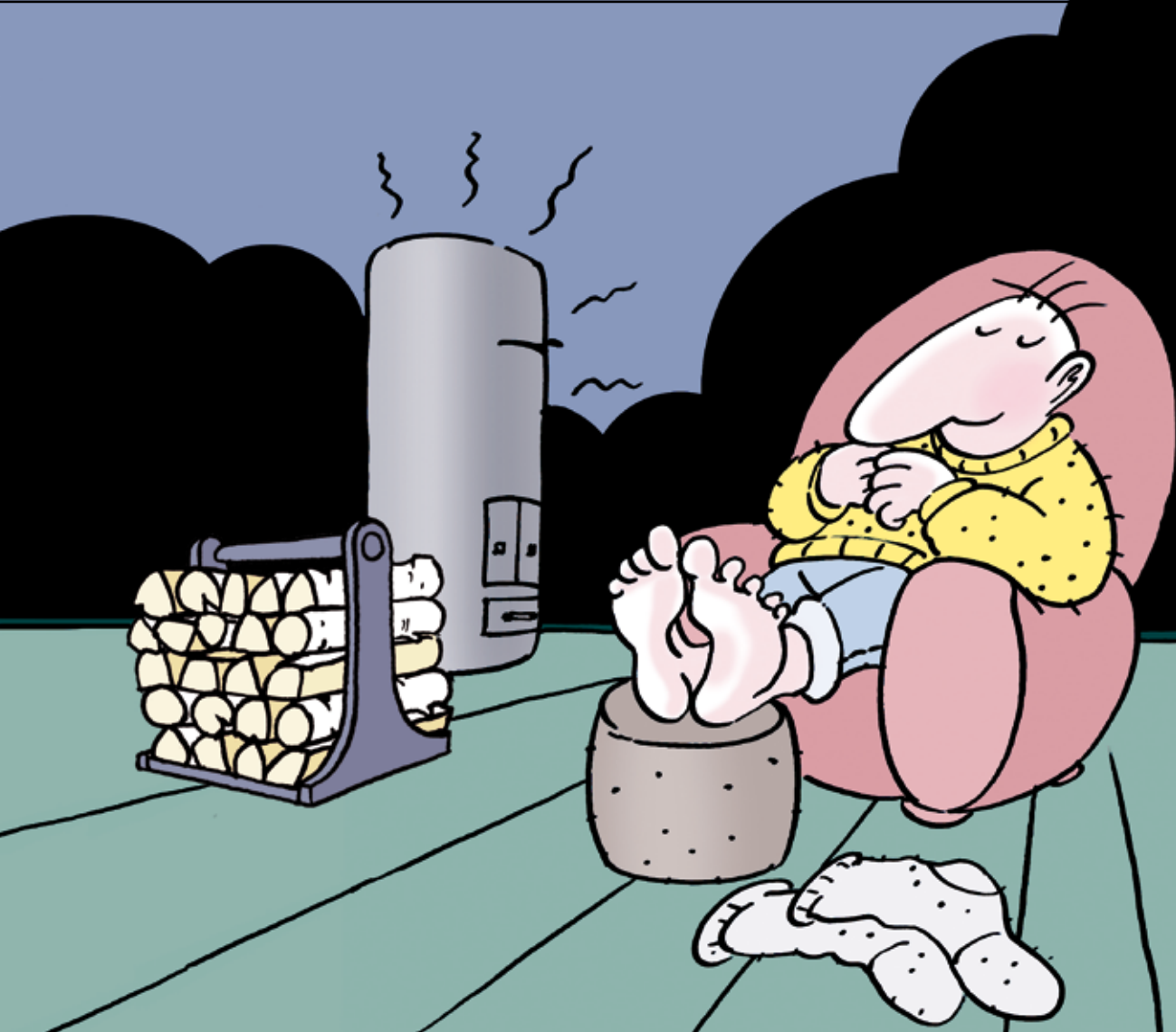




Tehokas ja ympäristöä säästävä tulisijalämmitys

Polttopuun tuotanto ja käyttö

Eija Alakangas • Ari Erkkilä • Heikki Oravainen
Valtion teknillinen tutkimuskeskus (VTT)

Tämä julkaisu antaa tietoa tehokkaasta ja ympäristöä säästävästä tulisijalämmityksestä. Lisäksi ohjeissa on tietoa puun pienpolton päästöistä sekä niiden vähentämiseen liittyvistä seikoista. Puun polton terveys- ja viihtyvyyshaittoja voidaan myös minimoida valitsemalla vähäpäästöinen ja tehokas tulisija, käyttämällä kuivaa polttopuuta, opettelemalla oikeat lämmitystavat sekä huolehtimalla tulisijan nuohouksesta. Julkaisu sisältää teoretietoa, käytännön ohjeita sekä viranomaisten määräyksiä. Lämmityksen lisäksi julkaisussa on tietoa pilkkeen omatoimisesta valmistamisesta sekä varastoinnista.

Julkaisu on tarkoitettu kaikille tulisijalämmittäjille, alan toimijoille ja kouluttajille, jotka haluavat myös perustietoa puupolttoaineesta ja sen käytöstä tulisijoista.



Valtion teknillinen tutkimuskeskus, VTT
PL 1603, 40101 Jyväskylä
Puh. 020 722 111
Sähköposti: etunimi.sukunimi@vtt.fi (ä=a, ö=o)

<http://www.biohousing.eu.com/stoveheating>

Tehokas ja ympäristöä säästävä tulisijalämmitys

Polttopuun tuotanto ja käyttö

VTT-R-10553-08

**Eija Alakangas
Ari Erkkilä
Heikki Oravainen**

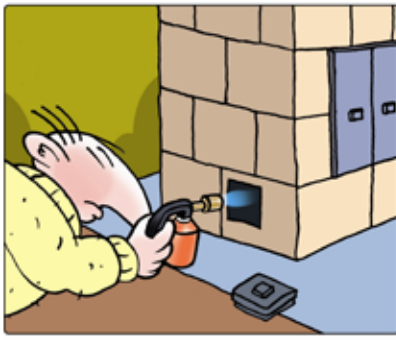
Intelligent Energy  **Europe**

Joulukuu 2008



Sisältö

Alkusanat.....	5
1 Johdanto	7
2 Polttopuun käyttö rakennusten lämmitykseen	9
3 Tulisija lämmönlähteenä	11
Pientalon energiankulutus.....	11
Tulisijan lämmönluvutus ja hyötysuhde.....	13
Vuorottaislämmitys sähköllä ja puulla.....	15
Tulisijan ja aurinkoenergian käyttö	16
4 Tulisijan valinta ja sijoittaminen asuntoon	19
Tulisijan valinta.....	19
Tulisijan sijoittaminen asuntoon.....	23
5 Tulisijapolttoaineen hankinta	25
Polttopuun laatu.....	25
Omatoiminen polttopuun valmistaminen	27
Rankojen hakkuu.....	27
Pilkonta	28
Pilkkeiden kuivaus.....	30
Varastointi.....	31
Polttopuun ostaminen	34
Tuotteet, ominaisuudet, laatu ja pakkaukset.....	34
Nettikauppa.....	35
6 Palamisilman tuonti tulisijaan	37
Palamisilman tarve	37
Savuhormin ja savupiipun merkitys.....	38
Korvausilma ja koneellinen ilmanvaihto	40



7 Puhdas ja tehokas palaminen	41
Palamisen teoria	41
Kosteuden haihtuminen	42
Pyrolyysi	43
Syttyminen	43
Jäännöshiilen palaminen	43
Puhdas palaminen	44
8 Tulisijojen päästöt	45
Päästöjen muodostuminen	45
Tulisijojen päästöttestaus	47
Lämmitystavan vaikutus päästöihin	47
9 Tulisijojen lämmitysohjeita	49
Varaavien tulisijojen lämmitysohjeita	49
Saunan kiukaan lämmitysohjeita	53
Pellettien poltto lisälaitteen avulla tulisijassa	53
10 Tulisijan hoito	55
Käyttäjän hoitotoimenpiteet	55
Nuohoojan suorittama puhdistus	55
11 Vaaratilanteet	57
Käytetyt yksiköt ja lyhenteet	60
Määritelmiä	60
Lähdeluettelo	64

© Valtion teknillinen tutkimuskeskus, VTT
Jyväskylä 2008
Paino: ER-Paino/Kariteam
Taitto: Pirjo Leirimaa
ISBN 978-951-38-7142-0

<http://www.biohousing.eu.com/stoveheating>

Tämän julkaisun sisällöstä vastaa tekijät eikä näkemykset välttämättä edusta Euroopan Unionin näkemyksiä. Euroopan unioni ei ole vastuussa tämän julkaisun tietojen käytöstä.

Alkusanat

Tämä julkaisu on osa Euroopan Unionin Älykäs Energhahuolto – ohjelman rahoittamaa projektia: BioHousing ”Sustainable, comfortable and competitive biomass based heating of private houses (EIE/05/067/SI2.420197, www.biohousing.eu.com). Tässä projektissa ovat VTT:n lisäksi mukana Jyväskylän ammattikorkeakoulu, Honkarakenne Oyj, Finndomo Oy, Scandic Sunfi Oy, Vapo Oy, U-Cont Oy, työ- ja elinkeinoministeriö, Saarijärven seudun yrityspalvelu Oy, Keski-Suomen liitto, TT-Group Oy sekä Suomen Pellettienergiayhdistys ry. Projektia koordinoi Jyväskylä Innovation Oy.

Tämän julkaisun ovat kirjoittaneet VTT:ltä erikoistutkijat Eija Alakangas, Ari Erkkilä ja Heikki Oravainen. Julkaisu perustuu Eija Alakankaan aikaisemmin julkaisemaan kirjaan ”Taloustulisijojen käyttö” sekä viimeisimpiin tutkimustuloksiin polttopuun tuottamisesta sekä puun pienpolton päästöistä. Julkaisuun on koottu myös tärkeimmät viranomaismääräykset. Energiankulutuksen laskennoissa ja esimerkeissä on käytetty keskimääräisiä lukuja. Piirtopalvelu PIPA ja Oddball Graphics ovat laatineet piirroksia Eija Alakankaan luonnosten ja ideoiden perusteella.

Julkaisussa käytetyt lähteet ja muu kirjallisuus on merkitty ainoastaan lähdeluetteloon eikä suorina viittauksina tekstiin lukemisen helpottamiseksi. Ainoastaan kuvat ja taulukot on varustettu lähdeviittauksin.

Tämän julkaisun lisäksi projektissa on tuotettu internetpohjainen laitehakemisto sekä pientalon energiakustannusten ja hiilidioksidipäästöjen laskentaohjelma. Oppaita on laadittu polttopuun varastoinnista (Klapia liiteriin) ja varaavien uunien lämmitysohjeet (Pököä pesään) on päivitetty. Oppaat on julkaistu suomeksi, englanniksi ja ruotsiksi. Aurinkoenergian osalta on tuotettu DVD aurinkokeräimen rakentamisesta suomen- ja englanninkielisenä. Lisäksi on laadittu raportit polttopuun varastoinnista sekä polttopuun tuottamisesta.

Kiitämme kaikki henkilöitä, jotka ovat antaneet aineistoa tai kommentoineet tätä julkaisua.

Jyväskylässä, joulukuussa 2008

Tekijät

1 Johdanto

Tämä julkaisu antaa tietoa tehokkaasta ja ympäristöä säästävästä tulisijalämmityksestä. Lisäksi ohjeissa on tietoa puun pienpolton päästöistä sekä niiden vähentämiseen liittyvistä seikoista. Puun polton terveys- ja viihtyvyyshaittoja voidaan myös minimoida oikealla tulisijan valinnalla, käyttämällä kuivaa polttopuuta, opettelemalla oikeat lämmitystavat sekä huolehtimalla tulisijan nuohouksesta. Julkaisu sisältää teoretietoa, käytännön ohjeita sekä viranomaisten määräyksiä. Lämmityksen lisäksi julkaisussa on tietoa pilkkeen omatoimisesta valmistamisesta sekä varastoinnista.

Julkaisu on tarkoitettu kaikille tulisijalämmittäjille, alan toimijoille ja kouluttajille, jotka haluavat myös perustietoa puupolttoaineesta ja sen käytöstä tulisijoista.

Tulisijalämmityksessä tulisi muistaa seuraavat asiat

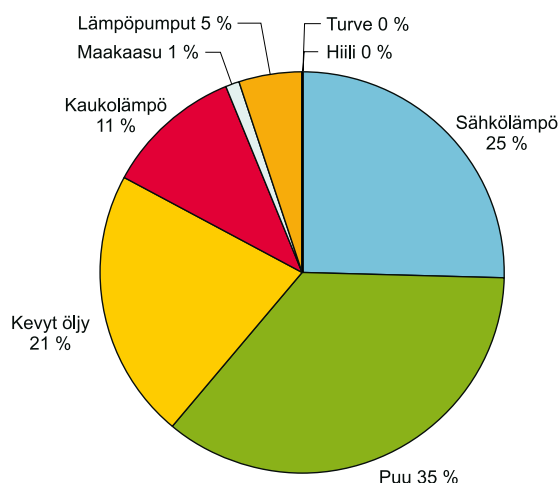
- oikean tulisijan hankinta – hanki tutkittu, tehokas ja vähäpäästöinen tulisija, joka on mitoitettu tarpeisiisi
- muista käyttää tulisijaa valmistajan antamien käyttöohjeiden mukaan.
- käytä kuivaa polttopuuta lämmityksessä
- opettele tehokkaat ja ympäristöystävälliset lämmitystavat huomioiden myös käytön terveys- ja viihtyvyys tekijät,
- huolla tulisijaa oikein, jotta sen lämmönvarauskyky säilyy ja paloturvallisuus on taattu.

Suomessa rakennusten lämmitykseen käytetään noin 22 % energiankulutuksesta, ja lämmitys aiheuttaa kasvihuonepäästöistä noin 30 %. Vuonna 2006 pientaloissa lämmitysenergiaa kului 33,6 TWh ja puupolttoaineiden osuus oli 11,4 TWh. Kuvassa on esitetty pientalojen (erilliset pientalot, kytketyt pientalot ja vapaa-ajan asuinrakennukset) eri energialähteiden käyttö vuonna 2006. Vuonna 2006 pientaloja oli yhteensä 1 078 277 kappaletta, mikä on 40 % Suomen asuntokannasta. Vapaa-ajan asuntoja on lähes 460 000 kappaletta.

Viime vuosina pientalojen energia-asoiden tarkastelussa otetaan huomioon myös ympäristöasiat, erityisesti ilmastonmuutos ja koko elinkaaren ympäristökuormitus. Pientalon koko elinkaaren ympäristökuormituksesta 80 – 90 % aiheutuu käytön aikaisesta energiankulutuksesta. Energiatehokas talo kuluttaa energiaa ja kuormittaa ympäristöä puolet vähemmän kuin tavallinen talo. Ympäristökuormitus vähenee edelleen, kun tarvittava energia hankitaan uusiutuvista energialähteistä, esim. puusta, auringosta tai maalämmöstä.

Pientalojen osuus rakennusten energian kulutuksessa on 42 %. Tämä on iso osa, joten jos pientaloasukkaat lisäisivät tehokkaasti biopolttoaineiden käyttöä, voitaisiin pientalojen aiheuttamia kasvihuonekaasupäästöjä vähentää merkittävästi.

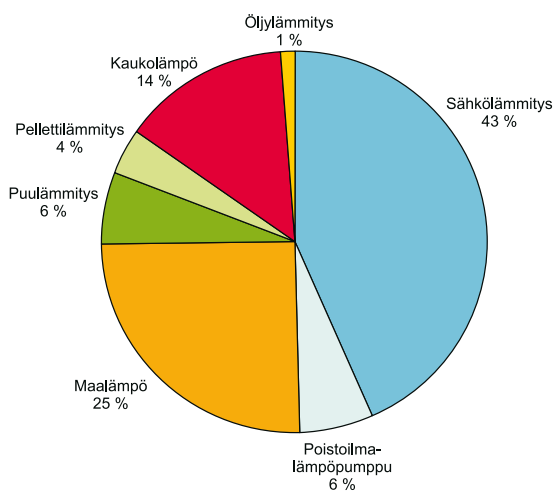
Suomen energiastrategian tavoitteena on turvata energian saanti kilpailukykyiseen hintaan ja samalla rajoittaa kasvihuonekaasu- ja muut ympäristöpäästöt kansainvälisten sitoumusten edellyttämälle tasolle.



Pientalojen lämmitykseen käytetyt energialähteet vuonna 2006. Lähde: Tilastokeskus



Kuva: Finndomo Oy



Pientalojen lämmitystapavalinnat vuonna 2007.
Lähde: RTS Tutkimus Oy

Tulisija on nykyisin harvoin ainoa lämmönlähde pientaloissa, mutta sen merkitys lisälämmönlähteenä on entistä tärkeämpi. Pilke tai pelletti on pääpolttoaine, jos käytetään kattilaan tai kattila-polttimeen perustuvaa järjestelmää. RTS Tutkimus Oy:n mukaan pientaloista noin 410 000 lämpiää puupolttoaineella. Puupellettejä käytetään noin 20 000 pientalossa.

Lähes 95 % uudisrakentajista ilmoittaa hankkivansa taloonsa tulisijan. RTS Tutkimus Oy:n toteuttaman Suomi asuu 2008 -tutkimuksen mukaan Suomessa on (ilman puukiukaita) noin 2,9 miljoonaa tulisijaa, joista 1,55 miljoonaa omakotitaloissa, 0,8 miljoonaa vapaa-ajan asunnoissa, 0,1 miljoonaa rivitaloissa, 0,15 miljoonaa kerrostaloissa ja 0,3 miljoonaa muissa rakennuksissa. Noin 86 %:lla omakotitaloista on tulisija. Suomessa on puukiukaita 1,1 miljoonaa, joista noin 0,6 miljoonaa vapaa-ajan asunnoilla. Patojen määrästä ei ole tietoa. Vuosittain hankitaan 70 000 uutta tulisijaa.

2 Polttopuun käyttö rakennusten lämmitykseen

Metsäntutkimuslaitoksen tilastojen mukaan Suomessa puupolttoaineita käytetään pientaloissa yhteensä 6,1 miljoonaa kiinto-m³ eli reilut 9 miljoonaa pino-m³. Lehtipuun osuus oli 2,86 miljoonaa kiinto-m³ ja jättepuun 0,98 miljoonaa kiinto-m³. Työtehoseuran mukaan pientalojen polttopuusta yli puolet eli 3,3 miljoonaa kiinto-m³ hankittiin omasta metsästä. Muuten omatoimisesti hankittiin noin neljännes eli 1,7 miljoonaa kiinto-m³. Viimeksi mainittuun hankintatapa sisältää muun muassa hakkuu- ja metsänhoitokohteista ilmaiseksi saadun puuntähteen

sekä rakennustähteen. Ostopolttopuuta käytettiin yhteensä 1,1 miljoonaa kiinto-m³. Asuintilojen lämmitykseen käytettiin valtaosa eli 4,4 miljoonaa kiinto-m³, saunan lämmitykseen 1,2 miljoonaa kiinto-m³ ja maatiloiden talousrakennusten lämmitykseen ja muuhun toimintaan kului yhteensä 0,5 miljoonaa kiinto-m³.

Maatiloilla ja vapaa-ajan asunnoilla puu on pääasiallinen lämmönlähde kahdella kolmasosalla. Päälämmitystapa perustui puuhun 38 %:lla kiinteistöistä. Viidennes omakotitaloista ei käytä puuta lainkaan.

Polttopuun käyttöön liittyviä tunnuslukuja kiinteistötyypeittäin. Lähde: Metsäntutkimuslaitos

Kiinteistötyyppi	Osuus kiinteistöistä	Käyttö kiinto-m ³ / kiinteistö	Käyttö pino-m ³ / kiinteistö	Yhteensä, miljoona kiinto-m ³	Käyttö yhteensä, miljoona pino-m ³	%
Maatila	11	14,4	21,6	2,23	3,35	36
Omakotitalo	59	3,8	5,7	3,13	4,70	51
Vapaa-ajan asunto	27	1,8	2,7	0,69	1,04	11
Muu (maatalousrakennukset tai muu talousrakennus)	3,0	2,0	3,0	0,07	0,10	1
Yhteensä	100	4,4	6,6	6,13	9,20	100

Yksi kiinto-m³ vastaa energiana noin 2 500 kWh ja yksi kiinto-m³ vastaa noin 1,5 pino-m³

Polttopuun kesikäyttö päälämmitystavan ja kiinteistötyypin mukaan (pino-m³).

Lähde: Metsäntutkimuslaitos

Päälämmitystapa	Maatila pino-m ³ /kiinteistö	Omakotitalo pino-m ³ /kiinteistö	Vapaa-ajan asunto pino-m ³ /kiinteistö	Kaikki pino-m ³ /kiinteistö*	% kiinteistöistä
Uunilämmitys	15,0	10,7	3,0	6,6	29
Keskukslämmitys					
- puu	38,4	20,6	27,6	12,0	
- öljy	12,3	2,7	-	3,5	19
Sähkölämmitys	10,1	4,2	2,6	4,1	38
Kauko- tai aluelämpö		1,7		1,8	3
Yhteensä**	21,6	5,7	2,7	6,6	100

* sisältää pienen määrän muita lämmitysmuotoja, ** sisältää kiinteistöryhmän muu.

Tilastojen kiinto-m³ on muutettu pino-m³ kertoimella 1,5 (ks. luku 4).



Kuva: Tulikivi Oyj

Maatilat, melko vähäisestä lukumääräosuudestaan huolimatta käyttivät runsaan kolmanneksen pientaloissa poltetuista puista. Polttopuu on kuitenkin noin 60 %:lla omakotitaloissa tärkeä lisälämmönlähde. Niissä vuotuinen kesikäyttö oli tyypillisesti alle 2 kiinto-m³ (1/3 kiinteistöistä) ja 2 – 4 kiinto-m³ (1/5 osa kiinteistöistä). Vapaa-ajan asunnoilla polttopuun käyttö oli alle 2 kiinto-m³.

Vuotuinen polttopuun tarve riippuu käyttötavasta. Polttopuuta käytetään omakotitaloissa tyypillisesti tulisijoissa lisälämmön lähteenä ja viihtyisyyden lisäämiseen tai saunan lämmitykseen. Tällöin polttopuun määrä riippuu käyttökerroista. Jos polttopuun käyttö on ainoa lämmitysmuoto, polttopuun vuotuinen määrä riippuu useista tekijöistä kuten lämmitettävästä tilavuudesta, sääolosuhteista ja rakennuksen lämmön eristeistä. Myös tulisijan hyötysuhde vaikuttaa polttopuun tarpeeseen. Uusimpien varaavien tulisijojen hyötysuhde on 80 – 85 %.

Jos puuta poltetaan ainoana lämmitysmuotona ja vuotuinen lämmitysenergian kulutus on esimerkiksi

20 000 kWh ja varaavan tulisijan hyötysuhde 80 %, tarvitaan lämmitysenergian tuottamiseen 25 irtokuutiota eli noin 15 pinokuutiota kuivaa koivupilkettä. Jos tulisija on lisälämmönlähde tai saunaa lämmitetään keskimäärin kaksi kertaa viikossa ympäri vuoden ja hyötysuhde on 75 %, tarvitaan noin 7 irtokuutiota eli noin 4 pinokuutiota kuivaa koivupilkettä. Jos lämmitykseen käytetään leppää, tarvitaan noin 1,4-kertainen puumäärä koivuun verrattuna.

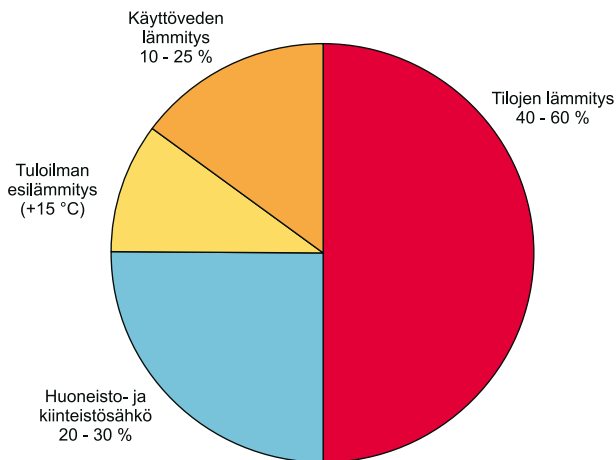
Tulisijan valmistaja antaa käyttöohjeissaan myös tarvittavan polttopuun määrän. Sopiva puumäärä käytettäväksi varaavissa tulijoissa yhtä lämmityskertaa varten on noin 1 kg puuta sataa tulisijan painokiloa kohden. Tyypillinen varaavan uunin massa on 1 500 kg, jolloin tarvitaan puuta noin 15 kg. Tarvittava puumäärä jaetaan useampaan pesälliseen (3 – 5 kg/pesallinen). Yksi kilo mitä tahansa kotimaista puulajia sisältää suunnilleen saman määrän energiaa eli noin 4,1 kWh/kg, kun puun kosteus on 20 %. (ks. luku 5).

3 Tulisija lämmönlähteenä

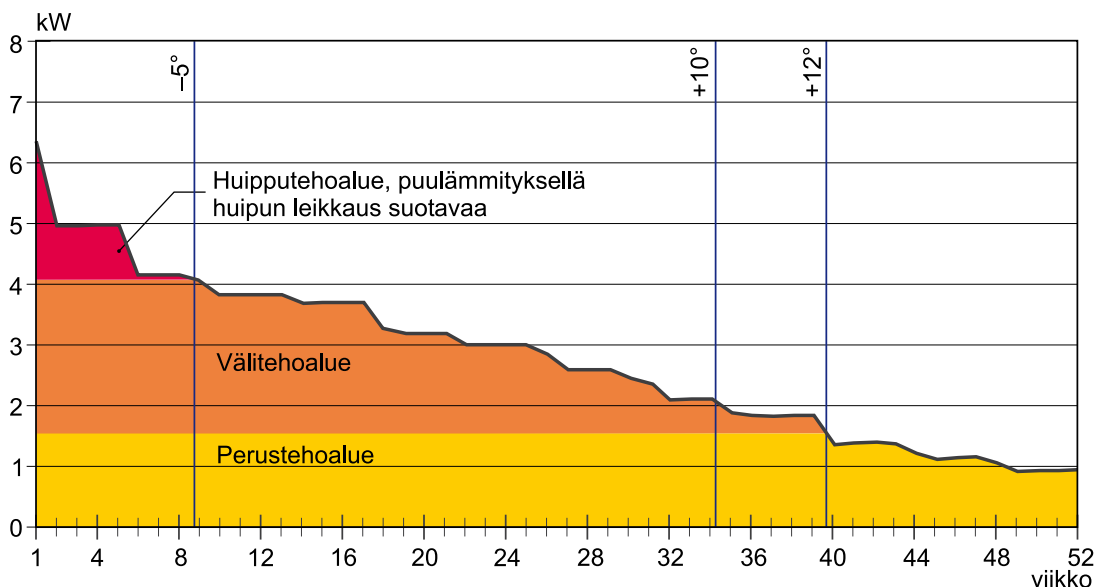
Pientalon energiankulutus

Pientalon energiantarve vaihtelee eri vuoden aikoina huomattavasti. Tätä vaihtelua voidaan kuvata pysyvyyskäyrällä. Pysyvyyskäyrä kertoo, kuinka paljon kutakin tehoa käytetään aikayksikössä. Käyrän pinta-ala ilmoittaa vuotuisen energiamäärän. Huipputehoa käytetään vähän, asuinrakennuksessa tyypillisesti 90 % energiasta voidaan tuottaa lämmityslaitteella, jonka teho on vain 50 %:a huipputehontarpeesta.

Kulutukset vaihtelevat talon rakentamistavan sekä varustetason mukaan. Adato Oy:n tutkimuksen mukaan kotitaloussähkön kulutus on lisääntynyt ja oli vuonna 2006 keskimäärin 4-henkisen perheen 120 m²:n omakotitalossa 7 000 kWh ja vastaavasti 4-henkisen perheen 180 m²:n hyvin varustellussa omakotitalossa 10 000 kWh vuodessa. Sähkökiukaalla varustetun saunan lämmitykseen käytetään keskimäärin noin 1 000 kWh vuodessa. Talousveden lämmittämiseen tarvitaan noin 1 000 kWh/henkilö/vuosi (noin 50 litraa lämmintä vettä henkilöä kohti päivässä). Esimerkki havainnollistaa energiankulutuksen jakaumaa kahdessa erilaisessa talossa.



Pientalon energiankulutuksen jakautuminen.
Lähde: Motiva



Esimerkki pientalon energiantarpeen pysyvyyskäyrästä. Lähde: Tampereen teknillinen yliopisto

Pientalon energiankäytön kehitys Suomessa (kWh/asuin-m² vuodessa). Lähde: Jyri Nieminen, VTT

Kulutus	ennen 1960	1960 alkaen	1970 alkaen	1980 alkaen	2003 alkaen	Matalaenergiatalo
Energian kulutus hyvän sisäilman lämpötilan ylläpitämiseen, kWh/asuin-m ² vuodessa						
Lämmitys*	160 – 180	160 – 200	120 – 160	100 – 140	80 – 120	40 – 60
Laitteistojen sähkökulutus, kWh/asuin-m ² vuodessa						
Talotekniikka	20 – 30	20 – 30	20 – 40	20 – 40	10 – 30	10 – 30
Asukkaiden energiankulutus, kWh/asuin-m ² vuodessa						
Lämmin vesi	20 – 60	20 – 60	20 – 60	20 – 60	20 – 50	20 – 40
Kotitaloussähkö	20 – 40	20 – 40	20 – 40	20 – 40	20 – 40	20 – 30
Yhteensä, kWh/asuin-m ² vuodessa						
Asuminen	220 – 310	220 – 330	180 – 300	160 – 280	130 – 240	90 – 160

* sisältää johtumisen vaipan läpi ja ilmanvaihdon.

Esimerkki pientalon vuotuisen energiankulutuksen jakautumisesta ja puulämmityksen käytöstä matalaenergiatalossa ja nykymääräysten mukaisessa talossa.

Kohde	Energiankulutus	Energiankulutus
Asunnon tiedot	180 asuin-m ² Matalaenergiatalo	120 asuin-m ² Tavallinen
Asukkaiden lukumäärä	4	4
Polttopuun käyttö vuodessa (koivua)	3 pino-m ³ 5 100 kWh	6 pino-m ³ 10 200 kWh
Tulisijan tyyppi	Moderni, testattu varaava uuni n. 85 %:n vuosihyötysuhde	Perinteinen varaava uuni n. 75 % vuosihyötysuhde
Polttopuun energia ja osuus lämmityksestä, %	4 300 kWh 60 %	7 650 kWh 64 %
Tilojen lämmitys, ominaiskulutus vuodessa	40 kWh/asuin-m ² 7 200 kWh	100 kWh/asuin-m ² 12 000 kWh
Taloussähkö (sisältää talotekniikan)	10 000 kWh	7 000 kWh
Lämmin vesi	4 000 kWh	4 000 kWh
Yhteensä	21 200 kWh	23 000 kWh
Kokonaisominaiskulutus	118 kWh/asuin-m ²	192 kWh/asuin-m ²

Rakennusmääräykset täyttävä omakotitalo kuluttaa lämmitysenergiaa keskimäärin 120 kWh/asuin-m² vuodessa, matalaenergiatalo noin 40 – 60 kWh/asuin-m² ja passiivitalo puolestaan 15 – 30 kWh/asuin-m² vuodessa lämmitykseen ja viilentämiseen. Passiivienrgiatalon energiankulutus on 15 – 20 % normaalitalon energiankulutuksesta. Talo sijoitetaan tontille siten, että auringonvalo saadaan hyödynnettyä mahdollisimman tarkasti. Lämmityksessä hyödynnetään myös aurinko- ja hukkaenergiaa.

