritään tehokkaiden vaihtoehtoisten järjestelmien harkitsemiseen korjausten yhteydessä, kun se on teknisesti, toiminnallisesti ja taloudellisesti toteutettavissa. Uusiutuvan energian käyttöä pyritään lisäämään sekä energiankulutusta ja -säästöä tehostamaan. (YMa 4/13, 1010/2017, MRL132/1999, 958/2012)

2.4.1 Rakennusten energiankulutus

Suomeen uusien rakennusten lämmöneristys on jo pidempään ollut muuhun Eurooppaan verrattuna energiatehokkaalla tasolla. Rakennusten osuus on noin 40 % Suomen energiankulutuksesta sisältäen rakentamisen, käytön ja ylläpidon. Rakennusten lämmitykseen kuluu noin 25 % energiankulutuksesta (Ojanen ym. 2017, 13). Rakennusten energiankäytön kasvihuonepäästöjen osuus on noin 30 % (YM Aurinko-opas 2012).

Rakennuskanta uusiutuu hitaasti, Suomen rakennuskantaan tulee uusia rakennuksia noin 1 % vuosittain (YMa 788/2017). Suomessa on omakotitaloja noin 26 % rakennuskannasta. Omakotitalot kuluttavat noin 27 %, asuinkerrostalo 19 %, rivitalot 6 %, tuotantorakennukset 27 % sekä liike ja toimistorakennukset 17 % rakennusten energiankulutuksesta. Suomen pohjoisella sijainnilla on selvä vaikutus rakennusten lämmittämiseen tarvittavaan energiamäärään ja lämpöhäviöiden pienentämiseen pyrkiminen näkyy lämmityksen säästöissä. (YMa 4/13)

2.4.2 Rakentamisen lämmöneristyksen historiaa

Suomen rakentamisessa lämpöeristämiseen suosittuja ratkaisuja on viimeisen vuosikymmenen aikana ollut 1900-luvun alussa hirsirakenteet ja massiiviset tiiliseinät, jonka jälkeen purueristeet alkoivat yleistyä 1950-luvulle saakka. Mineraalivilla on ollut suosiossa 1950-luvulta tähän päivään. Lämpöeristeenä on käytetty näiden lisäksi 1960-luvulta lähtien solumuovi- ja uretaanieristeitä. (Energiatodistusopas 2018)

Energiatehokkuusvaatimusten kasvaessa lämpöeristyskerroksia pitää kasvattaa tai lämpöeristeenä on käytettävä pienemmän lämmönjohtuvuuden eristeitä. Lainsäädäntöön on jätetty tiukista raja-arvoista silti edelleen mahdollisuus löyhemmillä raja-arvoilla massiivipuusta rakentamiseen. Rakennuksen ulkovaipan lämpöhäviöihin on kiinnitetty kiihtyvällä tahdilla huomiota 1970-luvulta lähtien. (YMa 1048/2017)

2.4.3 Lainsäädäntö

Uuden rakennuksen energiatehokkuuden vähimmäisvaatimuksia säädellään maankäyttö- ja rakennuslaissa. Maankäyttö- ja rakennuslakiin perustuen on annettu asetuksia uuden rakennuksen energiatehokkuudesta, energiamuotojen kertoimista, rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä sekä rakennuksen energiatodistuksesta. Rakennuksen suunnittelussa on otettava huomioon energiankulutus ja luonnonvarojen säästely. Energiatehokkuuden vaatimukset osoitetaan rakennuksen laskelmilla eli E-luvulla ja lämpöhäviöllä tai rakenteellisen energiatehokkuuden avulla. Laskennallinen energiankulutus on kerrottava energiamuodon kertoimella. Eri energiamuodoille on annettu energiamuodon kerroin, joka kuvastaa energiankäytön kokonaismäärää. Energiamuodon kertoimen suuruus kuvastaa energiamuodon ympäristövaikutuksia.

Rakennuksen järjestelmät suunnitellaan energiatehokkaiksi ja energiankulutusta tulee pystyä seuraamaan. (MRL 132/1999, 1151/2016, 958/2012)

Maankäyttö- ja rakennuslakiin tuli määritelmä lähes nollaenergiarakennuksesta eli rakennus, jolla on korkea energiatehokkuus ja jonka käyttämästä energiasta suurin osa pyritään kattamaan uusiutuvista lähteistä peräisin olevalla energialla. Uudisrakennukset tulee rakentaa lähes nollaenergiarakennuksiksi. Korjausrakentamisessa energiatehokkuutta on parannettava rakennusluvan alaisissa korjaus- tai muutostöissä, jos se on teknisesti, toiminnallisesti ja taloudellisesti mahdollista. Vaatimuksia ei sovelleta kerrosalaltaan alle 50 m²:n rakennuksiin. Mahdollisimman energiatehokkaan rakennuksen rakentamiselle asettaa rajoituksia lainsäädäntö rakennuksen turvallisuudesta, terveellisyydestä ja viihtyisyydestä, kuten asetukset asuintiloista ja asumisterveydestä. (MRL 132/1999, 1151/2016, 958/2012)

Rakennus on suunniteltava ja rakennettava siten, että se on käyttötarkoituksensa mukaisesti energiatehokkuudeltaan laskennallisen E-luvun tai rakenteellisen energiatehokkuuden mukainen, lämpöhäviöiltään vähäinen sekä energiatehokas huonelämpötilaltaan, ilmanvaihdon ominaissähköteholtaan, energiankäytön mittaamiseltaan, lämmön ja sähkön tehotarpeeltaan (Kalliomäki, P. 2017b, YMa 1010/2017)

Huonelämpötilan tulee olla asunnoissa lämmityskaudella +18...+26 °C ja lämmityskauden ulkopuolella +18...+32 °C. Lämpimän käyttöveden lämpötilan tulee olla vähintään +50 °C, mutta ei kuitenkaan yli +65 °C. Asunnon ilmanvaihto tulee olla asuinhuoneissa vähintään 0,35 dm³/s lattiapinta-alan neliömetrille. (545/2015)

3 ENERGIATODISTUS

Energiatodistus on ollut käytössä monia vuosia. Nykyinen energiatodistus perustuu rakennuksen ominaisuuksiin, joista lasketaan laskennallinen energiankulutus ja energiatehokkuus. Energiatodistuksesta on ollut käytössä erilaisia versioita vuosien varrella ja laskentamenelmät ovat vaihdelleet. EU-direktiiveissä on tarkennettu energiatodistuksessa esitettävät tiedot, laskentatapaa ja käytön laajuus. Suomi on säätänyt direktiivin puitteissa omat kansallisen lainsäädäntönsä, jonka perusteella energiatodistus ja sen laskenta tehdään. Energiatodistuksen laadintaan on oltava energiatodistuksen laatijan pätevyys ja se laaditaan lain edellyttämälle pohjalle. Energiatodistusta pystyy käyttämään rakennusten vertailuun, koska vertailun kohteena on ainoastaan rakennus. Käyttäjillä ei ole vaikutusta laskennalliseen energiankulutukseen. (YMa 755/2017)

Energiatodistus pitää olla käyttötarkoitukseltaan vakituisessa käytössä oleville asuinrakennuksille. Loma-asuntoihin ei tarvita energiatodistusta. Energiatodistus tehdään uudisrakennukselle rakennusluvan hakemisen yhteydessä tai olemassa olevalle kohteelle myynnin ja vuokrauksen yhteydessä. Energiatodistus on voimassa 10 vuotta tai kunnes se korvataan uudella. Energiatodistusta ei tarvita kerrosalaltaan alle 50 m²:n kokoihin rakennuksiin. (YMa 1048/2017, 755/2017)

Energiatodistuksessa esitetään rakennuksen laskennallinen energiatehokkuus ja energiankulutus E-lukuna sekä kirjaintunnuksella energiatehokkuuden luokitteluasteikkolla A–G, jossa A on paras ja G huonoin. Ostoenergiankulutus esitetään erikseen. Olemassa oleville kohteille ilmoitetaan lisäksi toteutunut energiankulutus ja annetaan toimenpideehdotuksia energiatehokkuuden parantamiseksi. Energiatodistuksessa ilmoitetaan tarvittavat muut tiedot rakennuksen ylläpitoon ja käyttöön liittyvistä energia- ja ympäristöominaisuuksista sekä lisätietoa energiatehokkuudesta. Tietyillä ehdoilla energiatodistuksen laadintaan käytetään kevennettyä menettelyä, jolloin energiatehokkuuden kirjaintunnus on H. (YMa 755/2017, 1048/2017)

Laadituista energiatodistuksista ylläpidetään rekisteritietoja Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskuksen (ARA) ylläpitämässä rekisterissä osoitteessa www.energiatodistusrekisteri.fi. 15.3.2020 mennessä energiatodistuksia on laadittu noin 120 000 kappaletta, joista energialuokkaan A on päässyt noin 4 000 kappaletta.

3.1 Energiatodistuksen laskentatavan merkintä

Energiatodistuksen energiatehokkuutta kuvaavan tunnuksen alaindeksinä on käytettävä lukua 2018, jos laskentaan on sovellettu ympäristöministeriön asetusta rakennuksen energiatodistuksesta 1048/2017. Alaindeksinä käytetään lukua 2013, jos energiatodistus on laadittu ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatodistuksesta 176/2013 mukaisesti. Alaindeksinä käytetään lukua 2007, jos energiatodistus on laadittu kumottujen rakennuksen energiatodistuksesta annetun lain 487/2007 ja ympäristöministeriön asetuksen 765/2007 mukaisesti. (YMa 1048/2017)

3.1.1 E-Luku

E-luku eli rakennuksen laskennallinen energiatehokkuuden vertailuluku on rakennuksen laskennallinen ostoenergiankulutus pinta-alan neliölle vuodessa, joka kerrotaan energiamuodon kertoimella ja jaetaan rakennuksen lämmitetyllä netto-alalla. E-luvun yksikkö on $\text{kWh}_E/(\text{m}^2 \text{ a})$. E-lukulaskelmassa eritellään käytetyt energiamuodot, ostoenergiamäärä, energiamuodon kerroin ja energiamuodon kertoimella painotettu energiankulutus, jotka lasketaan yhteen. E-luku perustuu teknisiin järjestelmiin, rakennusosien ominaisuuksiin ja rakennuksen vakioituun käyttöön. Olemassa olevalle kohteelle vakioitun käytön ostoenergiankulutus selvitetään asiakirjoista ja tekemällä havainnointikäynti. (YMa 755/2017, 1048/2017)

Rakennuksen E-luku lasketaan kuukausitason laskentamenetelmällä tai tätä lyhyemmissä jaksoissa. E-luvun laskentaan on oltava laskentamenetelmän edellyttämä laskentatyökalu. E-luku on ylöspäin pyöristetty kokonaisluku. E-luku lasketaan koko Suomeen säävyöhykkeen I Helsinki-Vantaa säätietojen mukaisesti eli pohjoisen kylmemmät olosuhteet eivät vaikuta E-luvun laskentaan (kuva 1). E-luvun energiatehokkuus ilmoitetaan luokitteluasteikolla A-G. E-luvun luokitteluasteikkoon vaikuttaa käyttötarkoitusluokka. Eri käyttötarkoitusluokkia on 9, joista tässä työssä käydään läpi käyttötarkoitusluokka 1 a) Erillinen pientalo. Käyttötarkoitusluokassa 1 ei tarvitse ottaa jäähdytystä huomioon. (YMa 1010/2017, 1048/2017)

Uudisrakentamisen E-luvun vähimmäisvaatimus käyttötarkoitusluokka 1 a) on

- Lämmitetty nettoala $A_{\text{netto}} 50\text{--}150 \text{ m}^2 = 200 - 0,6 \times A_{\text{netto}}$
- lämmitetty nettoala A_{netto} yli $150 \text{ m}^2 = 116 - 0,04 \times A_{\text{netto}}$

Massiivipuurakennuksessa raja-arvot voidaan ylittää 20 % käyttötarkoituksaluokassa 1 a). Perusteena on ympäristöystävällinen raaka-aine, uusiutuva materiaali ja luonnonvarojen kestävä käyttö. Massiivipuuseinään on varastoitunut hiiltä ja puu voidaan polttaa energiaksi, kun rakennus on saavuttanut elinkaarensa lopun. (YMa 1010/2017)

E-luvun parhaaseen A-luokkaan pääsee käyttötarkoituksaluokassa 1 a), kun E-luku on

- Lämmitetty nettoala $A_{\text{netto}} 50\text{--}150 \text{ m}^2 = 110 - 0,2 \times A_{\text{netto}}$
- Lämmitetty nettoala $A_{\text{netto}} 150\text{--}600 \text{ m}^2 = 83 - 0,02 \times A_{\text{netto}}$

3.1.2 Rakenteellinen energiatehokkuus

Rakennuksen energiatehokkuudelle asetettujen vaatimusten täytyminen voidaan osoittaa E-luvun sijasta myös rakenteellisella energiatehokkuudella. Rakenteellinen energiatehokkuus ilmoitetaan rakennusosien lämmönläpäisykertoimella eli U-arvolla, rakennuksen ilmanvuotoluvun arvolla q_{50} , ilmanvaihdon lämmöntalteenoton (LTO) hyötysuhteella, koneellisen ilmanvaihdon ominaissähkötehoilla ($\text{kW/m}^3/\text{s}$) sekä lämmitysjärjestelmän valinnalla. (YMa 1010/2017)

Rakenteellisen energiatehokkuuden vaatimukset ovat

- seinä U-arvo 0,12
- yläpohja U-arvo 0,07
- alapohja maata vasten tai ryömintatilalla U-arvo 0,10
- ikkunat ja ovet U-arvo 0,7
- rakennuksen ilmanvuotoluku q_{50} 0,6
- poistoilman LTO 65 %
- tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmän ominaissähköteho $1,5 \text{ kW/m}^3/\text{s}$
- lämmitysjärjestelmänä on kaukolämpö, maalämpöpumppu tai ilma-vesilämpöpumppu.

