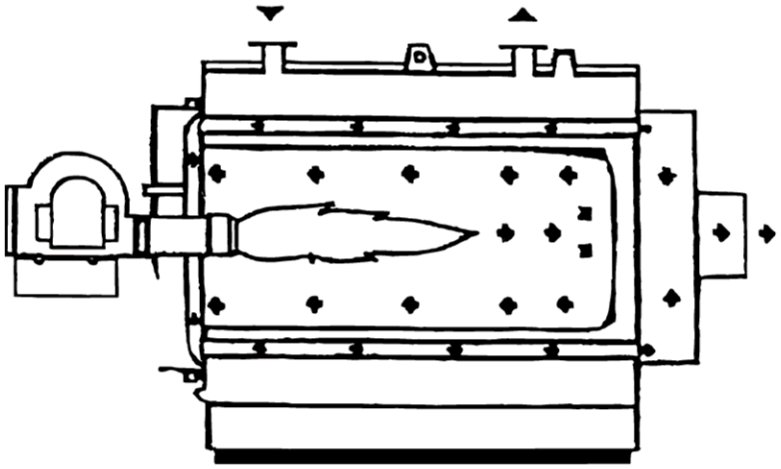
Per. Ind. DAVIDE BRANCA
Studio Tecnico
Viale Telese n. 41 - 00177 Roma
Direzione e segreteria: Via Giovanni da Procida, 34 - 00162 Roma
Sede didattica e laboratori: Viale dello Scalo San Lorenzo, 77 - 00185 Roma
Tel. 06.97273267 - Tel./Fax 06.97271384
Cell. 348.7180517 - 379.1810870 - 333.3015919
Partita IVA 12456961007 - Codice Fiscale: BRN DVD 82M31 H501 L
www.gbranca.it - studio@gbranca.it

Dispense per il conseguimento del patentino di abilitazione alla conduzione di impianti termici



rev 0.2
Ultimo aggiornamento: 8 novembre 2021

Impianti tecnici - Impianti termici civili ed industriali - Centrali termiche vapore - Consulenza manutenzione gestione impianti secondo norme UNI - Perizie - Autorizzazione Ministero del Lavoro corsi conseguimento patenti generatori di vapore ed impianti termici - Corsi di specializzazione per: bruciatoristi, condizionamento e refrigerazione - Patenti frigoristi - Corso aggiornamento FER - Saldatura - Gas tossici - Certificazione persone ed imprese FGAS - Corsi sanificazione impianti di trattamento dell'aria - Corsi compilazione dichiarazione di conformità - Certificazione ISO 9001 - Sicurezza del lavoro d.lgs. 81/08 (ex 626/94) - Consulenza redazione dichiarazioni di conformità (DM 37/08)

INDICE GENERALE

PROGRAMMAZIONE DI STUDIO .....
PREFAZIONE .....
IL SISTEMA INTERNAZIONALE DI UNITÀ 1
SISTEMA METRICO DECIMALE 3

CALORE-TEMPERATURA-CALORIA 4
Che cosa è il calore 4
Che cosa è la temperatura 4
Che cosa è il calore specifico dei corpi 6
Peso specifico o densità 6
Trasmissione del calore 8
La pressione 11
Legge di Boyle e Mariotte 16

COMBUSTIBILI 18
Combustibili solidi 18
Carbon coke 18
Combustibili liquidi 19
Combustibili gassosi 20
Tabella combustibili 21
Caratteristiche dei combustibili 22
Potere calorifero..... 23
Viscosità (combustibili liquidi) 23
Punto di infiammabilità (flash point) 24

LA COMBUSTIONE 25
Simboli chimici 25
Quantità di aria occorrente per la combustione.. 28
Quantità di aria destinata alla combustione..... 30

Il vapore acqueo 32

CALDAIE 35
Caldaia tipo "MARINA" 35
Caldaie pressurizzate 38
Caldaia standard e a temperatura scorrevole..... 41
Caldaia a condensazione..... 42
Pompe di calore e sonde geotermiche..... 42

IL CAMINO 47
Temperature al camino 47
Analisi combustione 53

STRUMENTI E DISPOSITIVI DI CONTROLLO E DI SICUREZZA 57
Impianto a vaso aperto 59
Impianto a vaso chiuso 60
Impianti a combustibile solido 61

Strumenti e dispositivi..... 62

I TERMOSTATI 72

BRUCIATORE 73
UGELLO POLVERIZZATORE 76

Bruciatori a gas..... 77
Funzionamento del bruciatore a nafta e polverizzazione meccanica 79
Controllo della combustione 80
Lo zolfo nei combustibili 83
Operazioni raccomandate al conduttore 84

L'ACQUA NEGLI IMPIANTI TERMICI... 88

LA TERMOREGOLAZIONE 89
Foglio di centrale..... 93
Elenco dei rischi in centrale termica..... 94
Schemi di centrale termica..... 95
Camini 96
Legge 10 98
Tabella vecchi rendimenti 100
Rapporto di controllo tecnico (vecchio)..... 101
D.P.R. 26 agosto 1993 n.412 ..... 102a

Libretto di Impianto per la climatizzazione... 103
Rapporti di controllo di efficienza energetica 147
Circolare n.34/00 impiego gas uso domestico 157
Contratto tipo di nomina Terzo Responsabile 165
Circolare 12 aprile 1994, n.233F
Indicazioni di chiarimento art.11 D.P.R. 412 171
Impianto di addolcimento 175
Imp. riscaldamento. Conduzione e controllo.. 177

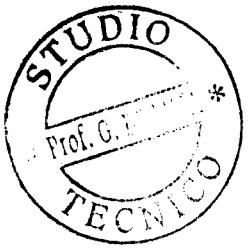
QUESTIONARIO DOMANDE..... 187
D.lgs 192/05..... 189

Allegati F-G-H-I 191
D.Lgs 311/06 Integrazione al D.Lgs 192/05 203
Norme UNI (stralci) 211
D.Lgs 152/06 Testo Unico Ambientale.... 217
DPR N.74/13 nuove regole impianti termici 245
Evacuazione fumi 255

Pagine per appunti 257

STUDIO * Prof. G. BRANCA * TECNICO

Prof. Giovanni Branca


STUDIO
Prof. G.
TECNICO

Prof. P.I. GIOVANNI BRANCA
Studio Tecnico
Viale Scalo S. Lorenzo, 77 - 00185 Roma
Tel/fax 06.44.24.44.92 cell. 338-9680164
www.gbranca.it studio@gbranca.it

Corsi di formazione e specializzazione con rilascio di attestato finale:

BRUCIATORISTI

Durata: 30 ore; frequenza bisettimanale con orario 18.00 - 21.00
Caratteristiche: il corso consente di acquisire una conoscenza teorico-pratica approfondita degli apparecchi di combustione, dalle caldaie murali agli impianti industriali policombustibile.
Programma: tipologie di bruciatori - costruzione e componentistica - cicli di funzionamento - schemi elettrici - installazione - manutenzione - riparazione - messa a punto - controllo della combustione e dei rendimenti - norme di legge e di buona tecnica

CONDIZIONAMENTO ARIA - POMPE DI CALORE

Durata: 50 ore; frequenza bisettimanale con orario 18.00 - 21.00
Caratteristiche: il corso consente di acquisire una conoscenza approfondita delle varie tipologie di impianti e macchine, di tutti i componenti ed accessori, delle tecniche di manutenzione, installazione e dei primi elementi per la progettazione.
Programma: cicli frigoriferi a compressione ed assorbimento - dispositivi di regolazione e protezione - elementi di progettazione - tipologie impiantistiche - manutenzione ed interventi sugli impianti - normativa di legge e di buona tecnica

PATENTINO CONDUZIONE IMPIANTI TERMICI

PATENTI CONDUZIONE GENERATORI DI VAPORE

PATENTI IMPIEGO GAS TOSSICI

RESPONSABILI AZIENDALI PER LA SICUREZZA (legge 626/94)

STUDIO * Prof. G. BRANCA * TECNICO

STUDIO
Prof. G. BRANCA
TECNICO

PROGRAMMA DI STUDIO

Allegato 2 – DGR 439 del 08/07/2014 - Regione Lazio

Contenuti minimi per la formazione del Conduttore di impianti termici di cui all'art 287 del DLgs n. 152/2006

Conoscenze

- Elementi di termotecnica
- La combustione
- Tecniche di riscaldamento dell'acqua
- Caratteristiche e tipologie degli impianti termici
- Dispositivi di controllo e sicurezza
- Tecniche di regolazione dell'impianto
- Tecniche di controllo delle emissioni inquinanti
- Tecniche di analisi del consumo energetico
- Normativa di settore
- Elementi di manutenzione impianti termici

Abilità

- Applicare procedure di accensione dell'impianto termico
- Applicare procedure di spegnimento dell'impianto termico
- Applicare tecniche per l'analisi comparativa del consumo energetico
- Utilizzare gli strumenti di controllo dell'impianto termico
- Utilizzare gli strumenti di regolazione dell'impianto termico
- Applicare procedure di intervento in caso di malfunzionamento
- Utilizzare tecniche di redazione documentazione di conduzione impianto
- Utilizzare tecniche di contenimento della fuliggine e dei fumi neri
- Utilizzare dispositivi di protezione individuali

ALLEGATO A – DM 12 agosto 1968

Programma didattico dei corsi per l'abilitazione alla conduzione di impianti termici per uso civile (Legge 13 luglio 1966, n. 615).

- Richiami sulle nozioni elementari di peso, misura, volume e peso specifico.
- Nozioni di calore, temperatura, calorie e calore specifico, termometri.
- Produzione del vapore - vapore saturo - vapore umido.
- Nozioni di forza e pressioni.
- Manometri e barometri.
- Nozioni sui combustibili: combustione - fenomeno della combustione - la funzione dell'aria - accensione del fuoco - condotta del fuoco - funzione del camino - produzione di fuliggine e nerofumo - spegnimento del fuoco.
- Cenni sui bruciatori e sulle griglie.
- Cenni sulle caldaie.
- Accessori: apparecchi di sicurezza - valvole di vario tipo - indicatori di livello - termostati - pressostati - applicazione dei termometri e dei manometri alle caldaie.

STUDIO Prof. G. BRANCA TECNICO

STUDIO
Prof. G. BRANCA
TECNICO

PREFAZIONE

La rapida crescita demografica,il tumultuoso sviluppo delle attività umane in genere,e industriali in particolare,l'aumento dei consumi individuali che si estende alle popolazioni dei paesi emergenti hanno portato,negli ultimi decenni,ad un incremento vertiginoso delle richieste di energia.-Il conseguente e proporzionale inquinamento ambientale,rischia seriamente di compromet= tere quelle condizioni di complesso equilibrio che si sono formate sul nostro pianeta attraverso centinaia di milioni di anni e che hanno consentito la nasci= ta e lo sviluppo delle speci viventi.

Se immaginiamo le Terra come una sfera di un metro di diametro, riducendo della stessa misura l'altezza della nostra atmosfera (troposfera), avremo lo spessore di circa un millimetro.Questa sottile membrana consente la respirazione a piante ed animali,ci protegge dal calore del sole e dal freddo siderale,permette il ciclo dell'acqua e,in breve,la vita.
L'energia,che sino ad oggi ha significato sviluppo e benessere,viene prodotta in prevalenza con la combustione di carboni fossili e derivati petroliferi.Le combustioni producono emissioni nell'atmosfera di fumi,polveri e gas che alterano la salubrità dell'aria e con le successive ricadute interessano le acque,la vegetazione,il terreno e tutte le colture ed i manufatti.

Anche il nostro pianeta ha poi il suo bilancio termico,dato dal calore che proviene dal sole e dal flusso di energia dalla Terra verso lo spazio.Alcuni dei gas sviluppati dalle combustioni riducono,con un effetto di riflessione,questo flusso verso lo spazio creando così "l'effetto serra" e causando un aumento della temperatura del Globo.Sull'argomento sono impegnati in studi e dibattiti a livello internazionale i maggiori scienziati che fanno previsioni ed ipotesi e cercano di quantificare le emissioni gassose da un lato e dall'altro quanta CO2 riescano ad assorbire gli oceani e quanta le foreste con la fotosintesi.

I gas che causano l'effetto serra sono:

Anidride carbonica	CO2
Metano	CH4
Protossido di azoto	N2O
Ozono	O3
Clorofluorocarburi	CFC

Tenendo inoltre conto che ai fini della creazione di questo effetto i CFC hanno un potere 20.000 volte superiore a quello della CO2 ed il metano un potere 25 volte superiore.
I CFC sono poi giustamente famigerati perchè anche responsabili dei "buchi nell'ozono" dovuti alla riduzione dell'ozono troposferico che ci protegge dai

STUDIO * Prof. G. BRANCA * TECNICO

raggi ultravioletti del sole.

Già da tempo i cosmologi hanno preconizzato la morte termica dell'universo causata dall' "entropia universale",questa lenta ma inesorabile degradazione di energia in calore di tutti i sistemi fisici; ma per questo,nella ipotesi peggiore,ci sono tempi dell'ordine di milioni di anni. Non altrettanto può dirsi per i problemi prima accennati,perchè ai ritmi attuali di inquina= mento globale siamo certi entro pochi decenni di superare la soglia di non ritorno. -Pensare comunque ad attività industriali che operino senza alcun impatto ambientale è pura utopia.Si deve cercare di ridurre la gravità della contaminazione ambientale mediante il risparmio energetico,con l'applica= zione delle più avanzate tecnologie per contenere le emissioni di sostanze tossiche,incrementando gli studi e le ricerche per rendere più competitive le cosidette energie alternative rinnovabili,scoprendone di nuove.

Per quanto attiene alla nostra nazione,i vari provvedimenti legislativi,il primo dei quali - come noto - è la legge 13 luglio 1966 n° 615,hanno inteso mettere ordine nel settore agendo su tre punti essenziali:

- i combustibili
- le combustioni
- il personale addetto alle combustioni

Usando combustibili più "puliti" ossia a più basso tenore di zolfo e con minori emissioni inquinanti.

Effettuando "buone combustioni",ossia con una completa trasformazione del carbonio dei combustibili in anidride carbonica,evitando il formarsi del venefico monossido di carbonio,della fuliggine,degli ossidi di azoto.

Preparando professionalmente gli addetti agli impianti termici,affinchè siano in grado di controllare il funzionamento delle apparecchiature e l'andamento delle combustioni;consentendo pertanto di ottenere oltre alla riduzione dello inquinamento atmosferico anche una sensibile diminuzione dei consumi energetici ed una maggiore sicurezza degli impianti stessi. A tal proposito la legge ha imposto,per gli impianti di potenza superiore alle 200.000 kcal/h, la sorveglianza da parte di conduttori abilitati,muniti di apposito "patentino"

IL SISTEMA INTERNAZIONALE DI UNITÀ

Grandezze fondamentali

Grandezza	Nome dell'unità	Simbolo
lunghezza	metro	m
massa	kilogrammo	kg
intervallo di tempo	secondo	s
intensità di corrente elettrica	ampere	A
temperatura	kelvin	K
intensità luminosa	candela	cd
quantità di sostanza	mole	mol

Grandezze supplementari

Grandezza	Nome dell'unità	Simbolo
angolo piano	radiante	rad
angolo solido	steradiante	sr

Prefissi per le unità di misura

Nome	Simbolo	Moltiplica per
exa	E	10^{18}
peta	P	10^{15}
tera	T	10^{12}
giga	G	10^{9}
mega	M	10^{6}
kilo	k	10^{3}
etto	h	10^{2}
deca	da	10^{1}
deci	d	10^{-1}
centi	c	10^{-2}
milli	m	10^{-3}
micro	μ	10^{-6}
nano	n	10^{-9}
pico	p	10^{-12}
femto	f	10^{-15}
atto	a	10^{-18}

Grandezze derivate

Grandezza	Nome dell'unità	Simbolo	Definizione
area	metro quadrato		m^2
volume	metro cubo		m^3
velocità	metro al secondo		m/s
accelerazione	metro al secondo quadrato		m/s^2
frequenza	hertz	Hz	$1/s$
velocità angolare	radiante al secondo		rad/s
forza	newton	N	$kg \cdot m/s^2$
momento torcente	newton per metro		$N \cdot m$
quantità di moto	kilogrammo per metro al secondo		$kg \cdot m/s$
momento angolare	kilogrammo per metro quadrato al secondo		$kg \cdot m^2/s$
energia, lavoro, calore	joule	J	$N \cdot m$
potenza	watt	W	J/s
pressione	pascal	Pa	N/m^2
densità (massa volumica)	kilogrammo al metro cubo		kg/m^3
portata	metro cubo al secondo		m^3/s
capacità termica	joule al kelvin		J/K
calore specifico	joule al kelvin per ogni kilogrammo		$\frac{J}{K \cdot kg}$
intensità del suono	watt al metro quadrato		W/m^2
carica elettrica	coulomb	C	$A \cdot s$
intensità del campo elettrico	newton al coulomb		N/C
intensità del campo gravitazionale	newton al kilogrammo		N/kg
differenza di potenziale elettrico, forza elettromotrice	volt	V	J/C
capacità elettrica	farad	F	C/V
resistenza	ohm	Ω	V/A
resistività	ohm per metro		$\Omega \cdot m$
intensità del campo magnetico	tesla	T	$\frac{N}{A \cdot m}$
flusso magnetico	weber	Wb	$T \cdot m^2$
induttanza elettrica	henry	H	$V \cdot s/A$

STUDIO Prof. G. BRANCA * TECNICO

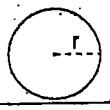
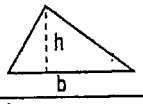
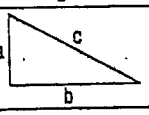
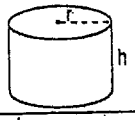
Alfabeto greco

nome	maiuscole	minuscole	nome	maiuscole	minuscole
alfa	A	α	ni, nu	N	ν
beta	B	β	xi	Ξ	ξ
gamma	Γ	γ	òmicron	O	o
delta	Δ	δ	pi	Π	π
èpsilon	E	ε	ro	P	ρ
zeta	Z	ζ	sigma	Σ	σ, s
eta	H	η	tau	T	τ
teta	Θ	θ, ϑ	ipsilon	Υ	υ
iota	I	ι	fi	Φ	φ
cappa	K	κ	chi	X	χ
lambda	Λ	λ	psi	Ψ	ψ
mi, mu	M	μ	omèga	Ω	ω

Simboli matematici

$=$	eguale
$\neq$	non eguale (diverso)
$<$	minore
$>$	maggiore
$\ll$	molto minore
$\gg$	molto maggiore
$\leq$	minore o eguale
$\geq$	maggiore o eguale
$\equiv$	circa eguale
$\approx$	dell'ordine di grandezza di
$\propto$	proporzionale
$\equiv$	equivalente
$\Leftrightarrow$	equivalenza logica
$\Rightarrow$	implicazione logica
$\pm$	più o meno
$\sum$	sommatoria
//	parallelo
$\perp$	perpendicolare
∞	infinito
$\bar{x}$	valore medio di x
Δx	variazione di x
$\lvert x \rvert$	valore assoluto (modulo) di x
$\vec{a}$	vettore «a»
a	modulo (intensità) del vettore «a», altrimenti scalare «a»

Formule matematiche

area di un cerchio	$A = \pi r^2$	
lunghezza di una circonferenza	$C = 2\pi r$	
superficie di una sfera	$S = 4\pi r^2$	
volume di una sfera	$V = \frac{4}{3}\pi r^3$	
area di un triangolo	$A = \frac{1}{2}bh$	
teorema di Pitagora	$a^2 + b^2 = c^2$	
area di un cilindro	$A = 2\pi r^2 + 2\pi rh$	
volume di un cilindro	$V = \pi r^2 h$	
equazione di 1° grado	se $ax + b = 0$, allora $x = -\frac{b}{a}$	
equazione di 2° grado	se $ax^2 + bx + c = 0$, allora $x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$	
proprietà delle potenze	$10^m \times 10^n = 10^{m+n}$, $\frac{10^m}{10^n} = 10^{m-n}$, $(10^m)^n = 10^{m \times n}$, $10^{-m} = \frac{1}{10^m}$	

continua nell'ultima pagina

STUDIO * PROF. G. BRANCA * TECNICO

SISTEMA METRICO DECIMALE

LUNGHEZZE

Km ..... 1000 m

hm ..... 100 m

dam ..... 10 m

metro (m)

dm ..... 1/10 m

cm ..... 1/100 m

mm ..... 1/1.000 m

SUPERFICI

Km^2 ..... 1.000.000 m2

hm^2 ..... 10.000 m2

dam^2 ..... 100 m2

metro quadrato (m^2)

dm^2 ..... 1/100 m^2

cm^2 ..... 1/10.000 m^2

mm^2 ..... 1/1.000.000 m2

VOLUMI

metro cubo (m^3)

dm^3 ..... 1/1.000 m^3

cm^3 ..... 1/1.000.000 m^3

mm^3 ..... 1/1.000.000.000 m^3

CAPACITA'

hl ..... 100 litri

dal ..... 10 litri

litro (l)

dl ..... 1/10 litro

cl ..... 1/100 litro

PESI

t ....1.000.000 g = 1.000 Kg

q .....100.000 g = 100 Kg

Kg .....1.000 g

hg ..... 100 g

dag ..... 10 g

grammo (g)

dg .....1/10 g

cg ..... 1/100 g

mg ..... 1/1.000 g

CALORE - TEMPERATURA - CALORIA

Prima di passare allo studio dei combustibili e della combustione è necessario parlare di calore e di temperatura.

Che cosa è il calore?

Il calore è energia termica - cioè si può definire come quell'insieme di forze e di energie in base alle quali un corpo possiede una determinata temperatura.

La temperatura è cosa ben diversa dal calore, così come il livello al quale si trova un liquido in un recipiente è cosa ben diversa dalla quantità di liquido contenuto nel recipiente stesso.

Che cosa è la temperatura?

La temperatura è il grado di calore che un corpo possiede; cioè "il livello termico" di un corpo. Quindi il calore e la temperatura sono due concetti diversi fra loro: infatti possiamo avere un corpo con elevata temperatura ed un grado di calore molto basso (es. la fiamma di un fiammifero può raggiungere anche i 1000°C con uno sviluppo di calore molto basso).

L'unità di misura del calore è la caloria.

La caloria: è definita come la quantità di calore necessaria per elevare di 1°C la temperatura di 1g. di acqua e, precisamente da 14°C a 15°C.

La **Kilocaloria** (kcal o grande caloria) si può definire come la quantità di calore necessaria per elevare di 1°C la temperatura da 14°C a 15°C - di un kg. di acqua.

(Nello studio degli impianti termici ci riferiamo sempre alla kilocaloria)

STUDIO * Prof. G. [illegible] * TECNICO

Esempi:

1) Quante kcal occorrono per aumentare la temperatura di 1 kg. di acqua di 5°C?

Risposta: Se per aumentare la temperatura di 1°C di 1 kg. di acqua occorre una kcal, necessariamente per aumentare la temperatura di 5°C occorrono 5 kcal.

2) Quante kcal occorrono per aumentare la temperatura di 1 kg. di acqua da 20° a 75°C?

Risposta: Occorre prima fare la differenza fra 75 e 20 = 55. Si trova così la differenza dei gradi di temperatura occorrente per portare il kg. di acqua a 75°C. Essendo a conoscenza che per aumentare la temperatura di 1°C di un kg di acqua occorre una kcal, necessariamente occorreranno 55 kcal per portare la temperatura del kg. di acqua da 20°C a 75°C.

3) Quante kcal occorrono per aumentare la temperatura di 15 kg di acqua da 50°C a 55°C?

Risposta: Si fa prima la differenza 55-50 = 5°C necessaria per elevare la temperatura. Occorrerebbero solamente 5 kcal se si trattasse solo di 1 kg di acqua, ma dovendo aumentare la temperatura di 5°C di 15 kg di acqua, occorrono 5 kcal per il 2, (5kcal per il 3 ecc..., cioè 5 x15 = 75 kcal occorrenti).

4) trasmettiamo 10 kcal a 2 kg di acqua, di quanti gradi centigradi aumenterà la temperatura?

Risposta: Ricordando la definizione di kcal, è sufficiente dividere la quantità di calore trasmessa per il numero dei litri di acqua, per ottenere la variazione della temperatura di aumento:: cioè 10:2=5°C.

STUDIO * Prof. G. BRANCA TECNICO

Che cosa è il calore specifico dei corpi?

E' la quantità di calore necessaria per riscaldare di 1°C 1 kg di quel determinato corpo.

Esempi: Il calore specifico dell'acqua è di 1, quello dell'olio combustibile (nafta) è di 0,50 e quello del carbone fossile è 0,31

Peso specifico o densità

Il peso specifico si definisce come peso dell'unità di volume. Il peso espresso in Kg ed il volume in dm^3 per i solidi ed i liquidi ed in m^3 per le sostanze gassose.

$$Ps = \frac{Peso}{Volume} = \frac{Kg}{dm^3}$$

Volumi uguali di corpi o sostanze diverse non hanno lo stesso peso: un blocco di piombo del volume di 1 dm^3 pesa di più di un blocco di ferro avente lo stesso volume, ed a sua volta il blocco di ferro ha un peso maggiore di uno stesso blocco di alluminio.

L'acqua (distillata ed a 4°C) ha peso specifico 1, ossia 1 dm^3 di acqua, che corrisponde esattamente ad 1 litro, pesa 1 kg.

Conoscendo o potendo misurare il volume di un serbatoio, possiamo sapere il peso del liquido in esso contenuto, moltiplicando questo volume, espresso in dm^3 per il peso specifico del liquido.

Mischiando acqua ed olio, vediamo che quest'ultimo galleggia perchè ha un peso specifico inferiore. Nelle cisterne e nei serbatoi di oli combustibili e gasoli, l'acqua presente nei combustibili si stratifica in basso e la sua eliminazione avviene attraverso apposito rubinetto di spurgo posto nel fondo del serbatoio nel caso di serbatoi sollevati o di autoveicoli e nel caso di cisterne interrate tramite tubo aspirante che pesca sul fondo del serbatoio stesso.

In caso di incendio di combustibili liquidi, non si usa acqua per lo spegnimento, poichè essendo l'acqua più pesante, farebbe galleggiare il combustibile che continuerebbe a bruciare estendendo la superfice di combustione e l'incendio stesso.

STUDIO * Prof. G. BRANCA * TECNICO

Sapere che il peso specifico dell'aria è 1,293 ci fa capire che i gas meno pesanti tendono a salire e quelli più pesanti a depositarsi a terra. Un pallone aerostatico salirà riscaldando con un bruciatore l'aria in esso contenuta. Un dirigibile galleggia nell'aria essendo pieno di idrogeno o elio.

In una centrale termica alimentata da gas metano (Ps = 0,717) le aperture per consentire a tale gas, eventualmente fuoriuscito, di disperdersi saranno predisposte in alto.

Se al contrario usiamo il GPL, che ha Ps superiore a 2, le aperture saranno in basso.

L'anidride carbonica (Ps = 1,98) si deposita in basso e spesso ha causato incidenti mortali per asfissia essendosi generata da processi di combustione o di fermentazione ed accumulata in pozzi, cunicoli ambienti interrati o mal ventilati.

Quando sostanze diverse hanno più o meno lo stesso peso specifico tendono a miscelarsi per esempio l'acqua con il vino, cosa che ha costituito la fortuna di qualche oste.

Ricordare inoltre che l'equivalenza 1 kg = 1sussiste per l'acqua che ha peso specifico 1 mentre per il gasolio (Ps o,83) un litro pesa 830 grammi, mentre un chilogrammo corrisponde a litri 1,205. Se un chilogrammo costasse L. 1.000, un litro costerebbe L. 830.

Un bruciatore che eroga 10 litri-ora (potere calorifico del gasolio 10.200 kcal/kg) non produce 102.000 kcal/h bensì 84.660 kcal/h.

Pesi specifici (masse volumiche) di sostanze solide, liquide e gassose. (kg/m^3)

Alluminio 2.700	Acqua 1000	Acetilene 1,172
Ferro 7.860	Acqua ragia 860/880	Anidride carbonica 1,977
Magnesio 1750	Alcool assoluto 794	Anidride solforosa 2,926
Oro 19.250	Alcool etilico 95% 809	Aria 1,293
Platino 21.400	Anilina 1022	Azoto 1,250
Piombo 11.340	Benzina 680/840	Idrogeno 0,0899
Rame 8.930	Gasolio 830	Butano 2,673
Stagno 7.280	Kerosene 800	Metano 0,717
Zinco 7100	Olio combustibile 920	Ossido di carbonio 1,250
Zolfo 1.930	Mercurio 13595	Ossigeno 1,429
		Propano 3020

STUDIO * Prof. G. BRANCA * TECNICO

Trasmissione del calore

E' il passaggio spontaneo del calore da un corpo più caldo ad uno più freddo.

La trasmissione del calore avviene con modalità che ordinatamente sono distinte in tre tipi diversi.

1) **PER CONDUZIONE:** Quando la trasmissione avviene per contatto e non si osserva alcun movimento di materia che accompagni il passaggio del calore da un corpo caldo ad uno freddo. Tale trasmissione del calore e caratteristica dei corpi solidi; naturalmente la quantità di calore trasmessa è tanto maggiore quanto maggiore è la differenza di temperatura fra le parti, quanto maggiore è il tempo a disposizione e quanto minore è la distanza fra le parti.

2) **PER CONVEZIONE:** Avviene nei corpi fluidi (liquidi e gas) ed il calore si trasmette a causa del movimento di materia. La propagazione del calore avviene per effetto del movimento delle particelle riscaldate che tendono a salire verso l'alto e del movimento delle particelle fredde che tendono a scendere verso il basso in modo che ogni particella circolando va ripetutamente a contatto con la fonte di calore (es.: radiatori, fondo riscaldato in una pentola).

3) **PER IRRAGGIAMENTO.** Quando il calore si trasmette senza contatto (come la propagazione del calore esercitata dal sole) ed è sotto forma di onde (raggi infrarossi), le quali colpendo un corpo trasformano la propria energia in calore. Es. quando in un ambiente esiste una fiamma libera o un corpo ad elevata temperatura che emana energia in tutte le direzioni, i corpi presenti più freddi, colpiti dai raggi di calore, si riscaldano.

L'assorbimento di calore da parte di una sostanza provoca sempre una alterazione delle sue proprietà e spesso delle sue dimensioni: si hanno così fenomeni di dilatazione termica, che può essere lineare, se le dimensioni si alterano prevalentemente in una sola direzione, cubica se le dimensioni si alterano secondo le tre direzioni principali.

Non tutti i corpi, però, si alterano o si dilatano nello stesso modo, ma ognuno si comporta in maniera differente da un altro: ogni corpo ha cioè un **differente coefficiente** di dilatazione lineare o cubica.

Il coefficiente di dilatazione lineare è l'**allungamento che subisce l'unità di lunghezza di un corpo (1m) quando la sua temperatura aumenta di 1°C.**

STUDIO Prof. G. BRANCA TECNICO

Il coefficiente di dilatazione cubica è l'aumento che subisce l'unità di volume di un corpo quando la sua temperatura aumenta di 1°C.

Si danno qui appresso i coefficienti di dilatazione e la conducibilità termica di alcune sostanze.

Coefficiente di dilatazione lineare		Coefficiente di dilatazione cubica		Conducibilità termica kcal/mh°C	
Ferro	0,000012	Acqua	0,00040	Argento	360
Alluminio	0,000024	Aria e gas	0,00367	Rame	330
Legno di abete	0,000005	Alcool etilico	0,00110	Alluminio	173
Rame	0,000017	Glicerina	0,00050	Acciaio	47
Platino	0,000009	Mercurio	0,00018	Mattoni	0,8
Vetro	0,000008	Petrolio	0,00095	Vetro	0,62
				Amianto	0,13
				Legno	0,1
				Sughero	0,035
				Lana	0,035

Dalla seconda tabella si vede che il coefficiente di dilatazione cubica dell'acqua è 0,00040. Se per esempio si ha uan caldaia avente capacità di 1000 litri e si riscalda l'acqua da 20°C a 90°C, per effetto della dilatazione termica (dilatazione cubica) si ha un aumento di volume dell'acqua pari a:

$1000 \times 0{,}00040 \times (90 - 20) = 1000 \times 0{,}00040 \times 70 = 28\ dm^3$

La variazione del volume dell'acqua, come vedremo, sarà assorbita dal vaso di espansione.

Si è visto che la temperatura è la misura del livello del calore. Per le esigenze quotidiane dell'uomo, molto spesso, è necessario determinare tale livello, cioè la temperatura; per esempio, la temperatura del nostro corpo, quella dell'acqua di una caldaia, quella dei fumi all'uscita del camino, ecc.; per la misura della temperatura si usano i termometri, che sono di diversi tipi. Quelli impiegati nell'uso comune funzionano sfruttando la dilatazione termica di alcune sostanze (per esempio il mercurio e l'alcool), al variare della temperatura.

STUDIO * Prof. G. BRANCA * TECNICO

L'unità di misura della temperatura adottata in Italia è il grado centigrado (°C), che corrisponde alla centesima parte dell'intervallo compreso tra la temperatura alla quale fonde il ghiaccio (0°C) e la temperatura alla quale bolle l'acqua (100°C).

