

Aalto-yliopisto
Insinööritieteiden korkeakoulu
Energia- ja LVI-tekniikan koulutusohjelma

Biokattilat energiatodistuksessa

Kandidaatintyö

27.4.2015

Markus Eklund

AALTO-YLIOPISTO INSINÖÖRITIEIDEIDEN KORKEAKOULU PL 11000, 00076 AALTO http://www.aalto.fi		KANDIDAATINTYÖN TIIVISTELMÄ	
Tekijä: Markus Eklund			
Työn nimi: Biokattilat energiatodistuksessa			
Koulutusohjelma: Energia- ja LVI-tekniikka			
Pääaine: Energiatekniikka		Pääaineen koodi: K3007	
Vastuuopettaja(t): Jukka Paatero			
Ohjaaja(t): Tuomas Paloposki, Kirsi Sivonen			
<p>Tässä kandidaatintyössä tutkitaan kuinka rakennuksen lämmitysjärjestelmän käyttö ja hyötysuhde määritellään energiatodistukseen. Määrittelyjen perusteella tutkitaan mitä energiatodistuksen laadinnassa tulisi huomioida, jotta rakennuksille laskettava energiatehokkuusluokka pitäisi mahdollisimman hyvin paikkaansa, kun rakennuksen lämmitysjärjestelmänä käytetään biokattilaa. Tarkastelussa keskitytään erityisesti alle 1 MW biokattiloihin ja näiden biokattiloiden energiatehokkuuteen liittyviin määritelmiin sekä huomioihin.</p> <p>Rakentamismääräyskokoelman osassa D5 määritellään kuinka energiatodistukseen liittyvä laskenta tulee suorittaa. Lämmitysjärjestelmän käytön laskennassa huomioidaan rakennuksen tilojen, ilmanvaihdon sekä lämpimän käyttöveden energiantarve. Nämä energiantarpeet summattuna yhteen ja jaettuna lämmitysjärjestelmän hyötysuhteella, määrittelevät rakennuksen lämmityksen ostoenergian tarpeen. Ostoenergiaa käytetään edelleen rakennuksen energiatehokkuusluokan määrittämiseen. Järjestelmän hyötysuhdetta ei erikseen lasketa, vaan se voidaan ottaa järjestelmän tuoteominaisuuksista tai rakentamismääräyskokoelman osasta D5. Tuoteominaisuuksilla tarkoitetaan esimerkiksi standardin mukaan tehtyjä mittauksia. Suomessa kattiloita testataan standardin SFS-EN 303-5 mukaan.</p> <p>Biokattilan käyttöön liittyen kattilan energiatehokkuuteen vaikuttaa merkittävästi säännöllinen kattilan putsaus sekä polttoaineen laatu. Mikäli kattilaa ei putsata säännöllisin väliajoin ja kattilassa poltetaan heikkolaatuista polttoainetta, heikkenee biokattilan hyötysuhde. Laskuissa ja testausstandardissa ei huomioida lainkaan käyttäjästä tai käytetystä polttoaineesta aiheutuvia muutoksia biokattilan energiatehokkuuteen. Biokattilaneuvonnan tulisi tästä syystä panostaa kattilan huollon ja polttoaineen laadun tärkeyteen. Erityisesti energiatodistusten laatijoita tulisi perehdyttää biokattilan energiatehokkuuteen liittyvissä asioissa. Todistusten laatijat voisivat edelleen neuvoa käyttäjiä biokattilan tehokkaasta käytöstä, energiatodistuksen laadinnan yhteydessä.</p>			
Päivämäärä: 27.4.2015		Kieli: Suomi	Sivumäärä: 19 +1
Avainsanat: energiatodistus, biokattila, hyötysuhde			

Sisällysluettelo

Käytetyt symbolit.....	ii
1 Johdanto	1
1.1 Taustaa	1
1.2 Tavoite ja työn rakenne	1
2 Energiatodistus lyhyesti	3
2.1 Energiatodistus taustaa.....	3
2.2 E-luku ja energiatehokkuusluokat.....	4
3 Biokattilat.....	6
3.1 Biokattilan toimintaperiaate ja kattilatyypit.....	6
3.2 Käytettävät polttoaineet	8
4 Lämmitysjärjestelmän käyttö ja hyötysuhde energiatodituksessa	9
5 Biokattilan testaus Suomessa.....	11
5.1 Hyötysuhteen ja käytön vaatimukset	11
5.2 Hyötysuhteen ja käytön testaus	11
6 Huollon ja polttoaineen laadun vaikutukset biokattilan energiatehokkuuteen	13
Johtopäätökset.....	15
Lähdeluettelo	17
Liitteet	
Liite 1 Esimerkkejä energiatehokkuusluokan raja-arvoista 1 s	

Käytetyt symbolit

A_{netto}	rakennuksen lämmitetty nettoala
E	rakennuksen energialuku
Q_{alkv}	aurinkokeräimellä tuotettu lämpöenergia käyttövedeen
Q_{jakelu}	lämmön jakelujärjestelmän lämpöhäviö lämmittämättömään tilaan
Q_{kat}	kattilan tuottama lämpöteho
Q_{kj}	kaukojäähdytyksen kulutus
Q_{kl}	kaukolämmön kulutus
Q_l	lämmitysjärjestelmän lämpöenergian kulutus
Q_{liv}	ilmanvaihdon lämmityksen lämpöenergian tarve
Q_{lkv}	lämpimän käyttöveden energiantarve
$Q_{lkv,kier}$	käyttöveden kiertojohtoon lämpöhäviö
$Q_{lkv,net}$	lämpimän käyttöveden netto energiantarve
$Q_{lkv,var}$	käyttöveden varastoinnin lämpöhäviö
Q_{muu}	muilla tuottojärjestelmillä tuotettu energia
Q_{pa}	tietyn polttoaineen sisältämän energian kulutus
Q_{tl}	tilojen lämmityksen energiantarve
$Q_{tlnetto}$	tilojen lämmitysenergian nettotarve
Q_{varast}	lämmön jakelujärjestelmän varastoinnin lämpöhäviö
$W_{sähkö}$	sähkönkulutus
c	veden ominaislämpökapasiteetti
f_{1-4}	eri energiamuotojen kertoimet taulukosta 1
t_{in}	tulevan veden lämpötila
t_{out}	veden poistumislämpötila
w_m	kylmän ja kuumen veden massavirta
$\eta_{lkv,siir}$	käyttöveden siirron hyötysuhde
η_l	lämmön jakelujärjestelmän hyötysuhde
η_{min}	lämmityskattiloille asetettu minimihyötysuhdevaatimus
η_{tuotto}	lämmitysenergian tuoton hyötysuhde

1 Johdanto

1.1 Taustaa

Euroopan Unioni on asettanut tavoitteeksi lisätä energiatehokkuutta 20 %:lla, vähentää kasvihuonekaasupäästöjä 20 %:lla sekä lisätä uusiutuvan energian määrää 20 %:iin unionin kokonaisenergiankulutuksesta [1, s. 11]. EU:n asettamat ilmastotavoitteet vuodelle 2020 edellyttää myös Suomelta merkittäviä toimia tavoitteiden saavuttamiseksi. Toimenpiteitä energiatehokkuuden parantamiseksi ja uusiutuvien energioiden lisäämiseksi vaaditaan Suomessa erityisesti talviaikaan, jolloin energiankulutus on suurimmillaan. Tehokkaan ja ympäristöystävällisen lämmitysjärjestelmän valinta rakennukseen edistää Suomen tavoitteiden saavuttamista. Vaihtoehto rakennuksen lämmitysjärjestelmäksi on biokattila. Suomessa biokattiloissa käytetään polttoaineena pääsääntöisesti puuta, joka luokitellaan uusiutuvaksi energiaksi [2]. Biokattilan energiatehokas ja ympäristöystävällinen käyttö vaati kuitenkin onnistunutta ohjeistusta biokattiloiden käyttäjille.

EU:n hyväksymän energiatehokkuusdirektiivin mukaan, tulee lämmitys- ja ilmastointilaitteet tarkastaa säännöllisesti. Tarkastuksien avulla varmistetaan laitteiden energiatehokkuus.[3, s. 4] Biokattiloiden energiatehokkuuden varmistaminen toteutetaan Suomessa neuvontamenettelyllä. Neuvonnan tavoitteena on lisätä tietoa biokattiloista ja sen tehokkaasta käytöstä kuluttajille ja käyttäjille. Biokattilaneuvonnan tarkoituksena on myös lisätä uusiutuvien energioiden käyttöä Suomessa.[4]

Tämä kandidaatin työ tehdään yhteistyössä Motiva Oy: n kanssa. Motiva Oy tarjoaa muun muassa julkishallinnolle, yrityksille ja kuluttajille tietoa ja ratkaisuja materiaalien käytöstä sekä energian tehokkaasta käytöstä [5]. Motiva Oy on mukana koordinoimassa Kutteri-ohjelman biokattilaneuvontaa. Kutteri-ohjelman tavoitteena on varmistaa, että käytössä olevat biokattilat täyttävät EU:n energiatehokkuusdirektiivissä asetetut vaatimukset lämmitysjärjestelmille [4]. Tämä kandidaatin työn aihe sai alkunsa kyseisen ohjelman toimesta.

