

visit: <http://vapore.jimdo.com>

Aggiornamento 2016

Corso Bolzano e Trento, ins. B. Muscatello

CORSO GENERATORI

DI VAPORE

	Pag
- Obblighi e compiti conduttore	1
- Controlli non distruttivi	8
- Vapore	12
- Valvole	14
- Riduttori	19
- Alimentazione	20
- Tiraggio	23
- Rampe gas	25
- Gasolio (ugelli)	25
- Combustione e combustibili	29
- Rendimento	36
- Domande e risposte (ripassa)	37
- Esercizi	41
- Domande interrogazioni d'esame	51
(Materiale ad uso interno)	

26/11/2016

FOGLIO PRESENZE TIROCINIO

TIROCINANTE SIGNOR:

CONDUTTORI SIGNORI:

DATA	FIRMA DEL TIROCINANTE	FIRMA DEL CONDUTTORE

DATA	FIRMA DEL TIROCINANTE	FIRMA DEL CONDUTTORE

COMPITI DEL CONDUTTORE

PRESA IN CONSEGNA DEL GENERATORE

Prendere visione del libretto e dei verbali allegati ed accertarsi che sia in regola con le verifiche.

INIZIO TURNO

Prendere consegne dal turno precedente, ed accertarsi che tutto sia in ordine.

AVVIAMENTO

Fase più delicata e pericolosa per il generatore.

Partenza a carico minimo, ed aumento della temperatura lento e graduale per evitare eccessive dilatazioni localizzate (seguire le istruzioni del costruttore).

controllo apparecchiature di esercizio e regolazione del generatore.

A REGIME

Apertura della valvola di mandata del vapore molto lentamente (tubazioni fredde, condense, colpi d'ariete)

CONTROLLI E PROVE DI PREVENZIONE DA EFFETTUARE

Valvola di sicurezza: 1 x mese, ed ogni sei mesi verifica della taratura con effettiva salita della pressione.

Indicatori di livello: 1 x turno, ed 1 x giorno la prova completa.

Livellostati di esercizio e di blocco: 1 x turno

Mezzi di alimentazione: 1 x mese

Fotocellule e simili: 1 x settimana

Elettrovalvole di blocco del combustibile, lavaggio e tempo di lavaggio della camera di combustione: periodicamente.

PREPARAZIONE DEL GENERATORE PER LE VERIFICHE

PROVA DI FUNZIONAMENTO A CALDO

Generatore in pressione, caldo.

Preparare patente e libretto ed assicurarsi che tutti gli accessori siano in ordine ed efficienti.

VISITA INTERNA

Preparare il generatore aperto lato fumi e lato acqua, e ben pulito. Preparare una lampada con tensione massima di alimentazione $V=25$ Volt, o 50 Volt se corrente continua con trasformatore ad avvolgimenti separati. Sapone ed asciugamano.

PROVA IDRAULICA

Preparare il generatore completamente pieno di acqua, con presa vapore e valvole di sicurezza flangiate cieche, e lato fumi completamente pulito ed aperto.

Corso vapore
ACCESSORI DI PROTEZIONE

Pressostati: (interruttori automatici sensibili alla pressione)

- A. - pressostato di regolazione: spegne il bruciatore a P_{max} di esercizio impostata, riaccende il bruciatore a P_{min} di esercizio impostata, permette il mantenimento in automatico della pressione entro i valori impostati,
- B. - pressostato di blocco: spegne il bruciatore, fa scattare degli allarmi acustici e luminosi, il suo intervento segue il **non avvenuto intervento** del pressostato di regolazione, il suo riarmo è manuale.

Termostati (interruttori termici automatici)

- A. - termostato di regolazione: spegne il dispositivo ad esso collegato, p.es. il bruciatore negli impianti termici od il preriscaldatore del combustibile negli impianti a vapore, alla T_{max} di esercizio impostata, riaccende il bruciatore alla T_{min} di esercizio impostata, permette il mantenimento in automatico della temperatura entro i valori impostati,
- B. - termostato di blocco: spegne il dispositivo ad esso collegato e può essere collegato anche a degli allarmi acustici e luminosi, il suo intervento segue il **non avvenuto intervento** del termostato di regolazione, il suo riarmo è manuale.

Dispositivi di rilevamento presenza fiamma

- fotoresistenza: in uso su impianti a gasolio ed olio combustibile, economico, teme la possibile cortocircuitazione dei due contatti in questo caso segnalerebbe erroneamente la fiamma come sempre presente,
- fotocellula: in uso grandi impianti a gasolio ed olio combustibile, genera una tensione, se non c'è fiamma se vecchia può restare ionizzata e generare tensione in assenza di fiamma,
- sonda a ionizzazione: E' un elettrodo (un'asta metallica) immersa nella fiamma. In uso su impianti a gas, sistema semplice e sicuro, non può essere ingannato da fenomeni vari, non utilizzabile su gasolio e olio c. perché sporcandosi di fuliggine bloccherebbe presto il bruciatore,
- fotocellula per UV: per impianti funzionanti a gas, teme i raggi cosmici ionizzanti.

Livellostati di regolazione o regolatori di livello

- continui: a tubo termostatico (Copes) evtl. Con aggiunta di dispositivo sensibile al prelievo di vapore.
- discontinui: a galleggiante, a sonde immerse, magnetico.

Livellostati di blocco

Come i livellostati di regolazione ma con circuiti separati rispetto a questi ultimi, azionano inoltre allarmi acustici, spie luminose e bloccano il bruciatore.

MANSIONI DEL CONDUTTORE

Normativa riguardante l'esercizio e la conduzione dei generatori di vapore.
R.D. n. 824 del 12.05.1927 art. 27 - 28 - 29 - 30 - 31 - 32 - 33 - art. 112 penalità.

art. 27: nessun generatore di vapore ...può essere posto e mantenuto in azione senza assistenza continua di persona che abbiail certificato di abilitazione per il tipo di generatore corrispondente.

Compito primario del conduttore é mantenere sempre in sicurezza il generatore ed intervenire tempestivamente in caso di anomalie che possono renderlo pericoloso, per cui deve adempiere con diligenza le sue mansioni, in caso contrario incorre nelle prescrizioni di cui all'art. 31 del R.D. 12.05.27 n. 824.

COMPITI DEL CONDUTTORE

Il conduttore deve sorvegliare il corretto e buon funzionamento del generatore e di tutti gli apparecchi a corredo dello stesso, per cui deve saper interpretare le letture e le indicazioni degli accessori di controllo e sicurezza ed agire tempestivamente. Per l'incolumità propria e a salvaguardia dell'integrità dell'impianto, il conduttore deve avere la massima sicurezza del corretto funzionamento degli accessori:

- manometri: saper interpretare l'indicazione di pressione del fluido controllato (vapore, olio combustibile), accertarsi della corretta indicazione e in caso di avaria sostituirlo con altro regolamentare;
- indicatori di livello: saper interpretare l'indicazione del livello, eseguire almeno 2-3 spurghi al giorno, e tempestivamente sostituire le parti in avaria,
- regolatore di livello e sonda di min. livello: accertarsi, provandoli spesso tramite spurghi, del loro funzionamento: essi intervengono sulla pompa di alimento, il primo, e mandano in blocco con allarme acustico e riarmo manuale, il secondo;
- mezzi di alimentazione acqua: accertarsi del loro funzionamento ed in particolare il secondo mezzo di alimentazione, che é ad azionamento manuale, deve essere provato spesso affinché sia pronto ed efficiente in caso di utilizzo in emergenza (primo mezzo non funzionante);
In base all'indicazione dell'indicatore di livello (per esempio abbassamento pericoloso del livello dell'acqua in caldaia) il conduttore deve intervenire tempestivamente eseguendo le opportune manovre onde evitare gravi danni al generatore o lo scoppio dello stesso (per esempio: bloccare immediatamente il bruciatore, chiudere la presa vapore onde evitare un ulteriore abbassamento del livello, accertarsi che il generatore non abbia subito avarie, ricercare le cause del mancato funzionamento del livellostato o della pompa o della sonda di minimo livello). Alimentare il generatore senza aver eseguito le manovre ed i controlli di cui sopra, potrebbe risultare molto pericoloso.

- **valvole di sicurezza:** accertarsi della loro efficienza e corretta pressione di taratura, provandole periodicamente manualmente o aumentando la pressione del generatore fino alla loro apertura, facendo molta attenzione alla pressione indicata dal manometro. Se del caso, eseguire manutenzione alle stesse, tipo smerigliatura delle sedi e ritaratura e comunicare all'ufficio provinciale competente per le verifiche periodiche, gli interventi eseguiti;
- **pressostati di funzionamento e di blocco:** accertarsi del loro corretto funzionamento e pressione di intervento, in particolare quello di blocco bruciatore con allarme acustico e riarmo manuale, accertamento da eseguirsi innalzando la pressione del generatore fino all'intervento e verificarne la pressione sul manometro;
- **impianto di combustione (bruciatore):** accertarsi del buon e corretto funzionamento controllando periodicamente: l'intervento della fotocellula di controllo fiamma, le temperature dell'olio combustibile e dei fumi, le pressioni di mandata e ritorno dell'olio combustibile, la qualità dei fumi tramite l'analizzatore (CO_2 - O_2 - opacità). In caso di anomalie o cattivo funzionamento, dovrà far intervenire un tecnico esperto per l'eventuale revisione e messa a punto del bruciatore, spiegandogli gli inconvenienti riscontrati;
- **analisi delle acque compito più delicato:** deve eseguire le analisi ed interpretarne i valori riscontrati, dell'acqua di alimento (durezza e PH), di caldaia (alcalinità alla fenolfatleina e al metilarancio; PH e condizionanti) e dopo il depuratore (durezza e PH). Queste analisi devono essere fatte **almeno 1 volta a turno lavorativo** onde evitare e prevenire incrostazioni e corrosioni molto pericolose in caldaia;
- **spurghi:** deve eseguire uno o più spurghi di fondo per ogni turno, in base ai valori rilevati dalle analisi dell'acqua di caldaia;
- **depuratore dell'acqua:** periodicamente, tramite le analisi dell'acqua depurata, dovrà controllare il perfetto funzionamento e la buona capacità di scambio delle resine e in caso di anomalie far intervenire un tecnico esperto per la revisione o manutenzione dell'impianto;
- **preparazione del generatore per le verifiche periodiche:**
 - prova di funzionamento: accertarsi preventivamente che tutti gli accessori di controllo, sicurezza e di esercizio siano perfettamente funzionanti ed efficienti;
 - visita interna: preparare il generatore freddo, privo di acqua, ben pulito sia lato fumi che lato acqua, passo d'uomo e portelloni aperti e mettere a disposizione del funzionario tutto l'occorrente (lampada a norma prevenzionistica, raschietto ecc.) e l'assistenza per eseguire la visita interna.
In caso di eventuali anomalie notate precedentemente, il conduttore deve informare il funzionario;
 - prova idraulica: preparare il generatore freddo, completamente pieno di acqua con presa vapore e valvole di sicurezza intercettate con flange cieche, collegato ad una pompa idraulica manuale per la pressatura, portelloni lato fumi aperti e lato fumi ben pulito e mettere a disposizione del funzionario l'occorrente per la verifica.

In caso di avaria del generatore (avarìa che deve essere tempestivamente denunciata dal proprietario all'ufficio competente) il conduttore deve preparare il generatore per la verifica, secondo le indicazioni specifiche del funzionario;

- **manutenzioni varie:** doveri del conduttore sono quelle piccole manutenzioni di pronto intervento (tipo sostituzione di guarnizioni, eliminazione pronta di eventuali perdite di vapore, acqua, combustibile), eventuale sostituzione degli accessori di controllo, di sicurezza ed esercizio non efficienti, con altri regolamentari.

Il Relatore
p.i. Lorandini Fabio
docente dei corsi di preparazione
per conduttore di generatori di vapore
Lorandini Fabio

Regolamento per l'esecuzione della legge 9 luglio 1926, n. 1331, che costituisce
l'Associazione Nazionale per il Controllo della Combustione
(Regio decreto 12 maggio 1927, n. 824)

Condotta dei generatori di vapore

Art. 27. — Nessun generatore di vapore, fatta eccezione di quelli indicati dagli articoli 4 e 5, può essere posto e mantenuto in azione senza la continua assistenza di persona che abbia i seguenti requisiti:

- 1) età non minore di 18 anni compiuti;
- 2) moralità e buona condotta;
- 3) idoneità fisica;
- 4) possesso del certificato di abilitazione, per il tipo di generatore corrispondente.

Art. 28. — Quando più generatori posti nel medesimo opificio funzionino in locali separati o distinti, siano pure contigui, per ogni locale deve esservi un conduttore patentato, a meno che sia prescritto un numero maggiore, con ordinanza motivata dalla Associazione nazionale per il controllo della combustione.

Art. 29. — Il certificato di abilitazione è rilasciato dagli uffici dell'ispettorato del lavoro, in base ai risultati di esami sostenuti dinanzi ad apposita commissione, nominata dal Ministro del lavoro e della previdenza sociale e composta:

- 1) da un ispettore del lavoro, laureato in ingegneria, di grado non inferiore all'ottavo, appartenente all'ufficio dell'ispettorato del lavoro nella cui circoscrizione si svolge la sessione di esami con funzioni di presidente;
- 2) dal direttore della sezione dell'Associazione nazionale per il controllo della combustione, competente per territorio, o da un funzionario della sezione stessa laureato in ingegneria da lui delegato;
- 3) da un esperto in materia di impianti di generazione di vapore.

Il certificato di abilitazione deve essere conforme al modello stabilito dal Ministero del lavoro e della previdenza sociale.

Art. 30. — Con decreto ministeriale sono stabilite le sedi e le epoche in cui si svolgono le sessioni di esami, e sono indicate le modalità per l'ammissione agli esami, per l'espletamento delle relative prove, per il rilascio dei certificati e per i gradi dei certificati medesimi.

Sono altresì stabilite le norme per l'equipollenza dei certificati e titoli ottenuti in base ad altri regolamenti.

Art. 31. — Gli agenti tecnici dell'Associazione debbono accertare se il personale addetto alla condotta dei generatori di vapore possieda i requisiti prescritti dall'art. 27 ed in quale modo disimpegni le proprie mansioni.

Anche gli ispettori del lavoro hanno facoltà di procedere agli accertamenti di cui al precedente comma.

Qualora il conduttore non adempia abitualmente con diligenza le sue mansioni o abbia determinato, per dolo o negligenza notevoli avarie al generatore da lui condotto, anche se non siavi stato infortunio ovvero abbia comunque posto in pericolo la incolumità di altri lavoratori, il capo circolo dell'ispettorato del lavoro, con ordinanza motivata e previa contestazione degli addebiti, può, senza pregiudizio delle altre sanzioni previste dalla legge o dal contratto di lavoro, sospenderlo fino a sei mesi dall'esercizio delle sue mansioni, ed anche revocare il certificato di abilitazione.

Contro l'ordinanza del capo circolo è ammesso ricorso entro, trenta giorni dalla sua comunicazione al Ministero del lavoro e della previdenza sociale (1) che decide definitivamente.

Art. 32. — Salvo casi di forza maggiore, il conduttore non può abbandonare il servizio senza preavviso di almeno cinque giorni fermi restando i termini e le altre condizioni stabiliti dal contratto di lavoro o dalla consuetudine che non contraddicano a tale disposizione.

In caso di contravvenzione da parte del conduttore all'obbligo suddetto, il capo circolo dell'ispettorato del lavoro può, con ordinanza motivata e previa contestazione degli addebiti ed indipendentemente dalle altre sanzioni penali e dalle azioni civili, sospendere il conduttore stesso, per un periodo non superiore a due mesi, dall'abilitazione alla condotta dei generatori ed, in caso di recidiva o nei casi di pericolo di infortunio, può anche ordinare detta sospensione per un periodo fino a sei mesi o revocare l'abilitazione.

Contro i suddetti provvedimenti è dato ricorso entro trenta giorni dalla comunicazione al Ministero del lavoro e della previdenza sociale (1) che decide definitivamente.

Art. 33. — In ogni locale ove siano generatori di vapore deve essere affisso a cura dell'utente, un estratto delle principali disposizioni relative agli obblighi dei conduttori, compilato dalla Associazione nazionale per il controllo della combustione.

(1) Così modificato con decreto luogotenenziale 21 agosto 1945, n. 377.

156 Saldatura

Prove e controlli delle saldature

Prove e controlli delle saldature

Perché una saldatura risponda ai requisiti di carattere fisico, chimico e meccanico che sono richiesti dal giunto che si deve realizzare, essa dovrà essere sottoposta a una serie di controlli, di prove e di attenzioni che devono essere previsti fin dalla fase di progettazione.

+ Spesso la cattiva esecuzione di un giunto saldato può compromettere la tenuta e la resistenza di una costruzione, con evidenti danni economici e, in certi casi, con gravi pericoli per la sicurezza delle persone.

L'importanza dei controlli si giustifica in particolare per le seguenti ragioni: molti difetti, anche gravi, riscontrabili nei giunti saldati, apparentemente sani e correttamente eseguiti, possono essere individuati solo con prove specifiche;

alla buona riuscita di un giunto saldato concorrono un gran numero di fattori ed è quindi difficile tenerli tutti sotto costante controllo;

la saldatura, qualunque sia il procedimento adottato, non è un'operazione facile; anche se viene eseguita da operatori esperti, le possibilità di errore sono sempre numerose.

Fasi e momenti di controllo devono essere previsti sia prima, sia durante, sia dopo l'esecuzione di una saldatura.

Controlli prima della saldatura

In fase di progettazione della struttura saldata occorre determinare con precisione i tipi di giunto, il metodo e la sequenza delle operazioni da eseguire, la preparazione dei lembi, la scelta del materiale di apporto, le macchine e le attrezzature adatte.

Il primo controllo consiste quindi nel verificare che tutte le indicazioni del disegno siano rispettate con particolare riguardo alla preparazione dei lembi: la maggior parte degli insuccessi in saldatura derivano infatti da una cattiva preparazione dei pezzi.

Devono essere inoltre controllate con cura tutte le attrezzature e le macchine necessarie al lavoro; si deve verificare la disponibilità in quantità sufficiente al lavoro degli elettrodi, delle bacchette di materiale d'apporto, del gas nelle bombole, ecc.; inoltre deve essere controllato lo stato di efficienza e il funzionamento degli strumenti di controllo e dei dispositivi di sicurezza.

Controlli durante la saldatura

Durante l'esecuzione della saldatura, sia essa manuale o automatica, è indispensabile mantenere sotto costante controllo i vari parametri che concorrono alla buona riuscita del lavoro.

In particolare, devono essere controllate l'intensità di corrente e la tensione, la velocità di avanzamento, la posizione e la tecnica esecutiva e tutte le altre numerose variabili in gioco.

Si tratta quindi di un controllo continuo, spesso affidato all'automaticità delle attrezzature, ma che comunque richiede la attenzione continua da parte dell'operatore.

In taluni casi, specie nelle saldature più importanti (ad esempio per saldature in più passate su grosse lamiere) si richiedono dei controlli intermedi del tipo di quelli qui di seguito descritti come controlli da eseguirsi dopo la saldatura.

Controlli dopo la saldatura

Per quanto accurata sia stata l'esecuzione di una saldatura è sovente necessario, al termine della lavorazione, sottoporre il giunto o l'intera costruzione a prove e controlli che assicurino il conseguimento delle caratteristiche fisiche, chimiche e meccaniche richieste dalla costruzione.

È quindi necessario sottoporre i pezzi a un rigoroso controllo che garantisca la tenuta delle costruzioni anche nelle condizioni di esercizio, soprattutto quando queste sono particolarmente severe (bombole, serbatoi, strutture portanti, ecc.).

Le prove e i controlli possono essere di due tipi, a seconda che comportino o meno la rottura del giunto saldato: controlli distruttivi
controlli non distruttivi

Controllo distruttivo

Il controllo distruttivo può essere evidentemente applicato solo per produzioni di serie poiché implica la non utilizzabilità dei campioni prelevati per le prove.

I rimanenti esemplari della partita prodotta non vengono controllati perché si presume che abbiano qualità e quindi caratteristiche di comportamento identiche a quelle constatate direttamente sugli esemplari sottoposti a prove distruttive di vario genere.

Il controllo distruttivo può limitarsi alla esecuzione di prove convenzionali (meccaniche e tecnologiche) su provette tratte dal giunto saldato, oppure consistere in prove globali spinte fino alla rottura della costruzione saldata per determinare i massimi carichi o pressioni sopportabili.

Le prove distruttive principali che vengono eseguite sui campioni dei giunti saldati sono:

prove di frattura, per controllare internamente il grado di omogeneità e i difetti del giunto (esami visivi e macrografici);

prove di durezza sotto cordone o nella zona termicamente alterata; esami metallografici;

analisi chimica del giunto, per determinare se ci sono alterazioni della composizione chimica;

prove meccaniche di trazione, resilienza, resistenza a fatica, ecc.;

prove di corrosione.

