

SUOMEN METSÄTIETEELLINEN SEURA — FINSKA FORSTSAMFUNDET

SILVA FENNICA

93

ARBEITEN DER
FORSTWISSENSCHAFTLICHEN
GESELLSCHAFT
IN FINNLAND

PUBLICATIONS OF THE
SOCIETY OF FORESTRY
IN FINLAND

PUBLICATIONS DE LA
SOCIÉTÉ FORESTIÈRE
DE FINLANDE

HELSINKI 1958

Suomen Metsätieteellisen Seuran julkaisusarjat:

ACTA FORESTALIA FENNICA. Sisältää etupäässä Suomen metsätaloutta ja sen perusteita käsitteleviä tieteellisiä tutkimuksia. Ilmestyy epäsäännöllisin väliajoin niteinä, joista kukin yleensä käsittää useampia tutkimuksia.

SILVA FENNICA. Sisältää etupäässä Suomen metsätaloutta käsitteleviä kirjoitelmia ja pienehköjä tutkimuksia. Ilmestyy epäsäännöllisin väliajoin.

Finska Forstsamfundets publikationsserier:

ACTA FORESTALIA FENNICA. Innehåller vetenskapliga undersökningar rörande huvudsakligen skogshushållningen i Finland och dess grunder. Banden, vilka icke utkomma periodiskt, omfatta i allmänhet flere avhandlingar.

SILVA FENNICA. Omfattar uppsatser och mindre undersökningar rörande huvudsakligen skogshushållningen i Finland. Utkommer icke periodiskt.

SILVA FENNICA

93

ARBEITEN DER
FORSTWISSENSCHAFTLICHEN
GESELLSCHAFT
IN FINNLAND

PUBLICATIONS OF THE
SOCIETY OF FORESTRY
IN FINLAND

PUBLICATIONS DE LA
SOCIÉTÉ FORESTIÈRE
DE FINLANDE

Silva Fennica

N:o 93 (1958)

1. **O. Leskinen ja O. Vuorelainen:** Tutkimus keskuslämmityslaitosten eri polttoaineiden taloudellisen käytön alueellisesta jakaantumisesta Suomessa 1 — 35
Summary (A study on the aerial distribution of economical use of different fuels in the central heating boilers in Finland 35
2. **Leo Heikurainen:** Lettoräme ja sen metsäojituskelpoisuus 1 — 27
Summary (Eutrophic pine bogs and their suitability for draining 28 — 29
3. **M. T. Rogers:** Ring-shadows 1 — 8
Selostus (Vuosilustojen varjostus) 8
4. **Gustaf Sirén:** Kokemuksia raivaussahan käytöstä metsänhoitotöissä 1 — 51
Summary (Some experiences of brush motor saws in silviculture) 51

TUTKIMUS
KESKUSLÄMMITYSLAITOSTEN
ERI POLTTOAINEIDEN TALOUDELLISEN
KÄYTÖN ALUEELLISESTA JAKAUTUMISESTA
SUOMESSA

O. LESKINEN JA O. VUORELAINEN

SUMMARY:

*A STUDY ON THE AERIAL DISTRIBUTION OF THE ECON-
OMICAL USE OF DIFFERENT FUELS IN THE CENTRAL
HEATING BOILERS IN FINLAND*

HELSINKI 1957

Alkusanat

Maamme keskuslämmityslaitoksissa vuosittain tapahtuva polttoaineen kulutus vastaa kansantaloutemme kannalta merkittävää rahallista arvoa. Eri polttoaineiden taloudellisuutta vertailtaessa on esitetty varsin erilaisia mielipiteitä. Ei ole ollut selvää käsitystä siitä, missä määrin kotimaiset polttoaineemme ovat kilpailukykyisiä ulkomaisten polttoaineiden kanssa tarkasteltuna keskuslämmityslaitoksissa suoritettavan lämmön kehittämisen välitöntä taloudellisuutta.

Pienpuualan Toimikunta on katsonut välttämättömäksi tutkia keskuslämmityslaitosten eri polttoaineiden taloudellisen käytön alueellista jakautumista maassamme, jotta saataisiin harkintaperusteet, mitä mahdollisuuksia on pienpuun käytölle keskuslämmityslaitosten polttoaineena arvioitaessa eri polttoaineiden käyttömahdollisuuksia lämmön kustannusten kannalta.

Tutkimustehtävän vastuunalaisina suorittajina ovat olleet dipl.ins. O. Leskinen Valtionrautateiden Polttoainetoimistosta ja dipl.ins. O. Vuorelainen Valtion teknillisestä tutkimuslaitoksesta, jotka yhteistoimin Pienpuualan Toimikunnan kanssa ovat laatineet myös tutkimussuunnitelman. Dipl.ins. Toivo Laine on laatinut Teknillisessä korkeakoulussa hyväksytyt, tutkimusteemaa koskevan diplomityön, jota varten kerättyä aineistoa on käytetty hyväksi myös lopullista tutkimusselostetta valmistettaessa. Pienpuualan Toimikunnan puolesta esitän parhaimmat kiitokseni tutkimuksen suorittajille sekä niille lukuisille laitoksille, järjestöille ja yrityksille, jotka ovat auliisti avustaneet aineiston hankinnassa.

Helsingissä toukokuussa 1957

Tapio Saikku

Sisällys

Eri polttoaineiden nykyinen kulutus	sivu	5
Keskuslämmityslaitosten kattilat Suomessa		6
Polttoainekustannukset		7
Vuotuinen kehitetty lämpömäärä		24
Lämmityslaitoskustannukset		25
Lämmön kokonaiskustannukset		29

Eri polttoaineiden nykyinen kulutus

Ryhdyttäessä tutkimaan keskuslämmityslaitosten eri polttoaineiden taloudellisen käytön alueellista jakautumista Suomessa on syytä aluksi selvittää, missä määrin eri polttoaineita koko maassa käytetään. Tällainen selvitys antaa käsityksen tutkittavan taloudellisen kysymyksen suuruudesta.

Kauppa- ja teollisuusministeriön polttoainetoimiston viimeisen arvion mukaan on erilaisten polttoaineiden kulutus moottoripolttoaineita lukuunottamatta Suomessa nykyisin taulukon 1 mukainen.

T a u l u k k o 1. Eri polttoaineiden kokonaiskulutus Suomessa v. 1956.

Polttoaine	Määrä
Kivihiili (murska ja palahiili)	1 905 000 t
Koksiryhmä (koksi, antrasiitti ja briketit)	730 000 »
Lämmitysöljyt (n:o 2, 240 000 t, n:o 4, 645 000 t)	885 000 »
Puu, markkinahalot, mäntyhaloiksi muunnettuna	8 000 000 pm ³
» teollisuuden jätetä, »	6 900 000 »
» maaseudun kotitalouspuu (halvoja ja jätetä), mäntyhaloiksi muunnettuna	20 000 000 »
Polttoturve	150 000 t

Turveteollisuusliiton ilmoituksen mukaan käytettiin v. 1956 polttoturvetta yhteensä n. 165 000 tonnia, jota lienee pidettävä taulukon arvoa luotettavampana. Turveteollisuusliiton hankkimien tietojen mukaan käytettiin lämmitystarkoituksiin v. 1956 n. 8 000 tonnia. Kun otetaan huomioon tämä polttoturpeen käytöstä saatu tieto sekä kauppa- ja teollisuusministeriön polttoainetoimiston arvio tuontipolttoaineiden käytöstä keskuslämmityslaitoksissa, saadaan taulukko 2.

T a u l u k k o 2. Tuontipolttoaineiden ja polttoturpeen kulutus keskuslämmityslaitoksissa Suomessa v. 1956.

Polttoaine	t
Kivihiili	140 000
Koksi	440 000
Antrasiitti	130 000
Brikitit	30 000
Polttoöljy 2	175 000
Polttoöljy 4	100 000
Polttoturve	8 000

Puun käytöstä koko maan keskuslämmityslaitoksissa ei ole mitään tietoa eikä luotettavaa arviota. Markkinoilla olevista haloista arvioidaan nykyisin käytettävään lämmitystarkoituksiin julkisissa laitoksissa sekä kaupunkien ja kauppalain asuin-taloissa mäntyhaloiksi muunnettuna n. 3 800 000 pm³.

Keskuslämmityslaitosten kattilat Suomessa

Jonkinlaisen kuvan eri polttoaineiden käyttömahdollisuuksista antaa tieto kattilakannasta. Kun kattilain keskimääräinen käyttöikä on n. 20 vuotta, on käytössä olevan kattilamäärän oletettu likimäärin vastaavan tehtaitten myyntiä vuosina 1934...1955. Tähän lukuun tosin sisältyvät myöskin luovutetulle alueelle jääneet kattilat, mutta nykyisellä valtakunnan alueella lienee vastaava määrä vanhoja ulkomaisia ja ennen v. 1934 asennettuja kotimaisiakin kattiloita, joten myyntitilasto antanee likipitään oikean arvioluvun. Taulukossa 3 on kattilat jaettu kahteen ryhmään rakennusaineittensa mukaan ja kumpainenkin ryhmä vielä kahteen alaryhmään suuruutensa mukaan niin, että pienoiskattiloiksi on laskettu kaikki tyyppilliset omakotitalojen kattilat, joiden tulipinta on enintään 3 m² ja kaikki muut kattilat on sisällytetty keskisuurten ja suurten kattilain ryhmään. Lisäksi taulukoon on laskettu kattilain kokonaisteho ryhmittäin.

Taulukon tehoarvojen perusteella voidaan päätellä, kuinka soveltuva Suomen keskuslämmityslaitosten kattilakanta on puilla lämmitettäväksi. Kun otetaan huomioon, että suurista teräslevykattiloista n. 10 % on työläästi puilla lämmitettäviä, kivihiilen stokersyöttöä ja öljynpolttimien käyttöä varten rakennettuja, jää puille erittäin hyvin soveltuvia lämmityslaitoksia kokonaisteholtaan n. 23,5 % koko maan lämpökeskuksista. N. 73 % lämmitystehosta saadaan kattiloilla, joiden hyötysuhde on jonkin verran huonompi kuin ensiksi mainittujen ja tulipesän täytöksen palo aika lyhyt. Näitä voidaan kuitenkin puilla verraten hyvin lämmittää. Lyhyestä palo-

T a u l u k k o 3. Suomessa käytössä olevain keskuslämmityskattilain tulipintamäärät ja niitä vastaavat tehot v. 1956 alussa.

Rakennusaine	Pienoiskattilat		Keskisuuret ja suuret kattilat		Yhteensä	
	m ²	%	m ²	%	m ²	%
Valurauta	85000	16,2	345 000	66,0	430 000	82,2
Teräslevy	1 000	0,2	92 000	17,8	93 000	17,8
Yhteensä	86 000	16,4	437 000	83,6	523 000	100
Rakennusaine	Mcal/h	%	Mcal/h	%	Mcal/h	%
Valurauta	680 000	16,2	2 410 000	57,2	3 090 000	73,4
Teräslevy	12 000	0,3	1 105 000	26,3	1 117 000	26,6
Yhteensä	692 000	16,5	3 515 000	83,5	4 207 000	100

ajasta johtuva lisätyö aiheuttaa jonkin verran lämmittäjille lisätyötä pakottaen suurissa laitoksissa lisätyövoiman palkkaamiseen. Omakotitalojen kattilat, lämmitysteholtaan 16,5 % koko maan kattilakannasta soveltuvat huonosti puilla lämmitettäväksi. Niihin eivät sovi 1 metrin halot, joten puiden pienimiskustannukset nostavat polttoaineen hintaa. Valurautaisten pienoiskattilain hyötysuhde jää puilla lämmitettäessä alhaiseksi ja tulipesän täytös palaa nopeasti loppuun. Koska näistä kattiloista suurin osa on asukkaiden omassa hoidossa, ei lämmitystyölle lasketa yleensä suurta rahallista arvoa, vaan käytetään kullakin paikkakunnalla halvinta polttoainetta. Niinpä näitä pieniäkin kattiloita lämmitetään Sisä-Suomessa hyvin yleisesti puilla. Viime aikoina on ryhdytty valmistamaan pienoiskattiloita myös teräslevystä. Mikäli niitä suunniteltaessa on otettu huomioon puun käyttö, on hyötysuhde kohtalaisen hyvä. Puut on niitäkin varten kuitenkin pilkottava tai ainakin katkottava.