1.2 Tavoite ja työn rakenne

Tämän työn päätavoitteena on tutkia kuinka biokattilan käyttö ja hyötysuhde lasketaan energiatodistukseen. Työssä kerrotaan myös kuinka biokattiloita testataan Suomessa ja mitkä tekijät vaikuttavat biokattilan energiatehokkuuteen. Näiden tietojen perusteella, yksi työn tavoitteista on pohtia, voidaanko biokattilaneuvonnan kautta antaa tarkempia ohjeita energiatodistuksen laadinnassa. Työssä keskitytään erityisesti biokattilan energiatehokkuuteen liittyviin määritelmiin. Vaikka puun poltosta aiheutuu ihmiselle haitallisia pienhiukkaspäästöjä, jätetään päästöistä aiheutuvat haitat tämän työn ulkopuolelle.

Työn alkuosassa kerrotaan mikä on energiatodistuksen tarkoitus ja miten rakennuksen energiatehokkuusluokka määritellään energiatodistukseen. Taustatietona kerrotaan myös mitä biokattilalla tarkoitetaan ja mitä polttoaineita biokattiloissa käytetään Suomessa. Luku 4 on työn kannalta keskeisin luku työn tavoitteita ajatellen. Luvussa 4 tarkastellaan kuinka ympäristöministeriön laatimassa rakentamismääräyskokoelmassa lasketaan lämmitysjärjestelmän käyttö sekä hyötysuhde energiatodistukseen. Työn loppuosassa tarkastellaan mitä standardin mukaisia käyttö- ja hyötysuhdevaatimuksia biokattiloille on määritelty ja kuinka vaatimuksia testataan Suomessa. Tähän liittyen pohditaan, antaako Suomessa käytetty testausstandardi tarpeeksi luotettavan kuvan

biokattilan hyötysuhteesta. Työn lopussa pohditaan myös kuinka biokattilan käyttäjä voi vaikuttaa kattilan energiatehokkuuteen.

Tässä työssä käytetään pääsääntöisesti kirjallista aineistoa. Materiaaleina on käytetty virallisia asiakirjoja, kuten standardeja ja ympäristöministeriön asettamia määräyksiä. Lähteinä on myös käytetty Motiva Oy:n tuottamia selvityksiä sekä muita artikkeleita ja selvityksiä.

2 Energiatodistus lyhyesti

Tässä luvussa kerrotaan lyhyesti energiatoistuksen historiasta sekä toistuksen tarkoituksesta. Tässä pohditaan myös mitä menetelmää käytetään energiatoistuksen laadinnassa Suomessa ja mitä muita menetelmiä on käytössä. Luvussa tarkastellaan myös, miten rakennuksen kokonaisenergiankulutus eli E-luku määritellään ja kuinka luku liittyy rakennuksen energiatehokkuusluokkaan.

2.1 Energiatodistus taustaa

Energiatoistuksen historia ei yllä kovinkaan kauas menneisyyteen. Suomessa energiatoistusta koskeva laki tuli voimaan vuonna 2008, vuoden 2002 voimaan tulleen rakennusten energiatehokkuusdirektiivin seurauksena. Laki koski ainoastaan uudisrakennuksia, mutta vuotta myöhemmin myös myynti ja vuokrattavissa olevia yli kuuden huoneiston asuinrakennuksia[6]. Vanhassa laissa ilmenneiden puutteiden vuoksi, uusi energiatoistuslaki astui voimaan 1.6.2013. Kyseinen laki on voimassa vielä tänäkin päivänä[7].

Energiatoistuksen avulla voidaan vertailla rakennusten energiatehokkuutta myynnin ja vuokrauksen yhteydessä. Energiatoistuksessa on myös ammattilaisten laatimia suosituksia energiatehokkuuden parantamiseksi [8]. Energiatoistuslain avulla [7] on tarkoitus lisätä rakennusten energiatehokkuutta sekä lisätä uusiutuvien energioiden käyttöä.

Euroopan parlamentin ja neuvoston laatiman 2010/31/EU [3, s.13–14] direktiivin mukaan kaikki EU:n jäsenmaat tulee ottaa käyttöön rakennuksen energiatoistus. Tarkkaa menetelmää rakennuksen energiatehokkuuden ja rakennuksen energiankulutuksen laskemiseksi ei direktiivissä ole määritelty. Menetelmät voivat tällöin vaihdella alueellisesti. Käytetyssä menetelmässä tulee kuitenkin huomioida rakennuksen lämpöominaisuudet, lämmitys ja ilmastointilaitteet, lämpimän veden jakelu, valaisujärjestelmä sekä sisäilmasto-olosuhteet [3]. Suomessa energiatoistuksen laadinnassa on päädytty laskennalliseen menetelmään. Laskennallisessa menetelmässä rakennuksen energiankulutus lasketaan rakennuksen rakenneosista ja teknisistä järjestelmistä selvitetystä arvoista. Esimerkiksi rakenteiden tekniset arvot kuten lämmönläpäisykertoimet, voidaan selvittää rakennuksen piirustuksista.[9, s. 5-8] Toisin kuin laskennallisessa menetelmässä, mitatussa menetelmässä mitataan rakennuksen käytön aikana tapahtuvaa energiankulutusta. Mittaustiedot kerätään lämmityksen, jäähdytyksen, lämpimän käyttöveden sekä käyttösähkön energiankulutuksesta yhden vuoden aikana, joista lasketaan rakennuksen energiankulutus. Esimerkiksi Ruotsissa käytetään mitattua menetelmää energiankulutuksen määrittämiseen [10]. Molemmissa menetelmissä on hyvät ja huonot puolet. Laskennallisessa menetelmässä asukkaiden käyttötottumukset eivät vaikuta rakennuksen energiatehokkuuteen, kuten mitatussa menetelmässä. Mitattu energiankulutus saattaa kuitenkin vastata paremmin käytännössä tapahtuvaa energiankulutusta, kuin teoreettisesti laskettu arvo.

2.2 E-luku ja energiatehokkuusluokat

Energiatodistuksessa rakennuksen kokonaisenergiankulutusta kuvataan niin sanotulla E-luvulla, joka lasketaan jokaiselle rakennukselle erikseen. E-luvun laskennassa otetaan huomioon vuotuinen ostoenergiankulutus rakennuksen standardikäytöllä pinta-alaa kohden. Eri energiamuotojen ostoenergiat kerrotaan yhteen sille määritellyn energiamuodon kertoimen kanssa. Energiamuotojen kertoimet ovat esitetty taulukossa 1. Ostoenergian ja energiamuotojen tulot lasketaan yhteen ja jaetaan rakennuksen pinta-alalla jolloin saadaan rakennuksen E-luku. [11, s. 8]

Taulukko 1. Eri energiamuotojen kertoimet [11, s 8]

Energiamuoto	Kerroin
Sähkö	1,7
Kaukolämpö	0,7
Kaukojäähdytys	0,4
Fossiiliset polttoaineet	1,0
Rakennuksessa käytettävät uusiutuvat polttoaineet	0,5

Kun E-lukua lasketaan, täytyy laskennan lähtötiedot sekä rakennuksen rakenneosien lähtöarvot ensin selvittää. Lähtötietoihin kuuluu muun muassa paikalliset tiedot sääolosuhteista, rakennuksen vaipasta, valaistuksesta sekä sisäisistä lämpökuormista. Energiatodistuksen laatija voi selvittää lähtötiedot esimerkiksi tarkastuksen yhteydessä tai rakennuksen piirustuksista. Mikäli lähtöarvoja ei voida selvittää, käytetään ympäristöministeriön asetusta rakennuksen energiatodistuksesta ja rakentamismääräyskokoelmia. [9, s. 3] Näiden lähtötietojen avulla voidaan laskea rakennuksen energiantarve, joka koostuu tilojen ja ilmanvaihdon lämmitystarpeesta, tilojen ja ilmanvaihdon jäähdytystarpeesta, veden lämmitystarpeesta sekä valaistuksen ja muiden laitteiden sähköntarpeesta. Rakentamismääräyskokoelmassa on määritelty laskentatavat, joilla eri energiantarpeet tulee laskea [12]. Tässä työssä käsitellään lähemmin miten lämmitykseen liittyvä energiantarve otetaan huomioon lämmitysjärjestelmän energiankulutuksen laskennassa. Kaavassa (1) on esitetty kuinka E-luku lasketaan energiatodistukseen, muokattuna ympäristöministeriön ohjeesta [12, s. 14]

$$E = \frac{f_1 Q_{kl} + f_2 Q_{kj} + \sum_i f_3 Q_{pa} + f_4 W_{sähkö}}{A_{netto}} \quad (1)$$

jossa

E	rakennuksen energialuku
Q_{kl}	kaukolämmön kulutus
Q_{kj}	kaukojäähdytyksen kulutus
Q_{pa}	tietyn polttoaineen sisältämän energian kulutus
$W_{sähkö}$	sähkönkulutus
f_{1-4}	eri energiamuotojen kertoimet taulukosta 1
A_{netto}	rakennuksen lämmitetty nettoala