3.1.3 Ominaisarvot ja vakioitu käyttö

Laskennassa käytetään laskentasääntöjä tai lähtöarvoina rakennusta parhaiten kuvaavia arvoja, kuten suunnitteluarvoja, tuotevalmistajien antamia testattuja arvoja sekä selvitettyjä tai laskelmilla muuten osoitettuja arvoja. Laskentasäännöt ovat

ympäristöministeriön asetuksessa uuden rakennuksen energiatehokkuudelle 1010/2017 ja ympäristöministeriön asetuksessa rakennuksen energiatodistuksesta 1048/2017. Rakennuksen vakioitu käyttö ilmoitetaan vuorokautisena ja viikoittaisena käyttöaikana. Käyttöaste määritetään ilmanvaihdolle, valaistukselle, kuluttajalaitteille ja ihmisten läsnäololle. Rakennukseen aiheutuu vakioidusta käytöstä sisäisiä lämpökuormia. Käyttötarkoitukseluokan 1 a) Erillinen pientalo rakennuksissa oletetaan, että ilmanvaihto on päällä ympäri vuorokauden viikon jokaisena päivänä ja lämpimän käyttöveden nettotarve on 35 kWh/m², kuitenkin enintään 4 200 kWh vuodessa yhdelle asunnolle. Lämpimän käyttöveden laskennassa voi käyttää 15 % pienempiä arvoja, jos rakennuksen käyttövesiverkostossa on vakiopaineventtiili tai muu paineensäätötekniikka. (YMa 1010/2017, 1048/2017)

Olemassa olevien kohteiden laskennan lähtöarvot voivat perustua rakennusluvan myöntämisen aikaan voimassa olleisiin rakennusmääräyksiin ja -ohjeisiin. Jos lähtöarvoja ei ole saatavissa tai selvitettävissä noudatetaan laskennassa ympäristöministeriön asetuksen 1048/2017 liitteen laskentasääntöjä. Jos rakentamisluvan myöntämishetkeä ei ole tiedossa, voidaan rakennusluvan vireilletulovuosi laskea vähentämällä rakennuksen valmistumisvuodesta kaksi vuotta. (YMa 1048/2017)

3.1.4 Lämmitetty nettoala

Rakennuksen energiatodistuksen laskennassa käytetään pinta-alana lämmitettyä nettoalaa (A_{netto}), joka on ulkoseinien sisäpinnoista laskettu lämmitettyjen kerrostasalojen summa tai vaihtoehtoisesti bruttoala, josta on vähennetty ulkoseinien rakennusosa-ala. Olemassa olevien rakennusten lämmitetty nettoala katsotaan suunnitelmista, mitataan havainnointikäynnillä tai arvioidaan olevan 90 % lämmitetystä bruttoalasta. Rakennuksen bruttoala arvioidaan suunnitelmista tai laskemalla rakennuksen ulkomittojen mukaan. Puolilämpimät tilat lasketaan lämpiminä tiloina. Puolilämpimiin tiloihin kuuluu käyttöullakot ja varastot. Lämmittämättömiä tiloja ja moottoriajoneuvosuojia ei oteta mukaan laskentaan. (YMa 1048/2017)

3.1.5 Ostoenergiankulutus ja lämmitysenergian nettotarve

Rakennuksen ostoenergiankulutus tarkoittaa energiaa, joka joudutaan ostamaan sähkö- ja lämpöjako- ja verkkoista tai polttoaineena. Ostoenergiankulutus on laskennallinen ja

perustuu vakioituun käyttöön. Ostoenergian tarve lasketaan lämmityksen, ilmanvaihdon sekä järjestelmien apulaitteiden, kuluttajalaitteiden ja valaistuksen energiankulutuksesta, josta vähennetään rakennuksessa kuukausitasolla tuotettu ja kulutettu energia eli ympäristöstä olevasta energiasta otettu energia. Rakennuksen teknisten järjestelmien energiankulutus jaetaan lämmitysjärjestelmien, ilmanvaihtojärjestelmien sekä kuluttajalaitteiden ja valaistuksen energiankulutukseen. Vakioituneen käytön lähtöarvot lasketaan käyttötarkoituksen mukaisella ulkoilmavirralla, huonelämpötilalla, lämpimän käyttöveden kulutuksella sekä oleskelun, kuluttajalaitteiden ja valaistuksen käyttöasteilla. (YMa 1010/2017, 1048/2017)

Rakennuksen ostoenergian laskennassa otetaan huomioon rakennuksen rakennusosien lämpöominaisuudet, liitosten kylmäsillat, ilmanpitävyys, ilmanvaihdon ilmavirta, sähköenergian tarve ja lämmöntalteenotto, sisälämpötila, lämpimän käyttöveden tarve, lämmitysjärjestelmien lämpö- ja sähköenergian tarve, kuluttajalaitteiden ja valaistuksen sähköenergian tarve, lämmön- ja sähköntuotto sekä lämpökuormat henkilöistä, valaistuksesta, sähkölaitteista, lämpimästä käyttövedestä ja auringosta. Ostoenergian energiamuodot eritellään laskelmassa. Ostoenergiankulutukseen ei tarvitse laskea esimerkiksi ulkovalaistusta, sulatuskaapeleita, sähköautojen latauspistokkeita tai hissejä. Lämpimän käyttöveden nettotarpeesta saadaan ostoenergiankulutus, kun lasketaan mukaan tuoton, varastoinnin, jakelun ja kierron hyötysuhteista aiheutuvat lämpöhäviöt ja apulaitteiden sähköenergiankulutus mukaan. (YMa 1048/2017, 1010/2017)

Rakennuksen lämmitysenergian nettotarve lasketaan rakennuksen tilojen, ilmanvaihdon ja lämpimän käyttöveden valmistuksen lämmitystarpeesta. Lämmitystarve lasketaan rakennusosien johtumislämpöhäviöistä, vuotoilman lämpöhäviöistä sekä korvaus- ja tuloilman lämmityksestä, joista vähennetään lämpökuormat. Lämpökuormia aiheutuu auringosta ja sisäisistä lämpökuormista, kuten kuluttajalaitteista, valaistuksesta, ihmisistä, lämpimän käyttöveden kiertojohdosta, lämmitysputkista ja lämminvesivaraajista. Ilmanvaihdon lämmitysenergia lasketaan lämmöntalteenoton jälkeisenä lämmitystarpeena. (YMa 1048/2017)

3.2 Energiamuotojen kertoimet

Rakennukset voivat käyttää yhtä tai useampaa energialähdettä. Energiatodistuksessa rakennuksen kokonaisenergiankulutuksen laskentaan ja vertailuun on tehty energialähteestä riippuvat energiamuotojen kertoimet, joiden on tarkoitus kertoimesta riippuen

vaikuttaa laskennan lopputulokseen. Energiamuodon kertoimet ovat kulutetun energian ja kulutuksien seurauksien välinen verrannollisuuskerroin, jossa primäärienergia jaetaan energiantuotannolla. Energiamuodolle annettu kerroin kuvastaa siis jalostamattoman luonnonenergian kulutusta, luonnonvarojen käyttöä, energiamuotojen ominaisuuksia, jalostusastetta ja energiatuotannon hiilidioksidipäästöjä. Energiamuotojen kertoimilla pyritään edistämään uusiutuvien energiamuotojen käyttöä, rakentamaan energiatehokkaasti ja tehostamaan lämmitystapaa. (VNa 788/2017, 1010/2017)

Voimassa olevat energiamuotojen kertoimet (VNa 788/2017) ovat

- sähkö 1,2
- kaukolämpö 0,5
- kaukojäähdytys 0,28
- fossiiliset polttoaineet 1,0
- rakennuksessa käytettävät uusiutuvat polttoaineet 0,5

Energiamuodon kertoimen lisäksi rakennuksen kokonaisenergiankäytössä energiamuoto on muutettava lämmöksi. Sähkö ja kaukolämpö pystytään hyödyntämään rakennuksessa suoraan energiaksi. Öljy ja puu pitää ensin polttaa lämmöksi, jolloin polton hyötysuhteessa syntyy häviöitä. E-luvun laskennassa huomioidaan lämmitysjärjestelmän ja lämmöntuoton hyötysuhteet. Sähköä ja kaukolämpöä tehdään yhteistuotantona, mikä parantaa hyötysuhteita ja sitä kautta pienentää molempien energiamuotojen kertoimia. (VNa 788/2017, YMa 1010/2017)

Energiamuodoille on annettu energiatodistuksen laskennassa kertoimet ensimmäisen kerran vuonna 2013, jolloin kertoimet olivat suuremmat kaukolämmölle ja sähkölle. Perusteena kertoimien laskulle on lisääntyvä uusiutuvien luonnonvarojen käyttö, tuotannon hyötysuhteiden ja tuotantotapojen muutokset, kuten hiilen käytön vähentäminen. (VNa 788/2017)

Fossiilisten polttoaineiden energiamuodon kerroin on 1,0. Fossiilisia polttoaineita, kuten öljyä ja kaasua käytetään vertailutasona muille energiamuodoille (VNa 788/2017). Fossiilisia polttoaineita energiaksi käyttäviä rakennuksia ei yleensä luokitella energiatehokkaiksi rakennuksiksi ja lämmitysmuodon kulutusta pyritään vähentämään.

Sähkön energiamuodon kerroin on 1,2. Sähköenergiaa tuotetaan yhteistuotantona kaukolämmön kanssa, koska erillisellä sähkötuotannolla on huono tuotannon hyötysuhde. Sähköllä on muita energiamuotoja korkeampi kerroin, koska jalostusaste on korkea eli

energiaa voidaan käyttää moneen tarkoitukseen. Sähköenergiaa käytetään rakennuksissa lämmitykseen, lämmitysjärjestelmien apulaitteisiin, ilmanvaihtojärjestelmiin, kuluttajalaitteisiin ja valaistukseen. Lämmityksen voi tehdä muillakin energiamuodoilla. Suora sähkölämmitys on kokonaisenergiankulutukseltaan huonoin vaihtoehto, mutta lämpöpumppujen avulla kannattavuutta pystyy merkittävästi parantamaan. (YMa 1048/2017, VNa 788/2017)

Uusiutuvien polttoaineiden kerroin on 0,5. Uusiutuvia polttoaineita ovat puu- ja biopohjaiset polttoaineet poislukien turve. Kertoimesta huolimatta uusiutuvien polttoaineiden kokonaisenergiankulutukseen vaikuttaa yleensä heikentävästi lämmöntuoton hyötysuhde. Keskitetyssä lämmöntuotannossa lämmöntuoton hyötysuhde on tehokkaampi. (YMa 1010/2017, VNa 788/2017)

3.3 Koko, pinta-alat, muoto, tilavuus ja kerrokset

Rakennuksen arkkitehtuurilla on vaikutusta energiankulutukseen. Monikulmainen rakennus isoilla ikkunoilla kuluttaa enemmän energiaa kuin optimoidumpi ratkaisu. Asuintilan tulee olla kooltaan ja muodoltaan asuinkäyttöön soveltuva ja viihtyisä. Huonekorkeuden tulee olla pientaloissa vähintään 2,4 metriä ja muuten 2,5 metriä. Huonekorkeus määritetään keskikorkeutena, jos sisäkatto ei ole vaakasuora. Kerrosluvulla on vaikutusta julkisivun pinta-alan suhteeseen ylä- ja alapohjaan sekä ilmapuotoluvun laskennassa kerrosluvusta riippuvaan kertoimeen. Energiategokkuudessa tällä on vaikutusta valittaessa rakennusosien lämpöhäviöitä ja niiden keskinäisiä eroja. Asuinhuoneiston huoneistoalan tulee olla vähintään 20 m². Energiatodistus laaditaan lämmitetyltä nettoalaltaan vähintään 50 m² kokosiin rakennuksiin. (YMa 1008/2017, 1010/2017)

Rakennuksen vaippa koostuu rakennusosista, jotka erottavat lämpimän tilan ulkoilmasta, maaperästä tai lämmittämättömästä tilasta. Vaipan ja rakennusosien pinta-alat lasketaan sisäpintojen mittojen mukaan E-luvun laskennassa. Uudisrakennusten pinta-alat lasketaan suunnitelmista sekä olemassa olevat kohteet suunnitelmista, asiakirjoista ja paikanpäällä arvioimalla. Rakennusosien pinta-aloista ei vähennetä aukkoja tai läpivientejä. Julkisivujen pinta-alat lasketaan lattiapinnasta yläpohjan alapintaan. Julkisivusta vähennetään ikkunoiden ja ovien pinta-alat, jotka lasketaan karmirakenteiden ulkomittojen mukaisesti. (YMa 1010/2017, 1048/2017)

3.4 Lämpöhäviöt

Lämpöhäviöitä syntyy rakennusosien läpi kulkeutuvasta lämmönvirrasta eli johtumislämpöhäviöistä, rakennusosien liitosten kylmäsilloista sekä vuotoilmavirran ja ilmanvaihdon mukana poistuvista lämpöhäviöistä. Lämpöhäviötä laskettaessa otetaan huomioon maaperän tai ryömintätilan vaikutus. Lämpöhäviöitä aiheutuu myös lämmitysjärjestelmän ja lämpimän käyttöveden varastoinnista ja jakelusta. (YMa 1010/2017)

Lämmönläpäisykerroin eli U-arvo on lämpövirran tiheys neliömetrin kokoisen rakennusosan läpi yhden Kelvinasteen lämpötilaerolla, yksikkönä U-arvolle on $\frac{W}{m^2K}$. Rakennuksen vaipan lämpöhäviö lasketaan rakennusosien pinta-aloista ja lämmönläpäisykerroimista. Uudisrakennusten rakenteiden lämmönläpäisykerroimet saa suunnitelmista. Olemassa oleville rakennuksille lämmönläpäisykerroimet selvitetään rakennuksen asiakirjoista ja suunnitelmista, voimassa olleista määräyksistä tai käyttämällä taulukkoarvoja, jos rakenteiden ominaisuuksia ei muuten saada selvitettyä. (YMa 1010/2017, 1048/2017)

Lämmitettyyn nettoalaan lasketaan lämpimät ja puolilämpimät tilat. Lämpimän tilan huonelämpötila on +17 °C tai korkeampi ja puolilämpimän tilan +5...+17 °C. E-luku lasketaan käyttäen huonelämpötilana lämmityskaudella +21 °C. Lämmittämättömiä tiloja ei oteta laskelmissa huomioon, koska lämmittämätön tila ei ole tarkoitettu jatkuvaan oleskeluun, eikä sitä ole suunniteltu lämmitettäväksi. (YMa 1010/2017)

3.4.1 Vertailulämpöhäviö

Uudisrakennuksen lämpöhäviö voi olla enintään yhtä suuri kuin vertailuarvoilla määritelty vertailulämpöhäviö rakennuksen vaipalle, vuotoilmalle ja ilmanvaihdolle. Lämpöhäviöille asetettu vaatimus koskee erikseen lämpimiä ja puolilämpimiä tiloja. Rakennuksen lämpöhäviöille voidaan tehdä tasauslaskenta, jolla näytetään vaatimuksen täyttyminen. Lämpöhäviölaskelmassa yhtä osatekijää voidaan kasvattaa, jos jotain toista osatekijää vähennetään vastaava määrä. Kokonaisuuden tulee olla siis enintään vertailuratkaisun mukainen. Poikkeuksena on rakenteellisen energiatehokkuuden käyttäminen. (YMa 1010/2017)

3.4.2 Ulkoseinät, ylä- ja alapohja

Uudisrakennukselle ulkovaipan vaadittavat U-arvot (YMa 1010/2017) ovat

- ulkoseinälle $0,17 \frac{W}{m^2K}$
- yläpohjalle ja ulkoilmaan rajoittuvalle alapohjalle $0,09 \frac{W}{m^2K}$
- maanvaraiselle alapohjalle $0,16 \frac{W}{m^2K}$
- ryömintätilaan rajoittuvalle alapohjalle $0,17 \frac{W}{m^2K}$
- sekä massiivipuuseinälle $0,40 \frac{W}{m^2K}$, jonka keskimääräinen paksuus on vähintään 180 mm.

Maanvaraisessa ja ryömintätilallisessa alapohjassa U-arvon vähimmäisvaatimus saa olla ulkoilmaan rajoittuvaa alapohjaa suurempi, koska maan vuosittainen keskilämpötila on ulkoilman vuosittaista keskilämpötilaa korkeampi.