Polttoainekustannukset

Lämmön hintaan vaikuttavat kustannustekijät voidaan jakaa kahteen ryhmään: polttoainekustannuksiin ts. kulutettavista polttoainemääristä riippuviin käyttökustannuksiin (muuttuviin kustannuksiin) sekä lämmityslaitoksen suuruudesta ja rakenteesta riippuviin kiinteisiin kustannuksiin. Niinpä seuraavassa sisällytetään käsitteeseen »polttoaineen lämpöyksikkökustannukset» kaikki edellisen ryhmän kustannustekijät, ja käsitteeseen »kiinteät kustannukset» kaikki jälkimmäisen ryhmän kustannustekijät.

Hyödyksi saadun lämmön yksikkökustannukset saadaan jakamalla polttoaineen megakalorihinta lämmityslaitoksen vuotuisella hyötysuhteella ja lisäämällä tähän kiinteiden vuosikustannusten osuus. Kiinteiden vuosikustannusten osuus saadaan jakamalla kiinteät vuosikustannukset vuotuisella lämmöntarpeella.

Polttoaineen megakalorikustannuksiin vaikuttavat käyttökustannukset ovat seuraavat:

- 1) Polttoaineen hinta myyjän varastossa mk/t tai mk/pm³
- 2) Kuljetus kulutuspaikalle » » »
- 3) Käsittelykustannukset:
 - varastoimistyö kulutuspaikalla » » »
 - polttoaineesta johtuva erikoiskorvaus lämmittäjille (halot, turve) .. » » »
 - tuhkan kuljetus » » »
- 4) Käsittely- ja varastoimishäviöt, määräosa edellisten summasta » » »
- 5) Korkomenot polttoaineen varastoinnista, määräosa edellisestä loppusummasta » » »
- 6) Energiakustannukset:
 - käyttömoottorien sähkö » » »
 - öljyn etulämmityssähkö » » »
 - öljysäiliön lämmitys lämpimällä vedellä » » »

$$\text{Käyttökustannukset yhteensä} \dots\dots\dots = P \quad \text{mk/t tai mk/pm}^3$$

$$\text{Polttoaineen tehollinen lämpöarvo} \dots\dots\dots = H_a \quad \text{Mcal/t tai Mcal/pm}^3$$

$$\text{Polttoaineen megakalorikustannukset} \dots\dots\dots = \frac{P}{H_a} \quad \text{mk/Mcal}$$

Taulukko 4. Koivuhalkojen hintoja vapaasti käyttöpaikalla eri paikkakunnilla helmikuussa 1957.

Paikkakunta	Hinta mk/pm ³	Paikkakunta	Hinta mk/pm ³	Paikkakunta	Hinta mk/pm ³
Helsinki	1 950	Kuopio	1 450	Vaasa	1 650
Hyvinkää	1 800	L-ranta	1 700	Seinäjoki	1 600
Hämeenlinna	1 750	Imatra	1 600	Kokkola	1 700
Turku	1 950	Savonlinna	1 500	Ylivieska	1 600
Loimaa	1 600	Varkaus	1 400	Iisalmi	1 300
Toijala	1 750	Joensuu	1 350	Oulu	1 800
Kotka	1 850	Lieksa	1 350	Muhos	1 550
Kouvola	1 750	Pori	1 550	Kajaani	1 600
Lahti	1 750	Tampere	1 850	Kemi	1 650
Mikkeli	1 500	Haapamäki	1 500	Rovaniemi	1 570
Pieksämäki	1 350	Jyväskylä	1 600	Kemijärvi	1 550

Taulukossa 4 ovat koivuhalkojen hinnat 33 paikkakunnalla helmikuussa 1957. Näihin hintoihin sisältyvät myöskin luettelon kohdan 2 edellyttämät kuljetuskustannukset.

Koneturpeen hinta on keskimäärin 3 750 mk/tonni vapaasti rautatievaunussa lähetyksasemalla.

Tuontipolttoaineiden nykyiset hinnat satamapaikkakunnilla vapaasti käyttöpaikalla ovat taulukossa 5. Näihin hintoihin on sisällytetty myyjän varastohintain lisäksi lajittelu-, kuormaus- ja kuljetuskustannuksia seuraavasti:

Koksin, antrasiitin ja kivihiilen lajittelukustannus on 400 mk/t. Koska näitä polttoaineita ostetaan sekä lajiteltuina että lajittelemattomina, on keskihinnan saamiseksi hintaan sisällytetty lajittelukustannuksia 200 mk/t.

Kuormauskustannukset ovat koksille 150 mk/t sekä kivihiilelle, antrasiitille ja briketeille 135 mk/t.

Paikalliskuljetus autolla 5 km säteellä maksaa 240 mk/t.

Polttoöljyjen hinnat on saatu sellaisinaan öljyn myyjiltä.

Hintojen vaihtelut johtuvat merirahtien eroista. Etelä-Suomen satamissa Hamina-Mäntyluotoon asti ei ole merirahtikustannuksissa havaittavissa mitään selviä eroja. Pohjanlahden satamissa merirahtit vaikuttavat jonkin verran hintoihin.

Käytettäessä tuontipolttoaineita muualla kuin satamapaikkakunnilla on kuljetuskustannuksiin lisättävä kaukokuljetuksen osuus. Jos kuljetus tapahtuu yksinomaan autolla, saadaan 5 km ylittävän matkan kustannusten osuus kuljetuskustannuksista kuvasta 1.

Siinä tapauksessa, että kiinteiden tuontipolttoaineiden kuljetus tapahtuu osittain rautateitse ja osittain autolla, saadaan kaukokuljetuskustannukset kuvasta 2. Piirros on laadittu siten, että rautatierahteihin on lisätty koksin kuormauksesta rautatievaunuun aiheutuva kustannus, joka on 275 mk/t. Koska kivihiilen ja antra-

Taulukko 5. Tuontipolttoaineiden hintoja vapaasti käyttöpaikalla satamapaikkakunnilla helmikuussa 1957.

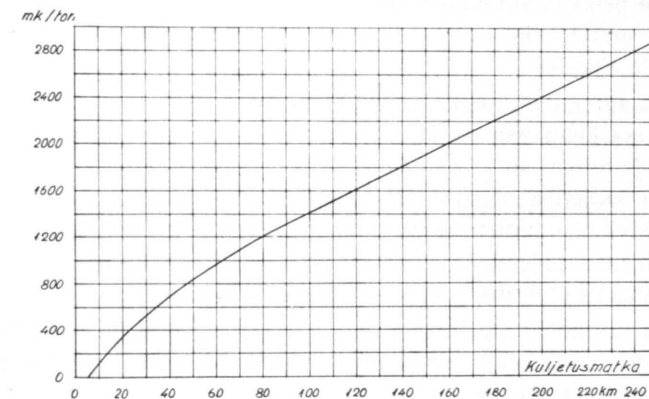
Polttoaine	Etelä-Suomi mk/t	Vaasa mk/t	Oulu mk/t	Kemi mk/t
Englantil. koksi	10 190	10 290	10 340	10 390
Venäl. antrasiitti	10 175	10 275	10 325	10 375
Puolal. kark. kivihiili	10 275	10 375	10 425	10 475
Puolal. pikkuhiili	10 075	10 175	10 225	10 275
Kivihiilimurska	7 025	7 125	7 175	7 225
Ruskohiilibriketit	6 375	6 475	6 525	6 575
Polttoöljy n:o 2	17 900 ¹		18 050	
Polttoöljy » 4	14 800 ¹		14 950	

¹ Turku, Helsinki, Kotka

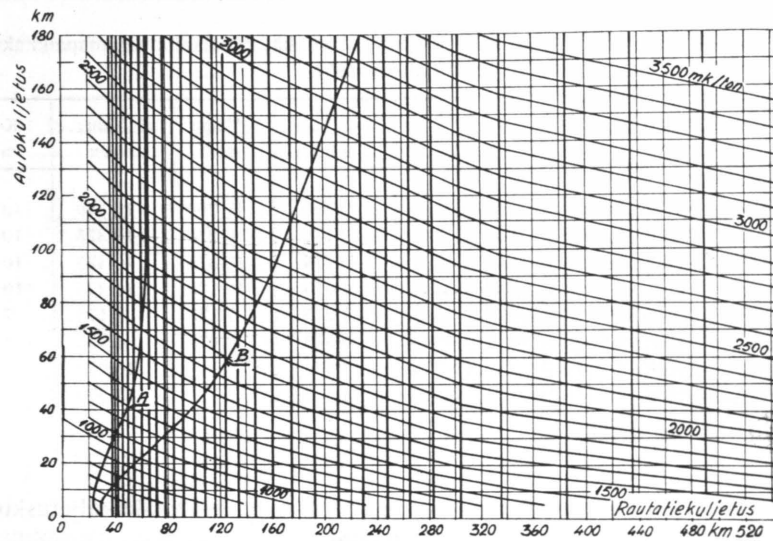
siitin kuormaus rautatievaunuun maksaa 260 mk/t, on näiden kaukokuljetuskustannus 15 mk pienempi kuin piirrokselta saatu arvo.

Kuvassa 2 olevat rahtikäyrät on piirretty siten, että kukin käyrä edustaa kaukokuljetuksen kokonaiskustannusta. Tällaisen käyrän abskissa-arvo edustaa rautatiematkaa ja ordinaatta-arvo automatkan 5 km ylittävää osaa. Koska rautateitten rahtit on laskettu määrämatkoihin porrastettuina, pitäisi käyräinkin olla portaan muotoisia. Tällöin ne olisivat kuitenkin niin epäselviä, että niitä olisi vaikea lukea. Tämä puute on korvattu rahtikynnyksiä vastaavilla pystyviivoilla. Kaukokuljetuskustannukset saadaan kuvasta seuraavasti.

Tunnettaessa rautatie- ja autokuljetusmatkat etsitään abskissalta rautatiekuljetusmatkan pituutta vastaava arvo. Tätä arvoa lähinnä oikealla olevalta rahtikyn-



Kuva 1. Turpeen, kivihiilen ja koksin keskimääräiset autokuljetuskustannukset (mk/t). Kuormaus ja 0...5 km ajomatka sisältyvät polttoaineen hintaan.



K u v a 2. Koksen kuljetuskustannukset (mk/t).

nysviivalta etsitään autokuljetusta vastaava piste. Jos tämä piste osuu jollekin kuljetuskustannuskäyrälle, on kaukokuljetuskustannus ilman muuta luettavissa. Pisteen osuessa kahden käyrän välille on kaukokuljetuskustannus arvioitavissa interpoloimalla muutamien kymmenien markkojen tarkkuudella.

Piirroksista olevain rajakäyrän A ja B merkitys on seuraava:

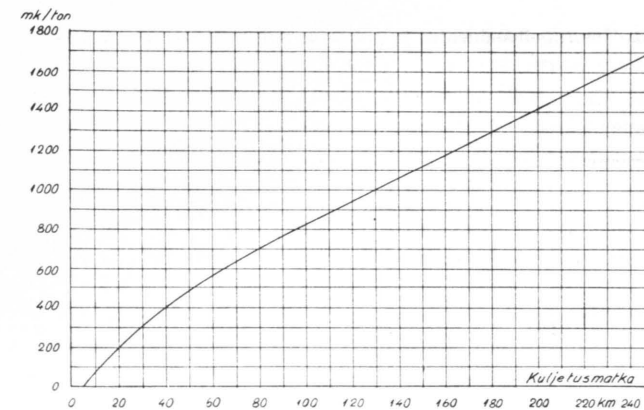
Jos pelkästään autokuljetusta käyttäen kuljetusmatka on yhtä pitkä kuin rautatie- ja autokuljetusmatkain summa, ovat käyrän A pisteitä vastaavat kuljetuskustannukset joko pelkkää autokuljetusta tai yhdistettyä rautatie- ja autokuljetusta käyttäen yhtä suuret. Yhdistetty kuljetusmuoto on taloudellisempi vain käyrästä oikealla olevalla alueella.

Jos pelkällä autokuljetuksella matka lyhenee siten, että se vastaa hypotenuusaa siinä kuvitellussa kolmiossa, jonka toisena kateettina on yhdistetyn kuljetuksen rautatiematka ja toisena autokuljetusmatka, vastaavat käyrän B pisteet molempien vaihtoehtoisten kuljetustapojen saman suuruisia kustannuksia.

Koksen ja kivihien kuljetuksissa on huomattava, että edulliset suorat autokuljetukset ovat hieman pidemmät kuin rajakäyrät osoittavat, koska yhdistettyyn kuljetukseen liittyvä välikuorma aiheuttaa pienen mittahäviön.

Polttoöljyn autokuljetuskustannukset saadaan kuvasta 3, joka on tehty samalla tavoin kuin kuva 1. Polttoöljyn yhdistetyn rautatie- ja autokuljetuksen kustannukset saadaan kuvasta 4, joka on tehty samoin kuin kuva 2, ottaen huomioon tariffin mukaiset öljynrahdit.