Energiatodistuksessa rakennukset jaetaan eri energiatehokkuusluokkiin. Energiatehokkuusluokat ovat A-G, jossa A on korkein luokka ja G heikoin luokka luokitusasteikolla. Rakennuksen E-luvun arvo kertoo, mihin energiatehokkuusluokkaan rakennus sijoittuu. Energiatehokkuusluokkien raja-arvot määräytyvät eri rakennustyyppien mukaan. Rakennustyyppinä ovat esimerkiksi pientalot ja asuinkerrostalorakennukset. Rakennustyyppistä huolimatta kaikkien uudisrakennusten täytyy vähintään saavuttaa energiatehokkuusluokka C. [13, s. 8-10] Liitteessä 1 on esitetty energiatehokkuusluokan raja-arvoja pientaloille sekä rivi- ja ketjutaloille [11, s. 18-19].

3 Biokattilat

Tässä luvussa kerrotaan lämmitysjärjestelmän eli biokattilan toimintaperiaate ja tarkastellaan myös eri kattilatyyppejä sekä niissä eniten käytettyjä biopolttoaineita Suomessa. Tässä työssä biokattiloilla viitataan lämmitysjärjestelmiin, joiden suurin mahdollinen lämpötehon tuotto ei ylitä 1 MW.

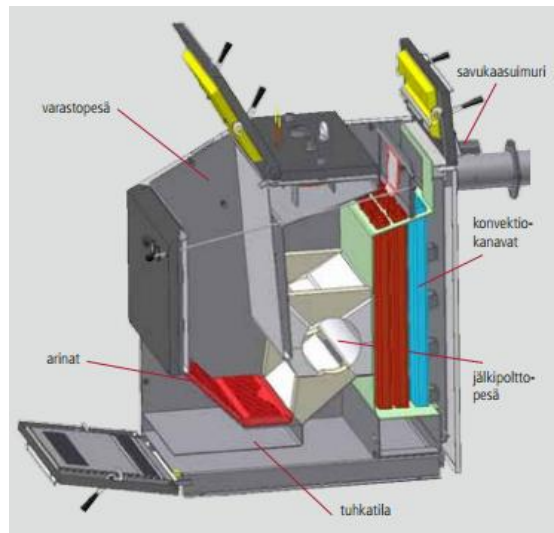
Tilastojen mukaan [14] asuntojen lämmityksen energialähteenä käytettiin reilut 14 GWh puuta vuonna 2013. Puun käytön osuus lämmityksessä oli toiseksi suurin energianlähde kaukolämmön jälkeen. Suomen kokonaisenergiankulutuksesta neljännes käytettiin rakennusten lämmittämiseen vuonna 2013 [15]. Puun käyttö polttoaineena energian tuotannossa edistää Suomen tavoitteita uusiutuvien energioiden lisäämisten suhteen. Puuta käytetään eri muodoissa polttoaineena tulisijoissa ja biokattiloissa.

Tulisijoja on käytetty rakennuksen lämmitykseen pidempään kuin biokattiloita. Tulisijat jaetaan kevyisiin ja varaaviin tulisijoihin, joiden tarkoitus on vapauttaa lämpöenergiaa ympäröivään huoneilmaan [16]. Tästä syystä tulisija tulee sijoittaa avonaiseen tilaan, josta lämpöä siirtyy helposti rakennuksen eri osiin. Toisin kuin tulisijoissa biokattiloiden lämmönjako tapahtuu vesikierron avulla. Tästä syystä biokattilaa voidaan käyttää tehokkaasti rakennuksen sisäilman lämmitykseen sekä lämpimän käyttöveden tuottamiseen. Biokattila voidaan siis käyttää ainoana lämmitysjärjestelmänä rakennuksessa, kun tulisijoja käytetään yleisesti tukilämmitysmuotona eli jonkin muun lämmitysjärjestelmän rinnalla. [17, s. 14-30]

Koska biokattila toimii vesikierron avulla, voidaan järjestelmään liittää erillinen energiavaraaja. On todettu että energiavaraajan käyttö parantaa biokattilan energiatehokkuutta [18,s.13]. Energiavaraajaan voidaan edelleen liittää aurinkokeräin, jonka avulla auringon lämpö hyödynnetään veden lämmittämiseen [17, s. 29]. Kyseisten lisälaitteiden avulla sekä lisäämällä puun käyttöä energiantuotannossa, parannetaan Suomen mahdollisuuksia saavuttaa energiatehokkuuteen ja uusiutuviin energioihin liittyvät tavoitteet.

3.1 Biokattilan toimintaperiaate ja kattilatyypit

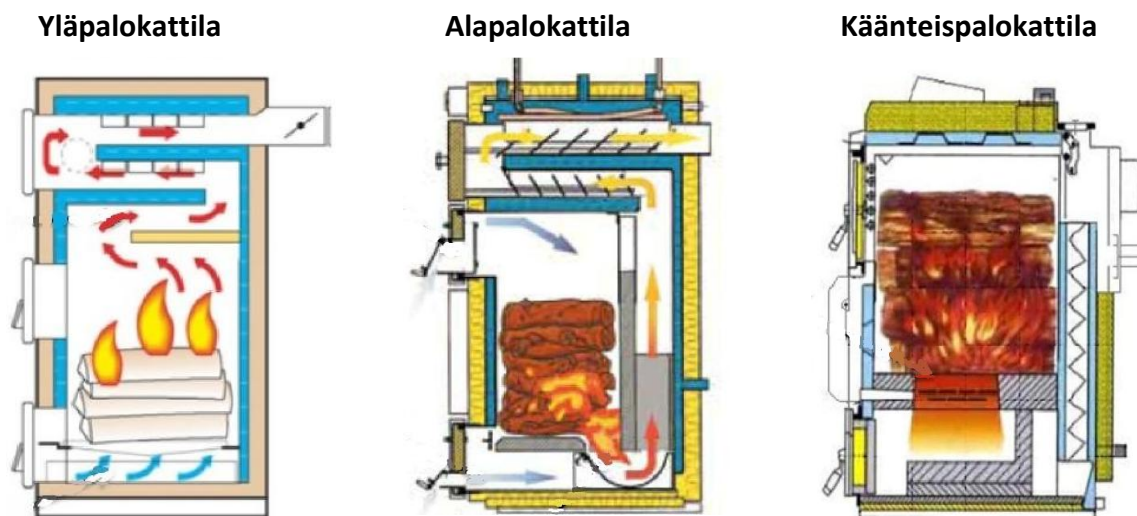
Kattilan pääkomponentteja ovat tulipesä, arina, tuhkatila, savukonvektiokanavat ja kattilan vesitila [19]. Palaminen tapahtuu tulipesässä, josta kuumat savukaasut johdetaan savukonvektiokanaviin. Lämpö otetaan talteen palamisprosessissa sekä savukaasuista kanavien avulla ja hyödynnetään ilman ja/tai veden lämmittämiseen [17, s 15]. Jäähdyntynyt savukaasu johdetaan ulos kattilan piipusta. Tuhka valuu arinan läpi tuhkatilaan, josta ne voidaan puhdistaa pois. Kuvassa 1 on esitetty Ariterm alapalokattilan pääkomponentit



Kuva 1. Alapalokattilan pääkomponentit [20]

Yleisesti käytössä olevat biokattilat jaetaan polttoteknisistä syistä yläpalokattiloihin, alapalokattiloihin sekä käänteispalokattiloihin. Yläpalokattilan palaminen muistuttaa eniten avotulen palamista. Tässä tyypissä palaminen tapahtuu polttoainekasan päällä. Yläpalokattilassa polttoainetta lisätään palavan kasan päälle, joka keskeyttää hetkellisesti palamisprosessin. Tästä syystä uudet puut kannattaa lisätä vasta hiilloksen päälle. Toisin kuin yläpalokattilassa, alapalokattilassa palaminen tapahtuu polttoainekasan alapuolella kattilan alaosassa. Polttoaine johdetaan arinalle, jonne myös palamisilma imetään esimerkiksi savukaasupuhaltimen avulla. Alapalokattilan etuna on polttoaineen tehokas palaminen. Käänteispalokattila on alapalokattilasta tehty parannus. Polttoainesäiliö on sijoitettu arinan päälle, josta polttoaine valuu arinalle palamisen mukaan. Tehokkaan palamisen mahdollistamiseksi, käänteispalokattila on myös varusteltu savukaasupuhaltimella. Kuvassa 2 on esitetty yläpalo- alapalo- sekä käänteispalokattila.

