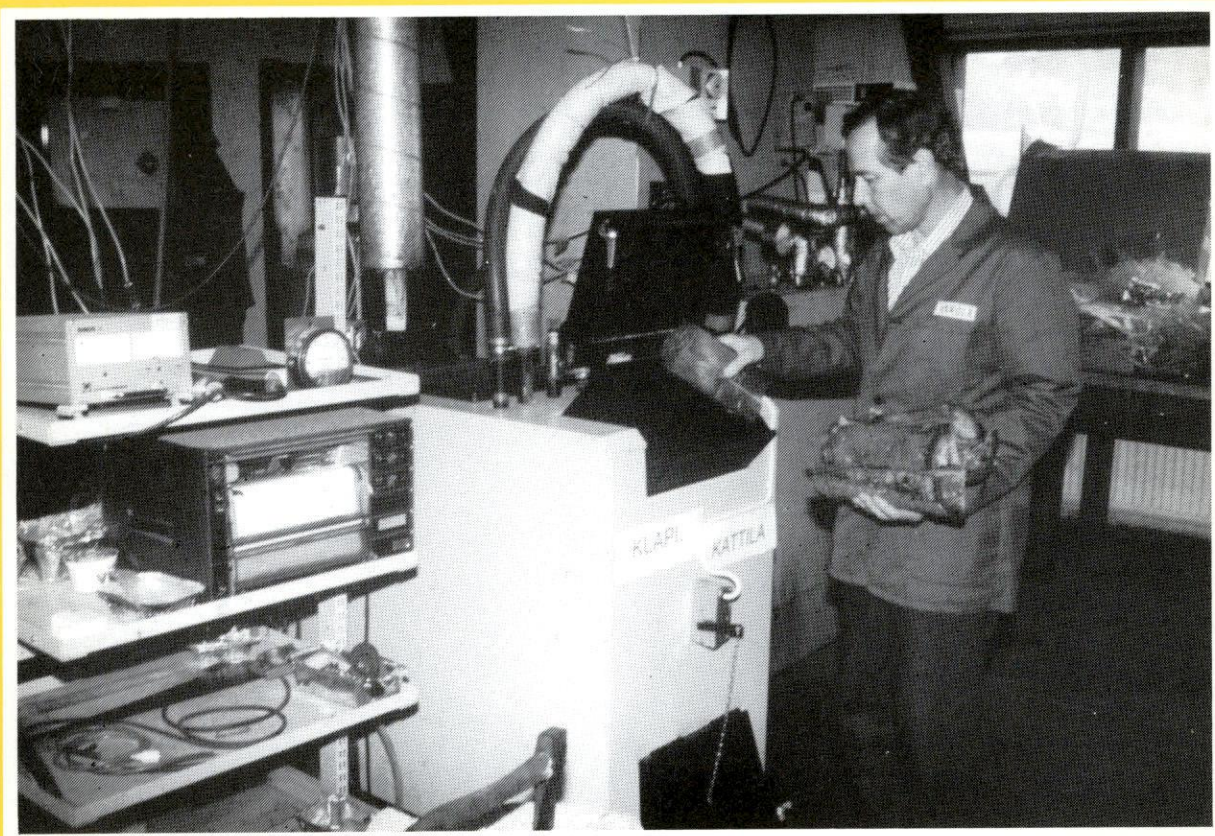


VAKOLAn tiedote

71/95



Ossi Mäkelä

Klapikattiloiden käyttöominaisuudet

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS
Agricultural Research Centre of Finland

VAKOLA

Maatalousteknologian tutkimuslaitos

Osoite	Puhelin
Vakolantie 55	(90) 224 6211
03400 VIHTI	Telefax
	(90) 224 6210

Institute of Agricultural Engineering

Address	Telephone int. +
Vakolantie 55	358-0-224 6211
FIN-03400 VIHTI	Telefax int. +
FINLAND	358-0-224 6210

SISÄLLYSLUETTELO

ALKUSANAT

JOHDANTO	4
1 KIINTEÄN POLTTOAINEEN KATTILAT	5
1.1 Kattiloiden rakenne ja toiminta	5
1.1.1 Yläpalokattila	5
1.1.2 Alapalokattila	5
1.1.3 Käänteispalokattila	6
1.1.4 Stokeri eli kiinteän polttoaineen poltin	6
1.1.5 Etupesä	7
2 KATTILATESTAUS	9
2.1 Testausmenetelmä	9
2.2 Mittaustulokset ja arvostelu	9
2.2.1 Akva SL 25	9
2.2.2 Akva SI 40	11
2.2.3 Arimax 35 AP	13
2.2.4 Eneka 35 AP	14
2.2.5 Eneka 40 YP	15
2.2.6 Etna K 30	16
2.2.7 Högfors Ergi 1	17
2.2.8 Högfors 17 Nova	18
2.2.9 Jämä Nature	20
2.2.10 Kenjon FU 25 -etupesä	21
2.2.11 Kenjon FU 50 -etupesä	24
2.2.12 Tulimax KP 30 L	26
2.2.13 Tulimax KP 20 S	27
3 TULOSTEN TARKASTELU	29

LIITTEET

ALKUSANAT

Maatalouden tutkimuskeskuksessa käynnistettiin vuonna 1994 tutkimus markkinoilla olevien klapikattiloiden ominaisuuksista keskuslämmityksessä. Laitevalmistajia ja maahantuojia kutsuttiin osallistumaan tutkimukseen ja kaikkiaan tutkimukseen ilmoitettiin noin kaksikymmentä lämmityskattilaa. Osa kattiloista jäi kuitenkin toimitusvaikeuksien vuoksi osallistumatta. Kaikkiaan laitteita oli mukana kolmetoista, jotka jakautuivat hyvin eri tyyppisiin kattiloihin. Tutkimuksen kannalta tämä olikin hyvä, koska tarkoituksena oli testata eri tyyppisten lämmityskattiloiden ominaisuuksia ja selvittää eri kohteissa parhaiten toimivat laitteet.

Kiitämme laitevalmistajia mielenkiinnosta tutkimusta kohtaan ja toivomme kiinteää yhteistyötä laitteiden käyttöominaisuuksien, taloudellisuuden ja erityisesti ympäristöystävällisyyden parantamiseksi.

Vihdissä syyskuussa 1995

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS

Maatalousteknologian tutkimuslaitos

JOHDANTO

Klapikattila on säilyttänyt asemansa eniten ostettuna kiinteän polttoaineen lämmityslaitteena. Vaikka hakelämmitys on yleistynyt, on se kuitenkin laitehankinnoiltaan kalliimpi ja sopii paremmin niille, joiden lämpötehon tarve on suurempi. Vanhoissa rakennuksissa pieni kattilahuone rajoittaa usein hakelaitteiden hankintaa. Klapeilla lämmittävät esimerkiksi asutuskeskuksissa asuvat metsänomistajat, jotka polttavat metsänhoidossa tulevaa jätepuuta. Klakit kuivuvat pinottuna metsässä ja ne voidaan kuljettaa käyttöpaikalle vaikkapa henkilöauton perävaunussa. Klapien valmistaminen on myös helpottunut ja muuttunut yhä enemmän koneelliseksi.

Klapikattila on yleensä tarkoitettu käytettäväksi lämmönvaraajan kanssa siten, että kattila toimii täydellä teholla lämmityksen ajan ja lämpö siirretään varaajaan. Varaaja on mitoitettu asunnon lämmöntarpeen mukaan niin, että lämmitetään kerran vuorokaudessa. Kylmimpien ilmojen vallitessa voidaan joutua lämmittämään aamulla ja illalla.

Kattila toimii parhaiten täydellä teholla lämmitettäessä ja lämmityksessä syntyy vähemmän haitallisia päästöjä, kun palotila on kuuma. Päästöjä syntyy kun palaminen on epätäydellistä ja liekin lämpötila on alhainen. Liekin lämpötila laskee välittömästi sen osuessa tulipesän seinämään, sillä veden ympäröivän seinämän lämpötila on enintään sadan asteen tietämällä. Hyvin palaessa liekin lämpötilan pitäisi olla yli 800 °C.

Palamista kattilassa voidaan parantaa tekemällä riittävän suuri palotila, jolloin liekki ei koske palotilan seinämiin. Palotila voidaan eristää tulenkestävällä materiaalilla ja saada siten liekin lämpötila riittävän korkeaksi. Palotilan oikealla muotoilulla saadaan palo-kaasujen virtaus edulliseksi palamiselle ja siten parannetaan palamisilman sekoittumista palaviin kaasuihin.

Haitallisten päästöjen vähentämiseksi klapien poltossa pitäisi tasaisen, hyvän palamisen osuuden olla mahdollisimman suuri koko polttoaineen palamisajasta.

Yläpaloisissa kattiloissa tasainen palaminen on hyvin lyhytaikaista, koska niissä polttoainekerroksen aleneminen muuttaa jatkuvasti palamisolosuhteita ja liekkitalan kokoa. Palamista pitäisi säätää jatkuvasti ensiö- ja toisioilmamääriä muuttamalla.

Alapaloisissa ja käänteispaloisissa kattiloissa tasaisen palamisen jakso on pitempi, koska niissä palaminen on lähellä arinaa ja polttoaine valuu alaspäin palamisen edistyessä. Palamisilman määrä ja jako ensiö- ja toisioilmaksi pitää säätää polttoaineen laadun ja kosteuden mukaan.

Tässä tutkimuksessa oli mukana yksi kattila ja kaksi etupesää, jotka oli suunniteltu suorälämmitykseen. Suorassa lämmityksessä kattilan pitää säätyä hyvin pienelle teholle, sillä ajoittain lämmitystarve voi olla alle yhden kilowatin suuruinen. Jos kattilalla tuotetaan lämmin käyttövesi kesäaikaan, on kattilan kyettävä toimimaan myös 0-teholla. Tällöin kattilan pitää säilyttää tuli pesässä ilman, että kattilaveden lämpötila nousee kiehumapisteeseen. Jatkuva lämmitys pienellä teholla eli kituliekillä aiheuttaa kattilan ja savuhormin

karstoittumista. Tämä lisää kattilan puhdistustyötä ja savuhormin nokipalon vaara kasvaa. Näitä haittoja pyritään vähentämään kattilan jaksoittaisella käytöllä. Lämpöä tuotetaan täydellä teholla ja suljetaan sitten palamisilmaluukku kokonaan. Luukun ollessa suljettuna palaminen jatkuu vähäisenä puun sisältämän hapen ylläpitämänä ja kattilassa on liekki valmiina kun lämpöä tarvitaan.

1 KIINTEÄN POLTTOAINEEN KATTILAT

1.1 Kattiloiden rakenne ja toiminta

1.1.1 Yläpalokattila

Yläpaloinen kattila on rakenteeltaan yksinkertainen, halpa ja mitoiltaan pienempi kuin muut kattilamallit. Sitä käytetään kohteissa, joissa savupiippu on matala tai kattilahuoneen koko rajoittaa valintaa. Kattilaa suositellaan jonkin muun lämmitysmuodon rinnalle, esim. varaavan sähkölämmityksen.

Yläpalokattilassa polttoaine palaa kuten nuotiossa. Polttoaine on kokonaan tulessa ja palamiskaasut virtaavat polttoainekerroksen lävitse. Palaminen on voimakasta heti polttoaineen lisäyksen jälkeen. Tällöin kattila savuttaa, koska palamisilma ei riitä kaasujen täydelliseen palamiseen, eikä palamisilman jako ensiö- ja toisioilmaksi ole oikeassa suhteessa. Polttoaineen lisäyksen jälkeen palamistila on pienimmillään, vaikka sen pitäisi silloin olla suurimmillaan.

Yläpalokattila toimii parhaiten, kun puut ovat kuivia ja niitä lisätään vähän kerrallaan. Tulipesän korkeudesta täytetään korkeintaan yksi kolmasosa. Täytöksen tulisi olla harva ja puiden riittävän suurikokoisia, jotta osa arinan alta tulevasta ilmasta pääsee polttoainekerroksen lävitse toisioilmaksi. Lämmittäminen pitää opetella seuraamalla piipusta tulevien savukaasujen väriä. On etsittävä sellainen täyttömäärä ja -tapa, ettei piipusta tuprua mustaa savua.

1.1.2 Alapalokattila

Alapalokattila on rakenteeltaan monimutkaisempi kuin yläpaloinen ja siksi se on kalliimpi ja suurempi. Sitä käytetään yleensä ainoana lämmitysmuotona lukuunottamatta varalämmitysjärjestelmää lämmityskatkoja varten. Kattila pitäisi kytkeä aina varaavaan lämmitysjärjestelmään, jossa on lämmitystarpeeseen ja kattilan tehoon nähden oikein mitoitettu vesivaraaja.

Alapalokattilassa on varastopesä, josta uutta polttoainetta valuu sitä mukaa kuin arinalla oleva polttoaine palaa. Palaminen on kaksivaiheista, joista ensimmäisessä vaiheessa arinalla polttoaine kaasuuntuu ja toisessa vaiheessa lieskapesässä kaasut palavat loppuun. Arinan päällä olevaan polttoainekerrokseen palamisilma johdetaan arinan alta ja palamiskaasut kulkevat vaakatasossa arinan takaosan tulikyynnyksen eli nielun lävitse lieskapesään.

Nielun jälkeen lieskapesään johdetaan riittävästi toisioilmaa täydellisen palamisen aikaansaamiseksi.

Varastopesä on kattilan vesivaipan ympäröimä. Lämmin vesivaippa ja palamislämpö kuivattavat ja esilämmittävät polttoainetta. Varastopesä tulee tehdä haponkestävästä materiaalista, sillä polttoaineesta tässä vaiheessa irtoavat hapot, haketta poltettaessa etenkin etikkahappo, syövyttävät nopeasti varastopesän rakenteita.

Lieskapesän seinämät vuorataan usein tulenkestävillä tiilillä tai keraamisella massalla. Näin saadaan liekin lämpötila pysymään riittävän korkeana ja estetään liekkien törmäys kylmiin tulipintoihin. Kylmään pintaan osuessaan liekki sammuu ja häviöt palamattomina kaasuna kasvavat. Lieskapesään johdettavan toisioilman esilämmitys parantaa kaasujen täydellistä palamista. Hyvintoimiva alapalokattila tuottaa tervapäästöjä alle 30 mg/MJ, mikä on selvästi vähemmän kuin yläpalokattilassa.

1.1.3 Käänteispalokattila

Käänteispalokattiloita on tullut markkinoillemme viime vuosina muutamia eri malleja. Kattiloissa on varastopesä, josta polttoaine valuu arinalle palamisen edistyessä. Liekit menevät arinan lävitse ja palotila on arinan alla. Ensiöilma johdetaan arinan yläpuolelle polttoaineen lävitse ja toisioilma arinan alla olevaan palotilaan, jossa kaasut palavat. Arinat joutuvat alttiiksi lämpörasitukselle, koska palamisilma ei jäähdytä niitä. Siksi näiden kattiloiden arinat tehdään keraamisista massoista tai tulenkestävästä teräksestä.

Palaminen on hyvin säädettävissä, koska palamisvyöhykkeellä on pieni määrä polttoainetta kerrallaan. Kattilan vetovastus on suuri, joten savupiipun veto ei riitä ja tarvitaan palamisilmapuhallin. Puhallin voi olla kattilan etupuolella tulipesään puhaltava tai vaihtoehtoisesti kattilan jälkeen, jolloin puhallin tekee kattilan alipaineiseksi ja puhaltaa savukaasut savuhormiin. Koska kattilassa on puhallin, sitä voidaan käyttää rakennuksissa, joissa on matala savupiippu.

Kattila on yleensä varustettu termostaateilla, jotka ohjaavat puhaltimen käyntiä. Kattilatermostaatti ohjaa puhaltimen käyntiä kattilaveden lämpötilan perusteella. Kattilaveden lämpötilan laskettua liiaksi puhallin käynnistyy ja se pysähtyy veden lämmittyä tarpeeksi. Savukaasutermostaatti pysäyttää puhaltimen, kun savukaasun lämpötila laskee polttoaineen loppuessa. Kattilavesitermostaatilla ohjataan myös varaajan vesipumpun käyntiä. Kattilat on enimmäkseen tarkoitettu varaavaan lämmitykseen, mutta niitä on myös kehitetty suoraan lämmitykseen sopiviksi. Tällöin palamisilmaluukut ovat sähkötoimisia ja kattilatermostaatin ohjaamia.

1.1.4 Stokeri eli kiinteän polttoaineen poltin

Kiinteän polttoaineen poltinta eli stokeria käyttäen voidaan lämmittää kiinteällä polttoaineella ilman varaajaa. Laitteistoon kuuluu polttoainesäiliö, syöttölaitteet ja poltinpää. Poltin työnnetään kattilaan erillisestä luukusta tai kattilan tulenhoitoluukusta. Käytön

kannalta on parempi, jos kattilassa on erillinen poltinluokku. Silloin polttimen sytytys, tarkkailu ja tuhkanpoisto ovat helpommat tehdä.

Poltin on polttotavaltaan yläpaloinen. Polttoainetta lisätään koneellisesti vähän kerrallaan. Yleensä polttoaine syötetään ruuvilla säiliöstä polttimelle. Syöttömäärää säätämällä voidaan muuttaa laitteiston suurinta tehoa. Poltin toimii kattilatermostaatin ohjaamana säädetyllä teholla silloin kun kattilasta otetaan lämpöä. Kattilaveden lämpötilan noustua riittävästi siirtyy laitteisto viretulasentoon ja on valmiustilassa, kunnes lämpöä taas tarvitaan.