Queste prove assumono particolare importanza e talvolta sono indispensabili per iniziare grandi produzioni in serie o per determinare la capacità dell'operatore e il metodo da adottare.

Al controllo distruttivo sono riconducibili anche i controlli, detti semidistruttivi, che comportano il prelievo di una piccola parte soltanto del giunto saldato, così da non compromettere l'intera costruzione.

Per saldature testa a testa di lamiera piane o per saldatura longitudinali di corpi cilindrici ricavati da lamiera, il controllo semidistruttivo prevede in genere la utilizzazione di un prolungamento del giunto, appositamente realizzato per il controllo.

Sul tallone prelevato vengono eseguiti i controlli di tipo distruttivo.

Controlli non distruttivi

Il controllo non distruttivo ha lo scopo di mettere in evidenza i difetti di saldatura — da intendersi come soluzioni di continuità — interni o affioranti in superficie, senza alterare in alcun modo le caratteristiche fisiche, chimiche e meccaniche della saldatura esaminata.

Con i controlli non distruttivi è possibile pertanto scoprire difetti come soffiature, inclusioni di ossidi, cricche, ecc.

Esame con liquidi penetranti

Serve esclusivamente per la ricerca di difetti affioranti in superficie, non rilevabili ad occhio nudo.

Il principio su cui si basa è quello di far assorbire dall'eventuale difetto un liquido che poi, in un secondo tempo, verrà fatto riaffiorare in superficie.

I liquidi impiegati sono miscela di idrocarburi che possono penetrare facilmente attraverso discontinuità e fessure anche minuscole.

I risultati migliori si ottengono per la ricerca di difetti su saldature di acciaio inossidabile (piccole cricche, incisioni marginali a spigolo acuto) e di alluminio e sue leghe (cricche e soffiature) ed in genere su saldature eseguite in argon, che presentano buona regolarità superficiale del cordone.

Per l'acciaio comune si hanno i migliori risultati nel controllo di saldature eseguite con procedimenti automatici (es. arco sommerso).

Altro impiego comune dei liquidi penetranti riguarda il controllo successivo a riparazioni di saldature localmente difettose.

Condizione indispensabile affinché queste prove diano risultati attendibili è l'accurata pulitura della superficie prima del trattamento.

Tracce di sporco, di grasso, per non parlare di vernici, ostruirebbero il difetto, non permettendo al liquido di penetrarvi.

Va precisato però che il risultato delle prove non distruttive dà soltanto una risposta nei riguardi di eventuali soluzioni di continuità, ma non dice niente nei riguardi delle caratteristiche fisico-meccaniche del giunto.

Queste possono essere valutate soltanto mediante le prove distruttive.

Si tratta quindi di prove i cui risultati sono complementari e sarebbe errato pensare che le prove non distruttive possono sostituire quelle distruttive.

Viene cosparsa la zona da controllare con il liquido (1).

Dopo un periodo di impregnazione che può variare da cinque a trenta minuti a seconda del tipo di liquido impiegato, il pezzo viene lavato con acqua o solventi e poi asciugato (2).

Si cosparge quindi la zona con una speciale sostanza costituita da polveri, detta rivelatore, per favorire il processo di assorbimento del liquido rimasto nell'eventuale discontinuità (3).

La presenza di una discontinuità viene evidenziata in due modi, a seconda del tipo di liquido impiegato.

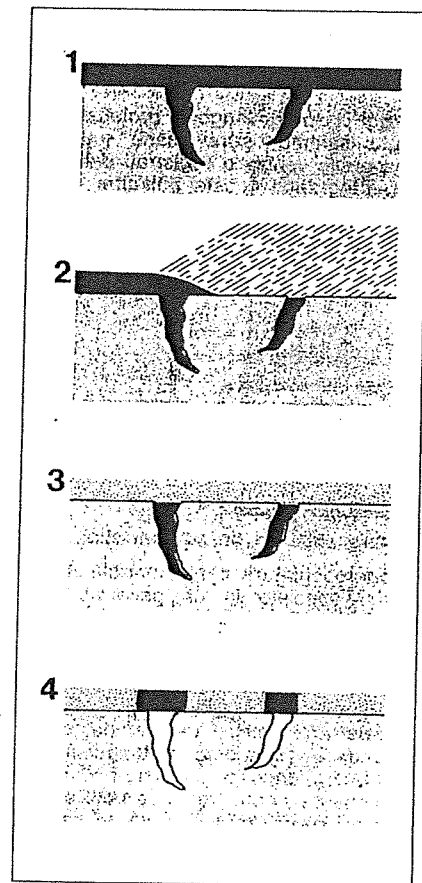
Se il liquido penetrante è colorato (in genere in rosso), allora il liquido residuo forma delle macchie che risaltano con evidenza sulla polvere assorbente bianca (4).

Se il liquido penetrante contiene in soluzione una sostanza fluorescente, allora la soluzione residua assorbita viene messa in evidenza esaminando il pezzo al buio ed illuminandolo con una lampada a luce di Wood, che eccita la fluorescenza.

In entrambi i casi macchie tondeggianti isolate corrispondono a soffiature, una riga più o meno marcata e continua corrisponde a una incrinatura, il cui andamento viene riprodotto con notevole fedeltà.

I principali controlli non distruttivi, oltre all'esame visivo del giunto saldato, sono i seguenti:

- controlli con liquidi penetranti
- controlli magnetoscopici
- esami radiografici
- controlli con ultrasuoni



Esame magnetoscopico

Il controllo magnetoscopico può essere efficacemente usato per la ricerca di difetti affioranti in superficie o localizzati in prossimità della superficie.

Il procedimento può essere applicato soltanto ai materiali ferromagnetici: fra i materiali più comunemente usati in saldatura restano pertanto escluse le leghe leggere e gli acciai austenitici.

Il principio fisico sul quale si basa il controllo magnetoscopico è il seguente. In un campo magnetico le linee di forza vengono deviate quando incontrano zone che presentano una diversa permeabilità magnetica. Se la permeabilità magnetica di tali zone è molto inferiore a quella del resto del pezzo, le linee di forza magnetiche possono essere perturbate al punto da uscire dal corpo ed essere deviate nell'aria.

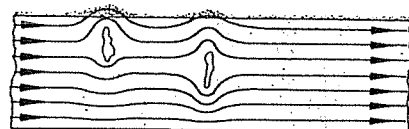
Se in tale situazione si cosparge il pezzo con particelle magnetizzabili (costituenti il mezzo « rivelatore »), queste saranno attratte nelle posizioni nelle quali le linee di forza passano nell'aria.

L'addensamento delle particelle rende così visibile in superficie la presenza di una discontinuità interna capace di provocare la perturbazione delle linee di forza.

Il campo magnetico nel pezzo può essere ottenuto appoggiando sul pezzo i due poli di una elettrocalamita (magnetizzazione diretta) oppure facendo passare attraverso il pezzo una corrente a bassa tensione ed elevata intensità dell'ordine di 800 ÷ 1500 A; quando la forma e la dimensione dei pezzi da esaminare lo consentono si può ottenere un campo magnetico indotto avvolgendo intorno al pezzo un conduttore percorso da corrente.

I rivelatori magnetici normalmente impiegati sono costituiti da limatura di ferro finissima e da ossidi di ferro che possono essere cosparsi sul pezzo a secco (polveri magnetiche, controllo « a secco ») oppure sotto forma di sospensione in petrolio (rivelatore liquido, controllo « umido »).

I difetti che più facilmente possono essere messi in evidenza sono quelli di tipo bidimensionale, ed essenzialmente le incrinature, a condizione che il campo magnetico sia orientato piuttosto perpendicolarmente al difetto.



g

Esami radiografici

I raggi X e i raggi γ sono onde elettromagnetiche, della stessa natura della luce visibile e delle radiazioni ultraviolette, che hanno la proprietà di poter attraversare corpi opachi alla luce ordinaria, mantenendo inalterata la loro traiettoria rettilinea, ma subendo una attenuazione che dipende dallo spessore del materiale attraversato e dalla sua natura.

La capacità di penetrazione delle radiazioni e quindi lo spessore di metallo che sono in grado di attraversare dipende dalla loro lunghezza d'onda. Con i raggi X è possibile esaminare spessori di acciaio fino a 200 mm. Per spessori superiori è necessario ricorrere ai raggi γ che, avendo lunghezza d'onda minore, sono più penetranti. Le radiazioni penetranti hanno inoltre la proprietà di eccitare la fluorescenza di uno schermo ricoperto di speciali sostanze (radioscopie) e quella di impressionare le lastre fotografiche (radiografie).

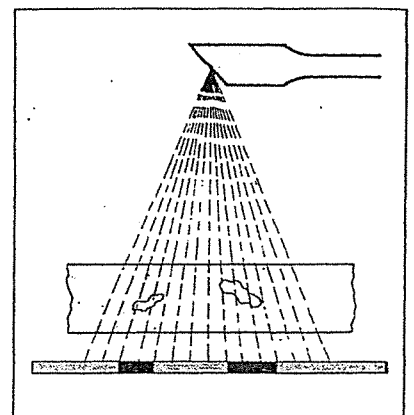
Queste proprietà dei raggi X e dei raggi γ vengono sfruttate per l'esame radiografico dei giunti saldati al fine di mettere in evidenza discontinuità e difetti interni, analogamente a quanto si fa nel campo medico per la diagnosi e la localizzazione di traumi e malattie (esami radiografici delle fratture ossee, dei polmoni, ecc.).

Principio del controllo radiografico

I raggi X (o γ) vengono proiettati sul giunto saldato, attraversano tutto lo spessore e vengono registrati dalla lastra fotografica (posta dall'altra parte del pezzo). L'intensità è diversa a seconda del diverso indebolimento subito dai raggi nell'attraversare il giunto.

Se il giunto è di spessore costante, se non esistono difetti e la natura del metallo è omogenea, la lastra resta impressionata in modo uniforme.

Se nel giunto si trova una discontinuità, che può essere immaginata come una variazione di spessore (ad esempio una incrinatura) o come una variazione della natura del materiale (ad esempio un'inclusione di scoria o di ossidi), questa provoca una variazione di intensità delle radiazioni emergenti che si traduce sulla lastra nella presenza di zone più chiare o più scure a seconda dell'estensione e della natura del difetto rivelato.



Apparecchiature per il controllo

L'apparecchiatura per i controlli radiografici consiste in un generatore di raggi (X o γ) e di un apparato rivelatore dei raggi (lastre fotografiche).

Il generatore di raggi X è costituito da un tubo di vetro entro il quale è realizzato un vuoto molto spinto.

Gli elettroni emessi dal catodo, costituito da un filamento di tungsteno riscaldato, vengono accelerati dall'alta tensione esistente tra i due poli, e colpiscono con grande energia un anticatodo di tungsteno.

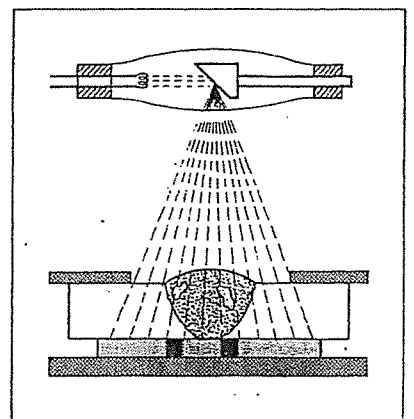
L'urto dà origine ai raggi X.

I raggi γ vengono emessi spontaneamente da sostanze radioattive naturali (es. radio) o da sostanze radioattive artificiali (isotopi radioattivi).

✚ I raggi X e ancor più i raggi γ sono pericolosissimi. Se colpiscono l'operatore anche in minima quantità possono provocare malattie gravissime e talvolta incurabili.

✚ Per evitarne la dispersione e la diffusione gli operatori, le apparecchiature e gli stessi locali dove vengono eseguiti i controlli devono essere isolati e assolutamente protetti.

✚ Sotto la lastra e sulle zone del pezzo non interessate all'esame radiografico vengono disposte lastre di piombo di grosso spessore allo scopo di assorbire le radiazioni.



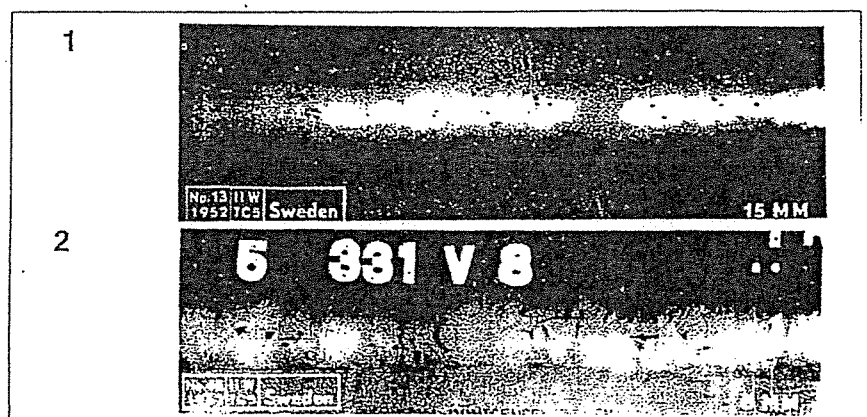
Esame delle radiografie

Le lastre impressionate vengono esaminate su un negatoscopio.

L'interpretazione dei negativi fotografici, cioè delle zone più chiare o più scure corrispondenti a discontinuità o a difetti della saldatura, richiede notevole esperienza e la conoscenza delle condizioni nelle quali è stato realizzato il giunto saldato.

In figura sono mostrati due esempi di radiografie relative a saldature che presentano difetti comuni.

- 1 Radiografia di una saldatura con inclusioni gassose sparse.
- 2 Radiografia di una saldatura con incrinatura longitudinale (vedi frecce), inclusioni di scoria e incisioni marginali.



Controllo con ultrasuoni

Gli ultrasuoni sono onde elastiche (vibrazioni) della medesima natura delle onde sonore, dalle quali si differenziano soltanto per avere una frequenza superiore al limite massimo percepibile dall'orecchio umano (16000 HZ).

Gli ultrasuoni sono soggetti, come tutte le onde sonore, a rifrazione, riflessione e interferenza. Si propagano con una velocità che è caratteristica per ogni materiale attraversato e dipende dalla sua natura e dalla sua densità.

Principio del controllo con ultrasuoni

Per il controllo delle saldature viene sfruttata la proprietà di riflessione degli ultrasuoni e la possibilità di registrare con esattezza il tempo impiegato dalle vibrazioni ad attraversare un giunto saldato.

In modo del tutto analogo gli ultrasuoni sono utilizzati per calcolare le profondità marine.

Il cristallo trasmettitore e quello ricevitore vengono posti l'uno accanto all'altro sulla stessa superficie del pezzo, oppure un solo cristallo può funzionare alternativamente da trasmettitore e da ricevitore.

Lo strumento di misura è un oscillografo a raggi catodici sul quale vengono registrati il segnale di partenza dell'impulso del trasmettitore e quello di arrivo (eco di fondo) dello stesso impulso al ricevitore dopo riflessione sul fondo del pezzo.

La distanza tra i due segnali, che compaiono sotto forma di picchi sullo schermo dell'oscillografo, è proporzionale al tempo impiegato dagli ultrasuoni ad attraversare due volte (andata e ritorno) lo spessore del materiale in esame.

Gli ultrasuoni impiegati per il controllo delle saldature vengono generati per effetto piezoelettrico.

Il fenomeno piezoelettrico risponde al principio seguente.

Sottoponendo un cristallo, per esempio di quarzo (materiale piezoelettrico), a un campo elettrico variabile di data frequenza, il quarzo alternativamente si contrae e si dilata con la stessa frequenza della corrente eccitatrice.

Appoggiando il quarzo sulla superficie di un pezzo, le dilatazioni e le contrazioni inducono in questo delle vibrazioni meccaniche o ultrasuoni.

Il fenomeno è reversibile, cioè una vibrazione meccanica di tipo ultrasonoro agente su un cristallo di quarzo provoca delle variazioni di potenziale elettrico che generano una corrente alternata di frequenza uguale a quella degli ultrasuoni che investono il cristallo.

Tale corrente può essere registrata da un oscillografo che trasforma gli impulsi elettrici prodotti dalle onde sonore in impulsi luminosi visibili su uno schermo sotto forma, ad esempio, di picchi a dente di sega.

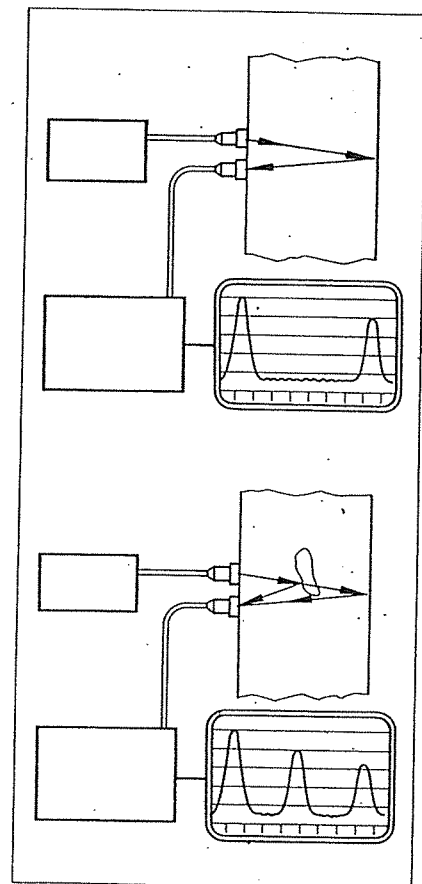
Se il pezzo attraversato dagli ultrasuoni è esente da difetti, sull'oscillografo compaiono due picchi distanziati: il primo corrisponde al segnale di partenza e il secondo corrisponde al segnale di arrivo dell'impulso riflesso.

Se all'interno del pezzo in esame è presente una discontinuità in condizione di riflettere più o meno completamente il fascio di ultrasuoni, il cammino percorso dagli ultrasuoni, e quindi il tempo impiegato a percorrerlo, saranno minori di quelli corrispondenti alla riflessione completa: sullo schermo dell'oscillografo comparirà un nuovo segnale (eco del difetto) in una posizione intermedia tra l'impulso iniziale e l'eco di fondo.

La posizione dell'eco del difetto, cioè la sua distanza dal picco iniziale, è proporzionale alla profondità alla quale si trova la discontinuità.

A seconda della dimensione della discontinuità, l'altezza del picco corrispondente all'eco di fondo può risultare ridotta o anche scomparire.

In conclusione, l'esame ultrasonoro per riflessione consente di rivelare la presenza di difetti e anche di localizzarne la posizione nello spessore del materiale.



Vantaggi e limiti del controllo con ultrasuoni

L'esame di un giunto saldato mediante gli ultrasuoni è assai più sensibile di quello radiografico perché ogni discontinuità o difetto, anche i più insignificanti vengono chiaramente evidenziati.

Il controllo con ultrasuoni offre inoltre notevoli vantaggi rispetto agli esami radiografici perché richiede apparecchiature più semplici, è rapido e pratico anche per controlli eseguiti in punti difficilmente accessibili, è più economico e soprattutto non presenta nessun pericolo per l'operatore e per l'ambiente circostante.

Purtroppo non sempre è facile interpretare gli esami con ultrasuoni perché le stesse segnalazioni possono corrispondere sia a difetti molto gravi (ad esempio cricche), sia a difetti meno gravi (ad esempio porosità allineate).

L'interpretazione corretta di un esame con ultrasuoni è affidata soprattutto all'esperienza dell'operatore e alla perfetta conoscenza delle caratteristiche del giunto e delle condizioni di saldatura.

In genere per controllare accuratamente un giunto saldato si preferisce condurre un primo esame con gli ultrasuoni ed eventualmente si ricorre in seguito agli esami radiografici, limitatamente a quelle zone nelle quali sono stati riscontrati dei difetti di difficile interpretazione.

Il calore può venire scambiato in forma sensibile (in associazione a variazione di temperatura) od in forma latente (senza associazione a variazione di temperatura).