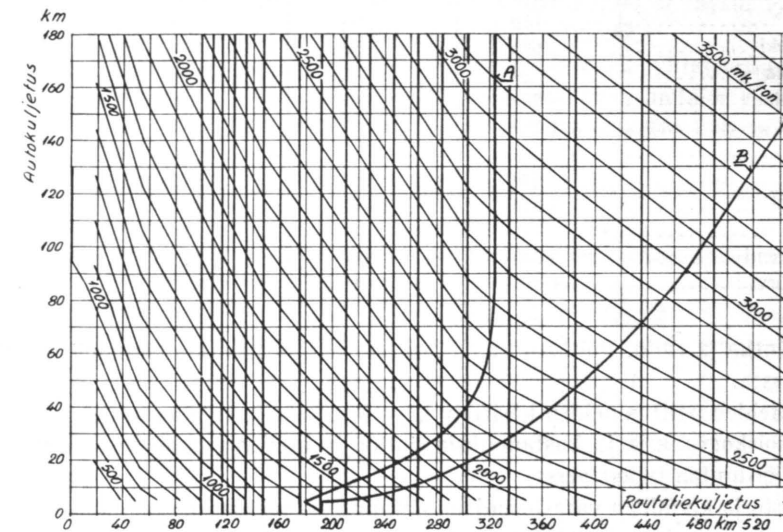
Rahtilaskelmien avulla saadaan öljylle hieman todellista korkeammat hinnat



K u v a 3. Polttoöljyn keskimääräiset autokuljetuskustannukset (mk/t). Kuorma ja 0...5 km ajomatka sisältyvät polttoaineen hintaan.

sisämaan paikkakunnilla, esim. Kuopiossa n. 3,5 %. Tämä johtuu siitä, että öljyliikkeit ei voida peri sisämaan paikkakunnilla täyttä rahtikorvausta.

Taulukossa 6 on laskettuja tuontipolttolaitosten ja polttoturpeen kaukokuljetuskustannuksia eri paikkakunnille. Laskelmat on suoritettu edullisimpien kuljetustapojen mukaan. Tuontipolttolaitokset on laskettu kuljetettaviksi lähimmistä tuontisatamista. Öljyn suhteen on huomattava, että tuontisatamia ovat vain Turku, Hel-



K u v a 4. Polttoöljyn kuljetuskustannukset (mk/t).

T a u l u k k o 6. Tuontipolttoaineiden ja polttoturpeen kaukokuljetuskustannuksia eri paikkakunnille.

Paikkakunta	Koksi mk/t	Kivihiihi ja antrasiitti mk/t	Polttoöljy mk/t	Turve mk/t
Helsinki	—	—	—	850
Hyvinkää	635	620	550	—
Hämeenlinna	825	810	890	—
Turku	—	—	—	605
Loimaa	695	680	670	240
Toijala	875	860	990	—
Kotka	—	—	—	—
Kouvola	850	835	510	—
Lahti	825	810	930	—
Mikkeli	965	950	1 230	—
Pieksämäki	1 135	1 120	1 590	—
Kuopio	1 325	1 310	1 940	—
Lappeenranta	875	860	930	—
Imatra	1 055	1 040	1 150	—
Savonlinna	1 325	1 310	1 940	—
Varkaus	1 225	1 210	1 760	—
Joensuu	1 445	1 430	2 150	—
Lieksa	1 505	1 490	2 300	—
Pori	350	350	1 080	670
Tampere	915	900	1 230	670
Haapamäki	1 095	1 080	1 760	530
Jyväskylä	1 275	1 260	2 050	700
Vaasa	110	95	2 150	655
Seinäjoki	695	680	1 970	510
Kokkola	—	—	1 430	—
Ylivieska	725	710	970	—
Iisalmi	1 135	1 120	1 400	—
Oulu	—	—	—	—
Muhos	620	605	360	—
Kajaani	1 055	1 040	1 390	—
Kemi	—	—	900	—
Rovaniemi	845	830	1 520	—
Kemijärvi	1 055	1 040	1 850	—

sinki, Kotka ja Oulu. Polttoturpe on laskettu kuljetettavaksi lähimmästä valmistuspaikasta.

Kiinteiden polttoaineiden käsittely käyttöpaikalla ja tuhkan kuljetus aiheuttavat erikoiskorvauksia ja kustannuksia, jotka on otettava huomioon polttoaineen megakalorihintaa laskettaessa.

Koksin ja kivihiihen varastosuojaan ahtamisesta maksetaan talonmiehen työehtosopimuksen mukaan 110 mk/t sisäänheittoaukon ollessa pihan tai kadun tasolla ja 220 mk/t sisäänheittoaukon ollessa seinässä. Useimmiten se on pihan tasolla.

Halkojen pinoamisesta maksetaan 30 mk/pm³, jos pino ei ole kuin 2 m korkea. Korkeammista pinoista maksetaan 40 mk/pm³ 4 m korkeuteen saakka. Halkojen karräyksestä polttoainesuojan ulkopuolella maksetaan 20 mk/pm³ matkan ollessa 5 ... 45 m. Jos otaksutaan puolet haloista varastoitaviksi polttoainesuojan ulkopuolelle em. karräysmatkan sisäpuolelle, saadaan halkojen käsittelykustannuksiksi talon käyttövarastossa 40 mk/pm³.

Kotimaisen polttoaineen puun ja turpeen käytöstä maksetaan lämmittäjälle erikoiskorvaus, joka on puita käytettäessä 15 mk/pm³ ja koneturvetta käytettäessä 40 mk/t.

Tuhkan kuljetuskustannus lasketaan Helsingissä poisvietyjen kuutiometrien mukaan, ja se on 440 mk/m³. Kaikkialla maassa ei tämä kustannus liene sama. Varsinkin maaseudulla on puun tuhkalta hyödyllistä käyttöäkin. Koska toisaalta polttoaineitten tuhkapitoisuudet ovat pieniä, ei tehdä suurta virhettä laskemalla tuhkan kuljetuskustannus samaksi koko maassa. Laskettaessa tuhkan kuljetuskustannusta polttoainetonnia tai -kuutiometriä kohti on otettava huomioon eri polttoaineiden tuhkapitoisuudet ja kiinteiden tuontipolttoaineiden tuhkaan sekoittunut vähäinen palamatta jäänyt polttoainemäärä.

Taulukossa 7 ovat käsittelykustannukset edellä esitettyjen periaatteiden mukaan laskettuina.

Käsittely- ja varastoimishäviöt syntyvät kuljetusten yhteydessä tapahtuvissa käsittelyissä. Kiinteät tuontipolttoaineet murskautuvat, ja niistä varisee osa maahan. Täten hukkaan joutuva määrä on sitä suurempi, mitä useampivaiheinen kuljetus on. Öljyä jää pieniä eriä kuljetussäiliöihin. Raskas öljy saattaa kuljetuksen päättyessä olla jo jähmettymisen alussa, jolloin kuljetussäiliö ei täysin tyhjene. Lisäksi tapahtuu öljysäiliössä hapettumista, joka lisää häviöitä.

Laskutehtävien vähentämiseksi voidaan käsittelyhäviöiden yhteydessä laskea myöskin korkotappio siltä ajalta, minkä polttoaine joutuu olemaan talon varastossa ennen käyttöä. Kiinteille polttoaineille on korkotappioksi laskettu 2 % ja öljyille 1 %.

Käsittelyhäviöiden ja korkotappion %-luvut ovat taulukossa 8. Korkotappio

T a u l u k k o 7. Eri polttoaineiden käsittelykustannukset käyttöpaikalla.

Polttoaine	Varastoimis- työkustannus	Erikoiskorvaus lämmittäjille	Tuhkan kuljetus	Yhteensä
Koksi	110	—	85	195
Antrasiitti	110	—	40	150
Karkea kivihiihi	110	—	55	165
Pikkuhiili	110	—	45	155
Kivihiihimurska	110	—	130	240
Ruskohiilibriketit	110	—	85	195
Koneturve	110	40	50	200
Halot	40	15	5	60

T a u l u k k o 8. Polttoaineiden käsittelyhäviöt ja korkotappiot.

Polttoaine	Autokulj.	Rautatie- ja autokulj.
Foss. kiint. polttoaineet	4 %	6 %
Murska	5 %	7 %
Halot	2 %	2 %
Polttoöljy n:o 2	2 %	2 %
Polttoöljy » 4	3 %	3 %

olisi laskettava suoranaisena lisäyksenä hintaan. Koska käsittelyhäviöiden osuus taulukon luvuissa on suurempi, on niiden vaikutus laskelmissa otettu määrääväksi. Täten saadaan polttoaineen hinta käyttölaitteissa kertomalla taulukoista 4, 5, 6 ja 7 saatavien hintaosien summa 100:lla ja jakamalla 100:n ja taulukosta 8 saatavan luvun erotuksella.

Polttoaineen megakalorihintaan on sisällytettävä pikkuhiiltä ja öljyä käytettäessä tarvittavan energian hinta, joka on laskettavissa polttoainetonna kohti. Sähköenergian hinnaksi on otettu 9 mk/kWh. Taulukossa 9 ovat nämä energiakustannukset.

Ottamalla koivuhalkojen hinnat taulukosta 4 ja tuontipolttaineiden hinnat taulukosta 5 sekä lisäämällä niihin taulukosta 6 saatavat kaukukuljetuskustannukset ja taulukosta 7 saatavat käsittelykustannukset, saadaan kunkin lähetyspaikalla mitatun polttoaineen hinta. Kun tähän hintaan tehdään taulukon 8 mukainen käsittelyhäviöiden ja korkotappion aiheuttama korjaus ja näin saatuun hintaan pikkuhiiltä ja öljyä käytettäessä lisätään energiakustannukset, saadaan kunkin polttoaineen hinta tulipesässä. Tällä tavoin laskettuja hintoja esittää taulukko 10.

Käytetyn polttoaineen megakalorihinnat ts. tulipesään polttoaineessa viedyn lämpöenergian hinnat saadaan jakamalla taulukon 10 hinnat eri polttoaineiden tehollisilla lämpöarvoilla. Tässä laskelmassa on käytetty seuraavia tehollisia lämpöarvoja, jotka maahantuotujen polttoaineiden osalta vastaavat viime vuosina tuotujen polttoaineiden keskimääräisiä arvoja.

Polttoturpeen tuhkapitoisuudeksi on otettu 3,5 % ja kosteudeksi 28 % kokonais-

T a u l u k k o 9. Energiakustannukset lämmityslaitoksessa pikkuhiiltä ja lämmitysöljyä käytettäessä.

Polttoaine	Syöttölaitteiden sähkö mk/t	Öljyn etulämmitys-sähkö mk/t	Säiliön etulämmitys lämp. vedellä mk/t	Yhteensä mk/t
Pikkuhiili	90	—	—	90
Öljy n:o 2	150	—	—	150
Öljy » 4	250	130	50	430

Koksi	6 600 Mcal/t
Antrasiitti	7 300 »
Karkea kivihiili	6 750 »
Pikkuhiili	6 300 »
Kivihiilmurska	5 800 »
Ruskohiilibriketit	4 700 »
Polttoöljy n:o 2	10 150 »
Polttoöljy n:o 4	9 800 »
Koneturve	3 650 »
Koivuhalat	1 440 Mcal/pm ³

T a u l u k k o 10. Polttoaineiden kustannuksia kattilan tulipesässä eri paikkakunnilla helmikuussa 1957.