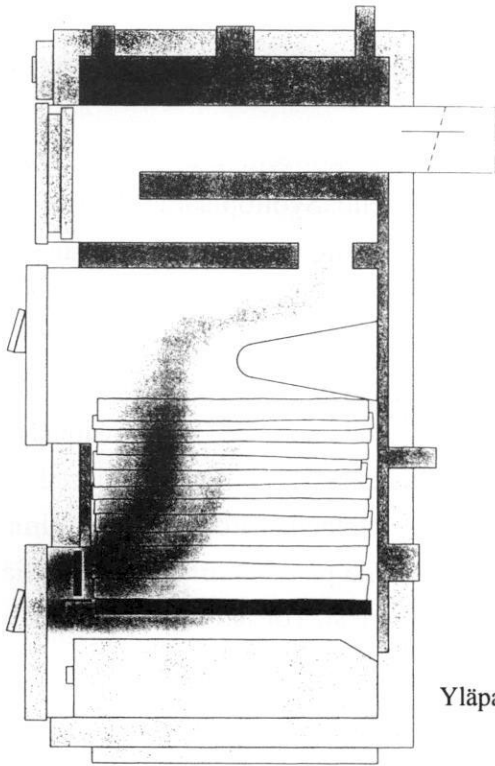
Poltinpää on yleensä putkimainen tai laatikkomainen ja muodostuu sisä- ja ulkovaipasta. Vaippojen väliin jää tila, jota pitkin palamisilma johdetaan ensiö- ja toisioilmaksi. Polttimen pohja muodostaa arinan ja sen reikien lävitse puhalletaan ensiöilma. Toisioilma puhalletaan polttimen sivuilta ja päältä. Polttimessa pitää olla palamisilmapuhallin, sillä savupiipun veto ei riitä polttimen suuren virtausvastuksen vuoksi. Toisaalta poltin ei vaadi piipulta hyvää vetoa, vain sen verran, ettei kattila savuta sisäänpäin. Poltinkäytössä savukaasun lämpötila saattaa laskea kastepisteen alapuolelle ja vesi tiivistyy piipun seinämille. Savupiipun pitää olla lämpöeristetty ja mieluiten haponkestävä.

Polttoaineeksi sopivat hake, sahanpuru, pala- ja jyrshinturve. Myös olkipellettejä, viljan lajittelu- ja esipuhdistinjätettä ja jopa viljaa voidaan polttaa. Turvetta ja viljaperäisiä polttoaineita käytettäessä on usein vaikeuksia tuhkan sulamisen ja polttimen tukkeutumisen vuoksi. Haketta poltettaessa laitteet toimivat parhaiten silloin, kun hake on tasalaatuista ja sen vesipitoisuus on 20 - 25 %. Paras polttohake saadaan keinokuivaamalla tuoreista rangoista tehty hake. Suuremmissa laitoksissa on kokeiltu kokopuuhaketta, koska hakkeen valmistusmäärät ovat suuria ja näin säästetään puun korjuukustannuksia. Noin 50 kW tehoinen hakepoltin on kokeissa toiminut tyydyttävästi kokopuuhaketta poltettaessa. Tikkuinen ja risuinen hake aiheuttaa eniten häiriöitä, kun lämmöntarve on pieni ja viretulijakson aikana tuli sammuu polttimesta.

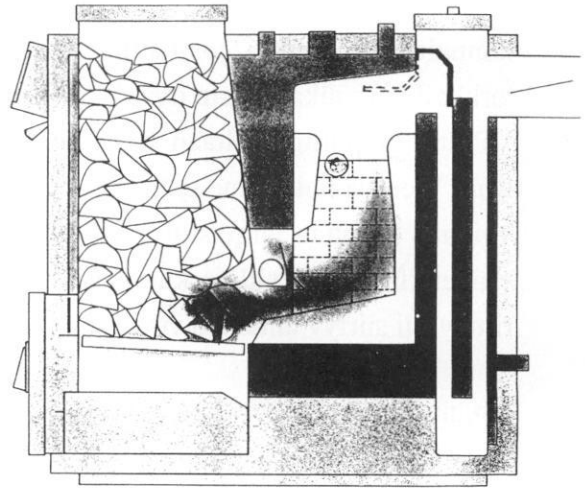
Poltinta voidaan käyttää kesälläkin pelkän lämpimän käyttöveden lämmittämiseen. Jos vettä tarvitaan vähän esimerkiksi pienen perheen talousvetenä, voi olla parempi tuottaa se kattilaan asennetuilla sähkövastuksilla tai erillisessä lämminvesivaraajassa, koska pitkien viretulijaksojen aikana poltin ja kattila nokeentuvat runsaasti.

1.1.5 Etupesä

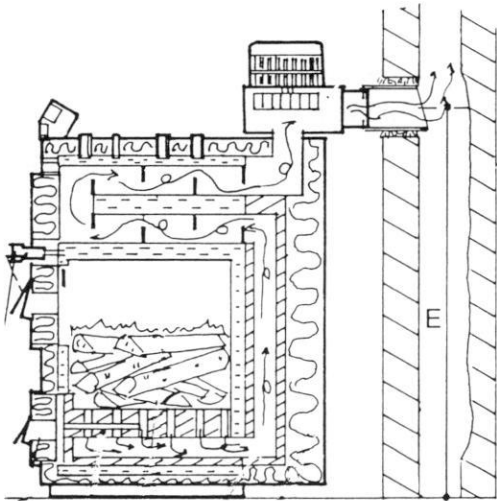
Etupesässä on varastopesä, josta polttoaine valuu arinalle. Arinalle johdetaan ensiöpalamisilma, jolloin polttoaine kaasuuntuu. Tämä epätäydellisesti palanut kaasu ohjataan tuliputkessa kattilaan, jossa kaasut palavat loppuun. Tarvittava toisioilma johdetaan tuliputkeen. Etupesässä ei ole vesivaippaa, joten sen pitää olla hyvin eristetty lämpöhäviöiden estämiseksi. Hyvä palaminen ja kattilan pysyminen puhtaana parantavat etupesäkattilan ominaisuuksia verrattuna perinteiseen yläpalokattilaan.



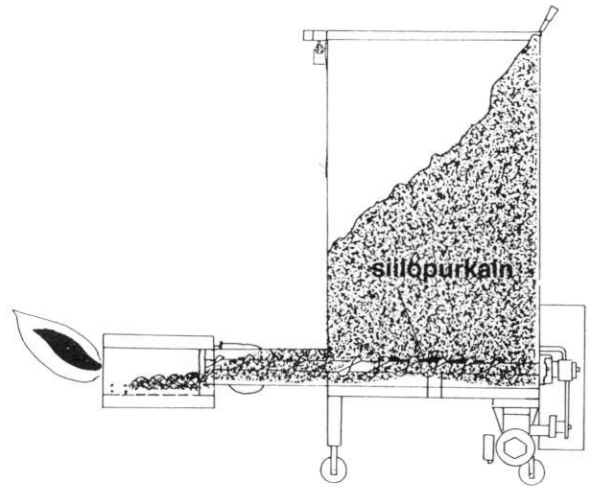
Yläpalokattila.



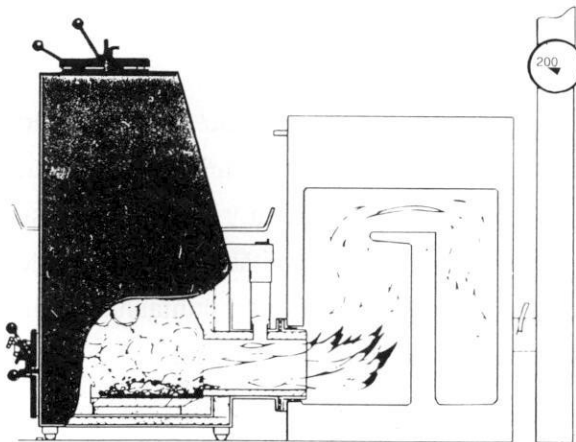
Alapalokattila.



Käänteispalokattila.



Kiinteän polttoaineen poltin.



Etupesäkattila.

Öljykattila voidaan muuttaa kiinteällä polttoaineella toimivaksi liittämällä sen yhteyteen etupesä. Myös yläpaloinen puukattilan yhteyteen sopii etupesä, jolloin polttoainetäytös saadaan suuremmaksi ja palaminen kattilassa paremmaksi. Kattilaa voidaan käyttää tällöin suorassa lämmityksessä ilman varaajaa. Hakkeella toimivan etupesän säätöminen pienelle teholle saattaa olla huono ja lämmöntarpeen ollessa pieni kattilavesi voi kiehua. VAKO-LAssa tehdyssä kokeessa markkinoilla oleva klapietupesä säätöhyvin myös pienelle teholle, eikä kattilavesi kiehunut 0-tehokokeessa.

Polttoaineen laadulle etupesä on melko tunteeton, eli melkein kaikki palava kelpaa. Etupesässä voidaan polttaa myös hyvin kosteaa polttoainetta. Etupesälämmittäjät käyttävätkin yhtenä säätökeinona märän sahanpurun sekoittamista polttoaineeseen pienellä teholla lämmitettäessä.

2 KATTILATESTAUS

2.1 Testausmenetelmä

Testausmenetelmänä käytettiin standardia SFS 4800. Kiinteän polttoaineen kattilat. Testaus. Standardissa määritellään testauslaitteisto, kattilan kytkentä laitteistoon, testauksen kulku ja polttoainevaihtoehdot sekä tulosten ilmoittaminen. Standardia voidaan käyttää soveltuvin osin, jos se poikkeaa kattilan käyttöohjeista.

Lämmityskokeissa mitattiin palamishyötysuhde ja kattilahyötysuhde. Palamishyötysuhde ilmoittaa prosentteina kuinka paljon polttoaineen energiasta jää kattilaan, kun siitä vähennetään savukaasujen mukana menneet energia. Häviö syntyy savukaasun lämmöstä ja savukaasun sisältämän palamiskelpoisen kaasun energiasta.

Kattilahyötysuhde ilmoittaa kuinka monta prosenttia polttoaineen energiasta saadaan siirrettäväksi varaajaan. Siinä on siten mukana myös kattilan eristyshäviöt ja tuhkahäviö.

Käytännössä hyötysuhdetta heikentävät lisäksi varaajan ja putkiston eristyshäviöt. Osa näistä saadaan hyödyksi, jos laitteet sijaitsevat lämmitettävän rakennuksen sisällä.

2.2 Mittaustulokset ja arvostelu

2.2.1 Akva SL 25

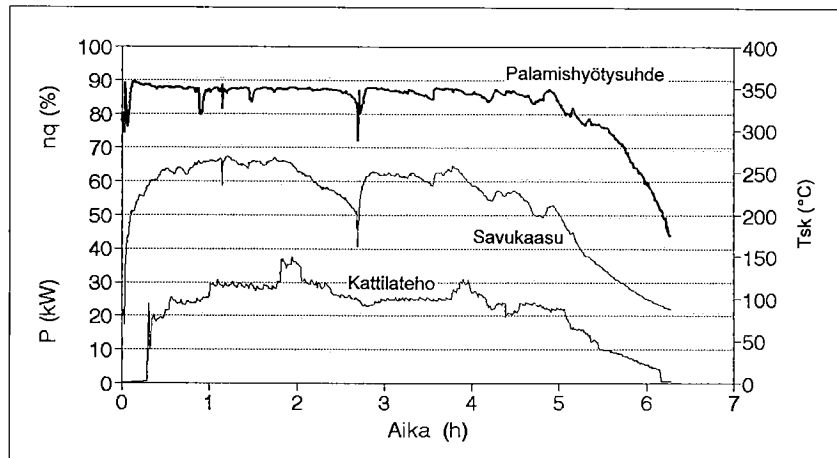
Kattila on käänteispaloinen ja varaavaan lämmitykseen tarkoitettu. Polttoaineena käytetään



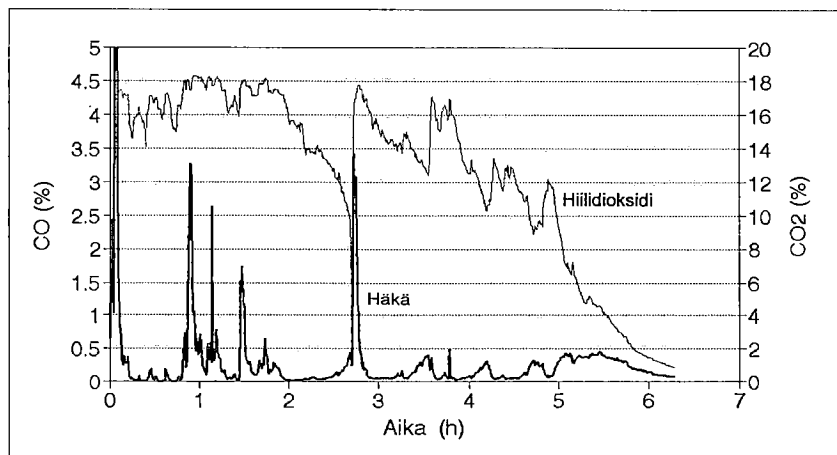
Kuva 1. Akva SL 25.

0,5 metrin pituisia klapeja. Arina on keraamisesta massasta valettu levy, jonka keskellä on suutinputki. Toisiopalamisilma johdetaan suuttimelle ja kaasut palavat alapuolella olevassa palotilassa. Käänteisestä poltosta johtuen kattilan vetovastus on suuri ja siksi kattilassa on palamisilmapuhallin. Puhallin on kattilan etupuolella ja tekee tulipesään ylipaineen. Puhaltimen ansiosta kattila voidaan kytkeä myös matalaan savupiippuun. Termostaatti ohjaa puhaltimen käyntiä ja pysäyttää sen, jos kattilaveden lämpötila nousee liian korkeaksi. Testissä termostaatin asetus oli maksimiasennossa, jotta puhallin kävisi koko ajan testin aikana.

Lämmitystä aloitettaessa sytykkeinä oli sanomalehteä ja pieniksi pilkottuja puita, jotka aseteltiin suuttimen ympärille. Sytykkeiden annettiin palaa pari minuuttia ja sen jälkeen pantiin pesä täyteen 0,5 m pituisia puita, joista alimmaisiksi noin 1 kg painoisia ja päällimmäisiksi noin 2 kg painoisia. Savukaasuaukko yläpesästä suoraan savuhormiin oli tämän ajan auki. Myös alaluukku oli sytytysvaiheessa auki, koska palamisilma tulee silloin alaluukusta suuttimelle. Puhallinta käytettiin pätkittäin ja



Kuva 2. Akva SL 25. Kattilateho (P), palamishyötysuhde (nq) ja savukaasun lämpötila (Tsk) testauksen aikana.



Kuva 3. Akva SL 25. Savukaasujen häkäpitoisuus (CO) ja hiilidioksidipitoisuus (CO₂) testauksen aikana.

seurattiin tuleeko kunnollinen liekki suuttimesta tulipesään. Tämä vaihe kesti noin 5 minuuttia. Sen jälkeen työnnettiin lämmitysasetoon vipu, joka sulkee aukon yläpesästä hormiin ja käynnistää palamisilmapuhaltimen.

Sytytyksen jälkeen savukaasuissa oli paljon häkää, samoin silloin kun polttoainetta lisättiin edellisen täytöksen ollessa voimakkaasti hiiloksella. Suurimmat pitoisuudet olivat noin 6 %. Hiilidioksidipitoisuus oli 13 - 17 %. Kattila tuotti melko tasaisesti lämpöä siihen saakka, kunnes polttoainekerros paloi puhki tulipesässä. Sen jälkeen liekit ja hiillos

tuottivat runsaammin lämpöä, joka siirtyi myös yläpesän tulipintojen kautta kattilaveteen. Suurimmillaan kattilan lämpöteho oli noin 35 kW, kun se muuten toimi noin 25 kW teholla.

Palamisilmapuhallinta ohjaava termostaatti oli asetettu kokeessa maksimiasentoonsa ja kattila tuotti vapaasti lämpöä. Kattilan lämpötilaa pidettiin oikeana lämmön talteenotto-
tehoa muuttamalla.

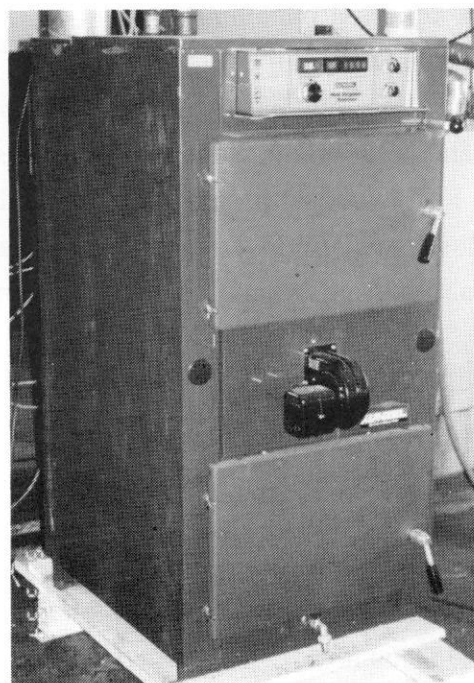
Kattila savutti sisään jonkinverran, kun palavien sytykkeiden päälle pantiin klapitäytös kokeen alussa. Savua ei tullut, kun sytykkeet ja täysi pesällinen klapeja pantiin arinalle heti kokeen alussa ja suljettiin yläluukku. Tuli sytytettiin palavalla paperitukolla alaluukusta arinan suuttimen alta. Yläpesän savuhormi oli tällöin auki ja syttymistä seurattiin alaluukusta. Alaluukku suljettiin, kun tuli syttyi kunnolla. Polttoaineen lisäys kannattaa tehdä vasta, kun edellinen täytös on palanut melkein loppuun. Jos tulipesässä on voimakas hiillos, alkaa uusi täytös kaasuuntua voimakkaasti ja tuottaa runsaita häkäpäästöjä. Kattilan toimintaan riittää lyhyt savupiippu, koska palamisilma tuodaan puhaltimella tulipesään. Kattilassa on vedonsäätölaite, joka avautuessaan päästää raitista ilmaa savuhormiin ja estää liiallisen vedon syntymisen kattilaan. Kattilan arinalle jäi palamatta melkein puoli kiloa hiiliä, joka testissä lasketaan häviöiksi. Käytännössä tätä häviötä ei ole, koska hiilet palavat seuraavan lämmityksen aikana ja nopeuttavat palamisen alkuunlähtöä. Varauksen hyötysuhde voi tällöin olla 1 - 2 %-yksikköä parempi. Polttoainetta lisättäessä voidaan pienemmät puut panna päällimmäiseksi, jolloin kekäleitä jää vähemmän arinalle.

Kokeessa 44,1 kilosta koivuklapeja saatiin varaajaan 134 kWh:n energiamäärä, joka nostaa 2000 litran varaajan lämpötilaa laskennallisesti 58,6 °C ja vastaa keskimäärin 5,6 kW:n vuorokauden keskitehoa. Varauksen hyötysuhde oli 72 %.