Vuotuinen kokonaisenergian kulutus on matalaenergiatalossa alle 150 kWh/m² ja passiivitalossa alle 100 kWh/m². Käyttöveteen ja sähkkön matalaenergiatalo tarvitsee 100 kWh/m² ja passiivitalo 70 – 80 kWh/m², jolloin aurinkoenergiaa hyödynnetään ensisijaisesti käyttöveden lämmitykseen. Energiatohkokaassa talossa tarvitaan tarpeeksi eristystä kattoon, seiniin ja pohjaan yhdistettynä energiatohkokaaseen ilmanvaihtoon. Energiatohokkaat ikkunat ja ovet takaavat pienen lämmönkulutuksen. Rakennusten energiamääräykset tiukentuvat vuonna 2010 ja tavoitteena on pienentää uudisrakennusten energiantarvetta 30 – 40 % vuoden 2008 alusta tulleisiin määräyksiin verrattuna.

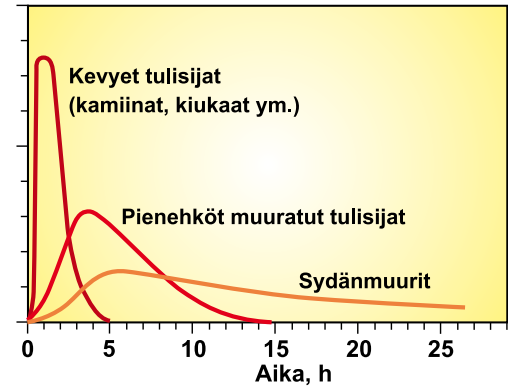
Tulisijan lämmönluovutus ja hyötysuhde

Tulisijassa polttoaineen sisältämä lämpöenergia siirretään tulipesän rakenteisiin nopeasti tapahtuvan palamisen aikana. Polttoaineen palaessa muodostuu kuumia savukaasuja, joiden lämpö siirretään rakenteisiin. Varaavissa tulisijoissa savukaasuja kierätetään tulisijan savukanavissa, joissa ne jäähtyvät ja luovuttavat lämpöä rakenteisiin. Lämmönluovutustavaltaan tulisijat vaihtelevat huomattavasti. Tulisija voi luovuttaa lämpöä sekä säteilemällä että konvektiolla. Säteily voi tulla joko suoraan liekistä tai tulisijan pinnalta. Säteilyn ja konvektion osuudet riippuvat tulisijan pintalämpötilasta sekä emissiivisyydestä. Pintalämpötilan kohotessa säteilylämmönsiirron osuus kasvaa.

Kamiinat luovuttavat suuren tehon lyhyessä ajassa, kun taas varaavat uunit sydänmuureineen luovuttavat lämpöä pienellä teholla useita tunteja.

Tulisijojen hyötysuhteet vaihtelevat tulisijatyyppistä ja lämmitystavasta riippuen. Hyötysuhteet ovat vain suuntaa antavia, koska tulisijoille on vasta viime vuosina kehitetty eurooppalainen mittausstandardi. Lämmityksen kokonaishyötysuhde riippuu paljon myös tulisijan lämmitystavasta. Suurin hyö-

Teho



Erilaisten tulisijojen lämmönluovutusteho.

tysuhteeseen vaikuttava tekijä on savukaasuhäviö. Savukaasuhäviöön vaikuttavat eniten savukaasujen lämpötila ja palamisen yli-ilmamäärä, mutta myös palamattomien kaasujen määrä.

Tulisijan kokonaishyötysuhde (η) on (Saastamoinen 1991)

$$\eta = \eta_c \times \eta_h \times \eta_r \quad (1)$$

η_c = palamishyötysuhde

η_h = lämmönsiirron hyötysuhde

η_r = lämmityshyötysuhde

Lämmityshyötysuhde (η_r) on (2)

$$\eta_r = G \cdot (T_t - T_u) / [G \cdot (T_h - T_u)] = (T_t - T_u) / (T_h - T_u)$$

T_t = tavoitelämpötila huoneessa esim. 21 °C

T_u = ulkoilman lämpötila, °C

T_h = huoneessa oleva lämpötila, °C

G = konduktanssi, siirtyvän lämpötehon suhde lämpötilaeroon, W/m²K

Kaavassa 1 palamishyötysuhde (η_c) riippuu palamattomien häviöistä savukaasuissa ja tuhkassa. Tämän hyötysuhteen olisi oltava korkea, jos halutaan pienet päästöt. Hyvän palamishyötysuhteen edellytyksenä on hyvä toisioilman ja pyrolyysikaasujen sekoittuminen sekä korkea lämpötila (ks. luku 7). Hyötysuhde on usein huono silloin, kun lämmöntarve on pieni, koska tällöin palamisen hallinta on vaikeaa. Katalyyttipoltto on eräs mahdollisuus parantaa palamista pienen lämmöntarpeen aikana.

Tulisijan lämmönsiirtokyky huoneeseen (η_h) voidaan havaita siitä, että savukaasujen lämpötila laskee eli sitä suurempi osa lämmöstä on siirtynyt tulisijan

rakenteisiin. Hyötysuhteeseen vaikuttavat mm. tulisijan rakenne (lämpöpintojen suunnittelu), materiaali ja lämpöpintojen puhtaus. Lämpöpinnoille kertynyt noki huonontaa lämmönsiirtoa.

Lämmityshyötysuhde (η_p) unohdetaan usein tulisijan hyötysuhteen laskennasta. Tämä hyötysuhde kuvaa hyvin tulisijan lämmöntuoton suhdetta lämmön kulutukseen. Jos lämmön tuotto on liian suuri, sitä suurempi osa tuotetusta lämmöstä poistuu talon seinämien läpi ja ilmanvaihdossa eli yllä lämmitetään tulisijaa. Esimerkiksi, jos huoneen lämpötila on 24 °C, ulkoilman lämpötila – 5 °C, ja haluttu lämpötila 21 °C, on lämmityshyötysuhde laskettuna kaavalla 2 seuraava.

$$= [(21 - (-5)) / (24 - (-5))] = 26/29 = 0,90 \text{ eli } 90 \, \%.$$

Tällöin 10 % lämmöstä on yllämpöä.

Hyötysuhteet ovat sidoksissa toisiinsa. Kun ilmamäärää vähennetään, paranee lämmönsiirron hyötysuhde, koska savukaasuhäviö pienenee, mutta palamishyötysuhde huononee. Lämmityshyötysuhteen parantaminen voi pienentää palamishyötysuhdetta (esim. kitupoltto) ja päinvastoin. Lämmityshyötysuhteeseen vaikuttavat myös talon rakenne (massiivinen/kevyt) sekä palamisen hallinta.



Eri tulisijojen hyötysuhteita (palamis- ja lämmönsiirron hyötysuhde).

Lähde: VTT, Työtehoseura ja tulisijavalmistajat

Tulisija	Hyötysuhde *
Avotakka	< 30 %
Takkauuni	80 – 85 %
Leivinuuni	80 – 85 % **
Liesi, kiuas	50 – 70 %
Pellettitakka	75 – 90 %

* Hyötysuhteen η_c ja η_p tulo.

** jos vain paistossa talteen saatu lämpö katsotaan hyötylämmöksi, on hyötysuhde 5 – 10 %.

Eri tulisijamateriaalien lämpöteknisiä ominaisuuksia. Lähde: Tulisijavalmistajat ja VTT

Materiaali	Tiheys, kg/m ³	Lämmönjohtavuus λ_m , W/m°C	Ominaislämpökapasiteetti c_p (kJ/kg°C)	Laajenemiskerroin α , 10 ⁻⁵ /°C
Tiili	1 700	0,6	0,92	0,4 – 0,5
Tiili, muurattu	1 700	0,66 – 0,8	0,82	0,4 – 0,6
Tulitiili	2 000	1,5 – 2,0	0,84	0,3 – 0,8
Kalkkiahkatiili	1800 – 1 970	0,93	0,84	0,8
Laasti	1600 – 2 000	0,7 – 1,2	0,84	0,7 – 1,4
Betoni	2200 – 2 500	0,8 – 1,9	0,85 -1,15	0,74–1,12
Croval-massa	2 450	1 – 1,5	1	0,6 – 0,8
Luonnonkivi	2 500 – 2 700	1,8 – 3,5	0,7 – 0,9	0,7 – 1,2
Vuolukivi	2 980	2–6,4*	0,78–1,08	0,74 - 1,12
Valurauta	7 250	50	0,42 – 0,62	0,9
Teräs	7 850	41	0,5	1,2

*Lämmönjohtavuus vaihtelee vuolukivilajin ja vuolukiven lustan suunnan mukaan. Lämmönjohtavuus on suurempi lustan tasossa.

Uunien ja takkojen rakennusmateriaalina käytetään tiiliä, tulenkestävää massaa ja luonnonkiviä kuten vuolukiveä.

Varaavaan lämmitykseen käytettävän tulisijan rakenneaineen tärkeimpiä ominaisuuksia ovat

- ominaislämpökapasiteetti, c_p (kJ/kg °C) (lämpöenergia sitoutuu uuniin)
- tiheys, ρ (kg/m³) (tulisijan koko voi olla pienempi, jos tiheys suuri)
- lämmönjohtavuus, λ_m (W/m °C) (lämmön jakautuminen uunirakenteissa)
- työstettävyyys rakennusvaiheessa sekä
- ulkonäkö.

Eri materiaalien ominaislämpökapasiteetit ovat suhteellisen lähellä toisiaan. Aineksien tiheydet sen sijaan vaihtelevat suuresti. Tiheys, josta määräytyy koon lisäksi tulisijan kokonaismassa, vaikuttaa lämmönvarauskykyyn. Rakennusmateriaalien valinnassa on harkittava millaiseen lämmönluovutukseen pyritään. Ohut hyvin johtava seinämä lämpiää ja jäähtyy nopeasti, paksu ja heikommin johtava hitaasti.

Esimerkki

Lasketaan lämmönvaraus 1 500 kg:n painoiselle vuolukivi-uunille, kun vuolukiven massan keskimääräinen lämpötila on 20 °C ja halutaan uuni lämmittää 140 °C:een lämpötilaan.

$$E = c_p \times m \times (T_2 - T_1) \quad (3)$$

missä

E = uuniin varautuva lämpömäärä, kJ

m = uunin massa, kg

c_p = ominaislämpökapasiteetti, (kJ/kg°C), vuolukivelle 0,98

T_2 = uunin lämpötila lämmityksen jälkeen, °C

T_1 = uunin lämpötila ennen lämmitystä, °C

$E = 0,98 \times 1\,500 \times (140 - 20) \text{ kJ} = 176\,400 \text{ kJ}$
eli 176,4 MJ/3,6 = 49 kWh.

Tämä energiamäärä saadaan polttamalla 15 kg koivua (ks luku 4).

Vuorottaislämmitys sähköllä ja puulla

Sähkö poikkeaa polttoaineista siinä, että sitä ei voi varastoida. Sitä on tuotettava samalla hetkellä kun sitä käytetään. Suomessa sähkön kulutus vaihtelee voimakkaasti vuodenaikojen mukaan. Sähköntuotantokoneiston mitoittaminen kuormitushuippujen mukaan nostaa sähkön hintaa. RTS Tutkimus Oy:n mukaan Suomessa sähkölämmitteisiä pientaloja 570 000 kappaletta ja 280 000 vapaa-ajan asuntoja. Adato Oy:n mukaan asuminen sähkölämmitykseen käytettiin 6,7 TWh sähköä vuonna 2006. Sähkön ja polttoaineiden vuorottaiskäyttö tarjoaa mahdollisuuden lämmityskustannusten ja hiilidioksidipäästöjen alentamiseen.

Vuorottaislämmityksessä energiantarve peitetään kesällä sähköllä. Jos sähkölämmittäjällä on käytössä kaksiaikainen hinnoittelu ja mitaus, kannustaa tämä kalliimman päiväjän sähkön korvaamiseen tulisijalla. Kun tulisijaa käytetään talvella pakkasten aikana, voidaan lämmitystehosta jopa 50 % korvata tulisijalla tuotetulla lämmöllä. Yhden kilowattitunnin sähkön tuottaminen aiheuttaa 200 – 350 g hiilidioksidipäästöjä käytetystä polttoaineesta ja tuotantotavasta riippuen. Koko sähköjärjestelmän ja myös kuluttajan kannalta on hyödyllistä pyrkiä alentamaan sähkön tehohuippuja.

Esimerkki

Lasketaan sähkökustannusten säästö, kun sähköä korvataan tulisijalämmityksellä. Laskelmassa käytetään kahta erilaista vuotuista polttopuun kulutusta: 3 pino-m³ tai 6 pino-m³ puuta vuodessa. Tulisijan hyötysuhteena käytetään 80 %. Lasketaan säästö, kun polttopuut ostetaan ja keskimääräinen hinta koivupilkkeelle on 50 €/irto-m³ kotiin kuljetettuna. Yksi irto-m³ koivua sisältää energiaa noin 1 010 kWh, josta 80 %:n hyötysuhteella saadaan hyötyenergiaksi (0,8 x 1 010 kWh) 800 kWh. Lämmön hinta on 50 €/irto-m³/800 kWh/irto-m³ eli 6,2 snt/kWh. Pilkkeen keskihinta perustuu Mottinetin www.mottinetti.fi ja Halkoliiterin (www.halkoliiteri.fi) keskimääräisiin irtokuutiometrihintoihin. Jos polttopuu hankitaan omasta metsästä tai tuttavilta ja omalle työlle ei lasketa hintaa, ovat säästöt suuremmat. Keskimäärin yhdellä lämmityskerralla käytetään polttopuuta 10–15 kg, mikä vastaa hyötyenergiana 80 %:n hyötysuhteella noin 33–50 kWh/kerta (ks. luku 5). Yksi pinokuutio polttoaikavaa koivupilkkettä painaa noin 410 kg. Laskelmissa käytetään keskimääräistä arvoa 12 kg/kerta, jolloin hyödyksi saadaan yhdellä lämmityskerralla 4,15 kWh/kg x 0,8 x 12 kg = 39,84 kWh eli noin 40 kWh.

Sähkön hinta puolestaan on energiamarkkinaviraston (www.energiamarkkinavirasto.fi) mukainen suoran sähkölämmityksen hinta pientalossa, jossa on huonekohtainen sähkölämmitys. Hinta sisältää siirto- ja energiamaksut sekä verot ja perusmaksun, jolloin sen hinta oli keskimäärin 10,02 snt/kWh lokakuun 2008 alussa. Kun esimerkissä polttopuun hinta oli 6,2 snt/kWh on säästö 3,82 snt/kWh. Taulukossa on esitetty hyöty kilowattitunteina ja euroina vuodessa, kun polttopuuta käytetään lisälämmön lähteenä. Jos lämmöntarpeesta osa tuotetaan sähkön sijasta polttopuulla, hiilidioksidipäästöt vähenevät. Taulukossa on laskettu myös säästö hiilidioksidipäästöissä keskimääräisellä sähkön tuotannon hiilidioksidikertoimella 274 gCO₂/kWh.

Tulisijan ja aurinkoenergian yhteiskäyttö

Aurinko on ehtymätön energialähde ja kaiken elämän edellytys maapallolla. Auringonsäteily on Suomessa keskimäärin samaa luokkaa kuin Keski-Euroopassa. Erityispiirteensä on vuoden aikojen voimakas vaihtelu yöttömästä yöstä kaamokseen. Suomessa auringonsäteily on noin 1 000 kWh/m². Aurinkoenergiaa voidaan hyödyntää aktiivisesti tai passiivisesti. Aktiivisessa hyödyntämisessä otetaan auringon säteilyä talteen tarkoitukseen sopivilla laitteilla. Passiivisessa aurinkoenergian hyödyntämisessä energia saadaan talteen ilman mitään



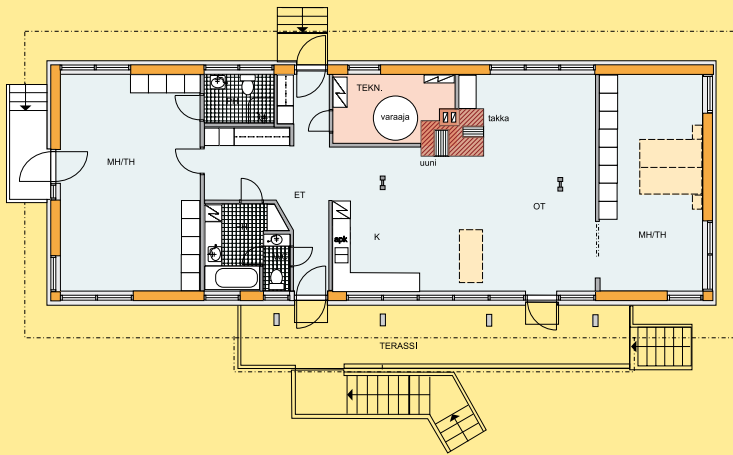
Tyhjöpötkitekniikkaan perustuva aurinkokeräin. Kuva: Scandic Sunfi Oy

lisälaitteita esimerkiksi ikkunoiden kautta tai seinien lämpiämisen kautta. Aktiiviset aurinkoenergalaitteet jakautuvat aurinkosähköön ja -lämpöön.

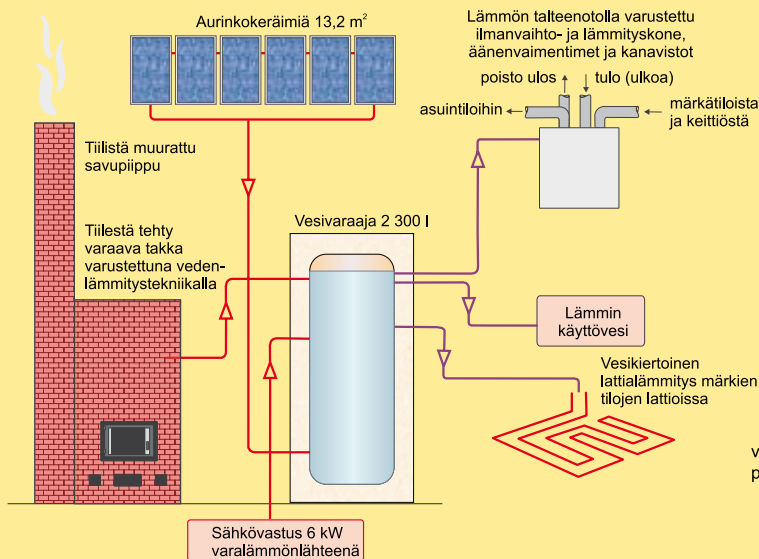
Aurinkolämpöä tuotetaan aurinkokeräimillä. Oma-tekoinen tasokeräimistä tehty aurinkolämpöjärjestelmä voi ottaa talteen noin 25 % säteilystä. Kooltaan 8 m² aurinkokeräin ja 500 litran varaajalla varustettu aurinkolämpöjärjestelmä tuottaa keskimäärin 800 – 3 200 kWh vuodessa. Tämä vastaa 4-henkisen perheen talousveden tarpeesta 50 %. Aurinkokeräijä voidaan yhdistää myös tulisijalämmitykseen vesivaraajan kautta. Yleisempi aurinkolämmön ja biopolttoaineen yhdistelmä on pellettilämmitys. Keski-Euroopassa pellettilämmitteen takka yhdistetään aurinkojärjestelmään. Suomessa aurinkolämpöjärjestelmä voidaan yhdistää varaavaan tulisijaan joko vesikiertoisella (ks. esimerkki) tai ilmalämmitteisellä järjestelmällä. Jotkut tulisijavalmistajat tarjoavat tällaisia järjestelmiä omiin malleihinsa.

Hyöty lämmityskautena, kun polttopuuta käytetään sähkölämmityksen lisälämmönlähteenä sekä säästö hiilidioksidipäästöissä.

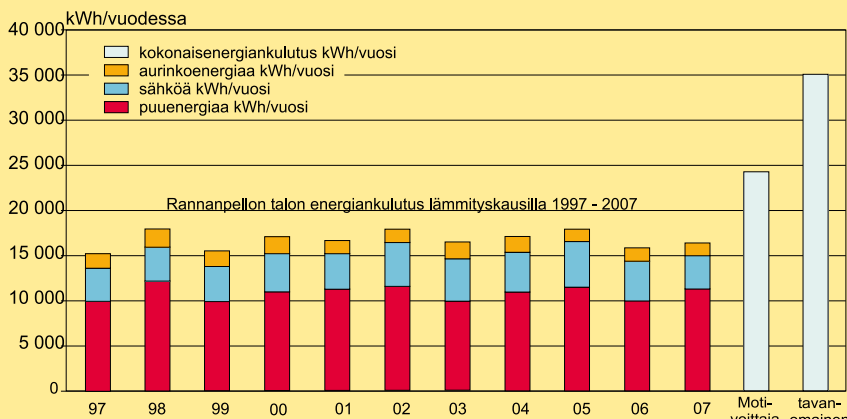
Varaavan tulisijan käyttö			
Lämmityskertoja	100	150	200
Polttopuun käyttö keskimäärin/kerta	12 kg/kerta	12 kg/kerta	12 kg/kerta
Polttopuun käyttö vuodessa	3 pino-m ³ 4,5 irta-m ³ 4 000 kWh	4,5 pino-m ³ 6,8 irta-m ³ 6 000 kWh	6 pino-m ³ 9 irta-m ³ 8 000 kWh
Hyötyenergiaa			
Polttopuun hankintakustannukset vuodessa	6,2 snt/kWh 248,00 €	6,2 snt/kWh 372,00 €	6,2 snt/kWh 496,00 €
Sähkökustannuksien pieneminen	10,02 snt/kWh 400,80 €	10,02 snt/kWh 601,20 €	10,02 snt/kWh 801,60 €
Kustannusten säästö	400,80 € - 248,00 € = 91,68 €	601,20 € - 372,00 € = 229,20 €	801,60 - 496,00 = 305,60 €
Hiilidioksidipäästöjen vähenemä keskimäärin vuodessa	274 gCO ₂ /kWh 1 096 kg	274 gCO ₂ /kWh 1 644 kg	274 gCO ₂ /kWh 2 192 kg



Esimerkkitalon pohjapiirros ja varaajan ja tulisijan sijoitus rakennuksessa. Lähde: Pekka Leppänen



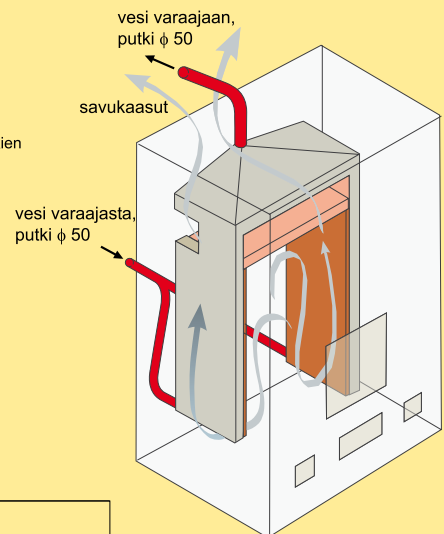
**Tulisija yhdistettynä vesivaraajaan ja aurinko-
lämpöjärjestelmään. Lähde: Pekka Leppänen**



**Esimerkkitalon energiankäytön jakautuminen eri energiamuotoihin
lämmityskausilla 1997–2008. Lähde: Pekka Leppänen**

Esimerkki

Esimerkkikohteen, Rannanpellon talo Suomenselällä, asuinpinta-ala on 155 m², bruttoala (ulkopintojen mukaan) 182 m² ja lämmitetty tilavuus 600 m³. Talossa asuu kaksi henkeä ja talo toimii perheen asuntona, kesäpaikkana ja etätöpaikkana. Puun energiasta voidaan noin 50 % siirtää vesivaraajaan. Kesällä, noin 1/3 vuodesta, tarvittava lämpö ja kaikki lämmin vesi saadaan aurinkokeräimellä ja varastoidaan samaan vesivaraajaan. Talvisten poissaolojen takia vesivaraajassa on 6 kW:n sähkövastus. Aurinkolämmön osuus on 10 % koko vuoden kokonaisenergiakulutuksesta, mutta riittää ajallisesti yli 1/3 vuodesta. Vuotuiset lämmityskustannukset ovat olleet nykyhinnoin laskettuna 1 000 – 1 200 € vuodessa, kun sähkö maksaa 13 c/kWh ja polttopuut 60 €/pino-m³.



Lämmönvaihtimen sijoittaminen tulisijaan.

Lähde: Pekka Leppänen

**Esimerkki Suomensjärven sijaitsevan Rannanpellon talon energian käytöstä ja hankinnasta
lämmityskausilla 2000 – 2007. Lähde: Pekka Leppänen**

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Tilojen lämmitykseen tarvittu energia, kWh	12 660	12 093	14 214	12 138	12 307	12 538	12 129	11 780
- puun poltto	9 813	10 149	11 088	8 703	9 768	10 311	9 967	10 002
- varaajan lämmityssähkö	322	0	925	1 175	446	505	246	0
- talotekniikan sähkö	1 439	1 247	1 260	1 259	1 213	1 153	1 182	1 144
- lämmitykseen käytetty aurinkoenergia	1 086	697	941	1 001	880	569	734	634
Käyttöveden lämmitykseen, kWh	2 040	2 010	1 230	2 040	2 100	2 070	2 010	1 920
- puuenergia ja sähkö	1 200	1 200	600	1 200	1 200	1 200	1 200	1 200
- aurinkoenergia	840	810	630	840	900	870	810	720
Valaistus ja kotitalous-koneiden sähkö	2 380	2 509	2 562	2 250	2 670	3 248	2 817	2 582
Energian kokonaiskulutus, kWh	17 080	16 612	18 006	16 428	17 077	17 856	16 956	16 282
- kWh/asunto-m ²	110	107	116	106	110	115	109	105
- kWh/brutto-m ²	94	91	99	90	94	98	93	89
Tilojen lämmitykseen tarvittu energia, kWh	12 660	12 093	14 214	12 138	12 307	12 538	12 129	11 780
- kWh/asunto-m ²	82	78	92	78	79	81	78	76
- kWh/brutto-m ²	70	66	78	67	68	69	67	65
- kWh/asunto-m ³	21,1	20,2	23,7	20,2	20,5	20,9	20,2	19,6
Tarvittu ostoenergia								
- polttopuu, kg	3 671	3 783	3 896	3 301	3 656	3 837	3 322	3 734
- polttopuu, pino-m ³ , koivu	9,0	9,2	9,5	8,1	8,9	9,4	8,1	9,1
- sähköä, kWh	4 141	3 758	4 747	4 684	4 329	4 906	4 245	3 726
Aurinkoenergia kWh								
- vesivaraajaan saatu lämpö	2 876	3 047	2 902	2 798	2 832	2 740	3 097	2 586
- käytetty aurinkoenergia	1 926	1 507	1 571	1 841	1 780	1 439	1 544	1 354
- osuus, % saadusta	67	50	54	66	63	53	50	52
Käytetty uusiutuvia energioita, kWh	17 080	16 612	18 006	16 428	17 077	17 856	16 958	16 282

4 Tulisijan valinta ja sijoittaminen asuntoon

Tulisijan valinta

Tulisijan hankinta on osa rakennusprojektia ja se on hyvä suunnitella jo projektin alussa, jolloin tulisijan vaatima tila, sopivin sijainti, ilmanvaihto ja hormirakenteet on helppo huomioida rakentamisen edetessä.

Tulisijan valintaan on paneuduttava huolella. Tulisija on kiinteä rakenne, ja se hallitsee huonetilaa voimakkaasti. Valinta riippuu

- käytettävissä olevasta tilasta,
- tulisijan käyttötarkoituksesta,
- hankintahinnasta,
- ulkonäöstä ja sopivuudesta muuhun sisustukseen.

Valintaa tehtäessä on mietittävä tarkkaan perheen tottumuksia ja viihtyvyystekijöitä. Tulisijan valinta on yksilökohtainen asia, joten tarkkoja ohjeita ei voida antaa.

Kun valitset itsellesi tulisijaa, tee itsellesi ainakin seuraavat kysymykset

1. Onko tulisija rakennuksen pääasiallinen lämmönlähde (esim. vapaa-ajan asunto)?
2. Onko tulisijalla merkitystä vara- tai lisälämmön lähteenä?
3. Mikä merkitys takalla tai uunilla on viihtyvyytekijänä ja tunnelman luojana?
4. Miten hankit polttopuun?
5. Kuinka usein arvelet lämmittäväsi uunia?

Selvitä myös, mikä on tulisijan lämpötaloudellisesti, toiminnallisesti ja sisustuksellisesti sopivin paikka. Kun olet valinnut tulisijan, valitse sopiva hormi, selvitä ilmansaantimahdollisuudet sekä tutustu eri valmistajien malleihin ja ominaisuuksiin (www.biohousing.eu.com/catalogue) tai ota yhteys muurariin, jos haluat paikalle muuratun tulisijan (ks. Lähdeluettelo).

Vapaa-ajan asunnossa tulisija on usein pääasiallinen lämmönlähde. Ensin mökki on saatava nopeasti lämpimäksi ja sen jälkeen pidettävä tasainen lämpötila.



Kamiinalla saadaan lämpötila nostettua nopeasti. Kuva: Kastor Oy

Lämpötilan nopeaan nostamiseen sopivia tulisijoja ovat kamiinat, liedet ja huoneilmaa kierrättävät takat ja takkasydämet. Lämpötilan ylläpitämiseen sopivat raskaat, muurauksia sisältävät tulisijat. Vapaa-ajan asuntoon sopii myös hellauuni, jossa on liesi ja varaava leivinuuni.

Huonetulisijat sopivat parhaiten vara- tai lisälämmönlähteeksi. Niiden toiminta on riippumaton öljyn ja sähkön saannista. Jos edullista polttopuuta on saatavilla, voidaan tulisijan käytöllä vaikuttaa lämmityskustannuksiin. Jos uunia lämmitetään harvoin (1 - 2 kertaa viikossa) ja sitä halutaan käyttää lisälämmönlähteenä, pitäisi valita uuni, jolla on hyvät lämmönvarausominaisuudet ja joka ei luovuta lämpöä liian nopeasti suurella teholla. Koska energiatehokkaiden rakennusten lämmitystarve on pieni, tulisi tulisijan olla hitaasti lämpöä luovuttava.

Kiuasuuni soveltuu myös vapaa-ajan asunnon tai pientalon lämmitykseen. Kiuasuuni toimii saunan kiukaana ja myös lämmityslaitteena ja sillä voidaan valmistaa lämmin käyttövesi. Kiuasuuni kierrättää lämmitysilmaa painovoimaisesti, joten sen käyttöön ei tarvita sähköä.