Pientalon lämmittämiseen on käytössä myös muita kattilatyyppejä, joissa polttoaineena ainakin osaksi käytetään bioperäistä polttoainetta. Yleisin tämän kaltainen kattila on kaksoispesäkattila. Tässä kattilatyypissä yleisimpinä polttoaineina käytetään sekä öljyä että puupilkettä. Heikon hyötysuhteen vuoksi, kaksoispesäkattiloita ei suositella käytettäväksi pientalon lämmitykseen. [18, s 2-12]



Kuva 2. Yleisesti käytetyt biokattilatyypit. Käänteispalokattilassa paloilma imetään arinan läpi [21]

3.2 Käytettävät polttoaineet

Suomessa biokattiloissa käytetään polttoaineena puuta eri muodoissa. Eniten käytetty puupolttoaine on pilke, jonka osuus on noin 56 % käytetystä biopolttoaineesta, alle 1 MW kattiloissa. Toiseksi eniten käytetty on hake ja kolmanneksi puupelletti. [22] Näiden kolmen polttoaineen suurin näkyvä ero on yksittäisen polttoainekappaleen kokoluokka. Merkittävin ero polttoaineen käyttöä ajatellen on eri puupolttoaineiden laatuerot.

Pilke on käytetyistä puupolttoaineista suurin kokoluokaltaan. Pilkkeellä tarkoitetaan noin 30 cm pituisia sekä 10 cm paksuisia halkaistuja puun paloja. Pilkkeet voidaan jakaa kolmeen laatuluokkaan joihin vaikuttavat muun muassa pilkkeen koko, kosteus sekä puulaji. Mitä kuivempaa puuta käytetään sitä tehokkaampaa palaminen on. Tästä syystä tulisi käyttää pilkettä, jonka kosteus on enintään 20 %. Hake on kokoluokaltaan paljon pienempi kuin pilke. Hakepalan keskimääräinen pituus on 30–40 mm. Hakkeen palakoko sekä hakkeen kosteus saattaa kuitenkin vaihdella merkittävästi riippuen siitä millä menetelmällä ja mihin vuodenaikaan haketta tuotetaan sekä miten haketta varastoidaan. Palakoko saattaa vaihdella jopa 3–45 mm välillä ja kosteus 25–65 % välillä. Erityisesti talviaikaan tuotettu hake saattaa olla hyvinkin kosteaa, mikäli hakkeen joukkoon on joutunut lunta tai jäätä. Puupelletti on kyseisistä puupolttoaineista pienin kooltaan. Puupellettiä valmistetaan esimerkiksi teollisuuden puutähteistä, puristamalla tähteet pieniksi noin 10–30 mm rakeiksi. Kuvassa 3 on esitetty puupelletin ulkonäkö. Suomessa tuotetun puupelletin kosteus on 8–10 %:in luokkaa. [23, s 48–76]

Puupelletti sopii parhaiten biokattiloiden polttoaineeksi alhaisen kosteuden sekä tasalaatuisen koon vuoksi. Pilkettä ja haketta on kuitenkin mahdollista tuottaa itse omasta metsästä edullisesti. Kuten tarkastelussa huomattiin saattaa myyntiin menevän sekä itse tehdyn hakkeen ja pilkkeen kosteus vaihdella suuresti. Mikäli biokattiloissa käytetään liian kosteaa polttoainetta, heikkenee biokattilan energiatehokkuus merkittävästi. Kosteaa puu lisää myös kattilan polttoainekulutusta sekä pienhiukkaspäästöjä. [18, s 20] Tästä syystä on hyvin tärkeää käsitellä ja varastoida puupolttoaine oikein. Esimerkiksi pilkkeet tulisi säilyttää hyvin tuuletetussa tilassa, suojassa lumeelta ja sateelta [24]



Kuva 3. Biokattiloissa polttoaineena käytetty puupelletti [25]

4 Lämmitysjärjestelmän käyttö ja hyötysuhde energiatodistuksessa

Rakentamismääräyskokoelman osassa D5 [12] on määritelty miten esimerkiksi lämmitysjärjestelmien käyttö ja energiankulutus lasketaan energiatodistukseen. Tässä luvussa tarkastellaan määräyksessä esitettyjä teoreettisia laskentakaavoja lämmitysjärjestelmän käytön laskennassa. Työn kannalta hyvin tärkeää on myös tutkia miten järjestelmän hyötysuhde määritellään ja käytetään energiankulutuksen laskennassa. Näiden tietojen avulla voidaan pohtia, onko mahdollista antaa selkeämpiä ohjeita laskentaan, kun kyse on biokattiloista rakennuksien lämmitysjärjestelminä. Luvussa esitettyjen kaavojen alkuperäiset muodot löytyvät rakentamismääräyskokoelman osasta D5[12]

Lämmitysjärjestelmän energiankulutusta laskettaessa täytyy ottaa huomioon tilojen, ilmanvaihdon sekä lämpimän käyttöveden energiantarve. Laskennassa huomioidaan myös energian tuotossa ja jakelussa tapahtuvat häviöt kuten lämmönluovutuksen, lämmönjaon sekä lämmön varastoinnin häviöt. Vastaavasti jos rakennus tuottaa lämmitysenergiaa esimerkiksi aurinkokeräimen avulla, otetaan tuotto huomioon lämmitysjärjestelmän energiankulutuksen laskennassa. Kaavassa (2) on esitetty kuinka rakennuksen lämmitysenergiankulutus eli lämmitykseen tarvittava ostoenergia lasketaan.

$$Q_l = \frac{Q_{tl} + Q_{liv} + Q_{lkv} - Q_{alkv} - Q_{muu}}{\eta_{tuotto}} \quad (2)$$

Jossa

Q_l	lämmitysjärjestelmän lämpöenergian kulutus
Q_{tl}	tilojen lämmityksen energiantarve
Q_{liv}	ilmanvaihdon lämmityksen lämpöenergian tarve
Q_{lkv}	lämpimän käyttöveden energiantarve
Q_{alkv}	aurinkokeräimellä tuotettu lämpöenergia käyttöveteen
Q_{muu}	muilla tuottojärjestelmillä tuotettu energia
η_{tuotto}	lämmitysenergian tuoton hyötysuhde

Q_{liv} otetaan huomioon laskuissa, mikäli rakennuksen ilmanvaihtoon käytetään ilmanvaihtokonetta. Tällöin ilmanvaihdon lämmityksen lämpöenergian tarve lasketaan rakentamismääräyskokoelmassa esitetyn laskukaavan mukaan. Tilojen lämmityksen energiantarve Q_{tl} määritellään kaavan (3) mukaan seuraavasti

$$Q_{tl} = \frac{Q_{tlnetto}}{\eta_l} + Q_{jakelu} + Q_{varast} \quad (3)$$

jossa

$Q_{tlnetto}$	tilojen lämmitysenergian nettotarve
Q_{jakelu}	lämmön jakelujärjestelmän lämpöhäviö lämmittämättömään tilaan
Q_{varast}	lämmön jakelujärjestelmän varastoinnin lämpöhäviö
η_l	lämmön jakelujärjestelmän hyötysuhde

Lämmitysenergian nettotarve määritellään rakennuksen vaipan lämpöhäviöstä ja tilassa tapahtuvan vuotoilman, tuloilman sekä korvausilman lämpöenergian tarpeesta, josta on

vähennetty sisäiset lämpökuormat. Sisäisillä lämpökuormilla tarkoitetaan esimerkiksi rakennuksessa olevien henkilöiden sekä valaistuksen luovuttamaa lämpötehoa sisäilmaan.