2.2.2 Akva SL 40

Kattila on käänteispaloinen ja varaavaan lämmitykseen tarkoitettu. Polttoaineena käytetään 0,55 metrin pituisia klapeja. Rakenteeltaan ja toiminnaltaan kattila on samanlainen kuin sen pienempi malli SL 25.

Lämmitystä aloitettaessa arinalle pantiin sytykkeitä 6,4 kg ja sytytettiin palamaan. Yhde yläpesästä savuhormiin avattiin ja yläpesän luukku suljettiin. Alapesän luukku pidettiin auki. Syttymisen jälkeen käynnistettiin puhallin. Kun todettiin liekin palavan kunnolla, täytettiin tulipesä puilla. Alaluukusta seurattiin, että polttokammioon tuli kunnon liekki. Sen



Kuva 4. Akva SL 40.

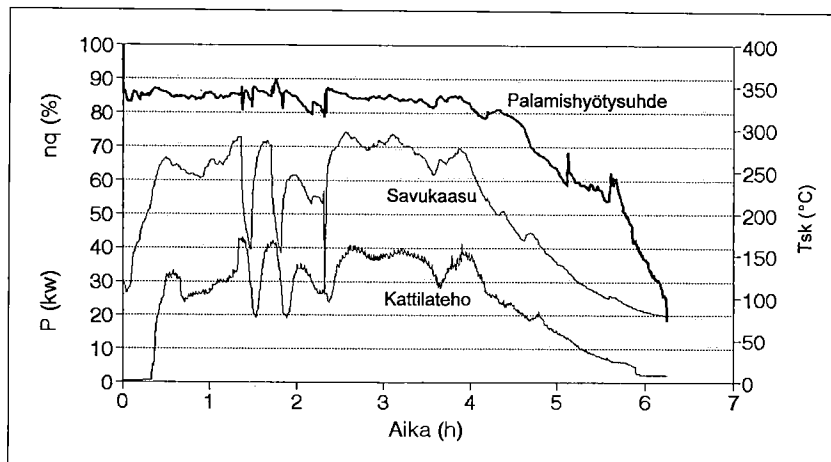
jälkeen suljettiin alaluukku ja lämmitys alkoi. Testissä puiden pituus oli 0,5 m mutta 0,55 m pituiset puut olisivat parempia, koska tulipesän syvyys on 0,6 m ja lyhyet puut tekevät päistään harvan polttoainetäytöksen.

Savukaasuissa oli runsaasti häkää alussa. Polttoainelisäyksen jälkeen häkää tuli myös runsaasti. Kun polttoainekerros oli palanut pintaan asti alkoi tehontuotto kasvaa voimakkaasti säteilylämmön siirtyessä yläpesän kautta kattilaveteen. Toisessa kokeessa puhallin-termostaatti oli sää-

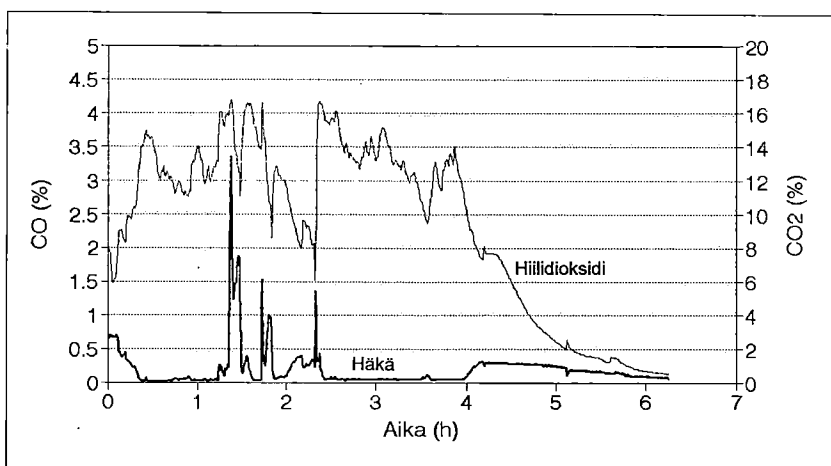
detty niin, että palamisilmapuhallin pysähtyi noin 90 °C:n lämpötilassa. Puhaltimen pysähtyttyä lämmöntuotto väheni nopeasti ja savukaasuissa oli hetkellisesti runsaasti häkää.

Kattilaan lisättiin polttoainetta kahden tunnin kuluttua sytytyksestä. Kattilan täyttöloukusta tuli jonkin verran savua kattilahuoneeseen polttoaineen lisäyksen aikana, koska tulipesässä oli voimakas hiillos. Lämmityksen lopussa arinalle jäi palamattomia hiiliä noin 0,5 kg. Testissä hiilet poistettiin arinalta aina lämmityksen jälkeen. Käytännön lämmityksessä arinalle jääneet hiilet kootaan arinan keskelle suuttimen ympärille, jolloin tuli syttyy nopeammin ja kattilahyötysuhde paranee hiukan. Kattilan automaattiset toiminnot helpottavat lämmitystä ja estävät kattilaa ja varaajaa kiehumasta. Kattilan luukut olivat tiiviit ja toimivat hyvin. Tiivisteen vuotaessa savua voi tulla kattilahuoneeseen, koska tulipesä on ylipaineinen.

Kaikkiaan poltettiin 66,6 kg koivuklapeja, joista varaajaan saatiin 190 kWh energiamäärä. Tämä nostaa 2500 litran varaajan lämpötilaa laskennallisesti 66,5 °C ja vastaa vuorokauden kulutusta 7,9 kW:n keskiteholla. Varauksen kattilahyötysuhde oli 70 %.



Kuva 5. Akva SL 40. Kattilateho (P), palamishyötysuhde (nq) ja savukaasun lämpötila (Tsk) testauksen aikana.

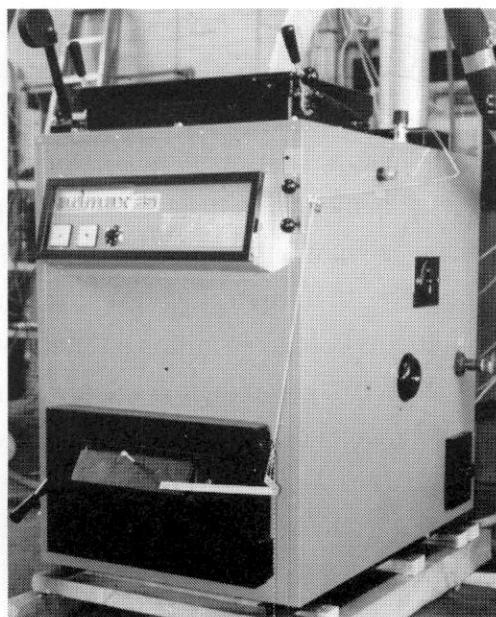


Kuva 6. Akva SL 40. Savukaasujen häkäpitoisuus (CO) ja hiilidioksidipitoisuus (CO₂) testauksen aikana.

2.2.3 Arimax 35

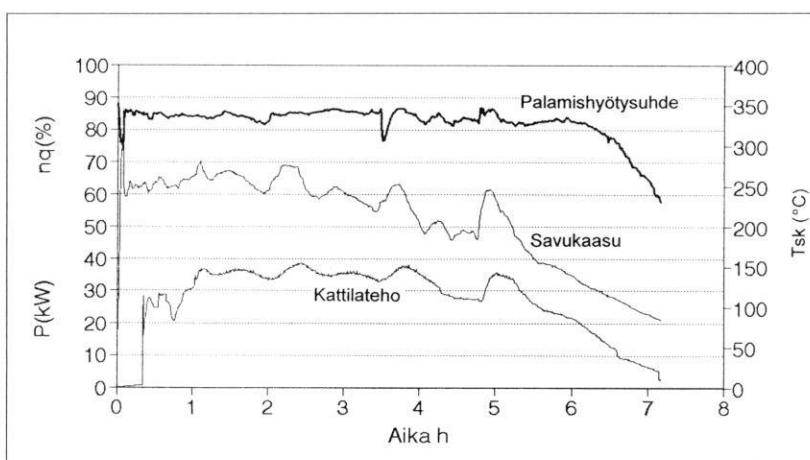
Kattila on alapaloinen ja tarkoitettu varaavaan lämmitykseen. Polttoaineena käytetään 0,5 metrin pituisia klapeja. Varastopesään mahtui kerrallaan 63 kg koivuklapeja, joka vastaa 250 kWh energiamäärää.

Lämmityskoetta aloitettaessa arinalle pantiin paperia ja sytykkeiksi pieniksi pilkottuja kuivia puita, joiden päälle ladottiin reilunkokoiset puut. Puut sytytettiin tuhkaluukun kautta arinan etureunasta. Polttoaine syttyi hyvin ja palaminen käynnistyi voimakkaasti, kun osa konvektiopinnasta ohitettiin kääntöpellillä. Viiden minuutin kuluttua sytytyksestä pelti käännettiin normaaliin lämmitysasentoon. Testissä poltettiin yksi pesällinen loppuun ilman hoitokäyntejä.

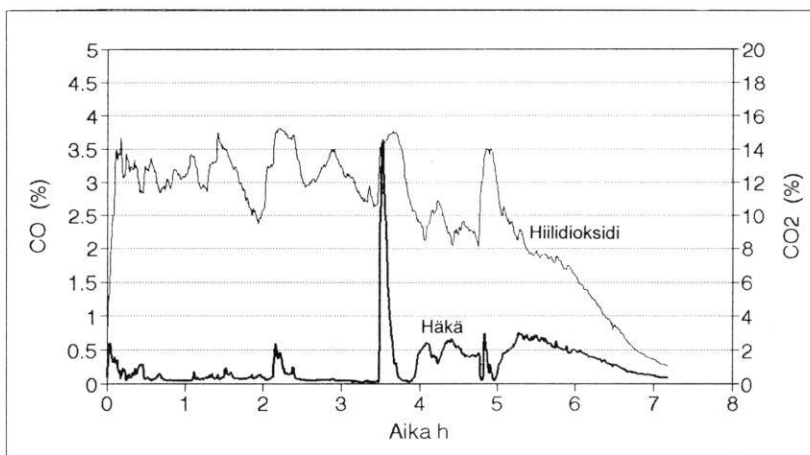


Kuva 7. Arimax 35.

Polttoaineen holvaantumisesta johtuvia palamisarvojen heilahteluja esiintyi koko palamisen ajan. Kattilan arina oli laaja-alainen ja lämmityksen loppussa hiillos kattilassa kesti pitkään. Arinan vapauduttua osittain pääsi ilmaa karkaamaan ohi hiilloksen osallistumatta palamiseen ja palamisarvot heikkenivät. Savukaasujen häikäpitoisuuden nousu kertoo palamisilman huonosta sekoittumisesta palokaasuihin. Pienempi arinapinta-ala saattaisi parantaa hiillosvaiheen palamisarvoja.



Kuva 8. Arimax 35. Kattilateho (P), palamishyötysuhde (nq) ja savukaasun lämpötilä (Tsk) testauksen aikana.



Kuva 9. Arimax 35. Savukaasujen häikäpitoisuus (CO) ja hiilidioksidipitoisuus (CO₂) testauksen aikana.

Luukkujen pintalämpötilat olivat kohtuullisen alhaiset. Kattilan täyttöluukku oli hyvä avata ja sulkea. Kevennyssylinteri helpotti luukun avaamista. Luukun alapuolella oli saranoidut levyt, jotka painautuivat varastopesän seinämiä vasten polttoainetta täytettäessä ja nousivat vaakatasoon polttoaineen pinnan alennuttua noin 30 cm, muodostaen välikannen varastopesään. Välikansi vähensi täyttöluukkuun kohdistuvaa lämpösäteilyä ja se vähentää myös savutusta sisäänpäin polttoainetta lisättäessä. Välikannen toiminta oli hiukan epävarman tuntuista ja se voi käytössä takerrella, kun varastopesä ja kannen levyt pikeentyvät. Kattilan täyttöluukusta tuli savua kattilahuoneeseen, jos puita lisättäessä arinalla oli voimakas hiillos tai polttoaine oli liekeissä.

Pesällisestä koivuklapeja saatiin varaajaan 185 kWh:n energiamäärä, joka nostaa 2500 litran varaajan lämpötilaa laskennallisesti 65 °C ja vastaa vuorokauden kulutusta 7,7 kW:n keskiteholla. Varaukerran kattilahuotyysuhde oli 73 %.

2.2.4 Eneka 35 AP

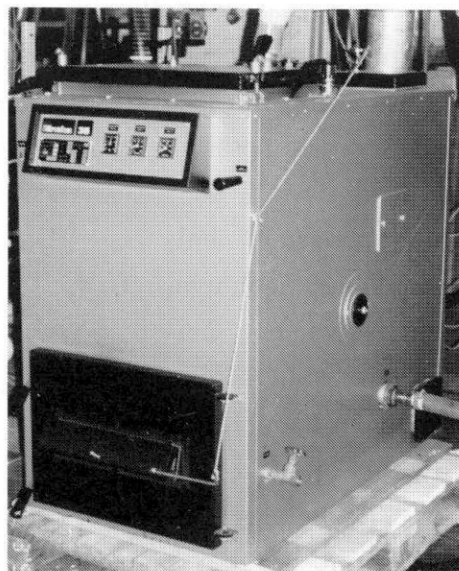
Kattila on alapaloinen ja tarkoitettu varaavaan lämmitykseen. Polttoaineena käytetään 0,5 metrin pituisia klapeja. Varastopesään mahtui kerrallaan 66,5 kg koivuklapeja, joka on energiamäärältään 270 kWh.

Testissä poltettiin yksi pesällinen alusta loppuun ilman hoitokäyntejä. Sytytyksessä arinalle pantiin paperia, ja pieniksi pilkottuja kuivia puita. Tuli sytytettiin ja annettiin palaa noin viisi minuuttia, jonka jälkeen täytettiin varastopesä puilla. Puiden kappalepaino oli 1 - 2 kg. Täytön yhteydessä tuli savua kattilahuoneeseen, koska sytykkeet paloivat voimakkaasti.

Parempi sytytystapa oli tehdä täytös valmiiksi heti niin, että kantta ei tarvinnut avata sytytyksen jälkeen. Ohituspeltiä pidettiin auki, kunnes palaminen pääsi vauhtiin ja savukaasun lämpötila nousi noin 250 asteeseen.

Polttoaineen holvautumisesta johtuvia häkäpiikkejä esiintyi jatkuvasti, mutta palamishyötysuhde oli kohtalaisen hyvä. Loppuunpalaminen kesti pitkään kuten muissakin kattiloissa, joissa oli laaja arinapinta-ala. Kekäleitä jäi arinalle jonkinverran, koska hiillosta ei kohittu. Vedonsäätimen toiminta oli epämääräinen, koska ilmaluukku oli raskastekoinen ja vedonsäätimen ketju tuli niin jyrkässä kulmassa, ettei säädin jaksanut avata luukku kunnolla luukun ollessa kiinni tai hiukan raollaan. Testin aikana ketjulle asennettiin taittopyörä, joka paransi ketjun asentoa.

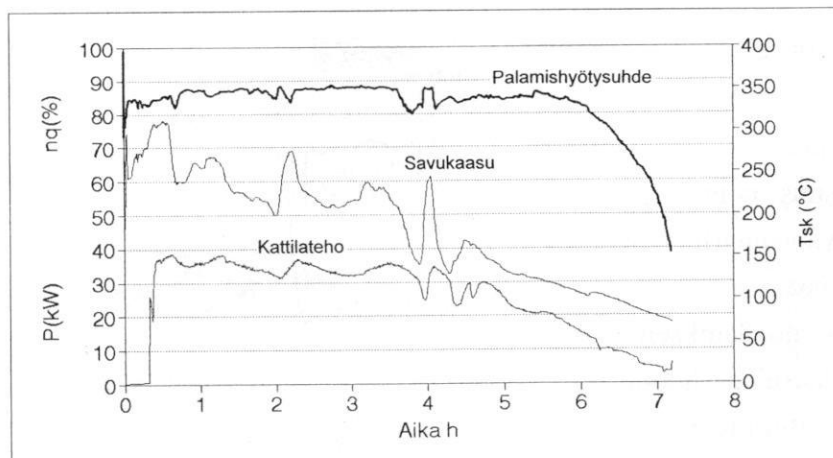
Kattilan täyttöluukun avaaminen oli melko raskas ja ruuvisalvat kannen lukituksena olivat hitaat käyttää. Kannen pintalämpötila oli korkea käytön aikana, kun polttoaine oli



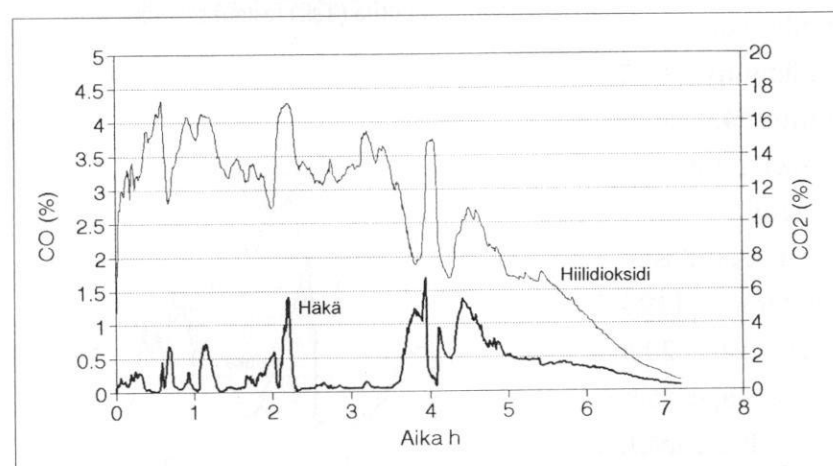
Kuva 10. Eneka 35 AP.

alentunut ja säteilylämpö pääsi vaikuttamaan suoraan kanneen. Kattilan täyttöluukusta tuli savua kattilahuoneeseen, jos puita lisättäessä arinalla oli voimakas hiillos tai polttoaine oli liekeissä.

Yhdestä pesällisestä saatiin varaajaan 180 kWh:n energiamäärä. Tämä nostaa 2500 litran varaajan lämpötilaa laskennallisesti 63 °C ja vastaa vuorokauden kulutusta 7,5 kW:n keskiteholla. Varauksen kattilahuötysuhde oli 68 %.



Kuva 11. Eneka 35 AP. Kattilateho (P), palamishyötysuhde (nq) ja savukaasun lämpötila (Tsk) testauksen aikana.