Paikkakunta	Koivuhalat mk/pm ³	Koksi mk/t	Antrasiitti mk/t	Kark. kivihiili mk/t	Pikkuhiili mk/t	Kivihimurska mk/t	Rusko-hiili -briket mk/t	Polttoöljy n:o 2 mk/t	Polttoöljy n:o 4 mk/t	Koneturve mk/t
Helsinki	2 050	10 815	10 755	10 875	10 445	7 640	7 065	18 265	15 100	4 850
Hyvinkää	1 900	12 135	12 060	12 180	11 745	8 870	8 310	18 825	15 660	—
Hämeenlinna	1 845	12 340	12 260	12 385	11 950	9 100	8 515	19 175	16 005	—
Turku	2 050	10 815	10 755	10 875	10 445	7 640	7 065	18 265	15 100	4 635
Loimaa	1 695	12 200	12 125	12 245	11 810	8 960	8 375	18 950	15 785	4 460
Toijala	1 845	12 390	12 310	12 435	12 000	9 150	8 565	19 275	16 110	—
Kotka	1 950	10 815	10 755	10 875	10 445	7 640	7 065	18 265	15 100	—
Kouvola	1 845	12 120	12 045	12 165	11 730	8 855	8 295	18 785	15 620	—
Lahti	1 845	12 340	12 260	12 385	11 950	9 100	8 515	19 215	16 050	—
Mikkeli	1 590	12 490	12 410	12 535	12 100	9 270	8 665	19 520	16 355	—
Pieksämäki	1 440	12 665	12 585	12 710	12 270	9 440	8 835	19 885	16 720	—
Kuopio	1 540	12 865	12 785	12 910	12 475	9 630	9 045	20 245	17 080	—
Lappeenranta	1 795	12 390	12 310	12 435	12 000	9 150	8 565	19 215	16 050	—
Imatra	1 695	12 585	12 505	12 630	12 190	9 355	8 755	19 440	16 275	—
Savonlinna	1 590	12 865	12 785	12 910	12 475	9 630	9 045	20 245	17 080	—
Varkaus	1 490	12 765	12 685	12 810	12 375	9 530	8 940	20 065	16 900	—
Joensuu	1 440	13 000	12 920	13 045	12 610	9 775	9 170	20 455	17 290	—
Liekka	1 440	13 065	12 985	13 110	12 675	9 840	9 235	20 610	17 445	—
Pori	1 645	11 180	11 120	11 240	10 810	8 005	7 430	19 365	16 200	4 700
Tampere	1 950	12 430	12 350	12 475	12 040	9 195	8 605	19 520	16 355	4 700
Haapamäki	1 590	12 625	12 545	12 670	12 230	9 395	8 795	20 065	16 900	4 555
Jyväskylä	1 695	12 815	12 735	12 860	12 425	9 580	8 990	20 355	17 190	4 735
Vaasa	1 745	11 035	10 960	11 080	10 650	7 845	7 285	20 460	17 295	4 685
Seinäjoki	1 695	12 305	12 230	12 350	11 915	9 065	8 480	20 380	17 215	4 530
Kokkola	1 795	10 920	10 860	10 980	10 550	7 745	7 170	19 725	16 560	—
Ylivieska	1 695	12 335	12 260	12 380	11 945	9 095	8 510	19 255	16 090	—
Iisalmi	1 390	12 770	12 690	12 815	12 375	9 545	8 940	19 695	16 530	—
Oulu	1 900	10 970	10 910	11 030	10 605	7 795	7 220	18 420	15 255	—
Muhos	1 645	11 630	11 570	11 690	11 260	8 450	7 875	18 790	15 625	—
Kajaani	1 695	12 745	12 665	12 790	12 350	9 515	8 915	19 850	16 685	—
Kemi	1 745	11 025	10 965	11 085	10 645	7 850	7 275	19 340	16 175	—
Rovaniemi	1 665	12 605	12 525	12 650	12 215	9 365	8 780	19 970	16 805	—
Kemijärvi	1 640	12 800	12 720	12 845	12 405	9 570	8 970	20 310	17 145	—

T a u l u k k o 11. Polttoaineen lämpöyksikkökustannuksia tulipesässä eri paikkakunnilla helmikuussa 1957.

Paikkakunta	Koivuhalot mk/Mcal	Koksi mk/Mcal	Antrasiitti mk/Mcal	Kerä kivihiili mk/Mcal	Pikkuhiili mk/Mcal	Kivih. murska mk/Mcal	Ruskohiili brkk. mk/Mcal	Polttoöljy n:o 2 mk/Mcal	Polttoöljy n:o 4 mk/Mcal	Koneturve mk/Mcal
Helsinki	1,42	1,64	1,47	1,61	1,66	1,32	1,50	1,80	1,54	1,33
Hyvinkää	1,32	1,84	1,65	1,81	1,86	1,53	1,77	1,86	1,60	—
Hämeenlinna	1,28	1,87	1,68	1,83	1,90	1,57	1,81	1,89	1,63	—
Turku	1,42	1,64	1,47	1,61	1,66	1,32	1,50	1,80	1,54	1,27
Loimaa	1,18	1,85	1,66	1,82	1,72	1,55	1,78	1,87	1,61	1,22
Toijala	1,28	1,88	1,69	1,84	1,91	1,58	1,82	1,90	1,65	—
Kotka	1,35	1,64	1,47	1,61	1,66	1,32	1,50	1,80	1,54	—
Kouvola	1,28	1,83	1,65	1,80	1,86	1,53	1,76	1,85	1,60	—
Lahti	1,28	1,87	1,68	1,83	1,90	1,57	1,81	1,89	1,64	—
Mikkeli	1,10	1,89	1,70	1,86	1,92	1,60	1,84	1,93	1,67	—
Pieksämäki	1,00	1,92	1,73	1,88	1,95	1,63	1,88	1,96	1,71	—
Kuopio	1,07	1,95	1,75	1,91	1,98	1,66	1,92	2,00	1,74	—
Lappeenranta	1,25	1,88	1,69	1,85	1,91	1,58	1,82	1,90	1,64	—
Imatra	1,18	1,91	1,71	1,87	1,94	1,62	1,86	1,92	1,66	—
Savonlinna	1,10	1,95	1,75	1,91	1,98	1,66	1,92	2,00	1,74	—
Varkaus	1,04	1,93	1,74	1,90	1,96	1,64	1,90	1,98	1,73	—
Joensuu	1,00	1,97	1,77	1,93	2,00	1,68	1,95	2,02	1,76	—
Lieksa	1,00	1,98	1,78	1,94	2,01	1,69	1,96	2,03	1,78	—
Pori	1,14	1,69	1,52	1,66	1,72	1,38	1,58	1,91	1,65	1,29
Tampere	1,35	1,88	1,69	1,85	1,91	1,58	1,83	1,93	1,67	1,29
Haapamäki	1,10	1,91	1,72	1,88	1,94	1,62	1,87	1,98	1,72	1,25
Jyväskylä	1,18	1,94	1,74	1,90	1,97	1,65	1,91	2,01	1,75	1,30
Vaasa	1,21	1,67	1,50	1,64	1,69	1,35	1,55	2,02	1,76	1,28
Seinäjoki	1,18	1,86	1,67	1,83	1,89	1,56	1,80	2,01	1,75	1,24
Kokkola	1,25	1,65	1,49	1,63	1,67	1,33	1,52	1,94	1,69	—
Ylivieska	1,18	1,87	1,67	1,84	1,90	1,57	1,81	1,80	1,64	—
Iisalmi	0,97	1,93	1,74	1,90	1,97	1,64	1,90	1,94	1,69	—
Oulu	1,32	1,66	1,50	1,63	1,69	1,34	1,53	1,82	1,56	—
Muhos	1,14	1,76	1,59	1,73	1,79	1,46	1,68	1,85	1,60	—
Kajaani	1,18	1,93	1,73	1,90	1,96	1,64	1,89	1,95	1,70	—
Kemi	1,21	1,67	1,50	1,64	1,69	1,35	1,55	1,91	1,65	—
Rovaniemi	1,16	1,91	1,72	1,87	1,94	1,61	1,87	1,97	1,72	—
Kemijärvi	1,14	1,94	1,74	1,90	1,97	1,65	1,91	2,00	1,75	—

painosta, jollaista VAPOLle lämmityskaudella 1955 ... 1956 toimitettu turve keskimäärin oli.

Koivuhalkojen kosteudeksi on otettu kokemuksen mukaan 25 % kokonaispainosta ja tilavuuspainoksi 445 kg/pm³.

Polttoaineiden megakalorihintoja tulipesässä esittää taulukko 11.

Omakotitalojen pienoiskattiloihin eivät sovellu 1 m pituiset halot, vaan on sahattava joko 1/3 m tai 1/2 m pituisiksi. Sahattaessa halot 1/3 m pituisiksi, on sa-

hauskustannus maaseudulla n. 200 mk/pm³ ja 1/2 m pituisiksi sahattaessa n. 150 mk/pm³. Täten tulee omakotitalojen halkojen hinnan keskimääräiseksi lisäykseksi 175 mk/pm³. Taulukon 11 esittämiin halkojen lämpöyksikköhintoihin on omakotitalojen lämpökustannuksia laskettaessa lisättävä 0,12 mk/Mcal.

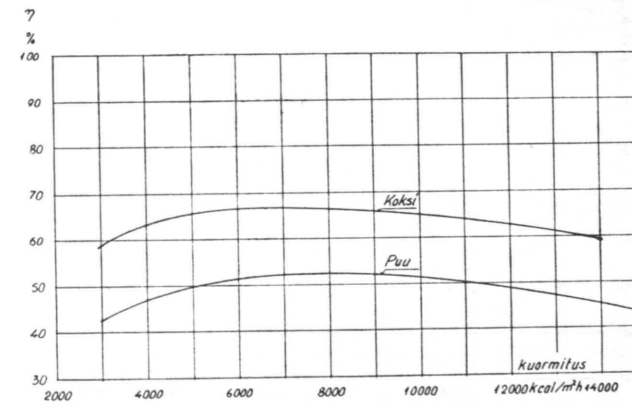
Edellä on esitetty poltetun polttoaineen sisältämän lämmön yksikkökustannusten laskeminen. Hyödyksi saadun lämmön polttoainekustannukset saadaan jakamalla taulukon 11 arvot lämmityslaitoksen vuotuisella hyötysuhteella. Lämmityslaitoksen kokonaishyötysuhde η on kahden tekijän, kattilan hyötysuhteen η_k ja johtoverkon hyötysuhteen η_j tulo

$$\eta = \eta_k \times \eta_j$$

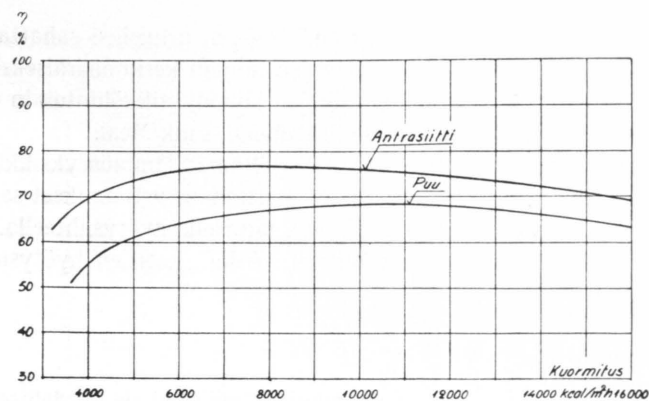
Johtoverkon hyötysuhteeseen vaikuttavia häviöitä ei ole täydellisesti tutkittu. Eri polttoaineiden vaatima erilainen lämmitystapa vaikuttaa jossakin määrin johtohäviöihin. Esim. puilla joudutaan usein lämmittämään jaksottaisesti, jolloin johtohäviöt ja koko talonkin lämpöhäviöt jossakin määrin kasvavat. Eräät tutkijat ovat sitä mieltä, että nykyisestä säätöjärjestelmästä johtuen ovat nämä jaksottaisuuden aiheuttamat johtohäviöt öljyllä lämmitettäessä vieläkin suuremmat kuin puilla lämmitettäessä. Koska johtohäviöt eri polttoaineita käytettäessä eivät kuitenkaan kovin paljoa poikkea toisistaan ja koska ne yleensä jäävät rakennukseen, voidaan ne jättää huomioon ottamatta ja laskelmissa käyttää hyötysuhteena kattilan hyötysuhdetta η_k . Tähän yksinkertaistamiseen oikeuttaa sekin, että kysymyksessä on lähinnä eri polttoaineiden vertailu.

Kattilan hyötysuhde riippuu kattilatyypin ominaisuuksista, käytettävästä polttoaineesta ja kuormituksesta.

Polttoaineen ja kuormituksen vaikutus erilaisten kattilain hyötysuhteeseen ilmenee hyötysuhdekäyristä kuvissa 5, 6, 7, 8, 9, 10 ja 11.



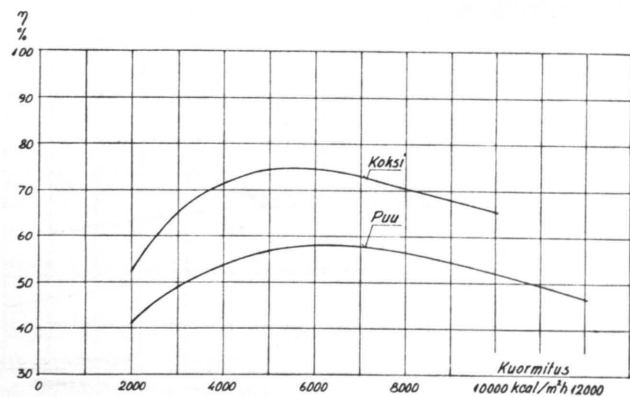
K u v a 5. Pienten valurautakattiloiden keskimääräiset hyötysuhdekäyrät koksia ja puuta poltettaessa.