Runsaasti lämmitysenergiaa kuluu myös lämpimän käyttöveden tuottamiseen. Käyttöveden energiantarve, lasketaan veden lämpöenergian nettotarpeesta, huomioimalla käyttöveden siirron hyötysuhde sekä varastoinnin ja kiertojohtoon lämpöhäviöt. Kaavassa (4) on esitetty kuinka lämpimän käyttöveden energiantarve (Q_{lkv}) lasketaan.

$$Q_{lkv} = \frac{Q_{lkv,net}}{\eta_{lkv,siir}} + Q_{lkv,var} + Q_{lkv,kier} \quad (4)$$

Jossa

$Q_{lkv,net}$	lämpimän käyttöveden netto energiantarve
$Q_{lkv,var}$	käyttöveden varastoinnin lämpöhäviö
$Q_{lkv,kier}$	käyttöveden kiertojohtoon lämpöhäviö
$\eta_{lkv,siir}$	käyttöveden siirron hyötysuhde

Tarkemmat ohjeet tilojen lämmityksen sekä lämpimän käyttöveden energiantarpeen laskemiseksi on esitetty rakentamismääräyskokoelman osassa D5. [12, s 15–44]

Järjestelmän tehokkuutta tuottaa hyötyenergiaa siihen syötetystä energiasta kuvataan hyötysuhteella. Järjestelmän hyötysuhde vaikuttaa rakennuksen E-lukuun, joka edelleen vaikuttaa merkittävästi rakennuksen energiatehokkuusluokkaan. Kaavassa (2) esitetty lämmitysenergian tuoton hyötysuhde η_{tuotto} voidaan selvittää järjestelmän tuoteominaisuuksista [9, s 12]. Sallittuja tuoteominaisuuksia ovat esimerkiksi biokattilalle tehty standardin mukainen mittaus tai CE-merkinnän vuoksi tehty tyyppitarkastus [26]. Mikäli hyötysuhdetta ei voida selvittää, käytetään rakentamismääräyskokoelman osan D5 [12, s 44] ohjearvoja hyötysuhteelle. Taulukossa 2 on esitetty pientalon biokattiloille määritellyjä ohjearvoja sekä vertailun vuoksi myös kaukolämmölle ja huonekohtaiselle sähkölämmitykselle.

Taulukko 2. Esimerkkejä pientalojen vuosihyötysuhteiden ohjearvoja [12, s 44]

Lämmitysjärjestelmä	Hyötysuhde
Pellettikattila	0,75
Puukattila energiavaraajalla	0,73
Kaukolämpö	0,94
Huonekohtainen sähkölämmitys	1,00

Kaavassa (2) laskettu lämmitysjärjestelmän lämpöenergiankulutus vastaa myös rakennuksen lämmitykseen tarvittavaa ostoenergian määrää [12, s 14]. Kyseistä ostoenergiaa käytetään edelleen rakennuksen E-luvun määrittämiseen. Kun lämmitysjärjestelmänä käytetään biokattilaa, kerrotaan ostoenergia uusiutuvan polttoaineen kertoimella, joka on esitetty taulukossa 1. Energiatodistuksen laadinnassa ei erikseen määritetä lämmitysjärjestelmän hyötysuhdetta. Hyötysuhde selvitetään joko testeistä saatujen tietojen perusteella tai rakentamismääräyskokoelmien ohjearvoista.

5 Biokattilan testaus Suomessa

Tässä luvussa tarkastellaan, minkälaisia vaatimuksia biokattilavalmistajan kattiloille asetetaan ja kuinka kattiloita testataan. Biokattilan käytöstä ja hyötysuhteesta täytyy olla luotettavaa tietoa, jotta tietoa voidaan käyttää hyväksi energiatodistuksen laadinnassa. Suomessa sekä Euroopassa käytetään kattiloiden testaukseen standardia SFS-EN 303-5. Kyseinen standardi pätee kiinteillä polttoaineilla toimivilla kattiloilla, joiden nimellinen lämpöteho ei ylitä 500 kW. Standardi pätee sekä manuaalisella polttoaineensyötöllä että automaattisella polttoaineensyötöllä toimivilla kattiloilla. [27, s 6]

5.1 Hyötysuhteen ja käytön vaatimukset

Standardissa kattiloille on asetettu erilaisia vaatimuksia kuten rakentamiselle, turvallisuudelle ja suorituskyvyille. Tässä tarkastellaan energiatodistuksen laatijalle mielenkiintoisia vaatimuksia, kuten kattilan käyttöön sekä hyötysuhteeseen liittyviä vaatimuksia. Käyttöttestissä kattilan tulee täyttää kaikki standardissa esitetyt vaatimukset.

Standardissa kattilat jaetaan kolmeen luokkaan suorituskyvyn sekä päästöjen perusteella. Luokat ovat numeroitu 3-5. Yli 100 kW:n tehoisille kattiloille hyötysuhdevaatimus luokassa 4 on 84 % ja luokassa 5 tulee hyötysuhteen olla vähintään 89 %. Yli 300 kW:n tehoisille kattiloille tulee hyötysuhteen olla vähintään 82 % luokassa 3. Minimihyötysuhteet alle 100 kW:n tehoisille lämmityskattiloille lasketaan alla olevan taulukon kaavojen mukaan.

Taulukko 3. Eri luokkien hyötysuhdevaatimukset alle 100 kW:n kattiloille. Kaavoissa lämpötehon yksikkö on kW ja laskettu hyötysuhde saadaan prosentteina. [27, s. 36]

Luokat	Hyötysuhdevaatimukset
3	$\eta_{min} = 67 + 6 * \log Q_{kat}$
4	$\eta_{min} = 80 + 2 * \log Q_{kat}$
5	$\eta_{min} = 87 + \log Q_{kat}$

Taulukon 3 kaavassa Q_{kat} on kattilan tuottama lämpöteho ja η_{min} on minimihyötysuhde kyseisellä kattilateholla. Esimerkiksi jos kattilan lämpöteho on 20 kW, tulee kattilan saavuttaa seuraavat minimihyötysuhteet eri luokissa:

luokka 3	$\eta_{min} = 74,8 \%$
luokka 4	$\eta_{min} = 82,6 \%$
luokka 5	$\eta_{min} = 88,3 \%$

Tietyn luokituksen saamiseksi täytyy testattavan kattilan täyttää tietyn luokan hyötysuhdevaatimus sekä luokalle asetettu päästövaatimus. Hyötysuhteen ylläpitämiseksi tulee kattilassa olla riittävä määrä puhdistusaukkoja ja puhdistukseen tarkoitettuja erikoistyökalut. Riittävän palamisen varmistamiseksi tulee kattilassa olla liekkien tarkastusaukko. Käsin annosteltavissa biokattiloissa, tulee myös polttojakson olla vähintään kaksi tuntia. [27, s 17–37]

5.2 Hyötysuhteen ja käytön testaus

Lämmityskattila testataan ulkopuolisen tahon toimesta, joka täyttää Eurooppalaisen standardin EN ISO/IEC 17025 vaatimukset [27, s 38]. Suomessa kattiloita testaa VTT

Group sekä Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Ammattikorkeakoululla testausta tehdään 300 kW:n teholuokkaan asti [28].

Ennen mittauksen aloittamista, kattila lämmitetään normaaliin käyttötilaan. Manuaalisesti täytettävissä kattiloissa testi aloitetaan kun polttoainetta on lisätty suurin sallittu määrä kattilaan, normaalissa käyttötilassa. Polttoaineena käytetään kattilanvalmistajan määriteltyä polttoainetyyppiä kuten esimerkiksi haketta, pilkettä tai pellettiä. Määritellystä polttoainetyypistä käytetään saatavilla olevaa kaupallista laatua. Testin kesto nimellisteholla on manuaalisesti annosteltavilla kattiloilla kaksi peräkkäistä palamisjaksoa ja automaattisesti annosteltavilla kuusi tuntia. Minimiteholla testattaessa manuaalisilla kattiloilla aika on lyhyempi kuin nimellisteholla, kun taas automaattisilla testiaika on sama kuin nimellisteholla. [27, s 40–46]

Kattilan käyttöön liittyen on erittäin tärkeää kokeilla kuinka paljon hyötytehoa kattila tuottaa käytön aikana. Tuotetun hyötytehon avulla voidaan edelleen määritellä kattilan hyötysuhde. Standardissa SFS-EN 303-5 [27, s 47] kattilan hyötyteho lasketaan kattilassa kiertävän veden määrästä ja kuinka paljon veden lämpötila nousee testin aikana. Kaavassa (6) on esitetty kuinka hyödyksi saatava nimellislämpöteho lasketaan. Kyseisen kaavan alkuperäinen muoto löytyy standardista SFS-EN 304.

$$Q_n = w_m * c * (t_{in} - t_{out}) \quad (6)$$

Jossa

Q_n	tuotettu nimellinen lämpöteho
w_m	kylmän ja kuumen veden massavirta
c	veden ominaislämpökapasiteetti
t_{in}	tulevan veden lämpötila
t_{out}	veden poistumislämpötila

Hyötysuhde lasketaan jakamalla tuotettu hyötyteho, kattilaan syötetyllä lämpöteholla. Kattilaan syötetyssä lämpötehosta otetaan huomioon polttoaineen lämpöarvo sekä kuinka paljon polttoainetta kului testin aikana. [29, s 5-13]

Kuten edellä todettiin, voidaan standardin SFS-EN 303-5 [27] avulla selvittää biokattilan tuottama lämpöteho sekä kattilan hyötysuhde. Näiden tietojen avulla voidaan valita oikean kokoinen lämmitysjärjestelmä eri suuruusluokan rakennuksiin. Kuvassa 1 esitetyn Aritermin alapalokattila saavutti SFS-EN 303-5 standardin käyttötestissä yli 90 % hyötysuhteen [20].

