



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Riina Kallio-Kujala

JATKUVALÄMMITTEISIÄ  
PUUKIUKAITA KOSKEVAT  
VAATIMUKSET  
NYT JA TULEVAISUUDESSA

Tekniikka  
2018

## TIIVISTELMÄ

Tekijä	Riina Kallio-Kujala
Opinnäytetyön nimi	Jatkuvalämmitteisiä puukiukaita koskevat vaatimukset nyt ja tulevaisuudessa
Vuosi	2018
Kieli	suomi
Sivumäärä	43+1 liite
Ohjaaja	Riitta Niemelä

---

Tämän opinnäytetyön toimeksiantajana on Tarkmet Oy. Työn tarkoituksena on selvittää jatkuvalämmitteisen puukiukaan nykyiset vaatimukset, jotta tuote voidaan saattaa markkinoille, sekä selvittää ja pohtia myös mitä toiminnallisia vaatimuksia puukiukaille on mahdollisesti tulossa tulevaisuudessa. Toiminnalliset vaatimukset perustuvat kiukaan toimintaan, kuten esimerkiksi kiukaan toiminnasta aiheutuviin päästöihin ja hyötysuhteeseen.

Työn teoriaosassa kerrotaan erilaisista jatkuvalämmitteisistä puukiukaista ja niiden toimintaperiaatteista, puun palamisesta ja palamisen päästöistä sekä standardeista yleisesti. Selvitysosassa perehdytään kahteen jatkuvalämmitteisestä puukiukaasta koskevaan standardiin, sekä kerrotaan tulevista tiukennuksista mitä opinnäytetyön tekijä sai selville ja pohditaan mahdollisia muita puukiukaille tulevia säädöksiä.

Lopputuloksena saatiin koottua kattava kirjallisuuskatsaus sekä selvitys puukiukaan nykyisistä vaatimuksista ja mahdollisista tulevista. Nykyiset vaatimukset jatkuvalämmitteisille puukiukaille ovat hyvin vaatimattomat. Päästöjen vähentäminen tuotteissa ja palveluissa on ajankohtaista ja tästä syystä myös kiukaiden aiheuttamat päästöt tulee saada kuriin. Päästöt saadaan kuriin muun muassa erilaisilla säädöksillä ja nykyisiä vaatimuksia tiukentamalla ja näitä tiukennuksia on tulossa myös puukiukaita koskeviin vaatimuksiin.

## ABSTRACT

Author	Riina Kallio-Kujala
Title	Multi-firing sauna stoves fired by natural wood logs –current and future requirements
Year	2018
Language	finnish
Pages	43+1 appendix
Name of Supervisor	Riitta Niemelä

---

This thesis was made as a commission for Tarkmet Oy. The purpose of this thesis was to find out the current requirements for multi-firing sauna stoves fired by natural wood logs, so that the stoves can be placed on the market. The aim on this thesis was also to find out and discuss the future requirements for multi-firing sauna stoves. The performance requirements are based on the operation of the stove, for example emissions from the stove and efficiency.

The theoretical part tells about the different kind of sauna stoves and how the stoves work, wood burning and emissions from the burning of wood and standards in general. In the practical part deals with two standards which are made for multi-firing sauna stoves fired by natural wood logs and tells about the future requirements that were found at the time of writing the thesis. This thesis is intended to help the company to prepare for future demands.

The result is a comprehensive literature survey and also a clarification about the requirements of sauna stoves. The current requirements for sauna stoves are very modest. Reducing emissions in products and services are topical and therefore, the emissions of the sauna stoves should be restricted. Emissions can be restricted by different regulations and making the current requirements stricter. Stricter requirements of sauna stoves can be expected.

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO.....	9
2	YRITYSESITTELY .....	10
	2.1 Tarkmet Oy .....	10
	2.2 Palvelut .....	10
3	PUUKIUAS.....	12
	3.1 Jatkuvalämmitteisen puukiukaan periaate .....	12
	3.2 Ympäristöystävällinen puukiukas.....	13
	3.3 Tarkmet Oy:n valmistaman puukiukaan toimintaperiaate.....	14
4	PALAMISESSA SYNTYVÄT SAVUKAASUT JA PIENHIUKKASET....	15
	4.1 Täydellinen ja epätäydellinen palaminen.....	15
	4.1.1 Lämpötila .....	16
	4.1.2 Ilman saanti .....	16
	4.2 Puunpolton savukaasut.....	16
	4.2.1 Hiilidioksidi .....	17
	4.2.2 Hiilimonoksidi .....	17
	4.2.3 Orgaaniset päästöt .....	17
	4.3 Puun poltossa syntyvät pienhiukkaset ja niiden terveysvaikutukset.....	19
5	STANDARDI.....	22
	5.1 Yleisesti.....	22
	5.2 Harmonisoitu tuotestandardi .....	23
	5.3 CE-merkintä.....	24
	5.4 Suoritusasoilmoitus DoP ja AVCP-luokat.....	25
6	STANDARDIT JATKUVALÄMMITTEISELLE PUUKIUKAALLE.....	27
	6.1 Standardi SFS-EN 15821 .....	27
	6.1.1 Soveltamisala .....	27
	6.1.2 Kiukaan testaus .....	28
	6.1.3 Kiukaan toiminnalliset vaatimukset.....	29

6.1.4	Turvallisuusvaatimukset .....	30
6.1.5	Tehtaan sisäinen laadunvalvonta.....	31
6.2	Standardi SFS 7021.....	32
7	JATKUVALÄMMITTEISTEN PUUKIUKAIDEN TULEVAISUUDEN VAATIMUKSET .....	33
7.1	Mitä tiukennuksia on mahdollisesti tulossa tulevaisuudessa.....	33
7.2	Ecodesign-direktiivin päästövaatimukset kiinteille polttoainetta käyttävillä paikallisilla tilälämmittimillä (ei koske kiukaita) .....	35
7.3	Miten päästöjä voidaan ehkäistä .....	36
8	YHTEENVETO .....	38
	LÄHTEET .....	39

## LIITTEET

**KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO**

<b>Kuva 1.</b> Yrityksen logo.	s.10
<b>Kuva 1.</b> Jatkuvalämmitteisen puukiukaan toimintaperiaate.	s.13
<b>Kuva 2.</b> Läpivirtauskiukaan toimintaperiaate.	s.14
<b>Kuva 4.</b> Puun poltossa pienhiukkasten muodostuminen.	s.19
<b>Kuva 5.</b> Pienhiukkaspäästöt erilaisissa tulisijoissa.	s.20
<b>Kuva 6.</b> Standardisoinnin maailmankartta.	s.22
<b>Kuva 7.</b> AVCP-luokat ja niissä käytettävät suoritustason pysyvyyden arviointi- ja varmentamismenettelyt.	s.24
<b>Taulukko 1.</b> Yhteenveto Kuopion yliopiston ja VTT:n tutkimusryhmien tekemästä päästövertailusta eri pienpolttolaitteiden välillä.	s.18
<b>Taulukko 2.</b> Ecodesing-direktiivin päästövaatimukset.	s.33

## KÄSITELUETTELO

<b>Savukaasut</b>	Kaasuja, jotka syntyvät polttamisessa ja poistuvat savukana- vista.
<b>Ensiöilma</b>	Ilma, joka syötetään tulipesään ensimmäisenä, yleensä ari- nan alta, palotapatuman aikaan saamiseksi.
<b>Toisioilma</b>	Ilma, joka syötetään suoraan palotapahtumaan, täydellisen palamisen edistämiseksi.
<b>Sekundääripoltto</b>	Esilämmitetty palamisilma ohjataan palotapahtuman palo- kaasuihin tulipesän yläosaan, palotapahtuma on täydellisem- pää.
<b>Hyötysuhde</b>	Kuinka suuri osa järjestelmän syötetystä energiasta voidaan hyödyntää varsinaista tarkoitusta varten. Esimerkiksi, kuinka paljon puun sisältämästä energiasta saadaan hyödyn- nettyä saunaa lämmittäessä.
<b>Yhdiste</b>	Aine, joka koostuu kahdesta tai useammasta keskenään rea- goineesta alkuaineesta.
<b>Kemiallinen sidos</b>	Yhdisteen sisältämiä alkuaineita koossa pitävä voima/sidos.
<b>Kasvihuonekaasu</b>	Aineita, jotka saavat aikaan kasvihuoneilmiötä. Näitä ovat esimerkiksi hiilidioksidi, vesihöyry ja metaani.
<b>Kasvihuoneilmiö</b>	Kasvihuoneilmiö on sitä kun maapallon ilmakehä päästää auringon säteet sisään ja estää tehokkaasti maanpinnan ja il- makehän itsensä lähettämän lämpösäteilyn poistumisen. Kasvihuonekaasut voimistuttavat tätä ilmiötä.
<b>Standardi</b>	Jonkin organisaation määritelmä siitä, miten jokin asia tulisi tehdä.
<b>Rakennustuote</b>	Rakennuskohteeseen tuleva kiinteä osa, esimerkiksi ikkunat, betonielementit.
<b>CE-merkintä</b>	Valmistajan vakuutus, että tuote täyttää sille asetetut vaati- mukset.
<b>Harmonisoitu tuotestandardi</b>	Asiakirja, jossa kuvataan muun muassa tuotteen teknilliset vaatimukset, laadunvalvonnalliset toimenpiteet ja tiedot, jotka tulee CE-merkinnässä ilmoittaa.

<b>AVCP</b>	Assessment and Verification of Constancy of Performance. Suoritustason pysyvyyden arviointi- ja varmennusjärjestelmä. Tunnettiin ennen AoC-luokkana.
<b>Akkreditoitu laboratorio</b>	Testauslaboratorion akkreditointi osoittaa laboratorion tuottavan luotettavia tuloksia testausmenetelmillä, jotka kuuluvat sen akkreditoituun pätevyysalueeseen.
<b>VTT</b>	Valtion teknillinen tutkimuskeskus.
<b>CEN/TC-295</b>	European Committee for Standardization. Järjestön kansalliset jäsenet tuottavat yhteistyössä vapaaehtoisia eurooppalaisia EN-standardeja.



## 1 JOHDANTO

Saunominen on vanha suomalainen perinne ja saunomista harrastetaan Suomessa edelleen eniten, kuin missään muussa maassa. Alun alkaen saunominen suoritettiin maakuopissa eläimen nahalla peitettynä ja kiukaana toimi maassa oleva kivikasa. /24/ Tähän päivään mennessä saunat ja lämpöä tuovat kiukaat ovat kehittyneet niin rakenteellisesti kuin toiminnallisestikin. Saunojen ja erityisesti kiukaiden kehitys jatkuu yhä.