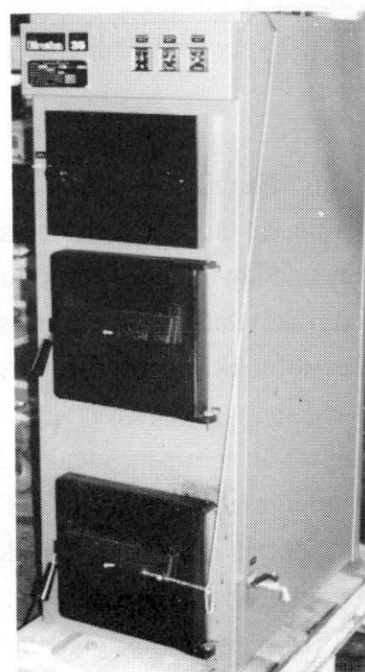


Kuva 12. Eneka 35 AP. Savukaasujen häkäpitoisuus (CO) ja hiilidioksidipitoisuus (CO2) testauksen aikana.

2.2.5 Eneka 40 YP

Kattila on yläpaloinen ja tarkoitettu varaavaan lämmitykseen. Polttoaineena käytetään 0,5 m pituisia klapeja. Lämmityksen alussa arinalle pantiin paperia ja sytykkeet, joita oli noin 3 kg. Sytykkeiden päälle ladottiin puita noin 20 kg. Tuli sytytettiin alaluukusta arinan päällä olevan ritilän kautta. Palaminen käynnistyi nopeasti, kun vetopelti oli täysin auki. Viiden minuutin kuluttua käännettiin vetopelti lämmitysasettoon.

Kattila tuotti runsaasti häkää lämmityksen alussa ja aina polttoainelisäyksen jälkeen. Savukaasujen häkäpitoisuus oli tällöin kahdesta kolmeen prosenttia. Pesällinen paloi puolitoista tuntia, jonka jälkeen polttoainetta lisättiin. Kattilan tehontuotto oli vaihteista seuraten lisäyksiä. Savukaasujen CO₂ -pitoisuus oli koko ajan alhainen, eikä



Kuva 13. Eneka 40 YP.

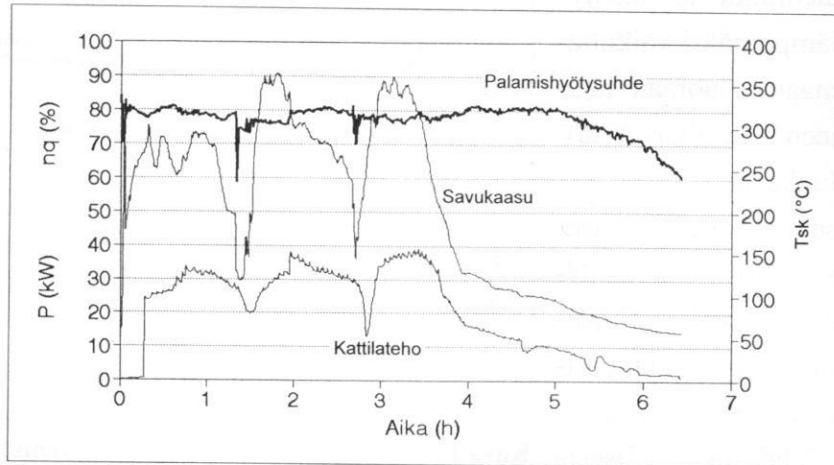
sitä saatu palamisilmaa säätämällä muutumaan. Häkäpitoisuus nousi heti, jos vähennettiin toisioilmaa.

Johtopäätöksenä oli kaasujen huono sekoittuminen keskenään. Luukkujen pintalämpötilat olivat melko korkeat.

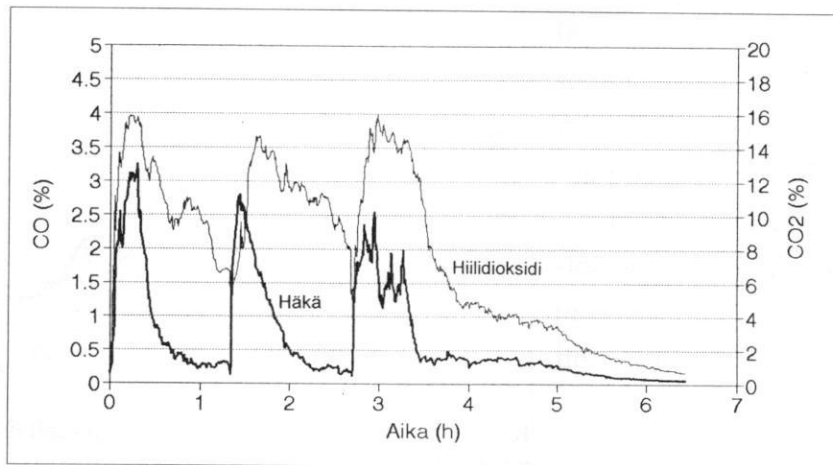
Lämmityksessä poltettiin 54,9 kg koivuklapeja, joiden energiasältö oli 221 kWh. Kattilasta saatiin lämpöä 129 kWh, joka nostaa 2000 litran varaajan lämpötilaa laskennallisesti 56,4 C° ja vastaa 5,4 kW vuorokauden keskitehoa. Varauksen kattilahiötysuhde oli 58 %.

2.2.6 Etna K 30

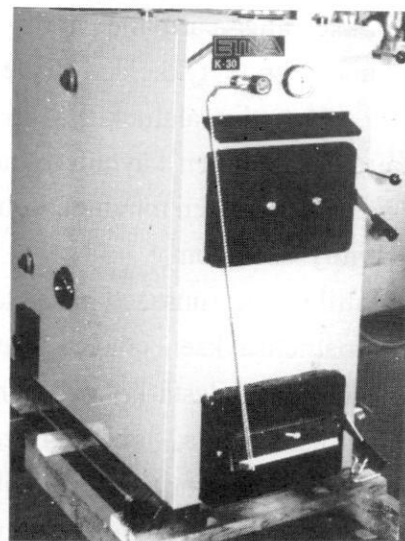
Kattila on tarkoitettu varaavaan lämmitykseen. Polttoaineena käytetään 0,5 m pituisia klapeja. Kattilaa voidaan käyttää vaihtoehtoisesti ala- tai yläpaloisena. Täyttöluukku on kattilan etupuolella. Polttoaineen lisäyksen yhteydessä savutus kattilahuoneeseen on näin saatu vähenemään, etenkin kun lämmönvaihdin voidaan ohittaa kääntöpellillä. Sytytyksessä arinalle pantiin paperia ja sytykkeet, joiden päälle varsinaiset poltopuut. Tuli sytytettiin arinan etureunasta. Sytytettäessä kattila käännettiin yläpaloiseksi ja konvektio-osan ohituspeltilä avattiin. Kun tuli syttyi ja savukaasun läm-



Kuva 14. Eneka 40 YP. Kattilateho (P), palamishyötysuhde (nq) ja savukaasun lämpötila (Tsk) testauksen aikana.



Kuva 15. Eneka 40 YP. Savukaasujen häkäpitoisuus (CO) ja hiilidioksidipitoisuus (CO2) testauksen aikana.



Kuva 16. Etna K 30.

pötila nousi noin 250 asteeseen, käännettiin kattila alapaloiseksi ja ohituspelti suljettiin. Huonojen veto-olosuhteiden vallitessa voidaan kattilaa käyttää kokonaan yläpaloisena.

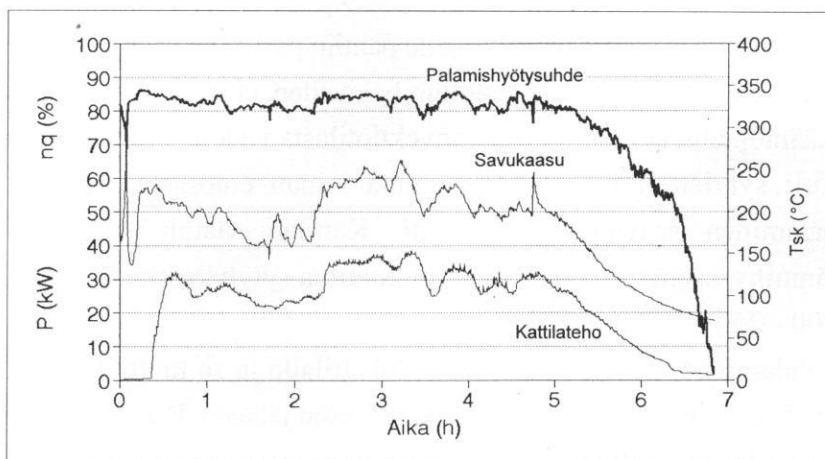
Savukaasujen CO_2 -pitoisuus oli melko alhainen koko palamisen ajan. Kattilassa puut ladotaan arinarakojen suuntaisesti, jolloin ne muodostavat palamisilmalle reittejä suoraan palotilaan käytettäessä kattilaa alapaloisena. Polttoaineen kaasutus saattaa heiketä ja palamiseen tulee ylimääräistä toisioilmaa.

Tulipesään mahtui kerrallaan 40 kg koivuklapeja ja varaajan lämmittämiseen tarvittiin yksi polttoainelisäys.

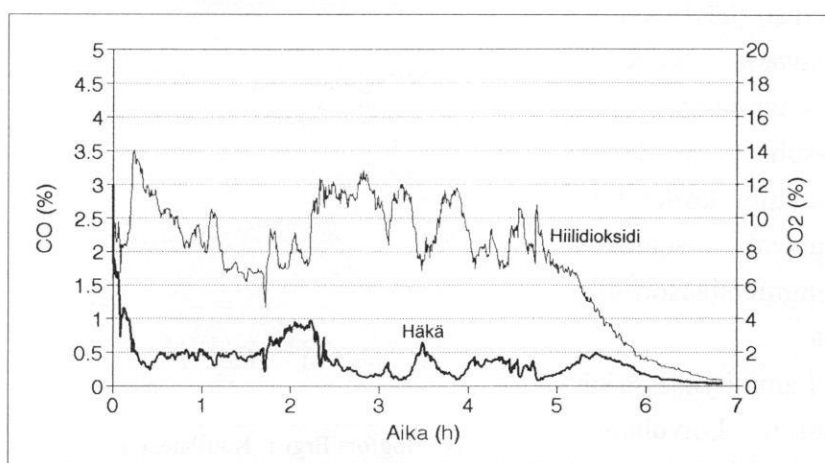
Kaikkiaan lämmityksessä käytettiin 58,8 kg koivuklapeja, joiden sisältämä energiamäärä oli 252 kWh. Kattilasta saatiin varaajaan 172 kWh:n energiamäärä, joka nostaa 2500 litran varaajan lämpötilaa laskennallisesti $60\text{ }^\circ\text{C}$ ja vastaa 7,2 kW:n keskikulutusta vuorokaudessa. Varaukserran kattilahiötysuhde oli 68 %.

2.2.7 Högfors Ergi 1

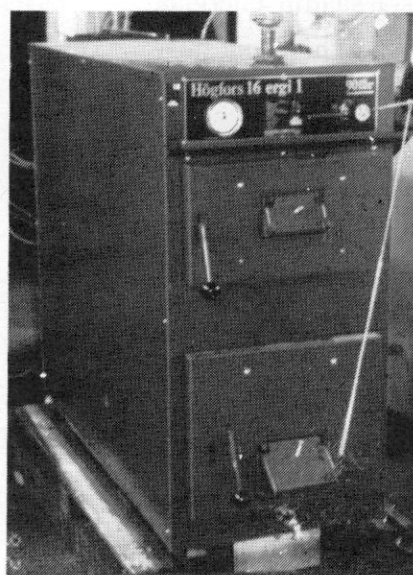
Högfors Ergi 1 on yläpaloinen varaavaan lämmitykseen tarkoitettu valurautakattila. Polttoaineeksi sopivat metrin pituiset halot. Kattilan tulipesä on syvyydeltään 1,15 m ja arinan pituus yhden metrin.



Kuva 17. Etna K 30. Kattilateho (P), palamishyötysuhde (nq) ja savukaasun lämpötila (Tsk) testauksen aikana.



Kuva 18. Etna K 30. Savukaasujen häkäpitoisuus (CO) ja hiilidioksidipitoisuus (CO_2) testauksen aikana.

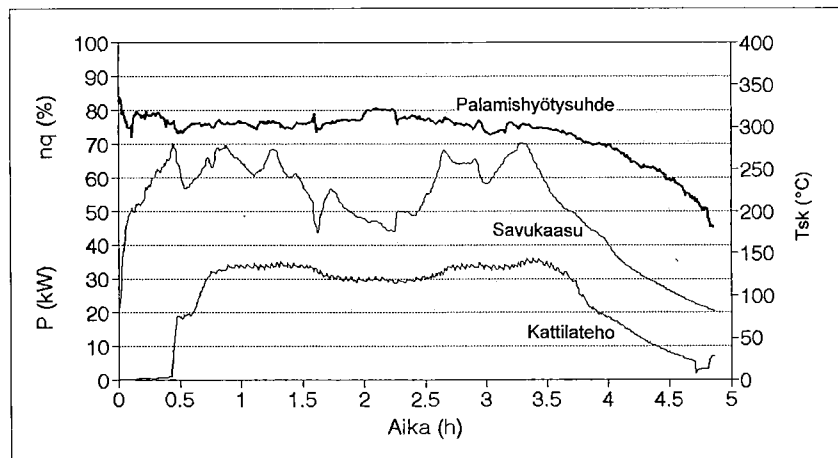


Kuva 19. Högfors Ergi 1.

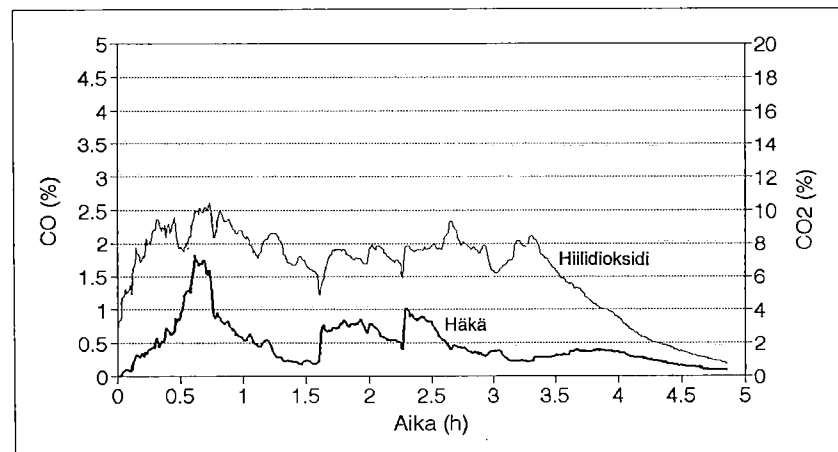
Lämmitystä aloitettaessa arinalle pantiin paperia ja sytykkeeksi pieniksi pilkottuja kuivia puita. Sytykkeiden päälle ladottiin halot siten, että noin kolmannes tulipesästä jäi vapaaksi. Kääntöpellillä ohitettiin osa konvektiotilasta vedon parantamiseksi, kun kattila oli kylmä. Tuli sytytettiin tuhkaluukun kautta arinan etuosasta. Tuli syttyi hyvin ja voimakas palaminen saavutettiin nopeasti. Kattilan säätöluukut voitiin kääntää normaaliin lämmitysasentoon 3 - 8 minuutin kuluttua sytytyksestä. Savukaasun lämpötila oli tällöin 200 - 250 C°.

Palaminen oli tyypillistä yläpalokattilalle ja se tuotti 1 - 2 % häkäpitoisuuksia savukaasuissa sytytyksen ja polttoainelisyksen jälkeen. Palamisen CO₂ -pitoisuus oli 7 - 10 %. Arinalle jäi palamaton hiiltä, joka lasjetaan häviöiksi varaavassa kokeessa. Käytännössä hyötysuhde on hiukan parempi koska hiilet palavat seuraavan lämmitysjakson aikana.

Lämmityksessä käytettiin koivuhalkoja kaikkiaan 64,6 kg, joiden energiamäärä oli 256 kWh ja kattilasta saatiin energiaa 160 kWh. Tämä nostaa 2500 litran varaajan lämpötilaa laskennallisesti 56,0 °C ja vastaa 6,7 kW:n vuorokauden kesikulutusta. Varauskerran kattilahiötysuhde oli 62 %.



Kuva 20. Högfors Ergi I. Kattilateho (P), palamishyötysuhde (nq) ja savukaasun lämpötila (Tsk) testauksen aikana.

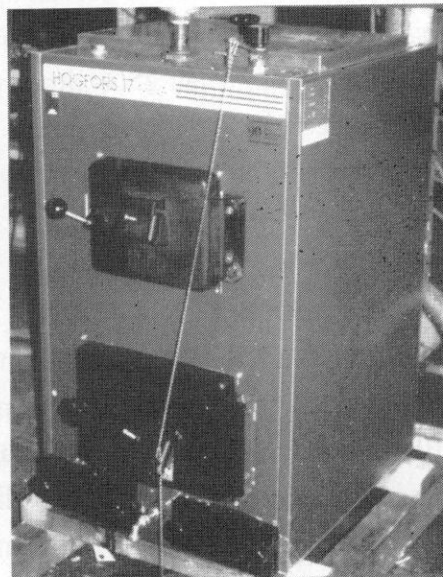


Kuva 21. Högfors Ergi I. Savukaasujen häkäpitoisuus (CO) ja hiilidioksidipitoisuus (CO₂) testauksen aikana.