3.4.3 Ikkunat ja ulko-ovet

Uudisrakentamisessa ja luvanvaraisen korjausrakentamisen yhteydessä uusien ikkunoiden ja ulko-ovien U-arvovaatimus on $1,0 \frac{W}{m^2K}$. (YMa 1010/2017, 4/13)

Ikkunapinta-alan vertailuarvo on 15 % rakennuksen maanpäällisten kerrostasalojen summasta. Ikkunoiden määrä ei saa ylittää 50 % julkisivupinta-alasta. Asuinhuoneisiin pitää tulla ikkunoista luonnonvaloa ja ikkunan valoaukon on oltava 10 % huonealasta. Luonnonvalon saamiseksi ikkunat pitää sijoitella ilmansuunnat huomioiden. Lisäksi pitää huomioida ympäristön häiriötekijät ja ikkunanäkymät. Asuinhuoneen ikkunan tai sen osan on oltava avattavissa ja lattian on oltava pääikkunaseinän kohdalta maanpinnan yläpuolella. (YMa 1010/2017, 1008/2017)

3.4.4 Kylmäsiljat

Kylmäsilta on rakenteiden liitossyistä johtuva lämmönläpäisykertoimen kasvaminen. Rakennusosien välisiin liitoksiin syntyy kylmäsiltoja, joissa lämpöhäviöt ovat suurempia, kuin rakennusosien keskiosilla. Liitosten kylmäsiltojen pituudet ja ominaislämpöhäviöt

lasketaan suunnitelmista tai asiakirjoista. Kylmäsilloille on olemassa myös taulukkoarvoja, mikäli ominaislämpöhäviöitä ei ole käytettävissä. Kylmäsilan vaikutus lämpöhäviöön on erilainen eri rakenteiden liitoskohdissa sekä esimerkiksi ulko- ja sisänurkissa. Olemassa oleville rakennuksille kylmäsiltojen lämpöhäviöiden voidaan arvioida olevan 10 % ulkovaipan johtumislämpöhäviöistä. (YMa 1048/2017)

Viivamaisten kylmäsiltojen aiheuttamia lämpöhäviöiden ohjearvoja puurakenteisissa rakenneliitoksissa (YM ohje energiatehokkuus) ovat

- ulkoseinäliitos ulkonurkka $0,04 \frac{W}{mK}$
- ulkoseinäliitos sisänurkka $-0,04 \frac{W}{mK}$
- ikkuna- ja oviliitos lämmöneristeen kohdalla $0,04 \frac{W}{mK}$
- ulkoseinän ja yläpohjan liitos $0,05 \frac{W}{mK}$
- ulkoseinän ja välipohjan liitos $0,05 \frac{W}{mK}$
- ulkoseinän liitos betonirakenteiseen maanvastaiseen alapohjaan $0,10 \frac{W}{mK}$

3.4.5 Ilmatiiviys ja vuotoilmavirta

Rakennuksen ilmatiivyyden osoittamiseksi vaipalle annetaan ilmanvuotoluku n_{50} , jonka yksikkö on $\frac{m^3}{hm^2}$ tai q_{50} , jonka yksikkö on myös $\frac{m^3}{hm^2}$. Ilmanvuotoluku on keskimääräinen vuotoilmavirta tunnin aikana 50 Pa:n paine-erolla n_{50} lattian neliometriä kohden tai q_{50} rakennuksen vaipan neliometriä kohden. Ilmanvuotoluvusta lasketaan vuotoilmavirran määrä, jota tarvitaan lämpöenergiankulutuksen laskennassa. Suunnitteluarvoksi uuden rakennuksen vaipan ilmanvuotoluvulle annetaan arvo $4 \frac{m^3}{hm^2}$, jos ilmanpitävyyttä ei erikseen mitata tai teollisella laadunvarmistusmenettelyllä todeta. Rakennuksen vertailulämpöhäviötä laskettaessa vaipan ilmanvuotolukuna käytetään arvoa $2 \frac{m^3}{hm^2}$. Olemassa oleville rakennuksille käytetään taulukkoarvoja, jos tarkempaa tietoa ei ole saatavilla. (YMa 1010/2017, 1048/2017)

Rakennusvaipan ilmanvuotoluvun n_{50} taulukkoarvot (YMa 1048/2017) ovat

- ennen 10/2003 6,0
- 10/2003-2011 4,0.

Rakennusvaipan ilmanvuotoluvun q_{50} taulukkoarvot (YMa 1048/2017) ovat

- 2012 eteenpäin 4,0.

Ilmanvuotoluku n_{50} muutetaan ilmanvuotoluksi q_{50} kaavalla 1.

$$q_{50} = \frac{V \times n_{50}}{A_{vaiippa}}$$

Kaava 1. Rakennusvaipan ilmanvuotoluvun q_{50} laskenta ilmanvuotoluvusta n_{50} (YMa 1048/2017).

Vuotoilmavirran määrä lasketaan kaavalla 2.

$$q_{v,vuotoilma} = \frac{A_{vaiippa} \times q_{50}}{3600 \times x}$$

Kaava 2. Vuotoilmavirran määrän laskenta (YMa 1048/2017).

Kaavojen merkkien selitykset ovat

- $q_{v,vuotoilma}$ on vuotoilmavirta, m^3/s
- q_{50} on rakennusvaipan ilmanvuotoluku, $\frac{m^3}{hm^2}$
- $A_{vaiippa}$ on rakennusvaipan pinta-ala, m^2
- x on kerroin, joka on yksikerroksisille rakennuksille 35, kaksikerroksisille 24, kolmi- ja nelikerroksisille 20 ja näitä korkeammille rakennuksille 15
- 3600 on kerroin, joka muuttaa ilmavirran yksiköstä m^3/h yksikköön m^3/s .

Rakennuksen vuotoilman lämpöhäviö lasketaan kaavalla 3.

$$H_{vuotoilma} = \rho_i \times c_{pi} \times q_{v,vuotoilma}$$

Kaava 3. Vuotoilman lämpöhäviö (YMa 1048/2017).

Kaavan merkkien selitykset ovat

- $H_{vuotoilma}$ on vuotoilman lämpöhäviö W/K
- ρ_i on ilman tiheys $1,2 \text{ kg}/m^3$
- c_{pi} on ilman ominaislämpökapasiteetti $1000 \frac{Ws}{kgK}$
- $q_{v,vuotoilma}$ on vuotoilmavirta m^3/s .

3.5 Lämmitysjärjestelmät

Rakennuksen lämmitysjärjestelmän energiankulutus lasketaan tilojen ja ilmanvaihdon lämmityksen sekä lämpimän käyttöveden valmistuksen lämmitystarpeelle. Energiankulutuksen laskennassa pitää huomioida lämmöntuoton, -jaon ja -luovutuksen lämpöhäviöt, lämpimän käyttöveden jakelun ja kiertojohdon lämpöhäviöt sekä varastoinnista aiheutuvat lämpöhäviöt ja apulaitteiden sähkönkulutus. Lämmitysteho mitoitetaan niin, että suunniteltu huonelämpötila täyttyy mitoittavilla säävyöhykkeen ulkolämpötiloilla. Mitoituksessa ei oteta huomioon sisäisiä tai auringon aiheuttamia lämpökuormia. (YMa 1010/2017)

Lämmitysjärjestelmän tilojen lämmitysenergian nettotarve saadaan jakamalla tilojen energiankulutus lämmönjaon ja -luovutuksen hyötysuhteilla. Lämpimän käyttöveden lämmitysenergian nettotarve lasketaan kertomalla ominaiskulutus lämmitetyllä nettoalalla enimmäismäärä 4 200 kWh huomioiden. (YMa 1048/2017)

3.5.1 Lämmöntuotto

Lämmitysjärjestelmän ostoenergiankulutus lasketaan jokaiselle lämmöntuottojärjestelmälle erikseen. Lämmöntuoton hyötysuhde on riippuvainen lämmitysjärjestelmästä ja sen ominaisuuksista. Ostoenergia saadaan laskettua jakamalla energiankulutus tuoton hyötysuhteella tai lämpöpumpun lämpökertoimella. Hyötysuhteina voi käyttää laitteiden tuoteominaisuuksia tai taulukkoarvoja. Ilmanvaihdon lämmityspattereiden hyötysuhteeksi oletetaan 1,0. (YMa 1048/2017)

Yhdelle varaavalle tulisijalle on asetettu lämmitysenergian nettotuotoksi enintään 3000 kWh, mikäli tulisija ei ole rakennuksen ainoa lämmitysjärjestelmä. Varaaja tulisijan hyötysuhteena käytetään arvoa 0,6, jos tarkempaa tuotetietoa ei ole käytettävissä. CE-merkinnän hyötysuhteesta saadaan kokonaisvuosihyötysuhde kertoimella 0,8. (YMa 1048/2017)

Lämmöntuoton vuosihyötysuhteen taulukkoarvot (YMa 1048/2017) ovat

- öljy/kaasu, stantardikattila 0,81
- öljy, kondenssikattila 0,87
- kaasu 0,92.

- pellettikattila 0,75
- puukattila energiavaraajalla 0,73
- sähkökattila 0,88
- kaukolämpö 0,94
- huonekohtainen sähkölämmitys 1,00.

Lämmöntuoton apulaitteiden sähkönkulutukset ($\frac{kWh}{a \times m^2}$) ovat

- öljy, stantardikattila 0,99
- kaasu, stantardikattila 0,59
- öljy, kondenssikattila 1,07
- kaasu 0,68
- pellettikattila 0,77
- puukattila energiavaraajalla 0,38
- sähkökattila 0,02
- kaukolämpö 0,60
- huonekohtainen sähkölämmitys 0,00.

3.5.2 Lämmönjaon ja -luovutuksen hyötysuhteet

Lämmönjaon ja -luovutuksen hyötysuhteista voidaan tehdä erillinen selvitys tai käyttää taulukkoarvoja vuosihyötysuhteille. Vesikiertoisissa lämmönjakojärjestelmissä lämpöeristetyillä putkilla päästään parempaan hyötysuhteeseen, kuin eristämättömillä putkilla. Lämmönjaon ja -luovutuksen hyötysuhteeseen vaikuttaa myös lämmitysverkoston meno- ja paluuveden lämpötilat. Rakenteiden sisällä olevissa lämmönluovutusjärjestelmissä hyötysuhteeseen vaikuttaa kuinka lähellä sisäpintaa lämmönluovutus tapahtuu ja mihin rakenne rajoittuu ulkopuolella. Laskennassa käytetään taulukkoarvoja, jos parempaa tietoa ei ole käytettävissä. (YMa 1048/2017)

Lämmönjakelun ja -luovutuksen hyötysuhteiden taulukkoarvot (YMa 1048/2017) ovat

Vesiradiaattorit 45/35 °C:

- jakojohdot eristettyjä 0,90
- jakojohdot eristämättömiä 0,85
- jakotukilla 0,85.

Vesiradiaattorit 70/40 °C:

- jakojohdot eristettyjä 0,9
- jakojohdot eritämättömiä 0,80
- jakotukilla 0,80.

Vesiradiaattorit 90/70 °C:

- jakojohdot eristettyjä 0,85
- jakojohdot eritämättömiä 0,80.

Vesikiertoinen lattialämmitys 40/30 °C:

- maata vasten rajoittuvassa rakenteessa 0,80
- ryömintätilaan rajoittavassa rakenteessa 0,80
- ulkoilmaan rajoittuvassa rakenteessa 0,75
- lämpimään tilaan rajoittuvassa rakenteessa 0,85.

Kattolämmitys, sähköinen:

- ulkoilmaan rajoittuvassa rakenteessa 0,85
- lämpimään tilaan rajoittuvassa rakenteessa 0,90.

Ilmanvaihtolämmitys:

- huonekohtainen säätö 0,9.

Sähköpatterilämmitys:

- 0,95.

Sähköinen lattialämmitys:

- maata vasten rajoittuvassa rakenteessa 0,85
- ryömintätilaan rajoittavassa rakenteessa 0,80
- ulkoilmaan rajoittuvassa rakenteessa 0,85
- lämpimään tilaan rajoittuvassa rakenteessa 0,90.

Sähköinen ikkunalämmitys ja muut lämmityslaitteet:

- 0,8

3.5.3 Apulaitteet

Lämmitysjärjestelmän apulaitteet kuluttavat sähköä lämmöntuotossa, -jaossa ja -luovutuksessa. Apulaitteiden sähkönkulutus voidaan laskea tuoteominaisuuksista tai käyttää taulukkoarvoja. Lämmöntuoton apulaitteiden sähkönkulutus riippuu lämmöntuottojärjestelmästä. Lämmönjakelun ja -luovutuksen apulaitteiden sähkönkulutukseen vaikuttaa käytettävä järjestelmä. Vesikiertoisissa järjestelmissä apulaitteiden sähkönkulutus on suurempi, kuin sähkölämmitteisissä ratkaisuissa. Apulaitteiden ominaissähkönkulutus kerrotaan lämmitetyllä nettoalalla. (YMa 1048/2017)

Lämmöntuoton apulaitteiden sähkönkulutuksen ($\frac{kWh}{a \times m^2}$) taulukkoarvot (YMa 1048/2017) ovat

- öljy, stantardikattila 0,99
- kaasu, stantardikattila 0,59
- öljy, kondenssikattila 1,07
- kaasu 0,68
- pellettikattila 0,77
- puukattila energiavaraajalla 0,38
- sähkökattila 0,02
- kaukolämpö 0,60
- huonekohtainen sähkölämmitys 0,00.

Lämmönjaon ja -luovutuksen apulaitteiden sähkönkulutuksen ($\frac{kWh}{a \times m^2}$) taulukkoarvot (YMa 1048/2017) ovat

- sähköinen 0,5
- vesiradiaattorit 2,0
- vesikiertoinen lattialämmitys 2,5.

3.5.4 Lämpimän käyttöveden jakelu, varastointi ja kiertojohto

Lämpimän käyttöveden jakelusta, varastoinnista ja kiertojohdosta aiheutuu lämpöhäviöitä, jotka pitää ottaa laskennassa huomioon. Jakelun hyötysuhteesta ja kiertojohdon lämpöhäviöiden ominaistehosta voidaan tehdä erillisselvitys tai käyttää taulukkoarvoja.

Kiertojohdon pituus voidaan laskea suunnitelmista ja asiakirjoista tai käyttää kiertojohdon ominaispituudelle taulukkoarvoa ja kertomalla ominaispituus lämmitetyllä nettoalalla. Jos kiertojohdon eristystasoa ei saada selvitettyä, oletetaan putki eristämättömäksi. Varastoinnin lämpöhäviöt lasketaan tuoteominaisuuksista tai käytetään taulukkoarvio. (YMa 1048/2017)

Lämpimän käyttöveden siirron hyötysuhteen taulukkoarvot (YMa 1048/2017) ovat

- eristämätön käyttövesiputki 0,75
- suojaputkessa 0,85
- eristetty perustaso 0,89
- eristetty parempi taso 0,92
- kiertajohto 0,96.

3.5.5 Jäähdytys

Jäähdytystä tehdään kesäajan huonelämpötiloille asetetun vaatimuksen yhteydessä. Käyttötarkoitukseluokkaan 1 kuuluviin rakennuksiin, joihin yhden asunnon pientalot kuuluu, ei tarvitse laskea jäähdytystarvetta. Jäähdytyksen energiankulutus lasketaan ostoenergiankulutukseen, jos sisälämpötilojen hallintaan tarvitaan jäähdytysjärjestelmää. Jäähdytysenergia saadaan laskettua jäähdytysenergian tuoton ja apulaitteiden sähkökulutuksesta. (YMa 1010/2017)

3.6 Lämpökuormat

Lämpökuormia rakennukseen aiheutuu auringosta, kuluttajalaitteista, valaistuksesta ja ihmisistä sekä lämpimän käyttöveden kiertojohdosta ja varastoinnista. Kuluttajalaitteille, valaistukselle ja ihmisille lasketaan vakioidulla käytöllä käyttöasteet rakennuksessa käyttötarkoitukseluokan mukaisesti. Rakennukselle on siis määritelty vuorokautinen ja viikottainen käyttöaika. Käyttötarkoitukseluokassa 1 eli pienet asuinrakennukset käyttöaika on jatkuvasti eli 24 h vuorokaudessa ja 7 päivää viikossa. Valaistukselle, kuluttajalaitteille ja ihmisille käytetään keskimääräisiä käyttöasteita ja sisäisiä lämpökuormia rakennuksen käyttöajan aikana lämmitettyä nettoalaa kohti. Valaistuksen ja kuluttajalaitteiden lämpökuorma on niiden sähkökulutuksen suurin. (YMa 1010/2017)

Käyttöasteet ja lämpökuormat ovat

- valaistuksen käyttöaste on 0,1 ja sisäinen lämpökuorma 6 W/m².
- kuluttajalaitteiden käyttöaste on 0,6 ja sisäinen lämpökuorma 3 W/m².
- ihmisten käyttöaste on 0,6 ja sisäinen lämpökuorma 2 W/m².

Lämpökuorman kaava on

käyttöaste × lämpökuorma × käyttötunnit × käyttöpäivä × 8 760 h / 1 000, jossa

- 8 760 on tunteja vuodessa ja
- 1 000 on W muunnos kWh.

3.6.1 Auringonsäteily

Auringonsäteilyä ikkunan valoaukkoon aiheutuu lämpökuormaa rakennuksen sisälle. Valoaukon auringonsäteilyn läpäisyä kuvaavana kertoimena käytetään G-arvoa, joka kuvaa kohtisuoraa säteilyn läpäisyä. G-arvona käytetään laskennassa ikkunoiden tuotetiedoissa määritettyjä arvoja. Arvona käytetään 0,6, jos tuotetietoja ei ole käytettävissä tai arvo lasketaan laskentasääntöjen mukaisesti. (YMa 1048/2017)

Auringonsäteilyn aiheuttama lämpökuorma riippuu ikkunoiden ilmansuunnasta ja valoaukon pinta-alasta. Lämpökuorma nostaa kesä-aikana tarpeettomasti rakennuksen sisälämpötilaa. Lämpökuorman määrä vähennetään kuukausitason laskennassa lämmityksen ostoenergiantarpeesta.