Tulisijan valinta energiatehokkaaseen taloon. Lähde: Pekka Tuomaala, VTT

	Kevyt tulisija	Keskiraskas tulisija	Raskas tulisija	Massiivinen tulisija
Vapaa-ajan rakennus	🏠🏠🏠🏠🏠	🏠🏠🏠	🏠🏠	🏠
Tyypillinen omakotitalo	🏠🏠	🏠🏠🏠	🏠🏠🏠🏠🏠	🏠🏠🏠🏠
Matalaenergia rakennus	🏠	🏠🏠	🏠🏠🏠🏠	🏠🏠🏠🏠🏠

🏠 huonosti 🏠🏠🏠 kohtalaisesti 🏠🏠🏠🏠🏠 erittäin hyvin

Ruuanvalmistuksen kannalta monipuolisin tulisija on puuliesi. Sillä voidaan keittää, paistaa, lämmittää sekä rakenteesta riippuen myös hauduttaa ja kypsentää. Leivinuuni puolestaan sopii hyvin leivonnaisten paistamiseen ja pitkää kypsennysaikaa vaativien ruokien hauduttamiseen.

Tiiliuunien muurausohjeista löytyy myös malleja liesileivin- ja hellauuneista tai takkaleivinuunin yhdistelmistä. Leivinuunia käytetään ruuan valmistuksen lisäksi myös lisälämmönlähteenä.

Jos uunin pääasiallinen tarkoitus on olla tunnelman luoja, edellyttää tämä yleensä suurta, avaraa tulipesää, josta liekit näkyvät. Tähän tarkoitukseen voidaan valita lasiluukuilla varustettu varaava takkauuni tai takkasydän. Jos varaavaa uunia halutaan käyttää kesällä, voidaan se varustaa yläliittymäpellillä eli ns. kesäpellillä. Yläliittymäpellillä savu ohjataan suoraan savuhormiin, kun ei haluta lämmittää tulisijan massaa. (ks. luku 6)

Tulisijatyyppin valinnan jälkeen on vielä päätettävä rakennemateriaali ja tekotapa, joko paikalla muuraus tai tehdasvalmisteisen uunin asennus. Tehdasvalmisteiset tulisijat myydään useimmiten toimituspaikkaan asennettuna. Tulisijojen rakennemateriaalien ominaisuuksista sekä lämmönluvutuksesta on kerrottu luvussa 3.

RTS Tutkimus Oy:n mukaan tärkeimmät tulisijan valintakriteerit ovat hyvä ja sopiva malli, hyvä ulkonäkö, lämmityskyky ja sopivuus sisustukseen. Lähes 80 % valitsee omakotitaloonsa varaavan takan/takkauunin ja lähes 20 % takka-leivinuuniyhdistelmän. Valmistulisijojen osuus on lisääntynyt ja suosituimpia ovat vuolukiviuunit. Muurattujen tiiliuunien osuus on noin neljännes vuosittain rakennettavista tulisijoista. Varaavien tulisijojen teho on 2 – 4 kW ja lämmitysaika 2 – 3 tuntia.

Pelletitakat ovat automaattisesti toimivia laitteita, jotka soveltuvat erityisesti asuntoihin, joissa on suora sähkölämmitys. Pelletitakan lämmöntuottoa ohja-

taan huonetermostaatin avulla, niitä voidaan ohjata kaukosäätimellä, ja ne voidaan varustaa jopa kaukokäynnistyksellä. Näin esimerkiksi vapaa-ajan asunto saadaan lämmitettyä puhelimen soitolla.

Pelletitakoissa on polttoainevarasto, johon pelletit tuodaan yleensä pienissä säkeissä. Tarjolla on myös järjestelmiä, joissa takan polttoainevarasto täyttyy automaattisesti tarpeen mukaan.



Takka-leivinuuniyhdistelmä. Kuva: Uunisevät



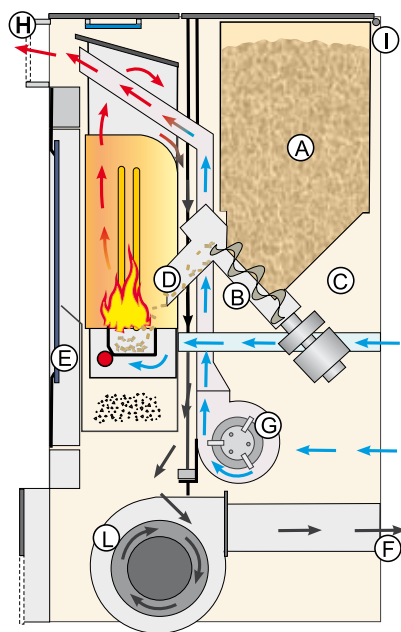
Liesi-leivinuuni. Kuva: Tulikivi Oy



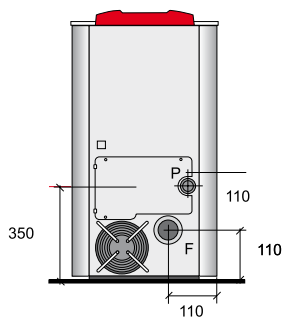
Kiuasuuni toimii myös saunankiukaana.
Kuva: Ukko-Uuni



Kuva: Finndomo Oy

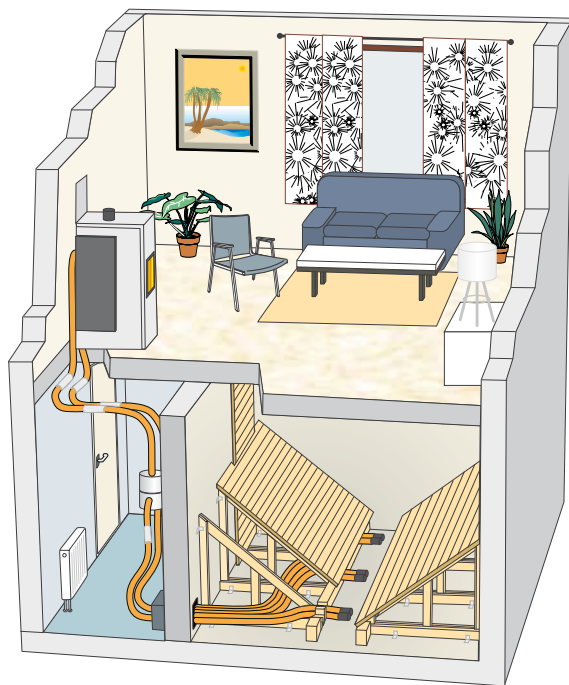
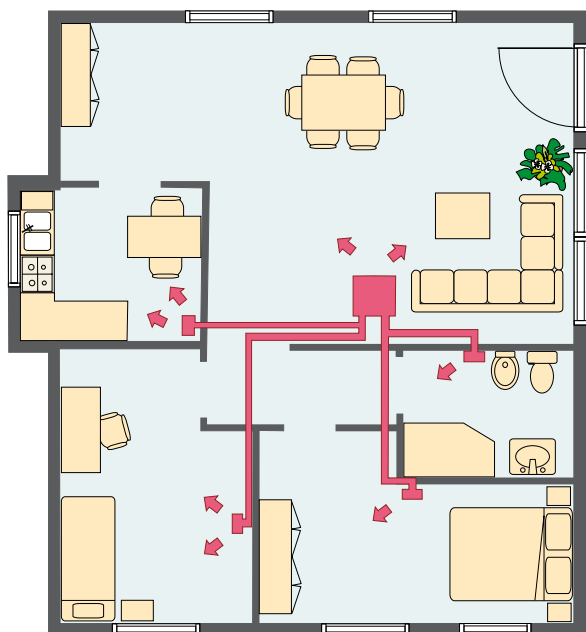


- A Pellettivarasto
- B Syöttöruuvi
- C Moottori
- D Valurautainen poltin
- E Valurautainen tulipesä
- G Ilmapuhallin
- H Kuumailma huonetilaan
- L Savukaasupuhallin



Pellettitakan leikkauskuva.

Lähde. ETA Renewable Energies/EdilKamin



Pellettitakan sijoittaminen asuntoon.

Lähde: ETA Renewable Energies ja Windhager

Pellettitakoista on olemassa myös malleja, jotka lämmittävän ilman lisäksi myös vettä. Tällaisella takalla voidaan hoitaa pienehkön tilan koko lämmitys lisäämällä muutama lämmityspatteri tai kytkemällä vesikierto lattialämmitykseen. Pellettitakat ovat erityisen suosittuja Italiassa ja muissa Euroopan maissa. Suomessa pellettitakat eivät ole vielä kovin yleisiä. Pellettitakat vaativat yleensä sähköliitännän. Pellettitakat eivät tarvitse perustusta ja hormiksi riittää kevythormi. Tarkista rakennusluvan tarve kunnan rakennusvalvonnasta. Jos rakennuslupaa ei tarvita, tee silloin ilmoitus pellettitakasta palotarkastajalle. Jos tulisija halutaan rakentaa jälkeinpäin rivitalo- tai kerrostaloasuntoon, pitää hankkia sekä taloyhtiön lupa että rakennuslupa. Kerrostaloon takan asentaminen onnistuu harvoin, koska hormi puuttuu. Ylimpään kerrokseen asennus onnistuu helpommin, koska hormi voidaan vetää yläpohjan ja vintin läpi. Kevyttakka sopii, sillä välipohja ei todennäköisesti kestä suurta painoa, mutta lattian kantavuus on tarkistettava.



Pellettitakka. Kuva Vapo Oy

Tulisijan sijoittaminen asuntoon

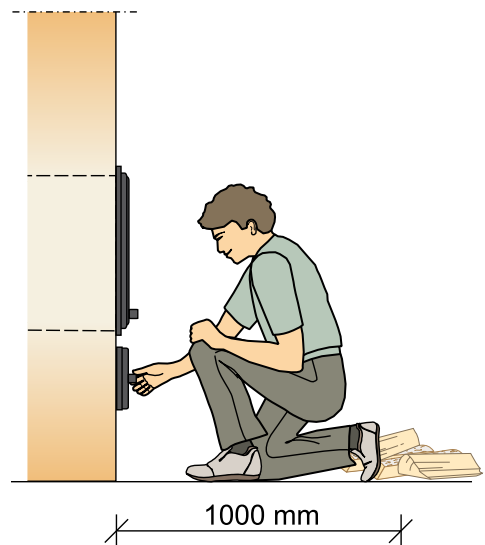
Tulisija on pyrittävä sijoittamaan mahdollisimman keskeiseen paikkaan, jotta tulisijan luovuttama lämpö jakaantuisi tasaisesti koko asuntoon. Tulisijan tuottaman lämmön siirtymistä voidaan tehostaa ilmaa kierrättävien ilmastointilaitteiden avulla.

Sijoittamisessa on huomioitava myös paloturvallisuusmääräykset. Tulisijalle varataan riittävä tila ottaen huomioon itse tulisijan vaatima tila sekä tulisijan suojaetäisyyksien, käytön ja huollon vaatima tila.

Tulisijan edessä vaaditaan tilaa vähintään 1 metri ja leveyttä vähintään 1 metri. Leivinuunin edessä on syytä olla vapaata tilaa vähintään 2 metriä ja sivuilla riittävästi laskutilaa. Nuohousta varten luukkujen edessä olisi oltava vähintään 60 cm vapaata tilaa.

Suojaetäisyydet muuratuille tulisijoille määritetään RakMk E8:aan mukaan ja tehdasvalmisteisille tulisijoille laitevalmistajan ohjeen mukaan.

Lämminpintaisia ovat mm. tuhkaluukut, kuuma-pintaisia leivinuunien suuluukut, polttavapintaisia valurautaiset liesitasot ja hehkuvapintaisia kiukaiden metalliset liitinhormit ja kaikki sellaiset tulisijan osat, jotka kuumenevat punahehkuisiksi.



Tulisijan edessä tarvitaan vähintään yksi metri huoltotilaa.



Varaava tulisija sijoitetaan keskelle rakennusta. Kuva: Nunna-Uuni Oy

Paikallaan muurattujen tulisijojen luokitus ja suojaetäisyydet. RakMk E8

Pintalämpötilaluokitus		Suojaetäisyys, mm		
Tulisijan tai sen osan luokka	Keskimääräinen lämpötila	Vaaka-suunnassa	Ylöspäin	Alaspäin
Lämminpintainen	alle 80	50 ¹	150	-
Kuumapintainen	80 – 140	150	250	50
Polttavapintainen	140 – 350	500 ²	600 ⁴	250
Hehkuvapintainen	350 – 600	1 000 ²	1 200 ³	1 000 ²

¹ Tulisijan erillinen, muurattu kuori katsotaan kuuluvaksi suojaetäisyyteen. Palava-aineisen rakennusosan ja kuoren väliin on kuitenkin jätettävä 5 – 15 mm:n liikuntasäily.

² Suojaetäisyyttä voidaan pienentää 50 % yksinkertaista ja 75 % kaksinkertaista kevyttä suojausta käytettäessä.

³ Suojaetäisyyttä pienentää 25 % yksinkertaista ja 50 % kaksinkertaista kevyttä suojausta käytettäessä.

⁴ Valurautaisten liesitasojen suojaetäisyys on 1 000 mm.

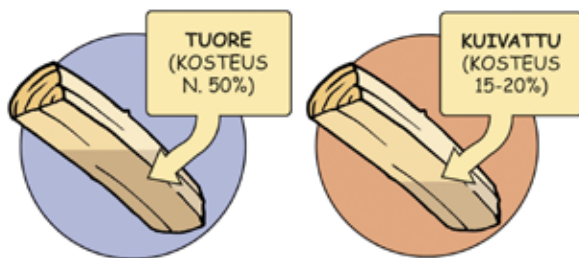
5 Tulisijapolttoaineen hankinta

Polttopuun laatu

Lähes kaikki Suomessa kasvavat puulajit soveltuvat polttopuuksi. Puulajien ominaisuuksissa on eroja, jotka käyttömukavuuden vuoksi on hyvä ottaa huomioon. Havupuut, kuusi ja mänty, voivat räiskyä kipinöitä eivätkä siten ole kovin miellyttäviä poltettavaksi avotakassa, mutta sopivat luukullisiin uuneihin ja jatkuvalämmitteisiin saunankiukaisiin. Koivun lämpöarvo on korkea suuren tiheydensä vuoksi. Koivu sopii hyvin leivinuunien, varaavien takkojen ja avotakkojen lämmitykseen. Leppä sopii erityisen hyvin jatkuvalämmitteisen saunan ja savusaunan lämmitykseen sekä helloihin ja avotakkoihin.

Polttopuun laadun tärkein tekijä on polttopuun kuivuus. Puun kosteus vaikuttaa siihen paljonko sen sisältämästä energiasta saadaan hyödyksi. Sopivin polttopuun kosteus on 15 – 20 %. Kaatotuoreen puun kosteus on yleensä 45 – 55 %.

Kuiva, sopivaan kokoon pilkottu puu syttyy kosteaa helpommin. Kuivan puun palaminen on tehokkaampaa, päästöt ovat pienemmät ja saadaan parempi lämmitysteho kuin kosteaa puuta polttamalla. Mitä kuivempaa puu on, sitä suurempi on sen lämpöarvo. Jos poltetaan 10 kg koivua, jonka kosteus on 20 %, joudutaan höyryttämään vettä 2,0 kg, mutta 4,0 kg, jos puiden kosteus on 40 %. Tässä tapauksessa kuivemman



Tuoreen ja kuivan polttopuun kosteus.

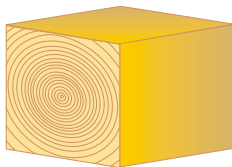
puuerän energiasisältö on noin 30 % korkeampi.

Kotimaisten puulajien lämpöarvolla ei ole juurikaan eroa kuiva-aineen painoyksikköä kohden. Koivun lämpöarvo on tilavuusyksikköä kohden suurin, koska koivun tiheys on suurin.

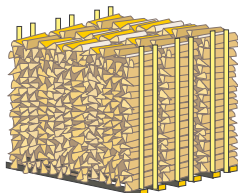
Kiintokuutio on kuutio, joka on kokonaan puuta. Kiintokuutiometriä käytetään puutilastoissa. Pinokuutiometri tarkoittaa puupinoa, joka on ulkomitoiltaan kuutiometrin kokoinen. Irtokuutio on kuutiometrin kokoinen laatikko, jonne puut on ”heitetty”. Irtokuutiometristä käytetään myös nimeä ”heittokuutiometri”. Pilkkeiden mitat ja pakkaustavat vaikuttavat edellä mainittujen tilavuusmittojen välisiin muuntokertoimiin. Polttopuita myydään yleisimmin irtotai pinokuutiometreinä. Yksi irtokuutiometri koivupilkkettä 20 %:n kosteudessa vastaa lämpömäärältään 100 litraa kevyttä polttoöljyä. Keskimäärin kolmesta irtokuutiosta saadaan pinottuna noin 2 kuutiota.

Pilkkeen lämpöarvoja 20 %:n kosteudessa ja puupelletin ja briketin lämpöarvoja. Lähde: Alakangas 2000

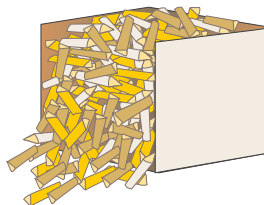
Puulaji	Lämpöarvo (kWh/kg)	Lämpömäärä (kWh/irto-m ³)	Lämpömäärä (kWh/pino-m ³)
Mänty	4,15	810	1 360
Kuusi	4,10	790	1 320
Koivu	4,15	1 010	1 700
Leppä	4,05	740	1 230
Haapa	4,00	790	1 330
Puupelletti (kosteus < 10 p-%)	4,8	3,1	-
Puubriketti (kosteus < 10 p-%)	4,8	-	-



KIINTOKuutiometri



PINOKuutiometri



IRTOkuutiometri

Pilkkeiden mittayksiköiden väliset muuntokertoimet. Lähde: Työtehoseura

Mittayksikkö	Irto-m ³	Pino-m ³	Kiinto-m ³
Irtokuutiometri, pilke (33 cm)	1	0,60	0,40
Pinokuutiometri, pilke (33 cm)	1,68	1	0,67
Pinokuutiometri, halko (100 cm)	1,55	1	0,62
Kiintokuutiometri	2,50	1,50	1

Esim. Yksi irtokuutiometri pilkettä sisältää 0,40 kiintokuutiometriä eli 400 litraa puuta.

Esimerkki

Polttoaineiden tehollinen lämpöarvo käyttökosteudessa (saapumistilassa) lasketaan polttoaineen kosteuden ja kuiva-aineen tehollisen lämpöarvon perusteella. Kun tiedetään polttoaineen paino, voidaan energiasisältö laskea. Lasketaan energiasisältö 12 kilon koivupilke-erälle.

Kostean polttoaineen lämpöarvon laskenta standardin prEN 14961-1 mukaan

$$q_{\text{net, ar}} = q_{\text{net, d}} \times \frac{100 - M_{\text{ar}}}{100} - 0,02443 \times M_{\text{ar}} \quad (4)$$

$q_{\text{net, ar}}$ = käyttökostean (saapumistilaisen) polttoaineen tehollinen lämpöarvo (MJ/kg)

$q_{\text{net, d}}$ = kuiva-aineen tehollinen lämpöarvo (MJ/kg)

M_{ar} = vastaavan polttoaine-erän kokonaiskosteus saapumistilassa (paino-%)

0,02443 = veden höyrystymislämpö vakiopaineessa +25°C:n lämpötilassa
[MJ/kg / 1 paino-% kosteutta kohti]

Pilkkeen kosteus on 20 paino-%, ja se on valmistettu kuorellisesta koivurunkopuusta, jolloin kuiva-aineen lämpöarvo $q_{\text{net, d}}$ on 19,3 MJ/kg. (Alakangas 2000)

Kostean polttoaineen (20 paino-%) lämpöarvo on

$$q_{\text{net, ar}} = 19,3 \times (100 - 20/100) - 0,02443 \times 20 = 14,95 \text{ MJ/kg}$$

Huom. 1 MJ/kg = 1/3,6 kWh = 0,2778 kWh

Jos lämmityskerralla käytetään puuta 12 kg on siinä energiaa

$$= 12 \text{ kg} \times 14,95 \text{ MJ/kg} / 3,6 = 12 \text{ kg} \times 4,15 \text{ kWh/kg} = 49,83 \text{ kWh}$$

Hyödyksi saatu lämpö = 0,8 x 4,15 x 12 kWh = 40 kWh.

Omatoiminen polttopuun valmistaminen

Polttopuun hankintaan on monia tapoja ja erilaisia mahdollisuuksia alkaen omatoimisesta korjuusta aina kotiin tuotuun kuivattuun ostopilkkeeseen saakka. Omatoimisessa polttopuun korjuussa voi yhdistää metsänhoidon, kuntoilun ja polttoaineen hankinnan. Jos omatoiminen polttopuun korjuu kiinnostaa eikä omia metsiä ole, sopivista korjuukohteista voi kysyä tietoa paikallisista metsänhoitoyhdistyksistä. Polttopuun korjuussa, pilkkonnassa ja kuivauksessa sekä kuljettamisessa tarvitaan erilaisia välineitä ja laitteita. Itse tehty pilke ei välttämättä tule edullisemmaksi kuin valmis ostopilke kotiin kuljetettuna, jos ottaa huomioon laite-, tarvike- ja kuljetuskulut. Monet polttopuukauppiat myyvät myös tuoretta polttorankaa, jolloin pilkkonnan ja kuivauksen voi tehdä itse.

Rankojen hakkuu

Kasvavan puun kosteus vaihtelee eri vuoden aikoina. Huhti-toukokuussa lehtipuiden kosteus on korkeimmillaan. Koska parhaat pilkkeiden kuivaussäät ovat huhtikuusta heinäkuuhun, puut kaadetaan ja karsitaan rangoiksi talvikuukausina ja pilkkotaan kuivumaan varhaiskevällä. Tällöin myös polttopuun ulkonäkö muodostuu hyväksi, etenkin jos kuivuvat pilkkeet suojataan sateelta.

Hyvänä kesänä hyvällä kuivauspaikalla talvella kaadettu polttopuu on mahdollista kuivata yhtenä kesänä polttokuivaksi, mutta kuivattavat puut on oltava viimeistään toukokuun lopussa pilkottuna. Jos

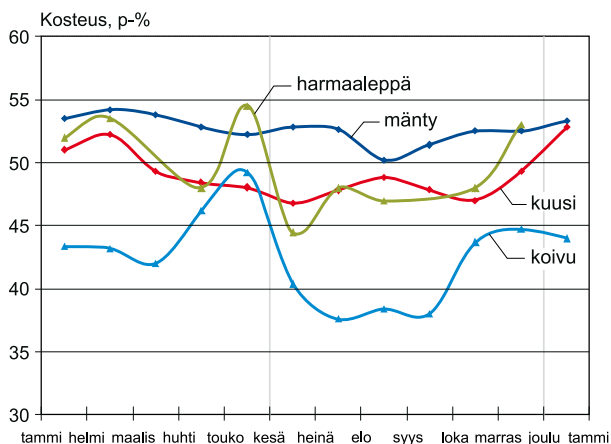


Moottorisahan käyttäjällä on oltava asianmukaiset turvavarusteet.

ei ole mahdollista tehdä rankoja pilkkeiksi hakkuun jälkeen samana keväänä, rangat aisataan eli poistetaan tai rikotaan kuori osittain. Kuoren rikkominen onnistuu esimerkiksi moottorisahan teräketjun avulla karsinnan yhteydessä. Aisatut rangat alkavat kuivua hyvin kevään aikana.

Polttopuun raaka-ainetta on tehty myös kaatamalla puut rasiin. Rasikuivatuksella tarkoitetaan korjuutapaa, jossa puut jätetään kaadon jälkeen karsimattomina levälleen, jolloin ne haihduttavat kosteutta elävän latvuksen kautta. Rasikuivatuksella puun kosteus laskee parhaimmillaan solujen kyllästymispistettä vastaavaan kosteuteen, jolloin lehdet ja neulas kuivuvat ja varisevat. Suomalaisilla puulajeilla solujen kyllästymispiste vastaa 27 – 30 %:n kosteutta. Mikäli on mahdollista kaataa rangat jo kevättalvella ja tehdä heti pilkkeiksi, ei kannata odottaa rasiinkaadon ajankohtaa ja kuivumista rasissa. Puut kuivuvat nopeammin pilkkeinä. Rasiinkaatoa voi käyttää, kun on tarkoitus saada kuivia polttopuita vasta vuoden kuluessa.

Omatoimisessa rankojen hakkuussa käytetään useimmin moottorisahaa. Isoja rankaeriä korjataan muussa puunkorjuussa yleisesti käytettävillä harvestereilla. Koneellisessa korjuussa rangat kuoriutuvat osittain, mikä parantaa kuivumista ja vähentää puun lahoamista. Kuorellinen puu pilaantuu jo toisena varastoimiskesänä erittäin paljon. Mikäli rankoja jätetään ylivuotiseksi, niiden kuorta kannattaa rik-



Kasvavan puun kosteus eri vuodenaikoina.

Lähde: Hillebrand 2005



Aisattuja koivurankoja.

Kuva: Heikki Kaipainen, VTT

koa. Sateelta suojatut rangat, joiden kuori on rikottu, kuivuvat hyvin.

Rangat kuljetetaan metsästä pilkontapaikalle yleensä maataloustraktorilla, mönkijällä tai moottorikelkalla, jotka vetävät perävaunua tai rekeä. Rangat varastoidaan aluspuiden päälle, mikä vähentää maakosteuden nousemista rankakasaan. Jos rankakasoja jätetään ylivuotiseksi, olisi laadun säilymisen kannalta hyvä peittää kasat sateelta. Katteen ja kasan väliin on jätettävä reilu ilmarako. Jos ilma ei pääse vaihtumaan, rangat homehtuvat.

Pilkonta

Polttopuurankojen katkaisemista ja halkaisemista kutsutaan pilkonnaksi. Pilkkominen nopeuttaa puun kuivumista. Halkaisemalla ja kuorta rikkomalla lisätään pintaa, josta vesi voi haihtua. Puun kuori läpäisee vettä huonosti ja hidastaa kuivumista. Ohuita rankoja ei tarvitse halkaista, mutta kuori kannattaa rikkoa.

Pilkkomisella puut saadaan nopeamman kuivumisen ohella polttamista varten sopivaan kokoon. Pilkkeen pituus määräytyy käytettävän tulisijan mukaan. Sytytykseen käytetään tuohtia ja pilkonnassa syntyviä säleitä ja tikkuja. Ensimmäisessä pesällisessä käytetään läpimitaltaan pieniä puita (alle 5 cm), jotka syttyvät hyvin ja lämmittävät uunin nopeasti. Seuraaviin pesällisiin käytetään isompia pilkkeitä palamisnopeuden hillitsemiseksi (8 – 10 cm). Hellapuista tehdään läpimitaltaan pieniä, koska niillä säädetään hellan tehoa (alle 5 cm).

Pilkontaan on erilaisia välineitä alkaen sahasta ja halkaisukirvestä aina ammattimaiseen käyttöön tarkoitettuihin automaattisiin pilkekoneisiin asti (www.biohousing.eu.com). Sopivia laitehankintoja miettiessä on hyvä arvioida omaa polttopuun han-



Rankanippukasa on peitetty peittopaperilla.

Kuva: Ari Erkkilä, VTT

kinta- ja käyttötapaa, ajankäyttöä ja hankintojen taloudellisuutta.

Moottori- eli ketjusahaa käytetään yleisesti rankojen katkontaan. Moottorisahan käytöstä aiheutuu melua ja tärinää sekä myös suuri tapaturmavaara. Moottorisahan aiheuttamat vahingot kohdistuvat pääasiassa raajoihin. Teräketjun mahdollista takapotkua tulee varoa. Teräketjun potkaiseminen takaisin tapahtuu tilanteessa, jolloin teräketjun yläosa koskettaa sahattavaa kohdetta tai teräketju osuu naulaan tai muuhun kovaan kohtaan sahattavassa kappaleessa. Teräketjun karkkiosan kulkua on hyvä seurata. Sahausta tulee suorittaa alusta asti täydellä kaasulla. Sahattavat rangat tulee laittaa telineeseen, joka varmistaa ettei sahattava kappale pääse liikkumaan sahattaessa. Moottorisahan käyttäjällä on oltava asianmukaiset turvavarusteet.

Moottorisahalla katkotut pölkyt on tarpeen halkaista sopivaan kokoon. Perinteinen väline tähän työhön on kirves. Lihasvoimalla toimivat välineet säästävät ympäristöä kuormittavaa energian tuotantoa ja soveltuvat pienten pilkemäärien valmistamiseen. Puiden pilkkomiseen on saatavissa erityisiä halkaisukirveitä ja kirveen korvaavia välineitä, esimerkiksi Helppohalkoja (Smart-splitter), Logmatic-kiilakirves ja Heikki-vipukirves. Näillä pyritään perinteistä kirvestä turvallisempaan, ergonomisempaan ja tehokkaampaan käytettävyyteen.

Helppohalkojan ohjaustangossa liukuva halkaisukiila ei voi vahingossakaan osua jalkaan. Halkaisuvoima saadaan vauhdittamalla molemmin käsin ohjaimessa liukuvaa iskupainoa alaspäin. Ote irrotetaan ennen kuin puntti iskeytyy kiilan yläosaan ja kiila halkaisee puun.

Kiilakirves toimii halkomakiilan ja lekan toimintaperiaatteella. Kiilakirveen kiilan jatkon muodos-



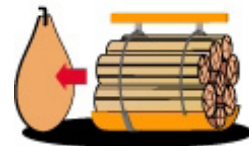
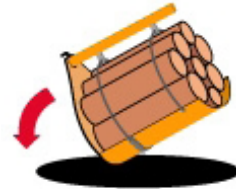
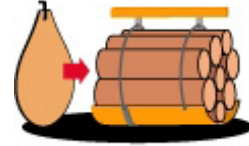
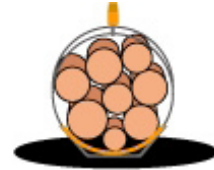
Helppohalkojassa iskuvoima ohjataan halkaisukiilalle hallitusti. Kuva: Smart Splitter



Vipukirves. Kuva: Vipukirves Heikki Oy

taa ohjausputki, jonka sisällä nostetaan noin metrin korkuista iskutankoa ylös ja paiskataan alas. Jokainen isku osuu turvallisesti kiilaan ja pölkky halkeaa iskutangon painon, lihasvoiman ja jatkuvuuden lain ansiosta.

Vipukirves irrottaa pilkkeet puupölkystä käyttämällä vipuvaa vääntövoimaa. Iskettäessä vipukirves pölkkyyn se muotoilunsa ansiosta kääntyy automaattisesti ja vääntää pilkkeet irti. Vipukirvestä käytetään kuten tavallista kirvestä, mutta varren otetta löysätään terän osuessa puuhun. Pilkkeet irtoavat kertalyönnillä, eikä terä juutu pölkkyyn vaan pitää sen paikallaan uutta lyöntiä varten.



Kiilakirves Logmatic LM-250 toimintaperiaate.