2.2.8 Högfors 17 Nova

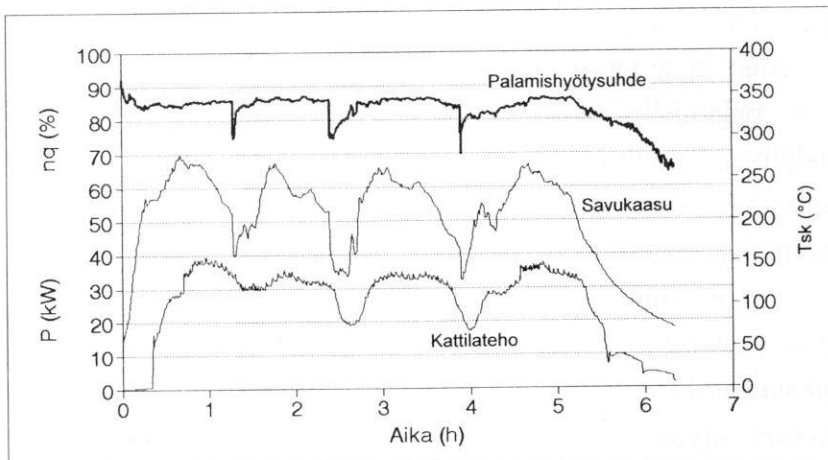
Högfors Nova on yläpaloinen varaavaan lämmitykseen tarkoitettu valurautakattila. Polttoaineeksi sopivat 40 cm pituiset klapit. Konvektio-osassa oli kahdeksan erillistä nuohousluukkua ja kattila oli testiryhmän hitain nuohottava.

Lämmityksen alussa arinalle pantiin paperia ja kuivia pieniä puita noin 3 kg, joiden päälle aseteltiin varsinaiset polttopuut. Tuli sytytettiin arinan etureunasta tuhkaluukun puolelta. Ensimmäisessä kokeessa kattilan palamisilmaluukut olivat auki 8 mm. Polttoaineen kosteuden ollessa 26,5 % saatiin suurimmillaan 30 kW teho, keskitehon ollessa noin 21 kW. Toisessa kokeessa käytettiin vedonsäädintä kattilan palamisilmaluukkujen ohjaamiseen. Puiden kosteus oli 25,2 % ja keskitehoksi saatiin 23 kW. Vedonsäätimen käyttö vähentää kattilan kiehumisen vaaraa silloin kun varaaja on lähes täysin lämmennyt.

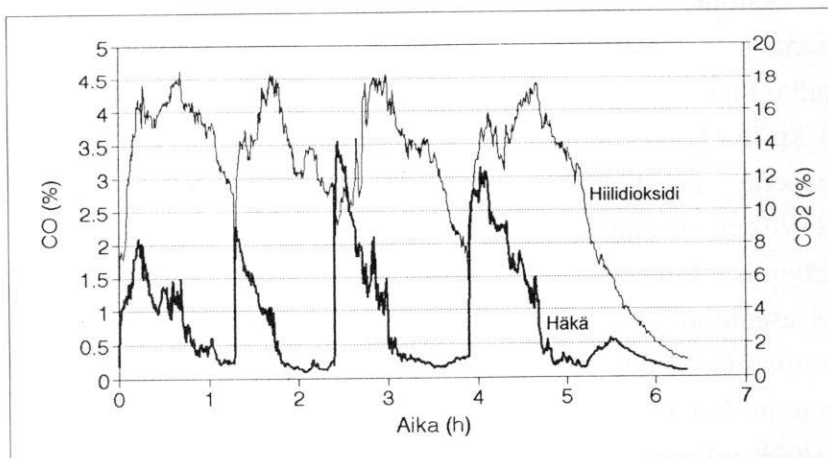


Kuva 22. Högfors 17 Nova.

Kattilan toiminta oli tyypillistä yläpaloiselle ja kattila tuotti runsaasti häkää lämmityksen alussa ja polttoainelisyksen jälkeen, jolloin häkäpitoisuus savukaasuissa oli 2 - 3 %. Kattilan tehontuotto oli jaksottaista seuraten lisääksiä. Suurinta tehontuotto oli silloin kun polttoainekerros oli laskenut ja kokonaan liekeissä, jolloin tulipesän säteilylämpö siirtyi kattilaveteen voimakkaasti. Kattilaan pantiin kokeen alussa polttoainetta 17,5 kg ja varaajan lämmittämiseksi lisättiin puita kolme kertaa.



Kuva 23. Högfors 17 Nova. Kattilateho (P), palamishyötysuhde (nq) ja savukaasun lämpötila (Tsk) testauksen aikana.



Kuva 24. Högfors 17 Nova. Savukaasujen häkäpitoisuus (CO) ja hiilidioksidipitoisuus (CO₂) testauksen aikana.

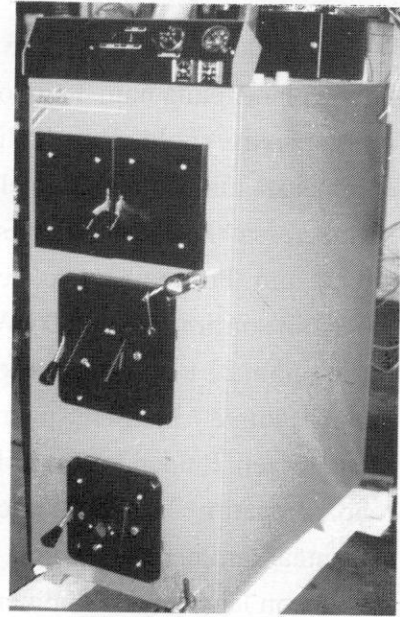
Lämmityksessä käytettiin koivuklapeja 63,1 kg, joiden energiamäärä oli 246 kWh ja kattilasta saatiin energiaa 162 kWh. Tämä nostaa 2500 litran varaajan lämpötilaa laskennallisesti 56,7 °C ja vastaa 6,8 kW:n vuorokauden keskikulutusta. Varaukerran kattilahyötysuhteeksi saatiin 67 %.

2.2.9 Jämä Nature

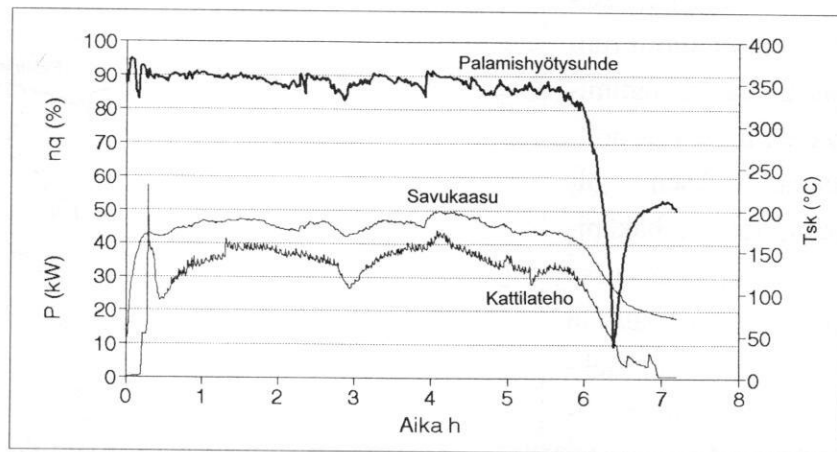
Kattila on tarkoitettu varaavaan lämmitykseen. Polttoaineena käytetään 0,5 m pituisia klapeja. Rakenteeltaan kattila on käänteispaloinen. Tulipesässä on keraaminen arina, jonka lävitse palavat kaasut kulkevat. Arinaan johdetaan toisiopalamisilma. Polttokammio on vuorattu keraamisella massalla, joka mahdollistaa palamisen korkeassa lämpötilassa.

Kattilan vetovastus on suuri ja se tarvitsee palamisilmapuhaltimen. Puhallin on sijoitettu konvektioosan jälkeen, joten kattila on alipaineinen. Puhaltimen ansiosta kattila voidaan kytkeä myös matalaan savuhormiin.

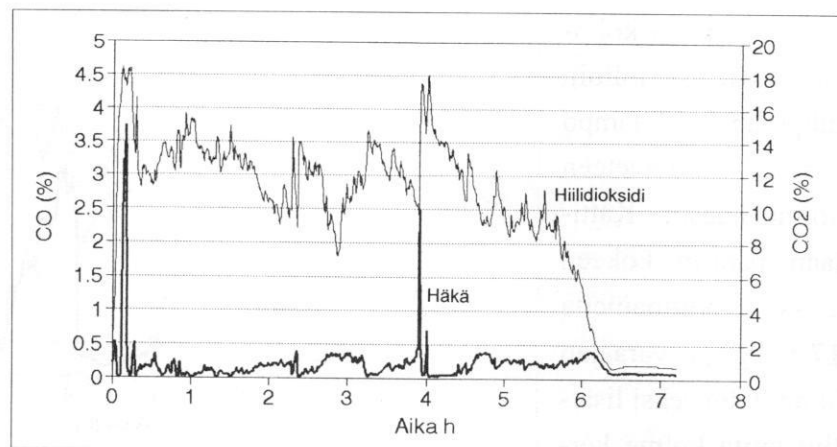
Lämmityksen alussa kattilan arinalle pantiin pieniä pilkottuja sytykkeitä 5 kg ja niiden päälle paperia ja tuohia. Savukaasupuhallin käynnistettiin sytytysasentoon ja sytytettiin tuli. Viiden minuutin kuluttua täytettiin tulipesä varsinaisilla lämmitys-



Kuva 25. Jämä Nature



Kuva 26. Jämä Nature. Kattilateho (P), palamishyötysuhde (nq) ja savukaasun lämpötila (Tsk) testauksen aikana.



Kuva 27. Jämä Nature. Savukaasujen häkäpitoisuus (CO) ja hiilidioksidipitoisuus (CO₂) testauksen aikana.

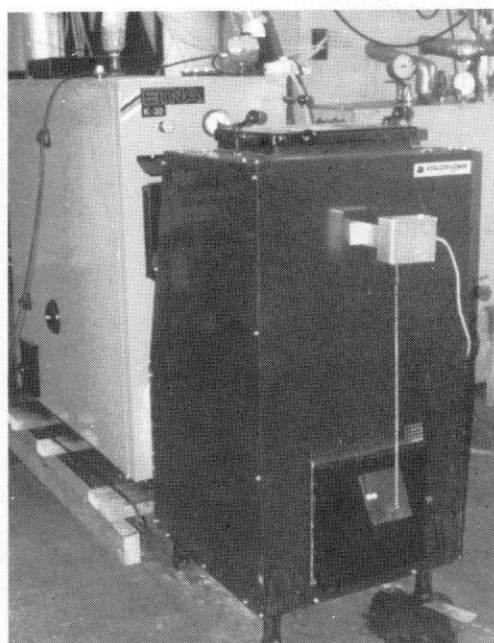
puilla. Kun savukaasun lämpötila nousi noin 150 asteeseen, käännettiin savukaasupuhallin käyntiasentoon. Polttoainetta lisättiin kahden tunnin kuluttua kokeen alusta.

Tuhkatila arinan alla on melko pieni ja tuhka joudutaan poistamaan usein, varsinkin jos kattilassa poltetaan myös talousroskia. Koivuklapeja poltettaessa tuhkaa tuli vähän. Palamisilmaluukun toiminta oli hiukan epämääräinen ja vedonsäätimen ketju piti irrottaa luukusta polttoainetta lisättäessä. Kattilan automatiikka pysäytti palamisilmapuhaltimen ja varaajan latauspumpun lämmityksen loppuessa.

Lämmityksessä poltettiin 54,4 kg koivuklapeja, joiden energiasisältö oli 215 kWh. Kattilasta saatiin energiaa 168 kWh, joka nostaa 2500 litran varaajan lämpötilaa laskennallisesti 59 °C ja vastaa 7,0 kW:n vuorokauden keskitehoä. Varauskerran kattilahyötysuhde oli hyvä, ollen 78 %.

2.2.10 Kenjon FU 25 -etupesä

Etupesä on tarkoitettu 1/3 m pituisten klapien polttoon. Pesä on alapaloinen ja palamisilma tulee arinan etureunasta. Palavat kaasut poistuvat samassa tasossa arinan takana olevan tuliputken kautta kattilan tulipesään. Tuliputken johdetaan toisiopalamisilma ja kaasut palavat loppuun kattilan tulipesässä. Pesän alaosa, arina ja tuliputki on vuorattu keraamisilla levyillä. Pesän yläosa on terästä. Palamisilmaluukku avautuu ja sulkeutuu magneettikytkimellä, jota ohjaa kattilatermostaatti. Etupesää voidaan käyttää varaavassa lämmityksessä. Etupesä soveltuu myös suoraan lämmitykseen ja se voidaan liittää öljypoltin tilalle, jos halutaan siirtyä öljylämmityksestä kiinteään polttoaineeseen käyttöön. Etupesä on helppo sovittaa kattilan poltinluukkuun. Testissä etupesä oli liitettyä Etna K 30 -kattilaan.



Kuva 28. Kenjon FU 25 -etupesä.

Etupesän seinämät ja täyttöluukku kuumenivat voimakkaasti varsinkin polttoainetäytöksen loppuvaiheessa, kun hiillos oli runsas. Palamisilmaluukun tulisi sulkeutua tiiviisti tyhjäkäynnin ajaksi, jotta palaminen olisi silloin mahdollisimman vähäistä.

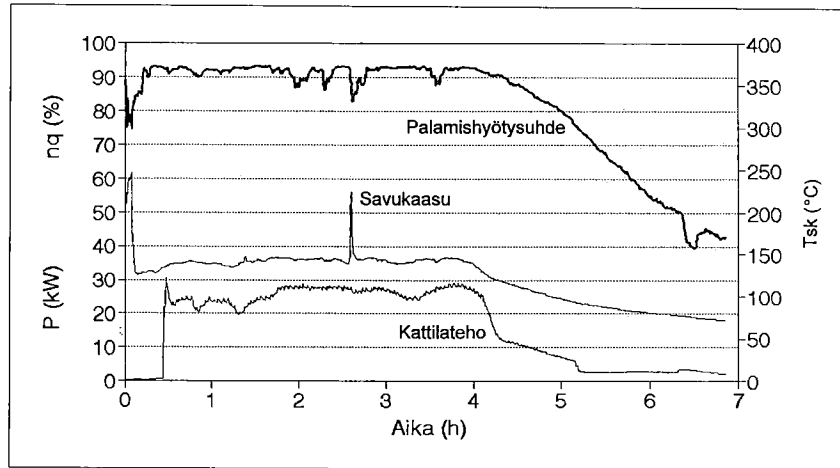
Lämmityksen alussa savukaasujen häikäpitoisuus oli runsasta ja saattoi esiintyä noin 5 %:n hetkellisiä pitoisuuksia. Suorassa lämmityksessä savukaasujen häikäpitoisuus nousi käyntijakson alussa, kun palamisilmaluukku avautui. Yleensä etupesä-kattilayhdistelmän palamishyötysuhde oli noin 90 % palamisen aikana.

Varaavan lämmityksen kokeessa poltettiin 41,2 kg puita, joiden energiasisältö oli 186 kWh ja varaajaan saatiin kattilasta 110 kWh. Tämä nostaa 2000 litran varaajan

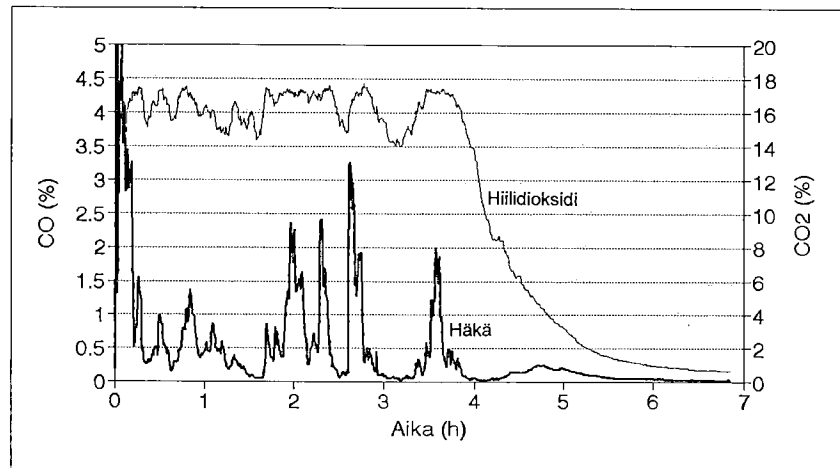
lämpötilaa laskennallisesti 48,1 °C ja vastaa 4,6 kW:n vuorokauden kesvikulutusta. Yhdistelmän varauskerran kokonaisyhtösuhde oli 59 %. Etupesään yhdistetyn kattilan yhtösuhde oli 68 % kattilalle tehdystä erillisessä lämmityskokeesta. Etupesä-kattilayhdistelmän huonompi yhtösuhde johtui etupesän suuresta eristyshäviöstä.

Etupesään mahtui kerralla noin 35 kg koivuklapeja. Suorassa lämmityksessä täyttövälillä koivuklapeja käytettäessä 9 kW:n teholla on noin 8 tuntia ja 2,2 kW:n teholla noin 21 tuntia. Vastaavasti kattilayhtösuhde on 9 kW:n teholla 52 % ja 2,2 kW:n teholla 33 %.

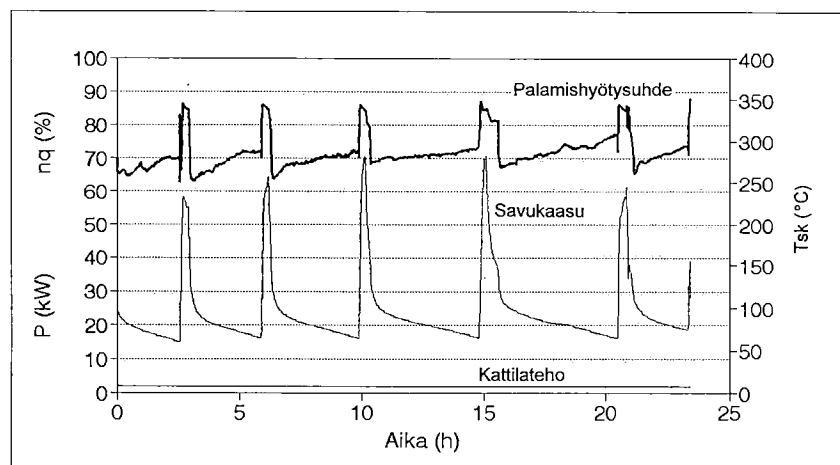
Testissä etupesä säilyi hyvin tehontarpeen mukaan ja 24 tunnin tyhjäkäynnin ajan tuli säilyi pesässä. Tyhjäkäynnin aikana polttoainetta kului 0,7 kg/h, joka vastaa 2,7 kW polttoainetehoa. Etu-



Kuva 29. Kenjon FU 25/Etna K 30. Varaavan lämmityksen koe. Kattilateho (P), palamishyötysuhde (nq) ja savukaasun lämpötila (Tsk) testauksen aikana.