3.6.2 Lämpimän käyttöveden varastointi ja kiertojohto

Lämpimän käyttöveden varastoinnista ja jakelun kiertojohdosta aiheutuu lämpöhäviöitä, jotka otetaan lämmitystarpeen ja lämpökuorman laskennassa huomioon.

Lämpimän käyttöveden varastoinnista aiheutuva lämpökuorman määrä riippuu lämminvesivaraajan säiliön koosta ja eristystasosta aiheutuvasta lämpöhäviöstä. Lämpöhäviön laskennassa käytetään lämminvesivaraajan tuotevalmistajan antamia arvoja. Jos varastoinnin lämpöhäviöiden tuotetietoja ei ole käytettävissä lasketaan varastoinnista aiheutuva lämpöhäviö säiliön koon ja eristystason mukaan taulukkoarvoista. Varastoinnista

aiheutuvan lämpökuorman määrän oletetaan olevan 50 % lämpöhäviöistä, jos lämminvesivaraaja on rakennuksen ulkovaipan sisäpuolella. (YMa 1048/2017)

Lämpimän käyttöveden kiertojohton lämpökuorman määrä riippuu siitä miten kiertojohto kulkee rakenteissa. Kiertojohton kulkiessa rakennuksen ulkopuolella ei siitä oleteta aiheutuvan lämpökuormaa. Kiertojohto lämmöneristetilassa aiheuttaa 25 % lämpökuorman laskennallisesta lämpöhäviöstä. Kiertojohto rakennuksen ulkovaipan sisäpuolella aiheuttaa 50 % lämpökuorman laskennallisesta lämpöhäviöstä. (YMa 1010/2017, 1048/2017)

3.7 Lämpöpumput

Rakennusten lämmityksessä yleistyy energiatehokkuudeltaan kilpailukykyisenä ratkaisuna erilaisilla järjestelmillä toimivat lämpöpumput. Lämpöpumppu käyttää energianaan sähköä, mutta lämpöpumppu pystyy tuottamaan enemmän energiaa, kuin mitä se kuluttaa. Lämpöpumpun energiantuoton ja -kulutuksen verrannollinen määrä on laskennassa lämpökerroin eli SPF-luku, joka saadaan tuotevalmistajien antamista tiedoista tai laskentasaäntöjen mukaisista taulukkoarvoista. SPF-luku kuvaa siis lämmitysenergian tuottoa verrattuna lämpöpumpun ja sen apulaitteiden sähkönkulutukseen. (YMa 1048/2017)

Lämpöpumppujen SPF-lukuun vaikuttaa rakennuksen lämmitysjärjestelmään suunnittelun menoveden lämpötila. Menoveden lämpötilaan vaikuttaa taas lämmönjaon ja luovutuksen toteutustapa. Lämpöpumppu voidaan mitoittaa riittämään koko rakennuksen lämmitykseen tai lisälämmityksen kanssa, joka toimii yleensä sähköllä. Lämpöpumpun käytäessä lämmönlähteenä ulkoilmaa on lämpökerroin riippuvainen ulkoilman lämpötilasta. Lämmönlähteenä ulkoilmaa käyttäviä lämpöpumppuja ei yleensä mitoiteta kattamaan koko rakennuksen lämmitysenergiantarvetta, vaan loppuosa katetaan lisälämmityksellä. (YMa 1048/2017)

3.7.1 Ilma-ilmalämpöpumppu

Ilma-ilmalämpöpumput käyttävät lämmönlähteenä ulkoilmaa luovuttaen tuotetun lämmön rakennuksen sisäilmaan puhaltimen avulla. Lämpöpumpun SPF-lukuna käytettävä taulukkoarvo on 2,8 tai tuotevalmistajan antamia arvoja. Ilma-ilmalämpöpumpun

tuottamalle lämmitysenergialle on asetettu yläraja, joka on taulukkoarvo ja riippuvainen rakennusvuodesta käyttötarkoitukseluokassa 1. (YMa 1048/2017, 1010/2017)

Laskennassa käytettävät yläraja-arvot (YMa 1048/2017) ovat

- 6 000 kWh/laitte tai 40 kWh/m² ennen vuotta 1985 rakennetuille rakennuksille
- 5 000 kWh/laitte tai 35 kWh/m² vuosina 1985–2003 rakennetuille rakennuksille
- 3 000 kWh/laitte vuoden 2003 jälkeen rakennetuille rakennuksille.

3.7.2 Maalämpöpumppu

Maalämpöpumpussa käytetään lämmönlähteenä maassa olevaa lämpöenergiaa. Lämmönkeruuputkisto porataan pystysuoraan maan sisälle tai vaakatasoon maanpinnan alapuolelle. Lämpöpumppu luovuttaa tuotetun lämpöenergian nesteeseen lämmitysputkiston tai lämpimän käyttöveden tarpeelle. Maalämpöpumpun SPF-luku riippuu lämmönkeruupiirin nesteen meno- ja paluulämpötilasta sekä lämpötilasta, johon lämmitysjärjestelmän menoveden lämpötila joudutaan lämmittämään. SPF-lukuna käytetään taulukkoarvoja tai tuotevalmistajan antamia arvoja. Maalämpöpumppu pystytään yleensä mitoittamaan koko rakennuksen lämmitysenergiatarpeelle. Käyttöveden lämmityksen taulukkoarvo SPF-luvulle on 2,3. (YMa 1048/2017)

Maalämpöpumpun SPF-lukujen taulukkoarvoja (YMa 1048/2017) menoveden lämpötilan mukaan keruupiirin paluunesteen lämpötilavälillä -3 °C...+3 °C ovat

- +30 °C SPF-luku 3,4...3,5
- +40 °C SPF-luku 3,0...3,1
- +50 °C SPF-luku 2,7
- +60 °C SPF-luku 2,5.

3.7.3 Ilma-vesilämpöpumppu

Ilma-vesilämpöpumput käyttävät lämmönlähteenä ulkoilmaa luovuttaen tuotetun lämpöenergian nesteeseen lämmitysputkiston tai lämpimän käyttöveden tarpeelle. Ilma-vesilämpöpumpun SPF-lukuna käytetään taulukkoarvoja tai tuotevalmistajien antamia arvoja. Käyttöveden lämmityksen taulukkoarvo SPF-luvulle on 1,8. (YMa 1048/2017)

Lämmitysjärjestelmän SPF-luvun taulukkoarvot (YMa 1048/2017) menoveden lämpötilan mukaan ovat

- +30 °C SPF-luku 2,8
- +40 °C SPF-luku 2,5
- +50 °C SPF-luku 2,3
- +60 °C SPF-luku 2,2.

3.7.4 Poistoilmalämpöpumppu

Poistoilmalämpöpumput käyttävät lämmönlähteenä koneellisen ilmanvaihdon poistoilmaa luovuttaen tuotetun lämpöenergian nesteeseen lämmitysputkiston tai lämpimän käyttöveden tarpeelle. SPF-lukuun vaikuttaa lämpötila, johon lämpöpumppu jäähdyttää poistoilman. Poistoilman lämpötilan laskiessa liian kylmäksi syntyy kondenssivesiä, jotka pitää viemäroidä ja huurretta, joka pitää sulattaa ja viemäroidä. Poistoilmalämpöpumpun mitoitus on riippuvainen koneellisen poistoilmanvaihdon ilmamääristä. Poistoilmalämpöpumpun SPF-lukuna käytetään taulukkoarvoja tai tuotevalmistajien antamia arvoja. Poistoilmalämpöpumpulle tulevan poistoilman lämpötilaksi oletetaan +21 °C. (YMa 1048/2017)

Taulukkoarvoja jäähdytetyn ilman lämpötilan mukaisesti ovat

- -3 °C SPF-luku 2,4
- +1 °C SPF-luku 2,1
- +3 °C SPF-luku 2,0
- +5 °C SPF-luku 1,9.

3.8 Ilmanvaihto

Rakennuksen ilmanvaihto toimii painovoimaisesti tai koneellisesti. Painovoimainen ilmanvaihto tarkoittaa toiminnan perustuvan pääosin korkeus- ja lämpötilaerojen sekä tuulen aiheuttamiin paine-eroihin. Koneellinen ilmanvaihto tarkoittaa puhaltimilla järjestettyä ilmanvaihtoa. Koneellisessa ilmanvaihdossa voi olla tulo- ja poistoilmanvaihto tai vain poistoilmanvaihto. Uudisrakennusten ilmanvaihdon vertailulämpöhäviön ja suunnitteluratkaisun ilmavirrat ja käyntiajat ovat samat lämpöhäviöiden laskennassa.

Rakennuksen ilmanvaihdon energiankulutuksen laskennassa käytetään käyttötarkoituluokan mukaisia ilmanvaihdon käyntiaikoja ja ilmamääriä. Ilmanvaihdon käyttöajaksi oletetaan pienissä asuinrakennuksissa 24 tuntia vuorokaudessa ja 7 vuorokautta viikossa. Ilmanvaihtomäärien laskennassa käytetään $0,4 \frac{dm^3}{s \times m^2}$ ulkoilmavirtaa eli ilmalitraa sekunnissa lämmitetylle nettoalalle. Ilmamäärä on sama tulo- ja poistoilmanvaihdolle. Ilmanvaihdon lämmitykseen kuluu lämmitysenergiaa ulkoilmavirran lämmittämiseen ulkoilman lämpötilasta suunniteltuun huonelämpötilaan. (YMa 1010/2017) Rakennuksen ilmanvaihdon lämpöhäviö lasketaan kaavalla 4.

$$H_{iv} = \rho_i \times c_{pi} \times q_{v,poisto} \times t_d \times t_v \times \eta_a$$

Kaava 4. Ilmanvaihdon lämpöhäviön laskenta (YMa 1010/2017).

Kaavan merkkien selitykset ovat

- H_{iv} on ilmanvaihdon ominaislämpöhäviö, W/K
- ρ_i on ilman tiheys, $1,2 \text{ kg/m}^3$
- c_{pi} on ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000 Ws/(kg K)
- $q_{v, poisto}$ on vakioidun käytön mukainen laskennallinen poistoilmavirta, m^3/s
- t_d on ilmanvaihtojärjestelmän keskimääräinen vuorokautinen käyntiaikasuhde, $\text{h}/24\text{h}$
- t_v on ilmanvaihtojärjestelmän viikoittainen käyntiaikasuhde, $\text{vrk}/7 \text{ vrk}$
- η_a on ilmanvaihdon poistoilman lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde.

Ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve on lämmitysenergian tarve ilmanvaihdon poistoilmanvaihdon lämmöntalteenoton jälkeen. Ennen lämmöntalteenottoa tulee huomioida jäätyminenestön käyttämä energia. Lämmöntalteenoton ilmamäärien ja hyötysuhteen laskennassa tulee huomioida erillispoistot, jotka eivät kulje lämmöntalteenoton läpi. Poistoilman lämmöntalteenoton suunnitteluarvo on 0 %, jos poistoilma otetaan kylmästä tilasta tai poistoilman ollessa likaista, kuten WC:ssä ja keittiössä, eikä lämpöä saada talteen kustannustehokkaasti.

3.8.1 SFP-luku

Koneellisen ilmanvaihdon yhteydessä laskentaan pitää ottaa huomioon ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergiankulutus. Ilmanvaihtojärjestelmässä sähköä kuluttavia laitteita

ovat puhaltimet, taajuusmuuntajat, lämmittimet, pumput, säätimet ja muut apulaitteet. Ilmanvaihtokoneiden laskennassa käytettävä ominaissähköteho eli SFP-luku on ilmanvaihtojärjestelmän käyttämää sähkömäärä, joka on jaettu ilmanvaihdon ulkoilmavirralla. SFP-luku ilmoitetaan kW/m³/s. Ilmanvaihdon sähköenergiankulutus on SFP-luvusta laskettu ilmamäärien mukainen sähkönkäyttö. SFP-luvun laskennassa käytettävä arvo katsotaan tuotetiedoista, asiakirjoista ja suunnitelmista tai käytetään taulukkoarvoja. Uusille ja uusittaville ilmanvaihtokoneille on asetettu enimmäisarvo SFP-luvulle. (YMa 1048/2017, 1010/2017)

SFP-luvun taulukkoarvot (YMa 1048/2017) ovat

Koneellinen poisto:

- ennen 2012 1,5 kW/m³/s
- 2012–2017 1,0 kW/m³/s
- 2018– 0,9 kW/m³/s.

Koneellinen tulo ja poisto:

- ennen 2012 2,5 kW/m³/s
- 2012–2017 2,0 kW/m³/s
- 2018– 1,8 kW/m³/s.

3.8.2 LTO

Ilmanvaihdon lämmöntalteenotto on poistoilman lämpötilasta tuloilman lämmittämiseen hyödynnettyä lämpöä. Lämmöntalteenottoprosentti lasketaan lämpötilaerojen ja lämpötilan nousun suhteellisesta osuudesta. Vertailulämpöhäviön mukainen lämmöntalteenotto on 55 %. (YMa 1010/2017).

Poistoilman lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde on lämmitysenergiana hyödynnettävä lämpömäärä jaettuna tuloilman kokonaislämmitysenergiatarpeella. Lämmöntalteenoton hyötysuhteen laskennassa käytettävä arvo katsotaan tuotetiedoista, asiakirjoista ja suunnitelmista tai käytetään taulukkoarvoja. Painovoimaisessa ilmanvaihdossa ja poistoilmalämpöpumpussa lämmöntalteenottoa ei ole. Poistoilmalämpöpumpun hyödyntämä poistoilman lämpö otetaan huomioon lämpökertoimessa eli SPF-luvussa. (YMa 1048/2017)

Lämmöntalteenoton hyötysuhteen taulukkoarvot (YMa 1048/2017) ovat

- ennen 10/2003 0 %
- 10/2003–2009 30 %
- 2010–2017 45 %
- 2018– 55 %.

3.9 Energiantuotto

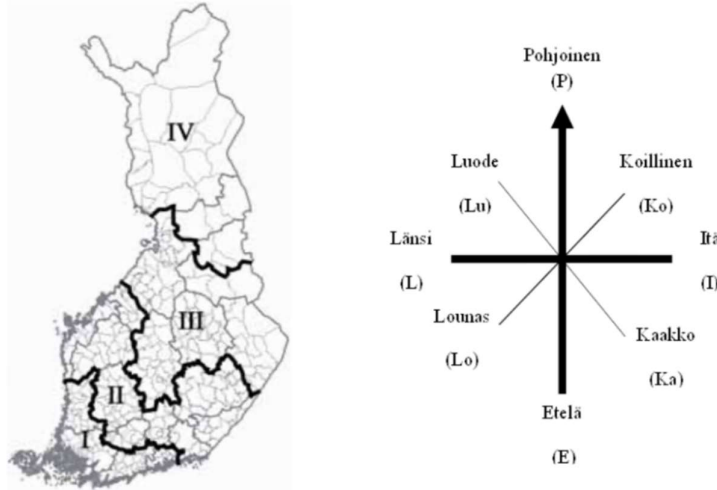
Ympäristössä olevasta energiasta otettu energia tarkoittaa rakennuksen laitteistolla tuotettua lämpö- tai sähköenergiaa maasta, ilmasta, vedestä, tuulesta tai auringosta. Ympäristöstä olevasta energiasta otettu energia pienentää ostoenergiankulutusta. Tuotettua energiaa otetaan rakennuksessa huomioon korkeintaan kuukausitasolla vakioituun käyttöön perustuvan energiankulutuksen verran. Energiantuoton ylittäessä kuukausitasolla rakennuksen energiankulutuksen jää ylijäänyt energia hyödyntämättä. Sähköverkkoon myytyä tai syötettyä sähköä ei oteta laskennassa huomioon. Ympäristössä olevasta energiasta otettu energia merkitään energiatodistukseen lisämerkintöihin kuukausitason erittelynä energiamuodoittain. (YMa 1048/2017, 1010/2017)

Lämpöenergiaa maasta, ilmasta ja vedestä hyödyntävät erilaiset lämpöpumppujärjestelmät sekä auringosta aurinkokeräin. Sähköenergiaa voidaan tuottaa rakennuksissa pääasiassa aurinkoa tai tuulta energianlähteenä hyödyntäen. Aurinkosähkökennoilla saadaan tuotettua sähköä auringon säteilystä ja tuulienergian hyödyntämiseen on käytettävissä tuulivoimaloita. (YMa 1048/2017, 1010/2017)

Rakennuksen energiantuotolle yleinen ratkaisu on aurinkokeräin tai aurinkosähkökenno. Kuukausitason auringonsäteilysumman vuodelle saa laskennassa käytettävistä taulukkoarvoista säävyöhykkeiden mukaan (kuva 1). Auringonsäteilyn määrät vaakasuoralle pinnalle kuukausittain Säävyöhykkeellä I ovat (YM Aurinko-opas 2012)

- tammikuu 6 kWh/m²
- helmikuu 22 kWh/m²
- maaliskuu 64 kWh/m²
- huhtikuu 120 kWh/m²
- toukokuu 166 kWh/m²
- kesäkuu 169 kWh/m²

- heinäkuu 181 kWh/m²
- elokuu 127 kWh/m²
- syyskuu 82 kWh/m²
- lokakuu 26 kWh/m²
- marraskuu 8 kWh/m²
- joulukuu 4 kWh/m².