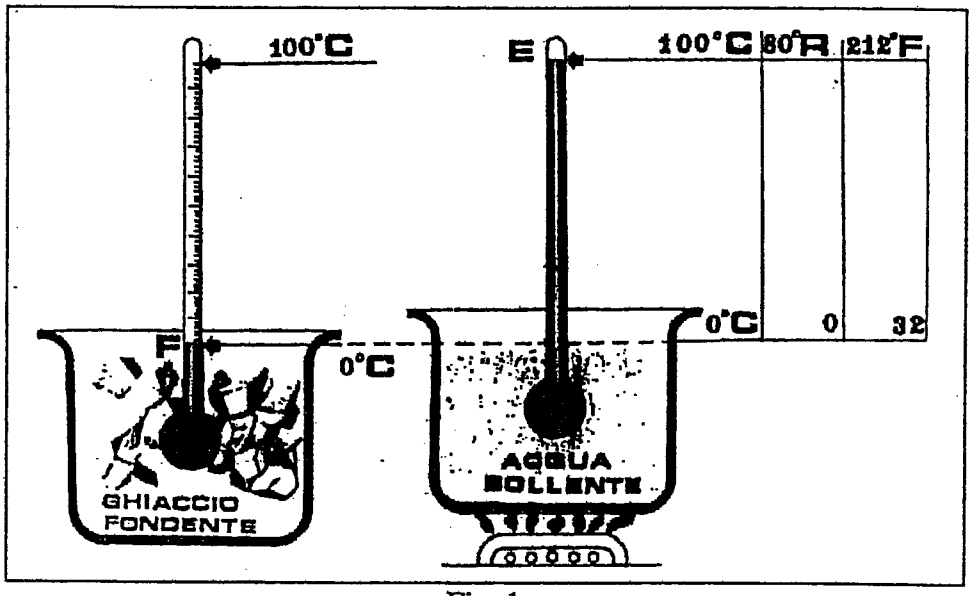


Fig. 1

Oltre i gradi centigradi, o gradi Celsius (°C), esistono altre unità di misura adottate nei paesi anglosassoni ed in altri paesi, come ad esempio i gradi Fahrenheit (°F) ed i gradi Reamur (°R).

La corrispondenza tra le temperature indicate in gradi centigradi e quelle in Fahrenheit è data dalle relazioni:

$$°C = (°F - 32)\ 5/9$$

e

$$°F = 32 + °C \times 9/5$$

mentre tra gradi Reaumur e centigradi si ha:

$$°R = 0{,}8°C.$$

Il **termometro a mercurio** è costituito da un bulbo in vetro contenente mercurio e da un tubicino calibrato, posto sotto vuoto, in cui il mercurio può espandersi a seguito della dilatazione termica; la taratura dello 0° e dei 100°C, come abbiamo detto, viene fatta con riferimento alle temperature note del ghiaccio fondente e dell'acqua bollente alla pressione atmosferica.

I termometri a mercurio possono essere utilizzati in un campo di temperature comprese tra - 38,9°C, corrispondente alla temperatura di solidificazione del mercurio, e + 357°C, corrispondente alla tempe-

STUDIO * Prof. G. BRANCA * TECNICO

ratura di ebolizione del mercurio stesso, mentre i termometri ad alcool possono essere utilizzati tra -114°C e + 78°C. (Il punto di ebollizione viene generalmente elevato miscelando l'alcool con altre sostanze e pressurizzando i termometri).

La pressione

E' una delle grandezze fisiche che ricorre di continuo nello studio del comportamento dei liquidi e dei gas.

La pressione è l'effetto che produce una forza su una certa superficie; è il rapporto tra l'intensità della forza che agisce, espressa in kg, e l'area della superficie su cui si esercita, espressa in cm^2.

$$\text{Pressione} = \frac{\text{Forza}}{\text{Superficie}} = \frac{F}{S} = \frac{Kg}{cm^2}$$

Occorre capire bene il concetto di pressione ed i suoi effetti; per poter ragionare correttamente quando nella pratica del nostro lavoro ci si presentano dei problemi o delle situazioni da interpretare nel modo giusto. Non sempre ciò che ci appare a prima vista o ci suggerisce il comune buon senso possono darci una risposta. Qualche esempio potrà essere di aiuto. Se si cammina con le sole scarpe ai piedi nella neve alta, si sprofonda sino al ginocchio; indossando gli sci o le racchette non si sprofonda e si procede molto più agevolmente. Il nostro peso corporeo è sempre lo stesso, è aumentata soltanto la superficie di appoggio.

Se devo piantare un chiodo nel muro, appoggerò sulla parete la punta del chiodo, e la forza della martellata (in kg) si concentrerà tutta sulla superficie minima della punta del chiodo generando un effetto di penetrazione fortissimo.

Se peso 80 kg e sto seduto, su ogni zampa della sedia graveranno 20 kg; se mi dondolo all'indietro il mio peso graverà solo in due zampe ognuna delle quali sopporterà 40 kg. Se da questa posizione mi inclino anche lateralmente, tutti gli 80 kg finiranno su una sola zampa e facilmente la sedia potrà rompersi.

Possiamo dire che uno stesso peso distribuito su superfici di diversa area determina pressioni diverse.

Pressione atmosferica e pressione idrostatica

L'atmosfera è la massa d'aria che circonda la terra. E' noto che, a livello del mare, su tutte le cose grava la pressione atmosferica, equivalente al peso totale dell'atmosfera, che è pari a quello di uno strato d'acqua avente lo spessore di circa 10 metri. Tale pressione è circa $1kg/cm^2$ e tale grandezza, nell'uso pratico, viene denominata "atmosfera".

STUDIO * Prof. G. BRANCA * TECNICO

La pressione può anche essere espressa in millimetri di mercurio (da Torricelli): A livello del mare la pressione atmosferica corrisponde a 760 mm. di Hg. Altro sistema di misura è il Bar.

$$\boxed{1 \text{ Bar} = 750 \text{ mm. Hg}}$$

pertanto la pressione atmosferica a livello del mare corrisponde a 1013 millibar.

La pressione esercitata dall'atmosfera è enorme.

Se si considera un uomo, la cui superficie corporea è di circa 1,5 - 1,8 metri quadrati (ossia 15.000 - 18.000 centimetri quadrati) egli è sottoposto ad un valore corrispondente al peso di 15 - 18 tonnellate.

La pressione dell'aria atmosferica non è direttamente proporzionale all'altezza, in primo luogo perchè l'aria è un fluido comprimibile e pertanto più denso negli strati inferiori, in secondo luogo per la diversa composizione e temperatura dei vari strati dell'atmosfera. Viceversa nell'acqua la pressione è sempre direttamente proporzionale alla profondità, qualunque essa sia, ed aumenta con l'aumentare del peso della colonna liquida soprastante, in ragione di circa 1 atmosfera per ogni 10 metri di profondità (fig. 2 e 3). **Infatti la pressione idrostatica è misurata dal prodotto del peso specifico del liquido per la profondità.**

Se nella misurazione della pressione idrostatica teniamo conto della sovrastante pressione dell'atmosfera, avremo la pressione assoluta.

Abitualmente, ai fini pratici, si considera solo la pressione idrostatica senza sommarvi quella atmosferica, ottenendo la pressione relativa.

Sui quadranti degli apparecchi di misura della pressione (manometri) si legge la pressione relativa (di liquidi o di gas sotto pressione). Nella scala di questi apparecchi lo zero corrisponde alla pressione effettiva esistente a livello del mare. Questi valori sono infatti chiamati "pressione strumentale" o "pressione manometrica".

$1\,ATM \cong 1\,ATE \cong 1\,Kg/cm^2 \cong 1\,BAR =$

$= 10\,m\,H_2O = 10.000\,mm\,H_2O = 1000\,mbar =$

$= 760\,mm\,Hg = 100.000\,Pa = 100\,KPa =$

$= 1000\,hPa = 0{,}1\,MPa$

STUDIO Prof. G. BRANCA TECNICO

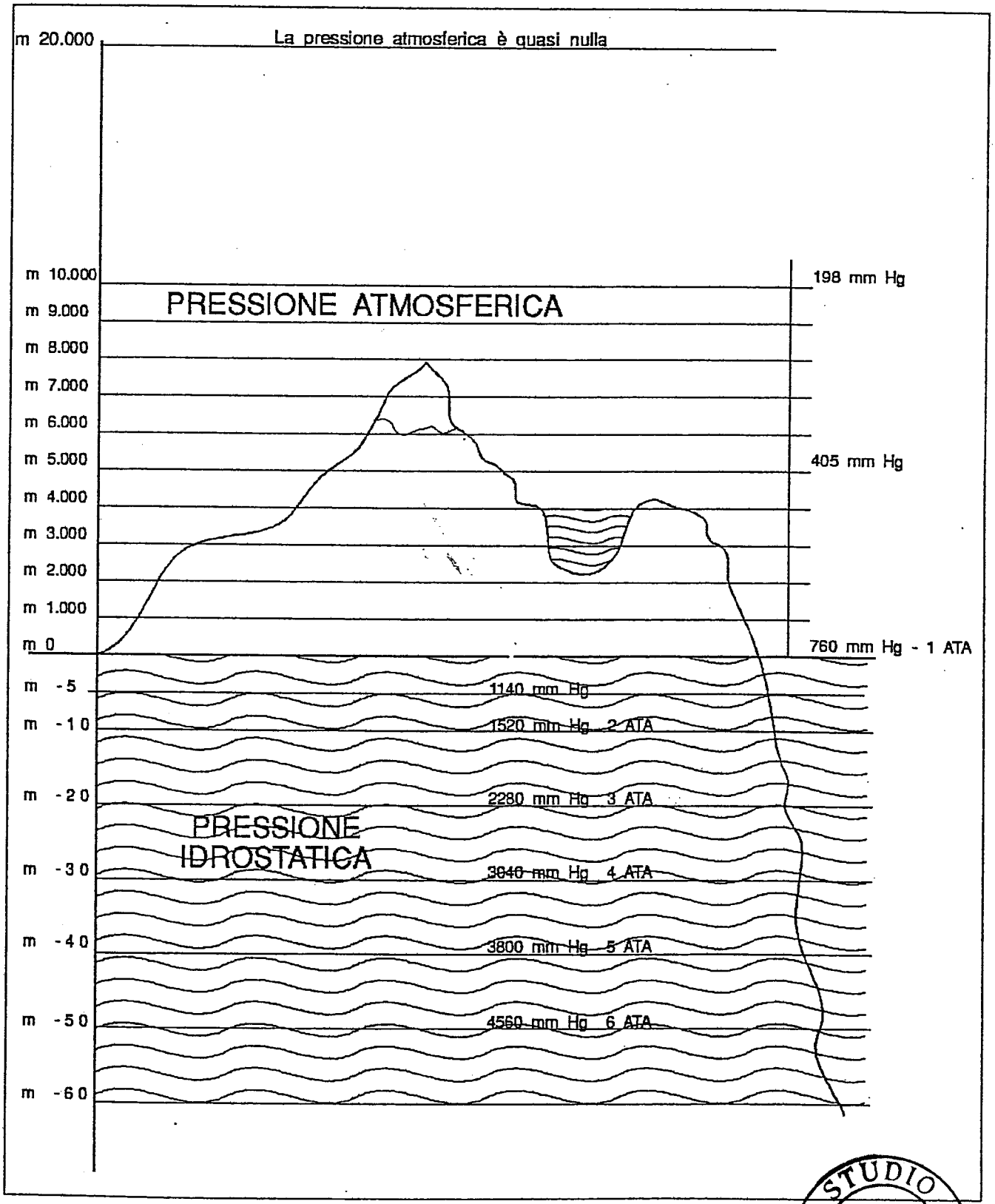


Fig. 2

STUDIO * Prof. G. BRANCA * TECNICO

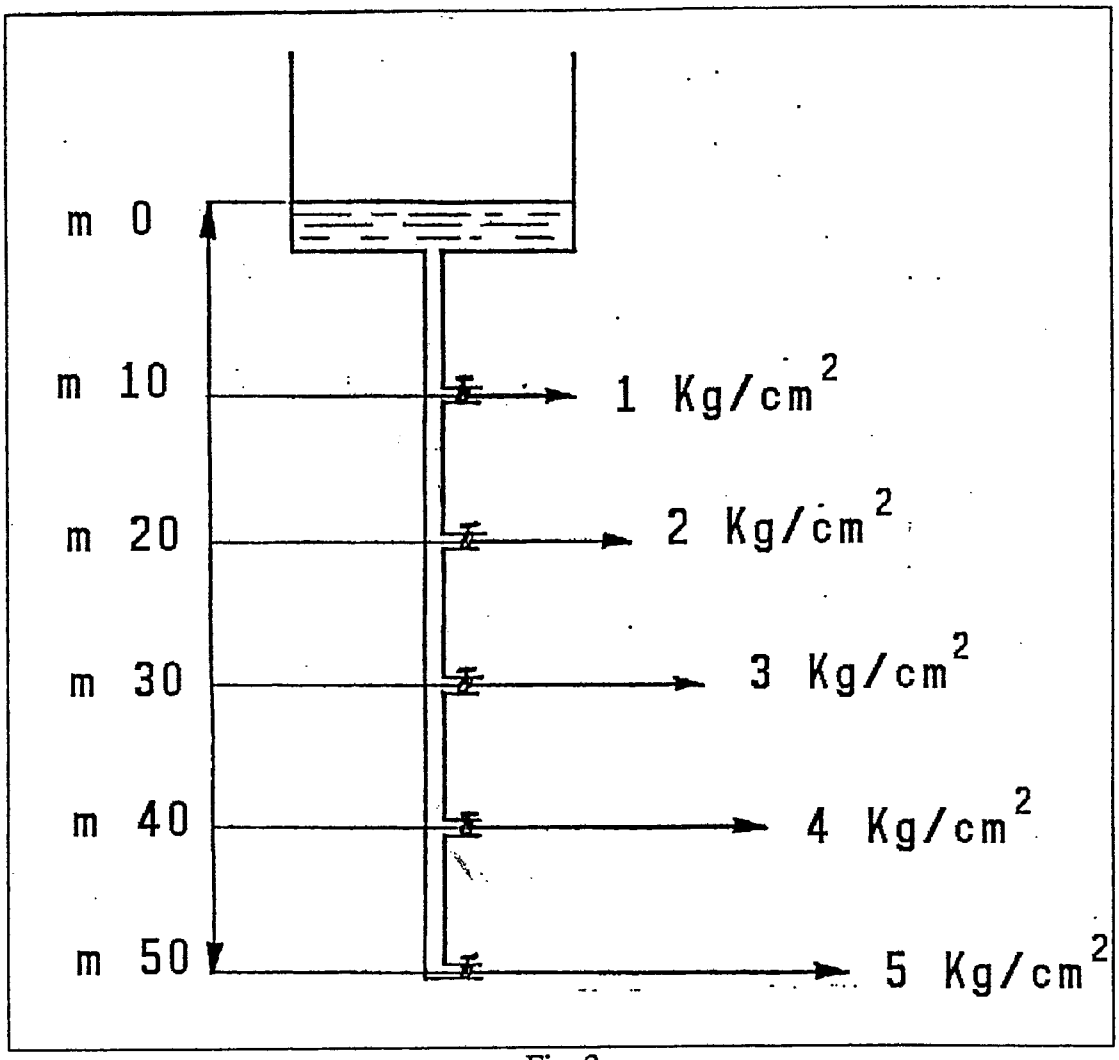


Fig. 3

Esempi: Se sul manometro leggiamo la pressione di 5 kg/cm^2, questa ci indica la pressione relativa, mentre la pressione assoluta è data da:

pressione assoluta = pressione relativa + pressione atmosferica

$$\boxed{6\ \text{kg/cm}^2 = 5\ \text{kg/cm}^2 + 1\ \text{kg/cm}^2}$$

Se siamo immersi nell'acqua a 20 metri di profondità, saremo soggetti a 2 atmosfere di pressione relativa idrostatica ed a 3 atmosfere di pressione assoluta. (fig. 4)

Abbiamo dunque detto che nei liquidi, il valore della pressione P è dato dal prodotto del peso specifico del liquido y per l'altezza (o la profondità) h a cui ci riferiamo. Non si parla di quantità di liquido. Ciò è dovuto al fatto (fig. 3) che la pressione dell'acqua all'interno della tubazione dipende soltanto dal livello a cui l'acqua giunge nel tubo e non dal diametro di esso o dalla quantità di acqua che contiene il

STUDIO Prof. G. BRANCA TECNICO

serbatoio soprastante; in modo che, con la piccola quantità di acqua contenuta nel tubo sottile si ottengono sempre le stesse pressioni.

$$\boxed{P = y \cdot h}$$

Se nella tubazione avessimo gasolio, il cui peso specifico, y = 800 kg/m^3 (mentre per l'acqua y = 1000 kg/m^3) una altezza di 30 m del gasolio ci darebbe la seguente pressione:

$$P = 800 \times 30 = \frac{Kg}{m^3} \times m = 24.000\ {}^{Kg}/_{m^2} = 2,4\ {}^{Kg}/_{cm^2}$$

Avendo 40 m di mercurio nel tubo: (y = 13595 kg/m^3)

$$P = 13595 \times 40 = 543.800\ kg/m^2 = 54,38\ kg/cm^2$$

una pressione molto forte; del resto sappiamo (Torricelli) che 760 mm di mercurio corrispondono esattamente alla pressione atmosferica:

$$P = 13595 \times 0,76 = 10332\ kg/m^2 = 1,033\ kg/cm^2$$

Tabella di conversione dei valori di pressione secondo diverse unità di misura

Kg/cm^2	BAR	Atmosfere	mm Hg	Libbre per pollice quadro	Metri acqua di mare	Metri acqua pura
1	0,981	0,968	736	14,22	9,756	**10**
1,019	**1**	0,987	750	14,50	9,937	10,19
1,033	1,013	**1**	**760**	14,69	10,07	10,33
1,025	1,005	0,992	754	14,57	**10**	10,25
0,703	0,689	0,680	517	**10**	6,86	7,03

100.000 Pa

STUDIO * Prof. G. BRANCA * TECNICO

Legge di Boyle e Mariotte

La temperatura può variare la densità ed il volume dei gas e questo spesso influenza altri fenomeni a cui i gas possono partecipare. La legge di Boyle e Mariotte, trattando del comportamento volumetrico dei gas precisa:

> A temperatura costante il volume di una data quantità di gas è inversamente proporzionale alla pressione.

Visualizziamo quindi le variazioni volumetriche provocate esclusivamente dalla pressione immaginando di fare l'esperimento della fig. 4. Disponiamo di un palloncino gonfio di aria. Immergendolo fino a 10 metri (ossia sottoponendolo ad una pressione di 2 ATA e cioè doppia di quella iniziale) vedremo che il volume d'aria che lo occupava completamente in superficie si è ridotto alla metà. Scendendo a 20 metri la pressione passerà da 2 a 3 ATA aumentando di 1/3, e di conseguenza il volume del palloncino diminuirà di 1/3. Da 70 a 80 metri, la pressione aumenterà da 8 a 9 ATA, ed il volume del palloncino si ridurrà di 1/9.

STUDIO * Prof. G. BRANCA * TECNICO

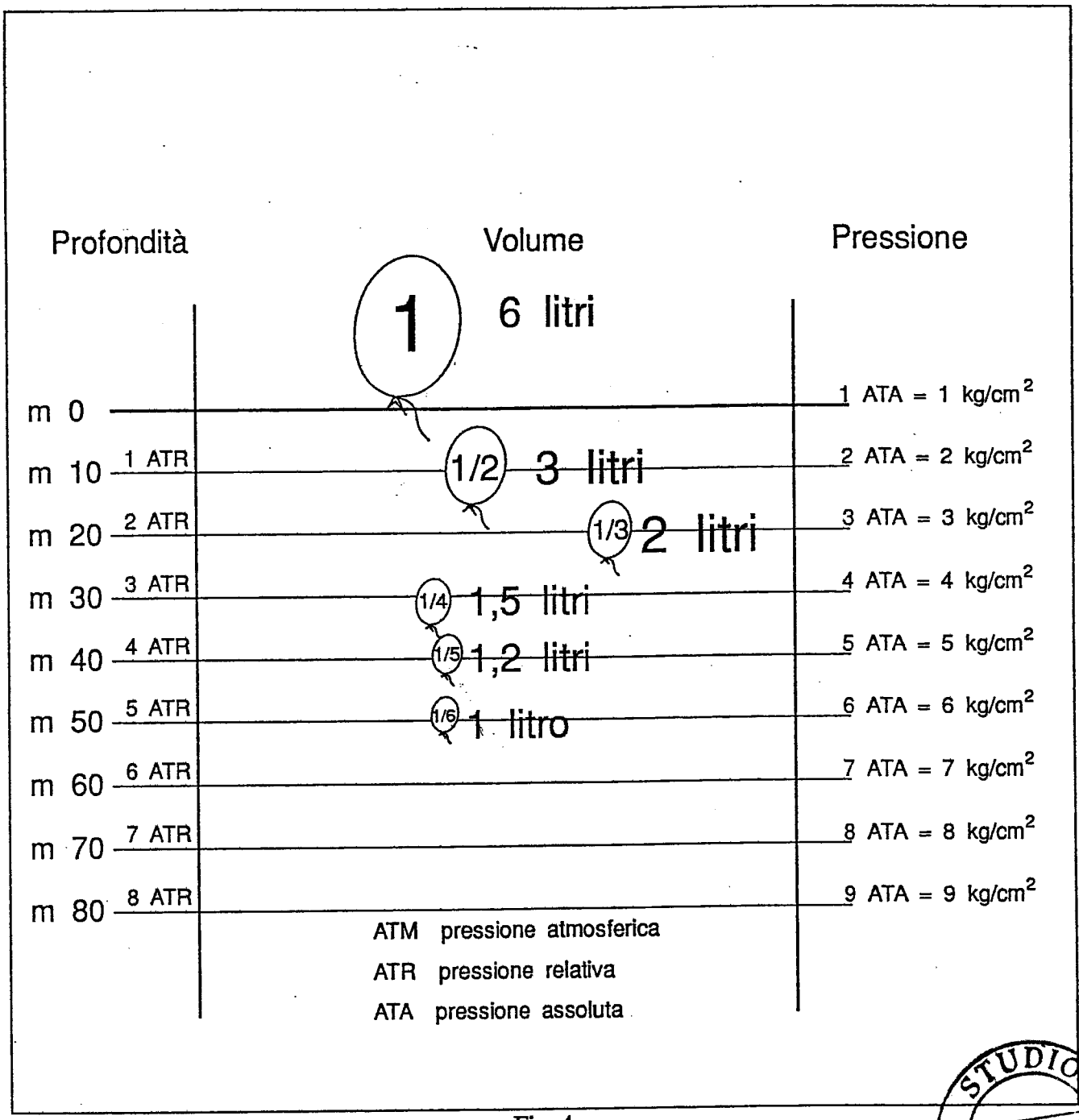


Fig. 4

STUDIO
Prof. G. BRANCA
TECNICO

Sono quelle sostanze, composte prevalentemente da carbonio ed idrogeno che, combinandosi con l'ossigeno dell'aria e ad una data temperatura, bruciano sviluppando calore e fumi.

I combustibili possono essere allo stato solido, liquido e gassoso.

Combustibili solidi

I più importanti sono i carboni fossili che si estraggono direttamente dalle miniere; un tempo largamente usati, sono stati via via in gran parte sostituiti dai derivati del petrolio e dal gas.

Si suddividono, in ordine al loro periodo di formazione in:

— Torbe

— Ligniti

— Litantraci

— Antraciti

Le torbe e le ligniti "bruciano male" hanno un elevato contenuto di umidità e sviluppano poco calore. Sono definiti combustibili poveri assieme al legno e ad altri residui vegetali quali la vinaccia esausta, la sansa di noccioli d'oliva, la pula di riso. Non sono generalmente usati negli impianti di riscaldamento; il loro impiego e limitato alle zone ed alle industrie che li producono.

Litantraci ed antraciti sono i migliori combustibili solidi avendo basse percentuali di umidità e di ceneri ed un potere calorifico elevato, di circa 8000 kcal/kg.

Carbon coke

Deriva dalla distillazione, ad alta temperatura, del litantrace: si ottiene, con questo procedimento l'eliminazione delle sostanze volatili ed il coke risulterà duro e compatto,con lucentezza metallica, più chiaro di colore e brucerà con fiamma azzurrognola e cortissima e con pochissimo fumo.

STUDIO Prof. G. BRANCA * TECNICO

Combustibili liquidi

Derivano tutti dal petrolio che si estrae dal sottosuolo. Il petrolio greggio estratto generalmente con la trivellazione si lascia decantare, in appositi bacini, dall'acqua e dal fango; quindi viene inviato alle raffinerie dove la operazione fondamentale a cui viene sottoposto é la distillazione frazionata con cui si separano, a varie temperature e con le successive combinazioni, i vari idrocarburi. Nelle torri di distillazione si raccolgono, sul fondo, le sostanze che bollono a più alte temperature e da cui si ricaveranno gli oli combustibili ricchi di zolfo. Dalla parte alta fuoriescono i gas incondensabili e quindi i prodotti condensati via via più pesanti: benzina, kerosene, gasolio. (Fig. 5)

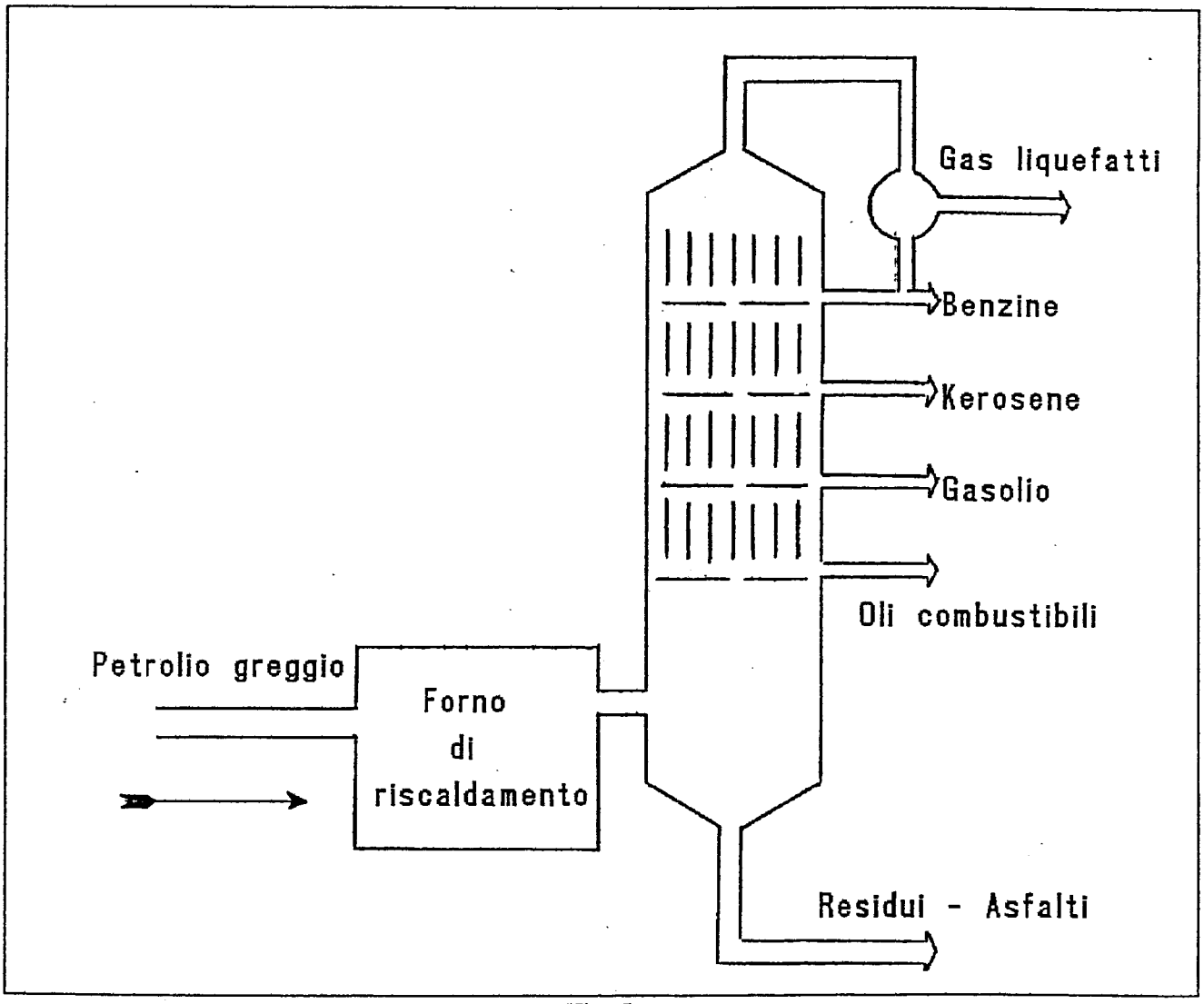


Fig. 5

Torre di frazionamento

STUDIO
* Prof. G. BRANCA *
TECNICO

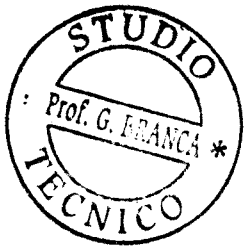
Combustibili gassosi

I principali sono il metano, il GPL ed il gas di città.

Il **metano** (CH_4) è un gas naturale che proviene da giacimenti del sottosuolo; attraverso i metanodotti viene inviato nei luoghi di utilizzazione. Di solito è fornito alle utenze alla pressione di 180 mm di colonna d'acqua e, per bruciatori usati nell'industria anche a 300 mm di colonna d'acqua. Il metano tende sempre più a diffondersi, visti gli indiscussi vantaggi che presenta sia dal punto di vista termotecnico che ecologico: non sporca i focolari ed i camini, non provoca corrosioni, non inquina perchè brucia senza produrre fuliggine e non contiene zolfo. Brucia con modesti eccessi d'aria ed i fumi possono lasciare la caldaia a temperature relativamente basse ottenendo quindi migliori rendimenti.Non necessita di serbatoi ed è agevole il controllo sul consumo.Le caldaie possono essere ubicate anche in terrazza. Per contro può formare, con l'aria, miscele esplosive. Se in un locale, la percentuale di metano con l'aria va dal 3 al 18% circa, basta una scintilla per provocare l'esplosione. Analogamente, visto il basso limite inferiore di infiammabilità, in caso di combustioni in difetto d'aria può formare incombusti gassosi che potrebbero successivamente esplodere in camera di combustione o nei giri di fumo.

Il **GPL** (gas di petrolio liquefatto) è costituito in prevalenza (77 - 88%) di propano. Si ottiene dai processi di distillazione del petrolio ed ha la caratteristica di passare allo stato liquido sotto l'effetto di modeste pressioni; come tale viene utilizzato in bombole e serbatoi di varie forme e dimensioni per l'uso domestico (generalmente dove non arriva il metano) e per l'autotrazione al posto della benzina - Offre pressappoco gli stessi vantaggi del metano; brucia anch'esso con fiamma rossa e luminosa in caso di difetto d'aria. Contrariamente al metano è più pesante dell'aria cosicchè in caso di fuga tende a depositarsi in basso.

Il **gas di città**, ormai quasi ovunque sostituito dal metano, si otteneva dalla distillazione del litantrace e più recentemente dai distillati leggeri del petrolio. Ha un modesto potere calorifico (4500÷5000 $kcal/m^3$), è più leggero dell'aria, è velenoso per la presenza, nella sua composizione, dell'ossido di carbonio motivo per cui viene odorizzato (appuzzolito) per rilevarne facilmente la presenza.



CARATTERISTICHE DEI PRINCIPALI COMBUSTIBILI PER USI TERMICI

	% C	% H	% S	Pot. cal. inf. Kcal/Kg Kcal/m³	Viscosità °E a 50°C	Peso specifico Kg/dm³ Kg/m³	Temperatura accensione °C	Peso rispetto all'aria	% eccessi d'aria	% CO_2 nei fumi	% CO_2 max. per combustione teorica completa
CARBONI FOSSILI	83-95	2-6	0,5-1,2	6900-8600	-		450	-	30-100	MIN. 10	19
KEROSENE	84-86	11-13		10.300		0,8	650	-	20-40	10-13	14,9
GASOLIO			0,1 ~~0,2~~ MAX.	10.200	1,3 ~~1,8~~ A 20°	0,83-0,86					15,1
OLIO COMBUSTIBILE FLUIDO			~~3~~ MAX. 1%	9.600-9.800	4 (3-5)	0,9					15,6
OLIO COMBUSTIBILE SEMIDENSO			~~4~~ MAX. 1%		6 (5-7)	0,93					15,7
OLIO COMBUSTIBILE DENSO			~~4~~ MAX 1%		7,5-200	0,96					15,8
METANO CH_4	75	25	0	8.550 (11.930 Kcal/Kg)	-	0,717	650-750	0,554	10% 5-25	~~9~~ 5-11	11,7
G.P.L. 0,560 Kg/L	C_3H_8 + C_4H_{10} PROPANO + BUTANO			22.000 (11.000 Kcal/Kg)	-	2 560 G/L		1.55			13,8
GAS DI CITTÀ	VARIABILE			4.000 3.880	-	0,812 0,520		0,628			

STUDIO TECNICO Prof. G. BRANCA

Caratteristiche dei combustibili

Composizione

Qualunque sostanza capace di bruciare può essere definita combustibile. In realtà, perchè nella pratica possano essere usati convenientemente come tali, i combustibili devono possedere diverse proprietà: essere disponibili sul mercato a costi ragionevoli; produrre bruciando notevoli quantità di calore; non sviluppare sostanze tossiche o eccessivamente inquinanti; non presentare eccessiva pericolosità nel deposito e nel trasporto.

I componenti essenziali utili alla produzione del calore sono il carbonio e l'idrogeno. Un chilogrammo di carbonio bruciato completamente si trasforma in anidride carbonica (CO_2) e sviluppa 8130 kcal, mentre il chilogrammo di idrogeno si trasforma in vapore acqueo (H_2O) e fornisce 34.500 kcal. Altre sostanze presenti in misura diversa nei combustibili sono, zolfo, sostanze calcaree, acqua e sedimenti di varia origine.

Lo zolfo, pur bruciando, è l'elemento più dannoso, causa di corrosioni negli impianti e di rilevante inquinamento atmosferico (piogge acide). L'attuale legislazione prevede che il tenore di zolfo non deve superare il 3% negli oli combustibili fluidi, il 4% negli oli densi, l'1,1% nel gasolio; ma nei più grandi centri urbani è già interdetto da anni l'uso degli oli combustibili ed il gasolio da usare non deve contenere più dello 0,2 - 0,4% di zolfo. La tendenza inoltre è per la utilizzazione del metano che rispetto al gasolio genera valori di anidride solforosa praticamente irrilevanti, diminuendo anche in maniera consistente la produzione di ossido di azoto, ossido di carbonio e polveri. Tecnicamente è possibile e si prevede alla parziale desolforazione di alcuni combustibili ma oltre determinati valori i costi elevati rendono antieconomico il processo.