Kuva 30. Kenjon FU 25/Etna K 30. Varaavan lämmityksen koe. Savukaasujen häkäpitoisuus (CO) ja hiiliidioksidipitoisuus (CO₂) testauksen aikana.



Kuva 31. Kenjon FU 25/Etna K 30. Suoran lämmityksen koe. Kattilateho (P), palamishyötysuhde (nq) ja savukaasun lämpötila (Tsk) testauksen aikana.

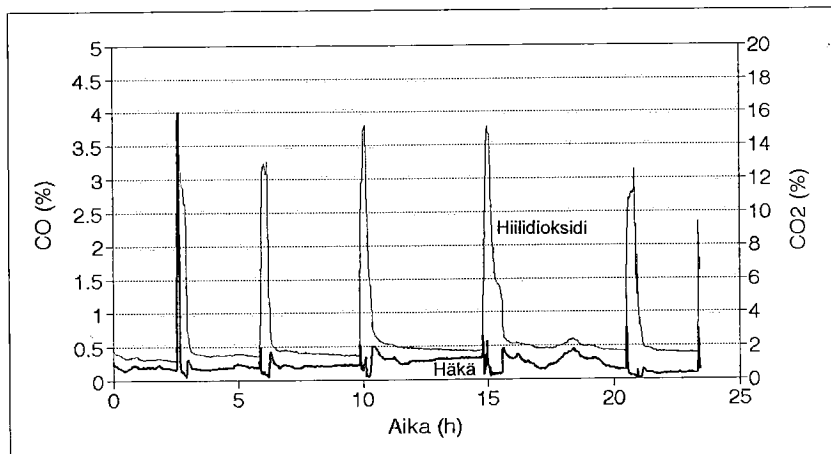
pesä-lämmityskattilan kokonaishyötysuhde on melko huono, koska mukana on kahden erillisen laitteen lämpöviöt.

Täyttöluukun kansi olisi helpompi avata ja sulkea, jos siinä olisi ruuvisalpojen sijalla pikalukot. Täyttöluukusta tuli savua kattilahuoneeseen runsaasti, jos arinalla oli voimakas hiillos, kun polttoainetta lisättiin. Koejakson kuluessa etupesän seinämät puhdistuivat sytytysvaiheen aikana tulleesta noesta. Myös kattilan tulipinnat puhdistuivat.

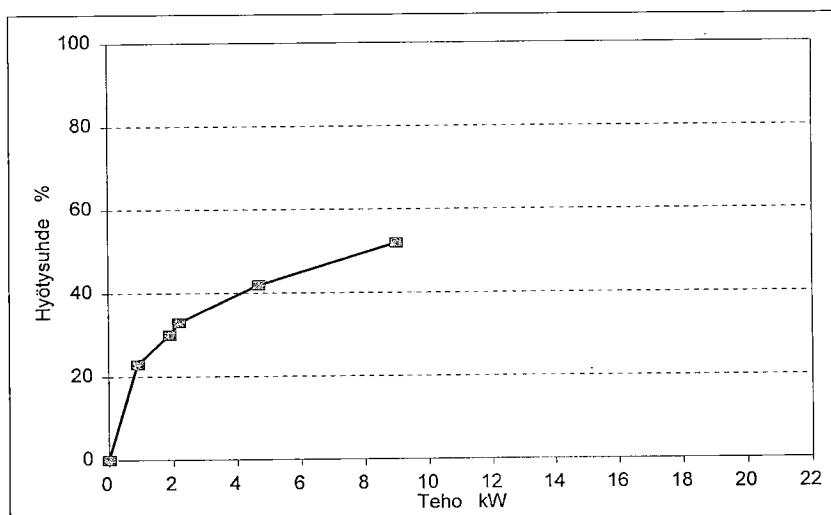
Etupesän lämpöeristyksen pitäisi olla parempi, koska pesässä ei ole jäähdyttävää vesi-vaippaa ympärillä. Osa säteilylämmöstä saadaan lämmityskauden aikana hyödyksi, jos kattilahuone sijaitsee lämmitettävän rakennuksen keskellä.

Taulukko 1.

Kenjon 25-etupesä/Etna K 30 -kattila. Suoran lämmityksen koe.



Kuva 32. Kenjon FU 25/Etna K 30. Suoran lämmityksen koe. Savukaasujen häkäpitoisuus (CO) ja hiilidioksidipitoisuus (CO₂) testauksen aikana.



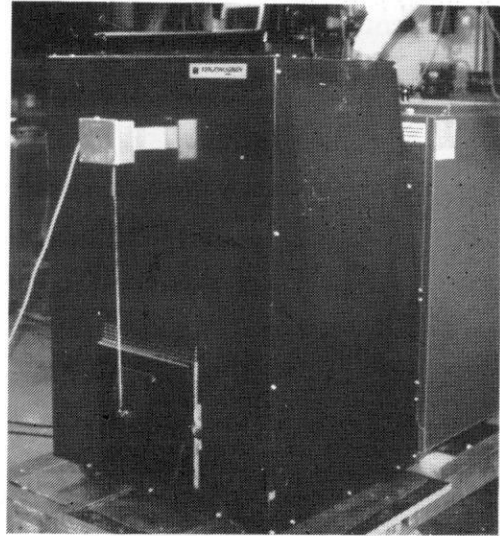
Kuva 33. Kenjon FU 25/Etna K 30. Suoralämmityksen hyötysuhdekäyrä.

Polttoaineen vesipitoisuus	%	21,5	28,6	23,0	22,7	20,9	24,0
Kattilateho	kW	9,0	4,7	2,2	1,9	0,9	0
Polttoaineen kulutus	kg/h	4,3	2,5	1,7	1,6	0,9	0,7
Kattilahyötysuhde	%	52	42	33	30	23	0
Tehoa vastaava polttoaineen täytösväli	h	8	14	20	22	39	50

2.2.11 Kenjon FU 50 -etupesä

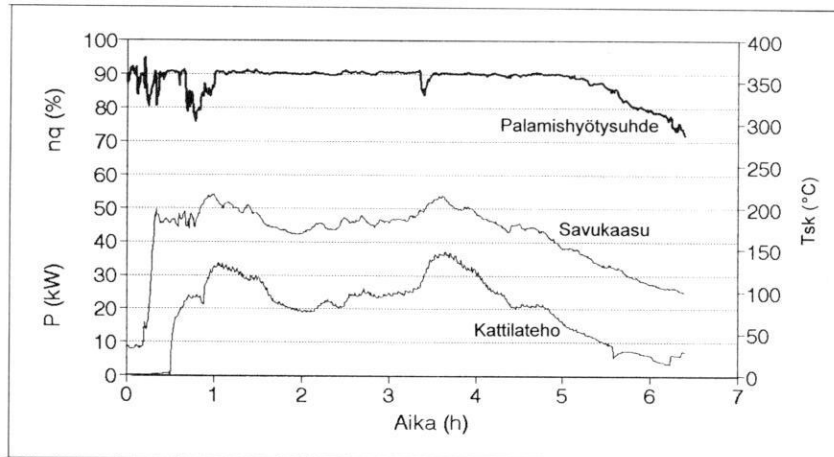
Kenjon FU 50 on 0,5 m pituisten klapien polttoon tarkoitettu etupesä. Rakenteeltaan etupesä on samanlainen kuin pienempi malli FU 25. Testissä etupesä oli liitettynä Högfors 17 Nova -kattilaan.

Lämmitystä aloitettaessa arinalle pantiin paperia ja pieneksi pilkottuja kuivia puita, joiden päälle ladottiin polttopuut tiiviisti. Tuli sytytettiin arinan etureunassa olevasta raosta. Sytytyksen jälkeen savukaasuissa oli runsaasti häkää noin tunnin ajan, kunnes arinalle muodostui hiillosta ja palaminen käynnistyi voimakkaasti. Tämän jälkeen häkäpitoisuus laski 0,1 %:n tasolle.

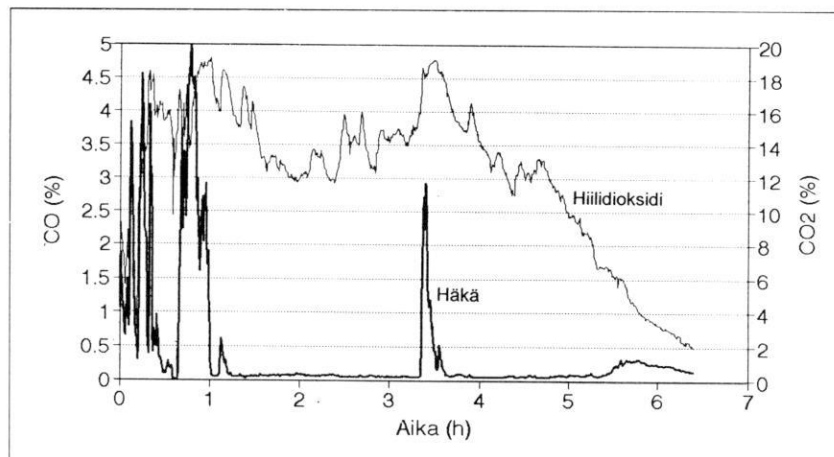


Kuva 34. Kenjon FU 50 -etupesä.

Varaavan lämmityksen kokeessa etupesässä poltettiin 53,1 kg koivuklapeja, joiden energiasisältö oli 211 kWh ja varaajaan siitä saatiin lämpöä 125 kWh. Tämä nostaa 2000 litran varaajan lämpötilaa laskennallisesti 54,7 °C ja vastaa 5,2 kW:n vuorokauden keskimääräistä kuluusta. Varauksen kattilahiötysuhde oli 59 %. Vastaavasti etupesään kytketyn kattilan varaavan lämmityksen hiötysuhde oli 67 %, kun kattilalle tehtiin erillinen lämmityskoe. Etupesäkattilayhdistelmän huononmpi hiötysuhde johdettiin etupesän suuresta eristysväliöstä.



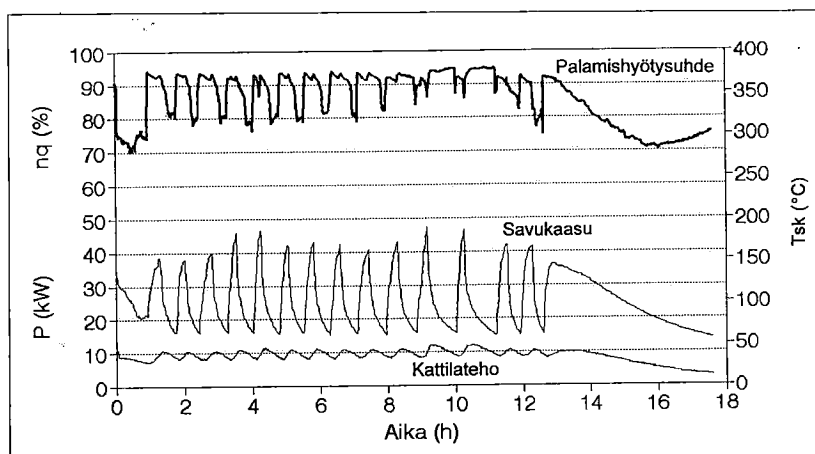
Kuva 35. Kenjon FU 50/Högfors 17 Nova. Varaavan lämmityksen koe. Kattilateho (P), palamishyötysuhde (nq) ja savukaasun lämpötila (Tsk) testauksen aikana.



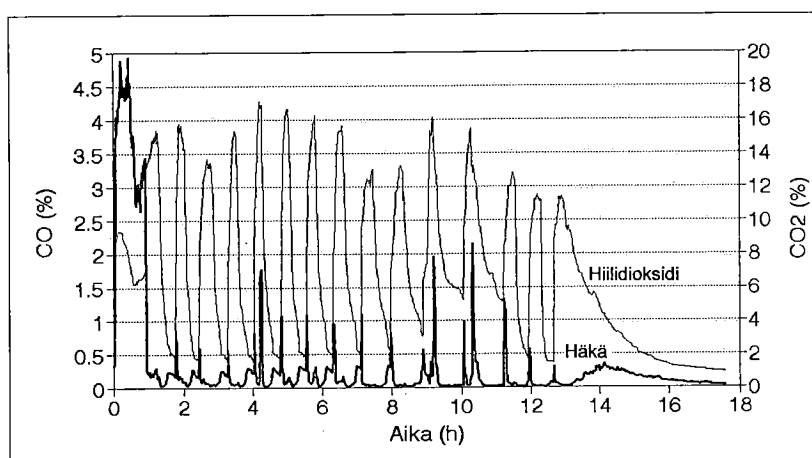
Kuva 36. Kenjon FU 50/Högfors 17 Nova. Varaavan lämmityksen koe. Savukaasujen häkäpitoisuus (CO) ja hiilidioksidipitoisuus (CO₂) testauksen aikana.

Suoralämmityskokeessa 57 kg:n polttoainetäyttö paloi 14 h, kun kuormitus oli 9,5 kW ja 49 kg:n täyttö 23 h, kun kuormitus oli 4,4 kW. Etupesäkattila-yhdistelmän kokonaishyötysuhde oli 15 kW:n teholla 54 % ja 4,4 kW:n teholla 48 %. Testeissä etupesäkattila-yhdistelmä säätyi alimmillaan 0,7 kW teholla siten, että kattilaveden lämpötila pysyi vakiona. Laite olisi sääntynyt vielä pienemmälle teholle, jos palamisilma-
luokku olisi sulkeutunut tiiviisti.

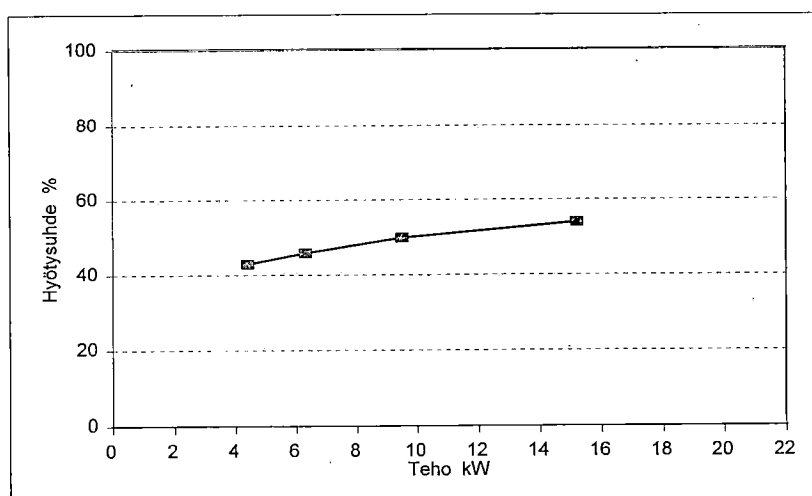
Etupesän eristyshäviöt olivat suuret. Koska etupesässä ei ole vesivaippaa, sen eristykseen tulisi kiinnittää erityistä huomiota. Viiden tunnin kuluttua varaavan kokeen alkamisesta pesän pintavaipan lämpötilaksi mitattiin alaosassa noin 60 °C ja yläosassa 100 - 165 °C. Täyttöluokun lämpötila oli korkeimmillaan 175 °C ja varapesän täyttöaukon reunuksen jopa 400 °C. Käyttäjän tulee noudattaa varovaisuutta palo-



Kuva 37. Kenjon FU 50/Högfors 17 Nova. Suoran lämmityksen koe. Kattilateho (P), palamishyötysuhde (nq) ja savukaasun lämpötila (Tsk) testauksen aikana.



Kuva 38. Kenjon FU 50/Högfors 17 Nova. Suoran lämmityksen koe. Savukaasujen häikäpitoisuus (CO) ja hiilidioksidipitoisuus (CO₂) testauksen aikana.



Kuva 39. Kenjon FU 50/ Högfors 17 Nova. Suoralämmityksen hyötysuhdekäyrä.

vammojen varalta polttoainetta lisättäessä.

Täyttöluukun kansi olisi helpompi avata ja sulkea, jos siinä olisi ruuvisalpojen sijalla pikalukot. Täyttöluukusta tuli savua kattilahuoneeseen runsaasti, jos arinalla oli voimakas hiillos, kun

polttoainetta lisättiin. Koejakson kuluessa etupesän seinämät puhdistuivat sytytysvaiheen aikana tulleesta noesta. Myös kattilan tulipinnat puhdistuivat.

Etupesässä voidaan käyttää reilunkokoista puuta etenkin suorassa lämmityksessä, koska suuren puun kaasuntuminen on hitaampaa ja näin etupesä säätyy pienelle teholle helpommin.

2.2.12 Tulimax KP 30 L

Kattila on käänteispaloinen ja tarkoitettu varaavaan lämmitykseen. Polttoaineena käytetään 0,3 m pitkiä klapeja. Kattilassa on päältä täytettävä varastopesä, jonka pohjalla on tulenkestävästä teräksestä tehty rakoarina. Palamiseen tarvittava ensiöilma ohjataan välittömästi arinan yläpuolelle ja toisioilma arinan alle. Palamisilmaluukun avaa ja sulkee moottori, jota ohjaa kattilatermostaatti. Palamiskaasut menevät arinan lävitse palotilaan, joka on arinan alla ja sen takana olevassa nousukanavassa. Konvektiokanavat ovat pystysuorassa.

Savuhormin liitosputkessa on ejektorimallinen savukaasupuhallin, joka lisää savupiipun vetoa ja kattila voidaan kytkeä myös matalaan savuhormiin.

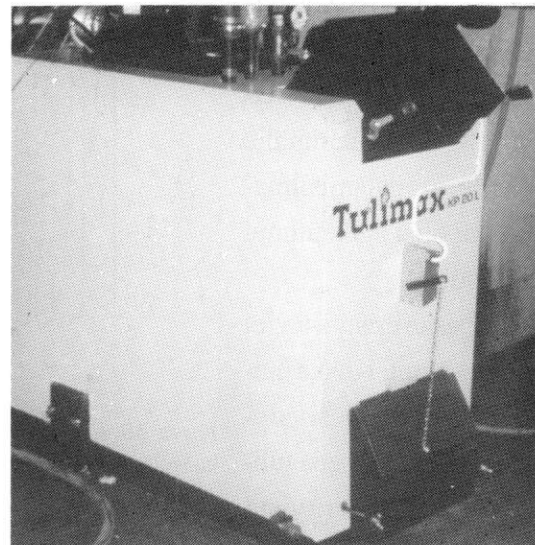
Kattilaan sopii kerrallaan 25 - 30 kg koivuklapeja ja 2,5 m³ varaajan lämmittämiseen tarvitaan kaksi tai kolme pesällistä polttoaineen kosteudesta riippuen.