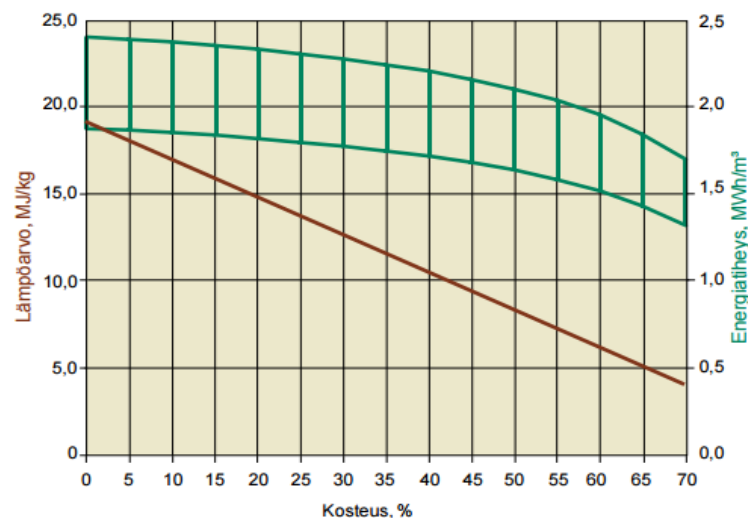
Todellisessa käytössä on kuitenkin melko vaikeaa säilyttää kattilan hyötysuhde vakiona, koska polttoainetta ei välttämättä aina lisätä juuri oikeaan aikaan. Tämä korostuu erityisesti manuaalisesti täytettäville kattiloille, jossa palaminen keskeytyy hetkeksi polttoaineen lisäyksen aikana, mikäli polttoainetta lisätään viilenneelle hiillokselle. Manuaalisesti annosteltaville kattiloille testi kestää vain 2 tuntia. Todellisuudessa kattilaa lämmitetään kerralla pidempään kuin 2 tuntia, jolloin esimerkiksi nokea alkaa syntyä kattilan lämpöä johtaville pinnoille. Lyhyen testin aikana ei noen vaikutusta hyötysuhteeseen testata lainkaan. Seuraavassa luvussa tarkastellaan lähemmin miten poltossa syntynyt noki vaikuttaa biokattilan energiatehokkuuteen.

6 Huollon ja polttoaineen laadun vaikutukset biokattilan energiatehokkuuteen

Tässä luvussa tarkastellaan mitkä tekijät vaikuttavat kattilan energiatehokkuuteen. Tarkastelussa keskitytään erityisesti miten kattilan huolto sekä biopolttoaineen laatu vaikuttavat biokattilan hyötysuhteeseen. Luvun lopuksi pohditaan, pitäisikö kyseisille tekijöille antaa arvoa energiatodistuksen laadinnassa.

Puun polton seurauksena syntyy väistämättä aina nokea. Kuinka paljon nokea syntyy poltossa, riippuu muun muassa palamisolosuhteista, käytetyn polttoaineen laadusta sekä kattilan säädettävyydestä. Esimerkiksi manuaalisesti täytettävillä vanhoilla pilkekattiloilla nokea muodostuu nopeammin, kuin polttoainetta automaattisesti säätävillä kattiloilla. Nokea saattaa muodostua jo muutaman tunnin polton aikana. Kattilan lämmönvaihtopinnoille tarttunut noki heikentää biokattilan hyötysuhdetta huomattavasti. On todettu, että yhden millimetrin paksuinen nokikerros laskee biokattilan hyötysuhdetta noin 5 %. [18, s 20] Tästä syystä biokattilan säännöllinen putsaaminen ja huoltaminen on erittäin tärkeää. On kuitenkin lähes mahdotonta nähdä, kuinka paljon nokea syntyy lämpöä johtaville pinnoille ja milloin kattila tulisi putsata. Savukaasujen lämpötilaa tarkastelemalla, voidaan helpommin selvittää kattilan putsautarve. Savukaasulämpömittarin avulla voidaan seurata kattilasta ulostulevien savukaasujen lämpötilaa. Mikäli savukaasujen lämpötila nousee huomattavasti, tiedetään, että lämpöä ei siirry riittävän tehokkaasti kattilan pinnoilla, jolloin kattila tulisi huoltaa. Tästä syystä kattiloissa suositellaan käytettävän savukaasulämpömittaria [30, s 6].

Kuten luvussa 3.2 todettiin, voi puupolttoaineen laatu vaihdella merkittävästi polttoainetyypistä riippuen. Tärkein laatuun liittyvä seikka on polttoaineen kosteus, joka vaihtelee polttoainetyypistä riippuen. Kun poltetaan liian kostealla puulla, palaminen ei ole täydellistä, jolloin nokea syntyy enemmän ja kattilan hyötysuhde laskee. Kosteaa puun lämpöarvo on myös merkittävästi huonompi, kuin kuivan puun lämpöarvo [18, s 20]. Tällöin puuta kuluu enemmän lämmitykseen, kuin kuivalla puulla lämmitettäessä. Kuvassa 4 on esitetty kuinka kosteus vaikuttaa puun lämpöarvoon.



Kuva 4. Kosteuden vaikutus puun lämpöarvoon sekä energiatihyyteen. Lämpöarvo on kuvattu suoralla ja se luetaan vasemmalta pystyakselilta. Energiatiheys on kuvattu viivoitetulla alueella ja sen arvot luetaan oikealta pystyakselilta. [31, s 5]

Puupolttoaineen laatu voidaan varmistaa käyttäen laadunvarmistusstandardeja. Esimerkiksi standardin SFS-EN 14774-1 [32] mukaan voidaan määrittää polttoaineen kosteuspitoisuus. Polttoainestandardien käyttö on kuitenkin vapaaehtoista [33, s 14]. On kuitenkin hyvin yleistä että biokattilassa käytetään itse tuotettua polttoainetta. Erityisesti maaseudulla tämä on hyvin yleistä. Tällöin esimerkiksi puun kosteudesta huolehtii itse lämmittäjä.

Käytännön oloissa ei biokattiloiden energiatehokkuuteen liittyvistä tekijöistä ole tutkimustietoa [18, s 20]. Käytössä on erilaista ja eri-ikäistä kattilateknologiaa, joilla on erilaiset huoltotarpeet ja joihin polttoaineen laatu vaikuttaa eri tavalla. Biokattilan mahdollinen hyötysuhteen vaihtelu täytyy jollain tavalla ottaa huomioon energiatodistuksen laadinnassa, jotta laskettu E-luku pitää mahdollisimman hyvin paikkaansa. Yksi mahdollisuus olisi tehdä mittauksia biokattilan toiminnan aikana ja luoda saaduista tiedoista matemaattisia malleja kattilan hyötysuhteen arvioimiseksi. Bujakin [34] kirjoittamassa tutkimuksessa arvioitiin höyrykattilan hyötysuhdetta käytön aikana, ottamalla huomioon lämmityksessä tapahtuvia lämpöhäviöitä eri lämpötehoilla. Tuloksena saatiin että höyrykattilan hyötysuhde oli matemaattisen mallin mukaan alhaisin pienillä kattilatehoilla. Matemaattinen malli piti myös hyvin paikkaansa kokeellisiin tuloksiin verrattuna. Suomessa kattiloiden ja tulipesien numeerista mallinnusta tutkii VTT Group. Mallinnuksessa käytetään apuna CFD virtausdynamiiikkamallinnusta, jonka avulla voidaan tutkia muun muassa kuonaantumisen ja likaantumisen vaikutuksia polton yhteydessä. [35] Käytössä on kuitenkin monia erilaisia biokattiloita ja matemaattisten mallien luominen näille kaikille olisi melko kallista.

Luvussa neljä esitetyt laskentakaavat sekä luvussa viisi esitetyt testausstandardit pätevät hyvin, kun jätetään huomioimatta polttoaineesta sekä kattilan käyttäjästä aiheutuvat tekijät biokattilan käytössä. Tässä luvussa kuitenkin huomataan, että näillä tekijöillä on merkitystä ja siksi tulisi harkita miten kyseiset tekijät voidaan ottaa huomioon laskennassa ja testauksessa.

Johtopäätökset

Työn tavoitteena oli selvittää miten rakennuksen lämmitysjärjestelmän käyttö ja hyötysuhde lasketaan energiatodistukseen. Kun lämmitysjärjestelmänä käytetään biokattilaa voidaan annettuja ohjeita tarkentaa, jotta kattiloita käyttävien rakennusten energiatehokkuusluokka pitäisi mahdollisimman hyvin paikkaansa.