Tietoisuus ja huoli ympäristö- ja terveysongelmista ovat saaneet lainsäädännön tiukentumaan ja velvoittamaan yritykset ottamaan tuotteissaan ja palveluissaan ympäristön huomioon. Tuotteiden ympäristöystävällisyyteen panostetaan entistä enemmän. Puukiukaiden päästöt ja erityisesti poltossa syntyvät pienhiukkaset ovat aiheuttaneet huolta yhteiskunnassa, niiden aiheuttamien terveyshaittojen vuoksi. Jatkuvalämmitteisille puukiukaille on asetettu ympäristöä ja terveyttä koskevat vaatimukset. Vaatimukset koskevat erityisesti savukaasujen koostumusta, kiukaan hyötysuhdetta ja paloturvallisuutta. Nykyiset vaatimukset ovat vielä toistaiseksi hyvin lievät, joten tulevaisuudessa voidaan odottaa vaatimusten tiukentumista entisestään.

Työn tarkoituksena on selvittää, mitkä tämän hetken vaatimukset koskevat uusia markkinoille tuotavia jatkuvalämmitteisiä puukiukaita. Tavoitteena on myös selvittää onko jatkuvalämmitteisille puukiukaille lähivuosina tulossa uusia vaatimuksia ja mitä nämä vaatimukset tulevat pitämään sisällään. Voimassa olevista vaatimuksista on selvitetty puukiukaan materiaalin-, suunnittelun- ja rakenteen vaatimukset sekä turvallisuus- ja toiminnollisuus vaatimukset. Tulevista vaatimuksista on selvitetty vain toiminnalliset vaatimukset.

Työ tehdään vaasalaiselle pienyritykselle, Tarkmet Oy:lle. Yrityksen suunnitelma on valmistaa kustannustehokas saunan puukiukas, joka täyttää nykyiset ja mahdolliset tulevat vaatimukset.

## **2 YRITYSEESITTELY**

### **2.1 Tarkmet Oy**

Tarkmet Oy on Vaasan Vetokannaksella toimiva pienyritys. Yritys valmistaa pääsääntöisesti metallituotteita teollisuuden tarpeisiin. Tarkmet Oy omistaa nykyään myös Jämsänkoskella sijaitsevan MKH-Pressin, joka valmistaa ja huoltaa hydraulipuristimia ja magneettinostimia. /1/

Yritys on perustettu vuonna 1999, jolloin toimitilat sijaitsivat Mustasaarella, Lintuvuorella. Vuonna 2004 yrityksen toimitilat muuttivat Vaasan Vetokannakselle, missä yritys nykyisinkin toimii. Tarkmet Oy työllistää 20 henkilöä. Yrityksen toimitusjohtajana toimii Ari Kärjenmäki.

Tarkmet:n toiminta täyttää ISO 14001, ISO 9001 ja OHSAS 18001 -standardien vaatimukset. /2,3/

### **2.2 Palvelut**

Yrityksen palveluita ovat muun muassa konesuunnittelu, järjestelmätoimitukset, koneistuspalvelut, lasermerkkaukset ja 3D-tulostus.

Kokonaisvaltaiset järjestelmätoimitukset pitävät sisällään laitteiden suunnittelun, mallinnuksen, valmistuksen, kokoonpanon, testauksen ja logistiikan. Järjestelmätoimituksia on tehty dieselvalmistajille, puolustusvoimille, automaatioteollisuudelle ja mekatroniikka valmistajille.

Koneistuspalvelut ovat keskittyneet enimmäkseen piensarjatuotantoon mutta myös suursarjatuotantoa tehdään. Tarkmetin erityisosaamista ovat huoltotöiden varaosat ja niiden modifioinnit, prototyypit sekä kokoonpanoon ja koneistukseen käytettävät erikoistyökalut ja koneet. Yrityksen tarjoamia koneistumahdollisuuksia ovat CNC- sorvaus ja jyrsintä, pyörö-, taso- ja reikähionta sekä hoonaus. Tarkmetin koneistuspalveluita ostavia yrityksiä ovat dieselmoottoriteollisuus, automaatioteollisuus ja CERN hiukkaskiihdytin teknologia.

Laserpalveluihin kuuluvat lasermerkintä ja lasertyöstö. Lasermerkinnällä voidaan kaivertaa logoja, viivakoodeja, numerosarjoja sekä piirustuskuvia. Merkintöjä voidaan tehdä puuhun, metalliin, nahkaan, kumiin ja akryyliin. Laserilla tehdyt merkinnät ovat selkeitä ja kestäviä. Lasertyöstöllä erilaisia materiaaleja voidaan laserin avulla hitsata, porata sekä leikata. Laserpalveluita ostavia yrityksiä on esimerkiksi autoteollisuus, sairaalat, laite- ja instrumenttivalmistajia sekä moottori- ja hydraulikkavalmistajat.

Näiden lisäksi Tarkmetin omia tuotteita ovat magneettinostimet, hydrauliset puristimet, paperikoneen telavaunut, hydrauliset laakereiden ulosvetäjät ja sylinterit sekä mahdollisena uutena tuotteena jatkuvalämmitteinen saunan puukiuas, mitä tämä opinnäytetyö koskee. /2/



**Kuva 1.** Yrityksen logo.

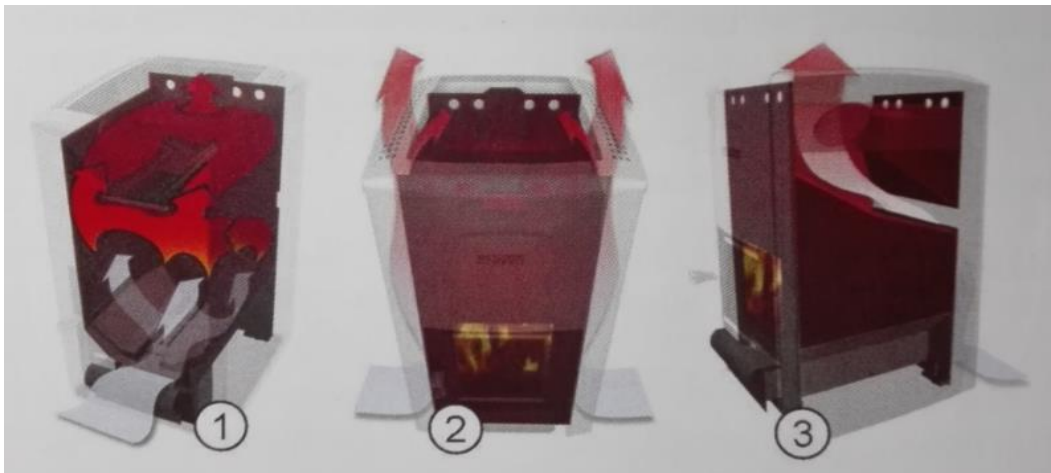
### 3 PUUKIUAS

Tyypillisiä saunan kiukaita ovat puukiukaat ja sähkökiukaat. Kiukaat jaotellaan lämmitystavan mukaan jatkuvalämmitteisiin ja kertalämmitteisiin kiukaisiin. Kertalämmitteinen kiuas lämmitetään ja tulen annetaan sammua ennen saunomista. Jatkuvalämmitteistä kiuasta lämmitetään koko saunomisen ajan. Puukiukaat voivat olla joko kerta- tai jatkuvalämmitteisiä.

Työni koskee vain jatkuvalämmitteisiä puukiukaita. Tässä luvussa kerrotaan jatkuvalämmitteisten puukiukaiden toimintaperiaatteesta sekä vertaillaan markkinoilla olevaa puukiuasta Tarkmet Oy:n valmistamaan puukiukaaseen.

#### 3.1 Jatkuvalämmitteisen puukiukaan periaate

Jatkuvalämmitteisten puukiukaiden toimintaperiaate on varsin yksinkertainen. Kiukaan tulipesään arinan päälle syötetään polttoaine, joka yleensä on puuta. Puut sytytetään ja tulipesän alla oleva tuhkaluukku avataan, jotta tulipesään pääsee ilmaa. Tätä ilmaa kutsutaan ensiöilmaksi. Ilman mukana tuleva happi on palamisen onnistumisen yksi perusedellytyksistä. Paloprosessin aikana puiden olomuoto muuntuu tuhkaksi ja savukaasuiksi. Palamisesta jäljelle jäänyt tuhka putoaa arinan läpi tuhkaluukkuun ja kuumat savukaasut ohjataan kivitilan alla tai ympärillä oleviin kanaviin, mistä kuumien savukaasujen lämpö johtuu kiviin. Kuumille kiville heitetty vesi muuntuu kuumaksi vesihöyryksi, joka leviää löylyhuoneeseen. Löylyhuone lämpenee myös kiukaan rungon ja vaipan välissä lämmenneen ilman ansiosta. Kivitilan alla olevista kanavista savukaasut johdetaan savuhormiin. Kiukaisiin tai savuhormiin liitetään joskus myös vesisäiliö, missä vesi lämpenee kuumien savukaasujen ansoista. Alla olevalla kuvalla (Kuva 2.) havainnollistetaan kuinka ilma ja savukaasut kulkevat kiukaassa. /5 s.102–104/



**Kuva 2.** Jatkuvalämmitteisen puukiukaan toimintaperiaate. /5 s.103/

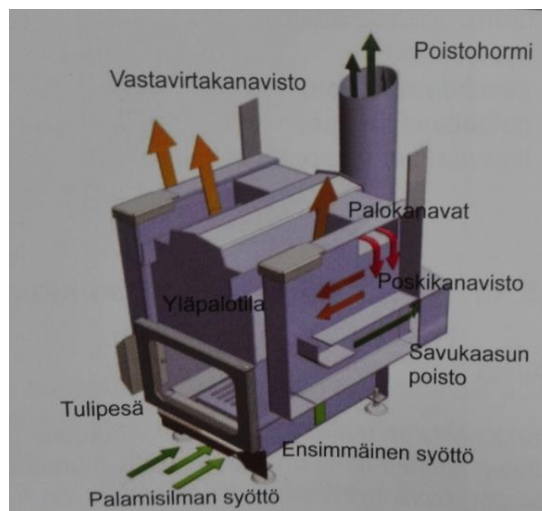
Tämä toimintaperiaate pätee puukiukaissa edelleen. Nykyisten säädösten ja strategioiden myötä tulipesän palotapahtumaan ja syntyviin päästöihin on alettu kiinnittää enemmän huomiota. Kiristyneiden määräysten vuoksi kiukaiden tekniikkaa on parannettu ja markkinoille on tuotu puukiukaita, joita mainostetaan paremmalla ympäristöystävällisyydellä ja turvallisuudella.

### 3.2 Ympäristöystävällinen puukiuas

Kun puhutaan ympäristöystävällisyydestä, tarkoitetaan sillä vähäpäästöistä ja vähän luontoa kuluttavaa ja kuormittavaa toimintaa. Nykypäivänä monissa tuotteissa ja palveluissa on haluttu ottaa myös luonto ja terveysasiat huomioon, näin on tehty myös jatkuvalämmitteisissä saunan puukiukaissa.