Kuva L1.1. Säilyöhykkeet ja ilmansuuntien lyhenteet.

Kuva 1. Säilyöhykkeet (YMa 1010/2017).

Auringonsäteily on voimakkainta kesällä ja huomattavasti heikompi talvikaudella. Aurinkosähkökennoista tehtyjen aurinkopaneelien avulla tuotetulla sähköllä pystytään vähentämään rakennuksen sähkön ostoenergiankulutusta. Aurinkosähkökennot tuottavat sähköä silloin, kun aurinko niihin paistaa. Sähköntuottomäärään vaikuttaa useampi tekijä. Aurinkosähkökennojen ja niiden ympäristön lämpötilan nousu heikentää hyötysuhdetta. Aurinkopaneelista suurimman sähköntuoton saa asentamalla ne 45 asteen kulmassa kohti etelää ja irti alustastaan niin, että taustan tuulettuminen on mahdollista. Lisäksi pitää huomioida, ettei aurinkopaneelille tule varjostuksia. (YM Aurinko-opas 2012)

Aurinkopaneelien sähköntuottoa pystyy laskemaan kaavasta

$$E_{s,pv,out} = E_{sol} \times P_{maks} \times F_{käyttö} / I_{ref}$$

- E_{sol} on vuosittainen säteilyenergia aurinkokennoon

- P_{maks} on aurinkosähkökennojen hyötysuhde
- $F_{\text{käyttö}}$ on asennustavan kerroin
- I_{ref} on referenssisäteilytilanne (1 kW/m²).

$$E_{\text{sol}} = E_{\text{sol,hor}} \times F_1 \times F_2$$

- $E_{\text{sol,hor}}$ on sijaintipaikan auringonsäteily
- F_1 on ilmansuunnan kerroin
- F_2 on asennuskulman kerroin.

$$P_{\text{maks}} = K_{\text{max}} \times A$$

- K_{max} on aurinkokennon hyötysuhde
- A on aurinkokennon pinta-ala.

Ilmansuunnan F_1 kertoimet (YM Aurinko-opas 2012):

- etelä/kaakko/lounas 1,0
- itä/länsi 0,8
- pohjoinen/koillinen/luode 0,6.

Asennuskulman F_2 kertoimet (YM Aurinko-opas 2012):

- alle 30° 1,0
- 30°...70° 1,2
- yli 70° 1,0.

Aurinkosähkökeräimen asennustavan kertoimet (YM Aurinko-opas 2012):

- tuulettamaton moduli 0,70
- hieman tuuletettu moduli 0,75
- voimakkaasti tuulettuva tai koneellisesti tuuletettu moduli 0,80.

Aurinkosähkökennojen hyötysuhteisiin vaikuttaa valmistusteknologia. Laskennassa käytetyn parhaan hyötysuhteen saa piipohjaisilla kennoilla. (YM Aurinko-opas 2012)

Aurinkosähkökeräimien hyötysuhteita (YM Aurinko-opas 2012):

- piipohjaiset yksikiteiset kennot 0,12...0,18 kW/m²
- piipohjaiset monikiteiset kennot 0,10...0,16 kW/m².

Aurinkosähkökennolla tuotetun sähkön hyödyntämistä pystyy parantamaan merkittävästi asentamalla aurinkosähköjärjestelmään sähköä varaavan akuston. Aurinkokennojen ja akkujen hinnat ovat olleet viime vuosina laskussa, samalla aurinkokennojen hyötysuhteet ja akut ovat parantuneet. Näistä tekijöistä johtuen aurinkosähköjärjestelmän hankinnan kannattavuus on parantunut.

4 OLEMASSA OLEVAT RAKENNUKSET

Olemassa olevien rakennusten energiatehokkuus on huomattavasti heikompi kuin mitä nykyvaatimukset edellyttävät. Vanhoissa rakennuksissa on siis paljon energiansäästö-potentiaalia. Rakennuksen rakennusosien ja järjestelmien tullessa elinkaarensa päähän tulee ne korjata tai uusia. Uusimisella pystytään usein vaikuttamaan enemmän energia-
tehokkuuteen. Rakennusten korjauksessa ja käyttötarkoituksen muutoksissa luvanvarai-
sissa toimenpiteissä energiatehokkuutta tulee parantaa mahdollisuuksien ja vähimmäis-
vaatimuksien mukaan.

4.1 Lähtötiedot

Olemassa olevien rakennusten laskennassa käytettävät lähtötiedot katsotaan rakennuk-
sen asiakirjoista ja suunnitelmista. Rakennuksen asiakirjojen puuttuessa voidaan lähtö-
tiedot arvioida käyttämällä rakennusluvan myöntämivuoden aikaan voimassa olleita ra-
kennusmääräyksiä, jos parempaa tietoa ei ole käytettävissä. Oleellisimpana tietona on
yleensä rakennusosien U-arvot (taulukko 1). Rakennusluvan myöntämivuoden puuttu-
essa voidaan rakennusluvan ajankohta arvioida laskemalla rakennusvuodesta kaksi
vuotta taaksepäin. Lähtötietoja voi laskea rakennuksen todellisten rakenteiden sekä käy-
tettyjen materiaalien ja järjestelmien arvojen mukaisesti. Lähtötietoina voi käyttää myös
ympäristöministeriön asetusten liitteiden laskentasääntöjen oletusarvoja. (YMa
1048/2020)

Taulukko 1. Taulukkoarvot rakenteiden U-arvojen vähimmäisvaatimuksista eri aikakau-
sina (YMa 1048/2017).

Rakennusosa	Rakennusluvan hakemisvuosi								
	Ennen 1969	1969- 1975	1976- 1977	1978- 1984	1985- 2003	10/2003- 2007	2008- 2009	2010- 2011	2012 ja jälkeen
Ulkoseinät	0,81	0,81	0,70	0,35	0,28	0,25	0,24	0,17	0,17
Maanvarainen alapohja	0,47	0,47	0,40	0,40	0,36	0,25	0,24	0,16	0,16
Ryömintätilainen alapohja	0,47	0,47	0,40	0,40	0,40	0,20	0,20	0,17	0,17
Ulkoilmaan rajoittuva alapohja	0,35	0,35	0,35	0,29	0,22	0,16	0,16	0,09	0,09
Yläpohja	0,47	0,47	0,35	0,29	0,22	0,16	0,15	0,09	0,02
Ovi	2,20	2,20	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,00	1,00
Ikkuna	2,80	2,80	2,10	2,10	2,10	1,40	1,40	1,00	1,00

4.2 Rakennusten korjaus- ja muutostyöt

Rakennuksille tehtäville korjauksille useimmiten syynä on rakennusosien ja järjestelmien teknisen käyttöiän loppuminen. Korjauksia joudutaan tekemään julkisivuihin, ikkunoihin, oviin, vesikattoon sekä lämpö-, vesi-, viemäri-, ilmanvaihto- ja sähköjärjestelmiin. Luvanvaraisten korjausten yhteydessä tulee rakennuksen energiatehokkuutta parantaa. Energiatehokkuuden parantamisesta on tehtävä selvitys, missä asetetut vähimmäisvaatimukset täyttyvät rakennus- tai toimenpideluvan hakemisen yhteydessä. (YMa 4/13)

Energiatehokkuutta pystyy parantamaan esimerkiksi uusimalla ikkunat ja ovet tai lisäämällä ulkovaipan lämmöneristystä. Teknisten järjestelmien energiatehokkuutta parannetaan niiden uusimisen yhteydessä, säätötekniikalla ja lämmöntalteenottojärjestelmillä on mahdollista parantaa energiatehokkuutta vielä lisää.

Ilmanvaihto on toiminut vanhoissa rakennuksissa monesti painovoimaisesti lämpötilojen, korkeuserojen ja tuulenpaineen vaikutuksesta rakenteiden raoista, tiivisteiden väleistä ja tuuletusventtiileistä. Tulisijojen avulla on pystynyt hoitamaan ilmanvaihtoa rakennuksen lämmittämisen yhteydessä. Ilmanvaihtomääriä laskettaessa rakennuksen ilmamäärän on vaihduttava vähintään kerran kahdessa tunnissa (YMa 4/13).

Rakennuksen energiatehokkuuden parannus kannustaa yleensä vähentyvän energiankulutuksen ja sitä kautta syntyvien säästöjen myötä, mutta energiatehokkuuden parantamiselle on asetettu myös noudatettavaa lainsäädäntöä.

Luvanvaraisissa korjauksissa energiatehokkuuden parantamiselle on vaihtoehtoisia tapoja (YMa 4/13)

- rakennus täyttää peruskorjauksessa rakennusosakohtaiset vaatimukset
- rakennuksen energiankulutus on enintään 180 kWh/m²
- rakennuksen kokonaisenergiankulutus eli E-luku on enintään 0,8 × uudisrakentamisen vaadittu E-luku.

Rakennusosakohtaiset energiatehokkuuden parannusvaatimukset ovat (YMa 4/13)

- ulkoseinän U-arvolle puolittaminen eli U-arvo × 0,5 tai enintään 0,17 W/(m² K)
- yläpohjan U-arvolle puolittaminen eli U-arvo × 0,5 tai enintään 0,09 W/(m² K)
- alapohjan energiatehokkuutta parannetaan mahdollisuuksien mukaan
- uusien ikkunoiden U-arvo on 1,0 W/(m² K) tai pienempi

- uusien ulko-ovien U-arvo on $1,0 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ tai pienempi
- vanhojen ikkunoiden ja ulko-ovien korjauksessa lämmönpitävyttä on parannettava mahdollisuuksien mukaan
- käyttötarkoituksen muutoksessa ulkoseinien ja yläpohjan U-arvon on oltava $0,6 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ tai pienempi.

Vaihtoehtoiset tavat eivät koske teknisten järjestelmien peruskorjausta ja uusimista, niissä noudatetaan alla lueteltuja energiatehokkuuden parannusvaatimuksia. Energiatehokkuutta parantavia toimenpiteitä voidaan jättää osa tekemättä kokonaan tai osittain, jos muissa toimenpiteissä vaatimusten mukainen vähimmäistaso ylitetään. (YMa 4/13, 2/17)

Rakennuksen teknisten järjestelmien peruskorjaukselle tai uusimisella asetetut vaatimukset ovat (YMa 2/17)

- rakennuksen poistoilman lämmöntalteenotto 45 %
- koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihdon ominaissähköteho on enintään $2,0 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s})$
- koneellisen poistoilmanvaihdon ominaissähköteho on enintään $1,0 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s})$
- ilmastointijärjestelmän ominaissähköteho on enintään $2,5 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s})$
- lämmitysjärjestelmän hyötysuhdetta on parannettava uusittavilta osin
- lämmitysjärjestelmän uusimisen jälkeen lämmöntuotto- ja -jakojärjestelmän hyötysuhteiden välisen suhteen on oltava vähintään 0,8
- lämmitysjärjestelmän uusimisen jälkeen vuosihyötysuhteen on oltava vähintään 0,73
- lämpöpumpun SPF-luvun ja lämmönjakojärjestelmän vuosihyötysuhteiden välisen suhteen on oltava vähintään 2,4
- lämmitysjärjestelmän uusittujen tilojen apulaitteiden sähköenergian ominaiskulutus saa olla enintään $2,5 \text{ kW}/\text{m}^2$ lämmitetyille nettoalalle
- vesijärjestelmille noudatetaan mitä uudisrakentamiselle on säädetty
- viemärijärjestelmille noudatetaan mitä uudisrakentamiselle on säädetty.

4.2.1 Rakennuksen energiansäästömahdollisuudet ja parannusehdotukset

Olemassa olevan kohteen energiatodistusta tehdessä tulee havainnointikäynnin yhteydessä arvioida rakennusosien ja teknisten järjestelmien energiataloudellista kuntoa sekä

selvittää energiansäästömahdollisuuksia. Tehtävien korjausten on oltava kustannustehokkaita, eikä niillä saa huonontaa rakennuksen sisäilmasto-olosuhteita. Parannusehdotukset ja suositukset tehdään rakennuksen ulkovaippaan ja teknisiin järjestelmiin, jotka toteutetaan yleensä peruskorjausten yhteydessä. Toimenpiteitä tulee käydä läpi rakennusosakohtaisesti ja suositeltavia toimenpiteitä annetaan myös silloin, kun laajemmille peruskorjauksille ei ole tarvetta. Energiatohokkuuden parannusehdotuksista tehdään arvio energiansäästön määrästä ja vaikutuksesta E-lukuun. (YMa 1048/2017)

Energiatodistuksessa olevat osa-alueet toimenpide-ehdotuksille ovat

- ulkoseinät, ulko-ovet ja ikkunat
- ylä- ja alapohjat
- tilojen ja käyttöveden lämmitysjärjestelmät
- ilmanvaihto- ja ilmastointijärjestelmät
- valaistus, jäähdytysjärjestelmät, sähköiset erillislämmitykset ja muut järjestelmät.

Toimenpide-ehdotusten lisäksi annetaan suosituksia rakennuksen käyttöön ja ylläpitoon energiatehokkuuden näkökulmasta, näillä ei ole vaikutusta E-lukuun.

4.2.2 Energiatohokkuuden parantamisen kannattavuuden arviointi

Rakennuksen laajamittaisissa korjaus- ja muutostöissä suunnitellaan toimenpiteet, joilla energiatehokkuutta parannetaan. Korjaus on laajamittainen, kun korjaushankkeen kokonaiskustannukset ovat 25 % rakennuksen arvosta. Energiatohokkuuden parantamisen yhteydessä huomioidaan toimenpiteiden taloudellisuus ja vaikutus toiminnallisuuteen. Rakennuksen ominaisuuksia ei saa korjauksella heikentää, eikä käyttöä käyttötarkoitukseen estää. Laajamittaisen korjauksen tulee olla kustannustehokas ja toimenpiteiden kustannusoptimaalisella tasolla. Taloudellisena tarkastelujaksona käytetään asuinrakennuksissa 30 vuotta. Rakennusosan tai järjestelmän elinkaaren ollessa tätä lyhyempi käytetään tarkastelujaksona elinkaarta. (YMa 2/17)

Energiatohokkuuden parannukset eivät usein ole tehokkaita yksittäin ja erikseen toteutettuna. Energiatohokkuuden parannus on järkevää rakennuksen muista syistä johtuvan korjauksen yhteydessä. Energiatohokkuutta pystytään parantamaan osittain myös ilman rakennuksen korjausta. Tällä haetaan useasti energiansäästön kautta kustannussäästöjä tai sisäilmasto-olosuhteiden parantamista. (YMa 4/13)

5 ENERGIATEHOKKUUDEN OPTIMOINTI

Rakennuksen energiatehokkuus on parhaimmillaan silloin, kun rakennus tuottaa yhtä paljon tai enemmän energiaa kuin se käyttää eli sen ostoenergiankulutus on nolla. Ostoenergiankulutus saadaan nolaksi ainoastaan energiaa tuottamalla, sillä rakennus kuluttaa energiaa aina jonkin verran. Tavoitteena on erittäin pieni energiankulutus, joka katetaan suurelta osin uusiutuvalla energialla. Uudelta rakennukselta vaadittu energiatehokkuus on määritelty lähes nollaenergia rakennukseksi mikä tarkoittaa energiatodistuksen energialuokassa vähintään luokkaa B.