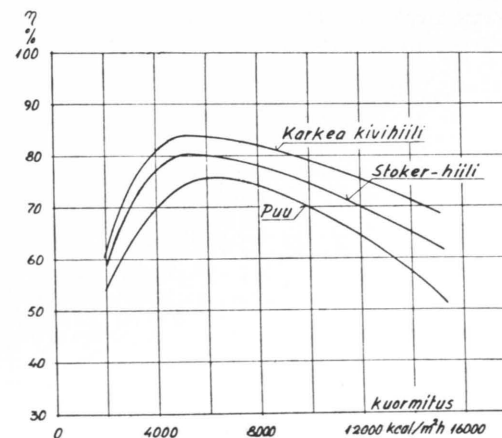
K u v a 6. Pienten alapalokattiloiden keskimääräiset, hyötysuhdekäyrät puuta ja antrasiittia poltettaessa.

Lämmityslaitoksen kuormitus vaihtelee huomattavasti lämmityskauden aikana. Esim. Helsingissä on rakennusten lämmitystehon tarve normaalilämmityskauden aikana keskimäärin 26,5 % enimmäistehon tarpeesta. Kuormitusta tasoittaa jossakin määrin lämpimän käyttöveden osuus. Sen vaikutus kuormitukseen on edullinen silloin, kun lämpöä tarvitaan myös rakennuksen lämmittämiseen. Kesäaikana lämpimän käyttöveden kulutus on pieni ja varsinkin pienissä kiinteistöissä, joissa ei tätä tarkoitusta varten ole erillistä, sopivan kokoista kattilaa, on tästä seurauksena erittäin epäedullinen kuormitus. Asiaa voidaan parantaa sopivalla veden lämmityksen ja käytön jaksottelulla.

Käsityksen kuormituksen vaihtelusta antaa kuvan 12 esittämä kuormituksen

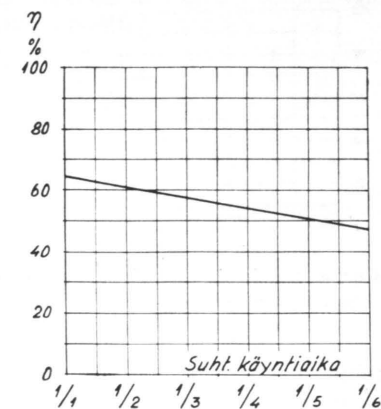


K u v a 7. Keskokokoisten valurautakattiloiden keskimääräiset hyötysuhdekäyrät koksia ja puuta poltettaessa.



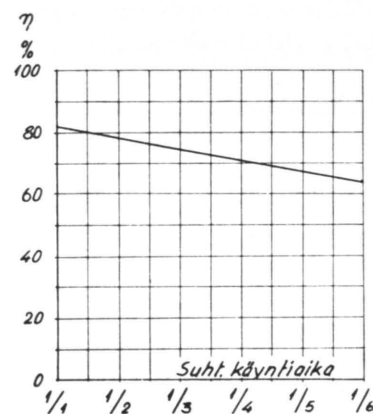
Kuva 8

K u v a 8. Keskokokoisten ja suurten teräslevykattiloiden keskimääräiset hyötysuhdekäyrät kivihiiltä ja puuta poltettaessa.



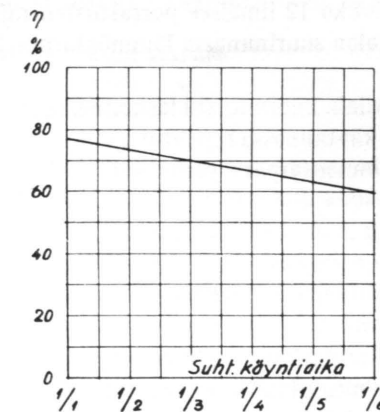
Kuva 9

K u v a 9. Pienten 1...3 m² koksikäyttöisten keskuslämmityskattiloiden hyötysuhteen riippuvuus suhteellisesta käyntiajasta polttoöljy n:o 2 käytettäessä.



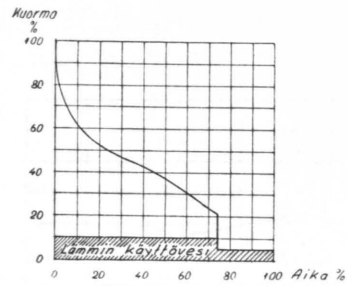
Kuva 10

K u v a 10. Keskokokoisten koksikäyttöisten keskuslämmityskattiloiden hyötysuhteen riippuvuus suhteellisesta käyntiajasta polttoöljy n:o 2 käytettäessä.



Kuva 11

K u v a 11. Suurten teräslevyisten keskuslämmityskattiloiden hyötysuhteen riippuvuus suhteellisesta käyntiajasta polttoöljyä käytettäessä.



Kuva 12. Keskuslämmityslaitoksen kuormituksen pysyvyys.

pysyvyyskäyrä. Käyrä on piirretty koordinaatistoon, jossa aika on ilmoitettu prosentteina vuodesta ja samoin kuormitus prosentteina huippukuormasta. Tällä tavoin käyrä on tähän tutkimukseen riittävän tarkka koko maata käsittävänä. Lämpimän veden osuudeksi on otettu kesäaikana 5 % laitoksen huippukuormasta ja talon lämmityksen aikana 10 % huippukuormasta. Käyrästä voidaan lukea suoraan, kuinka suuren osan vuodesta kuormitus on vähintään valitun prosentin suuruinen maksimikuormaan verrattuna. Kuormitus on laskettu prosentteina huippukuormasta. Esim. yli 40 % kuormituksen kesto-aika on 46 % vuodesta ja yli 45 % kuormituksen kesto-aika 35 % vuodesta. Täten 40 ... 45 % kuormituksen kesto-aika on 11 % vuodesta.

Kattilalaitoksen vuotuisen hyötysuhteen laskemista varten on tärkeää tietää, kuinka suuri osa vuotuisesta lämpömäärästä kehitetään eri kuormituksilla. Kuormituksen pysyvyyssarvojen avulla on tämä laskettavissa. Koko lämmityskauden keskimääräinen kuormitus on kuvan 12 esittämässä tapauksessa 33 %. Taulukko 12 esittää, millaisiksi keskimääräiset kuormitukset muodostuvat ja kuinka suuri osa vuoden lämmöntarpeesta kullakin keskimääräisellä kuormituksella kehitetään, kun kuormitus jaetaan portaittain.

Taulukko 12 ilmaisee porrastusten rajoissa suhteellisen lämpökuorman prosentteina talon suurimmasta lämmöntarpeesta. Tämä ei vielä ilmaise kattilain kuormitusta.

Kattilain kuormitusta laskettaessa on otettava huomioon kattilain mitoitusperusteet ja käytännössä tapahtuva ylimitoitus. Kattilat mitoitetaan talon lasketun enimmäislämmöntarpeen perusteella tavallisimmin seuraaville kuormituksille:

Valurautaiset pienoiskattilat	8 000 kcal/m ² h
Muut valurautakattilat	7 000 »
Teräslevykattilat	12 000 »

Polttoainekulutuksia laskettaessa ei näitä arvoja voida käyttää kattilain huippukuormituksina. Käytännössä on todettu, että käyttämällä näitä lukuja huippuarvoina ja apuna säätilastoja saadaan vuotuinen polttoaineentarve laskemalla 30 ... 50 % todellista suuremmaksi. Tämä johtuu seuraavista syistä.

Rakennuksen lämmöntarvelaskelmiin on sisällytettävä varmuuslisäyksiä, joiden johdosta kokonaislämmöntarpeen arvo saadaan todellista suuremmaksi. Omakotitalon pienoiskattilaksi joudutaan usein valitsemaan hieman laskelman osoittama suurempi kattila sen vuoksi, että tarkalleen laskelman mukaista ei valmisteta. Usein valitaan kattila laskettua suuremmaksi, jotta se soveltuisi 1 m haloilla lämmitettä-

Taulukko 12. Eri porrastuksia vastaavat keski-kuormitukset ja kehitetyt lämpömäärät prosentteina vuotuisesta lämmöntarpeesta.

Kuormituksen porrastus	Keskim. kuormitus % maksimikuormituksesta	Kehitetty lämpömäärä % vuotuisesta lämpömäärästä
0 ... 1/3	13	18
1/3 ... 2/3	46	68
2/3 ... 3/3	74	14
		100
0 ... 1/4	8,5	9
1/4 ... 2/4	38	50
2/4 ... 3/4	58	35
3/4 ... 4/4	80	6
		100

väksi. Rakennuksessa oleskelevien henkilöiden luovuttama lämpö korvaa osan lämmöntarpeesta, samoin valaistuslaitteet, keittiönliedet ym. kojeet. Myöskin auringon säteily, jota ei laskelmissa oteta huomioon, vähentää vuotuista lämmöntarvetta.

Edellä mainitut tekijät aiheuttavat sen, että käytännössä kattilain huippukuormitus on yleensä vain 70 ... 80 % mitoituksen perusteena käytetyistä huippukuormituksista. Näin saadaan kattilain huippukuormituksiksi käytännössä seuraavat:

Valurautaiset pienoiskattilat	6 400 kcal/m ² h
Muut valurautakattilat	5 600 »
Teräslevykattilat	9 600 »

Taulukon 12 lukujen ja viimeksi esitettyjen kattilalaitosten huippukuormitusarvojen perusteella voidaankin riittävällä tarkkuudella laskea millaisissa kuormitusolosuhteissa keskuslämmityslaitos normaalivuotena toimii. Kuvista 5, 6, 7, 8, 9, 10 ja 11 saadaan eri kuormituksia vastaavat hyötysuhteet. Hyötysuhdekäyrien ja taulukon 12 perusteella voidaan laskea kuinka suuri osa vuotuisesta lämpömäärästä kehitetään kullakin keskimääräisellä hyötysuhteella. Täten saadaan »painoitettu hyötysuhde», joka on todellinen vuotuinen hyötysuhde η_v .

Edellä esitetyn perusteella voidaan ryhtyä tarkastelemaan erilaisten kattilalaitosten kuormituksia lämmityskauden aikana ja laskemaan vuotuisia hyötysuhteita. Taulukossa 13 esitetään esimerkkinä yhden kattilain laitoksen tarkastelu. Painoitettun hyötysuhteen laskemiseksi kuormitus on jaettu neljään portaaseen. Alle 1/4 kuormituksella ei kattilaa voida käyttää jatkuvasti. Keskimääräisen kuormituksen ollessa tätä porrastusta vastaava käytetään jaksottaista lämmitystapaa ja pitkän paloajan saavuttamiseksi mahdollisimman pientä tehoa.

Taulukossa 13 esitettyä periaatetta noudattaen on taulukkoon 14 laskettu ylei-

Taulukko 13. Yhden kattilan laitosten kuormituksen ja hyötysuhteitten vaihtelut sekä vuotuiset hyötysuhteet. Valurautaiset, yläpaloiset pienoiskattilat.

Kuormituksen porratus	Kattilan keskimääräinen kuormitus		E = kehitetty lämpöm. % vuotuisesta	Hyötysuhdelaskelma					
				Puu		Koksi		Pö n:o 2	
				η_k %	$E \times \eta_k$	η_k %	$E \times \eta_k$	η_k %	$E \times \eta_k$
					100 %		100 %		100 %
0 ... 1/4	8,5	545	9	35	3,2	50	4,5	30	2,7
1/4 ... 2/4	38	2 430	50	39	19,5	54	27	58	29
2/4 ... 3/4	58	3 710	35	46	16,1	61	21,4	61	21,4
3/4 ... 4/4	80	5 100	6	50	3	65	3,9	63	3,8
				$\eta_v = 42$		$\eta_v = 57$		$\eta_v = 57$	

simpien kattila- ja laityyppien vuotuiset hyötysuhteet. Kun kuormitukset on laskettu tulipintojen m² kohti, ovat arvot riittävällä tarkkuudella käyttökelpoisia erikokoisia laityksia varten.

Jakamalla taulukossa 11 esitetyt polttoaineen lämpöyksikköhinnat taulukosta 14 saatavilla hyötysuhdearvoilla saadaan kattiloissa kehitetyn hyödyksi saadun lämmön hinnan käyttökustannusosuus. Taulukko 15 esittää täten saadut arvot Helsingissä ja Kuopiossa.

Taulukko 14. Keskuslämmityskattilalaitosten vuotuisia hyötysuhteita.