Markkinoilla olevista ympäristöystävällisistä puukiukaista yhtenä esimerkkinä on sydänkiuas eli läpivirtauskiuas. Sydänkiukaan periaate eroaa muista kiukaista sen muotoilun, koon ja ilmakierron osalta. Kiukaan tulipesä on perinteistä kiuasta kookkaampi, jotta muodostuneet savukaasut palaisivat ja puhdistuvasit kiukaan sisällä. Kiukaassa on useita läpivirtauskanavia, joita pitkin huoneilma virtaa kiukaan alaosasta kiukaan yläosaan. Kanavissa lämmennyt ilma huuhtoo kiukaan kaikkia tulipintoja, kuumentaen kiuaskiviä ja viilentäen hormilämmön turvalliselle tasolle.

Tämä tekniikka parantaa kiukaan hyötysuhdetta. Kiukaan toisena tärkeänä ominaisuutena on paloprosessissa tapahtuva sekundääripoltto. Ensiöilma syötetään tulipesään arinan alta, paloprosessin aikaan saamiseksi. Toisioilmaa ohjataan suoraan paloprosessiin suuluukkuja ympäröivistä poskikanavista. Esilämmitetyn toisioilman avulla päästään mahdollisimman täydelliseen palotapahtumaan ja päästöt saadaan kuriin. Läpivirtauskiukaan toimintaperiaatetta havainnollistetaan alla olevassa kuvassa (Kuva 3). Kuvassa olevat nuolet kertovat ilman ja savukaasun virtaus-suunnasta ja värit kaasun lämpötilan. /4, 5 s.109–110/



**Kuva 3.** Läpivirtauskiukaan toimintaperiaate. /5, s.110/

### 3.3 Tarkmet Oy:n valmistaman puukiukaan toimintaperiaate

Tarkmet Oy:n valmistaman kiukaan toimintaperiaate on jokseenkin samanlainen kuin läpivirtauskattilassa. Sekundääri-ilma johdetaan suoraan palokaasuihin tuhka-luukun kautta ja savukaasujen viipymää kiukaan sisällä on pyritty lisäämään mutkittävän kanaviston avulla. Liitteessä 1. kuvien avulla havainnollisesta kiukaan rakennetta sekä savukaasujen ja ilman kulkua kiukaan sisällä.

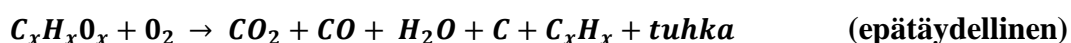
Se, miten Tarkmet Oy:n valmistama kiuas tulee eroamaan läpivirtauskattilasta, on sen helppous ja halpuus valmistaa.

## 4 PALAMISESSA SYNTYVÄT SAVUKAASUT JA PIEN-HIUKKASET

Palotapahtuma on moninainen prosessi. Palaminen tapahtuu eri polttovaiheissa ja siihen vaikuttavat monet asiat, kuten polttoaineen ominaisuudet ja syttymisolosuhteet. Tämän vuoksi luvussa kerrotaan palamisen kemiasta, syntyvistä päästöistä ja niiden terveysvaikutuksista vain oleelliset asiat. Lyhyesti sanottuna palaminen tapahtuu, kun palava aine reagoi hapen kanssa, syttyy palamaan ja palava aine muuttaa olomuotoaan. Tämä reaktio saa aikaan lämpöenergiaa.

### 4.1 Täydellinen ja epätäydellinen palaminen

Puun palaminen voi olla täydellistä ja/tai epätäydellistä. Puun täydellisessä palamisessa lopputuotteena syntyy vettä ( $H_2O$ ), hiilidioksidia ( $CO_2$ ) ja hienoa tuhkaa. Näin ei kuitenkaan koskaan tapahdu, että puu palaisi täydellisesti, vaan palaminen on aina jossain määrin myös epätäydellistä. Epätäydellisessä palamisessa syntyy haitallisia yhdisteitä, kuten hiilimonoksidia ( $CO$ ), hiilivetyjä ( $C_xH_x$ ), nokea ( $C$ ) ja pienihiukkasia. Alla olevassa esimerkissä kuvataan reaktioyhtälöin puun täydellinen ja epätäydellinen palaminen



Täydellisen palamisen tärkeimmät parametrit ovat:

- korkea lämpötila
- riittävä ilman saanti
- ilman ja polttoaineen riittävä sekoittuminen.

Palaminen on täydellistä, kun jokainen yllämainituista parametreista täyttyy. Epätäydellistä palamista tapahtuu, kun jokin parametreista puuttuu tai on vajavainen ja tästä syystä haitallisia päästöjä pääsee muodostumaan./6/

### 4.1.1 Lämpötila

Korkealla lämpötilalla on pääasiassa vaikutusta palamiskaasujen loppuun palamiseen. Reaktiot korkeissa lämpötiloissa ovat nopeampia, täydellisempiä ja palamisaika lyhempi, kuin matalissa lämpötiloissa. Polttoaineen sisältämän kosteuden höyrystyminen vaatii lämpöenergiaa ja näin ollen alentaa palamislämpötilaa ja hidastaa palamista. Muita palamislämpötilaan vaikuttavia tekijöitä tulipesässä ovat: materiaalin ominaisuudet, eristykset ja tulipesän pintaominaisuudet. Lämpöhäviöiden minimointi tulipesässä on tärkeää, esimerkiksi erilaisin eristyksin.

Palamislämpötila alenee, jos tulipesässä on ilmaa ylimäärin. Palamisilman esilämmitys vastaavasti nostaa tulipesän lämpötilaa. Palamisilma tulisi ohjata tulipesässä niin, että ilma reagoi palamiskaasujen kanssa. /7/

### 4.1.2 Ilman saanti

Tulipesässä on tyypillisesti aina paikallisesti palamisilmavajaus, jolloin ilmaa on syötettävä ylimäärin ja tämän vuoksi palamislämpötila laskee. Mikäli ilmaa on kokonaisuudessaan liian vähän, on kyseessä kitupoltto. Kitupoltossa piipusta tulee selkeästi näkyvää ruskeaa tai tummaa savua. Haitallisten päästöjen ehkäisemiseksi monet jatkuvapolttoiset laitteet säädetään yli-ilmaiseksi. Yli-ilmauksella kuitenkin alennetaan polttolaitteen hyötysuhdetta ja polttoaineen kulutus lisääntyy. /7/

## 4.2 Puunpolton savukaasut

Palamiseen tarvitaan palavaa ainetta, joka tässä tapauksessa on puuta. Puu koostuu pääosin hiilestä, hapesta ja vedystä. Suurin osa puun koostumuksesta on hiiltä(C) sen osuus on 47–52 %, hapen(O) osuus 38–45 % ja vedyn(H) 6.1–6.3 %. Muu osa puusta on typpeä, rikkiä sekä muita mineraaleja. Puussa nämä alkuaineet ovat muodostaneet erilaisia yhdisteitä kemiallisin sidoksin. Yksi ja monissa puulajeissa valitsevin yhdiste on selluloosa ( $C_6H_{10}O_5$ ). Puun lämmitessä kemialliset sidokset katkeavat ja yhdisteet hajoavat. Hajonneet yhdisteet ja alkuaineet reagoivat hapen ja



typen kanssa, syttyvät palamaan ja muodostavat uusia yhdisteitä. Nämä yhdisteet poistuvat savukaasuina ilmaan. /6/

#### **4.2.1 Hiilidioksidi**

Täydellisessä palamisessa hiili, vety ja happi muodostavat hiilidioksidia ( $\text{CO}_2$ ) ja vesihöyryä. Puu on antanut kaiken mahdollisen energian, kun kiinteä hiili on saatu hiilidioksidiksi asti ja hiilidioksidipäästö on suoraan verrannollinen siihen kuinka hyvin polttoaine on saatu poltettua loppuun. Hiilidioksidi päästönä on kasvihuonekaasu mutta puunpoltosta muodostuvaa hiilidioksidia ei kuitenkaan luokitella kasvihuonekaasuksi, koska puu kasvaessaan on sitonut vastaavan määrän hiilidioksidia ilmakehästä, mikä puuta polttaessa vapautuu. /5, s.203/

#### **4.2.2 Hiilimonoksidi**

Epätäydellisessä palamisessa syntyy häkäkaasua eli hiilimonoksidia ( $\text{CO}$ ). Häkä on terveydelle haitallinen kaasu, joka on ilmaa hieman kevyempi ja jota ei voi aistein havaita. Häkää syntyy tulisijoissa koko polttoprosessin aikana, eniten alku- eli kaasutusvaiheessa ja loppu- eli hiillosvaiheessa. Häkäkaasua voi joutua sisäilmaan, mikäli tulisijan savupelti suljetaan liian aikaisin ja voi tällöin aiheuttaa ihmiselle häkämyrkytyksen. Kaasutusvaiheessa häkäpäästöihin voidaan vaikuttaa toisioimalla. Hiillosvaiheen häkäpäästöihin on vaikea vaikuttaa. /5, s. 203–204/

#### **4.2.3 Orgaaniset päästöt**

Muita kaasumaisia päästöjä ovat erilaiset orgaaniset päästöt, näitä ovat muun muassa hiilivedyt ( $\text{C}_x\text{H}_x$ ). Epätäydellisen palamisen myötä osa puun kaasuuntumistuotteista jää hajoamatta loppuun, jonka seurauksena syntyy hiilivetypäästöjä. Savukaasuissa  $\text{C}_x\text{H}_x$ -yhdisteitä on satoja erilaisia ja ne jaotellaan erittäin haihtuviin, haihtuviin, puolihaihtuviin ja hiukkasfaasin orgaanisiin yhdisteisiin, kiehumislämpötilan mukaan. Yksi tärkeimmistä erittäin haihtuvista hiilivedyistä on metaani( $\text{CH}_4$ ). Metaani on voimakas kasvihuonekaasu. Osa hiilivedyistä on terveydelle

haitallisia, ärsyttäviä ja syöpävaarallisia yhdisteitä, näitä ovat muun muassa poly-  
sykliset aromaattiset hiilivedyt eli PAH:t. Suurimmillaan hiilivety päästöt ovat syt-  
tymisvaiheessa. Hyvällä sekundääripoltolla hiilivety päästöjä voidaan vähentää  
merkittävästi. Puu sisältää myös typpeä, rikkiä ja mineraaleja. Näiden aineiden pi-  
toisuudet ovat puussa kuitenkin vähäiset, joten näistä aiheutuvat päästöt ovat myös-  
kin vähäiset. /5, s. 205–206/

Puunpoltosta aiheutuvien päästöjen koostumus ja määrä vaihtelevat riippuen polt-  
totekniikasta, polttoaineen ominaisuuksista ja tulipesän sekä savukaasukanavien  
yleisistä olosuhteista. Polttotavalla on huomattava osuus päästömäärissä, muun mu-  
assa ilman tuontimäärällä ja puiden asettelulla tulipesään on vaikutusta epätäydel-  
lisen palamisen muodostamiin tuotteisiin. Polttoaineen ominaisuuksista merkittä-  
vin tekijä päästöjen muodostumiseen on puun kosteus ja eri mineraaliaineiden pi-  
toisuudet. Tulipesän rakenteella ja tekniikalla on myös vaikutusta päästömääriin.