Palamisarvot kattilassa olivat melko hyvät ja palamishyötysuhde oli yleensä 86 - 89 %. Lyhytaikaisia häikäsiintymiä oli savukaasuissa ajoittain, mikä todettiin ominaiseksi käänteispalokattilan arinan toiminnassa.

Lämmityskokeessa poltettiin 50,9 kg koivuklapeja, joiden energiasisältö oli 215 kWh. Kattilasta saatiin lämpöä 167 kWh, joka nostaa 2500 litran varaajan lämpötilaa laskennallisesti 58,4 °C ja vastaa vuorokauden lämmitystä 7,0 kW:n keskiteholla. Varaukerran kattilahyötysuhde oli hyvä, ollen 77 %.

Polttoaineen vesipitoisuus %		17,5	21,0	15,0	18,8
Kattilateho kW		15,2	9,5	6,3	4,4
Polttoaineen kulutus kg/h		6,5	4,3	3,3	2,1
Kattilahyötysuhde %		54	50	46	43
Tehoa vastaava polttoaineen täyttöväli h		8	13	17	27

Taulukko 2. Kenjon FU 50 -etupesä/Högfors 17 Nova -kattila. Suoran lämmityksen koe.



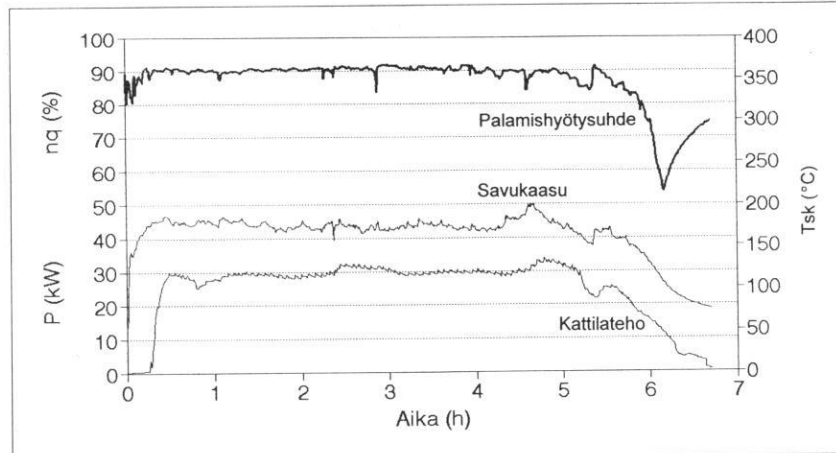
Kuva 40. Tulimax KP 30 L.

Savukaasun lämpötila kattilan jälkeen ennen savukaasupuhallinta oli 160 - 170 °C. Matala savukaasun lämpötila parantaa hyötysuhdetta. Kattilasta mitattiin liekin lämpötilaa palamisen aikana kun poltettiin kosteudeltaan 15 % koivuklapeja. Lämpötila vaihteli 820 - 1060 °C välillä. Korkea palamislämpötila mahdollistaa tervojen palamisen täydellisesti ja pitää kattilan konvektiopinnat kuivina ja helposti puhdistettavina.

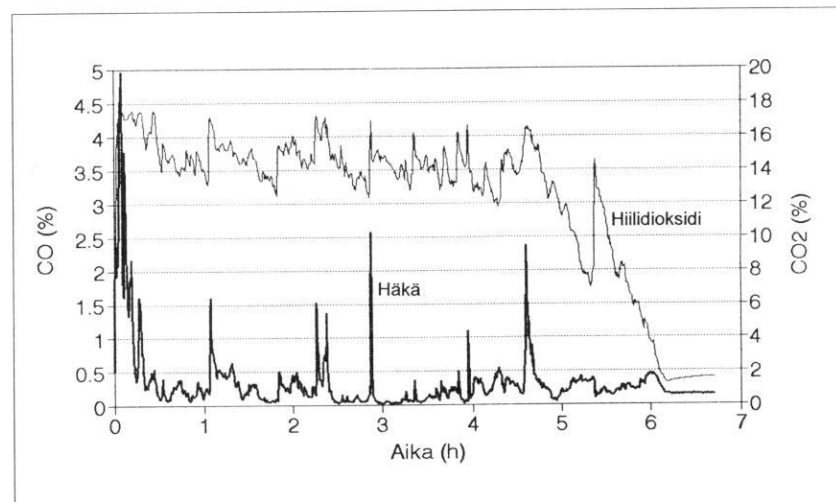
Täyttöluukusta tuli savua kattilahuoneeseen polttoainelisäyksen aikana, kun edellinen täytös oli vielä palamassa tai arinalla oli runsas hiillos.

2.2.13 Tulimax KP 20 S

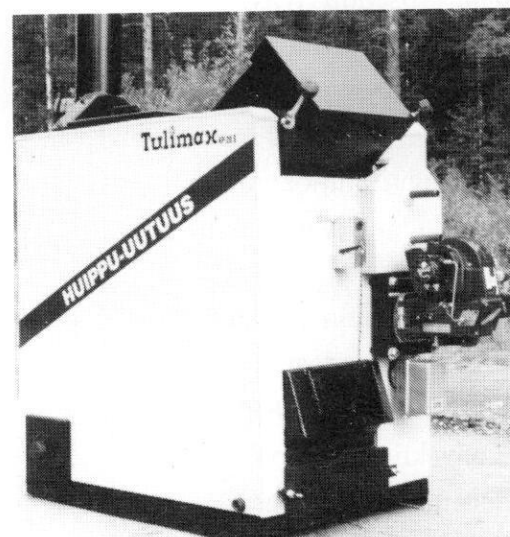
Kattila on käännteispaloinen ja suoraan lämmitykseen tarkoitettu. Polttoaineena käytetään 0,3 m pitkiä klapeja. Kattilassa on päältätäytettävä varastopesä, jonka pohjalla on tulenkestävästä teräksestä tehty rakoarina. Palamiseen tarvittava ensiöilma ohjataan välittömästi arinan yläpuolelle ja toisiöilma arinan alle. Palamiskaasut menevät arinan lävitse palotilaan, joka on arinan alla ja sen takana olevassa nousukanavassa. Palotila ja nousukanava on vuorattu keraamisella massalla.



Kuva 41. Tulimax KP 30 L. Varaavan lämmityksen koe. Kattilateho (P), palamishyötysuhde (nq) ja savukaasun lämpötila (Tsk) testauksen aikana.



Kuva 42. Tulimax KP 30 L. Varaavan lämmityksen koe. Savukaasujen häkäpitoisuus (CO) ja hiilidioksidipitoisuus (CO₂) testauksen aikana.



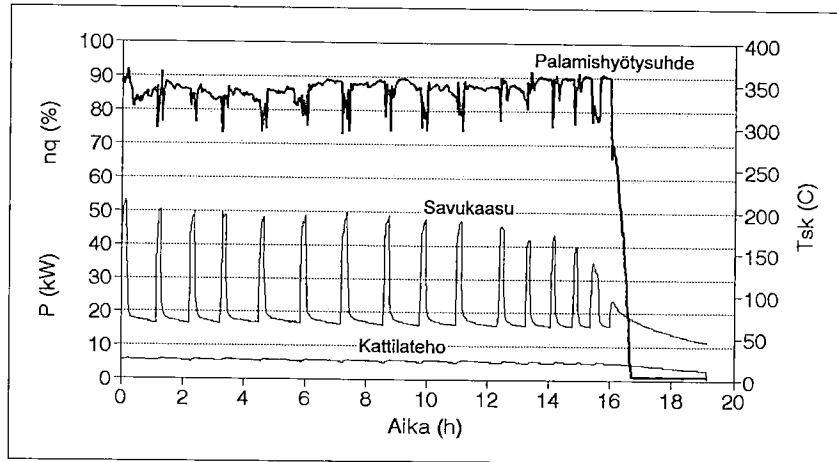
Kuva 43. Tulimax KP 20 S.

Konvektiokanavat ovat pystysuorassa. Savuhormin liitosputkessa on ejektorimallinen savukaasupuhallin, joka lisää savupii-pun vetoa ja kattila voidaan kytkeä myös matalaansavuhormiin.

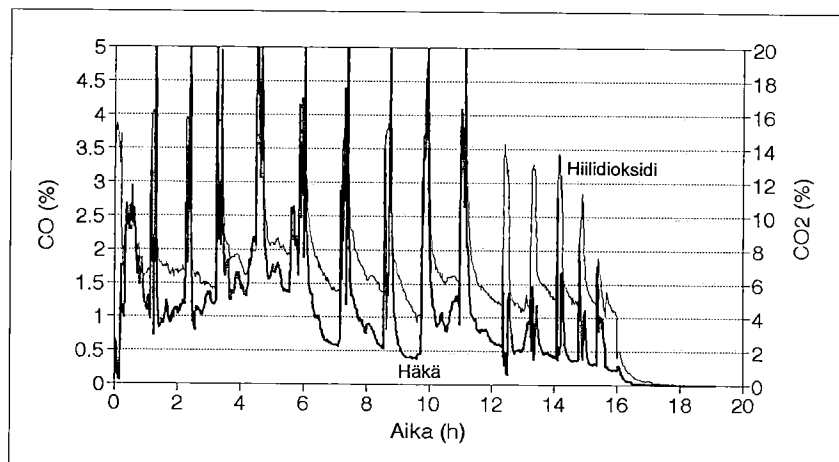
Lämmityksen alussa arinalle pantiin paperia ja sytykkeiksi pieniä pilkottuja kuivia puita joiden päälle ladottiin klapit. Palamisilmapuhallin käynnistettiin ja tuli sytytettiin palamisilmaluukun ensiö-ilmareikien kautta.

Savukaasujen häkäpitoisuus oli melko korkea ja siinä esiintyi suuria heilahteluja. Kokeissa häkäpitoisuus oli keskimäärin 0,7 - 1,1 % ja yli viiden prosentin lyhytaikaisia pitoisuuksia esiintyi käyntijaksojen aikana.

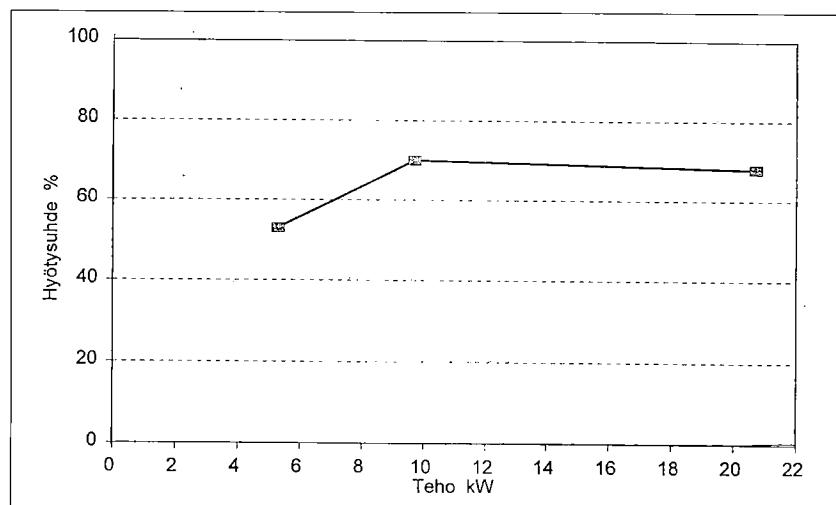
Kattilan polttokammio ja konvektiopinnot pysyivät melko hyvin puhtaina, eikä pikeä muodostunut kuin varastopesään. Konvektiopinnot puhdistettiin kevyesti harjaamalla.



Kuva 44. Tulimax KP 20 S. Suoran lämmityksen koe. Kattilateho (P), palamishyötysuhde (nq) ja savukaasun lämpötila (Tsk) testauksen aikana.



Kuva 45. Tulimax KP 20 S. Suoran lämmityksen koe. Savukaasujen häkäpitoisuus (CO) ja hiilidioksidipitoisuus (CO₂) testauksen aikana.



Kuva 46. Tulimax KP 20 S. Suoralämmityksen hyötysuhdekäyrä.

Kokeessa pienin teho, jolla kattilaa kuormitettiin, oli 1,9 kW. Tällöin kattilavesi kiehui 1,5 tunnin kuluttua. Kattila toimi moitteettomasti kun kuormitusteho oli 5,3 kW. Kattilan varastopesä riitti 5,3 kW teholla noin 16 tunnin lämmittämiseen ja 20,7 kW teholla noin neljän tunnin lämmittämiseen. Kattilahyötysuhde oli 5,3 kW teholla 53 % ja 20,7 kW teholla 68 %. Kattila ei säätynyt riittävän pienelle teholle ympärivuotiseen suoraan lämmitykseen.

Palamisilmaluukku oli laaja-alainen eikä sulkeutunut täysin tiiviisti, joten kattila tuotti lämpöä myös luukun ollessa suljettuna. Palamisilmaluukku pienentämällä ja tiivistämällä voisi tehoa saada pienennettyä.

Täyttöluukusta tuli savua kattilahuoneeseen polttoainelisäyksen aikana, kun edellinen täytös oli vielä palamassa tai arinalla oli runsas hiillos.

Polttoaineen vesipitoisuus	%	24,5	21,1	19,6
Kattilateho	kW	20,7	9,7	5,3
Polttoaineen kulutus	kg/h	7,8	3,4	1,9
Kattilahyötysuhde	%	68	70	53
Tehoa vastaava polttoaineen täyttöväli	h	4	8	14

Taulukko 3. Tulimax Kp 20 S. Suoran lämmityksen koe.

3 TULOSTEN TARKASTELU

Valtaosa markkinoilla olevista klapi-kattiloista on ratkaisultaan yli 10 vuotta vanhoja perinteisiä kattiloita. Palamisen hallinta koko polttoainetäytöksen ajan ei ole mahdollista kattiloissa olevilla säätölaitteilla. Palamisen säätölaitteiden toiminta perustuu kattilaveden lämpötilan hallintaan. Tämä tehdään useimmiten palamisen ensiöilmamäärää kuristamalla, jolloin palamisarvot voivat heikentyä huomattavasti.

Normaali vedonsäädin avaa palamisilmaluukun täysin auki lämmityksen alussa kun kattilavesi on kylmää. Tällöin toisioilma ei riitä kaasujen loppuunpolttamiseen ja yhdessä kylmän palotilan vaikutuksen kanssa savukaasujen häkä- ja tervapitoisuus on suuri. Pitoisuudet voivat olla kymmeniä kertoja suurempia kuin puhtaalta palamiselta edellytetään.

Vedonsäädin sulkee ensiöpalamisilman kattilaveden pyrkiessä kuumenemaan liikaa lämmöntuoton ollessa suurimmillaan. Säätimen toiminnan viiveestä aiheutuu säädön meneminen yli tarvittavan säätöalueen ja tällöin ilmaluukun ollessa melkein kiinni on toisioilmaa liikaa ja palaminen käy yli-ilmalla. Sama toistuu kun polttoaine alkaa loppua ja arinalla on jäljellä enää hiillos. Tällöin kattilaveden lämpötila alkaa laskea ja ensiöilmaluukku avautuu täysin auki. Ensiöilmaa virtaa nyt palamiseen enemmän kuin hiilloksen loppuunpolttamiseen tarvitaan ja palamisessa on jälleen ylimääräistä ilmaa. Hiilloksen aikana savukaasujen häkäpitoisuus pyrkii nousemaan palamisilman ja hiilloksesta vapautuvien kaasujen huonon sekoittuvuuden johdosta.

Yläpaloisessa kattilassa palamisen säätö on vaikeinta, koska koko polttoainemäärä on tulella ja aluksi puusta vapautuu runsaasti kaasuja. Hyvään palamiseen voidaan päästä, kun polttoainetta lisätään vähän kerrallaan, mutta silloin lämmitystyö on kohtuuttoman sitovaa. Lämmityskokeissa puita lisättiin kattilan valmistajan ohjeiden mukaisesti, mutta lisäykset olivat yleensä liian suuria ja siksi savukaasuissa esiintyi runsaita häikäpitoisuuksia.

Alapalokattiloissa tasaisen palamisen jakso on huomattavasti pitempi, koska polttoainetta sopii enemmän varastopesään, josta se valuu arinalle ja palaa kapeassa vyöhykkeessä arinan lähellä. Esiöilman määrää säädetään vedonsäätimellä kattilaveden lämpötilan mukaan ja toisioilma kiinteästi keskimääräisen palamistehon mukaan.

Laboratorio-olosuhteissa ilmaluukun oikea asento voidaan etsiä savukaasun päästömittareiden avulla. Käytännössä ilma säädetään käyttöohjeen mukaan ja seuraamalla piipusta tulevan savun väriä. Palamishäiriöt johtuvat polttoaineen holvautumisesta varastopesässä, jolloin arinan kaasutusteho vaihtelee. Myös vedonsäätimen epämääräinen toiminta aiheuttaa häiriöitä palamisilman jaossa ensiö- ja toisioilmaksi.

Käänteispaloisissa kattiloissa palokaasut menevät arinan lävitse ja palavat loppuun sen jälkeisessä palotilassa, joka on yleensä keraamisesti vuorattu. Polttoaine kaasutetaan ohuessa vyöhykkeessä arinan päällä ja puiden holvautuminen varastopesässä voi aiheuttaa häiriöitä palamisessa. Käänteispaloisissa kattiloissa esiintyi hyvin voimakkaita lyhytaikaisia häikäpitoisuuksia polttoaineen romahtaessa varastopesässä. Tällöin hiilikerros tiivistyi arinalla ja kaasutusteho nousi jyrkästi hetkellisesti. Käänteispaloisten kattiloiden konvektiopinnat pysyivät muita kattilatyyppejä paremmin puhtaina. Päältä täytettävissä kattiloissa tuli savua kattilahuoneeseen täytön yhteydessä, kun täyttöluukku avattiin. Savua tuli etenkin, jos arinalla oli voimakas hiillos, tai edellinen täytös oli vielä palamassa.