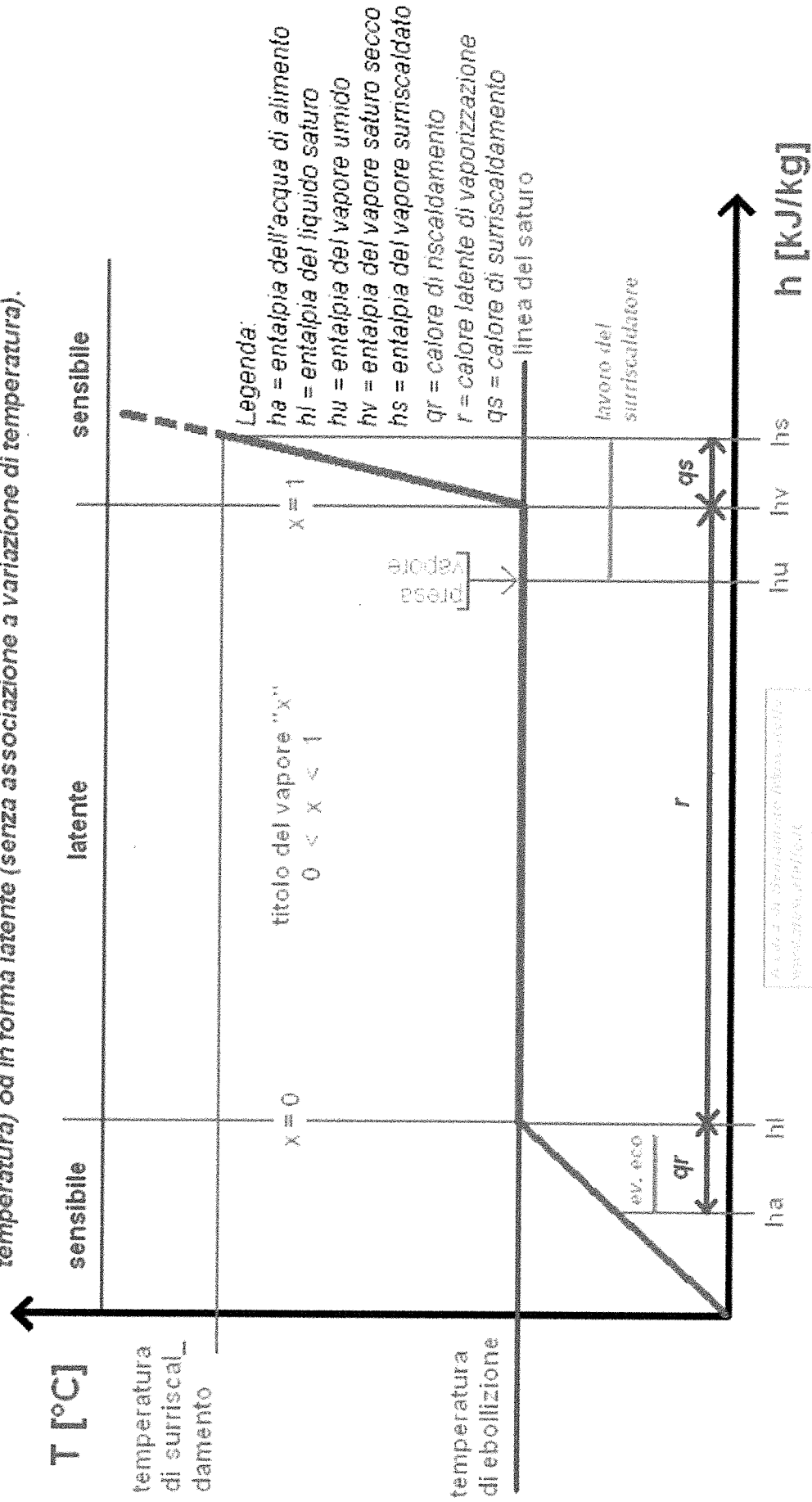


Tabella vapore

Tabella 1.41 a — *Tabella del vapore saturo secco*

Pressione assoluta (bar)	Temperatura (°C)	Entalpia o contenuto termico (kJ/kg)		Pressione assoluta (bar)	Temperatura (°C)	Entalpia o contenuto termico (kJ/kg)	
		del liquido h_l	del vapore h_v			del liquido h_l	del vapore h_v
0,01	7,0	29,3	2514,4	8,5	172,9	732,0	2769,9
0,015	13,0	54,7	2525,6	9,0	175,4	742,6	2772,1
0,02	17,5	73,5	2533,6	9,5	177,7	752,8	2774,2
0,025	21,1	88,4	2540,2	10	179,9	762,6	2776,2
0,03	24,1	101,0	2545,6	11	184,1	781,1	2779,7
0,04	29,0	121,4	2554,5	12	188,0	798,4	2782,7
0,05	32,9	137,8	2561,6	13	191,6	814,7	2785,4
0,06	36,2	151,5	2567,8	14	195	830,1	2787,8
0,08	41,5	173,9	2577,1	15	198,3	844,7	2789,9
0,1	45,8	191,8	2584,8	16	201,4	858,6	2791,7
0,12	49,4	206,9	2591,2	17	204,3	871,8	2793,4
0,15	54,0	226,0	2599,2	18	207,1	884,6	2794,8
0,20	60,1	251,4	2609,9	19	209,8	896,8	2796,1
0,25	65,0	272,0	2618,3	20	212,2	908,6	2797,2
0,30	69,1	289,3	2625,4	22	217,2	930,9	2799,1
0,35	72,7	304,3	2631,5	24	221,8	951,9	2800,4
0,40	75,9	317,6	2636,9	26	226,0	971,7	2801,4
0,50	81,3	340,6	2646,0	28	230,0	990,5	2802,0
0,60	85,9	359,9	2653,6	30	233,8	1008,4	2802,3
0,70	89,9	376,8	2660,1	32	237,4	1025,4	2802,3
0,80	93,5	391,7	2665,8	34	240,9	1041,8	2802,1
0,90	96,7	405,2	2670,9	36	244,2	1057,6	2801,7
1,0	99,6	417,5	2675,4	38	247,3	1072,7	2801,1
1,1	102,3	428,8	2679,6	40	250,3	1087,4	2800,3
1,2	104,8	439,4	2683,4	42	253,2	1101,6	2799,4
1,3	107,1	449,2	2687,0	44	256,0	1115,4	2798,3
1,4	109,3	458,4	2690,3	46	258,7	1128,8	2797,0
1,5	111,4	467,1	2693,4	48	261,4	1141,8	2795,7
1,6	113,3	475,4	2696,2	50	263,9	1154,5	2794,2
1,8	116,9	490,7	2701,5	55	269,9	1184,9	2789,9
2,0	120,2	504,7	2706,3	60	275,5	1213,7	2785,0
2,2	123,3	517,6	2710,6	65	280,8	1241,1	2779,5
2,4	121,1	529,6	2714,5	70	285,8	1267,4	2773,5
2,6	128,7	540,9	2718,2	75	280,5	1292,8	2766,9
2,8	131,2	551,4	2721,5	80	295,0	1317,1	2759,9
3,0	133,5	561,4	2724,7	85	299,2	1340,7	2752,5
3,2	135,7	570,9	2727,6	90	303,3	1363,7	2744,6
3,4	137,5	579,9	2730,3	95	307,2	1386,1	2736,4
3,6	139,8	588,5	2732,9	100	311,0	1408,0	2727,7
3,8	141,8	596,8	2735,3	110	318,0	1450,6	2709,3
4,0	143,6	604,7	2737,6	120	324,6	1491,8	2689,2
4,5	147,9	623,2	2742,9	130	330,8	1532,0	2667,0
5,0	151,8	640,1	2747,5	140	336,6	1571,6	2642,4
5,5	155,5	665,8	2751,7	150	342,1	1611,0	2615,0
6,0	158,8	670,4	2755,5	160	347,3	1650,5	2584,9
6,5	162,0	684,1	2758,8	180	357,0	1734,8	2513,9
7,0	165,0	697,1	2762,0	200	365,7	1826,5	2418,4
7,5	167,8	709,3	2764,8	221,20	374,15	2107,4	2107,4
8,0	170,4	720,9	2767,5				

CERTIFICATO DI QUALIFICAZIONE PER VALVOLA DI SICUREZZA CARRARO - SERIE CS

Tipo CS-30/G Matr. CS-1497
 Attacchi: Entrata DN ϕ 1.1/2" PN Filett. Maschio NPT
 Uscita DN ϕ 1.1/2" PN Filett. Femmina NPT
 Entrata Valvola Diam. D 21.5 mm
 Area A 3,6286 cmq
 Alzata h 5,5 mm

Coefficiente K = 0,931

Campo di taratura a (contropressione atmosferica)

da 10,8 a 13,2 kgf/cmq

Massima temperatura di impiego 232 °C

Sovrapressione 3÷10 % della pressione di taratura

Scarto di chiusura 2÷6 % della pressione di taratura

Il coefficiente di efflusso K è stato determinato mediante prove effettuate alla presenza dei tecnici della ANCC, come da lettera di qualificazione della Direzione Centrale Tecnica della ANCC, prot. 10619 del 14 Marzo 1978.

Le condizioni di esercizio per calcolare la capacità di scarico nelle condizioni di piena portata, secondo le specifiche della raccolta E, edizione 1979, sono le seguenti:

Fluido:

VAPORE

Pressione di taratura:

12

kgf/cmq

Temperatura di esercizio:

SATURO

°C

Sovrapressione:

10

%

Pressione massima in condizione di efflusso della piena portata

p1

14,2

kgf/cmq ass.

Temperatura assoluta:

T1

-

°K

Peso molecolare:

M

-

kg/k mol.

Volume specifico:

v1

0,1417

m3/kg

Coefficiente di espansione:

C

0,635

Fattore di comprimibilità:

Z1

-

che, introdotte nella formula:

$$q = \frac{(0,9 \cdot K) \cdot (112,7 \cdot C) \cdot A}{\sqrt{\frac{v1}{p1}}}$$

$$\text{oppure } q = \frac{(0,9 \cdot K) \cdot (387,2 \cdot C) \cdot p1 \cdot A}{\sqrt{\frac{Z1 \cdot T1}{M}}}$$

danno la capacità di kg/h

2.178

pari a

Materiali: come segnati sul retro; detti materiali sono idonei per fluidi e condizioni di esercizio sopra indicati.

Le caratteristiche costruttive della valvola soddisfano le prescrizioni di cui al punto 2 della specifica E.1.D.2.

La valvola è stata assoggettata con buon esito a controllo finale di costruzione e di funzionamento a prova idraulica lato ingresso valvola alla pressione di 60 kgf/cmq

CARRARO S.p.A.

N.B. - La valvola è idonea
a scaricare acqua surriscaldata

[Firma]

CARRARO S.p.A.

Rovagnasco di Segrate (Milano) - Via Enrico Fermi, 22 - Telefono 21.33.441

Besa
ING. SANTANGELO

20131 MILANO
Via Donatello, 31
Tel. 2365135 - 2365195

CERTIFICATO DI COLLAUDO

N° 5 DEL 5/1/81

MATRICOLA VALVOLE

01976 - 6

Cliente FERROLI IND. RISCALDAMENTO S.P.A. - SAN BONIFACIO (VR)

Ordine N° 1434/80/BO del 9/12/80

Sigla valvola (del Cliente) _____

DESCRIZIONE E DATI PER ANCC

N° 1 Valvola di sicurezza ad alzata totale a molla

Qualificata* Tipo 442 Coefficiente di efflusso $K = 0,80$

Entrata DN: 32 PN 16 Uscita DN 50 PN 16

Diametro orifizio mm. 29 Area netta orifizio cm² 6,60

Materiali: Corpo Ghisa Otturatore, sede, asta in Acc. In.

Pressione di taratura: 12 Ate-~~Bar~~
~~XXX~~

Campo pressione molla: 10,3 ÷ 13,05

Sovrapressione 5 % della pressione di taratura

Scarto di chiusura 10 % della pressione di taratura

Capacità di sfogo 3076 Kg/h vapore saturo

7.2

LA VALVOLE RISPONDE ALLE CARATTERISTICHE DI CUI AL PUNTO 2 DELLE DISPOSIZIONI
E 1. D. 2 - E 2. E 2 DELLA "RACCOLTA E".

PROVE EFFETTUATE: Prova idraulica del corpo: 25 Ate-~~Bar~~

Prova taratura con aria: 12 Ate-~~Bar~~

RISULTATO DEL COLLAUDO: Favorevole.

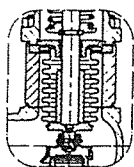
* Vedi lettera Prot. n. 38663 A.N.C.C. - Roma del 2 - 11 - 1979.

BESA Ing. SANTANGELO
Soc. Acc. Simpt.

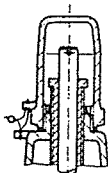
15

VALVOLE DI SICUREZZA JUCKER-LESER QUALIFICATE Modello 4334

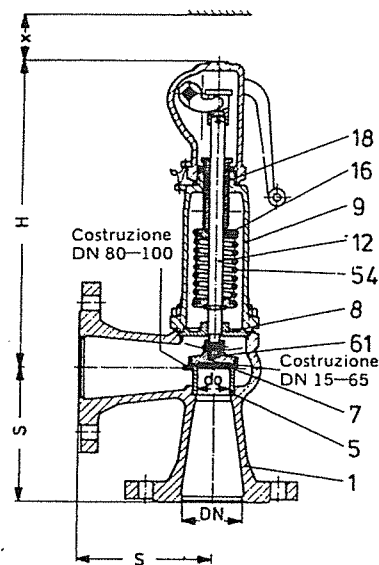
a molla, per vapori, gas e liquidi aggressivi - costruzioni in acciaio inossidabile con cappello chiuso



Esecuzione con soffietto di equilibratura (a richiesta)



Cappuccio H2 a tenuta di gas



Modello 4334 a molla coperta a dispositivo di sollevamento H4 a tenuta di gas

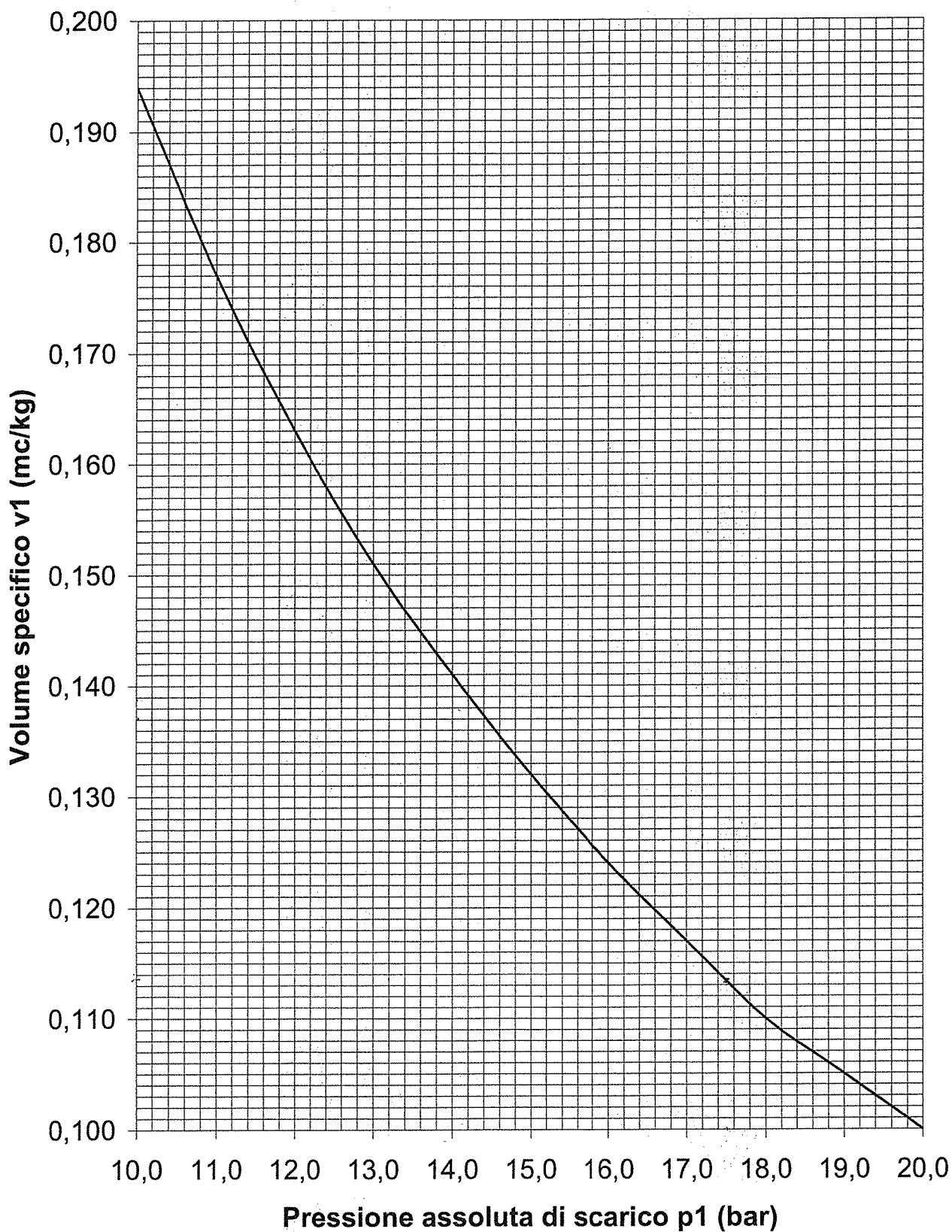
DENOMINAZIONE PARTICOLARE	MATERIALE (classif. DIN)	
	Resistente a corrosione	Per usi criogenici
1 Corpo	G-X6 Cr Ni Mo 18 10	G-X6 Cr Ni 18 10
5 Sede	X10 Cr Ni Mo Ti 18 10/ G-X6 Cr Ni Mo 18 10	X10 Cr Ni Ti 18 9/ G-X6 Cr Ni 18 10
7 Otturatore	X10 Cr Ni Mo Ti 18 10	X10 Cr Ni Ti 18 9
8 Guida	G-X6 Cr Ni Mo 18 10	G-X6 Cr Ni 18 10
9 Cappello	G-X6 Cr Ni Mo 18 10	G-X6 Cr Ni Mo 18 10
12 Asta lucidata	X10 Cr Ni Mo Ti 18 10	X10 Cr Ni Mo Ti 18 10
16 Piattello molla	X 10 Cr Ni Mo ti 18 10	X10 Cr Ni Mo Ti 18 10
18 Vite di taratura	X10 Cr Ni Mo Ti 18 10	X10 Cr Ni Mo Ti 18 10
54 Molla	X12 Cr Ni 17 7	X12 Cr Ni 17 7
61 Sfera	X5 Cr Ni Mo 18 10	X5 Cr Ni Mo 18 10
Cappuccio H4	G-X6 Cr Ni Mo 18 10	G-X6 Cr Ni Mo 18 10
Cappuccio H2	X6 Cr Ni Mo Ti 17 12 2	X6 Cr Ni Mo Ti 17 12 2

QUALIFICAZIONE ISPESL N. VS/013/87			K = 0,44			
ALTRE QUALIFICAZIONI: R.I.Na - ABS - AOTC - SUDB - TÜV ecc.						
MODELLI (solo con cappello chiuso)	RESISTENTE ALLA CORROSIONE			PER USI CRIOGENICI		
	4334			4336		
SOVRAPRESSIONE MINIMA	10% per gas - vapori e liquidi					
LIMITI DI TEMPERATURA	da -60° a 300°C			DA - 196°C a 300°C		
CONDIZIONI LIMITI DI IMPIEGO	40 bar	120°C		40 bar	120°C	
	24 bar	300°C		24 bar	300°C	
MISURE DISPONIBILI	da DN 15 a DN 100					
ATTACCHI FLANGIATI INGRESSO E USCITA UGUALI	PN 40 UNI 2242-67/2229-67					
VARIANTI SPECIALI	Otturatore con O-Ring in VITON		da -25 a 180°C - Suffisso L			
	NEOPRENE		da -45 a 100°C - Suffisso K			
	EPDM		da -45 a 160°C - Suffisso D			
	Per taratura minima di 1 bar - Per valori inferiori a richiesta.					
	Soffietto di bilanciamento e protezione in acciaio inox austenitico					
	Pressione di taratura minima di 3 bar					
	Soffietto di protezione in elastomero (non di equilibratura) per temperature da - 50 a 130°C e contropressione max di 3 bar					
	Camicia di riscaldamento					

16

**Diagramma p1 - v1 per il calcolo dell'area delle valvole di sicurezza
(vapor d'acqua) per pressioni assolute di scarico tra 10 e 20 bar.**

Nota: il coefficiente di espansione C, in questo intervallo di pressione vale 0,635.
a cura di Beniamino Muscatello



Materiale ad uso
esclusivamente
oliobuttico.