Le sostanze calcaree di origine minerale, con presenza spesso di metalli, sono incombustibili e rimangono sotto forma di ceneri. Si trovano in quantità rilevanti nei combustibili solidi; nei combustibili liquidi costituiscono percentuali minime (0,05% negli oli combustibili densi) che comunque contribuiscono ad aumentare la fuliggine, sporcano le superfici di scambio termico diminuendo il rendimento, aumentano le sollecitazioni termiche ed innescano processi corrosivi.

Acqua e sedimenti nei combustibili liquidi provocano irregolarità di funzionamento e di combustione poichè tendono ad ostruire filtri ed ugelli, provocano erosioni, ossidazioni, emulsioni.

STUDIO Prof. G. FRANCA * TECNICO

Potere calorifico

Il potere calorifico è la quantità di calore, espresso in kcal, che è prodotta da un Kg (un m^3 per i gas) di combustibile bruciato completamente. Il potere calorifico può essere superiore o inferiore.

Il potere calorifico superiore rappresenta la totalità del calore che sviluppa 1 Kg di combustibile, ma che non è completamente utilizzabile. La perdita di calore è dovuta alla eventuale presenza di umidità nel combustibile e sopratutto alla ossidazione dell'idrogeno che forma vapore acqueo; ogni Kg di vapore acqueo "ruba" circa 600 kcal che si disperdono attraverso il camino.

Il potere calorifico inferiore si ottiene sottraendo al potere calorifico superiore queste inevitabili perdite, rappresenta la quantità di calore di cui possiamo effettivamente disporre, ed è il valore a cui si fa normalmente riferimento se non è altrimenti specificato.

Il potere calorifico di un combustibile può essere determinato per via fisica e per via chimica. Per via fisica, mediante la "bomba calorimetrica" di Mahler in cui si controlla l'aumento di temperatura subito da un determinato quantitativo di acqua a seguito della combustione di una certa quantità di combustibile. Per via chimica, analizzando la composizione del combustibile e sommando la quantità di calore fornito da ciascun componente:

Es. abbiamo un olio combustibile composto dall'85% di carbonio e dal 12% di idrogeno, (sapendo che un Kg di carbonio sviluppa 8130 kcal e un Kg di idrogeno 34.500 kcal) il potere calorifico superiore sarà:

$$Pcs = 0{,}85 \times 8130 + 0{,}12 \times 34.500 = 11.050 \text{ kcal}$$

Viscosità (combustibili liquidi)

La viscosità è la resistenza che un liquido oppone allo scorrimento. L'opposto della viscosità è la fluidità.

In Europa viene misurata in gradi Engler, con un apparecchio chiamato viscosimetro di Engler: in pratica si raffrontano i tempi impiegati a defluire attraverso un foro, di una certa quantità di combustibile rispetto ad un eguale volume di acqua. La viscosità diminuisce all'aumentare della temperatura, per questo motivo gli oli combustibili vengono preriscaldati prima dell'uso, per consentirne lo scorrimento nei tubi ed una corretta polverizzazione agli ugelli. Il gasolio, avendo una bassa viscosità, non ha bisogno di preriscaldamento. (vedi tabella)

STUDIO * Prof. G. BRANCA * TECNICO

Punto di infiammabilità (flash point)

Indica l'attitudine ad accendersi. Corrisponde alla temperatura a cui un combustibile liquido deve venire riscaldato perchè si producano vapori tali da formare con l'aria una miscela infiammabile.

Tale valore permette di stabilire un adeguato margine di sicurezza per le operazioni di trasporto, rifornimento ecc.

Non deve essere confuso con il "punto di accensione" (vedi tabella) che è una temperatura ben più alta ed alla quale si avvia la combustione. in maniera continua,anche dopo l'allontanamento della fiamma che ne ha provocato l'accensione.

Tabella 2.8 — *Punti di infiammabilità e di accensione di oli combustibili diversi*

Olio tipo	*Punto di infiammabilità PM, °C*	*Punto di accensione COC, °C*
Gasolio	71	93
	96	118
	80	99
	65	77
	95	116
	116	138
Denso 7-10°E a 50°C	118	171
	71	132
	68	127
	99	138
Denso 18°E a 50°C	88	168
	106	193
	121	213
	166	227

STUDIO Prof. G. [illegible] TECNICO

La combustione

La combustione è un processo di ossidazione con formazione di fiamma e sviluppo di calore. Gli elementi che compongono il combustibile reagiscono con l'ossigeno dell'aria quando si raggiunge la temperatura di accensione. I combustibili usati negli impianti termici sono costituiti essenzialmente da carbonio (C) ed idrogeno (H) e percentuali più o meno piccole di zolfo (S) ed altre sostanze.

L'aria comburente, che contiene l'ossigeno (O) necessario alla combustione è composta dal 23% di ossigeno e dal 77% di azoto (N) in peso. Se consideriamo i rispettivi volumi, 21% di ossigeno e 79% di azoto (avendo l'ossigeno peso specifico maggiore dell'azoto).

Dalla combustione si sviluppa calore, l'energia termica che a noi occorre e la sua quantità dipende dalla natura del combustibile e dall'andamento della combustione. E' necessario che le combustioni siano quanto più possibile complete, per ottenere più calore, e meno sostanze inquinanti nei fumi. Viceversa ad una cattiva combustione corrisponde uno spreco di combustibile (o di denaro se preferite) ed un forte inquinamento atmosferico.Facendo il paragone con una autovettura diremo che, se in perfetta efficienza, percorre con un litro di gasolio 15 Km a 140 Km/h emettendo fumi invisibili; con il motore o il sistema di iniezione non a posto, con la stessa quantità di combustibile percorrerà meno chilometri, ad una velocità inferiore, emettendo fumi fuori legge.

Simboli chimici

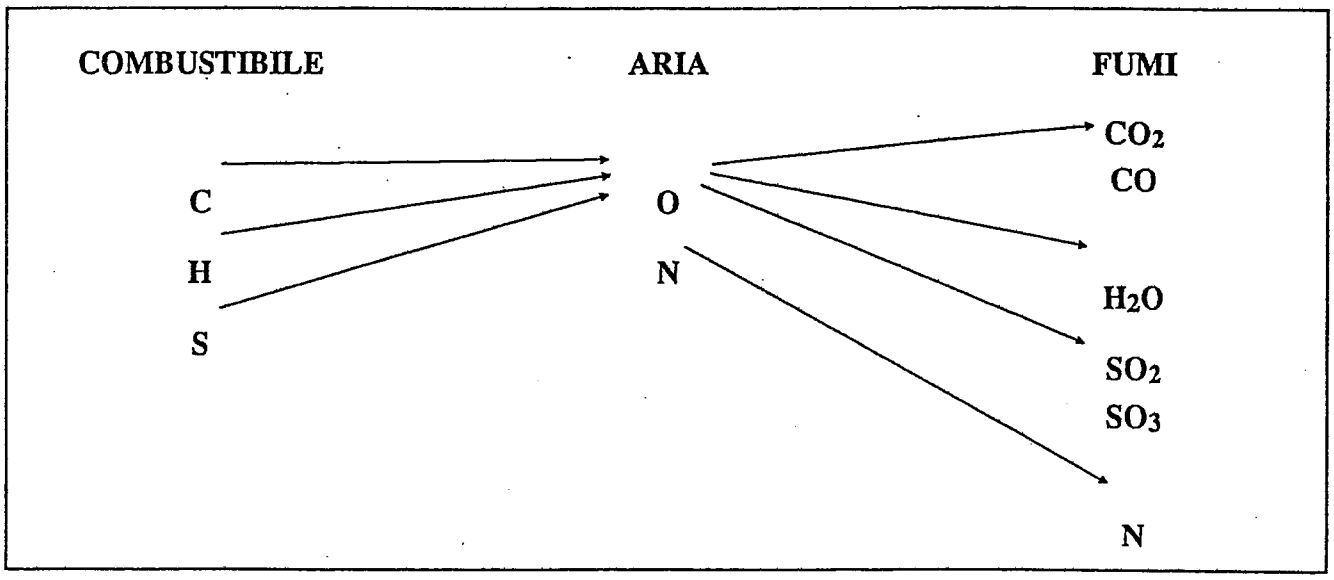
Combustibile
C = Carbonio
H = Idrogeno
S = Zolfo

Aria
O = Ossigeno
N = Azoto

Fumi
H_2O = Acqua
C = Carbonio (fuliggine)
CO = Ossido di carbonio
CO_2 = Anidride carbonica
SO_2 = Anidride solforosa
SO_3 = Anidride solforica
H_2SO_4= Acido solforico

STUDIO * Prof. G. BRANCA * TECNICO

Il combustibile reagisce con l'aria e si sviluppano i fumi oltre al calore.



Il carbonio, combinandosi con l'**ossigeno**, può formare CO_2, CO.

L'idrogeno con l'**ossigeno** forma il vapore acqueo

Lo zolfo con l'**ossigeno** forma SO_2 ed SO_3

L'azoto è un gas inerte e non partecipa alla combustione. Ha però una importante funzione termoregolatrice; assorbendo calore impedisce che la combustione avvenga troppo rapidamente ed a temperature troppo alte. Lo ritroviamo nei fumi, caldo, di cui è in percentuale il principale componente

Combustione del carbonio (1 Kg)

1) $C + O_2 = CO_2 + 8130$ kcal combustione completa

2) $C + 1/2\ O_2 = CO + 2449$ kcal combustione incompleta

3) C + = C fuliggine + O kcal combustione non avvenuta

La corretta combustione si ottiene nella prima reazione dove si sviluppa la CO_2, gas non inquinante, e la massima quantità di calore (8130 kcal corrispondono al potere calorifico del carbonio).

STUDIO
Prof. G. BRANCA
TECNICO

Nella seconda, a causa della scarsità di ossigeno, si forma il CO, velenosissimo, incolore, inodore ed inquinante; in pratica un combustibile che va via con i fumi, e che se si potesse recuperare e bruciare con l'ossigeno mancante avremmo:

$$CO + 1/2\,O_2 = CO_2 + 5681\ kcal$$

recuperando il calore mancante e completando la reazione.

Nel terzo caso, quella parte di combustibile che non va a contatto con l'ossigeno non brucia, non sviluppa calore e fuoriesce sotto forma di fuliggine rendendo neri i fumi.

Combustione dell'idrogeno (1 Kg)

$$H_2 + 1/2\,O_2 = H_2O + 34.500\ kcal$$

L'idrogeno non da problemi di combustione; si lega facilmente con l'ossigeno (affinità chimica) e sviluppa una notevole quantità di calore (34.500 kcal sono il p.c. dell'H).

Dalla reazione si produce vapore acqueo per cui l'inquinamento e zero. E' considerato il combustibile di un futuro non molto lontano.

Combustione dello zolfo (1Kg)

$$S + O_2 = SO_2 + 2500\ kcal$$

Dalla combustione dello zolfo con l'ossigeno si sviluppa l'anidride solforosa ed una modesta quantità di calore. La SO_2, in presenza di ossigeno (eccesso d'aria) tende a trosformarsi in anidride solforica (SO_3). Questa, a sua volta, tende a reagire con il vapore acqueo presente nei fumi formando l'acido solforico:

$$SO_3 + H_2O = H_2SO_4$$

Finchè la temperatura resta al di sopra dei 160°C, detto "punto di rugiada acido", quest'acido viene espulso con i fumi; a temperature inferiori quest'acido fortemente corrosivo comincia a condensare nell'impianto provocando gravi danni. Abbiamo in precedenza detto che la legge limita la presenza di zolfo nei combustibili, sopratutto per ridurre l'inquinamento atmosferico. Per quanto riguarda l'impianto occorre una attenta conduzione: l'acido solforico tende a condensare in caldaia, sulle superfici di scambio termico che si trovano ad una temperatura prossima a quella dell'acqua ivi circolante. E' opportuno che la temperatura dell'acqua in caldaia non scenda mai sotto i 60°C usando olio combustibile con percen-

STUDIO * Prof. G. BRANCA * TECNICO

tuale di zolfo superiore all'1%, e sotto i 50°C usando gas, gasolio o olio combustibile con percentuale di zolfo inferiore all'1%.

Ricordare inoltre che per motivi termomeccanici, per evitare danni anche gravi alla struttura della caldaia, il salto termico tra l'acqua in entrata e l'acqua in uscita dalla caldaia non dovrà essere superiore a 15°C, sia duranrte il funzionamento a regime che durante le fasi di avviamento. Queste condizioni si ottengono con appositi accorgimenti tecnici: circuiti anticondensa, valvole miscelatrici, termostati regolati sulle giuste temperature, apertura graduale di eventuali circuiti secondari freddi, facendo partire le pompe di ricircolo dell'impianto prima dell'accensione del bruciatore e non tramite termostato inserito sulla tubazione di mandata.

Quantità di aria occorrente per la combustione.

Ogni combustibile per bruciare completamente ha bisogno di un determinato quantitativo di aria; l'analisi chimica del combustibile ci dice esattamente quali elementi lo compongono con le relative percentuali e di conseguenza si risale, a livello molecolare, alle corrispondenti quantità di ossigeno e quindi di aria necessaria. Questo in realtà ci fornisce il valore quantitativo della cosiddetta "aria teorica" e quindi i parametri della "combustione teorica", combustione ideale ed ottimale alla quale dobbiamo cercare di avvicinarci il più possibile ma che di fatto, non possiamo ottenere.

Nella pratica dovendo bruciare nei focolari grandi quantità di combustibile in tempi brevi ed in spazi ristretti, avviene che ogni particella di combustibile non trova vicino a se la necessaria quantità di ossigeno per bruciare completamente, la miscelazione aria-combustibile avviene in modo non perfetto; è **quindi necessario, per evitare formazione di incombusti (CO, C) dare una maggiore quantità di aria rispetto a quella teorica, il cosiddetto "eccesso di aria".**

La quantità di questo eccesso d'aria dipende da vari fattori fisici e meccanici condizionati o determinati dal tipo di focolari e dal tipo di bruciatori che si adoperano. Determinante è la suddivisione del combustibile in particelle piccolissime che consentono una migliore miscelazione e quindi un maggior contatto con l'aria. I **gas combustibili**, per il loro stato fisico uguale a quello dell'aria consentono la migliore miscelazione e richiedono un contenuto "eccesso di aria" dal (5 al 25%).

I **cambustibili liquidi** vengono polverizzati il più possibile, ogni gocciolina ha il diametro di pochi millesimi di millimetro (micron) e con opportune turbolenze si migliora ancora il contatto con l'aria, il cui eccesso comunque oscilla tra il 20 ed il 40%.

STUDIO
Prof. G. BRANCA
TECNICO

Per i **combustibili solidi** può essere sufficiente un eccesso, di aria del 30% se sono polverizzati, che può arrivare al 60% se si tratta di carbone in pezzi con alimentazione meccanica graduale del focolare, ed al 100% nel caso di focolari a caricamento manuale. (vedi tabella)

COMBUSTIONE TEORICA

COMBUSTIBILE			ARIA			PRODOTTI DELLA COMBUSTIONE	
						CO_2	Anidride carbonica
Carbonio	C					H_2O	Vapore acqueo
Idrogeno	H	+	Ossigeno	O	=	SO_2	Anidride solforosa
Zolfo	S					N	Azoto
			Azoto	N			

La combustione teorica è, nella pratica, irrealizzabile.

COMBUSTIONE CON ARIA IN DIFETTO

COMBUSTIBILE			ARIA			PRODOTTI DELLA COMBUSTIONE	
						CO_2	Anidride carbonica
Carbonio	C					CO	Ossido di carbonio
Idrogeno	H	+	Ossigeno	O	=	C	Carbonio
Zolfo	S					H_2O	Vapore acqueo
						SO_2	Anidride solforosa
			Azoto	N		N	Azoto

Nella combustione con aria in difetto vediamo che il carbonio, per quella parte che brucia completamente, si trasforma in CO_2, quindi in CO quando l'aria è poca, e rimane sotto forma di incombusto solido quando l'aria manca del tutto. Per evitare questa situazione occorre aumentare l'aria, dare cioè "l'eccesso d'aria". (In realtà nei fumi c'è quella piccola parte di ossigeno che non si è combinata con il combustibile e che viene espulsa)

STUDIO * Prof. G. BRANCA * TECNICO

COMBUSTIONE CON ARIA IN ECCESSO

COMBUSTIBILE				ARIA		PRODOTTI DELLA COMBUSTIONE	
						CO_2	Anidride carbonica
Carbonio	C					O_2	Ossigeno
Idrogeno	H	+	O	Ossigeno	=	H_2O	Vapore acqueo
Zolfo	S					SO_2	Anidride solforosa
			N	Azoto		N	Azoto

Fornendo l'eccesso d'aria vediamo che spariscono gli incombusti (CO, C) poichè tutto il carbonio reagisce con l'ossigeno e si trasforma in CO_2. Compare nei fumi l'ossigeno, quella parte che comunque avanza avendo fornito aria in eccesso rispetto alla combustione teorica.

Quantità di aria destinata alla combustione

La combustine in difetto di aria si manifesta immediatamente con la comparsa degli incombusti solidi e gassosi nei fumi (C e CO). Il carbonio, sotto forma di fuliggine, con la sua presenza rende nero il fumo e si deposita nei giri di fumo formando incrostazioni isolanti che limitano il passaggio di calore dai fumi all'acqua e che provocano il surriscaldamento dei tubi stessi con notevoli sollecitazioni termomeccaniche ed innescando processi corrosivi. L'ossido di carbonio è un gas parzialmente combusto, inodore ed incolore, velenoso, di cui è difficile rilevare la presenza.

Queste due sostanze provocano inquinamento e riducono la quantità di calore prodotta per ogni Kg di combustibile diminuendo quindi il rendimento termico della caldaia.

Anche un incontrollato eccesso di aria provoca un minor rendimento del focolare; infatti la maggior quantità di aria superflua passa attraverso il focolare senza reagire col combustibile e prima di essere eliminata assieme ai prodotti della combustione assorbe calore, raffreddando il focolare ed ostacolando la combustione stessa. Inoltre abbassando la temperatura dei fumi al camino si favorisce la formazione di condense che provocano corrosioni ed agglomenti umidi di fuliggine sulle pareti della canna fumaria.

In conclusione, è della massima importanza contenere l'eccesso di aria entro i limiti strettamente indispensabili (vedi tabella) e che dipendano dal tipo di combustibile e dal tipo delle apparecchiature di combustione.

STUDIO * Prof. G. BRANCA * TECNICO

Per il controllo degli eccessi di aria si ricorre alla determinazione delle percentuali di anidride carbonica (CO_2) ed ossigeno (O_2) presenti nei fumi. All'aumentare dell'aria aumenta la percentuale di ossigeno nei fumi mentre diminuisce la concentrazione di anidride carbonica (per la maggiore diluizione).

Dalla osservazione delle tabelle vediamo che ogni combustibile, nella combustione teorica, può sviluppare un quantitativo massimo di CO_2 che dipende dal carbonio in esso contenuto; è chiaro che quanto maggiore sarà l'eccesso di aria, tanto minore risulterà la percentuale di anidride carbonica nei fumi.

	Eccesso aria %	CO_2 %	O_2 %
Carbone caricato a mano	70 ÷ 100	11÷ 10	9 ÷ 10
Carbone su griglia meccanica	50 ÷ 60	14÷ 12	6,5 ÷ 8
Carbone polverizzato	30 ÷ 50	15,5÷ 13,5	5 ÷ 7
Gasolio	20 ÷ 40	13÷ 11	3,5 ÷ 6
Metano	5 ÷ 25	11÷ 9,5	1,1 ÷ 4

STUDIO
* Prof. G. BRA...
TECNICO

VAPORE ACQUEO

Il vapore acqueo non è altro che acqua allo stato aeriforme.

L'acqua si trasforma in vapore in due modi:

1) Evaporazione: alla temperatura di 4°C;

2) Vaporizzazione: alla temperatura di 100°C.

Se poniamo un recipiente pieno d'acqua sopra ad una sorgente di calore e portiamo l'acqua all'ebollizione, ci accorgiamo che la temperatura rimane fissa a 100°C anche aumentando di molto la sorgente di calore; notiamo però che la produzione di vapore è tanto più grande quanto maggiore è la quantità di calore fornita.

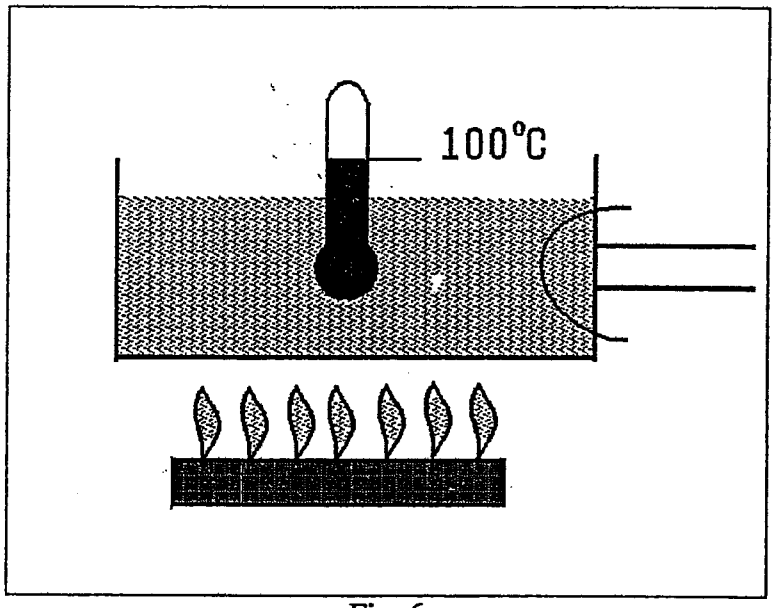


Fig. 6

Si deduce quindi che la temperatura dell'acqua rimane costante e indipendente dall'intensità di riscaldamento; rimanendo costante la temperatura si arguisce immediatamente che la quantità di calore viene ceduta integralmente al vapore.

Si definisce calore di vaporizzazione la quantità di calore occorrente a trasformare in vapore 1 Kg di acqua; il valore del calore di vaporizzazione è di 539 kcal per ogni Kg.

Il calore di vaporizzazione è 5 volte più grande del calore del liquido, cioè della quantità di calore richiesta per portare l'acqua alla temperatura di 100°C.

STUDIO Prof. G. BRANCA TECNICO

Per la trasformazione dell'acqua in vapore occorre una grande quantità di calore, che viene restituita nella condensazione, quando il vapore si trasforma nuovamente in acqua.

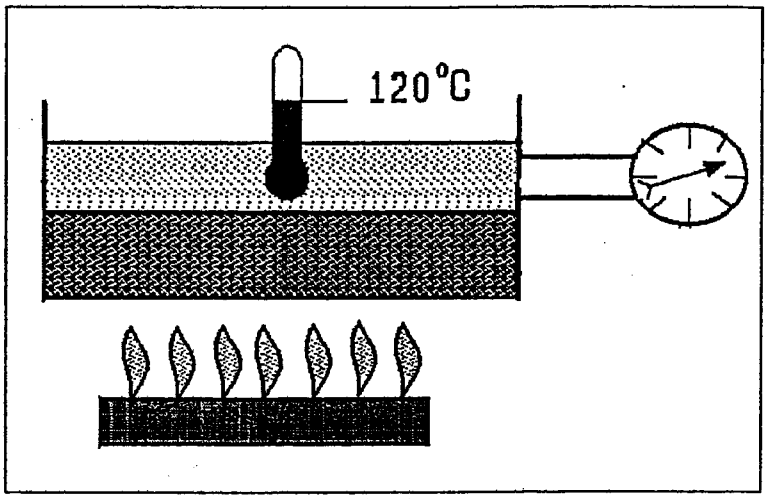


Fig. 7

Se ripetiamo l'esperimento innanzi detto in un recipiente chiuso munito di termometro e di manometro, noteremo che quando l'acqua ha raggiunto i 100°C continuerà ad assorbire il calore fornito aumentando la temperatura oltre i 100°C; contemporaneamente il manometro ci indicherà che la pressione, inizialmente uguale a quella atmosferica, sta aumentando fino a raggiungere valori che possono provocare l'esplosione del recipiente.

Se il suddetto recipiente è munito di una valvola di sfiato per far scaricare il vapore nell'ambiente esterno in quantità tale da far rimanere costante la pressione nel recipiente, osserveremo allora che la temperatura dell'acqua, anche se superiore a 100°C, si manterrà costante.

In definitiva la temperatura del liquido si mantiene costante fino a quando è costante la pressione nel recipiente; se la pressione aumenta anche la temperatura cresce.

Vapore saturo surriscaldato e umido

Il vapore come abbiamo visto, si sviluppa dall'acqua ed ha di conseguenza la medesima temperatura.

Si definisce vapore saturo quel vapore che si produce in caldaia a contatto dell'acqua da cui proviene.

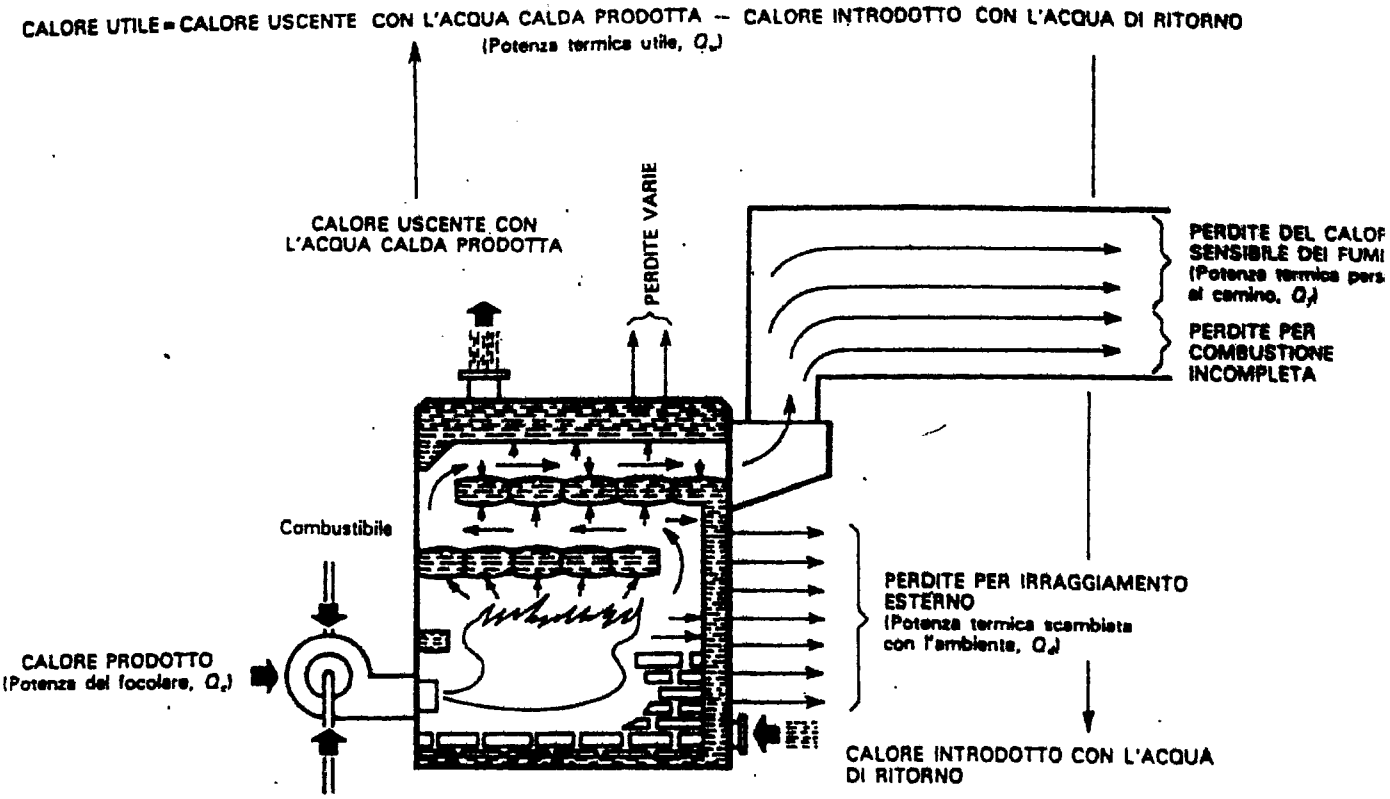
Se il vapore prodotto viene captato e fatto passare attraverso una serpentina esposta ad una sorgente di calore, in questa nuova condizione, mancando l'acqua, il calore ceduto alla serpentina è assorbito dal

STUDIO * Prof. G. BRANCA * TECNICO

vapore che si riscalda ad una temperatura superiore a quella dell'acqua, divendando vapore surriscaldato.

Quindi si definisce vapore surriscaldato quel vapore che, a parità di pressione col vapore saturo, ha temperatura superiore.

Quando il vapore che si è generato trascina con se anche delle piccolissime particelle di acqua, si ha produzione di vapore umido.



Rendimento termico convenzionale o rendimento di combustione, η_c =

$$= \frac{\text{calore prodotto} - \text{perdite per calore sensibile dei fumi}}{\text{calore prodotto}} = \frac{Q_c - Q_f}{Q_c}$$

$$\text{Rendimento termico utile, } \eta = \frac{\text{calore utile}}{\text{calore prodotto}} = \frac{Q_u}{Q_c}$$

— Rappresentazione schematica delle perdite di calore nell'esercizio d un generatore. Tra parentesi è stata riportata la nomenclatura con la quale so no indicati i vari termini nella norma UNI-CTI 7936 «Generatori di calore ac acqua calda — Prova termica».

STUDIO * Prof. G. BRANCA * TECNICO

La caldaia è un apparecchio nel quale si svolgono due fenomeni essenziali per l'esercizio degli impianti termici: la combustione e la trasmissione del calore dalla fiamma e dai prodotti della cambustione all'acqua che circola nell'impianto.

La caldaia è quindi costituita da un focolare dove avviene la combustione e dove si sviluppa la fiamma, dai giri di fumo che sono percorsi dai prodotti della combustione dopo che la fiamma si è esaurita, e da un'intercapedine percorsa dall'acqua in fase di riscaldamento.

Nelle caldaie si chiama superficie di riscldamento quella parte della superficie della lamiera attraverso cui il calore della fiamma e dei fumi si trasmette all'acqua.

Lo scambio termico per ogni metro quadrato di superficie di riscaldamento di una caldaia tipo marina è di circa 10.000 - 20.000 kcal/h.

La trasmissione del calore dalla fiamma e dai prodotti della combustione agli elementi riscaldatori, avviene per irraggiamento, per convezione e per contatto.

Nel focolare a causa della temperatura molto elevata (1350°C) il calore si trasmette per irraggiamento.

Caldaia tipo "MARINA"

All'uscita del focolare l'irraggiamento dei gas caldi è ancora fortissimo e nei giri di fumo va acquistando importanza la trasmissione di calore per convezione.

Tra i giri di fumo e l'acqua la tramissione di calore avviene invece per conduzione.

Per una buona combustione, la temperatura dei prodotti della combustione al termine dei giri di fumo dev'essere di circa 220° ÷ 250°C.

Si definisce potenzialità di una caldaia la quantità massima di calore che può essere sviluppata in un'ora, espressa in kcal/h.

La **potenza utile** è la quantità di calore che può essere ceduta all'acqua nell'unità di tempo (kcal/h)

La **potenza al focolare** è la quantità di calore che si sviluppa in un'ora, nel focolare, e si trova moltiplicando la quantità di combustibile bruciato per il suo potere calorifico inferiore.

STUDIO * Prof. G. [illegible] * TECNICO

Il rapporto tra la potenza utile (calore utilizzato) e la potenza del focolare (calore speso) ci dà il **rendimento termico** della caldaia:

$$R = \frac{Cu}{Cs} x100 = < 100\%$$

Naturalmente il calore utilizzato sarà sempre inferiore a quello speso in quanto esisteranno delle perdite di calore dovute a:

— 1) i prodotti della combustione vanno all'esterno con una temperatura che deve essere compresa tra 200° - 250°C (calore sensibile);

— 2.) a presenza, nei prodotti della prodotti della combustione, di incombusti solidi e gassosi, combustione più o meno completa (calore latente);

— 3) irraggiamento della caldaia.

Il rendimento delle caldaie è dell'ordine dell'80% nel tipo "Marina".