Alla olevasta taulukosta 1. voidaan todeta kiukaiden edustavan pienpolttolaitteiden  
huonointa polttotekniikkaa. Syynä huonoon polttotehokkuuteen ja suuriin päästö-  
määriin on laitteen käyttötapa. Taulukossa on kuvattu keskimääräiset hiilimonok-  
sidin eli hään (CO), kokonaishiilivetyjen (OGC), halkaisijaltaan alle 1 µm:n hui-  
kasten (PM1) ja hiukkaslukumäärän (N) ominaispäästökertoimet sekä keskimääräi-  
set päästöhiukkasten koot erilaisilla puupolttoaineilla ja polttolaitteilla. /8,9/

**Taulukko 1.** Yhteenveto Kuopion yliopiston ja VTT:n tutkimusryhmien teke-  
mästä päästövertailusta eri pienpolttolaitteiden välillä. /9/

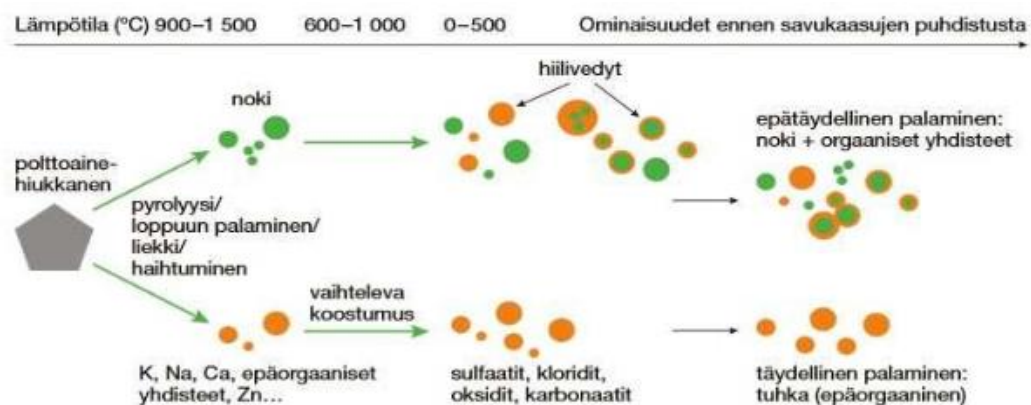
	CO mg/MJ	OGC mg/MJ	PM1 mg/MJ	N #/MJ	KOKO nm
Kiukaat	3100	590	145	$6,5 \times 10^{13}$	110
Varaavat takat, takkasydämet	1200	130	85	$4,0 \times 10^{13}$	130
Pellettitakka	170	10	65	$3,2 \times 10^{13}$	155
Pellettipoltin, alle 30kW	190	5	25	$1,2 \times 10^{13}$	145
Pienkattilat, alle 50kW, pelletti	250	5	8	$6,9 \times 10^{12}$	105
Pienkattilat, alle 50kW, hake	500	35	11	$8,1 \times 10^{12}$	105
Keskikattilat, 50-500kW, pelletti	80	1	10	$1,7 \times 10^{13}$	80
Keskikattilat 50-500kW, hake	620	5	30	$2,3 \times 10^{13}$	105
Aluelämpökattilat 10MW*	20		3	$4,3 \times 10^{11}$	230
Öljypoltin	35		2	$1,1 \times 10^1$	50

\*multisykloni ja sähkösuodatin

### 4.3 Puun poltossa syntyvät pienhiukkaset ja niiden terveysvaikutukset

Euroopassa eniten terveyshaittoja aiheuttava ulkoilman pääkomponentti on pienhiukkaset. Vuosien aikana hengitys- ja sydänsairaudet ovat lisääntyneet ja tästä syystä pienhiukkasten määrän rajoittaminen ja ehkäiseminen on ajankohtainen asia, johon tullaan puuttumaan lähivuosina entistä tiukemmin. Puun polton lisäksi pienhiukkasia syntyy liikenteessä, teollisuudessa ja energian tuotannossa. Puun pienpoltosta syntyy 40 % Suomen kaikista pienhiukkaspäästöistä (PM<sub>2.5</sub>), ja se on yksittäisistä hiukkaslähteistä merkittävin. /10/

Puun poltosta muodostuneita pienhiukkasia syntyy puunpolton eri vaiheissa ja hiukkaset ovat ominaisuuksiltaan erilaisia, näitä ovat orgaaniset hiukkaset, nokihiukkaset ja tuhka hiukkaset. Epätäydellisen palamisen lopputuotteena syntyy haitallisia nokihiukkasia ja hiilivetyjä, jotka tiivistyvät noki- ja tuhka hiukkasten pinnalle. Täydellisessä palamisessa syntyy vain epäorgaanisia tuhka hiukkasia. Alla olevassa kuvassa (Kuva 4.) kuvataan pienhiukkasten muodostuminen puun poltossa. /11/



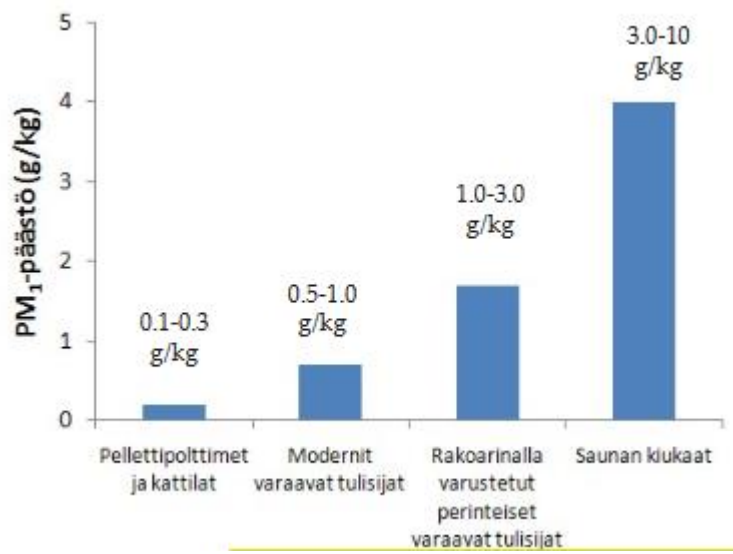
**Kuva 4.** Puun poltossa pienhiukkasten muodostuminen. /11/

Hiukkasta, joka on läpimitaltaan alle 2,5 µm kutsutaan pienhiukkaseksi. Pienhiukkasista käytetään lyhennystä PM<sub>2.5</sub>. Pienhiukkasten lisäksi puun poltossa syntyy myös karkeita hiukkasia. Karkeiden hiukkasten koko on 2,5–10 µm ja lyhenne

PM<sub>10</sub>. Karkeat hiukkaset muodostuvat, kun kaasuuntuva polttoaine haihtuu ja jäljelle jäävät hiukkaset takertuvat toisiinsa muodostaen ns. pohjatuhkan. Nämä pohjatuhkahiukkaset, jotka saattavat sisältää myös palamatonta hiiltä, voivat paeta savukaasujen mukana ilmaan tulipesässä vallitsevan kovan ilmavirtauksen ansiosta. Terveysvaikutuksiltaan karkeat hiukkaset eivät ole yhtä haitallisia kuin pienhiukkaset, koska ne eivät pääse hengityksen mukana syvälle elimistöön vaan jäävät ylähengitysteihin. /7/

Väestötutkimusten mukaan ilman PM<sub>2.5</sub>-pienhiukkaset ovat lisänneet sydänkohtausten ja aivoverenkierron häiriöiden vaaraa. Pitkäaikainen altistuminen pienhiukkasille voi lisätä kuolemanvaaraa jopa 10–20 %. Muita mahdollisia pienhiukkasten aiheuttamia sairauksia ovat: verenpaine, tyypin 2 diabetes, erilaisten keuhkosairaukset ja dementia. Syy miksi pienhiukkaset ovat terveydelle vaarallisia, on se, että hiukkaset pääsevät tunkeutumaan syvälle elimistöön aiheuttaen muun muassa tulehduksia ja lisääntyvää veren hyytymistäipumista. Muutaman mikrometrin ja siitä pienemmät hiukkaset pääsevät tunkeutumaan keuhkorakkuloihin asti, ultrapienet jopa verenkiertoon asti. /12/

Saunan puukiukaille hiukkaspäästöt ovat kiusallinen ongelma, koska kiukaissa niitä syntyy selvästi enemmän kuin muissa tulisijoissa. Tämä voidaan todeta alla olevasta kuvasta (Kuva 5). Saunan kiukaiden pienhiukkaspäästöt ovat moninkertaiset verrattuna muihin tulisijoihin. Tulisijojen pienhiukkaspäästöihin odotetaan tiukennuksia tulevaisuudessa.



**Kuva 5.** Pienhiukkaspäästöt erilaisissa tulisijoissa. /6/

## 5 STANDARDI

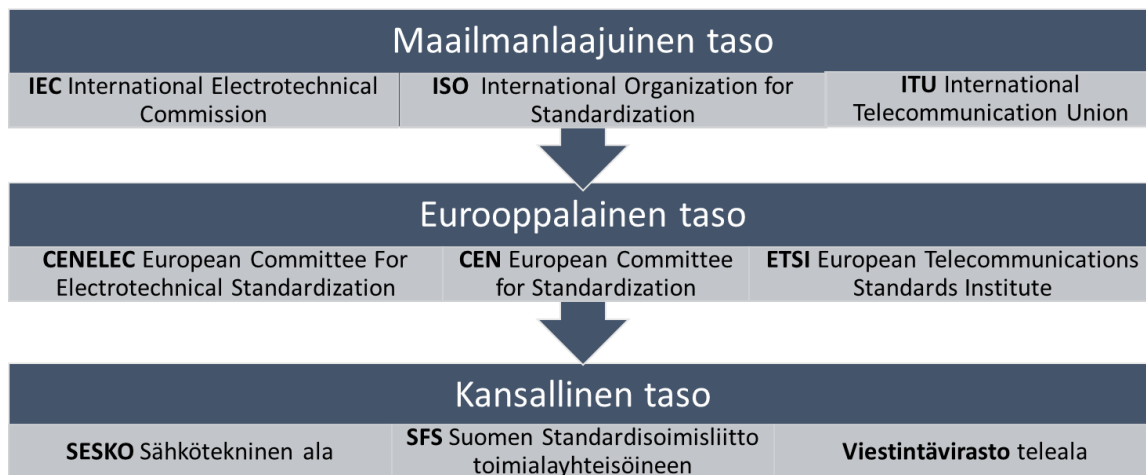
Tässä luvussa kerrotaan standardeista yleisesti. Miksi standardeja tehdään ja kuka niitä tekee. EU:n rakennustuoteasetus tuli voimaan 1.7.2013, minkä myötä CE-merkintä tuli pakolliseksi niille rakennustuotteille, jotka kuuluvat harmonisoiituihin tuotestandardeihin tai joille on olemassa eurooppalainen tekninen arviointi. Jatkuvalämmitteiset puukiukaat kuuluvat harmonisoiituihin tuotestandardeihin ja näin ollen puukiukaiden markkinoille vieminen vaatii kiukaan CE-merkinnän. /5/

### 5.1 Yleisesti

Standardeilla luodaan yhteisiä toimintatapoja ja niiden tarkoituksena on helpottaa viranomaisten, kuluttajien ja elinkeinoelämän yhteistyötä, niin kansallisella kuin kansainväliselläkin tasolla. Standardisoinnilla lisätään tuotteen/palvelun turvallisuutta ja yhteensopivuutta, sekä suojellaan ympäristöä ja helpotetaan tuotteen/palvelun kansallista ja kansainvälistä kauppaa.