Tabella $p_1 v_1 C$

per il calcolo delle valvole di sicurezza
pressione assoluta di scarico v_1 volume specifico C coefficiente di espansione

p_1 [bar]	v_1 [m ³ /kg]	C [✓]
2,0	0,881	0,637
2,4	0,743	0,637
3,0	0,603	0,637
3,4	0,536	0,637
4,0	0,461	0,637
4,4	0,422	0,637
5,0	0,374	0,637
6,0	0,315	0,637
7,0	0,272	0,637
8,0	0,240	0,635
9,0	0,215	0,635
10,0	0,194	0,635
11,0	0,177	0,635
12,0	0,163	0,635
13,0	0,151	0,635
14,0	0,141	0,635
15,0	0,132	0,635
16,0	0,124	0,635
17,0	0,117	0,635
18,0	0,110	0,635
19,0	0,105	0,635
20,0	0,100	0,635
22,0	0,090	0,635
24,0	0,083	0,635
26,0	0,077	0,633
28,0	0,0714	0,633
30,0	0,0667	0,633
35,0	0,0571	0,633
41,0	0,0485	0,6305
45,0	0,0441	0,6305
51,0	0,0386	0,626
55,0	0,0356	0,626
61,0	0,0319	0,624
65,0	0,0297	0,624
71,0	0,0269	0,6175

Formula per il
calcolo dell'area
totale delle
valvole di sic.
 A_{TOT} [cm²]

$$A_{TOT} = \frac{W}{0,9 \cdot K \cdot 113,8 \cdot C} \sqrt{\frac{v_1}{p_1}}$$

dove:

W produttività [kg/h]

0,9 coeff. peggiorativo

K coeff. di efflusso
(certificato valvola)

113,8 coeff. fisso (sep [bar])

C coeff di espansione
a p_1

v_1 volume specifico
del vapore a p_1

p_1 pressione assoluta
di scarico.

$$p_1 = p_b + \text{sovr.} + 1$$

p_b press. di bollo

sovr. sovrappressione
di apertura ta-
te della val-
vola di sic.

1 pressione atmost.

Se 2 valvole,
area singola
valvola [cm²]

$$A_{1,2} = \frac{A_{TOT}}{2}$$

Poi due
verifiche

VERIFICA 1

① $d > 15 \text{ mm}$

$$d = \sqrt{\frac{4 A_{1,2}}{\pi}}$$

[cm]

VERIFICA 2

② $F_v < 8000 \text{ N}$

$$F_v = p_b \cdot A_{1,2}$$

[N] [N/cm²] [cm²]

NOTA:
 p_b [bar]

$$\text{bar} \times 10 = \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

es. 8 bar

$$8 \text{ bar} \times 10 = 80 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

GRUPPO DI RIDUZIONE REGOLAMENTARE

Obbligatorio se $P_{\text{generatore}} > P_{\text{utilizzatore}} + 2$

ENTRATA Manometro

- una certa pressione
- un certo titolo
- un contenuto termico

P_{alta} serve per :

- migliorare il titolo alla presa di vapore
- per ridurre le dimensioni di tubi ed accessori

USCITA

Manometro e valvola di sicurezza

- una pressione minore
- un titolo maggiore
- lo stesso contenuto termico

P_{bassa} serve per :

- sfruttare il maggior calore latente
- disporre di un titolo elevato

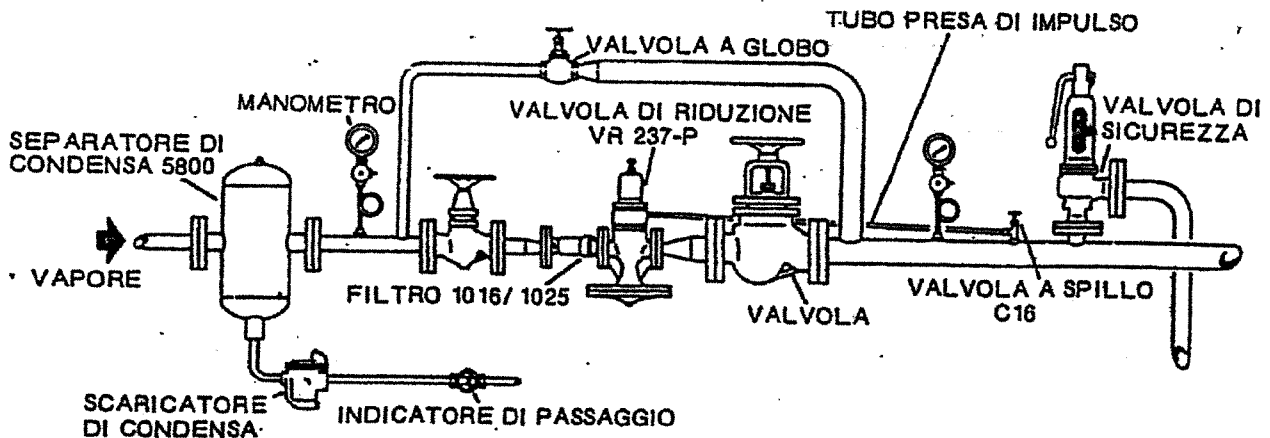


Fig. 20 - Stazione di riduzione di pressione vapore: il separatore prima della valvola di riduzione assicura la massima efficienza e la minima usura degli organi di strozzamento.

2 a 2,4 bar

Se il vapore a pressione ridotta fosse saturo secco conterrebbe 2150,7 kJ/kg (514 kcal/kg) di calore latente, così un calore latente di 2086,3 kJ/kg (498,5 kcal/kg) rappresenta un titolo 0,97.

In questo caso non si ha surriscaldamento ma il vapore passando attraverso il riduttore ha solo migliorato il suo titolo passato da 0,95 a 0,97. Per ottenere vapore saturo secco a 2,4 bar dopo il riduttore, dovremmo disporre a monte di vapore con titolo di ben 0,98, il che industrialmente è una pura chimera! Viceversa tale valore può essere avvicinato con separatore adeguato.

Quindi c'è sempre vantaggio o meglio necessità di installare un separatore a monte di una valvola riduttrice.

Nessun separatore ha un'efficienza assoluta del 100% anche se tale efficienza aumenta con il diminuire del contenuto di umidità; nelle applica-

zioni comuni, partendo con vapore saturo quasi secco, l'umidità residua è comunque tale da non creare problemi di surriscaldamento del vapore saturo all'utilizzo, anche con riduzioni di pressione elevate, dell'ordine di 10 - 15 bar, tenendo conto anche dell'inevitabile cessione di calore dal corpo del riduttore, dagli accessori e dalle tubazioni stesse di valle per quanto isolate, come la pratica dimostra.

Rimane quindi l'opportunità di installare un separatore anche immediatamente a monte del riduttore, come mostrato in fig. 20, con il duplice scopo di proteggere la sicurezza di funzionamento del riduttore, specie se del tipo con pilota, più preciso, ma più sensibile alle impurità, e soprattutto la durata degli organi di otturazione, altrimenti soggetti ad erosione ad opera dell'umidità.

Tabella percentuali portata prescritta per mezzi di alimento generatori di vapore

Per i generatori di vapore aventi producibilità specifica superiore a $20 \text{ kg/m}^2 \text{ h}$ il dimensionamento degli apparecchi di alimentazione viene fatto secondo quanto prescritto nel D.P.R. n. 1208 del 5-9-1966. Nella tabella 7.4 sono indicate le portate prescritte per l'apparecchio di alimentazione principale in funzione della produzione massima del generatore, secondo il citato Decreto.

Tabella 7.4 — Portata del mezzo di alimentazione principale in percentuale della portata di acqua di alimentazione richiesta dal generatore di vapore

Produzione massima di vapore del generatore o del gruppo di generatori	Percentuale della portata di acqua di alimentazione	
	Se non esiste la regolazione automatica	Se esiste la regolazione automatica dell'acqua di alimentazione
A. Generatori di vapore a circolazione naturale o controllata:		
fino ad 1 t/h*	200%	200%
oltre 1 t/h fino a 5 t/h	160%	130%
oltre 5 t/h fino a 50 t/h	125%	115%
oltre 50 t/h fino a 100 t/h	115%	105%
oltre 100 t/h fino a 400 t/h	non prevista	105%
oltre 400 t/h	non prevista	100%
B. Generatori di vapore ad attraversamento meccanico		
fino a 1 t/h	non prevista	110%
oltre 1 t/h	non prevista	100%

*1 t/h di produzione di vapore corrisponde circa alla potenza di $600\,000 \text{ kcal/h} \cong 0,7 \text{ MW}$.

510 eoliz
VERDE

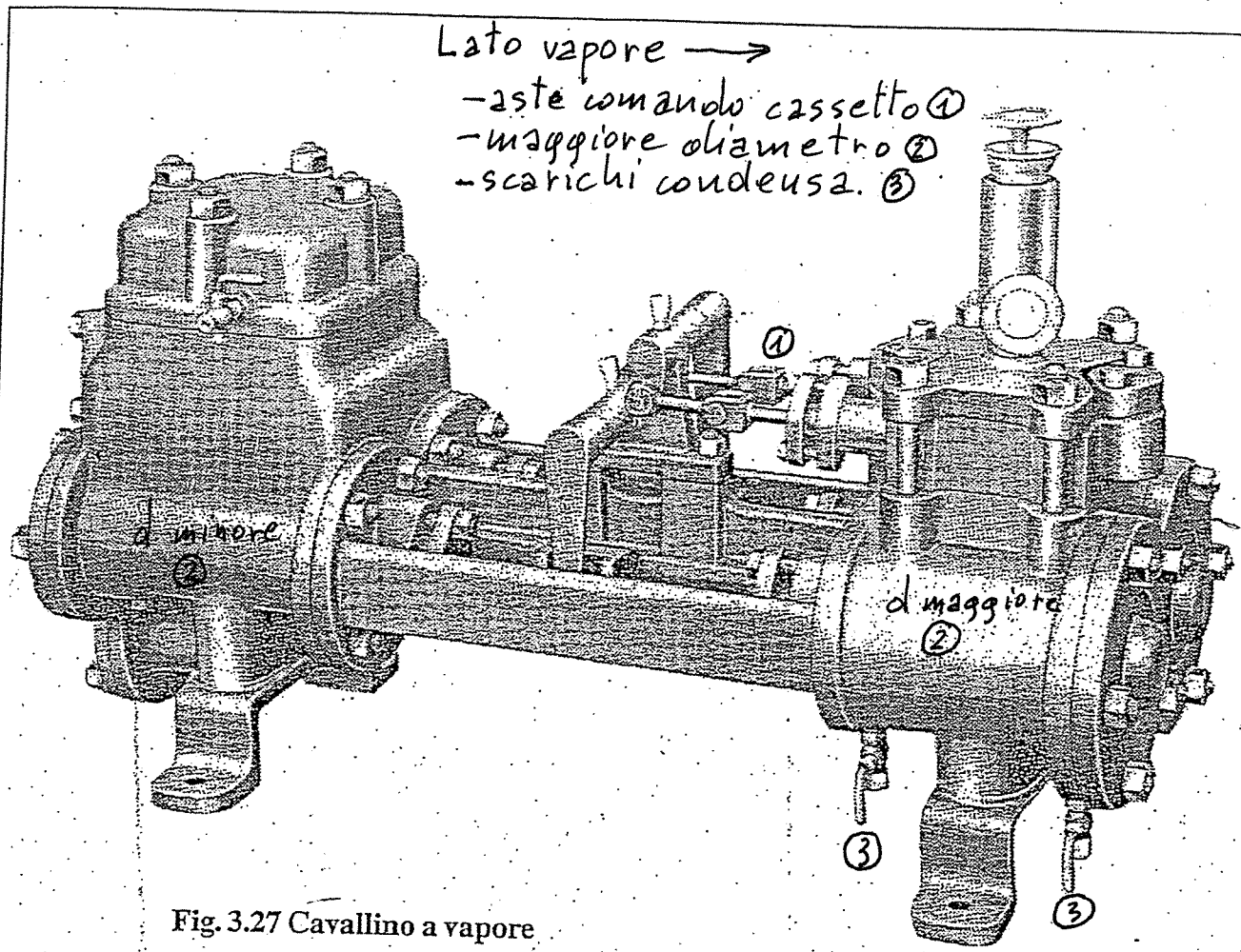
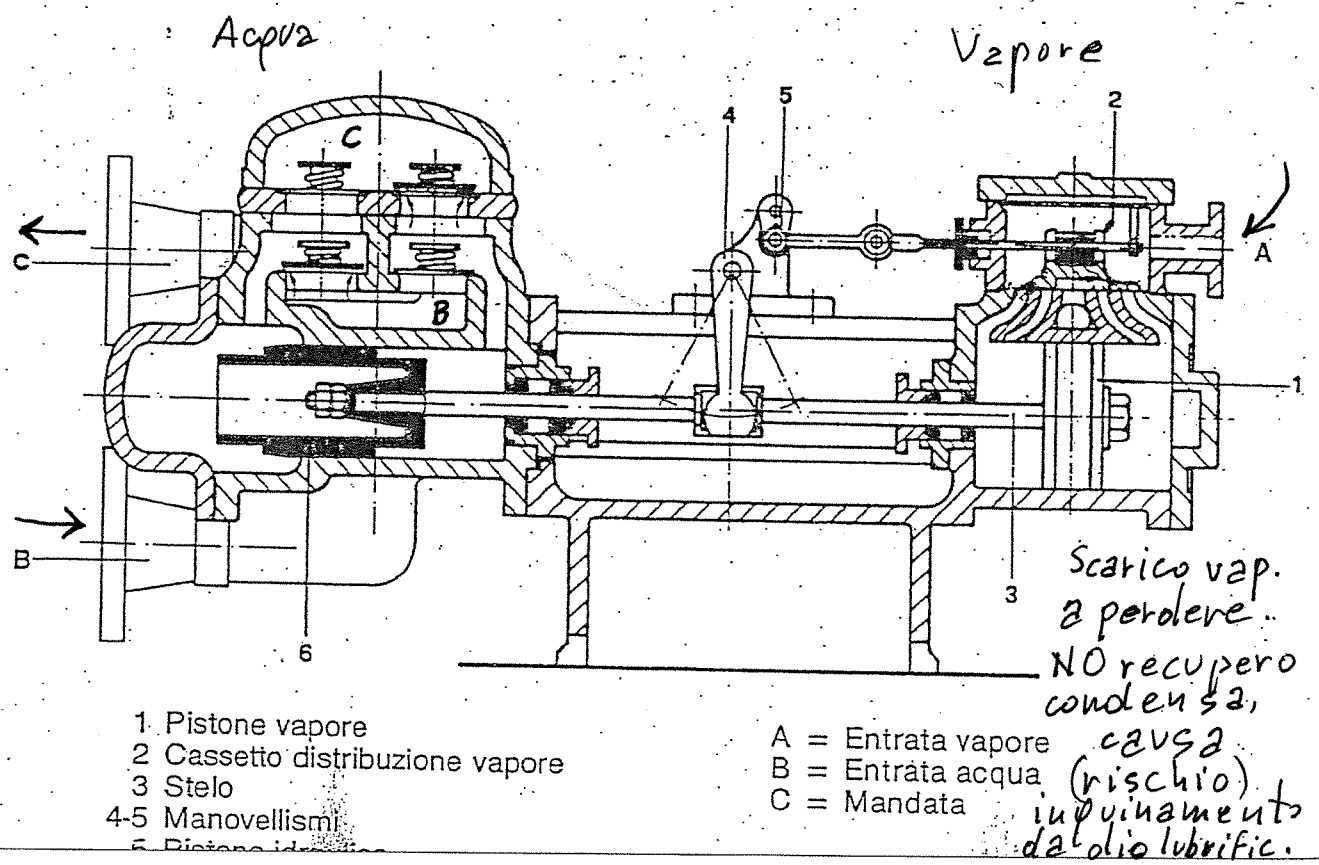


Fig. 3.27 Cavallino a vapore

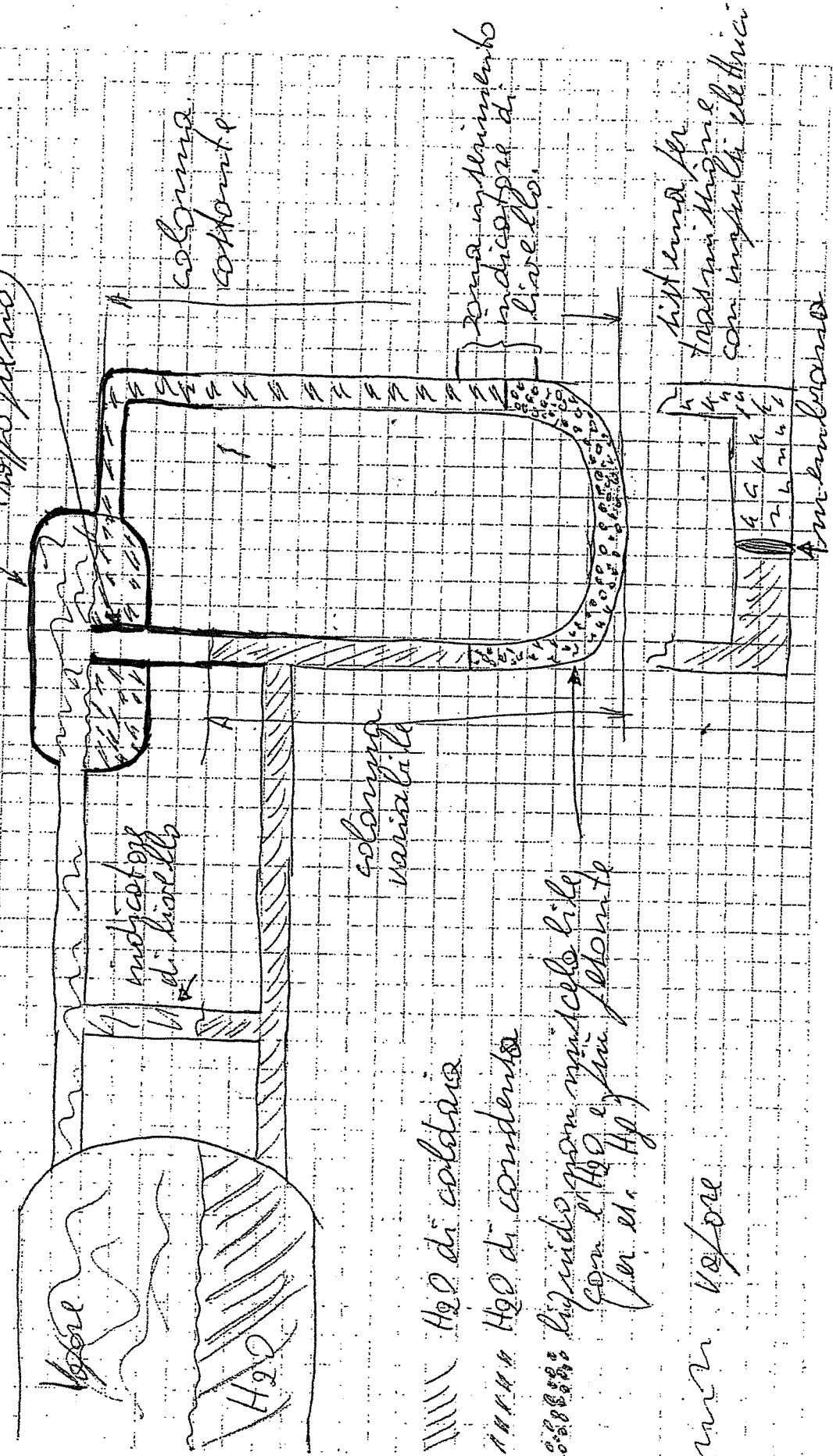




Disegno di
Fabio Lorenzini,
GRAZIE!

Sistema a colonna idrostatica
una colonna e l'altra variabile

barile Ho con tubo di
risparmio



indicatore
di livello

colonna
variabile

||||| H₂O di condensazione

||||| H₂O di condensazione

o o o o liquido non miscelabile
con l'H₂O e fase separata
per es. Hg

||||| H₂O

testina per
testa in Hg
con ingranaggi elettrici

Ambarcoda

CAMINI

Loro classificazioni

- Tiraggio aspirato
- Tiraggio indotto
- Tiraggio equilibrato o compensato
- Tiraggio con caldaia pressurizzata

CAMINI A TIRAGGIO NATURALE

Nel processo di combustione va fornito al combustibile un adeguato quantitativo d'aria. Nei vecchi generatori l'aria entra nella camera di combustione richiamata dalla depressione che vi si forma. Per ottenere questa depressione è necessario che i prodotti della combustione uscenti dalla caldaia vengano scaricati all'atmosfera ad una altezza superiore a quella della caldaia tramite un condotto denominato camino. In tal modo la pressione statica esistente nella camera di combustione corrisponde al peso della colonna atmosferica esistente alla bocca del camino (p.s.a.) diminuita del peso della colonna dei gas caldi contenuti nel camino (p.s.f.) e quindi inferiore a quella esistente all'ingresso dell'aria in caldaia risultante dal peso di sola aria fredda (p.s.a.).

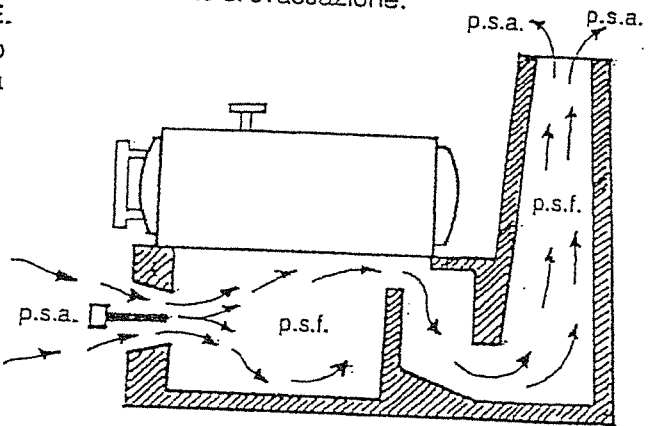
Tale differenza di pressione viene definita tiraggio che costituisce il trasferimento della massa gassosa dall'esterno verso il bruciatore, alla camera di combustione e al condotto di evacuazione. Tale processo viene chiamato TIRAGGIO NATURALE.

Questo sarà tanto più grande quanto più alto è il camino e quanto maggiore sarà la differenza di temperatura tra fumi e aria comburente.

La buona efficienza del sistema implica:

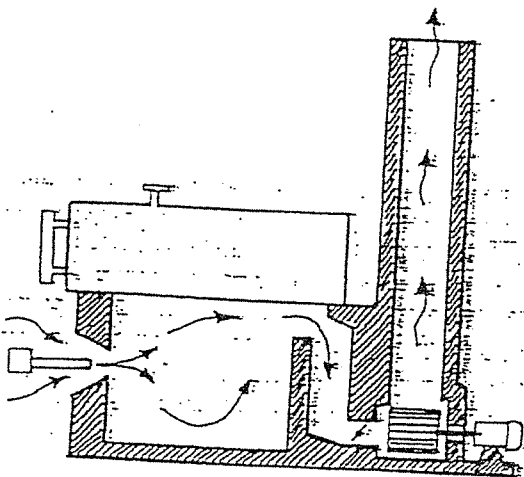
- Alti camini con perfetto isolamento.
- Camere di combustione caldaia a perfetta tenuta senza infiltrazioni dall'esterno.
- Temperatura dei gas scaricati al camino con valori alti.

L'introduzione di recuperatori e scambiatori di calore abbassa la temperatura finale di gas caldi, aumenta le perdite di carico lato aria e rende difficoltoso se non nullo l'effetto del tiraggio naturale.



CAMINI A TIRAGGIO FORZATO

L'introduzione di un ventilatore che spinga l'aria e i gas di combustione costituisce tiraggio forzato



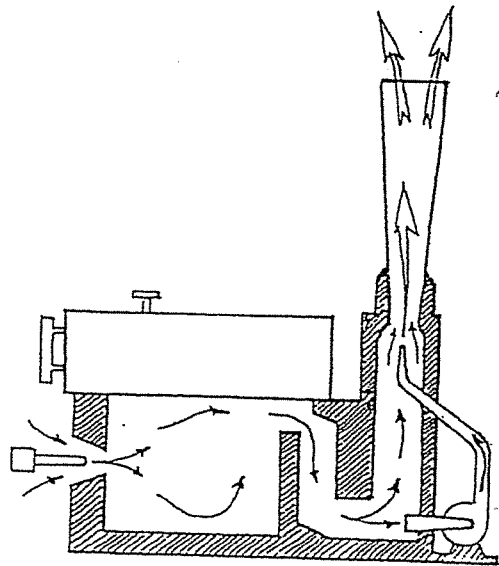
TIRAGGIO ASPIRATO

Viene realizzato con l'installazione alla base del camino di un ventilatore che aspira i fumi dalla caldaia per poi spingerli nel camino. Il ventilatore deve avere caratteristiche costruttive particolari dovendo la girante sopportare alte temperature e resistere a eventuali corrosioni dovute a presenza di composizioni acide sviluppatesi dal tipo di combustibile (anidride solforica). Una serranda posta alla base del camino e in aspirazione del ventilatore permette una grossolana regolazione di portata gas. L'efficienza di tale sistema è compromessa se la camera di combustione non è a perfetta tenuta verso l'esterno.

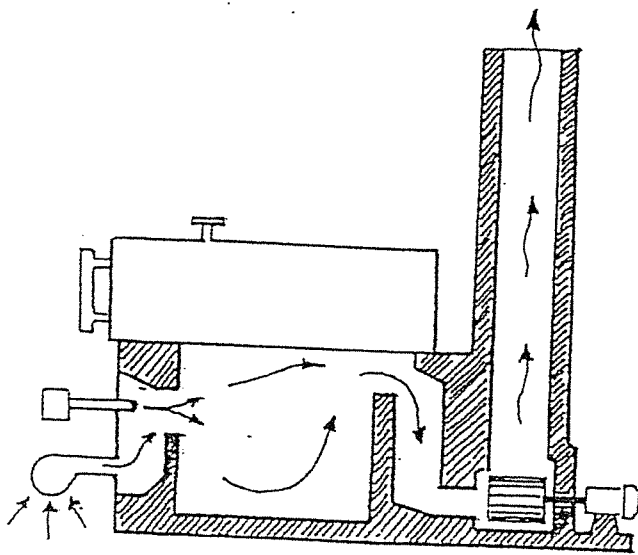
TIRAGGIO INDOTTO

Viene realizzato installando un ventilatore all'esterno del camino che possa aspirare una parte dei fumi uscenti dalla caldaia per poi spingerli nel camino stesso tramite un acceleratore di velocità che potrebbe essere un iniettore. La parte di fumo soffiato dal ventilatore nel camino spinge la colonna rimanente dei gas caldi verso la bocca del camino con alta velocità, contemporaneamente dalla parte aspirante del ventilatore si crea una depressione che determina il tiraggio forzato nella camera di combustione.

L'efficienza di tale sistema è compromessa se la camera di combustione non è a perfetta tenuta verso l'esterno.



TIRAGGIO EQUILIBRATO O COMPENSATO



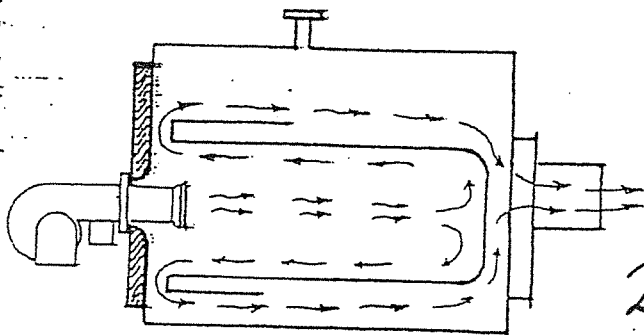
Viene ottenuto con due ventilatori; uno che spinge l'aria comburente in caldaia, l'altro che aspira i prodotti della combustione e li spinge al camino. Il ventilatore che immette l'aria comburente in caldaia è denominato ventilatore premente mentre quello che spinge i prodotti della combustione è denominato ventilatore aspirante. Per ottenere un buon processo di combustione i costruttori di caldaie regolano la prevalenza dei ventilatori in modo da mantenere nella camera di combustione una leggera depressione (5 - 10 mm H₂O) cioè il ventilatore aspirante ha una prevalenza superiore a quello premente.

L'intento è quello di evitare nella camera di combustione fuoriuscite di gas caldi o forti rientrate d'aria fredda che penalizzerebbero il buon funzionamento. Per contro tale sistema è molto delicato, richiede continue tarature ed il suo costo di installazione e di esercizio è sostenuto.

TIRAGGIO CON CALDAIA PRESSURIZZATA

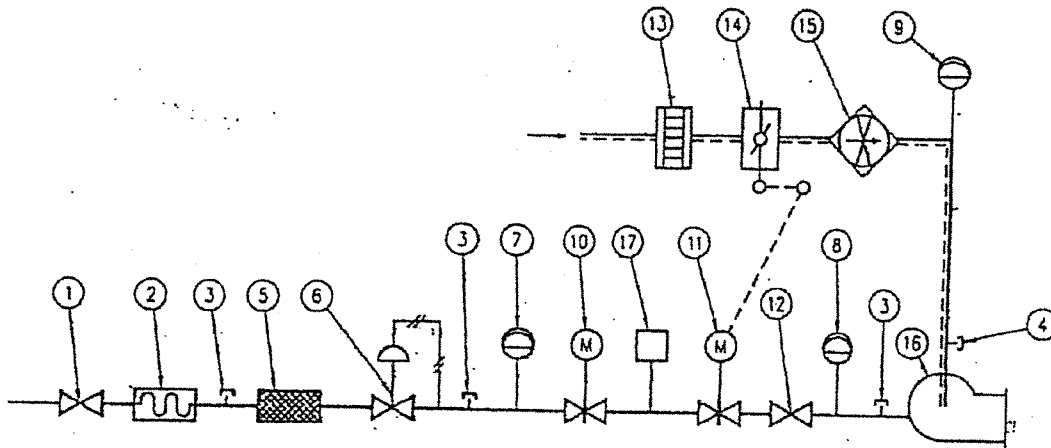
Si può affermare che da alcuni anni l'introduzione della caldaia a combustione pressurizzata ha eliminato la maggior parte di caldaie con i sistemi sopra descritti. Difatti per eliminare tutti gli inconvenienti derivanti da un tiraggio alquanto approssimativo è stato ideato il bruciatore a combustione pressurizzata il quale ha incorporato il ventilatore premente che conferisce all'aria comburente, aspirata dall'esterno, la pressione o prevalenza necessaria per vincere tutte le perdite di carico del circuito aria-fumi-camino.

Vantaggi: dimensioni contenute della caldaia, minor potenza elettrica assorbita, minor costi di esercizio e di manutenzione.



Rampa gas

Dispositivi



- ① Rubinetto di intercettazione
- ② Giunto antivibrante
- ③ Presa pressione gas per la misura della pressione
- ④ Presa pressione aria
- ⑤ Filtro gas
- ⑥ Regolatore pressione gas
- ⑦ Organo di controllo della minima pressione gas
- ⑧ Organo di controllo della massima pressione gas
- ⑨ Organo di sicurezza della minima pressione aria
- ⑩ Elettrovalvola di sicurezza classe A. Tempo di chiusura $\tau_c \leq 1$ s
- ⑪ Elettrovalvola di regolazione ad apertura lenta o a più stadi classe A con organo di regolazione della portata gas incorporato. Tempo di chiusura $\tau_c \leq 1$ s. Potenza di avviamento compresa fra il 10% ed il 40% della potenza termica nominale
- ⑫ Eventuale dispositivo di regolazione manuale di portata gas
- ⑬ Griglia o rete di protezione o altro dispositivo che non consenta il passaggio di una sfera di diametro maggiore di 12 mm.
- ⑭ Serranda di regolazione aria, in relazione funzionale con la elettrovalvola 11
- ⑮ Ventilatore aria
- ⑯ Testa di combustione
- ⑰ Dispositivo di prevenzione delle fughe interne di gas

GLI UGELLI PER BRUCIATORI

Questa breve nota ha lo scopo di fornire alcuni ragguagli sulla tecnologia degli ugelli impiegati nei bruciatori per caldaie.

Tre sono le funzioni fondamentali dell'ugello: e ciascuna di esse riveste una notevole importanza per il corretto funzionamento del bruciatore. La prima funzione è quella di suddividere il getto di combustibile liquido in un numero grandissimo di goccioline. Questo processo, comunemente denominato «polverizzazione», consente di moltiplicare di oltre 3000 volte la superficie esposta alla combustione, con un miglior controllo di questa.

L'ugello controlla, mediante l'accurata calibrazione dell'orificio, la portata del combustibile che viene inviato ad esso in pressione. Infine, il getto di combustibile polverizzato viene configurato in modo appropriato, secondo il tipo di bruciatore e secondo la camera di combustione.

Ogni ugello deve essere fabbricato con tolleranze molto strette e con superfici accuratamente levigate per assicurare le migliori prestazioni.

La costruzione dell'ugello prevede generalmente due configurazioni del getto: a cono vuoto od a cono pieno (fig. 1). Poiché esistono vari metodi per rilevare queste caratteristiche, specialmente in impieghi particolarmente critici, è opportuno precisare — oltre al tipo desiderato — anche il nome del costruttore.

Una prima distinzione può essere fatta considerando il getto d'aria che costituisce il veicolo della combustione. Alcuni bruciatori producono un getto d'aria configurato a cono vuoto, per cui an-

che l'ugello deve essere del tipo a cono vuoto; in caso contrario, non si ha una buona combustione per la carenza di aria. In generale, è consigliabile impiegare ugelli a cono vuoto per le portate inferiori.

E, a questo punto, facciamo un inciso.

In questa trattazione, usiamo ancora la tradizionale unità di misura «galloni/ora», che con grafia anglosassone viene riportata come «GPH»; questa nomenclatura, ancorché destinata all'obsolescenza, non è isolata perché incontriamo più avanti altre unità di misura, quali la kilocaloria che, come è noto, dovrebbe essere proscritta tra due anni. Ricordiamo semplicemente che 1 gallone (USA) equivale a 3,785 litri.

Nel campo dei bruciatori, si definiscono piccole le portate sotto 1 GPH. Con portate oltre 2 GPH, alcuni bruciatori si accendono più dolcemente con l'impiego di ugelli a cono pieno: se l'aria

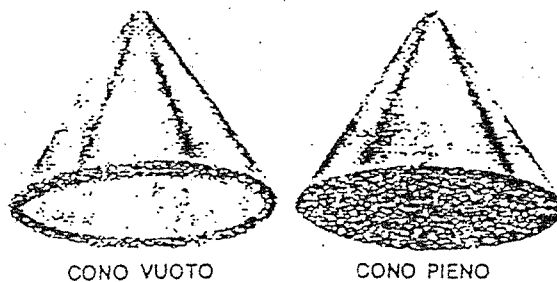


FIGURA 1
Configurazione del getto di un ugello.

viene immessa con una configurazione a cono pieno, è intuitiva la scelta di un ugello a cono pieno. In generale, se si desidera una fiamma lunga od intensa al centro, è appunto preferibile l'ugello a cono pieno.

Per quanto riguarda l'angolo del getto, gli ugelli disponibili commercialmente hanno un'apertura da 30 a 90° e, usualmente, con la scelta sui valori 90°-80°-70°-60°-45°-30° (fig. 2). È ovvio che per un determinato bruciatore deve essere prescelto un ugello con angolo adatto, per garantire l'optimum di rendimento. In molti casi, tuttavia, è opportuno adattare l'ugello alla camera di combustione piuttosto che al bruciatore; vi sono peraltro bruciatori che possono impiegare ugelli di diversi angoli, permettendo una quasi universalità di accoppiamento bruciatore-camera di combustione.

Per camere di combustione a sezione rotonda o quadrata, sono consigliabili ugelli da 70 a 90°; per camere di combustione di forma allungata, è preferibile l'impiego di ugelli con getto pieno da 30 a 60°.

Gli ugelli disponibili in commercio presentano un'ampia gamma di portate, molto vicine tra loro. Per esempio, tra 1 e 2 GPH sono disponibili ben 7 portate, la cui scelta è facilitata dall'indicazione sulla targa del bruciatore.

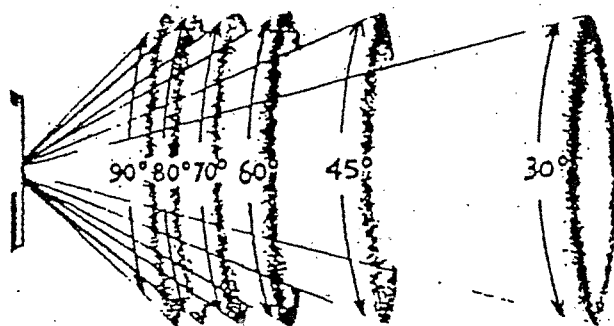


FIGURA 2
Angoli tipici del getto.

Altrimenti, se non vi sono indicazioni di targa, la portata ottimale può essere calcolata mediante la seguente formula:

$$GPH = \frac{W}{3,785 \cdot Pc \cdot Ps \cdot E \cdot K}$$

dove 3,785 è l'equivalente in litri di 1 gallone USA; Pc il potere calorifico, che per il gasolio vale circa 10.100 kcal/kg e per l'olio combustibile è circa 9.600 kcal/kg; Ps è il peso specifico (gasolio 0,82; olio combustibile 0,92 circa); E rappresenta un coefficiente che tiene conto della viscosità (vedi tabella I); K è il rendimento del sistema; W rappresenta, infine, il numero delle kcal/h erogate.

Se si considera un rendimento medio dell'85%, impiegando gasolio avente una viscosità di 1,8 gradi Engler ed alla pressione di 7 kg/cm², la suddetta formula può essere così scritta:

$$GPH \cong \frac{W}{30.000}$$

con notevole semplificazione di calcolo.

Esaminiamo ora le variabili che influiscono sulla polverizzazione del getto, ossia la viscosità, la pressione (e quindi la portata), l'angolo del getto.

Salvo poche eccezioni, la viscosità del gasolio fornito per usi domestici ha un valore soddisfacente.

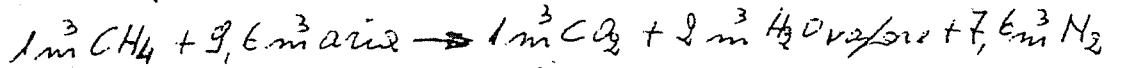
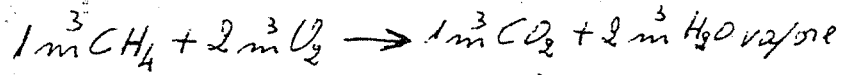
tabella I

Viscosità (gradi Engler)	1,2	1,4	1,6	1,8
Portata	nominale	+4%	+8%	+12%
Coefficiente E	1	1,04	1,08	1,12

tabella II

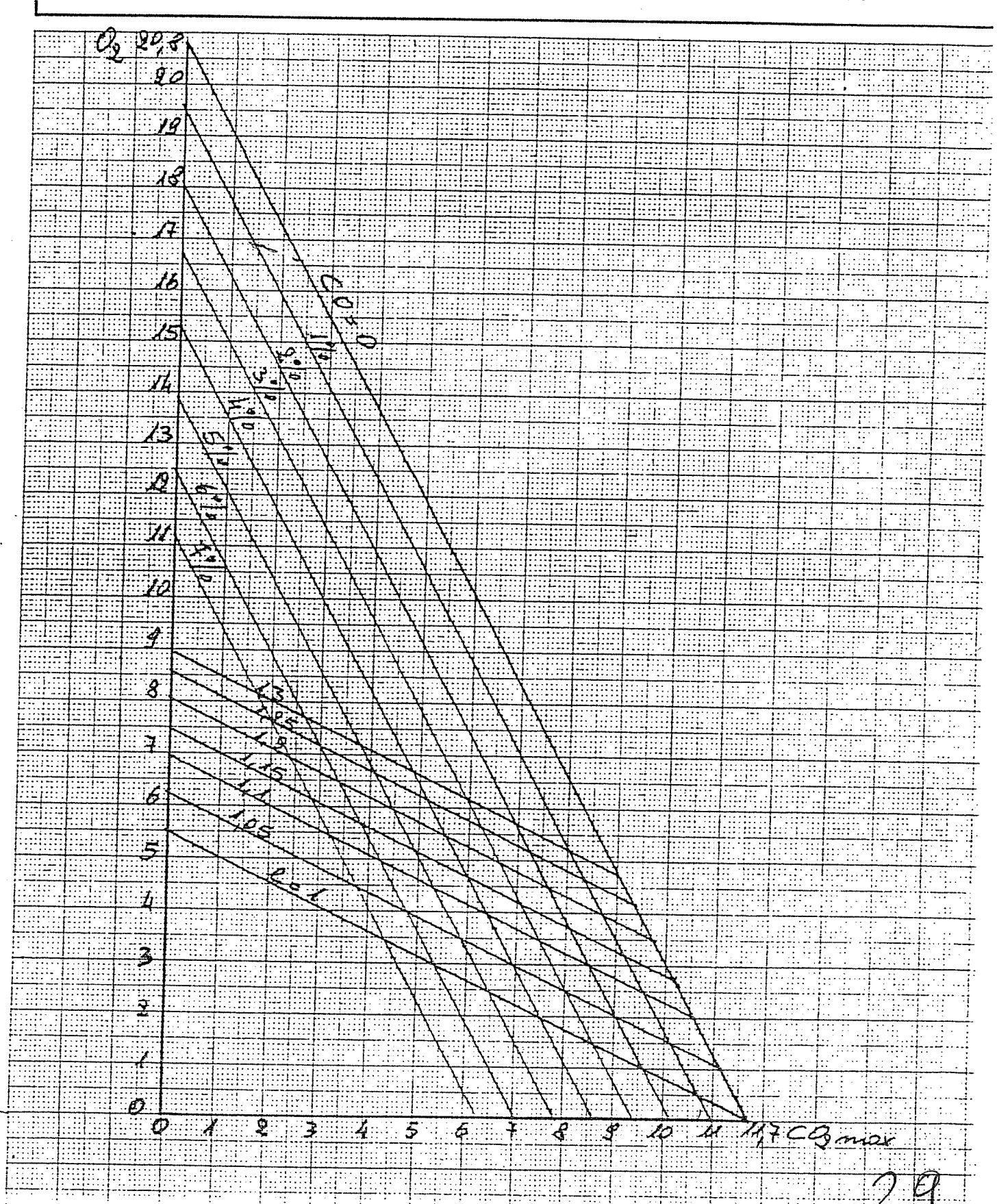
Pressione (kg/cm ²)	7	8,75	10,5	14	15,75	21
Fattore di portata	1	1,12	1,23	1,41	1,58	1,73

METANO



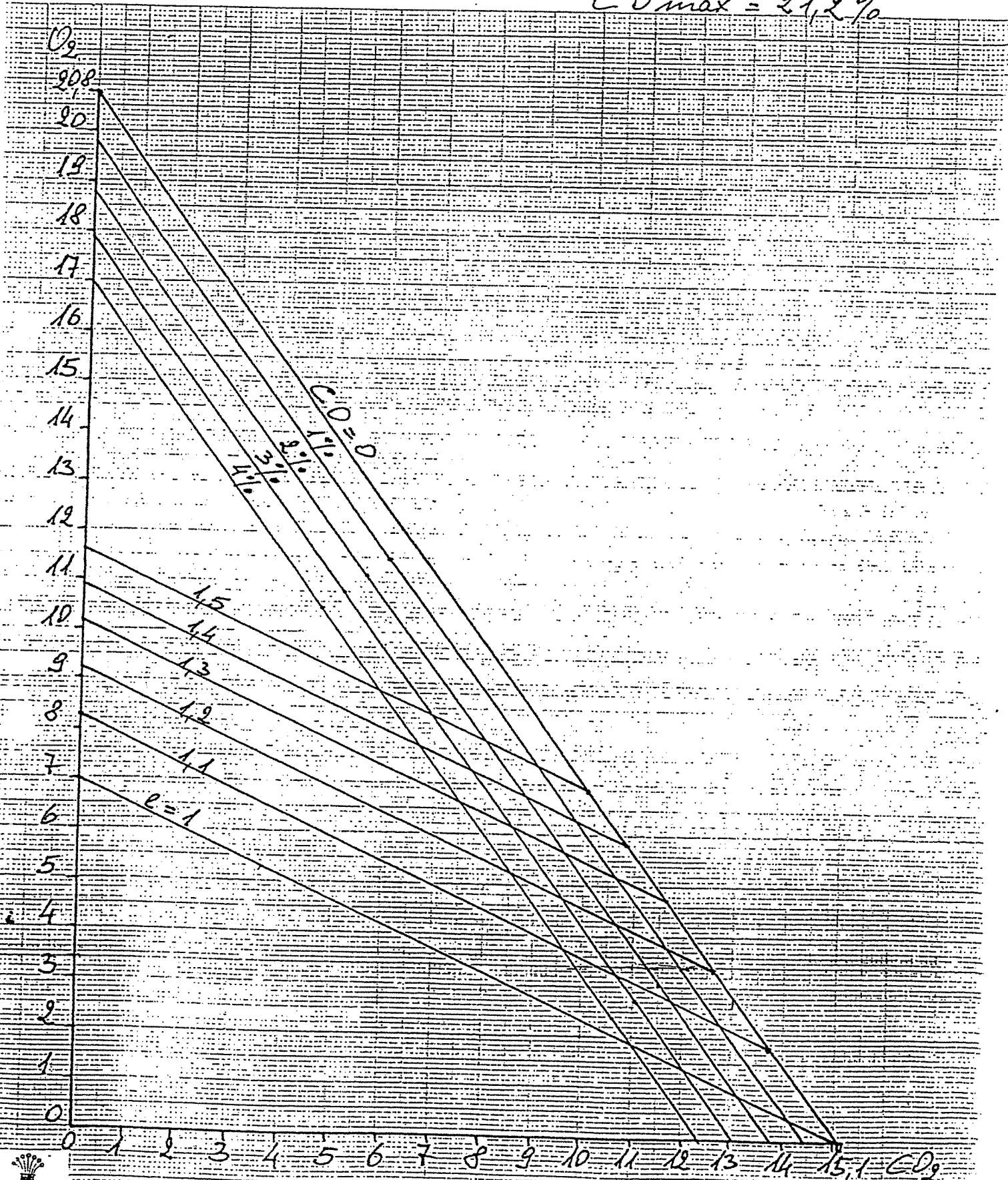
$$\text{CO}_2 \text{ max} = 11,7\%$$

$$\text{CO max} = 15,05\%$$



TRIANGOLO DI OSTWALD PER GASOLIO

$C_{O_2} \text{ max} = 15,1\%$
 $C_{CO} \text{ max} = 2,2\%$



COMPOSIZIONI E CARATTERISTICHE DEI GAS NATURALI DISTRIBUITI IN ITALIA

Gas Composizione indicativa	nazionale % mol.	russo % mol.	olandese % mol.	algerino % mol.
Metano	99,62	98,25	92,66	83,66
Etano	0,06	0,54	2,95	7,71
Propano	0,03	0,16	0,81	1,95
Iso-Butano	0,01	0,03	0,11	0,28
N-Butano	—	0,03	0,16	0,41
Iso-Pentano	—	0,01	0,03	0,08
N-Pentano	—	0,01	0,03	0,08
Esani +	0,01	0,01	0,05	0,07
Anidride carbonica	0,03	0,08	0,89	0,20
Azoto	0,24	0,87	2,28	5,40
Elio	—	0,01	0,03	0,16
Caratteristiche				
Potere calorifico superiore				
Kcal/Sm ³	9.011	9.014	9.131	9.498
MJ/Sm ³	→ 37,73	37,74	38,30	39,76
Potere calorifico inferiore				
Kcal/Sm ³	8.113	8.118	8.234	8.583
MJ/Sm ³	→ 33,97	33,99	34,47	35,94
Peso molec. medio	16,11	16,33	17,38	18,78
Massa volumica kg/Sm ³	0,6826	0,6921	0,7369	0,7964

POTERI CALORIFICI INDICATIVI DI ALCUNI COMBUSTIBILI

	P.C.I. 4MJ/kg)	P.C.S.	P.C.I. (kcal/kg)	P.C.S.
Carbone da vapore	26,1	—	6.250	—
Carbone sulcis	22,3	—	5.330	—
Legna verde	10,5	—	2.500	—
Coke da carbone	29,3	—	7.000	—
Petrolio greggio di rifer.	41,8	44,4	10.000	10.600
Olfo combustibile denso	40,2	42,5	9.600	10.150
Gasolio	→ 42,7	→ 45,2	10.200 (*)	10.800 (**)
Virgin naphta	43,9	47,7	10.500	11.400
GPL	46,0	50,2	11.000	12.000

(*) Pari a 8.517 kcal/l - (**) Pari a 9.018 kcal/l

UNITÀ DI MISURA

A) Fattori di conversione					B) Equivalenze pratiche				
Per convertire	in			moltiplicare per	Per convertire	in			moltiplicare per
Pollici	in.	millimetri	mm	25,4	Barile di petrolio	bbi	tonnellate di petr.	t	0,135
Piedi	ft.	metri	m	0,305	Barili al giorno di petrolio	bbi/d	tonnellate all'anno di petrolio	t/a	50
Miglia terrestri	mi.	chilometri	km	1,609	Metri cubi metano liquido	m ³	metri cubi di metano gassoso (normale)	m ³	600
Miglia nautiche	mile	chilometri	km	1,853	Tonnellate metano liquido	t	metri cubi di metano gassoso (normale)	m ³	1.400
Tonnellate corte	sh. ton.	tonnellate	t	0,907	Piedi cubi al giorno	cuft/d	metri cubi all'anno	m ³ /a	10,34
Tonnellate lunghe	long. ton.	tonnellate	t	1,016	Kilocalorie	kcal	metri cubi gas (*)	m ³	0,11x10 ⁻³
Libbre	lb.	chilogrammi	kg	0,454	Milioni Btu	MM Btu	metri cubi gas (*)	m ³	27,69
Chilogrammi (peso)	kg	newton	N	9,81	Megajoule	MJ	metri cubi gas (*)	m ³	0,026
Pound per square inch	psi	bar	bar	68,95x10 ⁻³	Metri cubi gas (l)	m ³	megajoule	MJ	38,1
Chilogrammo al cent. quad.	kg/cm ²	bar	bar	0,981	(*) Gas con P.C.S. pari a 38,1 MJ/m ³ (9.100 kcal/m ³)				
Atmosfera	atm	bar	bar	1,013	10 ⁶ (tera) = T				
Piedi cubi	cu. ft	metri cubi	m ³	28,32x10 ⁻³	10 ⁹ (giga) = G				
Galloni U.S.	gal	litri	l	3,783	10 ¹² (mega) = M				
Barili (42 gal. U.S.)	bbi	metri cubi	m ³	0,159	10 ¹⁵ (tera) = T				
Kilocalorie	kcal	joule	J	4,185	10 ¹⁸ (peta) = P				
Kilocalorie	kcal	kilowattora	kWh	1,163x10 ⁻³	10 ²¹ (exa) = E				
British thermal unit	Btu	joule	J	1,055	10 ²⁴ (zetta) = Z				
Cavalli vapore (metrici)	CV	kilowatt	kW	0,735	10 ²⁷ (yotta) = Y				
Horse power	hp	kilowatt	kW	0,746	Nell'uso americano MM = milioni				

Fonte: "Metanino" edito da SNAM, San Donato Milanese

*** KANE-MAY ***
** KM QUINTOX **

DATA 26-01-94
ORA 22:20:30

GASOLIO

O2 % 20.7
CO PPM 25
PRES#hPa 0.00
REND GUASTO
ARIA % 3260
CO2 % 0.1

NO PPM 2
NO2 PPM 1
NOx PPM 3
SO2 NON ADDATTO

NETT GUASTO
FUMI NON ADDATTO
ARIA C 19.4
AMBIENTE C 22.5

*** KANE-MAY ***
** KM QUINTOX **

DATA 26-01-94
ORA 22:16:51

GASOLIO

O2 % 2.9
CO PPM 60
PRES#hPa 0.00
REND % (N) 92.2
ARIA % 16
CO2 % 13.0

NO PPM ... 138
NO2 PPM 5
NOx PPM ... 143
SO2 NON ADDATTO

NETTA C 200.0
FUMI C 222.6
ARIA NON ADDATTO
AMBIENTE C 22.6

*** KANE-MAY ***
** KM QUINTOX **

DATA 26-01-94
ORA 22:09:56

METANO

O2 % 3.7
CO PPM 89
PRES#hPa 0.00
REND % (N) 91.8
ARIA % 21
CO2 % 9.6

NO PPM 61
NO2 PPM 0
NOx PPM 61
SO2 NON ADDATTO

NETTA C 184.0
FUMI C 206.6
ARIA NON ADDATTO
AMBIENTE C 22.6

* BION - J *

Data Ora
19.01.98 22:30

Misura Standard

Combustibile :
Metano
T. Amb. 14 °C
T. Gas 193 °C
T. Calda. 79 °C
O2 3.4 %
CO 0 PPM
NO 59 PPM
CO2 9.8 %
rend. 91.3 %
Perdite 8.7 %
Lambda 1.19
Pressione 0.00 hPa
Ind. fumi 1=0 2=0 3=0
Dev. olio : No

ANGELI E MANTOVANI
RIELLO tel. 230499

* - rbr ECOM-EN - *

Datum 26.09.05 Zeit 11:32:56

KD Nr. 108442A

BIMSchU

Brennstoffart Erdsas

T.Luft	22 °C
T.Gas	65 °C
T.Kessel	60 °C
O2	3.9 %
CO 0.0%	1 PPM
CO2	9.5 %
Eta	97.8 %
Verluste	2.2 %
Lambda	1.23
Taupunkt	50 °C

Gepr. Feuerungsk.
 der Aut. Prov. Bozen
 Controllore i.t. aut.
 della prov. aut. BZ
 BERGAMO LUIGI
 Nr. 9359.0
 39012 Merano (BZ)
 tel. e fax 0473.221355

* - rbr ECOM-EN - *

Datum 26.09.05 Zeit 11:38:08

KD Nr. 108442B

BIMSchU

Brennstoffart Erdsas

T.Luft	22 °C
T.Gas	77 °C
T.Kessel	65 °C
O2	3.8 %
CO 0.0%	10 PPM
CO2	9.6 %
Eta	97.3 %
Verluste	2.7 %
Lambda	1.22
Taupunkt	50 °C

Gepr. Feuerungsk.
 der Aut. Prov. Bozen
 Controllore i.t. aut.
 della prov. aut. BZ
 BERGAMO LUIGI
 Nr. 9359.0
 39012 Merano (BZ)
 tel. e fax 0473.221355

* - rbr ECOM-EN - *

Datum 26.09.05 Zeit 11:21:07

KD Nr. 111645A

BIMSchU

Brennstoffart Erdsas

T.Luft	20 °C
T.Gas	60 °C
T.Kessel	60 °C
O2	7.4 %
CO 0.0%	0 PPM
CO2	7.6 %
Eta	97.6 %
Verluste	2.4 %
Lambda	1.54
Taupunkt	46 °C

Gepr. Feuerungsk.
 der Aut. Prov. Bozen
 Controllore i.t. aut.
 della prov. aut. BZ
 BERGAMO LUIGI
 Nr. 9359.0
 39012 Merano (BZ)
 tel. e fax 0473.221355

* - rbr ECOM-EN - *

Datum 26.09.05 Zeit 11:22:51

KD Nr. 111645B

BIMSchU

Brennstoffart Erdsas

T.Luft	20 °C
T.Gas	72 °C
T.Kessel	65 °C
O2	4.4 %
CO 0.0%	7 PPM
CO2	9.2 %
Eta	97.3 %
Verluste	2.7 %
Lambda	1.27
Taupunkt	49 °C

Gepr. Feuerungsk.
 der Aut. Prov. Bozen
 Controllore i.t. aut.
 della prov. aut. BZ
 BERGAMO LUIGI
 Nr. 9359.0
 39012 Merano (BZ)
 tel. e fax 0473.221355

VALUTAZIONE DEI RISULTATI DI UN'ANALISI DI COMBUSTIONE

Temperatura elevata dei gas combustibili	Bassa temperatura dei gas combustibili	O ₂ elevato e CO ₂ bassa	O ₂ basso e CO ₂ elevata	CO elevato	CO basso o assente	Rendimento basso	Fuliggine o residui di gasolio i incombusto	DIAGNOSI DELLA COMBUSTIONE
X			X		X	X		Superfici radianti della caldaia sporche
X			X		X	X		Potenza del bruciatore troppo elevata
X			X	X		X	X	Poco eccesso d'aria
X		X			X	X		Combustione incompleta
	X	X		X		X	X	Bassa temperatura della fiamma
	X	X			X	X		Troppo eccesso d'aria
	X	X						Perdite di tenuta della camera di combustione ; infiltrazioni di aria
				X		X	X	Cattiva miscelazione aria -combustibile
	X	X						Perdite di tenuta nel condotto dei gas combustibili

FORMULE COMBUSTIONE

$$\frac{CO_2}{CO_{2max}} + \frac{CO}{CO_{max}} + \frac{O_2}{20,9} = 1$$

$$e = \frac{CO_{2max}}{CO_2}$$

$$e = \frac{V_{ae}}{V_{at}}$$

$$E = 100(e - 1)$$

$$E = \frac{V_{ae} - V_{at}}{V_{at}} \cdot 100$$

$$e = 1 + \frac{E}{100}$$

V_{ae} = Volume aria effettiva

V_{at} = Volume aria teorica

e = coeff. di eccesso d'aria

E = eccesso d'aria percentuale.

BILANCIO TERMICO e calcolo del RENDIMENTO η "netto"

DIRETTO

$$\left. \begin{array}{l} \text{Potenza Utile } Q_v - Q_2 = (h_v - h_2) W \\ \text{Potenza Spesa } Q_c = H_i \cdot T \end{array} \right\} \eta = 100 \frac{Q_v - Q_2}{Q_c}$$

$$\text{Calore Sensibile fumi' } Q_{ps} = K_s \frac{t_f - t_2}{CO_2\%} (\%)$$

$$\text{Potenza Dispersa } 100 - \eta - Q_{ps}\% = Q_{pv} + Q_{pi}$$

- Irraggiamento
- Varie
 - spurgii
 - pellicci

INDIRETTO

$$\text{Calore Sensibile fumi' } Q_{ps} = K_s \frac{t_f - t_2}{CO_2\%} (\%)$$

$$\eta = 100 - Q_{ps}(\%) - 3\%$$

$$Q_{pi} + Q_{pv} \text{ (STIMATO) } \begin{array}{l} \text{Irraggiamento +} \\ \text{Varie} \end{array} \quad 36$$

DOMANDE RIEPILOGATIVE DI RIPASSO E DI PREPARAZIONE ALL'ESAME

- 1) Come si classificano i generatori di vapore?
- 2) Cos'è la producibilità o potenzialità?
- 3) Cos'è la producibilità specifica?
- 4) Cos'è la pressione di bollo?
- 5) Cos'è la pressione di esercizio?
- 6) Cos'è la pressione?
- 7) Cos'è la superficie di riscaldamento?
- 8) A che misura deve corrispondere il livello minimo dell' H₂O nei generatori di vapore?
- 9) Quanti indicatori di livello deve avere un generatore di vapore?
- 10) Quante valvole di sicurezza deve avere un generatore di vapore?
- 11) Quante valvole di sicurezza esistono?
- 12) Quanti regolatori di livello H₂O esistono?
- 13) Quanti mezzi di alimentazione esistono?
- 14) Quanti mezzi di alimentazione deve avere un generatore?
- 15) Quanto deve essere la portata dei mezzi di alimentazione?
- 16) Come funziona il cavallino?
- 17) Quanti tipi di manometri esistono?
- 18) Che cosa misura un manometro?
- 19) Che fondo scala deve avere un manometro?
- 20) Che tolleranza deve avere un manometro?
- 21) Cos'è il vapore saturo?
- 22) Cos'è il vapore surriscaldato?
- 23) Cos'è il titolo del vapore?
- 24) Che cos'è il calore di riscaldamento?
- 25) Che cos'è il calore latente di vaporizzazione?
- 26) Che cos'è il calore totale del vapore?
- 27) Che cosa sono gli scaricatori di condensa?
- 28) Quanti tipi di scaricatori di condensa esistono?
- 29) Cos'è il potere calorifico di un combustibile?
- 30) Cos'è il potere calorifico inferiore di un combustibile?
- 31) Cosa si intende per eccesso d'aria?
- 32) Come si trasmette il calore?
- 33) Che differenza c'è tra calore e temperatura?
- 34) Cos'è il calore speso?
- 35) Cos'è il calore utilizzato?
- 36) Cos'è il calore perduto?
- 37) Quali sono le perdite di calore?
- 38) Cos'è il triangolo di Ostwald?
- 39) Cos'è il punto di rugiada acido?
- 40) Cos'è la combustione?
- 41) Cosa serve per ottenere la combustione?
- 42) Cos'è il combustibile?
- 43) Quanti tipi di combustibili esistono?
- 44) Com'è formato il combustibile?
- 45) Cos'è il tiraggio?
- 46) Quanti tipi di tiraggio conosci?
- 47) Cos'è la durezza?
- 48) Quante durezza esistono?
- 49) Cos'è l'alcalinità?
- 50) Cos'è il pH?
- 51) Cosa può provocare l'eccesso di alcalinità?
- 52) A che cosa serve lo scarico dei fanghi?
- 53) A che cosa serve il solfito sodico? (Azamina)
- 54) A che cosa serve il fosfato trisodico? (Thermo RD)

RISPOSTE ALLE POSSIBILI DOMANDE D'ESAME
PER CONDUTTORI DI GENERATORI DI VAPORE

1. TUBI DA FUMO - TUBI D'ACQUA

BASSA PRESSIONE	fino ad 1 bar
MEDIA PRESSIONE	fino a 15 bar
ALTA PRESSIONE	fino a 100 bar
ALTISSIMA PRESSIONE	oltre i 100 bar
GRANDE VOLUME D'ACQUA	130 - 250 l/m ² SDR
MEDIO VOLUME D'ACQUA	70 - 130 l/m ² SDR
PICCOLO VOLUME D'ACQUA	meno di 70 l/m ² SDR
2. E' la quantità di vapore prodotto in un'ora.
Si misura in Kg/h; è necessario però precisare anche lo stato del vapore (temp - press)
3. E' il rapporto tra i kg di vapore prodotti in un'ora e la superficie di riscaldamento.
Si misura in Kg VAP/ m²/h
4. E' la pressione massima alla quale può lavorare regolarmente un generatore. Il valore della pressione di bollo si può rilevare sul libretto matricolare del generatore o sull'apposito bollo al centro della targhetta.
5. E' la pressione, ovviamente più bassa della pressione di bollo, alla quale si fa lavorare il generatore
6. E' una forza su una superficie $P = F/S$
7. E' l'area in m² della superficie lambita da una parte dei fumi, dall'altra dall'acqua. Si misura lato fumi.
8. E' posto a 8 cm dal punto più alto della superficie di riscaldamento.
9. Un generatore deve avere due indicatori di livello di cui uno a vetro: L'altro può essere sostituito da due rubinetti prova. Devono essere distanziati, al massimo, di 10 cm ed il rubinetto lato acqua deve essere a livello minimo H₂O.
10. Devono essere due e devono essere in grado di scaricare tutto il vapore prodotto dal generatore:
fino ad 1 bar lo scarico può essere libero in ambiente
fino a 2 bar lo scarico deve avere una curva verso l'alto
sopra i 2 bar lo scarico deve essere portato all'esterno della centrale termica
11. VDS a peso diretto
VDS a peso e leva
VDS a molla diretta
12. Regolatori di livello continui (COPES)
Regolatori di livello discontinui (MAGNETROL - SONDE - GALLEGGIANTE)
13. Pompe ALTERNATIVE - pompe CENTRIFUGHE - CAVALLINO
14. Un generatore deve avere due mezzi di alimentazione con diversa alimentazione (es. pompa centrifuga e cavallino a vapore). Questo per avere sempre acqua in qualsiasi momento

15. I mezzi di alimentazione devono avere una portata che sia il doppio della potenzialità della caldaia.
16. Il cavallino riesce ad alimentare la caldaia perchè il cilindro lato vapore è più grande del cilindro lato H₂O
17. Due BOURDON – SCHÄFFER
18. Misura la pressione effettiva ATE
19. 1,25 - 2 volte la pressione di bollo
20. 1 bar in più, 0,5 bar in meno
21. Si dice vapore saturo il vapore che è in presenza del proprio liquido. La temperatura varia in base alla pressione.
22. Il vapore surriscaldato mantiene la stessa pressione del vapore saturo ma con temperatura più alta.
23. Si definisce "titolo del vapore" la quantità in peso espressa in % di vapore saturo secco che si trova in un Kg di vapore saturo umido
24. Sono le Kcal necessarie per portare H₂O alla temperatura di ebollizione.
25. Sono le Kcal necessarie per portare H₂O dalla temperatura di ebollizione allo stato di vapore.
26. E' la quantità di Kcal contenuta in 1 Kg di vapore.
27. Gli scaricatori di condensa sono delle valvole automatiche in grado di distinguere la condensa dal vapore. Si aprono in presenza di condensa e si chiudono in presenza di vapore.
28.

MECCANICI	a galleggiante – a secchiello rovesciato –
TERMOSTATICI	scaricatore bimetallico –
TERMODINAMICI	scaricatori a disco
29. Si definisce potere calorifico il n° di Kcal che un Kg di combustibile è in grado di fornire se completamente bruciato
30. Il P.C.I. è il potere calorifico diminuito delle Kcal che ci sono nella condensazione del vapore d'acqua e che se ne vanno in fumo.
31. L'eccesso d'aria è quella percentuale di aria in più a l'aria teorica che ci dà la sicurezza di avere una buona combustione.
32.

CONDUZIONE	CONVEZIONE	IRRAGGIAMENTO
(solido)	(fluido)	(fiamma)
33. La differenza fra temperatura e calore è che la temperatura si misura in °C mentre il Calore, che è un'energia, si misura in Kcal. La temperatura è una conseguenza del calore.
34. E' il calore dato con il combustibile.
35. E' il calore assorbito dall'acqua per trasformarsi in vapore.
36. E' la parte di calore che non si riesce ad utilizzare.

37. PERDITE DI CALORE LATENTE
 PERDITE DI CALORE SENSIBILE
 PERDITE DI CALORE PER IRRAGGIAMENTO
 PERDITE varie
- fuligine, ossido di carbonio
 lato fumi, temp. alta
 pareti, pavimenti, refrattario
 spurgo dei fanghi
38. Il TRIANGOLO DI OSWALD è un diagramma diverso per ogni combustibile che permette di determinare, se la combustione è completa, quanto deve essere l'eccesso d'aria.
39. Quando la temp. dei fumi scende sotto i 150 °C, l'anidride solforosa si condensa e diventa acido solforico (corrosivo)
40. La combustione è la combinazione del combustibile con O₂ dell'aria (comburente), avviene molto rapidamente e con sviluppo di calore.
41. Combustibile – aria (comburente) – innesco combustione (fiamma pilota)
42. Si chiama generalmente combustibile ogni sostanza che , attraverso una reazione, sviluppa calore.
43. solidi – liquidi - gassosi
44. H₂ C Z
 idrogeno carbonio zolfo
45. Il tiraggio è la spinta verso l'alto dei fumi. Questa spinta è data dalla differenza di peso specifico tra aria e fumi caldi e aumenta con l'aumento della temperatura fumi e varia anche con l'altezza del camino.
46. Tiraggio naturale Tiraggio forzato (caldaie pressurizzate)
 Tiraggio aspirato Tiraggio equilibrato Tiraggio indotto
47. La durezza è la quantità di sali incrostanti di calcio e magnesio.
48. Durezza permanente cloruri – solfati
 Durezza temporanea bicarbonati
 Durezza totale
49. In un generatore l'alcalinità è la quantità di bicarbonati – carbonati idrati di sodio
50. Il PH indica la concentrazione di H⁺ (idrogeno acido) e la concentrazione di (OH)⁻ (ossidrilie basico)
51. Ebollizione tumultuosa – trascinamenti – fragilità caustica
52. Serve a contenere l'alcalinità e salinità nei limiti
53. E' un condizionante che toglie O₂ dall'acqua.
 $\text{NaSO}_3 + \text{O} \rightarrow \text{NaSO}_4$ degasante chimico
54. E' un condizionante che aumenta l'alcalinità e trasforma tutti i sali incrostanti di Ca e Mg a sali uguali di Na, non incrostanti, ed eliminare la silice in presenza di Mg che diventerebbe un cementante.

- Trasformare nelle diverse unità di misura.
PRESSIONI.

$$12 \text{ bar} = \text{kg/cm}^2 = \text{m.c.a.}$$

$$1,2 \text{ MPa} = \text{bar} = \text{kPa} = \text{Pa}$$

$$36 \text{ mm.c.a.} = \text{hPa}$$

PRODUCIBILITÀ

$$t/h \quad 16 \quad \text{kg/h} =$$

- CALCOLARE LA FORZA VAPORE (in kg) ed (in N)

$$P_b = 12 \text{ bar} \quad \phi (\text{DIAMETRO ORIFIZIO}) = 19 \text{ mm}$$

$$P_b = 14 \text{ bar} \quad A (\text{AREA DI UNA VALVOLA}) = 5,5 \text{ cm}^2$$

↓ CALCOLARE IL DIAMETRO DELLA VALVOLA.

- DATA UNA FORZA DI 6t, CHE AGISCE SU UN'AREA DI $0,1 \text{ m}^2$ calcolare la pressione in bar, kg/cm^2 e MPa

- CALCOLARE L'AREA DEL RETTANGOLO

$$0,1 \text{ m} \times 1 \text{ m}$$

$$0,3 \text{ m} \times 0,4 \text{ m}$$

$$0,2 \text{ m} \times 0,5 \text{ m}$$

$$0,20 \times 0,25 \text{ m}$$

$$0,1 \text{ m} \times 0,15 \text{ m}$$

• Trasformare

$$1,725 \text{ m}^3 = \text{dm}^3 = \text{l}$$

$$10400 \text{ l} = \text{m}^3 = \text{cm}^3$$

$$180^\circ\text{C} = \text{K} = ^\circ\text{F}$$

$$0,7 \text{ MW} = \text{kW} = \text{kcal/h}$$

$$10,5 \text{ MW} = \text{kW} = \text{kcal/h}$$

$$1 \text{ kcal} = \text{kJ}$$

$$539 \text{ kcal} = \text{kJ}$$

$$639 \text{ kcal} = \text{kJ}$$

$$8500 \text{ kcal} = \text{kJ}$$

$$10200 \text{ kcal} = \text{kJ}$$

$$34500 \text{ kcal} = \text{kJ}$$

• Data una piscina $25\text{m} \times 10\text{m} \times 2,5\text{m}$
con acqua a 14°C riscaldarla fino a
 34°C . Quante kcal sono necessarie? e in kJ?
Se dispongo di una caldaia da 1000.000 kcal/h
quanto impiego? (in ore e in minuti)
Se dispongo di vapore a 3bar $x=0,9$, quanti
kg di vapore devo condensare? $\left(\begin{smallmatrix} \text{UTILIZZATO} \\ h_u - h_e \end{smallmatrix} \right)$

e se fosse una piscina di gasolio?

Problema 3

Dati:

$W=6,5\text{t/h}$
 $W_s=50\text{kg/m}^2\text{h}$
 $P_{es}=13\text{ bar}$
 $P_b=16\text{ bar}$
 $X=0,94$
 $T_{H_2O}=105\text{ }^\circ\text{C}$
 $T_{surr}=350\text{ }^\circ\text{C}$
 $V_{H_2O}=10400\text{l}$

Per il calcolo dei mezzi di alimentazione

$H_g=6,5\text{m.c.a.}$
 $H_y=8\text{m.c.a.}$

Trovare:

- Fondo scala manometro min.....bar; .max.....bar
- S
- h_u
- q_r
- q_s
- volume di scoppio a P_b

Mezzi di alimentazione:

Calcolare: portate Q e prevalenze H e numero dell'iniettore n con il Vecchio Regolamento ed il Nuovo Regolamento (1m^3 di acqua corrisponde ad una tonnellata t).

VR ($Q=2W$ sia per pompa che per iniettore ; $H=H_{pb}+H_g+H_y$)

Pompa $Q=.....\text{m}^3/\text{h}$ $H=.....\text{m.c.a.}$ Iniettore $n=.....$

NR

Pompa

Portata richiesta ($Q=W$) $Q=.....\text{ m}^3/\text{h}$

Portata prescritta $Q_{W\%}=.....\text{ m}^3/\text{h}$

($Q=W \times \%$. Vedi tabella colonna "se esiste la regolazione automatica dell'acqua di alimentazione")

Prevalenza alla portata richiesta ($H_w=H_{pb}+5\%P_b+H_g+H_y$), $H_w=.....\text{m.c.a.}$

Prevalenza alla portata prescritta ($H_{w+\%}=H_{pb}+H_g+H_y$), $H_{w+\%}=.....\text{m.c.a.}$

($H_{w+\%}$ è uguale a quella calcolata per il vecchio regolamento)

Iniettore ($Q=d \times d \times 100$, $n=d$)

($Q=W \times \%$. Vedi tabella colonna "se non esiste la regolazione automatica")

$n=.....$

Problema 4

Generatore con surriscaldatore
(contenuto termico e mezzi di alimentazione)

Dati:

- $W = 24,5 \text{ t/h}$
- $S = 350 \text{ m}^2$
- $P_{es} = 29 \text{ bar}$
- $P_b = 35 \text{ bar}$
- $X = 0,94$
- $T_{H_2O} = 110 \text{ }^\circ\text{C}$
- $T_{surr} = 350 \text{ }^\circ\text{C}$
- $V_{H_2O} = 12 \text{ t}$
- $H_g = 8 \text{ m.c.a.}$
- $H_y = 10 \text{ m.c.a.}$

$$h_2 \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right] = T_{H_2O} \cdot 4,186 \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{ }^\circ\text{C}} \right]$$

Trovare:

- Grado patente richiesto
- $W_s = \dots \text{ kg/m}^2\text{h}$
- Fondo scala manometro min.....bar; max.....bar
- $T_{\text{vapore umido}} \dots \text{ }^\circ\text{C}$
- $q_r = (h_l - h_a) = \dots \text{ kJ/kg}$
- $h_u = xh_v + (1-x)h_l = \dots \text{ kJ/kg}$
- $q_s = (h_s - h_v) = \dots \text{ kJ/kg}$
- volume di scoppio a P_b

Mezzi di alimentazione:

Calcolare: portate Q e prevalenze H e numero dell'iniettore n con il Vecchio Regolamento ed il Nuovo Regolamento (1 m^3 di acqua corrisponde ad una tonnellata t).

VR ($Q=2W$ sia per pompa che per iniettore ; $H=H_{Pb}+H_g+H_y$)

Pompa $Q = \dots \text{ m}^3/\text{h}$ $H = \dots \text{ m.c.a.}$ Iniettore $n = \dots$

NR

Pompa

Portata richiesta ($Q=W$) $Q = \dots \text{ m}^3/\text{h}$

Portata prescritta $Q_{Wx\%} = \dots \text{ m}^3/\text{h}$

($Q=W \times \%$. Vedi tabella colonna "se esiste la regolazione automatica dell'acqua di alimentazione")

Prevalenza alla portata richiesta ($H_w = H_{Pb} + 5\%P_b + H_g + H_y$), $H_w = \dots \text{ m.c.a.}$

Prevalenza alla portata prescritta ($H_{w+\%} = H_{Pb} + H_g + H_y$), $H_{w+\%} = \dots \text{ m.c.a.}$

($H_{w+\%}$ è uguale a quella calcolata per il vecchio regolamento)

Iniettore ($Q = dx dx 100$, $n = d$)

($Q=W \times \%$. Vedi tabella colonna "se non esiste la regolazione automatica")

$n = \dots$

Problema 5

(contenuto termico, mezzi di alimentazione, valvole)

Dati:

- $S=170 \text{ m}^2$
- $W_s=45 \text{ kg/m}^2\text{h}$
- $P_{es}=14 \text{ bar}$
- $P_b=16 \text{ bar}$
- $T_{H_2O}=115^\circ \text{ C}$
- $X=0,90$
- $H_g=7 \text{ m.c.a.}$
- $H_y=5 \text{ m.c.a.}$
- Valvola di sicurezza qualificata $k=0,89$
- Sovrapressione 10%

$$h_a = T_{H_2O} \cdot 4,186$$

$\left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right] \quad \left[^\circ\text{C} \right]$

Nota: $T_{H_2O} = 115^\circ \text{ C}$ siamo sotto i 120° C , quindi il valore dell'entalpia dell'acqua di alimento h_a che serve a noi, si può cercare nella tabella di pag.83, ma lo si può anche calcolare con la formula: $h_a = C_{\text{spec}H_2O} \times T_{H_2O}$. Ricorda: $C_{\text{spec}H_2O} = 1 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C} = 4,186 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$ (va bene fino a 120° C , oltre i 120° C . vai sulla tabella)

Trovare:

- Grado patente richiesto
- $q_r = (h_l - h_a) = \dots\dots\dots \text{ kJ/kg}$
- $h_u = xh_v + (1-x)h_l = \dots\dots\dots \text{ kJ/kg}$
- calore fornito $h_u - h_a = \dots\dots\dots \text{ kJ/kg}$
- Mezzi di alimentazione
- Valvole grande alzata VR
- Valvole qualificate NR

Calcolare: portate Q e prevalenze H e numero dell'iniettore n con il Vecchio Regolamento ed il Nuovo Regolamento (1 m^3 di acqua corrisponde ad una tonnellata t).

VR ($Q=2W$ sia per pompa che per iniettore ; $H=H_{Pb}+H_g+H_y$)

Pompa $Q = \dots\dots\dots \text{ m}^3/\text{h}$ $H = \dots\dots\dots \text{ m.c.a.}$ Iniettore $n = \dots\dots$

NR

Pompa

Portata richiesta ($Q=W$) $Q = \dots\dots\dots \text{ m}^3/\text{h}$

Portata prescritta $Q_{Wx\%} = \dots\dots\dots \text{ m}^3/\text{h}$

($Q=W \times \%$. Vedi tabella colonna "se esiste la regolazione automatica dell'acqua di alimentazione")

Prevalenza alla portata richiesta ($H_w = H_{Pb} + 5\%P_b + H_g + H_y$), $H_w = \dots\dots\dots \text{ m.c.a.}$

Prevalenza alla portata prescritta ($H_{w+\%} = H_{Pb} + H_g + H_y$), $H_{w+\%} = \dots\dots\dots \text{ m.c.a.}$

($H_{w+\%}$ è uguale a quella calcolata per il vecchio regolamento)

Iniettore ($Q = d \times d \times 100$, $n = d$)

($Q=W \times \%$. Vedi tabella colonna "se non esiste la regolazione automatica")

$n = \dots\dots\dots$

Valvole: Nuovo regolamento

Problema 6

La mia caldaia, quella (o una di quelle) della centrale dove io faccio il tirocinio!
(contenuto termico, mezzi di alimentazione, valvole)

Dati:

- $W = \dots\dots\dots t/h$
- $S = \dots\dots\dots m^2$
- $P_{es} = \dots\dots\dots bar$
- $P_b = \dots\dots\dots bar$
- $T_{H_2O\text{ alim}} = \dots\dots\dots ^\circ C$
- $X = \dots\dots\dots$ (in mancanza di dati del costruttore, assumo $x=0,90$)
- $T_{surr} = \dots\dots\dots ^\circ C$ (se c'è)
- $V_{H_2O} = \dots\dots\dots l$
- $H_g = \dots\dots\dots m.c.a.$ (se il livello dell'acqua di alimento nel degasatore è superiore allo specchio evaporante della caldaia, H_g è negativo, arbitrariamente ignoro questa condizione, ne trascuro il vantaggio, ed assumo $H_g=0$)
- $H_y = \dots\dots\dots m.c.a.$ (in mancanza di dati precisi, assumere un valore tra $H_y=5m.c.a.$ per tubi corti e dritti e $H_y=25m.c.a.$ per tubi lunghi e con varie curve)
- Valvola di sicurezza qualificata $k = \dots\dots\dots$ (vedere i certificati delle valvole, in assenza di dati assumere $k=0,5$)
- Sovrapressione $\dots\dots\dots$ (vedere i certificati delle valvole, in assenza di dati assumere Sovrapressione = 10%)
- Assumere tutti i dati eventualmente mancanti.

Nota: Se con $T_{H_2O\text{ alim}}$ siamo sotto i $120^\circ C$, il valore dell'entalpia dell'acqua di alimento h_a che serve a noi, si può cercare nella tabella di pag.83, ma lo si può anche calcolare con la formula: $h_a = C_{specH_2O} \times T_{H_2O\text{ alim}}$. Ricorda: $C_{specH_2O} = 1kcal/kg^\circ C = 4,186kJ/kg^\circ C$ (va bene fino a $120^\circ C$, oltre i $120^\circ C$. vai sulla tabella)
Se con $T_{H_2O\text{ alim}}$ siamo sopra i $120^\circ C$, il valore dell'entalpia dell'acqua di alimento h_a che serve a noi, va cercato nella tabella di pag.83, nella colonna " h_l " alla corrispondente temperatura. Leggiamo dalla tabella un valore " h_l ", e lo assumiamo come h_a da noi cercato.

Trovare:

- Grado patente richiesto $\dots\dots\dots$
- $W_s = \dots\dots\dots kg/m^2h$
- Fondo scala manometro min. $\dots\dots\dots bar$; max. $\dots\dots\dots bar$
- $q_r = (h_l - h_a) = \dots\dots\dots kJ/kg$
- $h_u = xh_v + (1-x)h_l = \dots\dots\dots kJ/kg$
- $q_s = (h_s - h_v) = \dots\dots\dots kJ/kg$ (solo se c'è il surriscaldatore)
- calore fornito $h_u - h_a = \dots\dots\dots kJ/kg$
- Potenza totale fornita (esprimere W in kg/h): $W(h_u - h_a) = \dots\dots\dots kJ/h =$ (divido $\times 3600$) $\dots\dots\dots kJ/s =$ (kJ/s oppure kW è uguale) $\dots\dots\dots kW =$ (divido per 1000) $\dots\dots\dots MW$
- calore fornito $h_s - h_a = \dots\dots\dots kJ/kg$ (solo se c'è il surriscaldatore)
- calore fornito dal surriscaldatore $h_s - h_u = \dots\dots\dots kJ/kg$ (solo se c'è il surriscaldatore)
- Potenza totale fornita (esprimere W in kg/h): $W(h_s - h_a) = \dots\dots\dots kJ/h =$ (divido $\times 3600$) $\dots\dots\dots kJ/s =$ (kJ/s oppure kW è uguale) $\dots\dots\dots kW =$ (divido per 1000) $\dots\dots\dots MW$ (solo se c'è il surriscaldatore)
- valvole grande alzata VR
- valvole qualificate NR
- volume di scoppio a P_b

Calcolare: portate Q e prevalenze H e numero dell'iniettore n con il Vecchio Regolamento ed il Nuovo Regolamento (1m³ di acqua corrisponde ad una tonnellata t).