Pilkkeet on tehty verkkosäkkeihin, joissa ne voi kuivata. Siirtelyyn tarvitaan konevoimaa.
Kuva: Isto Mäkelä



Pilkkeitä kuivumassa 3,5 irtokuutiometrin verkkokehikoissa kuormalavojen päällä. Kate suojaa sateelta. Kuva: Kari Hillebrand, VTT

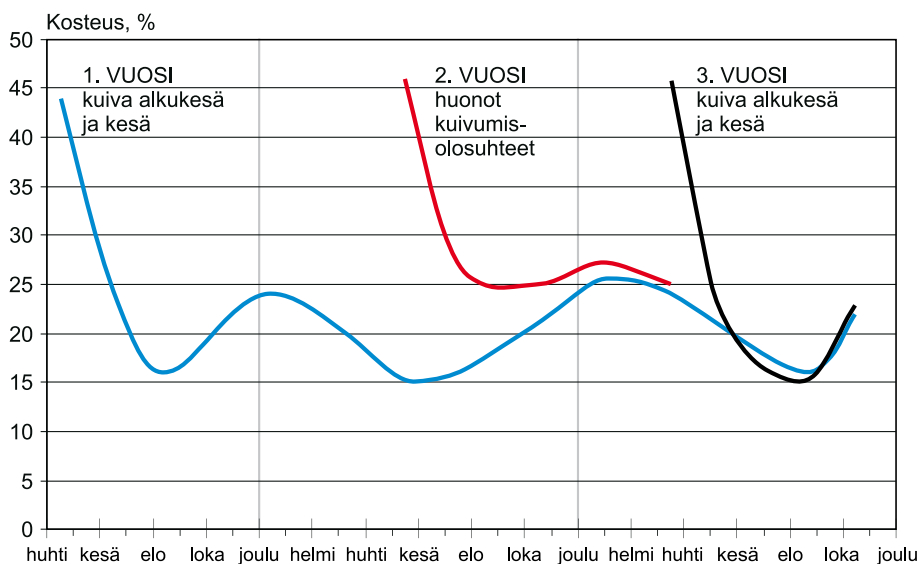
Pilkkeiden kuivaus

Polttopuun kuivumiseen vaikuttavat useat tekijät kuten puulaji, puun läpimitta, valmistustapa, kuivauspaikan olosuhteet, kuivattavan puun asettelu ja säätila. Kuivauspaikan on oltava aukea, aurinkoinen paikka. Ympäristöään korkeammalla oleva varastopaikka pysyy kuivana virtaavilta vesiltä.

Pilkkeet voi kuivata pinottuna tai irtokasassa. Irto-pilkkeinä kuivattaessa selvittää pienemmällä työmäärällä kuin pinoamalla. Aluspuiden, kuormalavojen ja erilaisten kehikoiden avulla kuivattavat pilkkeet saadaan irti maasta ja edulliseen muotoon kuivausta varten. Oleellista on estää maakosteuden nouseminen pilkekasaan, varmistaa ilman vaihtuvuus pilkkeiden

ympärillä ja estää sadeveden pääsy pilkekasaan. Pilkekasan suojaaminen sateelta katteen avulla voidaan tehdä jo alkukesästä. Katemateriaalin ja pilkkeiden väliin on jätettävä väli, jotta ilma pääsee liikkumaan. Pilkekasan päälle asetettava kate ei olennaisesti hidasta kasan kuivumista, mutta estää sadeveden pääsyn kasan sisään. Pilkkeet säilyvät vähäisemmin värimuutoksin ja homehtumatta. Katteeksi käy esimerkiksi maataloudessa käytettävä aumamuovi, kevytpressut tai esim. käytöstä poistetut kattopellit. Kate on kiinnitettävä siten, että tuuli ei irrota sitä.

Kuivattamalla pilkkeet pinossa voidaan vähentää tilan tarvetta. Pinon alle tarvitaan aluspuut, joilla estetään maakosteuden nouseminen puihin ja ediste-



Kuivan polttopuun kosteuden vaihtelu eri vuodenaikoina. Lähde: Kari Hillebrand, VTT

tään ilman kiertämistä myös pinon alitse. Aluspuiksi valitaan tukevia rankoja, kuormalavoja tai muita aluspuita. Alimmat polttopuut olisi hyvä saada vähintään 10 cm:n korkeuteen maanpinnasta. Aluspuita voi korottaa ja estää uppoamasta maahan sijoittamalla niiden alle 50 – 100 cm:n välein kuivattavien puiden suuntaisesti ladottuja puita. Pinojen ympäriltä on muistettava niittää ruohot.

Pinojen päät tuetaan maahan pareittain lyötävillä pystypuilla. Kuorimalla pääpuut ne kuivuvat ja kestävät pidempään lahoamatta. Pääpuiden taipuminen ja kaatuminen ehkäistään tukemalla vierekkäiset pääpuut toisiinsa vinotukien avulla ja virittämällä vastakaisten pääpuiden välille ns. orsipuu tai naru.

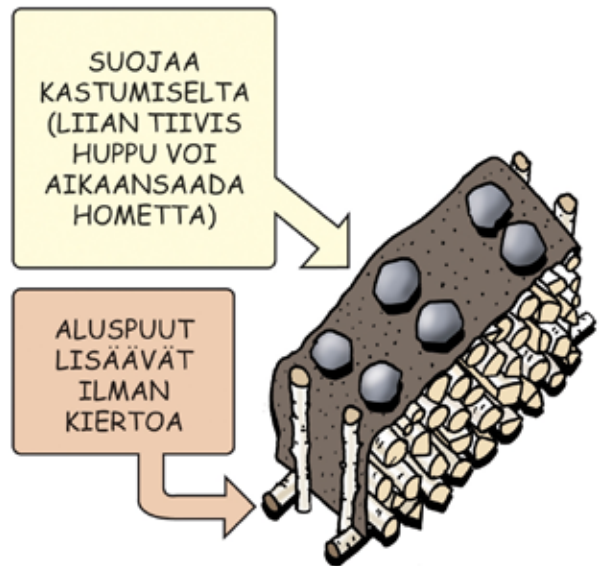
Pinon pääpuut voi korvata ns. ristikkopäillä. Ristikkopää rakennetaan pinoamalla tasapaksuja polttopuita vuorotellen pitkittäin ja poikittain ladotuiksi kerroksiksi. Ristikkopää kallistetaan lievästi pinon suuntaan. Eläviin puihin pinoja ei kannata tukea, koska pino ei pysy pystyssä kasvavien puiden huojumisen vuoksi.

Pinoja ei tehdä toisiinsa kiinni, sillä ilman on päästävää kiertämään pinojen ympärillä. Pinojen pystyssä pysymisen kannalta voi olla syytä tehdä pinot pareittain, jolloin pinoparin ympärille jätetään vapaata tilaa noin metrin verran. Vierekkäisten pinojen väliin jätetään parinkymmenen sentin väli ja pinot sidotaan toisiinsa sidepuilla. Sidepuut ovat ohuita puita, jotka yltyvät molempien pinojen sisään. Niitä tarvitaan parin metrin välein. Pino suojataan sateelta kuten irtokasakin.

Keväällä toukokuun loppuun mennessä tehdyt pilkkeet kuivuvat hyvissä olosuhteissa kesän aikana polttokuiviksi. Koivu kuivuu hitaammin kuin muut suomalaiset puulajit tiiviin kuorensa vuoksi. Kun kuorta rikkoo riittävästi, myös koivupilkkeet kuivuvat kevään ja kesän aikana polttokuiviksi. Ennen syyssateita pilkekasat kannattaa suojata ympäriltäkin jättäen kuitenkin ilmalalit peitteen ja kasojen väliin tuulettumisen varmistamiseksi. Parempi on, jos pilkkeet voidaan siirtää lähelle käyttöpaikkaa ilmavaan varastoon, jossa pilkkeet säilyvät kuivina sateilta ja voivat jopa jatkaa kuivumista syyskuulle saakka.

Varastointi

Kuivankin puun kosteus vaihtelee ympäristön lämpötilan ja kosteuden mukaan. Katetussa ulko-varastossa puun tasapainokosteus on vuodenajan mukaan 15 – 25 %. Oikeanlainen säilytys estää home- ja sienikasvuston syntymisen polttopuuhun. Siksi polttopuun varastoinnissa on tärkeää säilyttää kuivat puut kuivina.



Suojaa puuvarasto ulkona sateelta ja estä maakosteuden pääsy puupinoon.

Puolikuivien pilkkeiden kuivaus ja varastointi

Hyvä polttopuuvarasto, puuliiteri, on tilava, hyvin tuulettuva, kosteudelta ja sateelta suojattu tila. Jos tarkoituksena on jatkaa puiden kuivaamista ulko-varastossa, puuliiterin alus- ja seinärakenne tulee olla harva. Mitä tiiviimpi ja ahtaampi liiteri on, sitä kuivempia puiden tulisi olla sinne tuotaessa. Ilman tulee päästä kiertämään esteettä pinojen alla, ympärillä ja välissä. Ilman kiertäminen myös polttopuiden alta varmistetaan lattiarakenteiden tai aluspuiden avulla. Tasaisella betonilattialla raon ei tarvitse olla suuri, aluspuiksi kelpaavat esimerkiksi perätysten ladottavat pilkkeet tai tyhjät tiililavat. Jos seinäpinta on tasainen, varmistetaan ilman kiertäminen sijoittamalla seinän ja pinon



väliin esim. ohuet pystyrangat tai rimat. Maapohjaisissa ulkoliitereissä ilman kiertäminen varmistetaan samaan tapaan kuin ulkopinojen rakentamisessa.

Pinojen väliin jätetään rakoa aina kun se on mahdollista. Ilman kiertäminen on sitä tehokkaampaa, mitä tasaisemmat pinojen sivut ovat. Riittävästä tuuletuksesta liiterin ja ulkoilman välillä tulee huolehtia, jottei seurauksena ole homeongelmaa.

Kooltaan pilkevaraston tulisi olla sellainen, että sinne mahtuisi vuoden tai puolen vuoden polttopuut kerralla. Pientaloissa polttopuuta käytetään vuodessa keskimäärin noin kuusi pinokuutiometriä. Tällainen polttopuumäärä mahtuu pinta-alaltaan noin viiden neliömetrin kokoiseen tilaan. On järkevää tehdä varastosta sen kokoinen, että puut saa pinottua sopivan väljästi, jolloin varastossa mahtuu liikkumaan hyvin ja sieltä on turvallista ja helppoa hakea puita.

Hyvässä pilkevarastossa on riittävän suuret oviaukot ja mahdollisimman matalat kynnykset. Matalat kynnykset helpottavat polttopuun varastoon laittamista. Ihanteellista olisi, jos oviaukosta sopisi polttopuut sisään esimerkiksi kuormalavan päällä. Varaston oviaukon olisi hyvä olla sitä asuinrakennuksen ovea kohti, josta polttopuut viedään sisälle tulisijan luokse.

Pilkevaraston tulisi sijaita mahdollisimman lähellä tieliittymää ja sen ympärillä tulisi olla riittävästi tilaa puiden tuomista varten. Kuorma-auto ja nosturi tai



Oikeanlainen sijoitus tontille varmistaa varaston vaivattoman käytön.

peräkärry tarvitsee tilaa liikkumiseen ja kuormaa kestävän kulkuväylän. Varastolta tulisi olla mahdollisimman lyhyt matka käyttöpaikalle. Polttopuiden käyttö painottuu usein pimeään vuodenaikaan. Pilkevaraston ja kulkuväylien valaistus on oltava riittävä turvallisuuden vuoksi.



1,5 m leveä liukuovi takaovena, josta puut sisään suoraan kuljetusvälineestä.

Tuulettuva rossipohja ja lattia 50 x 100 parrua 1 cm:n raolla.



Liiterin etuovi johtaa suoraan taloa kohti.

Tilavuus minimi 5 m³.

Vuoden puut kerralla varastoon. Kuvat Lauri Sikanen

Kuivien pilkkeiden varastointi

Polttokuivia pilkkeitä voi varastoida myös sisätiloissa. Polttopuiden säilytyksessä on otettava huomioon palomääräykset, työturvallisuus ja käyttömukavuus.

Tulisijan vaivattoman käytön kannalta olisi hyvä, jos tulisijan lähellä olisi vähintään ensimmäistä pesällistä vastaava puumäärä tuotu sisälle lämpiämään vuorokautta ennen polttamista. Kylmän puun pinnalle tiivistyy huoneilmassa olevaa kosteutta, mikä vaikeuttaa puun syttymistä. Polttopuut on säilytettävä tulisijan läheisyydessä siten, että palovaaraa ei aiheudu. Erilaisille tulisijoille on suojaetäisyydet, joita on noudatettava.

Asuinrakennuksessa ei suositella säilytettävän polttopuuta enempää kuin 0,5 m³, ellei sitä säilytetä erillisessä osastoidussa tilassa.

Osastoituja tiloja pientaloissa ovat yleensä autotalli ja polttoainetarasto. Vaikka autotalli tai muu moottoriajoneuvosuojaa on osastoitu, siellä ei saa kuitenkaan samaan aikaan säilyttää moottoriajoneuvoa ja polttopuita.

Polttoainetarasto osastoidaan omaksi palo-osastoksi. Osastoivien rakennusosien luokka pientaloissa on EI30. Varaston sisäpuolisten seinien ja kattojen pintamateriaaleille on omat vaatimukset. Lattiamateriaaleille ei ole erityisiä paloteknisiä vaatimuksia. Jos polttoainetarasto sijaitsee rakennuksen kellarissa, ovat rakennustarvikevaatimukset tiukemmat.

Polttopuun ulkovarastolle on myös turvallisuusmääräyksensä. Polttopuutaraston etäisyys muihin rakennuksiin vaikuttaa vaatimuksiin. Jos rakennusten välinen etäisyys on yli kahdeksan metriä, ei rakennuksia tarvitse suojata paloteknisellä toimenpiteellä toisistaan. Jos etäisyys on tätä lyhyempi, joudutaan mahdollisen palon leviämistä rajoittamaan rakenteellisin keinoin, yleensä osastoimalla. Polttopuutaraston sijainti tontin rajasta asettaa paloteknisiä vaatimuksia. Näissä vaatimuksissa voi olla paikkakuntakohtaisia ja korttelikohtaisia eroja.

Polttopuun väliaikaisessakin säilytyksessä on otettava huomioon mahdolliset paloturvallisuusriskit. Rakennusten seinustoilla ei saa säilyttää polttopuuta. Jos seinustalla oleva polttopuutarasto syttyy tai sytytetään, on vaarana koko rakennuksen palaminen. Seinustalla olevista kasoista voi olla haittaa myös seinän rakenteille.

Paikalliset palo- ja rakennusviranomaiset antavat neuvoja paloturvallisuuteen, polttoainetaraston osastointiin ja sijoitteluun liittyvissä asioissa.



Tulisijojen läheisyydessä suositellaan säilytettävän yhden päivän lämmitystarvetta vastaava määrä polttopuuta.

Älä varastoi polttopuuta

- Älä varastoi asuinrakennuksen vierustalla räystääiden alla, koska se aiheuttaa suuremman tulipaloriskin ja voi vaurioittaa seinän rakenteita
- Autotalli tai muu moottoriajoneuvosuojaa ei ole polttopuutarasto.
- Asuinrakennuksessa ei tulisi säilyttää kiinteää polttoainetta enempää kuin 0,5 m³, ellei sitä säilytetä erillisessä osastoidussa tilassa.
- Työhuoneissa, ullakoilla, kellareissa, rakennusten alla tai pihalla ei saa säilyttää tarpeetonta syttyvää tavaraa.
- Poistumesteillä (uloskäytävissä) ja ullakoiden, kellareiden tai varastojen käytävillä ei saa säilyttää mitään tavaraa.
- Polttopuita ei kannata säilyttää suoraan maata vasten ilman aluspuita eikä liian tiiviisti peitettynä kosteuden tiivistymisen ja puiden homehtumisen vuoksi.



Älä varastoi polttopuuta talon seinustalla.

Kuva: Matti Alakangas

Polttopuun ostaminen

Tuotteet, ominaisuudet, laatu ja pakkaukset

Omatoimisen polttopuun hankinnan sijaan on mahdollista ostaa puuperäisiä käyttövalmiita polttoaineita. Yleisimmät ovat polttopuu, puupelletit ja brikitit.

Polttopuuta on myytävänä eri mittoihin pilkottuna ja eri puulajeista valmistettuna. Ammattimaiset pilkeyttäjävalmistajat valmistavat myyntipilkeyksensä laatusuosituksen mukaan, jolloin pilkkeiden laatu on yleensä parempi kuin omatoimisesti hankitun polttopuun. Polttopuun laatua määrittelevä eurooppalainen EN-standardi 14961 on valmisteilla, mutta yhtenevää laatuoluokitusta ei vielä ole käytössä.

Polttopuun hankinnassa on hyvä muistaa käyttötarkoitus. Lämmönlähteenä käytettäessä pilkkeiden tärkein ominaisuus on riittävä kuivuus. Tarkoitukseen sopiva pilkkeiden koko on myös tärkeä. Mahdolliset sieni- ja homekasvustot eivät vaikuta palamiseen, mutta voivat aiheuttaa käytön ja varastoinnin yhteydessä käyttäjälle erilaisia silmien ja hengitysteiden ärsytysoireita ja yleisoireita. Pilkkeiden katkaisupintojen tasaisuudella ja muilla ulkonäkötekijöillä ei ole suurta merkitystä polttamiseen, mutta käsittelymukavuuteen ja viihtyisyyteen kyllä.

Pilkkeitä myydään irtopilkkeinä ja pakkauksissa. Irtopilkkeet toimitetaan asiakkaalle useimmin auton tai traktorin perävaunussa. Tällöin asiakkaan tehtävänä on siirtää purettu pilkekuorma varastoon.

Pilkkeitä on saatavissa myös erilaisissa pakkauksissa. Yleisimmät pakkausmateriaalit ovat verkkosäkit, verkkopussit, rei'itetyt muovipussit ja muovikääreet sekä pahvilaatikot. Pakkauskoot ovat yleisimmin kuormalavalla oleva tilavuudeltaan noin 1 irtokuutiometrin kuormalavapakkaus tai suursäkki. Verkkopussit, rei'itetyt muovipussit, muovikääreet ja pahvilaatikot ovat tilavuudeltaan yleensä 30 tai 40 litraa, jolloin pilkepakkauksen massa on 10 – 15 kg. Helppokäyttöisimmissä pakkauksissa on yhden polttokerran puut sytykkeineen. Pakatun pilkkeen vähittäismyynti tapahtuu usein huoltoasemien ja rauta- ja maatalouskauppojen kautta, mutta myös pilkeyttäjäiltä suoraan.

Tarjolla on paikoin myös polttopuupalvelua, jossa puun toimittaja tuo tarpeen mukaan käyttövalmistaa pilkettä asiakkaan tiloihin esimerkiksi rullakolla, jossa puut voi myös säilyttää. Käytön jälkeen polttopuun toimittaja tuo täyden puurullakon ja vie tyhjän pois. Ratkaisu sopii hyvin, jos ei ole omia varastotiloja kuiville puille. Toimitus edellyttää jakeluauton pääsyä säilytystilan lähelle.

Puupelletit ovat kuivaa, tiiviiksi puristettua ja tasalaatuista biopolttoainetta, jota valmistetaan puunjalostusteollisuuden sivutuotteista eli höylän- ja kutterinlastuista, sahanpurusta sekä myös puuhakkeesta. Puupellettien halkaisija on Suomessa yleisimmin 8 mm ja pituus on 5 – 40 mm. Puupellettien energiasisältö on 4,8 kWh/kg, ja kosteus alle 10 %. Puupellettejä käytetään pellettien polttoon tarkoi-



Pellettien pakkauksia. Kuvat: Vapo Oy



Puubriketti. Kuva: Karelia-Upofloor Oy

tetuissa pellettikattiloissa pellettipolttimen avulla sekä pellettitakoissa. Pellettien käyttö tavanomaisissa tulisijoissa edellyttää tulisijaan sopivan lisälaitteen käyttöä (ks. luku 9).

Pelletit toimitetaan joko irtotavarana, 500 kg:n suursäkeissä tai 20 kg:n säkeissä. Irtopelletit voi tilata suoraan pellettien valmistajilta. Säkkejä voi myös noutaa itse rauta- ja maatalouskaupoista.

Myös puubriketit valmistetaan puunjalostusteollisuuden kuivista sivutuotteista. Brikettien koko on suurempi kuin pellettien, pienin mitta yleensä 50 – 75 mm. Briketit valmistetaan puristamalla lieriömäiseen tai tiiliskiven muotoon. Brikettien energiasisältö massayksikköä kohti on sama suuruusluokkaa kuin puupellettien. Brikettejä toimitetaan myös irtotavarana ja pakattuna.

Suomessa brikettejä on käytetty pääasiassa lämpölaitosten arinakattiloissa. Tulisijoissa brikettejä on mahdollista käyttää. Lämmityksessä on otettava huomioon brikettien yli kaksinkertainen energiasisältö tilavuusyksikköä kohti verrattuna koivupilkkeisiin.

Nettikauppa

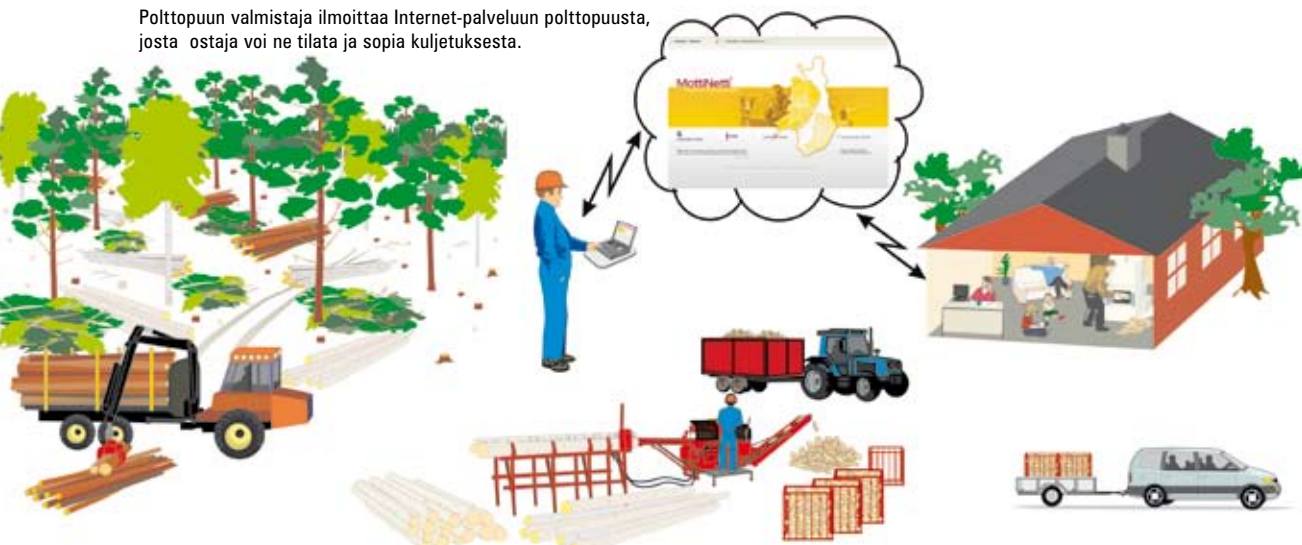
Nettikauppa on lisääntynyt myös puupolttoaineiden kauppatapana. Netistä löytyy pilkeyrittäjien yhteisiä palvelusivuja sekä yksittäisten pilkeyritysten kauppasivuja sekä pellettien myyjiä. Yhteisten pilkkeiden palvelusivujen ylläpitäjiä Suomessa ovat mm. Metsäkeskukset ja jotkut sähköyhtiöt (ks. Lähdeluettelo).

Nettikauppasivujen hakupalvelua käyttämällä löytyvät tiedot polttopuun myyjistä paikkakunnittain ja puolajettain. Polttopuun hintoja ja laatua voi vertailla rauhassa ja tehdä tilauksen tilauslomakkeella, sähköpostilla, kirjeellä tai puhelimella. Yhteisillä kauppapaikoilla on toimitus- ja myyntiehdot, joita kauppapaikkaa käyttävän polttopuumyyjän täytyy noudattaa. Myyjä vastaa siitä, että hänen ilmoittamansa puuerä täyttää käyttöehtojen laatuluokituksen vaatimukset. Puuerän laskutus tapahtuu suoraan puun ostajan ja myyjän välillä. Kaupan osapuolet sopivat keskenään erikseen kotiinkuljetuksen ja toimitusajat sekä mahdolliset muut kauppaan liittyvät palvelut.

Metsänomistaja ilmoittaa korjuukohteen Internet-palveluun, josta polttopuun valmistaja löytää sen ja sopii kaupoista metsänomistajan kanssa.



Polttopuun valmistaja ilmoittaa Internet-palveluun polttopuusta, josta ostaja voi ne tilata ja sopia kuljetuksesta.



Internet-palvelua käytetään Itä-Suomessa sekä polttopuun valmistajien tiedonvälitykseen että polttopuun ostajan ja myyjän väliseen tiedonvälitykseen. Lähde: Mottinetti



Kuvä: Harvia Oy

6 Palamisilman tuonti tulisijaan

Palamisilman tarve

Teoriassa puu tarvitsee palaessaan ilmaa noin $3,7 \text{ m}^3$ puukiloa kohti. Käytännössä palamisen ilmakerroin (λ) on suuluukullisissa tulisijoissa 2 - 2,5 eli ilmaa käytetään $7,5 - 10 \text{ m}^3$ puukiloa kohti. Uusissa uuneissa ilmakerroin on alhaisempi 2,0 - 2,2. Suuluukuttomissa tulisijoissa kuten avotakoissa ilmakerroin on 10 - 30 eli ilmaa kuluu $40 - 110 \text{ m}^3$ puukiloa kohti.

Palamisilma jaetaan yleensä vähintään kahteen osaan: ensiöilmaksi ja toisioilmaksi. Perinteisellä rakoarinalla varustetussa tulisijassa ensiöilma johdetaan tulipesään arinan alta tuhkaluukun kautta. Toisioilmaa johdetaan tulisijan luukkujen ilma-aukkojen kautta. Toisioilman avulla pyritään pitämään luukun lasi puhtaana.

Nykyaikaisella arinalla varustetuissa tulisijoissa on toisioilman syöttöä tehostettu oleellisesti. Samalla ensiöilman saantia pyritään rajoittamaan voimakkaan palamisen aikana, jotta puiden kaasuuntuminen ei olisi liian nopeaa. Uusissa malleissa ensiöilmaa johdetaan yleensä takkauuneissa arinan alta ja

toisioilma eri kohtiin puupanoksen päälle ja uunin etuosaan. Ilman ohjauksella pyritään hyvään palamisilman ja palamiskaasujen sekoittumiseen sekä riittävän pitkään savukaasujen viipymäaikaan tulipesässä, jotta saavutetaan mahdollisimman puhdas palaminen. Näin on päästöjä saatu oleellisesti aikaisempaa alhaisemmaksi.

Arinattomassa tulisijassa kuten leivinuunissa tai pönttöuunissa ensiöilma johdetaan tuhkaluukun kautta tulisijan eteen. Toisioilma säädetään luukkujen ilma-aukkojen kautta tai se voidaan tuoda erillisellä putkella uunin takaosaan. Leivinuunit ovat usein arinattomia samoin kuin vanhat pystyuunit eli kakluunit.

Palamisilman tarve riippuu palamistapahtuman vaiheesta. Ilman tarve on suurin puun pyrolyysituotteiden eli kaasujen palaessa. Ilman sekoittuminen palamisen aikana syntyviin kaasuihin on tärkeää. Toisioilman tarve on suurimmillaan, kun kaasumaiset aineet palavat. Kun tulisijassa on hiillos, ei toisioilmaa tarvita juuri lainkaan, koska vain hiillos palaa. Pyrolyysikaasuja ei synny enää tässä vaiheessa.

Uusissa uunimalleissa on tarkat ohjeet palamisilman ohjaamisesta tulisijaan. Oikean palamisilmamäärän säätäminen tulisijassa on vaikeaa. Jotta hyvään palamistulokseen sekä puhtaisiin savukaasuihin päästäisiin, pitäisi ilmamäärää säätää jatkuvasti.

Jos savupiipusta tulee palamisen aikana tummaa savua, on se merkki epätäydellisestä palamisesta. Yleensä se johtuu puiden liian nopeasta kaasuuntumisesta, jolloin palamisilma ei riitä niiden palamiseen. Jos liekki kohisee savukanavissa, on palamisilmaa liikaa.



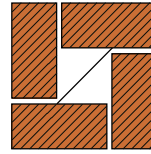
**Palamisilman tuonti
varaavaan tulisijaan.
Kuva: Tulikivi Oyj**

Savuhormin ja savupiipun merkitys

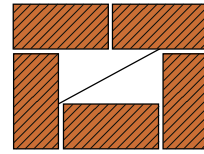
Savuhormin ja savupiipun tehtävänä on poistaa tulisijasta savukaasut ulkoilmaan. Veto riippuu savupiipussa olevan kaasun ja ulkoilman tiheyksien erotuksesta (kg/m^3) sekä savupiipun korkeudesta. Mitä kuumempia savupiipussa virtaavat kaasut ovat, sitä suurempi on ulkoilman ja savukaasun tiheysero. Lämpötilan olisi oltava vähintään $120\text{ }^{\circ}\text{C}$, jotta saadaan aikaan riittävä veto, eikä savukaasuista tiivisty vettä hormipintoihin.

Savupiippu suunnitellaan ja mitoitetetaan siihen liittyvän tulisijan ja polttoaineen perusteella siten, että saavutetaan riittävä veto, paloturvallisuus, käyttöikä ja lujuus. Tulisijan valmistaja antaa tehdasvalmistteisissa tulisijoissa sopivan hormikoon. Tulisijojen ja savupiippujen testaamiselle on nykyisin olemassa EN-standardit. Savupiipun mitoitus tiedot ja valintakriteerit saadaan näiden testaustietojen perusteella. RTS Tutkimus Oy:n mukaan noin puolet uusien pientalojen piipuista muurataan ja puolet hankkii valmiin piipun. Hyvän vedon aikaansaamiseen vaikuttaa myös tulisijan rakenne. Savun kulku savukanavissa pitäisi tehdä mahdollisimman juoheaksi, ja jyrkkiä mutkia ja vaakasuoria pintoja olisi vältettävä. Vedon parantamiseksi piippu on edullista sijoittaa katon harjalle. Savupiiput tehdään mahdollisimman pystysuoriksi. Muuratun savupiipun yläpää suojataan sään vaikutuksilta. Säsuojan suunnittelussa otetaan huomioon lumen vaikutus ja nuohous. Säsuojan aiheuttamaa korotusta ei oteta huomioon määrittäessä piipun korkeutta. Savupiiput ja säsuoja valmistetaan A1 luokan materiaaleista eli materiaaleista, jotka eivät lainkaan osallistu paloon.

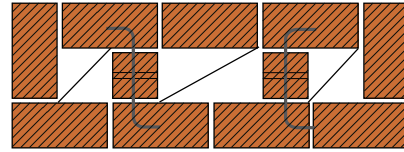
Savuhormin rakenteen lisäksi vetoon vaikuttavat maasto- ja sääolosuhteet. Jos talo sijaitsee korkean metsän laidalla, on savupiipun oltava korkea. Matalapaineen aikana hyvän vedon aikaansaaminen on vaikeaa, koska tiheysero on pieni.



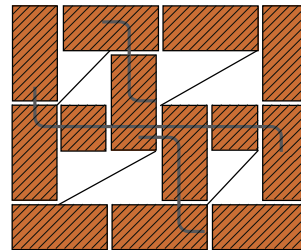
1/2-kiven hormi



Kiven hormi



Yksirivinen piippu



Kaksirivinen piippu

Puolen- ja kokokiven savuhormien poikkileikkaukset.