Kattilatyypit	Halot η_v	Koksi η_v	Antrasiitti η_v	Kivih. kark. η_v	Stoker-hiili η_v	Pö n:o 2 η_v	Pö n:o 4 η_v
<i>Yhden kattilan laitos</i>							
Pienet, valur. yläpaloikkattilat ..	0,42	0,57	0,57	—	—	0,57	—
» teräsl. yläpaloikkattilat ..	0,42	0,57	0,57	—	—	0,57	—
» » alapaloikkattilat ..	0,55	0,69	0,69	—	—	0,71	—
Keskikok. valur. yläpaloikkattilat	0,46	0,60	0,60	—	—	0,68	—
Suuret teräsl. alap. kattilat	0,70	—	—	0,79	—	—	0,73
» teräsl. yläp. kattilat	0,58	—	—	—	0,75	—	0,73
<i>Kahden kattilan laitos</i>							
Valur. yläp. kattilat	0,49	0,65	0,65	—	—	0,71	—
Teräsl. alap. »	0,73	—	—	0,81	—	—	0,75
» yläp. »	0,60	—	—	—	0,77	—	0,76
<i>Kolmen kattilan laitos</i>							
Valur. yläp. kattilat	0,51	0,68	0,68	—	—	0,73	—
Teräsl. alap. »	0,74	—	—	0,82	—	—	0,78
» yläp. »	0,62	—	—	—	0,80	—	0,79

Taulukko 15. Polttoainekustannukset eri tyyppisissä lämmityslaitoksissa Helsingissä (H) ja Kuopiossa (K).

Laitostyyppi	Halot		Koksi	Antrasiitti	Kivih. kark.	Stokerh.	Pö n:o 2		Pö n:o 4	
	H	K					H	K	H	K
	m k / M c a l						m k / M c a l		m k / M c a l	
<i>Yhden kattilan laitos</i>										
Pienet valur. yläp. kattilat	3,38	2,55	3,42	3,07	—	—	3,16	3,51	—	—
» teräsl. yläp. kattilat	3,38	2,55	3,42	3,07	—	—	3,16	3,51	—	—
» teräsl. alap. kattilat	2,58	1,95	2,83	2,54	—	—	2,64	2,82	—	—
Keskikok. valur. yläp. kattilat	3,09	2,22	3,35	2,82	—	—	2,65	2,84	—	—
Suuret teräsl. alap. kattilat	2,03	1,53	—	—	2,04	2,42	—	—	2,11	2,38
» teräsl. yläp. kattilat	2,45	1,84	—	—	—	—	—	—	2,11	2,38
<i>Kahden kattilan laitos</i>										
Valur. yläp. kattilat	2,90	2,18	3,00	2,69	—	—	2,54	2,82	—	—
Teräsl. alap. kattilat	1,95	1,47	—	—	1,99	2,36	—	—	2,05	2,32
» yläp. kattilat	2,37	1,78	—	—	—	—	—	—	2,03	2,29
<i>Kolmen kattilan laitos</i>										
Valur. yläp. kattilat	2,78	2,10	2,87	2,57	—	—	2,47	2,74	—	—
Teräsl. alap. kattilat	1,92	1,45	—	—	—	—	—	—	1,97	2,23
» yläp. kattilat	2,29	1,73	—	—	—	—	—	—	1,95	2,20

Vuotuinen kehitetty lämpömäärä

Jotta voitaisiin laskea polttoaineenkulutuksesta riippumattomien kiinteitten vuotuisten kustannusten osuus kehitetyn lämpöyksikön hinnassa, on tiedettävä näiden kiinteitten kustannusten summa ja erilaisissa kattilalaitostyypeissä vuosittain kehitetty lämpömäärä.

Rakennuksen tuntisen enimmäislämmöntarpeen yleinen kaava on seuraava:

$$Q_h = \Sigma (Ak + c V) \Delta t, \text{ jossa}$$

$$Q_h = \text{lämmöntarve (kcal/h)}$$

$$A = \text{lämpöä luovuttavan seinämän pinta-ala (m}^2\text{)}$$

$$k = \text{seinämän lämmönläpäisyyluku (kcal/m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C)}$$

$$c = \text{ilman ominaislämpö (kcal/m}^3 \text{ } ^\circ\text{C)}$$

$$V = \text{ilmanvaihto (m}^3\text{/h)}$$

$$\Delta t = \text{lämpöhäviöihin vaikuttava lämpötilanero (}^\circ\text{C)}$$

Lämpötilanero Δt on yleisimmin ottaen huonelämpötilan ja kullekin paikkakunnalle valitun ulkoilman minimilämpötilan erotus. Kun rakennuksissa $+18^\circ\text{C}$ lämpötilaan lämmitettävien huoneiden lisäksi on vähemmän lämmitettyjä ja sellaisia huonetiloja, jotka saavat lämpönsä muiden huoneiden häviöistä, oletetaan vuotuisten lämmöntarpeitten laskemisessa yleensä rakennuksen keskilämpötilaksi $+17^\circ\text{C}$.

Jotta tuntisen enimmäislämmöntarpeen perusteella voitaisiin laskea rakennuksen vuotuinen lämmöntarve, tarvitaan apuna ns. astepäivälukua S . Tämä luku on rakennuksen keskilämpötilan ja lämmityskauden keskimääräisen ulkolämpötilan erotus kerrottuna lämmityspäivien luvulla ($^\circ\text{C vrk}$). Vastatakseen lämmityskauden tunteja, on astepäiväluku kerrottava 24:llä. Kun otetaan huomioon, että Q_h arvoa laskettaessa vaikuttavana lämpötilanerona Δt käytetään enimmäisarvoa ja että sensijaan vuotuisen lämmöntarpeeseen vaikuttaa lämpötilaneron keskiarvo, saadaan rakennuksen vuotuiseksi lämmöntarpeeksi

$$Q_v = \frac{24 S}{\Delta t} Q_h \text{ kcal/v.}$$

Astepäiväluku saadaan lasketuksi säätilastojen avulla. Lämmityksen lasketaan alkavan syksyisin ulkoilman keskilämpötilan laskettua alle $+12^\circ\text{C}$ ja päättyvän keväisin ulkoilman keskilämpötilan noustua arvoon $+10^\circ\text{C}$.

Vuotuisen lämmöntarpeen kaavassa on normaalivuoden olosuhteissa keskimäärin tekijä

$$\frac{24 S}{\Delta t} \approx 2500$$

Tämä arvo vastaa Keski-Suomen olosuhteita. Etelä-Suomessa se on n. 10 % pienempi ja pohjois-Suomessa n. 10 % suurempi. Eri polttoaineiden vertailussa ei

näin pienellä vuosikulutuksen epätarkkuudella ole käytännöllistä merkitystä, koska sen vaikutus vertailukohteisiin on samansuuntainen ja koska laskelma rakennusten erilaisuudesta johtuen jää kuitenkin likimääräiseksi. Tämä lämpömäärissä tehty virhe tasoittaa lisäksi sitä virhettä, mikä tehdään otaksumalla samantehoisten lämmityslaitosten hinnat paikkakunnista riippumattomiksi. Rahti- ja päivärahakustannukset nostavat todellisuudessa niiden hintoja pohjoiseen mentäessä.

Kun vuosikulutusta laskettaessa otetaan huomioon lämpimän käyttöveden osuus yhtä suurena kuin kuvan 4 esittämää lämmöntarpeen pysyvyyskäyrää laadittaessa, saadaan edellä mainitun kertoimen arvoksi 3 000 ja vuotuiseksi lämmöntarpeeksi

$$Q_v = 3000 Q_h$$

Kattilat mitoitetaan niin, että niiden teho on Q_h , johon sisältyy myös lämpimän käyttöveden osuus. Kuten aikaisemmin on todettu on lämmityslaitoksen mitoituksessa käytetty Q_h liian suuri polttoainekulutuksen laskemisperusteeksi. Se on korvattava kattilain käytäntöä vastaavilla huippukuormitusarvoilla, jotka ovat:

Valurautaisille pienoiskattiloille	6,4 Mcal/m ² h
Muille valurautaisille kattiloille	5,6 »
Teräslevykattiloille	9,6 »

Käyttämällä näitä arvoja kattilain huippukuormitusarvoina, saadaan erilaisten lämpökeskusten likimääräisiksi vuotuisiksi hyödyllisiksi lämpömääräksi seuraavat:

Valurautaiset pienoiskattilat	$Q_h = 19\,200 \text{ Mcal/m}^2 \text{ v}$
Muut valurautaiset kattilat	$Q_h = 16\,200 \text{ »}$
Teräslevykattilat	$Q_h = 28\,800 \text{ »}$

Lämmityslaitoskustannukset

Taulukossa 15 esitettyyn lämpöyksikön hintaan on vielä lisättävä lämmityslaitoksen kiinteät kustannukset. Kiinteisiin kustannuksiin kuuluvat lämmittäjien peruspalkkakustannukset, sekä kattiloiden ja lämmityksessä käytettyjen lisälaitteiden kuoletus-, korko- ja kunnossapitokustannukset sekä lisäksi kattilahuoneen ja polttoainevarastojen ja säiliöiden kuoletus-, korko- ja kunnossapitokustannukset. Lämmitystyön aiheuttamat sosiaalikulutukset on pienuutensa vuoksi jätetty huomioonottamatta. Lämmityslaitoksen pääomakustannuksiin vaikuttavat ensi sijassa kattiloiden ja laitteiden hankintahinnat ja asennuskustannukset.

Kattiloiden hankintahinnat vaihtelevat huomattavasti. Valurautakattilat ovat tuntuvasti halvempia kuin teräslevykattilat. Eri kattilamallien asennuskustannukset ovat myöskin erilaiset. Suurien teräskattiloiden kuljetus ja siirto kattilahuoneeseen aiheuttavat yleensä suurempia kustannuksia tulipintayksikköä kohden kuin

pienien ja osiin jaettavien valurautakattiloiden. Pääomakustannuksiin vaikuttavat lisäksi kattiloiden kestoikä, joka ruotsalaisten tilastojen mukaan on keskimäärin valurautakattiloilla 20 v, teräslevykattiloilla 15 v.

Teräslevykattiloiden lyhempi kestoikä johtuu siitä, että ne ovat alttiimpia syöpymiselle kuin valetut kattilat. Nykyisin kun kaikki teräslevykattilat varustetaan ohituskytkennällä, ei savukaasujen tiivistymistä yleensä ilmene, joten teräslevykattiloiden elinikä on em. arviosta todennäköisesti pidentynyt. Myös kattiloiden vuotuisen käytön määrä vaikuttaa luonnollisesti niiden kestoikään, mutta sen vaikutuksesta ei ole numerisia tietoja.

Vuotuiset pääomakustannukset (K_v) on laskettu yhtälöstä

$$K_v = \frac{p}{100} \cdot \frac{K_p}{1 - \left(1 + \frac{p}{100}\right)^t}$$

K_v = perustamiskustannukset (mk)

p = korkoprosentti (%)

t = kestoikä (v)

Esim. Kun $p = 8\%$ ja $t = 20$ v (valurautakattilat) on

$$K_v = 0,102 K_p$$

Kun $p = 8\%$ ja $t = 15$ v (teräslevykattilat) on

$$K_v = 0,117 K_p$$

Huolto- ja korjauskustannuksia kattiloiden osalta ei ole otettu huomioon, koska ne ovat normaalisti pienet verrattuna pääomakustannuksiin.

Öljylämmityksessä tarvittavat lisälaitteet muodostavat huomattavan kustannuserän. Taulukossa 16 esitetään esimerkkinä kustannusten jakautuminen kolmessa kattilalaitoksessa, joissa on 1, 2 tai 3 kpl 20 m² tulipintaista kattilaa, kun polttoöljynä käytetään pö n:o 2 tai pö n:o 4. Raskaan öljyn polttolaitteet tulevat taulukon mukaan yli 2 kertaa niin kalliiksi kuin kevyen öljyn.

Pyörivien polttimien kestoajaksi lasketaan ulkomailla 12...13 v, mutta laskelmissa on käytetty 10 v kuoletusaikaa, koska meillä käytetyt öljyalaadut ovat huonompia kuin länsimaiset polttoöljyt yleensä mikä lyhentää polttimien kestoikää. Yhteisiksi vuosikustannuksiksi huoltokustannukset mukaan luettuna on saatu 14,9 % perustamiskustannuksista.

Stokerlaitteiden kestoikä lasketaan 15 vuodeksi. Korjaus- ja huoltokustannukset muodostavat n. 5 % perustamiskustannuksista. Vuotuiset pääoma- ja kunnossapitokustannukset ovat yhteensä 16,7 % perustamiskustannuksista.