Taulukko 4. Kattiloiden mittoja

Kattila	Korkeus cm	Leveys cm	Syvyys cm	Paino kg	Vesitila l	Täyttöluukku cm x cm
Akva SL 40	136	65	116	360	100	45 x 30
Akva SL 25	118	56	108	280	70	38 x 25
Arimax 35	118	72	135	500	105	55 x 40
Eneka 40 AP	125	71	130	600	160	55 x 36
Eneka 40 YP	145	51	80	310	98	34 x 31
Etna K 30	133	54	125	480	190	34 x 25
Högfors Ergi 1	110	55	160	735	92	32 x 25
Högfors Nova	103	60	70	435	86	25 x 20
Jämä Nature	160	53	120	320	75	28 x 23
Kenjon FU 50	120	76	90	275	-	54 x 25
Kenjon FU 25	115	60	90	235	-	37 x 25
Tulimax KP 30 L	125	60	120	320	70	35 x 22
Tulimax KP 20 S	125	68	120	370	300	35 x 22

Taulukko A. Varaavan lämmityksen tulokset

Liitteet

		Kattilateho keskimää- rin palami- sen aikana kW	Savukaasun lämpötila pala- misen aikana C	Pala- mishyötysuh- de palamisen aikana %	Suurin teho kokeen aikana kW	Vastaava savu- kaasun lämpötila C
Eneka 40 AP	Koe 1	34,5	230	85,0	36,0	-
Eneka 40 AP	Koe 2	31,7	210	85,8	34,4	232
Arimax 35 AP	Koe 1	28,7	223	83,9	35,6	248
Arimax 35 AP	Koe 2	32,1	222	84,7	35,4	242
Akva SL 25	Koe 1	27,5	213	85,8	30,9	226
Akva SL 25	Koe 2	27,9	237	83,5	33,6	266
Akva SL 25	Koe 3	24,2	229	85,5	27,5	247
Akva SL 40	Koe 1	40,0	250	83,5	45,5	276
Akva SL 40	Koe 2	29,5	235	81,6	36,6	-
Eneka 40 YP	Koe 1	23,9	216	79,8	25,7	223
Eneka 40 YP	Koe 2	28,9	258	78,3	36,5	322
Etna K 30	Koe 1	32,1	218	84,5	40,9	246
Etna K30	Koe 2	27,7	199	81,7	35,1	235
Etna K30	Koe 3	24,5 ¹	194 ¹	78,1 ¹	35,0	-
Jämä Nature	Koe 1	35,9	172	87,4	44,1	184
Jämä Nature	Koe 2	34,0	178	86,9	39,3	190
Jämä Nature	Koe 3	36,8	177	87,5	41,6	183
Jämä Nature	Koe 4	16,2	153	79,2	20,5	171
Högfors Nova	Koe 1	25,5	201	84,7	31,1	231
Högfors Nova	Koe 2	27,1	214	82,5	33,2	237
Högfors Nova	Koe 3	29,6	217	84,2	32,7	234
Kenjon FU 50/Hf Nova	Koe 1	23,0	180	89,2	33,3	202
Högfors Ergi 1	Koe 1	28,6	233	79,4	36,1	265
Högfors Ergi 1	Koe 2	26,8	219	77,4	33,5	245
Högfors Ergi 1	Koe 3	32,2	231	74,5	34,1	235
Högfors Ergi 1	Koe 4	25,1	211	73,9	35,4	254
Högfors Ergi 1	Koe 5	29,2	222	75,0	33,6	253
Kenjon FU 25/Etna K 30	Koe 1	22,7	142	91,3	27,0	144
Kenjon FU 25/Etna K 30	Koe 2	20,6	137	91,6	25,4	145
Tulimax KP 30 L	Koe 1	25,7	162	89,6	28,9	169
Tulimax KP 30 L	Koe 2	25,9	164	89,1	28,4	169
Tulimax KP 30 L	Koe 3	28,0	172	89,1	29,0	174

¹ Koko kokeen aikana keskimäärin

Taulukko B. Varaavan lämmityksen tuloksia

		Koeaika h	Kokeesa käytetty poltto- ainemäärä kg	Polttoai- neen vesipi- toisuus %	Polttoai- neen ener- giamäärä kWh	Kattilasta varaajaan saatu ener- giamäärä kWh	Kokonais- hyötysuhde %
Eneka 40 AP	Koe 1	5,9	66,5	22,6	270	180	68
Eneka 40 AP	Koe 2	7,2	64,4	17,1	281	184	65
Arimax 35 AP	Koe 1	7,2	63,1	23,5	253	185	73
Arimax 35 AP	Koe 2	7,2	63,4	20,9	262	188	72
Akva SL 25	Koe 1	3,8	31,3	21,7	130	89	68
Akva SL 25	Koe 2	6,8	55,1	22,8	222	157	71
Akva SL 25	Koe 3	6,3	44,1	23,3	185	134	72
Akva SL 40	Koe 1	5,8	66,6	22,3	274	190	70
Akva SL 40	Koe 2	6,3	57,6	28,3	220	151	69
Eneka 40 YP	Koe 1	5,2	58,7	19,8	247	117	keskeytetty
Eneka 40 YP	Koe 2	6,4	54,9	22,8	221	129	58
Etna K 30	Koe 1	7,0	58,4	17,7	254	171	67
Etna K30	Koe 2	6,9	58,6	18,3	253	155	61
Etna K 30	Koe 3	7,0	58,8	22,4	252	172	68
Jämä Nature	Koe 1	5,4	44,9	20,0	189	143	76
Jämä Nature	Koe 2	7,2	70,5	26,8	270	211	78
Jämä Nature	Koe 3	5,8	54,4	24,4	215	168	78
Jämä Nature	Koe 4	6,5	50,7	42,5	152	94	62
Högfors Nova	Koe 1	4,9	41,8	26,5	160	107	67
Högfors Nova	Koe 2	6,2	57,8	25,2	225	145	64
Högfors Nova	Koe 3	6,4	63,1	25,5	246	162	66
Kenjon FU 50/Hf Nova	Koe 1	6,4	53,1	25,2	211	125	59
Högfors Ergi 1	Koe 1	6,4	64,6	19,0	256	160	62
Högfors Ergi 1	Koe 2	7,2	65,0	22,5	264	155	58
Högfors Ergi 1	Koe 3	4,8	46,7	15,6	208	114	54
Högfors Ergi 1	Koe 4	6,0	47,2	19,2	202	111	55
Högfors Ergi 1	Koe 5	4,9	50,6	22,0	208	117	56
Kenjon FU 25/Etna K 30	Koe 1	6,9	41,2	14,3	186	110	59
Kenjon FU 25/Etna K 30	Koe 2	7,3	48,4	20,9	199	113	57
Tulimax KP 30 L	Koe 1	7,0	50,6	23,7	207	154	75
Tulimax KP 30 L	Koe 2	7,3	50,4	22,7	204	156	76
Tulimax KP 30 L	Koe 3	6,7	50,9	19,8	215	167	77

Taulukko C. Tietoja varaavan lämmityksen kokeesta.

		Klapien pituus/kap- palepaino		Täytös kokeen alussa kg	Syty- tykseen käytetty aika min	Lisäyk- sien lu- kumäärä kpl	Polttoainet- ta/lisäys			Lisäyksen aika kokeen alusta		
		m	kg				I	kg II	III	I	h II	III
Eneka 40 AP	Koe 1	0,5	1-2	66,5	6	-						
Eneka 40 AP	Koe 2			64,4	5	-						
Arimax 35 AP	Koe 1	0,5	1-2	63,1	5	-						
Arimax 35 AP	Koe 2			63,4	6	-						
Akva SL 25	Koe 1	0,5	1-2	31,3	14	-						
Akva SL 25	Koe 2			30,5	5	1	24,6			2,1		
Akva SL 25	Koe 3			27,1	4	1	18,6			2,7		
Akva SL 40	Koe 1	0,5	1-2	37,3	5	1	29,2			2,0		
Akva SL 40	Koe 2			34,3	5	1	23,3			2,3		
Eneka 40 YP	Koe 1	0,5	1-2	23,9	6	2	18,1;16,8			1,6; 3,0		
Eneka 40 YP	Koe 2			20,4	5	2	20,8; 13,7			1,4; 2,7		
Etna K 30	Koe 1	0,5	1-3	37,6	9	1	20,8			1,4		
Etna K 30	Koe 2			36,3	8	1	22,3			1,8		
Etna K30	Koe 3			40,1	10	1	21,9			2,7		
Jämä Nature	Koe 1	0,5	1-3	29,4	14	1	15,5			2,3		
Jämä Nature	Koe 2			31,1	16	2	21,1; 18,3			2,4; 4,0		
Jämä Nature	Koe 3			30,6	10	1	23,8			2,0		
Jämä Nature	Koe 4			29,6	12	1	21,0			2,2		
Högfors Nova	Koe 1	0,4	1-2	13,4	7	2	14,0; 14,4			1,0; 2,2		
Högfors Nova	Koe 2			14,1	5	3	14,3;15,5;13			1,1; 2,4, 3,9		
Högfors Nova	Koe 3			17,5	5	3	12,2;16,5;16			1,3; 2,4; 3,9		
Kenjon FU 50/Hf Nova	Koe 1	0,5	1-4	8,6	5	1	44,5			0,6		
Högfors Ergi 1	Koe 1	1,0	2-10	28,4	3	1	36,1			2,1		
Högfors Ergi 1	Koe 2			33,6	5	1	31,4			1,9		
Högfors Ergi 1	Koe 3			22,8	7	1	23,9			1,4		
Högfors Ergi 1	Koe 4			37,4	6	1	18,8			2,5		
Högfors Ergi 1	Koe 5			29,2	7	1	21,4			1,6		
Kenjon FU 25/Etna K 30	Koe 1	0,33	0,5-1	32,0	8	1	9,2			2,6		
Kenjon FU 25/Etna K 30	Koe 2			37,6	14	1	10,7			2,8		
Tulimax KP 30 L	Koe 1	0,3	0,5-1	24,6	10	2	17,6; 8,3			2,1; 3,7		
Tulimax KP 30 L	Koe 2			29,0	5	2	11,4; 10,0			1,6; 3,7		
Tulimax KP 30 L	Koe 3			28,5	4	1	22,5			2,9		

KATTILANVALMISTAJIEN ILMOITTAMAT HINNAT JA MUUTOKSET

	Alv 22 %	
AKVA		
Akva SL 25	18 500 mk	
Akva SL 40	22 500 mk	
ENEKA		
Eneka 35 AP perusmalli	16 500 mk	
Eneka 35 AP haponkestävä	19 600 mk	
Eneka 40 YP	11 000 mk	
Testauksen jälkeen Eneka 35 AP -kattilan vedensäätimen ketjulle on asennettu taittopyörä.		
HÖGFORS LÄMPÖ OY		
Arimax 35 perusmalli	16 200 mk	
Arimax 35 haponkestävä	19 050 mk	
Etna K 30, sisältää lämminvesikierukan	17 700 mk	
Etna K 30 ilman lämminvesikierukkaa	16 800 mk	
Högfors 17-4 Nova	15 400 mk	+ kiinteän polttoaineen varusteet 1 430 mk
Högfors Ergi 1	Ei saatavana	
JÄMÄ		
Jämä Nature	20 396 mk	
KENJON		
Kenjon FU 25	8 700 mk,	sisältää rahdin
Kenjon FU 50	9 500 mk	- " -
TULIMAX		
Tulimax KP 20 S perusmalli	19 900 mk	
Tulimax KP 20 S sähkövarustein	22 900 mk	
Tulimax KP 20 S puu/öljy	24 800 mk	
Tulimax KP 30 L varaava kattila	19 700 mk	
Tulimax KP S -kattilan palamisilmaluukku on pienennetty, jonka johdosta kattilan minimiteho on saatu 0-tasolle.		

KLAPIKATTILOIDEN VALMISTAJIA JA MAAHANTUOJIA 1995

HÖGFORS LÄMPÖ OY
Saarijärven tehdas
PI 59
43101 SAARIJÄRVI
puh. (944) 426 300

Arimax-klapikattila
Etna-klapikattila

HÖGFORS LÄMPÖ OY
Karkkilan tehdas
PL 43
03601 KARKKILA
puh. (90) 225 0251

Högfors-klapikattila

KONEPAJA ENEKA
21840 KARINAINEN
puh. (921) 863 400

Eneka-klapikattila

OY JÄSPI & MÄKINEN AB
PL 29
20340 TURKU
puh. (921) 270 070

Jämä-klapikattila

KAUHAMETALLI KY
61850 KAUHAJOKI as.
puh. (963) 232 1181

Kaukora-klapikattila

LAATUKATTILA OY
PI 69
Satamakatu 4
33201 TAMPERE
puh. (931) 214 1411

Laka-klapikattila

VELJEKSET ALA-TALKKARI OY
62150 RINTAKANGAS
puh. (964) 437 6333

Veto-klapikattila

FENNOMASTER OY
Auvo Toivo
32740 ÄETSÄ

Fennomaster-klapikattila

AKVAHEAT OY
Puustellinkuja 5
68700 TEERIJÄRVI
puh. (968) 867 5229

Akva siniliekki -klapikattila

KENJON-UGNEN AB
P. Nymalm
Strandby
21660 NAUVO
puh. (926) 465 7102

Kenjon-klapietupesä

KAUKORA OY
PI 21
Tuotekatu 11
21201 RAISIO
puh. (921) 438 6655

Jäspi-klapikattila

TULIMAX Oy
Ylimensalmentie 7
43500 KARSTULA
puh. (944) 462 600

Tulimax-klapikattila

EDUSOL KY
KOKKOLA
puh. (968) 830 1334

HS-sinituli-klapikattila

TURUN PROSESSIASENNUS OY
21420 LIETO
puh. (921) 489 511

Eko Sampsa -klapikattila

VAKOLAn tutkimuseloituksia

42. Kasviöljyt dieselmoottorin polttoaineena. 1986.
43. Traktorin polttoaineenkulutukseen vaikuttavia seikkoja. 1986.
44. Alipaineilmanvaihto kotieläinsuojissa. 1986.
45. Kompostoinnin vaikutus lietelannan laatuun ja käsittelyyn. 1986.
46. Käyttökokemuksia 80-luvulla rakennetuista kalustovajoista, varastokuivureista ja pihatoista. 1987.
47. Lannoitteenlevityksen tasaisuus. 1987.
48. Jauhituksen tilantarve ja pölyhaittojen vähentäminen. 1987.
49. Maatalouskoneiden tietokanta. 1988.
50. Lannanpoistolaitteiden toiminta ja kestävyys. 1988.
51. Pienten pihatoiden ilmanvaihdon erityisvaatimukset. 1988.
52. Tuotantorakennusten suunnittelu ja rakentaminen käytännössä. 1988.
53. Hellävarainen perunankorjuu. 1989.
54. Syyskyntöä korvaavien muokkausmenetelmien vaikutus kevätvehnän satoon 1975-1988. Pitkäaikaisen aurattoman viljelyn vaikutukset hie-susaven rakenteeseen ja viljavuuteen 1989.
55. Ei julkaisua.
56. Kosteiden pintojen kosteudentuotanto navetoissa. 1989.
57. Kylmäilmakuivurin mitoitus ja käyttö. 1990.
58. Leikkuupuimurin kulkukyky vaikeissa olosuhteissa. 1990.
59. Lietelantajärjestelmien toimivuus. 1990.
60. Heinän varastokuivaus. 1991.
61. Viljankuivauksen pölyhaitat. 1992.
62. Säilörehun siirto ja käsittely talvella. 1991.
63. Naudanlihan tuotantomenetelmät ja -rakennukset. 1992.
64. Kiedotun pyöröpaalisäilörehun valmistustekniikka ja laatu. 1993.
65. Hellävarainen perunan kauppakunnostus. 1993.
66. Naudanlihan tuotantomenetelmät ja -rakennukset II. 1993.
67. Betonit ja muovit navetan lattiamateriaaleina. 1993.
68. Lannankäsittelyn taloudellisuuden ja lannan ravinteiden hyväksikäytön parantaminen. 1994.
69. The effect of ground profile and plough gauge wheel on ploughing work with a mounted plough. 1994.

VAKOLAn rakennusratkaisuja

1/1994 Kylmä osakuivikepohjainen emolehmäkasvattamo.

VAKOLAn tiedotteita

- 43/88 Käytännön ohjeita konevaraston hankintaa suunnitteleville
- 44/89 Pohjoismaiset lypsykone- ja laiteohjeet
- 45/89 Säilörehun korjuu pyöröpaalaimella
- 45 S/89 Rundbalsensilering
- 46/90 Kevytsora lietesäiliön katteena
- 47/90 Lietelannan kompostointi
- 48/90 Turvallinen ja nopea työkoneiden kytkentä
- 49/91 Betonit ja muovit navetan lattiamateriaaleina
- 50/91 Pölyn ja roskien talteenotto lämminilma kuivamossa
- 51/92 Viherkesannon perustaminen ja hoito
- 52/92 Kaasut ja pöly eläinsuojien ilmanvaihdoissa
- 53/93 Lannoitteenlevittimien levitystasaisuus
- 54/93 Maaseudun koerakentamisen ohjelmointi
- 55/93 Pyöröpaalisäilörehun korjuu, varastointi ja laatu
- 56/93 Maaseuturakentamisen ideakilpailu
- 57/93 Syyskylvöjen varmentaminen
- 58/93 Maatilan ja maatilamatkailun jätehuolto
- 59/93 Maatilamyymälätoiminta vanhassa maatilan asuinrakennuksessa
- 60/93 Tyhjien maatilarakennusten uusi käyttö
- 61/94 Lietelannan varastointi ja levitys
- 62/94 Tuotantorakennusten alapohjia ja piha-alueiden päällysrakenteita
- 63/94 Turvallinen puunpilkonta
- 64/94 Itkupinta-tuloilmalaitteen vaikutus eläinsuojassa
- 65/94 Oksainen hake pienpolttimissa
- 66/94 Pako- ja savukaasujen analysointi
- 67/94 Käyttökokemuksia jyräkylvölannoittimista
- 67S/94 Brukserefareheter av vältkombisåmaskiner
- 68/94 Käsikäyttöisten liekittimien käyttöominaisuuksia
- 69/95 Renkaiden vaikutus traktorin vetokykyyn ja maan tiivistymiseen
- 70/95 Hakkeen kuivaus imuilmalla
- 71/95 Klapi-kattiloiden käyttöominaisuudet