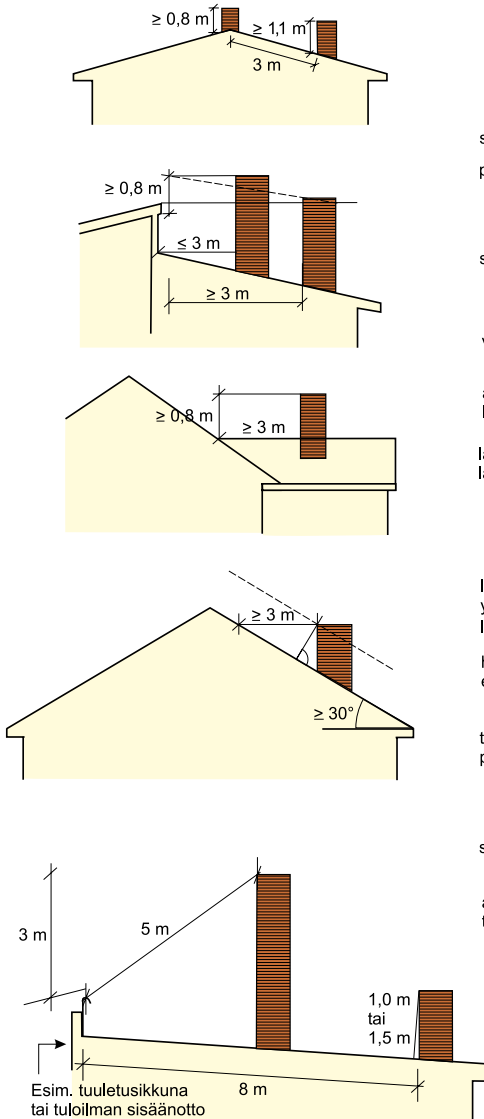


Savupiipun suoja
Kuva: Kauhabisnes Oy

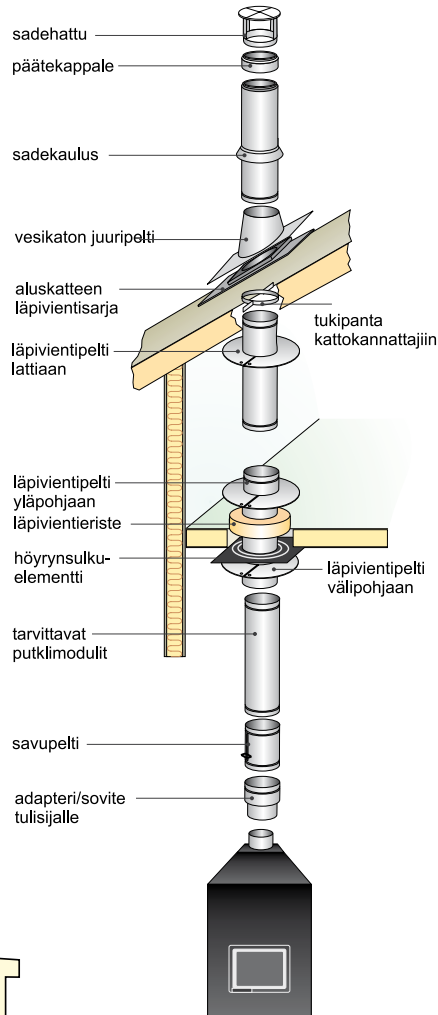


Puolen kiven uudismuurauspelti ja kesäpelti. Kuvat: Polar Metall Oy





Savupiipun vähimmäiskorkeus paloturvallisuuden kannalta. Lähde: RIL 245



Esimerkit metallirakenteisesta ja kivi-keraamisrakenteisesta valmispiipusta. Lähde: RIL 245

Suomen rakentamismääräyskokoelmassa (RakMk E3 ja E8) on ohjeita ja määräyksiä savupiippujen ja tulisijojen rakenteellisesta paloturvallisuudesta. Näissä ohjeissa on tietoa savuhormin ja savupiipun mitoituksesta. Tehdasvalmisteisen tulisijan valmistajan tai maahantuojaan on annettava tieto tulisijan savukaasujen lämpötilasta (eli lämpörasituksen kestävyysluokka) eurooppalaisten tulisijastandardien mukaisesti. Lisäksi on annettava tulisijan savukaasun määrä.

Paikalla muuratun savuhormin koko vaihtelee yleensä koko kiven (noin 140 x 270 mm²) tai puolen kiven (noin 140 x 140 mm²) hormiin. Avotakka vaatii koko kiven tai sitä suuremman hormin (300 cm²). Koko kiven hormi on sopiva takkauuneille ja kookkaimmille lämmitys- ja leivinuuneille. Pienet lämmitysuunit ja leivinuunit sekä liedet toimivat hyvin puolen kiven hormilla. Savuhormi tehdään muuraamalla tai ruostumattomasta teräsputkesta

(Suomen rakentamismääräyskokoelma E 3 ja RIL 245 -2008 Pienet savupiiput). Muurattu savupiippu varaa myös lämpöä.

Nykyisin erilaiset tehdasvalmisteiset savupiiput ovat yleistyneet. Niitä asennetaan mm. saunan hormoneiksi sekä pellettikamiinoiden ja kevyttulisijojen hormoneiksi. Tehdasvalmisteisille savupiipuille ja hormoneille on omat EN-standardit ja CE-merkkivaatimukset.

Tulisijan ollessa käyttämättömänä liiallinen ilmavirtaus hormissa estetään yleensä käyttämällä sulkupeltiä. Sulkupellit suunnitellaan helpokäyttöisiksi, varmatoimisiksi ja niissä käytettävät materiaalit yhteensopiviksi savupiipuissa käytettyjen rakennusmateriaalien kanssa. Sulkupelti sijoitetaan hormiin tai tulisijan ja hormin liittymäkohtaan. Kääntöpelti asennetaan tulisijan ja hormin liitokseen ja liukupelti hormiin. Ilmavirtauksia voidaan estää myös kaasunpitävillä tulisijan luukuilla. Pelti olisi edullisinta sijoittaa mahdollisimman lähelle kylmän ja lämpimän osan rajaa. Sulkupelleiksi soveltuvat liukupellit ja kääntöpellit, jotka asennetaan siten, että ne ovat helposti puhdistettavissa. Nykyisin sulkupelteihin on jätettävä pieni aukko (3 % pinta-alasta), jotta hiilloksesta mahdollisesti syntyvä häkääsu pääsee poistumaan piippuun.

Lähtiessään tulisijasta savu alkaa välittömästi jäähtyä. Kaasun lämpötila laskee oikein mitoitetussa piipussa korkeintaan noin 10 °C jokaista nousemaansa metriä kohti. Savukaasun lämpötila tulisijan jälkeisessä savuhormissa ei saa laskea liian alas, jotta savukaasuissa oleva vesihöyry, hapot, piki ja terva eivät tiivisty savupiipun seinämille (kastepiste). Jäähtyminen ja sen seurauksena tapahtuva savun tiivistyminen ovat riippuvaisia mm. savuhormin rakenteesta ja mitoista, ulkoilman lämpötilasta.

Nykyisin myös pienille savupiipuille on olemassa EN-standardit. Savupiiput on jaettu lämpöluokkiin, joista T600 on korkein (savukaasujen testauslämpötila on 700 °C). Polttolaitteen valmistajan on määriteltävä minkä lämpöluokan savupiippu kuhunkin laitteeseen pitää asentaa.

Jos savun sisältämä vesihöyry tiivistyy jatkuvasti piipun seinämille, on seurauksena tiilipiipun rapautuminen. Kosteus imeytyy tiileen läpi, ja jäätyessään vesi laajenee ja rikkoo tiilen. Tämä ilmiö näkyy piipun rapautumisena. Piipun kostumista edistävät pii-

pun omat lämpöhäviöt ja ylimitoitus. Lämpöhäviöitä syntyy mm. vanhoissa taloissa, joissa piippu kulkee eristämättömänä kylmän ullakkotilan läpi. Savukaasu jäähtyy tällöin liikaa. Samoin käy, jos hormi on ylimitoitettu. Ylisuuren hormin sisäreunoja myöten virtaa alaspäin kylmää ulkoilmaa, joka jouduttaa piipun yläosan jäähtymistä. Lisäksi ylisuuressa hormissa savukaasu ehtii jäähtyä enemmän, koska se virtaa hitaasti.

Muuratun piipun yläpää suojataan sään vaikutusta vastaan esimerkiksi tiiviillä, ulospäin viettävällä teräsbetonilaatalla tai erillisellä piipun suojalla. Piipun suoja on asennettava, siten että se ei vaikeuta nuohousta.

Mikäli tiilipiippu ulottuu tavanomaista (0,8 m) korkeammalle vesikaton yläpuolelle, ja tulisija ja hormi pikeentyvät, kannattaa savuhormi eristää ja pellittää vesikaton yläpuolelta.

Mikäli vanhaan savupiippuun aiotaan liittää uusi tulisija, on sen kunto ensin tarkistettava. Myös rakennusvalvontaan on otettava yhteyttä ja selvítettävä tarvitaanko rakennuslupa. Nuohooja tarkistaa hormin tiiveyden ja paloturvallisuuden.

Korvausilma ja koneellinen ilmanvaihto

Jos talossa on koneellinen ilmastointi, edellyttää vedon aikaansaaminen yleensä erillistä korvausilman tuontia. Ilmastointi aiheuttaa asuntoon pienen alipaineen ja se vaikeuttaa tulisijan toimintaan. Ilmastointi olisi suunniteltava siten, että yksi korvausilma-venttiili on lähellä tulisijaa. Tulisija voidaan varustaa myös lattian alta kulkevalla raitisilmakanavalla, jonka halkaisija on noin 10 – 15 cm. Raitisilma ohjataan tulisijan alle, mutta on huolehdittava, että raitisilman tulo voidaan sulkea, kun tulisijaa ei lämmitetä.

Keittiössä on yleensä tehokas ilmanpoisto, ja tulisijan sytyttäminen voi olla hankalaa. Mikäli keittiössä on tulisija, olisi siellä hyvä olla avattava ikkuna, jonka kautta voidaan tarvittaessa ottaa korvausilmaa. Lämmituksen ajaksi ilmastointi joko säädetään minimipoistolle tai suljetaan kokonaan, jos tulisija ei muuten toimi. Ilmastointiyksikkö voidaan suunnitella siten, että ilmastointi kytkeytyy nappia painamalla pois päältä muutamaksi tunniksi.

7 Puhdas ja tehokas palaminen

Palamisen teoria

Puu koostuu pääsääntöisesti hiilestä (C) (47 – 52 paino-%), hapestä (O₂) 38 – 45 paino-% ja vedystä (H₂) 6,1 – 6,3 paino-%. Rakenteellisesti puu koostuu selluloosasta (40 – 45 paino-%), hemiselluloosasta (20 – 35 paino-%) ja ligniinistä (15 – 30 paino-%). Osuudet ilmoitetaan kuiva-aineen painosta. Typpipitoisuus (N) on alhainen alle 0,5 paino-% ja rikkipitoisuus alle 0,05 paino-%. Yleensä mineraalipitoisuus on alle 1 paino-%. Tärkeimmät mineraalit ovat: kalium (K), magnesium (Mg), mangaani (Mn), kalsium (Ca), rikki (S), kloori (Cl), fosfori (P), rauta (Fe), alumiini (Al) ja sinkki (Zn).

Palamisella tarkoitetaan aineen kemiallista yhtymistä happeen, jolloin samalla vapautuu reaktiolle ominainen energia lämpönä.

Kiinteän polttoaineen palamisessa on erotettavissa seuraavat vaiheet

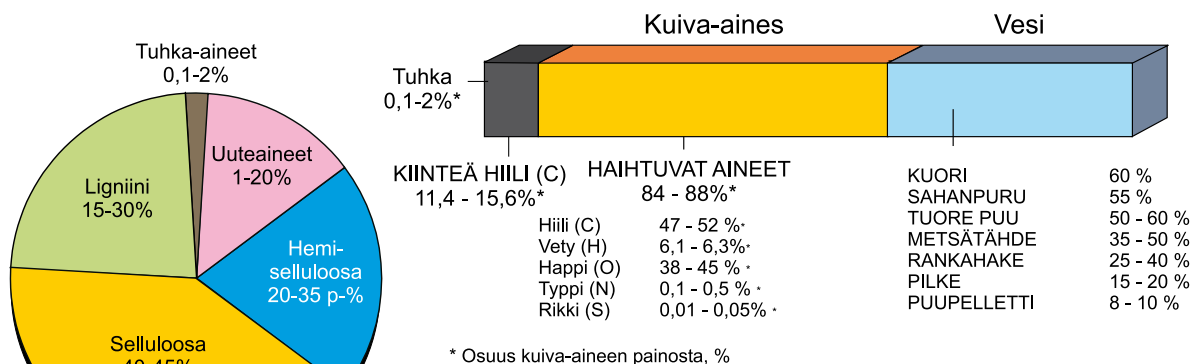
- alkulämpeneminen noin 100 °C:een
- kosteuden haihtuminen
- pyrolyysi ja pyrolyysikaasujen syttyminen sekä palaminen
- jäännöshiilen palaminen.

Yksittäisen polttoainekappaleen (pilkkeen) kannalta nämä vaiheet ovat usein peräkkäisiä. Tulisijassa, jossa polttoaineen palakoko on suuri, voi pintakerros kuivua ja pyrolysoitua ja siten myös syttyä, vaikka sisäosissa on kosteutta ja pyrolysoitumatonta polttoainetta. Panos-polttoisissa laitteissa kuten tulisijoissa polttoainekerros poltetaan usein hiillockseksi asti, ennen kuin lisätään seuraava panos.

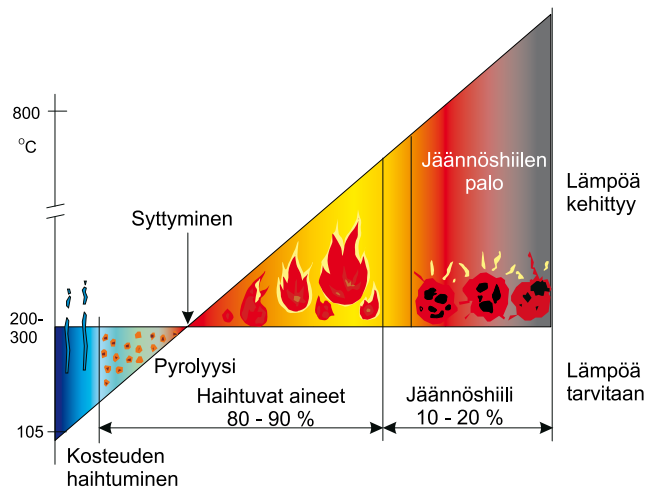
Kiinteän polttoainekappaleen palaminen riippuu sen

- kemiallisista (reaktiivisuus, pyrolysoitumislämpö, lämpöarvo),
- rakenteellisesta (palakoko, tiheys ja huokoisuus) ja
- fysikaalisista ominaisuuksista (lämpökapasiteetti, lämmönjohtavuus).

Polttoaineen palamiseen vaikuttavat oleellisesti lämmönsiirto, aineensiirto ja kemiallinen reaktionopeus. Usein jokin näistä ilmiöistä toimii poltossa palamisnopeutta rajoittavana tekijänä. Yleensä normaalin pienpoltton olosuhteissa (suuri kappalekoko) palamisprosessia rajoittavat lämmön- ja aineen siirtyminen.



Polttopuun koostumus. Lähde: Alakangas 2000



Puun palaminen ja lämmönkehitys. Lähde: Alakangas 1992

Palamisvaiheista kosteuden haihtuminen, syttyminen ja pyrolyysi ovat lämpöä kuluttavia prosesseja. Pyrolyysikaasujen sekä jäännöshiilen palaminen ovat puolestaan lämpöä luovuttavia prosesseja.

Syttymisvaihe koostuu polttoaineen lämpenemisestä, kuivumisesta ja pyrolyysin alkuvaiheesta. Syttymisvaiheessa puusta vapautuu suuria määriä vesihöyryä, haihtuvia hiilivetyjä ja alhaisessa lämpötilassa muodostuvia pyrolyysikaasuja. Kun pyrolyysikaasujen lämpötila ja pitoisuus kasvavat riittävän korkeaksi, ne syttyvät, mikä käytännössä havaitaan liekinä. Palamisvaiheeseen sisältyy polttoainekappaleen lämpeneminen liekin avulla, voimakkaan palamisen vaihe ja hiipumisvaihe. Pyrolyysinopeus on korkeimmillaan palamisvaiheessa ja pyrolyysisuotteiden muodostuminen hidastuu hiipumisvaiheessa. Viimeisessä nk. hiillosvaiheessa pyrolyysisuotteita ei enää juuri muodostu ja polttoaine palaa hitaasti ilman liekkiä.

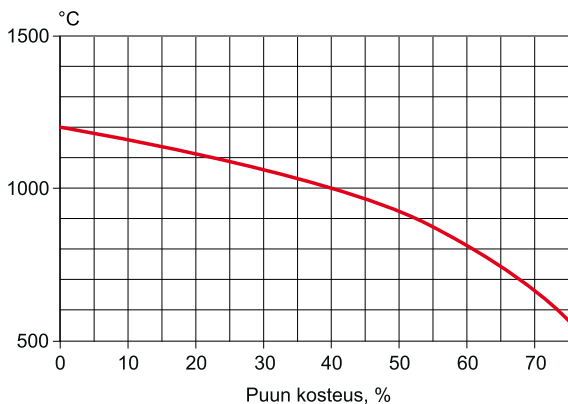
Kosteuden haihtuminen



Kosteuden haihtuminen alkaa 100–105 °C:n lämpötilassa. Kuivumista puun pinnassa tapahtuu jo alle 100 °C:ssa, koska puun sisällä voi korkeamman paineen vuoksi olla yli 100 °C. Lähde: Alakangas 1992

Polttoaineen kosteus vaikuttaa oleellisesti polttoaineen pyrolyysiin ja palamiseen. Kosteuden kasvaessa syttyminen ja pyrolysoituminen hidastuvat. Kosteuspitoisuus vaikuttaa myös jonkin verran pyrolyysisuotteisiin ja jäännöshiilen määrään.

Kosteus poistuu polttoaineesta lämpenemisnopeudesta ja kosteudesta riippuen eri tavalla. Kosteus voi siirtyä polttoainepartikkelin sisällä joko nestemäisenä tai kaasumaisessa muodossa. Tavallisesti palamista rajoittaa kosteuden siirtyminen polttoaineen sisällä. Tulipesän lämpö siirtyy hiukkasen pintaan (kuuma savukaasu, säteily) usein niin nopeasti, ettei kosteutta ehdi siirtyä sisäosista pintaan yhtä nopeasti kuin sitä haihtuu. Kosteuden haihtuminen vaatii lämpöä kuten pyrolyysi. Aluksi kostea polttoainekappale saavuttaa kuivumislämpötilan, minkä jälkeen suurin osa sen sisältämästä vedestä höyrystyy pois. Kuivumisen myötä polttoaineen lämpötila kohoaa ja alkaa pyrolyysivaihe. Pyrolyysissä polttoaineen sisältämät suuret molekyylit (mm. selluloosa, hemiselluloosa ja ligniini) pilkkoutuvat, jolloin muodostuu runsaasti palavia kaasuja, nestemäisiä tervoja ja myös eräitä inerttejä kaasuja.



Puun kosteuden vaikutus liekin lämpötilaan. Lähde: Wahlroos 1979

Pyrolyysi



Pyrolyysi alkaa jo 100–105 °C:n lämpötilassa. Varsinainen aineksen hajoaminen alkaa 200 °C:n lämpötilassa. Lähde: Alakangas 1992

Puupolttoaineen pyrolyysi on suurimmaksi osaksi lämpötilan vaikutuksesta tapahtuvia hajoamisreaktioita. Tyypillisesti pyrolyysituotteet palavat liekinä polttoainekappaleen ympärillä, jolloin vapautuu lisää lämpöä pyrolyysi-reaktioiden etenemiseen.

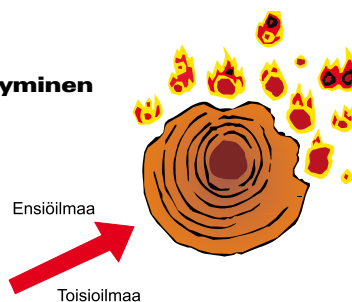
Pyrolyysissä puun sisältämät ainesosat pilkkoutuvat toisiksi yhdisteiksi. Hemiselluloosa hajoaa noin 200–350 °C:n, selluloosa 250–450 °C:n ja vähiten reaktiivinen ligniini 200–500 °C:n lämpötilassa. 400 °C:n lämpötilassa haihtuvat aineet ovat poistuneet ja kaasuntuminen hidastuu. Pyrolyysituotteet voidaan jakaa karkeasti keveisiin hiilivetyihin ja tervoihin (raskaat hiilivedyt) sekä palamistuotteisiin veteen ja hiilidioksidiin ja palamattomiin kaasuhiin hakeen ja vetyyn. Muodostuvat pyrolyysituotteet samoin kuin pyrolyysinopeus riippuvat voimakkaasti lämpötilasta. Kun puuta lämmitetään hitaasti 800–900 °C:een, on pyrolysoituvaa osuus noin 80 % sen massasta, mikä vastaa noin 50 % puun lämpöarvosta. Hitaassa pyrolyysissä polttoaine lämpenee hitaasti (alle 10 °C/s) ja alhaiseen lämpötilaan (alle 500 °C), jolloin muodostuu runsaasti tervoja ja jäännöshiiltä. Kun lämpötilaa nostetaan nopeammin ja korkeammalle muodostuu enemmän keveitä hiilivetyjä ja vähemmän jäännöshiiltä.



Käytä sytyttämiseen pienipalaista puuta, sytytyspaloja tai rutistettuja sanomalehtiä.

Kuva: Eija Alakangas, VTT

Syttyminen

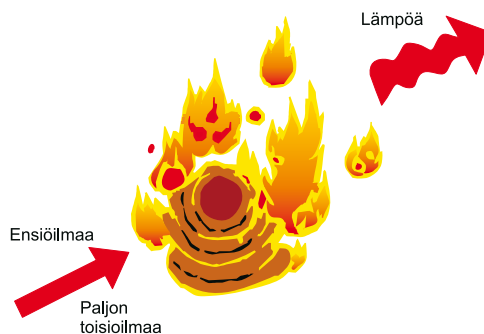


Kun lämpötila nousee yli 180 °C:n, syttyvät kaasut hetkellisesti. Yli 225 °C:n lämpötilassa syntyvät kaasut jatkavat palamista itsenäisesti sytytyksen jälkeen. Lähde: Alakangas 1992

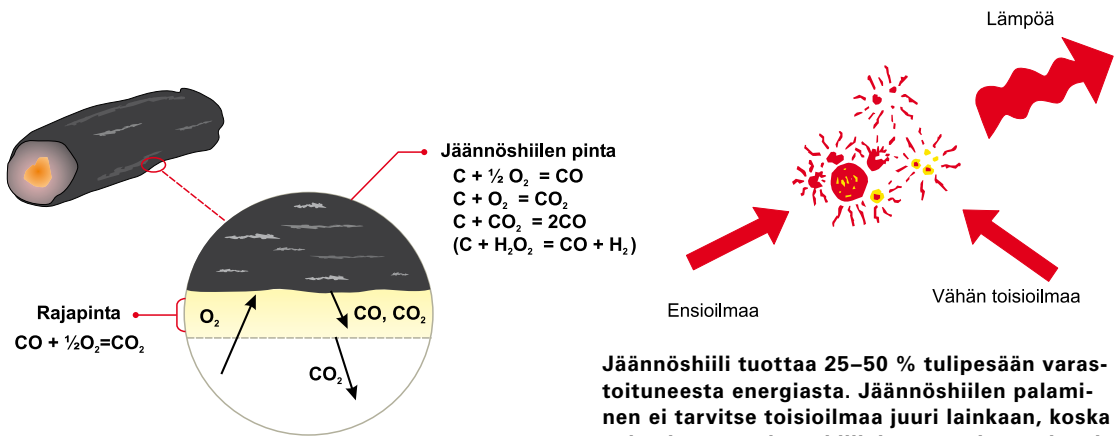
Puut syttyvät sen ympärille syntyvien pyrolyysi-kaasujen vaikutuksesta. Syttyminen tapahtuu siinä vaiheessa, kun reaktoiden lämmöntuotto ylittää lämpöhäviöt (noin 270 °C). Syttyminen riippuu ympäristön lämpötilasta, kaasun- ja happiseoksen suhteesta ja siitä, onko lähettyvillä ulkopuolista energiaa (sytytyslähdetä). Puun syttymiseen vaikuttavat ratkaisevasti polttoaineen kosteus, palakoko ja tulipesän lämpötila. Kosteus hidastaa syttymistä, sillä veden höyrystäminen vie energiaa ja kappaleen sisältä purkautuva vesihöyry jäädyttää sen pintaa. Suuremmilla polttoainekappaleilla syttyminen kestää kauemmin hitaamman lämpenemisen ja kuivumisen vuoksi. Kuivan puun syttyminen tapahtuu 200–300 °C:ssa. Kaasuseos syttyy palamaan ilman liekkiä 330 °C:ssa.

Kuivilla sytykkeillä syttyminen tapahtuu heti, koska syttymiseen tarvittavaa pyrolyysikaasua alkaa kehittyä heti. Syttymishetkellä hiukkasen pintalämpötilat ovat 380–600 °C. Liekki sammuu, kun hiukkasen sisälämpötila on 400 °C.

Pyrolyysivaiheessa puun painonmuutos on nopeaa verrattuna jäännöshiilen palamisvaiheeseen.



Viimeiset vähäiset kaasumaiset aineet, vety (H_2) ja hiilivedyt (C_xH_y), poistuvat 600–800 °C:n lämpötilassa. Polttoainekerroksen päälle johdetun ilman eli toisioilman kanssa reagoivat kaasut palavat näkyvällä liekillä. Lähde: Alakangas 1992



**Jäännöshiili tuottaa 25–50 % tulipesään varas-
toituneesta energiasta. Jäännöshiilen palami-
nen ei tarvitse toisioilmaa juuri lainkaan, koska
palaminen tapahtuu hiiloksesta tai sen pinnal-
la. Lähde: Alakangas 1992**

Jäännöshiilen palaminen

Pyrolyysin edetessä polttoaineen C/H -suhde kasvaa, jolloin muodostuu ns. jäännöshiili. Jäännöshiilen palaminen on liekitön palamisen vaihe, jossa palaminen eli polttoaineen hapettuminen tapahtuu polttoainekappaleen pintakerroksessa. Vaikka biomassapolttoaineilla jäännöshiilen osuus on yleensä vain noin 10–30 % kuiva-aineesta, sen palamisesta saatava energia on 25–50 % kokonaisenergiankehityksestä. Tämä johtuu jäännöshiilen korkeasta lämpöarvosta. Jäännöshiilen palaminen on vaiheista hitain.

Jäännöksessä, jossa on korkea hiilipitoisuus, kaasuntuminen on vähäistä ja polttoaine hapettuu pin-
nasta tai huokosten halkeamien sisältä.

Puhdas palaminen

Pilkkeiden polttaminen on panospolttoperiaatteella etenevä prosessi. Se tarkoittaa, että polttoainetta laitetaan tulipesään suhteellisen suurina panoksina ja lisäyksiä tehdään harvaan. Jatkuvatoimisessa palamisessa polttoainetta lisätään tulipesään koko ajan pienenä virtana. Esimerkiksi peltettien palaminen kamiinassa toimii tällä periaatteella.

Palamisen hyötysuhteeseen samoin kuin päästöihin vaikuttavat

- tulipesän kaasujen lämpötila,
- happipitoisuus (palamisilman määrä) ja palamisilman sekoittuminen
- seinämien lämpötila (tulipesän mitoitus ja materiaali) sekä
- polttoaineen ominaisuudet (palakoko, kosteus, sijoittaminen tulipesään, polttoaineen määrä tulipesässä).

Jotta panospoltossa palaminen tapahtuisi mahdollisimman puhtaasti, on polttoaineen oltava kuivaa, palamisilmaa on oltava sopiva määrä kutakin palamisen vaihetta varten ja sen tulisi sekoittua hyvin puusta vapautuviin kaasuihin. Lisäksi polttoaineen lisäys pitäisi osata ajoittaa ja puut sijoittaa oikein. Puhtaaseen palamiseen tarvitaan monta asiaa, joista vain osaan voidaan vaikuttaa laitteen suunnittelulla. Polttolaitteen käyttäjä voi vaikuttaa myös paljon päästöjen muodostumiseen.

Sytytyksessä tulipesään laitetaan vain pieni määrä kuivia pilkkeitä ja sytykkeitä. Kun polttoaine on pienipalaista, on sen pinta-ala suuri, ja syttyminen tapahtuu nopeasti.

Sytytyksen jälkeen voidaan puuta lisätä runsaammin, ei kuitenkaan tulipesää täyteen. Kun pyritään puhtaaseen palamiseen, polttoaine olisi lisättävä pienissä erissä, jotta vaihtelut palamisprosessissa eivät olisi liian äkkinäisiä. Liian suuren polttoainemäärän lisääminen kerralla tulipesään aiheuttaa liian runsaan kaasujen muodostumisen ja palaminen jää epätäydelliseksi. Palamisilman happi ei riitä täydelliseen palamiseen ja sekoittuminen ei ole riittävää. Osa puusta vapautuvista pyrolyysikaasuista jää palamatta. Syntyy savukaasupäästöjä, jotka ovat terveydelle haitallisia. Näillä on myös hyötysuhdetta alentava vaikutus.

8 Tulisijojen 0 päästöt

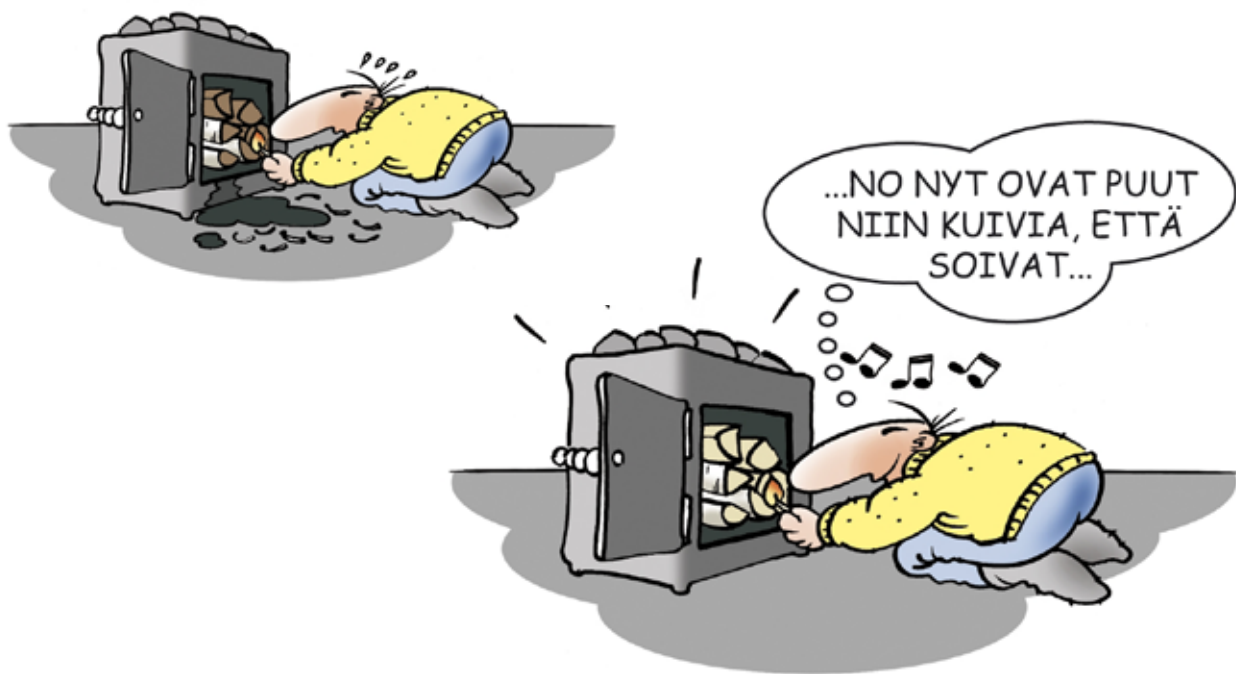
Päästöjen muodostuminen

Kaikilla polttoaineilla palaminen perustuu kemiallisiin reaktioihin, joissa polttoaine reagoi saatavilla olevan hapen kanssa ja tuottaa lämpöenergiaa. Ideaalisessa polttoaineen hiilivetyjen palamisessa tuotetaan vain hiilidioksidia ja vettä. Päästöjen muodostumiseen vaikuttavat polttoaineen ominaisuudet (alkuainekoostumus, kosteus, palakoko), käytetyn polttoaineen määrä aikayksikössä (kg/tunti), palamisilman määrä ja sekoittuminen, polttolaitteen rakenne ja palamisen hallinta. Kun palaminen on tehokasta, ovat päästötkin pienet.