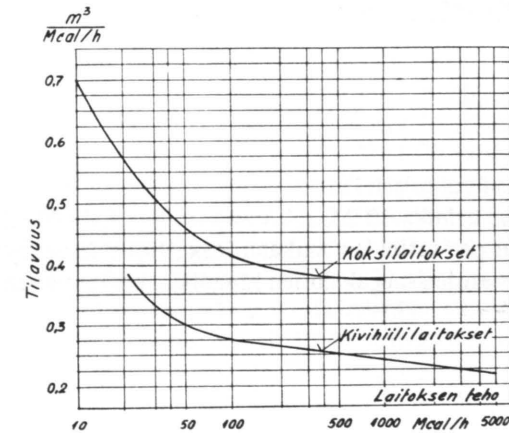
Kattilahuoneen aiheuttamiksi lisäkustannuksiksi saadaan 600 mk/m³ vuodessa ottamalla rakennuskustannuksiksi 7 000 mk/m³ ja lisäämällä niihin vuotuiset kunnossapitokustannukset. Kattilahuoneen koko on määrätty yleistä käyttöä noudattaen.

T a u l u k k o 16. Öljylämmityslaitteiden hinnat ja asennuskustannukset kolmessa eri suuressa laitoksessa.

Teräslevykattilat	1 × 20 m ²		2 × 20 m ²		3 × 20 m ²	
	Pö n:o 2	Pö n:o 4	Pö n:o 2	Pö n:o 4	Pö n:o 2	Pö n:o 4
	m k					
Poltin	130 000	270 000	260 000	540 000	390 000	810 000
Öljysäiliö	100 000	100 000	130 000	130 000	160 000	160 000
Putkisto	50 000	80 000	110 000	200 000	150 000	250 000
Eristykset	5 000	40 000	5 000	60 000	10 000	80 000
Lämmityskierukka	—	45 000	—	45 000	—	55 000
Päiväsäiliö	—	55 000	—	55 000	—	65 000
Pumput ym. laitteet	—	160 000	—	160 000	—	160 000
Sähkötyöt	25 000	40 000	45 000	75 000	70 000	115 000
Rakennustyöt	60 000	60 000	80 000	80 000	100 000	100 000
Yhteensä	370 000	850 000	630 000	1 345 000	880 000	1 795 000

tuiset kunnossapitokustannukset. Kattilahuoneen koko on määrätty yleistä käyttöä noudattaen.

Polttoainevaraston tilavuudet on määrätty kuvassa 13 esitetyistä diagrammista. Öljysäiliöiden, jotka on ajateltu sijoitetuksi erilliseen säiliöhuoneeseen, on laskettu ottavan tilaa 1/4 samansuuruisen kivihiilikäyttöisen ja 1/5 koksikäyttöisen lämmityslaitoksen polttoainevaraston tilavuudesta. Koska öljylämmityslaitoksiinkin varataan tilaa kiinteitä varapolttoaineita varten, on laskettu, että tästä tilasta käytetään hyödyksi muulla tavoin 2/3 ja 1/3 varaston kustannuksista on las-



K u v a 13. Polttoainevarasto.

kettu öljylämmityksen kustannuksiin. Näin ollen öljykäyttöisen lämmityslaitoksen polttoainevarastokustannukset ovat 50 % vastaavan kivihiililämmityslaitoksen kustannuksista ($\frac{1}{4} + \frac{1}{3} \cdot \frac{3}{4} = \frac{1}{2}$) ja 46,5 % koksikäyttöisen laitoksen kustannuksista ($\frac{1}{5} + \frac{1}{3} \cdot \frac{4}{5} = \frac{7}{15}$). Halkoja käytettäessä mitoitetaan polttoainevarasto kuten koksi- tai kivihiilivarasto. Osa haloista varastoidaan ulos, josta aiheutuvat kustannukset on otettu huomioon halkojen megakalorinhinnoissa (taulukko 11). Polttoainevaraston vuotuiset pääoma- ja korjauskustannukset ovat kuten kattilahuoneessakin 600 mk/m³ v.

L ä m i t y s t y ö. Vesilämmityslaitoksen lämmittäjien minimipalkka on määrätty työehtosopimuksessa. Tämän mukaan erotetaan varsinainen lämmitystyö ja polttoaineen varastoimisesta aiheutuva työ toisistaan. Halkoja ja polttoturvetta poltettaessa maksetaan erikoiskorvaus käytetyn polttoainemäärän mukaan, joka on otettu huomioon taulukossa 11 esitettyjä megakalorin hintoja laskettaessa. Varsinainen kuukausipalkka lasketaan kattiloiden yhteisen tulipinnan mukaan seuraavalla pistelaskumenetelmällä:

Lämmitys:

— kiinteillä polttoaineilla	1,0 pist./m ² kk
— polttoöljyllä	0,5 »

Lämpimän käyttöveden valmistus:

— kiinteillä polttoaineilla	1,5 »
— polttoöljyllä	0,75 »

Lämmitettävien kattiloiden yhteisen tulipinnan tulee olla vähintään 10 m². Oulun kautta kulkevalla leveyspiirillä ja sen pohjoispuolella on em. pisteluvut ko. työehtosopimuksen mukaan kerrottava kahdella.

Lämmityskaudella 1956 ... 1957 olivat em. pisteitä vastaavat rahapalkat seuraavat:

Kalleusluokka	I	II	III	IV
Pistepalkka	123 mk	120 mk	117 mk	114 mk

Pienten kattiloiden vuotuisen lämmitystyön arvoksi on laskettu fossiilisilla polttoaineilla 8 000 mk/v, haloilla 10 000 mk/v, polttoöljyllä 4 000 mk/v.

Edellä esitettyjen periaatteiden mukaan laskettujen lämmityslaitoskustannusten osuus hyödyksi saatuun megakalorien hinnoissa, eri tyyppisissä laitoksissa, esitetään taulukossa 17.

T a u l u k k o 17. Erityyppisten lämmityslaitosten laitoskustannukset megakaloria kohden.

Laitostyyppi	Koivu- halot	Koksi	Antra- siitti	Kivih. kark.	Stoker- hiili	Pö n:o 2	Pö n:o 4
	Laitostyyppi						
<i>Yhden kattilan laitos</i>							
Pienet valur. yläp. kattilat	0,48	0,43	0,43	—	—	0,77	—
» teräsl. yläp. kattilat	0,42	0,39	0,39	—	—	0,70	—
» teräsl. alap. kattilat	0,42	—	0,40	—	—	0,70	—
Keskikok. valur. yläp. kattilat	0,43	0,39	0,39	—	—	0,46	—
Suuret teräsl. alap. kattilat	0,27	—	—	0,27	—	0,30	0,33
» teräl. yläp. kattilat	0,24	—	—	—	0,32	0,27	0,30
<i>Kahden kattilan laitos</i>							
Valur. yläp. kattilat	0,37	0,36	0,36	—	—	0,39	0,48
Teräsl. alap. kattilat	0,26	—	—	0,26	—	0,28	0,31
» yläp. kattilat	0,23	—	—	—	0,31	0,25	0,28
<i>Kolmen kattilan laitos</i>							
Valur. yläp. kattilat	0,37	0,46	0,46	—	—	0,38	0,49
Teräsl. alap. kattilat	0,25	—	—	0,25	—	0,26	0,29
» yläp. kattilat	0,23	—	—	—	0,30	0,24	0,27

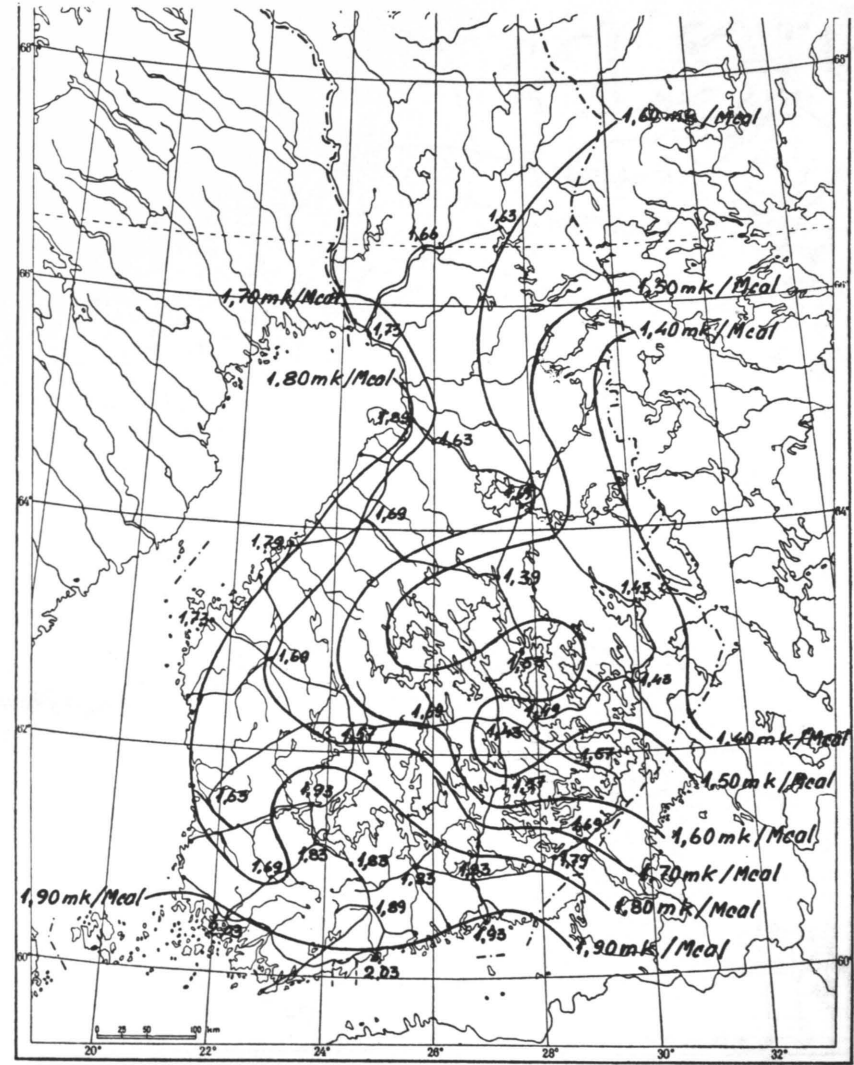
Lämmön kokonaiskustannukset

Lämmön kokonaiskustannukset, joita laskettaessa on otettu huomioon kaikki sen kehittämistä aiheutuvat kustannukset, kuten edellä on esitetty, ilmenevät lopuksi taulukosta 18. Vertailupaikkakunniksi on valittu Helsinki, joka edustaa satamakaupunkeja ja on suuri lämmön kuluttaja, sekä Kuopio, joka on tyypillinen sisämaan kaupunki ja laajan puunpolttoalueen keskus.

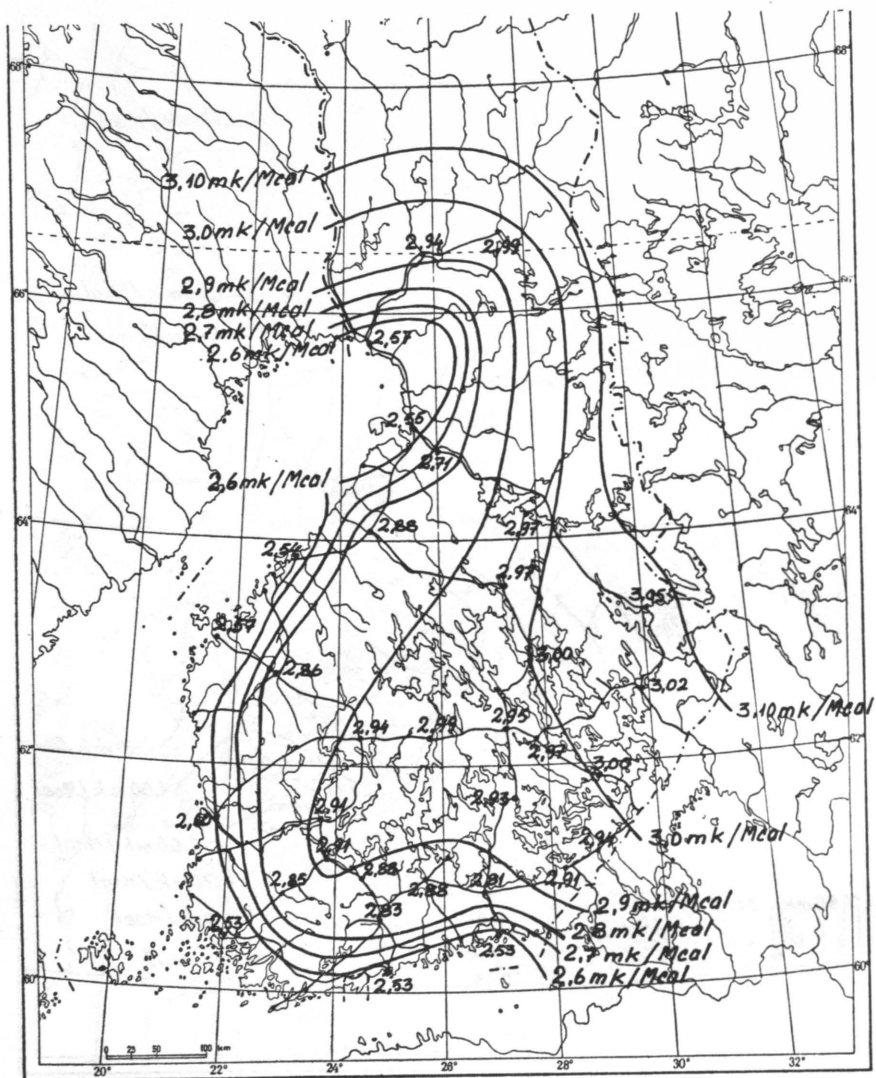
Lämmön kustannusten vaihtelu maamme alueella koivuhalkoja, koksia sekä polttoöljy n:o 2 ja n:o 4 käytettäessä ilmenee kuvista 14, 15, 16 ja 17. Kartoissa olevia kustannuskäyriä laadittaessa on laskettu lämmön kustannukset valmiissa lämmityslaitoksissa, joten kustannuksiin ei ole lisätty laitoskustannuksia. Öljynpolttolaitteiden kustannukset on kuitenkin otettu huomioon. Kuten karttakuvista ilmenee, tavallisista keskuslämmityspolttoaineista ovat koivuhalko halvin polttoaine koko maassa helmikuun 1957 hintatason mukaan, ja niiden käyttö on sitä taloudellisempaa mitä syvemmälle rannikkoseudulta edetään sisämaahan. Tämä edellyttää kuitenkin, että puuta poltetaan riittävän kuivana puun käyttöön hyvin soveltuvissa, suurissa, teräslevyisissä alapalokattiloissa tai käytetään etupesiä. Stoker-laitteita tai muulla tavoin poltetaan puu hyvällä hyötysuhteella. Uusien suurten puukäyttöisten kattilamallien hyötysuhde on puuta poltettaessa parempi kuin keskikokoisten valurautakattiloiden koksia poltettaessa. Tästä johtuu, että