Tässä osiossa lasketaan asuinrakennuksen energiatodistuksen luokkaan A pääsyä ja energiatodistuksen E-luvun osa-alueiden optimointia. Lämpöväiviä lasketaan U-arvoilta vaadituilla vähimmäisvaatimuksilla. Muita ratkaisuja lasketaan niin, että ne ovat tavanomaisia oletusarvoja. Tämä tarkoittaa esimerkiksi laitteiden, lämpöpumppujen ja järjestelmien hyötysuhteita, lämpökertoimia, apulaitteita sekä sähkönkulutusta. Laskenta tehdään vuoden 2018 laskentaohjeilla, laskelmia on tehty energiatodistuksen laskentaohjelmalla laskentapalvelut.fi, versio 1.4.

5.1 Koko, muoto ja pinta-alat

Energiatodistuksen E-luvun laskentasääntöjen perusteella ostoenergiankulutuksen lämpöväiviä pystyy optimoimaan mahdollisimman pieneksi rakennuksen suunnitteluratkaisuille. Pääsääntöisesti ulkoseinien U-arvo on suurempi, kuin ylä- ja alapohjissa, joten rakennus kannattaa pitää yksikerroksisena, mahdollisimman matalana ja pohjan muoltaan täysin tai lähes neliön mallisena. Samaa ratkaisua tukee kylmäsillat ja ulkovaiipan ilmapuodot. Ulkoseinissä olevien ikkunoiden ja ulko-ovien määrä tulee pitää pienenä suhteellisesti paljon suuremmasta U-arvosta johtuen. Energiatodistuksen laadinnan kannalta pienin pinta-ala on yli 50 m².

Rakennuksen suunnitteluun liittyvässä lainsäädännössä rajoituksia antaa

- rakennuksen sisäkorkeus
- ulko-ovien kulkukorkeus ja leveys
- luonnonvalon määrä ikkunoista
- ikkunoiden pinta-ala pohjapinta-alasta

- käytännöllisyys ja viihtyisyys
- käyttöturvallisuus ja terveellisyys
- esteettömyys
- rakenteiden kosteustekninen toiminta.

Valittavalla pinta-alalla on vaikutusta myös

- järjestelmien apulaitteiden sähkönkulutukseen
- valaistukseen
- kuluttajalaitteisiin
- lämpimän käyttöveden kulutukseen
- lämpöhäviöihin
- ilmanvaihtoon
- ilmapuotoihin
- kylmäsiltoihin.

Rakennuksen lämmitetyn nettoalan vaikutuksia on listattuna vertailuksi taulukkoon (taulukko 2).

Taulukko 2. Taulukko lämmitetyn nettoalan vaikutuksesta.

Lämmitetty nettoala	% osuus lämpöhäviöistä						Ostoenergiankulutus			E-luku		Energiatehokkuusluokka		
	US	YP	AP	Ikkuna	Ovi	Kylmäsilat	kWh	Muutos (kWh)	Muutos (%)	Laskennallinen	Vaatus	Laskennallinen	Vaatus	
51	29,04	13,29	13,29	22,15	5,47	16,77	4094	-	-	97	169	A	B	
60	27,88	13,95	13,95	23,24	4,88	16,10	4691	597,00	13 %	94	164	A	B	
70	26,74	14,57	14,57	24,28	4,37	15,47	5347	656,00	12 %	92	158	A	B	
80	25,70	15,12	15,12	25,19	3,97	14,91	5997	650,00	11 %	90	152	A	B	
90	24,77	15,59	15,59	25,99	3,64	14,41	6642	645,00	10 %	89	146	A	B	
100	23,93	16,01	16,01	26,69	3,36	13,99	7285	643,00	9 %	88	140	A	B	
110	23,16	16,39	16,39	27,32	3,13	13,61	7924	639,00	8 %	87	134	A	B	
120	22,47	16,73	16,73	27,89	2,93	13,25	8561	637,00	7 %	86	128	A	B	
130	21,82	17,04	17,04	28,41	2,75	12,93	9056	495,00	5 %	84	122	A	B	
140	21,21	17,33	17,33	28,89	2,60	12,64	9547	491,00	5 %	82	116	A	B	
150	20,65	17,60	17,60	29,33	2,46	12,37	10038	491,00	5 %	81	110	B	B	
Lähtötiedot				Rakennusosien U-arvot										
Maalämpö SPF 3,1				US	0,17									
Lattialämmitys 40/30 °C				YP	0,09									
Ilmalämpöpumppu 1 kpl				AP	0,09									
IV LTO 55%				Ikkuna	1,00									
q50=4				Ovi	1,00									
Ikkunoita 15% lattiapinta-alasta														
1 kpl ulko-ovi														
Käyttövedessä vakopaineventtiili														

5.2 Lämpöhäviöt

Rakennuksen lämpöhäviöt tapahtuvat ulkovaipan lämmönjohtumisen, ilmavuotojen ja kylmäsiltojen sekä ilmanvaihdon kautta. Optimoinnissa jokaista osa-aluetta tarkastellaan erikseen ja pohditaan niissä käytettäviä ratkaisuja.

5.2.1 Ulkovaippa

Energiatohokkuuden normaaleilla ratkaisuilla ulkoseinän U-arvo on alapohjan ja yläpohjan U-arvoa suurempi. Ulkoseinien pinta-ala suhteessa ala- ja yläpohjan pinta-alaan on syytä pitää siis mahdollisimman pienenä. Paras ratkaisu tähän on yksi kerros, matala kerroskorkeus ja neliön muotoinen malli. Useammasta ulkonurkasta syntyy kylmäsiltoja, joilla on vaikutusta energiankulutukseen ja paikalliseen lämmitystarpeeseen. Ulkoseinällä olevien ovien ja ikkunoiden U-arvot ovat ulkoseinään verrattuna huomattavasti suuremmat, joten niiden määrää ja kokoa on syytä rajoittaa.

5.2.2 Ilmanvaihto

Ilmanvaihdon lämpöhäviöihin suuri vaikutus on ilmanvaihtokoneessa olevan lämmöntalteenoton hyötysuhde. Lämmöntalteenotolle aiheuttaa rajoituksia jäätyminenestotoiminnot. Minimiarvo on 45 % ja suurimmat kokonaisvuosihyötysuhteet ovat 75 % luokkaa. Ilmanvaihtokoneen SFP-luvun enimmäisarvo on 2,5 kW/m³/s. Oletusarvona LTO hyötysuhteelle on 55 % ja ilmanvaihdon SFP-luvulle 1,8 kW/m³/s vuodesta 2018 alkaen.

5.2.3 Ikkunat ja ulko-ovet

Luonnonvaloa huoneeseen tuovan ikkunan vähimmäispinta-alan tulee olla vähintään 10 % huoneen lattiapinta-alasta. Vertailulämpöhäviön laskelmissa käytetään ikkunapinta-alana 15 %, jossa on mukana ikkunan karmit. Teoriassa ikkunapinta-ala voisi olla jotain 10 % ja 15 % väliltä, mutta 15 % järkevä oletusarvo. Ikkunoita saa olla korkeintaan 50 % julkisivun pinta-alasta.

Ikkunoiden läpi päästämän auringonsäteilyn eli G-arvon aiheuttaman rakennuksen sisätilojen kesäaikainen mahdollinen ylikuumentuminen koetaan välillä ongelmalliseksi

rakennuksen jäähdytystarpeen ja aurinkosuojauksen suunnittelussa. Ikkunan suuremmalla G-arvolla on kuitenkin energiatodistuksen E-luvun kannalta myönteinen vaikutus. Ikkunoiden suuntaus etelän puolelle tuo asuntoihin enemmän auringonsäteilyenergiaa sekä luonnonvaloa. Suurin osa ikkunoista on siis syytä sijoittaa rakennuksen eteläpuolelle. Vähimmäisvaatimusta matalamman U-arvon ikkunoita löytyy markkinoilta jo jonkun verran. Laskenta tehdään kuitenkin vähimmäisvaatimuksen mukaan.

Rakennukseen tarvitaan pääsisäänkäynnin lisäksi paloturvallisuuden määrittelemä varatie. Kulkuväylän kulkukorkeuden tulee olla vähintään 2,1 m, josta oviaukon kohdalta voidaan vähentää välttämättömät karmit ja kynnykset. (YMa 1007/2017). Oviaukon vapaan leveyden tulee olla vähintään 0,85 m (VNa 241/2017)

5.3 Lämmin käyttövesi

Lämmin käyttövesi lasketaan oletusarvona lämmitetyn nettoalan pinta-alaneliöiden perusteella, oletuksena vedenlämmityksen nettotarpeelle on 35 kWh/(m²×vuosi). Enimmäisarvoksi on annettu kuitenkin 4200 kWh/v, joka tulee vastaan lämmitetyn nettoalan 120 m² kohdalla. Lämpimän käyttöveden lämmitys ei siis rasita E-lukua pinta-alan kasvaessa 120 m² jälkeen. Käyttövesi varustetaan vakiopaineventtiilillä, jolloin laskennassa voidaan käyttää 15 % pienempiä arvoja (YMa 1010/2017).

Lämpimän käyttöveden siirtoon vaikuttaa käyttövesiputkien toteutustapa ja eristykset. Huonoin käyttöveden jakelun arvo tulee eristämättömällä käyttövesiputkella ilman kiertojohtoa ja paras arvo tulee, kun käyttövesiputkessa on eristetty kiertojohto.

Lämpimän käyttöveden varastoinnista lämminvesivaraajaan aiheutuu lämpöhäviöitä. Lämminvesivaraajan tulisi olla mahdollisimman pieni ja hyvin eristetty, jos varastointia tarvitsee tehdä. Käytettävä lämmitysjärjestelmä ratkaisee ja mitoittaa lämminvesivaraajan tarpeen ja koon. Kaukolämpölämmityksessä lämminvesivaraajaa ei tarvita, lämpöpumppujärjestelmissä varaajan tilavuus saattaa olla suurikin.

Lämpimän käyttöveden kiertojohto lisää lämpöhäviöitä, eikä sitä ole välttämätöntä asentaa pientalon lyhyiden putkilinjojen takia. Lämpimän käyttöveden lämpökuormasta otetaan vain osa huomioon kiertojohtoon sijainnista riippuen, lämpökuorman enimmäisarvo on 50 %. Lämmitysenergiatarpeen vähentämiseksi kiertojohto on syytä jättää pois.

5.4 Lämmitysenergiamuoto ja lämmitysjärjestelmä

Lämmitysenergiamuotojen ja lämmitysjärjestelmän valinnassa tulee ottaa huomioon energiamuodon kertoimen lisäksi lämmöntuoton, -luovutuksen ja -jaon hyötysuhteet sekä apulaitteiden sähkönkulutus.

Lämpöpumppujen etuna on lämpökerroin, joka energiamuodon kertoimesta huolimatta pitää tarvittavan kokonaisenergiankulutuksen pienenä. Ilmalämpöpumpun asentaminen on perusteltua, koska sillä saa E-lukuun pienen parannuksen ja lisäksi kesäaikaan pysyy hallitsemaan paremmin sisälämpötiloja.

Suoralla sähkölämmityksellä on korkea lämmöntuoton, -jakelun ja -luovutuksen hyötysuhde sekä pieni apulaitteiden sähkönkulutus, mutta suuri energiamuodon kerroin.

Puulämmityksen etuna on energiamuodon kerroin, mutta haittapuolena lämmöntuoton suhteessa heikompi hyötysuhde. Tulisijoilla ei ole apulaitteiden sähkönkulutusta, mutta ostoenergiankulutus on rajoitettu.

5.4.1 Energiamuodon kerroin

Energiamuodon kertoimet ovat

- uusiutuvat polttoaineet 0,5
- kaukolämpö 0,5
- sähkö 1,2
- öljy 1,0.

Energiamuodon kertoimen perusteella kannattavimmaksi valinnaksi tulisi kaukolämpö 0,5 tai uusiutuvat polttoaineet 0,5. Sähkö on energiamuodon kertoimen 1,2 perusteella epäedullisin lämpöenergian lähde, mutta käytettävissä olevien ratkaisujen avulla käytettävissä on monia energiankulutukseen kilpailukykyisiä vaihtoehtoja.

5.4.2 Lämmöntuotto

Lämmöntuoton hyötysuhde ja apulaitteiden sähkönkulutus riippuvat valitusta lämmöntuotattavasta. Uusiutuvien polttoaineiden, kuten puu- ja pellettikattilan hyötysuhteet ovat

muita lämmitysmuotoja heikkomat. Kaukolämmön energiamuodon kerroin on uusiutuvien polttoaineiden kanssa sama, mutta lämmöntuoton hyötysuhde huomattavasti parempi. Eri lämmityskattiloiden apulaitteiden sähkönkulutuksissa on pieniä vaihteluita, näillä ei ole kuitenkaan suurta vaikutusta ostoenergian kokonaiskulutukseen.

Lämpöpumppujen lämmöntuotolle on lämpökertoimet, joihin vaikuttaa lämmitysjärjestelmään lähtevän menoveden lämpötilasta sekä lämpöenergian lähteen lämpötila. Rakennuksen olosuhteilla ja järjestelmillä on siis vaikutusta lämpöpumppujen kannattavuuteen. Parhaan hyödyn lämpöpumpusta saa irti, kun lämpötilaerot ja kausivaihtelut pysyvät pieninä.

5.4.3 Lämmönjakelu ja -luovutus

Lämmönjakeluun ja -luovutukseen vaikuttaa käytettävä lämmitysjärjestelmä. Vesikiertoinen lämmitys mahdollistaa monien lämmitysjärjestelmien käytön. Suora sähkölämmitys rajaa käytettävän energian sähkөөn, jolloin energiansäästömahdollisuudet ovat huomattavasti heikkomat.

Lämmönluovutuksen suunnittelussa lämmönluovutuspinna-alalla on merkitystä lämmitysjärjestelmän meno- ja paluueden lämpötilan kannalta. Lämmönluovutustapa vaikuttaa lämmitysjärjestelmästä riippuen hyötysuhteisiin, lämpökertoimiin ja energiankulutukseen.

Vesikiertoisessa lattialämmityksessä lämmönluovutuspinna-alaa on paljon, kun taas pienissä ja harvaan asennetuissa radiaattoreissa lämmönluovutuspinna-alaa on vähemmän. Vesikiertoisen lattialämmityksen putkissa kiertävä vesi voi olla lämpötilaltaan pienempi, mikä parantaa lämpöpumppujen lämpökerrointa. Vesikiertoisen lattialämmityksen apulaitteiden sähkönkulutus on verrattain suuri $2,5 \left(\frac{kWh}{a \times m^2}\right)$, mutta laskennan lopputulokseen tällä ei ole suurta merkitystä. Vesikiertoisilla radiaattoreilla lämmönjaon- ja luovutuksen hyötysuhteeseen vaikuttaa ovatko jakojohdot lämpöeristettyjä.

Sähköpattereilla on hyvä lämmönjaon ja -luovutuksen hyötysuhde sekä pieni apulaitteiden sähkönkulutus $0,5 \left(\frac{kWh}{a \times m^2}\right)$. Sähkölattialämmityksessä vaikuttaa lämmityspotkien sijainti rakenteessa.