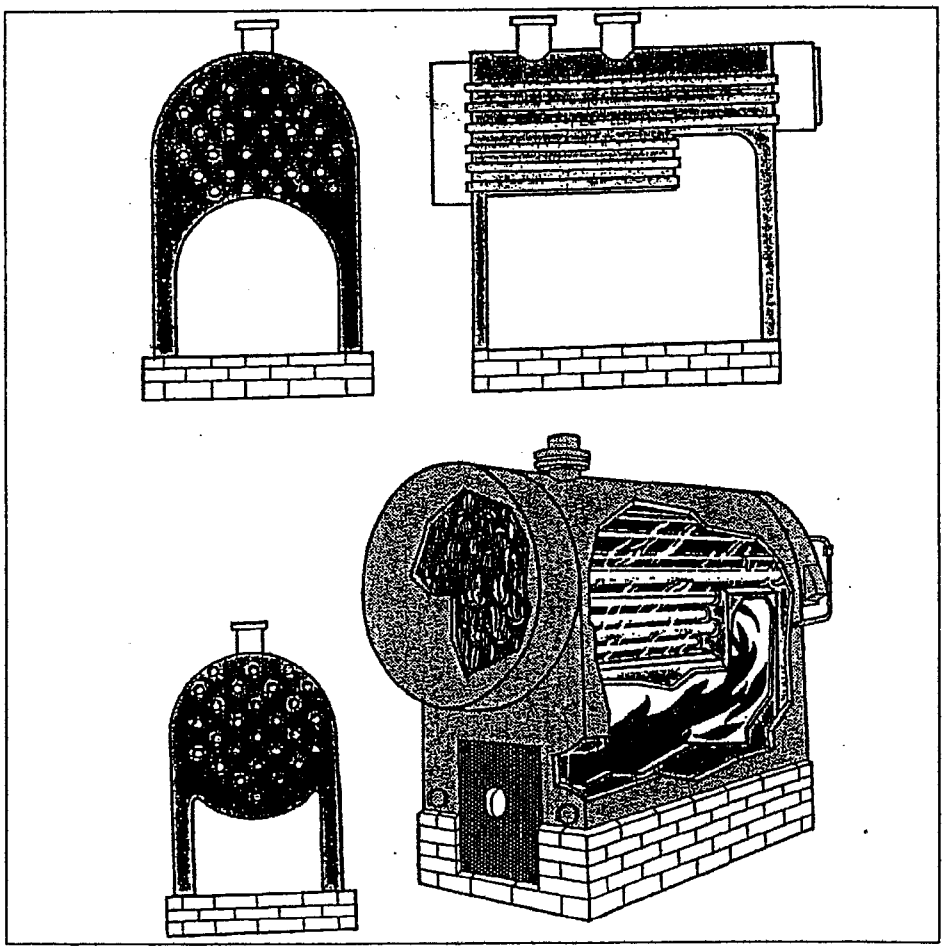


Fig. 8

Caldaia tipo "Marina"

STUDIO Prof. G. BRANCA * TECNICO

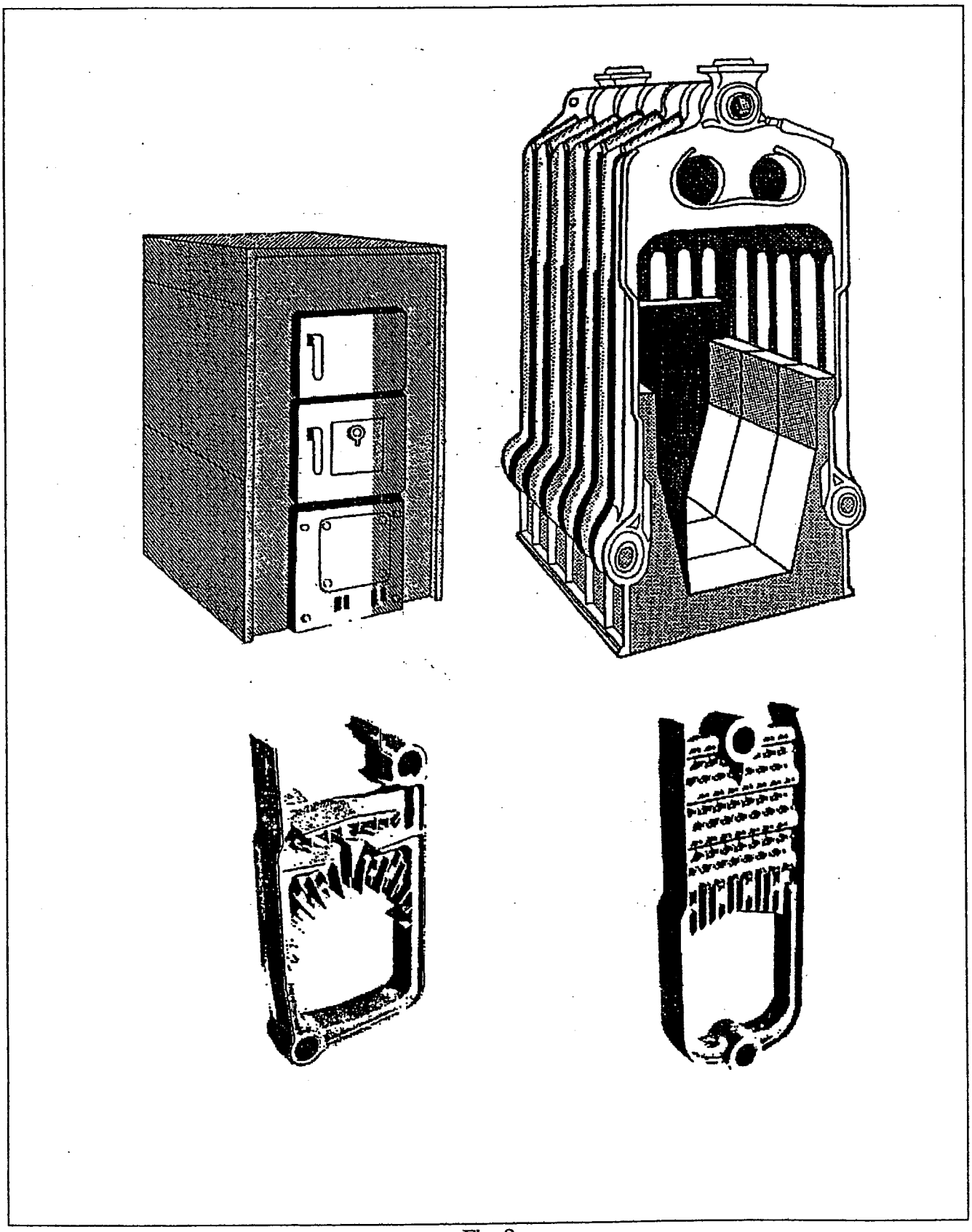


Fig. 9

Caldaia in ghisa

STUDIO * Prof. G. BRANCA * TECNICO

Caldaie pressurizzate

Oltre alle caldaie di tipo marina esistono anche caldaie pressurizzate che presentano il vantaggio di avere delle dimensioni molto ridotte rispetto alle prime e nelle quali si ha una combustione pressurizzata.

La combustione pressurizzata consiste nell'immettere nella camera di combustione l'aria comburente ad una pressione più alta che nelle normali caldaie. La maggiore pressione e conseguentemente la maggiore velocità dei fumi serve a vincere le resistenze del circuito, studiato per elevare al massimo la turbolenza e quindi lo scambio termico.

Il rendimento di tale tipo di caldaie è dell'ordine del 90 - 92%. La pressione nel focolare può variare da 10 a 100 mm di colonna d'acqua. Lo scambio termico da 30.000 a 40,000 kcal/h x m^2 di superficie di riscaldamento.

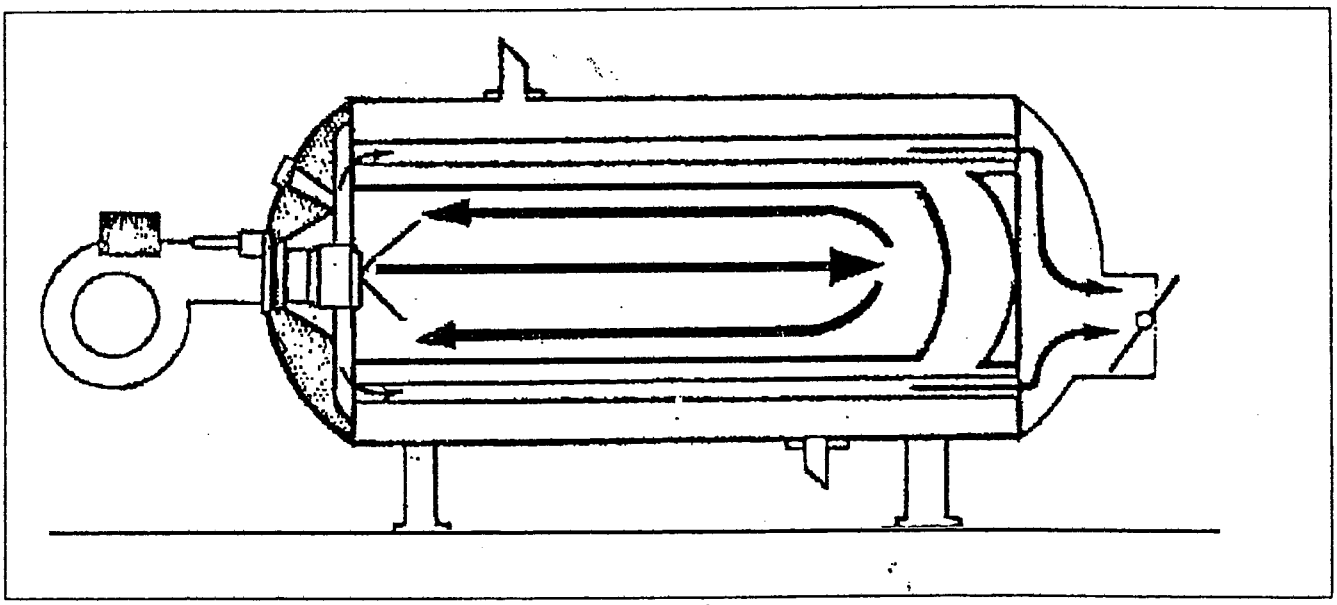


Fig. 10

Caldaia pressurizzata

STUDIO Prof. G. BIANCO TECNICO

MOTIVI CHE DETERMINANO IL MIGLIOR RENDIMENTO DELLE CALDAIE PRESSURIZZATE

— 1. Focolare al centro

— 2. Elevata velocità dei fumi

— 3. Minimo eccesso d'aria

— 4. Ritorno dei fumi attorno alla fiamma

CAUSA PRINCIPALI DELLA DIMINUZIONE DI RENDIMENTO DI UNA CALDAIA

— 1. Cattiva combustione

— 2. Eccesso di aria

— 3. Eccessivo tiraggio

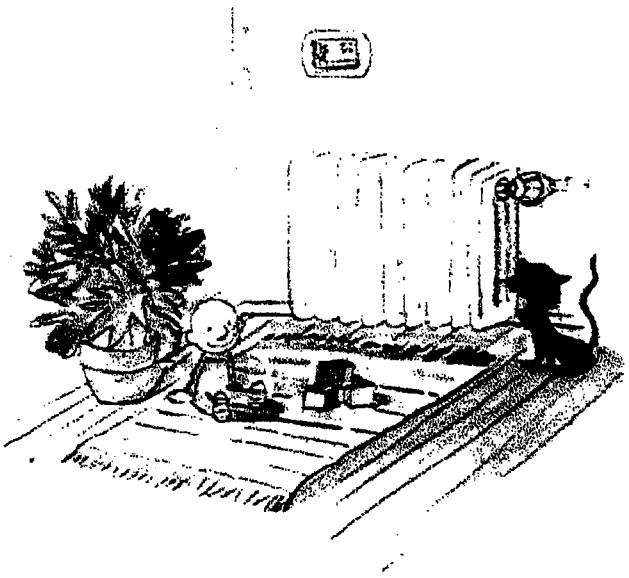
— 4. Caldaia sporca

STUDIO * Prof. G. BRANCA * TECNICO

STUDIO
Prof. G. BRANCA
TECNICO

L'IMPIANTO TERMICO: STRUTTURA E APPARECCHIATURE

L'impianto termico è un insieme di apparecchiature destinate alla climatizzazione degli ambienti o alla produzione di acqua calda per usi igienici e sanitari. Si compone di tre sottosistemi: il sistema di produzione del calore (la caldaia), il sistema di distribuzione e di utilizzazione (tubazioni e corpi scaldanti) ed il sistema regolazione e di controllo (il termostato).



La normativa vigente non considera impianto termico apparecchi quali: stufe, caminetti, apparecchi per il riscaldamento localizzato ad energia radiante, scaldacqua unifamiliari qualora essi non siano apparecchi fissi e la somma delle potenze nominali del focolare in ogni singola unità immobiliare non sia maggiore o uguale a 15 kW. (allegato A al Dlgs 192/05)

Il sistema di produzione del calore

Il cuore dell'impianto termico è il generatore di calore ovvero la caldaia. In essa l'energia termica prodotta dalla combustione di gas metano, gasolio, gpl o biomassa viene trasferita al fluido termovettore, solitamente acqua.

Esistono vari tipi di caldaie suddivise in tre principali categorie. Ognuna di esse appartiene all'una o all'altra a seconda della sua capacità di utilizzare appieno il potere calorifico del combustibile e dunque in relazione alla sua efficienza.

Tipo di caldaia	**Livello di efficienza**	**Classificazione (stelle)**
Standard a *TEMPERATURA* costante	Minima	* o **
A *TEMPERATURA* scorrevole	medio - alta	***
A condensazione	Alta	****

Caldaia standard a *TEMPERATURA* costante (* o **)

Questa tipo di caldaia è la più datata e oggi ancora la più diffusa. il suo funzionamento è caratterizzato da una *TEMPERATURA* media del fluido termovettore costante e piuttosto alta (70°-80°) al fine di evitare problemi di condensazione. La *TEMPERATURA* elevata è causa di notevoli dispersioni di calore ed incremento delle perdite a bruciatore spento. All'aumentare del numero di volte che la caldaia viene accesa e spenta, aumentano le perdite al camino per tiraggio e le perdite di prelavaggio. I frequenti cicli di accensione/spegnimento peggiorano inoltre il rendimento stagionale, che risulta generalmente basso, pur in presenza di un buon rendimento istantaneo di combustione.

Caldaia a *TEMPERATURA* scorrevole (***)

La caldaia a *TEMPERATURA* scorrevole consente il raggiungimento di elevati valori di rendimento medio stagionale, ottenuto grazie al proprio funzionamento caratterizzato da una *TEMPERATURA* variabile. La *TEMPERATURA* di mandata dell'impianto si dice variabile perchè è regolata in funzione

STUDIO * Prof. G. BRANCA * TECNICO

della richiesta del carico dell'impianto e quindi rapportata alle condizioni climatiche. In questo modo si riescono ad ottenere valori elevati di rendimento a carico parziale e dunque del rendimento medio stagionale. Producendo esattamente il calore richiesto non si ha un'inutile sovraproduzione e, grazie alle basse temperature (fino a 30°), si riducono le perdite di emissione e distribuzione.

Infine anche nel generatore a *TEMPERATURA* scorrevole si utilizza un bruciatore a più stadi di funzionamento con regolazione automatica dell'aria combustibile o un bruciatore modulante con regolazione dell'aria comburente, regolazione aria-combustibile in continuo.

Caldaia a Condensazione (****)

L'esigenza di migliorare l'efficienza dell'utilizzo delle fonti di energia ha spinto alcuni costruttori a sviluppare apparecchiature ad altissimo rendimento, che presentano un costo più elevato rispetto ai generatori tradizionali, ma consentono notevoli riduzioni di consumo di combustibile.

I generatori di calore a condensazione rappresentano attualmente una soluzione caratterizzata da notevoli potenzialità sia tecniche sia commerciali.

Le caldaie tradizionali utilizzano solo una parte dell'energia del combustibile, il cosiddetto potere calorifico inferiore; il resto viene disperso dal camino sotto forma di vapore acqueo. Con la tecnologia a condensazione, al contrario, si raffredda il vapore acqueo trasformandolo in acqua e, nel corso di questo processo denominato "condensazione", si recupera calore: il calore di condensazione. Dunque rispetto alle caldaie tradizionali, le caldaie a condensazione utilizzano una percentuale maggiore dell'energia fornita dal combustibile, il potere calorifico superiore.

Per convenzione il rendimento di tutti i generatori si calcola utilizzando il potere calorifero inferiore. Per questo motivo la caldaia a condensazione raggiunge un rendimento globale normalizzato maggiore del 100%.

La quota di sfruttamento del calore di condensazione dipende dalla *TEMPERATURA* di ritorno dell'acqua dell'impianto; più bassa è questa *TEMPERATURA*, tanto più alto è lo sfruttamento del calore latente e quindi anche il rendimento della caldaia a condensazione. Il rendimento ottimale è raggiunto per valori della *TEMPERATURA* di ritorno dell'acqua compresa tra i 25° ed i 40°. Da quanto esposto risulta chiaro che il miglior sfruttamento delle caldaie a condensazione si ha con terminali che funzionano a bassa *TEMPERATURA*, come ad esempio i pannelli radianti (per i tradizionali radiatori è sufficiente, per ottenere un buon valore del rendimento dell'impianto, l'utilizzo di una caldaia a *TEMPERATURA* scorrevole).

Infine installando una caldaia a condensazione si ottiene una riduzione delle emissioni inquinanti rispetto a una caldaia tradizionale e un risparmio dovuto al minore consumo di gas.

Pompa di calore

Il principio su cui si basa la pompa di calore è quello del frigorifero: è una macchina, alimentata energia elettrica, che trasferisce calore da un ambiente a *TEMPERATURA* più bassa a uno a *TEMPERATURA* più alta. Se l'energia termica erogata dal sistema è maggiore di quella elettrica fornita, il rapporto tra esse viene detto coefficiente di prestazione (COP).

Gli aspetti positivi della pompa di calore sono:

- si possono ottenere valori di COP pari a circa 4, ciò significa che per ottenere 4 kWh termici il compressore consuma 1 kWh elettrico;
- ingombro più piccolo della caldaia;
- manutenzione e verifica annuale non obbligatoria;
- il sistema è reversibile, quindi in estate può raffrescare gli ambienti.

Le pompe di calore vengono distinte in base alla sorgente fredda da cui prendono calore e al "pozzo caldo", cioè all'aria o all'acqua che riscaldano ulteriormente.

Le tipologie quindi sono le seguenti:

- Acqua-acqua, dove verrà riscaldata acqua trasferendo calore da altre acque (ad esempio quella di un pozzo o di un fiume o di una falda).
- Acqua-aria, dove verrà riscaldata aria attingendo calore da acqua.
- Aria-aria, dove verrà riscaldata aria trasferendo calore da altra aria.
- Aria-acqua, dove verrà riscaldata acqua attingendo calore da aria

Pompa di calore geotermica

La pompa di calore geotermica è una pompa di calore che utilizza come sorgente il calore presente nel terreno in profondità. Il principio di funzionamento si basa sul fatto che, mentre l'aria e la superficie del terreno hanno nell'arco delle stagioni una grande variazione di *TEMPERATURA*, la terra a partire da 3 metri di profondità, nonché l'acqua di falda o dei pozzi, hanno variazioni minime, e quindi nei mesi estivi sono più fresche mentre in quelli invernali più calde dell'ambiente in superficie. Questa differenza di *TEMPERATURA* viene sfruttata attraverso delle sonde geotermiche, che scendono nel terreno in verticale o si sviluppano in una superficie orizzontale pochi metri sotto il livello del terreno, per captare il calore e consegnarlo alla pompa di calore. La pompa, alimentata con energia elettrica, sfrutta il calore per riscaldare (o d'estate raffrescare) acqua o aria. I COP delle pompe di calore geotermiche sono solitamente molto alti, e permettono un notevole risparmio energetico. Normalmente l'esercizio di una pompa di calore geotermica permette di risparmiare dal 50% al 75% rispetto al riscaldamento a metano o GPL.

Gli svantaggi di un sistema di questo tipo sono principalmente:

- alti costi iniziali (ripagati però in un tempo relativamente breve)

STUDIO * Prof. G. BRANCA * TECNICO

- necessità di opere di trivellazione nel caso di sonde verticali (anche se ogni sonda, corrispondente di solito ad una potenza dai 5 ai 7 kW, necessita di un foro molto stretto, di diametro inferiore ai 30 cm)
- opportunità di abbinare alla pompa di calore sistemi di emissione termica a "bassa *TEMPERATURA*" (quindi non radiatori, ma pannelli radianti a parete o pavimento, o ventilconvettori)
- necessità di verificare se il sottosuolo o le acque sotterranee sono sottoposte a vincoli
- necessità di un'analisi preliminare del suolo per capire i costi della trivellazione

I vantaggi, oltre al risparmio energetico, sono:

- ingombro ridotto della pompa di calore
- impatto visivo nullo
- minore manutenzione rispetto ad una caldaia tradizionale (non è necessaria la manutenzione annuale, il controllo fumi, ecc.)
- assenza di canna fumaria
- reversibilità della pompa (la pompa di calore può scaldare d'inverno acqua o aria, e d'estate raffrescare l'aria)

I sistemi più comuni per sfruttare il calore del sottosuolo con pompe di calore sono: le sonde geotermiche, i pozzi di captazione e reimmissione di acque sotterranee, le serpentine nel terreno e i pali energetici.

Sonde geotermiche: la profondità che raggiungono le sonde geotermiche va dai 50 ai 350 m, in funzione del tipo di terreno e della potenza da captare con la sonda. E' importante analizzare il suolo prima di perforare; in questo modo si possono stimare i costi della perforazione, e quanta energia si riuscirà a captare. Le sonde sono dei tubi di diametro relativamente piccolo (il diametro totale di una sonda, che comprende i due tubi di andata e di ritorno) è meno di 30 cm.

Sistemi ad acqua di falda: un modo efficiente di sfruttare la fonte geotermica è utilizzare il calore (o il fresco) contenuto nell'acqua di una falda o di un pozzo. In questo modo si riducono di molto i costi di installazione (nel caso del pozzo non occorre neanche perforare) e come fluido termovettore si può utilizzare direttamente l'acqua di falda. E' vero anche che per raggiungere una falda, può essere che i costi lievitino rispetto alle semplici sonde geotermiche, anche se la falda si trova a profondità ridotte come 20 o 30 m. Per questo si ribadisce la necessità di studi preliminari.

Serpentine e pali energetici: è il modo in assoluto più economico per l'uso della geotermia. Le serpentine sono una serie di tubi disposti su una superficie orizzontale a pochi metri di profondità dal suolo. Il pali energetici sono verticali e di solito vengono costruiti con le fondamenta della casa. Non sono adatti nel caso di ristrutturazioni.

Il sistema di distribuzione ed utilizzazione del calore

Il sistema di distribuzione ed utilizzazione del calore è composto da un insieme di tubazioni, che indirizzano il calore laddove serve e da un insieme di "corpi scaldanti" che lo cedono laddove voluto. Le principali tipologie sono:

- termosifoni (detti anche radiatori o convettori) e piastre radianti
- termoconvettori e ventilconvettori
- radiatori a battiscopa
- pannelli radianti: a pavimento (i più usati), a parete, a soffitto

Termosifoni (radiatori o convertitori)

I corpi scaldanti hanno la funzione di immettere nell'ambiente da riscaldare l'energia termica prodotta dalla caldaia e trasmessa attraverso una rete di tubi collegati ai radiatori (rete di distribuzione), scambiando calore con l'ambiente.

Il termosifone costituisce la parte finale dell'impianto e va dal classico radiatore costituito da elementi verticali uguali, generalmente in ghisa o in lamiera d'acciaio o in lega di alluminio, a quello a piastra radiante, all'infinita gamma dei praticissimi scaldasalviette da bagno.

I radiatori in ghisa sono caratterizzati da una durata pressochè illimitata e sono particolarmente adatti nelle abitazioni caratterizzate da un uso continuativo dell'impianto di riscaldamento in quanto si scaldano lentamente, ma mantengono il calore molto a lungo. I radiatori in acciaio sono disponibili anche in modelli assai gradevoli dal punto di vista estetico ed hanno un'ottima resa termica, ma sono soggetti al pericolo della corrosione che ne limita la durata. Infine i radiatori in alluminio sono caratterizzati da una buona resistenza alla corrosione, da un minor ingombro e da una bassa inerzia termica dunque si riscaldano velocemente, ma altrettanto rapidamente si raffreddano.

Le piastre radianti, a differenza dei radiatori, non sono costituite da elementi modulari, ma da un unico blocco, in genere in acciaio e talvolta in ghisa. Sono caratterizzati da un minor ingombro, da un minor contenuto d'acqua e dalla facile manutenzione (pulizia). Questa ultima specifica li rende particolarmente adatti per l'impiego in ambienti che richiedono la massima pulizia con un limitato ingombro quali scuole, palestre, ospedali.

Ventilconvettori

I ventilconvettori, denominati anche fan-coil (dall'inglese fan = ventilatore e coil = batteria), per mezzo di un ventilatore interno di cui sono equipaggiati, producono un attivo ricircolo d'aria che impedisce la formazione di zone stagnanti e mantiene un movimento dell'aria gradevole ed uniforme.

I più recenti ventilconvettori hanno un filtro sulla ripresa dell'apparecchio che trattiene con continuità polveri, filacce, fibre, pelo animale ecc. depurando l'aria e prevenendo l'inalazione di queste impurità.

STUDIO * Prof. G. BRANCA * TECNICO

Pertanto le persone che soggiornano negli ambienti risultano protette contro gli effetti delle polveri, e nei locali si realizzano condizioni più igieniche e salutari.

Sono molto utilizzati nel caso di climatizzazione estate-inverno, in considerazione del costo limitato, della versatilità, dell'ingombro modesto e della possibilità di regolazione della potenza erogata dai singoli apparecchi. E' sufficiente l'installazione di un piccolo ed efficiente gruppo refrigeratore d'acqua, ad esempio una pompa di calore. La macchina refrigeratrice produce l'acqua refrigerata che alimenta i ventilconvettori nella stagione estiva. In questo modo essi realizzano il raffreddamento e la deumidificazione dell'aria (tolgono cioè l'umidità), oltre alla sua costante filtrazione.

La regolazione manuale dei singoli apparecchi è effettuata dall'occupante commutando la velocità di rotazione dell'elettroventilatore (in genere su tre posizioni), mentre la termoregolazione ambientale è effettuata in genere per mezzo di un termostrato che arresta o mette in funzione l'elettroventilatore.

Il ventilatore interno all'apparato è causa di rumore e la sua rumorosità aumenta al crescere della portata d'aria; per tale motivo occorre porre particolare attenzione al livello di rumorosità nella scelta degli apparecchi.

Si consiglia l'uso dei ventilconvettori nei locali adibiti ad uffici e non nelle abitazioni proprio a causa della loro rumorosità; in ogni caso per contenere tale inconveniente si suggerisce l'utilizzo di ventilconvettori dotati di ventilatori tangenziali.

Oltre alle opportunità di regolazione già elencate, per le grandi utenze caratterizzate da un'occupazione saltuaria, un'ulteriore possibilità di programmazione degli apparecchi consiste nell'impiego di una valvola deviatrice del flusso che intercetta l'acqua nel caso di non occupazione dell'ambiente o ne regola la *TEMPERATURA*.

I ventilconvettori possono essere realizzati nel modello verticale a pavimento ed in quello orizzontale a soffitto; la scelta deve essere tale da evitare che le persone vengano a trovarsi in posizione troppo esposta al getto d'aria e da ottenere una distribuzione abbastanza uniforme della *TEMPERATURA* (i ventilconvettori a soffitto sono perciò sconsigliati per riscaldare le abitazioni in quanto l'aria calda tende ad salire verso l'alto).

Radiatori a battiscopa

Un'altra alternativa ai tradizionali radiatori è il sistema a battiscopa che consiste in un tubo di rame infilato in una serie di lamelle radianti. All'interno scorre acqua con *TEMPERATURA* di circa 60°C. Un velo di aria calda sale a contatto con la parete riscaldandola e determinando una situazione di equilibrio termico all'altezza di 150-200 cm: in questo modo si ottiene un'ottimale distribuzione del calore, evitando gli accumuli a soffitto con conseguente risparmio energetico.

Si consiglia l'utilizzo di questo tipo di terminale di impianto per gli edifici di nuova costruzione con prevalente uso lavorativo (uffici, aule studio ecc.) e non per le abitazioni in cui si suggerisce l'uso di pannelli radianti a pavimento illustrati nel paragrafo successivo.

Pannelli radianti

I pannelli radianti sono costituiti da ampie superfici scaldate mediante serpentine di tubi in cui viene fatta circolare l'acqua; si utilizzano nel riscaldamento e raffrescamento installandoli a pavimento, a parete e a soffitto. I materiali utilizzati per le serpentine sono l'acciaio, il rame e, più frequentemente, i materiali plastici. La *TEMPERATURA* di ingresso dell'acqua nell'impianto è di circa di 45° affinchè la *TEMPERATURA* superficiale massima non superi valori limite; ad esempio per gli impianti a pavimento il valore limite è di 25÷28°C. La regolazione termica dei diversi circuiti in modo indipendente permette di stabilire una diversa *TEMPERATURA* in ogni locale; il pannello radiante ha infatti il vantaggio di dare la sensazione di trovarsi in un ambiente con 22-23°C mentre in realtà il termometro segna solo 20°C. Ha inoltre un'importante funzione di isolamento acustico che permette di assorbire i rumori tra i vari piani.

Un ulteriore vantaggio del funzionamento a bassa *TEMPERATURA* dei pannelli radianti è l'adattabilità ad una perfetta integrazione con caldaie a condensazione e con fonti energetiche alternative come il solare termico.

Pannelli radianti a pavimento

Il più diffuso e consueto impianto a pannelli radianti è sicuramente quello a pavimento. Esso ha numerosi vantaggi:

1. migliora il benessere termico riducendo i consumi
2. riscalda e raffresca senza movimentare l'aria;
3. aumenta la superficie utilizzabile degli ambienti con un corrispondente maggior valore dell'immobile (non c'è nessun spazio da adibire e da rendere libero per l'installazione e l'uso dei termosifoni);
4. riscalda con minor consumo di energia;
5. lascia libertà d'arredamento (si possono posizionare i mobili ovunque e appoggiarli contro ogni parete);
6. è polivalente (lo posso usare sia in inverno che in estate se lo progetto anche come sistema di raffrescamento);
7. non solleva polveri perchè non circola aria, infatti opera per effetto radiante, quindi evita i tipici malesseri degli impianti di climatizzazione e la tinteggiatura periodica per i "baffi" dei radiatori;
8. se si utilizza come sistema di raffrescamento, consuma molta meno energia elettrica di un normale spilt.

Si consiglia l'utilizzo di questo sistema impiantistico per le nuove costruzioni in abbinamento ad una caldaia a condensazione.

STUDIO * Prof. G. BRANCA * TECNICO

Molti hanno un ricordo negativo di questa tecnologia, per come era usata in molti appartamenti urbani di lusso costruiti negli anni 60 - 70: erano alimentati con l'acqua molto calda (60 - 70 gradi invece dei 28 - 29 raccomandati) di impianti centralizzati a *TEMPERATURA* non controllabile, quindi l'eccessivo caldo al pavimento provocava dolori alle gambe, sollevamento della polvere e conseguente sensazione di secchezza delle fauci. Basta un moderno controllo della *TEMPERATURA* dell'acqua per capovolgere totalmente la situazione e godere di una delle più confortevoli forme di riscaldamento.

IL SISTEMA DI REGOLAZIONE

Per regolazione di un impianto termico s'intende quel complesso di operazioni con le quali si vuole realizzare e mantenere il comfort climatico negli ambienti abitati, controllando la *TEMPERATURA* ambiente.

Perciò attraverso un sistema di regolazione si è in grado di controllare il funzionamento dell'impianto in seguito a variazioni di *TEMPERATURA* interna o esterna all'ambiente. In alcuni impianti è presente anche una sonda che regola il funzionamento della caldaia anche in base alla *TEMPERATURA* esterna.

Gli impianti di riscaldamento autonomi devono essere dotati di un termostato ambiente che interrompa l'apporto di energia al raggiungimento della *TEMPERATURA* prefissata per l'aria del locale riscaldato; in base al DPR 412/93 tutti i nuovi impianti (anche quelli ristrutturati) devono essere dotati di apparecchi più recenti, i cronotermostati, che riuniscono sia la funzione di controllo della *TEMPERATURA* sia quella di interruttore orario con programmatore regolato con almeno due temperature nelle 24 ore.
Gli impianti migliori sono quelli progettati a zone, con ad esempio due diversi termostati per la zona giorno e la zona notte.

STUDIO * Prof. G. BRANCA * TECNICO

STUDIO
Prof. G. ERANCA
TECNICO

I prodotti della combustione devono essere eliminati attraverso un condotto chiamato camino, di sezione quadrata, rettangolare (con rapporto tra i lati non superiore a 1,5) ellittica o circolare.

La spinta verso l'alto dei prodotti della combustione nell'interno del camino viene chiamata tiraggio.

I prodotti della combustione tendono a salire in alto a causa dell'energia generata dalla differenza di densità fra i prodotti della combustione e l'aria esterna al camino.

Temperature al camino

Un buon valore è compreso tra i 200° e 250°C. Temperature ~~inferiori ai 200°C~~ indicano una eccessiva quantità di aria, mentre temperature più elevate denotano uno spreco di calore dovuto a:

— 1. incrostazioni di carbonio nei giri di fumo;

— 2. incrostazioni calcaree all'esterno dei giri di fumo;

— 3. eccessivo tiraggio;

— 4. eccessivo sviluppo di calore nel focolare.

Il pressodeprimometro si usa per misurare pressioni e depressioni in camera di combustione e nel camino, in millimetri di colonna di acqua; serve quindi a controllare che esistano condizioni di tiraggio adatte per un buon andamento della combustione. (Ogni millimetro di colonna di acqua corrisponde ad una depressione di $1Kg/m^2$, ossia ad 1/10,000 d'Atmosfera

L'analizzatore di anidride carbonica serve a controllare la completezza della combustione.

Per la determinazione della CO_2, si preleva un certo volume di fumi che si fa passare nell'apparecchio analizzatore a contatto di un liquido che ha la proprietà di assorbire solamente la CO_2.

Si legge quindi la percentuale della CO_2 su una scala graduata riportata sull'apparecchio.

La medesima operazione si effettua per la determinazione del CO e dell'O.

STUDIO * Prof. G. FRANCI * TECNICO

Un buon valore di CO_2 si aggira sul 12 - 13%; se si ha una combustione con eccesso di aria avremo una percentuale di CO_2 più bassa.

L'indicatore di fumo: è uno strumento che serve a valutare se il grado di fumosità è eccessivo o tollerabile.

La determinazione della quantità degli incombusti solidi (fuliggine) o numero del fumo viene fatto nella maggior parte dei casi con l'apparecchio di BACHARACH.

Il numero di fumo indica quindi la quantità fuliggine (carbonio non bruciato) presente nel fumo.