Taulukko 18. Lämmön kokonaiskustannukset erityyppisissä lämmityslaitoksissa Helsingissä (H) ja Kuopiossa (K).

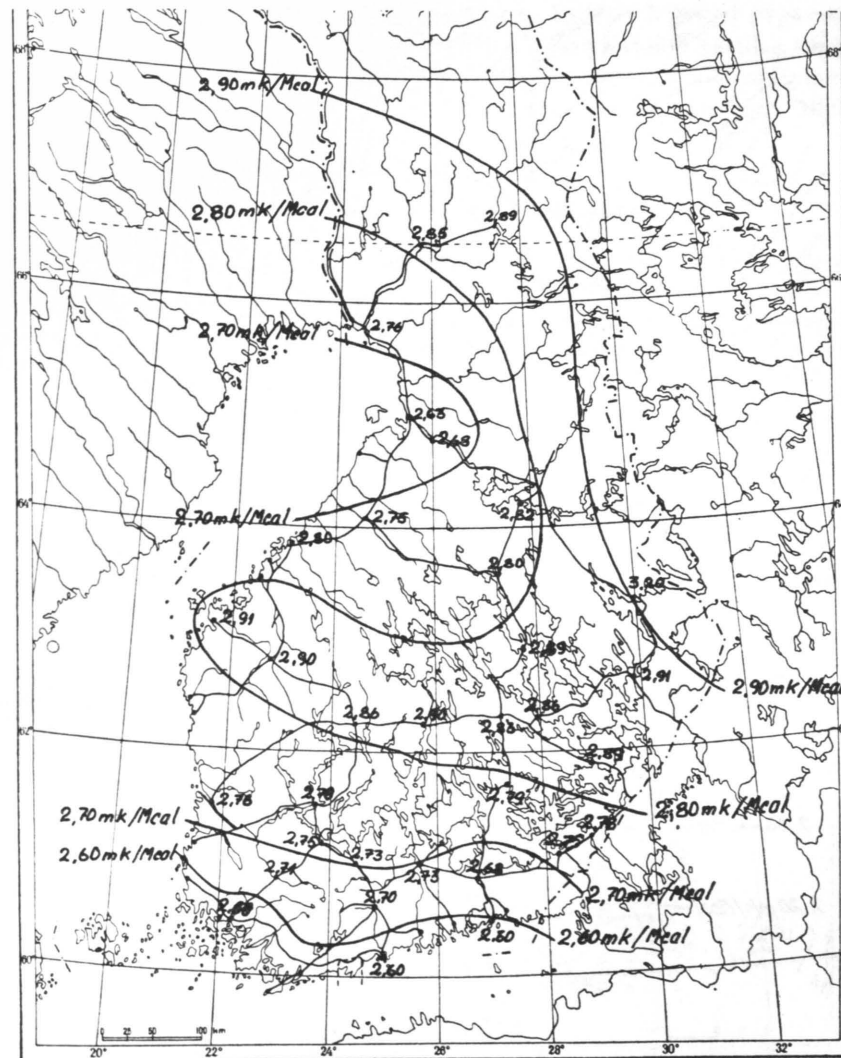
Laitostyyppi	Koivuhalat		Koksi		Antrasiitti		Kivih. kark.		Stokerhiili		Pö n:o 2		Pö n:o 4	
	m k / M c a l													
	H	K	H	K	H	K	H	K	H	K	H	K	H	K
Yhden kattilan laitos														
Pienet valur. yläp. kattilat	3,86	3,03	3,31	3,85	3,01	3,50	—	—	—	—	3,93	4,28	—	—
» teräsl. yläp. kattilat	3,80	2,97	3,27	3,81	2,97	3,46	—	—	—	—	3,86	4,21	—	—
» teräsl. alap. kattilat	3,00	2,37	—	—	2,53	2,94	—	—	—	—	3,24	3,52	—	—
Keskikok. valur. yläp. kattilat	3,52	2,65	3,12	3,64	2,84	3,31	—	—	—	—	3,11	3,40	—	—
Suuret teräsl. alap. kattilat	2,30	1,80	—	—	—	—	2,31	2,69	2,53	2,96	—	—	2,44	2,71
» teräsl. yläp. kattilat	2,69	2,08	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2,41	2,68
Kahden kattilan laitos														
Valur. yläp. kattilat	3,27	2,55	2,88	3,36	2,62	3,05	—	—	—	—	2,93	3,23	—	—
Teräsl. alap. kattilat	2,21	1,73	—	—	—	—	2,25	2,62	2,47	2,88	—	—	2,38	2,63
» yläp. kattilat	2,60	2,01	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2,31	2,57
Kolmen kattilan laitos														
Valur. yläp. kattilat	3,15	2,47	2,87	3,33	2,63	3,03	—	—	—	—	2,85	3,12	—	—
Teräsl. alap. kattilat	2,17	1,70	—	—	—	—	2,21	2,58	2,38	2,78	—	—	2,26	2,52
» yläp. kattilat	2,52	1,96	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2,22	2,47



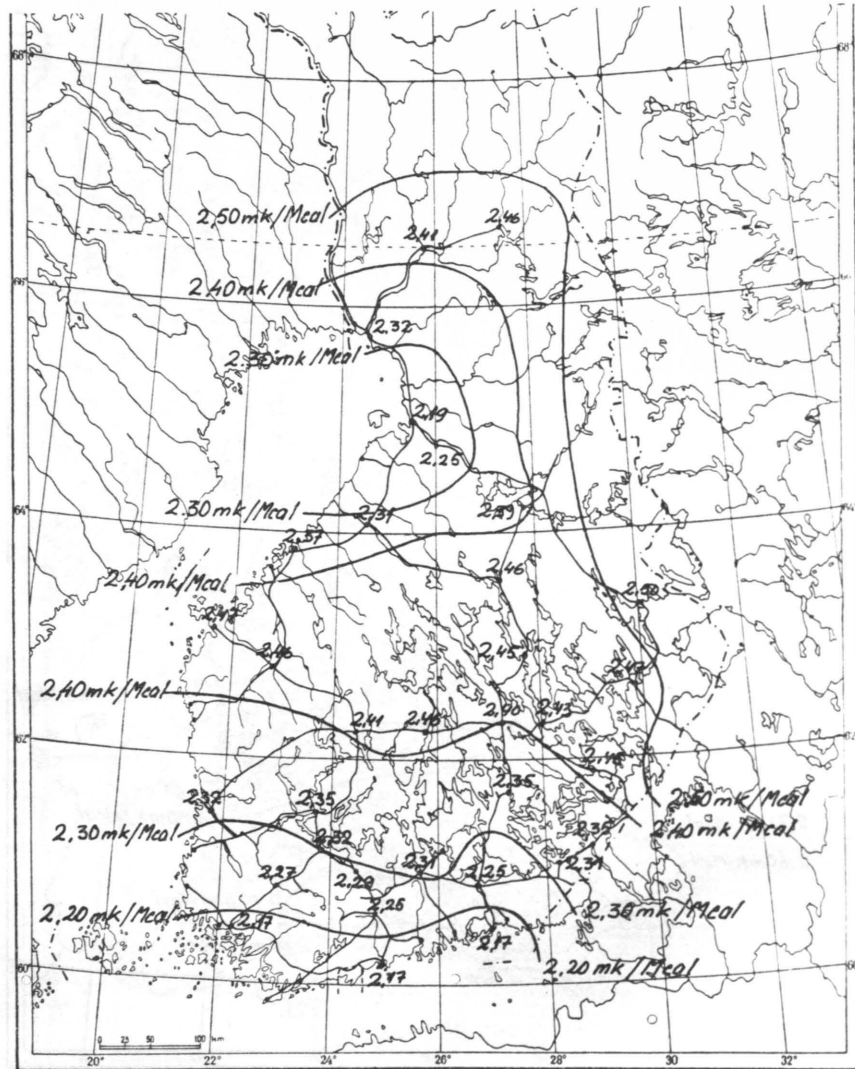
Kuva 14. Lämmön kustannukset (mk/Mcal) koivuhaloilla puukäyttöisissä kattiloissa kehitettynä maan eri osissa. (Kustannuksiin eivät sisälly kiinteät laitoskustannukset). Karttaan on merkitty hintakäyrien lisäksi kalorin hintoja kaupungeissa ja asutuskeskuksissa.



K u v a 1 5. Lämmön kustannukset (mk/Mcal) koksilla koksikäyttöisissä kattiloissa kehitettynä maan eri osissa. (Kustannuksiin eivät sisälly kiinteät laitoskustannukset.)



K u v a 1 6. Lämmön kustannukset (mk/Mcal) polttoöljy n:o 2:lla kehitettynä öljyn polttoon soveltuissa kattiloissa maan eri osissa. (Öljylämmityksessä tarvittavien lisälaitteiden kustannukset on otettu huomioon, mutta kustannuksiin eivät sisälly muut kiinteät kustannukset.)



Kuva 17. Lämmön kustannukset (mk/Mcal) polttoöljy n:o 4:llä kehitettynä öljyn polttoon soveltuvissa kattiloissa maan eri osissa. (Öljylämmityksessä tarvittavien lisälaitteiden kustannukset on otettu huomioon, mutta kustannuksiin eivät sisälly muut kiinteät kustannukset.)

puun kalorien hinnat tulevat halvemmiksi. Useamman kattilan laitokset ovat edullisempia kuin yhden kattilan laitos, koska tällöin voidaan kutakin kattilaa käyttää edullisimmalla kuormituksellaan. Tämä on eduksi erikoisesti puulämmityksessä, koska puun täydellinen palaminen pienillä kuormituksilla on vaikeampi aikaansaada kuin esim. koksien.

SUMMARY

A Study on the Aerial Distribution of Economical Use of Different Fuels in the Central Heating Boilers in Finland.

The purpose of the study was to find out the most economical fuel for central heating boilers in different aeries of Finland. The study contains general central heating fuels and boilers used in Finland.

The present consumption of different fuels and the distribution of the boilers into a few main types was studied. The costs were calculated according to the cost level of February 1957. For cost comparisons both moving costs («fuel costs») and fixed costs (interest, depreciation, maintenance, basic salaries) were needed. The heat output to be developed annually in the different boilers was studied to have the basis for dividing of the fixed costs into costs per heat unit.

The comparison of the total costs per heat unit showed that the costs using wood or imported fuels (oil, coke, coal etc.) were at about the same level in the coast aeries closed to import harbors but wood was the cheapest fuel for central heating in inland. These final results assumed that all fuels were used in boilers suitable for the particular fuel in question.