Ympäristöministeriön julkaisemissa rakentamismääräyskokoelmissa esitetään, kuinka rakennuksen lämmitysjärjestelmän käyttö lasketaan energiatodistukseen. Lämmitysjärjestelmän lämpöenergiankulutus lasketaan järjestelmästä riippumatta samalla tavalla. Kulutusta laskettaessa otetaan huomioon rakennuksen tilojen, ilmanvaihdon ja lämpimän käyttöveden lämpöenergiatarpeet sekä lämmitysjärjestelmän hyötysuhde. Rakentamismääräyskokoelmassa ei erikseen lasketa järjestelmän hyötysuhdetta. Laskelmissa voidaan käyttää lämmitysjärjestelmän tuoteominaisuuksista löydettyä arvoa tai rakentamismääräyksen osassa D5 esitettyjä ohjearvoja eri järjestelmille. Tuoteominaisuuksilla tarkoitetaan esimerkiksi standardin mukaan tehtyjä mittauksia. Suomessa alle 500 kW kattiloita testataan standardin SFS-EN 303-5 mukaan, standardin mukaisia testejä suoritta VTT Group sekä Jyväskylän ammattikorkeakoulu.

Biokattilalla lämmitetty rakennus eroaa esimerkiksi sähköllä lämmitettyyn taloon huomattavasti. Biokattilan hyötysuhde eli energiatehokkuus voi vaihdella huomattavasti, riippuen kattilan putsauksesta sekä käytetystä polttoaineen laadusta. Kertynyt noki kattilan pinnoille sekä liian kostea polttoaine heikentävät kattilan hyötysuhdetta. Mikäli käytetään standardin SFS-EN 303-5 mukaan määritettyä hyötysuhdetta biokattilalle E-luvun laskennassa, voi E-luku olla virheellinen jo muutaman lämmityskerran jälkeen, jos kattila jätetään huoltamatta. Tällöin todistuksen E-luku näyttää liian hyvää arvoa. Rakentamismääräyskokoelman osan D5 ohjearvot biokattiloille ovat pienemmät, mitä markkinoilla oleville standardin mukaan testattaville kattiloille vaaditaan. Mikäli E-luvun laskennassa käytetään tuoteominaisuuksien sijasta ohjearvoja uusille energiatehokkaille kattiloille, voi E-luku toisaalta näyttää liian alahaista arvoa energiatodistuksessa. Näin käy myös, mikäli kattilan käyttäjä huolehtii hyvin kattilan putsauksesta ja polttoaineen laadusta. Tämän kaltaista huomattavaa ongelmaa sähkölämmitteisellä rakennuksella ei ole. Käytöstä aiheutuvien vaikutusten minimoimiseksi, tulisi biokattilaneuvonnassa panostaa kattilan huollon sekä polttoaineen laadun tärkeyteen. Erityisesti vanhoihin kattiloihin tulisi asentaa savukaasulämpömittareita huoltotarpeen havaitsemisen helpottamiseksi. Tietoa kosteuden vaikutuksista puun lämpöarvoon ja kostean puun palamisesta, tulisi myös lisätä erityisesti polttoainetta itse tuottaville.

Koska käytöstä aiheutuva hyötysuhteen vaihtelu biokattiloissa on merkittävä, tulisi kattilan hetkellisen hyötysuhteen ja kattilan vuosihyötysuhteen välille tehdä selkeämpi ero. Standardin SFS-EN 303-5 mukaan mitattu hyötysuhde kattilalle kuvaa paremmin kattilan hetkellistä hyötysuhdetta, sillä standardin testin kesto on hyvin lyhytaikainen ja testi tehdään hyvin valvotuissa ja optimaalisissa olosuhteissa. Rakentamismääräyskokoelman osan D5 ohjearvot ovat parempia arvioita kattilan vuosihyötysuhteelle kuin standardin mittausten perusteella saadut arvot. Kattilan vuosihyötysuhteeseen vaikuttaa enemmän käyttäjästä aiheutuvat seikat kuin hetkelliseen hyötysuhteeseen ja tästä syystä vuosihyötysuhteen arvo on alhaisempi kuin hetkellisen hyötysuhteen. E-luvun laskennassa tulisi biokattilan hyötysuhteelle käyttää arvoa, jossa molemmat hyötysuhteet ovat jollain tavalla huomioitu. Näistä kahdesta hyötysuhtearvosta

voitaisiin esimerkiksi laskea keskiarvo, jota edelleen voitaisiin käyttää E-luvun laskennassa. Tästä syystä tulisi tutkia, ovatko rakentamismääräyskokoelman osan D5 ohjearvot biokattilan hyötysuhteelle tarpeeksi hyviä arvioita kattilan vuosihyötysuhteiksi. Biokattiloita tulisi testata enemmän käytännön olosuhteissa, jossa kattilaa käytetään eri lämpötehoissa ja eri laatuilla polttoaineilla pidemmän aikaa. Tällöin saataisiin selville esimerkiksi noen vaikutus hyötysuhteeseen ja kuinka paljon hetkellisen ja vuosihyötysuhteen arvot eroavat toisistaan. Kattiloiden testaaminen pidemmällä aikavälillä vaatii kuitenkin resursseja.

Energiatodistuksen laatijalla on merkittävä rooli biokattilaneuvonnassa, sillä energiatodistuksen laatijalla on mahdollisuus suoraan kontaktiin biokattilakäyttäjiin, todistuksen laadinnan yhteydessä. Energiatodistusten laatijoita tulisi tästä syystä perehdyttää biokattilan energiatehokkuuteen liittyvistä asioista. Laatijat voisivat tällöin korostaa biokattilan putsauksen sekä polttoaineen laadun tärkeyttä kattilan tehokkaassa käytössä. Rakennuksen energiankulutusta laskettaessa tulisi energiatodistuksen laatijan ohjeistaa käyttäjää myös siitä, minkä teholuokan biokattila soveltuisi käyttäjän rakennukseen. Mikäli biokattila on teholtaan liian suuri rakennukseen, ei kattilaa tarvitse polttaa täydellä teholla. Tällöin palaminen ei ole tehokasta ja nopea alkaa syntyä runsaasti. Valitsemalla teholtaan oikean kokoisen biokattilan rakennukseen, ehkäistään turhaa niin sanottua kitupoltoa kattiloissa. Rakennuksissa on käytössä myös vanhoja biokattiloita. Vanhojen biokattiloiden energiatehokkuudesta pitäisi saada lisää tietoa laatijoille, jotta käyttäjiä voitaisiin neuvoa tarpeeksi ajoissa uuden energiatehokkaan ja ympäristöystävällisen kattilan hankinnasta.

Lähdeluettelo

- [1] Europe 2020. *Communication from the commission Europe 2020. A strategy for smart, sustainable and inclusive growth*. 2010. S. 11. [Viitattu 30.3.2015]. Saatavissa: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2010:2020:FIN:EN:PDF>
- [2] Työ- ja elinkeinoministeriö. *Uusiutuvat energialähteet*. 2013. [Viitattu 16.3.2015] Saatavissa: https://www.tem.fi/energia/uusiutuvat_energialahteet
- [3] Euroopan unionin virallinen lehti. *Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2010/31/EU*. 2010. S.4-14. [Viitattu 19.3.2015]. Saatavissa: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32010L0031&from=FI>
- [4] Motiva. *Kutteri-ohjelma–Sopimus biokattiloiden energiatehokkuutta parantavasta neuvontamenettelystä*. 2014. [Viitattu: 16.3.2015] Saatavissa: http://www.motiva.fi/files/8963/Kutteri-sopimus_FINAL.pdf
- [5] Motiva. *Motiva Oy*. 2015. [Viitattu: 16.3.2015] Saatavissa: http://www.motiva.fi/motiva_oy
- [6] Finlex. *Laki energiatodistuksesta 487/2007*. 2007. [Viitattu 9.3.2015]. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2007/20070487>
- [7] Finlex. *Laki energiatodistuksesta 50/2013 § 1*. 2013. [Viitattu 10.3.2015]. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2013/20130050>
- [8] Ympäristöhallinnon yhteinen verkkopalvelu. *Rakennuksen energiatodistus*. 2014. [Viitattu 10.3.2015]. Saatavissa: http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Rakentaminen/Rakennuksen_energia_ja_ekotehokkuus/Rakennuksen_energiatodistus
- [9] Ympäristöministeriö. *Energiatodistuksen kokonaisenergiankulutuksen (E-luvun) määrittäminen 176/2013. Liite 1*. 2013. S. 3-19. [Viitattu 10.3.2014]. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/data/sdliite/liite/6186.pdf>
- [10] Energy performance of buildings. *EPBD implementation in Sweden, status at the end of 2012*. 2013. [Viitattu 19.3.2015]. Saatavissa: <http://www.epbd-ca.eu/countries/country-information>
- [11] Ympäristöministeriö. *D3 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Rakennusten energiatehokkuus 2/11*. 2011. S.8. [Viitattu 10.3.2015]. Saatavissa: http://www.finlex.fi/data/normit/37188-D3-2012_Suomi.pdf
- [12] Ympäristöministeriö. *D5 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta 6/13*. 2012. S. 14-72. [Viitattu 10.3.2014]. Saatavissa: <https://www.google.fi/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=>