Standardit laaditaan työryhmissä ja komiteoissa yhteistyössä kaikkien asianosaisten kanssa. Asianosaisia ovat viranomaiset, teollisuuden, kaupan, käyttäjien sekä kuluttajien edustajat. Standardit voivat olla kansallisia ja voimassa vain yhdessä maassa mutta usein pyritään siihen, että standardit ovat kansainvälisiä, jolloin standardit ovat voimassa kaikkialla maailmassa.

Standardien kirjainmerkinnät ISO-, EN- ja SFS on merkintä organisaatiosta, missä standardin teksti on vahvistettu. ISO on kansainvälisessä standardisoinnissa (International Organization for Standardization) julkaistu, EN on julkaistu eurooppalaisessa CEN:ssä (European Committee for Standardization) ja SFS on Suomen standardisoinnissa vahvistettu standardi. Suurin osa SFS-standardeista on peräisin EN-standardeista. Kuvassa 6 standardisoinnin maailmankartta, missä standardisoinnissa järjestöt ovat luokiteltu sen mukaan millä tasolla nämä järjestöt toimivat./13/



**Kuva 6.** Standardisoinnin maailmankartta. /13/

## 5.2 Harmonisoitu tuotestandardi

”Harmonisoitu tuotestandardi eli hEN on Eurooppalaisen standardisoinnijärjestön CENin laatima CE-merkintään johtava tuotestandardi, josta on julkaistu ilmoitus komission virallisessa lehdessä. Se määrittää tuoteryhmäkohtaisesti tuotteilta selvittävät ominaisuudet, valmistuksen laadunvalvonnan vaatimukset ja CE-merkinnässä ilmoitettavat tiedot.” /14/

Harmonisoidussa tuotestandardissa on opastava liite ZA, joka on keskeisin CE-merkintään liittyvä osa. Liitteessä ZA kerrotaan, mitkä standardin osat liittyvät CE-merkintään, määritetään osapuolten tehtävät sekä mitä tuotteen ominaisuuksista tulee ilmoittaa CE-merkinnän yhteydessä.

Mikäli tuote ei kuulu harmonisoidun tuotestandardin piiriin, tuotetta ei tällöin tarvitse CE-merkitä. CE-merkinnän voi kuitenkin saada, hankkimalla tuotteelle eurooppalaisen teknisen arvioinnin eli ETA:n. Suomessa ETA:n myöntää VTT Expert Services Oy.

Keskeistä tietoa rakennustuotteiden harmonisoiduista tuotestandardeista löytyy hEN Helpdeskistä. Sivustolla on hakutoiminto, jonka avulla voi etsiä rakennustuotteelle sovellettavia standardeja. /5/

### 5.3 CE-merkintä

CE-merkinnällä helpotetaan tavaroiden vapaata liikkumista Euroopan sisämarkkinoilla. CE-merkinnällä valmistaja vakuuttaa kyseisen tuotteen täyttävän kaikki sitä koskevat EU:n säännökset ja direktiivit. Direktiivi voi vaatia tuotteen CE-merkintää, jolloin merkintä ei ole vapaaehtoista ja merkintä on tällöin oltava tuotteissa. CE-merkintää saa käyttää vain niissä tuotteissa, missä sitä edellytetään. Merkinnän väärinkäyttö voi johtaa sakkoihin ja tuotteen poistamiseen markkinoilta. CE-merkintää edellyttäviä direktiivejä on yli 20 ja nämä direktiivit koskevat esimerkiksi koneita, sähkölaitteita, leluja, henkilösuojaimia ja painelaitteita. Direktiiveissä on myös vaatimustenmukaisuuden osoittamiseen liittyviä vaatimuksia ja tällöin tuote tulee testata ennen CE-merkinnän saamista. CE-merkinnän käyttöä Suomessa valvoo Turvallisuus- ja Kemikaalivirasto TUKES.

1.7.2013 tuli voimaan rakennustuoteasetus, joka korvasi rakennustuotedirektiivin. Uusi asetus tarkoittaa, CE-merkinnän pakollisuutta niille rakennustuotteille, joille on harmonisoitu tuotestandardi. Merkintä on pakollinen vaikka tuote olisi myynnissä vain Suomessa. Rakennustuotteiden CE-merkinnälle on olemassa myös kolme poikkeusta, vaikka tuotteelle olisi olemassa harmonisoitu tuotestandardi. Mikäli tuotteelle ei tarvitsisi CE-merkintää, on kuitenkin huomioitava että tuote täyttää kansalliset vaatimukset. Poikkeukset CE-merkintään ovat:

- Ei-sarjavalmisteisella tuotantoprosessilla valmistettu rakennustuote. Tuote on valmistettu yksilöllisesti tai räätälöity tiettyyn kohteeseen ja tuotteen asentaa valmistaja itse.
- Rakennustuote valmistetaan rakennuspaikalla.
- Rakennustuote valmistetaan suojelukohteeseen perinteiseen tapaan. /15,16/



#### **5.4 Suoritustasoilmoitus DoP ja AVCP-luokat**

Suoritustason pysyvyyden varmentamisella tarkoitetaan, että tuotteen valmistus, ominaisuudet ja niiden valvonta vastaavat niihin vaatimuksiin, jotka on esitetty yhdenmukaistetussa standardissa tai eurooppalaisessa teknisessä arvioinnissa. Valmistajan tulee laatia suoritustasoilmoitus aina ennen CE-merkinnän kiinnittämistä. Valmistajan tulee myös hankkia AVCP-luokasta riippuen ilmoitetun laitoksen tai teknisestä arvioinnista vastaavan laitoksen laatima sertifikaatti suoritustason pysyvyydestä tai tuotannon sisäisen laadunvalvonnan vaatimustenmukaisuustodistus. Suoritustasoilmoitus on laadittava rakennustuoteasetuksen liitteen III mukaisesti.

Standardi, SFS-EN-15281 Jatkuvalämmitteiset saunan puukiukaat, vaatimukset ja testausmenetelmät, kuuluu luokkaan AVCP/AoC-luokka 3. Luokassa 3 olevat tuotteet tulee testata ilmoitetussa laitoksessa tai teknisestä arvioinnista vastaavassa laitoksessa. Luokka 3 velvoittaa myös valmistajan vastaamaan tuotteen sisäisestä laadunvalvonnasta, siten kuten se on harmonisoidussa tuotestandardissa määritetty. Tehtaan sisäisestä laadunvalvonnasta kerrotaan tarkemmin kappaleessa 6.2. Alla olevassa kuvassa (Kuva 7.) havainnollistetaan mitä eri luokilla tarkoitetaan ja mitä niissä vaaditaan. /5,14,15/

RAKENNUSTUOTEASETUS (305/2011/EU)						
SUORITUSTASON PYSYVYYDEN ARVIOINTI- JA VARMENTAMISJÄRJESTELMÄT SEKÄ AVCP-LUOKAT						
SUORITUSTASON PYSYVYYDEN ARVIOINTI- JA VARMENTAMISJÄRJESTELMÄT	RAKENNUSTUOTTEEN AVCP-LUOKKA					
	1+	1	2+		3	4
Tuotetyypin määrittäminen tuotteen tyyppitestauksen (myös näytteenotto), tyyppilaskennan, taulukoitujen arvojen tai tuotetta kuvailevien asiakirjojen perusteella	■	■	●	●	■	●
Tehtaalla määräystenmukaisen testausohjelman mukaisesti otettujen näytteiden lisättestaus	●	●	●			
Ennen tuotteen saattamista unionin markkinoille otettujen näytteiden pistokoettestaus	■					
Tuotannon sisäinen laadunvalvonta	●	●	●	●	●	●
Tuotantolaitoksen sekä tuotannon sisäisen laadunvalvonnan alkutarkastus	■	■	■	■		
Tuotannon sisäisen laadunvalvonnan jatkuva valvonta, arviointi ja evaluointi	■	■	■	■		

■	ILMOITETTU LAITOS (NOTIFIED BODY) TAI TEKNISESTÄ ARVIOINNISTA VASTAAVA LAITOS (TECHNICAL ASSESSMENT BODY)
●	VALMISTAJA

**Kuva 7.** AVCP-luokat ja niissä käytettävät suoritustason pysyvyyden arviointi- ja varmentamismenettelyt. /15/

## **6 STANDARDIT JATKUVALÄMMITTEISELLE PUUKIUKAALLE**

Tässä luvussa käydään läpi jatkuvalämmitteisten puukiukaiden standardia SFS-EN 15821 ja kansallista soveltamisstandardia SFS 7021. Standardeista käydään läpi vain työn kannalta oleelliset asiat, kuten toiminnalliset- ja turvallisuusvaatimukset, sekä kerrotaan hieman testauksesta ja laadunvalvonnasta. Materiaalin, rakenteen ja suunnittelunvaatimukset sekä testaus- ja laskumenetelmät eivät kuulu tässä työssä käsiteltäviin asioihin. Mittaukset ja mittauksiin vaadittavat testausolosuhteet hoitavat akkreditoituneet laboratoriot. Akkreditoituja testauslaboratorioita Suomessa on VTT ja KymiLabs Kaakkois-Suomen Ammattikorkeakoulu.