Jokaisessa polttoprosessissa muodostuu vettä (H_2O) ja hiilidioksidia (CO_2). Mikäli polttoaine sisältää rikkiä, muodostuu myös rikkidioksidia (SO_2). Puupolttoaineissa rikkipitoisuus on alhainen, joten savukaasun rikkidioksidin määrä on pieni. Yleensä palaminen on jonkin verran epätäydellistä, jolloin muodostuu hiilen

palamisessa häkää eli hiilimonoksidia (CO) ja muita haitallisia päästöjä (mm. hiukkaspäästöjä ja hiilivetyjä (C_xH_y)). Suurin osa kaasumaisista hiilivedyistä on metaania (CH_4). Typen oksidien (NO_x) muodostumiseen vaikuttavat tulipesän lämpötila sekä polttoaineen typpipitoisuus. Puun typpipitoisuus on alhainen. Jos tulipesän lämpötila on yli $1400\text{ }^{\circ}\text{C}$, muodostuu ns. termistä NO_x :a. Tulisijojen tulipesissä ei yleensä saavuteta näin korkeita lämpötiloja. Mikäli polttoaine sisältää klooria (Cl), voi huonoissa ja huonosti hallituissa palamisolosuhteissa muodostua erittäin myrkyllisiä fuuraaneja ja dioksiineja. Näitä voi muodostua pääasiassa jätteiden poltossa.

Pienpolton päästöt ovat ns. lähipäästöjä. Ne purkautuvat matalalta ja vaikuttavat erityisesti paikalliseen ilmanlaatuun. Puun pienpolton päästöt eivät ole yhtä hyvin kontrolloitavissa kuin suuremmissa polttolaitoksissa, joissa käytetään hiukkaserottimia ja monipuolisempaa säätötekniikkaa.

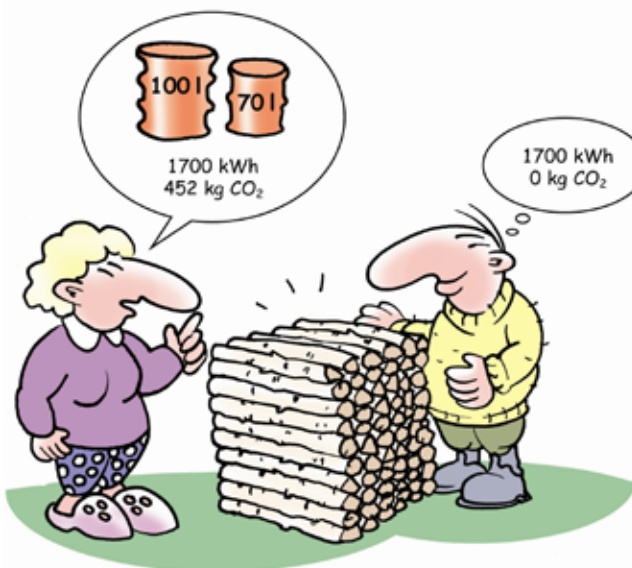


Tulisijojen päästöihin vaikuttavat monet tekijät; kuten

- polttoaineen laatu (kosteus, palakoko)
- koostumus (kalium-, natrium- ja klooripitoisuus polttoaineessa)
- polttotapa (panospoltto vai jatkuva)
- käyttötottumukset (säädot, sytytys ja täyttö)
- lämmitystapa (varaava vai suora) ja
- tulisijan tekniikka ja huolto.

Päästöihin vaikuttavat paljon myös polttoaineen laatu ja käyttötapa. Niillä on suuri merkitys mm. noen ja kondensoituvien hiilivetyjen syntyyn, joilla on tärkeä rooli pienhiukkasten muodostuksessa. Panospoltossa, jota tulisijalämmitys edustaa, syntyy hiilivetyjä eniten kiivaimman pyrolyysivaiheen aikana. Epäorgaanisista alkuaineista mm. kalium (K), natrium (Na) ja kloori (Cl) ovat helposti höyrystyviä ja muodostavat epäorgaanisia yhdisteitä, jotka ovat kooltaan alle 1 µm hiukkasia ja joista osa kulkeutuu savukaasun mukana. Merkittävä osa hiukkasten massapäästöistä syntyy pyrolyysivaiheessa. Myös hiilivetyypäästöistä suurin osa syntyy pyrolyysivaiheessa. Häkäpäästöjä syntyy myös hiillosvaiheessa.

Puun tuhka sisältää paljon mm. kaliumia (K), joka höyrystyy palamisen yhteydessä muodostaen pienhiukkasia. Sekä hyvässä että huonossa palamisessa syntyy pienhiukkasia. Suurin osa pilkkeiden polton pienhiukkasista syntyy kuitenkin epätäydellisestä palamisesta.



**Saman energiamäärän (1 700 kWh) koivukuuti-
on ja kevyen öljyn nettohiilidioksidipäästöjen
vertailu.**

Tyypillisiä hiilidioksidipäästökertoimia eri poltto- aineille. Lähde: Tilastokeskus

Hiilidioksidipäästökertoin		
Polttoaine	gCO ₂ /MJ	gCO ₂ /kWh
Jyrsinturve	105,9	381,2
Palaturve	102,0	367,2
Turvepelletti	97,0	349,2
Puu	109,6*	394,6*
Raskas öljy	78,8	283,7
Kevyt öljy	74,1	266,8
Maakaasu	55,0	198,0
Kivihiili	94,6	340,6

* puun hiilidioksidipäästöjä ei lasketa Suomen hiilidioksidipäästöihin ja puupolttoaineiden nettopäästö on nolla.

Hiilidioksidipäästöt

Usein CO₂-päästöillä tarkoitetaan fossiilisten polttoaineiden poltossa vapautuvaa hiilidioksidia, joka aiheuttaa kasvihuoneilmiotä. Puu puolestaan ei aiheuta nettohiilidioksidipäästöjä, koska kasvava puusto sitoo palamisessa syntyneen hiilidioksidin.

Teknillisen korkeakoulun selvityksen mukaan kaukolämmön keskimääräinen CO₂-päästökertoin on 219 gCO₂/kWh ja sähkön 274 gCO₂/kWh. Sähkön päästökertoin vaihtelee välillä 200–300 gCO₂/kWh.

Hiukkaset ja pienhiukkaset

Hiukkasiin liittyvät parametrit – massa, lukumäärä, koko, muoto ja koostumus – kytkeytyvät toisiinsa ja siten hiukkaspäästöä tarkasteltaessa tulisi tuntea tulos kaikkien osalta.

Hiukkaspitoisuudella tarkoitetaan hiukkasten massaa kuivassa savukaasussa (mg/Nm³) redusoituna haluttuun happipitoisuuteen, joka on tavallisesti tulisijoissa 13 % ja pienkattiloilla 10 %.

Ominaispäästöllä tarkoitetaan hiukkasten massaa poltettua energiamäärää kohti, ja se ilmoitetaan yksikössä mg/MJ (1 mg/MJ = 3,6 mg/kWh).

Pienhiukkasilla tarkoitetaan läpimitaltaan alle 2,5 µm (PM_{2,5}) hiukkasia. Yksi µm on 0,001 mm. Koon (halkaisija D) mukaan hiukkaset voidaan jaotella seuraavasti:

- ultrapienet 0,001 < D < 0,1 µm,
- kertymähiukkaset 0,1 < D < 1 µm,
- karkeat hiukkaset D > 2,5 µm.

Pienhiukkasten osuus kokonaishiukkasmassasta vaihtelee polttotavasta ja olosuhteista riippuen. Massan lisäksi pienhiukkasista ilmoitetaan usein myös lukumääräpitoisuus, kpl/cm³ tai ominaispäästö, mg/MJ tai mg/kg poltettua puuta.

Pienhiukkasia tulee ilmaan kaukokulkeumasta, liikenteestä, kevätpölystä, merisuolasta, polttoaineiden poltosta sekä muista lähteistä.

Pienimmät hiukkaset pääsevät tunkeutumaan syvälle hengityselimiin ja voivat aiheuttaa mm. astmaoireiden pahenemista sekä hengitys- ja sydänsairauksien lisääntymistä. Ilmastonmuutoksessa pienhiukkasilla (nokihiukkasia lukuun ottamatta) on pääasiassa ilmakehään viilentävä vaikutus.

Puun polton terveysvaikutuksista on vielä vähän tutkimustietoa. Savuhaitat voivat lisääntyä erityisesti tiivistä rakennetuilla pientaloalueilla tyynellä säällä, jolloin savut jäävät leijumaan hengityskorkeudelle.

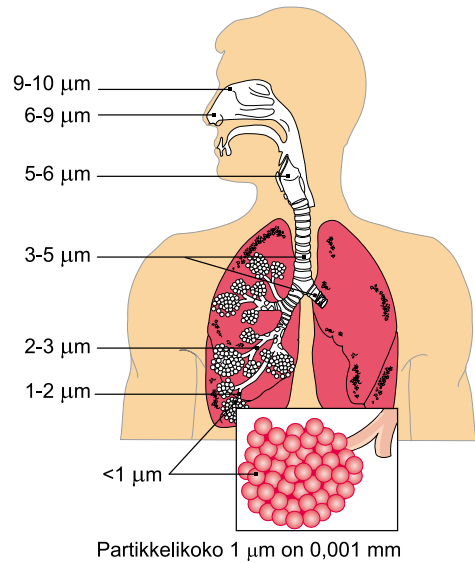
Panospolton ja jatkuvatoimisen polton päästöt eroavat toisistaan, mutta molemmilla tavoilla pitoisuuksien vaihtelut ovat suuria. Pienpolttolaitteista mitattuna keskimääräiset kokonaishiukaspäästöt ovat alle 200 mg/MJ. Panospolton häkä-, hiilivety- ja hiukaspäästöt ovat suurempia kuin jatkuvassa poltossa.

Parhaimmillaan jatkuvan polton (esim. pellettikatilan) pienhiukkaset ovat tasoa 20 mg/MJ ja jopa alle 10 mg/MJ. Tulisijoissa pienhiukaspäästöt vaihtelevat paljon. Niiden syntyyn vaikuttaa merkittävästi polttoaineen laatu sekä tulisijan käyttötapa. Uusien varaavien uunien hiilivetypäästöt ja häkäpäästöt ovat jopa kymmenen kertaa pienempiä ja pienhiukaspäästöt selvästi alhaisempi perinteisiin uuneihin verrattuna.

Mitattujen hiukkasten pitoisuus riippuu käytetyistä mittausten menetelmistä. Koska käytössä on hyvin erilaisilla periaatteilla toimivia menetelmiä, ei niillä mitattuja tuloksia voi täysin verrata keskenään. Jotta mittaustulokset olisivat keskenään vertailukelpoiset, edellyttäisi se vähintään, että kaikilla mittaajilla olisi käytössään yhtenäiset hiukkasmittausten menetelmät.

Tulisijojen päästöttestaus

Suomessa tulisijojen päästöjen testausta ei vielä vaadita, mutta tulossa on vaatimus, että kaikkien tehdasvalmisteisten tulisijojen on oltava CE-merkittyjä ja kaikkien (myös paikalla muurattujen) on täytettävä tulevaisuudessa Suomeen tulevat päästö- ja hyötysuhdevaatimukset. CE-merkintä ei vielä sinänsä takaa, että uudet päästö- ja hyötysuhdevaatimukset täyttyvät. Suomalaiset laitevalmistajat ovat jo pitkän aikaa tutkituttaneet uuniensa päästöjä Ruotsissa, Saksassa



Partikkelikoko 1 µm on 0,001 mm

Pienhiukkasten kulkeutuminen keuhkoihin.

ja USA:ssa tyyppihyväksyntää varten. Useissa maissa tulisijojen päästöjen testaus on ollut jo pitkään osa tulisijojen tyyppihyväksyntää.

Tärkeimmät määritettävät päästöt ovat hiukkas-, häkä-, hiilivety ja NO_x-päästöt. Tutkimuksissa on selvitetty myös muiden yhdisteiden muodostumista ja määriä.

Tulisijojen testaamiseksi on valmistunut uusia EN-standardeja mm. kamiinoille, varaaville uuneille, takkasydämille, liesille, pellettikamiinoille ja pellettipolttimille. Myös jatkuvatoimisille saunankiuksille on valmisteilla standardi (ks. Lähdeluettelo). Lisäksi on valmisteilla useita muita laitestandardeja. Standardit ovat tai niitä ollaan muuttamassa ns. harmonisoiduiksi tuotestandardeiksi, joka tarkoittaa, että niiden perusteella voidaan laitteisiin kiinnittää CE-merkki. Vaatimukset CE-merkin saamiseksi eivät ole kovin korkeat. Sen takia eri maissa on vielä kansallisia vaatimuksia eri päästöille.

Lämmitystavan vaikutus päästöihin

Päästöjen synnyn kannalta pahin on kitupolttu, jossa tulipesä ahdetaan yleensä täyteen puuta tai palamista pitkitetään pienellä ilmamäärällä. Tällaisessa poltossa ei saavuteta riittävän nopeasti tulipesässä korkeaa lämpötilaa, ja ilmamäärä ei riitä kaasujen loppuun polttamiseen. Alhaisen lämpötilan takia muodostuu runsaasti nokea ja tervoja, jotka tarttuvat savukanavien ja -hormin pinnoille. Savukanavien pinnoille

kertynyt noki huonontaa tulisijan lämmönsiirtoa ja voi aiheuttaa nokipalon vaaran.

Suurin osa Suomen tulisijoista on varaavia, ja lämmitys tapahtuu yleensä nopeasti ja tehokkaasti. Polttoaineen kulutus on vähintään 5 kg/tunti.

Kuvassa näkyy tyypillinen panospolton ominaisuus; palamisen jaksottaisuus. Polttoaineen syttymisen jälkeen CO₂-pitoisuus kasvaa nopeasti, ja se on korkeimmillaan 15 %. Kun polttoainepanoksen palaminen etenee, CO₂-pitoisuus laskee. Alhaiset CO₂-pitoisuudet kertovat liiallisesta palamisilmasta. Polttoaineen lisäykset näkyvät hähäpiikkeinä palamiskäyrässä.

Kuopion yliopisto toteutti pienellä varaavalla perinteisellä takalla huonon puunpolton kokeen ja vertasi tuloksia hyvään polttotapaan. Hyvässä poltossa ilmamäärä oli sopiva ja panoskoko noin 2,5 kg ja käytetyt pilkkeet järeämpiä, noin 0,5 kg:n painoisia. Huonossa poltossa palamisilman määrää rajoitettiin merkittävästi ja panoskoko oli noin 3,5 kg ja pilkkeet pieniä, noin 1/3 tavanomaisen polton pilkkeisiin verrattuna.

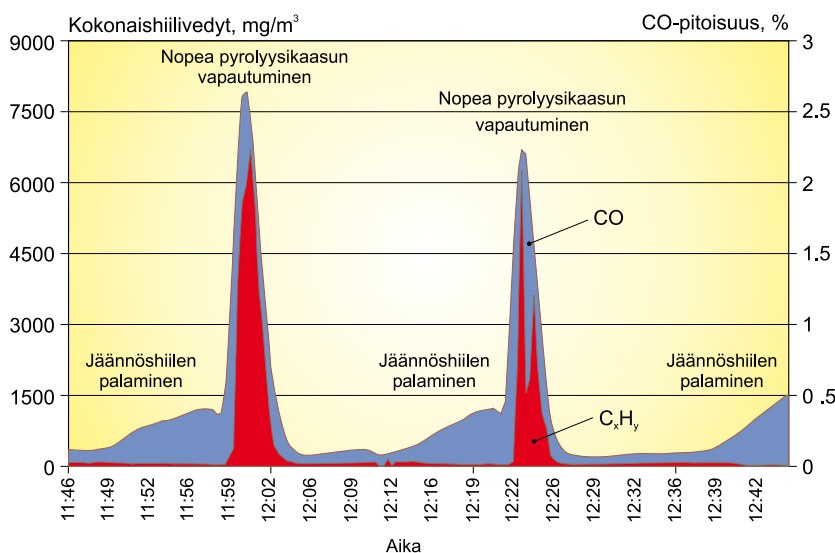
Kaasumaisten yhdisteiden ja hiukkasten päästöt olivat moninkertaisia tavanomaiseen polton päästöihin verrattuna:

- hiilimonoksidi- eli hähäpäästö oli 3-kertainen,
- kokonaishiilivetyjen (OGC) päästöt olivat 9-kertaiset,
- PM1-päästö (< 1 µm hiukkaset) oli 6-kertainen, ja
- metaanin päästöt (CH₄) olivat noin 12-kertaiset.

Huonossa poltossa selluloosan ja hemiselluloosan pyrolyysituotteen – levoglukosaanin – määrä oli 4-kertainen. Soluperimämuutoksia aiheuttavien PAH-yhdisteiden määrä oli 5-kertainen. Koska levoglukosaanille ei ole muita lähteitä kuin biomassan palaminen, sen avulla voidaan arvioida pienpolton osuutta ilman pienhiukkasista.

Sekä hyvässä että huonossa palamisessa syntyy pienhiukkasia. Hyvässä palamisolosuhteissa hiukaspäästö on pääosin epäorgaanista suoloista koostuvaa lentotuhkaa. Sen sijaan huonoissa palamisolosuhteissa lentotuhkan osuus hiukkasmassasta on pienempi, mikä johtuu runsaasta noen ja hiilivetyjen muodostumisesta. Mitä tehokkaampaa palaminen on, sitä enemmän päästössä esiintyy pienempiä hiukkasia. Lukumääräpitoisuudet eivät välttämättä korreloi suoraan palamisen hyvyyden kanssa. Hyvässä poltossa hiukkasten massapitoisuudet ovat pienemmät kuin huonossa poltossa.

Hengitettävien pienhiukkasten (PM10) pitoisuudet eivät saa ylittää 50 µm³ yhteensä 12 vuorokautena. Suomen sallittu vuorokausikeskiarvo on 70 µm³. Lisäksi PM10-pienhiukkasfraktion PAH-vuositaivoitearvo (bentso[a]pyreenille) ei saa ylittää 1 ng/m³ ulkoilmassa. Tämä tulee muuttumaan lähiaikoina koskemaan PM 2.5 hiukkasia.



Esimerkki hähä- ja hiilivetypitoisuuksista eri palamisvaiheissa perinteisellä tulisijalla.

Kuva: Heikki Oravainen, VTT

9 Tulisijojen lämmitysohjeita

Varaavien uunien lämmitysohjeita

Uunin valmistaja tai muuraaja antaa käyttöohjeet valmistamalleen uunille. Tehdasvalmisteisissa tulisijoissa noudatetaan valmistajan antamia ohjeita. Uuden tulisijan lämmitys aloitetaan varovasti.

Seuraavat ohjeet on laadittu perinteisen tulisijan lämmittämisestä. Tulisijat ovat erilaisia käyttötarkoitukseltaan ja sielunelämältään. Mitä useammin käytät tulisijaa, sitä paremmin se taipuu palvelukseksi.



Varaa ensimmäiseen pesälliseen sytykkeitä ja pienempiä polttopuita, noin 0,5 kilon painoisia ja halkaisijaltaan noin 5 cm. Puun pituus määräytyy uunin mukaan. Sopiva pituus on noin 5 cm lyhempi kuin tulipesän leveys tai pituus. Toiseen pesälliseen voit varata isompia polttopuita, noin 1 kilon painoisia ja halkaisijaltaan noin 8 – 10 cm. Tämän kokoinen puu on noin litran maitopurkin painoinen. Helloissa käytetään pienikokoista polttopuuta halkaisijaltaan alle 5 cm.

Älä käytä maalattua purkupuuta tai painekyllästettyä puuta. Paineekyllästetty puu on ongelmajätettä ja sen kuluttajahintaan sisältyy kierrätysmaksu. Tähän perustuen yksityiset kuluttajat voivat ilmaiseksi palauttaa käytöstä poistetun kyllästetyn puun rakennustarvikeliikkeisiin tai jäteasemille alle yhden kuution erissä. Ulkoverhouksissa käytetty valmiiksi pintamaalattu puu saattaa sisältää pohjustuspuunsuojaa, joka sisältää lahon-, homeen- ja sinistäjänestoaineen. Tämä tehoaine voi sisältää orgaanisia halogenoituja yhdisteitä, jotka ovat haitallisia.

Jos käytät brikettejä, aseta kaksi brikettiä viereysten ja jätä väliin rako sytytyspalalle tai muulle sytykkeelle. Lado seuraavat kaksi brikettiä väljästi ristiin ensimmäisten päälle ja sytytä.

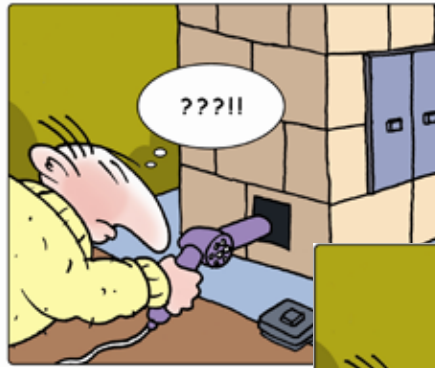


Varaa sytykkeit ja kuivat polttopuut

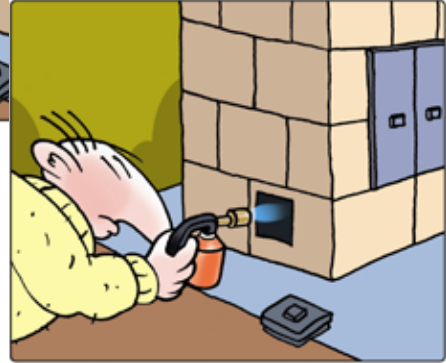
Varaa sytykkeitä ja kuivia polttopuita. Sopiva puun kosteus on 15 – 20 %. Kuivat puut helähtävät toisiansa vasten lyötessä. Hyviä sytykkeitä ovat kiehiset, sanomalehtipaperi, tuohi ja pienet lastut. Myös maitopurkkeja voi käyttää huoletta sytykkeenä. Kuivaa polttopuuta tarvitset sylillisen yhtä lämmityskertaa varten. Tuo puut ajoissa sisälle lämpiämään. Jos säilytät puut ulkona, tuo ne paria päivää ennen sisällä lämpenemään. Panoksen sopiva koko on 3 – 5 kg.



AVAA ENSIN
PELTI...



Jos veto on huono,
lämmitä hormia.



Valmistelu tärkeää

Avaa pellit ja tarkista tuhkan määrä. Tuhka ei saa yltää arinarautoihin ja palamisilman esteetön pääsy on varmistettava. Poista tuhkat palamattomasta aineesta tehtyyn, kannelliseen ja jalalliseen astiaan.

Jos tulisija on ollut pitemmän aikaa käyttämättä, voi veto olla huono. Mikäli hormissa oleva ilma on kostea tai ulkoilmaa kylmempää, ei hormissa ole vetoa. Hormissa oleva ilma on saatava liikkeelle lämmittämällä sitä. Tarkista veto polttamalla tulitikkua suuluukun aukossa. Esilämmitä hormia, jos liekki ei taivu tulipesään päin. Poista nuohousluukku alhaalta ja polta poskikanavissa rutistettua sanomalehteä tai lämmitä lämpöpuhaltimella tai hiustenkuivaajalla. Jos käytät kaasupoltinta, sytytä se ennen hormiin viemistä ja varmista, että hormissa ei ole palamatonta kaasua.

Jos tulisijassa on yläliittymäpelti eli ns. kesäpelti, avataan se sytytysvaiheessa, jolloin savukaasut virtaavat suoraan savuhormiin eivätkä kierrä poskikanavien kautta. Kun savuhormin lämpötila nousee ja muodostuu kunnollinen veto, käännetään yläliittymäpelti varovasti kiinni.

Kesäaikana, jolloin uunia ei juurikaan käytetä, kannattaa hormipeltejä pitää auki. Tällöin ilmavirtaus pitää uunin kanavat ja hormin huoneen lämpöisenä, eikä ilman kosteus pääse tiivistymään pinnoille. Myös kylmilleen jätetyissä kesämökeillä kannattaa pellit jättää talveksi auki ja huolehtia hormin ilmanvaihdesta.

Sytytä pienellä määrällä

Käytä ensimmäiseen pesälliseen pieni määrä (2,5 – 3 kg) ja halkaisijaltaan noin 5 cm:n kokoista puuta. Jos olet lämmittänyt uunia edellisenä päivänä, voit käyttää sytytykseen isompia polttopuita. Lado ne kuohkeasti ja sijoita sytykkeet päälle tai alle arinaratkaisusta riippuen. Lado puut vaakatasoon pinoten tai ristikkomuotoon ja täytä tulipesä puolilleen, mikäli uuninvalmistaja ei anna muuta ohjetta. Uunin luukut voi sulkea, kun puut palavat hyvin.

Leivinuunissa voidaan laittaa pieni pilke poikittain uunin takaosaan parantamaan ilmavuutta ja tehostamaan palamista. Yleensä leivinuunia kannattaa lämmittää edellisenä päivänä, kun paistetaan korkealämpötilaa vaativia leivonnaisia kuten ruisleipää, karjalanpiirakoita tai pizzaa.

Tulisijan valmistaja antaa käyttöohjeissaan myös ohjeet sytytykseen. Sytytysvaiheessa polttoainekerroksen yläosaan pitäisi saada nopeasti korkealämpötila. Parhaiten tämä onnistuu asettamalla sytykkeet panoksen päälle, mutta päältä sytyttäminen ei sovellu kaikkiin tulisijamalleihin. Päältä sytyttämisen etuna on, että polttoainepanoksen alaosaan lämmön vaikutuksesta vapautuvat kaasut joutuvat kulkemaan kuuman palovyöhykkeen läpi. Tämä varmistaa niiden syttymisen ja palamisen.

TARVITSET SYTYTTÄMISEEN
PIENIÄ PUITA — NIIN KUIVIA, ETTÄ
NE SOIVAT, KUN NIITÄ
LYÖ YHTEEN.
LISÄKSI SANOMALEHTEÄ TAI
MIELUITEN TUOHTA, JOS SITÄ ON.
KUIVAT LASTUTKIN KÄYVÄT...



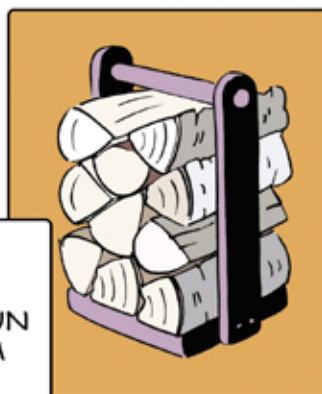
Puut lisätään vähitellen

Lisää polttopuuta mieluummin vähitellen pienissä erissä. Puita lisätään vasta kun entiset ovat palaneet lähes hiillokselle, ja liekit ovat laskeutuneet. Sijoita mielellään kuoripuoli alaspäin ja lado pillkkeet tiiviisti toisiaan vasten, jotta kaasuuntuminen olisi hitaampaa. Vältä turhaa tulen kohentelua, jotta palaminen ei häiriinny. Liekkipalon aikana tarvitaan runsaasti palamisilmaa.

Älä lado tulipesää täyteen. Vapaata tilaa pitää olla vähintään 1/3 tulipesän korkeudesta. Hellat ja keskuslämmitysliedet täytetään korkeintaan puolilleen.



...NE OVATKIN
SITTEN
JÄREÄMPIÄ. PUUN
PAINO VASTAA
TÖKKILLISTÄ
MAITOA.



ÄLÄ TÄYTÄ
NIILLÄ KOKO
TULIPESÄÄ!
VAPAATA TILAA
PITÄÄ OLLA NOIN
KOLMASOSA.

KUN LOPETAT LÄMMITTÄMISEN,
ÄLÄ SULJE PELTIÄ LIIAN
AIKAISIN, ETTEI SYNNY HÄKÄÄ!



LIIAN
AIKAISTA...



...ODOTA,
ETTÄ
HIILLOS ON
PALANUT.



...NO NIIN,
NYT VOIT
SULKEA
PELLIN...

Hiiloksen hehkusta energiaa

Punaishena hehkua hiillos luovuttaa paljon lämpöä, 25 – 50 % puun energiasisällöstä. Vähennä uunin luukusta virtaavan ilman määrää ja kohenna tummuneita kekäleitä. Hormipeltiä voi pistää pienemmälle, kun sinisiä liekkejä ei näy. Kun hiillos on palanut loppuun, sulje hormipelti kokonaan. Nykyisin hormipelleissä pitää olla pieni aukko myös kiinni asennossa ollessaan.

Leivinuunissa palamisen edetessä loppuvaiheeseen, voidaan syntynyttä hiilosta levittää ja hämmennellä uunissa. Leivinuunissa lähes loppuun palanut hiillos vedetään uunin etu- tai takaosaan jälkipalotilaan, ja hiillos poltetaan loppuun arinan alla. Kun hiilet ovat palaneet loppuun, voidaan savuhormin pelti sulkea. Ennen paistamista uuni puhdistetaan hiilikolalla tai uuniluudalla. Pidä puhdistuksen aikana savupelti auki. Ennen kuin laitat leivonnaisia uuniin anna uunin tasaantua 15 – 30 minuuttia. Ruoanlaitossa uunin tasalämpöisyys ei ole niin tärkeää.

Palaminen on onnistunut hyvin, kun tulipinnat ovat vaaleita eikä niissä näy tummaa nokea.

Muutamia tärkeitä neuvoja

- Älä polta tulisijassa jätteitä!
- Varmista polttoaineen loppuun palaminen ennen kuin suljet savupellit.
- Älä jätä uunia valvomatta lämmityksen aikana!
- Älä laita tuhkaa kompostiin! Tuhka on emäksinen, joten sen voi käyttää lannoitteena.
- Muista uunin nuohous! Kiinteistön omistaja on vastuussa nuohouksesta. Jatkuvassa käytössä olevat uunit on nuohottava kerran vuodessa. Käytä ammattitaitoista nuohoojaa.
- Viranomaiset suosittelevat häikävaroitimen käyttöä kiinteistöissä, joissa on tulisija.
- Noudata aina ensisijaisesti laitevalmistajan ohjeita. Tämä on tärkeää varsinkin uuden tekniikan tulipesillä ja arinoilla varustetuissa uuneissa. Niissä käyttö eroaa perinteistä uuneista.