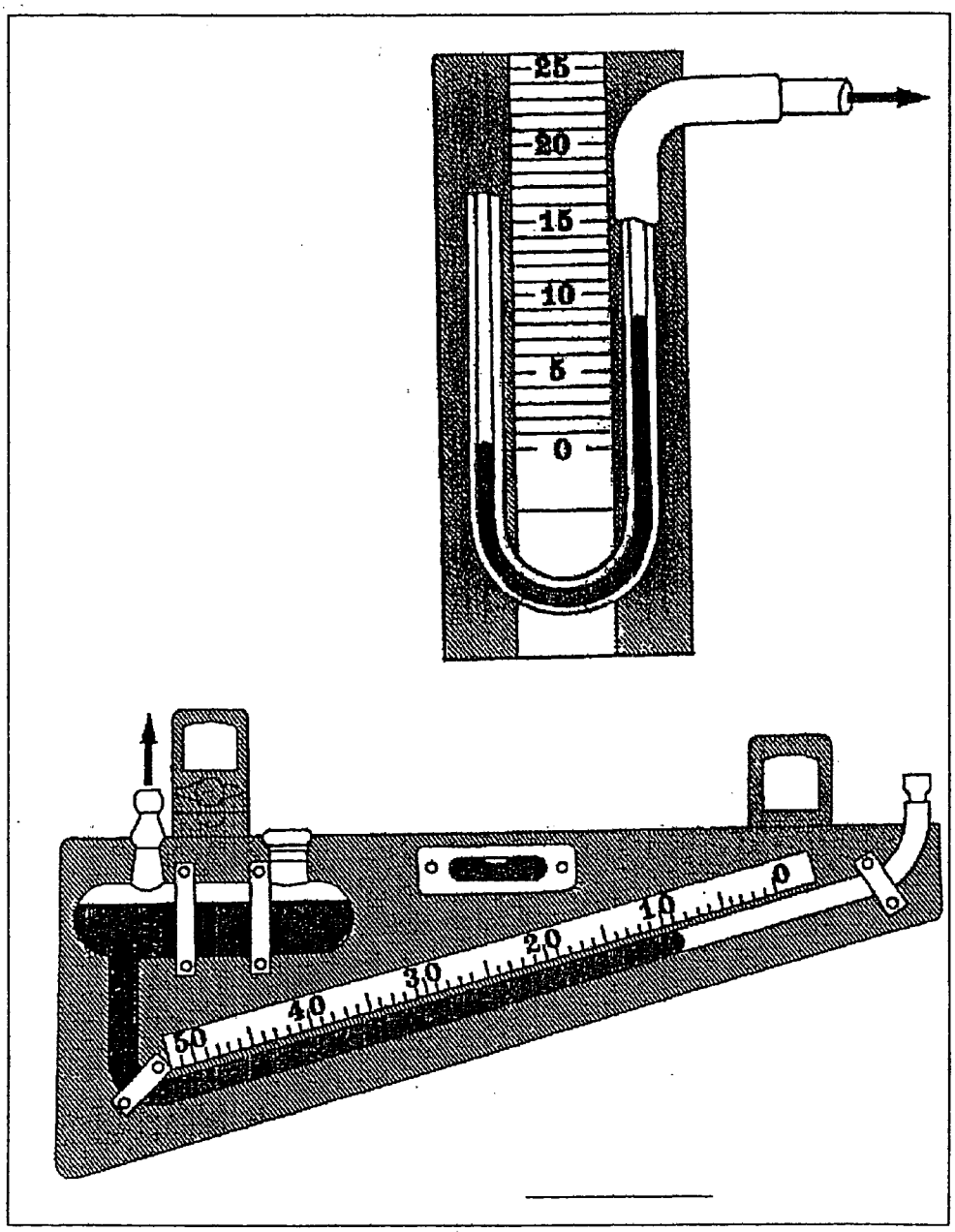
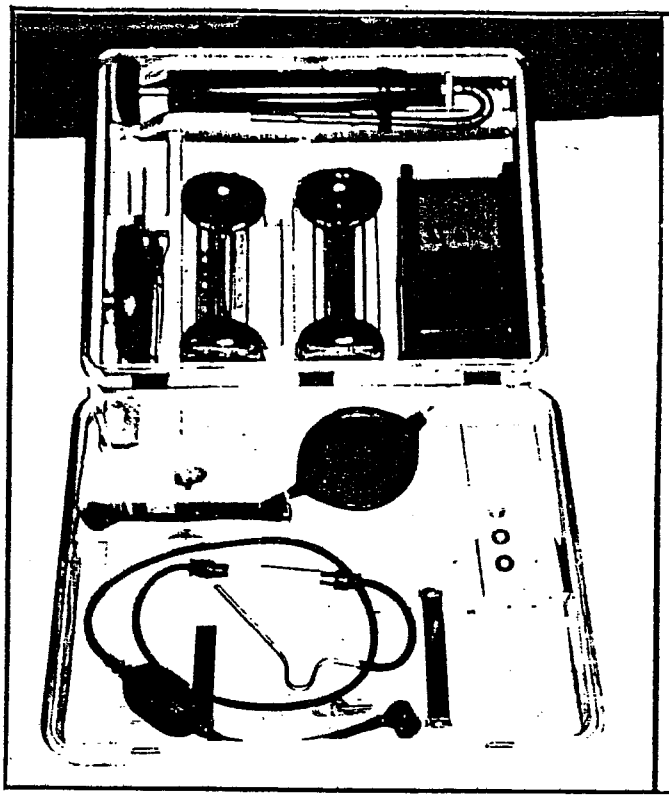


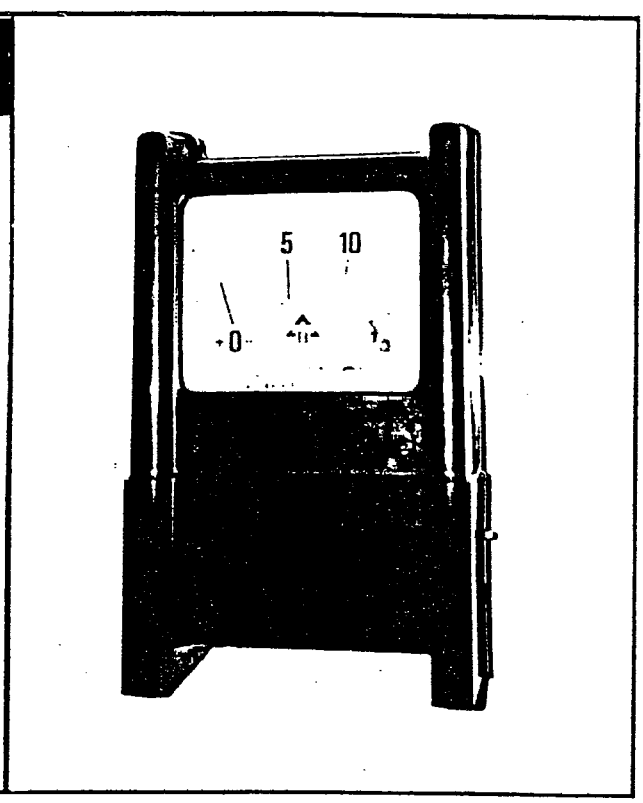
Fig. 11

Deprimometro

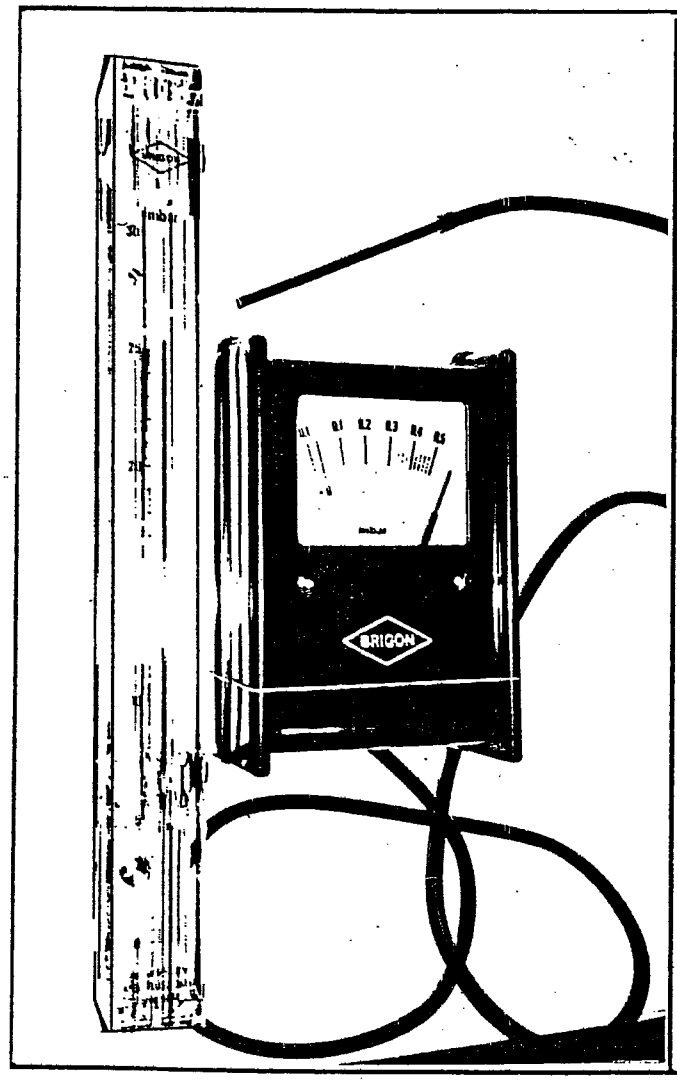
STUDIO * Prof. G. BRANCA * TECNICO



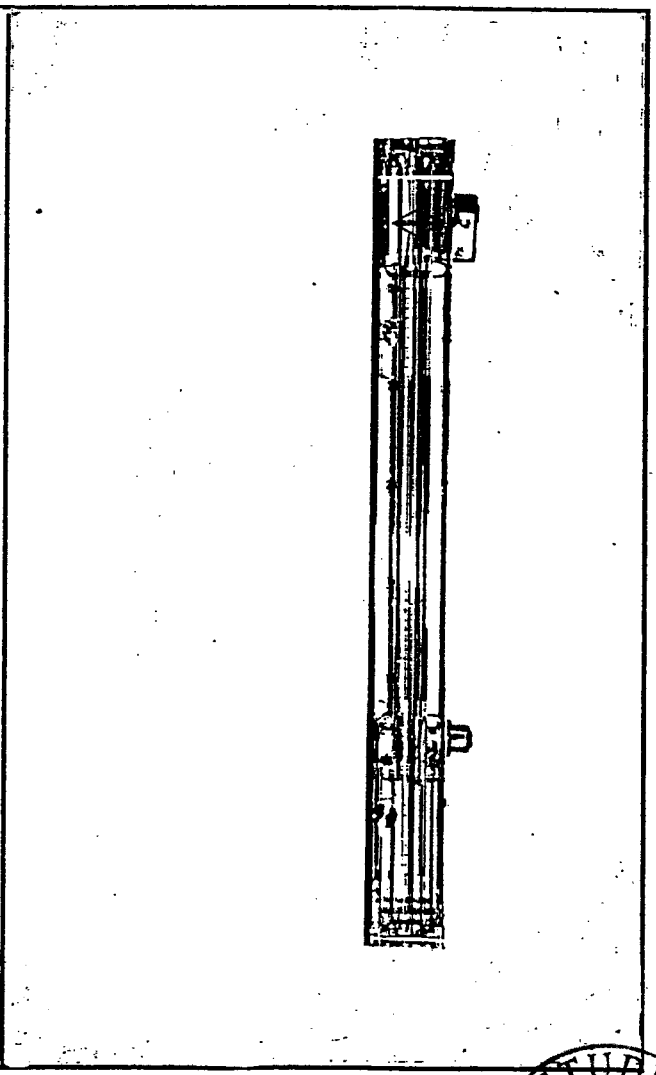
1



2



3

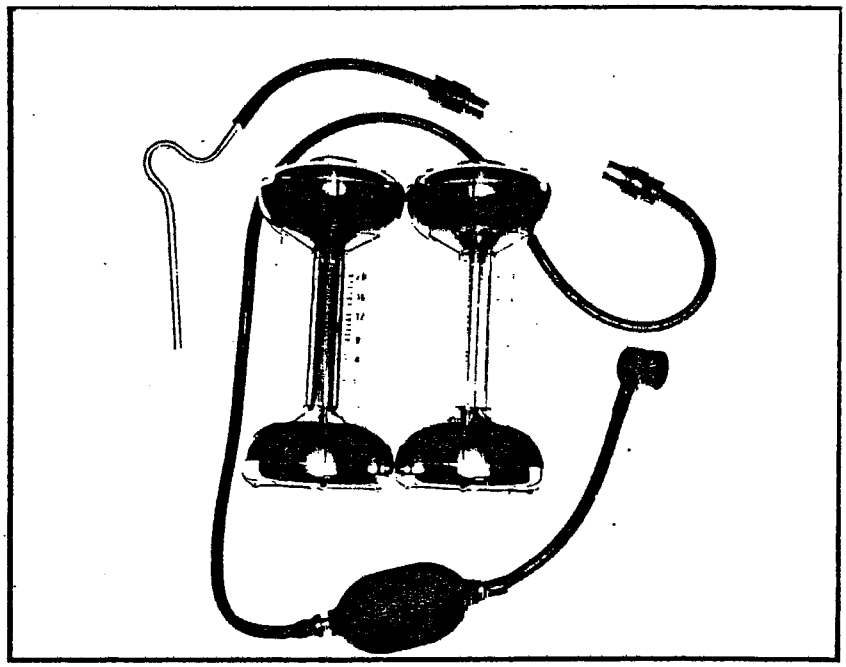


4

Fig. 12

1. Cassetta per l'analisi dei fumi - 2 Deprimometro - 3 e 4 Pressodeprimometro

STUDIO * Prof. G. [illegible] * TECNICO



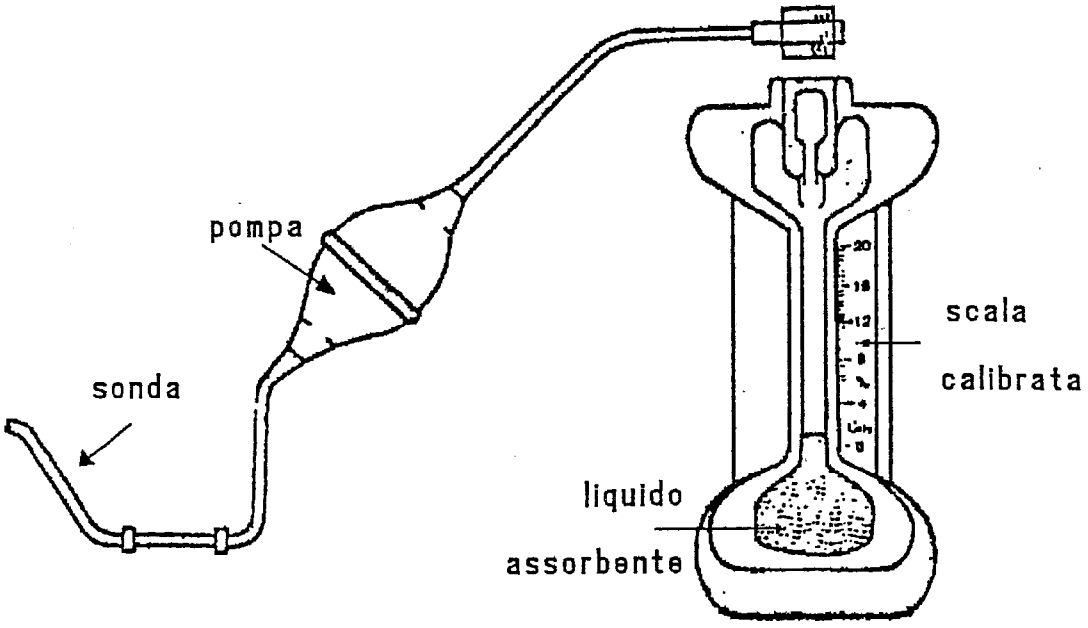


Fig. 13

Analizzatori di CO_2 e di O_2

STUDIO
Prof. G. BRANCA
TECNICO

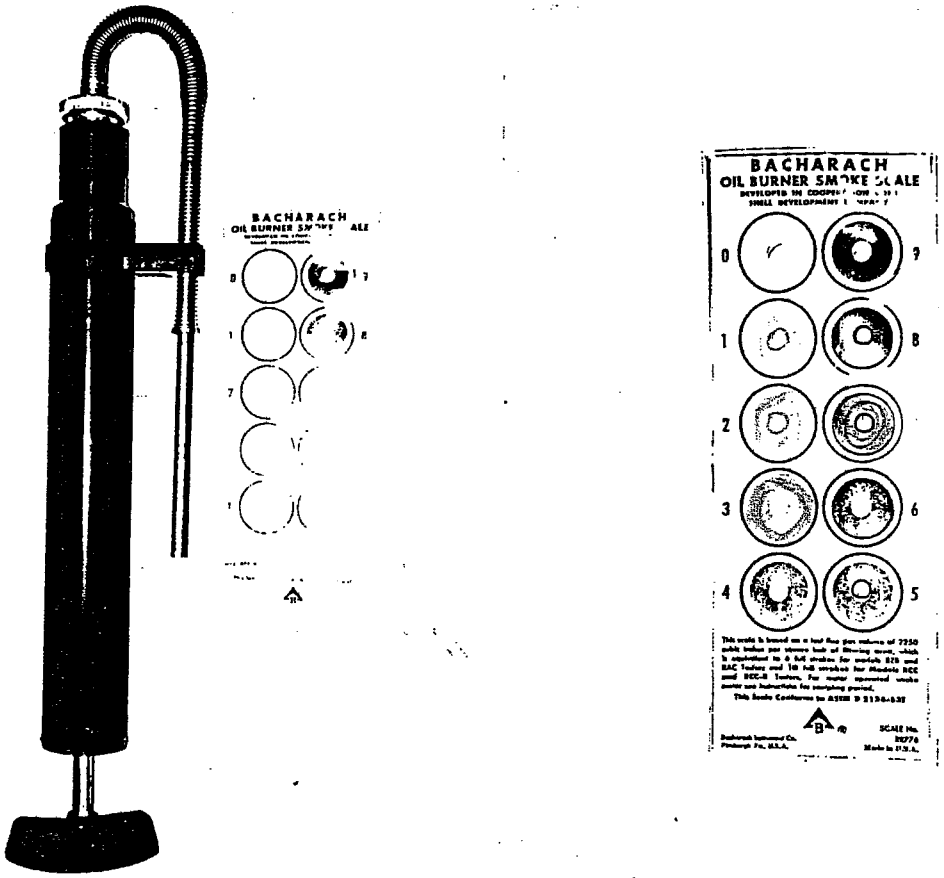


Fig. 14

Misuratore di fuliggine e scala colorimetrica

STUDIO
Prof. G. BRANCA
TECNICO

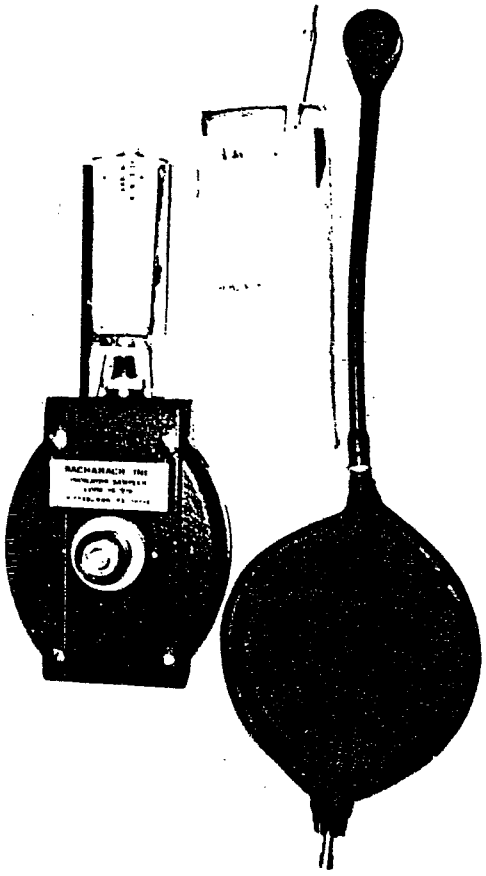


Fig. 15

Misuratore del contenuto di CO nei fumi

STUDIO
Prof. G. BRANCA
TECNICO

LA COMBUSTIONE

valori espressi in peso, e non in volume. Si utilizza allora il milligrammo per metro cubo (mg/m^3) che si ottiene moltiplicando i ppm per il peso specifico del gas misurato.

Diversi metodi di analisi

Illustriamo con un esempio i due metodi di analisi di una miscela gassosa, esaminando i fumi prodotti dalla combustione di gas metano.
Consideriamo una combustione senza perdite per incombusto, e con un eccesso d'aria del 10%.
In queste condizioni, per ogni m^3 di metano abbiamo uno sviluppo di 11,5 m^3 di fumi così composti:

Anidride Carbonica:	1,0 m^3
Ossigeno:	0,2 m^3
Azoto:	8,3 m^3
Vapore d'acqua:	2,0 m^3
Totale	11,5 m^3

1° Metodo: misura su gas umidi

Un analizzatore costituito da una sonda con sensore immerso nella corrente dei fumi nel camino darebbe valori di ossigeno e anidride carbonica espressi come percentuale del volume totale dei fumi (11,5 m^3).

Avremo:

$O_2 = 0,2/11,5 = 0,017$ cioè 1,7%

$CO_2 = 1/11,5 = 0,087$ cioè 8,7%

Questa analisi, così espressa, è chiamata «misura su gas umidi» perché riferita al volume totale dei fumi, incluso il componente vapore d'acqua in essi contenuto (bruciando idrocarburi si sviluppa infatti anche acqua).
Analizzatori di questo tipo si impiegano soprattutto nel campo industriale, per l'analisi continua dell'ossigeno e la regolazione del rapporto aria/combustibile.

2° Metodo: misura su gas secchi

Nella maggioranza delle applicazioni, l'analisi dei gas si esegue aspirando i fumi dal camino, e portandoli allo strumento che contiene i sensori.
Nel passaggio dal camino allo strumento, i fumi si raffreddano fino a temperatura ambiente; il vapore d'acqua condensa ed il volume dei fumi (ora secchi) si riduce del volume prima occupato dal vapore.
In queste condizioni restano invariate le quantità dei componenti; variano invece le loro proporzioni rispetto al volume effettivo dei fumi che, nel nostro esempio, è passato da 11,5 a 9,5 m^3 perché abbiamo perso i 2 m^3 di vapore.
(Abbiamo trascurato per semplicità di ragionamento la diminuzione di volume dovuta alla diminuzione della temperatura).
L'analizzatore che esprime i valori percentuali rispetto al nuovo volume dei fumi, ci fornisce la seguente «misura su fumi secchi».

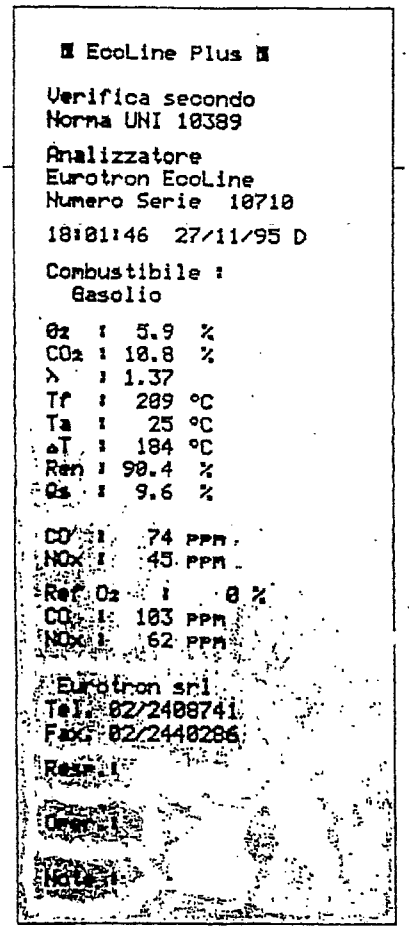
Avremo:

$O_2 = 0,2/9,5 = 0,021$ cioè 2,1%

$CO_2 = 1/9,5 = 0,105$ cioè 10,5%

Come si osserva, tra le due misure (su fumi secchi e su fumi umidi) esiste una netta differenza che dipende dalla quantità di vapore contenuta nei fumi, dall'eccesso d'aria e dal contenuto di umidità dell'aria di combustione e che, se non ben interpretata, spesso crea motivi di perplessità e discussione.
La Legge, allo scopo di normalizzare le procedure, e per stabilire un criterio comparativo per il controllo della combustione, ha voluto eliminare ogni interferenza esterna nelle misure (contenuto di umidità nei fumi) e stabilisce che tutte le analisi siano effettuate su fumi secchi.
Questa condizione si realizza lungo il percorso dal camino allo strumento per raffreddamento naturale o forzato dei gas e formazione di condensa. L'acqua viene raccolta in un bicchierino separatore ed eliminata al termi-

STUDIO Prof. G. BRANCA TECNICO



EcoLine Plus

Verifica secondo
Norma UNI 10389

Analizzatore
Eurotron EcoLine
Numero Serie 10710

18:01:46 27/11/95 D

Combustibile :
Gasolio

O2	5.9	%
CO2	10.8	%
λ	1.37	
Tf	209	°C
Ta	25	°C
ΔT	184	°C
Ren	90.4	%
Qs	9.6	%
CO	74	ppm
NOx	45	ppm
Ref O2	0	%
CO	103	ppm
NOx	62	ppm

Eurotron srl
Tel. 02/2408741
Fax. 02/2440286
Resp.:
Oper.:
Note:

Senza nome

23.12.2014 00:37:08
Combustibile: METANO
O2 Rif.: 3.0%
CO2 teorico: 11.7%

59.9	°C	Temp. fumi
17.0	°C	T aria comb.
5.2	%	O2 ossigeno
19	ppm	CO fumi sec.
-----	m³/h	Portata comb
1.33		Indice aria
8.80	%	CO2
25	ppm	CO senz'aria
15	ppm	Nox
97.8	%	Rendimento n
2.2	%	Qs perdita
-----	mbar	Tiraggio
-----	°C	Temp. Ti
-----	kW	Potenza term
14	ppm	NO

Temp.mandata: ----- °C

Senza nome

26.11.2014 16:39:13
Combustibile: METANO
O2 Rif.: 3.0%
CO2 teorico: 11.7%

138.9	°C	Temp. fumi
15.5	°C	T aria comb.
14.2	%	O2 ossigeno
204	ppm	CO fumi sec.
-----	m³/h	Portata comb
3.09		Indice aria
3.79	%	CO2
630	ppm	CO senz'aria
26	ppm	Nox
86.8	%	Rendimento n
13.2	%	Qs perdita
0.00	mbar	Tiraggio
-----	°C	Temp. Ti
-----	kW	Potenza term
25	ppm	NO

Temp.mandata: ----- °C

Norma UNI10389
DPR412/93 551/99
all.le2 DM170303

Eco 4000
Numero serie: 72907

Data: 21/11/2006
Ora : 11:32

Comb.:	Gas Naturale	
O2	5.8	%
T fumi	185.4	°C
T aria	21.6	°C
CO	0	ppm
NO	53	ppm
NOx	54	ppm
CO2	8.4	%
Ind.aria λ:	1.34	
T diff.	163.8	°C
Rend. η	91.2	%
Perd. Qs	8.8	%
Rif. CO	0.0	%
CO	0	ppm
Rif. altri:	0.0	%
NO	73	ppm
NOx	75	ppm

Nerofumo : - - -

Derivati petr. : No
Tiraggio : -------

TAG IMPIANTO
Impianto 2

TAG GENERATORE
Generatore 1

DATI CLIENTE

Nome : Cliente 2
Indir.:
Citta':
Tel. :

Note : CALDAIA N°2

Rapporto di analisi

Il rapporto di prova, redatto secondo la normativa UNI 10389 in 1 o 2 copie, è un completo elenco di tutti i valori necessari all'interpretazione del fenomeno combustione che stiamo controllando. Lo riportiamo con i simboli delle diverse grandezze, e il loro significato qualitativo:

Ossigeno (O_2) - Rappresentativo della completezza della combustione e del volume dei fumi

Anidride Carbonica (CO_2) - È complementare all'ossigeno nell'indicazione della completezza della combustione e del volume dei suoi fumi

Ossido di carbonio (CO) - Rivela una combustione incompleta e presenza di incombusti

Eccesso d'aria λ (lambda) - Dice quanto la nostra combustione è lontana dalla combustione teorica in relazione alla quantità di aria utilizzata

Perdita per calore sensibile al camino (Qs) - È la perdita che definisce il rendimento di combustione

Rendimento di combustione (Rc) - Deve essere il più alto possibile e comunque maggiore del valore di legge in funzione della potenza della caldaia

Temperatura fumi (Tf) - È indicativa dello scambio termico fumi-acqua

Temperatura aria di combustione (Ta) - Non deve essere confusa con la temperatura ambiente .

Ossido di carbonio riportato alle condizioni di combustione teorica [CO (di O_2)] - È questo il valore che va confrontato con il limite imposto dalla legge e riportato nel libretto di caldaia

Ossidi di azoto (NOx) - Indice di inquinamento. Utile, ma non richiesto dalla Legge 10

STUDIO Prof. G. BRANCA TECNICO

quanto la scelta di caldaie a tre giri di fumo e bruciatori radianti comporta sicuramente un maggiore investimento iniziale, che viene comunque premiato nel tempo con un minore consumo di combustibile (dati i migliori rendimenti del sistema) e la consapevolezza di avere operato nel rispetto delle raccomandazioni e indicazioni legislative, a livello sia nazionale sia europeo, mirate alla riduzione delle emissioni inquinanti in atmosfera.
Si riportano nella tabella 23.4 i valori limite di emissione di NOx imposti da alcune normative e marchi europei più significativi, mentre nella tabella 23.5 si riassumono i livelli di emissioni di NOx riferiti alle principali tipologie di caldaie in commercio.

Tab. 23.4 – Principali valori limite di emissioni NOx a livello europeo.

Riferimento	NOx mg/kWh
DIN4702 (ed. marzo 1990)	
Caldaie con bruciatore a gasolio ad aria soffiata	260
Caldaie con bruciatore a gas ad aria soffiata inf. 350kW	150
Caldaie con bruciatore a gas ad aria soffiata inf. 350kW	200
Caldaie a gas metano con bruciatore atmosferico	200
Caldaie a condensazione a gas metano	200
Marchio ecologico "angelo Blu"	
Caldaie murali sino a 30kW	60
Caldaie a gas con bruciatore aria soffiata sino a 70 kW	70
Caldaie a condensazione a gas sino a 70 kW	60
Normativa Svizzera LRV92	
Caldaie con bruciatore a gas ad aria soffiata	80
Caldaie a gas con bruciatore atmosferico inf. 12 kW	120
Caldaie a gas con bruciatore atmosferico sup. 12 kW	80
Norma UNI EN 297/A5	
Caldaie a gas con bruciatore atmosferico fino a 70 kW	
Classe 1	260
Classe 2	200
Classe 3	150
Classe 4	100
Classe 5	70

Prof. P.I. GIOVANNI BRANCA
STUDIO TECNICO
Viale Scalo S. Lorenzo, 77 - 00185 Roma
Telefono/Fax 06.44.24.44.92
Cellulare 338.96.80.164

Tab. 23.5 – Emissioni di NOx per diverse tipologie di caldaie a gas.

Caldaie con bruciatore atmosferico:		
Tipo domestico inf. 35kW (murali)	mg/kWh	da 150 a 180
Tradizionali fino a 300 kW	mg/kWh	da 160 a 190
Caldaie con bruciatore soffiato:		
Generica a due giri di fumo	mg/kWh	da 80 a 120
A condensazione	mg/kWh	da 70 a 100
A tre giri di fumo e bruciatore radiante	mg/kWh	da 30 a 70

23.2.5 Strumentazioni e accessori occorrenti per l'installazione di caldaie con potenzialità superiore a 35 kW

23.2.5.1 Strumentazioni D.L. 1 dicembre 1975 (raccolta R ISPESL)

In questo paragrafo prenderemo in considerazione solamente gli impianti termici ad acqua calda per il riscaldamento e la climatizzazione, cioè con temperatura operativa inferiore ai 100 °C, tralasciando l'analisi di impianti più specifici e complessi, che hanno applicazioni specificatamente per ambienti industriali, quali gli impianti ad acqua surriscaldata o a vapore.
Un impianto di riscaldamento deve quindi essere corredato in centrale termica di tutti i dispositivi di sicurezza previsti dalla normativa italiana vigente per generatori di calore funzionanti con acqua a temperatura inferiore a 100 °C (I.S.P.E.S.L., Raccolta R) e dotato di strumenti che consentano la verifica in campo dei parametri di funzionamento dei circuiti (temperature e pressioni).
Per gli impianti termici è prassi comune impiegare sistemi a vaso di espansione chiuso che richiedono l'installazione dei seguenti componenti a corredo della caldaia:

- interruttore termico automatico di regolazione;
- interruttore termico automatico di blocco;
- pressostato di blocco;
- termometro con pozzetto per il termometro di controllo;
- manometro con flangia per il manometro di controllo;
- valvole di sicurezza;
- vaso di espansione chiuso a membrana.

Per gli impianti a vaso di espansione aperto, ormai di utilizzo limitato, i componenti da installare saranno:

- interruttore termico automatico di regolazione;
- interruttore termico automatico di blocco;
- termometro con pozzetto per il termometro di controllo;
- manometro con flangia per il manometro di controllo;
- vaso di espansione aperto, completo di tubo di sicurezza collegato alla caldaia, tubo di sfiato, troppopieno, rubinetto di carico a galleggiante, isolamento termico.

23.2.5.2 Valvolame, filtri ecc.

Ogni caldaia deve essere dotata di valvole di intercettazione sulle tubazioni di andata e ritorno, collegate all'impianto in modo tale da consentirne l'esclusione in caso di avaria o manutenzione, senza dover svuotare l'impianto stesso.
È molto importante prevedere a protezione della caldaia l'installazione sull'impianto di un filtro meccanico a rete metallica per trattenere le eventuali impurità presenti all'interno delle tubazioni, quali scaglie metalliche, depositi calcarei, fanghi ecc., che trasportate dall'acqua in circolazione andrebbero a depositarsi all'interno del corpo caldaia. Infatti, essendo generalmente la caldaia una parte dell'impianto dove l'acqua passa con velocità relativamente basse, viene facilitata la decantazione dei solidi presenti in sospensione nel fluido termovettore, che tendono a depositarsi nella parte bassa del corpo caldaia creando uno strato che impedisce il corretto scambio di calore tra il focolare e l'acqua che scorre

STUDIO Prof. G. BRANCA TECNICO

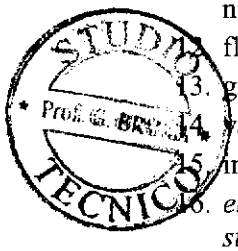
Strumenti e dispositivi di controllo e di sicurezza

Impianto a vaso di espansione aperto

1. vaso di espansione aperto
2. termometro acqua
3. termometro fumi
4. idrometro
5. termostato di esercizio
6. termostato di blocco
7. tubo di sicurezza
8. dispositivo di protezione di livello minimo
9. valvola manuale a chiusura rapida
10. interruttore elettrico generale
11. *elettrovalvola sulla mandata del combustibile**

Impianto a vaso di espansione chiuso

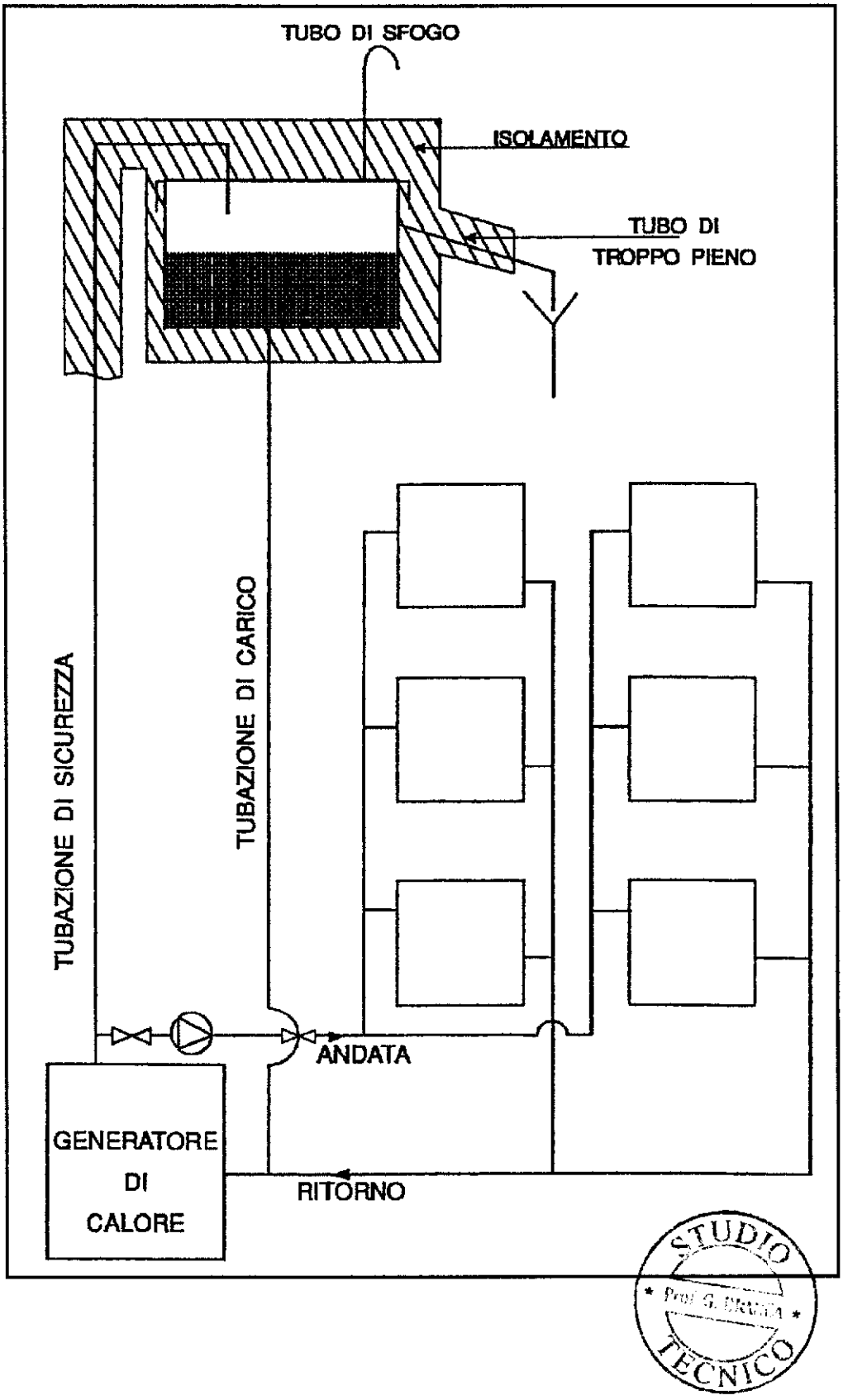
1. vaso di espansione chiuso
2. termometro acqua
3. termometro fumi
4. manometro
5. termostato di esercizio
6. termostato di blocco
7. valvola di scarico termico
8. valvola termostatica intercettazione combustibile
9. pressostato di blocco o di sicurezza
10. valvola di sicurezza
11. dispositivo di protezione di pressione minima
12. flussostato
13. gruppo di riempimento automatico
14. valvola manuale a chiusura rapida
15. interruttore elettrico generale
16. *elettrovalvola sulla mandata del combustibile**



* *Non sempre obbligatoria*

Impianti a combustibile solido

1. vaso di espansione aperto
2. termometro acqua
3. termometro fumi
4. idrometro
5. blocco aria comburente a 90 °C
6. scarico di sicurezza termico
7. tubo di sicurezza
8. allarme acustico

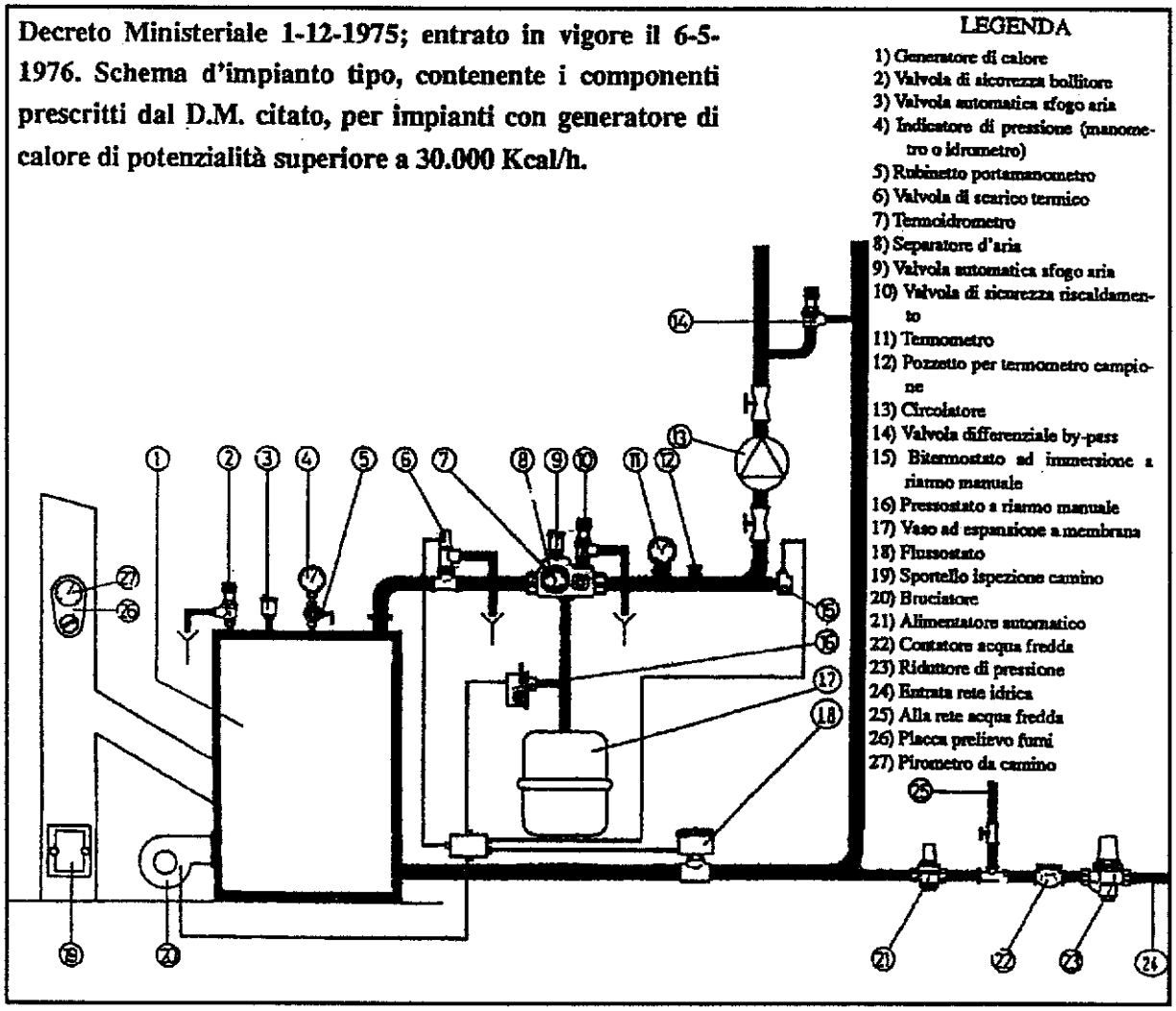

TUBO DI SFOGO
ISOLAMENTO
TUBO DI
TROPPO PIENO
TUBAZIONE DI SICUREZZA
TUBAZIONE DI CARICO
ANDATA
GENERATORE
DI
CALORE
RITORNO
STUDIO
TECNICO

Impianto a vaso aperto

1. Il vaso di espansione aperto è un contenitore situato nel punto più in alto dell'impianto; serve a consentire le variazioni volumetriche dell'acqua causate dal riscaldamento della stessa e a mantenere l'impianto sempre pieno. Ha una capacità adeguata, è coibentato e dispone di un galleggiante e di un tubo di sovrappieno.
2. Il termometro dell'acqua è uno strumento che serve a rilevare la temperatura dell'acqua contenuta in caldaia.
3. Il termometro dei fumi è uno strumento che serve a misurare la temperatura dei fumi alla base del camino.
4. L'idrometro è uno strumento di misura della pressione che serve a controllare il livello dell'acqua in metri lineari dal punto di installazione fino al vaso di espansione.
5. Il termostato di esercizio è uno strumento mediante il quale si regola la temperatura dell'acqua contenuta nella caldaia e che ferma il bruciatore al raggiungimento della temperatura prefissata, riattivandolo quando detta temperatura scende di qualche grado. Fondo scala 90 °C.
6. Il termostato di blocco è un dispositivo di sicurezza tarato a una temperatura prefissata inferiore a 100 °C che ha il compito di arrestare il bruciatore in caso di mancato funzionamento del termostato di esercizio. Per far partire nuovamente il bruciatore occorre l'intervento manuale del manutentore.
7. Il tubo di sicurezza è un tubo che consente la fuoriuscita di vapore in caso di aumento incontrollato della temperatura dell'acqua. Ha sezione adeguata; parte dalla caldaia e supera l'altezza del vaso di espansione. Il diametro minimo ammesso per legge è 18 mm e non deve avere intercettazioni.
8. Il dispositivo di protezione di livello minimo, costituito da un pressostato di minima o da un livellostato, è un dispositivo che ha la funzione di impedire che il bruciatore eroghi calore se l'acqua non raggiunge un livello minimo al di sopra della caldaia. In particolare garantisce che l'accensione del bruciatore avvenga solo se è presente acqua in caldaia.
9. La valvola manuale a chiusura rapida è uno strumento di sicurezza situato all'esterno del locale caldaia, è installata in posizione visibile, segnalata e facilmente raggiungibile. Ha la funzione di chiudere rapidamente l'afflusso del combustibile in caso di pericolo. Negli impianti alimentati a combustibile gassoso è installata direttamente sulla tubazione di adduzione del gas. Negli impianti alimentati a gasolio deve essere installato un organo di intercettazione a chiusura rapida tra il serbatoio e bruciatore, comandabile a distanza dall'esterno.
10. L'interruttore elettrico generale deve essere installato all'esterno della centrale termica in posizione segnalata e accessibile. Può essere realizzato con comando manuale diretto, ad esempio con un interruttore magnetotermico o con comando elettrico a distanza. In ogni caso, una volta azionato il comando esterno, nessuna parte dell'impianto elettrico all'interno della centrale deve essere in tensione.
11. L'elettrovalvola sulla mandata del combustibile è situata all'esterno del locale caldaia e interrompe il passaggio del combustibile, dal serbatoio al bruciatore, quando è disattivata dalla mancanza di corrente elettrica.

TECNICO

Decreto Ministeriale 1-12-1975; entrato in vigore il 6-5-1976. Schema d'impianto tipo, contenente i componenti prescritti dal D.M. citato, per impianti con generatore di calore di potenzialità superiore a 30.000 Kcal/h.



Impianto a vaso chiuso

1. Il vaso di espansione chiuso è costituito da un recipiente metallico diviso orizzontalmente da un diaframma elastico che consente l'aumento di volume dell'acqua.
2. Per il termometro acqua vale la descrizione di cui al precedente paragrafo.
3. Per il termometro fumi vale la descrizione di cui al precedente paragrafo.
4. Il manometro sostituisce l'idrometro e misura la pressione dell'acqua in bar.
5. Per il termostato di esercizio vale la descrizione di cui al precedente paragrafo.
6. Per il termostato di blocco vale la descrizione di cui al precedente paragrafo.
7. La valvola di scarico termico è uno strumento di sicurezza e ha la duplice funzione di arrestare il bruciatore e ridurre la pressione scaricando l'acqua quando la temperatura dell'acqua stessa si avvicina ai 100 °C. Dispone di riarmo manuale per la parte elettrica.
8. La valvola termostatica di intercettazione del combustibile è impiegata in alternativa alla valvola di scarico termico. Si tratta di un organo di sicurezza autoazionato, funzionante cioè senza alcuna energia esterna. È a sicurezza positiva, tale cioè da intervenire, in chiusura, in

STUDIO Prof. G. ERMIDA TECNICO

caso di rottura dell'elemento sensibile o del capillare di collegamento tra sensore e valvola. È applicata sulla tubazione di alimentazione del bruciatore e chiude il passaggio del combustibile in caso di sopraelevazione della temperatura (97 °C – 98 °C). L'elemento sensibile della valvola deve essere immerso nella corrente di acqua calda in uscita dalla caldaia. Dispone di riarmo manuale che potrà essere azionato solo dopo che la temperatura dell'acqua sarà scesa sotto il valore di 85 °C.

9. Il pressostato di blocco o di sicurezza o di massima è uno strumento di sicurezza che arresta il bruciatore quando la pressione nell'impianto supera il valore prestabilito. È a riarmo manuale.

10. La valvola di sicurezza, a molla, consente la fuoriuscita del vapore o dell'acqua quando la pressione interna supera il valore di taratura della valvola stessa.

11. Il dispositivo di protezione di pressione minima può essere costituito da un pressostato di minima che interviene quando la pressione nel generatore scende al di sotto di un valore minimo di sicurezza non inferiore a 0,5 bar. Può anche essere costituito da altro dispositivo predisposto dal progettista, per esempio da un livellostato con intervento ad un livello non inferiore a 5 m al di sopra del generatore. La sua funzione è identica a quella del dispositivo di protezione di minimo livello descritto al precedente paragrafo.

12. Il flussostato è uno strumento di sicurezza che ferma il bruciatore in caso di arresto delle pompe di circolazione, riducendo così i rischi dell'aumento di temperatura causato dall'inerzia termica del focolare. È obbligatorio se la circolazione è assicurata da elettropompe.

13. Il gruppo di riempimento automatico è collegato alla rete idrica e consente l'entrata dell'acqua qualora la pressione nell'impianto dovesse diminuire ad esempio a seguito di una perdita, dell'apertura della valvola di sicurezza o della valvola di scarico termico.

14. Per la valvola a chiusura rapida vale la descrizione di cui al precedente paragrafo.

15. Per l'interruttore elettrico generale vale la descrizione di cui al precedente paragrafo.

16. Per l'elettrovalvola sulla mandata del combustibile vale la descrizione di cui al precedente paragrafo.

Impianti a combustibile solido

5. Il blocco aria comburente a 90 °C riduce l'entrata dell'aria quando la combustione è eccessiva e l'aumenta quando la combustione si riduce. Qualora la temperatura dell'acqua aumentasse eccessivamente chiude del tutto l'aria.

6. Lo scarico di sicurezza termico impedisce l'aumento della temperatura dell'acqua del generatore oltre i 100 °C. L'apertura inizia a 90 °C, la portata massima si ha a 100 °C. La valvola che scarica l'acqua è montata sulla tubazione dell'acqua calda prima di ogni organo di intercettazione; l'elemento sensibile è immerso in caldaia nell'apposito pozzetto. L'acqua calda da scaricare deve provenire dal riscaldatore dell'acqua calda di consumo oppure dallo scambiatore di emergenza.

8. L'allarme acustico entra in funzione quando la temperatura dell'acqua si avvicina ai 100 °C. In questo caso è necessario intervenire togliendo carbone dal focolare.

Per gli altri dispositivi valgono le descrizioni di cui ai precedenti paragrafi

STUDIO Prof. G. BR... TECNICO

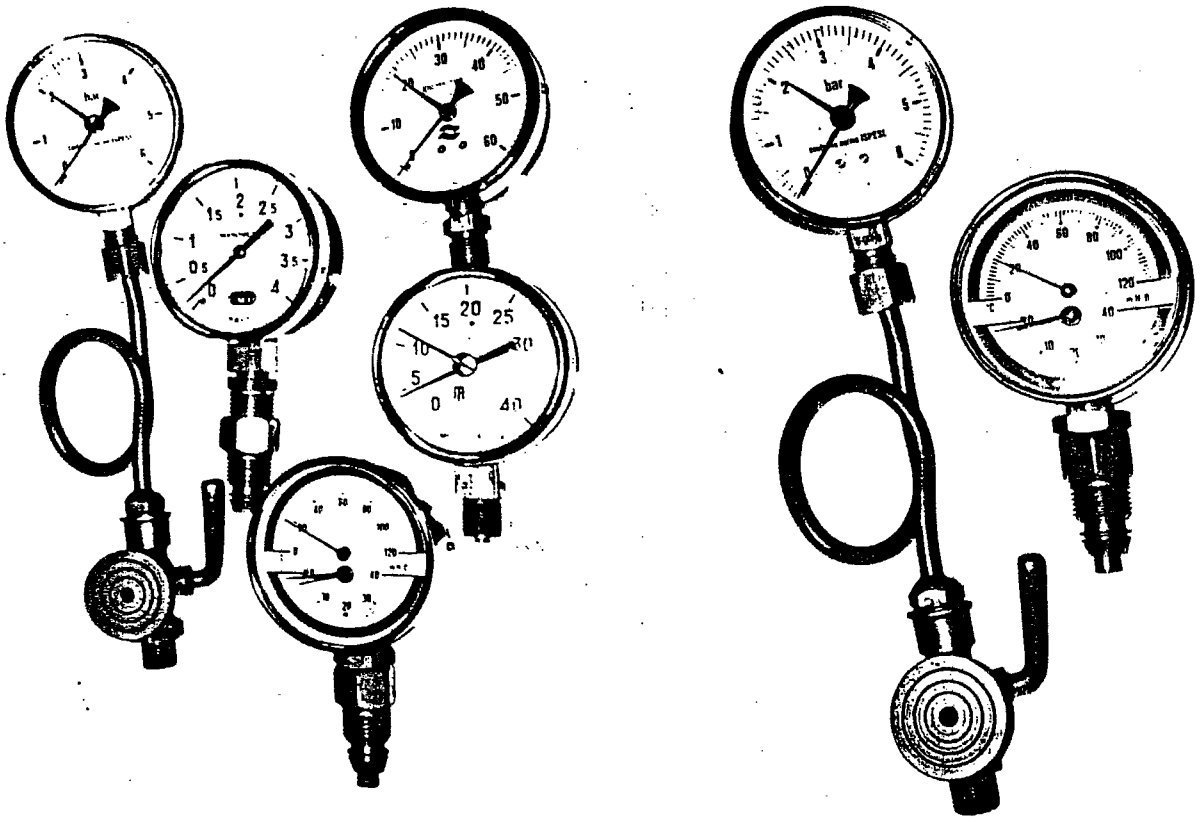
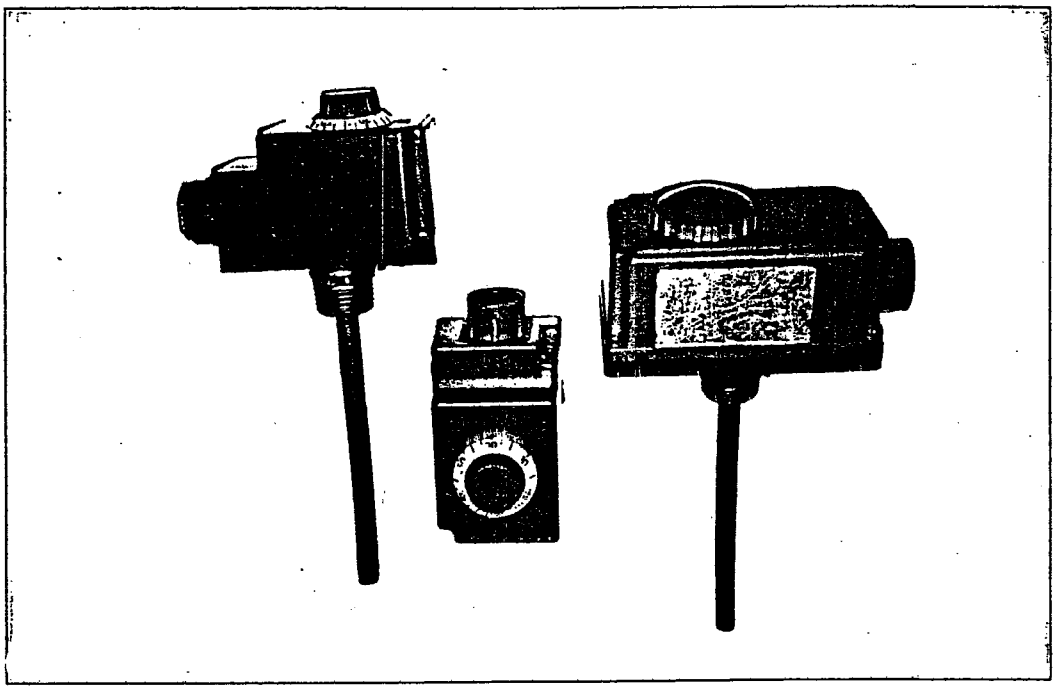


Fig. 18

Manometro e Termoidrometro

STUDIO
Prof. G. BRANCA
TECNICO



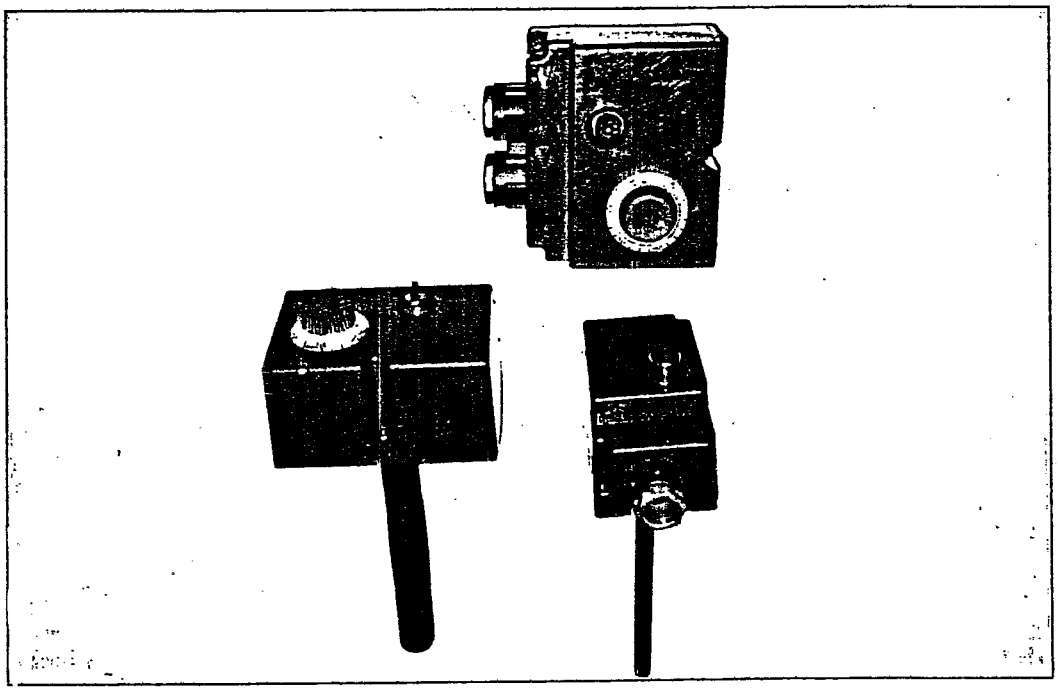
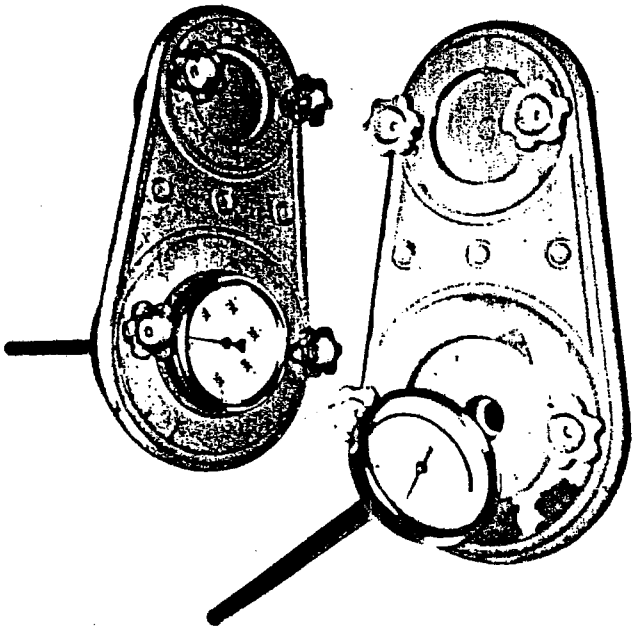


Fig. 19

Termostati

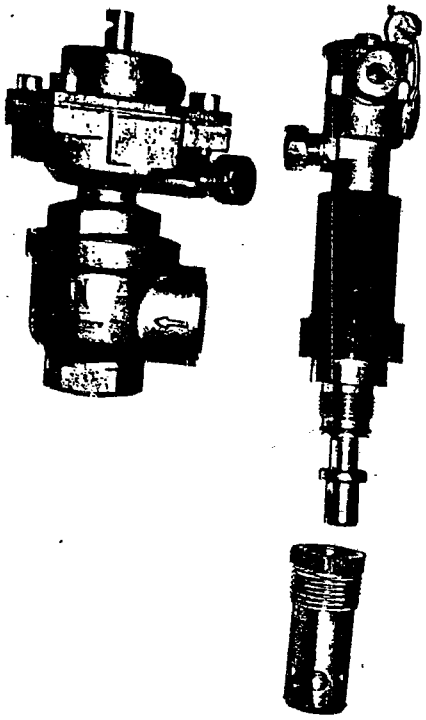
STUDIO
PROF. G. BRANCA
TECNICO

Termometri fumi e relativa piastra

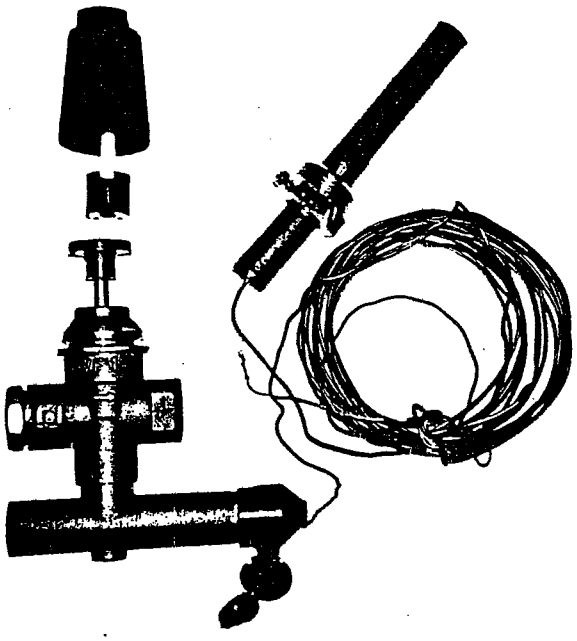


Valvola a chiusura rapida

STUDIO
Prof. G. BRANCA
TECNICO

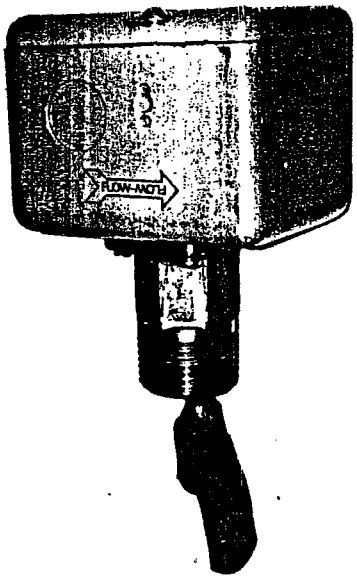


Valvole intercettazione combustibili



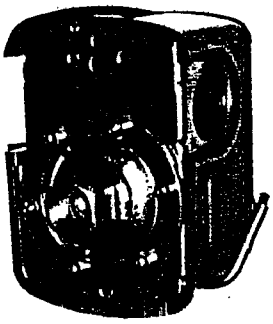
STUDIO
Prof. G. BRANCA
TECNICO

Valvole di sicurezza



Flussostato

STUDIO
Prof. G. BRANCA
TECNICO



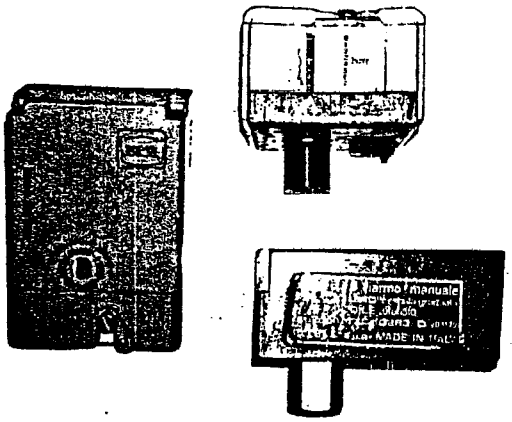
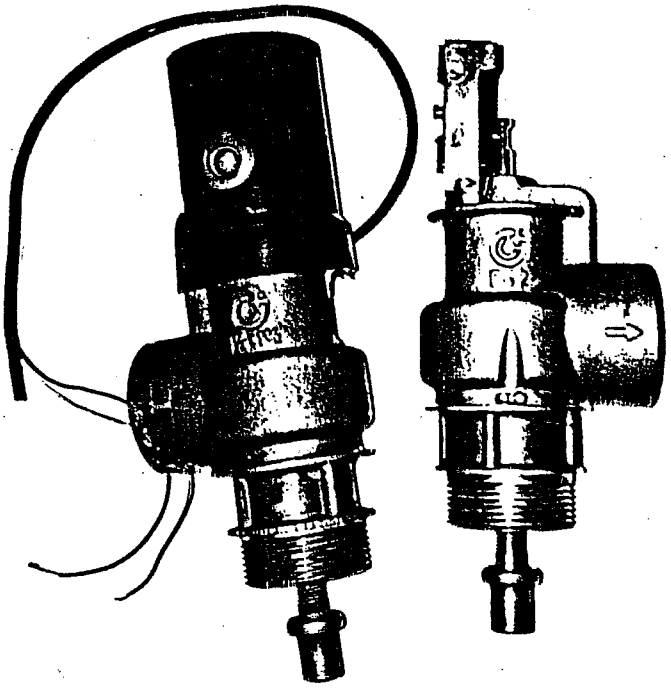


Fig. 23

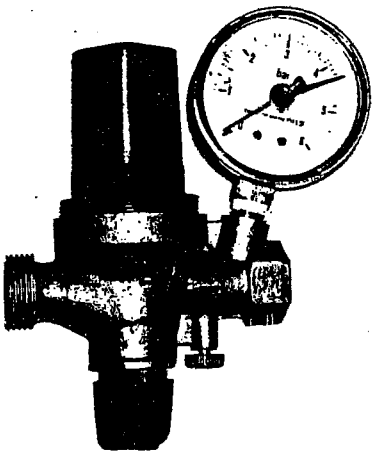
Pressostati di blocco

STUDIO
Prof. G. BRANCA
TECNICO

Valvole di scarico termico

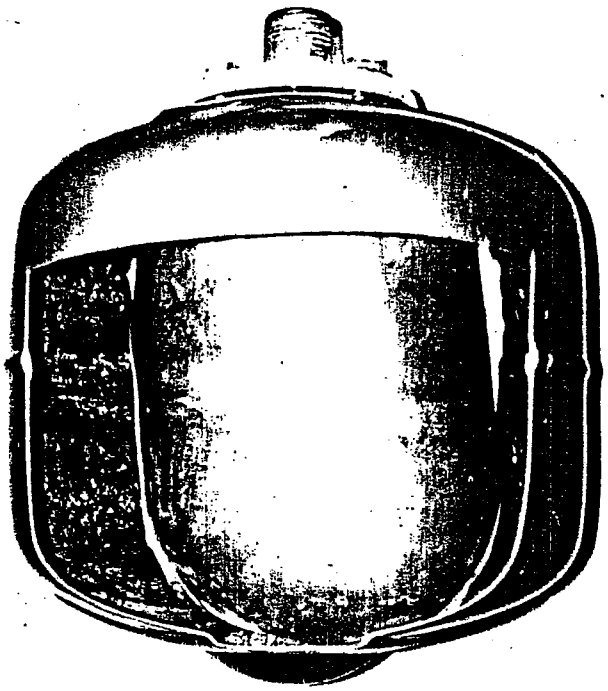


Valvola automatica di riempimento

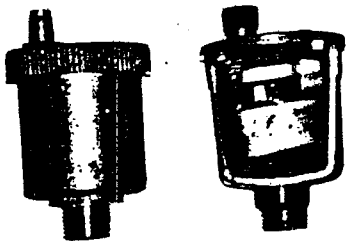


STUDIO
Prof. G. BRANCA
TECNICO

Vaso di espansione chiuso



Valvole automatiche
sfogo aria



STUDIO
Prof. G. BRANCA
TECNICO

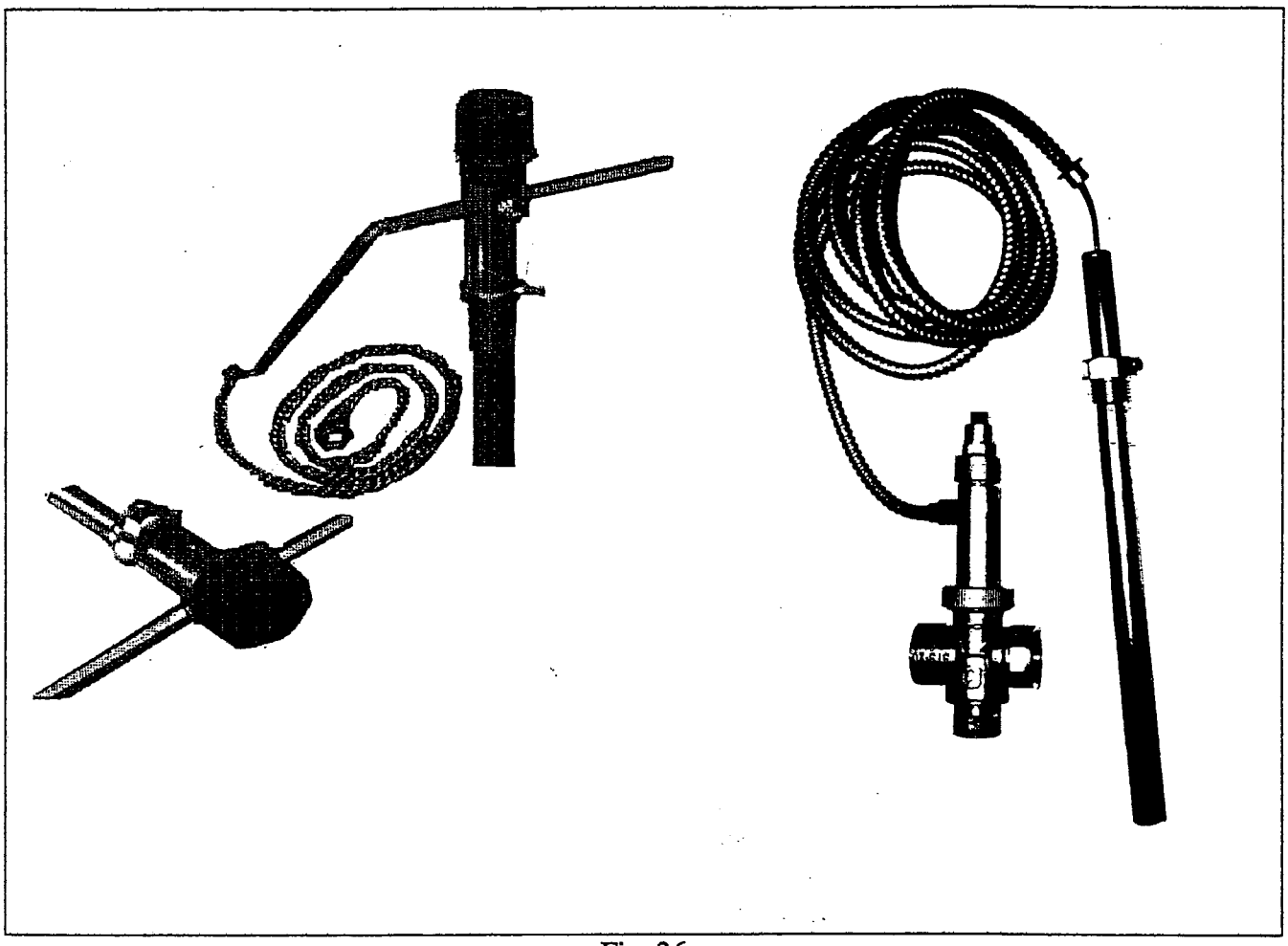


Fig. 26

Regolatore di tiraggio con blocco aria comburente - Scarico di sicurezza termico

STUDIO
Prof. G. BRANCA
TECNICO

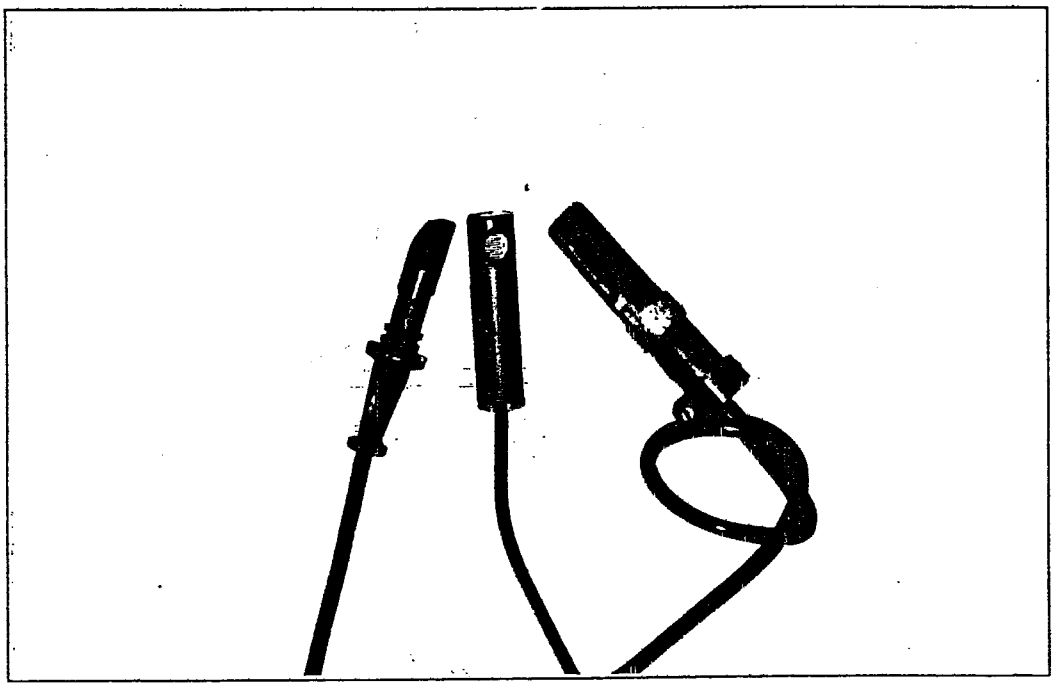


Fig. 27

Fotoresistenze

STUDIO
Prof. G. FRANCA
TECNICO

I TERMOSTATI

I termostati sono apparecchi sensibili alla temperatura che invece di dare un'indicazione come i termometri, regolano automaticamente la temperatura dell'ambiente o del fluido nel quale sono immersi.

Essi sono costituiti da un elemento sensibile che può essere immerso oppure a contatto dell'ambiente di cui si vuole regolare la temperatura, da un dispositivo di regolazione che permette di fissare la temperatura voluta e da un contatto elettrico che è comandato dell'elemento sensibile quando quest'ultimo ha raggiunto la suddetta temperatura.

Il portello antiscoppio: è anch'esso un dispositivo di sicurezza e serve a far scendere immediatamente la pressione nell'interno del focolare, derivante dall'esplosione di vapori o gas combustibili miscelati con aria (accade quando ci sono gocciolamenti di combustibile nel focolare o combustioni incomplete di gas).

Le valvole di intercettazione: sono inserite nelle tubazioni dell'acqua di mandata e di ritorno e servono ad isolare le singole sezioni dell'impianto, permettendo di eseguire lavori di manutenzione in ciascuna sezione senza interromperne l'esercizio.

STUDIO * Prof. G. BRANCA * TECNICO

BRUCIATORE

Sono degli apparecchi che servono a miscelare intimamente gli elementi utili alla combustione (C ed H) con l'ossigeno dell'aria.

Uno dei compiti principali del bruciatore è la preparazione e la suddivisione del combustibile in finissime goccioline.

Infatti i combustibili liquidi per poter bruciare completamente devono anzitutto venir suddivisi in piccolissime particelle e miscelarsi con l'aria che deve esser fornita in proporzione sufficiente e bruciare tutto il combustibile.

I bruciatori possono classificarsi come segue:

— 1) a vaporizzazione

— 2) a polverizzazione pneumatica

— 3) rotativi

— 4) a polverizzazione meccanica.

Noi consideriamo i **bruciatori a polverizzazione meccanica,** nei quali il combustibile passa con una elevata pressione + (7 / 12 kg/cm^2 per il gasolio, 17 - 24 kg/cm^2 per gli oli combustibili) attraverso un percorso particolare ricavato nel bruciatore, per uscire poi da un piccolissimo orifizio completamente nebulizzato.

La nebbia formata dalle goccioline di combustibile incontra l'aria e miscelandosi ad essa brucia facilmente.

Le parti principali di un bruciatore sono:

1) motore
2) pompa
3) ventola
4) trasformatore di accensione
5) valvola elettromagnetica
6) preriscaldatore (per i bruciatori ad olio combustibile)
7) elettrodi
8) ugello
9) fotocellula
10) temporizzatore

STUDIO * Prof. G. BRANCA * TECNICO

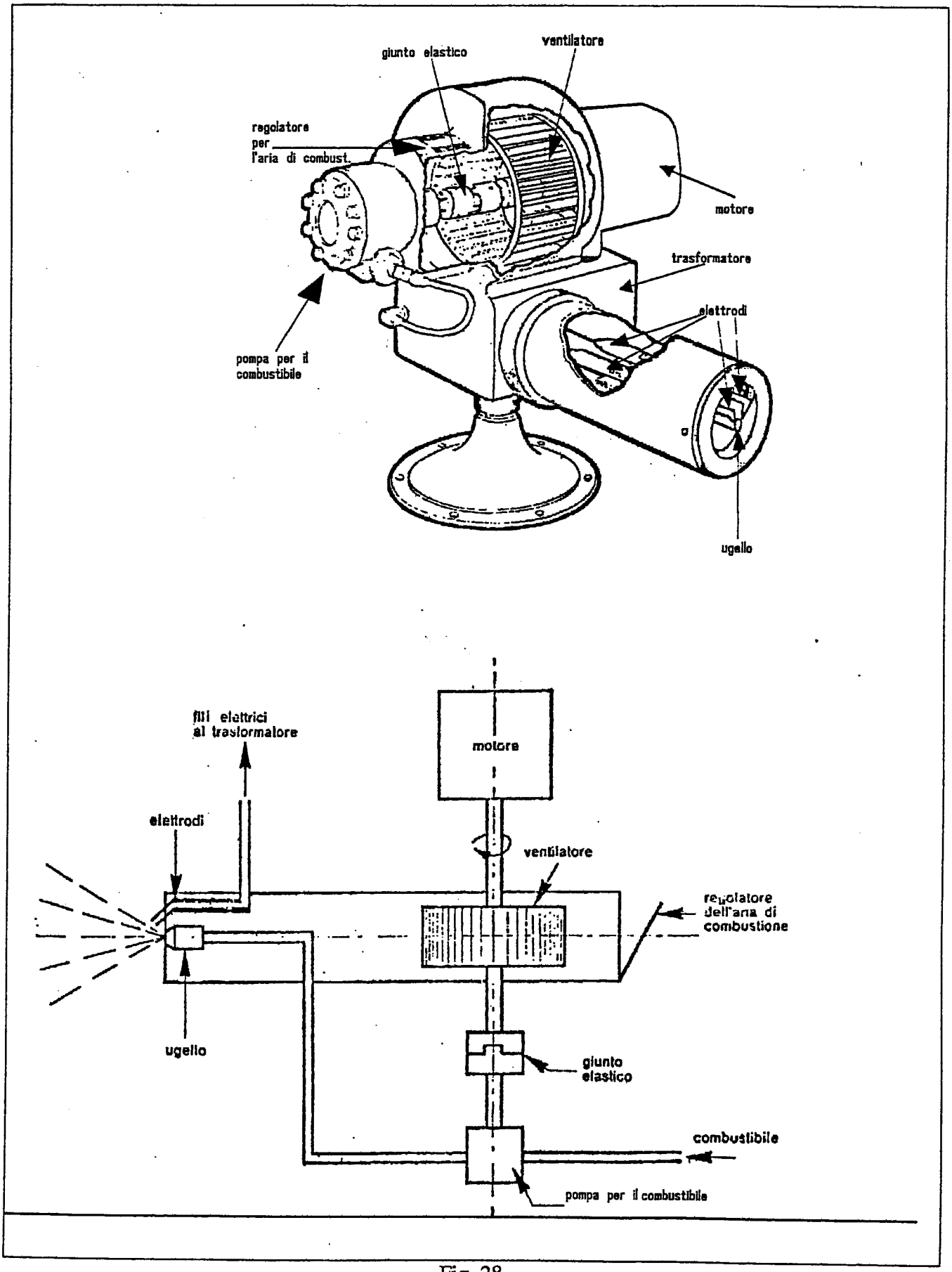


Fig. 28

Bruciatore a polverizzazione meccanica

STUDIO Prof. G. BRANCA TECNICO

Per quanto riguarda la richiesta di calore, ci si può riferire alla seguente classificazione:

1. tutto -niente **2. alto -basso** **3. modulante**

Nei **bruciatori tutto - niente**, più diffusi per le piccole e medie potenzialità, il bruciatore si accende e si spegne, comandato dal termostato di caldaia, a seconda delle richieste di calore. Naturalmente, quando il bruciatore si ferma, si ha un raffreddamento del focolare e del camino anche a causa del tiraggio naturale di quest'ultimo.

Il **sistema alto - basso** si basa sull'uso di bruciatori a due ugelli, e quindi a due fiamme, di diversa portata. La fiamma piccola è sempre accesa quella grande interviene quando è richiesto molto calore.

Il **sistema modulante** impiegato per le alte potenzialità, regola l'intensità della fiamma variando le quantità necessarie di combustibile e comburente in funzione delle variazioni della richiesta di calore.

I bruciatori hanno un campo minimo e massimo di portata del combustibile entro il quale possono funzionare correttamente. Per una determinata portata, e quindi potenzialità, occorre la applicazione di un idoneo ugello.

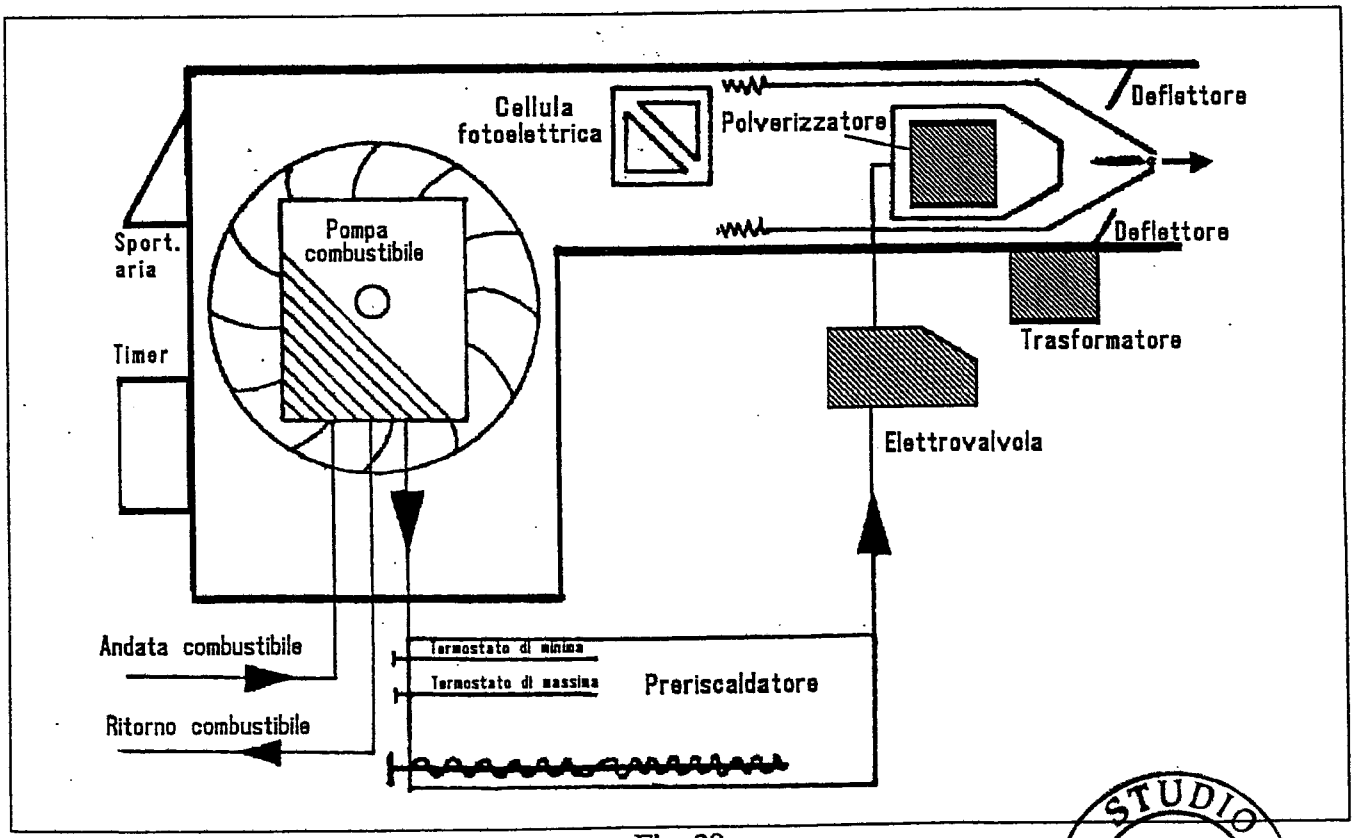


Fig. 29
Schema bruciatore

STUDIO * Prof. G. BRANCA * TECNICO

UGELLO POLVERIZZATORE

La portata degli ugelli viene generalmente espressa in galloni/ora (GPH). Un gallone corrisponde a kg 3,780 pari a l 4,54. La portata dipende dalle dimensioni del foro dell'ugello dove il combustibile viene spinto ad una determinata pressione, variando la quale oltre alla portata varia anche l'angolo di polarizzazione.

L'ampiezza degli angoli è di 30° - 45° - 60° - 80° ed è correlata alla geometria del focolare.

La pompa spinge il combustibile nell'ugello con notevole pressione; il combustibile percorre i canaletti tangenziali che gli conferiscono un movimento rotatorio, entra nella camera di turbolenza ed esce dal foro calibrato con movimento elicoidale sotto forma di cono polverizzato. L'aria spinta dal ventilatore, con movimento circolatorio opposto, lo investe determinando così la perfetta miscelazione.

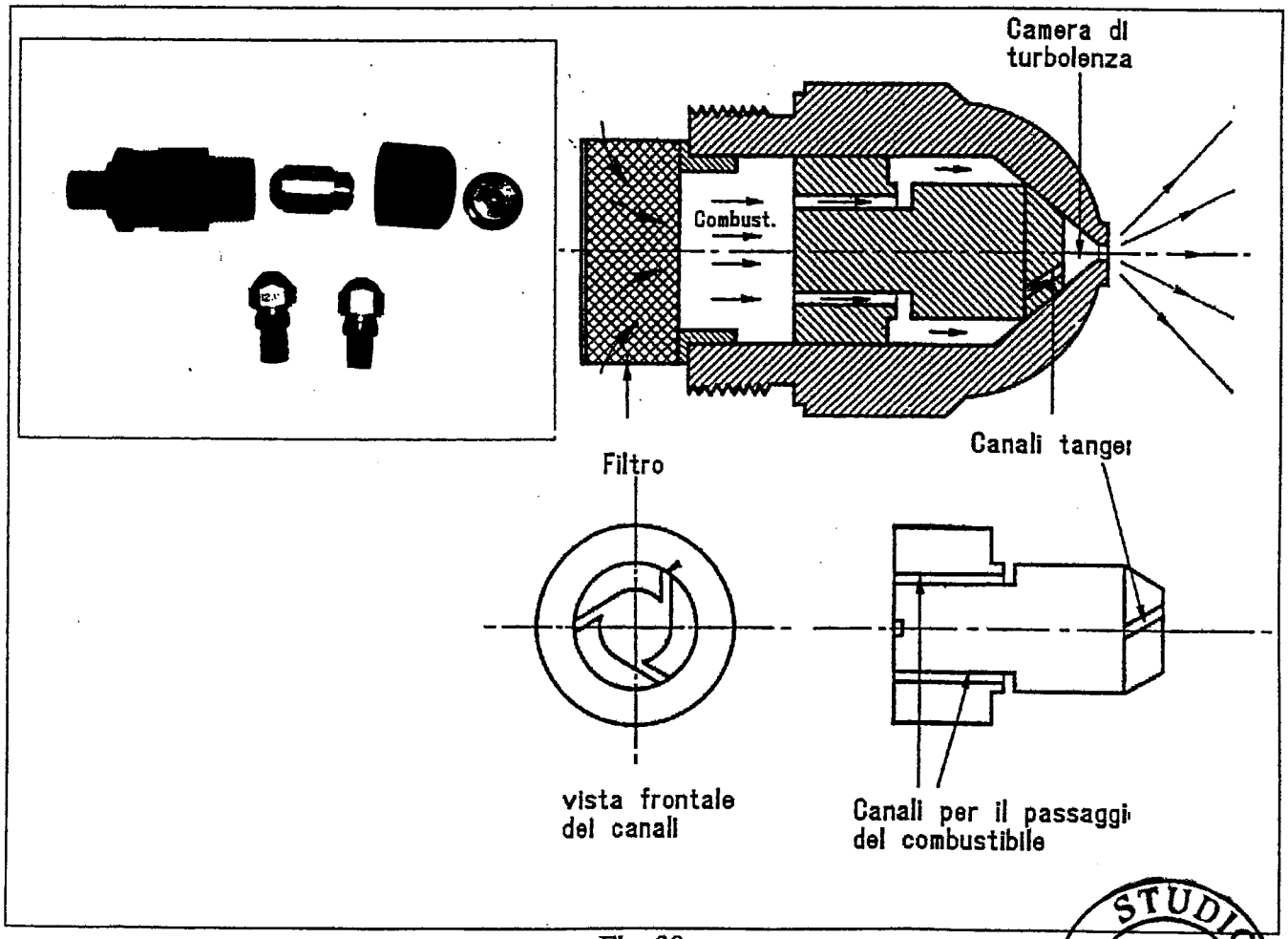


Fig. 30
Ugello polverizzatore

STUDIO
Prof. G. BRANCA
TECNICO

BRUCIATORI A GAS

Sono concettualmente più semplici dei bruciatori per combustibili liquidi poichè non occorre pompare e polverizzare il combustibile; più complessi ed affidabili sono i sistemi di sicurezza.

Si hanno due tipi fondamentali: quelli ad aria soffiata e quelli ad aria aspirata detti anche "atmosferici".

Nel primo il gas viene introdotto nella camera di combustione miscelato con una certa quantità di aria fornita da un ventilatore elettromeccanico, nel secondo l'aria per la combustione è aspirata direttamente dalla corrente gassosa per effetto della depressione da essa creata in un apposito "tubo Venturi". Data la pericolosità del gas metano, "duro" da bruciare, con una elevata temperatura di accensione (circa 750°C) e con una molto bassa velocità di propagazione della fiamma, si possono avere vari inconvenienti; anche con aria comburente sufficiente, a causa di una non omogenea miscelazione o per la presenza di zone a bassa temperatura possono aversi cattive combustioni. Gli incombusti e le sacche di gas che si formano, oltre a costituire una perdita di calore, possono dar luogo ad esplosioni nella camera di combustione o nei giri di fumo. E' opportuno quindi analizzare con frequenza i fumi per rilevare oltre al contenuto di CO_2 anche al CO e l'O_2.

Le fiamme dei bruciatori a gas sono di colore blu, poco luminose, ed emettono radiazioni ad alta frequenza, sulla gamma del violetto ed ultravioletto, non sufficienti ad attivare le fotoresistenze e le fotocellule a fotoemissione.

Pertanto il controllo di fiamma di questi bruciatori si effettua con l'ausilio di fotocellule sensibili ai raggi ultravioletti, con sonde a ionizzazione, con coppia termoelettriche.

Altri sistemi di sicurezza sono la fiamma pilota ed i pressostati di controllo gas e aria.

Il ciclo di avviamento prevede la preventilazione, la preaccensione (fiamma pilota) la postaccensione. In alcuni casi è prevista la postventilazione.

Le **fotocellule U.V.** sono costituite da un bulbo vetro contenente gas che si ionizza se investito da luce a raggi ultravioletti. Se il gas è ionizzato consente il passaggio della corrente elettrica che, opportunamente amplificata, va ad eccitare il relais di fiamma. Viceversa, il gas non ionizzato, non consente passaggio di corrente.

Le **sonde a ionizzazione** sfruttano lo stesso principio: la fiamma del gas, quando è accesa, ionizza i gas di combustione che sono al suo interno, rendendoli conduttori di elettricità. La sonda è immersa nella fiamma e si stabilisce un passaggio di corrente tra la sonda stessa e la massa metallica della testa del bruciatore.

STUDIO * Prof. G. BRANCA * TECNICO

Le **coppie termoelettriche** hanno applicazioni più limitate a causa della lentezza di intervento. Una coppia di metalli diversi riscaldata dalla fiamma, genera una corrente elettrica che eccita, mantenendolo in posizione di apertura, una elettrovalvola sulla mandata del gas.

La fiamma pilota, in camera di combustione, si accende davanti al bruciatore prima che esso entri in funzione, in modo che il gas incontri subito una sorgente di calore ad elevata temperatura che lo accende. Diversamente potrebbe accadere che se l'afflusso del gas avviene a velocità superiore a quella di propagazione della fiamma e l'accensione non avviene immediatamente, si potrebbero formare, con l'aria, miscele detonanti.

STUDIO
Prof. G. BRANCA
TECNICO

Funzionamento del bruciatore a nafta e polverizzazione meccanica

All'accensione entra in funzione una resistenza elettrica; il termostato di minima fà avviare il motore (ventilatore e pompa combustibile) quando il combustibile ha raggiunto la temperatura prestabilita (90° - 120°C).

Il ventilatore effettua il lavaggio del focolare per un tempo commisurato alla potenza della caldaia, da 10/15 secondi ad alcuni minuti, mentre il combustibile ritorna nel serbatoio. Terminato il prelavaggio, il temporizzatore invia tramite il trasformatore, la corrente ad alta tensione agli elettrodi e contemporaneamente eccita l'elettrovalvola che si apre e consente il passaggio del combustibile verso l'ugello dle bruciatore dove si infiamma insieme all'aria. La cellula fotoelettrica intercettando la fiamma provoca l'interruzione della scarica fra gli elettrodi. La fotocellula ha inoltre il compito di interrompere l'afflusso del combustibile quando la fiamma stessa venga a mancare.

Il termostato di massima spegna la resistenza quando la temperatura del combustibile nel preriscaldatore ha raggiunto il valore prestabilito (105° - 140°).

L'automatismo del bruciatore, cioè la sua entrata in marcia oppure l'arresto, è regolato dal termostato di caldaia che a sua volta è influenzato dalle variazioni di temperatura dell'acqua in caldaia.

Motivi per i quali un bruciatore puo' andare in blocco

1. Ugello ostruito per cattivo funzionamento dei filtri
2. Acqua nel combustibile
3. Olio combustibile non adatto al tipo di bruciatore o troppo freddo
4. Valvola elettromagnetica non funzionante
5. Elettrodi sporchi
6. Insufficienza d'aria
7. Fotocellula sporca

Controllo della combustione

Per verificare l'andamento della combustione si può procedere ai seguenti controlli; che vanno effettuati quando l'impianto è a regime, escludendo le fasi di avviamento.

L'osservazione dei fumi specie nella combustione di carboni ed oli combustibili può essere molto indicativa: fumi chiari, trasparenti invisibili significano buona combustione; viceversa fumi scuri, resi tali dalla presenza di fuliggine, cattiva combustione. Bruciando idrocarburi più leggeri o combustibili gassosi il colore dei fumi è meno significativo, perchè si sviluppano in prevalenza incombusti gassosi; l'ossido di carbonio che è incolore e la cui presenza non è rilevabile a vista.

Fumi bianchi, lattescenti, indicano la presenza di vapore acqueo.

L'esame visivo della fiamma è molto importante: per gli oli combustibili deve essere molto luminosa, di colore giallo-bianco abbagliante; l'atmosfera attorno ad essa è limpida, ben visibile ogni punto del focolare. La fiamma è compatta, di forma regolare, non provoca scintillii e riempie il focolare senza toccare le pareti. Viceversa, diminuendo l'aria, diventa rossastra, fumosa, scura.

La fiamma dei combustibili gassosi è generalmente azzurra, trasparente, meno luminosa. Con difetto d'aria diventa rossastra e "sporca le pentole" cose che avviene nelle cucine domestiche. **La temperatura dei fumi** alla base del camino deve normalmente essere compresa tra i 200 ed i 250°C. Non deve essere troppo bassa per evitare la formazione di condense acide e per non pregiudicare il tiraggio. Non troppo elevata per non aumentare la perdita per calore sensibile.

Temperature eccessive sono causate da depositi sulle superfici di scambio termico, sovraccarico del focolare, tiraggio troppo forte. Temperature basse da cattiva combustione, presenza di troppa aria, camino di sezione eccessiva o mal isolato o con eccesiva inerzia termica.

L'andamento del tiraggio si controlla con il deprimometro, strumento che serve a misurare la depressione venuta a formarsi nel camino, rispetto alla pressione atmosferica. Il tiraggio è tanto più forte quanto più alto è il camino e quanto maggiore la differenza di temperatura tra i fumi e l'aria. La sua entità è di circa 0,5 mm di colonna di acqua per metro di altezza del camino. Si fa riferimento comunque al valore indicato nel libretto di centrale.

L'analisi dei fumi è il sistema più preciso per controllare la combustione. Consiste nella rilevazione delle percentuali di CO_2, CO ed O_2 presenti nei fumi. Sapendo che la CO_2 è il prodotto della combustione completa del carbonio, che il CO è il prodotto della combustione incompleta, che l'O_2 è quello dell'aria che non ha partecipato alla combustione, è evidente che basse percentuali di CO_2 ed alte di O_2 indicano un forte eccesso d'aria.

STUDIO * Prof. G. BRANCA * TEC

Alte percentuali di CO_2 e basse di O_2 indicano basso eccesso di aria e, se non si trova CO nei fumi, questa è la combustione ottimale.

Bisogna tener conto che, secondo quanto previsto nel regolamento di attuazione della legge 615 contro l'inquinamento atmosferico, il contenuto di CO_2 deve essere compreso tra il 10 e il 13% per gli impianti funzionanti con combustibili liquidi e deve superare il 10% per gli impianti funzionanti con combustibili solidi.

Per rilevare la concentrazione di questo gas, si usa l'apparecchio di Orsat in precedenza descritto.

L'apparecchio di Bacharach ci permette invece di misurare l'opacità dei fumi attraverso il controllo della quantità di fuliggine in esso contenuta.

Prelevando 10 "pompate" di fumo quindi un volume predeterminato, e facendolo passare attraverso una apposita carta filtrante, la fuliggine contenuta nel fumo si depositerà e sporcherà più o meno questo filtro e seconda della sua quantità.

Si confronterà quindi il filtro con la apposita scala colorimetrica di Bacharach graduata da zero (praticamente bianco) a nove (praticamente nero) attraverso le varie tonalità di grigio.

Si ricava così il "numero di fumo" i cui valori ammessi sono:

~~**da 2 a 3**~~ **bruciando gasolio** MASSIMO 2

~~**da 4 a 5**~~ **bruciando olio combustibile** MASSIMO 6

numero 8 bruciando carbone

Questo esame non si effettua per le combustioni a gas, risultando inutile.

Chiudiamo queste brevi note informative parlando della regolazione dell'impianto che, come noto, ha un importanza fondamentale sia dal punto di vista del rendimento di combustione sia per mettersi in grado di ottemperare alle norme della legge antismog.

Le principali regolazioni effettuabili sono:

— 1. sull'aria comburente, aumentando e diminuendo l'apertura della serranda della ventola, il che equivale a fare entrare nel bruciatore una quantità di aria maggiore oppure minore.

— 2. Sulla depressione aprendo o chiudendo la serranda posta sulla condotta dei fumi, in modo da ottenere un giusto tiraggio.

STUDIO * Prof. G. BRANCA * TECNICO

Dispositivi obbligatori per potenzialita' superiori ad 1.000.000 di kca/h

— 1. Due piastre per i fumi (alla base ed alla sommità del camino)

— 2. Apparecchio di registrazione della temperatura dei fumi alla base del camino

— 3. Apparecchio indicatore della pressione nel focolare

— 4. Apparecchio indicatore della pressione alla base del camino

— 5. Allarme acustico collegato con il dispositivo di analisi continua dei fumi (analisi CO_2 e $CO + H_2$; in sostituzione di quest'ultima, analisi O_2 e misura opacità dei fumi).

CLASSIFICAZIONE DELLA ZONA	COMBUSTIBILI LIQUIDI CONSENTINI		
	IMPIANTI DA 30.000 A 50.000 Kcal/h	IMPIANTI DA 500.000 A 1.000.000 Kcal/h	IMPIANTI DA OLTRE 1.000.000 Kcal/h PER UNITÀ
ZONA NEUTRA - Tutti i comuni non compresi nelle zone A e B	Impiego libero di tutti i combustibili	Impiego libero di tutti i combustibili	Impiego libero di tutti i combustibili
ZONA A - Comuni del Nord e Centro con popolazione tra 70.000 e 300.000 abitanti	Kerosene Gasolic O.C. fluido max. 5 °E a 50°C e zolfo max 3%	Kerosene Gasolio O.C. fluido max. 5 °E a 50°C e zolfo max 3%	Kerosene Gasolio O.C. fluido max. 5 °E a 50°C e zolfo max 3%
- Comuni del Sud e Isole con popolazione tra 300.000 e 1.000.000 abitanti			O.C. fluido max. 5 °E a 50°C e zolfo max 4% con controllo continuo della combustione e previa autorizzaz. competenti Autorità
ZONA B - Comuni del Nord e Centro con oltre 300.000 abitanti	Kerosene Gasolio (O.C. fluido come sopra fino al 31 dicembre 1969	Kerosene Gasolio O.C. fluido come sopra	Kerosene Gasolio O.C. fluido come sopra
- Comuni dal Sud e Isole con oltre 1.000.000 abitanti			O.C. denat. come sopra

NORMA SUPERATA - VEDI PAG. SUCCESSIVA

D.P.C.M. 7 settembre 2001, n. 395

«Recepimento della direttiva 99/32/CE relativa alla riduzione del tenore di zolfo di alcuni combustibili liquidi» (G.U. del 2 novembre 2001, n. 255)

Contenuto

Nuova disciplina in materia di tenore di zolfo nell'olio combustibile pesante, nel gasolio e nel gasolio marino, al fine di ridurre le emissioni di anidride solforosa derivanti dalla loro combustione e per diminuire gli effetti nocivi di queste emissioni. Al riguardo, è previsto come, a far data dal 1° gennaio 2003, il tenore massimo di zolfo negli oli combustibili pesanti non potrà superare l'1,00% in massa, fatti salvi i casi per i quali, ex D.P.C.M. 2 ottobre 1995, sia obbligatorio l'utilizzo di oli combustibili pesanti con tenore di zolfo non superiore allo 0,3%. Sono individuati in questo senso talune tipologie di impianti per le quali è ammessa una deroga con utilizzabilità di oli combustibili pesanti con tenore massimo di zolfo oltre l'1,00% in massa: dagli impianti di combustione *sub* D.M. 8 maggio 1989, agli impianti di combustione situati nelle raffinerie di oli minerali e altri, previo rispetto dei valori limite di emissione per l'anidride solforosa determinati dalle norme del caso. In queste situazioni, l'autorità competente all'autorizzazione (regione o provincia delegata o Ministero delle Attività produttive, ex Industria) potrà specificare nel provvedimento di autorizzazione medesima il valore limite di emissione per l'anidride solforosa. Questo regime di favore non sarà, comunque, applicabile nel caso degli oli combustibili pesanti destinati a essere commercializzati o utilizzati in emulsione con acqua (art. 4, comma 3, D.M. in oggetto). Nel caso del gasolio, compreso quello marino, il tenore massimo di zolfo non potrà superare lo 0,20% in massa a far data dall'entrata in vigore del decreto in questione, mentre dal 1° gennaio 2008 esso dovrà decrescere allo 0,10% in massa. Le regioni potranno richiedere al Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio la fissazione di particolari specifiche tecniche nel caso di derivati dal petrolio usati per la navigazione marittima o di gasolio marino utilizzati dai natanti nei periodi di sosta nei porti. D'altra parte, è previsto come il mutamento improvviso nell'approvvigionamento del combustibile potrà legittimare il Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio alla fissazione di limiti massimi più elevati per il contenuto di zolfo negli oli combustibili o nel gasolio. I controlli del caso risultano affidati ai laboratori chimici delle dogane e delle imposte dirette (tra l'altro con identificazione delle metodologie di riferimento), mentre a carico delle raffinerie e depositi di oli minerali è previsto l'onere di un'informativa annuale (entro il 31 marzo) sui quantitativi di oli combustibili pesanti e di gasolio prodotti/importati, da inviare all'Agenzia per la protezione dell'ambiente e dei servizi tecnici. Quest'ultima dovrà trasmettere al Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio una relazione annuale (entro il 31 maggio) sul tenore di zolfo dei combustibili liquidi oggetto del D.M. n. 395/2001, con onere del Ministero di relazionare, a sua volta, la Commissione europea entro il 30 giugno di ogni anno. Il decreto abroga la precedente disciplina della materia sì come definita dal D.P.C.M. 14 novembre 1995.

STUDIO
Prof. G. BRAMBILLA
TECNICO

Operazione di manutenzione e controllo raccomandate al conduttore dell'impianto

— A. Pulizia della caldaia e dei circuiti dell'acqua e del fumo prima dell'avviamento stagionale.

— B. Accertamento dello stato di conservazione di materiali refrattari ed eventuale reintegro.

— C. Accertamento della perfetta tenuta della piastra di chiusura e di attacco del bruciatore e del relativo isolamento termico e delle altre aperture nel circuito dei fumi.

— D. Controllo della temperatura dei fumi all'uscita della caldaia.

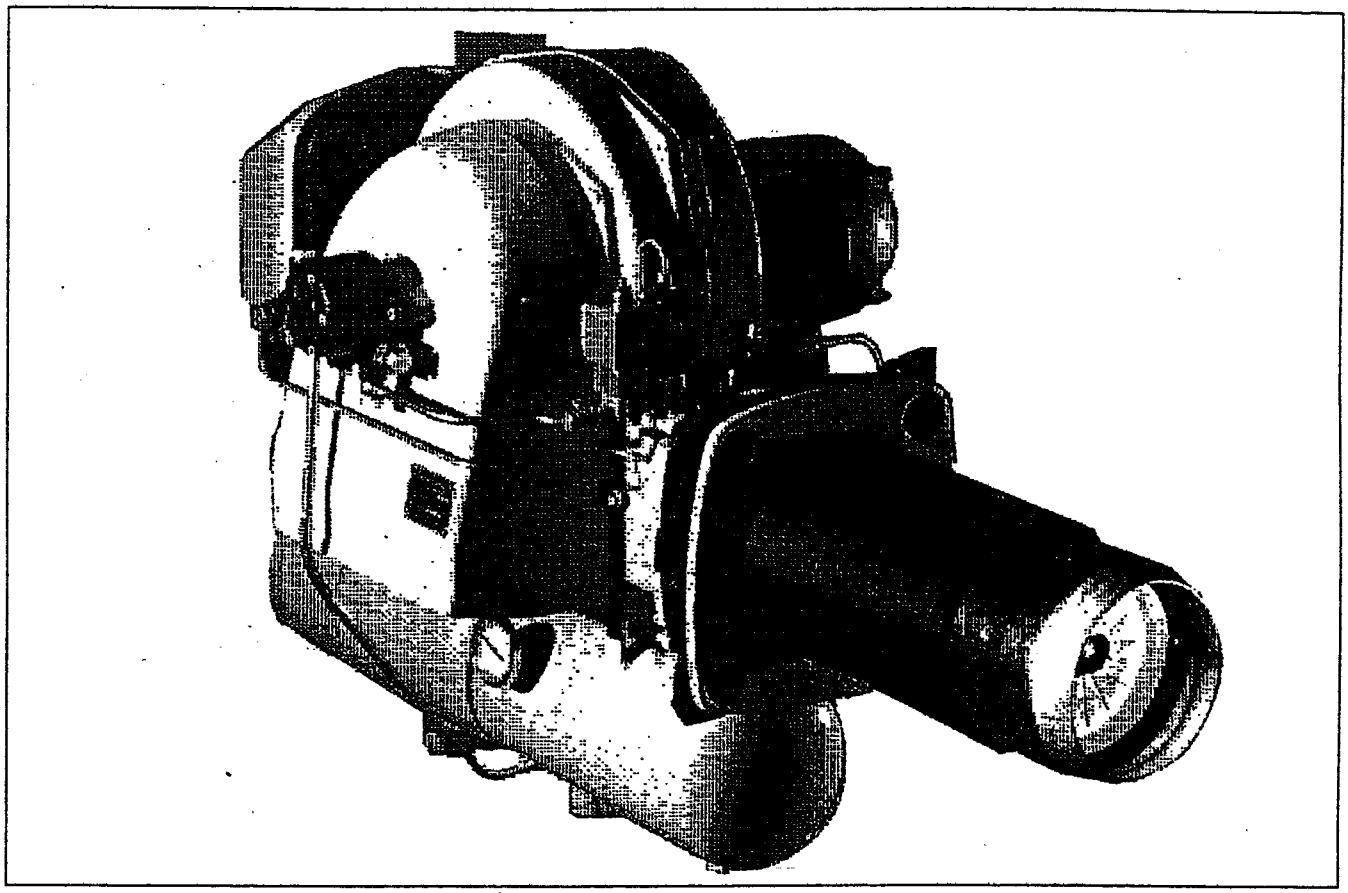
— E. Accertamento della rispondenza della temperatura di uscita dell'acqua dalla caldaia ai valori di collaudo.

— F .Accertamento della corrispondenza della temperatura dell'acqua inviata alla rete di distribuzione ai valori di collaudo.

— G. Accertamento dello stato della coibentazione della caldaia e delle tubazioni di mandata e di ritorno.

— H. Controllo della portata del bruciatore in relazione alla potenza termica della caldaia.

— I. Controllo della temperatura di preriscaldamento del combustibile in relazione alla viscosità dello stesso.



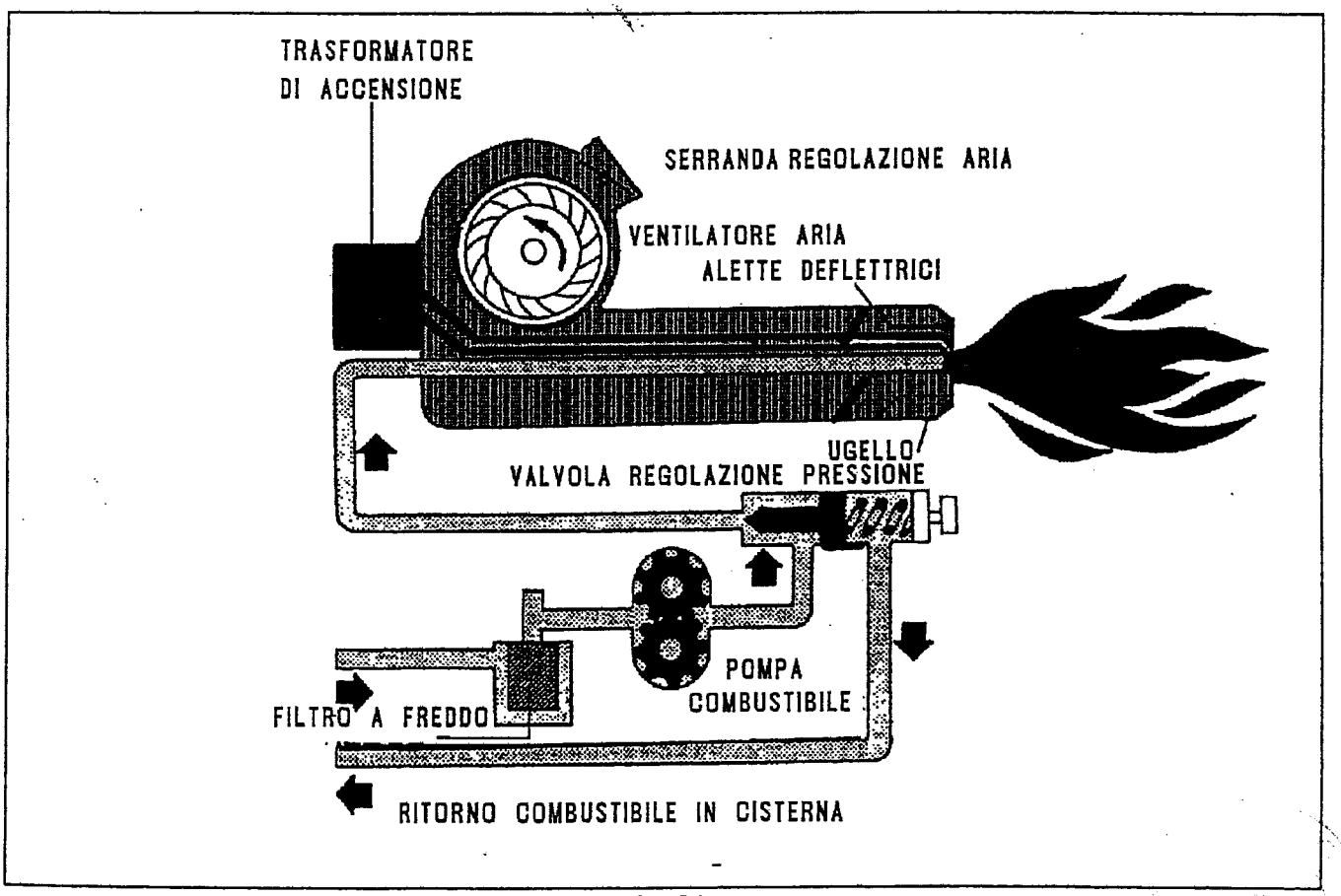
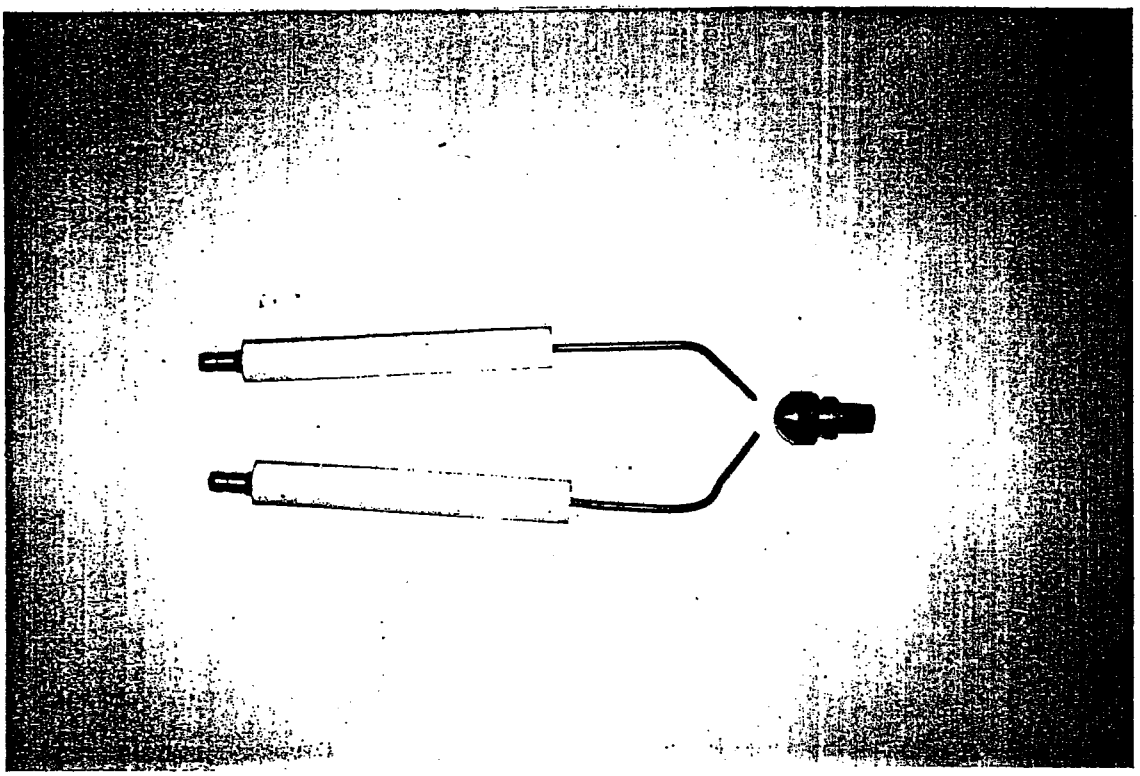
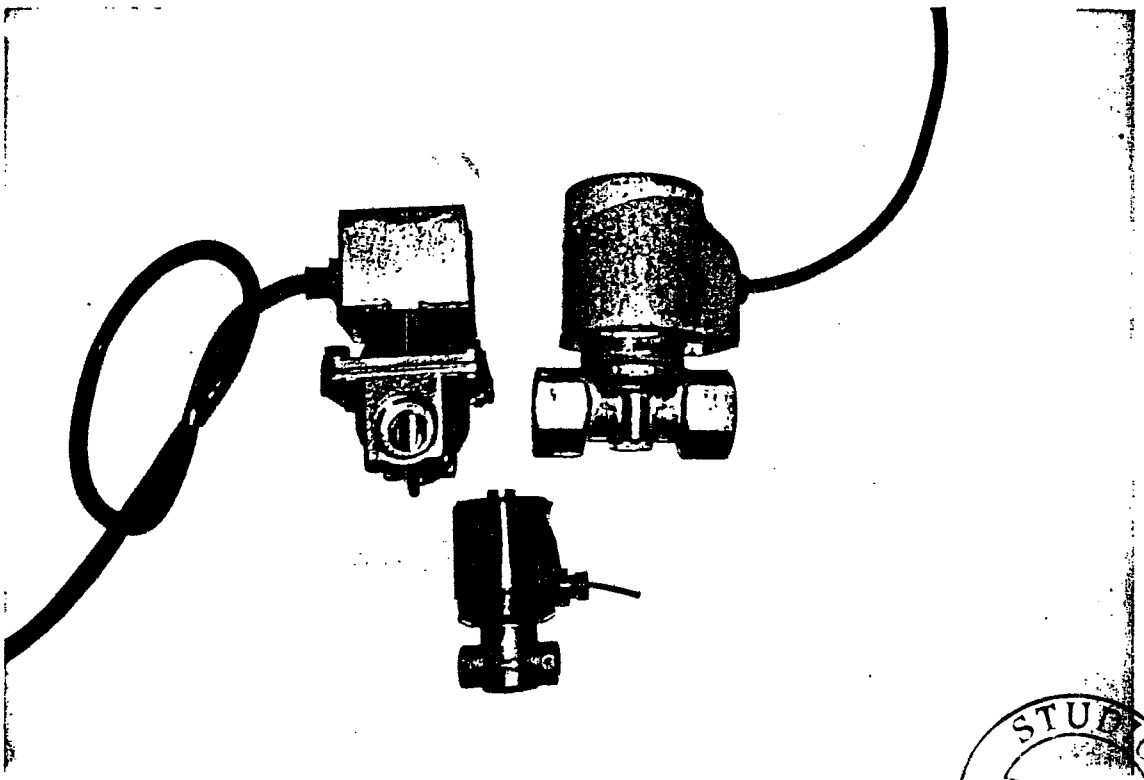


Fig. 31

Schema di bruciatore a polverizzazione meccanica per olio combustibile



Elettrodi di accensione



Elettrovalvole

Fig. 32

STUDIO
Prof. G. BRANCA
TECNICO

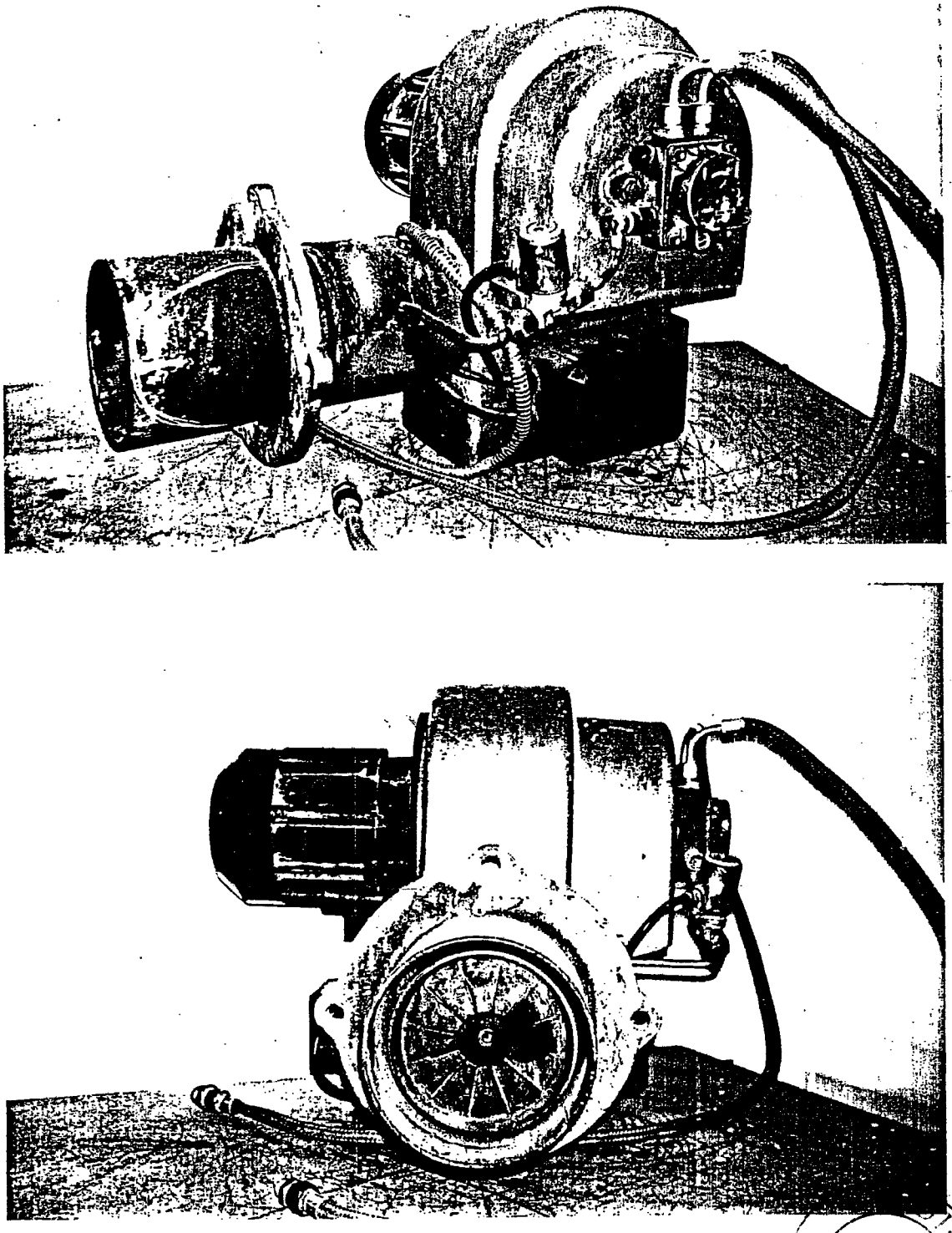


Fig. 33
Bruciatore di gasolio

* Prof. G. BRANCA *
TECNICO

L'ACQUA NEGLI IMPIANTI TERMICI

L'acqua è un liquido incolore, incomprimibile, formato da idrogeno ed ossigeno. Poichè con il riscaldamento subisce un aumento di volume è indispensabile che l'impianto termico sia dotato del vaso di espansione, che è un serbatoio aperto o chiuso apportunamente posizionato.

Nell'acqua sono disciolte altre sostanze quali l'ossigeno e sali minerali in prevalenza a base di calcio e magnesio che possono dar luogo a vari inconvenienti:

— 1. **Corrosione.** L'ossigeno presente nell'acqua allo stato gassoso ossida il metallo dell'impianto (ruggine) assottigliandone lo spessore.

— 2. **Incrostazioni.** I sali minerali tendono a precipitare, per sedimentazione naturale e per effetto delle variazioni di temperatura, depositandosi in prevalenza nella caldaia, formando incrostazioni resistenti che riducono lo scambio termico tra i fumi e l'acqua e causando perdite da calore al camino. Provocano inoltre surriscaldamenti nel focolare e nei giri di fumo, che non sono sufficientemente raffreddati dall'acqua, con eccessive dilatazioni e sollecitazioni termiche.

— 3. **Depositi fangosi,** dovute al precipitare di calcari non incrostanti, ossidi ed altre sostanze che nel tempo formano una melma nel fondo della caldaia ed in altre zone dell'impianto.

Allorchè l'ossigeno gassoso si è tutto combinato con il ferro dell'impianto e tutti i sali sono precipitati, questi fenomeni non progrediscono oltre, anzi, potremo dire di avere nell'impianto acqua demineralizzata e degassata ottima per l'uso cui è destinata. Senonchè, la necessità di dover procedere, in tempi più o meno lunghi al reintegro di parte e di tutta l'acqua dell'impianto, dà luogo nuovamente a questi inconvenienti che nel tempo possono causare gravi malfunzionamenti. Bisogna quindi tener presente che eventuali perdite di acqua, che causano reintegro, vanno subito eliminate, e che bisogna limitare al massimo le sostituzioni di acqua.

Dovendo per esempio sostituire un radiatore al quarto piano, non bisogna svuotare tutto l'impianto, ma soltanto abbassare il livello sino al punto dove si deve intervenire.

Per risolvere diversamente questa problematica, si possono eliminare i sali ed i gas dell'acqua prima di introdurla in caldaia mediante i processi di addolcimento, demineralizzazione e degasazione. Oppure si può ricorrere al "condizionamento chimico", che consiste nell'aggiungere all'acqua particolari composti (poliammine alifatiche filmanti) che hanno lo scopo di rivestire e proteggere le parti metalliche impedendo il deposito dei sali e quindi il formarsi delle incrostazioni.

Poichè questi ultimi sistemi sono di fatto usati solo nei grossi impianti, in mancanza di essi è computo del conduttore agire e sorvegliare che l'acqua venga sostituita il meno possibile.

STUDIO Prof. G. BRANCA TEC

LA TERMOREGOLAZIONE

SUPERATA DALLA LEGGE 10 E DPR 412/93 ART. 7

La legge 30 aprile 1976 n. 373 detta le norme per il contenimento del consumo energetico per usi termici negli edifici. Si trascrive testualmente l'art. 5: "Tutti gli impianti di produzione del calore destinato al riscaldamento degli ambienti e la cui potenza termica al focolare è uguale o superiore alle 30.000 kcal/h, da installare dopo l'entrata in vigore del regolamento di esecuzione devono essere datati di **un sistema automatico di regolazione del calore fornito all'impianto di utilizzazione, funzionante in relazione alle variazioni della temperatura esterna**". La temperatura massima interna degli edifici non deve essere superiore ai 20°C +2°C di tolleranza.

L'articolo 16 del regolamento prescrive: "Gli impianti con potenza termica al focolare superiore a 30.000 kcal/h (35.000 W) devono essere muniti di un "libretto di centrale" nel quale devono essere registrate le operazioni di manutenzione e di controllo. Per gli impianti esistenti la compilazione iniziale del libretto è effettuata dall'installatore, dal proprietario o dal conduttore dell'impianto. Per gli impianti nuovi il libretto è compilato inizialmente dal progettista".

Il sistema di termoregolazione è costituito dai seguenti componenti:

— 1. Sonda esterna, rileva la temperatura esterna e va applicata sulla facciata nord o nord-ovest dell'edificio, lontano da fonti di calore (finestre, balconi, canne fumarie, areatori ecc.) ed a circa 2/3 dell'altezza dell'edificio.

— 2. Sonda di mandata, rileva la temperatura dell'acqua di mandata e va installata sulla tubazione dell'acqua di mandata ed a valle della valvola miscelatrice, ad una certa distanza.

— 3. Valvola miscelatrice con servomotore, a tre o quattro vie. Collega la tubazione di mandata dell'acqua calda all'impianto, con quella di ritorno in caldaia. A seconda della posizione che la valvola assume vengono miscelate, in proporzioni diverse le due acque, variando la temperatura di mandata senza dover mai agire nel termostato di caldaia.

— 4. Centralina elettronica, confronta il segnale fornito dalla sonda esterna, con il segnale fornito dalla sonda di mandata. Se il segnale risultante non è quello desiderato ne deriva un segnale errore che opportunamente amplificato eccita i relè per l'azionamento del servomotore fino ad annullare il segnale errore.

Se abbiamo stabilito che la temperatura negli ambienti deve essere di 18°C, è chiaro che per mantenerla fissa, al variare della temperatura esterna all'edificio dovrà variare anche la temperatura dell'acqua di mandata che va ai termosifoni.

Spesso una cattiva installazione ha pregiudicato il corretto funzionamento del sistema di termoregolazione; particolare attenzione va posta alla messa a punto della centralina, che deve essere predisposta

STUDIO * Prof. G. BRANCA * TEC

sulla giusta curva, di riscaldamento (sovente evidenziata con diagramma sulla centralina stessa) che lega la relazione tra la temperatura esterna e quella di mandata in funzione della temperatura esterna minima. Quindi per una corretta taratura occorre considerare sia la zona climatica che la tipologia costruttiva dell'edificio e la sua esposizione agli agenti atmosferici.

Ci sono palazzi che sono stati definiti "colabrodi termici" a causa della cattiva coibentazione o per particolari esigenze costruttive o di uso. Naturalmente in questi edifici, per mantenere una certa temperatura interna, occorreranno quantità di calore molto maggiori che non in un edificio dello stesso volume che per spessore delle mura, minori superfici vetrate ecc. disperda meno calore. Ecco allora la necessità di una taratura "in loco" di tutto il sistema, con i dovuti accorgimenti (radiatori aperti, porte e finestre chiuse, messa a punto dei detentori etc).

La termoregolazione consente un miglior comfort, mantenendo costante la temperatura; un risparmio di combustibile (con conseguente minor inquinamento) riducendo, nelle ore più tiepide della giornata, la temperatura dell'acqua di mandata e prolungando le pause di arresto del bruciatore.

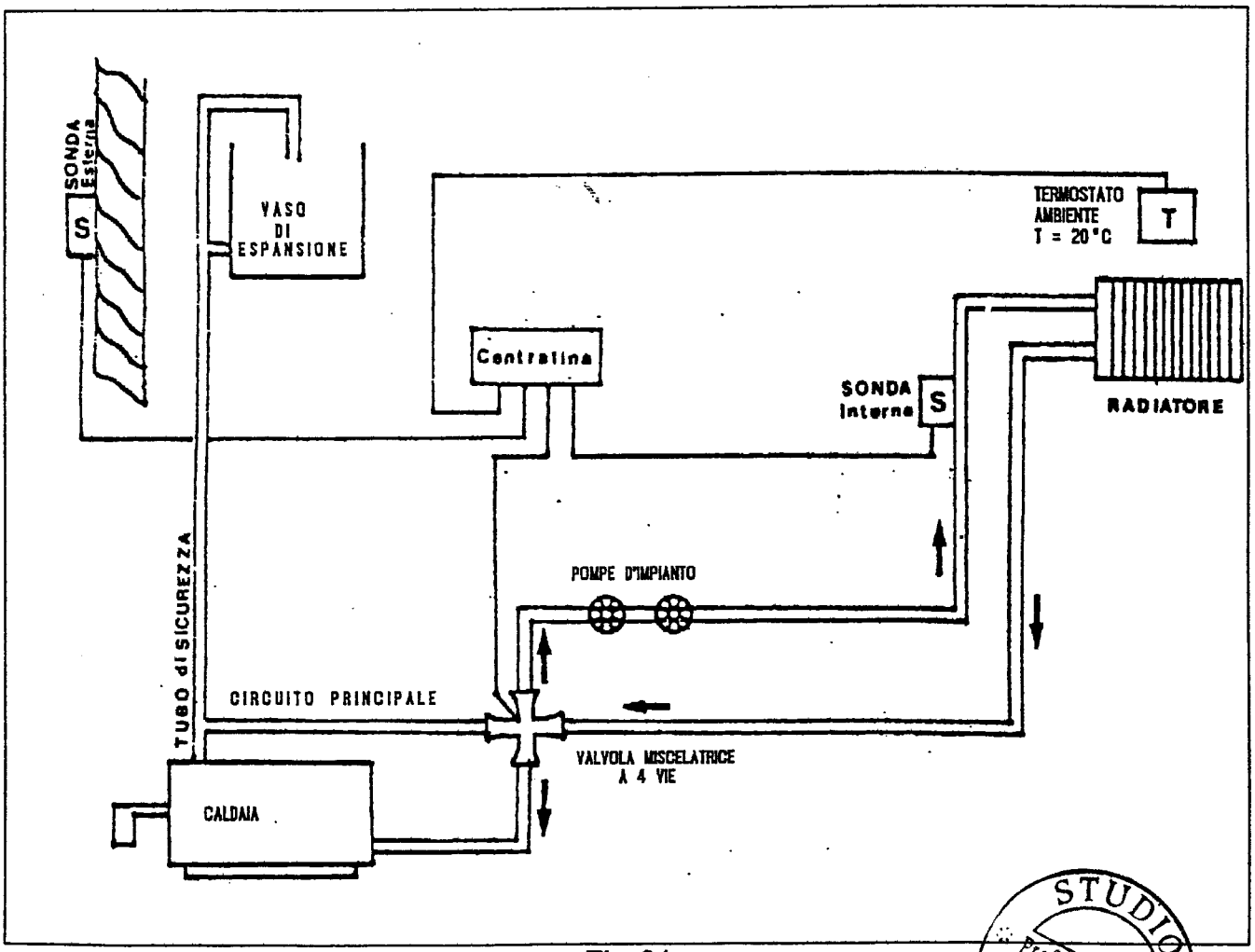


Fig. 34
Riscaldamento ad acqua (schema)

STUDIO Prof. G. BRANCA TECNICO