### **6.1 Standardi SFS-EN 15821**

Vuoden 2013 alusta EU asetti voimaan puukiukaita koskevan standardin EN 15821, ”Multi-firing sauna stoves fired by natural wood logs. Requirements and test methods”. Standardi asetti vaatimuksia muun muassa kiukaan päästöille, teholle ja käyttöohjeille. Standardia valmisteltiin Suomen kansallisessa työryhmässä yhdessä kiuasvalmistajien ja VTT:n edustajien kanssa. Standardin vetovastuu on teknisellä komitealla CEN/TC-295:llä ”Residential solid fuel burning appliances”(Tulisijat). Standardi on vahvistettu suomalaiseksi kansalliseksi standardiksi SFS-EN 15821, ”Jatkuvalämmitteiset saunan puukiukaat, vaatimukset ja testausmenetelmät”.

#### **6.1.1 Soveltamisala**

Tämä standardi koskee jatkuvalämmitteisiä saunan puukiukaita, joissa tuli ja savukaasut lämmittävät kiuaskivet epäsuorasti, jolloin kiuaskivet eivät ole suorassa kosketuksessa tulen tai/savukaasujen kanssa. Polttoainelisyksiä voi olla useita.

Standardissa määritellään vaatimukset, koskien puukiukaan suunnittelua, valmistusta, rakennetta, turvallisuutta ja toiminnallisuutta. Standardissa esitetään myös vaatimuksenmukaisuuden ehdot, tehtaanlaadunvalvonta sekä kiuastuotteiden merkintä.

Standardin soveltamisalaan kuuluvat jatkuvalämmitteiset saunan puukiukaat, jotka tuottavat lämpöä siihen tilaan, johon se on asennettu. Polttoaineena voi olla vain luonnolliset puuklapit ja polttamisen on tapahduttava aina valmistajan ohjeiden mukaisesti.

Kiukaat voidaan toimittaa valmiiksi koottuina tai valmistajan esikokoamina. Valmistajan esikootut kiukaat kootaan rakennuspaikalla valmistajan ohjeiden mukaisesti.

Standardin soveltamisalaan eivät kuulu kertalämmitteiset kiukaat, joissa tuli ja savukaasut lämmittävät kiuskivet suoraan sekä kiukaat, jotka ovat mekaanisesti syötettäviä tai joissa on palamisilmapuhallin, lämmönvaihdin, kiukaaseen kiinteästi liitetty savukanava tai sähköliitäntä. /17/

### **6.1.2 Kiukaan testaus**

Jatkuvalämmitteiset puukiukaat ovat testattava akkreditoidussa laboratoriossa, osoittaakseen niiden täyttävän ne vaatimukset, mitä standardissa on määritetty.

Testattavan prototyypin on edustettava sitä tulisijaa, mikä tulevaisuudessa tulee olemaan tuotannossa ja tästä valmistajan on annettava kirjallinen vakuutus. Tuotannosta valmistuvien kiukaiden mitat ja rakenne tulee olla yhtäpitävä tyyppitestatun prototyypin kanssa. Mikäli tuotannossa olevan tulisijan mitat poikkeavat prototyypistä yli 1 % tai 3mm leveyden tai syvyyden osalta tai muun mikä vaikuttaa kiukaan turvallisuuteen tai toiminnollisuuteen, tulisijalle on tehtävä uusi alkutestaus. Uusi alkutestaus on tehtävä myös silloin, jos kiukaan materiaaleja vaihdetaan niin että se vaikuttaa haitallisesti kiukaan toiminnallisiin ja turvallisuus ominaisuuksiin. Uutta alkutestausta sovelletaan, mikäli kiukaaseen on tehty muutoksia myöhemmin. Vaatimuksen osoittamiseksi modifioidulle kiukaalle on tehtävä mitta/rakennetarkastuksia korkeintaan 3 vuotta kestävän ajanjakson aikana.

Kiuas testataan laboratoriossa kahdella eritavalla, nimellistehotestillä ja lämpöturvallisuustestillä. Nimellisteholla testatessa kiuas testataan kooltaan suurimmassa

saunatestihuoneessa, missä valmistaja on käyttöohjeen mukaan suunnittelut kiukaan soveltuvan. Nimellistehotesti koostuu kahdesta osiosta: syttymis- ja esitestausjakso tai – jaksot sekä testausjaksosta. Syttymis- ja esitestausjakson aikana kiuas sytytetään, savukanavan veto säädetään ja ensiö- ja toisioilmansyötön venttiilit säädetään valmistajan käyttöohjeissa ilmoittamiin mittoihin. Esitestausjakson lopussa lisätään seuraava puupanos valmistajan ohjeiden mukaan. Varsinainen testausjakso alkaa tästä. Testausjaksojen aikana lämpötiloja ja savukaasun koostumusta mitataan standardissa määritetyllä tavalla.

Lämpöturvallisuustesti suoritetaan pienimässä saunatestihuoneessa, minkä valmistaja on ilmoittanut käyttöohjeissaan. Testissä ilmanohjausventtiilit asetetaan suurimpaan asentoon kuin mahdollista. Tarkoituksena on saada aikaan mahdollisimman suuri veto savukanaviin ja savukaasujen lämpötilat korkeiksi. Testin tavoitteena on luoda realistiset saunomisolosuhteet ja pyrkiä ennalta vaikuttamaan niihin käyttöosiin, jotka voivat mahdollisesti olla paloturvallisuusriskejä. Kiukaan tulipesä ladataan täyteen polttopuita ja savukanavan veto nostetaan puhaltimella 15 Pa:iin, nimellistehotestissä veto on 3 Pa pienempi. Lämpötilan tulee nousta 110 °C:een. Lämpöturvallisuustestissä mitataan sisäkaton ja seinien lämpötilat, sekä suojaetäisyyksien päässä olevat rakennelmat. /17/

### **6.1.3 Kiukaan toiminnalliset vaatimukset**

Savukaasun lämpötila on mitattava ja laskettava nimellisteholla standardissa määritetyn menetelmän mukaan. Asennusohjeisiin on merkittävä keskiarvo nimellistehon testauksen ajalta. Hiilimonoksidipitoisuuden keskiarvo laskettuna 13 % happipitoisuudella (O<sub>2</sub>) saa korkeintaan olla ilmoitetun arvon suurin, kuitenkin enintään 1 %, ilmoitetulla nimellisteholla testatessa. Standardissa määritetyn mittaustavan mukaan mitattu kokonaishyötysuhde on ilmoitettava vähintään kahden testaus tuloksen keskiarvona ja kokonaishyötysuhteen arvon on oltava vähintään yhtä suuri kuin valmistajan ilmoittama, kuitenkin vähintään 50 %.

Kiuasta testatessa standardin mukaisesti nimellisteholla, savukanavan staattisena paineena on pidettävä  $12 \pm 2$  Pa. Mikäli vetoarvo täytyy ylittää vaadittavan palamisnopeuden saavuttamiseksi, on vaadittavasta vetoarvosta ilmoitettava tulisijan asennusohjeissa. Lämpöturvallisuustestissä savukanavan veto tulee olla 3 Pa suurempi kuin nimellistehotestissä ja staattinen paine pidettävä  $\pm 2$  Pa tarkkuudella määritystä arvosta.

Valmistaja ilmoittaa polttoainelisäysten kokonaispainot ja lisäykerrat käyttöohjeissa, joita on käytettävä, kun suoritetaan nimellistehotestaus. Lisäys ei saa olla pienempi kuin 20 % kokonaispainosta, polttoainepanoksen palamisaika tulee olla vähintään 30 minuuttia ja testihuoneen lämpötilan tulee nousta  $90$  °C polttoaine kokonaismäärällä. /17/

#### **6.1.4 Turvallisuusvaatimukset**

Mikäli käyttöosien käsittelyyn ei vaadita työkaluja, vain kosketettavista pinnoista mitatut pintalämpötilat eivät saa ylittää saunatestihuoneen ympärillä olevan tilan lämpötilaa alla mainittuja arvoja enempää, mitattaessa nimellisteholla standardin mukaan.

- 55 K metalli
- 65 K posliini, lasitettu emali tai muu vastaava materiaali
- 80 K muovi, kumi tai puu

Mikäli nämä lämpötilat ylittyvät tulee käyttää työkalua ja se on ilmoitettava ohjeissa. Työkalu tulee toimittaa tulisijan mukana. Esimerkiksi sopiva käsine sopii työkaluksi.

Kun kiukaan toimintaa testataan nimellistehotestillä ja lämpöturvallisuustestillä standardin mukaisesti ja kun kiuas asennetaan asennusohjeissa ilmoitettujen suojaetäisyyksien mukaisesti, testihuoneen seinien, sisäkaton tai muiden kiuasta ympäröivien rakenteiden, jotka muodostuvat palavista aineista, lämpötila ei saa ylittää puupylvästä mitattuna ympäröivän tilan lämpötilaa enempää kuin

- 115 K testatessa nimellisteholla
- 140 K testatessa lämpöturvallisuustestissä

Lattian lämpötila on mitattava, jos kiuas voidaan asentaa asennusohjeiden mukaisesti palavalle alustalle. Tällöin lämpötila ei saa ylittää saunatestihuonetta ympäröivän tilan ilman lämpötilaa enempää kuin 65 K. Tarvittaessa lattiaan on asennettava suojalevy asennusohjeiden mukaisesti ja lämpötila tällöin lämpötila mitataan suojauksen alapuolelta.

Saunatestihuoneen ympäröivän tilan ilman lämpötila tulee olla  $25\pm 5$  °C. /17/

### **6.1.5 Tehtaan sisäinen laadunvalvonta**

Valmistajan on laadittava, dokumentoitava sekä ylläpidettävä pysyvä tehtaan sisäinen laadunvalvontajärjestelmä ja varmistaa, että markkinoille toimitettu tuote täyttää ilmoitetut toiminnalliset ominaisuudet, järjestelmän vastualueet ovat yksilöitävä. Tehtaan sisäisen laadunvalvontajärjestelmän on täytettävä nämä standardin kohdat ja niiden sisältämät vaatimukset:

1. Raaka-aineet ja osat
2. Tarkastus-, mittaus- ja testauslaitteiden valvonta
3. Tuotannon valvonta
4. Tuotteen tarkastus, testaus ja arviointi
5. Ei-vaatimusten mukaiset tuotteet
6. Korjaava ja ehkäisevä toimenpide
7. Käsittely, varastointi, pakkaaminen, säilyttäminen ja toimitus

Tehtaan sisäisen laadunvalvontajärjestelmän, joka täyttää standardin EN ISO 9001:2008 tai jonkin muun vastaavan järjestelmän vaatimukset ja on tehty nimenomaan tämän standardin vaatimusten täyttämiseksi, katsotaan täyttävän yllämainitut vaatimukset.

## 6.2 Standardi SFS 7021

Eurooppalaisen standardin rinnalla Suomessa on voimassa myös kansallinen soveltamisstandardi SFS 7021 ”Kiinteällä polttoaineella lämmitettäville varaaville tulisijoille, kamiinoille, kotitalousliesille, takkasydämille ja jatkuvalämmitteisille saunankiukaille eri käyttökohteissa vaadittavat ominaisuudet ja niille asetetut vaatimustasot”. Standardi julkaistiin ensimmäisen kerran vuonna 2010 ja uudistettiin vuonna 2014. Tämä standardi määrää kiukaille lisää testejä ja ilmoitusvaatimuksia. Esimerkiksi vaatimus palokaasulämpötilan mukaisesta hormiluokituksesta ja tunnelikiukaan läpiviennin suojaetäisyydet sisältyvät standardiin 7021. /18/



## **7 JATKUVALÄMMITTEISTEN PUUKIUKAIDEN TULEVAISUUDEN VAATIMUKSET**

Luvussa pohditaan jatkuvalämmitteisten puukiukaiden nykyistä EU standardia ja mitä standardi mahdollisesti tulee pitämään sisällään tulevaisuudessa. Opinnäytetyön tekijä on tehnyt kyselyitä standardin EN-15821 uudistuksesta ja sisällöstä monilta eri tahoilta ja saamistaan vastauksista kerrotaan tässä luvussa. Mahdollisista puukiukaita koskevista direktiiveistä, asetuksista ja muista kuin standardien asettamista vaatimuksista on kerrottu myös tässä luvussa. Viimeisessä kappaleessa kerrotaan lyhyesti, miten päästöjä ehkäistään omalla toiminnallaan ja mitä teknisiä ratkaisuja päästöjen ehkäisyyn on keksitty.

### **7.1 Mitä tiukennuksia on mahdollisesti tulossa tulevaisuudessa**

Suomessa pienhiukkas-, typpi- ja hiilivety-yhdisteiden mittauksia tulisijoista ei vielä toistaiseksi vaadita. Monissa muissa Euroopan maissa, kuten Saksassa, Itävallassa ja Tanskassa CE-merkinnän saamiseksi nämä tulee mitata ja mitattujen määrien tulee jäädä alle raja-arvojen. Suomella on vielä paljon kehitettävää energiatehokkuuden parantamisessa ja päästövaatimusten luomisessa. Nykyinen puukiukaita koskeva standardi EN 15821 on tavoitetasoltaan matala ja vaatimaton, joten on syytä olettaa standardiin tulevan tiukennuksia tulevaisuudessa.

CEN:n tietokannasta nähdään, että tulisijojen standardeja ollaan parhaimmillaan uusimassa. Uudistetussa standardissa tulisijat muodostavat yhteisen standardiperheen. Standardit tulevat olemaan muodossa EN 16510-1 ja 16510-2-x (x kuvaa numeroita 1-6). Standardiin kuuluvat tulisijat ovat: huoneenlämmittimet, takkasydämet, liedet, riippumattomat kattilat, varaavat tulisijat ja pelletin polttolaitteet. Jatkuvalämmitteiset saunan puukiukaat eivät toistaiseksi kuulu EN 16510 sarjaan. Uudistetun standardin sisältöön on tulossa entisen lisäksi muun muassa testausmenetelmiä OGC-, NO<sub>x</sub>- ja pienhiukkaspäästöille. Standardi asettaa vaatimuksen vain

mittaamiselle ja menetelmät, miten kyseiset päästöt mitataan. Standardi ei tule asettamaan raja-arvoja päästöille. EN 16510 ryhmän standardien käyttöönotossa on ilmennyt useita esteitä ja näin ollen ne tulevat voimaan mahdollisesti vuonna 2019.

Vuonna 2022 on tulossa voimaan Ecodesing- eli ekosuunnitteludirektiivi ja tämä direktiivi tulee asettamaan tulisijoille tiukat päästörajat. Päästörajoitukset tulevat koskemaan hiukkasia, hiilivetyjä, hiilimonoksidia, typen oksideja ja hyötysuhdetta. Ecodesing-direktiivi ei myöskään tule koskemaan kiukaita vielä toistaiseksi mutta voi hyvinkin olla, että vuosien päästä tämä direktiivi tulee rajoittamaan myös kiukaiden päästöjä. Direktiivin vaatimukset koskien pienpolttolaitteita tulee olemaan ensimmäinen pienpolttoa rajoittava laki Suomessa. Tulisijojen energiamerkintä (pl.kiukaat) tuli voimaan vuoden 2018 alussa Komission asetuksen 2015/1186 mukaisesti. Tämä velvoittaa valmistajan laatimaan tulisijalleen energiamerkin asetuksen mukaisesti ja liittää se jokaisen myytävän tuotteen mukaan, kuten kodinkoneilla on tehty jo parikymmentä vuotta. /5,19,20/

Opinnäytetyön tekijä otti yhteyttä, koskien standardin EN-15821 uudistamista, muun muassa Suomen Standardisoimisliitto SFS ry:hyn, VTT:n eri asiantuntijoihin ja Itä-Suomen Yliopiston professoriin. Tietoa standardin uusimisesta saatiin VTT:ltä eläköityneeltä tekniseltä tutkijalta Heikki Oravaiselta. Oravainen toimii tällä hetkellä osa-aikaisena konsulttina pienten polttolaitteiden standardisoinnissa. Viitaten Heikki Oravaisen sähköpostiviestiin standardia EN 15821 ollaan myös uudistamassa ja työ on jo loppusuoralla. Uudistettu standardi saadaan lausuntokierrokselle mahdollisesti jo vuonna 2018 ja se tullaanko standardi hyväksymään vai ei riippuu lausunnoista. Oravaisen mukaan uudessa ehdotuksessa on hieman kiristystä toiminnallisiin vaatimuksiin, kuten hyötysuhteeseen ja CO-päästöihin. Uudessa ehdotuksessa hyötysuhteen tulee olla vähintään 60 % (tämän hetkinen 50 %) ja CO-päästö maksimissaan 0,9 % (tämän hetkinen 1 %). Hiukkasten päästörajoista ei standardin uusimisen yhteydessä Oravaisen mukaan ole ollut puhetta. Mikäli uudistettu standardiehdotus tullaan hyväksymään, se tulee voimaan noin 2-3 vuoden kuluttua. Opinnäytetyöntekijä tiedusteli Oravaiselta myös siitä, onko mahdollisesti

tulossa muita, kuten esimerkiksi direktiivejä tai asetuksia, mitkä koskisivat kiukaiden päästöjä. Oravaisen mukaan Ympäristöministeriössä kiukaiden päästövaatimukset ovat mietinnässä. Tarkempaa tietoa Ympäristöministeriöltä ei saatu selville./21/

Mikäli kiuasvalmistajat haluavat varautua jo hyvissä ajoin päästörajojen tiukennukseen on kiukaista mahdollista tutkia myös muita päästöjä kuin CE-merkinnän vaatimia päästömittauksia. Vuoden 2018 lopulla Kuopion Savilahden rantaan on valmistumassa Itä-Suomen Yliopiston tutkimussauna. Tutkimussaunassa tutkitaan puulla lämpiävien kiukaiden ja varaavien takkojen pienhiukkaspäästöjä. Saunassa tulee olemaan paljon mittalaitteita, jotta päästöt voidaan tarkasti tutkia. Tutkimussauna tulee olemaan yritysten ja yhteiskunnan käytössä, näin ollen yritykset voivat hyödyntää tutkimussaunaa testatessaan omia tuotteitaan pienin kustannuksin. Myös VTT:n testauslaboratoriossa on mahdollista mitata muita, kuin CE-merkinnän vaatimia päästömittauksia, esimerkiksi kokonaishiilivetyjen-, typen oksidien ja hiukkasten päästöjen mittauksia. /22,23/

## **7.2 Ecodesign-direktiivin päästövaatimukset kiinteille polttoainetta käyttäville paikallisille tilalämmittimille (ei koske kiukaita)**

Tässä kappaleessa kerrotaan tulisijoille vuonna 2022 voimaan tulevasta Ecodesign-direktiivin tuomista päästöjä koskevista vaatimuksista. Direktiivi ei tule koskemaan puukiukaita. Kappaleella annetaan vain osviittaa siitä, mitä tiukennuksia päästöjen osalta voi mahdollisesti tulla tulevaisuudessa myös puukiukaille. Direktiivin päästövaatimuksista on koottu taulukko, jossa on kerrottu vain päästöjen raja-arvot. Tarkat määräykset ja raja-arvojen ehdot löytyvät Komission asetuksesta (EU) 2015/1189, sekä Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivistä 2009/125 / EY.

**Taulukko 1 Ecodesign-direktiivin päästövaatimukset.**

	<b>Hiukkaset</b>	<b>Orgaanisesti sitoutunut hiili (OGC)</b>	<b>Hiilimonoksidi</b>
<b>Avoimet tulisijat, polttoaineena muu kiinteä kuin pelletti*</b>	50 mg /m <sup>3</sup> tai 6 g/kg	120 mgC/m <sup>3</sup>	2000 mg/m <sup>3</sup>
<b>Suljetut tulisijat, polttoaineena muu kiinteä kuin pelletti*</b>	40 mg/m <sup>3</sup> tai 5 g/kg.	120 mgC/m <sup>3</sup>	1500 mg/m <sup>3</sup>
<b>Suljetut tulisijat, polttoaine pelletti*</b>	20 mg/m <sup>3</sup> tai 2,5 g/kg	60 mgC/m <sup>3</sup>	300 mg/m <sup>3</sup>

\*Kaikki mittaukset 13 % happipitoisuudella

Typen oksidien päästöt eivät saa ylittää seuraavia arvoja: biomassaa käyttävien ja edestä avointen/suljettujen kiinteää polttoainetta käyttävien tulisijojen typen oksidien päästöt saavat olla enintään 200 mg/m<sup>3</sup> 13 % happipitoisuudella typpidioksidina ilmaistuna. Kiinteää fossiilista polttoainetta käyttävien ja edestä avointen/suljettujen kiinteää polttoainetta käyttävien tulisijojen typen oksidien päästöt saavat olla enintään 300 mg/m<sup>3</sup> 13 % happipitoisuudella typpidioksidina ilmaistuna. /20/

### 7.3 Miten päästöjä voidaan ehkäistä

Päästöjä voidaan ensisijaisesti vähentää kehittämällä polttotekniikoita ja parantamalla käytätötapoja. Polttolaitteet ja olosuhteet ovat yksilöllisiä, jonka vuoksi käyttäjän on nähtävä hieman vaivaa ja opetella polttaminen oikealla tavalla. Oikeaan polttotapaan voi perehtyä polttolaitteen käyttöohjeista ja internetistä löytyvistä perusohjeista. Oikealla polttotavalla ja hyvä laatusella kuivalla puulla saadaan päästöt pienemmiksi, hyötysuhde paranemaan, puun kulutus pieneneään ja tulisija säilymään hyvänä pitkään.

Pienhiukkasten syntyä on kuitenkin mahdotonta täysin ehkäistä, koska hiukkasia syntyy myös täydellisessä palamisessa. Pienpolttolaitteisiin tarkoitettuja hiukkas-suodattimia on tuotu markkinoille myyntiin ja näitä on käytössä jo muun muassa

Saksassa. Hiukkassuodattimiin joudutaan turvautumaan, mikäli ensisijaisilla menetelmillä ei saada päästöjä vähemmän vaaditulle tasolle. Tulevaisuudessa pienpolttolaitteisiin tarkoitetut hiukkaspuhdistimet tulevat todennäköisesti yleistymään kirstyvien päästörajoiden myötä. Hiukkassuodatustekniikoista tutkittavana tällä hetkellä on sähkösuodattimet ja katalysaattorit. Erilaisia pienhiukkasten ehkäisykeinoja ja hiukkassuodatustekniikoita on kuvattu Antti Visakovan opinnäytetyössä ”Päästöjen vähentämistekniikat ja niiden sopivuus pienpolttolaitoksiin”. /25/

## 8 YHTEENVETO

Puukiukaat ja niistä aiheutuvat päästöt ovat tänä päivänä hyvin ajankohtainen puheenaihe Suomessa. Erityisesti puukiukaiden suuret pienhiukkaspäästöt ja niiden aiheuttamat terveyshaitat aiheuttavat huolta yhteiskunnassa. Niin muu maailma kuin Suomikin tavoittelee päästöjen vähentämistä ja koska puukiukaista aiheutuvat päästöt ovat tulisijoista korkeimmat, kiukaita koskeviin vaatimuksiin voidaan odottaa tiukennuksia tulevaisuudessa. Näin ollen puukiuasvalmistajilta vaaditaan jatkuvaa kehitystä ja parannusta pysyäkseen ja pärjäävänsä markkinoilla.

Työn tarkoituksena oli koota kirjallisuuskatsaus jatkuvalämmitteisen puukiukaan vaatimuksista, kertoa miksi ja kenen vuoksi näitä vaatimuksia luodaan. Työssä tuli selvittää, miten standardi EN 15821 tulee tiukentumaan tulevaisuudessa toiminnallisten vaatimusten osalta sekä selvittää onko kehitteillä kansallisia tai eurooppalaisia säädöksiä, jotka tulisi rajoittamaan puukiukaiden toimintaa. Selvityksen tarkoituksena on auttaa yritystä varautumaan tulevaisuuden tiukennuksiin suunnitellessa puukiuastaan.

Työ oli ajankohtainen ja mielenkiintoinen, olisin kuitenkin kaivannut enemmän joutain, missä olisin saanut itse tutkia. Haastavaa työssä kuitenkin oli vaikea lukea standardit ja niiden sisäistäminen sekä etsiä oikeat henkilöt keneltä saisi tietoa tulevista päästövaatimuksista ja standardin EN 15821 uudistamisesta. Tuloksena kuitenkin saatiin kattava kirjallisuuskatsaus puukiukaista, puun palamisesta ja poltossa syntyneistä päästöistä sekä selvitys puukiukaita koskevista vaatimuksista tänä päivänä ja tulevaisuudessa.

Opinnäytetyö opetti minulle miten standardeja luetaan ja tästä varmasti on hyötyä minulle tulevaisuudessa. Sain käsitystä palamisprosessista, joka ei ole niin yksinkertainen mitä voisi ajatella. Opin myös miten puukiukaita ja muita tulisijoja tulisi käyttää, jotta aiheutuvat päästöt olisivat mahdollisimman pienet. Kaiken kaikkiaan työ oli opettavainen.

## LÄHTEET

- /1/ MKH-press:n verkkosivut. Viitattu 16.10.2017 <http://www.mkh-press.fi/etusivu/>
- /2/ Tarkmet Oy:n verkkosivut. Viitattu 16.10.2017 <http://www.tarkmet.fi/fi/tarkmet/>
- /3/ Autio, V. 2014. Männänrengaspihtien modifiointi. Viitattu 3.11.2017 [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/74590/Autio\\_Ville.pdf?sequence=1](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/74590/Autio_Ville.pdf?sequence=1)
- /4/ Sydänkiuas verkkosivut. Viitattu 20.10.2017 <http://www.sydan-kiuas.fi/tekniikka/>
- /5/ RIL 251-2015 Tulisijat-suunnittelu, toteutus, ylläpito ja käyttö. 2015. Suomen rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.
- /6/ Tissari, J. 2008. Fine Particle Emissions From Residential Wood Combustion. Viitattu 8.11.2017. Kuopio. Kuopion yliopiston julkaisuja C. luonnontieteet ja ympäristötieteet 237 [http://epublications.uef.fi/pub/urn\\_isbn\\_978-951-27-1090-4/urn\\_isbn\\_978-951-27-1090-4.pdf](http://epublications.uef.fi/pub/urn_isbn_978-951-27-1090-4/urn_isbn_978-951-27-1090-4.pdf)
- /7/ Itä-Suomen yliopiston projektista ”PUPO-poltto” koottu tietokanta. Viitattu 9.11.2017. [http://www.oppi.uef.fi/wanda/pupo/info.html#\\_Toc295396794](http://www.oppi.uef.fi/wanda/pupo/info.html#_Toc295396794).
- /8/ Tissari, J. Raunemaa, T. Jokiniemi, J. Sippula, O. Hytönen, K. Linna, V. Oravainen, H. Pyykönen, J. Tuomi, S. Vesterinen, R. Taipale, R. Kolsi, A. Nuutinen, I. Kouki, J. Vuorio, K. 2005. Puun polton pienhiukkaspäästöt, Loppuraportti. Viitattu 9.11.2017. Kuopio. Kuopion yliopisto, pienhiukkas- ja aerosolitekniiikan laboratorio. [http://en.opasnet.org/en-opwiki/images/9/9f/Tissari PIPO\\_loppuraportti.pdf](http://en.opasnet.org/en-opwiki/images/9/9f/Tissari_PIPO_loppuraportti.pdf)
- /9/ Sosiaali- ja terveystieteiden tutkimuskeskus ja valvontavirasto Valvira. 2008. Puun poltto-opas. Viitattu 15.11.2017. [https://www.valvira.fi/documents/14444/22511/Puun\\_poltto-opas.pdf](https://www.valvira.fi/documents/14444/22511/Puun_poltto-opas.pdf)
- /10/ Terveystieteiden tutkimuskeskus ja valvontavirasto Valvira. Puunpoltto. Viitattu 13.12.2017. <https://www.thl.fi/fi/web/ymparistoterveys/ilmansaasteet/puunpoltto>
- /11/ Puupolttoaineiden pienkäyttö. 2007. Tekesin julkaisi puupolttoaineiden pienkäytöstä. Viitattu 13.12.2017. <https://www.tekes.fi/globalassets/julkaisut/puupolttoaineet.pdf>.

- /12/ Professori Huttunen J. 2012. Hengitysilman pienhiukkaset – savuista ja saasteista sairautta. Kolumni hengitysilman pienhiukkasista. Viitattu 15.12.2017. [www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p\\_artikkeli=kol00207](http://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p_artikkeli=kol00207)
- /13/ SFS-Käsikirja 1. Standardit ja standardisointi. 8. uudistettu painos. Tammi 2013. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto.
- /14/ hEN Hepdesk:n verkkosivut. CE-merkintä. Viitattu 15.12.2017. <http://www.henhelpdesk.fi/ce-merkinta.html>
- /15/ Turvallisuus- ja kemikaalivirasto Tukesin verkkosivut. CE-merkintä. Viitattu 17.12.2017. <http://www.tukes.fi/fi/Toimialat/Kuluttajaturvallisuus/Kulutustavarat/CE-merkki/>
- /16/ Esite rakennustuotteiden CE-merkinnästä. Suomen standardisoimisliitto SFS ry. Viitattu 17.12.2017. <https://www.sfs.fi/files/307/ce-merkinta2013.pdf>
- /17/ SFS-EN 15821. Jatkuvalämmitteiset saunan puukiukaat, vaatimukset ja testausmenetelmät. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto. 2011. 100 s.
- /18/ SFS 7021. Kiinteällä polttoaineella lämmitettäville varaaville tulisijoille, kamiinoille, kotitalousliesille, takkasydämille ja jatkuvalämmitteisille saunankiukaille eri käyttökohteissa vaadittavat ominaisuudet ja niille asetetut vaatimustasot. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto. 2014. 11 s.
- /19/ European Committee for Standardization verkkosivut. Work programme. Euroopan standardisoimisjärjestön komitean CEN/TC 295 - Residential solid fuel burning appliances työohjelma. Viitattu 15.1.2018. [https://standards.cen.eu/dyn/www/f?p=204:22:0:::FSP\\_ORG\\_ID,FSP\\_LANG\\_ID:6276,25&cs=1A848DB233620682496070E58C81BC421](https://standards.cen.eu/dyn/www/f?p=204:22:0:::FSP_ORG_ID,FSP_LANG_ID:6276,25&cs=1A848DB233620682496070E58C81BC421)
- /20/ Commission regulation (EU) 2015/1189 of 28 April 2015 implementing Directive 2009/125/EC of the European Parliament and of the Council with regard to ecodesign requirements for solid fuel boilers. Viitattu 17.1.2018. <https://www.eceee.org/static/media/uploads/site-2/ecodesign/products/solid-fuel-small-combustion-installations/celex-32015r1189-en-txt.pdf>
- /21/ Oravainen, H. 2017. Sähköpostikeskustelu. Email [heikki.oravainen@elisa.net.fi](mailto:heikki.oravainen@elisa.net.fi). Tulostettu 11.12.2017



- /22/ Tulisijat ja kiinteän polttoaineen kattilat. VTT expert services verkkosivut. Viitattu 3.1.2018. <http://www.vttexpertservices.fi/palvelut/testaus-ja-tarkastus/palotestaus/tulisijat-ja-kiinte%C3%A4n-polttoaineen-kattilat>
- /23/ Nevasalmi K. 2017. Maailman ainoa – kuopiolainen tutkimussauna paljastaa kiukaiden päästöt. Viitattu 3.1.2018. Artikkel. Ylen verkkosivut. <https://yle.fi/uutiset/3-9808865>
- /24/ Saunaregion verkkosivut. Viitattu 20.1.2018. <https://saunaregion.fi/fi/sauna/mita-on-sauna/historia-ja-perinteet/>
- /25/ Visakova, A. 2015. Päästöjen vähentämistekniikat ja niiden sopivuus pienpolttolaitoksiin. Viitattu 21.2.2018. [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/94099/Visakova\\_Antti.pdf?sequence=1](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/94099/Visakova_Antti.pdf?sequence=1)

## LIITE 1



1. Primääri-ilma
2. Toisioilma
3. Primääripoltto
4. Toisiopoltto
5. Lämmönsiirto