VR (Q=2W sia per pompa che per iniettore ; H=H_{Pb}+H_g+H_y)

Pompa Q=.....m³/h H=.....m.c.a. Iniettore n=.....

NR

Pompa

Portata richiesta (Q=W) Q=..... m³/h

Portata prescritta Q_{wx%}=..... m³/h

(Q=W x %. Vedi tabella colonna "se esiste la regolazione automatica dell'acqua di alimentazione")

Prevalenza alla portata richiesta (H_w=H_{Pb}+5%P_b+H_g+H_y), H_w=.....m.c.a.

Prevalenza alla portata prescritta (H_{w+%}=H_{Pb}+H_g+H_y), H_{w+%}=.....m.c.a.

(H_{w+%} è uguale a quella calcolata per il vecchio regolamento)

Iniettore (Q=dxdx100, n=d)

(Q=W x %. Vedi tabella colonna "se non esiste la regolazione automatica")

n=.....

Valvole: Nuovo regolamento

Problema 7

Esercizio completo

Dati:

- $W=10\text{t/h}$
- $S=200\text{m}^2$
- $P_{es}=13\text{bar}$
- $P_b=15\text{bar}$
- $T_{H_2O\text{ alim}}=100^\circ\text{C}$
- $X=0,90$
- $T_{surr}=300^\circ\text{C}$
- $V_{H_2O}=10000\text{l}$
- $H_g=5\text{m.c.a.}$
- $H_v=15\text{m.c.a.}$
- Valvola di sicurezza qualificata $k=0.80$
- Sovrappressione di apertura totale =10%
- Assumere con criterio tutti i dati eventualmente mancanti.

Nota: Se con $T_{H_2O\text{ alim}}$ siamo sotto i 120°C , il valore dell'entalpia dell'acqua di alimento h_a che serve a noi, si può cercare nella tabella di pag.83, ma lo si può anche calcolare con la formula: $h_a = C_{\text{spec}H_2O} \times T_{H_2O\text{ alim}}$. Ricorda: $C_{\text{spec}H_2O} = 1\text{kcal/kg}^\circ\text{C} = 4,186\text{kJ/kg}^\circ\text{C}$ (va bene fino a 120°C , oltre i 120°C . vai sulla tabella) Se con $T_{H_2O\text{ alim}}$ siamo sopra i 120°C , il valore dell'entalpia dell'acqua di alimento h_a che serve a noi, va cercato nella tabella di pag.83, nella colonna " h_l " alla corrispondente temperatura. Leggiamo dalla tabella un valore " h_l ", e lo assumiamo come l' h_a da noi cercato.

Trovare:

- Grado patente richiesto
- Producibilità specifica $W_s = \dots\dots\dots\text{kg/m}^2\text{h}$
- Fondo scala manometro min.....bar; .max.....bar
- Dimensioni unificate della flangia per manometro campione.
- Incremento di entalpia (calore da fornire come calore di riscaldamento) necessario per portare l'acqua di alimento alla temperatura di ebollizione corrispondente alla pressione esistente (pressione di esercizio P_{es} ovviamente) in caldaia $q_r = (h_l - h_a) = \dots\dots\dots\text{kJ/kg}$
- Entalpia (o contenuto termico) posseduto dal vapore umido in uscita dalla presa vapore $h_u = xh_v + (1-x)h_l = \dots\dots\dots\text{kJ/kg}$
- Potenza termica disponibile (se non ci fosse il surriscaldatore sarebbe la potenza disponibile per le utenze) con il vapore umido in uscita dalla presa vapore: Wh_u Nota: kg/h moltiplicato per kJ/kg fa kJ/h . Divido per 3600 (che sono i secondi di un'ora) e trovo kJ/s che è uguale a kW . Se divido ulteriormente per 1000 ottengo i MW .
- Incremento di entalpia operato (calore fornito) dalla caldaia $h_u - h_a = \dots\dots\dots\text{kJ/kg}$
- Potenza termica fornita dalla caldaia $W(h_u - h_a)$ Nota: kg/h per kJ/kg che fa kJ/h . Divido per 3600 e trovo kW . Divido per 1000 ed ottengo i MW e posso confrontare il risultato con l'indicazione generale che mi ricorda che $0,7\text{MW}$ forniscono all'incirca 1t/h di vapore.
- Incremento di entalpia (calore da fornire) con il surriscaldatore (prima parte del lavoro del surrisc.) per ottenere la vaporizzazione completa del vapore umido arrivando alla condizione di vapore saturo secco ($x=1$): $h_v - h_u = \dots\dots\dots\text{kJ/kg}$
- Incremento di entalpia (calore da fornire) con il surriscaldatore (seconda parte del lavoro del surrisc.) per ottenere il surriscaldamento del vapore fino alla

condizione di uscita dal surriscaldatore stesso h_s . Calore di surriscaldamento $q_s = (h_s - h_v) = \dots\dots\dots$ kJ/kg

- Incremento di entalpia (calore da fornire) con il surriscaldatore (totalità del lavoro del surrisc.) per ottenere la vaporizzazione completa del vapore umido ed il suo successivo surriscaldamento $h_s - h_u = \dots\dots\dots$ kJ/kg
- Potenza termica fornita dal surriscaldatore: $W(h_s - h_u)$. Nota: kg/h moltiplicato per kJ/kg fa kJ/h. Divido per 3600 e trovo kW. Divido per 1000 ottengo i MW.
- Incremento di entalpia (calore da fornire) per portare un kg di acqua di alimento alla condizione di vapore surriscaldato $h_s - h_a = \dots\dots\dots$ kJ/kg.
- Potenza totale fornita dalla somma di caldaia e surriscaldatore (esprimere W in kg/h): $W(h_s - h_a) = \dots\dots\dots$ kJ/h = (divido x 3600) $\dots\dots\dots$ kW = (divido per 1000) $\dots\dots\dots$ MW
- Potenza totale disponibile per le utenze (esprimere W in kg/h): $Wh_s = \dots\dots\dots$ kJ/h = (divido x 3600) $\dots\dots\dots$ kW = (divido per 1000) $\dots\dots\dots$ MW.

Valvole di sicurezza:

- valvole qualificate NR
- volume di scoppio a P_b

Mezzi di alimento: calcolare: portate Q e prevalenze H e numero dell'iniettore n con il Vecchio Regolamento ed il Nuovo Regolamento (1m^3 di acqua corrisponde ad una tonnellata t).

VR ($Q=2W$ sia per pompa che per iniettore ; $H=H_{pb}+H_g+H_v$)

Pompa $Q = \dots\dots\dots \text{m}^3/\text{h}$ $H = \dots\dots\dots \text{m.c.a.}$ Iniettore $n = \dots\dots\dots$

NR

Pompa

Portata richiesta ($Q=W$) $Q = \dots\dots\dots \text{m}^3/\text{h}$

Portata prescritta $Q_{Wx\%} = \dots\dots\dots \text{m}^3/\text{h}$

($Q=W \times \%$. Vedi tabella colonna "se esiste la regolazione automatica dell'acqua di alimentazione")

Prevalenza alla portata richiesta ($H_w = H_{pb} + 5\%P_b + H_g + H_v$), $H_w = \dots\dots\dots \text{m.c.a.}$

Prevalenza alla portata prescritta ($H_{w+\%} = H_{pb} + H_g + H_v$), $H_{w+\%} = \dots\dots\dots \text{m.c.a.}$

($H_{w+\%}$ è uguale a quella calcolata per il vecchio regolamento)

Iniettore ($Q = d \times d \times 100$, $n = d$)

($Q=W \times \%$. Vedi tabella colonna "se non esiste la regolazione automatica")

$n = \dots\dots\dots$

Elencare tutti i dispositivi necessari e presenti a bordo della caldaia.

Elencare i controlli da effettuarsi da parte del caldaista e la loro frequenza (escluso il controllo delle acque trattato in seguito).

Elencare le operazioni da effettuare per eseguire la prova completa degli indicatori di livello.

Acqua:

- Indicare le formule chimiche dei sali incrostanti e non, contenuti nell'acqua greggia.

- Indicare che valore di pH si troverebbe misurando l'acqua greggia in entrata nella prima torre.
- Indicare le variazioni (**sostituzioni**) che i sali dell'acqua greggia subiscono nell'attraversamento della prima torre.
- Indicare le formule chimiche delle **sostanze introdotte** nella prima torre (indicare il nome della torre) di un impianto demi **durante la rigenerazione** delle resine.
- Indicare le **sostituzioni di ioni** che avvengono in fase di **rigenerazione** nella prima torre.
- Indicare le formule chimiche delle **sostanze che escono** dalla prima torre **durante la rigenerazione** delle resine.
- Indicare le **formule chimiche** delle sostanze contenute nell'**acqua in uscita** dalla prima torre.
- Indicare che valore di pH si troverebbe misurando l'**acqua in uscita** dalla prima torre.

- Descrivere cosa avviene nella torre di decarbonatazione.
- Indicare le formule chimiche delle sostanze contenute nell'acqua in uscita dalla torre di decarbonatazione.

- Indicare che valore di pH si troverebbe misurando l'acqua in entrata nella seconda torre.
- Indicare le variazioni (**sostituzioni**) che le sostanze contenute nell'acqua subiscono nell'attraversamento della **seconda torre**.
- Indicare le **formule chimiche** delle **sostanze introdotte** nella seconda torre (indicare il nome della torre escludendo l'eliminazione della silice) di un impianto demi **durante la rigenerazione** delle resine.
- Indicare le **sostituzioni di ioni** che avvengono in fase di **rigenerazione** nella seconda torre.
- Indicare le **formule chimiche** delle **sostanze che escono** dalla seconda torre **durante la rigenerazione** delle resine.
- Indicare le **formule chimiche** di ciò che esce dalla seconda torre
- Indicare che valore di pH si troverebbe misurando l'**acqua in uscita** dalla seconda torre.

Elencare quali acque vanno analizzate in una centrale termica ed elencare il tipo di analisi da effettuare, la frequenza con cui effettuarle ed i valori che si ritengono coerenti con le normative.

Elencare le operazioni da effettuare per determinare il valore dell'alcalinità parziale e totale nell'acqua di caldaia.

Indicare a quale pH avviene il viraggio della fenolftaleina.

Indicare a quale pH avviene il viraggio del metilarancio.

Indicare a quale pH si ha la neutralità chimica.

Indicare a quale pH deve trovarsi l'acqua di caldaia per avere la minore aggressività possibile nei confronti del ferro.

Indicare il compito dei condizionanti normalmente utilizzati all'interno di una caldaia.

TRASCRIZIONE DI INTERROGAZIONI SVOLTE AGLI ESAMI PER IL CONSEGUIMENTO DEL PATENTINO DI ABILITAZIONE ALLA CONDUZIONE DI GENERATORI DI VAPORE.

Interrogazioni d'esame: abilitazione alla conduzione dei generatori di vapore.

Questo documento riporta appunti presi molto approssimativamente dal sottoscritto Beniamino Muscatello mentre assistevo ad alcune interrogazioni d'esame nel 1999.

Lo scopo di questo scritto è solo quello di dare degli spunti di riflessione a chi deve affrontare l'esame.

Tra parentesi alcuni cenni o suggerimenti di risposta.

Alcune interrogazioni (ad esempio la prima) sono state interrotte perché il candidato non era in grado di rispondere o rispondeva con enorme difficoltà.

Alcune si sono concluse ma non con l'idoneità.

Interrogazione II grado

Manometro flangia ricciolo

Descrizione impianto

Pressione di bollo

Accessori

Regolamento relativamente agli indicatori di livello (misure)

Cosa fai se si rompe il livello di vetro? (devo fermare)

Prove da effettuare sugli indicatori di livello.

Dato $W=10\text{t/h}$ e $P_b=14$ e $X=0,9$ e $T_{\text{atim}}=120^\circ\text{C}$: quanto calore devi fornire all'acqua per arrivare a produrre il vapore?

$h_u-h_a=?$

$h_u=xh_v+(1-x)h_l$

Interrogazione II grado

Valvole di sicurezza: Vecchio e Nuovo Regolamento

Valvole di sicurezza a peso e leva.

Calcoli legati al rendimento

Descrizione del gruppo di alimento

Fondoscala del manometro

Preparazione per visita interna

Interrogazione II grado durata 33 minuti

C'è un legame nelle pompe centrifughe tra Q ed H?

Tabella delle portate prescritte.

Cos'è questo? (triangolo di Ostwald)

A cosa serve e cosa indica?

Come lo usi?

Che cosa ti serve per usarlo? ($\text{CO}_2\%$ ed $\text{O}_2\%$)

Ipotesi: $\text{CO}_2\%=9$ ed $\text{O}_2\%=3$ trova il punto

Cos'è la CO

Cos'è "e" e quanto vale?

Quant'è E?

Cosa devo fare qui per migliorare la situazione?

Che impianto di trattamento acque c'è in ospedale?

Schema e componenti: cosa entra, cosa c'è dentro e cosa esce?

Com'è il pH in uscita dalla prima colonna?

Riesce la seconda torre ad eliminare l'anidride carbonica? (si)

Perché decarbonatazione? Solo se ho tanta durezza temporanea.

Se entra acqua dura in caldaia, con lo spurgo riesci a correggere? (no, perché si deposita)

Durezza: esame approfonditissimo.

Interrogazione II grado

In Centrale Termica:

- Analisi delle acque
- Alcalinità e pH e relazione tra i due
- Valori ottimali
- Misurazione pratica
- Durezza

Dove lavori, quale grado, che generatore è?

Cosa contraddistingue un generatore a tubi da fumo da u8no a tubi d'acqua?

(fatto tecnico e aspetto esteriore)

Rappresentazione in sezione del generatore.

Significato di "superficie di riscaldamento"

Che valvole di sicurezza ci sono?

C'è un legame nelle pompe centrifughe tra Q ed H?

Tabella delle portate prescritte.

Valvole di sicurezza: Vecchio e Nuovo Regolamento

Differenza tra la Vecchia e la Nuova Normativa.

Cos'è K, cos'è 0,9, cos'è C, cos'è v_1 e cos'è p_1

Come si calcola p_1

Puoi smontarle?

Com'è fatta la sede? (il riferimento è all'incollamento)

Conica o piatta?

In caso di declassamento cosa accade alle valvole?

Cosa puoi condurre con il secondo grado?

Come varia la producibilità dimezzando la pressione di bollo?

Producibilità specifica. ($W_s=W/S$ espresso kg/m^2h)

Come varia il volume specifico al variare della pressione?

Cosa accade in caso di scoppio, cosa è più pericoloso, il vapore o l'acqua? (assolutamente l'acqua per il fenomeno del vapore nascente)

Cos'è il pH?

Cos'è uno ione?

Differenza tra molecola e atomo?

Molecola dell'acqua?

Cos'è il legame covalente? (il candidato aveva un diploma di maturità scientifica, altrimenti questa sarebbe stata una domanda "poco appropriata")

Interrogazione II grado

Cominciamo con i sistemi di trattamento delle acque: quali sono?

Cosa avete nella vostra ditta?

Cos'è l'addolcimento?

Attraverso cosa si scaricano i sali non incrostanti?

Gli spurghi sono funzione dell'alcalinità?

Cosa accade se aumenta la salinità?

Chi sale per primo? (il pH)

Qual è il valore massimo ammesso di alcalinità?

Cosa faccio per ridurre l'alcalinità? (spurghi)

E se non ce la faccio a rientrare nei valori? (rischio di fragilità caustica)

(Stop, svuotamento, nuovo riempimento e ripartire)

L'alcalinità che cosa provoca?

- Fragilità caustica
- Ebollizione tumultuosa e trascinamenti

Cosa determina il titolo?

Dimmi un valore possibile di titolo

Cos'è 0,9? (il senso della domanda era ancora legato all'alcalinità ed ai trascinamenti)

Cosa causa la schiuma? Frega i livellostati.

Interrogazione II grado

Dove ha fatto il tirocinio?

Descrizione impianto.

S=?

Perché sulla caldaia a vapore non c'è un termometro?

Relazione tra P e T nell'acqua.

Tabella di pagina 83: sono pressioni assolute?

Differenza tra pressione assoluta e pressione relativa.

Accessori del generatore

C'è sempre l'iniettore?

Principio di funzionamento dell'iniettore: particolari costruttivi.

Calcolo del numero dell'iniettore con il vecchio regolamento.

Le pompe oltre alla portata devono avere (prevalenza)

Formule per il calcolo delle prevalenze e delle portate richieste e prescritta.

Come si prepara un generatore per la visita interna?

Che "portelloni" ci sono lato acqua e come si chiamano?

Cosa deve fornire il conduttore: (lampada a bassa tensione ed attrezzi)

Cos'altro? (Libretto e generatore ben pulito).

Differenza tra incrostazione e corrosione?

La corrosione è un fenomeno elettrochimico o chimico?

E la corrosione da ossigeno? (ossidazione)

Comportamento in caso di avaria.

(per avaria si intende qualcosa che riguarda solo la parte in pressione)

Si può fare una riparazione di emergenza?

Chi esegue le verifiche periodiche?

Interrogazione I grado

Mediamente per il primo grado, l'interrogazione non è diversa da quella per il secondo.

In aggiunta viene chiesto il ciclo termodinamico della turbina con l'eventualità di un surriscaldamento ed il tutto nei tre diagrammi utili.

Trattamento acque in riferimento all'eliminazione della silice e, solo a volte particolarità sui grandi generatori.

Ulteriore materiale fornitomi gentilmente da un commissario d'esame. Esami 2006.

Interrogazione II grado

Dove ha svolto il tirocinio?

Quale caldaia avevate?

Mi dica i parametri caratteristici.

Disegni in linea di massima la caldaia con tutte le apparecchiature di sicurezza.

Calcoli l'entalpia del vapore in base ai dati della caldaia sulla quale lei ha lavorato.

Disegni il diagramma entalpico (diagramma di stato) con l'acqua di alimento con $T=70^{\circ}\text{C}$.

Quanti MW ha la sua caldaia?

Quante valvole di sicurezza può avere una caldaia?

(Nota: con l'introduzione della PED anche una sola!)

Può averne anche 3?

Che tipi di valvole di sicurezza conosce lei?

Calcoli il diametro delle valvole di sicurezza secondo i dati sopraccitati. Con la formula "vecchia" e con la formula "nuova".

Che cosa le dice la parola "800kg" in relazione alle valvole di sicurezza?

Uno scambiatore di calore è in azione e cede calore: cedendo calore la temperatura del vapore varia? Cosa succede con la "x" quando lo scambiatore cede calore?

Pompa di alimento della caldaia: quale portata deve avere e quale prevalenza?

La pompa a vapore (il commissario intende il cavallino) ha i diametri di spinta uguali o disuguali?

Disegni e spieghi l'iniettore.

La cifra che compare sull'iniettore cosa denota?

Diagramma di Ostwald: le do due parametri: $\text{O}_2\% = 7$ e $\text{CO}_2\% = 9$ dove si trova questo punto sul diagramma?

Interrogazione II grado

Mi spieghi come funziona l'osmosi.

Disegni e spieghi l'addolcitore e poi l'impianto di demineralizzazione completa a resine.

Ho un impianto con addolcitore ed osmosi. Tolgo l'impianto ad osmosi: cosa succede?

Perché le finestre (aperture di ventilazione che devono rimanere sempre aperte) devono essere tali da poter permettere il passaggio di 9m^3 di aria ($9\text{m}^3 \times 1,3\text{kg}/\text{m}^3 = \text{quasi } 12\text{kg}$) per ogni kg di carbonio?

Come si misura il tiraggio della caldaia?

Sul manometro c'è scritto KI1 (Classe 1). Cosa vuol dire?

Nell'acqua di caldaia si forma schiuma: perché e come si elimina?

Mi trovi il valore di "p" ed "m" nell'acqua di caldaia (alcalinità parziale e totale alla phenolphthaleina ed al metilarancio).

Indicatori di pH il cui viraggio avviene a pH5 ed a pH9.

Mettendo le tre gocce di fenolftaleina l'acqua non si colora: perché?

Come si calcola il calore di surriscaldamento?

Cosa deve fare il caldaista in preparazione alla prova di pressione (prova idraulica)?

Se a seguito di controlli si decide/impone un declassamento della caldaia di 5bar, come varia il diametro delle valvole di sicurezza?