[8&ved=0CB4QFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.ymparisto.fi%2Fdownload%2Fnoname%2F257B8C5C3B41-E127-4889-95B0-285E9223DEE6%257D%2F40468&ei=Hxn_VMDKBUt9ywP_wIKwAg&usg=AFQjCNFmxXepmYJ-cnxP_pYVLvXDY8w1fw&sig2=22ZysNH5XtZMkvZQsLzq8g](http://www.ymparisto.fi/download/noname/2F257B8C5C3B41-E127-4889-95B0-285E9223DEE6%257D%2F40468&ei=Hxn_VMDKBUt9ywP_wIKwAg&usg=AFQjCNFmxXepmYJ-cnxP_pYVLvXDY8w1fw&sig2=22ZysNH5XtZMkvZQsLzq8g)

[13] Ympäristöministeriö. *Energiatodistusopas2013. Rakennuksen energiatodistus ja kokonaisenergiankulutuksen määrittäminen*. 2013. [Viitattu 10.3.2015]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7B2F479B50-D83D-4A2C-B726-749FBCF5F7CD%7D/91388>

[14] Tilastokeskus. *Tilasto: Asumisen energiankulutus*. 2013. ISSN 2323-3273. [Viitattu: 17.3.2015]. Saatavissa: http://www.tilastokeskus.fi/til/asen/2013/asen_2013_2014-11-14_tie_001_fi.html

[15] Motiva. *Energian loppukäyttö*. 2014. [Viitattu 10.3.2015]. Saatavissa: http://www.motiva.fi/taustatietoa/energiankaytto_suomessa/energian_loppukaytto

[16] Tulisija ja savupiippuyhdistys ry. *Tulisijatyyppit*. 2014. [Viitattu 10.3.2015]. Saatavissa: <http://www.tsy.fi/index.php/tulisija-ja-savuhormityypit/tulisijatyyppit>

[17] Motiva. *Pientalon lämmitysjärjestelmät*. 2009. S. 14-30. [Viitattu 17.3.2015]. Saatavissa: http://www.motiva.fi/files/2701/Pientalon_lammitysjarjestelmat.pdf

[18] Tuomi, Seppo. *Selvitys rakennusten biokattilalämmittäjien energiatehokkuusneuvonnan toteuttamiseksi ja neuvonnan vaikutusten arvioimiseksi*. 2013. S.2-21.[Viitattu: 17.3.2015]. Saatavissa: http://www.motiva.fi/files/9249/Selvitys_rakennusten_biokattilalammittajien_energiatehokkuusneuvonnan_toteuttamiseksi_ja_neuvonnan_vaikutusten_arvioimiseksi.pdf

[19] Pellettienergia. *Pellettikattila siirtää pelletin lämmön veteen*. 2015. [Viitattu 17.3.2015]. Saatavissa: <http://www.pellettienergia.fi/Kattila>

[20] Aritem. *Arimax puulämmitys*. 2011. [Viitattu 10.3.2015]. Saatavissa: <http://195.67.82.150/aritem/Puulammitys%20low%20res.pdf>

[21] Aaltoarina. *Yläpalokattila. Alapalokattila. Käänteispalokattila*. 2015. [Viitattu 31.3.2015]. Saatavissa: <http://www.aaltoarina.fi/index.php?pid=92&lg=fi>

[22] Motiva. *Biokattiloiden määrä Suomessa*. 2014. [Viitattu 17.3.2015]. Saatavissa: http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/bioenergia/tehokkaasti_puulla/biokattiloiden_maara_suomessa

[23] Alakangas, Eija. *Suomessa käytettävien polttoaineiden ominaisuuksia*. 2000. ISBN 951-38-5740-9. S. 48-76. [Viitattu: 17.3.2015]. Saatavissa: <http://www2.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2000/T2045.pdf>

[24] VTT. *Klapiä liiteriin. Kuivan polttopuun varastointiohje*. 2015. [Viitattu 3.4.2015]. Saatavissa: http://www.halkoliiteri.com/tiedostot/Tiedostot/klapia_liiteriin_opas.pdf

- [25] Huutokaupat. *Puupelletti*. 2015. [Viitattu: 17.3.2015]. Saatavissa: <https://huutokaupat.com/fi/v/142669>
- [26] Vuolle, Mika. Equa Simulation Finland. *Henkilökohtainen puhelinkeskustelu*. 13.3.2015
- [27] SFS-EN 303-5. *Heating boilers. part 5: heating boilers for solid fuels, manually and automatically stoked, nominal heat output of up to 500 kw. terminology, requirements, testing and marking*. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto, 2012. S. 6-47
- [28] Jyväskylän ammattikorkeakoulu. *Kattilantestauslaboratorio*. 2015. [Viitattu: 17.3.2015]. Saatavissa: <http://www.jamk.fi/fi/Palvelut/Testaus-ja-analysointi/Kattilantestauslaboratorio/>
- [29] SFS-EN 304. *Lämmityskattilat. Testausohje sumutusöljypolttimella varustettuja lämmityskattiloita varten*. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto, 1993. S.5-13
- [30] Kaukora Oy. *Jäsäsi lämpötekniikka. Puukattila*. 2011. S. 6. [Viitattu: 18.3.2015]. Saatavissa: http://www.kaukora.fi/sites/default/files/kaukorafiles/kayttoohjeet/Jaspi_Econature_kayttoohje_0711.pdf
- [31] Jahkonen, M. & Lindblad, J. & Sirkiä, S. & Laurén, A. *Energiapuun kosteuden ennustaminen*. 2012. ISSN 1795-150X. S. 5. [Viitattu: 18.3.2015]. Saatavissa: <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2012/mwp241.pdf>
- [32] SFS-EN 14774-1. *Kiinteät biopolttoaineet: Kosteuspitoisuuden määrittäminen*. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto, 2010
- [33] Suomen metsäkeskus. *Pilketuotanto-opas*. Tampere, Suomi: Hämeen Offset Tiimi Oy, 2012. S. 14. ISBN 978-951-98723-9-1. [Viitattu: 18.3.2015]. Saatavissa: <http://www.metsakeskus.fi/sites/default/files/pilketuotanto-opas.pdf>
- [34] Bujak, J. *Mathematical modelling of a steam boiler room to research thermal efficiency*. Energy.2008, vol. 33. S. 1779-1787. [Viitattu: 18.3.2015]. ISSN 0360-5442 [verkkojulkaisu] . Saatavissa: doi:10.1016/j.energy.2008.08.004.
- [35] VTT Group. *Biomassan ja energiajätteen konversioteknologiat* 2014. [Viitattu: 18.3.2015]. Saatavissa: http://www2.vtt.fi/service/energy_biomass_and_advanced_waste_to_energy_conversion_technologies.jsp

Liite 1 Esimerkkejä energiatehokkuusluokan raja-arvoista (1/1)

Erilliset pientalot

$$A_{netto} < 120 \text{ m}^2$$

Energiatehokkuusluokka	Kokonaisenergiankulutus, E-luku
A	$E\text{-luku} \leq 94$
B	$95 \leq E\text{-luku} \leq 164$
C	$165 \leq E\text{-luku} \leq 204$
D	$205 \leq E\text{-luku} \leq 284$
E	$285 \leq E\text{-luku} \leq 414$
F	$415 \leq E\text{-luku} \leq 484$
G	$485 \leq E\text{-luku}$

$$A_{netto} > 600 \text{ m}^2$$

Energiatehokkuusluokka	Kokonaisenergiankulutus, E-luku
A	$E\text{-luku} \leq 70$
B	$71 \leq E\text{-luku} \leq 106$
C	$107 \leq E\text{-luku} \leq 130$
D	$131 \leq E\text{-luku} \leq 210$
E	$211 \leq E\text{-luku} \leq 340$
F	$341 \leq E\text{-luku} \leq 410$
G	$411 \leq E\text{-luku}$

Rivi- ja ketjutilat

Energiatehokkuusluokka	Kokonaisenergiankulutus, E-luku
A	$E\text{-luku} \leq 80$
B	$81 \leq E\text{-luku} \leq 110$
C	$111 \leq E\text{-luku} \leq 150$
D	$151 \leq E\text{-luku} \leq 210$
E	$211 \leq E\text{-luku} \leq 340$
F	$341 \leq E\text{-luku} \leq 410$
G	$411 \leq E\text{-luku}$