...JA NAUTTIIA UUNIN
LÄMMÖSTÄ. OMA VUODEKIN
ON TOSIN TÄSSÄ VAIHEESSA
MUKAVAN LÄMMIN!



Saunan kiukaan lämmitysohjeita

Kiukaan polttoaineeksi sopii parhaiten pilke. Kiukaan lämmittämiseen ei saa käyttää korkean lämpöarvon omaavia polttoaineita kuten lastulevyä, muovia tai hiiltä. Jos käytät brikettiä, huomioi, että sen lämpöarvo on yli kaksinkertainen koivupilkkeeseen verrattuna. Vetoa säädetään tuhkalaatikkaa raottamalla. Liiallinen veto saa kiukaan kauttaaltaan punaherkkiseksi, minkä seurauksena kiukaan käyttöikä lyhenee merkittävästi. Veto on pidettävä kuitenkin kohtuullisena, jotta kiuaskivet lämpenevät riittävän kuumiksi. Toisinaan reippaammalla vedolla lämmitetty kiuas polttaa kiukaan savukanaviin kertyneen noen ja parantaa kiukaan lämpenemisominaisuuksia.

Kiukaan lämmityksen alkuvaiheessa kannattaa pitää tuhkalaatikkaa kiukan raollaan, jotta tuli palaa hyvällä vedolla. Saunomisen aikana ja saunahuoneen ollessa jo lämmin tuhkalaatikko voidaan sulkea tai ainakin pienentää palamisen ja puunkulutuksen hillitsemiseksi.

Saunahuoneen lämpeneminen riippuu huoneen tilavuudesta, kiukaan tehosta sekä saunan seinä- ja kattomateriaaleista. Oikean tehoinen kiuas lämmitää saunahuoneen kylpykuntoon puolesta tunnista tuntiin.

Saunan kiukaan lämmittämässä on erityisen tärkeää, että käytetään hyvälaatuista puuta. Koivu lämmittää tehokkaasti ja puun lisäyksiä ei tarvitse tehdä niin useasti kuin muilla puulajeilla, koska koivu on painavaa puuta. Sen lämpöarvo tilavuutta kohden on suurempi kuin esimerkiksi havupuilla. Ensimmäinen pesällinen voi olla pienempää puuta, jotta saadaan nopea alkulämmitys. Seuraavissa panoksissa voidaan lisätä isompikokoisia pilkkeitä ja vaikka hieman heikkolaatuisempaa puuta.

Saunan kiukaan lämmittäminen eroaa muista tulisijoista siinä, että puita on poltettava suurella teholla, jotta kivet saadaan nopeasti lämpimäksi. Sen takia myös savukaasujen lämpötila on korkea ja se on otettava huomioon savupiipun rakenteessa. Puukiukaiden rakenne on yksinkertainen, josta johtuen palaminen tuottaa enemmän päästöjä kuin muut tulisijat. Sen takia puun laadulla on erityinen merkitys. Jos tulipesä laitetaan täyteen, palamisilma ei tahdo riittää voimakkaan palamisen aikana, koska ilmaa johdetaan vain tuhkaluukun kautta. Kiuasvalmistajat ovat kehittäneet myös vähäpäästöisiä kiukaita, joissa palamisilmaa johdetaan tehokkaasti myös kaasutilaan. Markkinoille onkin tulossa vuoden 2009 aikana puhdaspolttainen puulämmitteinen kiuas.



Saunan lämmitys. Kuva: Harvia Oy

Pellettien poltto lisälaitteen avulla tulisijassa

Markkinoilla on myös pellettien polttoon tarkoitettuja lisälaitteita, joilla voidaan lämmittää lähinnä varaavia takkauuneja. Pellettikoreissa poltetaan kerralla pieniä määriä pellettejä. Lisälaitteet ovat ns. panospolttimia, joilla laite valitaan takkaan sopivaksi kooltaan ja kapasiteetiltaan. Laitteissa voidaan polttaa kerralla 2 – 12 kg pellettejä (9,6 – 57 kWh). Pienempiä koreja voidaan käyttää myös kamiinoissa ja takkasydämissä. Ne eivät sovellu kuitenkaan avotakkoihin, koska palamisilman johtaminen lisälaitteeseen ei ole tehokasta ja vaarana on savukaasujen leviäminen huonetilaan. Ne eivät yleensä sovellu myöskään leivinuuneihin niiden matalan tulipesän korkeuden takia ja leivinuunin arina ei lämpene, koska kori on irti arinasta. Pelletin polton lisälaitteita myydään rautakaupoissa ja myös netin välityksellä (ks. Lähdeluettelo).

Kuvissa esitetään kaksi erilaista lisälaitetta asennettuna varaavaan uuniin. Pellettien polttoon tarkoitettuja lisälaitteita on saatavana useita kokoja ja malleja.



**Pellettipoltin sytytetään sytytysnesteellä kostutetuilla pelleteillä (3 dl panos).
Kuva: Heikki Oravainen**



**Pellettilaite tulisijaan asennettuna.
Kuvat: NunnaUuni Oy.**



Pellettilaite asennettuna takka-leivinuunin tulisipesään. Tällaisessa laitteessa paloaika on useita tunteja. Kuva: Tulipiippu Ay

Näiden lisälaitteiden käyttö vaatii valmistajan ohjeiden noudattamista. On huomioitava, että laitteessa voidaan polttaa vain yksi annos kerrallaan. Varsinkin pystymallisissa laitteissa jäännöshiilen paloaika on pitkä ja kestää useita tunteja. Hiiloksen päälle ei saa laittaa lisää pellettejä, koska ne kaasuuntuvat nopeasti ja voivat aiheuttaa jopa räjähdysvaaran.

10 Tulisijan hoito

Käyttäjän hoitotoimenpiteet

Tulisijan tärkein hoitotoimenpide on tuhkanpoisto. Tuhka poistetaan palamattomasta aineesta tehtyyn ja mielellään jalalliseen tuhka-astiaan. Tuhka-astiaksi soveltuu mm. kannellinen peltinen sanko.

Tuhkamäärä on hyvä tarkistaa aina ennen tulisijan sytyttämistä. Tuhka ei saa ulottua arinarautoihin asti, koska tällöin ensiöilma ei pääse arinarautojen läpi ja arinaraudat kuumenevat liikaa.

Saunan kiukaissa on yleensä pienet tuhka-astiat. Ne kannattaa tyhjentää joka kerta ennen sytytystä.

Kesäмокеillä on saunoissa vielä paljon käytössä vedenlämmittämiseen tarkoitettuja patoja. Koska padan pohja ja seinämät ovat aina varsin kylmiä (ei juurikaan yli 100 °C), pikeentyy niihin kiinni nokea ja tervaa. Padan pohja onkin muistettava nuohota varsin usein. Jos padan vesiosan voi nostaa pois, voidaan myös seinämät puhdistaa. Nuohouksen voi tehdä teräsharjalla.

Puun tuhka on emäksinen, ja se soveltuu lannoitteeksi, mikäli et ole polttanut uunissa jätteitä. Tuhkaa ei saa laittaa kompostiin, koska se emäksisenä estää kompostin pieneliöiden toiminnan. Tuhkaa ei pidä laittaa myöskään perunamaalle, koska se aiheuttaa perunoihin rupisuutta. Tuhka on hyvä apuväline nokeentuneen luukunlasin puhdistamiseen. Kostuta ensi pala paperia tai puhdistusliina, kasta se tuhkaan ja pyyhi lasi puhtaaksi.

Nuohoojan suorittama puhdistus

Sisäasiainministeriö on antanut asetuksen nuohouksesta elokuussa 2005 pelastuslain (468/2003) 22 § mukaan. Nuohouksen suorittaa pelastustoimialueen hyväksymä piirinuohooja tai hänen palveluksessaan oleva nuohooja.

Kiinteistön omistajan tai haltijan on huolehdittava, että tulisijat ja savuhormit nuohotaan säännöllisesti.

Vakituisen asunnon tulisijat hormoneineen nuohotaan kerran vuodessa. Kerran kolmessa vuodessa nuohotaan yksityisen vapaa-ajan asunnon ja sen saunan tulisijat savu- ja liitinhormeineen. Muuhun kuin omaan yksityiseen käyttöön tarkoitettuun, säännöllisessä käytössä olevan vapaa-ajan asunnon ja sen saunan tulisijat ja hormit on nuohottava vuoden välein. Nuohous on tehtävä vapaa-ajan asunnon pääasiallisena käyttöaikana. Nuohooja puhdistaa suulukkottoman takan tulipesän vain, mikäli tästä erikseen sovitaan. Nuohouksen yhteydessä nuohooja tarkistaa tulisijojen ja hormoneihin liittyvät suojaetäisyydet sekä tikkaiden ja nuohoustelineiden kunnon. Hän ilmoittaa havaitsemistaan vioista ja puutteista kiinteistön omistajalle tai haltijalle. Käyntikertojen osalta määräyksessä ovat vain ns. vähimmäiskäyntikerrat.

Nuohoojan tehtävät

- valmistelutoimet
- tulisijan, savuhormin, sen lisälaitteiden sekä liit- tin- ja yhdyshormin nuohous,
- tulisijan ja savuhormin avaaminen,
- savupeltien puhdistus (ellei pelti ole rakenteiden sisällä) ja niiden kunnon ja toimivuuden tarkistus,
- nuohouksesta kertyneen tuhkan ja muun jätteen poistamisen sekä sen paloturvallisen sijoituksen



Perinteiseen nuohoojan työkaluvalikoimaan kuuluu nuohouskauhat ja laskunaru sekä eri painoisia kuulia. Savuhormin puhdistamisessa käytettävien harjojen materiaalivalikoimiin on tullut keraamisten sisäpiippujen myötä pehmeämpiä materiaalivaihtoehtoja. Kuva: Nuohousalan Keskusliitto



Nuohousvaijerien ja vaijeriharjojen avulla puhdistetaan tulisijan savunkierto. Jäykällä vaijerilla saadaan harjattua savunkierto huolellisesti. Nuohoojamestari Anne Aalto puhdistamassa tulisijaa. Kuvat: Pekka Mäkinen/Nuohousalan Keskusliitto



Valmistelutoimet ovat toimenpiteet ennen varsinaisen työn aloittamista, jotta ne voidaan tehdä siististi ja turvallisesti. Valmistelutoimilla tarkoitetaan kohteen (tulisija, savuhormi tai lämmitysjärjestelmä) suojaamista, jolla vältetään ympäröivän tilan likaantuminen, nokipölyn pääsy ympäristöön.

Tulisijojen, sen hormien ja ilmanvaihdon on työn suorituksen jälkeen oltava samassa käyttövalmiudessa kuin ennen nuohousta.

Nuohooja poistaa nuohouksesta syntyneen jätteen. Jos nuohooja havaitsee vikoja ja puutteita, hän ilmoittaa niistä paloviranomaiselle ja kiinteistön omistajalle. Nuohooja hoitaa myös noen polton, jos tulisijaan ja hormoneihin on kertynyt nokea, pikeä yms. aineita, jotka voivat aiheuttaa nokipalon. Nuohooja osallistuu myös nokipalon hoitoon.

Kiinteistönomistajan on huolehdittava, että katolle johtavat tikkaat ovat kunnossa. Kuva: Juha Ahvenharju/Nuohousalan Keskusliitto

11 Vaaratilanteet

Tulisijojen käytön suurimmat vaarat ovat tulipalo-vaara sekä häämyrkytys.

Merkittävä osa rakennusten tulipaloista – noin 14 prosenttia – aiheutuu tulisijoista ja savuhormeista. Tulisijoista kiukaat aiheuttavat eniten tulipaloja. Osa savuhormien aiheuttamista paloista ja nokipaloista saa alkunsa kiukaan lämmityksestä. Saunatiloista voidaankin sanoa alkavan noin 50 % kaikista tulisijan aiheuttamista paloista.

Yleensä vaurioihin on syynä väärä käyttö. Tulisijaa suunniteltaessa on paloturvallisuuteen liittyvät määräykset ja ohjeet, mm. suojaetäisyydet, savuhormin ja -piipun mitoitus, otettava vakavasti. Tulisijaa on muistettava myös käyttää oikein ja huoltaa poistamalla tuhka. Jos kerran vuodessa suoritettu nuohous ei riitä, voi nuohoojan tilata myös useammin.

Polttoainetta on säilytettävä sisällä siten, että siitä ei aiheudu palon vaaraa. Lisäksi on huomattava, että polttoainetta ei saa säilyttää tulisijan päällä.

Tulipaloista pahin on nokipalo, jolloin savukanaviin ja savupiipun pinnoille tiivistynyt piki ja noki syttyvät palamaan. Noki on hiiltä hienojakoisessa muodossa. Sitä syntyy polttoaineen palaessa epätäydellisesti. Noki voi sisältää myös tervaa, vettä, happoja jne. Noki tarttuu savukanavien ja savupiipun pinnoille, ja se voi syttyä palamaan eli syntyy ns. nokipalo. Nokipalo on erittäin vaarallinen, ja liekit voivat nousta korkealle savupiippuun. Kun noki sisältää hiiltä, on sen lämpöarvo korkea. Nokipalossa on vaarana palon leviäminen muuhun kiinteistöön sekä savupiipun halkeamisen vaara.

Tulipalossa on välittömästi otettava yhteyttä hälytyskeskukseen (puhelinnumero on 112).

Sammutuspeite ja käsisammutin ovat tehokkaita alkusammutusvälineitä. Perinteinen sankoruisku on tehokas sammuttaja, kun sen pitää vedellä täytettynä, mutta sitä ei saa käyttää rasva- ja sähköpaloihin. Pidä sammutusväline lähellä aina, kun olet tekemisissä tulen kanssa. Ensiapulaukku on myös hyvä hankinta. On tärkeää miettiä ennakoon, miten toimitaan, jos vaaratilanne syntyy. Kerro kaikille perheenjäsenille ja vieraille, miten rakennuksista poistutaan ja missä kokoontutaan, jos tuli pääsee irti. Myös sammuttamista on hyvä harjoitella etukäteen.



Nuohooja Tommi Naskali noenpoltossa.

Kuva: Panu Hakama/Nuohousalan Keskusliitto

Huonetilaan jossa on tulisija suositellaankin hankittavaksi palovaroittimen lisäksi myös häävaroitin. Palovaroittimet toimivat eri tavoin. Ionisoiva palovaroitin reagoi pienipartikkelisiin näkymättömiin savuihin, joita yleensä kaikissa tulipaloissa syntyy. Valtaosa Suomen markkinoilla olevista varoittimista saattaa olla ionisoivia, mutta niiden osuus on vähennemässä. Optinen palovaroitin reagoi suuripartikkelisiin näkyviin palokaasuihin, joita syntyy erityisesti muovien ja keinokuitujen paloissa. Optiset varoittimet ovat valtaamassa markkinoita. Jos asunnossa käytetään vain yhtä palovaroitin, silloin kannattaa valita ionisoiva varoitin, koska se on hyvä yleispalovaroitin. Kylpyhuoneen ja keittiön läheisyydessä on optinen varoitin kuitenkin käyttäjäystävällisempi,



Sammutuspeite ja käsisammutin ovat tehokkaita alkusammutusvälineitä. Kuvat: SPEK.



Häkä- ja palovaroitin asennetaan kattoon. Kuvat: Kidde Finland Oy ja SPEK.

koska se ei aiheuta ruoanlaittokäryjen ja kosteuden takia läheskään siinä määrin turhia hälytyksiä kuin ionisoiva palovaroitin. Palovaroittimien lukumääräksi asunnossa on riittänyt tähän asti yksi palovaroitin per asunnon kerros. Uusi valmisteilla oleva valtioneuvoston asetus palovaroittimista vaatii, että palovaroittimen toiminta-alue asunnossa on enintään 60 m² per asunnon kerros, joten tätä suuremmissa asunnoissa tarvitaan lisäpalovaroittimia. Asetuksen suunniteltu voimaantulon ajankohta on 1.3.2009.

Jos huoneessa on tulisija, parhaan suojan saat yhdistetyllä häkä- ja palovaroittimella. Häkävaroitin reagoi vain häkään eli hiilimonoksidiin. Nykyaikaiset häkävaroitimet toimivat elektrokemiallisella periaatteella ja näyttävät häkämäärän reaaliajassa. Häkä- ja palovaroittimet asennetaan yleensä keskelle kattoa. Lämmin savu nousee ensin katonrajaan. Häkäkin on aavistuksen verran ilmaa kevyempää ja usein siinä on lämpöä mukana. Asennuspaikka varmistetaan varoit-

timen käyttöohjeesta. Varmimmin toiminta taataan asentamalla varoitimet toimimaan verkkovirralla. Ympäristöministeriön asetuksen mukaan 1.2.2009 alkaen kaikissa sähköistetyissä uudisasunnoissa on oltava verkkovirtaan kytketty palovaroitin (RakMK E1).

Muista huoltaa palovaroitin

- Testaa painamalla testinapista kerran kuukaudessa. Testinapista painamalla testaat pariston ja äänilähteen kunnon.
- Vaihda paristo tarvittaessa. Paristo kestää noin vuoden. Palovaroitin kestää noin kymmenen vuotta ja häkävaroitin viisi vuotta.
- Älä jätä varoittimia kylmään ja kosteaan, esim. kylmillään olevaan kesämökkiin talveksi.
- Vanhoja palovaroittimia ei saa hävittää talousjätteen mukana, vaan ne on toimitettava kodin muiden vanhojen sähkö- ja elektroniikkalaitteiden tapaan asianmukaiseen keräykseen.

Palovaroittimien toimintaperiaatteita

- ionisoiva palovaroitin – reagoi nopeasti ilmitulesta tulevaan savuun.
- optinen palovaroitin – reagoi ionisoivaa nopeammin kytevään, kylmään savuun.
- lämpövaroitin – reagoi riittävän korkeaan lämpötilaan tai lämpötilan nousuun tyypistä riippuen.
- häkävaroitin – reagoi vain häkään.

Joka seitsemäs vapaa-ajan rakennuksen tulipalo aiheutuu tulisijoista tai savuhormeista. Palot aiheutuvat usein savuhormien tai uunin halkeamisista. Hormin halkeamia on vaikea havaita itse, joten säännöllinen nuohous on tärkeää. Nuohooja tarkistaa tulisijojen, hormin ja piipun kunnon. On myös hyvä muistaa että ensimmäisellä kerralla talven jälkeen tulisijaa lämmitetään varovasti pienillä tulilla. Alkulämmityksen voi tehdä esimerkiksi polttamalla ulkotuli-pakkausta tulisijassa. Liian nopea ja raju lämmittäminen saattaa vaurioittaa tulisijaa ja savuhormia ja niiden välistä liitosta.

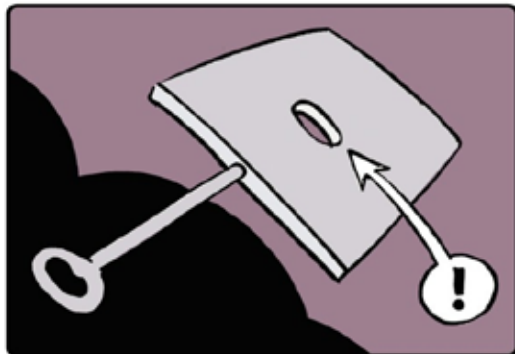
Palovaroitin on pakollinen myös vapaa-ajan asunnoissa kaikissa rakennuksissa, joissa yövytään. Varoittimen paristot on hyvä vaihtaa talven jälkeen ja testata varoittimen toiminta testinappulasta painamalla.

Häkä on ihmiselle hengenvaarallista. Häkää on vaikea havaita, koska se on savuton, hajuton ja väritön kaasu. Häkäkaasun terveyshaikka perustuu sen kykyyn sitoutua veren hemoglobiiniin. Häkä sitoutuu jopa 300 kertaa nopeammin kuin happi. Savupellin liian aikainen sulkeminen aiheuttaa helposti häkävaaran. Häkävaaran välttämiseksi on sulkupeltiin jätettävä aukko, joka pellin suljettuna ollessa on 3 % hormin pinta-alasta. Mikäli pientalossa on vain koneellinen poistoilmanvaihto, on huolehdittava, että hormi ei toimi tuloilmaventtiilinä (RakMk E3).

Jos tulisijasta tulee savua huoneeseen, voi siinä olla vuotokohtia tai veto ei ole riittävä.

Sekä häkämyrkytys että nokipalo liittyvät epätavalliseen palamiseen, joten oikeiden lämmitystapojen opettelu on tärkeää.

PELLISSÄ PITÄISI
OIKEASTAAN OLLA
PIENI REIKÄ, JOKA
ESTÄISI SEN
TÄYDELLISEN
SULKEUTUMISEN.



Savupellin pinta-alasta poistetaan 3 % häkävaaran ehkäisemiseksi.

Käytetyt yksiköt ja lyhenteet

Eri energiayksikköjen väliset muuntokertoimet

	kWh	MJ	Mcal
kWh	1	3,6	0,86
MJ	0,2778	1	0,2388
Mcal	1,1630	4,1868	1

Esimerkki: 1 MJ = 1 000 kJ = 0,2778 kWh

1 TWh = 1 miljoona MWh

100 ppm = 0,01 %

Etuliitteet

μ = mikro	10 ⁻⁶	0,000 001
k = kilo	10 ³	1 000
M = mega	10 ⁶	1 000 000
G = giga	10 ⁹	1 000 000 000
T = tera	10 ¹²	1 000 000 000 000
P = peta	10 ¹⁵	1 000 000 000 000 000

Lämpöarvojen vertailu

(polttoaineet käyttökosteudessa)

Turbibriketti	5 100 kWh/tonni
Palaturve	1 300 kWh/m ³
Jyrsinturve	900 kWh/m ³
Koivupilke	1 700 kWh/pino-m ³
Havupuupilke	1 350 kWh/pino-m ³
Leppä- ja haapapilke	1 250 kWh/pino-m ³
Polttohake	850 kWh/irto-m ³
Puupelletti	4 800 kWh/tonni
Kivihiili	7 110 kWh/tonni
Raskasöljy	11 140 kWh/tonni
Kevytöljy	10 000 kWh/m ³ (1 m ³ = 1000 litraa)

Määritelmiä

Avotakka

Suuluukuton tulisija, joka liittyy savuhormiin yläosastaan.

Emissiivisyys (ε)

on säteilytehon suhde teoreettiseen maksimisäteilytehoon eli mustan kappaleen säteilytehoon. Emissiivisyyteen vaikuttavat materiaalin pinnan ominaisuudet mm. väri ja lämpötila.

Haihtuvat aineet (%)

Polttoaineen sisältämien orgaanisten aineiden kaasumuodossa poistuvia komponentteja ja hajoamistuotteita kuumennettaessa polttoainetta 900 °C:ssa hapettomassa tilassa. Biopolttoaineiden haihtuvat aineet määritetään painoprosentteina kuiva-aineesta CEN/TS 15148 – menetelmällä.

Hyötysuhde (η, %)

Hyötysuhteella tarkoitetaan prosessissa hyödyksi saadun energian (nettoenergia) suhdetta prosessiin vietyyn energiaan (bruttoenergia).

Ilmakerroin, λ

Ilmakerroin (λ) on todellisen palamisilmamäärän suhde teoreettiseen ilmamäärään.

Kamiina

Pieni, kevyt, metallirakenteinen lämmitin, jolla on korkeasta pintalämpötilasta johtuen suuri, mutta lyhytaikainen lämmönluovutus.

Karsinogeenisuus

Syöpää aiheuttava ominaisuus. PAH-yhdisteistä erittäin karsinogeenisia ovat mm. bentso[a]pyreeni (BaP), dibents[a,h]antraseeni, 7, 12-DMBA ja 3-metyylikolantreeni.

Kastepiste, °C

Kastepiste on lämpötila, jossa savukaasuissa oleva vesihöyry, hapot, piki ja terva rupeavat tiivistymään savukanavien seinämille. Kastepistelämpötila on sitä korkeampi, mitä enemmän polttoaineessa on kosteutta ja mitä suurempi on savukaasujen CO₂-pitoisuus. Tulisijojen savukaasujen CO₂-pitoisuus on yleensä 6 – 12 %, jolloin puun kastepiste on 35 – 50 °C.

Happokastepiste on lämpötila, jossa savukaasusta alkaa tiivistyä syövyttävää happoa savukaasuhormi sisäpinnalle.

Kasvihuoneilmiö

Kasvihuoneilmiö on ilmakehän ominaisuus, joka johtuu siitä, että ilmakehä läpäisee hyvin näkyvää valoa, mutta pidättää tehokkaasti maan ja merenpinnan säteilemää infrapunasäteilyä. Kasvihuoneilmiö johtuu kasvihuonekaasuista, joita ovat lähinnä hiilidioksidi (CO_2) ja vesihöyry. Vesihöyryä ei lasketa ihmisen toiminnasta aiheutuvaksi kasvihuonekaasuksi. Kasvihuonekaasuihin kuuluvat myös metaani (CH_4) ja ilokaasu (N_2O). Metaani muutetaan vastaamaan hiilidioksia kertoimella 21 ja ilokaasu kertoimella 310.

Keskuslämmitysliesi

Keskuslämmitysliesi on tulisija, jossa on yhdistetty keskuslämmityskattila ja puuliesi. Niillä on joko erillinen tai yhteinen tulipesä.

Kiuasuuni

Tulenkestävästä valumassoilla vuorattua kiuasuunia käytetään vapaakiertoisen ilmalämmityksen lämmön lähteenä. Uuni sijoitetaan saunaan, josta lämmin ilma johdetaan huonetiloihin painovoimaisesti. Uuni toimii myös saunankiukaana sekä tuottaa lämpimän käyttöveden.

Liesi

Ruoan keittämiseen ja paistamiseen tarkoitettu tulisija, jossa on usein myös paistinuuni ja veden lämmitykseen tarkoitettu vesisäiliö.

Leivinuuni

Pääasiassa leivonnaisten paistamiseen sekä pitkän ajan vaativan ruuan kypsentämiseen, mutta myös lämmittämiseen tarkoitettu tulisija.

Mutageenisuus

Mutageeni on aine, joka aiheuttaa periytyvän muutoksen organismin geneettisessä materiaalissa. Ominaisuutta käytetään erilaisten päästöjen haitallisuuden mittaamiseen.

Muurattu tulisija

Pääasiassa muuraukappaleista ja -laastista paikalle rakennettu kiinteää polttoainetta käyttävä laite, jossa voi olla myös metallisia tai muita tulenkestäviä osia tai eri tavoin toisiinsa liitettyjä tulenkestäviä muotokappaleita.

Nokipalonkestävyys G (mm)

CE-merkintään liittyvä standardin mukaisen nokipalotestin perusteella savuhormille annettu luokitus ($G = \text{nokipalonkestävyä, (mm)} = \text{etäisyys palavaan materiaaliin}$). Nokipalotesti tehdään johtamalla piipun 1 000 °C kuumaa kaasua 30 minuutin ajan.

Ominaiskulutus ($\text{kWh/R-m}^3, \text{a}$ tai $\text{kWh/m}^2, \text{a}$)

Ominaiskulutus ilmaisee rakennuksen vuotuisen energiankulutuksen rakennuksen tilavuutta tai pinta-alaa kohti.

Orgaaniset halogenoidut yhdisteet

Fluoria (F), klooria (Cl), bromia (Br) tai jodia (I) sisältäviä yhdisteitä. Esimerkiksi PVC-yhdisteet (PVC – polyvinyylikloridi; muoveissa) ja PCB-yhdisteet (PCB – polykloorattu bifenyyl; ennen 1970 mm. PVC-muovin lisäaine). Furaaneja (PCDF – polyklooratut dibentsofuraanit) ja dioksiineja (PCDD – polyklooratut dibentsidioksiinit) voi muodostua, kun poltetaan orgaanisia klooriyhdisteitä huonoissa palamisolosuhteissa.

Paikalle tiilistä muurattu savupiippu

Pääasiassa tiilistä ja laastista paikalle muurattu savupiippu.

Paikalle teräksestä rakennettu savupiippu

Pääasiassa teräsputkista ja lämmöneristeestä paikalla rakennettu savupiippu.

Puubriketti

Puristettu/tiivistetty puupolttoaine, joka on puristettu jauhetusta puubiomassasta sideaineiden avulla tai niitä ilman kuution- tai sylinterinmuotoisiksi kappaleiksi. Briketit valmistetaan tavallisesti mätäpuristimella. Briketin kokonaiskosteus on yleensä alle 15 paino-%.

Puupelletti

Puristettu/tiivistetty puupolttoaine, joka on valmistettu jauhetusta puubiomassasta sideaineiden avulla tai niitä ilman lieriönmuotoisiksi kappaleiksi, joiden satunnainen pituus yleensä 5 - 30 mm ja joilla on murretut päät. Pelletit valmistetaan tavallisesti matriisilla. Pellettien kokonaiskosteus on yleensä alle 10 paino-%.

Pieni savupiippu

Yhdestä tai useammasta savuhormista rakennettu piippu, johon liittyviin tulisijoihin viety lämpöteho on yhteensä enintään 120 kW.

Pilke, klapi, pienhalko, nalikka

Koti- ja maatalouden keskuslämmityskattiloissa ja tulisijoissa käytettävä 25–50 cm pitkä katkaistu ja halkaistu puu. Termit tarkoittavat samaa. Pilkkeellä voidaan tarkoittaa myös vain 5–15 cm:n pituisia rangaista (viistosti tai suoraan) pätkittyjä ja halkaistuja paloja, joita käytettiin mm. sodan aikana puukaasuttimissa.

Polttoaineen alkuaineanalyysi, elementaari-analyysi (%)

Polttoaineen sisältämien alkuaineiden, hiilen (C), vedyn (H), hapen (O), typen (N) ja rikin (S) määritys. Happipitoisuus lasketaan muiden alkuaineiden perusteella. Biopolttoaineille hiili-, typi- ja vetypitoisuuden määrittäminen tehdään CEN/TS 15104 -menetelmällä. Rikki- ja happipitoisuus määritetään menetelmällä CEN/TS 15289.

Polttoaineen kosteus (M, paino- %)

Polttoaineen kosteus ilmaisee polttoaineen sisältämän vesimäärän, joka ilmoitetaan kostea polttoainetta kohti. Kosteusprosentti (M) eli kosteus on veden prosenttiosuus polttoaineen kokonaismassasta. Kosteus määritetään CEN/TS 14774 normin mukaan. Näyte kuivataan korkeintaan 24 tuntia 105°C:n lämpötilassa (tarkkuus ± 2°C).

Polttoaineen kosteussuhde (u, paino- %)

Polttoaineen vesimäärän suhde kuiva-aineeseen.

Polttoaineen kuiva-aine (d)

Kuiva-aineen massa (kg) on polttoaineen vedettömän osan kokonaismäärä, jota käytetään kuiva-aineosuuk-sien vertailuperustana. Polttoaineen kuiva-aineessa on sekä palavia että palamattomia aineosia. Palavia osia ovat lähinnä hiili, vety, happi, typi ja rikki ja palamattomia epäorgaaniset aineosat eli mineraali-aines (tuhka).