5.4.4 Lämmitysjärjestelmän valinta

Lämmitysjärjestelmän valinnan vaikutuksia pitää verrata, jotta saadaan käsitys kokonaisenergiankulutuksen määrästä (taulukko 3). Maalämpöjärjestelmän tuottama lämpö varastoidaan yleensä varaajaan, kun kaukolämpölämmityksessä lämmöntuoton energiaa ei yleensä varastoida. Maalämmössä lämmitysverkostoon pyritään syöttämään mahdollisimman viileää vettä, kun kaukolämpölämmityksessä tällä ei ole niin suurta merkitystä. Tästä johtuen kaukolämpö mahdollistaa joustavammat suunnitteluratkaisut.

Taulukko 3. Taulukko lämmitysjärjestelmien vertailusta.

	Maalämpö	Kaukolämpö	Puu
Lämmitysenergian tarve (kWh)	10 000	10 000	10 000
Lämmöntuotto			
- SPF	3,1	-	-
- Hyötysuhde	-	0,94	0,73
- Apulaitteet kWh/a m ²	-	0,6	0,38
Lämmönvarastoinnin lämpöhäviöt			
- 300 l varaaja, 100 mm eristeellä (kWh)	650	Ei varaajaa	650
Lämmönjakelu ja -luovutus			
- Lattialämmitys 40/30 °C	0,8	-	-
- Patterilämmitys 70/40 °C	-	0,9	0,9
- Apulaitteet kWh/a m ²	2,5	2	2
Lämmitetty nettoala (m²)	100	100	100
Ostoenergian nettotarve (kWh)	4932	12080	16109
Energiamuodon kerroin	1,2	0,5	0,5
Kokonaisenergiankulutus (kWh)	5919	6040	8054

Taulukkoon on koottuna tilanne, jossa lämmitysenergiaa pitää tuottaa 10 000 kWh verran. Taulukon perusteella rakennuksen lämmitykseen on lähestulkoon samantekevää valitseeko kaukolämmön vai maalämmön. Kaukolämmön haittapuolena on, että energiantuottomahdollisuudet ovat rajallisempia. Lopulliseen valintaan vaikuttaa aina paikalliset olosuhteet, energian hinta, kaukolämmön liittymismahdollisuudet ja maalämmön porausmahdollisuudet. Puu lämmitysmuotona on taulukossa vertailun vuoksi ja tarjoaa joustavan vaihtoehdon lämmitysjärjestelmän toteuttamiseksi.

5.5 Energiantuottoratkaisu

Rakennuksen ostoenergiankulutusta voidaan vähentää tuottamalla sähköä aurinkopaneeleilla ja tuulivoimalla tai tuottamalla lämpöä lämpökeräimillä. Aurinkopaneelit ja -lämpökeräimet tuottavat eri vuodenaikoina eri määrän energiaa eli sähköä tai lämpöä auringon säteilymääristä riippuen.

Yleensä lämmitykseen tarvittava energiamäärä on suurinta silloin, kun auringon säteily määrä on vähäinen. Lämpöenergian tuotossa aurinkolämpökeräimien optimaalista mitoitusta haettaessa tuoton määrää kannattaa harkita enimmäkseen lämpimän käyttöveden tuottoon tarvittavaan määrään.

Rakennukseen on usein kannattavampaa tuottaa sähköä aurinkopaneeleilla, kuin lämpöä lämpökeräimillä, koska sähköä kuluu muuhunkin kuin lämmitykseen. Lisäksi sähköntuoton ylijäämää on mahdollista myydä esimerkiksi sähköyhtiölle. Sähkötuottomäärien kasvaessa haetaan usein rajaa sillä, kuinka paljon ylimääräistä sähköä kesällä tuotetaan ja kuinka suuri ostoenergian peittoaste aurinkopaneelien sähköntuotolla halutaan. Sähköntarpeen oletusarvoista kuluttajalaitteille ja valaistukselle on tehty kuukausittaiset painotukset laskentaa varten (taulukko 4). Kuukausittaisissa painokertoimissa oletetaan, että sähköä kuluu kesäaikaan suhteessa vähemmän, kuin talviaikana myös kuluttajalaitteisiin ja valaistukseen.

Taulukko 4. Kuluttajalaitteiden ja valaistuksen kuukausittaiset painokertoimet (YMa 1010/2017).

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

Aurinkopaneelien sähköntuotossa optimaalisella asennusmäärällä pystytään vaikuttamaan lähinnä siihen halutaanko helmi-maaliskuuta ja syys-lokakuuta sähköntuotolla kokonaan katettavaksi. Marras-, Joului- ja tammikuussa energiantuotto on jo niin pientä, että näiden perusteella ei energiantuottoa kannata tehdä kattamaan 100 % ostoenergiantarpeesta, kuukaudet jäävät siis yleensä pääosin ostoenergian varaan.

Sähköntuotossa aurinkopaneelit asennetaan monesti rakennuksen katolle. Tämä tulee kyseeseen erityisesti, jos kattolape on suunnattuna ilmansuunnalta itä-länsi akselin eteläpuolelle. Katolle saadaan paljon pinta-alaa aurinkopaneeleille usein sopivaan kulmaan. Muita ratkaisuja voisi olla kiinnitys seinään tai erillisiin telineisiin. Kannattavin ratkaisu on asentaa aurinkopaneelit yksilappeiselle vesikatolle etelän suuntaan 30...45 asteen kulmassa. Kattokulma on harvoin jyrkempi, loivemalla katolla ei ole merkittävää vaikutusta energiantuottoon.

Optimaalista ratkaisua haettaessa rajataan aurinkopaneelien pinta-ala kattopinta-alan suuruiseksi. Tarkoituksenmukaista on käyttää mahdollisimman hyvän hyötysuhteen ratkaisuja eli piipohjaista yksi- tai monikiteistä aurinkosähkökennoa, jonka taustalla on tuuletus. Sähköntuottojärjestelmään asennetaan niin iso akusto, että se toimii riittävänä puskurina kuukauden jaksolle. Näillä ratkaisuilla saatiin vuoden energiankulutuksesta katettua noin puolet, kesäaikaan sähköntuoton ylijäämää syntyi runsaasti (taulukko 5).

Taulukko 5. Aurinkokennojen sähköntuoton laskenta.

LÄHTÖTIEDOT										
Säilyvyys:	1									
Käytösähkön kulutus (kWh/a):	1072	Tuotettu sähkö käytetään ensisijaisesti käyttö sähköön								
Lämmitys sähkön kulutus (kWh/a):	3022									
Hyödynnettävä sähköntuotto (kWh)	2093									
Jäljelle jäävä sähkönkulutus (kWh):	2001									
Aurinkokenno:	Yksikiteinen piikkenno									
Ilmansuunta:	Etelä									
Asennustapa:	Hieman tuuletettu									
Aurinkokennojen pinta-ala (m ²):	51									
Aurinkosähkökennon hyötysuhde:	0,17									
Aurinkosähkökennon kallistuskulma:	31									
	Auringonsäteily	Tuotto yhteensä	Käytösähkö		Lämmitys		Ylijäämä	Alijäämä	Tuotto-osuus	
Kuukausi	kWh/m ²	kWh	tarve kWh	tuotto kWh	tarve kWh	tuotto kWh	kWh	kWh	%	
Tammikuu	6	47	107	47	472	0	0	532	8 %	
Helmikuu	22	172	107	107	437	65	0	373	32 %	
Maaliskuu	64	499	98	98	441	401	0	40	93 %	
Huhtikuu	120	936	80	80	272	272	584	0	266 %	
Toukokuu	166	1295	71	71	141	141	1083	0	610 %	
Kesäkuu	169	1319	71	71	60	60	1188	0	1003 %	
Heinäkuu	181	1412	71	71	0	0	1341	0	1976 %	
Elokuu	127	991	71	71	21	21	899	0	1072 %	
Syyskuu	82	640	80	80	141	141	419	0	289 %	
Lokakuu	26	203	98	98	243	105	0	138	59 %	
Marraskuu	8	62	107	62	360	0	0	405	13 %	
Joulukuu	4	31	107	31	434	0	0	510	6 %	
Yhteensä		975	7608	1072	887	3022	1206	5515	1998	51 %

5.6 Kooste

Työssä esiintyneistä laskelmista on poimittu optimaalista suunnitteluratkaisua, johon perustuvat lähtötiedot ovat laadittuna energiatodistuksen luonnokseksi (Liite 1). Energiatodistuksen luonnoksesta selviää myös laskennan lopputulos ja kokonaisuus. Oleelliset tunnusluvut ovat

- lämmitetty nettoala: 51 m²
- energialuokka: A
- E-luku: 48
- lämmitysjärjestelmä: maalämpö
- laskettu ostoenergiankulutus: 2 001 kWh
- energiamuoto: sähkö
- energiamuodon kerroin: 1,2
- energiamuodon kertoimella painotettu kokonaisenergiankulutus: 2 402 kWh.

6 JOHTOPÄÄTÖKSET

E-luvun laskentaan vaikuttaa monia tekijöitä, joiden yhdistely energiatehokkaaksi ratkaisuksi voi olla välillä haastavaa. Lämmitysenergiamuodon valinnassa ensimmäisenä tulee selvittää, mitkä vaihtoehdot ylipäätään ovat mahdollisia. Kaukolämpölämmitys vaatii kaukolämpöliittymän, maalämpölämmitys kaivonporaukseen liittyvät luvat jne.

Työn tarkoituksena oli tiivistää laskennan lopputulokseen vaikuttavat asiat ymmärrettävämmäksi kokonaisuudeksi ja syventää omaa osaamista sekä parantaa ja monipuolistaa annettavia kehitysehdotuksia. Työtä voi jatkossa käyttää E-luvun laskennan, parannusehdotusten ja säästömahdollisuuksien tukena sekä tietopakettina energiatodistuksen sisältöön.

Rakennuksen rakentamisessa ja korjaamisessa on monia keinoja säästää energiankulutusta oikeilla suunnitteluratkaisuilla ja kehittää energiatehokkuutta. Kaikkea ei tarvitse tehdä energiatehokkuuden ehdoilla, mutta lainsäädäntö on jo hyvän aikaa ohjannut ja tulee todennäköisesti jatkossakin ohjaamaan kohti energiatehokkaampia rakennuksia. Energiatodistus on toiminut työkaluna rakentamisen ohjaamisessa, avustusten perusteena, energiankulutuksen laskennassa ja rakennuskannan ominaisuuksien arvioinnissa.

Rakennuksen käyttäjille ja kiinteistöjen omistajille jää vastuu siitä, mitä he arvostavat, pitävät tärkeänä ja haluvat käyttökuluiksi. Esimerkiksi yhden asunnon taloissa rakennuksen kokoa harkittaessa suurempi tilavuus näkyy kasvaneessa lämmitysenergiankulutuksessa, mutta on monesti käytännöllisempi.

E-luvun energiankulutukseen parannettavaa jäi vielä paljon. Tuotteiden energiatehokkuus ja energiantuottoratkaisut kehittyvät jatkuvasti, joten niiden ajantasainen oletusarvoja parempi laskennassa käytettävä tieto tulee hankkia tuotevalmistajilta. Laskennan vaikutusmahdollisuuksia voi hakea tuotevalmistajilta esimerkiksi LTO-hyötysuhteisiin, SPF- ja SFP-lukuihin sekä ikkunoiden ja ulko-ovien U-arvoihin. Rakennusosat voi lämpöeristää paremmin, jolloin U-arvot pienenevät. Ulkovaipasta voi tehdä mahdollisimman ilmatiiviin ja todentaa tämän mittauksella, mikä parantaa ilmanvuotolukua.

Energiantuotto vaatii suunnittelua ja panostusta. Tuotettavaan energian määrään vaikuttavat ympäristön paikalliset olosuhteet, joten energiantuotto pitää laskea tapauskohtaisesti. Yleensä tuotettavan energian määrä vaihtelee hieman myös vuosittain.

LÄHTEET

1151/2016. Laki maankäyttö- ja rakennuslain muuttamisesta. Helsingissä 16.12.2016. Saatavilla <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2016/20161151>.

2002/91/EY. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi rakennusten energiatehokkuudesta. 16.12.2002.

2010/31/EU. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi rakennusten energiatehokkuudesta (uudelleenlaadittu). 19.5.2010.

2012/27/EU. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi energiatehokkuudesta, direktiivien 2009/125/EY ja 2010/30/EU muuttamisesta sekä direktiivien 2004/8/EY ja 2006/32/EY kumoamisesta. 23.1.2012.

2009/28/EY. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2009/28/EY uusiutuvista lähteistä peräisin olevan energian käytön edistämisestä sekä direktiivien 2001/77/EY ja 2003/30/EY muuttamisesta ja myöhemmästä kumoamisesta. 23.4.2009.

487/2007. Laki rakennuksen energiatodistuksesta. Helsingissä 13.4.2007. Saatavilla <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2007/20070487>.

50/2013. Laki rakennuksen energiatodistuksesta. Helsingissä 18.1.2013. Saatavilla <https://finlex.fi/fi/laki/alkup/2013/20130050>.

545/2015. Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista. Helsingissä 23.4.2015. Saatavilla <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2015/20150545>.

755/2017. Laki rakennuksen energiatodistuksesta annetun lain muuttamisesta. Helsingissä 17.11.2017. Saatavilla <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170755>.

958/2012. Laki maankäyttö- ja rakennuslain muuttamisesta. Helsingissä 21.12.2012. Saatavilla <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2012/20120958>.

Energiatodistusopas 2018. Rakennuksen energiatodistus ja E-luvun määrittäminen. 1.11.2018. Helsinki: ympäristöministeriö.

Haakana, M. 2017. Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatodistuksesta. Muistio. Helsinki: ympäristöministeriö.

HE 200/2016. Hallituksen esitys eduskunnalle Pariisin sopimuksen hyväksymisestä ja sopimuksen lainsäädännön alaan kuuluvien määräysten voimaansaattamisesta. Helsingissä 13.10.2016. Saatavilla <https://www.finlex.fi/fi/esitykset/he/2016/20160200>.

HE 366/2014. Hallituksen esitys eduskunnalle ilmastomuutosta koskevan Yhdistyneiden kansakuntien puitesopimuksen Kioton pöytäkirjan muutosten ja Islannin osallistumisesta Euroopan unionin, sen jäsenvaltioiden ja Islannin velvoitteiden yhteiseen täyttämiseen Kioton pöytäkirjan mukaisella toisella velvoitekaudella tehdyn sopimuksen hyväksymisestä sekä laeiksi muutosten ja sopimuksen lainsäädännön alaan kuuluvien määräysten voimaansaattamisesta. Helsingissä 12.2.2015. Saatavilla <https://www.finlex.fi/fi/esitykset/he/2014/20140366>.

Kalliomäki, P. 2017a. Ehdotus valtioneuvoston asetukseksi rakennuksissa käytettävien energiamuotojen kertoimien lukuarvoista. Muistio. Helsinki: ympäristöministeriö.

Kalliomäki, P. 2017b. Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta. Perustelumustio. Rakennetun ympäristön osasto/rakentaminen. Helsinki: ympäristöministeriö.

Kauppinen, J. 2013. Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä. Perustelumuistio. Rakennetun ympäristön osasto/rakentaminen. Helsinki: ympäristöministeriö.

Kauppinen, J. 2017. Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä annetun ympäristöministeriön asetuksen muuttamisesta. Perustelumuistio. Rakennetun ympäristön osasto/rakentaminen. Helsinki: ympäristöministeriö.

MRL 5.2.1999/132. Maankäyttö- ja rakennuslaki. Saatavilla <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132#a29.11.2019-1203>.

Ojanen, T.; Nykänen, E. & Hemmilä, K. 2017. Rakenteellinen energiatehokkuus korjausrakentamisessa. Opas. Valtion teknillinen tutkimuskeskus VTT. Helsinki: ympäristöministeriö, Rakennustuoteteollisuus RTT ry ja Puutuoteteollisuus ry.

Valtiosopimus 13/2005. Tasavallan presidentin asetus ilmastonmuutosta koskevan Yhdistyneiden Kansakuntien puitesopimuksen Kioton pöytäkirjan voimaansaattamisesta sekä pöytäkirjan lainsäädännön alaan kuuluvien määräysten voimaansaattamisesta annetun lain voimaantulosta. Helsingissä 28.1.2005. Saatavilla <https://www.finlex.fi/fi/sopimukset/sopsteksti/2005/20050013>.

VNa 241/2017. Valtioneuvoston asetus rakennuksen esteettömyydestä. Porvoossa 4.5.2017. Saatavilla <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170241>.

YM Aurinko-opas 2012. Aurinkolämmön ja -sähkön energiantuoton laskennan opas, 23.8.2011. Helsinki: ympäristöministeriö.

YMa 1007/2017. Ympäristöministeriön asetus rakennuksen käyttöturvallisuudesta. Helsingissä 20.12.2017. Saatavilla <https://finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20171007>.

YMa 1008/2017. Ympäristöministeriön asetus asuin-, majoitus-, ja työtiloista. Helsingissä 20.12.2017. Saatavilla <https://finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20171008>.

YMa 1010/2017. Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta. Helsingissä 20.12.2017. Saatavilla <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20171010>.

YMa 1048/2017. Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatodistuksesta. Helsingissä 20.12.2017. Saatavilla <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20171048>.

YMa 176/2013. Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatodistuksesta. Helsingissä 27.2.2013. Saatavilla <https://finlex.fi/fi/laki/alkup/2013/20130176>.

YMa 2/17. Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä annetun ympäristöministeriön asetuksen muuttamisesta. Helsingissä 12.5.2017. Saatavilla <https://www.finlex.fi/fi/viranomaiset/normi/700001/43242>.

YMa 4/13. Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä. Helsingissä 27.2.2013. Saatavilla https://www.edilex.fi/data/rakentamismaaraykset/25_2_2013YM_asetus_lopullinen_FIN_2.pdf.

YMa 765/2007. Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatodistuksesta. Helsingissä 19.6.2007. Saatavilla <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2007/20070765>.

ENERGIATODISTUS 2018

Rakennuksen nimi ja osoite: Pientalo esimerkki
Osoite
20700, TURKU

Pysyvä rakennustunnus:
Rakennuksen valmistumisvuosi: 2020
Rakennuksen käyttötarkoitusluokka: Yhden asunnon talot

Todistustunnus: 185041

Energiatodistus on laadittu

- Uudelle rakennukselle rakennuslupaa haettaessa
 Uudelle rakennukselle käyttöönottovaiheessa
 Olemassa olevalle rakennukselle, havainnointikäynnin päivämäärä



Rakennuksen suunnitellun energiatehokkuuden luokitus eli E-luku
Uuden rakennuksen suunnitellun energiatehokkuuden vaatimustaso

kWh_E/(m²vuosi)
48
≤ 170

Todistuksen laatija:
Ijäs, Janne

Yritys:
Turku AMK

Sähkötekniikkajärjestelmäkirjoitus:

Todistuksen laatimispäivä:

Viimeinen voimassaolopäivä:

YHTEENVETO RAKENNUKSEN ENERGIATEHOKKUUDESTA

Laskennallinen ostoenergiankulutus ja energiatehokkuuden vertailuluku (E-luku)

Lämmitetty nettoala	51 m ²
Lämmitysjärjestelmän kuvaus	Maalämpö / Maalämpö
Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus	LTO-kone asetuksen 2018 vertailuarvoilla, LTO=55, SFP=1.8

Käytettävä energiamuoto	Vakioidulla käytöllä laskettu ostoenergia		Energiamuodon kerroin	Energiamuodon kertoimella painotettu ostoenergia
	kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)		
sähkö			-	
	2 001	40	1,2	48
Energiatehokkuuden vertailuluku (E-luku)				48

Rakennuksen energiatehokkuusluokka

Käytetty E-luvun luokitteluasteikko

Luokkien rajat asteikolla

Pienet asuinrakennukset

A: 100 ... 144	B: 145 ... 180	C: 185 ... 221
D: 222 ... 257	E: 302 ... 431	F: 432 ... 501
G: 502 ... 550		

Tämän rakennuksen energiatehokkuusluokka

E-luku perustuu rakennuksen laskennallisiin kulutuksiin ja energiamuotoihin. E-luku on laskettu vakioidulla käytöllä lämmitettyä nettoalaa kohti, jotta eri rakennusten E-luvut ovat keskenään vertailukelpoisia. E-luku ei sovellu yksittäisen rakennuksen toteutuneen ja laskennallisen kulutuksen vertailuun. E-luku ei sisällä rakennuksen lämmitysjärjestelmien, ilmanvaihto-, jäähdytysjärjestelmien sekä kuluttajalaitteiden ja valaistuksen energiankulutus. Rakennuksen lämmitysjärjestelmien ja valaistuksen kulutukset kuten autolämmityspistokkeet, sulanapitolämmitykset ja ulkovalot eivät sisälly E-lukuun.

TOIMENPIDE-EHDOTUKSIA E-LUVUN PARANTAMISEKSI

Keskeiset suositukset rakennuksen E-lukua parantaviksi toimenpiteiksi (ei koske uusia rakennuksia)

Suosituksia on esitetty yksityiskohtaisemmin sivuilla 6 ja 7, kohdassa "Toimenpide-ehdotukset E-luvun parantamiseksi".

Todistustunnus: 185041, 2/8

E-LUVUN LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT				
Rakennuskohde				
Rakennuksen käyttötarkoitusluokka	Yhden asunnon talot			
Rakennuksen valmistumisvuosi	2020	Lämmitetty nettoala	51	m ²
Rakennusvaihe				
Ilmanvuotoluku q_{50}	4,0	m ³ /(h m ²)		
	A	U	U×A	Osuus lämpöhäviöistä
	m ²	W/(m ² K)	W/K	%
Ulkoseinät	59,0	0,17	10,0	29 %
Yläpohja	51,0	0,09	4,6	13 %
Alapohja	51,0	0,09	4,6	13 %
Ikkunat	7,7	1,00	7,7	22 %
Ulko-ovet	1,9	1,00	1,9	5 %
Kylmäsiilat	-	-	5,8	17 %
Ikkunat ilmansuunnittain				
	A	U	g_{kohtisuora}-arvo	
	m ²	W/(m ² K)	-	
Pohjoinen	1,9	1,00	0,70	
Koillinen				
Itä	1,9	1,00	0,70	
Kaakko				
Etelä	2,0	1,00	0,70	
Lounas				
Länsi	1,9	1,00	0,70	
Luode				
Ilmanvaihtojärjestelmä				
Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus:	LTO-kone asetuksen 2018 vertailuarvoilla, LTO=55, SFP=1.8			
	Ilmavirta tulo/poisto	Järjestelmän SFP-luku	LTO:n lämpötilasuhde	Jäätymisenesto
	(m ³ /s) / (m ³ /s)	kW / (m ³ /s)	-	°C
Pääilmanvaihtokoneet	0,02 / 0,02	1,80	55 %	5,00
Erillispoistot	0,00 / 0,00	0,00	-	-
Ilmanvaihtojärjestelmä	0,02 / 0,02	1,80	-	-
Rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän LTO:n vuosihyötysuhde:				55 %
Lämmitysjärjestelmä				
Lämmitysjärjestelmän kuvaus:	Maalämpö / Maalämpö			
	Tuoton hyötysuhde	Jaon ja luovutuksen hyötysuhde	Lämpökerroin¹	Apulaitteiden sähkönkäyttö²
	-	-	-	kWh/(m ² vuosi)
Tilojen ja iv:n lämmitys		80 %	3,1	2,5
Lämpimän käyttöveden valmistus		92 %	2,3	0,0
¹ vuoden keskimääräinen lämpökerroin lämpöpumpulle				
² lämpöpumpputilastoissa voi sisältyä vuoden keskimääräiseen lämpökertoimeen				
	Määrä	Tuotto		
	kpl	kWh		
Varaava tulisija				
Ilmalämpöpumppu	1	3 000		
Jäähdytysjärjestelmä				
	Jäähdytyskauden painotettu kylmäkerroin			
	-			
Jäähdytysjärjestelmä				
Lämmin käyttövesi				
	Ominaiskulutus	Lämmitysenergian nettotarve		
	dm ³ /(m ² vuosi)	kWh/(m ² vuosi)		
Lämmin käyttövesi	510	30		
Sisäiset lämpökuormat eri käyttöasteilla				
	Käyttöaste	Henkilöt	Kuluttajalaitteet	Valaistus
	-	W/m ²	W/m ²	W/m ²
Henkilöt ja kuluttajalaitteet	60 %	2,0	3,0	
Valaistus	10 %			6,0

E-LUVUN LASKENNAN TULOKSET				
Rakennuskohde				
Rakennuksen käyttötarkoitukseluokka	Yhden asunnon talot			
Rakennuksen valmistumisvuosi	2020			
Lämmitetty nettoala, m ²	51			
E-luku, kWh_e / (m²vuosi)	48			
E-luvun erittely				
Käytettävät energiamuodot	Vakioidulla käytöllä laskettu ostoenergia kWh/vuosi	Energiamuodon kerroin -	Energiamuodon painotettu ostoenergia kWh _e /vuosi	E-luku kWh _e / (m ² vuosi)
sähkö	2 001	1,2	2 402	48
YHTEENSÄ	2 001		2 402	48
Rakennuksen ympäristössä olevasta energiasta otettu energia, hyödynnetty ostoenergiatason erittely lisätiedoissa				
		kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)	
Aurinkosähkö		2 093	42	
Lämpöpumpun lämmönlähteestä ottama energia		4 337	86	
Rakennuksen teknisten järjestelmien energiankulutus				
		kWh/vuosi	Lämpö kWh/(m ² vuosi)	Kaukojäähdytys kWh/(m ² vuosi)
Lämmitysjärjestelmä				
Tilojen lämmitys ¹			35,8	-
Tuloilman lämmitys		0,2	0,0	-
Lämpimän käyttöveden valmistus		0,0	40,6	-
Ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergiankulutus		0,0	-	-
Jäähdytysjärjestelmä			0,0	0,0
Kuluttajalaitteet ja valaistus		21,0	-	-
YHTEENSÄ		31,0	77,0	0,0
¹ ilmanvaihdon tuloilman lämpeneminen tilassa tuloilman lämmitys tuloilman lämmitykseen				
Energian nettotarve				
		kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)	
Tilojen lämmitys ²		4 126	81	
Ilmanvaihdon lämmitys ³		12	1	
Lämpimän käyttöveden valmistus		1 517	30	
Jäähdytys		0	0	
² sisältää vuotoilman, korvausilman ja tuloilman lämmityksen tilassa				
³ laskettu lämmöntalteenoton kanssa				
Lämpökuormat				
		kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)	
Aurinko		1 980	39	
Henkilöt		536	11	
Kuluttajalaitteet		804	16	
Valaistus		268	6	
Lämpimän käyttöveden lämmitys ja varastoinnin häviöistä		210	5	
Laskentatyökalun nimi ja versionumero				
Laskentatyökalun nimi ja versionumero	www.laskentapalvelut.fi, versio 1.4 (01.12.2019)			

Todistustunnus: 185041, 4/8

TOTEUTUNUT ENERGIANKULUTUS

Saatavilla olevat ostoenergian määrät ilmoitetaan sellaisenaan ilman lämmitystarvelukukorjausta. Ostoenergian määrät ilmoitetaan energiatodistuksen laatimista edeltävältä täydeltä kalenterivuodelta.

Toteutunut ostoenergiankulutus

Lämmitetty nettoala 51 m²

Energiaverkoista ostettu energia

Kaukolämpö

Kokonaissähkö

Kiinteistösähkö

Käyttäjäsähkö

Kaukojäähdytys

Ostetut polttoaineet	polttoaineen määrä vuodessa	yksikkö	annos- määrä vuodessa	kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)
Kevyt polttoöljy		litra			
Pilkkeet (havu- ja sekapuu)		pino-m ³	1300		
Pilkkeet (koivu)		pino-m ³	1700		
Puupelletit					
¹ Selostus ostettujen polttoaineiden määrän arvioinnista (yksikköä vuodessa) tulee esittää kohdassa "Lisämerkintöjä".					

Toteutunut ostoenergia yhteensä

Sähkö yhteensä

Kaukolämpö yhteensä

Polttoaineet yhteensä

Kaukojäähdytys

YHTEENSÄ

Toteutunut energiankulutus riippuu mm. rakennuksen käyttäjien lukumäärästä ja käyttötottumuksista, käyttöajoista, sisäisistä lämmityksistä, rakennuksen sijainnista ja vuotuisista sääolosuhteista. Todistusta laadittaessa energiankulutus lasketaan Etelä-Suomen säätilasta ja siten, että rakennuksen käyttö on vakioitu.

Yllä olevassa taulukossa esitetyt luvut saattavat sisältää kulutusta, joka ei sisälly laskennalliseen ostoenergiankulutukseen. Kulutuksesta voi myös puuttua energiankulutuksia, joiden kulutustietoja ei ollut saatavilla todistusta laadittaessa. Näiden syiden vuoksi toteutunut ostoenergiankulutus ei ole verrattavissa laskennalliseen ostoenergian kulutukseen.

Todistustunnus: 185041, 5/8

TOIMENPIDE-EHDOTUKSET E-LUVUN PARANTAMISEKSI				
Toimenpide-ehdotukset tähtäävät E-luvun parantamiseen, joten ne arvioidaan rakennuksen vakioidulla käytöllä. Osio ei koske uusia rakennuksia.				
Huomiot - ulkoseinät, ulko-ovet ja ikkunat				
Toimenpide-ehdotukset ja arvioidut ostoenergian muutokset				
1				
2				
3				
	Lämpö, ostoenergian muutos	Sähkö, ostoenergian muutos	Jäähdytys, ostoenergian muutos	E-luvun muutos
	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh _e /(m ² vuosi)
1				
2				
3				
Huomiot ylä- ja alapohja				
Toimenpide-ehdotukset ja arvioidut ostoenergian muutokset				
1				
2				
3				
	Lämpö, ostoenergian muutos	Sähkö, ostoenergian muutos	Jäähdytys, ostoenergian muutos	E-luvun muutos
	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh _e /(m ² vuosi)
1				
2				
3				
Huomiot - tilojen ja käyttöveden lämmitykset				
Toimenpide-ehdotukset ja arvioidut ostoenergian muutokset				
1				
2				
3				
	Lämpö, ostoenergian muutos	Sähkö, ostoenergian muutos	Jäähdytys, ostoenergian muutos	E-luvun muutos
	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh _e /(m ² vuosi)
1				
2				
3				

Todistustunnus: 185041, 6/8

Huomiot - ilmanvaihto- ja ilmastointijärjestelmät				
Toimenpide ehdotukset ja arvioidut ostoenergian muutokset				
1				
2				
3				
	Lämpö, ostoenergian muutos	Sähkö, ostoenergian muutos	Jäähdytys, ostoenergian muutos	E-luvun muutos
	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh _E /(m ² vuosi)
1				
2				
3				
Huomiot - valaistus, jäähdytysjärjestelmät, sähköiset erillislämmitykset ja lämmitysjärjestelmät				
Toimenpide ehdotukset ja arvioidut ostoenergian muutokset				
1				
2				
3				
	Lämpö, ostoenergian muutos	Sähkö, ostoenergian muutos	Jäähdytys, ostoenergian muutos	E-luvun muutos
	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh _E /(m ² vuosi)
1				
2				
3				
Suosituksia rakennuksen käyttöön ja ylläpitoon (mitkä vaikuttaa E-lukuun)				
Lisätietoja energiatehokkuudesta				
Motiva Oy - Energiatehokkuus - Energian ja materiaalien tehokkaassa käytössä www.motiva.fi				

Todistustunnus: 185041, 7/8

LISÄMERKINTÖJÄ

LUONNOS

Todistustunnus: 185041, 8/8