Polttoaineen lämpöarvo (MJ/kg, kWh/kg)

Lämpöarvo on täydellisessä palamisessa kehittyvän lämmön määrä polttoaineen massaa kohti. Usein lämpöarvo ilmoitetaan myös tilavuutta kohti (MJ/m³ tai MWh/m³). Biopolttoaineiden kuiva-aineen kalorimetrinen lämpöarvo määritetään CEN/TS 14918 menetelmällä ja tehollinen lämpöarvo (alempi lämpöarvo) lasketaan tulosten perusteella. Koste-an polttoaineen lämpöarvo (tehollinen lämpöarvo saapumistilassa) lasketaan standardin EN 14961-1 liitteen E mukaan.

Polyaromaattiset hiilivedyt (PAH-yhdisteet)

Polyaromaattiset hiilivedyt ovat kahdesta tai useam-masta bentseenirenkaasta muodostuneita, vain hiiltä ja vetyä sisältäviä yhdisteitä. PAH-yhdisteiden joukko on hyvin suuri. Tulisijojen tutkimuksissa on määri-tetty 7 - 32 erilaista PAH-yhdistettä. Osa PAH-yh-disteistä on mutageenisia ja/tai karsinogeenisiä (ks. mutageenisuus, karsinogeenisuus).

Pyrolyysi

Kiinteän polttoaineen hajoaminen lämmön vaiku-tuksesta kaasuiksi ja/tai nesteiksi.

Pysyvyyskäyrä

Pysyvyyskäyrä kertoo energiantarpeen (teho) vaihte-lun eri vuoden aikoina. Käyrän sisäänjäävä pinta-ala on energiankulutus.

Päästöt

Polton yhteydessä syntyviä haitallisia, savukaasuis-sa olevia yhdisteitä ja epäpuhtauksia. Näitä ovat mm.hiukkas-, hiilimonoksidi-(CO), rikkidioksidi-(SO₂), kokonaishiilivety- (C_xH_y tai OGC), typen ok-sidien (NO_x) ja polysyklisten aromaattisten hiilive-tyjen (PAH) päästöt. Päästöt ilmoitetaan yleensä 13 %:n happipitoisuudessa mg normikuutiometriä kohti (mg/Nm³). Päästöt voidaan ilmoittaa myös yksiköissä (mg/MJ) tulisijaan tulevaa polttoaine-energiaa kohti laskettuna.

Pölypäästöt, hiukkaspäästöt (mg/Nm³, mg/MJ)

Savukaasuissa olevien epäpuhtauksien massa sa-vukaasujen normikuutiota tai polttoaine-energiaa (MJ) kohti laskettuna. Polttoaine-energia lasketaan polttoaineen painon ja tehollisen lämpöarvon tu-lona. Pölypäästöt ilmoitetaan normaaliolosuhteissa (0 °C, 101,3 kPa) olevan kuivan kaasun tilavuutta kohti ja tulisijoille 13 % happipitoisuudessa. Hiuk-kasista voidaan mitata myös eri fraktioita, PM10 (< 10 µm) ja pienhiukkasia P2,5 (< 2,5 µm) ja PM1 (< 1 µm)

Ranka

Karsittu, täyspitkä puu, jonka halkaisijamitat ovat osittain alle kuitupuun mittavaatimusten.

Savuhormi

Tulisijassa syntyvän savun poistamiseen käytettävä väylä seinämineen, jota pitkin palamistuotteet kul-jetetaan ulkoilmaan. Tulisija voidaan liittää savuhor-miin erillisillä yhdys- ja/tai liitinhormeilla.

Savupiippu

Yleensä pystysuora rakennusosa, jossa on vähintään yksi hormi.

Sulkupelti

Laite, jolla voidaan sulkea savuhormin muodostama savukaasujen ja ilman virtausreitti.

Sääsuoja

Savupiipun yläpäässä oleva rakenne, joka suojaa savupiippua sään vaikutuksilta.

Takkakamiina

Metallirakenteinen, suurilla suuluukuilla varustettu pienehkö, korkean pintalämpötilan ja suuren lämmönluovutuksen omaava tulisija. Sopii parhaiten vapaa-ajan asunnon nopeaan lämmön nostamiseen.

Taloustulisija

Tulisija, jota ei ole tarkoitettu koko rakennuksen jatkuvaan lämmittämiseen ja jossa yleensä poltetaan kiinteitä polttoaineita. Tällaisia tulisijoja ovat mm. uunit, leivinuunit, liedet, liesileivinuunit, avotakat, takkauunit, kiukaat ja kamiinat.

Tiheys, ρ (kg/m³)

Polttoaineen massa tilavuusyksikköä kohti. Tiheys riippuu sekä polttoaineen kuiva-ainemäärästä että kosteudesta.

Tuhka

Aineen palaessa syntyvä kiinteä, epäorgaaninen jäännös. Tuhkapitoisuus (%) on tuhkan paino-osuus polttoaineen kuiva-ainesta, johon sisältyy myös tuh-

ka. Biopolttoaineiden tuhkapitoisuus määritetään CEN/TS 14775 -menetelmällä.

Tulisija

Rakennuksessa oleva kiinteiden, nestemäisten tai kaasumaisten aineiden polttamiseen tarkoitettu laite, jonka palamistuotteet johdetaan savupiipun kautta ulkoilmaan. yhdistetty rakennuksen savuhormiin.

Tulisijaan viety lämpöteho

Tulisijan aikayksikössä käyttämän polttoainemäärän (kg/s) ja polttoaineen tehollisen lämpöarvon (kJ/kg) tulo vähennettynä häviöillä. Tulisijan tuottama nettoenergia (kWh) saadaan kertomalla tulisijan lämpöteho (kW) lämmitysajalla (h).

Varaava tulisija

Tulisija, jolla on lämmönvarastointikykyä. Tällainen tulisija on painava ja siinä voi olla erillinen kuori-kerros.

Veto

Savupiipulle ominainen kyky johtaa savukaasut ulkoilmaan. Vetoon vaikuttavat savupiipun korkeus, savuhormin virtausvastus, savupiipun pään virtaus-tekniset ominaisuudet ja sijoitus sekä vallitsevat lämpötilaerot ja tuuliolosuhteet.

Uuni

Tavallisesti muurattu tai tehdasvalmisteinen suuluukulla varustettu lämmityslaite.



Kuva: Harvia Oy

- Alakangas, E. (toim.) 2007. Puupolttoaineiden pientuotannon ja –käytön panostusalue. Vuosikatsaus 2007. Tekes, Teknologia katsaus 208/2007. 230 s. (www.tekes.fi)
- Alakangas, E. & Oravainen, H. Pökköä pesään – Vaa-
raavien uunien lämmitysohjeita, tiedote 6 s. (www.
biohousing.eu.com)
- Alakangas, E. 2000. Suomessa käytettävien polttoai-
neiden ominaisuuksia. Espoo. Valtion teknillinen tut-
kimuskeskus, VTT Tiedotteita 2045. 172 s. + liitt. 17
s. (www.inf.vtt.fi/pdf/tiedotteet/T2045.pdf)
- Alakangas, E. & Wiik, C. 2008, Käytöstä poistetun
puun luokittelu ja hyvien käytäntöjen kuvaus, VTT-
R-04989-08, 54 s. + liitt. 30 s. (http://www.energia.
fi/fi/kaukolampo/kirjasto/tutkimusraportit)
- Alakangas, E. Taloustulisijojen käyttö, Rakennuskirja
1992. 68 s.
- Alhojärvi, P. 1981. Polttopuiden rasikuivatus. Työteho-
seuran metsätiedote. 4 s.
- Alkula, R, Brusila, A.-L. & Tuomi, S. 1984. Aiotko
hankkia kotitalouden tulisijan. Helsinki. Työtehoseu-
ran kotitaloustiedote 15/1984. s.15.
- Aurinkoenergia – Altener Tiedote 6. 1998, VTT &
Aurinkoteknillinen yhdistys, 12 s.
- Erkkilä, A. & Alakangas, E. 2008. Tulisijapolttolaitteen
hankinta. VTT-R-11020-08
(www.biohousing.eu.com)
- Erkkilä, A. & Alakangas, E. Klapia liiteriin. Biohousing
tiedote, 4 s. (www.biohousing.eu.com)
- Heljo, J. Nippala, E. & Nuutila, H. 2005. Rakennusten
energiankulutus ja CO₂-ekv päästöt Suomessa. Tampe-
reen teknillinen yliopisto, rakentamistalouden laitos,
Raportti 2005:5.
- Heljo, J. 2008. Lämmitysmarkkinoiden kehitys – millä
Suomi lämmittää tulevaisuudessa. Energiatieteiden seuran
Kevätseminaari 9.5.2008.
- Hillebrand, K. & Frilander, P. 2005. Pilkkeen kuivaus
ja laadun hallinta, Projektiraportti PRO2/P2068/05,
41 s. +liitt. 6 s.
- Hillebrand, K & Kouki, J. 2006. Pilkkeen kuivaus
– luonnonkuivaus, keinokuivaus ja laadun hallinta.
Työtehoseuran julkaisuja 398. 62 s.
- Hyttiäinen, H. 1984, Tulisijat ja sydänmuurit, Helsin-
ki, Rakennuskirja Oy, 111 s.
- Hyttiäinen, H, 2000, Pientalon tulisijat, Rakennustieto
Oy, 91 s.
- Jääskeläinen, V. 2006, Puupelletin polttokorit ja –ari-
nat. Useimmat tulisijat sopivat varauksin puupelletin
polttoon. BioEnergia Nro 3/2006. s. 28 – 32.
- Koistinen, R 1989. Polttoainekerroksen palamisen pe-
rusteet arinapoltoissa, Espoo, VTT Tutkimuksia 622,
102 s.
- Koistinen, R, Saastamoinen, J. & Aho, M. 1986, Yk-
sittäisen polttoainepartikkelin palamisen mekaniikka
- Kirjallisuustutkimus, Espoo. VTI Tiedotteita 555,
89 s.
- Koivukangas, J, Kouki, J & Alkula, R. 1989, Kotimais-
ten polttoaineen tulisijat -projekti, Haastattelu-havain-
nointi tulisijojen käyttökohteista sekä nuohoojen puhe-
linhaastattelu, Työtehoseuran metsäosaston monisteita
3/1989, Helsinki, 48 s.+ liitto 15 s.
- Kouki, J., 1991. Kotimaisen polttoaineen tulisijojen
käyttö sähkölämmitteisissä pientaloissa, Helsinki. Työ-
tehoseuran monisteita 4/1991. 53 s.
- Kotitalouksien sähkönkäyttö 2006, Tutkimusraportti
2.10.2008. 50 s. + liitt. 22 s. Adato Oy (www.adato.fi)
- Kurki-Suonio, I. 1981, Polttoaineet ja palaminen, Jy-
väskylän Tekniikan käsikirja, osa 2, 8. uusittu ja lisätty
painos. Gummerus Oy. S. 541- 604.
- Lappalainen, I. (toim.), 2007. Puupolttoaineiden pien-
käyttö – Tekes, 87 s. (www.tekes.fi)
- Leppänen, P. 2008. Puu- ja aurinkolämmitysjärjestelmä
energiaa säästävissä pientalossa, perusteluja, mittaustu-
loksia ja kokemuksia, 1997 – 2008. (www.biohousing.
eu.com)
- Lindström, D. 2006, Aurinkolämmön rakentamisen
opas. Svenska Yrkes högskolan, 66 s.
- Linna, V. & Taipale, R. Pienhiukkaspäästöt puun pien-
poltoissa, Ilmansuojelu 1/2005 s. 19 – 21.
- Mäkelä, K. 1982, Kodin tulisijat, Talo ja Koti 10, Hel-
sinki, Rakentajain Kustannus Oy, s. 154.
- Metsänomistajan puunkorjuu, 1989, Helsinki. Työte-
hoseuran julkaisuja 307. 125 s.

Muuratut tulisijat, Ohjeet 1985, Suomen Rakentamismääräyskokoelma E8, Helsinki. Ympäristöministeriö. 11 s. (www.ymparisto.fi)

Oravainen, H. 2002. Tulipiippu-pellettipolttimen mitaukset. PRO/T6035/02. Jyväskylä, 16 s. (www.hormic.fi/vtt.pdf)

Oravainen, H., 1989, Polttotekniikan vaikutukset tulisijojen ja pienkattiloiden päästöihin. Tulisijat ja pienkattilat - Polttotekniikka ja päästöt -seminaari, 7 - 8.12.1989, Jyväskylä. VTT, 10 s.

Pienet savupiiput – suunnittelu-, rakentamis- ja huolto-ohje. RIL 245-2008. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL. 87 s.

Pienten savupiippujen rakenteet ja paloturvallisuus, Määräykset ja ohjeet 2007, Suomen rakentamismääräyskokoelma E3, RakMK E3, Helsinki. Ympäristöministeriö. (www.ymparisto.fi)

Pirinen, H. 1997. Pilkeopas omakotitaloille. Työteho-seuran julkaisuja 357.

Polta puuta puhtaasti – Vinkit puunpolttajalle, Heli, Nuohousalan Keskusliitto ry ja Ympäristöministeriö, 4 s. (www.heli.fi/poltapuutapuhtaasti)

Puun pienpoltoa koskevat terveydelliset ohjeet, 2008, Sosiaali- ja terveydenhuollon tuotevalvontakeskus, 30 s.

Pätkittäin puulämmityksestä, 1999. Energiaa edullisesti ja puhtaasti. Motiva Oy. Tiedote.

Rakennusten paloturvallisuus, Suomen rakentamismääräyskokoelma E1. RakMK E1. Ympäristöministeriö. (www.ymparisto.fi)

Saastamoinen, J. 2002. Kiinteän polttoaineen palaminen ja kaasutus. Teoksessa: Raiko, R., Saastamoinen, J., Hupa, M., Kurki-Suonio, I., (toim.), Poltto ja palaminen. International Flame Research Foundation - Suomen kansallinen osasto, Gummerus Oy, Jyväskylä, toinen painos, 750 s.

Saastamoinen, J., 1991, Modelling of wood combustion in small stoves, Nordic Workshop on Combustion of Biomass, Norwegian Institute of Technology (NTH), Trondheim 27th February 1991, Norway. Nordic Council of Ministers. s. 110 - 133.

Sappinen, M. 2007, Pilkkeen ominaisuudet, käyttö ja varastointi, Jyväskylän ammattikorkeakoulu, opinnäytetyö. 77 s. (www.biohousing.eu.com)

Savumerkit – opas puun pienpolttoon. 2004. YTV, ympäristöministeriö, Heli ja sosiaali- ja terveysministeriö. 12 s.

Sevola, Y., Peltola, A. & Moilanen, J. Pientalojen poltopuun käyttö 6,1 miljoonaa m³. PuuEnergia 3/02. s. 26 – 27.

Sisäasiainministeriön asetus nuohouksesta 539/2005. Helsinki. Sisäasiainministeriö, 2 s.

Tissari, J. Salonen, R.O. Vesterinen, R. & Jokiniemi, J., 2007 (toim) Puun pienpolton päästöt, ilmanlaatu ja terveys. Kuopion yliopiston ympäristötieteen laitoksen monistesarja 2/2007. s. 139.

Tuomi, S. 2003, Polttopuun käyttöä lisätään pientaloissa. Theo 1/2003, s. 24 – 26.

Tuomi, S. 2008. Lämmitystapa vaikuttaa pilkelämmityksen päästöihin. Teho 1/2008. s. 24 – 26.

Tuomi, S. & Peltola, A. 2002. Polttopuun käytön nykytila pientaloissa. Työteho-seuran metsätiedote 15/2002. 4 s.

Valintaopas 2006 – 2007, Pienrakentamisen työohjeet. Rakentajan Tietopalvelu RTI Oy, 212 s. (www.suomi-rakentaa.fi).

Valintaopas 2007 – 2008, Pienrakentamisen työohjeet. Rakentajan Tietopalvelu RTI Oy, 178 s. (www.suomi-rakentaa.fi)

Valtioneuvoston asetus tehdasvalmisteisten tulisijojen paloturvallisuudesta (korvaa SM:n ohjeen 11/011/93 A:46) valmisteilla.

Wahlroos, 1979. Kotimaiset polttoaineet ja keskuslämmityskattilat, Pori, Energiakirjat. 340 s.

Biopolttoaineet

Yleinen luokittelu biopolttoaineille:

prEN 14961-1, Kiinteät biopolttoaineet – Polttoaineen laatuluokittelu – Osa 1 - Yleiset vaatimukset [Solid biofuels – Fuel specification and classes, Part 1 – General requirements], 48 s. (valmisteilla).

Tuotestandardit kotitalouden puupolttoaineille

Puupelletit - prEN 14961-2, Kiinteät biopolttoaineet – Polttoaineen laatuluokittelu – Osa 2 – Puupelletit ei-teollisuuskäyttöön [Solid biofuels – Fuel specification and classes, Part 2 – Non-industrial wood pellets] (valmisteilla)

Puubriketit - prEN 14961-3, Kiinteät biopolttoaineet – Polttoaineen laatuluokittelu – Osa 3 – Puubriketit ei-teollisuuskäyttöön [Solid biofuels – Fuel specification and classes, Part 3 – Non-industrial wood briquettes] (valmisteilla)

Polttopuu - prEN 14961-5, Kiinteät biopolttoaineet – Polttoaineen laatuluokittelu – Osa 5 – Pilke ei-teollisuuskäyttöön [Solid biofuels – Fuel specification and classes, Part 2 – Non-industrial firewood] (valmisteilla)

Tulisijat

SFS-EN 13229, Kiinteän polttoaineen takkasydämet. Vaatimukset ja testausmenetelmät [Inset appliances including open fires fired by solid fuels – Requirements and test methods]

EN 12815, Kiinteän polttoaineen liedet. Vaatimukset ja testausmenetelmät [Residential cookers fired by solid fuel – Requirements and test methods].

SFS-EN 13240, Kiinteän polttoaineen lämmittimet. Vaatimukset ja testausmenetelmät [Room heaters fired by solid fuels – Requirements and test methods.]

EN15250, Kiinteän polttoaineen varaavat tulisijat – Vaatimukset ja testausmenetelmät [Slow heat release appliances fired by solid fuel – Requirements and test methods]

EN 15821, Jatkuvalämmitteiset saunan kiukaat – Vaatimukset ja testausmenetelmät [Multifiring sauna stoves fired by solid fuel – Requirements and test methods] (valmisteilla)

Savupiiput

SFS-EN 1457/A1 Savupiiput. Savi/keräminen sisäputki. Vaatimukset ja koemenetelmät

SFS-EN 1806 Savupiiput – Savi/keräiset savupiippuelementit

SFS-EN 1856-1 Savupiiput. Vaatimukset metallisavupiipuille. Osa 1: Elementtisavupiipputuotteet

SFS-EN 1856-2 Savupiiput. Vaatimukset metallisavupiipuille. Osa 2: Metallihormit ja liitinhormit

SFS-EN 1857 Savupiiput. Savupiipun osat. Betoniset savuhormit

SFS-EN 1858 Savupiiput. Savupiipun osat. Betoniset piippuelementit

SFS-EN 12446 Savupiiput. Komponentit. Betoniset ulkokuorielementit

SFS-EN 13502 Savupiiput. Savi/keräiset piippuhatut ja vedonvarmistimet. Vaatimukset ja testimenetelmät.

SFS-EN 13063-1 Savupiiput. Savi/keräiset hormiputkella varustetut järjestelmäsavupiiput (nokipalonkestävät)

SFS-EN 13063-2 Savupiiput. Savi/keräiset hormiputkella varustetut järjestelmäsavupiiput (ei nokipalotestatut märkien olosuhteiden piiput)

Tietoa internetistä

Puupolttoaineiden hankinta – pilkkeet, brikitit

www.mottinetti.fi
www.halkoliiteri.com
www.pilkepalvelu.com
www.polttopuuta.net
www.klapitehdas.fi
www.klapinetti.fi
www.klapi.fi
www.klapikauppia.fi
www.polttopuu.net
www.polttopuuporssi.fi
www.kotkanpolttopuu.fi
www.akaanpolttopuu.com
www.takkapuu.info
www.etela-suomenpolttopuu.fi
www.mil-pilke.fi
www.lumobriketti.fi
www.kareliaupofloor.fi/verkkokauppa

Polttoaineen hankinta – pelletit

www.vapo.fi (800 jälleenmyyjää: Agrimarket, K-Maatalous, K-Rauta, Rautia, Starkki, Rautanet, Seo, Puukeskus, Carlson, Kodin Terra, Prisma, Y-Maatalous, Bauhaus)
www.m-pelletti.com
www.pellettimyynti.fi
www.pel-tuote.fi
www.parkanonpellet.net
www.peltsiproducs.fi

Tehdasvalmisteiset tulisijat

BioHousing -projektin laiteluettelo www.biohousing.eu.com/catalogue

Muurattujen tulisijojen ja savupiippujen tarvikkeita

www.kevytsoraharkko.fi
www.maxit.fi
www.tiileri.fi
www.wienerberger.fi
www.terca.fi
www.takkaluukku.fi

Pilkkoja ja kirveitä:

BioHousing -projektin laiteluettelo
www.biohousing.eu.com/catalogue
www.fiskars.fi
www.oscartrade.fi/splitter.php
www.logmatic.com/index_fin.php
www.vipukirves.fi/etusivu.htm

Tulisijaan liitettäviä varaajia

www.hopealoimu.fi (ilmakiertoinen)
www.kotisydan.nyrkkipaja.com (vesikiertoinen)
www.savumax.fi (savupiippuvaraaja)

Savupiippuja ja hormoneja

www.piiput.fi
www.eskon.fi
www.harvia.fi
www.hormex.fi
www.jalopiippu.fi
www.kastor.fi
www.kmhormi.com
www.lokapelletti.fi
www.maxit.fi
www.pate-piiput.fi
www.piippumies.fi
www.rpa.fi
www.savumax.fi
www.scan.dk
www.schiedel.fi
www.vktoy.fi

Pellettien polton lisälaitteita

www.tulipiippu.com
www.hormic.fi
www.hehkupelletti.fi
www.pellettiarina.com
www.reikalevy.fi
www.peltsiproducs.fi
www.nunnanuuni.com

Palo- ja työturvallisuus ja terveysvaikutukset

Turvatekniikan keskus - www.tukes.fi
Palotarkastajat ja muuta palontorjuntatietoa - www.pelastustoimi.fi
Työterveyslaitos - www.ttl.fi/
Finanssialan Keskusliitto - www.fkl.fi
Suomen pelastusalan keskusjärjestö - www.spek.fi
Hengitysliitto Heli ry – Polta puuta puhtaasti, www.heli.fi/poltapuutapuhtaasti

Tulisijayhdistyksiä

Tulisija- ja savupiippuyhdistys, TSY – www.tsy.fi
Suomalaiset Tulisijat ry – www.tulisijat.info

Nuohoojia

Nuohousalan Keskusliitto – www.nuohoojat.fi



Enemmän lämpöä ELÄMÄÄN.

Varaava uuni on kannattava sijoitus.

Vaikka sähkön hinta nousee, älä polta päreitäsi. Tulikivi- ja Kermansavi-uunit varaavat hyvin lämpöä ja säästävät sähköä. Näin ne maksavat itsensä nopeasti takaisin. Hyvin suunniteltu varaava uuni ei myöskään rasita ympäristöä. Tulikivi sai ensimmäisenä Suomessa Allergiatunnuksen. Tutustu tulisijamallistoomme osoitteessa www.tulikivi.com tai käy lähimmällä Tulikivi-studiolla. Ammattitaitoisen myyjämme kanssa voit punnita parhaita vaihtoehtoja ja saat neuvoja, mitä kannattaa ottaa huomioon uunihankinnassa.



VTT on puolueeton, moni-
teknologinen, kansainvälisesti
verkottunut tutkimus- ja kehitys-
organisaatio. VTT:llä työskentelee
noin 2 700 eri alojen asiantuntijaa.
Liikevaihtomme oli vuonna 2008
noin 230 M€. Päätoimipisteemme
ovat Espoossa, Tampereella, Oulussa
ja Jyväskylässä.



Tavoitteena vähäpäästöiset ja tehokkaat **TULISIJAT**

VTT kehittää tulisijojen polttotekniikkaa vähäpäästöisemmäksi ja tehokkaammaksi yhdessä alan laitevalmistajien kanssa. Käytössämme on monipuolisin mittauksin varustettu tulisijojen tutkimuksen ja testauksen koelinja. Lisäksi käytössämme on kalorimetrinen huone varaavien tulisijojen lämmönluovutuksen mittaukseen. Tulisijoja testataan eurooppalaisten standardien mukaisesti ja varaavien tulisijojen testauksessa meillä on ilmoitetun laitoksen status. Osallistumme myös biopolttoaineiden sekä pienpolton laitteiden standardisointiin.

Lue lisää: www.vtt.fi



Teknologiasta liiketoimintaa

- Teknologia- ja liiketoimintaennakointi
- Strateginen tutkimus
- Tuote- ja palvelukehitys
- IPR ja lisensointi
- Asiantuntijaselvitykset, testaus, sertifiointi
- Teknologia-kumppanuus
- Innovaatio- ja teknologiajohtaminen



TEHTÄVÄNÄ UUSIUTUVA ENERGIA JA ENERGIATEHOKKUUS

Keski-Suomen Energiatoimisto on yksi Euroopan 380 alueellisesta energiatoimistosta. Energiatoimisto edistää alueellaan energiatehokkuutta ja uusiutuvan energian käyttöä. Toimintaamme kuuluu koulutus, tiedotus, konsultointi sekä erilaiset alueelliset ja kansainväliset hankkeet. Bioenergia-alan verkostoyritys Benet Oy hallinnoi Keski-Suomen Energiatoimistoa.

Energiatoimiston palvelut

- Laadimme energiatodistuksia uusiin ja vanhoihin rakennuksiin
- Tarjoamme neuvontaa rakennusten lämmitystavan valinnassa ja energiatehokkuudessa
- Neuvomme kuntia energiahankkeissa ja ajankohtaisissa asioissa kuten kunta-alan energiatehokkuussopimuksissa
- Teemme kunnille uusiutuvan energian kuntakatselmuksia
- Laadimme alueen energiantuotantoa ja -kulutusta kuvaavia energiataseita
- Koulutamme rakennus- ja kiinteistöalan ammattilaisia rakennusten energiatehokkuudessa ja energiatodistustalaskennassa

www.kesto.fi



NUNNAUUNI ON KOKO KODIN LÄMMITTÄJÄ

Pohdittaessa kodin lämmitysratkaisuja, on yhtenä osana sitä tulisija. Nykyaikaiset NunnaUuni-tulisijat ovatkin varteenotettavia lämmönlähteitä myös pääasialliseen lämmitykseen, sillä niiden hyötysuhteet ovat korkeita, käyttö vaivatonta ja energiantuotanto varsin ilmastomyönteistä.



Kun tulisija hankitaan lämmitystarkoitukseen, on sen lämmönvarauskyky tärkein valintaperuste. Varautumisen tulisi tapahtua nopeasti, jotta lämmitysaika voidaan pitää lyhyenä. Toisaalta huolimatta lyhyestä lämmitysaikasta, lämpöä pitäisi saada paljon talteen ja sen pitäisi lämmittää tilaa pitkän aikaa.

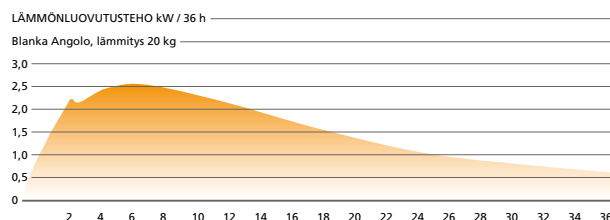
Vaivaton käyttö on arkipäivän juhlaa

Tulisijan materiaali, rakenne ja tekniikka vaikuttavat sen lämmitysominaisuuksiin. Tehokas palaminen ja lämmönvarautuminen mahdollistavat nopean lämmityksen. Materiaalin tarkka valinta ja rakennesuunnittelu puolestaan mahdollistavat pitkän, tasaisen lämmönluvutuksen.

Esimerkiksi NunnaUuneissa käytetään yrityksen kehittämää puiden kaasutuspalomenetelmää, Kultaista Tulta. Sen avulla puiden kaasuntuminen sekä kaasujen palaminen on hallittua. Lämpötila pysyy tasaisen korkeana, jolloin palaminen on tehokasta. Tehokkaassa palamisessa vapautuvat savukaasut eivät juurikaan kuormita ympäristöä hiilivety- tai hiukkaspäästöillä. Se vaikuttaa myös käytettävyyteen: varauskyky säilyy hyvänä ja puuta säästyy.

Tulisijan vaivaton käyttö on arkipäivän juhlaa. NunnaUuni-tulisijojen käytettävyyteen on panostettu paljon. Kuvassa tuhkasalkku, joka helpottaa tulisijan tuhkahuoltoa.

NunnaUunit tuottavat lyhyellä lämmityksellä lämpöä pitkäksi aikaa. Ylhäällä kuvassa Gatia-takka. Alla Blanka Angolon 36 tunnin lämmönluvutuskäyrä.



NunnaUunien sisä- ja ulko-osat on valmistettu MammutiKivi-nimisestä vuolukivilajista. Kiven ominaisuuksia käytetään hyväksi tulisijan rakenteen suunnittelussa: tulisija varaa lämmön nopeasti, mutta luovuttaa sitä hitaasti ja tasaisesti. Yhdistämällä nämä ominaisuudet tulijan parituntinen lämmitys onnistuu mainiosti arki-iltoina ja lämpöä riittää hyvin seuraavaan iltaan.

Puulämmitys on kannanotto ympäristön puolesta

NunnaUuni-tulisija on nykyaikainen, ilmastomyönteinen lämmöntuottaja. Se käyttää polttoaineena hiilidioksidineutraalia puuta tai pellettiä, jonka se muuttaa puhtaaksi lämpöenergiaksi. NunnaUuneissa jo vuodesta 1998 käytetty Kultaisen Tulen kaasutuspalomenetelmä on vähentänyt radikaalisti tulisijojen pienhiukkas-, hiilivety- ja häkäkaasupäästöjä. NunnaUuni on nykypäivän taajamiin sopiva tulisija.

Lisätietoja: www.nunnauuni.com



ILMOITUS



NUNNAUUNI
nautinnolla on nimi



BIOENERGIAKESKUS OSAA JA KEHITTÄÄ

Jyväskylän ammattikorkeakoulun Bioenergiakeskus on innovatiivinen biopolttoaineiden tuotannon, jalostuksen ja käytön koulutus- ja kehittämisympäristö. Palvelemme opiskelijoidemme lisäksi bioenergian tuottajia, jalostajia ja kuluttajia sekä bioenergia-sektorilla toimivia teknologia-yrityksiä. Keskeiset osaamisalueemme ovat puu- ja peltoenergia sekä biokaasu.

Bioenergiakeskus panostaa tulevaisuuden kehittämistarpeisiin voimakkaasti. Sen uudet, nykyaikaiset tuotekehitys- ja koulutustilat otetaan käyttöön vuoden 2010 alussa Saarijärvellä.

- Koulutusosaaminen
- Lämpöyrittäisyys
- Puun pienkäyttö: polttotekniikka ja lämpökeskukset
- Puupolttoaineiden tuotanto, jakelu, logistiikka ja kauppa
- Kiinteiden polttoaineiden laatu: näytteenotto, analytiikka, priimaus ja kuivaus
- Biodieselin valmistus pienessä kokoluokassa
- Biokaasun tuotanto ja käyttö
- Rakennus- ja automaatio suunnittelu
- Tuote- ja palvelukehitys
- Kansainvälisyys
- Projektien hallinto ja toteuttaminen

WWW.JAMK.FI/BIOENERGIA



JYVÄSKYLÄN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES