I.S.P.E.S.L.
ISTITUTO SUPERIORE PER LA PREVENZIONE E LA SICUREZZA DEL LAVORO

RACCOLTA VSG

REVISIONE 1995

SPECIFICAZIONI TECNICHE APPLICATIVE DEL DECRETO MINISTERIALE 21 NOVEMBRE 1972 PER LA VERIFICA DELLA STABILITÀ DEI GENERATORI DI VAPORE D'ACQUA

EDIZIONE 1999

DIPARTIMENTO DOCUMENTAZIONE, INFORMAZIONE E FORMAZIONE

INDICE

PARTE I
Leggi e documenti di riferimento

PARTE II:
Regole tecniche

PREFAZIONE

La presente pubblicazione contiene le Specificazioni tecniche applicative del D.M. 21 novembre 1972 che detta norme per la costruzione degli apparecchi a pressione.

La prima edizione della Raccolta VSG (Verifica di Stabilità dei Generatori di vapor d'acqua), emanata dall'ex ANCC, è stata pubblicata nel 1973 e da allora sono stati effettuati aggiornamenti fino al 1978.

Nell'ambito dei compiti di proposta di normativa conferiti all'ISPESL dal D.L. 30 giugno 1982, n. 390, e dei disposti del Decreto Istitutivo dell'ISPESL medesimo, in considerazione dell'evoluzione tecnologica avuta dal 1978 ad oggi – senza che peraltro alcuna «addenda» alla Raccolta VSG sia stata emanata nel frattempo – questo istituto ha ritenuto doveroso e necessario effettuare la revisione della Raccolta VSG edizione 1978.

L'ISPESL, pertanto, acquisito il parere favorevole del proprio Comitato Tecnico «Specifiche Tecniche per l'Omologazione degli Apparecchi a Pressione» nelle sedute dell'8 e 9 luglio 1993, e recependo le indicazioni specifiche fornite dal SC.3 «Generatori di calore e impianti a pressione» del Comitato Termotecnico Italiano, ha predisposto la revisione della Raccolta VSG aggiornata.

La presente edizione «Raccolta VSG - revisione 1995» contiene i seguenti aggiornamenti e modifiche di carattere generale:

– allineamento della normativa italiana agli indirizzi della nuova normativa europea (EN) in corso di elaborazione;
– modifica di alcuni parametri di costruzione che nella pratica corrente si sono rivelati eccessivamente conservativi senza peraltro alcuna giustificazione ai fini della sicurezza;
– integrazione delle norme laddove la carenza di specifiche prescrizioni impone prove sperimentali che l'esperienza ha dimostrato non necessarie ai fini della stabilità della membratura;
– introduzione del calcolo di verifica di progetti riguardanti apparecchi destinati a funzionare fino a 200.000 ore;
– adeguamento delle unità di misura al Sistema Internazionale SI.

Tali aggiornamenti hanno comportato modifiche ed integrazioni in quasi tutti i Capitoli della Raccolta. Ne è derivata comunque l'opportunità di rielaborare completamente i capitoli riguardanti le seguenti membrature:

– Compensazione delle aperture isolate;
– Focolari;
– Fondi curvi;
– Fondi piani e pareti piane;
– Piastre forate per innesto tubi;
– Giunti flangiati;
– Bulloni e tiranti;
– Prove sperimentali;
– Categorizzazione delle sollecitazioni.

Si ritiene utile, infine, far precedere la Raccolta VSG dalle disposizioni di legge che hanno assegnato le competenze già svolte dai soppressi Enti ANCC ed ENPI all'ISPESL, e dal D.M. 21 novembre 1972 che detta le Norme per la costruzione degli apparecchi a pressione.

La presente «Raccolta VSG - revisione 1995», emanata con D.M. 15 gennaio 1998, n. 190, sostituisce a tutti gli effetti la precedente «Raccolta VSG - edizione 1991» dell'ISPESL la quale è soltanto una riedizione della «Raccolta VSG - edizione 1978» dell'ex ANCC.

La presente edizione della Raccolta VSG è stata curata dal sig. Mario Puddu del Dipartimento Documentazione, Informazione e Formazione dell'ISPESL con la fattiva collaborazione dell'ing. Matteo Cannerozzi de Grazia del Dipartimento Tecnologie di Sicurezza, che ha permesso di poter includere nella pubblicazione tutte le errata-corrige sopravvenute fino a dicembre 1998.

Le presenti Specifiche Tecniche «Raccolta VSG - revisione 1995» sono state approvate dal Comitato Tecnico «Specifiche Tecniche di omologazione per gli apparecchi a pressione» dell'ISPESL su proposte elaborate da:

- **Comitato Tecnico ISPESL «Specifiche Tecniche di omologazione per gli apparecchi a pressione»; Presidente delegato: ing. Alfredo ADDABBO.**

- **Gruppo di lavoro ISPESL «Generatori di vapore»; relatore: ing. Giuseppe BUCCELLATO.**

- **Gruppo di lavoro «Calcolo» del SC.3 del Comitato Termotecnico Italiano federato UNI; relatore: ing. Alfredo ADDABBO.**

Redazione tecnica curata dal Segretario del Comitato Tecnico ISPESL:
ing. Matteo CANNEROZZI de GRAZIA – ISPESL - D.T.S./III U.F.

Decreto ministeriale 15 gennaio 1998, n. 190 (1)

Regolamento recante norme sulle specifiche tecniche applicative del decreto ministeriale 21 novembre 1972 per la costruzione e la riparazione degli apparecchi a pressione

IL MINISTRO DELL'INDUSTRIA
DEL COMMERCIO E DELL'ARTIGIANATO

DI CONCERTO CON

IL MINISTRO DELLA SANITÀ

E

IL MINISTRO DEL LAVORO
E DELLA PREVIDENZA SOCIALE

Visto il decreto-legge 30 giugno 1982, n. 390, convertito nella legge 12 agosto 1982, n. 597 e, in particolare, l'articolo 2, comma 4, il quale prevede che le procedure e le modalità amministrative e tecniche, le forme di attestazione e le tariffe dell'omologazione sono determinate con decreti interministeriali dei Ministri dell'industria, del commercio e dell'artigianato, della sanità, del lavoro e della previdenza sociale, previo parere dell'Istituto superiore per la prevenzione e la sicurezza del lavoro;

Visto l'articolo 17, commi 3 e 4, della legge 23 agosto 1988, n. 400;

Visto il decreto ministeriale 21 novembre 1972, recante norme per la costruzione degli apparecchi a pressione e, in particolare, le specificazioni tecniche applicative emanate dall'Associazione nazionale per il controllo della combustione ai sensi dell'articolo 20 dello stesso decreto;

Visto il parere favorevole dei Comitati Tecnici dell'Istituto superiore per la prevenzione e la sicurezza del lavoro (ISPESL) denominati «Specifiche tecniche per l'omologazione degli apparecchi a pressione» e «Materiali e collegamenti», i quali hanno ravvisato la necessità di aggiornare le citate specificazioni tecniche applicative emanate dall'Associazione nazionale per il controllo della combustione;

Udito il parere del Consiglio di Stato, espresso nell'adunanza generale del 17 aprile 1997;

Vista la comunicazione al Presidente del Consiglio dei Ministri, a norma dell'articolo 17, comma 3, della citata legge n. 400 del 1988, effettuata con nota n. 18070-R3c/4 del 4 novembre 1997;

ADOTTANO

il seguente regolamento:

Art. 1.

1. Per la costruzione degli apparecchi a pressione assoggettati alla disciplina in materia di prevenzione contro gli infortuni ai sensi del regio decreto 12 agosto 1927, n. 824, e sue successive modifiche ed integrazioni, le specificazioni tecniche applicative del decreto ministeriale 21 novembre 1972 denominate «Raccolta VSR, Raccolta VSG, Raccolta M, Raccolta S» vengono sostituite dalle allegate specificazioni tecniche:

a) «Raccolta VSR-revisione 1995» per la verifica della stabilità dei recipienti a pressione;

b) «Raccolta VSG-revisione 1995» per la verifica della stabilità dei generatori di vapor d'acqua;

c) «Raccolta M-revisione 1995» per l'impiego dei materiali nella costruzione e riparazione degli apparecchi e sistemi in pressione;

d) Raccolta S-revisione 1995» per l'impiego della saldatura nella costruzione e riparazione degli apparecchi e sistemi in pressione;

2. Le suddette specificazioni tecniche sono pubblicate a cura dell'Istituto superiore per la prevenzione e la sicurezza del lavoro (ISPESL).

3. Le schede riportanti le caratteristiche tecniche dei materiali impiegati per la costruzione degli apparecchi a pressione, ed i relativi procedimenti di saldatura, sono pubblicate a cura dell'ISPESL, previo parere favorevole dell'ispettorato tecnico del Ministero dell'industria, del commercio e dell'artigianato.

Art. 2.

1. Le specificazioni tecniche del decreto ministeriale 21 novembre 1972 di cui all'articolo 1 non si applicano a recipienti semplici a pressione di cui alla direttiva 87/404/CEE recepita con decreto legislativo 27 settembre 1991, n. 311.

Art. 3

1. I prodotti disciplinati dalle specificazioni tecniche indicate all'articolo 1, fabbricati in uno Stato membro della Unione europea, possono essere immessi sul mercato italiano a condizione che la regolamentazione del paese di origine garantisca al prodotto stesso un livello di sicurezza equivalente a quello stabilito dalla regolamentazione italiana.

Art. 4.

1. Agli apparecchi a pressione, già verificati sulla base delle specificazioni tecniche vigenti prima dell'entrata in vigore del presente decreto, possono applicarsi le medesime specificazioni, in caso di modifiche e riparazioni denunciate successivamente alla data di entrata in vigore del presente decreto.

(1) Supplemento ordinario alla *G. U.* n. 141 del 19 giugno 1998.

Art. 5.

1. Il presente decreto entra in vigore il centottantesimo giorno successivo alla sua pubblicazione nella *Gazzetta Ufficiale.*

2. Entro tale periodo le allegate specificazioni tecniche — revisione 95 — possono comunque essere utilizzate in sostituzione delle specificazioni tecniche in vigore, purché il costruttore degli apparecchi a pressione e/o il progettista ne faccia esplicita richiesta all'atto della denuncia di costruzione a norma dell'articolo 45 del regio decreto 12 maggio 1927, n. 824.

Il presente decreto, munito del sigillo dello Stato, sarà inserito nella Raccolta ufficiale degli atti normativi della Repubblica italiana. È fatto obbligo a chiunque spetti di osservarlo e di farlo osservare.

Roma, 15 gennaio 1998

Il Ministro dell'industria del commercio e dell'artigianato
BERSANI

Il Ministro della sanità
BINDI

Il Ministro del lavoro e della previdenza sociale
TREU

Visto, il *Guardasigilli:* Flick
Registrato alla Corte dei conti il 9 giugno 1998
Registro n. 1 Industria, foglio 168

NOTE

AVVERTENZA:

Il testo delle note qui pubblicato è stato redatto ai sensi dell'art. 10, comma 3, del testo unico delle disposizioni sulla promulgazione delle leggi, sull'emanazione dei decreti del Presidente della Repubblica e sulle pubblicazioni ufficiali della Repubblica italiana, approvato con D.P.R. 28 dicembre 1985, n. 1092, al solo fine di facilitare la lettura delle disposizioni di legge alle quali è operato il rinvio. Restano invariati il valore e l'efficacia degli atti legislativi qui trascritti.

Note alle premesse:

— Il decreto-legge 30 giugno 1982, n. 390, convertito, con modificazioni, dalla legge 12 agosto 1982, n. 597, recante: «Disciplina delle funzioni prevenzionali e omologative delle unità sanitarie locali e dell'Istituto superiore per la prevenzione e la sicurezza del lavoro», è pubblicato nella *Gazzetta Ufficiale* del 25 agosto 1982, n. 233. Il testo dell'art. 2, comma 4, è il seguente:

«le procedure e le modalità amministrative e tecniche, le specifiche tecniche, le forme di attestazione e le tariffe dell'omologazione sono determinate con decreti interministeriali dei Ministeri dell'industria, del commercio e dell'artigianato, della sanità e del lavoro e della previdenza sociale, previo parere dell'ISPESL».

— La legge 23 agosto 1988, n. 400, recante: «Disciplina dell'attività di Governo e ordinamento della Presidenza del Consiglio dei Ministri», è pubblicata nel supplemento ordinario 12 settembre 1988, n. 214. Il testo dell'art. 17, commi 3 e 4, è il seguente:

«3. Con decreto ministeriale possono essere adottati regolamenti nelle materie di competenza del Ministro o di autorità sottordinate al Ministro, quando la legge espressamente conferisca tale potere. Tali regolamenti, per materie di competenza di più Ministri, possono essere adottati con decreti interministeriali, ferma restando la necessità di apposita autorizzazione da parte della legge. I regolamenti ministeriali ed interministeriali non possono dettare norme contrarie a quelle dei regolamenti emanati dal Governo. Essi debbono essere comunicati al Presidente del Consiglio dei Ministri prima della loro emanazione.

4. I regolamenti di cui al comma 1 ed i regolamenti ministeriali ed interministeriali che devono recare la denominazione di «regolamento», sono adottati previo parere del Consiglio di Stato, sottoposti al visto ed alla registrazione della Corte dei conti e pubblicati nella *Gazzetta Ufficiale*».

— Il decreto ministeriale 21 novembre 1972, recante: «Norme per la costruzione degli apparecchi a pressione», è pubblicato nella *Gazzetta Ufficiale* del 2 gennaio 1973, n. 1. Il testo dell'art. 20 è il seguente:

«Art. 20. — L'Associazione nazionale per il controllo della combustione, su conforme parere del consiglio tecnico, emana le specifiche tecniche applicative del presente decreto».

Nota all'art. 1:

— Il regio decreto 12 maggio 1927, n. 824, recante: «Approvazione del regolamento per l'esecuzione del regio decreto-legge 9 luglio 1926, n. 1331, che costituisce l'Associazione nazionale per il controllo della combustione», è pubblicato nella *Gazzetta Ufficiale* 4 luglio 1927, n. 152.

Note all'art. 2:

— La direttiva 87/404/CEE del Consiglio del 25 giugno 1987 relativa al ravvicinamento delle legislazioni degli Stati membri in materia di recipienti semplici a pressione, è pubblicata nella *Gazzetta Ufficiale* della Comunità europea 8 agosto 1987, n. L 220.

— Il decreto legislativo 27 settembre 1991, n 311, recante: «Attuazione delle direttive 87/404/CEE e 90/488/CEE in materia di recipienti a pressione, a norma dell'art. 56 della legge 29 dicembre 1990, n. 428», è pubblicato nella *Gazzetta Ufficiale* 4 ottobre 1991, n. 233.

Nota all'art. 5:

— Il testo dell'art. 45 del regio decreto 12 maggio 1927, n. 824, è il seguente:

«Art. 45. — Entro dieci giorni della data in cui viene iniziata la costruzione o la riparazione di un apparecchio a pressione, il costruttore o il riparatore ne deve dare denuncia all'Associazione nazionale per il controllo sulla combustione.

Colui che abbia introdotto nello Stato un apparecchio a pressione deve darne denuncia all'Associazione entro dieci giorni dall'avvenuta introduzione».

Legge 23 dicembre 1978, n. 833 (1)

Istituzione del Servizio Sanitario Nazionale
(artt. 6, 7, 14, 20, 23, 24 e 72)

Art. 6
Competenze dello Stato

Sono di competenza dello Stato le funzioni amministrative concernenti:

a) i rapporti internazionali e la profilassi internazionale, marittima, aerea e di frontiera, anche in materia veterinaria; l'assistenza sanitaria ai cittadini italiani all'estero e l'assistenza in Italia agli stranieri ed agli apolidi, nei limiti ed alle condizioni previste da impegni internazionali, avvalendosi dei presidi sanitari esistenti;

b) la profilassi delle malattie infettive e diffusive, per le quali siano imposte la vaccinazione obbligatoria o misure quarantenarie, nonché gli interventi contro le epidemie e le epizoozie;

c) la produzione, la registrazione, la ricerca, la sperimentazione, il commercio e l'informazione concernenti i prodotti chimici usati in medicina, i preparati farmaceutici, i preparati galenici, le specialità medicinali, i vaccini, gli immunomodulatori cellulari e virali, i sieri, le anatossine e i prodotti assimilati, gli emoderivati, i presidi sanitari e medico-chirurgici ed i prodotti assimilati anche per uso veterinario;

d) la coltivazione, la produzione, la fabbricazione, l'impiego, il commercio all'ingrosso, l'esportazione, l'importazione, il transito, l'acquisto, la vendita e la detenzione di sostanze stupefacenti o psicotrope, salvo che per le attribuzioni già conferite alle regioni dalla legge 22 dicembre 1975, n. 685;

e) la produzione, la registrazione e il commercio dei prodotti dietetici, degli alimenti per la prima infanzia e la cosmesi;

f) l'elencazione e la determinazione delle modalità di impiego degli additivi e dei coloranti permessi nella lavorazione degli alimenti e delle bevande e nella produzione degli oggetti d'uso personale e domestico; la determinazione delle caratteristiche igienico-sanitarie dei materiali e dei recipienti destinati a contenere e conservare sostanze alimentari e bevande, nonché degli oggetti destinati comunque a venire a contatto con sostanze alimentari;

g) gli standards dei prodotti industriali;

h) la determinazione di indici di qualità e di salubrità degli alimenti e delle bevande alimentari;

i) la produzione, la registrazione, il commercio e l'impiego delle sostanze chimiche e delle forme di energia capaci di alterare l'equilibrio biologico ed ecologico;

k) i controlli sanitari sulla produzione dell'energia termoelettrica e nucleare e sulla produzione, il commercio e l'impiego delle sostanze radioattive;

l) il prelievo di parti di cadavere, la loro utilizzazione e il trapianto di organi limitatamente alle funzioni di cui alla legge 2 dicembre 1975, n. 644;

m) la disciplina generale del lavoro e della produzione ai fini della prevenzione degli infortuni sul lavoro e delle malattie professionali;

n) l'omologazione di macchine, di impianti e di mezzi personali di protezione;

o) l'Istituto superiore di sanità, secondo le norme di cui alla legge 7 agosto 1973, n. 519, ed alla presente legge;

p) l'Istituto superiore per la prevenzione e la sicurezza del lavoro secondo le norme previste dalla presente legge;

q) la fissazione dei requisiti per la determinazione dei profili professionali degli operatori sanitari; le disposizioni generali per la durata e la conclusione dei corsi; la determinazione dei requisiti necessari per l'ammissione alle scuole, nonché dei requisiti per l'esercizio delle professioni mediche e sanitarie ausiliarie;

r) il riconoscimento e la equiparazione dei servizi sanitari prestati in Italia e all'estero dagli operatori sanitari ai fini dell'ammissione ai concorsi e come titolo nei concorsi stessi;

s) gli ordini e i collegi professionali;

t) il riconoscimento delle proprietà terapeutiche delle acque minerali e termali e la pubblicità relativa alla loro utilizzazione a scopo sanitario;

u) la individuazione delle malattie infettive e diffusive del bestiame per le quali, in tutto il territorio nazionale, sono disposti l'obbligo di abbattimento e, se del caso, la distruzione degli animali infetti o sospetti di infezione o di contaminazione; la determinazione degli interventi obbligatori in materia di zooprofilassi; le prescrizioni inerenti all'impiego dei principi attivi, degli additivi e delle sostanze minerali e chimico-industriali nei prodotti destinati all'alimentazione zootecnica, nonché quelle relative alla produzione e la commercializzazione di questi ultimi prodotti;

v) l'organizzazione sanitaria militare;

z) i servizi sanitari istituiti per le Forze armate ed i Corpi di polizia, per il Corpo degli agenti di custodia e per il Corpo nazionale dei vigili del fuoco, nonché i servizi dell'Azienda autonoma delle ferrovie dello Stato relativi all'accertamento tecnico-sanitario delle condizioni del personale dipendente.

* * *

(1) Supplemento ordinario alla *G. U.* n. 360 del 23 dicembre 1978.

Art. 7
Funzioni delegate alle regioni

È delegato alle regioni l'esercizio delle funzioni amministrative concernenti:

a) la profilassi delle malattie infettive e diffusive, di cui al precedente articolo 6 lettera b);

b) l'attuazione degli adempimenti disposti dall'autorità sanitaria statale ai sensi della lettera u) del precedente articolo 6;

c) i controlli della produzione, detenzione, commercio e impiego dei gas tossici e delle altre sostanze pericolose;

d) il controllo dell'idoneità dei locali ed attrezzature per il commercio e il deposito delle sostanze radioattive naturali ed artificiali e di apparecchi generatori di radiazioni ionizzanti; il controllo sulla radioattività ambientale;

e) i controlli sulla produzione e sul commercio dei prodotti dietetici, degli alimenti per la prima infanzia e la cosmesi.

Le regioni provvedono all'approvvigionamento di sieri e vaccini necessari per le vaccinazioni obbligatorie in base ad un programma concordato con il Ministero della Sanità.

Il Ministero della Sanità provvede, se necessario, alla costituzione ed alla conservazione di scorte di sieri, di vaccini, di presidi profilattici e di medicinali di uso non ricorrente, da destinare alle regioni per esigenze particolari di profilassi e cura delle malattie infettive, diffusive e parassitarie.

Le regioni esercitano le funzioni delegate di cui al presente articolo mediante sub-delega ai comuni.

In relazione alle funzioni esercitate dagli uffici di sanità marittima, aerea e di frontiera e dagli uffici veterinari di confine, di porto e di aeroporto, il Governo è delegato ad emanare, entro un anno dall'entrata in vigore della presente legge, uno o più decreti per ristrutturare e potenziare i relativi uffici nel rispetto dei seguenti criteri:

a) si procederà ad una nuova distribuzione degli uffici nel territorio, anche attraverso la costituzione di nuovi uffici, in modo da attuare il più efficiente ed ampio decentramento delle funzioni;

b) in conseguenza, saranno rideterminate le dotazioni organiche dei posti previsti dalla Tabella XIX, quadri B, C e D, allegata al D.P.R. 30 giugno 1972, n. 748, nonché le dotazioni organiche dei ruoli delle carriere direttive, di concetto, esecutive, ausiliarie e degli operatori, prevedendo, per la copertura dei posti vacanti, concorsi a base regionale.

L'esercizio della delega alle regioni, per le funzioni indicate nel quarto comma, in deroga all'articolo 34 del D.P.R. 24 luglio 1977, n. 616, si attua a partire dal 1° gennaio 1981.

* * *

Art. 14
Unità sanitarie locali

L'ambito territoriale di attività di ciascuna unità sanitaria locale è delimitato in base a gruppi di popolazione di regola compresi tra 50.000 e 200.000 abitanti, tenuto conto delle caratteristiche geomorfologiche e socioeconomiche della zona.

Nel caso di aree a popolazione particolarmente concentrata o sparsa e anche al fine di consentire la coincidenza con un territorio comunale adeguato, sono consentiti limiti più elevati o, in casi particolari, più ristretti.

Nell'ambito delle proprie competenze, l'unità sanitaria locale provvede in particolare:

a) all'educazione sanitaria;

b) all'igiene dell'ambiente;

c) alla prevenzione individuale e collettiva delle malattie fisiche e psichiche;

d) alla protezione sanitaria materno-infantile, all'assistenza pediatrica e alla tutela del diritto alla procreazione cosciente e responsabile;

e) all'igiene e medicina scolastica negli istituti di istruzione pubblica e privata di ogni ordine e grado;

f) all'igiene e medicina del lavoro, nonché alla prevenzione degli infortuni sul lavoro e delle malattie professionali;

g) alla medicina dello sport e alla tutela sanitaria delle attività sportive;

h) all'assistenza medico-generica e infermieristica, domiciliare e ambulatoriale;

i) all'assistenza medico-specialistica e infermieristica, ambulatoriale e domiciliare, per le malattie fisiche e psichiche;

l) all'assistenza ospedaliera per le malattie fisiche e psichiche;

m) alla riabilitazione;

n) all'assistenza farmaceutica e alla vigilanza sulle farmacie;

o) all'igiene della produzione, lavorazione, distribuzione e commercio degli alimenti e delle bevande;

p) alla profilassi e alla polizia veterinaria; alla ispezione e alla vigilanza veterinaria sugli animali destinati ad alimentazione umana, sugli impianti di macellazione e di trasformazione, sugli alimenti di origine animale, sull'alimentazione zootecnica e sulle malattie trasmissibili dagli animali all'uomo, sulla riproduzione, allevamento e sanità animale, sui farmaci di uso veterinario;

q) agli accertamenti, alle certificazioni ed a ogni altra prestazione medico-legale spettanti al servizio sanitario nazionale, con esclusione di quelle relative ai servizi di cui alla lettera *z)* dell'articolo 6.

* * *

Art. 20
Attività di prevenzione

Le attività di prevenzione comprendono:

a) la individuazione, l'accertamento ed il controllo dei fattori di nocività, di pericolosità e di deterioramento negli ambienti di vita e di lavoro, in applicazione delle norme di legge vigenti in materia e al fine di garantire il rispetto dei limiti massimi inderogabili di cui all'ultimo comma dell'articolo 4, nonché al fine della tenuta dei registri di cui al penultimo comma dell'articolo 27; i predetti compiti sono realizzati anche mediante collaudi e verifiche di macchine, impianti e mezzi di protezione prodotti, instal-

lati o utilizzati nel territorio dell'unità sanitaria locale in attuazione delle funzioni definite dall'articolo 14;

b) la comunicazione dei dati accertati e la diffusione della loro conoscenza, anche a livello di luogo di lavoro e di ambiente di residenza, sia direttamente che tramite gli organi del decentramento comunale, ai fini anche di una corretta gestione degli strumenti informativi di cui al successivo articolo 27, e le rappresentanze sindacali;

c) l'indicazione delle misure idonee all'eliminazione dei fattori di rischio ed al risanamento di ambienti di vita e di lavoro, in applicazione delle norme di legge vigenti in materia, e l'esercizio delle attività delegate ai sensi del primo comma, lettere *a), b), c), d)* ed *e)* dell'articolo 7;

d) la formulazione di mappe di rischio con l'obbligo per le aziende di comunicare le sostanze presenti nel ciclo produttivo e le loro caratteristiche tossicologiche ed i possibili effetti sull'uomo e sull'ambiente;

e) la profilassi degli eventi morbosi, attraverso l'adozione delle misure idonee a prevenirne l'insorgenza;

f) la verifica, secondo le modalità previste dalle leggi e dai regolamenti, della compatibilità dei piani urbanistici e dei progetti di insediamenti industriali e di attività produttive in genere con le esigenze di tutela dell'ambiente sotto il profilo igienico-sanitario e di difesa della salute della popolazione e dei lavoratori interessati.

Nell'esercizio delle funzioni ad esse attribuite per l'attività di prevenzione le unità sanitarie locali, garantendo per quanto alla lettera *d)* del precedente comma la tutela del segreto industriale, si avvalgono degli operatori sia dei propri servizi di igiene sia dei presidi specialistici multizonali di cui al successivo articolo 22, sia degli operatori che, nell'ambito delle loro competenze tecniche e funzionali, erogano le prestazioni di diagnosi, cura e riabilitazione.

Gli interventi di prevenzione all'interno degli ambienti di lavoro, concernenti la ricerca, l'elaborazione e l'attuazione di misure necessarie ed idonee a tutelare la salute e l'integrità fisica dei lavoratori, connesse alla particolarità del lavoro e non previste da specifiche norme di legge, sono effettuati sulla base di esigenze verificate congiuntamente con le rappresentanze sindacali ed il datore di lavoro, secondo le modalità previste dai contratti o accordi collettivi applicati nell'unità produttiva.

* * *

Art. 23

Delega per la istituzione dell'Istituto Superiore per la Prevenzione e la Sicurezza del Lavoro

Il Governo è delegato ad emanare, entro il 31 dicembre 1979, su proposta del Ministero della sanità, di concerto con i Ministri del lavoro e della previdenza sociale, dell'industria, commercio e artigianato e dell'agricoltura e foreste, un decreto avente valore di legge ordinaria per la istituzione dell'Istituto Superiore per la Prevenzione e la Sicurezza del lavoro, da porre alle dipendenze del Ministro della sanità. Nel suo organo di amministrazione, sono rappresentati i Ministeri del lavoro e della previdenza sociale, dell'industria, commercio e artigianato e dell'agricoltura e foreste ed i suoi programmi di attività sono approvati dal CIPE, su proposta del Ministro della sanità, sentito il Consiglio Sanitario Nazionale.

L'esercizio della delega deve uniformarsi ai seguenti principi e criteri direttivi:

a) assicurare la collocazione dell'Istituto nel servizio sanitario nazionale per tutte le attività tecnico-scientifiche e tutte le funzioni consultive che riguardano la prevenzione delle malattie professionali e degli infortuni sul lavoro;

b) prevedere le attività di consulenza tecnico-scientifica che competono all'Istituto nei confronti degli organi centrali dello Stato preposti ai settori del lavoro e della produzione.

All'istituto sono affidati compiti di ricerca, di studio, di sperimentazione e di elaborazione delle tecniche per la prevenzione e la sicurezza del lavoro in stretta connessione con l'evoluzione tecnologica degli impianti, dei materiali, delle attrezzature e dei processi produttivi, nonché di determinazione dei criteri di sicurezza e dei relativi metodi di rilevazione ai fini della omologazione di macchine, di impianti, di apparecchi, di strumenti e di mezzi personali di protezione e dei prototipi.

L'Istituto svolge, nell'ambito delle proprie attribuzioni istituzionali, attività di consulenza nelle materie di competenza dello Stato di cui all'art. 6, lettere *g), i), k), m), n),* della presente legge, e in tutte le materie di competenza dello Stato e collabora con le unità sanitarie locali tramite le regioni e con le regioni stesse, su richieste di queste ultime, fornendo le informazioni e le consulenze necessarie per l'attività dei servizi di cui agli articoli 21 e 22.

Le modalità della collaborazione delle regioni con l'Istituto sono disciplinate nell'ambito dell'attività governativa di indirizzo e di coordinamento di cui all'articolo 5.

L'Istituto ha facoltà di accedere nei luoghi di lavoro per compiervi rilevamenti e sperimentazioni per l'assolvimento dei propri compiti istituzionali. L'accesso nei luoghi di lavoro, è inoltre consentito, su richiesta delle regioni, per l'espletamento dei compiti previsti dal precedente comma.

L'Istituto organizza la propria attività secondo criteri di programmazione. I programmi di ricerca dell'Istituto relativi alla prevenzione delle malattie e degli infortuni sul lavoro sono predisposti tenendo conto degli obiettivi della programmazione sanitaria nazionale e delle proposte delle regioni.

L'Istituto, anche ai fini dei programmi di ricerca e di sperimentazione, opera in stretto collegamento con l'Istituto Superiore di Sanità e coordina le sue attività con il Consiglio nazionale delle ricerche e con il Comitato nazionale per l'energia nucleare. Esso si avvale inoltre della collaborazione degli istituti di ricerca delle università e di altre istituzioni pubbliche. Possono essere chiamati a collaborare all'attuazione dei suddetti programmi istituti privati di riconosciuto valore scientifico. L'Istituto cura altresì i collegamenti con istituzioni estere che operano nel medesimo settore.

Le qualifiche professionali del corpo dei tecnici e ricercatori dell'Istituto e la sua organizzazione interna, devono mirare a realizzare l'obiettivo della unitarietà della azione di prevenzione nei suoi aspetti interdisciplinari. L'Istituto collabora alla formazione ed all'aggiornamento degli operatori dei servizi di prevenzione delle unità sanitarie locali.

L'Istituto provvede altresì ad elaborare i criteri per le norme di prevenzione degli incendi interessanti le macchine, gli impianti e le attrezzature soggette ad omologazione, di concerto con i servizi di protezione civile del Ministero dell'interno.

Nulla è innovato per quanto concerne le disposizioni riguardanti le attività connesse con l'impiego pacifico dell'energia nucleare.

* * *

Art. 24

Norme in materia di igiene e sicurezza negli ambienti di lavoro e di vita e di omologazioni

Il Governo è delegato ad emanare, entro il 31 dicembre 1979, su proposta del Ministro della sanità con il concerto dei Ministri competenti, un testo unico in materia di sicurezza del lavoro, che riordini la disciplina generale del lavoro e della produzione al fine della prevenzione degli infortuni sul lavoro e delle malattie professionali, nonché in materia di omologazioni, unificando e innovando la legislazione vigente tenendo conto delle caratteristiche della produzione al fine di garantire la salute e l'integrità fisica dei lavoratori, secondo i principi generali indicati nella presente legge.

L'esercizio della delega deve uniformarsi ai seguenti criteri direttivi:

1) assicurare l'unitarietà degli obiettivi della sicurezza negli ambienti di lavoro e di vita, tenendo conto anche delle indicazioni della CEE e degli altri organismi internazionali riconosciuti;

2) prevedere l'emanazione di norme per assicurare il tempestivo e costante aggiornamento della normativa ai progressi tecnologici e alle conoscenze derivanti dalla esperienza diretta dei lavoratori;

3) prevedere l'istituzione di specifici corsi, anche obbligatori, di formazione antinfortunistica e prevenzionale;

4) prevedere la determinazione dei requisiti fisici e di età per attività e lavorazioni che presentino particolare rischio, nonché le cautele alle quali occorre attenersi e le relative misure di controllo;

5) definire le procedure per il controllo delle condizioni ambientali, per gli accertamenti preventivi e periodici sullo stato di sicurezza nonché di salute dei lavoratori esposti a rischio e per l'acquisizione delle informazioni epidemiologiche al fine di seguire sistematicamente l'evoluzione del rapporto salute-ambiente di lavoro;

6) stabilire:

a) gli obblighi e le responsabilità per la progettazione, la realizzazione, la vendita, il noleggio, la concessione in uso e l'impiego di macchine, componenti e parti di macchine utensili, apparecchiature varie, attrezzature di lavoro e di sicurezza, dispositivi di sicurezza, mezzi personali di protezione, apparecchiature, prodotti e mezzi protettivi per uso lavorativo ed extra lavorativo, anche domestico;

b) i criteri e le modalità per i collaudi e per le verifiche periodiche dei prodotti di cui alla precedente lettera *a)*;

7) stabilire i requisiti ai quali devono corrispondere gli ambienti di lavoro al fine di consentirne l'agibilità, nonché l'obbligo di notifica all'autorità competente dei progetti di costruzione, di ampliamento, di trasformazione e di modifica di destinazione di impianti e di edifici destinati ad attività lavorative, per controllarne la rispondenza alle condizioni di sicurezza;

8) prevedere l'obbligo del datore di lavoro di programmare il processo produttivo in modo che esso risulti rispondente alle esigenze della sicurezza del lavoro, in particolare per quanto riguarda la dislocazione degli impianti e la determinazione dei rischi e dei mezzi per diminuirli;

9) stabilire le procedure di vigilanza allo scopo di garantire la osservanza delle disposizioni in materia di sicurezza del lavoro;

10) stabilire le precauzioni e le cautele da adottare per evitare l'inquinamento, sia interno che esterno, derivante da fattori di nocività chimici, fisici e biologici;

11) indicare i criteri e le modalità per procedere, in presenza di rischio grave ed imminente, alla sospensione dell'attività in stabilimenti, cantieri o reparti o al divieto d'uso di impianti, macchine, utensili, apparecchiature varie, attrezzature e prodotti, sino alla eliminazione delle condizioni di nocività o di rischio accertate;

12) determinare le modalità per la produzione, l'immissione sul mercato e l'impiego di sostanze e di prodotti pericolosi;

13) prevedere disposizioni particolari per settori lavorativi o per singole lavorazioni che comportino rischi specifici;

14) stabilire le modalità per la determinazione e per l'aggiornamento dei valori-limite dei fattori di nocività di origine chimica, fisica e biologica di cui all'ultimo comma dell'art. 4, anche in relazione alla localizzazione degli impianti;

15) prevedere le norme transitorie per conseguire condizioni di sicurezza negli ambienti di lavoro esistenti e le provvidenze da adottare nei confronti delle piccole e medie aziende per facilitare l'adeguamento degli impianti ai requisiti di sicurezza e di igiene previsti dal testo unico;

16) prevedere il riordinamento degli uffici e servizi della pubblica amministrazione preposti all'esercizio delle funzioni riservate allo Stato in materia di sicurezza del lavoro;

17) garantire il necessario coordinamento fra le funzioni esercitate dallo Stato e quelle esercitate nella materia dalle regioni e dai comuni al fine di assicurare unità di indirizzi ed omogeneità di comportamenti in tutto il territorio nazionale nell'applicazione delle disposizioni in materia di sicurezza del lavoro;

18) definire per quanto concerne le omologazioni:

a) i criteri direttivi, le modalità e le forme per l'omologazione dei prototipi di serie e degli esemplari unici non di serie dei prodotti di cui al precedente numero 6), lettera *a)*, sulla base di specifiche tecniche predeterminate, al fine di garantire le necessarie caratteristiche di sicurezza;

b) i requisiti costruttivi dei prodotti da omologare;

c) le procedure e le metodologie per i controlli di conformità dei prodotti al tipo omologato.

Le norme delegate determinano le sanzioni per i casi di inosservanza delle disposizioni contenute nel testo unico, da graduare in relazione alla gravità delle violazioni e comportanti comunque, nei casi più gravi, l'arresto fino a sei mesi e l'ammenda fino a lire 10 milioni.

Sono escluse dalla delega le norme in materia di prevenzione contro gli infortuni relative: all'esercizio di servizi ed impianti gestiti dalle ferrovie dello Stato, all'esercizio di servizi ed impianti gestiti dal Ministero delle Poste e delle Telecomunicazioni, all'esercizio dei trasporti terrestri pubblici e all'esercizio della navigazione marittima, aerea ed interna; nonché le norme in materia di igiene del lavoro relative al lavoro a bordo delle navi mercantili e degli aeromobili

* * *

Art. 72

Soppressione dell'Ente Nazionale per la Prevenzione degli Infortuni - ENPI - e dell'Associazione Nazionale per il Controllo della Combustione - ANCC -

Con decreto del Presidente della Repubblica, previa delibera del Consiglio dei ministri, su proposta dei Ministri del lavoro e della previdenza sociale, della sanità, dell'industria, il commercio e l'artigianato e del tesoro, da emanarsi entro sessanta giorni dall'entrata in vigore della presente legge, è dichiarata l'estinzione dell'Ente Nazionale per la prevenzione degli infortuni (ENPI) e dell'Associazione Nazionale per il Controllo della Combustione (ANCC) e ne sono nominati i commissari liquidatori.

Ai predetti commissari liquidatori sono attribuiti, sino al 31 dicembre 1979, i compiti e le funzioni che la legge 29 giugno 1977, n. 349, attribuisce ai commissari liquidatori degli enti mutualistici. La liquidazione dell'ENPI e dell'ANCC è disciplinata ai sensi dell'articolo 77.

A decorrere dal 1° gennaio 1980 i compiti e le funzioni svolti dall'ENPI e dalla ANCC sono attribuiti rispettivamente ai comuni, alle regioni e agli organi centrali dello Stato, con riferimento all'attribuzione di funzioni che nella stessa materia è disposta dal D.P.R. 24 luglio 1977, n. 616, e dalla presente legge. Nella legge istitutiva dell'Istituto Superiore per la Prevenzione e per la Sicurezza del lavoro sono individuate le attività e le funzioni già esercitate dall'ENPI e dall'ANCC attribuite al nuovo Istituto e al CNEN.

A decorrere dalla data di cui al precedente comma, al personale, centrale e periferico, dell'ENPI e dell'ANCC si applicano le procedure dell'articolo 67 al fine di individuare il personale da trasferire all'Istituto Superiore per la Sicurezza e la Prevenzione del Lavoro e da iscrivere nei ruoli regionali per essere destinato ai servizi delle unità sanitarie locali e in particolare ai servizi di cui all'articolo 22.

Si applicano per il trasferimento dei beni dell'ENPI e dell'ANCC le norme di cui all'articolo 65 ad eccezione delle strutture scientifiche e dei laboratori centrali da destinare all'Istituto Superiore per la Sicurezza e la Prevenzione del Lavoro (45).

D.P.R. 31 luglio 1980, n. 619 (1)

Istituzione dell'Istituto Superiore per la Prevenzione e la Sicurezza del Lavoro (art. 23 della legge n. 833 del 1978)

IL PRESIDENTE DELLA REPUBBLICA

Visti gli articoli 76 e 87 della Costituzione;

Visto l'art. 23 della legge 23 dicembre 1978, n. 833, concernente delega per la istituzione dell'Istituto Superiore per la Prevenzione e la Sicurezza del Lavoro, rinnovata con l'art. 2 della legge 29 febbraio 1980, n. 33;

Viste le osservazioni delle regioni;

Udito il parere della commissione parlamentare di cui all'art. 79 della citata legge 23 dicembre 1978, n. 833;

Sentito, in via preliminare, il Consiglio dei Ministri;

Visto il parere emesso in via definitiva dalla suddetta commissione parlamentare;

Vista la deliberazione del Consiglio dei Ministri del 31 luglio 1980;

Sulla proposta del Presidente del Consiglio dei Ministri e del Ministro della sanità, di concerto con i Ministri del lavoro e della previdenza sociale, dell'interno, del bilancio e della programmazione economica, del tesoro, dell'industria, del commercio e dell'artigianato e dell'agricoltura e delle foreste;

EMANA

il seguente decreto:

Tittolo I

Art. 1
Costituzione

È istituito, con sede in Roma, l'Istituto superiore per la prevenzione e la sicurezza del lavoro, che si colloca nel Servizio Sanitario Nazionale quale organo tecnico-scientifico alle dipendenze del Ministro della sanità.

L'Istituto è dotato di strutture e di ordinamenti particolari e di autonomia amministrativa, funzionale e tecnico-scientifica.

Art. 2
Attribuzioni del Ministro della sanità

Salvo quant'altro previsto dagli articoli seguenti, il Ministro della sanità può sollecitare la formulazione di pareri e proposte ed emanare direttive concernenti i compiti affidati all'Istituto.

Art. 3
Compiti e modalità di svolgimento

Spettano all'Istituto:

a) la ricerca, lo studio, la sperimentazione e l'elaborazione dei criteri e delle metodologie per la prevenzione degli infortuni e delle malattie professionali con particolare riguardo all'evoluzione tecnologica degli impianti, dei materiali, delle attrezzature e dei processi produttivi;

b) la individuazione, in via esclusiva, dei criteri di sicurezza e dei relativi metodi di rilevazione ai fini della omologazione di macchine, di componenti di impianti, di apparecchi, di strumenti e di mezzi personali di protezione, nonché ai fini delle specifiche tecniche applicative, agli effetti di quanto disposto dal testo unico previsto dall'art. 24 della legge 23 dicembre 1978, n. 833 (3).

A tal fine l'Istituto:

1) effettua le conseguenti attività di ricerca, anche promuovendo o collaborando agli interventi effettuati, nelle materie di propria competenza, da organismi pubblici e privati;

2) partecipa alla definizione, in campo comunitario ed internazionale, delle materie concernenti gli ambiti di cui alle lettere *a)* e *b)* del presente articolo;

3) formula, con l'apporto degli organismi e delle strutture previste all'ottavo comma dell'art. 23 della legge 23 dicembre 1978, n. 833 con particolare riferimento agli istituti universitari di medicina del lavoro, pareri e proposte concernenti le norme relative alla prevenzione negli ambienti di lavoro ed a macchine, apparecchi, impianti ed attrezzature;

4) elabora e propone al Ministro anche in collaborazione con l'Istituto Superiore di Sanità:

- le metodiche standardizzate per il prelievo, la rilevazione e l'analisi dei fattori chimici, fisici e biologici di nocività negli ambienti di lavoro e definisce i limiti di esposizione;
- le metodiche cliniche e di laboratorio normalizzate per l'accertamento dello stato di salute dei lavoratori in relazione a specifiche condizioni di rischio (indicatori di dose e di effetto);
- le determinazioni di cui al precedente punto *b);*

5) provvede alla raccolta, classificazione, elaborazione e divulgazione delle informazioni e dei risultati acquisiti;

6) svolge funzioni di consulenza nei confronti dello Stato, delle regioni e delle unità sanitarie locali, ivi compresa l'assistenza per la formulazione dei pareri tecnici nei casi di insediamenti produttivi per la valutazione degli aspetti di impatto ambientale.

(1) Supplemento ordinario alla *G. U.* n. 275 del 7 ottobre 1980.

Nulla è innovato per quanto concerne le attribuzioni del Ministero dell'interno in materia di sicurezza antincendi e di servizi tecnici per la tutela e l'incolumità ai sensi delle leggi di pubblica sicurezza.

Art. 4
Cooperazione con studiosi ed enti di ricerca

Nello svolgimento della sua attività, l'Istituto può cooperare con organizzazioni estere ed internazionali ed enti pubblici italiani aventi analoghi fini.

Titolo II

Ordinamento

Art 5
Organi dell'Istituto

Sono organi dell'Istituto:
- il comitato amministrativo;
- il comitato esecutivo;
- il comitato tecnico-scientifico;
- il direttore dell'Istituto.

Art. 6
Composizione e funzionamento del comitato amministrativo

Il comitato amministrativo è nominato dal Ministro della sanità che lo presiede ed è costituito:

a) da un membro designato dal Ministro della sanità, con funzione di vicepresidente;

b) da un membro designato da ciascuno dei seguenti Ministri:
- lavoro e previdenza sociale;
- agricoltura e foreste;
- industria, commercio e artigianato;
- sanità;
- ricerca scientifica e tecnologia;
- interno;

c) da dodici componenti dal Consiglio Sanitario Nazionale di cui:
- tre in rappresentanza delle regioni, scelti tra i propri membri;
- sei in rappresentanza delle organizzazioni sindacali dei lavoratori dipendenti presenti nel CNEL;
- tre in rappresentanza delle associazioni imprenditoriali e dei lavoratori autonomi presenti nel CNEL;

d) da tre componenti designati dall'Associazione Nazionale dei Comuni Italiani;

e) dal direttore dell'Istituto.

Il Ministro procede alle nomine quando siano stati designati i due terzi dei componenti e sia trascorso il termine di trenta giorni dalla data di scadenza del comitato.

Il comitato amministrativo dura in carica tre anni e si riunisce ogni tre mesi in sessione ordinaria o, in via straordinaria, su convocazione del presidente o su richiesta di almeno un terzo dei componenti del comitato stesso.

Le deliberazioni del comitato amministrativo sono assunte a maggioranza e sono pubbliche.

Art. 7
Funzioni del comitato amministrativo

Il comitato amministrativo esercita le seguenti funzioni:

a) predispone il piano di attività da approvarsi secondo le modalità di cui all'art. 23, primo comma, della legge 23 dicembre 1978, n. 833, ed il relativo bilancio preventivo da sottoporre all'approvazione del Ministro;

b) disciplina, su proposta del direttore dell'Istituto, l'organizzazione ed il funzionamento dell'Istituto e, per quanto non disposto dal presente decreto, dei suoi organi;

c) delibera, su proposta del direttore dell'Istituto, la ripartizione fra i dipartimenti dei fondi assegnati all'Istituto;

d) approva il conto consuntivo e delle attività svolte;

e) adotta i provvedimenti in materia di personale e formula proposte per il relativo regolamento organico;

f) delibera l'attribuzione di incarichi di ricerca ad istituti di riconosciuto valore scientifico per l'attuazione dei programmi di ricerca previsti dai piani sanitari nazionali;

g) conferisce, su proposta del direttore dell'Istituto, gli incarichi di direttore di dipartimento;

h) esprime pareri e formula proposte sulle altre materie stabilite dalle leggi e dai regolamenti e in tutti i casi in cui il Ministro della sanità o il direttore dell'Istituto lo richiedano.

Le deliberazioni di cui alle lettere *a), b), c), f), g)* e *h)* sono adottate sentito il parere del comitato tecnico-scientifico.

Art. 8
Composizione e funzionamento del comitato esecutivo

Il comitato esecutivo è composto:

a) dal Ministro della sanità che lo presiede;

b) dal vicepresidente;

c) dai seguenti membri del comitato amministrativo dallo stesso designati:
- un rappresentante del Ministero del Lavoro e della Previdenza Sociale;
- un rappresentante del Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato;
- tre rappresentanti delle regioni;
- tre rappresentanti delle organizzazioni sindacali dei lavoratori dipendenti;
- un rappresentante delle associazioni imprenditoriali e dei lavoratori autonomi;

d) dal direttore dell'Istituto.

In caso di impedimento o di assenza del presidente, la presidenza del comitato esecutivo è assunta dal vicepresidente.

Il comitato esecutivo si riunisce in via ordinaria ogni mese e in via straordinaria su convocazione del presidente o su richiesta di almeno un terzo dei suoi componenti.

Il comitato esecutivo:
- delibera sulle materie che gli sono delegate dal comitato amministrativo;

– esercita, in caso di urgenza, tutti i poteri del comitato amministrativo, salvo ratifica di quest'ultimo alla prima successiva riunione;

– sovraintende alla gestione e decide sulle istanze e sui ricorsi del personale;

– adempie a tutte le attribuzioni previste da leggi o regolamenti.

Art. 9

Comitato tecnico-scientifico

Il comitato tecnico-scientifico è nominato con decreto del Ministro della sanità ed è costituito:

a) dal direttore dell'Istituto, che lo presiede;

b) da dodici esperti designati dal Consiglio Sanitario Nazionale, di cui:

– sei tra quelli operanti nel settore della medicina e igiene del lavoro e della prevenzione degli infortuni e delle malattie professionali, scelti nell'ambito delle università o di istituti pubblici di ricerca;

– sei scelti tra il personale operante nei servizi e presidi multizonali di prevenzione delle unità sanitarie locali, appartenenti ai ruoli sanitario o professionale;

c) dal direttore dell'Istituto Superiore di Sanità;

d) da un esperto nominato dal Ministro dell'agricoltura e delle foreste e da un esperto nominato dal Ministro dell'industria, del commercio e dell'artigianato;

e) da due esperti nominati dal Ministro del lavoro e della previdenza sociale rispettivamente per i campi dell'organizzazione del lavoro e della tutela del lavoro delle donne e minorile;

f) da due esperti designati uno dal CNR e uno dal CNEN;

g) da un esperto designato dal Ministro per la ricerca scientifica e tecnologica;

h) da un esperto designato dall'INAIL;

i) dai direttori dei dipartimenti dell'Istituto;

l) da un esperto designato dal Ministro dell'interno in materia di prevenzione incendi (4/a).

Il comitato tecnico-scientifico dura in carica tre anni, si riunisce due volte l'anno e può lavorare per commissioni.

I pareri vengono assunti a maggioranza.

Art. 10

Compiti del comitato tecnico-scientifico

Il comitato tecnico-scientifico esercita la consulenza scientifica in ordine alla individuazione dei programmi di attività e formula i pareri previsti dall'ultimo comma dell'art. 7.

Art. 11

Attribuzioni del direttore dell'Istituto

Il direttore dell'Istituto è responsabile dell'attuazione dei piani di attività e delle deliberazioni assunte dal comitato amministrativo.

In particolare, il direttore dell'Istituto:

– sovraintende al funzionamento ed alle attività dell'Istituto;

– emette e firma i mandati;

– presenta al Ministro della sanità, entro il primo semestre di ogni anno, una relazione scritta sull'attività svolta dall'Istituto nell'anno precedente e propone lo schema di relazione sui programmi dell'Istituto;

– esercita tutte le altre funzioni attribuitegli dalle leggi e dal regolamento adottato dal comitato amministrativo.

Art. 12

Commissione permanente del comitato amministrativo

Ferme restando le modalità di collaborazione con le regioni, previste dal quinto comma dell'art. 23 della legge 23 dicembre 1978, n. 833, ogni determinazione concernente l'accesso del personale dell'Istituto nei luoghi di lavoro è assunta dall'Istituto secondo le indicazioni di una commissione permanente del comitato amministrativo composta:

– dal presidente del comitato amministrativo o, in caso di assenza, dal vicepresidente;

– da cinque rappresentanti delle organizzazioni dei lavoratori;

– da tre rappresentanti delle associazioni imprenditoriali;

– da tre rappresentanti delle regioni.

Art. 13

Nomina del direttore dell'Istituto

L'ufficio del direttore dell'Istituto è conferito con decreto del Presidente della Repubblica, su deliberazione del Consiglio dei Ministri previa proposta del Ministro della sanità, ad una personalità scientifica anche estranea all'Istituto.

L'Ufficio ha la durata di cinque anni e può essere confermato con la stessa procedura prevista per il conferimento.

L'incarico di direttore dell'Istituto non è compatibile con il mantenimento di responsabilità di direzione di dipartimento o di unità funzionale.

Al conferimento deve essere provveduto entro sei mesi dalla vacanza.

Titolo III

Organizzazione interna dell'Istituto

Art. 14

Organizzazione dipartimentale

L'Istituto è organizzato in dipartimenti operativi, tra loro coordinati, che devono svolgere le attività integrate di:

– ricerca;

– proposta normativa;

– documentazione;

– consulenza per gli impianti a rischio di incidente rilevante.

Titolo IV

Gestione finanziaria

Art. 15
Gestione finanziaria

Per la gestione finanziaria dell'Istituto si applicano le norme vigenti sulla contabilità di Stato, salvo quanto in deroga previsto dalla legge 7 agosto 1973, n. 519. Il finanziamento è assicurato mediante dotazione di capitoli iscritti in apposita rubrica dello stato di previsione della spesa del Ministero della sanità.

L'ufficio centrale di ragioneria presso l'Istituto Superiore di Sanità svolge anche il controllo amministrativo-contabile sui provvedimenti di impegno e gli ordinativi di pagamento emessi dall'Istituto superiore per la prevenzione e la sicurezza del lavoro.

Titolo V

Trattamento del personale

Art. 16
Trattamento del personale dell'Istituto

Il trattamento del personale dell'Istituto è regolato in conformità della disciplina concernente il personale dell'Istituto Superiore di Sanità con le seguenti integrazioni e modifiche:

a) viene assicurata l'autonomia funzionale ed amministrativa dei dipartimenti e delle unità funzionali, nell'ambito dei programmi di attività dell'Istituto;

b) viene consentita, nell'ambito delle vacanze di organico, la mobilità del personale da e verso l'Istituto Superiore di Sanità e le strutture prevenzionali delle unità locali;

c) viene consentita, nell'ambito delle vacanze di organico, la possibilità di assunzione di personale scientifico che abbia svolto attività prevenzionale presso Istituti di istruzione universitaria o di ricerca italiani o stranieri. Il servizio prestato presso università o istituzioni scientifiche straniere deve essere riconosciuto con decreto del Ministro della sanità di concerto con il Ministro della pubblica istruzione;

d) viene stabilito il divieto di esercizio delle attività di libera professione.

Con decreto del Ministro della sanità, da emanarsi entro novanta giorni dall'entrata in vigore del presente decreto, di concerto con il Ministro del tesoro, vengono definite le tabelle di equiparazione per l'inquadramento del personale assegnato all'Istituto a norma del successivo art. 17. Fino al definitivo inquadramento nel ruolo organico dell'Istituto, tale personale conserva lo stato giuridico e il trattamento economico dell'ente di provenienza.

Titolo VI

Norme transitorie

Art. 17
Assegnazione del personale alle attività dell'Istituto

Con decreto del Ministro della sanità, di concerto con il Ministro del lavoro e della previdenza sociale, da emanarsi entro sessanta giorni dall'entrata in vigore del presente decreto, sono definiti, sulla base dei compiti previsti dal precedente articolo 3, i contingenti di personale della ANCC e dell'ENPI da comandare presso l'Istituto Superiore per la Prevenzione e la Sicurezza del Lavoro o da iscrivere nei ruoli regionali per essere assegnati ai servizi delle unità sanitarie locali ed in particolare ai servizi di cui all'art. 22 della legge 23 dicembre 1978, n. 833.

Entro novanta giorni dalla entrata in vigore del presente decreto il personale degli enti di cui al primo comma del presente articolo ed il personale tecnico e sanitario centrale e periferico degli ispettorati del lavoro può presentare domanda di comando all'Istituto o di iscrizione nei ruoli regionali.

I commissari liquidatori degli enti di cui al primo comma del presente articolo, seguendo criteri obiettivi concordati con le organizzazioni sindacali maggiormente rappresentative in campo nazionale, provvedono entro centoventi giorni dalla entrata in vigore del presente decreto al comando del personale in relazione ai contingenti di cui al primo comma. Entro lo stesso periodo il Ministro del lavoro e della previdenza sociale provvede al comando del personale di cui al secondo comma del presente articolo rispettivamente all'Istituto o alle unità sanitarie locali.

Entro lo stesso termine di cui al comma precedente all'Istituto Superiore per la Prevenzione e la Sicurezza del Lavoro sono trasferite, con decreto del Ministro della sanità, le unità funzionali dell'Istituto superiore di sanità che operano nei campi di attività di cui all'art. 3 del presente decreto, fatti salvi i diritti di opzione del personale comandato, conservando lo stato giuridico ed economico fino alla definizione dell'inquadramento del personale dell'Istituto superiore per la prevenzione e la sicurezza del lavoro.

Art. 18
Conferimento degli incarichi per il primo triennio

Il primo conferimento degli incarichi di direzione dei dipartimenti e di coordinamento delle unità funzionali ha la durata di un triennio e viene effettuato dal comitato amministrativo sulla base di apposite graduatorie compilate secondo criteri definiti, che tengano conto dei requisiti di qualificazione professionale connessi con l'espletamento di tali incarichi e delle anzianità effettive di servizio nelle amministrazioni e negli enti di provenienza.

Art. 19
Assegnazione di beni dei disciolti ENPI ed ANCC

Con decreto del Ministro del tesoro, di concerto con i Ministri del lavoro e della previdenza sociale e delle finanze, sono assegnati all'Istituto Superiore per la Prevenzione e per la Sicurezza del Lavoro, strutture scientifiche e i laboratori centrali dell'ENPI e dell'ANCC.

Con lo stesso decreto sono attribuite alla gestione di liquidazione di cui all'art. 77 della legge 23 dicembre 1978, n. 833, le somme corrispondenti ai valori inventariali dei beni stessi, da stanziare negli stati di previsione della spesa del Ministero del bilancio e della programmazione economica con espresso riferimento alla gestione dell'anno 1980 del Fondo sanitario nazionale di cui all'art. 51 della legge stessa.

Art. 20
Ordinamento dei servizi

Con decreto del Ministro della sanità, di concerto con il Ministro del tesoro, da emanarsi entro sei mesi dalla data di entrata in vigore del presente decreto, su proposta del comitato amministrativo, sentito il comitato tecnico-scientifico, viene definito l'ordinamento dei servizi che deve prevedere:

– numero, denominazione e organizzazione interna dei dipartimenti;

– organici di ciascun dipartimento;

– unità funzionali nelle quali è articolato ogni dipartimento;

– modi e forme per realizzare:

a) il coordinamento tra i dipartimenti (comitato interdipartimentale);

b) la interdisciplinarietà delle attività dell'istituto;

c) la partecipazione degli operatori alla programmazione dell'attività del dipartimento (assemblee di dipartimento) e dalla gestione funzionale del dipartimento (consiglio di dipartimento);

d) la partecipazione delle parti sociali e degli operatori del Servizio Sanitario Nazionale e degli organismi pubblici di carattere scientifico alla predisposizione ed al periodico aggiornamento delle proposte di normativa ed alla determinazione delle specifiche tecniche;

e) la temporaneità degli incarichi di direzione di dipartimento e di unità funzionale.

La dotazione complessiva dei ruoli organici dell'Istituto non potrà comunque superare quella dei ruoli dell'Istituto Superiore di Sanità quale prevista alla data di entrata in vigore del presente decreto.

Art. 21
Coordinamento degli interventi per la radioprotezione dei lavoratori e delle popolazioni

In relazione a quanto disposto dall'art. 23, ottavo comma, della legge 23 dicembre 1978, n. 833, è istituito un comitato di coordinamento tra l'Istituto Superiore per la Prevenzione e la Sicurezza del Lavoro, l'Istituto Superiore di Sanità, il Consiglio Nazionale delle Ricerche e la Direzione di sicurezza nucleare e protezione sanitaria del CNEN.

Il comitato è costituito da dodici membri, tre per ciascuno dei predetti organismi, designati dai direttori di istituto e dai rappresentanti dei suddetti enti ed è presieduto dal Ministro della sanità.

Sono compiti del comitato:

1) assicurare l'omogeneità di approccio e l'uniformità di interpretazione dei criteri di sicurezza per i lavoratori e per le popolazioni esposte ai rischi di radiazioni ionizzanti;

2) coordinare le attività di consulenza in materia di radioprotezione nei confronti degli enti, territoriali e locali;

3) coordinare le azioni di cui al punto 4) dell'art. 3 per quanto attiene alla radioprotezione.

Art. 22
Coordinamento delle attività degli istituti

Il coordinamento delle attività dell'Istituto Superiore della Prevenzione e della Sicurezza del Lavoro e dell'Istituto Superiore di Sanità viene realizzato mediante l'istituzione di una giunta di coordinamento presieduta dal Ministro della sanità e composta dai direttori dei due Istituti e da sei componenti, di cui tre direttori di laboratorio dell'Istituto Superiore di Sanità, designati dal consiglio dei direttori dell'Istituto Superiore di Sanità, e da tre direttori di dipartimento dell'Istituto Superiore per la Prevenzione e la Sicurezza del Lavoro, designati dal consiglio interdipartimentale dell'Istituto Superiore della Prevenzione e Sicurezza del Lavoro.

Art. 23
Regolamento organico del personale

Con decreto del Ministro della sanità da emanarsi entro sei mesi dalla data di entrata in vigore del presente decreto viene definito, sentite le organizzazioni sindacali maggiormente rappresentative in campo nazionale, il regolamento organico, nel rispetto delle norme contenute nel presente decreto.

Titolo VII

Norme finali

Art. 24
Attribuzioni delle attività e funzioni in campo nucleare.

All'Istituto sono attribuite le funzioni di consulenza nelle materie di competenza dello Stato di cui all'articolo 6, lettere i) e k), della legge 23 dicembre 1978, n. 833:

– la produzione, la registrazione, il commercio e l'impiego delle sostanze chimiche e delle forme di energia capaci di alterare l'equilibrio biologico ed ecologico;

– i controlli sanitari sulla produzione dell'energia termoelettrica e nucleare e sulla produzione, il commercio e l'impiego delle sostanze radioattive.

Nulla è innovato per quanto concerne le disposizioni riguardanti le attività connesse con l'impiego pacifico dell'energia nucleare.

All'Istituto sono attribuite le funzioni già svolte dall'A.N.C.C. ai sensi dell'art. 34 della legge 31 dicembre 1962, n. 1860.

Il presente decreto, munito del sigillo dello Stato, sarà inserto nella Raccolta ufficiale delle leggi della Repubblica italiana. È fatto obbligo a chiunque spetti di osservarlo e di farlo osservare.

Dato a Selva di Val Gardena, addì 31 luglio 1980.

PERTINI
COSSIGA - ANIASI
FOSCHI - ROGNONI
LA MALFA - PANDOLFI
BISAGLIA - MARCORA

Visto, *il Guarda sigilli:* MORLINO
Registrato alla Corte dei conti, addì 4 ottobre 1980
Atti di Governo, Registro n. 30, foglio n. 6

D.L. 30 giugno 1982, n. 390 (1)
convertito con modificazioni in Legge 12 agosto 1982, n. 597 (2)

Disciplina delle funzioni previdenziali ed omologative delle Unità Sanitarie Locali e dell'Istituto Superiore per la Prevenzione e la Sicurezza del Lavoro

MINISTRO DI GRAZIA E GIUSTIZIA

L'ufficio legislativo del Ministero di grazia e giustizia ha redatto il testo del decreto-legge 30 giugno 1982, n. 390 (pubblicato nella *Gazzetta Ufficiale* n. 179 del 1° luglio 1982) inserendo in esso le modifiche apportatevi dalla legge di conversione 12 agosto 1982, n. 597 (pubblicata nella *Gazzetta Ufficiale* n. 233 del 25 agosto 1982).

Le modifiche sono stampate con caratteri corsivi.

Per comodità del lettore, all'inizio di ogni comma è indicato, tra parentesi, il numero che lo stesso occupa nell'ambito dell'articolo del testo coordinato.

Restano invariati il valore e l'efficacia degli atti legislativi qui coordinati, in quanto il testo che si pubblica è stato redatto al solo fine di facilitare la lettura delle nuove disposizioni di legge.

Art. 1

1. *Nelle province in cui, alla data del 1° luglio 1982, le unità sanitarie locali non abbiano iniziato l'esercizio effettivo delle funzioni dell'ANCC, dell'ENPI e degli organi del Ministero del lavoro e della previdenza sociale, loro trasferite dalla legge 23 dicembre 1978, n. 833, il prefetto, con proprio decreto, nomina un commissario, il quale esercita, nel territorio della provincia, i compiti già svolti dai predetti enti ed organi.*

2. Il commissario di cui al precedente comma - cessa, con decreto del prefetto, dalle sue funzioni al momento in cui le unità sanitarie locali inizieranno l'effettivo esercizio delle funzioni loro trasferite e comunque entro il 31 dicembre 1982.

3. Fino alla data del 31 dicembre 1982 le regioni possono chiedere ai commissari liquidatori dell'ENPI e dell'ANCC l'effettuazione di attività connesse all'esercizio, da parte delle unità sanitarie locali, delle funzioni di cui ai precedenti comma, assumendone gli oneri a carico *delle quote del fondo sanitario nazionale assegnate alle singole regioni.*

4. Fermo il disposto di cui al primo comma dell'art. 19 del D.P.R. 31 luglio 1980, n. 619, fino all'emanazione dei decreti di cui all'art. 65 della legge 23 dicembre 1978, n. 833, e, comunque, non oltre il 31 dicembre 1982, riguardo ai beni mobili ed immobili ed alle attrezzature dell'ENPI e dell'ANCC, salvo quelli necessari per l'esercizio delle funzioni di cui al primo comma del successivo art. 2, si applicano le disposizioni di cui all'art. 2 del decreto-legge 1° luglio 1980, n. 285, convertito, con modificazioni, nella legge 8 agosto 1980, n. 441.

Art. 2

1. Ferme le competenze attribuite o trasferite alle unità sanitarie locali dagli articoli 19, 20 e 21, della legge 23 dicembre 1978, n. 833, è attribuita, a decorrere dal 1° luglio 1982, all'ISPESL, la funzione statale di omologazione dei prodotti industriali *ai sensi dell'art. 6, lettera n), n. 18, e dell'art. 24, della legge 23 dicembre 1978, n. 833*, nonché il controllo di conformità dei prodotti industriali di serie al tipo omologato.

2. Per omologazione di un prodotto industriale si intende la procedura tecnico-amministrativa con la quale viene provata e certificata la rispondenza del tipo o del prototipo di prodotto prima della riproduzione e immissione sul mercato, ovvero del primo o nuovo impianto, a specifici requisiti tecnici prefissati ai sensi e per i fini prevenzionali della legge 23 dicembre 1978, n. 833, nonché anche ai fini della qualità dei prodotti.

3. Con decreto *interministeriale* dei Ministri dell'industria, del commercio e dell'artigianato, della sanità e del lavoro e della previdenza sociale possono essere autorizzati all'esercizio delle funzioni di cui al precedente primo comma anche laboratori pubblici o privati riconosciuti idonei, nonché l'autocertificazione da parte delle aziende produttrici limitatamente alla conformità dei prodotti di serie. *I requisiti delle imprese ammesse all'autocertificazione sono determinati con un regolamento, approvato dagli stessi Ministri con decreto interministeriale*

4. Le procedure e le modalità amministrative e tecniche, le specifiche tecniche, le forme di attestazione e le tariffe dell'omologazione sono determinate con decreti *interministeriali* dei Ministri dell'industria, del commercio e dell'artigianato, della sanità e del lavoro e della previdenza sociale, *previo parere dell'ISPESL.*

5. Sino all'emanazione dei decreti di cui al comma precedente, l'ISPESL opera alla stregua delle procedure e tariffe vigenti presso le amministrazioni attualmente competenti.

Art. 3

1. I provvedimenti di cui agli articoli 17 e 19 del D.P.R. 31 luglio 1980, n. 619, riguardo al personale ed ai beni dell'ANCC e dell'ENPI sono adottati di concerto con il Ministro dell'industria, del commercio e dell'artigianato, tenendo conto anche delle competenze attribuite all'ISPESL ai sensi del precedente articolo 2.

(1) *G. U.* n. 179 del 1° luglio 1982.
(2) *G. U.* n. 233 del 25 agosto 1982.

2. In attesa che l'ISPESL inizi ad esercitare le competenze attribuite dal precedente articolo 2, i commissari liquidatori dell'ANCC e dell'ENPI possono essere autorizzati, con decreto interministeriale dei Ministri della industria, del commercio e dell'artigianato, della sanità e del lavoro e della previdenza sociale, *previo parere dell'ISPESL*, ad esercitare sino al 31 dicembre 1982 le funzioni omologative già loro spettanti ai sensi delle rispettive competenze istituzionali, nonché adempimenti di gestione di competenza dell'ISPESL, all'uopo avvalendosi di personale compreso nel contingente da assegnare all'ISPESL ai sensi del precedente comma, ovvero, in via provvisoria, di personale compreso nel contingente da assegnare alle unità sanitarie locali, e ponendo altresì gli oneri finanziari, a carico delle rispettive gestioni, cui continueranno ad affluire, per l'anno 1982, i proventi delle attività svolte. L'ISPESL provvederà a rimborsare gli oneri stessi sullo stanziamento di cui al cap. 6000 dello stato di previsione della spesa del Ministero della sanità.

3. *Il contributo di cui all'articolo 3, secondo comma, della legge 19 dicembre 1952, n. 2390, viene assegnato al fondo sanitario nazionale di cui all'articolo 51 della legge 23 dicembre 1978, n. 833, per essere destinato ad attività di ricerca nel campo della prevenzione degli infortuni e delle malattie professionali, a partire dalla cessazione dell'attività commissariale dell'ENPI.*

Art. 4

1. L'ISPESL, limitatamente all'esercizio delle funzioni di cui al precedente articolo 2, primo comma, è sottoposto alla vigilanza dei Ministeri dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato, della Sanità e del Lavoro e della Previdenza Sociale.

2. I Ministri dell'industria, del commercio e dell'artigianato, della sanità e del lavoro e della previdenza sociale possono, su conforme parere del comitato amministrativo dell'ISPESL, istituire, con decreto interministeriale, di concerto con il Ministro del tesoro, dipartimenti periferici dell'Istituto in ragione della dislocazione territoriale, della densità e del rilievo economico e produttivo delle imprese industriali utenti dell'attività omologativa. Ad integrazione dell'articolo 14 del D.P.R. 31 luglio 1980, n. 619, è istituito un dipartimento *dotato di autonomia funzionale e contabile* per l'esercizio delle attività di omologazione di cui al precedente articolo 2, primo comma.

3. Il comitato amministrativo dell'ISPESL di cui all'articolo 6 del D.P.R. 31 luglio 1980, n. 619, è integrato dai seguenti componenti:

– un rappresentante del Ministero del Tesoro, un rappresentante del Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato e un rappresentante del Ministero delle Partecipazioni Statali, designati dai rispettivi Ministri;

– tre rappresentanti delle associazioni imprenditoriali, tra cui quelle delle aziende a partecipazione statale *e dei lavoratori autonomi, nonché un rappresentante delle associazioni sindacali dei quadri e dirigenti di azienda, designati dal Consiglio Sanitario Nazionale, ai sensi dell'articolo 6, lettera c), del predetto D.P.R. 31 luglio 1980, n. 619.*

4. Il comitato esecutivo dell'ISPESL di cui all'articolo 8 del D.P.R. 31 luglio 1980, n. 619, è integrato dai membri del comitato amministrativo rappresentanti, rispettivamente, il Ministero della Sanità, il Ministero del Tesoro e il Ministero delle Partecipazioni Statali, nonché da due dei rappresentanti delle associazioni imprenditoriali *e dei lavoratori autonomi, nonché da un rappresentante dell'ANCI.*

5. Il comitato tecnico-scientifico dell'ISPESL, di cui all'articolo 9 del D.P.R. 31 luglio 1980, n. 619, è integrato dai seguenti componenti:

– un rappresentante del Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato;

– un esperto designato dall'ENEL;

– un esperto designato dall'ENI;

– un esperto designato dall'IRI.

Art. 4-*bis*

I decreti previsti dal presente decreto-legge sono pubblicati nella Gazzetta Ufficiale della Repubblica italiana.

Art. 5

Il presente decreto entra in vigore il giorno stesso della sua pubblicazione nella *Gazzetta Ufficiale* della Repubblica italiana e sarà presentato alle Camere per la conversione in legge.

D.M. 23 dicembre 1982

Identificazione delle attività omologative già svolte nei soppressi Ente Nazionale Prevenzione Infortuni ed Associazione Nazionale Controllo Combustione, di competenza dell'Istituto Superiore per la Prevenzione e la Sicurezza del Lavoro

IL MINISTRO DELL'INDUSTRIA,
DEL COMMERCIO
E DELL'ARTIGIANATO

e

IL MINISTRO DELLA SANITÀ

e

IL MINISTRO DEL LAVORO
E DELLA PREVIDENZA SOCIALE

Vista la legge 23 dicembre 1978, n. 833, concernente la istituzione del Servizio sanitario nazionale ed, in particolare, il terzo comma dell'art. 72;

Visto il D.P.R.31 luglio 1980, n. 619, concernente l'istituzione dell'Istituto Superiore per la Prevenzione e la Sicurezza del Lavoro (ISPESL);

Visto il decreto-legge 30 giugno 1982, n. 390, convertito, con modificazioni, nella legge 12 agosto 1982, n. 597, concernente la disciplina delle funzioni prevenzionali ed omologative delle unità sanitarie locali e dell'Istituto Superiore per la Prevenzione e la Sicurezza del Lavoro;

Ritenuto indispensabile che siano identificate le attività omologative già svolte dai soppressi ENPI e ANCC ed attribuite all'ISPESL ai sensi del primo e del secondo comma dell'art. 2 del citato decreto-legge n. 390 del 1982;

Decretano:

Articolo unico

Ai sensi ed agli effetti del primo e secondo comma dell'art. 2 del decreto-legge 30 giugno 1982, n. 390, convertito, con modificazioni, nella legge 12 agosto 1982, n. 597, le attività di cui all'allegata tabella, già svolte in via istituzionale dai soppressi ENPI ed ANCC o agli stessi comunque attribuite da provvedimenti dell'Autorità centrale amministrativa, sono riconosciute attività omologative di competenza dell'ISPESL

Il presente decreto sarà pubblicato nella *Gazzetta Ufficiale* della Repubblica italiana.

Roma, addì 23 dicembre 1982

Il Ministro dell'industria, del commercio e dell'artigianato
PANDOLFI

Il Ministro della sanità
ALTISSIMO

Il Ministro del lavoro e della previdenza sociale
SCOTTI

TABELLA

Attività omologative riguardanti:

– apparecchi ed impianti di sollevamento per persone (ascensori, scale aeree ad inclinazione variabile, ponti sviluppabili su carro, ponti sospesi, argani per ponti sospesi, ecc.);

– apparecchi ed impianti di sollevamento per materiali (gru a torre, a portale, a cavalletto, a bandiera, a bicicletta, su autocarro, autogru, argani, paranchi e relativi carrelli, derrick, montacarichi, ecc.);

– idroestrattori a forza centrifuga;

– installazioni e dispositivi di protezione contro le scariche atmosferiche; impianti di messa a terra;

– apparecchi ed impianti a pressione di vapore;

– apparecchi ed impianti a pressione di gas; recipienti per il trasporto di gas compressi, liquefatti, disciolti;

– apparecchiature di sicurezza e controllo per gli apparecchi a pressione di vapore o gas;

– apparecchi od impianti a pressione inseriti in impianti nucleari;

– apparecchi ed impianti contenenti liquidi caldi sotto pressione;

– vetri di sicurezza per ascensori e montacarichi – art. 14 del D.P.R. 29 maggio 1963, n. 1497;

– giunti ortogonali, piastre metalliche di base e tubi saldati per ponteggi metallici – decreto ministeriale 29 settembre 1968 (*Gazzetta Ufficiale* n. 242 del 23 settembre 1968);

– dispositivi a frizione per l'arresto di fine corsa per paranchi elettrici - decreto ministeriale 5 marzo 1973 (*Gazzetta Ufficiale* n. 94 dell'11 aprile 1973);

– funivie bifuni destinate al servizio delle aziende agricole montane per il trasporto promiscuo - decreto ministeriale 6 maggio 1972 (*Gazzetta Ufficiale* n. 198 del 31 luglio 1972).

D.M. 23 dicembre 1982

Istituzione dei Dipartimenti periferici per l'attività omologativa dell'Istituto Superiore per la Prevenzione e la Sicurezza del Lavoro

IL MINISTRO DELL'INDUSTRIA,
DEL COMMERCIO
E DELL'ARTIGIANATO

e

IL MINISTRO DELLA SANITÀ

e

IL MINISTRO DEL LAVORO
E DELLA PREVIDENZA SOCIALE

DI CONCERTO CON

IL MINISTRO DEL TESORO

Vista la legge 23 dicembre 1978, n. 833, concernente l'istituzione del Servizio Sanitario Nazionale;

Visto il D.P.R. 31 luglio 1980, n. 619, concernente l'istituzione dell'Istituto Superiore per la Prevenzione e la Sicurezza del Lavoro (ISPESL);

Visto il decreto-legge 30 giugno 1982, n. 390, convertito, con modificazioni, nella legge 12 agosto 1982, n. 597, concernente la disciplina delle funzioni prevenzionali ed omologative delle unità sanitarie locali e dell'ISPESL;

Visto l'art. 4, secondo comma, del richiamato decreto-legge n. 390 del 1982 che prevede la possibilità di istituire, su conforme parere del comitato amministrativo dell'ISPESL, dipartimenti periferici dell'Istituto in ragione della dislocazione territoriale, della densità e del rilievo economico e produttivo delle imprese industriali utenti delle attività omologative;

Considerata l'attività omologativa già svolta dalle strutture periferiche dell'ENPI e dell'ANCC;

Ritenuto, pertanto, di istituire trentatre dipartimenti periferici dell'ISPESL, con decorrenza dalla data di effettivo esercizio, da parte dell'ISPESL delle funzioni stesse;

Acquisito, nelle sedute dei giorni 14 dicembre 1982 e 22 dicembre 1982, il conforme parere del comitato amministrativo dell'ISPESL;

Decretano:

Art. 1

Con decorrenza dal 1° gennaio 1983, sono istituiti dipartimenti periferici dell'ISPESL presso le seguenti sedi periferiche dei soppressi ANCC ed ENPI:

– sezioni dell'ANCC di Torino, Biella, Alessandria, Genova, Como, Venezia, Verona, Bolzano, Udine, Forlì, Livorno, Lucca, Terni, Ancona, Pescara, Catanzaro, Sassari;

– sedi dell'ENPI di Milano, Brescia, Bergamo, Piacenza, Padova, Firenze, Bologna, Roma, Cagliari, Napoli, Bari, Taranto, Campobasso, Potenza, Palermo, Catania.

Art. 2

La competenza territoriale di ciascun dipartimento periferico verrà definita dal comitato amministrativo dell'ISPESL secondo l'art. 7, punto b), del decreto del D.P.R. 31 luglio 1980, n. 619.

Il presente decreto sarà pubblicato nella *Gazzetta Ufficiale* della Repubblica italiana.

Roma, addì 23 dicembre 1982

Il Ministro dell'industria, del commercio e dell'artigianato
PANDOLFI

Il Ministro della sanità
ALTISSIMO

Il Ministro del lavoro e della previdenza sociale
SCOTTI

Il Ministro del Tesoro
GORIA

D.M. 21 novembre 1972 (1)

Norme per la costruzione degli apparecchi a pressione

IL MINISTRO PER IL LAVORO
E LA PREVIDENZA SOCIALE

DI CONCERTO CON

IL MINISTRO PER L'INDUSTRIA,
IL COMMERCIO E L'ARTIGIANATO

Visto il regio decreto-legge 9 luglio 1926, n. 1331, che costituisce l'Associazione Nazionale per il controllo della combustione, convertito nella legge 16 giugno 1927, n. 1132;

Visto il regio decreto 12 maggio 1927, n. 824, concernente l'approvazione del regolamento di esecuzione del precitato regio decreto-legge numero 1331;

Visti i decreti ministeriali 1° dicembre 1927, 27 agosto 1931, 20 agosto 1933 e 22 ottobre 1935, concernenti, rispettivamente: l'impiego della ghisa nei recipienti a vapore ed il calcolo delle parti di apparecchi a pressione; l'impiego della saldatura autogena nella costruzione e riparazione di apparecchi a pressione; norme integrative per l'applicazione degli articoli 43 e 44 del precitato regio decreto n. 824; nonché la costruzione e l'esercizio degli apparecchi destinati a generare ed a contenere gas acetilene sotto pressione;

Sentito il consiglio tecnico dell'Associazione nazionale per il controllo della combustione e la Confederazione generale dell'industria italiana;

Ravvisata la necessità di aggiornare la normativa vigente in armonia alle esigenze postulate dal progresso tecnico;

Decreta:

Capo I – Disposizioni per il calcolo delle varie parti degli apparecchi a pressione

Art. 1. – Nella progettazione di generatori di vapore, di recipienti di vapore o gas e di apparecchi a pressione in genere soggetti alle norme di cui al regio decreto 12 maggio 1927, n. 824, si deve tener conto, qualora si verifichino, delle seguenti principali condizioni:

a) pressione interna;

b) pressione esterna;

c) temperature;

d) carico idrostatico massimo del fluido contenuto in condizioni di esercizio;

e) peso dell'apparecchio e del suo contenuto;

f) carichi massimi previsti per le condizioni di prova;

g) carichi dovuti al vento;

h) eventuali sovraccarichi dovuti alle sollecitazioni sismiche secondo le modalità previste dagli appositi regolamenti;

i) sollecitazioni localizzate dovute ai supporti, irrigidimenti, strutture interne e tubazioni di collegamento;

l) carichi dinamici;

m) momenti flettenti dovuti all'eccentricità dell'asse neutro dell'apparecchio rispetto al centro di azione della pressione;

n) differenza di temperatura e differenza dei coefficienti di dilatazione termica dei materiali adottati;

o) fluttuazione di pressione e temperatura;

p) possibilità di corrosioni o erosioni durante l'esercizio.

Art. 2. – In attuazione degli obblighi di denuncia e di verifiche di costruzione e riparazione, il costruttore o il riparatore degli apparecchi considerati nel presente decreto deve sottoporre il progetto all'esame dell'Associazione nazionale per il controllo della combustione ai fini dell'accertamento della rispondenza del progetto alle disposizioni di cui al successivo articolo 3.

Dell'esito dell'esame viene data comunicazione agli interessati.

Il progetto dell'apparecchio da costruire o da riparare deve essere firmato dal progettista abilitato secondo le disposizioni in vigore e deve soddisfare le norme di cui al presente decreto.

Art. 3. – L'Associazione nazionale per il controllo della combustione procede alla:

a) verifica di stabilità nelle condizioni di massima pressione e temperatura previste in esercizio, adottando i criteri per la determinazione della sollecitazione massima ammissibile di cui ai successivi articoli 4, 5 e 6 nonché i moduli di efficienza delle giunzioni saldate che sono specificati in base alle prescrizioni di cui al capo III del presente decreto.

(1) Pubblicato nella *Gazzetta Ufficiale* 2 gennaio 1973, n. 1.

Gli spessori previsti nel disegno di progetto, al netto dei sovraspessori imposti da esigenze di impiego e di lavorazione, non devono essere inferiori a quelli derivanti dalla verifica di cui al primo comma del presente punto *a)*.

Per gli apparecchi costruiti secondo le presenti norme e per i quali debbono essere effettuate modifiche o riparazioni, gli spessori esistenti, al netto dei sovraspessori imposti da esigenze di impiego, non devono essere inferiori a quelli risultanti dalla verifica di cui al primo comma del presente punto *a)*;

b) verifica di stabilità nelle condizioni che si producono durante le prove di pressione regolamentari, adottando i criteri per la determinazione della sollecitazione massima ammissibile di cui ai successivi articoli 4, 5 e 6 nonché i moduli di efficienza delle giunzioni saldate che sono specificati in base alle prescrizioni di cui al capo III del presente decreto.

Gli spessori previsti nel disegno di progetto, al netto dei sovraspessori imposti da esigenze di lavorazione, non devono essere inferiori a quelli risultanti dalla verifica di cui al primo comma del presente punto b). Per gli apparecchi costruiti secondo le norme del presente decreto e per i quali debbono essere effettuate modifiche o riparazioni, gli spessori non devono essere inferiori a quelli risultanti dalla verifica di cui al primo comma del presente punto *b)*.

Art. 4. – La sollecitazione massima ammissibile per ciascun tipo di materiale è determinata in relazione ai valori minimi delle caratteristiche meccaniche dei materiali ammessi per la costruzione degli apparecchi a pressione in base alle prescrizioni indicate nel Capo II del presente decreto, tenuto conto della variazione delle caratteristiche stesse, anche a lungo termine, in dipendenza della temperatura.

Art. 5. – Le determinazioni delle sollecitazioni massime ammissibili considerate al precedente articolo 4 devono essere effettuate applicando adeguati coefficienti di sicurezza; tali coefficienti non debbono, comunque, essere inferiori ai seguenti, salvo quanto disposto all'art. 6:

a) *Generatori di vapore:*

2,7 – sul carico di rottura alla temperatura ambiente per la verifica di stabilità nelle condizioni di esercizio;

2,1 – sul carico di rottura alla temperatura ambiente per la verifica di stabilità nelle condizioni di prova di pressione;

1,6 – sul carico di scorrimento viscoso o sul carico di snervamento alla temperatura di esercizio per la verifica di stabilità nelle condizioni di esercizio;

1,25 – sul carico di snervamento alla temperatura ambiente per la verifica di stabilità nelle condizioni di prova di pressione.

La temperatura di progetto dei generatori di vapore sarà assunta non inferiore a 250 °C.

b) *Recipienti di vapore o gas:*

2,0 – sul carico di rottura alla temperatura ambiente per la verifica di stabilità nelle condizioni di esercizio;

1,5 – sul carico di scorrimento viscoso o sul carico di snervamento alla temperatura di esercizio per la verifica di stabilità nelle condizioni di esercizio;

1,1 – sul carico di snervamento alla temperatura ambiente per la verifica di stabilità nelle condizioni di prova di pressione.

c) *Apparecchi costruiti in ghisa grigia:*

8 – sul carico di rottura alla temperatura ambiente per la verifica di stabilità nelle condizioni di esercizio. Tale valore può essere ridotto a 6,5 qualora venga effettuata una ricottura di distensione;

3,5 – sul carico di rottura alla temperatura ambiente per la verifica di stabilità nelle condizioni di prova di pressione.

d) *Apparecchi costruiti in ghisa speciale (sferoidale o simili):*

5,5 – sul carico di snervamento alla temperatura ambiente per la verifica di stabilità nelle condizioni di esercizio, riducibile fino a 4 in funzione del valore dell'allungamento percentuale della ghisa nella prova di trazione. Tali valori possono essere ridotti, rispettivamente, a 4,5 e 3 qualora venga effettuata una ricottura di distensione;

2,5 – sul carico di snervamento a temperatura ambiente per la verifica di stabilità nelle condizioni di prova di pressione. Tale valore è riducibile a 1,5 in funzione del valore dell'allungamento percentuale della ghisa nella prova di trazione.

e) *Apparecchi costruiti in rame e sue leghe ed in alluminio e sue leghe:*

4 – sul carico di rottura a temperatura ambiente per la verifica di stabilità nelle condizioni di esercizio;

2,5 – sul carico di rottura a temperatura ambiente per la verifica di stabilità nelle condizioni di prova di pressione.

Per membrature ed apparecchi ottenuti per fusione, esclusa la ghisa, i coefficienti di sicurezza previsti nel presente articolo devono essere maggiorati del 20%.

Art. 6. – L'associazione nazionale per il controllo della combustione, su conforme parere del consiglio tecnico, può ammettere la riduzione, sino ad un massimo del 10% dei coefficienti di sicurezza di cui al precedente art. 5 previsti per la verifica di stabilità nelle condizioni di esercizio, quando si tratti di adottare, innovando, materiali speciali ovvero più affinati metodi di calcolo o particolari controlli.

Art. 7. – Gli apparecchi, di cui al presente decreto per i quali, in relazione a particolari forme costruttive o materiali adottati, non esista, a giudizio dell'Associazione nazionale per il controllo della combustione, la possibilità di ottenere una adeguata valutazione delle condizioni di stabilità mediante il

calcolo, devono essere sottoposti a prove sperimentali intese a verificarne il coefficiente di sicurezza globale mediante prove di pressione su campione spinte fino a rottura, oppure a determinare l'effettivo stato tensionale mediante verifiche estensimetriche o simili.

Capo II – Disposizioni per l'impiego dei materiali nella costruzione e riparazione degli apparecchi a pressione

Art. 8. – Nella progettazione di generatori di vapore, di recipienti di vapore o gas e di apparecchi a pressione in genere soggetti alle norme di cui al regio decreto 12 maggio 1927, n. 824, si deve prevedere l'impiego di materiali aventi caratteristiche chimiche o tecnologiche idonee alle condizioni di esercizio degli apparecchi medesimi, tenendo conto delle esigenze della sicurezza per l'incolumità delle persone.

Sono considerati rispondenti a quanto previsto nel presente articolo gli acciai al carbonio o legati in getti, laminati, fucinati, trafilati o simili, le ghise, il rame e sue leghe, l'alluminio e sue leghe, il nichel e sue leghe, il titanio ed altri materiali, purché impiegati secondo le indicazioni fornite dall'Associazione nazionale per il controllo della combustione, su conforme parere del consiglio tecnico, con la specificazione della denominazione corrente, dei valori delle caratteristiche chimiche e meccaniche, nonché dei limiti inferiori e superiori delle temperature di impiego.

Art. 9. – Nella costruzione di apparecchi a pressione devono essere impiegati i materiali previsti nel progetto e devono essere adottati procedimenti di lavorazione e trattamenti termici tali da non compromettere l'idoneità dei materiali stessi allo specifico uso.

Art. 10. – I materiali da impiegare debbono essere di nota provenienza. A tal fine ciascun semilavorato deve essere idoneamente identificato a cura del fabbricante il quale, per ciascuno dei predetti semilavorati, deve rilasciare apposita certificazione.

Art. 11. – Per l'osservanza di quanto previsto al precedente articolo, per fabbricante del materiale devesi intendere, nel caso di lamiere, chi ha provveduto alla elaborazione del semilavorato eseguendo il ciclo di produzione, e, nel caso di altri semilavorati, chi ha provveduto alla fabbricazione degli stessi. In tale ultimo caso, le certificazioni rilasciate dal fabbricante devono riportare altresì il nominativo di chi ha provveduto alla produzione del materiale.

Art. 12. – Le prove sui materiali da eseguire ai sensi dell'art. 11 del regio decreto 12 maggio 1927, n. 824, devono essere effettuate presso i laboratori dell'Associazione nazionale per il controllo della combustione o presso altri laboratori riconosciuti, alla presenza di un tecnico dell'associazione medesima, salvo quanto disposto in materia di esoneri in esecuzione dell'art. 5 dello stesso regio decreto n. 824.

Art. 13. – I materiali sottoposti a prove alla presenza di un tecnico dell'Associazione nazionale per il controllo della combustione sono contraddistinti con il marchio ufficiale dell'associazione stessa.

La punzonatura del marchio, nel caso di suddivisione di un semilavorato, deve essere riportata su ogni singola parte.

Art. 14. – Per i materiali non soggetti alle prove alla presenza di un tecnico dell'Associazione nazionale per il controllo della combustione, il riporto del numero di identificazione deve essere eseguito a cura del costruttore dello apparecchio, il quale imprime un marchio preventivamente notificato all'Associazione nazionale per il controllo della combustione.

Art. 15. – Qualora nella costruzione dell'apparecchio siano previsti procedimenti di lavorazione o trattamenti termici che alterino le caratteristiche originarie dei materiali in modo tale che possa esserne pregiudicato l'impiego, devono essere effettuate prove aggiuntive atte a verificare che le caratteristiche meccaniche e tecnologiche degli stessi non siano state compromesse.

Capo III – Disposizioni per l'impiego della saldatura nella costruzione e riparazione degli apparecchi a pressione

Art. 16. – Il costruttore o il riparatore dei generatori, dei recipienti di vapore o di gas e di apparecchi a pressione in genere soggetti alle norme di cui al regio decreto 12 maggio 1927, n. 824, deve attenersi alle regole di buona pratica costruttiva impiegando saldatori, procedimenti, attrezzature e materiali idonei in relazione ai progressi tecnologici della specifica materia. A tale scopo devono essere impiegati elettrodi o procedimenti di saldatura riconosciuti idonei dall'Associazione nazionale per il controllo della combustione e saldatori qualificati.

Art. 17. – Nella progettazione degli apparecchi di cui al precedente articolo, si deve tener conto della presenza di giunzioni saldate introducendo nelle calcolazioni moduli di efficienza i cui valori sono specificati dall'Associazione nazionale per il controllo della combustione, su conforme parere del consiglio tecnico, in relazione ai tipi di giunto, ai controlli ed ai trattamenti termici previsti.

Art. 18. – L'Associazione nazionale per il controllo della combustione in sede di esame del progetto, prescrive, dandone comunicazione agli interessati ai sensi del secondo comma dell'art. 2 del presente decreto, quali controlli sulle giunzioni saldate debbono essere eseguiti direttamente alla presenza dei propri agenti tecnici e quali debbono essere documentati a cura e sotto la responsabilità del costruttore o del riparatore.

Capo IV – Disposizioni comuni ai capi precedenti

Art. 19. – Quando le presenti norme non siano in tutto o in parte tecnicamente applicabili agli apparecchi a pressione in quanto costruiti con materiali speciali od aventi caratteristiche particolari costrut-

tive o funzionali, devono essere adottate idonee misure sostitutive di sicurezza approvate, a seguito di istanza documentata, dalla Associazione nazionale per il controllo della combustione, su conforme parere del consiglio tecnico.

Art. 20. – L'Associazione nazionale per il controllo della combustione, su conforme parere del consiglio tecnico, emana le specificazioni tecniche applicative del presente decreto.

Art. 21. – Agli apparecchi a pressione che prima della pubblicazione del presente decreto siano stati già sottoposti dall'Associazione nazionale per il controllo della combustione alle prove e verifiche stabilite dalle disposizioni a tale data in vigore, possono continuare ad applicarsi le disposizioni medesime.

Art. 22. – Il presente decreto entrerà in vigore centottanta giorni dopo la sua pubblicazione.

Art. 23. – A partire dalla data di entrata in vigore del presente decreto sono abrogate le disposizioni contenute nei decreti ministeriali 1° dicembre 1927; 27 agosto 1931; 20 agosto 1933, limitatamente agli articoli 2, lettera *c)* e punti da 1) a 8) inclusi, e 5; 22 ottobre 1935, limitatamente agli articoli 5 e 6.

REGOLE TECNICHE

ELENCO DELLE REGOLE CONTENUTE NEL CAPITOLO VSG.0.A.

Regola VSG.0.A.1.: *Scopi e limiti della normativa*

1. Le presenti disposizioni, emanate in attuazione del D.M. 21 novembre 1972 concernente la costruzione degli apparecchi a pressione, specificano le regole per la verifica della stabilità che sono di pertinenza dell'ISPESL.

Restano fermi in ogni caso gli adempimenti che, in base alle disposizioni in vigore, sono di spettanza del progettista e del costruttore.

Regola VSG.0.A.2.: *Modalità di presentazione del progetto*

1. Secondo i disposti degli artt. 45 e 54 del regolamento approvato con R.D. 12 maggio 1927, n. 824 e dell'art. 2 del D.M. 21 novembre 1972, il costruttore o riparatore deve presentare all'ISPESL, la denuncia di costruzione o riparazione, compilata secondo il facsimile riportato alla fine di questo capitolo.

1.1. La denuncia di costruzione o riparazione va presentata, nel caso di apparecchi costruiti in Italia, alla Sezione ISPESL nella cui giurisdizione territoriale ha sede la ditta cui compete la denuncia e, nel caso di apparecchi da fabbricarsi totalmente o prevalentemente all'estero, al Dipartimento Centrale Omologazione dell'ISPESL, Roma.

È facoltà della ditta richiedente, qualora ricorrano gli estremi, allegare alla denuncia od inserire nei disegni di progetto:

– domanda di esonero dall'obbligo della presenza dei tecnici dell'ISPESL all'esecuzine delle prove meccaniche sui materiali a norma dell'art. 32. del D.M. 21 maggio 1974;

– domanda, ai sensi dell'art. 50 del D.M. 21 maggio 1974, di delega ad Enti Esteri riconosciuti ad effettuare le verifiche e prove prescritte in sede di costruzione.

1.2. Alla denuncia di costruzione o riparazione deve essere allegato il relativo progetto, firmato dal progettista abilitato secondo le disposizioni in vigore, al fine di accertare che in sede di progettazione venga data da parte del costruttore e/o riparatore, tramite il progettista, completa attuazione al disposto dell'art. 1 del D.M. 21 novembre 1972.

1.2.1. Dalla documentazione di progetto devono risultare in modo chiaro ed esauriente le calcolazioni eseguite attestanti che il progettista si sia attenuto nel dimensionamento delle membrature strutturali dell'apparecchio alle norme di cui al D.M. 21 novembre 1972 e sue successive modifiche, e sue specificazioni tecniche applicative anche nei riguardi di quanto previsto dall'art. 1 del Decreto medesimo, tenuto conto in particolare delle condizioni di carico diverse dalla pressione e temperatura. A riguardo il progettista dovrà compilare e sottoscrivere uno schema di dichiarazione il cui facsimile è riportato alla fine di questo capitolo.

Le calcolazioni da allegare, chiare ed esaurienti ad esclusivo giudizio del progettista, devono essere eseguite in conformità di quanto previsto dall'art. 1 del D.M. 21 novembre 1972 lasciando al giudizio del progettista stesso la valutazione della esistenza o meno di talune delle condizioni previste nel succitato articolo; e ciò anche per apparecchi inseriti in produzioni di serie, per i quali frequentemente potrebbero non sussistere le condizioni necessarie per procedere a talune calcolazioni.

Qualora si verifichino oggettive difficoltà per la trasmisione dei calcoli, (per esempio impiego di sistemi automatizzati di calcolo) può essere prodotta una relazione dalla quale risultino le ipotesi di carico assunte unitamente ai risultati delle calcolazioni.

Con riferimento all'art. 1 del D.M. 21 novembre 1972, per quanto attiene alle condizioni previste ai punti *a), b)* e *c)* il progettista deve sempre presentare in allegato ai disegni i calcoli di progetto o, in alternativa, esplicitare il sistema di calcolo applicato, i dati progettuali cui ha fatto riferimento ed i risultati del calcolo stesso e, per quanto attiene alle condizioni previste ai punti da *d)* a *p)* e ad altre eventuali condizioni non contemplate nei precedenti punti, il progettista deve dichiarare se, a suo esclusivo giudizio, le condizioni stesse siano o meno, singolarmente, da valutare ai fini della calcolazione.

In caso affermativo il progettista dovrà fornire i relativi calcoli di progetto ovvero, in alternativa, i dati progettuali (input) cui ha fatto riferimento ed i risultati numerici relativi.

Oltre alle teorie di calcolo possono essere indicati altri mezzi di indagine impiegati quali ad esempio prove estensimetriche, risultati di ricerche specifiche, ecc.

Può essere considerato sostitutivo dei detti risultati numerici la dichiarazione del progettista di risultato: «positivo» o «ininfluente» ai fini della stabilità.

In ogni caso ove i calcoli di progetto di cui alle condizioni previste dal citato art. 1 del D.M. 21 novembre 1972 non vengano forniti unitamente al progetto deve essere esplicitamente precisato che i calcoli sviluppati sono depositati e disponibili per la constatazione di esistenza presso la sede della ditta costruttrice e/o riparatrice.

A titolo di esempio viene riportato nel testo uno schema di dichiarazione.

Nel caso di sostituzione o riparazione o nuovo impianto l'indagine può considerare le condizioni previste ai punti da *d)* a *q)* solo in quanto, a giudizio del progettista, la sostituzione, riparazione o nuovo impianto in questione siano interessati a tali condizioni.

1.2.2. La documentazione deve essere integrata da una dichiarazione del progettista nella quale lo stesso puntualizzi di aver tenuto conto nella stesura del progetto, delle condizioni previste dall'art. 1 del D.M. 21 novembre 1972 e di essere a conoscenza che, in base a quanto previsto dall'art. 3 dello stesso decreto, l'ISPESL procede esclusivamente alle verifiche di stabilità nell econdizioni di massima pressione e temperatura previste in esercizio e nelle condizioni che si producono durante le prove di pressione.

La dichiarazione del progettista può anche contenere la precisazione che talune delle condizioni previste dal decreto non sono state considerate stante le caratteristiche e la destinazione dell'apparecchio.

1.2.3. La verifica di stabilità da parte dell'ISPESL deve essere effettuata esclusivamente con riferimento alle condizioni di pressione e temperatura giusto il disposto degli artt. 3 e successivi del D.M. 21 novembre 1972.

A tal fine da parte del progettista deve essere curato apposito stralcio del progetto completo che consenta la predetta verifica, al quale devono essere allegati il disegno d'insieme del generatore, dei suoi particolari costruttivi, nonché quelli relativi alle varie membrature, anche se fabbricate in officine diverse, ai fini dell'accertamento della rispondenza del progetto alle specificazioni tecniche applicative emanate ai sensi del citato D.M. 21 novembre 1972.

2. Dell'avvenuto deposito della documentazione attinente il progetto completo, l'ISPESL, in sede di rilascio di benestare alla costruzione, provvederà a dare attestazione alle ditte presentatrici con la specifica precisazione che l'esame dei progetti è stato effettuato limitatamente a quanto previsto dagli artt. 3 e successivi del citato D.M. 21 novembre 1972.

2.1. Le procedure previste nel precedente punto 1. si applicano sia agli apparecchi di nuova costruzione che agli apparecchi oggetto di riparazione, modifica o cambio d'uso per i quali a giudizio del progettista si renda comunque necessaria l'effettuazione di calcolazioni progettuali.

3. I disegni del generatore di vapore devono indicare esattamente tutti i particolari costruttivi necessari agli effetti del controllo: le scale dei disegni di insieme del generatore e dei particolari costruttivi devono essere tali da consentire un'esatta valutazione di tutti gli elementi utili ai fini dell'esame del progetto.

I disegni devono avere dimensioni conformi alle tabelle UNI 936 e 940; le quote devono essere indicate in mm.

3.1. Una copia dei disegni riproducenti il progetto del generatore e di ogni eventuale allegato deve essere firmata dal progettista abilitato secondo le disposizioni in vigore.

La firma deve essere leggibile, redatta per esteso ed accompagnata dalla qualifica professionale del firmatario.

4. Il disegno d'insieme deve comprendere una tabella che indichi:

a) la denominazione e la sede della ditta costruttrice;

b) il numero distintivo del disegno e delle eventuali revisioni e la data di compilazione dello stesso;

c) pressioni di progetto e di prova, in MPa, e temperatura di progetto, in °C;

d) la capacità totale geometrica e quella a livello normale dell'acqua, in litri;

e) la superficie di riscaldamento e la superficie delle eventuali parti in pressione accessorie, in m^2;

f) la producibilità al carico massimo continuo, in t/h;

g) la potenzialità, in MW.

Su ogni altro disegno devono essere riportati almeno i dati di cui ai punti *a)* e *b)*.

5. La documentazione di progetto deve comprendere:

a) l'elenco dei materiali previsti per le singole membrature, distinti con le relative sigle di identificazione;

b) la specifica delle giunzioni saldate con l'indicazione della categoria di appartenenza, del procedimento di saldatura e dei controlli previsti;

c) l'elenco degli eventuali trattamenti termici parziali e finali e relative temperature e tempi;

d) le tolleranze previste sugli spessori nominali delle membrature;

e) gli eventuali sovraspessori per corrosione.

Qualora siano previsti materiali non contemplati nelle specificazioni tecniche applicative dell'ISPESL, la documentazione di progetto deve includere copia delle tabelle di unificazione o dei cataloghi o dei bollettini del fabbricante nei quali siano indicati il procedimento di elaborazione del materiale, la composizione chimica, le caratteristiche meccaniche a temperatura ambiente e di esercizio, i limiti di impiego, il processo di fabbricazione dei semilavorati, i trattamenti-termici e le prove di collaudo previste.

Regola VSG.0.A.3.: *Simboli*

1. Nelle regole della presente Raccolta sono impiegati i simboli sottoriportati, con il significato per ciascuno di essi specificato, oltre quelli indicati nelle singole regole.

I valori delle pressioni indicati nelle specifiche, qualora riferentesi a limiti di applicazione e di impiego, derivano da valori in kg/cm^2 o bar previsti dalle disposizioni di legge vigenti.

D_e diametro esterno, in mm;

D_i diametro interno, in mm;

E_t modulo di elasticità del materiale, in MPa, alla temperatura media di parete t dichiarata in progetto. I valori di E_t si assumono come segue:

Acciai non legati, debolmente legati e legati al Ni fino al 3.5%								
t	°C	20	100	200	300	400	500	600
E_t	MPa	205940	201036	191230	181423	171616	161810	152003

Acciai inossidabili austenitici								
t	C	20	100	200	300	400	500	600
E_t	MPa	196133	190249	181423	172597	162790	154945	147100

f sollecitazione massima ammissibile, in MPa, riferita alle condizioni di progetto;

f_i sollecitazione massima ammissibile, in MPa, riferita alle condizioni di prova idraulica;

p pressione alle condizioni di progetto, in MPa(1);

p_i pressione alle condizioni di prova idraulica, in MPa(1);

R_m valore minimo tabellare della resistenza a trazione alla temperatura ambiente, in MPa;

$R_{p(0,2)}$ valore tabellare del carico unitario di scostamento dalla proporzionalità allo 0,2% nella prova di trazione alla temperatura ambiente, in MPa;

$R_{p(0,2)/t}$ valore tabellare del carico unitario di scostamento dalla proporzionalità allo 0,2 % nella prova di trazione alla temperatura media di parete t dichiarata in progetto, in MPa;

$R_{p(1)}$ valore tabellare del carico unitario di scostamento dalla proporzionalità all'1% nella prova di trazione alla temperatura ambiente, in MPa;

$R_{p(1)/t}$ valore tabellare del carico unitario di scostamento dalla proporzionalità all'1% nella prova di trazione alla temperatura media di parete t dichiarata in progetto, in MPa;

R_s valore tabellare del carico unitario di snervamento nella prova di trazione alla temperatura ambiente, in MPa;

s spessore di parete, in mm, risultante dal disegno, al netto delle tolleranze di fabbricazione ed eventuale sovraspessore, ove non diversamente specificato nelle regole di calcolo;

s_0 spessore minimo di calcolo, in mm;

u valore percentuale dell'ovalizzazione per i corpi cilindrici e sferici:

$$u = \frac{2(D_{i\max} - D_{i\min})}{D_{i\max} + D_{i\min}} \cdot 100$$

z modulo di efficienza delle sezioni di indebolimento, quali giunzioni saldate, linee di foratura; per fori isolati totalmente compensati $z = 1$;

$\sigma_{R/x/t}$ valore tabellare del carico unitario di rottura per scorrimento viscoso dopo un tempo x in ore alla temperatura media di parete t dichiarata in progetto, in MPa;

ν coefficiente di Poisson; per gli acciai $\nu = 0,3$.

(1) Le pressioni vengono normalmente dichiarate ed espresse in bar (1 MPa = 10 bar); tuttavia nella redazione dei calcoli di progetto è conveniente esprimerle in MPa, cioè nella stessa unità delle sollecitazioni, in modo da rendere tutte le formule di calcolo valide per qualunque sistema congruente di unità di misura. Il valore della pressione deve essere approssimato per eccesso alla seconda cifra decimale se è espresso in MPa.

FAC-SIMILE

All'*Istituto Superiore per la Prevenzione e la Sicurezza del Lavoro*

Sede periferica .....

OGGETTO: *Denuncia di* $\frac{\textit{costruzione}}{\textit{riparazione}}$ *di generatore e relativa richiesta di esame del progetto.*

La Ditta sottoscritta ..... con sede in ..... ai sensi degli artt. 45 e 54 del R.D. 12 maggio 1927, n. 824 e dell'art. 2 del D.M. 21 novembre 1972, chiede che venga esaminato il progetto allegato relativo al generatore in calce descritto, che verrà costruito presso ..... di ..... (1).

La Ditta sottoscritta medesima assume pertanto la figura di $\frac{\text{costruttore}}{\text{riparatore}}$ del predetto generatore ai sensi del R.D. 12 maggio 1927, n. 824 e del D.M. 21 novembre 1972.

DATI DESCRITTIVI DELL'APPARECCHIO

– Tipo .....

– Pressione di progetto .....

– Temperatura di progetto .....

– Capacità .....

– Superficie di riscaldamento .....

– Potenzialità o producibilità .....

– Stato fisico del fluido ☐ Vapore saturo ☐ Vapore surriscaldato ☐ Acqua surriscaldata

– N. del disegno .....

– Progettista .....

– Altri elementi distintivi .....

TIMBRO DELLA DITTA E FIRMA LEGGIBILE DEL RESPONSABILE

.....

(1) Qualora sia impossibile precisare gli estremi relativi all'officina ove il generatore sarà costruito, il Costruttore può fare esplicita riserva di comunicare gli stessi non appena siano definiti.

SCHEMA DI DICHIARAZIONE

In ottemperanza a quanto previsto nell'art. 1 del D.M. 21 novembre 1972 e successive modifiche il sottoindicato progettista dichiara che è stato tenuto conto delle condizioni di carico come di seguito indicato:

Condizioni	Valori di progetto (1)	Norme italiane e/o estere ovvero teorie di calcolo (2)	Conclusioni (3)
a) pressione interna			
b) pressione esterna			
c) temperature			
d) carico idrostatico massimo del fluido contenuto in condizioni di esercizio			
e) peso dell'apparecchio e del suo contenuto			
f) carichi massimi previsti per le condizioni di prova			
g) carichi dovuti al vento			
h) eventuali sovraccarichi dovuti alle sollecitazioni sismiche secondo le modalità previste dagli appositi regolamenti			
i) sollecitazioni localizzate dovute ai supporti, irrigidimenti, strutture interne e tubazioni di collegamento			
l) carichi dinamici			
m) momenti flettenti dovuti all'eccentricità dell'asse neutro dell'apparecchio rispetto al centro di azione della pressione			
n) differenza di temperatura e differenza dei coefficienti di dilatazione termica dei materiali adottati			
o) fluttuazioni di pressione e temperatura			
p) possibilità di corrosioni o erosioni durante l'esercizio			
q) altre eventuali condizioni			

Si dichiara inoltre che la documentazione relativa alle condizioni di calcolo da *d)* a *q)* è conservata e disponibile presso la Ditta ..... per la constatazione di esistenza da parte dell'Ente di controllo.

Si dichiara inoltre di essere a conoscenza che, in base a quanto previsto dall'art. 3 del D.M. 21 novembre 1972, l'ISPESL procede esclusivamente alle verifiche di stabilità nelle condizioni di massima pressione e temperatura previste in esercizio e nelle condizioni che si producono durante la prova di pressione.

(Timbro e firma)

---

(1) Il valore di progetto deve essere indicato anche se la condizione è ininfluente. Se esso non è definibile indicare «non definibile». Se la condizione non si verifica si indicherà «non esistente».

(2) Oltre alle teorie di calcolo possono essere indicati altri mezzi di indagine impiegati quali ad esempio prove estensimetriche, risultati di ricerche specifiche, ecc. Per le condizioni di cui ai punti *a), b)* e *c)* il progettista deve sempre presentare i calcoli di progetto o, in alternativa, esplicitare il sistema di calcolo applicato, i dati progettuali cui ha fatto riferimento ed i risultati del calcolo stesso.

(3) Indicare:
positivo a fronte di accertamento di stabilità;
ininfluente stante le caratteristiche e l'utilizzazione dell'apparecchio.

PROSPETTO N. 1

DATI GENERALI

PROGETTISTA ..... FIRMA .....
(nome, qualifica)

IMPIANTO DI DESTINAZIONE .....

CLIENTE ..... COMMESSA .....

GENERATORE .....

SIGLA ..... N. FABBRICA .....

NOMINATIVO E SEDE DEL COSTRUTTORE .....

REV.	DATA	DESCRIZIONE	VISTO

REVISIONI

QUOTE IN mm .....

SCALA .....

DISEGNO N. .....

DATA .....

PROSPETTO N. 2

DATI DI PROGETTO

(1) Corrisponde alla « pressione di bollo » nel R.D. 12 maggio 1927, n. 824, e alla « pressione massima di esercizio » nel D.M. 21 novembre 1972.

Ovalizzazione massima; Appiattimento		%		
Corrosione	Spessore	mm		
	Durata prevedibile	anni		
Producibilità al carico massimo continuo		t/h		
Potenzialità		kcal/h (kw)		
Superficie di riscaldamento		m²		
Stato fisico del fluido				
Capacità	Totale	l		
	A livello	l		
Pressione di prova idraulica		(bar)		
Sovrapressione dovuta al battente del liquido		(bar)		
Temperatura di progetto		°C		
Pressione di progetto (1)		(bar)		
CAMERA				

PROSPETTO N. 3

DISTINTA MATERIALI

(1) Flange: indicare la pressione nominale, il diametro nominale e l'unificazione; per flange di unificazione italiana PN, DN, UNI

(2) Tolleranza di fabbricazione
Tolleranza di lavorazione
Stiramento %
Procedimento di formatura

Posizione	N. pezzi	Tipo di semilavorato	Descrizione e dimensioni in mm (1)	Sigla di unificazione o Marca del fabbricante	Collaudo ISPESL	NOTE (2)

PROSPETTO N. 4

SALDATURE

Si dichiara che il progetto, nel suo insieme e nei suoi particolari costruttivi è / non è conforme alle disposizioni della Raccolta S.
Le difformità esistenti sono:
per i seguenti motivi:

Posizione	Tipo	Preparazione dei lembi	Procedimento di saldatura secondo Raccolta « S »	Elettrodi	Qualifica saldatori	Eventuale appartenenza a Gruppo della Raccolta « S »	Modulo di efficienza	Trattamenti termici	Controlli non distruttivi	Talloni	Eventuale qualifica del procedim. di saldatura N.	Eventuale qualifica del procedim. di saldatura Data	NOTE

ELENCO DELLE REGOLE CONTENUTE NEL CAPITOLO VSG.1.A.

Regola VSG.1.A.1.: *Campo di applicazione*

1. Le presenti norme si applicano ai generatori di vapore d'acqua riscaldati con calore proveniente da combustione di combustibili solidi, liquidi o gassosi o con gas caldi aventi pressione non superiore a 0,49 bar, da realizzare in acciai ammessi all'impiego.

2. Le membrature o gli elementi per i quali nella presente raccolta non siano previste specifiche disposizioni per la verifica della stabilità, devono essere oggetto, da parte del costruttore, di presentazione di adeguata e dettagliata analisi di calcolo oppure devono essere sottoposti a prove sperimentali atte a determinarne l'effettivo stato tensionale od a prove di pressione su campione intese a verificarne il coefficiente di sicurezza globale.

Se per tali membrature sono previste specifiche disposizioni per la verifica della stabilità nella raccolta VSR dell'ISPESL in vigore, queste ultime possono essere applicate utilizzando per i materiali le sollecitazioni massime ammissibili determinate con le regole del Capitolo VSG.1.B.

3. Ai fini dell'applicazione delle presenti norme:

– per membratura si intende ciascuna delle parti separate e tra loro comunicanti – quali corpi cilindrici, collettori, fasci tubieri od altro – costituenti nel loro insieme il generatore di vapore. Qualora un generatore di vapore comprenda varie parti tra loro non separate – quali fasciami cilindrici, focolari interni, od altro – e sia privo di parti distaccate, è considerato unica membratura;

– per elemento si intende ciascuna delle parti tra loro unite costituenti la membratura, quali fasciami cilindrici, fondi, tubi, piastre piane, cavallotti, viti, od altro.

Regola VSG.1.A.2.: *Verifiche di stabilità da eseguire*

1. La verifica di stabilità delle varie membrature ed elementi costituenti un generatore di vapore deve essere eseguita, secondo le regole previste nelle presenti specificazioni tecniche, nelle condizioni di pressione e temperatura di progetto.

Qualora la massima pressione di progetto sia inferiore a 1 bar oppure la prova idraulica sia eseguita ad una pressione superiore a quella regolamentare, la verifica di stabilità deve essere eseguita anche nelle condizioni che si producono durante la prova idraulica.

Qualora una membratura sia sottoposta in esercizio a pressione massima e/o temperatura diversa da zona a zona, per ciascuna zona la verifica può essere eseguita con riferimento alle condizioni di pressione e temperatura previste in progetto per la zona considerata.

2. Ai fini della verifica di stabilità di cui al precedente punto 1., si intende con riferimento alle singole membrature ed elementi:

a) per pressione di progetto (indicata in bar): il valore della pressione massima prevista in esercizio, aumentato del valore corrispondente all'eventuale carico idrostatico, con approssimazione per eccesso alla prima cifra decimale;

b) per temperatura di progetto, il massimo valore della temperatura media di parete, tenendo conto di quanto precisato nelle regole relative ai vari tipi di elementi da assumere comunque $\geqslant$ 250 °C;

c) per pressione di prova (indicata in bar): il valore regolamentare, aumentato della pressione idrostatica nel caso che la prova sia effettuata con liquido, con approssimazione per eccesso alla prima cifra decimale.

Regola VSG.1.A.3.: *Misure geometriche da introdurre nelle formule di calcolo – Sovraspessore di corrosione*

1. Le misure geometriche da considerare nel calcolo sono quelle che risultano dal disegno di progetto: si assumono tutte le misure con i loro valori nominali definiti nel disegno (prescindendo quindi dalle tolleranze di fabbricazione e di lavorazione), salvo per quanto riguarda gli spessori, i quali devono essere assunti con i loro valori minimi, al netto delle tolleranze di fabbricazione e degli eventuali sovraspessori imposti da esigenze di impiego o di lavorazione; a tal fine il disegno deve specificare, per ciascuno spessore, quale è il valore della tolleranza ammessa o dell'eventuale sovraspessore imposto da esigenze di impiego.

Ove non diversamente specificato nelle regole di calcolo, anche i vari coefficienti che risultano funzione degli spessori devono essere valutati con riferimento ai valori degli spessori minimi, al netto delle tolleranze e degli eventuali sovraspessori. I valori degli spessori calcolati con le formule non devono risultare inferiori a quelli minimi sopra definiti.

Per quanto riguarda i diametri od i raggi di membrature cilindriche, nelle formule deve essere introdotto il valore nominale risultante dal disegno, che sarà quello esterno o l'interno, in funzione del procedimento di fabbricazione o di lavorazione della membratura stessa.

2. Nella verifica della stabilità alla condizione di carico che si produce durante la prova idraulica di costruzione e di primo impianto l'eventuale sovraspessore di corrosione deve essere considerato concorrente agli effetti della stabilità.

3. Per i generatori di vapore già in esercizio si intende, come spessore di calcolo, quello minimo effettivamente esistente lungo le varie possibili sezioni di cedimento, al netto degli eventuali sovraspessori imposti da esigenze di impiego.

4. Per i generatori di vapore usati oggetto di nuovo impianto o di restauro deve essere effettuata la verifica della stabilità alla condizione di carico che si produce durante la prova idraulica; lo spessore effettivo rilevato, comprendente l'eventuale sovraspessore di corrosione residuo, deve essere considerato concorrente agli effetti della stabilità.

ELENCO DELLE REGOLE CONTENUTE NEL CAPITOLO VSG.1.B.

Regola VSG.1.B.1.: *Sollecitazione massima ammissibile per gli acciai da lavorazione plastica - laminati, forgiati, trafilati - nella verifica alle condizioni di progetto*

1. La sollecitazione massima ammissibile f espressa in MPa, nella verifica alle condizioni di progetto viene determinata in funzione delle caratteristiche meccaniche del materiale alla temperatura media di parete dell'elemento di membratura, valutata, in base ai dati di progetto, come specificato nelle regole relative al calcolo dei vari tipi di elementi.

2. Per elementi di membratura in acciai da lavorazione plastica - laminati, fucinati, trafilati - per la sollecitazione f si assume il minore dei tre valori indicati in 2.1., 2.2., 2.3. oppure in 2.1., 2.2., 2.4. a scelta del progettista in funzione del massimo numero di ore di funzionamento previste per il generatore:

2.1. $$\frac{R_{p(0,2)/t}}{1,6}$$

2.2. $$\frac{R_m}{2,7}$$

2.3. $$\frac{\sigma_{R/100.000/t}}{1,6}$$

2.4. $$\frac{\sigma_{R/200.000/t}}{1,33}$$

In mancanza di valori tabellari, il valore di $\sigma_{R/200.000/t}$ viene assunto pari a $\sigma_{R/100.000/t'}$, ove: $t'=at+b$ in cui: t e t' sono espressi in gradi centigradi; i valori di a e b sono: a) per gli acciai ferritici (non legati e legati al *Mo* e al *CrMo*) a=1,012, b=3,3; b) per gli acciai inossidabili austenitici a=1,020, b=5,5.

3. Per gli acciai austenitici, al posto di $R_{p(0.2)/t}$ può essere adottato $R_{p(1)/t}$

I simboli di cui sopra hanno il significato definito nella Raccolta M.

Quando alla temperatura media di parete non si prevedono per il materiale fenomeni di scorrimento viscoso, si tiene conto solo di $R_{p(0.2)/t}$, oppure $R_{p(1)/t}$, e R_m.

Il valore di $R_{p(0.2)/t}$ non deve essere preso in considerazione nel campo di temperature in cui detto valore non è tabellato in quanto, già a temperature inferiori, risulta superiore a $\sigma_{R/100.000/t}$.

Il valore di $\sigma_{R/200.000/t}$ non può essere calcolato se il valore di t' supera il massimo valore di t a cui risulta tabellato $\sigma_{R/100.000/t}$.

4. *Interpolazione.*

4.1. Per valori di temperatura intermedi fra due valori tabellari di $R_{p(0.2)/t}$ o di $\sigma_{R/200.000/t}$ si assume il valore di $R_{p(0.2)/t}$ o di $\sigma_{R/100.000/t}$ ottenuto per interpolazione lineare.

4.2. Per temperatura di progetto superiore a 50°C ma inferiore alla temperatura per la quale è noto il primo valore tabellare di $R_{p(0.2)/t}$, il corrispondente valore di $R_{p(0.2)/t}$ si ottiene per interpolazione lineare tra R_s o $R_{p(0.2)}$ (assunto convezionalmente come $R_{s/50}$ o $R_{p(0.2)/50}$) ed il primo valore tabellare noto di $R_{p(0.2)/t}$.

Regola VSG.1.B.2.: *Sollecitazione massima ammissibile alle condizioni di prova idraulica*

1. Nella verifica di stabilità per le condizioni di prova idraulica, come sollecitazione massima ammissibile si assume il minore dei seguenti valori:

1.1. $$\frac{R_{p(0,2)}}{1,25}$$

1.2. $$\frac{R_m}{2,1}$$

Per gli acciai austenici, al posto di $R_{p(0.2)}$ può essere adottato $R_{p(1)}$.

I simboli di cui sopra hanno il significato definito nella Raccolta M.

Regola VSG.1.B.3.: *Valori delle caratteristiche meccaniche dei materiali metallici da introdurre nei calcoli di verifica della stabilità*

1. I valori delle caratteristiche meccaniche da assumere per la determinazione della sollecitazione massima ammissibile devono essere desunti come specificato nella Raccolta M.

Regola VSG.1.B.4.: *Sollecitazione massima ammissibile per gli acciai da getti*

1. Per elementi di membratura in getti di acciaio la sollecitazione massima ammissibile deve essere determinata maggiorando del 20% i coefficienti di sicurezza stabiliti nelle regole VSG.1.B.1. e VSG.1.B.2.

Regola VSG.1.B.5.: *Sollecitazione massima ammissibile per la bulloneria*

1. Per la sollecitazione massima ammissibile nella verifica alle condizioni di progetto, oltre la regola VSG.1.B.1. e VSG.1.B.2. devono essere soddisfatte le seguenti condizioni:

a) acciai non legati (carichi sulla guarnizione calcolati a mezzo della tabella 1 della VSG.1.X. o da tabelle del fabbricante):

$$f \leq \frac{R_m}{4}$$

b) acciai debolmente legati e legati (carichi sulla guarnizione calcolati a mezzo della tabella 1 della VSG.1.X. o da tabelle del fabbricante):

$$f \leq \frac{R_m}{5}$$

$$f \leq \frac{R_s}{4} \quad \textit{oppure} \quad f \leq \frac{R_{p(0.2)}}{4}$$

c) acciai debolmente legati e legati (calcolo dei carichi sulla guarnizione e modalità di serraggio dei bulloni secondo i criteri di cui in VSG.1.X.5.):

$$-\ per\ t \leq 50\ ^oC \quad f \leq \frac{R_s}{3}\ oppure\ \ f \leq \frac{R_{p(0.2)}}{3}$$

$$-\ per\ t > 50\ ^oC \quad f \leq \frac{R_{p(0.2)/t}}{3}$$

2. La sollecitazione massima ammissibile in condizioni di prova idraulica deve essere in ogni caso:

$$f_i = \frac{R_s}{1,5} \quad \textit{oppure} \quad f_i = \frac{R_{p(0.2)}}{1,5}$$

ELENCO DELLE REGOLE CONTENUTE NEL CAPITOLO VSG.1.C.

VSG.1.C.1. - *Valori minimi ammessi*

Regola VSG.1.C.1.: *Valori minimi ammessi*

1. Lo spessore minimo delle pareti degli elementi di membratura, esclusi i tubi, è fissato come segue, salvo quanto precisato nelle regole relative ai singoli dementi:

a) acciai non legati (al C ed al Mn) o ad alto limite di snervamento, al Cu-Ni ed al Cu-Ni-Mo:
- elementi con o senza saldatura 5 mm
- elementi in getti 7 mm

b) acciai ferritici a bassa lega resistenti al calore (al Mo ed al Cr-Mo):
- elementi con o senza saldatura 3 mm
- elementi in getti 5 mm

c) acciai austenici al Cr-Ni: 1,5 mm

ELENCO DELLE REGOLE CONTENUTE NEL CAPITOLO VSG.1.D.

Regola VSG.1.D.1.: *Campo di impiego*

1. Le seguenti regole di calcolo valgono per i fasciami cilindrici - fasciami di corpi cilindrici e collettori a sezione retta circolare - nei quali:

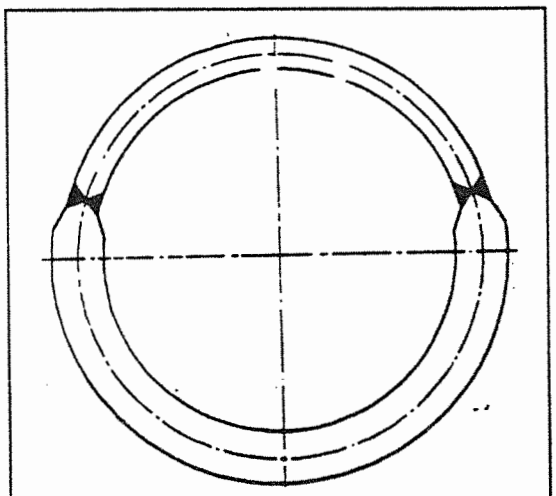


Figura 1.D.1. - Fasciame cilindrico costituito da tegoli di diverso spessore

a) il diametro esterno sia maggiore di 220 mm oppure qualunque sia il diametro esterno se vi sono fori o aperture;

b) le linee mediane dei tegoli, nel caso di fasciame costituito da tegoli di diverso spessore (figura 1.D.1.), risultino, in corrispondenza dei giunti longitudinali, l'una quale prolungamento dell'altra, con uno scarto ammissibile pari al 10% dello spessore del tegolo maggiore e comunque non superiore a 3 mm.

Regola VSG.1.D.2.: *Formule per il calcolo*

1. Nei fasciami cilindrici per i quali il rapporto p/fz oppure p/f è minore o uguale ai valori di cui alla tabella I, lo spessore minimo di calcolo s_0 si determina con le seguenti formule, in funzione del diametro (interno o esterno) indicato sul progetto:

1.1. $$s_0 = \frac{p \cdot D_i}{2 \cdot f \cdot z + p}$$

ovvero:

1.2. $$s_0 = \frac{p \cdot D_e}{2 \cdot f \cdot z + p}$$

in cui:

p è la pressione di progetto, in MPa;

D_i è il diametro interno, in mm, del fasciame se di uniforme spessore, dei singoli tegoli se di spessori differenti;

D_e è il diametro esterno, in mm, del fasciame se di uniforme spessore, dei singoli tegoli se di spessori differenti;

f è la sollecitazione massima ammissibile, in MPa, come definita al Capitolo VSG.1.B., alla temperatura media di parete indicata al punto 3;

2. Nei fasciami cilindrici per i quali il rapporto p/fz oppure p/f supera i valori riportati nella tabella I, lo spessore si determina con le formule seguenti:

– per la verifica in corrispondenza di forature nelle condizioni di progetto:

2.1. $$s_0 = \frac{D_e}{2}\left(1 - \sqrt{\frac{fz - 0,625p(1+z)}{fz + 0,625p(1-z)}}\right)$$

ovvero:

$$2.2. \quad s_0 = \frac{D_i}{2}\left(\sqrt{\frac{fz + 0,625p(1-z)}{fz - 0,625p(1+z)}} - 1\right)$$

– per la verifica in corrispondenza di forature nelle condizioni di prova idraulica:

$$2.3. \quad s_0 = \frac{D_e}{2}\left(1 - \sqrt{\frac{f_i z - 0,800p_i(1+z)}{f_i z + 0,800p_i(1-z)}}\right)$$

ovvero:

$$2.4. \quad s_0 = \frac{D_i}{2}\left(\sqrt{\frac{f_i z + 0,800p_i(1+z)}{f_i z - 0,800p_i(1-z)}} - 1\right)$$

– per la verifica lungo una saldatura nelle condizioni di progetto:

$$2.5. \quad s_0 = \frac{D_e}{2}\left(1 - \sqrt{\frac{f\,z - 1,250p}{f\,z}}\right)$$

ovvero:

$$2.6. \quad s_0 = \frac{D_i}{2}\left(\sqrt{\frac{f\,z}{f\,z - 1,250p}} - 1\right)$$

– per la verifica lungo una saldatura nelle condizioni di prova idraulica:

$$2.7. \quad s_0 = \frac{D_e}{2}\left(1 - \sqrt{\frac{f_i z - 1,600p_i}{f_i z}}\right)$$

ovvero:

$$2.8. \quad s_0 = \frac{D_i}{2}\left(\sqrt{\frac{f_i z}{f_i z - 1,600p_i}} - 1\right)$$

Si assumerà per s_0 il valore maggiore risultante dalle formule di cui sopra.

Tabella 1

Verifica lungo linee di saldatura		
Valori del modulo di efficienza	Valori massimi di p/fz che limitano la validità delle formule 1.1. e 1.2.	
qualsiasi	nelle condizioni di progetto	nelle condizioni di prova
	0,530	0,236

Verifica in corrispondenza di forature		
Valori del modulo di efficienza (1)	Valori massimi di p/f che limitano la validità delle formule 1.1.	
	nelle condizioni di progetto	nelle condizioni di prova
1,00	0,530	0,236
0,95	0,524	0,235
0,90	0,517	0,233
0,85	0,510	0,231
0,80	0,502	0,229
0,75	0,492	0,227
0,70	0,482	0,224
0,65	0,469	0,221
0,60	0,456	0,217
0,55	0,440	0,213
0,50	0,422	0,207
0,45	0,401	0,200
0,40	0,377	0,192
0,35	0,350	0,182
0,30	0,318	0,170

(1) Per valori intermedi del modulo di efficienza il valore di p/f si ottiene:

- nelle condizioni di progetto dalla formula $p/f = 2 \cdot z\left(\sqrt{z^2 + 0,60} - z\right)$
- nelle condizioni di prova dalla formula $p/f = 2 \cdot z\left(\sqrt{z^2 + 0,25} - z\right)$.

3. Per i fasciami cilindrici riscaldati, protetti o meno dai gas caldi, la temperatura media di parete deve essere stabilita dal progettista e non deve essere inferiore alla temperatura massima del fluido interno maggiorata di 25 °C; in ogni caso non deve essere inferiore a 250 °C.

4. I fasciami cilindrici in acciaio di spessore superiore a 30 mm, calcolati secondo le formule 1.1. 1.2., 2.1. e 2.2., non possono essere esposti ai prodotti della combustione a temperatura superiore a 650 °C a meno che non siano raffreddati da tubi ravvicinati che vi si innestino.

5. I moduli di efficienza z debbono essere calcolati per le diverse sezioni di indebolimento della struttura - linee di foratura, giunzioni saldate - e nelle diverse direzioni.

6. Nei fasciami cilindrici senza alcuna giunzione, linee di foratura od altre cause di indebolimento, il valore del coefficiente z si pone uguale ad 1.

Regola VSG.1.D.3.: *Generalità sul calcolo dei moduli di efficienza delle forature allineate*

1. Per ogni fila di due o più fori allineati secondo una generatrice, un circolo direttore o una linea obliqua, deve essere calcolato il modulo di efficienza z in base a quanto figura nelle regole 1.D.4., 1.D.5. e 1.D.6. Se un foro risulta isolato secondo la regola VSG.1.K.3.1. dovrà essere verificato secondo la regola VSG.1.D.7.

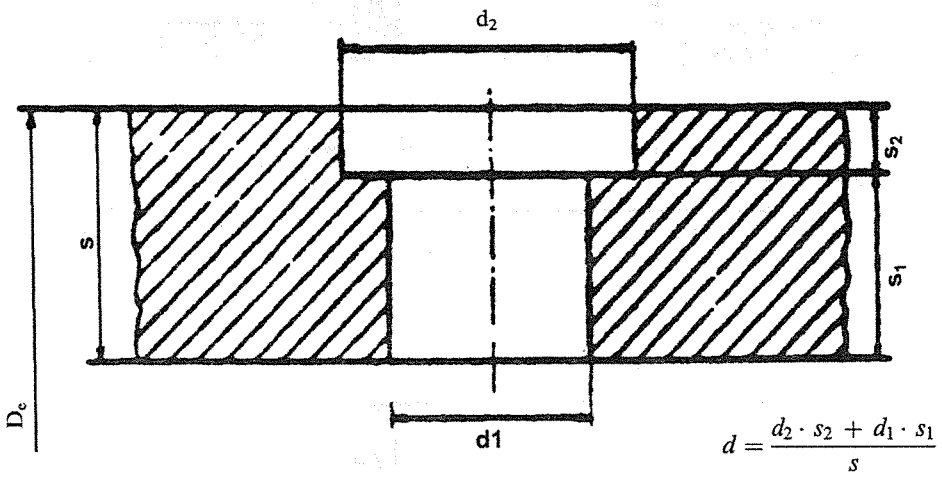


Figura 1.D.2.

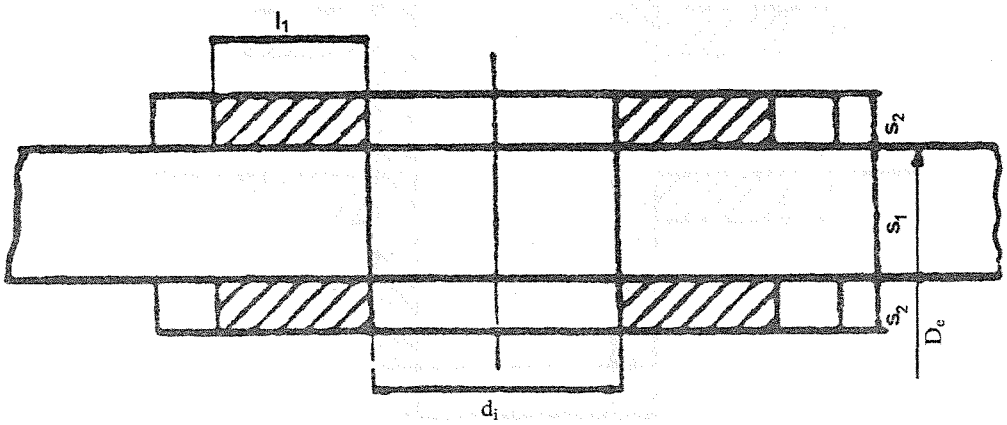


Figura 1.D.3.

2. Nelle formule di calcolo del modulo di efficienza secondo le regole 1.D.4., 1.D.5. e 1.D.6. il valore di d si determina come indicato ai punti 3., 4., 5. e 6.

3. Nel caso di forature per tubi da mandrinare, d è il diametro reale del foro se il foro ha diametro costante lungo lo spessore oppure la media ponderale dei diversi diametri se il foro ha differente diametro lungo lo spessore (fig. 1.D.2.).

4. Nel caso di forature con piastre di rinforzo d è il diametro equivalente dato da:

$$d = d_i - \frac{A}{s_1} \qquad 4.1.$$

in cui:

d_i è il diametro del foro, in mm;

s_1 è lo spessore di parete del fasciame, in mm;

A è l'area utile della sezione della piastra di rinforzo determinata con le regole di cui ai punti 7., 8. e 9. (area tratteggiata nella fig. 1.D.3.), in mm^2.

5. Nel caso di forature con tronchetto o tubo saldato, eventualmente rinforzate anche con piastre, d è il diametro equivalente determinato come appresso:

– se tronchetto o tubo sono appoggiati o parzialmente penetranti nello spessore:

$$5.1. \qquad d = d_i - \frac{A}{s_1}$$

in cui:

d_i è il diametro interno del tronchetto o tubo, in mm;

s_1 è lo spessore di parete del fasciame, in mm;

A è l'area utile delle sezioni dei rinforzi determinata con le regole di cui ai punti 7., 8. e 9. (area tratteggiata nella fig. 1.D.4.), in mm^2;

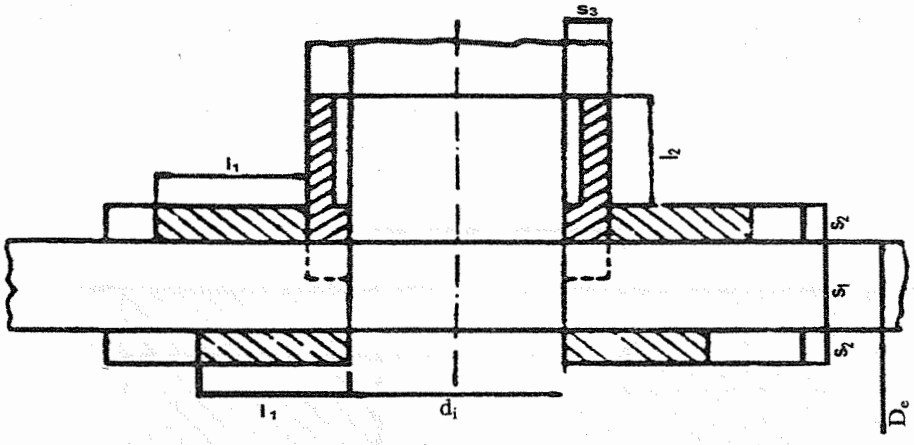


Figura 1.D.4.

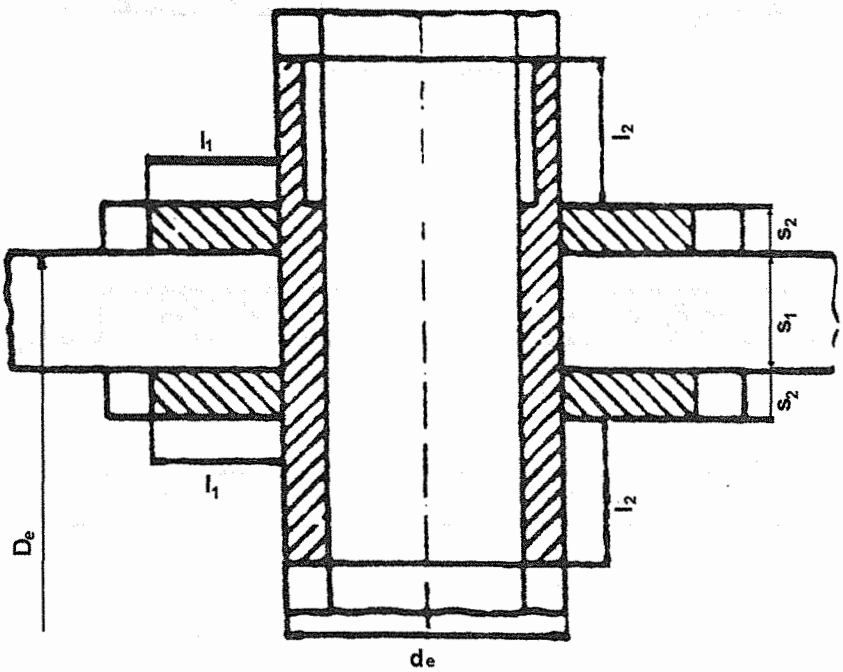


Figura 1.D.5.

– se tronchetto o tubo sono passanti:

$$5.2. \qquad d = d_e - \frac{A}{s_1}$$

in cui:

d_e è il diametro esterno del tronchetto o tubo, in mm;

s_1 è lo spessore di parete del fasciame, in mm;

A è l'area utile delle sezioni dei rinforzi determinata con le regole di cui ai punti 7., 8. e 9. (area tratteggiata nella fig. 1.D.5.), in mm^2.

6. Per forature con tronchetto estruso, d è il diametro interno del tronchetto.

7. L'area utile A delle sezioni dei rinforzi è data, entro i limiti indicati al punto 8., dall'area della sezione della piastra di rinforzo e dall'area della sezione del tronchetto o tubo diminuita della aliquota necessaria a sopportare la pressione per la parte del tronchetto o tubo posta al di fuori della superficie esterna del fasciame o della piastra applicata sul fasciame stesso nonché dall'area della sezione dei cordoni di saldatura della piastra di rinforzo e del tronchetto o tubo.

8. I limiti entro i quali i rinforzi vengono considerati utili per la determinazione dell'area A sono:

- per la larghezza l_1, in mm, della piastra di rinforzo, il minore dei due valori $\sqrt{D_e \cdot s}$ e $c/2$ tranne nel caso che la piastra di rinforzo interessi sia l'apertura in questione che quella adiacente, nel qual caso si assume $l_1 = c/2$ dove c è la distanza fra i bordi di due fori adiacenti o fra le generatrici esterne dei tronchetti adiacenti.
- per l'altezza l_2, in mm, del tronchetto o tubo, sia dalla parte esterna che dalla parte interna, $\sqrt{d_e \cdot s_3}$

in cui:

s ha il significato indicato nel punto 1.;
s_3 è lo spessore del tronchetto o tubo, in mm.

9. Quando la sollecitazione massima ammissibile del materiale di una delle parti del rinforzo è minore di quella del materiale del fasciame, l'area della superficie di rinforzo corrispondente deve essere moltiplicata per il rapporto fra tali sollecitazioni.

10. Lo spessore s_3 di un tronchetto saldato su un fasciame cilindrico deve rispettare quanto indicato nella regola VSG.1.K.2.

Regola VSG.1.D.4.: *Moduli di efficenza per forature allineate regolari*

1. Il modulo di efficienza z per forature regolari si calcola:

a) per fori aventi diametri uguali e ugualmente spaziati lungo una generatrice (fig. 1.D.6.), con la formula seguente:

$$z = \frac{e - d}{e} \qquad 1.1.$$

in cui:

e è la distanza fra i centri dei fori, in mm;

d è il diametro dei fori di cui al punto 2. della regola 1.D.3., in mm;

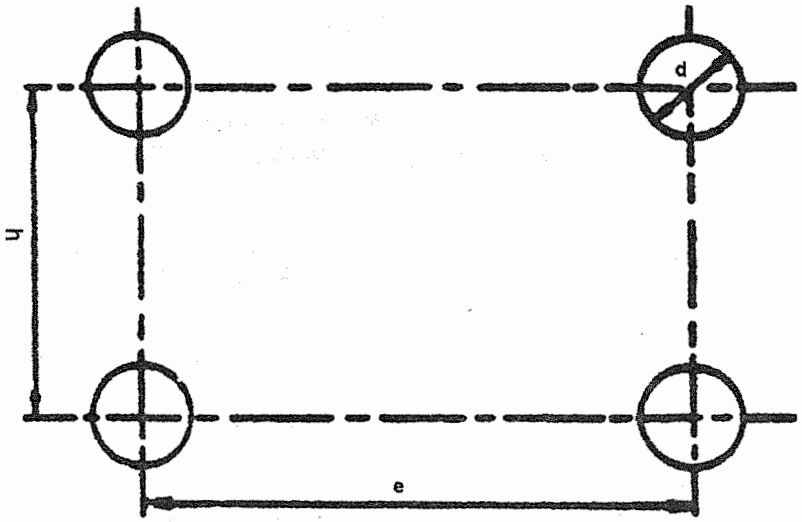


Figura 1.D.6.

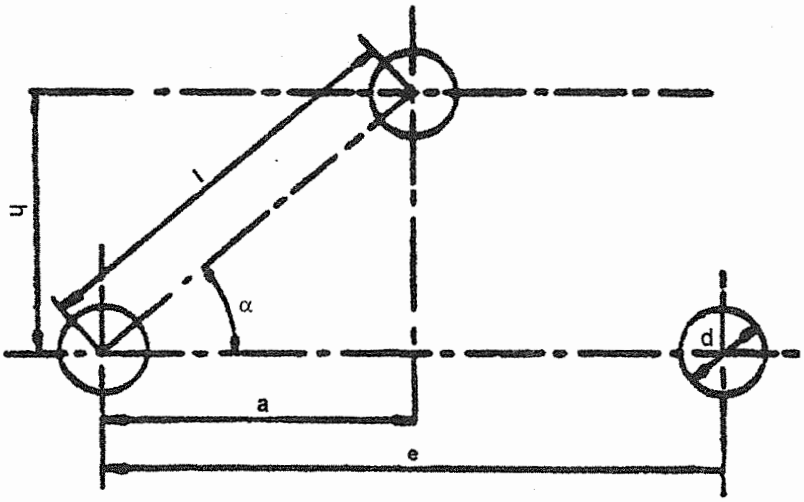


Figura 1.D.7.

b) per fori aventi diametri uguali e ugualmente spaziati lungo un circolo direttore (fig. 1.D.6.), con la formula seguente:

$$1.2. \qquad z = \frac{2\,(h-d)}{h}$$

da considerare nelle verifiche di stabilità soltanto se di valore inferiore all'unità. In detta formula:

h è la distanza fra i centri dei fori riferita alla fibra media, in mm;
d è il diametro dei fori, di cui al punto 2. della regola 1.D.3., in mm;

c) per fori aventi diametri uguali e ugualmente spaziati lungo una linea obliqua, inclinata di un angolo α rispetto alla generatrice del cilindro (fig. 1.D.7.), con la formula seguente:

$$1.3. \qquad z = \frac{2}{A + B + \sqrt{(A-B)^2 + 4C^2}}$$

da considerare nelle verifiche di stabilità soltanto se di valore inferiore all'unità. Nella suddetta formula:

$$A = \frac{\cos^2\alpha + 1}{2\left(1 - \frac{d}{a}\cos\alpha\right)} = \frac{1}{2}\,\frac{a^2 + l^2}{(l-d)l};$$

$$B = \frac{1}{2}\left(1 - \frac{d}{a}\cos\alpha\right)(\sin^2\alpha + 1) = \frac{1}{2}\,\frac{l-d}{l}\,\frac{h^2+l^2}{l^2}$$

$$C = \frac{\sin\alpha \cdot \cos\alpha}{2\left(1 - \frac{d}{a}\cos\alpha\right)} = \frac{1}{2}\,\frac{a \cdot h}{(l-d)l}$$

essendo:

d il diametro dei fori, di cui al punto 2. della regola 1.D.3., in mm;
l la distanza fra i centri di due fori lungo la congiungente obliqua, riferita alla fibra media, in mm;
a la proiezione della distanza l sulla generatrice, in mm;
h la proiezione della distanza l sul piano normale alla generatrice, in mm.

Il diagramma di fig. 1.D.8. permette di valutare graficamente il valore di z.

2. Se nello stesso elemento di membratura vengono praticati fori in modo tale da creare contemporaneamente linee di indebolimento in direzione parallela all'asse, in direzione normale all'asse e in direzione obliqua, si devono valutare le tre espressioni di z di cui alle formule 1.1., 1.2. e 1.3. e nella formula per il calcolo dello spessore va introdotto il minore di tali tre valori.

3. Nel caso di foratura a disposizione alternata con spaziatura simmetrica, il diagramma di cui alla figura 1.D.9 permette di valutare il valore del più piccolo modulo di efficienza z per le diverse linee di indebolimento.

4. In luogo della formula 1.2. è consentito utilizzare la formula 3.1. della regola VSG.1.D.6. con:

$$4.1. \qquad m = \frac{1}{\frac{D_e}{D_i} + 1}$$

essendo:

D_e diametro esterno del fasciame cilindrico;
D_i diametro interno del fasciame cilindrico;

Inoltre in luogo delle espressioni di A, B, C riportate al punto 1.3. è consentito utilizzare le espressioni dei medesimi coefficienti riportate al punto 3. della regola VSG.1.D.6. con il valore di m di cui alla precedente formula 4.1.

5. Nel caso di file di fori parallele di passo diverso, il valore minimo di efficienza si può calcolare con la formula seguente:

$$5.1. \quad z = 10^{\left(-0{,}07890018 + 0{,}3271579\cdot\left(\frac{d}{h}\right) - 0{,}6499794\left(\frac{d}{h}\right)^2 - 1{,}270641\cdot\left(\frac{d}{h}\right)^3 + 1{,}210762\cdot\left(\frac{d}{h}\right)^4 + 2{,}992175\cdot\left(\frac{d}{h}\right)^5 - 3.775378\cdot\left(\frac{d}{h}\right)^6\right)}$$

$$\text{con } 0{,}30 \le \frac{d}{h} \le 0{,}80$$

Regola VSG.1.D.5.: *Moduli di efficienza per forature irregolari e non isolate*

1. Se la foratura è irregolare o perché i diametri reali o equivalenti d sono diversi o perché le distanze fra i centri dei fori sono diverse, si considera la coppia di fori contigui per cui risulta il minor valore dell'efficienza z secondo le formule 1.1., 1.2., 1.3. della regola VSG.1.D.4; se i diametri dei due fori contigui sono diversi si assume per d il valore medio dei due diametri.

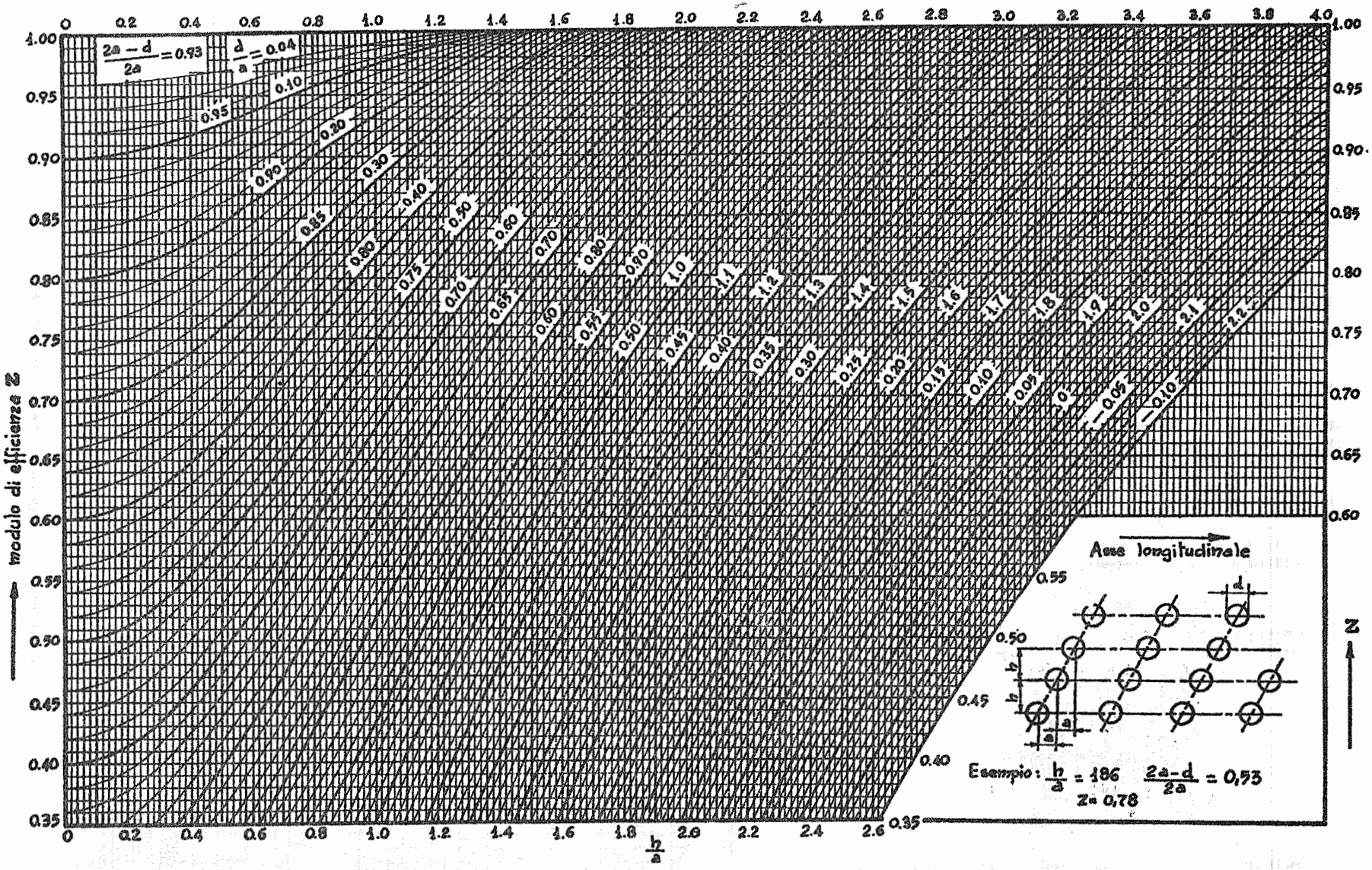


Figura 1.D.8. – Coefficienti di indebolimento z per forature aventi diametri uguali ed ugualmente spaziati

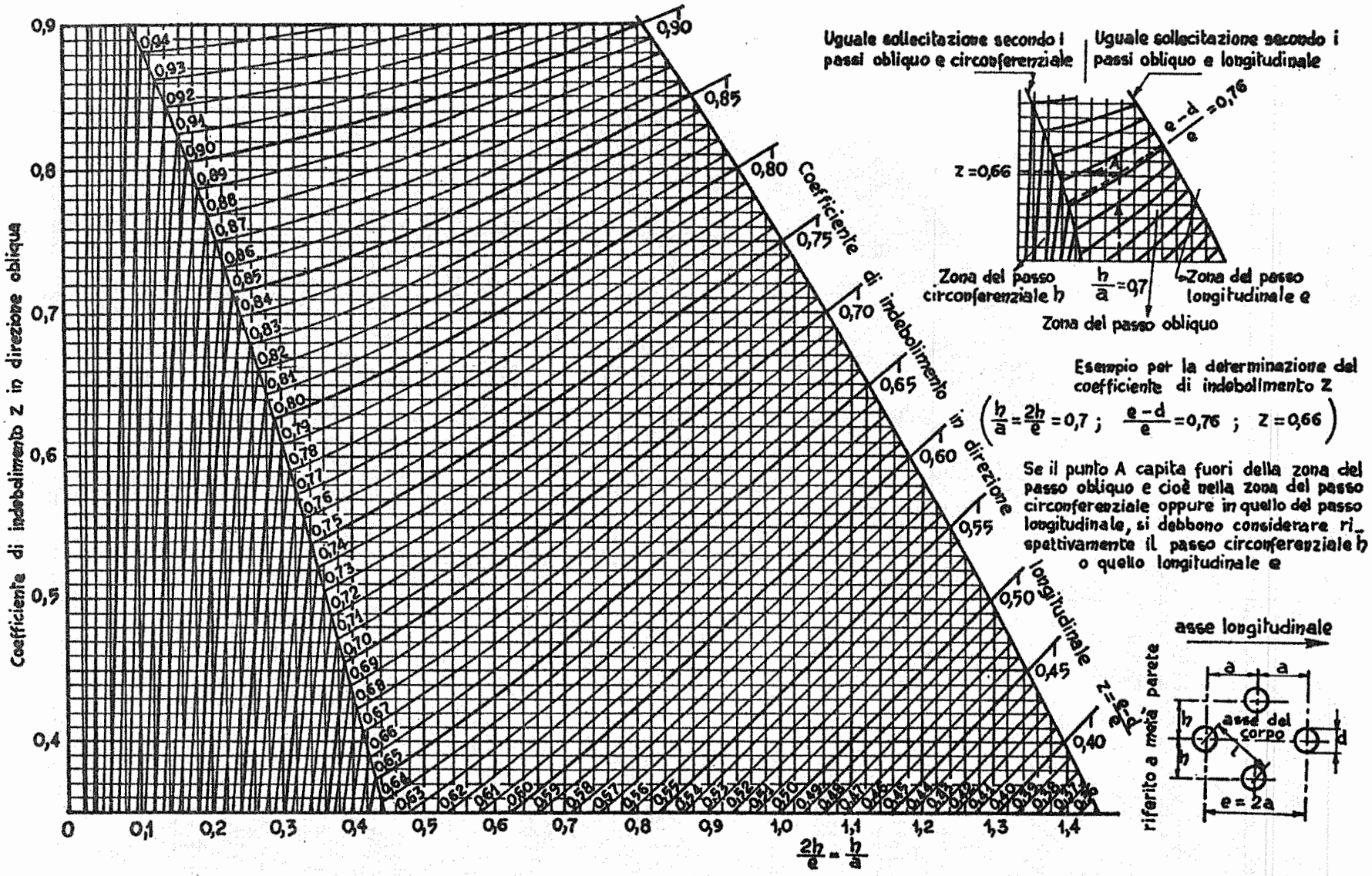


Figura 1.D.9. – Coefficienti di indebolimento z per forature con disposizione alternata sfasate simmetricamente

Regola VSG.1.D.6.: *Influenza delle sollecitazioni assiali sul calcolo dei moduli di efficienza per forature allineate*

1. La sollecitazione assiale σ_e dovuta a forze esterne (peso proprio o carichi gravanti che generano sollecitazioni assiali, momenti flettenti, sforzi di trazione lungo l'asse del fasciame, ecc.) dichiarata dal progettista deve essere sommata alla sollecitazione assiale dovuta alla pressione interna.

Si valuta il rapporto:

$$1.1. \qquad m = \frac{\sigma_a}{\sigma_t}$$

in cui:

$$\sigma_t = \frac{p\,(R_e - 0,5s)}{s} = \text{sollecitazione circonferenziale}$$

$$\sigma_a = \frac{\sigma_t}{2} + \sigma_e = \text{sollecitazione assiale totale}$$

2. Se il rapporto m è inferiore o uguale a 0,55 si possono trascurare le sollecitazioni assiali dovute alle forze esterne agli effetti della determinazione del modulo di efficienza z.

3. Se il rapporto m è superiore a 0,55, il modulo di efficienza z per forature lungo un circolo direttore anziché con la formula 1.2. della regola 1.D.4., si calcola con la formula:

$$3.1. \qquad z = \frac{h - d}{m \cdot h}$$

e il modulo di efficienza z per la foratura lungo una linea obliqua si calcola con la stessa formula 1.3. della regola 1.D.4., dove però i coefficienti A, B e C assumono i seguenti valori:

$$A = \frac{l}{l-d}\left[m + (1-m)\cos^2\alpha\right] = \frac{l}{l-d}\left[m + (1-m)\frac{a^2}{l^2}\right]$$

$$B = \frac{l-d}{l}\left[m + (1-m)\sin^2\alpha\right] = \frac{l-d}{l}\left[m + (1-m)\frac{a^2}{l^2}\right]$$

$$C = \frac{l}{l-d}\,(1-m)\sin\alpha \cdot \cos\alpha = \frac{a \cdot h}{(l-d)l}\,(1-m)$$

Regola VSG.1.D.7.: *Generalità di calcolo per le aperture isolate*

1. Le aperture isolate devono essere compensate secondo la regola VSG.1.K. Il fasciame in corrispondenza di aperture isolate si calcola con la regola del capitolo VSG.1.D. ponendo $z = 1$.

Regola VSG.1.D.8.: *Limiti dell'ovalizzazione dei cilindrici*

1. L'ovalizzazione è intesa come lo scarto u del profilo di qualsiasi sezione trasversale del corpo cilindrico dalla forma circolare e viene determinata in % come indicato al punto 3.

2. Il valore massimo dell'ovalizzazione u non deve essere superiore all'1% per i rapporti $s/Di \geq 0,01$ e non deve essere superiore all'1,5% per i rapporti $s/Di < 0,01$.

3. Per determinare u si misura la differenza fra il massimo e il minimo diametro interno di una sezione trasversale, ad eccezione delle zone in prossimità dell'attacco dei tronchetti, e si impiega la formula:

$$3.1. \qquad u = \frac{2\,(D_{i\,\max} - D_{i\,\min})}{(D_{i\,\max} + D_{i\,\min})}\,100$$

Regola VSG.1.D.9.: *Spessori minimi dei fasciami cilindrici*

Per diametri esterni fino a 220 mm: valgono i valori minimi di spessore relativi ai tubi, di cui alla regola 1.N.3.

Per diametri esterni oltre 220 e fino a 1500 mm: valgono i valori minimi di spessore indicati alla regola 1.C.1.

Per diametri esterni oltre 1500 mm lo spessore non deve essere inferiore ai seguenti valori minimi:

s_{min} = 3,5 mm + 0,001D_e, per acciai non legati (al C ed al Mn) o ad alto limite di snervamento, al Cu-Ni ed al Cu-Ni-Mo;

s_{min} = 1,5 mm + 0,001D_e, per acciai ferritici a bassa lega resistenti al calore (al Mo ed al Cr-Mo);

s_{min} = 0,5 mm + 0,001D_e, per acciai austenitici al Cr-Ni.

ELENCO DELLE REGOLE CONTENUTE NEL CAPITOLO VSG.1.E.

Regola VSG.1.E.1.: *Temperatura di progetto*

1. La temperatura di progetto, intesa come temperatura media del metallo, deve essere determinata con le seguenti formule.

– generatori di vapore o d'acqua surriscaldata con camera di vapore:

1.1. $t = (t_s + 3 \cdot s + 40)$

– generatori di acqua surriscaldata allagati

1.2. $t = (t_s + 3 \cdot s + 60)$

dove

t_s temperatura del vapore saturo corrispondente alla pressione di progetto, in C;

s spessore nominale del fasciame, in mm.

La temperatura di progetto deve comunque essere almeno 250 °C.

Regola VSG.1.E.2.: *Massima potenza termica dei focolari*

1. Ferme restando prescrizioni più gravose del costruttore del bruciatore per consentire una corretta combustione e per proteggere l'insieme generatore-bruciatore, la massima potenza termica P di un focolare (in MW) deve soddisfare le relazioni seguenti.

Bruciatori del tipo ON/OFF (tutto–niente) non sono consentiti per potenze termiche superiori a 1 MW.

2. *Focolari lisci di generatori con tubi di ritorno fumi.*

2.1. Combustibili gassosi o liquidi polverizzati.

2.1.a $D_i \geq (300 + 380 \cdot P)$ per $P \leq 0{,}5$ MW

2.1.b $D_i \geq (450 + 80 \cdot P)$ per $0{,}5 < P \leq 14$ MW

2.1.c $L \geq (1700 \cdot p^{0.515})$

2.2. Combustibili solidi polverizzati con combustione in sospensione.

2.2.a $D_i \geq (300 + 380 \cdot P)$ per $P \leq 0{,}5$ MW

2.2.b $D_i \geq (450 + 80 \cdot P)$ per $0{,}5 < P \leq 8$ MW

2.2.c $V \geq 3\,P$

2.3. Combustibili solidi con combustione su griglia.

2.3.a $D_i \geq (300 + 380 \cdot P)$ per $P \leq 0{,}5$ MW

2.3.b $D_i \geq (400 + 180 \cdot P)$ per $0{,}5 < P \leq 8$ MW

dove:

P potenza termica del focolare, pari alla somma della portata massima del combustibile moltiplicata per il suo potere calorifico inferiore e del calore di preriscaldamento dell'aria di combustione e del combustibile o di entrambi, in MW;

D_i diametro interno minimo richiesto, in mm;

L distanza minima richiesta della parete del fondo della camera di inversione dalla bocca del bruciatore, in mm;

V volume del focolare in m^3.

3. *Focolari ondulati di generatori con tubi di ritorno fumi.*

Per i focolari ondulati tipo FOX o MORRISON è consentita la riduzione del diametro interno calcolato con le precedenti formule 2.1.a., 2.1.b., 2.2.a., 2.2.b., 2.3.a., 2.3.b. mediante il coefficiente:

$$K = \frac{(s - 0.75) \cdot p_c}{S}$$

dove:

s spessore minimo del focolare dopo formatura, in mm;

p_c passo delle onde, in mm;

S superficie della sezione longitudinale della parete del tubo focolare, ridotto del sovraspessore di corrosione uguale a 0.75 mm, su una lunghezza uguale al passo p_c, in mm^2;

D_i delle formule è il diametro medio interno (diametro interno minimo più l'altezza dell'onda del profilo interno).

4. Il diametro interno dei focolari dei generatori a ritorno di fiamma va calcolato con le precedenti formule. In questo caso L è la distanza del centro del fondo del focolare dalla bocca del bruciatore.

5. E' consentita una riduzione del diametro del focolare rispetto a quanto richiesto dalle formule di cui ai punti 2 e 3 per raccordare il focolare alla piastra tubiera per potenze termiche superiori P › 1 MW.

6. Variazioni rispetto alle norme di cui ai precedenti punti 2-3-4, in particolare l'adozione di una potenza termica superiore a 14 MW, sono consentite solo previo accordo tra i costruttori del generatore e del bruciatore e benestare del Dipartimento Omologazione e Certificazione della Sede Centrale dell'ISPESL. Particolare attenzione dovrà essere posta per la determinazione del massimo flusso termico e della temperatura di progetto. I termini dell'accordo tra i costruttori devono essere indicati sul disegno di progetto.

Regola VSG.1.E.3.: *Tubi focolari e fasciami di camere d'inversione bagnate, lisci*

1. Lo spessore minimo dei focolari e dei fasciami di camere di inversione bagnate è di 6 mm per diametri medi $\leq$ 400 mm e 7 mm per diametri medi > 400 mm. Lo spessore massimo dei focolari deve essere $\leq$ 22 mm. Lo spessore massimo dei fasciami delle camere di inversione deve essere $\leq$ 35 mm.

1.1. Il materiale dei focolari o delle camere di inversione deve avere un carico di rottura minimo tabellare R_m non superiore a 483 MPa.

2. L'ovalizzazione non deve superare 1.5 % con il valore assoluto di variazione massima del diametro non superiore al più grande dei seguenti due valori: la metà dello spessore del tubo o fasciame, ed il valore di 6.5 mm.

Non ci devono essere nè zone piane nè spigoli; ogni deviazione dalla circolarità deve essere graduale.

3. La pressione di progetto di un focolare o di un fasciame di una camera di inversione bagnata deve essere assunta minore o uguale al valore ottenuto applicando le seguenti formule:

3.1.

$$p_0 = \frac{R_{p(0,2)/t}}{X_1} \frac{2\,(s-0,75)}{D_m} \frac{1+0,1\,\frac{D_m}{L}}{1+\left[\frac{0,03\,D_m}{s-0,75}\,\frac{u}{1+5\,\frac{D_m}{L}}\right]}$$

3.2.

$$p_0 = \frac{2,6\,E}{X_2\,L}\left(\frac{s-0,75}{D_m}\right)^2 \sqrt{D_m\,(s-0,75)}$$

dove:

p_0 massima pressione di progetto, in MPa;
s spessore minimo di parete, in mm;
D_m diametro medio, in mm;
L lunghezza dell'elemento di tubo focolare o dei fasciami della camera di inversione tra due rinforzi efficaci, compreso l'eventuale colletto cilindrico della piastra in mm;
u ovalizzazione, %;
X_1 2.5 coefficiente di sicurezza;
X_2 3 coefficiente di sicurezza;
E modulo di elasticità alla temperatura di calcolo in MPa.

Dalle relazioni 3.1 e 3.2 si ricava lo spessore minimo ammissibile per l'elemento di focolare o di fasciame della camera di inversione, spessore minimo che dovrà pertanto essere assunto uguale al maggiore dei valori ricavati dalle seguenti relazioni:

3.3.

$$s_0 = \frac{B}{2}\left[1+\sqrt{1+\frac{0,12\,D_m\,u}{\left(1+5\,\frac{D_m}{L}\right)B}}\right]+0,75$$

$$\text{con } B = \frac{p\,D_m\,X_1}{2\,R_{p(0,2)/t}\left(1+0,1\,\frac{D_m}{L}\right)}$$

3.4.

$$s_0 = D_m^{\,0,6}\cdot\left(\frac{p\,L\,X_2}{2,6\,E}\right)^{0,4}+0,75$$

Le formule 3.1., 3.2., 3.3., 3.4. si applicano solo ai focolari con diametro $\leq$ 1800 mm. La lunghezza L deve essere $\leq 6D_m$ con un massimo di 6 m.

4. *Anelli di rinforzo.*

Le piastre tubiere e altri elementi piani sono rinforzi efficaci per il calcolo dei focolari e dei fasciami delle camere di inversione. Gli anelli di rinforzo realizzati con piatti o con lamiere conformi alle figure 1.E.1. o 1.E.2. sono considerati rinforzi efficaci e per essi non è richiesto il calcolo del momento di inerzia.

Rinforzi non conformi alle figure 1.E.1. e 1.E.2. perchè siano efficaci devono avere un momento di inerzia della sezione rispetto all'asse neutro parallelo all'asse del tubo focolare non inferiore al valore risultante dalla relazione:

4.1.

$$I_0 = \frac{p\,D_m^3\,L}{1,33}\,10^{-6}\ \text{mm}^4$$

Ai fini del calcolo del momento di inerzia è consentito considerare facente parte della sezione di rinforzo un tratto di focolare, da ciascun lato dell'anello,

4.2.

$$Ls = 0,55\sqrt{D_m\cdot(s-0,75)}$$

Gli anelli di rinforzo devono essere saldati al focolare a piena penetrazione.

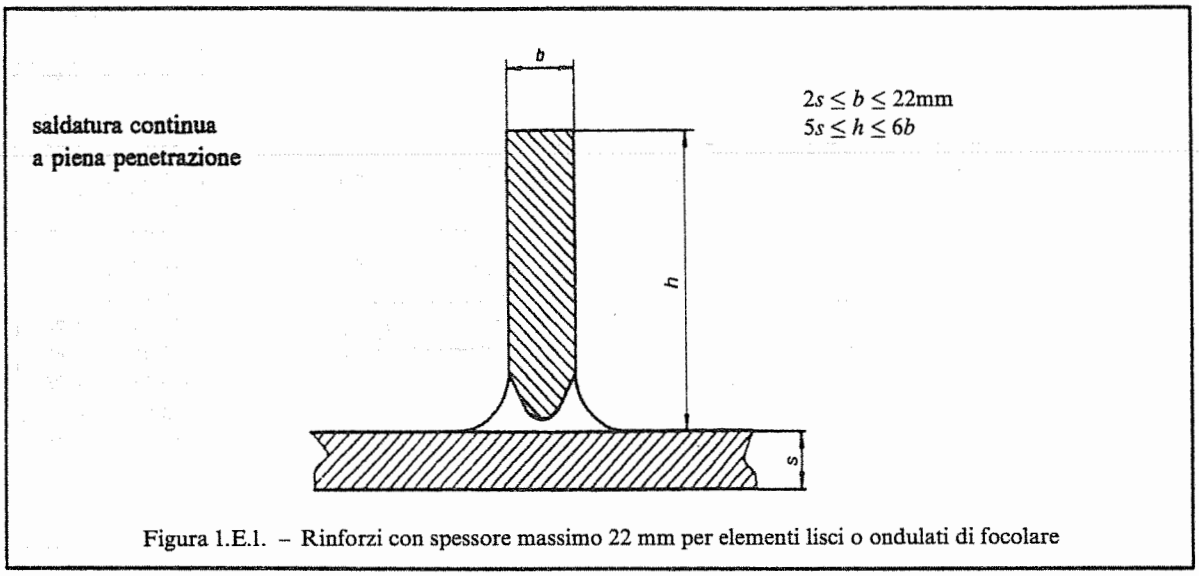


Figura 1.E.1. – Rinforzi con spessore massimo 22 mm per elementi lisci o ondulati di focolare

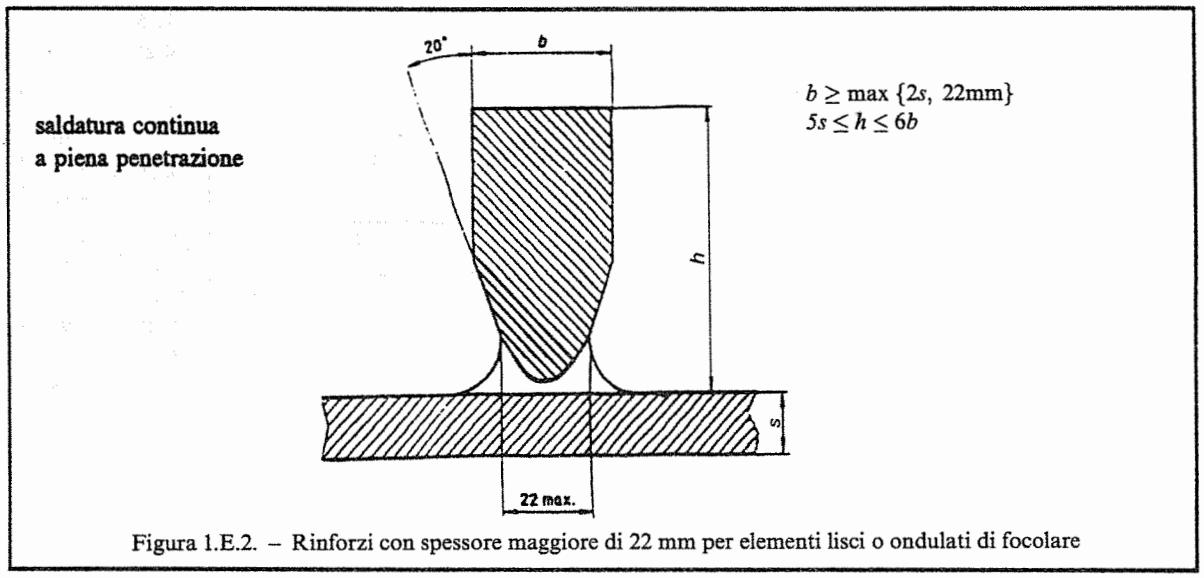


Figura 1.E.2. – Rinforzi con spessore maggiore di 22 mm per elementi lisci o ondulati di focolare

5. *Onde di rinforzo.*

Le onde di rinforzo sono rinforzi efficaci per elementi di focolare liscio, purchè il momento di inerzia della loro sezione rispetto all'asse neutro parallelo all'asse del focolare sia non inferiore al momento di inerzia risultante dalla relazione 4.1.

Ai fini del calcolo del momento di inerzia è consentito considerare facente parte della sezione di rinforzo un tratto del focolare, da ciascun lato dell'onda

5.1. $$L_s = 0{,}55\sqrt{D_m \cdot (s - 0{,}75)} - r$$

a partire dall'inizio della curvatura dell'onda.

Le onde di rinforzo devono essere simili a quelle rappresentate nelle figure 1.E.3a, 1.E.3b, 1.E.3c.

Il passo minimo tra i centri di due onde di rinforzo non deve essere inferiore a 600 mm.

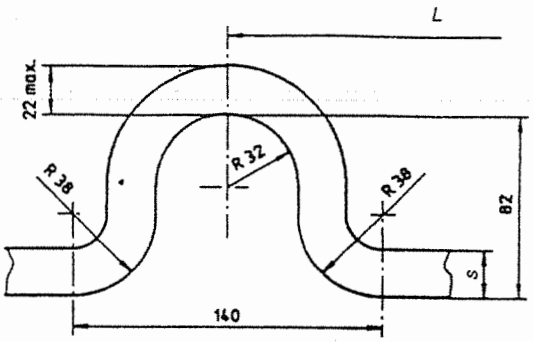
Le onde di rinforzo devono avere spessore minimo non inferiore a 10 mm e lo spessore s delle lamiere con cui sono formate non deve essere inferiore allo spessore di calcolo del tronco di focolare liscio interessato.

6. *Aperture su fasciami sottoposti a pressione esterna.*

Per le aperture nei fasciami sottoposti a pressione esterna si applicano le regole dei capitoli VSG.1.D. e VSG.1.K. limitatamente alle condizioni di progetto.

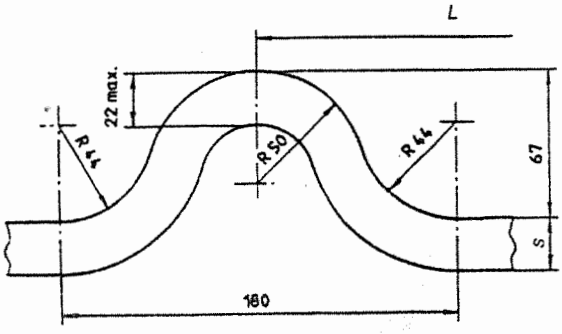
Ai fini della verifica della compensazione, il valore della pressione convenzionale p_c da utilizzare per le regole del capitolo VSG.1.K. si assume come segue:

6.1. $$p_c = p\,(1{,}6\,K/1{,}5)$$



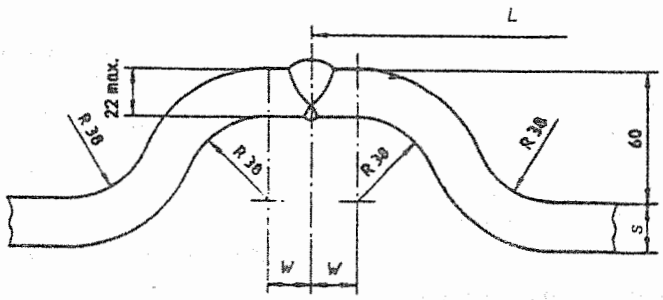
(a)

s - C	I mm^4 x 10^6
9.25	1.90
10.25	2.11
11.25	2.32
12.25	2.53
13.25	2.74
14.25	2.96
15.25	3.18
16.25	3.40
17.25	3.62
18.25	3.85
19.25	4.08
20.25	4.31
21.25	4.55



(b)

s - C	I mm^4 x 10^6
9.25	1.30
10.25	1.44
11.25	1.59
12.25	1.74
13.25	1.90
14.25	2.04
15.25	2.20
16.25	2.36
17.25	2.52
18.25	2.68
19.25	2.84
20.25	3.01
21.25	3.18



W = s - C, ma non meno di 13 mm

(c)

s - C	I mm^4 x 10^6
9.25	1.14
10.25	1.28
11.25	1.41
12.25	1.55
13.25	1.70
14.25	1.86
15.25	2.04
16.25	2.22
17.25	2.41
18.25	2.60
19.25	2.80
20.25	3.01
21.25	3.22

$0{,}55\sqrt{[D_m\,(s - 0{,}75)]} - r$

$r = R$ in mm

corrosione C = 0,75 mm

Figura 1.E.3. – Onde di rinforzo

in cui K è un coefficiente che per $D_e \geq 5L$ vale 1, mentre per $D_e < 5L$ è dato dalla formula:

$$6.2. \quad K = 1 + 0{,}015\, u\, (1 - 0{,}2\, D_e/L).\, D_e/s$$

in cui u è il valore dell'ovalizzazione.

Regola VSG.1.E.4.: *Focolari ondulati*

1. Lo spessore minimo ammissibile di focolari ondulati è di 10 mm e lo spessore massimo ammissibile è di 22 mm.

2. L'ovalizzazione non deve superare 1,5% con la variazione massima nel diametro non superiore al piu grande dei seguenti due valori: 6.5 mm, metà spessore. Non vi devono essere nè zone piane nè spigoli e ogni deviazione dalla circolarità deve essere graduale.

3. La massima pressione di progetto di un focolare ondulato deve essere determinata con la seguente formula:

$$3.1. \quad p_0 = \frac{R_{p(0,2)/t}}{X_1} \frac{2S}{p_c\, D_m} \cdot \frac{1 + 0{,}1 \dfrac{D_m}{L}}{1 + \left[\dfrac{S\, D_m \cdot W}{800\, I_0} \dfrac{u}{1 + 5 \dfrac{D_m}{L} \left(\dfrac{s - 0{,}75}{W} \right)^3} \right]}$$

dove oltre ai simboli indicati in VSG.1.E.3. punto 3:

p_0 massima pressione di progetto, in MPa;
S superficie della sezione longitudinale della parete del tubo focolare, dedotto il sovaspessore di corrosione C = 0,75 mm, su una lunghezza uguale al passo p_c, in mm^2;
p_c passo delle ondulazioni,in mm;
I_0 momento di inerzia della superficie S rispetto all'asse neutro parallelo all'asse del focolare, in mm^4;
W profondità ondulazione, in mm;
s spessore minimo del focolare dopo formatura, in mm;
X_1 2.5 coefficiente di sicurezza.

I valori di W, S, I_0 per i focolari tipo FOX e MORRISON possono essere dedotti dalle figure da 1.E.4a. a 1.E.4g.

4. Se il focolare ondulato ha un anello di rinforzo saldato su ogni ondulazione oppure ogni due ondulazioni, la sezione di questi rinforzi può essere computata nel calcolo della superficie S e del momento di inerzia I_0 per un'altezza massima limitata a 6 volte lo spessore del focolare. Le dimensioni degli anelli sono indicate nelle figure 1.E.1. e 1.E.2.

5. Un tubo focolare ondulato può essere liscio su una parte della lunghezza, in particolare alle sue estremità. Se questa porzione liscia ha una lunghezza non superiore a 250 mm, è sufficiente che il suo spessore sia uguale a quello della parte ondulata. Se questa porzione liscia ha lunghezza superiore a 250 mm, lo spessore della parte ondulata deve essere calcolato prendendo come lunghezza L la somma delle lunghezze dei tratti ondulato e liscio mentre lo spessore della parte liscia deve essere calcolato prendendo come lunghezza L la lunghezza effettiva del tratto liscio moltiplicata per 1,5 volte, senza tuttavia superare la lunghezza totale del focolare.

Regola VSG.1.E.5.: *Focolari interni di caldaie verticali*

1. Lo spessore minimo di calcolo dei focolari interni di caldaie verticali a sezione retta circolare, a parete liscia, si calcola con la formula seguente:

$$1.1. \quad s_0 = D_e \left(\frac{1{,}1}{f} p + 0{,}7 \frac{L}{L + D_e} \right)$$

in cui:

s_0 è lo spessore minimo di calcolo, in mm;
D_e è il diametro esterno del focolare, in mm;
p è la pressione di progetto, in MPa;
f è la sollecitazione massima ammissibile in MPa, come definita al capitolo VSG.1.B. alla temperatura media di parete indicata al punto 3. della regola VSG.1.D.2.;
L è l'altezza della parete cilindrica, in mm.

2. Il rapporto L/D_e non deve superare 2, se la pressione di esercizio non oltrepassa 5 bar, mentre può raggiungere il valore dell'espressione (1,5 + 0,1 p) per pressioni superiori a 5 bar.

3. Non sono ammessi, per focolari interni di caldaie verticali, spessori superiori a 22 mm.

Regola VSG.1.E.6.: *Tubi-camino di caldaie verticali*

1. I tubi-camino appartenenti a caldaie verticali ed aventi diametro esterno inferiore od uguale a 220 mm vanno calcolati come tubi ordinari di caldaia sottoposti a pressione dall'esterno, con la formula seguente (riportata in seguito nella regola 1.N.2.):

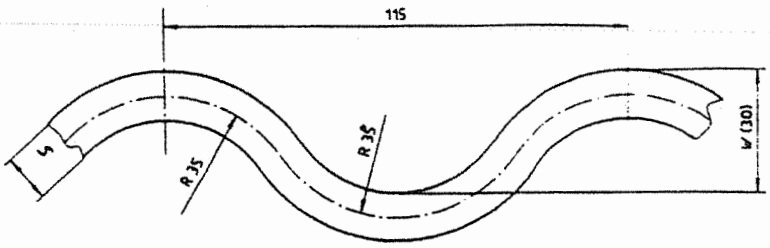
$$1.1. \quad s_0 = \frac{p\, D_e}{1{,}6\, f\, z}$$

in cui:

s_0 è lo spessore minimo di calcolo, in mm;
p è la pressione di progetto, in MPa;
D_e è il diametro esterno del tubo-camino, in mm;
f è la sollecitazione massima ammissibile, in MPa, come definita al capitolo VSG.1.B., alla temperatura media di parete indicata al punto 3. della regola VSG.1.D.2.;
z è il modulo di efficienza della saldatura longitudinale; per tubi senza saldatura esso è uguale ad 1.

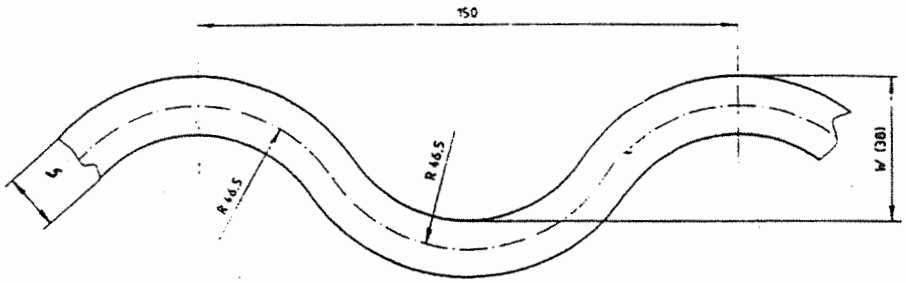
2. Lo spessore minimo del tubo non deve tuttavia essere inferiore a quello della tabella di cui alla regola VSG.1.N.3. maggiorato del 30%.

3. I tubi-camino delle caldaie verticali aventi diametro esterno superiore a 220 mm vengono assimilati a focolari interni di caldaie verticali e pertanto vanno dimensionati con la formula 1.1. della regola VSG.1.E.5.



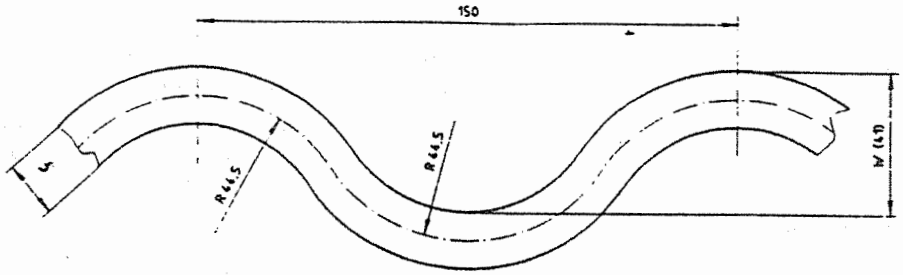
s - C	I mm⁴ x 10⁴	S mm² x 10²
8.25	13.9	11.1
9.25	15.8	12.5
10.25	17.8	13.8
11.25	19.9	15.2
12.25	22.1	16.5
13.25	24.4	17.9

(a) focolare tipo FOX (ondulazione 115 mm, ampiezza 30 mm)



s - C	I mm⁴ x 10⁴	S mm² x 10²
9.25	31.9	16.1
10.25	35.7	17.9
11.25	39.6	19.6
12.25	43.6	21.4
13.25	47.8	23.1
14.25	52.1	24.9
15.25	56.6	26.6
16.25	61.2	28.4
17.25	66.0	30.1
18.25	71.0	31.8
19.25	76.2	33.6
20.25	81.6	35.3
21.25	87.3	37.1

(b) focolare tipo FOX (ondulazione 150 mm, ampiezza 38 mm)

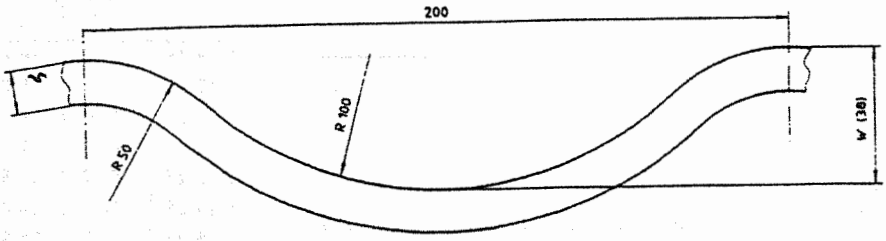


s - C	I mm⁴ x 10⁴	S mm² x 10²
9.25	37.7	16.5
10.25	42.2	18.3
11.25	46.8	20.1
12.25	51.5	21.9
13.25	56.3	23.6
14.25	61.3	25.4
15.25	66.4	27.2
16.25	71.8	29.0
17.25	77.3	30.8
18.25	83.0	32.6
19.25	88.9	34.3
20.25	95.0	36.1
21.25	101.4	37.9

(c) focolare tipo FOX (ondulazione 150 mm, ampiezza 41 mm)

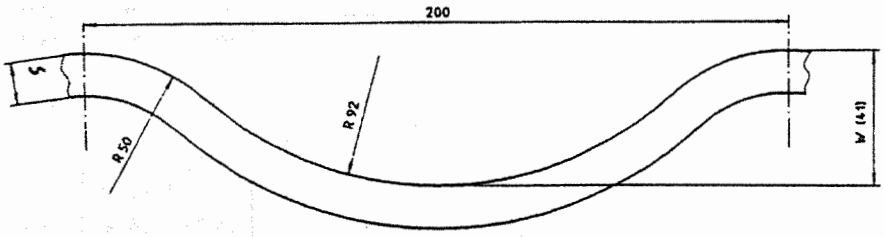
$C = 0,75$

Figura 1.E.4. – Momenti di inerzia e superfici delle onde di rinforzo di tipo FOX e MORRISON (continua)



s - C	I mm⁴ x 10⁴	S mm² x 10²
9.25	38.6	20.2
10.25	43.2	22.4
11.25	47.8	24.6
12.25	52.6	26.8
13.25	57.5	29.0
14.25	62.6	31.2
15.25	67.8	33.4
16.25	73.2	35.6
17.25	78.8	37.8
18.25	84.6	40.0
19.25	90.6	42.1
20.25	96.8	44.3
21.25	103.3	46.5

(d) focolare tipo MORRISON (ondulazione 200 mm, ampiezza 38 mm)

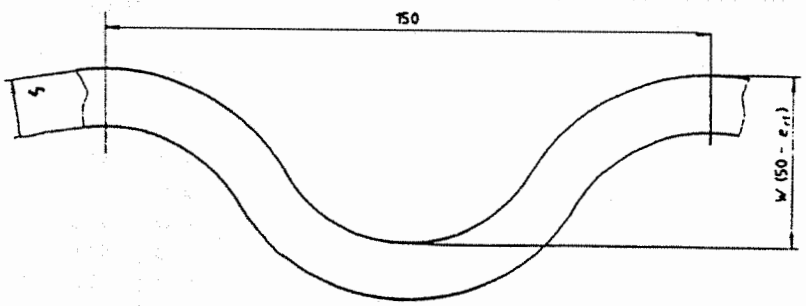


s - C	I mm⁴ x 10⁴	S mm² x 10²
9.25	45.6	20.5
10.25	50.9	22.7
11.25	56.3	25.0
12.25	61.8	27.2
13.25	67.5	29.4
14.25	73.3	31.6
15.25	79.3	33.8
16.25	85.5	36.1
17.25	91.8	38.3
18.25	98.4	40.5
19.25	105.2	42.7
20.25	112.2	44.9
21.25	119.5	47.2

(e) focolare tipo MORRISON (ondulazione 200 mm, ampiezza 41 mm)

$C = 0,75$

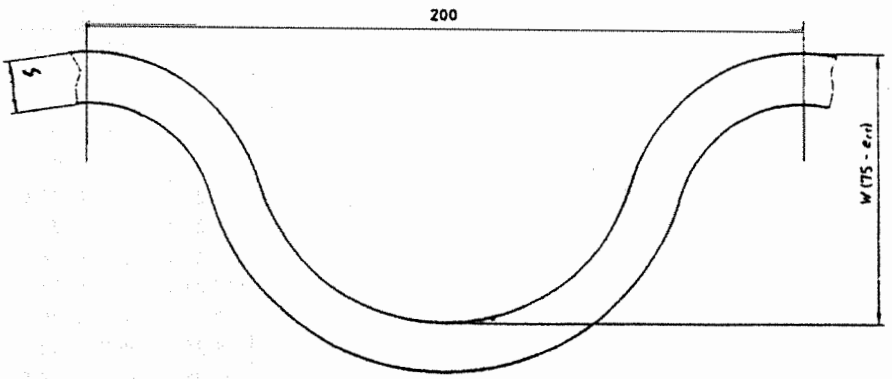
Figura 1.E.4. – Momenti di inerzia e superfici delle onde di rinforzo di tipo FOX e MORRISON (continua)



s - C	I mm^4 x 10^4	S mm^2 x 10^2
9.25	35.6	16.4
10.25	37.7	18.0
11.25	39.6	19.6
12.25	41.2	21.2
13.25	42.7	22.8
14.25	44.1	24.4
15.25	45.3	25.9
16.25	46.4	27.4
17.25	47.4	28.9
18.25	48.3	30.4
19.25	49.2	31.9
20.25	50.1	33.3
21.25	51.0	34.8

W = 50 - s

(f) focolare tipo FOX (ondulazione 150 mm, ampiezza 50 mm)



s - C	I mm^4 x 10^4	S mm^2 x 10^2
9.25	129.4	23.3
10.25	138.9	25.7
11.25	147.7	28.0
12.25	155.9	30.4
13.25	163.5	32.6
14.25	170.5	34.9
15.25	177.0	37.1
16.25	183.0	39.4
17.25	188.5	41.5
18.25	193.6	43.7
19.25	198.4	45.8
20.25	202.8	48.0
21.25	206.9	50.0

W = 75 - s

(g) focolare tipo FOX (ondulazione 200 mm, ampiezza 75 mm)

$C = 0,75$

Figura 1.E.4. – Momenti di inerzia e superfici delle onde di rinforzo di tipo FOX e MORRISON

ELENCO DELLE REGOLE CONTENUTE NEL CAPITOLO VSG.1.F.

Regola VSG.1.F.1.: *Simboli*

1. Nelle regole del presente capitolo sono impiegati i seguenti simboli in aggiunta a quelli riportati nelle regole VSG.0.3. e VSG.1.D.2.:

C coefficiente di forma da ricavare dal diagramma in figg. 1.F.1. o dalle tabelle VSG.1.F.1., VSG.1.F.2. e VSG.1.F.3.;

C_0 coefficiente di forma da ricavare dalla retta inferiore del diagramma in fig. 1.F.1.;

r raggio di curvatura del profilo di intradosso al raccordo con la parte cilindrica, in mm,

R raggio di curvatura del profilo di intradosso, al centro del fondo, in mm;

H altezza del fondo misurata sulla superficie esterna, a partire dal piano ove ha inizio il raccordo tra la parte curva e quella cilindrica, in mm.

d diametro interno di un eventuale tronchetto situato nella zona del raccordo di un fondo bombato.

Regola VSG.1.F.2.: *Fondi curvi senza aperture sottoposti a pressione sulla superficie di intradosso*

1. Lo spessore s_0 di un fondo curvo pieno, sottoposto a pressione sulla superficie di intradosso, avente base circolare, di profilo meridiano circolare, ellittico e paraellittico (o torosferico), è dato dal maggior valore risultante dalle seguenti formule:

1.1. $$s_o = \frac{p \cdot D_e}{2 \cdot f} \cdot C$$

1.2. $$s_o = \frac{p \cdot D_e}{2 \cdot f \cdot z} \cdot C_o$$

1.3. $$s_o = \frac{p \cdot R}{2 \cdot f \cdot z - 0,5 \cdot p}$$

Nel caso di fondi eseguiti in un sol pezzo è sufficiente l'applicazione della formula 1.1. per fondi ellittici e paraellittici, mentre per fondi a profilo meridiano circolare è necessario applicare, oltre la formula 1.1., la formula 1.3. introducendo il modulo di efficienza z che compete al giunto saldato di attacco del fondo al corpo cilindrico.

2. I valori del coefficiente di forma C da introdurre nella formula 1.1. si ricavano dal diagramma in figura 1.F.1. in funzione di H/D_e e di s/D_e ovvero, per valori di $H/D_e \leq 0,334$, dalla tabella VSG.1.F.1..

I valori del coefficiente di forma C_0 da introdurre nella formula 1.2. si ricavano dalla retta inferiore del diagramma in figura 1.F.1. in funzione di H/D_e.

È ammessa l"interpolazione lineare dei valori di C in fig. 1.F.1. ed in Tabella VSG.1.F.1. per valori di s/D_e diversi da quelli indicati.

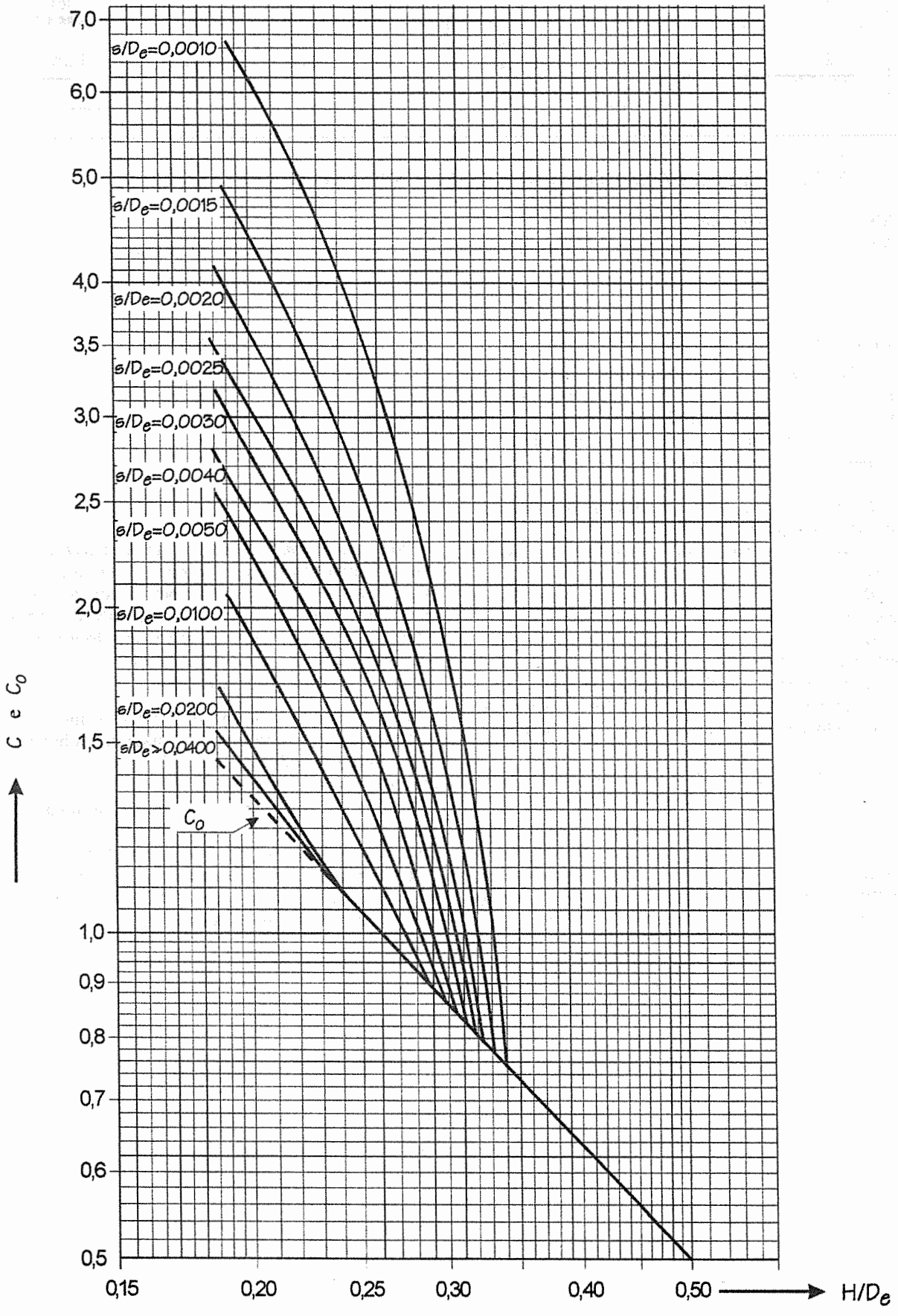


Figura 1.F.1. - Coefficienti di forma C e C_0 dei fondi curvi

Tabella VSG.1.F.1.

H/D_e	VALORI DEL COEFFICIENTE C									
	s/D_e									
	0.04	0.02	0.01	0.005	0.004	0.003	0.0025	0.0020	0.0015	0.0010
0.180	1.47	1.61	2.00	2.40	2.65	2.98	3.30	3.87	4.82	6.73
0.181	1.46	1.60	1.99	2.38	2.63	2.96	3.27	3.84	4.78	6.66
0.182	1.45	1.59	1.97	2.36	2.60	2.94	3.25	3.81	4.74	6.61
0.183	1.44	1.57	1.96	2.34	2.57	2.92	3.22	3.77	4.70	6.54
0.184	1.43	1.56	1.94	2.32	2.54	2.89	3.19	3.74	4.65	6.47
0.185	1.42	1.55	1.93	2.30	2.52	2.86	3.16	3.70	4.60	6.40
0.186	1.41	1.54	1.91	2.28	2.50	2.84	3.14	3.68	4.57	6.35
0.187	1.40	1.52	1.90	2.26	2.48	2.82	3.11	3.64	4.52	6.28
0.188	1.39	1.51	1.88	2.24	2.46	2.79	3.08	3.60	4.47	6.21
0.189	1.38	1.50	1.87	2.22	2.44	2.77	3.05	3.57	4.43	6.14
0.190	1.38	1.48	1.85	2.20	2.42	2.75	3.03	3.54	4.39	6.10
0.191	1.37	1.46	1.83	2.18	2.40	2.73	3.00	3.50	4.35	6.03
0.192	1.36	1.45	1.81	2.16	2.38	2.70	2.97	3.47	4.30	5.96
0.193	1.35	1.44	1.80	2.14	2.36	2.67	2.94	3.43	4.25	5.89
0.194	1.34	1.43	1.79	2.12	2.34	2.64	2.92	3.41	4.22	5.84
0.195	1.33	1.42	1.77	2.10	2.32	2.62	2.90	3.38	4.19	5.80
0.196	1.32	1.41	1.76	2.08	2.30	2.60	2.88	3.36	4.15	5.75
0.197	1.32	1.40	1.74	2.06	2.28	2.58	2.86	3.33	4.12	5.70
0.198	1.31	1.39	1.72	2.04	2.26	2.56	2.84	3.31	4.09	5.65
0.199	1.30	1.38	1.71	2.02	2.24	2.54	2.82	3.28	4.06	5.61
0.200	1.30	1.36	1.70	2.00	2.22	2.52	2.79	3.25	4.01	5.54
0.201	1.29	1.35	1.69	1.99	2.20	2.50	2.76	3.21	3.96	5.47
0.202	1.28	1.34	1.68	1.97	2.19	2.48	2.74	3.19	3.93	5.42
0.203	1.27	1.33	1.67	1.95	2.17	2.46	2.72	3.16	3.90	5.38
0.204	1.26	1.32	1.65	1.93	2.15	2.44	2.70	3.14	3.87	5.33
0.205	1.26	1.31	1.64	1.92	2.13	2.42	2.67	3.10	3.82	5.26
0.206	1.25	1.30	1.62	1.90	2.11	2.40	2.65	3.08	3.79	5.22
0.207	1.24	1.29	1.61	1.89	2.09	2.38	2.63	3.05	3.76	5.17
0.208	1.23	1.28	1.60	1.87	2.07	2.36	2.61	3.03	3.73	5.12
0.209	1.22	1.27	1.58	1.86	2.05	2.34	2.58	2.99	3.68	5.06
0.210	1.22	1.26	1.57	1.84	2.03	2.32	2.56	2.97	3.65	5.01
0.211	1.21	1.25	1.57	1.83	2.01	2.31	2.54	2.94	3.62	4.96
0.212	1.20	1.24	1.55	1.81	2.00	2.29	2.52	2.92	3.59	4.92
0.213	1.20	1.23	1.53	1.79	1.98	2.27	2.49	2.88	3.54	4.85
0.214	1.19	1.22	1.51	1.77	1.97	2.25	2.47	2.86	3.51	4.81
0.215	1.19	1.21	1.50	1.76	1.95	2.23	2.45	2.84	3.48	4.76
0.216	1.18	1.20	1.49	1.75	1.94	2.22	2.43	2.81	3.45	4.71
0.217	1.18	1.19	1.47	1.73	1.92	2.20	2.41	2.79	3.41	4.67
0.218	1.17	1.19	1.46	1.71	1.90	2.19	2.39	2.76	3.38	4.62
0.219	1.16	1.18	1.44	1.70	1.89	2.17	2.37	2.74	3.35	4.58
0.220	1.16	1.17	1.43	1.68	1.87	2.15	2.35	2.71	3.32	4.53
0.221	1.15	1.16	1.42	1.67	1.86	2.14	2.34	2.70	3.30	4.51
0.222	1.15	1.16	1.41	1.65	1.85	2.21	2.32	2.68	3.27	4.46
0.223	1.14	1.15	1.39	1.63	1.84	2.10	2.30	2.65	3.24	4.42
0.224	1.14	1.14	1.38	1.62	1.82	2.08	2.28	2.63	3.21	4.37
0.225	1.13	1.13	1.37	1.60	1.80	2.06	2.26	2.60	3.18	4.33
0.226	1.12	1.12	1.36	1.58	1.79	2.04	2.24	2.58	3.15	4.28
0.227	1.12	1.12	1.35	1.57	1.77	2.02	2.22	2.56	3.12	4.24
0.228	1.11	1.11	1.34	1.55	1.75	2.00	2.20	2.53	3.09	4.19
0.229	1.10	1.10	1.33	1.54	1.73	1.98	2.18	2.51	3.06	4.15
0.230	1.09	1.09	1.32	1.53	1.72	1.97	2.16	2.48	3.02	4.10
0.231	1.09	1.09	1.31	1.52	1.71	1.96	2.15	2.47	3.01	4.08
0.232	1.08	1.08	1.30	1.51	1.70	1.94	2.13	2.45	2.98	4.04
0.233	1.08	1.08	1.29	1.49	1.68	1.93	2.11	2.42	2.95	3.99

continua

Segue: **Tabella VSG.1.F.1.**

H/D_e	VALORI DEL COEFFICIENTE C									
	s/D_e									
	0.04	0.02	0.01	0.005	0.004	0.003	0.0025	0.0020	0.0015	0.0010
0.234	1.07	1.07	1.28	1.48	1.66	1.91	2.09	2.40	2.92	3.95
0.235	1.07	1.07	1.27	1.46	1.65	1.89	2.07	2.38	2.89	3.90
0.236	1.06	1.07	1.26	1.45	1.64	1.88	2.06	2.36	2.87	3.88
0.237	1.05	1.06	1.25	1.44	1.62	1.86	2.04	2.34	2.84	3.84
0.238	1.05	1.06	1.24	1.43	1.61	1.84	2.02	2.32	2.81	3.79
0.239	1.04	1.05	1.23	1.41	1.59	1.83	2.00	2.29	2.78	3.75
0.240	1.04	1.05	1.22	1.40	1.58	1.81	1.98	2.27	2.75	3.70
0.241	1.04	1.04	1.21	1.39	1.57	1.80	1.96	2.25	2.72	3.66
0.242	1.03	1.03	1.20	1.37	1.55	1.78	1.94	2.22	2.69	3.62
0.243	1.03	1.03	1.19	1.36	1.54	1.76	1.92	2.20	2.65	3.57
0.244	1.02	1.02	1.18	1.34	1.53	1.74	1.90	2.17	2.62	3.53
0.245	1.02	1.02	1.17	1.33	1.51	1.72	1.88	2.15	2.59	3.49
0.246	1.01	1.01	1.16	1.32	1.50	1.71	1.86	2.12	2.56	3.44
0.247	1.01	.101	1.15	1.31	1.49	1.69	1.84	2.10	2.53	3.40
0.248	1.01	1.01	1.14	1.30	1.47	1.67	1.82	2.08	2.50	3.36
0.249	1.00	1.00	1.13	1.29	1.46	1.66	1.80	2.05	2.47	3.31
0.250	1.00	1.00	1.12	1.27	1.44	1.64	1.78	2.03	2.44	3.27
0.251	0.99	0.99	1.11	1.26	1.43	1.63	1.77	2.02	2.43	3.25
0.252	0.99	0.99	1.10	1.25	1.42	1.61	1.75	1.99	2.40	3.20
0.253	0.99	0.99	1.09	1.24	1.40	1.59	1.73	1.97	2.37	3.16
0.254	0.98	0.98	1.09	1.23	1.39	1.57	1.72	1.96	2.35	3.14
0.255	0.98	0.98	1.08	1.22	1.37	1.55	1.70	1.93	2.32	3.10
0.256	0.97	0.97	1.07	1.21	1.36	1.54	1.69	1.92	2.30	3.07
0.257	0.97	0.97	1.06	1.20	1.34	1.52	1.67	1.90	2.27	3.03
0.258	0.97	0.97	1.05	1.18	1.33	1.50	1.65	1.87	2.24	2.99
0.259	0.96	0.96	1.04	1.17	1.32	1.49	1.63	1.85	2.21	2.95
0.260	0.96	0.96	1.03	1.16	1.30	1.47	1.61	1.83	2.18	2.90
0.261	0.96	0.96	1.02	1.15	1.29	1.46	1.60	1.81	2.17	2.88
0.262	0.96	0.96	1.01	1.14	1.28	1.44	1.58	1.79	2.14	2.84
0.263	0.95	0.95	1.00	1.13	1.27	1.43	1.56	1.77	2.11	2.80
0.264	0.95	0.95	0.99	1.12	1.25	1.41	1.55	1.75	2.09	2.77
0.265	0.95	0.95	0.99	1.11	1.24	1.40	1.53	1.73	2.06	2.73
0.266	0.94	0.94	0.98	1.10	1.23	1.39	1.52	1.72	2.05	2.71
0.267	0.94	0.94	0.98	1.09	1.21	1.37	1.50	1.69	2.02	2.67
0.268	0.93	0.93	0.97	1.08	1.20	1.35	1.48	1.67	1.99	2.63
0.269	0.93	0.93	0.97	1.07	1.19	1.34	1.46	1.65	1.96	2.59
0.270	0.93	0.93	0.96	1.06	1.18	1.32	1.44	1.62	1.93	2.54
0.271	0.92	0.92	0.95	1.05	1.16	1.30	1.43	1.61	1.92	2.52
0.272	0.92	0.92	0.94	1.04	1.15	1.28	1.41	1.59	1.89	2.48
0.273	0.92	0.92	0.94	1.03	1.14	1.26	1.39	1.57	1.86	2.44
0.274	0.91	0.91	0.93	1.02	1.13	1.25	1.37	1.54	1.83	2.40
0.275	0.91	0.91	0.93	1.02	1.12	1.24	1.36	1.53	1.81	2.38
0.276	0.91	0.91	0.92	1.01	1.11	1.23	1.34	1.51	1.78	2.34
0.277	0.90	0.90	0.91	1.00	1.10	1.22	1.33	1.49	1.77	2.31
0.278	0.90	0.90	0.90	0.99	1.09	1.20	1.31	1.47	1.74	2.27
0.279	0.90	0.90	0.90	0.98	1.07	1.19	1.29	1.45	1.71	2.23
0.280	0.89	0.89	0.89	0.97	1.06	1.17	1.27	1.42	1.68	2.19
0.281	0.89	0.89	0.89	0.96	1.05	1.15	1.26	1.41	1.67	2.17
0.282	0.88	0.88	0.88	0.95	1.04	1.13	1.24	1.39	1.64	2.13
0.283	0.88	0.88	0.88	0.94	1.03	1.12	1.22	1.37	1.61	2.09
0.284	0.87	0.87	0.87	0.94	1.02	1.11	1.21	1.35	1.59	2.07
0.285	0.87	0.87	0.87	0.93	1.01	1.10	1.20	1.34	1.58	2.05
0.286	0.87	0.87	0.87	0.92	1.00	1.09	1.19	1.33	1.56	2.03
0.287	0.86	0.86	0.86	0.91	0.99	1.07	1.17	1.31	1.53	1.99

continua

Segue: **Tabella VSG.1.F.1.**

H/D_e	VALORI DEL COEFFICIENTE C									
	s/D_e									
	0.04	0.02	0.01	0.005	0.004	0.003	0.0025	0.0020	0.0015	0.0010
0.288	0.86	0.86	0.86	0.90	0.98	1.06	1.16	1.29	1.52	1.97
0.289	0.86	0.86	0.86	0.89	0.97	1.05	1.14	1.27	1.49	1.93
0.290	0.86	0.86	0.86	0.88	0.96	1.04	1.13	1.26	1.47	1.91
0.291	0.86	0.86	0.86	0.88	0.95	1.03	1.12	1.25	1.46	1.89
0.292	0.85	0.85	0.85	0.87	0.94	1.02	1.10	1.23	1.43	1.85
0.293	0.85	0.85	0.85	0.87	0.93	1.00	1.09	1.21	1.42	1.83
0.294	0.85	0.85	0.85	0.86	0.92	0.99	1.07	1.19	1.39	1.79
0.295	0.85	0.85	0.85	0.86	0.91	0.98	1.06	1.18	1.37	1.77
0.296	0.85	0.85	0.85	0.86	0.90	0.97	1.05	1.17	1.36	1.75
0.297	0.84	0.84	0.84	0.85	0.89	0.96	1.03	1.14	1.33	1.71
0.298	0.84	0.84	0.84	0.85	0.88	0.95	1.02	1.13	1.32	1.69
0.299	0.84	0.84	0.84	0.84	0.87	0.94	1.00	1.11	1.29	1.65
0.300	0.84	0.84	0.84	0.84	0.86	0.93	0.99	1.10	1.27	1.63
0.301	0.83	0.83	0.83	0.83	0.85	0.92	0.98	1.09	1.26	1.61
0.302	0.83	0.83	0.83	0.83	0.84	0.91	0.97	1.07	1.25	1.59
0.303	0.83	0.83	0.83	0.83	0.84	0.89	0.95	1.05	1.22	1.55
0.304	0.82	0.82	0.82	0.82	0.83	0.88	0.93	1.03	1.19	1.51
0.305	0.82	0.82	0.82	0.82	0.83	0.87	0.92	1.02	1.17	1.49
0.306	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.86	0.91	1.00	1.16	1.47
0.307	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.85	0.90	0.99	1.15	1.45
0.308	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.84	0.89	0.98	1.13	1.43
0.309	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.82	0.87	0.96	1.10	1.40
0.310	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.86	0.95	1.09	1.38
0.311	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.84	0.92	1.06	1.34
0.312	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.82	0.90	1.03	1.30
0.313	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.81	0.89	1.02	1.28
0.314	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.80	0.88	1.00	1.26
0.315	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.87	0.99	1.24
0.316	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.86	0.95	1.20
0.317	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.84	0.94	1.18
0.318	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.82	0.93	1.15
0.319	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.80	0.92	1.13
0.320	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.79	0.90	1.11
0.321	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.79	0.88	1.09
0.322	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.87	1.07
0.323	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.85	1.04
0.324	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.84	1.00
0.325	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.82	0.98
0.326	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.80	0.95
0.327	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.78	0.92
0.328	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.90
0.329	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.88
0.330	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.86
0.331	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.85
0.332	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.82
0.333	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.79
0.334	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75

3. Per i fondi curvi a profilo ellittico o paraellittico, se vi sono aperture all'esterno dell'area compresa nella circonferenza di diametro 0,8 D_e, nei limiti da H/D_e = 0,20 a H/D_e = 0,25; si può tener conto di queste utilizzando la formula 1.1. in cui il valore di C si ricava per interpolazione dei due valori del coefficiente C ricavati dalle Tabelle VSG.1F.2. e VSG.1.F.3. rispettivamente per H/D_e = 0,20 e H/D_e = 0,25, in funzione di s/D_e e d/D_e, dove d è il diametro interno del tronchetto.

Se il rapporto H/D_e è superiore al limite 0,25 il metodo è ancora applicabile utilizzando i valori della tabella VSG.1.F.3. (H/D_e = 0,25), mentre se il rapporto H/D_e è inferiore al limite 0,20 il metodo è ancora applicabile fino al valore H/D_e = 0,18 utilizzando i valori di H/D_e = 0,20. Se il rapporto H/D_e è inferiore al limite 0,18 il metodo non è più utilizzabile.

Tabella VSG.1.F.2.

$H/D_e = 0.20$	VALORI DEL COEFFICIENTE C							
s/D_e	d/D_e							
	0	0.15	0.20	0.25	0.30	0.40	0.50	0.60
0.0010	5.540	5.954	6.453	7.167				
0.0015	4.010	4.412	4.828	5.412	6.002			
0.0020	3.250	3.636	4.008	4.517	5.041			
0.0025	2.790	3.160	3.505	3.964	4.442	5.365		
0.0030	2.520	2.876	3.200	3.622	4.066	4.927		
0.0040	2.220	2.550	2.845	3.215	3.612	4.373	5.165	
0.0050	2.000	2.308	2.583	2.916	3.279	3.964	4.635	5.318
0.0060	1.940	2.230	2.488	2.794	3.131	3.756	4.353	4.974
0.0070	1.880	2.155	2.399	2.681	2.999	3.574	4.124	4.694
0.0080	1.820	2.082	2.313	2.577	2.877	3.413	3.929	4.457
0.0090	1.760	2.010	2.230	2.478	2.764	3.265	3.757	4.250
0.0100	1.700	1.940	2.150	2.383	2.657	3.129	3.601	4.066
0.0200	1.360	1.545	1.683	1.827	2.021	2.341	2.713	3.033
0.0300	1.330	1.497	1.593	1.688	1.835	2.095	2.401	2.673
0.0400	1.300	1.477	1.532	1.596	1.709	1.934	2.186	2.435
0.0500	1.300	1.482	1.537	1.561	1.646	1.847	2.055	2.287
0.0600	1.300	1.485	1.540	1.542	1.603	1.784	1.958	2.175
0.0700	1.300	1.488	1.543	1.545	1.576	1.738	1.885	2.087
0.0800	1.300	1.493	1.548	1.550	1.558	1.704	1.831	2.016
0.0900	1.300	1.498	1.553	1.555	1.549	1.677	1.792	1.958
0.1000	1.300	1.504	1.559	1.561	1.546	1.657	1.763	1.910

Tabella VSG.1.F.3.

$H/D_e = 0.25$	VALORI DEL COEFFICIENTE C								
s/D_e	d/D_e								
	0	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.40	0.50	0.60
0.0010	3.270	3.724	4.448	5.196	5.929				
0.0015	2.440	2.833	3.436	4.031	4.604	5.162			
0.0020	2.030	2.385	2.914	3.419	3.909	4.420	5.524		
0.0025	1.780	2.108	2.586	3.032	3.470	3.941	4.901	5.903	
0.0030	1.640	1.947	2.388	2.790	3.192	3.630	4.488	5.391	5.951
0.0040	1.440	1.717	2.103	2.446	2.803	3.186	3.908	4.670	5.256
0.0050	1.272	1.526	1.875	2.179	2.507	2.849	3.483	4.147	4.726
0.0060	1.240	1.476	1.798	2.073	2.381	2.690	3.263	3.855	4.416
0.0070	1.210	1.432	1.731	1.985	2.278	2.559	3.087	3.625	4.164
0.0080	1.180	1.389	1.671	1.908	2.189	2.447	2.939	3.434	3.950
0.0090	1.150	1.348	1.615	1.838	2.109	2.348	2.812	3.271	3.766
0.0100	1.120	1.309	1.563	1.774	2.036	2.259	2.699	3.129	3.604
0.0200	1.000	1.256	1.303	1.456	1.665	1.802	2.125	2.414	2.758
0.0300	1.000	1.277	1.277	1.353	1.531	1.639	1.913	2.152	2.436
0.0400	1.000	1.284	1.284	1.282	1.438	1.537	1.780	1.994	2.246
0.0500	1.000	1.287	1.287	1.278	1.365	1.465	1.685	1.883	2.110
0.0600	1.000	1.287	1.287	1.278	1.307	1.412	1.613	1.798	2.008
0.0700	1.000	1.287	1.287	1.278	1.278	1.371	1.556	1.732	1.927
0.0800	1.000	1.287	1.287	1.278	1.278	1.340	1.511	1.677	1.857
0.0900	1.000	1.287	1.287	1.278	1.278	1.315	1.474	1.630	1.796
0.1000	1.000	1.287	1.559	1.278	1.278	1.295	1.443	1.589	1.741

È ammessa l'interpolazione lineare dei valori di C sia all'interno di ciascuna tabella sia tra tabella e tabella.

Sono ammessi solo tronchetti il cui asse è parallelo all'asse del fondo o il cui asse è coincidente con il raggio di curvatura del fondo al centro della foratura.

Se la congiungente i centri di due aperture adiacenti non è interamente compresa entro 0,8 D_e, la minima distanza tra i bordi delle aperture deve essere non inferiore alla semisomma dei diametri delle aperture stesse.

4. Le formule 1.1., 1.2. e 1.3. si applicano ai fondi curvi a base circolare aventi:

a) profilo meridiano semicircolare, per il quale $s \leq 0{,}16\ D_e$

b) profilo meridiano ellittico (fig. 1.F.4.), per il quale sia $H \geq 0{,}2\ D_e$ e $s \leq 0{,}08\ D_e$

c) profilo meridiano paraellittico (o torosferico) (fig. 1.F.5.) rispondente alle condizioni seguenti:

$s \leq 0{,}08\ D_e$ $\qquad r \geq 0{,}1\ D_e$

$r \geq 3s$ $\qquad R \leq D_e$

$H \geq 0{,}18\ D_e$

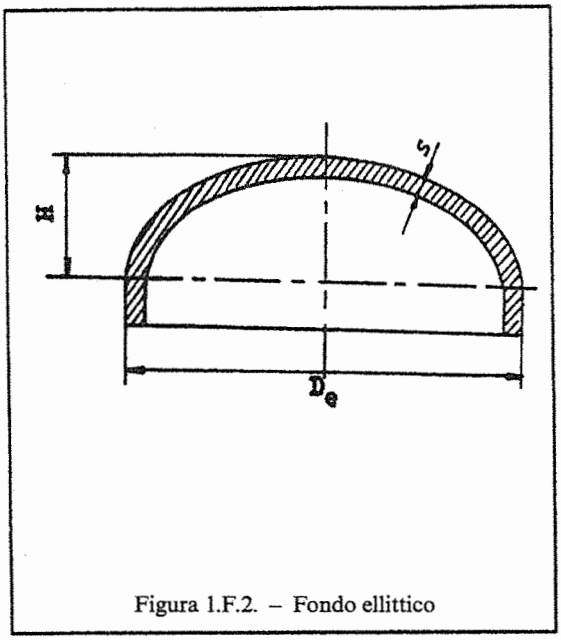


Figura 1.F.2. – Fondo ellittico

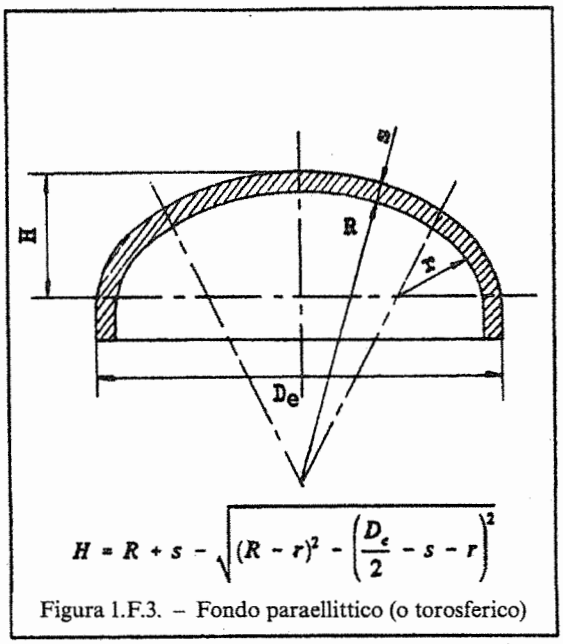


Figura 1.F.3. – Fondo paraellittico (o torosferico)

Nelle condizioni di cui alle lettere a), b) e c), s è lo spessore nominale.

Qualora il rapporto H/D_e, per i fondi a profilo paraellittico, sia compreso fra 0,18 e 0,20 è ammesso un valore di R fino ad 1,2 D_e.

5. Ogni fondo, esclusi quelli a profilo semicircolare, deve essere munito di un colletto cilindrico, ricavato in un solo pezzo col fondo stesso, avente un'altezza almeno pari a $0{,}3 \cdot \sqrt{D_e \cdot s}$.

L'altezza del colletto è limitabile a 100 mm se il giunto saldato di unione del fondo al fasciame cilindrico è radiografato al 100% con classe I di accettabilità dei difetti.

6. Nel caso di fondi emisferici, qualora lo spessore del fondo sia inferiore allo spessore del fasciame cilindrico, quest'ultimo può essere rastremato fino allo spessore del fondo come indicato in figura 1.F.4. relativamente alla lunghezza di rastremazione.

7. Nei casi in cui i fondi non siano realizzati in un sol pezzo, le giunzioni saldate debbono essere situate in modo da intersecare una circonferenza di diametro pari a 0,8 D_e oppure devono essere completamente contenute nel cerchio stesso.

Tali limitazioni non si applicano ai fondi emisferici:

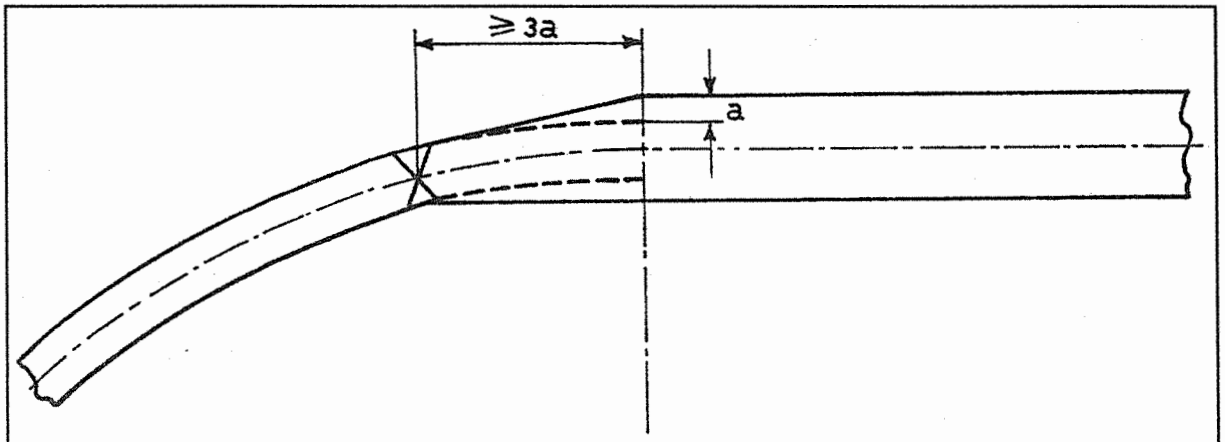


Figura 1.F.4. – Fondo emisferico saldato ad un fasciame cilindrico

ELENCO DELLE REGOLE CONTENUTE NEL CAPITOLO VSG.1.G.

Regola VSG.1.G.1.: *Fondi sferici sottoposti a pressione esterna*

1. La pressione di progetto p di un fondo sferico sottoposto a pressione esterna deve soddisfare le seguenti relazioni:

1.1. $$p \leq (1 - k') \frac{E_t}{9 + 0{,}006 \frac{R_e}{s}} \left(\frac{s}{R_e}\right)^2$$

1.2. $$p \leq (1 - k') \frac{1{,}5\, s f}{R_e}$$

in cui:

R_e raggio esterno, in mm, di un corpo sferico o di un fondo emisferico o raggio esterno massimo al centro di un fondo ellittico o torosferico;
u ovalizzazione, come definita nella regola VSG.0.A.3.;
k' coefficiente che vale 0 quando il valore di u è inferiore o uguale a 0,5 e che vale 0,2 quando il valore di u è compreso fra 0,5 ed 1;
E_t modulo elastico alla temperatura t, in MPa (rif. tabella di VSG.0.A.3.).

2. Nella verifica alla pressione di prova idraulica, la pressione di prova p_i deve soddisfare le seguenti relazioni:

2.1. $$p_i \leq 1{,}35\,(1 - k') \frac{E_{20}}{9 + 0{,}006 \frac{R_e}{s}} \left(\frac{s}{R_e}\right)^2$$

2.2. $$p_i \leq (1 - k') \frac{1{,}5\, s f_i}{R_e}$$

in cui:

E_{20} modulo elastico alla temperatura ambiente, in MPa (rif. tabella di VSG.0.A.3.).

Regola VSG.1.G.2.: *Fondi curvi sottoposti a pressione dalla parte convessa*

1. La pressione di progetto p di un fondo curvo pieno, collegato di testa al fasciame cilindrico, sottoposto a pressione dalla parte convessa si determina con le formule 1.1. e 1.2. della regola VSG.1.G.1.

2. Lo spessore di un fondo di profilo torosferico o ellittico non può comunque essere inferiore allo spessore richiesto per resistere a 1,2 volte la pressione p considerata agente dalla parte concava, assumendo in ogni caso $z = 1$.

3. Nella verifica alla pressione di prova idraulica la pressione di prova p_i deve soddisfare le relazioni 2.1. e 2.2. della VSG.1.G.1.

Regola VSG.1.G.3.: *Aperture nei fondi sottoposti a pressione esterna*

1. Per le aperture nei fondi sottoposti a pressione esterna si applicano le regole del capitolo VSG.1.K. limitatamente alle condizioni di progetto.

2. Ai fini della verifica della compensazione, il valore della pressione convenzionale p_c da utilizzare per le regole del capitolo VSG.1.K. per i fondi curvi si assumne come segue:

2.1. $$p_c = \frac{4}{3}\, p$$

ELENCO DELLE REGOLE CONTENUTE NEL CAPITOLO VSG.1.H.

Regola VSG.1.H.1.: *Fondi curvi per caldaie orizzontali non acquatubolari, a grandi corpi, con o senza tubi da fumo*

1. Lo spessore dei fondi curvi in un sol pezzo con risvolto, esterno od interno, per attacco di focolare e senza armatura di rinforzo, sottoposti a pressione sulla superficie di intradosso, si determina mediante la formula seguente:

$$1.1. \qquad s_o = \frac{p \cdot r}{1,6 \cdot f}$$

in cui:

s_0 spessore minimo di calcolo del fondo, in mm;
p pressione di progetto, in MPa;
r raggio di curvatura del profilo di introdosso al centro del fondo, in mm;
f sollecitazione massima ammissibile, in MPa, come definita al capitolo VSG.1.B., alla temperatura media di parete indicata al punto 3. della regola VSG.1.D.2.

2. La formula 1.1. è valida a condizione che il raggio r sia inferiore a 1,5 volte il diametro esterno del corpo cilindrico e che il raggio di raccordo r' non sia minore di tre volte s e comunque non inferiore a 60 mm, ossia per i fondi a grande curvatura e per tubi focolari provvisti di giunti di dilatazione tali da ridurre entro limiti accettabili le sollecitazioni trasmesse al fondo per la dilatazione del tubo focolare stesso.

3. Se sui fondi in un sol pezzo di caldaie non acquatubolari sono praticati passi d'uomo, sagomati con un risvolto, valgono le seguenti prescrizioni:

– la sezione meridiana deve comprendere una parte curva di raggio interno r'' non minore di 25 mm seguita da una parte cilindrica di altezza non inferiore, in ogni punto del perimetro, a 30 mm. Lo spessore del risvolto può essere anche inferiore allo spessore del fondo.

4. Per gli spessori minimi valgono le prescrizioni di cui alla regola VSG.1.D.9.

Regola VSG.1.H.2.: *Fondi curvi per caldaie verticali non acquatubolari, attraversati da tubo-camino*

1. Lo spessore dei fondi curvi in un sol pezzo, per caldaie verticali, attraversati da tubo-camino, sottoposti a pressione sulla faccia concava, si determina con la formula seguente:

$$1.1. \qquad s_o = \frac{p \cdot r}{1,3 \cdot f}$$

ove i simboli sono quelli di cui al punto 1. della regola VSG.1.H.1.

2. Per i fondi delle stesse caldaie sottoposti a pressione sulla faccia convessa, lo spessore si determina con la formula seguente:

$$2.1. \qquad s_o = \frac{p \cdot r}{f}$$

ove i simboli sono quelli di cui al punto 1. della regola VSG.1.H.1.

3. Per gli spessori minimi valgono le prescrizioni di cui alla regola VSG.1.D.9.

ELENCO DELLE REGOLE CONTENUTE NEL CAPITOLO VSG.1.K.

Regola VSG.1.K.1.: *Campo di applicazione e simboli*

1. Le regole di cui al presente capitolo VSG.1.K. riguardano le aperture ed i tronchetti applicati alle pareti di fasciami cilindrici o sferici, ai fondi curvi ed alle pareti coniche e tronco-coniche sottoposti a pressione interna.

2. Nelle regole del presente capitolo VSG.1.K. sono impiegati i seguenti simboli in aggiunta a quelli definiti nella regola VSG.0.3.:

a distanza, misurata sulla superficie media della parete, tra il centro di una apertura ed il bordo esterno dell'eventuale tronchetto o massello sia penetrante che appoggiato alla virola, oppure, in assenza di tronchetto o massello, tra il centro dell'apertura ed il bordo interno dell'apertura stessa, nella sezione in cui si esegue la verifica di compensazione, in mm;

a_1, a_2 distanze a relative alla verifica di aperture vicine, comprese entro la lunghezza Lc;

a'_1, a'_2 distanze a relative alla verifica di aperture vicine, prese esternamente alla lunghezza Lc;

A_f area sollecitata della sezione trasversale del materiale utile per la compensazione, in mm^2;

A_{fm} A_f del fasciame (parete principale), in mm^2;

A_{fp} A_f della piastra di rinforzo, in mm^2;

A_{fr} A_f del massello flangiato al netto della sezione della sede del bullone, in mm^2;

A_{fs} A_f della saldatura fra fasciame e tronchetto, in mm^2;

A_{ft} A_f del tronchetto, in mm^2;

A_p area soggetta alla pressione del fluido, in mm^2;

$A_{p\alpha}$ area addizionale soggetta a pressione per i tronchetti inclinati, dipendente dall'angolo di inclinazione del tronchetto preso sul piano della sezione, in mm^2;

A_{pm} A_p del fasciame (parete principale), in mm^2;

A_{pt} A_p del tronchetto, in mm^2;

d diametro interno del tronchetto, del massello flangiato, dimensione massima di una apertura in generale, in mm;

d_{if} diametro interno della parte cilindrica del fondo, in mm;

d_{ip} diametro interno della piastra di rinforzo, in mm;

d_o diametro esterno, in mm;

d_{op} d_o della piastra di rinforzo, in mm;

d_{or} d_o del massello flangiato, in mm;

d_{ot} d_o del tronchetto, in mm;

D_e diametro esterno della parte cilindrica dei fondi curvi, in mm;

D_i diametro interno dei fasciami cilindrici e conici al centro dell'apertura, e dei fondi curvi al centro del fondo ($D_i = 2.R$), in mm;

D_o diametro esterno dei fasciami cilindrici e conici al centro dell'apertura, in mm;

f sollecitazione massima ammissibile in progetto del fasciame o del fondo (parete principale), in MPa;

f_p f del materiale della piastra di rinforzo, in MPa;

f_r f del materiale del massello flangiato, in MPa;

f_t f del materiale del tronchetto, in MPa;

H altezza interna di un fondo bombato, senza colletto, in mm;

k coefficiente di riduzione del valore di L;

l altezza esterna utile del tronchetto, in mm;

l' altezza interna utile del tronchetto, in mm;

l_t altezza del tronchetto esterna alla parete, in mm;

l'_t altezza del tronchetto interna alla parete, in mm;

l_{cil} lunghezza d'influenza della giunzione cilindro-base minore del cono sul lato del cilindro (fig. 1.K.5.6), in mm:

l_{con} lunghezza d'influenza della giunzione cilindro-base minore del cono sul lato del cono (fig. 1.K.5.10), in mm;

l_m lunghezza della parete effettivamente disponibile per la compensazione di una apertura, in mm;

l_{max} massima lunghezza della parete, dal bordo della apertura o dal diametro esterno del tronchetto, disponibile per la compensazione vicino ad una discontinuità della parete principale in mm;

l_p larghezza della piastra di rinforzo, in mm;

l_{po} larghezza utile della piastra di rinforzo, in mm;

l_r larghezza del massello flangiato, in mm;

l_{ro} larghezza utile del massello flangiato, in mm;

L lunghezza massima della sezione della parete principale utile per la compensazione dell'apertura, presa sul raggio medio di curvatura della parete, a partire dal bordo esterno del tronchetto o massello penetrante o appoggiato alla virola, in mm;

L' lunghezza della sezione della parete principale che comprende l'intera sezione di due aperture vicine, presa sul diametro medio della parete stessa, in mm;

L_c distanza minima fra i centri di due aperture o tronchetti presa sulla superficie media di curvatura della parete, in mm. Nel caso di fasciami cilindrici o conici la distanza L_c va presa, a secondo della coppia di aperture considerate, su una generatrice, su un circolo direttore o su un arco di spirale. Nel caso di fondi curvi la distanza L_c va presa sulla sezione del fondo ottenuta con un piano passante per i centri delle due aperture e per il centro di origine del raggio di curvatura R del fondo curvo;

R raggio interno di curvatura del profilo di intradosso, al centro di un fondo curvo, in mm;

r_i raggio interno di curvatura della parete principale al centro dell'apertura, in mm;

s spessore del fasciame (parete principale) o spessore medio della parete nel tratto l_m, in mm;

s_p spessore della piastra di rinforzo, in mm;

s_r spessore del massello flangiato, in mm;

s_t spessore della parete del tronchetto o spessore medio di tale parete nel tratto l oppure l', in mm;

x distanza di una apertura da una discontinuità della parete principale, in mm;

α angolo tra l'asse del tronchetto e la perpendicolare alla fibra media della parete principale al centro dell'apertura, in gradi;

α_c angolo di conicità, compreso fra l'asse e la generatrice del cono, in gradi;

β angolo tra la tangente alla linea congiungente i centri di due aperture o tronchetti tracciata sulla superficie media della parete e la generatrice del fasciame cilindrico o conico, prese su uno dei due centri, in gradi;

θ angolo tra la congiungente il punto di proiezione sul fasciame della saldatura longitudinale del tronchetto ed il centro dell'apertura, e la generatrice del fasciame passante per il centro della apertura stessa, in gradi.

Regola VSG.1.K.2.: *Condizioni di applicazione*

1. I metodi di calcolo specificati alle regole VSG.1.K.3. e VSG.1.K.4. si applicano ai fasciami cilindrici e conici ed ai fondi curvi aventi aperture circolari, ellittiche od oblunghe, se risultano soddisfatte le ipotesi e le condizioni specificate nella presente regola.

Forze e/o momenti derivanti da carichi diversi da quelli originati dalla pressione interna non sono presi in considerazione in tali metodi di calcolo.

2. Il rapporto tra il diametro interno del tronchetto o dell'apertura e quello della parete principale deve soddisfare la condizione:

$$2.1. \qquad \frac{d}{2r_i} \leq 0,3$$

Per i fasciami cilindrici e conici è possibile avere il rapporto d/D_i maggiore di 0,3 se il rapporto tra gli spessori s_t/s non supera il valore indicato sul grafico di figura 1.K.2.1., funzione del rapporto $d/2r_i$.

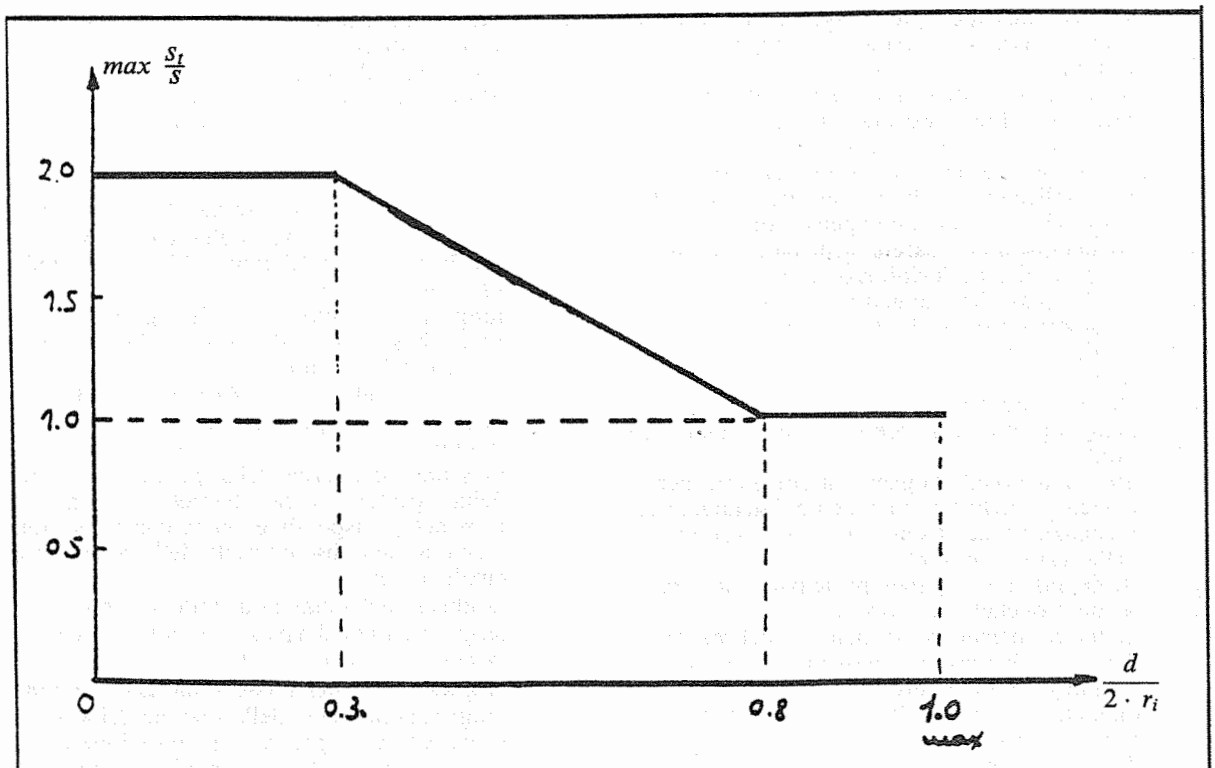


Figura 1.K.2.1. – Valore massimo del rapporto s_t/s

Per i fondi curvi (emisferici, paraellittici ed ellittici) è possibile avere il rapporto $d/2r_i > 0{,}3$ ma con $d/D_e \leq 0{,}6$ se il rapporto tra gli spessori s_t/s non supera il valore indicato sul grafico di figura 1.K.2.1., funzione del rapporto $d/2r_i$.

Qualora il rapporto s_t/s superi i limiti previsti nel grafico della fig. 1.K.2.1., lo spessore del tronchetto da usare nei calcoli previsti nei successivi paragrafi non deve essere superiore al valore massimo previsto dal grafico stesso per il rapporto $d/2r_i$ considerato.

3. Il metodo di calcolo specificato alle regole VSG.1.K.3. e VSG.1.K.4. si applica ai fasciami cilindrici e conici ed ai fondi ellittici, torosferici ed a calotta sferica allorquando le aperture e i tronchetti sono distanti dal bordo della parete di un valore x non inferiore alla distanza minima indicata per ogni tipo di parete alla regola VSG.1.K.5. In particolare tale metodo non si applica ai fori su fondo curvo posizionati sulla zona di raccordo del fondo al fasciame che non è compresa entro lo 0,8 D_e del fondo stesso, ai quali può essere applicato il metodo descritto in VSG.1.F.2.3. alle condizioni ivi esposte.

4. I fasciami cilindrici e conici e i fondi curvi con aperture devono essere rinforzati dove necessario. Il rinforzo può essere effettuato:

a) aumentando lo spessore della parete principale che risulterebbe necessario in assenza di aperture (figure 1.K.2.2. e 1.K.2.3.);

b) applicando con saldatura una piastra di rinforzo (figure 1.K.2.4. e 1.K.2.5.);

c) applicando con saldatura un massello flangiato (figure 1.K.2.6. e 1.K.2.7.);

d) incrementando lo spessore minimo necessario dei tronchetti (figure da 1.K.2.8. a 1.K.2.11.);

e) ricorrendo ad una combinazione dei metodi sopra citati (figure 1.K.2.12., 1.K.2.13. e 1.K.2.14.).

La parte di piastra di rinforzo che, nei fondi curvi, eventualmente supera 0.8 D_e (fig. 1.K.5.12.) non deve essere presa in considerazione ai fini della verifica di compensazione delle aperture.

5. Il metodo di calcolo esposto è ricavato dalle formule relative al calcolo di verifica dei fasciami cilindrici e sezioni sferiche dei fondi curvi rispettivamente, e deriva dalla relazione tra l'area soggetta alla pressione del fluido A_p e l'area sollecitata della sezione trasversale del materiale utile per la compensazione A_f (figure da 1.K.2.2. a 1.K.2.16).

6. Quando è necessario un rinforzo, esso deve risultare sufficiente in tutti i piani passanti per l'asse della apertura.

7. Nel caso di aperture ellittiche o oblunghe il rapporto tra l'asse maggiore e quello minore non deve superare 2. Per aperture ellittiche o oblunghe su fasciami conici e cilindrici deve essere presa come diametro di calcolo la dimensione della apertura lungo la generatrice, mentre su fondi curvi deve essere presa in esame la dimensione maggiore.

8. I tronchetti saldati con saldature d'angolo non penetranti (vedere figure 1.K.2.15 e 1.K.2.16) possono essere presi in considerazione per il rinforzo delle aperture solo se lo spessore di saldatura m indicato nelle figure citate risulta non inferiore al valore del minore dei due spessori, del fasciame e del tronchetto, moltiplicato per 0,7.

9. La compensazione delle aperture mediante piastre di rinforzo è ammessa soltanto alla seguente condizione:

9.1. $$\frac{d}{2 \cdot r_i} \leq 0{,}5$$

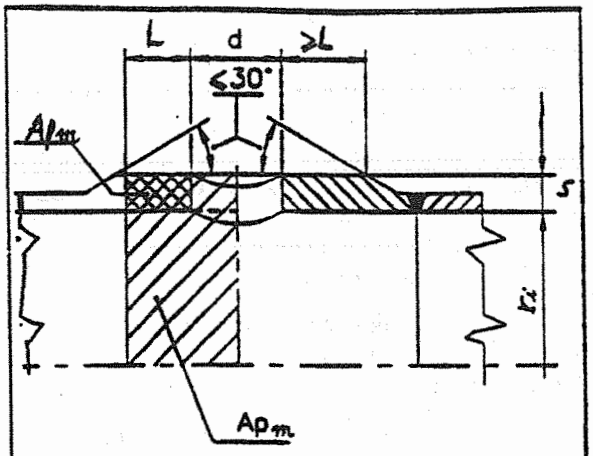


Figura 1.K.2.2. – Rinforzo mediante aumento di spessore del fasciame

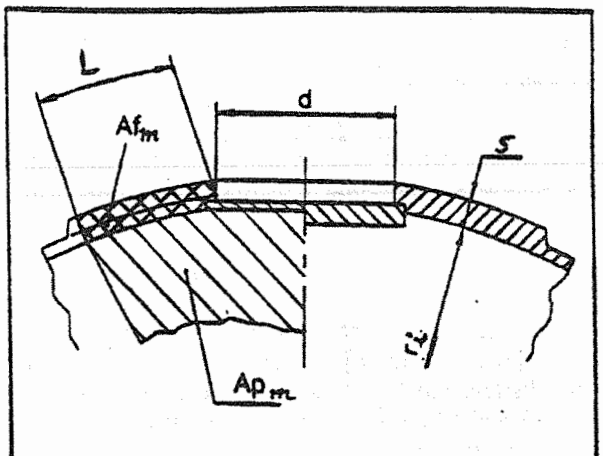


Figura 1.K.2.3. – Rinforzo mediante aumento di spessore del fasciame

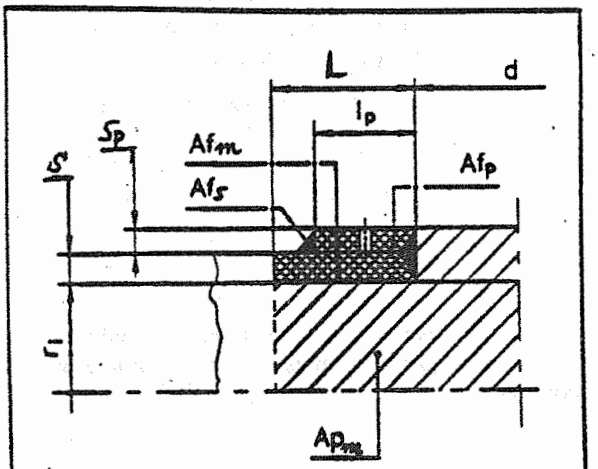


Figura 1.K.2.4. – Rinforzo mediante piastra di rinforzo

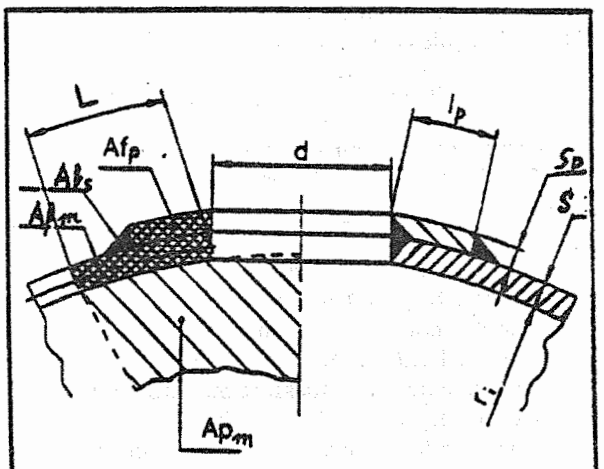


Figura 1.K.2.5. – Rinforzo mediante piastra di rinforzo

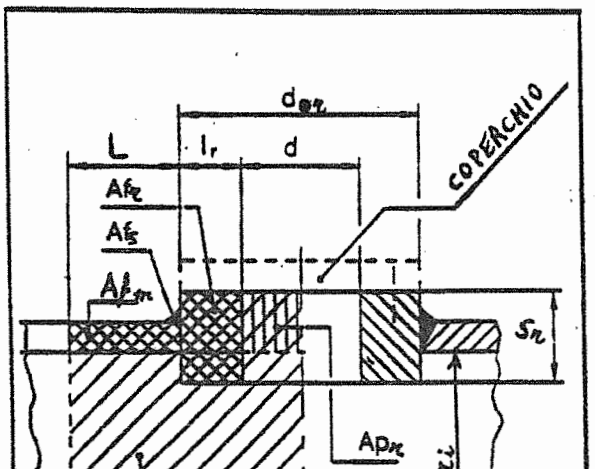


Figura 1.K.2.6. – Rinforzo mediante massello flangiato

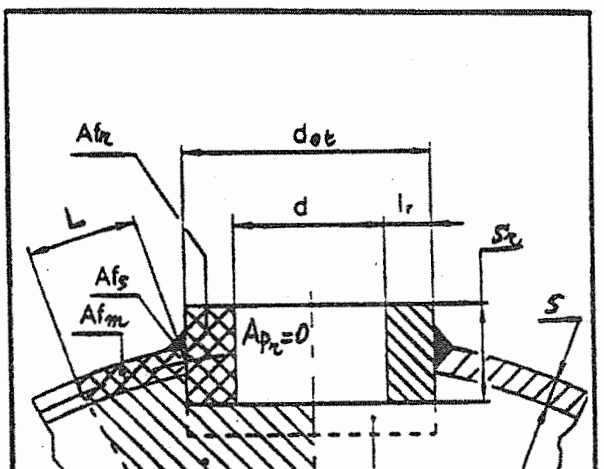


Figura 1.K.2.7. – Rinforzo mediante massello flangiato

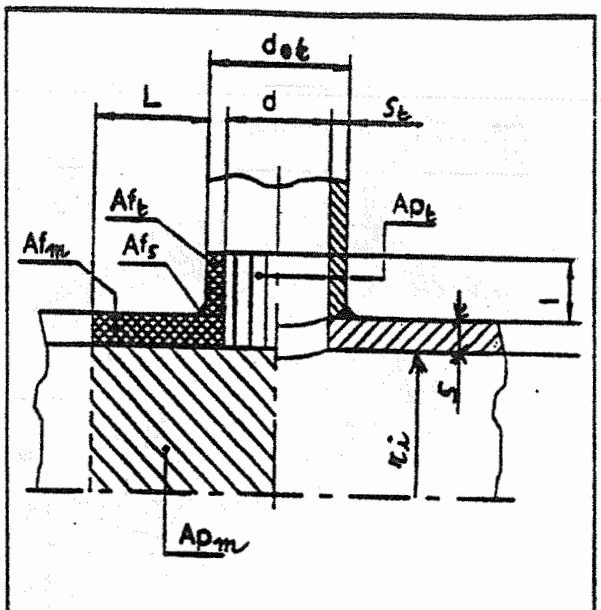


Figura 1.K.2.8. – Rinforzo mediante tronchetto

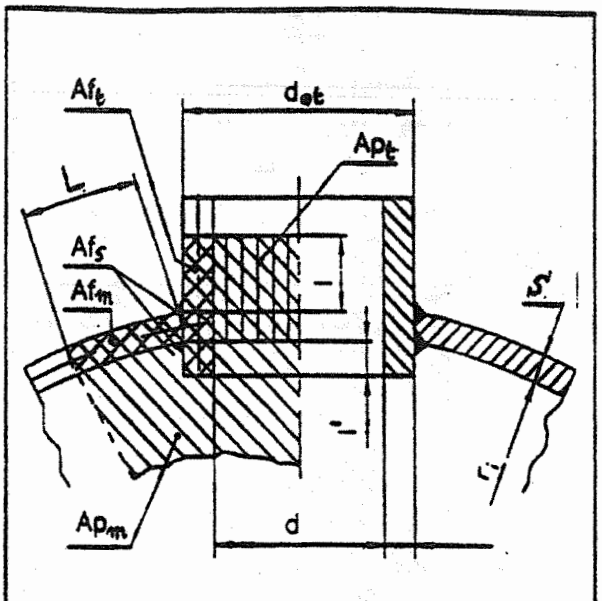


Figura 1.K.2.9. – Rinforzo mediante tronchetto

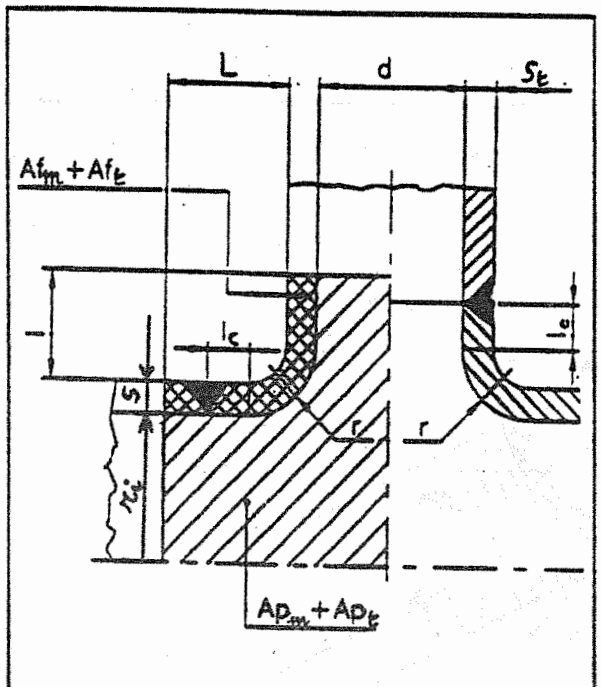


Figura 1.K.2.10. – Rinforzo mediante tronchetto estruso su fasciame cilindrico

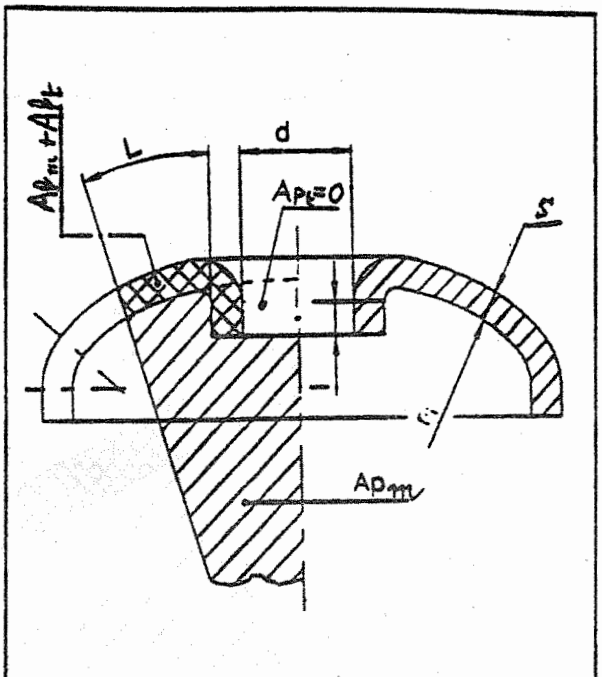


Figura 1.K.2.11. – Chiusura autoclave: rinforzo mediante tronchetto estruso su fondo curvo

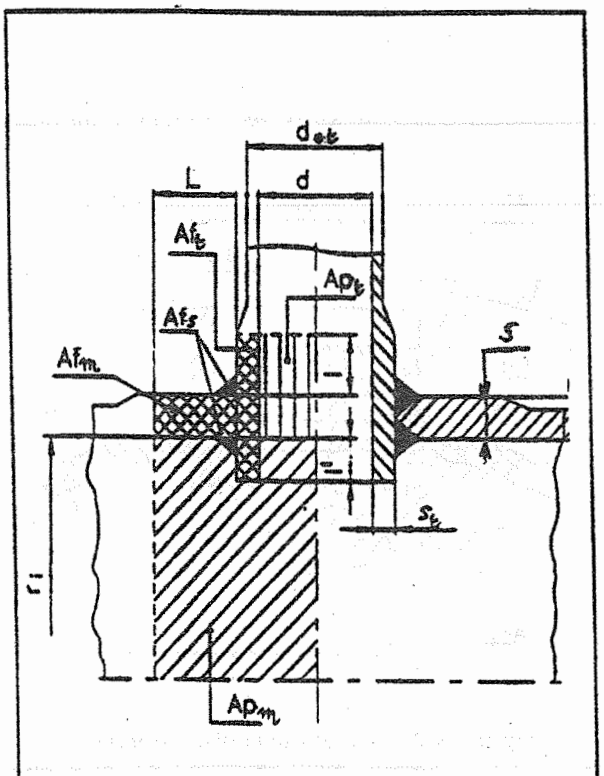


Figura 1.K.2.12. – Rinforzo di tipo misto

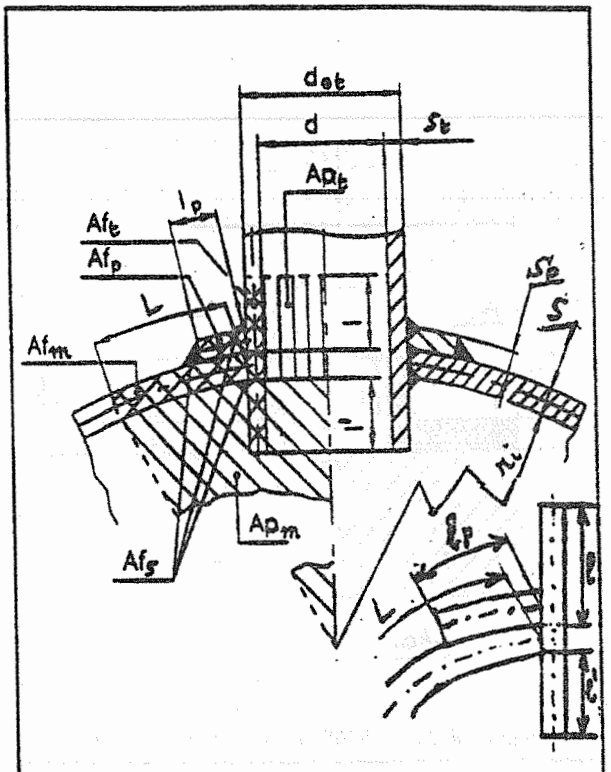


Figura 1.K.2.13. – Rinforzo di tipo misto

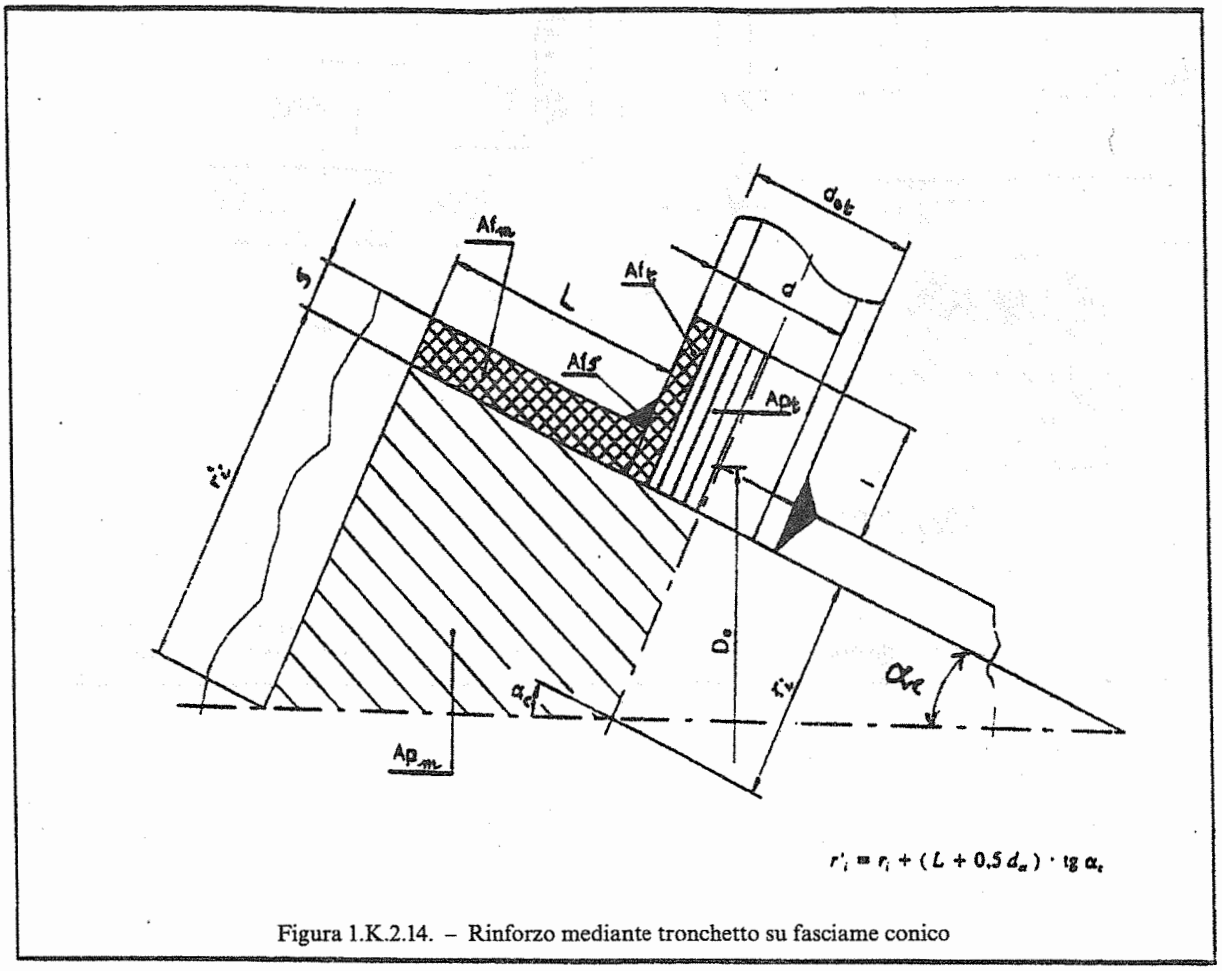


Figura 1.K.2.14. – Rinforzo mediante tronchetto su fasciame conico

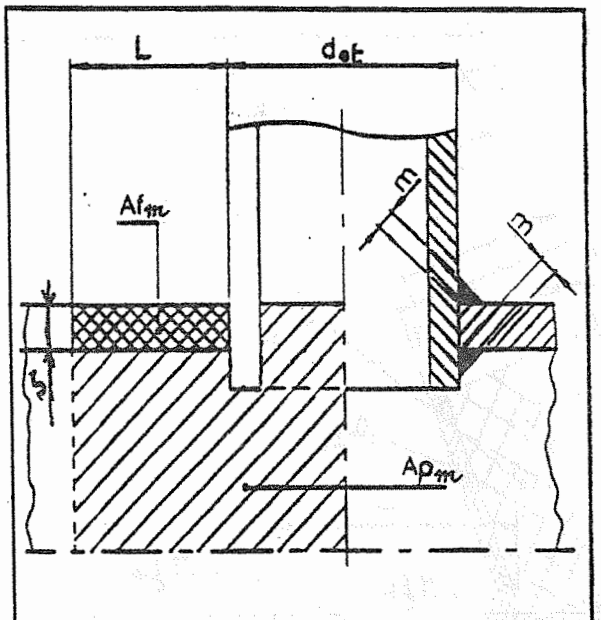


Figura 1.K.2.15. – Rinforzo con tronchetto penetrante

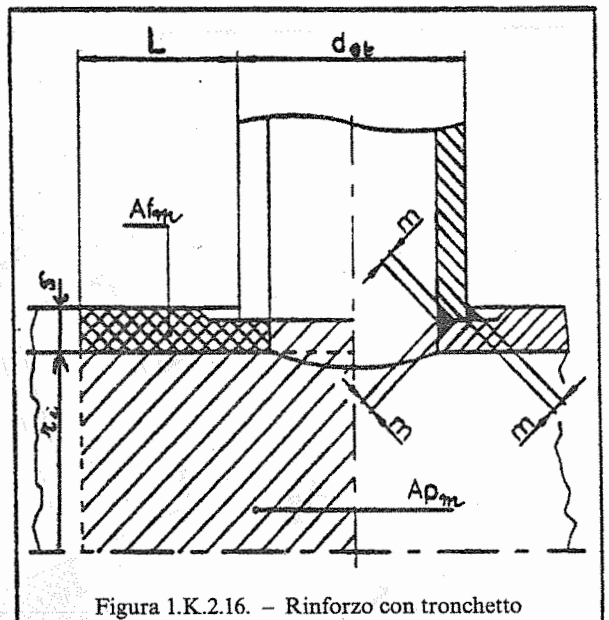


Figura 1.K.2.16. – Rinforzo con tronchetto parzialmente penetrante

Regola VSG.1.K.3.: *Fasciami cilindrici e conici e fondi curvi con aperture isolate*

1. *Aperture isolate.*

1.1. Aperture e tronchetti adiacenti possono essere considerati come aperture isolate se la distanza L_c fra i centri di tali aperture, presa sul diametro medio della parete principale, soddisfa la seguente relazione:

1.1. $$L_c \geq a_1 + a_2 + L_1 + L_2$$

in cui a_1 e a_2 sono prese lungo L_c (cfr. figure 1.K.3.6., 1.K.3.7., 1.K.3.8., 1.K.3.9.) mentre L è per ciascuna apertura:

1.2. $$L = \sqrt{(2r_i + s) \cdot s}$$

in cui:

s spessore effettivo della sola parete principale oppure lo spessore medio sul tratto L, senza considerare lo spessore di eventuali piastre di rinforzo presenti,

r_i raggio interno di curvatura della parete principale al centro di ciascuna apertura, e cioè:

– per fasciami cilindrici

1.3. $$r_i = \frac{D_o}{2} - s$$

– per fondi emisferici o torosferici

1.4. $$r_i = R$$

– per fondi ellittici o paraellittici

1.5. $$r_i = 0,9 \cdot \frac{d_{if}^2}{4H}$$

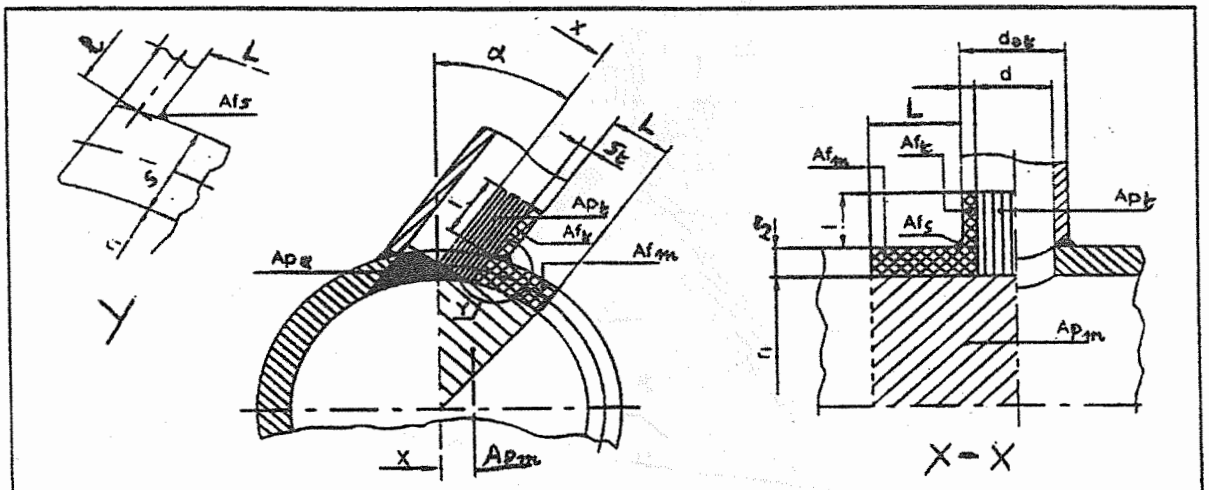


Figura 1.K.3.1. – Fasciame cilindrico con tronchetto inclinato lungo il circolo direttore

$$Ap_\alpha = \frac{d^2}{2} \cdot tg\,\alpha$$

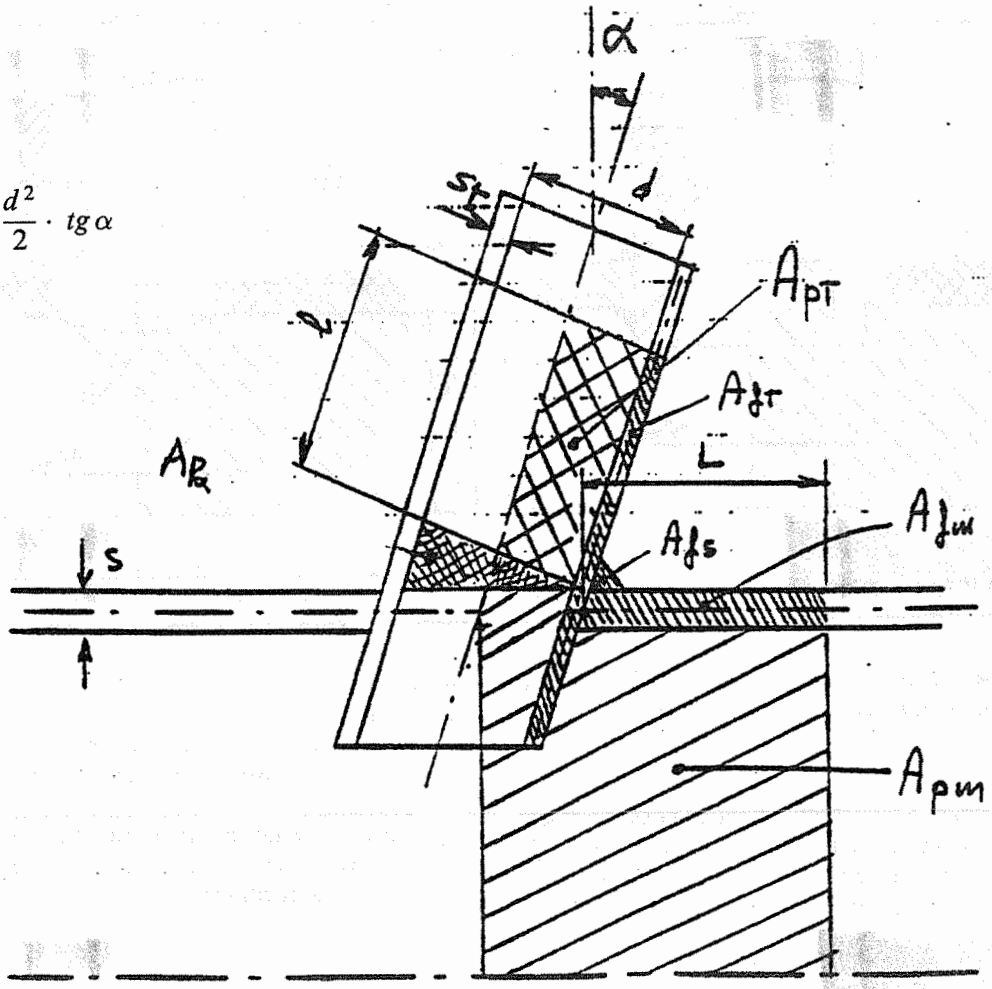
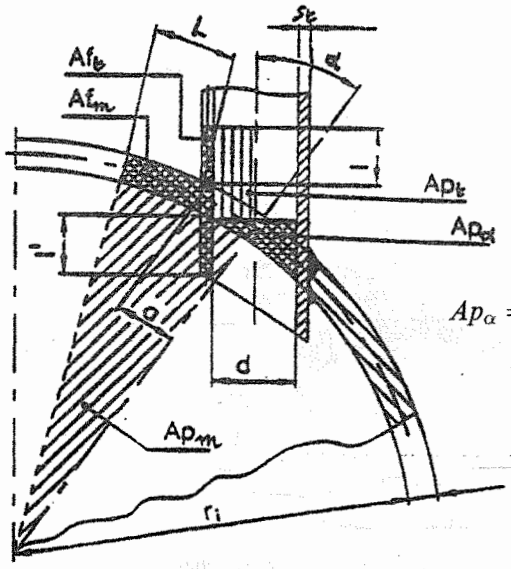


Figura 1.K.3.2. – Fasciame cilindrico con tronchetto inclinato lungo la generatrice



$$Ap_\alpha = \frac{d^2}{2} \cdot tg\,\alpha$$

Figura 1.K.3.3. – Fondo sferico con tronchetto inclinato

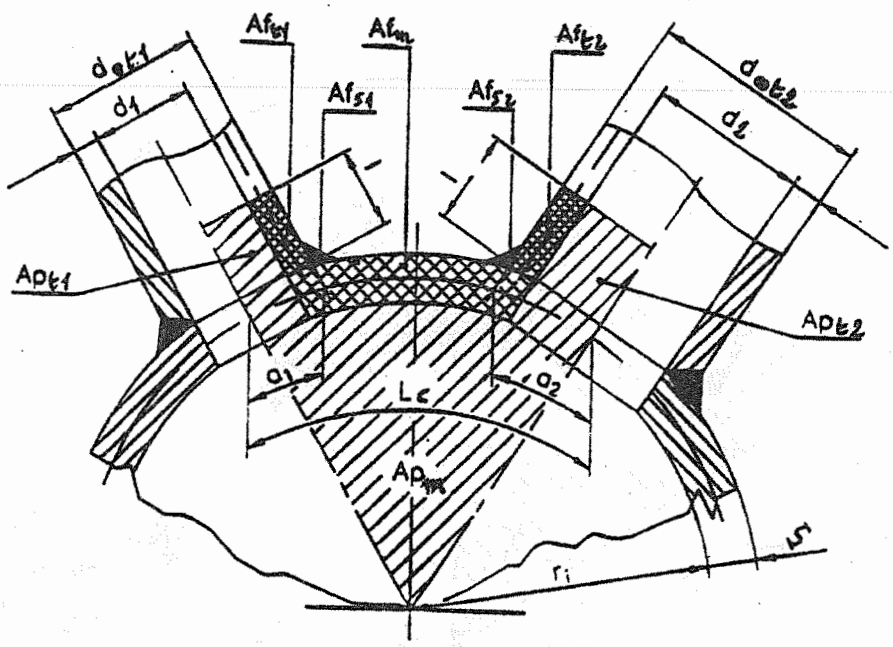
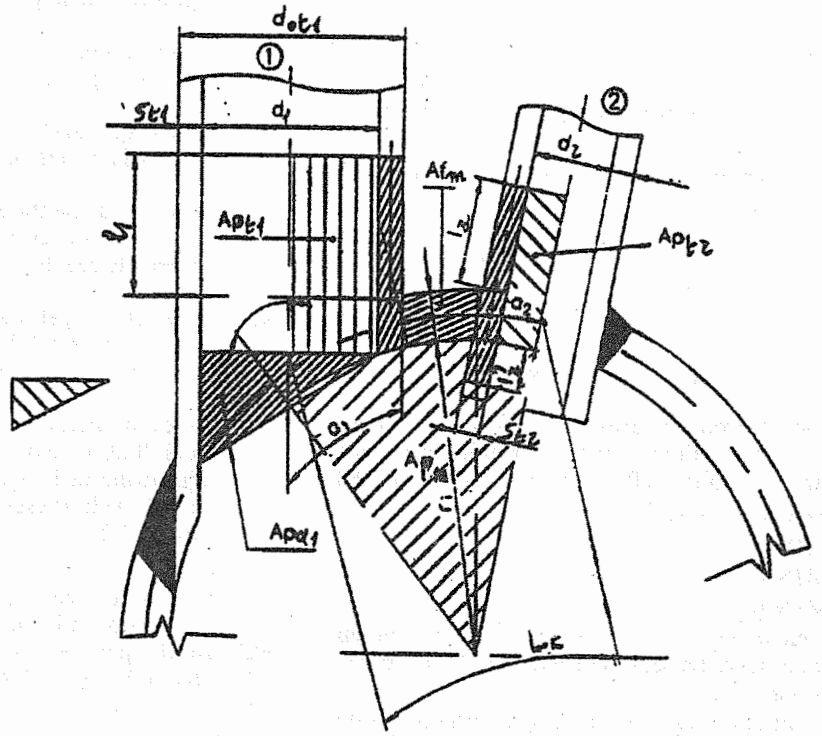


Figura 1.K.3.5. – Aperture non isolate su fondo curvo o sferico



$$Ap_{\alpha_1} = \frac{d_2^2}{2} \cdot tg\,\alpha_1$$

Figura 1.K.3.7. – Tronchetti inclinati non isolati su fondo sferico
(con assi dei tronchetti e centro di curvatura complanari)

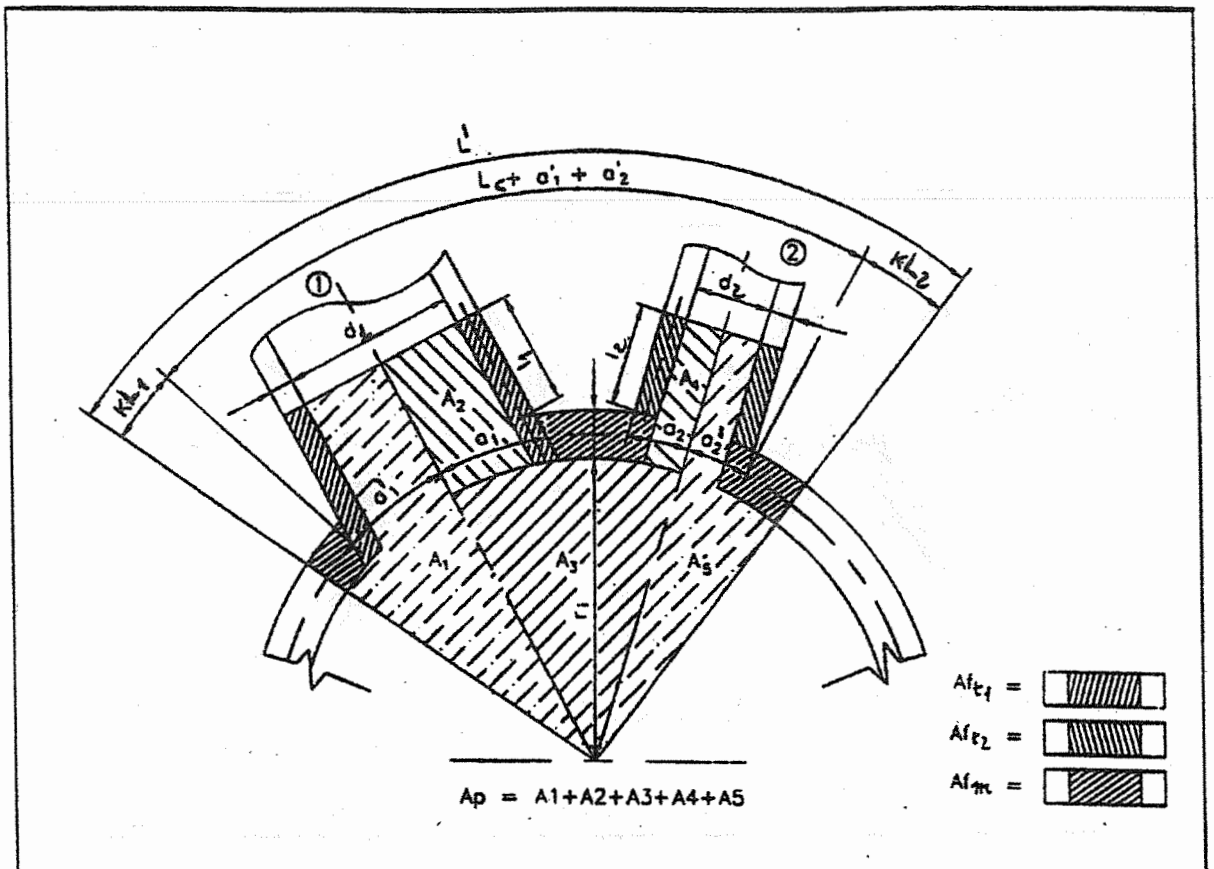


Figura 1.K.3.9. – Aperture adiacenti poco rinforzate (interferenti) su fondo sferico o curvo

– per fasciami conici

1.6. $$r_i = \frac{D_o}{2 \cos \alpha_c} - s$$

2. *Equazione generale per la compensazione di aperture isolate.*

2.1. Per le aperture isolate deve risultare verificata la seguente condizione generale:

2.1. $$(A_{fm} + A_{fs}) \cdot (f - 0,5p) + A_{fp}(f_{op} - 0,5p) + A_{ft}(f_{ot} - 0,5p) \geq p(A_{pm} + A_{pt} + 0,5A_{p\alpha})$$

In questa formula i termini relativi al tronchetto possono essere sostituiti dai termini relativi al massello flangiato; inoltre (cfr. figure da 1.K.2. a 1.K.16.):

p pressione di calcolo;

f_{ot} MIN (f, f_t);

f_{op} MIN (f, f_p);

f_{or} MIN (f, f_r);

A_{fm} area sollecitata A_f, utile ai fini della compensazione, della sezione trasversale della parete principale;

A_{fs} eventuale area di saldatura, esterna al profilo fasciame-tronchetto, del tronchetto (o del massello) e/o della piastra di rinforzo sulla parete entro la lunghezza l_m del fasciame;

A_{fp} area A_f della piastra di rinforzo descritta al punto 4. della presente regola;

A_{fr} area A_f del massello flangiato descritta al punto 5. della presente regola;

A_{ft} area A_f del tronchetto descritta ai punti 6.1. e 6.2 della presente regola;

A_{pm} area A_p soggetta alla pressione del fluido relativa alla parete principale;

A_{pt} area A_p soggetta alla pressione del fluido relativa al tronchetto, descritta al punto 6.1. della presente regola;

A_{pr} area A_p soggetta alla pressione del fluido relativa al massello flangiato, descritta al punto 5. della presente regola;

$A_{p\alpha}$ area addizionale A_p soggetta alla pressione del fluido relativa al tronchetto inclinato e funzione dell'angolo α, descritta ai punti 6.2. e 6.3. della presente regola (cfr. figure 1.K.3.1 e 1.K.3.2.).

I valori delle aree A_{fm}, A_{fs}, A_{fp}, A_{fr}, A_{ft}, A_{pm}, A_{pt}, A_{pr}, $A_{p\alpha}$ sono indicati graficamente nelle figure. Nel caso di aperture rinforzate con tronchetti o masselli valgono le seguenti formule:

– per fasciami cilindrici, verificati sul piano longitudinale

2.2. $$A_{pm} = r_i \cdot (l_m + a)$$

– per fasciami conici (cfr. figura 1.K.2.14.), verificati sul piano longitudinale

$$2.3. \qquad A_{pm} = 0{,}5(l_m + a) \cdot$$
$$\cdot (r_i + (r_i + (l_m + a) \cdot \mathrm{tg}\alpha_c))$$

– per fondi sferici, fondi curvi e fasciami cilindrici o conici verificati sul piano trasversale

$$2.4. \qquad A_{pm} = 0{,}5 r_i \cdot (l_m + a) \cdot \frac{r_i}{0{,}5s + r_i}$$

– per tutti i tipi di pareti

$$2.5. \qquad A_{fm} = s \cdot l_m \text{ per tronchetti penetranti}$$

$$2.6. \quad A_{fm} = s \cdot (s + l_m) \text{ per tronchetti appoggiati}$$

con:

r_i definito nelle formule 1.3, 1.4, 1.5., 1.6. della presente regola;

l_m = MIN (L, l_{max}).

Nel caso di tronchetti radiali a sezione circolare, nelle formule 2.2 e 2.3 si ha $a = 0{,}5\ d_{ot}$.

2.2. Se la sollecitazione massima ammissibile f_t (o f_r) e f_p sono entrambe non minori di f, in tal caso la formula 2.1. assume la forma:

$$2.7. \quad (A_{fm} + A_{fs} + A_{fp} + A_{ft}) \cdot (f - 0{,}5 \cdot p) \geq$$
$$\geq p(A_{pm} + A_{pt} + 0{,}5 A_{p\alpha})$$

In questa formula i termini relativi al tronchetto possono essere sostituiti dai termini relativi al massello flangiato.

2.3. Se l'apertura isolata ha un diametro d che soddisfa la condizione:

$$2.8. \qquad d \leq 0{,}14\sqrt{(2r_i + s) \cdot s}$$

allora l'apertura è definita «piccola apertura» e non è necessario verificarne la compensazione con la formula 2.1.

2.4. È ammessa la presenza di «piccole aperture» in prossimità delle discontinuità della parete principale a distanze inferiori a quelle indicate alla regola VSG.1.K.5., ma in tal caso è necessario effettuare la verifica della compensazione di tali aperture con la formula 2.1.

3. *Compensazione mediante aumento di spessore della parete.*

La compensazione può essere ottenuta incrementando lo spessore minimo di calcolo della parete principale ottenuto in assenza di aperture. La lunghezza della parete principale l_m utile per la compensazione della apertura, presa a partire dal bordo dell'apertura o dal diametro esterno del tronchetto e lungo la fibra media dello spessore della parete, non può essere più grande di L (cfr. formula 1.2. della presente regola). Per aperture vicino alle discontinuità indicate al punto 3. della regola VSG.1.K.2., la lunghezza l_m non deve superare il valore l_{max} indicato alla regola VSG.1.K.6.

Per aperture sprovviste di tronchetto l'area A_{pm} va estesa a tutta la zona soggetta a pressione dall'interno della parete (cfr. figure 1.K.2.2. e 1.K.2.3.).

Quando l'apertura è ricavata su una saldatura con modulo di efficienza z:

– con qualsiasi orientamento su fondi curvi,

– con direzione longitudinale su fasciami cilindrici e conici,

il valore f del materiale del fasciame o fondo deve essere sostituito nei calcoli dal valore $f \cdot z$.

4. *Compensazione mediante piastre di rinforzo.*

Le piastre di rinforzo devono essere solidali con la parete.

Il valore di s_p da utilizzare per il calcolo di A_{fp} non deve superare lo spessore s della parete principale:

$$4.1. \qquad s_p \leq s$$

Inoltre devono essere osservate le condizioni del paragrafo 2. della presente regola, per la cui formula (cfr. figure 1.K.2.4. e 1.K.2.5.):

$$A_{fp} = s_p \cdot l_{po} \qquad \text{con } l_{po} = \mathrm{MIN}\ (L, l_p)$$

Per aperture sprovviste di tronchetto l'area A_{pm} va estesa a tutta la zona soggetta a pressione dall'interno della parete (cfr. figure 1.K.2.4. e 1.K.2.5.).

5. *Compensazione mediante masselli flangiati.*

Possono essere presi in considerazione soltanto i masselli flangiati saldati con le modalità e le condizioni previste a riguardo dalla Raccolta «S» dell'ISPESL.

Il valore dello spessore s'_r da usare per il calcolo di A_{fr} non deve essere superiore a tre volte il valore di s. Inoltre devono essere osservate le condizioni del paragrafo 2. della presente regola, per la cui formula (cfr. figure 1.K.2.6. e 1.K.2.7.):

$$A_{fr} = s'_r \cdot l_{ro} \qquad \text{con } l_{ro} = \mathrm{MIN}\ (L, l_r)$$
$$\text{e con } s'_r = \mathrm{MIN}\ (s_r, 3s)$$

A_{pr} dovrà essere ricavata dalle figure 1.K.2.6. e 1.K.2.7.

A_{fm} ed A_{pm} si calcolano come al precedente punto 2.1., tuttavia l'area A_{pm} va limitata alla sola zona soggetta a pressione.

L'area della sezione della sede del bullone nel massello deve essere detratta dall'area A_{fr}.

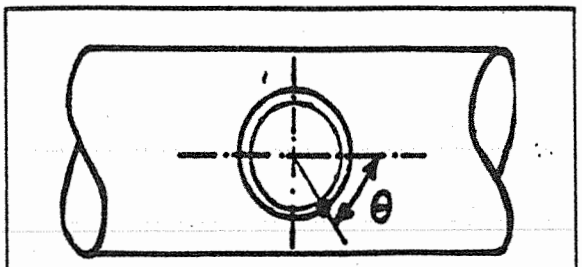


Figura 1.K.3.10.

6. *Compensazione mediante tronchetti.*

Lo spessore dei tronchetti deve essere superiore allo spessore minimo necessario per sopportare la pressione interna, per una lunghezza l (cfr. formula 6.1) misurata a partire dalla superficie esterna della parete principale. Questa condizione è indipendente da qualsiasi altro tipo di rinforzo presente contemporaneamente, come piastra di rinforzo o aumento di spessore della parete.

6.1. $$l = \sqrt{(d_{ot} - s_t) \cdot s_t}$$

Se il tronchetto ha saldatura longitudinale con modulo di efficienza z, nel caso di tronchetti su fasciami cilindrici e conici, il valore f_t del materiale del tronchetto deve essere sostituito nei calcoli dal valore $f_t \cdot z$ quando l'angolo θ fra la saldatura e la generatrice passante per il centro dell'apertura risulta minore di 45° (figura 1.K.3.10.); nel caso di tronchetti saldati disposti su fondi, il valore f_t del materiale del tronchetto deve essere sostituito da $f_t \cdot z$.

6.1. Tronchetti perpendicolari alla parete.

Le lunghezze utili per la compensazione non devono superare il valore di L (cfr. formula 1.2. della presente regola) per la parete principale ed il valore di l (cfr. formula 6.1. della presente regola) per il tronchetto. Per i tronchetti penetranti la lunghezza interna utile per la compensazione non deve superare il valore l', misurato a partire dalla superficie interna dalla parete principale:

6.1.1. $$l' = 0{,}5 \cdot l$$

Le limitazioni per eventuali piastre di rinforzo presenti sono riportate al paragrafo 4. della presente regola. Inoltre devono essere osservate le condizioni del paragrafo 2. per la cui formula (cfr. figure 1.K.2.12. e 1.K.2.13.):

$$A_{ft} = s_t \cdot (l_o + s'_t + l'_o)$$

con $l_o = \mathrm{MIN}(l, l_t)$

$l'_o = \mathrm{MIN}(l', l'_t)$

s'_t =spessore di penetrazione ($\leq s$)

A_{pt} dovrà essere desunto dalle figure delle regole VSG.1.K.2 e VSG.1.K.3.

Le aree A_{fm} ed A_{pm} sono state definite al paragrafo 2.1. della presente regola.

I tronchetti ottenuti per deformazione possono essere verificati secondo la formula del paragrafo 2. della presente regola; per i tronchetti estrusi l'area $A_f = A_{fm} + A_{ft}$ deve essere moltiplicata per 0,9 per tener conto di eventuali difetti di lavorazione (cfr. figure 1.K.2.10. e 1.K.2.11.).

6.2. Tronchetti inclinati su fasciami cilindrici e conici.

Le seguenti regole si applicano ai tronchetti non normali alla parete di fasciami cilindrici e conici, ma con il loro asse giacente in un piano perpendicolare alla generatrice del fasciame passante per il centro dell'apertura e con angolo α con la normale al fasciame su detto centro (cfr. figura 1.K.3.1.), oppure giacente in un piano che contiene l'asse del fasciame e con angolo α con la normale all'apertura che non superi il valore di 60° (cfr. figura 1.K.3.2.).

Nel primo caso la compensazione della apertura deve essere verificata sia nella sezione longitudinale che in quella trasversale al fasciame.

La verifica della compensazione deve essere effettuata applicando, sulla semisezione dell'apertura relativa al lato in cui la parete del tronchetto forma un angolo acuto con quella del fasciame, la formula del paragrafo 2. della presente regola, in cui:

A_{ft} e A_{pt} sono quelle indicate nelle figure 1.K.3.1 e 1.K.3.2;

A_{pm} è calcolata con le formule del paragrafo 2.1 della presente regola in cui il valore a è uguale a $d_o/(2 \cos \alpha)$;

$A_{p\alpha}$ è l'area addizionale soggetta a pressione per i tronchetti inclinati (cfr. figura 1.K.3.2.):

6.2.1. $$A_{p\alpha} = \frac{d^2}{2} \cdot \mathrm{tg}\alpha$$

Per tronchetti inclinati su fasciami conici il cui asse sia complanare con quello del cono, il calcolo di A_{pm} va fatto con la formula 2.4. indipendentemente dalla direzione dell'inclinazione verso il vertice o verso la base).

6.3. Tronchetti inclinati su fondi curvi

Le seguenti regole si applicano ai tronchetti non normali alla parete di fondi emisferici e parti sferiche di fondi curvi, ma con il loro asse formante un angolo α con la normale alla parete nel centro dell'apertura. La compensazione deve essere verificata nella sezione sul piano che contiene l'asse del tronchetto e la normale alla parete per il centro della apertura. La verifica della compensazione deve essere effettuata sulla semisezione dell'apertura relativa al lato in cui la parete del tronchetto forma un angolo acuto con quella del fasciame; comunque la lunghezza L della parete e la larghezza l_{po} della piastra di rinforzo, da utilizzare nella verifica, devono essere le minori fra quelle utili da ambedue i lati. La verifica va effettuata applicando la formula del paragrafo 2. della presente regola, in cui:

A_{ft} e A_{pt} sono stati definiti al paragrafo 6.1. della presente regola;

A_{pm} va desunto dalla figura 1.K.3.3., tenendo conto dell'effettivo valore dell'arco a;

$A_{p\alpha}$ è l'area addizionale soggetta a pressione per i tronchetti inclinati (cfr. figura 1.K.3.3.):

6.3.1. $$A_{p\alpha} = \frac{d^2}{2} \cdot \mathrm{tg}\alpha$$

Regola VSG.1.K.4.: *Fondi curvi con aperture multiple*

1. *Aperture non isolate.*

Se la distanza L_c fra i centri di due aperture o tronchetti adiacenti, come definita al paragrafo 1. della regola VSG.1.K.3. ed illustrata nella figura 1.K.3.5., non soddisfa la relazione 1.1. della regola VSG.1.K.3., è necessario che siano verificate le seguenti condizioni, in aggiunta alle condizioni della regola VSG.1.K.3. per aperture e tronchetti isolati.

2. *Equazione generale per la compensazione di aperture non isolate.*

Per aperture adiacenti deve essere verificata la seguente relazione (cfr. figure 1.K.3.4. e 1.K.3.5.):

2.1.

$$(A_{fm} + A_{fs})\cdot(f - 0{,}5\cdot p) + A_{ft1}(f_{ot1} - 0{,}5\cdot p) +$$

$$+A_{ft2}(f_{ot2} - 0{,}5\cdot p) + A_{fp2}(f_{op2} - 0{,}5\cdot p) \geq$$

$$\geq p(A_{pm} + A_{pt1} + 0{,}5A_{p\alpha1} + A_{pt2} + 0{,}5A_{p\alpha2})$$

I termini relativi ai tronchetti possono essere sostituiti dai termini relativi ai masselli flangiati.

Nella relazione 2.1. della presente regola, le aree A_{fm} ed A_{pm} della parete principale sono definite ai successivi paragrafi 3. e 4., tutti gli altri termini sono definiti al paragrafo 2.1. della regola VSG.1.K.3. (formula 2.1.) rispettivamente per l'apertura 1 e l'apertura 2.

3. *Compensazione delle aperture non isolate.*

Per la sezione passante per i centri di due aperture adiacenti sulla parte sferica di un fondo curvo, così come mostrato in figura 1.K.3.5., deve essere verificata la relazione del paragrafo 2. della regola VSG.1.K.3., per la cui formula:

- angolo β è uguale a zero
- A_{pm} è dato da:

3.1. $$0{,}5 r_i \cdot L_c \cdot \frac{r_i}{r_i + 0{,}5s}$$

con:

r_i definito alle formule 1.3. 1.4. e 1.5. della regola VSG.1.K.3.

L_c definito al paragrafo 1. della regola VSG.1.K.3. (cfr. figura 1.K.3.6)

- A_{fm} è dato da:

3.2. $$(L_c - a_1 - a_2)\cdot s$$

con:

a_1 e a_2 definiti al paragrafo 1. della regola VSG.1.K.3. In presenza di tronchetti appoggiati alla parete principale, l'area A_{fm} deve essere incrementata con le aree della parete principale sottostanti agli spessori dei tronchetti stessi.

- gli altri termini sono stati definiti al paragrafo 2. della presente regola.

Se la relazione 2.1. della presente regola non è soddisfatta, è possibile estendere la verifica della compensazione ad una sezione più ampia della parete principale applicando il criterio illustrato al punto 4 della presente regola relativo alle aperture adiacenti poco rinforzate. In presenza di gruppi di aperture, le verifiche devono essere effettuate lungo le congiungenti dei centri delle aperture nelle varie direzioni e per ciascuna coppia di aperture adiacenti.

Le regole del presente paragrafo 3. possono essere utilizzate per tronchetti adiacenti non perpendicolari alla parete principale (cfr. figura 1.K.3.7.). I valori delle aree $A_{p\alpha1}$ ed $A_{p\alpha2}$ devono essere ottenuti usando il criterio esposto al paragrafo 6.3. della regola VSG.1.K.3.

4. *Aperture adiacenti poco rinforzate (interferenti).*

Se la relazione del paragrafo 2. della presente regola non è verificata, si può estendere la verifica della compensazione ad una sezione della parete principale di lunghezza L' comprendente l'intera sezione delle due aperture (cfr. figura 1.K.3.9.), se sono soddisfatte le seguenti condizioni:

a)

4.1. $$L_c + a_1' + a_2' \leq 2(L_1 + L_2)$$

in cui a'_1 e a'_2 hanno lo stesso significato di a_1 e a_2, ma sono presi dai centri dei tronchetti verso l'esterno rispetto a L_c (figura 1.K.3.9.).

b) deve risultare verificata la relazione 2.1. del paragrafo 2. della presente regola nella quale l'intera area soggetta a pressione A_p è moltiplicata per il valore 0,85;

c) nessuna altra apertura deve essere vicina alle due prese in considerazione nella sezione in cui si esegue la verifica;

d) nessuna delle due aperture deve essere vicina ad eventuali discontinuità (cfr. Regola VSG.1.K.6.).

In tal caso una ulteriore verifica può essere effettuata sull'intera sezione della parete di lunghezza L':

4.2. $$L' = L_c + a_1' + a_2' + k\cdot L_1 + k\cdot L_2$$

in cui:

k è dato dalla formula:

4.3. $$k = 2 - \frac{L_c + a_1' + a_2'}{L_1 + L_2}$$

se k risulta > 1, deve essere preso uguale ad 1.

La verifica deve soddisfare la seguente relazione:

4.4.

$$(A_{fm} + A_{fs})\cdot(f - 0{,}5\cdot p) + 2A_{ft1}(f_{ot1} - 0{,}5\cdot p) +$$

$$+2A_{ft2}(f_{ot2} - 0{,}5\cdot p) + A'_{fp1}(f_{op1} - 0{,}5\cdot p) +$$

$$+A'_{fp2}(f_{op2} - 0{,}5\cdot p) + A_{fpi}(f_{opi} - 0{,}5\cdot p) \geq$$

$$\geq p\cdot(A'_{pm} + 2A_{pt1} + A_{p\alpha1} + 2A_{pt2} + A_{p\alpha2})$$

in cui:

A'_{pm} per fondi curvi:
$0{,}5\cdot r_i\cdot L'\cdot \frac{r_i}{r_i + 0{,}5\cdot s}$
con r_i definito alle formule 1.3., 1.4., 1.5. e 1.6. della regola VSG.1.K.3.

A_{fm} $(L' - a_1 - a_2 - a_1' - a_2')\cdot s$ se i tronchetti sono appoggiati alla parete principale, all'area bisogna aggiungere le aree della parete principale sottostanti agli spessori dei tronchetti stessi

A_{fs} totale delle aree di saldatura interne a L'

A'_{fp} $s_p\cdot l_{po}$
con $l_{po} = \mathrm{MIN}(L_p,\ k\cdot L)$

A_{fpi} $s_p\cdot L_{cp}$
con $L_{cp} = \mathrm{MIN}(l_p,\ (L_c - a_1 - a_2))$

gli altri termini sono stati definiti in precedenza.

Regola VSG.1.K.5: *Distanza minima di una apertura dal bordo della parete principale*

1. *Aperture su fasciami cilindrici.*

1.1. In caso di raccordo del fasciame cilindrico con fondo curvo, fasciame conico coassiale per la base maggiore, fondo piano, piastra tubiera, compensatore di dilatazione e flange di vario tipo, la distanza x presa come mostrato nelle figure da 1.K.5.1. a 1.K.5.5. deve soddisfare la condizione:

1.1. $$x \geq 0{,}26L$$

1.2. In caso di raccordo del fasciame cilindrico con fasciame conico coassiale per la base minore, fasciame emisferico o altro fasciame cilindrico non coassiale, la distanza x presa come illustrato nelle figure da 1.K.5.6. a 1.K.5.8. deve soddisfare la condizione:

1.2. $$x \geq l_{cil}$$

2. *Aperture su fasciami conici.*

2.1. In caso di raccordo del fasciame conico con fasciame cilindrico coassiale per la base maggiore, la distanza x presa come illustrato in figura 1.K.5.9. deve soddisfare la seguente condizione:

2.1. $$x \geq 0{,}26\sqrt{\frac{(D_m \cdot s)}{\cos\alpha}}$$

in cui:

D_m diametro medio del fasciame cilindrico,
s spessore del fasciame conico,
α angolo di conicità del cono stesso.

2.2. In caso di raccordo del fasciame conico con fasciame cilindrico coassiale per la base minore, la distanza x presa come illustrato nella figura 1.K.5.10. deve soddisfare la relazione:

2.2. $$x \geq l_{con}$$

MINIMA DISTANZA X DA DISCONTINUITÀ DELLA PARETE PRINCIPALE

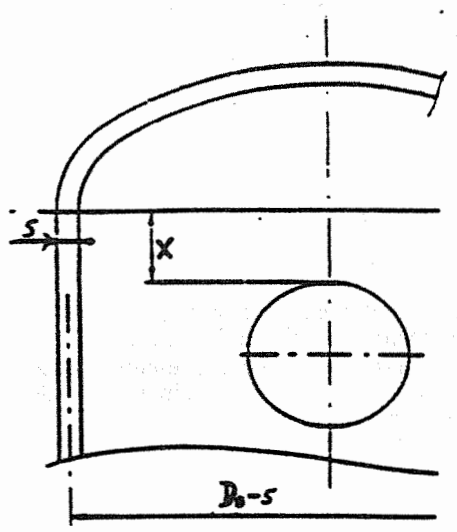


Figura 1.K.5.1. – Raccordo fra fasciame cilindrico e fondo curvo

MINIMA DISTANZA X DA DISCONTINUITÀ DELLA PARETE PRINCIPALE

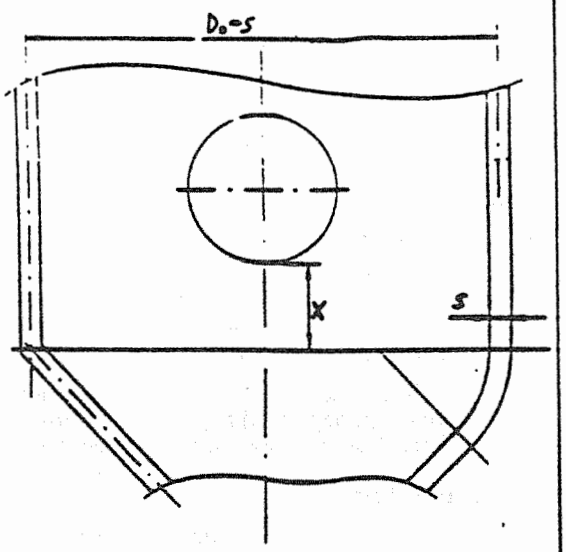


Figura 1.K.5.2. – Raccordo fra fasciame cilindrico e fondo conico dal lato della base maggiore (coassiali)

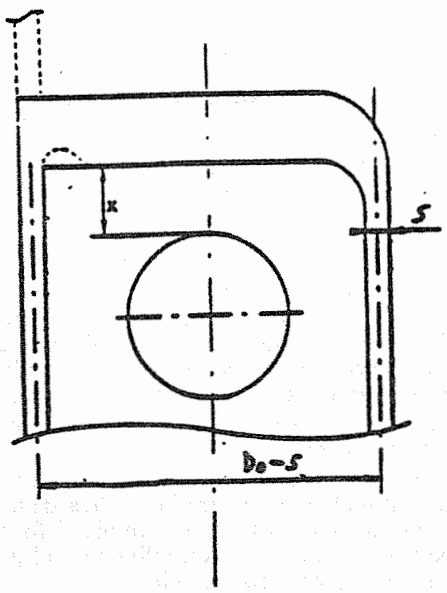


Figura 1.K.5.3. – Raccordo fra fasciame cilindrico e fondo piano o piastra tubiera

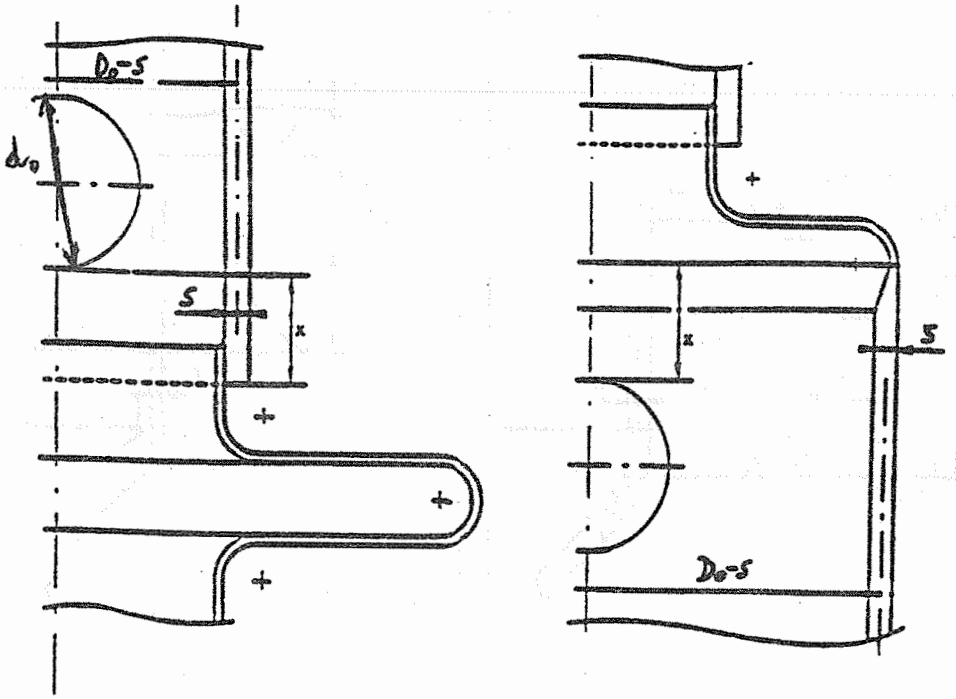


Figura 1.K.5.4. – Raccordo fra fasciame cilindrico e compensatore di dilatazione

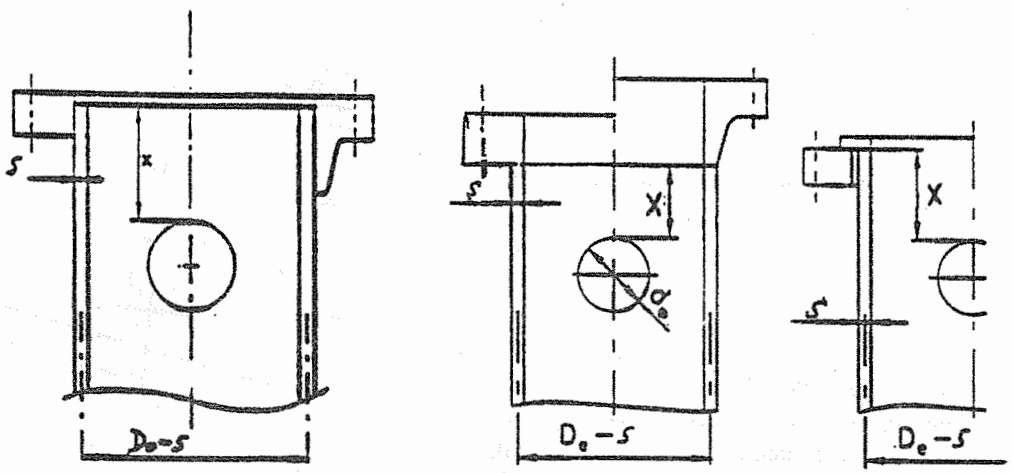


Figura 1.K.5.5. – Raccordo fra fasciame cilindrico e flange

$$l_{cil} = \sqrt{D_c \cdot s}$$

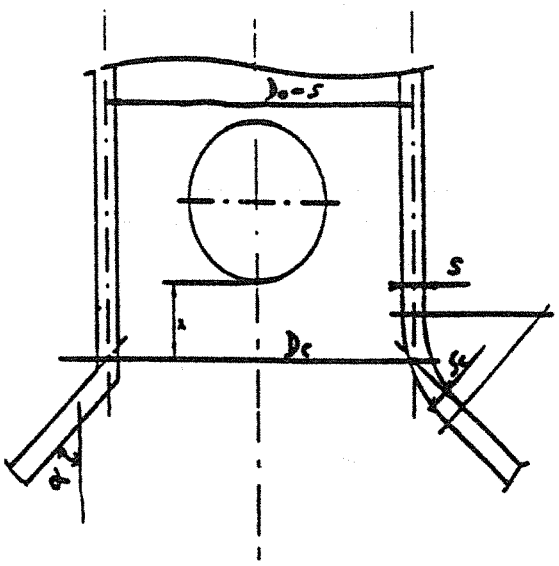


Figura 1.K.5.6. – Raccordo fra fasciame cilindrico e fondo conico dal lato della base minore (coassiali)

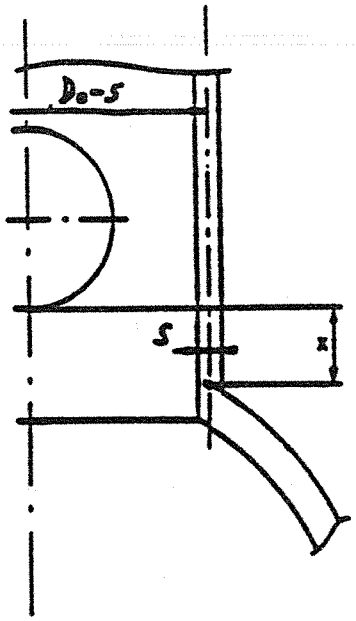


Figura 1.K.5.7. – Raccordo fra fasciame cilindrico e fasciame sferico

3. *Aperture su fondi a calotta sferica.*

Per le aperture sui fondi a calotta sferica la distanza x della apertura dalla flangia della stessa calotta, presa come indicato nella figura 1.K.5.11., deve soddisfare la condizione:

3.1. $x \geq 0{,}26 \cdot L$

4. *Aperture su fondi ellittici e torosferici.*

Per i fondi ellittici e torosferici, aperture e tronchetti devono essere contenuti entro l'area centrale del fondo delimitata dal diametro 0.8 D_e come indicato in figura 1.K.5.12. Per ubicazioni al di fuori di tale area si rimanda ai metodi di calcolo per la verifica di stabilità dei fondi curvi.

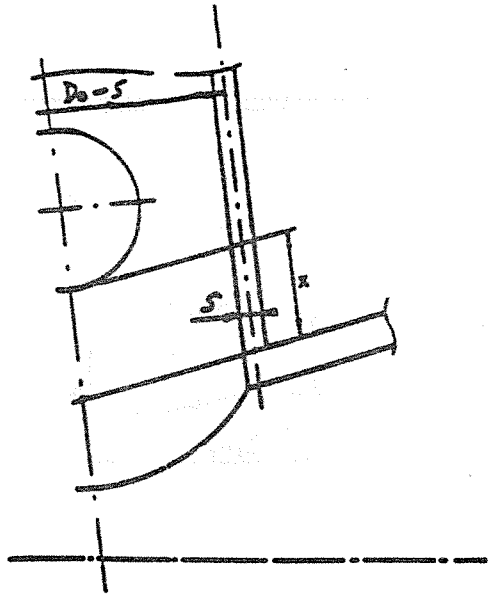


Figura 1.K.5.8. – Raccordo fra fasciame cilindrico e fasciame cilindrico o conico con assi complanari

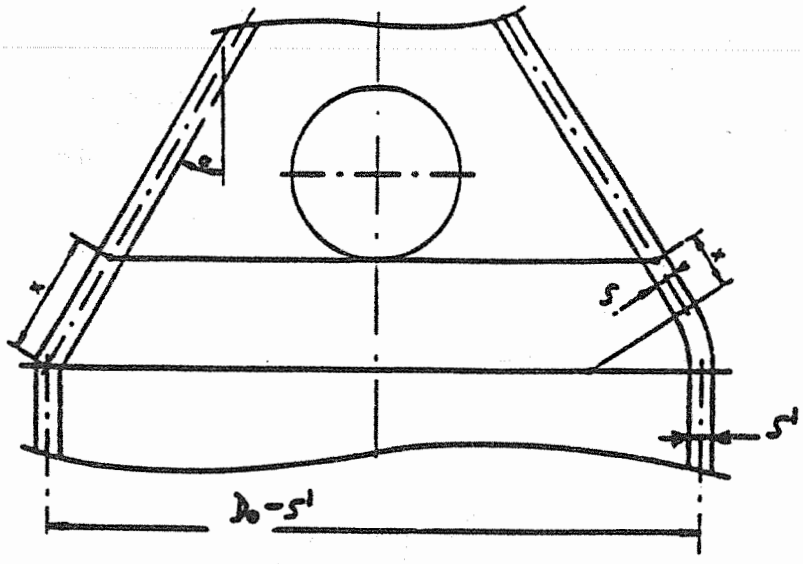


Figura 1.K.5.9. – Raccordo fra fasciame conico
dal lato della base maggiore e fasciame cilindrico (coassiale)

$$l_{con} = \sqrt{(D_c \cdot s_c)/\cos\alpha}$$

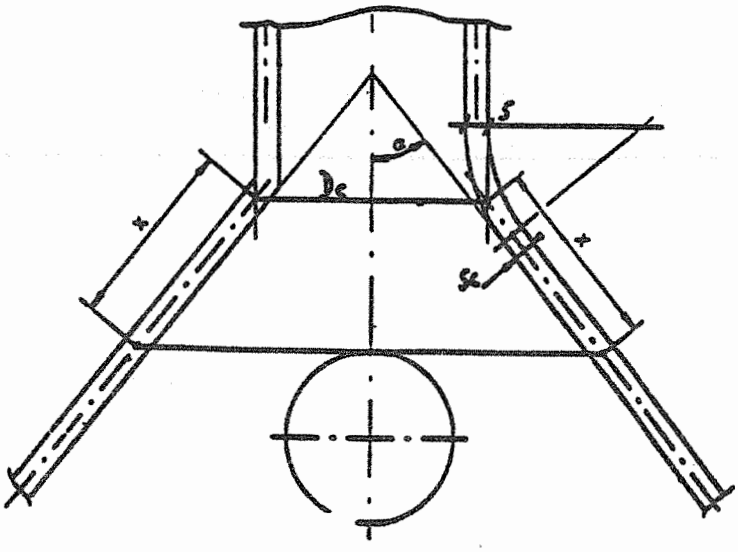


Figura 1.K.5.10. – Raccordo fra fasciame conico
dal lato della base minore e fasciame cilindrico (coassiale)

Regola VSG.1.K.6.: *Valore ridotto l_{max} della lunghezza utile L della parete per la compensazione di aperture vicino a discontinuità*

Quando il valore l_{max} della parete, definito di seguito, è inferiore a L, l'apertura è considerata «vicino alla discontinuità».

1. Per le discontinuità indicate ai paragrafi 1.1., 2.1, 3. e 4. della regola VSG.1.K.5. il valore l_{max} della parete utile per la compensazione è dato da :

1.1. $$l_{max} = MIN(L, x)$$

in cui:
L definito alla formula 1.2. della regola VSG.1.K.3.,
x definito al paragrafo 3. della regola VSG.1.K.2.

2. Per le discontinuità indicate al paragrafo 1.2. della regola VSG.1.K.5. il valore l_{max} della parete utile per la compensazione è dato da :

2.1. $$l_{max} = MIN(L, (x - l_{cil}))$$

3. Per le discontinuità indicate al paragrafo 2.2. della regola VSG.1.K.5. il valore l_{max} della parete utile per la compensazione è dato da:

3.1. $$l_{max} = MIN(L, (x - l_{con}))$$

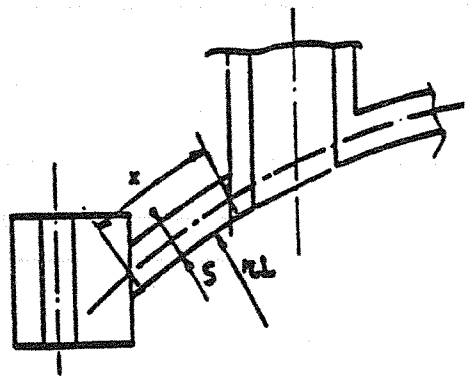
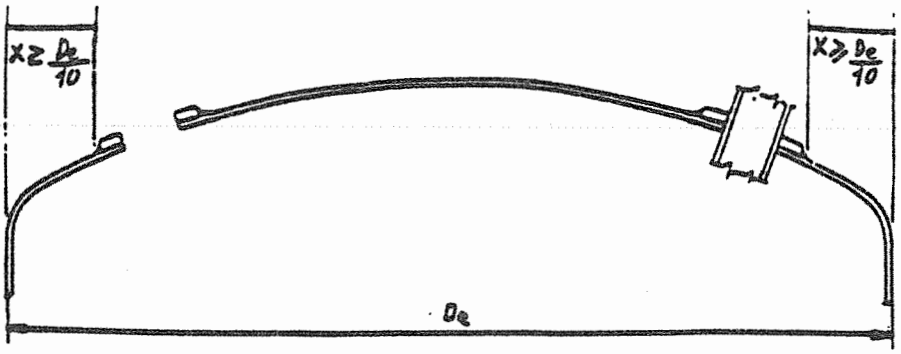
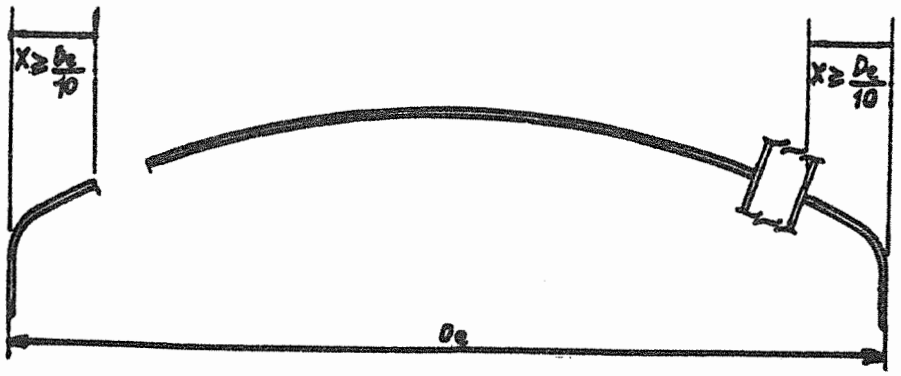


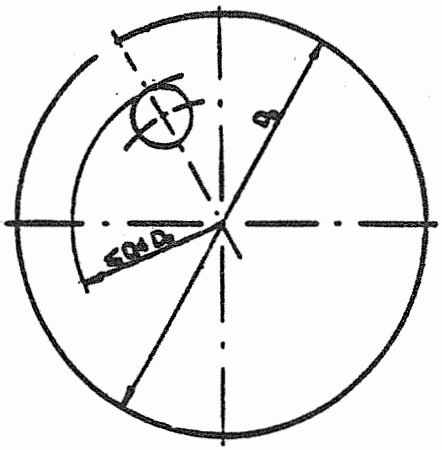
Figura 1.K.5.11. – Raccordo fra fondo e flangia in una calotta sferica



a) Rinforzo ottenuto con piastra di rinforzo



b) Rinforzo ottenuto con tronchetto o solo fasciame



c) Delimitazione dell'area di dislocazione delle aperture

Figura 1.K.5.12. – Posizione di una apertura su un fondo

ELENCO DELLE REGOLE CONTENUTE NEL CAPITOLO VSG.1.L.

Regola VSG.1.L.1.: *Simboli*

1. Nelle regole del presente capitolo VSG.1.L. sono impiegati i seguenti simboli in aggiunta a quelli definiti in VSG.0.3.:

- a dimensione minore di una parete piana non circolare, in mm;
- b dimensione maggiore di una parete piana non circolare, in mm;
- C, C^* coefficienti di forma che tengono conto delle condizioni di vincolo;
- D diametro, in mm, della parete piana o del fondo piano da assumere come indicato nelle figure da 1.L.2.1. a 1.L.2.11.;
- d diametro reale o equivalente dell'apertura come definito in VSG.1.L.3., in mm;
- G diametro medio della guarnizione in mm, come definito al capitolo VSG.1.X.;
- h spessore del fondo in corrispondenza del canale di scarico, in mm;
- m lunghezza di fasciame di spessore costante s_m e privo di forature, in mm;
- r raggio interno del fondo provvisto di colletto cilindrico, in mm;
- s spessore della parete piana risultante in progetto, in mm;
- s_0 spessore minimo di calcolo della parete piana o fondo piano, in mm;
- s_c spessore del colletto cilindrico di una parete piana risultante in progetto, in mm;
- s_m spessore del fasciame cilindrico risultante in progetto, in mm;
- s_{m0} spessore minimo di calcolo del fasciame cilindrico, in mm, determinato assumendo $z = 1$;
- s_1 spessore della parete piana in corrispondenza di scanalature (figg. 1.L.2.10. e 1.L.2.11.), in mm;
- s_{10} valore minimo di calcolo per s_1, in mm;
- u distanza, in mm, misurata dalla faccia interna della parete piana o fondo piano (o dal fondo dell'eventuale canale di scarico) alla mezzeria della saldatura od al termine della rastremazione del colletto cilindrico del fondo.

Regola VSG.1.L.2.: *Pareti piane e fondi piani circolari non rinforzati e senza aperture - Formule di verifica e limiti della norma*

1. Lo spessore s di una parete piana o di un fondo piano circolare non rinforzati o senza aperture collegati al fasciame come indicato nelle soluzioni costruttive di cui alle figure da 1.L.2.1. a 1.L.2.11., non deve essere inferiore a quello ricavato dalla formula che segue:

$$s_o = C\,D\sqrt{\frac{p}{f}} \qquad 1.1.$$

dove per C va assunto il valore indicato nelle figure da 1.L.2.1. a 1.L.2.11.

2. La formula 1.1. si applica alle soluzioni costruttive indicate nelle figure da 1.L.2.5. a 1.L.2.7., purché la parete piana o il fondo piano siano di acciaio non legato avente carico di rottura minimo tabellare non superiore a 471 MPa, oppure di acciaio a grano fine avente limite di snervamento minimo tabellare non superiore a 373 MPa.

3. Nel caso in cui il vincolo periferico del fondo e/o parete piana sia realizzato mediante saldatura, le presenti regole si basano sulla ipotesi che le sollecitazioni massime ammissibili del materiale del fasciame e della parete piana o del fondo siano le stesse.

In caso contrario si possono ancora applicare le suddette regole a condizione che nel calcolo dello spessore minimo del fasciame s_m, della parete piana o del fondo piano s_0, nella determinazione del coefficiente C, nella verifica dei parametri geometrici e nel dimensionamento dei cordoni di saldatura, al posto di f venga assunto il minor valore tra la sollecitazione massima ammissibile del materiale del fasciame e quella della parete piana o del fondo piano.

4. I giunti dei fondi piani in più pezzi devono appartenere alla I categoria di saldatura.

5. Le Tabelle 1.L.2.1. e 1.L.2.2. riportano i valori del coefficiente di forma C in funzione di determinati valori dei rapporti p/f e s_m/s_{m0}.

Per valori di 100 p/f inferiori a 0,1 e di s_m/s_{m0} superiori a 5, si assumono rispettivamente i valori di 0,1 e 5.

Le figure 1.L.2.12 e 1.L.2.13. riproducono i valori del coefficiente C riportati rispettivamente nelle Tabelle 1.L.2.1. e 1.L.2.2.

Regola VSG.1.L.3.: *Pareti piane e fondi piani circolari non rinforzati, con aperture*

1. La presente regola si applica alle pareti piane e fondi piani circolari non rinforzati, con aperture aventi diametro $d \leq D/2$.

1.1. Nel caso di apertura centrale con $d > D/2$ il calcolo viene eseguito con il capitolo VSG.1.X. relativo alle flange, (vedi figure 1.L.3.4. ed 1.L.3.5.).

2. Una parete piana o un fondo piano non rinforzati con aperture comunque distribuite (vedi figura 1.L.3.1.) e collegati al fasciame secondo una delle soluzioni costruttive indicate nelle figure da 1.L.2.1. a 1.L.2.11., devono soddisfare alle condizioni previste nella regola VSG.1.L.2. ed inoltre lo spessore non deve risultare inferiore a quello ricavato dalle formule che seguono.

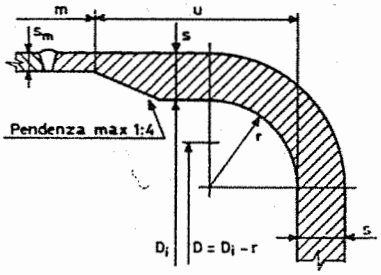
2.1. Per fondi piani collegati al fasciame mediante saldatura (vedi soluzioni costruttive indicate nelle figure da 1.L.2.1. a 1.L.2.7.):

2.1.1. $$s_0 = C\, Y_1\, D \sqrt{\frac{p}{f}}$$

2.1.2. $$s_0 = 0{,}45\, Y_2\, D \sqrt{\frac{p}{f}}$$

2.2. Per fondi piani imbullonati, appoggiati, ecc. (vedi soluzioni costruttive da figura 1.L.2.8. a 1.L.2.11.):

2.2.1. $$s_0 = C\, Y_2\, D \sqrt{\frac{p}{f}}$$



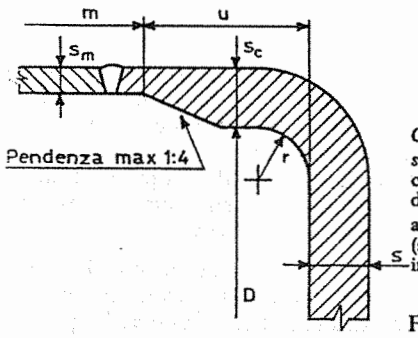
$$r \geq s$$

$$m \geq 0{,}26 \sqrt{(D + s_m)\, s_m}$$

$$C = 0{,}35 \text{ se } u \geq r + \left[1{,}1 - 0{,}8 \left(\frac{s_m}{s}\right)^2\right] \sqrt{D_i\, s}$$

$$C = 0{,}41 \text{ se } u < r + \left[1{,}1 - 0{,}8 \left(\frac{s_m}{s}\right)^2\right] \sqrt{D_i\, s}$$

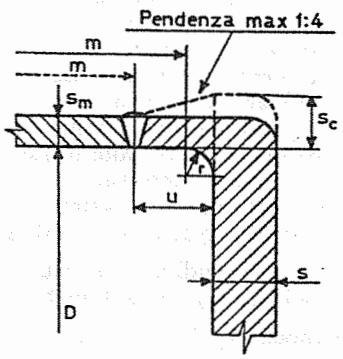
Figura 1.L.2.1.



$$0{,}25\, s_m \leq r < 2\, s \;\; con\; r \geq 5\,\text{mm}$$

C si ricava dalla fig. 1.L.2.12., per la cui utilizzazione s_m va assunto pari a s_c se $u \geq \sqrt{(D + s_c)\, s_c}$. In caso contrario, per s_m si assume il valore medio dello spessore del fasciame entro una distanza pari a $\sqrt{(D + s_c)\, s_c}$ dalla superficie interna del fondo (si procede in modo analogo se la rastremazione inizia dal raggio).

Figura 1.L.2.2.

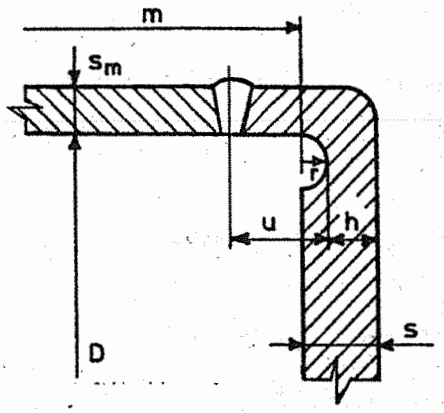


$$s > r \geq 0{,}25\, s_m \;\; con\; r \geq 5\,\text{mm}$$

$$m \geq 0{,}26 \sqrt{(D + s_m)\, s_m}$$

C si ricava dalla figura 1.L.2.12. se $u \geq 0{,}26 \sqrt{(D + s_m)\, s_m}$, altrimenti C si ricava dalla figura 1.L.2.13. Nel caso dell'esecuzione tratteggiata, per s_m si assume (anche ai fini del calcolo di u) il valore medio dello spessore del fasciame entro una distanza pari a $\sqrt{(D + s_c)\, s_c}$ dalla superficie interna del fondo.

Figura 1.L.2.3.



$$0,2s \leq r \leq 0,5\,s$$

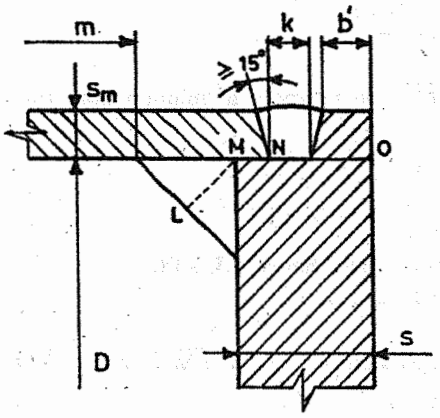
$$\text{MAX}\left[0,77s_m;\ \frac{p\,(D-2r)\,1,3}{2f}\right] \leq h$$

$$m \geq 0,26\sqrt{(D+s_m)\,s_m}$$

C si ricava dalla fig. 1.L.2.12. moltiplicando per 1,1, e comunque deve essere $C \geq 0,4$.
Se $m < 0,26\sqrt{(D+s_m)\cdot s_m}$, C si ricava dalla fig. 1.L.2.14.

Figura 1.L.2.4.

A)



p/f qualsiasi; $1,5\,s_m \leq \overline{LM} \leq 2\,s_m$

$\overline{NO}$ non inferiore al minor valore tra $2\,s_m$ e

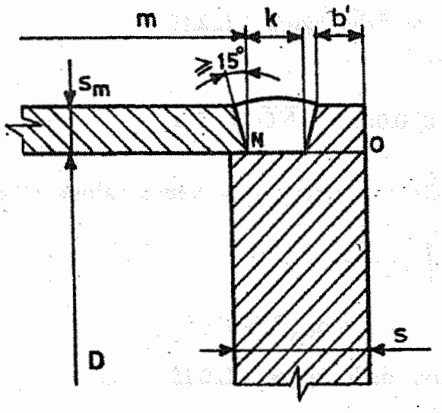
$$0,4D\sqrt{\frac{p}{f}} - \overline{LM}$$

K non inferiore al minor valore tra s_m e 6 mm.

$b' \geq s_m$; $\quad m \geq 0,26\sqrt{(D+s_m)\,s_m}$

C si ricava dalla fig. 1.L.2.12.

B)



$p/f \leq 0,015$

$\overline{NO}$ non inferiore al minor valore tra $3\,s_m$ e

$$0,4D\sqrt{\frac{p}{f}}$$

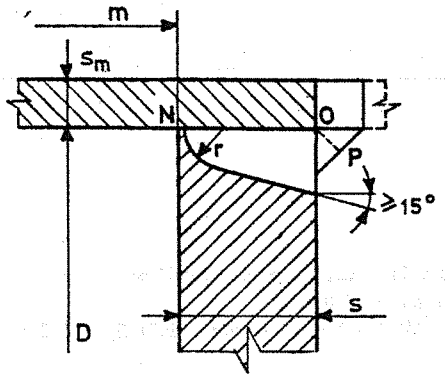
K non inferiore al minor valore tra s_m e 6 mm.

$b' \geq s_m$; $\quad m \geq 0,26\sqrt{(D+s_m)\,s_m}$

C si ricava dalla fig. 1.L.2.13.

Figura 1.L.2.5.

A)



$\frac{p}{f}$ qualsiasi; $\overline{NO} = s$

$\overline{NO} + \overline{OP}$ non inferiore al minor valore tra $3 \cdot s_m$

e $KD\sqrt{\frac{p}{f}}$

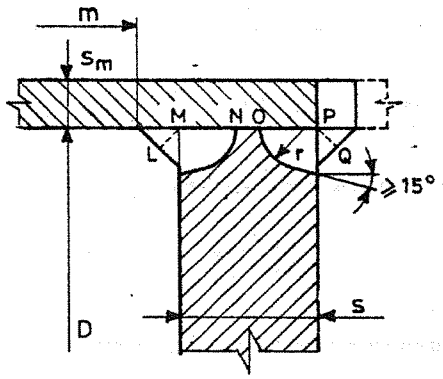
dove: $K = 0{,}4$ per $\frac{p}{f} \leqslant 0{,}015$

$K = 0{,}55$ per $\frac{p}{f} > 0{,}015$

$r \geq 6\,\text{mm}$; $m \geq 0{,}26\sqrt{(D + s_m)\,s_m}$

C si ricava dalla figura 1.L.2.12.

B)



$\frac{p}{f}$ qualsiasi; $\overline{MN} \geqslant s_m$; $\overline{OP} \geqslant s_m$

$\overline{LM} + \overline{MN}$ non inferiore al minor valore tra $1{,}5\ s_m$

e $0{,}2\ D\sqrt{\frac{p}{f}}$

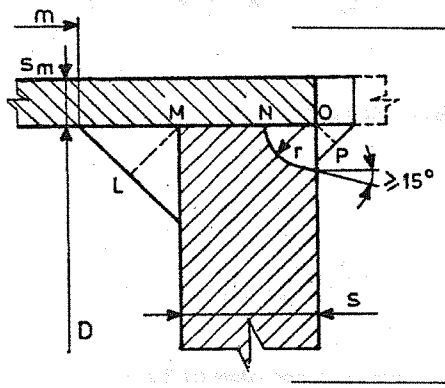
$\overline{OP} + \overline{PQ}$ non inferiore al minor valore tra $1{,}5\ s_m$

e $0{,}2\ D\sqrt{\frac{p}{f}}$

$r \geq 6\,\text{mm}$; $m \geq 0{,}26\sqrt{(D + s_m)\,s_m}$

C si ricava dalla figura 1.L.2.12.

C)



$\frac{p}{f}$ qualsiasi; $1{,}5\ s_m \leqslant \overline{LM} \leqslant 2\ s_m$; $\overline{NO} \geqslant s_m$

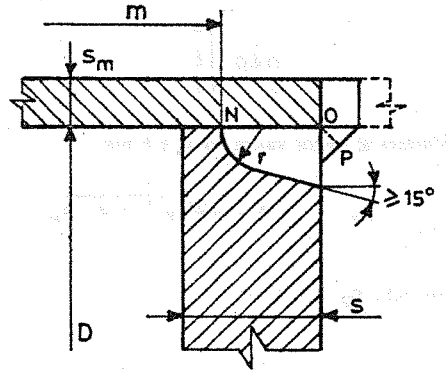
$\overline{NO} + \overline{OP}$ non inferiore al minor valore tra $2\ s_m$

e $0{,}4\ D\sqrt{\frac{p}{f}} - \overline{LM}$

$r \geq 6\,\text{mm}$; $m \geq 0{,}26\sqrt{(D + s_m)\,s_m}$

C si ricava dalla figura 1.L.2.12.

D)



$\frac{p}{f} \leqslant 0{,}015$; $\overline{NO} \geqslant 2\ s_m$

$\overline{NO} + \overline{OP}$ non inferiore al minor valore tra $3\ s_m$

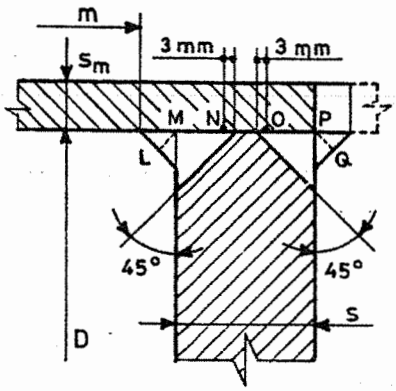
e $0{,}4\ D\sqrt{\frac{p}{f}}$

$r \geq 6\,\text{mm}$; $m \geq 0{,}26\sqrt{(D + s_m)\,s_m}$

C si ricava dalla figura 1.L.2.12.

Figura 1.L.2.6.

A)



$\frac{p}{f}$ qualsiasi; $\overline{MN} \geqslant s_m$; $\overline{OP} \geqslant s_m$

$\overline{LM} + \overline{MN}$ non inferiore al minor valore tra 1,5 s_m

e $0{,}2\ D \sqrt{\frac{p}{f}}$

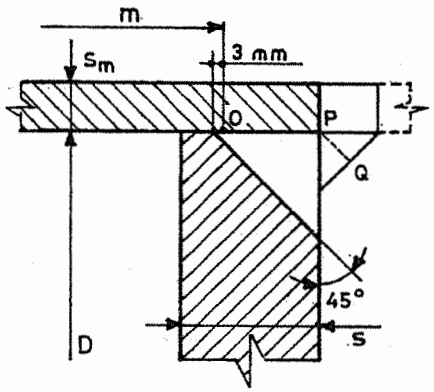
$\overline{OP} + \overline{PQ}$ non inferiore al minor valore tra 1,5 s_m

e $0{,}2\ D \sqrt{\frac{p}{f}}$

$$m \geq 0{,}26 \sqrt{(D + s_m)\ s_m}$$

C si ricava dalla figura 1.L.2.12.

B)



$\frac{p}{f} \leqslant 0{,}015$; $\overline{OP} \geqslant 2\ s_m$

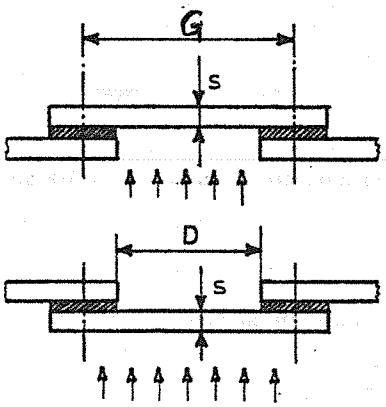
$\overline{OP} + \overline{PQ}$ non inferiore al minor valore tra 3 s_m

e $0{,}4\ D \sqrt{\frac{p}{f}}$

$$m \geq 0{,}26 \sqrt{(D + s_m)\ s_m}$$

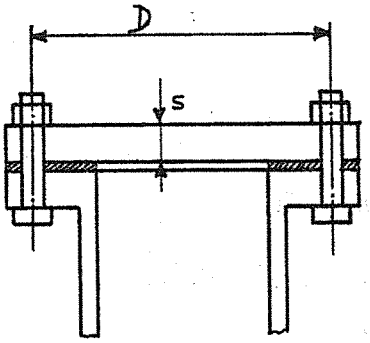
C si ricava dalla figura 1.L.2.12.

Figura 1.L.2.7.



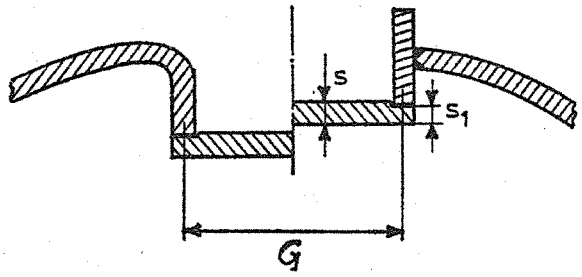
$C = 0{,}50$

Figura 1.L.2.8.



$C = 0{,}42$

Figura 1.L.2.9.



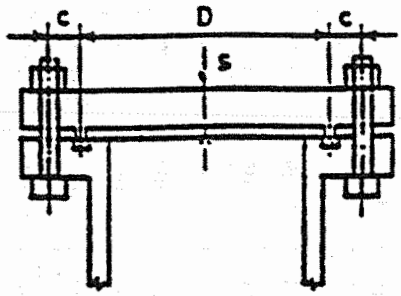
$G \leqslant 610$ mm

$C = 0{,}60$

Per il caso in esame deve essere eseguita una verifica al taglio per lo spessore s_1 che deve quindi risultare non inferiore al valore ricavato dalla formula che segue:

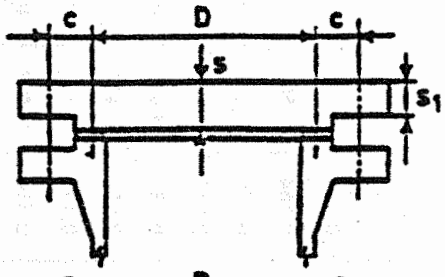
$$s_{10} = 1,5 \frac{p}{4 \cdot 0,58 \cdot f}$$

Figura 1.L.2.10.



Per la verifica dello spessore s:

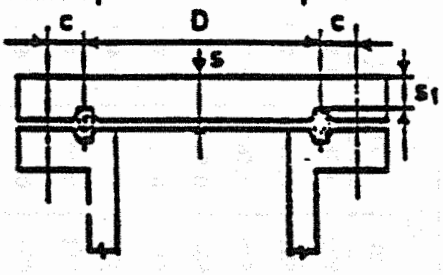
$$C = \sqrt{0{,}31 + 1{,}49 \cdot \left(1 + \frac{8mb}{D}\right) \cdot \frac{c}{D}}$$



Per la verifica dello spessore s_1:

$$C = \sqrt{1{,}49 \cdot \left(1 + \frac{8mb}{D}\right) \cdot \frac{c}{D}}$$

dove i simboli m e b hanno lo stesso significato del Capitolo VSG.1.X.



Per le soluzioni indicate deve inoltre essere eseguita la verifica in condizioni di serraggio con la formula:

$$s_{1o} = 1{,}38 \sqrt{\frac{f_{Bo}\left(\frac{A_m + A_b}{2}\right) c}{D f_o}}$$

Qualora da parte del progettista venga ravvisata l'opportunità di incrementare il margine di sicurezza contro l'eccessivo serraggio, o di verificare la flangia per il carico complessivo che i bulloni sono in grado di trasmettere, il rapporto ($A_m + A_b$) / 2 va sostituito con A_b.
Nelle formule di cui sopra:

- f_o rappresenta la sollecitazione massima ammissibile del materiale della parete piana o del fondo piano, per le condizioni di serraggio, ottenuta partendo dalle caratteristiche meccaniche a temperatura ambiente ed applicando il coefficiente di sicurezza previsto per le condizioni di progetto;
- i simboli A_m, A_b, f_{Bo} hanno lo stesso significato del Capitolo VSG.1.X.
- il simbolo D corrisponde al simbolo G di cui al Capitolo VSG.1.X.

Figura 1.L.2.11.

Tabella 1.L.2.1. (vedi fig. 1.L.2.12.)

100 *p/f*	VALORI DEL COEFFICIENTE *C*													
	s_m/s_{m0}													
	1.00	1.10	1.20	1.30	1.40	1.60	1.80	2.00	2.30	2.60	3.00	3.50	4.00	5.00
0.1	0.718	0.676	0.649	0.630	0.617	0.599	0.590	0.583	0.577	0.574	0.572	0.570	0.570	0.568
0.2	0.715	0.673	0.646	0.627	0.614	0.596	0.585	0.577	0.570	0.564	0.560	0.555	0.549	0.535
0.4	0.710	0.668	0.640	0.621	0.607	0.587	0.575	0.565	0.555	0.546	0.535	0.521	0.505	0.462
0.7	0.703	0.660	0.632	0.612	0.597	0.575	0.560	0.547	0.532	0.517	0.497	0.467	0.432	0.402
1.0	0.695	0.652	0.623	0.602	0.586	0.562	0.544	0.529	0.508	0.487	0.455	0.419	0.407	0.377
1.3	0.688	0.644	0.614	0.593	0.576	0.550	0.529	0.510	0.484	0.455	0.421	0.408	0.392	0.352
1.6	0.681	0.636	0.606	0.583	0.565	0.537	0.513	0.491	0.458	0.423	0.413	0.397	0.377	0.334
2.0	0.670	0.625	0.594	0.571	0.551	0.520	0.492	0.465	0.425	0.416	0.402	0.382	0.356	0.334
2.5	0.658	0.612	0.580	0.555	0.534	0.498	0.465	0.431	0.418	0.406	0.389	0.362	0.336	0.335
3.0	0.646	0.599	0.565	0.539	0.516	0.475	0.437	0.422	0.410	0.397	0.375	0.342	0.337	0.336
4.0	0.620	0.572	0.536	0.506	0.479	0.429	0.420	0.411	0.395	0.377	0.347	0.339	0.338	0.337
5.0	0.596	0.546	0.507	0.473	0.442	0.422	0.411	0.400	0.381	0.357	0.340	0.340	0.339	0.343
6.0	0.571	0.519	0.477	0.440	0.426	0.415	0.403	0.389	0.365	0.342	0.342	0.342	0.344	0.351
8.0	0.521	0.465	0.428	0.422	0.416	0.402	0.386	0.368	0.347	0.347	0.348	0.352	0.357	0.370
10.0	0.472	0.428	0.422	0.415	0.407	0.390	0.370	0.351	0.351	0.353	0.357	0.364	0.372	0.390
13.0	0.428	0.421	0.413	0.403	0.394	0.372	0.355	0.357	0.360	0.365	0.373	0.384	0.396	0.422
16.0	0.422	0.413	0.404	0.394	0.382	0.360	0.362	0.365	0.371	0.380	0.390	0.405	0.421	0.457
20.0	0.415	0.404	0.394	0.381	0.367	0.367	0.372	0.379	0.389	0.400	0.415	0.436	0.459	0.509
25.0	0.408	0.395	0.383	0.370	0.373	0.380	0.388	0.398	0.412	0.428	0.449	0.479	0.511	
30.0	0.402	0.388	0.375	0.380	0.385	0.395	0.406	0.418	0.437	0.458	0.487	0.527		
40.0	0.394	0.389	0.396	0.403	0.411	0.428	0.446	0.464	0.494	0.526				
50.0	0.398	0.408	0.419	0.430	0.442	0.465	0.490	0.517						

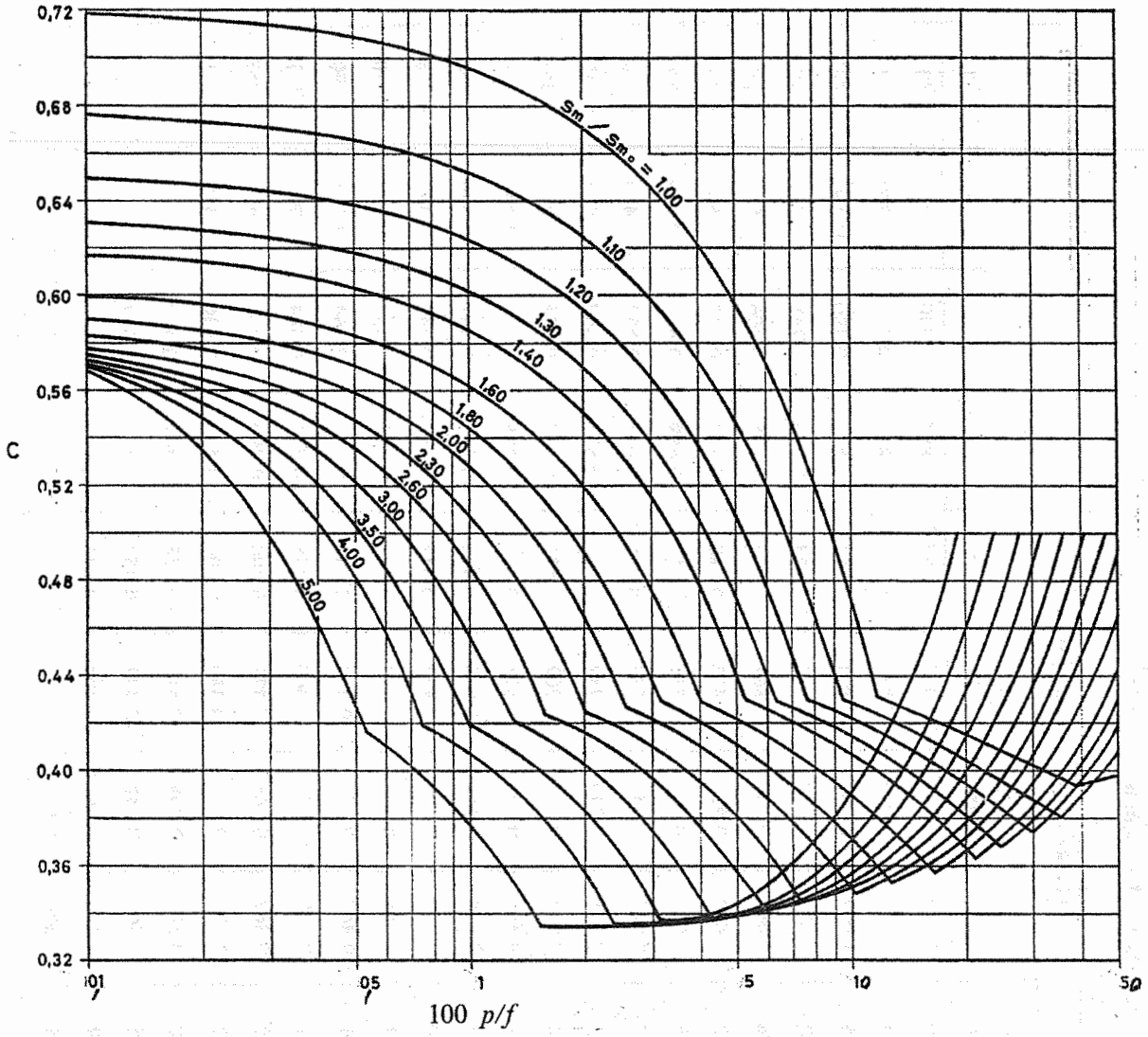


Figura 1.L.2.12. – Valori del coefficiente di forma *C* delle pareti e fondi piani circolari non rinforzati (figure da 1.L.2.2. a 1.L.2.7.)

Tabella 1.L.2.2. (vedi figura 1.L.2.13.)

100 *p/f*	VALORI DEL COEFFICIENTE *C*											
	s_m/s_{m0}											
	1.20	1.30	1.40	1.60	1.80	2.00	2.30	2.60	3.00	3.50	4.00	5.00
0.1				1.350	1.116	1.013	0.932	0.887	0.854	0.830	0.816	0.801
0.2				1.343	1.110	1.006	0.923	0.878	0.844	0.817	0.800	0.777
0.4				1.325	1.098	0.990	0.909	0.861	0.822	0.790	0.766	0.724
0.7				1.302	1.075	0.969	0.885	0.834	0.790	0.748	0.713	0.643
1.0				1.276	1.053	0.949	0.862	0.807	0.756	0.706	0.658	0.552
1.3				1.252	1.032	0.927	0.838	0.780	0.722	0.662	0.600	0.452
1.6				1.228	1.012	0.907	0.814	0.752	0.689	0.615	0.539	0.340
2.0				1.198	0.983	0.878	0.782	0.716	0.641	0.552	0.450	0.342
2.5				1.154	0.948	0.843	0.742	0.669	0.531	0.467	0.340	0.342
3.0				1.115	0.914	0.807	0.702	0.621	0.519	0.374	0.341	0.341
4.0			1.849	1.037	0.845	0.737	0.621	0.523	0.385	0.341	0.342	0.338
5.0			1.658	0.962	0.778	0.668	0.539	0.420	0.341	0.341	0.339	0.343
6.0			1.482	0.890	0.712	0.598	0.457	0.342	0.342	0.342	0.344	0.351
8.0			1.196	0.754	0.586	0.462	0.347	0.347	0.348	0.352	0.357	0.370
10.0			0.972	0.631	0.467	0.351	0.351	0.353	0.357	0.364	0.372	0.390
13.0		1.208	0.728	0.471	0.355	0.357	0.360	0.365	0.373	0.384	0.396	0.422
16.0		0.776	0.554	0.360	0.362	0.365	0.371	0.380	0.390	0.405	0.421	0.457
20.0		0.530	0.388	0.367	0.372	0.379	0.389	0.400	0.415	0.436	0.459	0.509
25.0	0.519	0.370	0.373	0.380	0.388	0.398	0.412	0.428	0.449	0.479	0.511	
30.0	0.375	0.380	0.385	0.395	0.406	0.418	0.437	0.459	0.487	0.527		
40.0	0.396	0.403	0.411	0.428	0.446	0.464	0.494	0.526				
50.0	0.419	0.430	0.442	0.465	0.490	0.517						

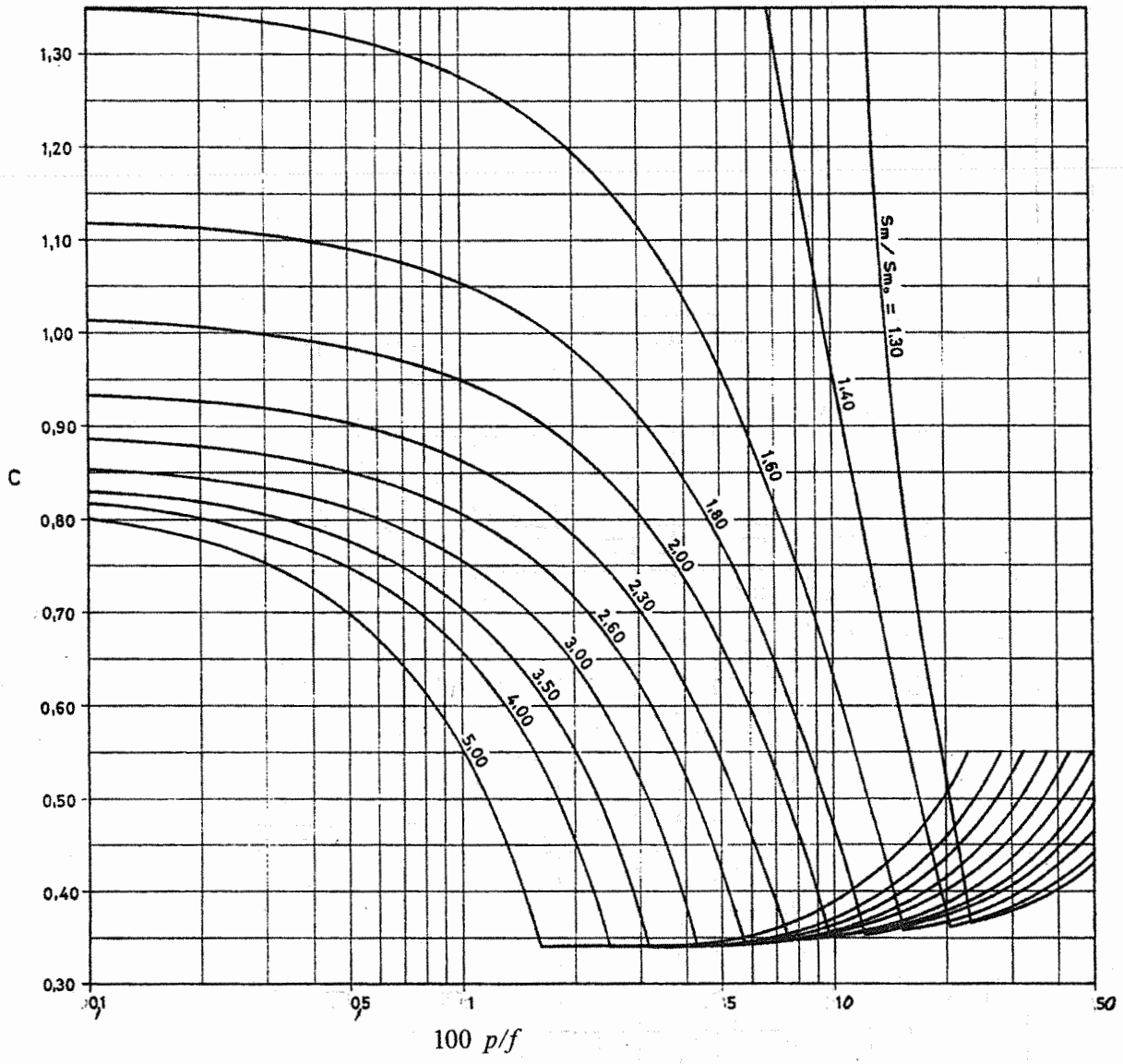


Figura 1.L.2.13. – Valori del coefficiente di forma *C* delle pareti e fondi piani circolari non rinforzati (figure da 1.L.2.3. a 1.L.2.5.)

100 p/f	C s_m/s_{m0} = 1
0.1	0.716
0.2	0.715
0.4	0.710
0.7	0.703
1.0	0.695
1.3	0.686
1.6	0.681
2.0	0.670
2.5	0.658
3.0	0.646
4.0	0.620
5.0	0.596
6.0	0.571
7.0	0.521
10	0.472
13	0.426
16	0.422
20	0.416
25	0.406
30	0.402
40	0.394
50	0.396

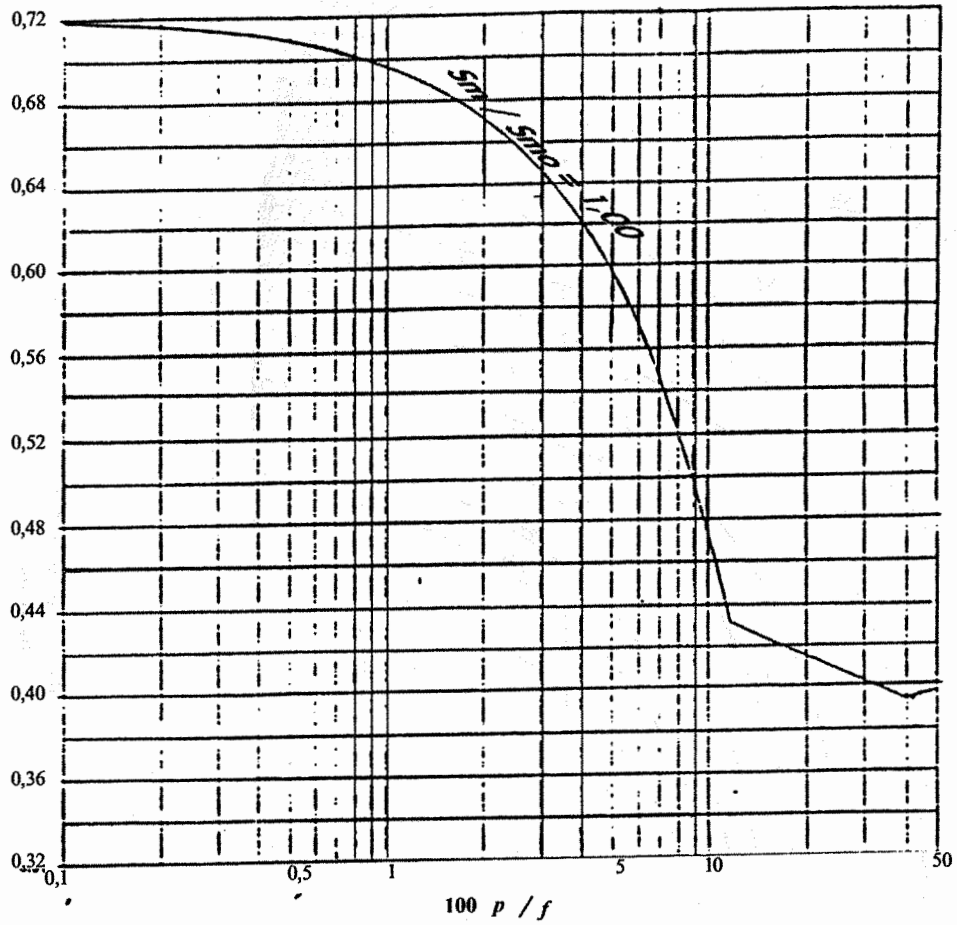


Figura 1.L.2.14. – Valori del coefficiente di forma *C* delle pareti e fondi piani circolari non rinforzati (figura 1.L.2.4.)

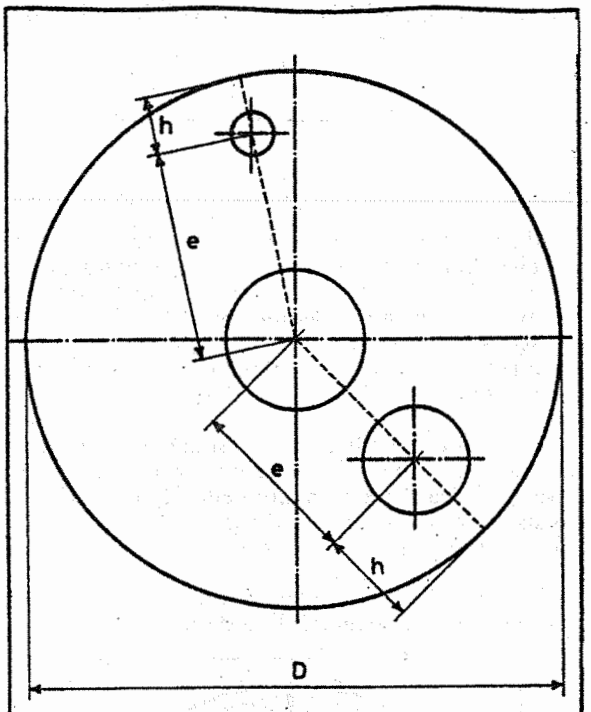


Figura 1.L.3.1.

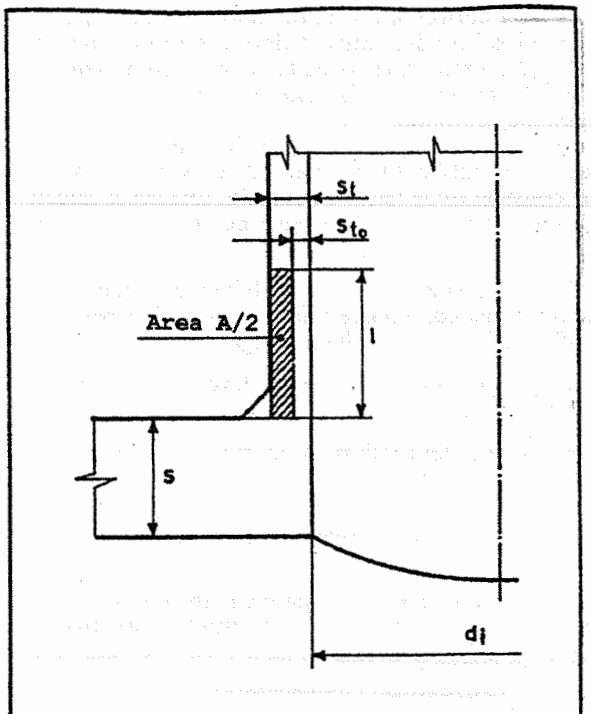


Figura 1.L.3.2.

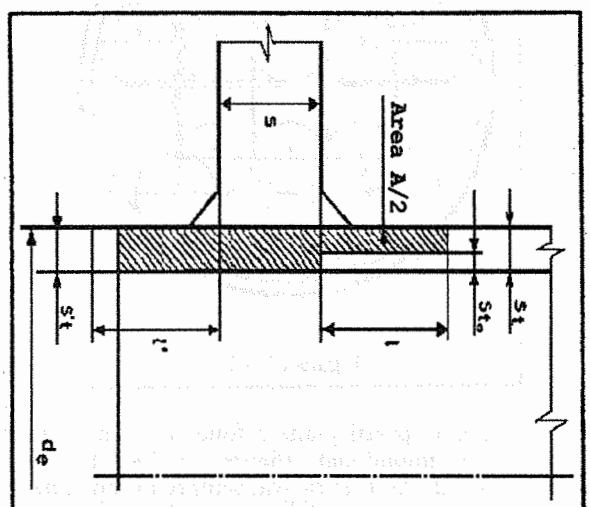


Figura 1.L.3.3.

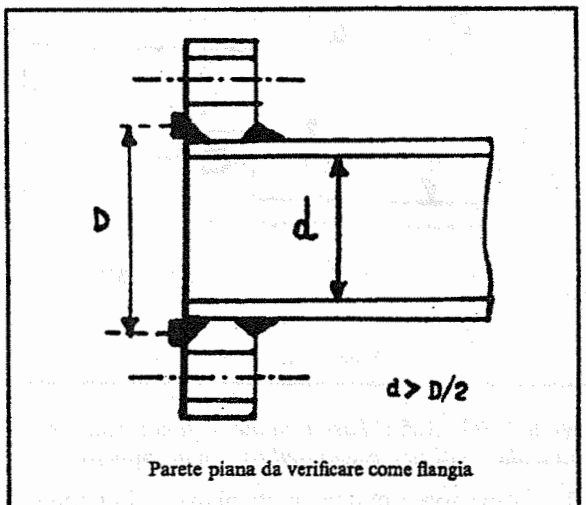


Figura 1.L.3.4.

2.3. Nelle formule che precedono i coefficienti C sono quelli desunti in base alla regola VSG.1.L.2.; i coefficienti Y_1 e Y_2 si ricavano dalle formule:

2.3.1. $$Y_1 = \sqrt[3]{\frac{e}{e-d}} \quad \textit{comunque} \leq 2$$

2.3.2. $$Y_2 = \sqrt{\frac{e}{e-d}}$$

dove la grandezza e rappresenta:

e distanza fra i centri di due fori contigui e, per foro singolo:
- due volte la distanza h del centro del foro dalla circonferenza di diametro D per la formula 2.3.1.;
- diametro del fondo D per la formula 2.3.2.

La grandezza d, da non assumere comunque inferiore a zero, rappresenta:

a) per tronchetti saldati appoggiati:

$$d = d_i - \frac{A}{s}$$

b) per tronchetti saldati penetranti:

$$d = d_e - \frac{A}{s}$$

essendo A l'area complessiva di rinforzo in mm^2, definita nelle figure 1.L.3.2. e 1.L.3.3. in cui lo spessore s_{to} è quello minimo di calcolo del tronchetto e le lunghezze l ed l' sono date dalle relazioni:

$$l = 0{,}8\sqrt{(d_i + s_t)s_t}$$

$$l' = 0{,}8\sqrt{(d_i + s'_t)s'_t}$$

Se la sollecitazione massima ammissibile del tronchetto è inferiore a quella del materiale della parete piana o del fondo, l'area A deve essere moltiplicata per il rapporto tra la sollecitazione massima ammissibile del tronchetto e la sollecitazione massima ammissibile del fondo.

Se sulla parete piana o sul fondo piano sono praticati fori aventi diametri (reali od equivalenti) diversi, nel considerare le relative coppie di fori per il calcolo dei coefficienti Y_1 e Y_2 bisogna porre per d il valore medio dei due diametri in esame.

3. In presenza di una distribuzione irregolare di forature bisogna scegliere la coppia di fori per cui i coefficienti Y_1 e Y_2 risultano maggiori.

4. In ogni caso ciascun foro deve essere verificato come singolo.

5. I giunti dei fondi piani in più pezzi devono appartenere alla I categoria di saldatura.

Regola VSG.1.L.4.: *Pareti piane e fondi piani circolari rinforzati*

1. Lo spessore s_0 di una parete piana o di un fondo piano circolare rinforzati con tiranti, tubi tiranti, mensole o nervature di irrigidimento sui quali non siano praticate aperture non deve essere inferiore a quello ricavato dalla formula:

$$1.1. \qquad s_o = 0{,}45 \cdot D \cdot \sqrt{\frac{p}{f}}$$

in cui:

D diametro, in mm, del cerchio più grande inscrivibile nella porzione di lamiera non rinforzata (figura 1.L.4.1.); nel caso di tiranti posizionati in modo irregolare si assume per D il valore della semisomma delle diagonali relative alla maglia quadrilatera per la quale detta semisomma è massima.

2. Per il calcolo dei rinforzi si applicano le regole del capitolo VSG.1.T. assumendo come valore dello spessore ideale che compare nella regola VSG.1.T.1. lo spessore calcolato con la regola VSG.1.L.2., assumendo in ogni caso C non minore di 0,45.

3. I giunti dei fondi piani in più pezzi devono appartenere alla I categoria di saldatura.

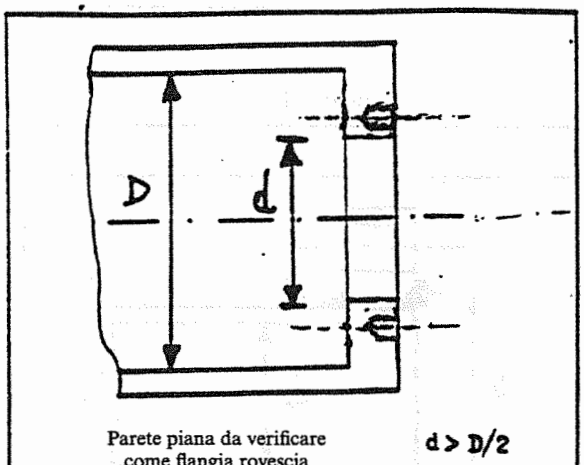


Figura 1.L.3.5.

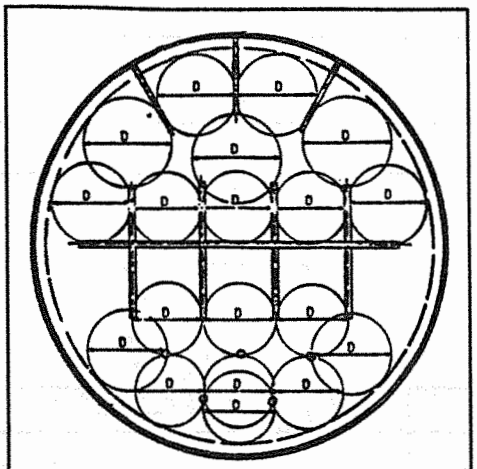


Figura 1.L.4.1.

Regola VSG.1.L.5.: *Pareti piane e fondi piani rettangolari, ellittici, pseudo-ellittici, non rinforzati*

1. Lo spessore s di una parete piana o di un fondo piano rettangolare, ellittico o pseudo-ellittico, non rinforzati e senza aperture, realizzati secondo le soluzioni costruttive corrispondenti alle figure da 1.L.2.1. a 1.L.2.11., non deve risultare inferiore a quello ricavato dalla formula che segue:

$$1.1. \qquad s_o = C a \sqrt{\frac{p}{f}}$$

dove:

a dimensione minore della parete o fondo, in mm;

C coefficiente di forma che si ricava come appresso indicato:

- per le pareti piane e fondi piani collegati a mezzo saldatura (figure da 1.L.2.1. a 1.L.2.7.), C si ricava dal diagramma di figura 1.L.5.1. in funzione del rapporto fra la dimensione minore a e quella maggiore b della parete o fondo stesso;
- per le pareti piane e fondi piani appoggiati e/o imbullonati (figure 1.L.2.8., 1.L.2.9. e 1.L.2.10.), C si ricava, sempre in funzione del rapporto a/b, dalla curva di figura 1.L.5.2. per le pareti rettangolari e dalla figura 1.L.5.3. per le pareti ellittiche o pseudo-ellittiche.

Inoltre per le pareti piane collegate secondo la soluzione costruttiva di cui alla figura 1.L.2.10, deve essere verificato anche lo spessore s_1 con la formula:

$$1.2. \qquad s_{10} = 1{,}5 \frac{A}{L} \frac{p}{0{,}58 f}$$

dove A ed L sono rispettivamente l'area, in mm^2, ed il perimetro, in mm, del rettangolo o dell'ellisse passante per la mezzeria della guarnizione.

2. Per le pareti e i fondi piani imbullonati e con guarnizione interna (figura 1.L.2.11.) il coefficiente C è dato dalla relazione:

$$2.1. \qquad C = \sqrt{C^* + \frac{6 F_m c}{p t a^2}}$$

dove:

t passo tra i bulloni, in mm;

C^* coefficiente che si ricava dalla figura 1.L.5.4

F_m carico sopportato da ciascun bullone, in N, di cui alla VSG.1.Z.

Per la verifica dello spessore s_1 il coefficiente C è dato invece dalla relazione:

2.2. $$C = \sqrt{\frac{6F_m c}{p\,t\,a^2}}$$

Per la verifica nelle condizioni di prova idraulica, nelle formule 2.1 e 2.2 vanno inseriti i simboli F_{mi} e p_i al posto di F_m e p_m

Lo spessore s_1 deve essere verificato anche nelle condizioni di serraggio mediante la relazione:

2.3. $$s_{1o} = \sqrt{\frac{6\left(\frac{a_m + a_b}{2}\right) f_{Bo}\, c}{t f_o}}$$

dove i simboli a_m, a_b, f_{BO} corrispondono ai simboli e relative definizioni di A_m, A_b, f_{bo} della regola VSG.1.X.

3. Le pareti e fondi piani a forma di corona circolare, vincolati su entrambi i bordi, con diametro esterno D_e e diametro interno D_i possono essere considerati come pareti e fondi rettangolari aventi:

$$a = \frac{D_e - D_i}{2}$$

$$b = \pi \frac{D_e + D_i}{2}$$

4. Per le pareti o fondi piani descritti ai punti precedenti, ma aventi aperture comunque distribuite, lo spessore risultante in progetto non deve essere inferiore a quello che si ricava dalla seguente formula:

4.1. $$s_o = C\,y\,a\sqrt{\frac{p}{f}}$$

dove il coefficiente C si ricava come indicato nei punti precedenti ed y vale:

4.2. $$y = \sqrt{\frac{e}{e - d}}$$

avendo i simboli e e d il significato di cui alla regola VSG.1.L.3.

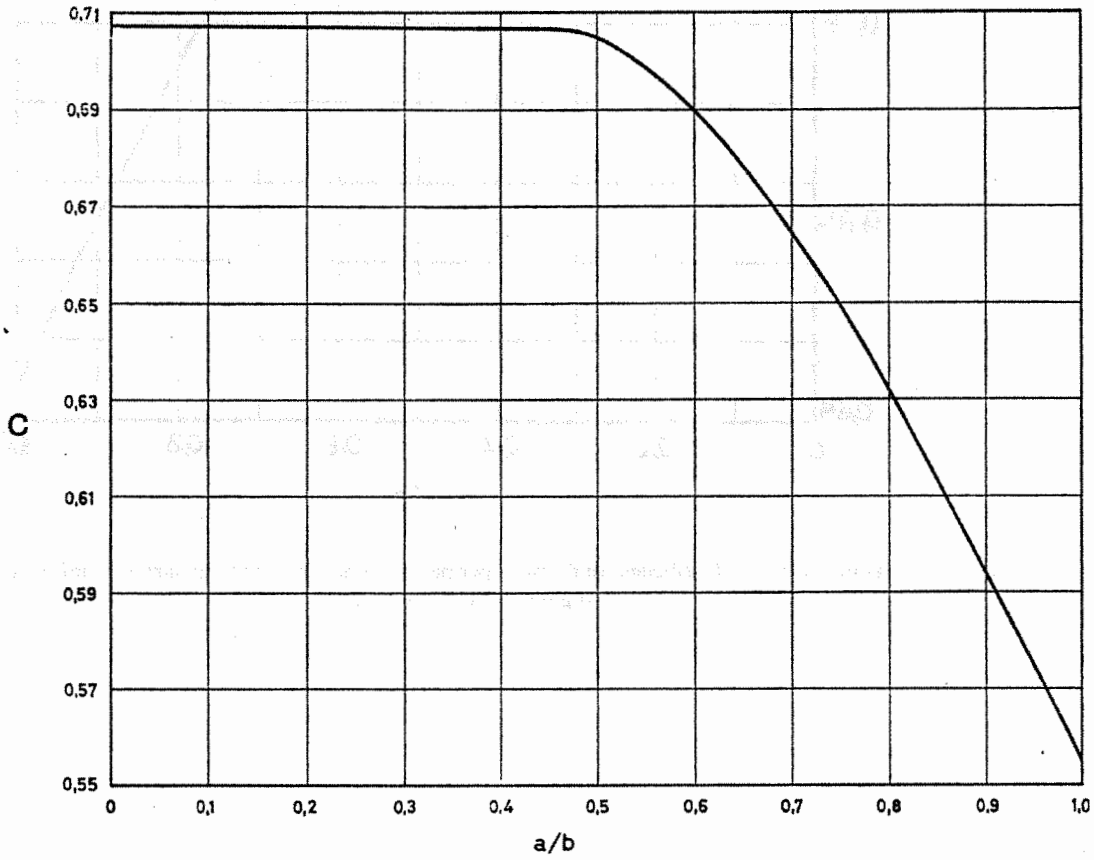
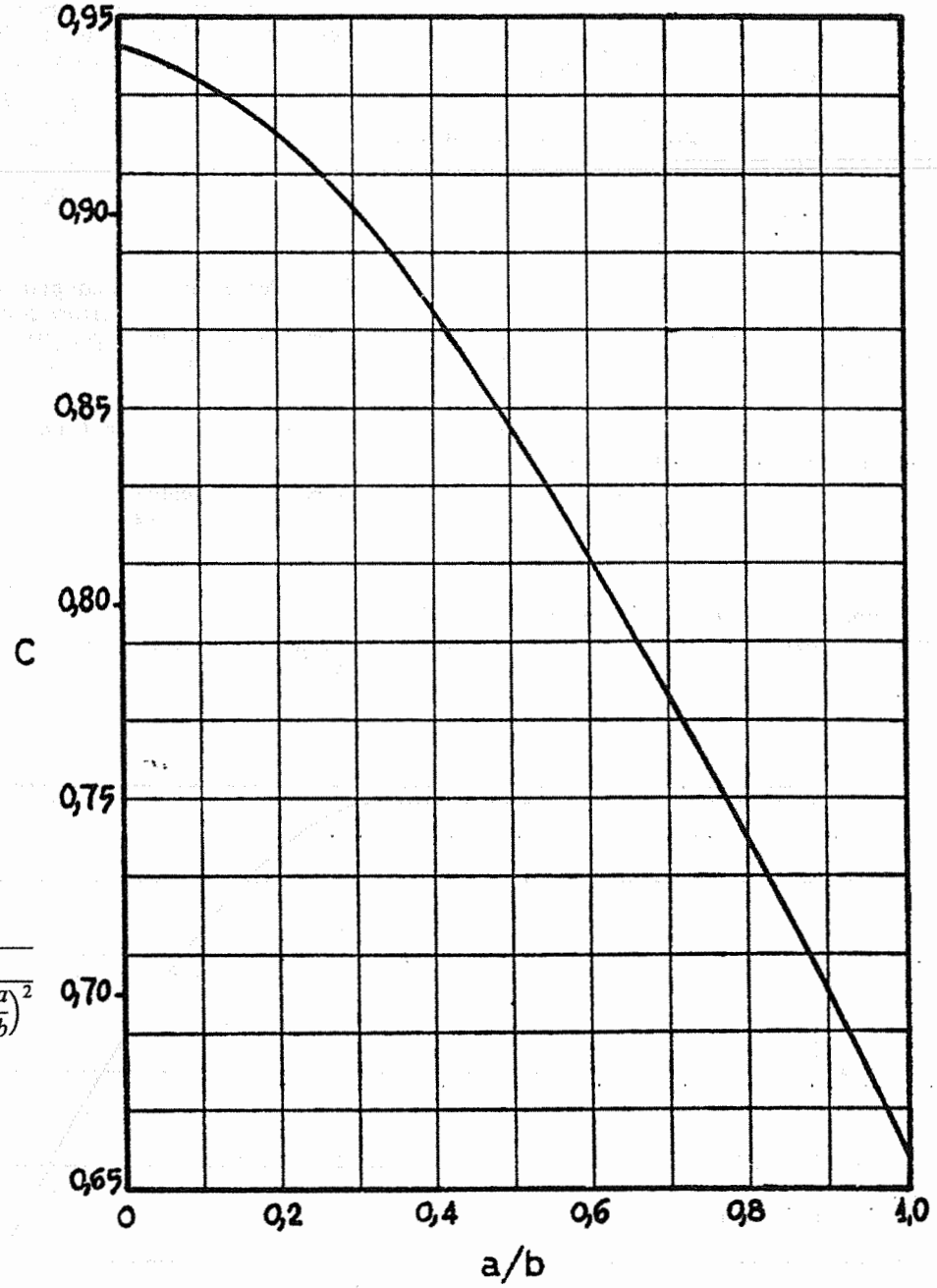


Figura 1.L.5.1. – Coefficienti di forma C per pareti e fondi piani non rinforzati (figure da 1.L.2.1. a 1.L.2.7.)



$$C = 0,942 \sqrt{\frac{1}{1 + \left(\frac{a}{b}\right)^2}}$$

Figura 1.L.5.2. – Coefficienti di forma C per pareti e fondi piani rettangolari non rinforzati (figure da 1.L.2.8. a 1.L.2.10.)

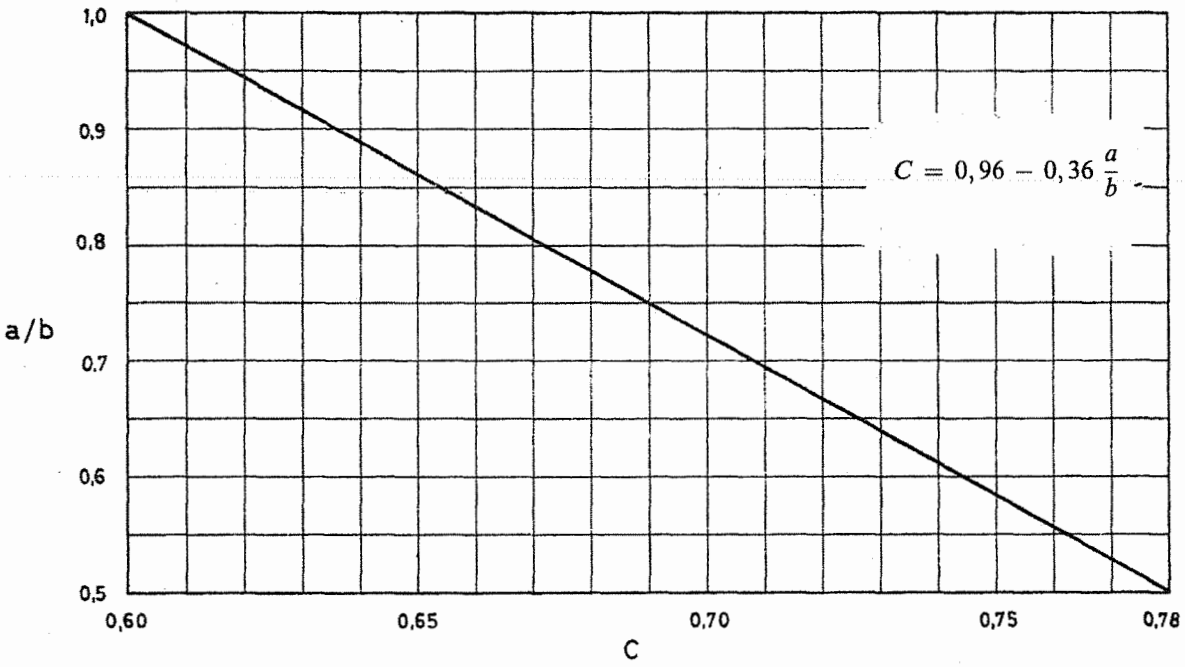


Figura 1.L.5.3. – Coefficienti di forma C per pareti e fondi piani ellittici o pseudo-ellittici non rinforzati (figure da 1.L.2.8. a 1.L.2.10.)

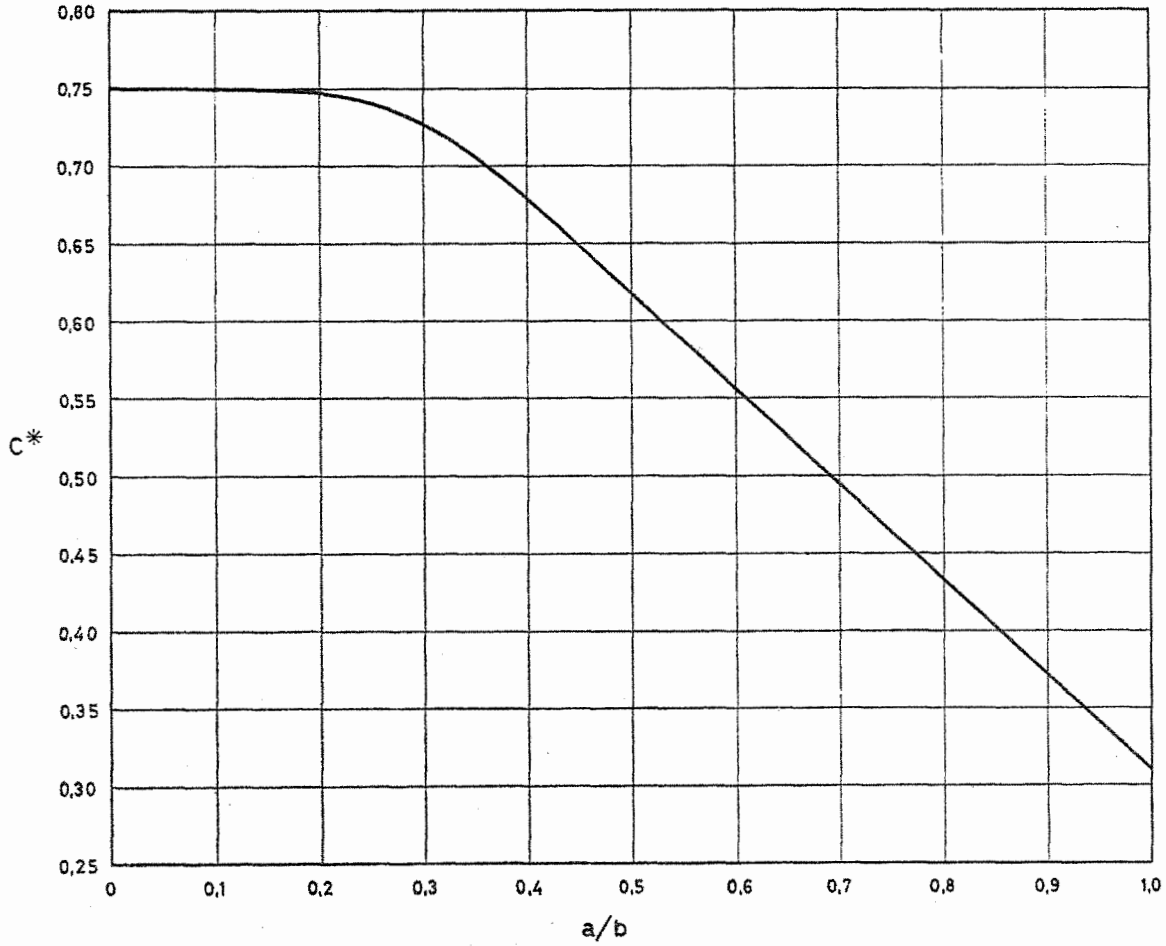


Figura 1.L.5.4. – Valori di C^* per la determinazione dei coefficienti di forma C per pareti e fondi piani non circolari non rinforzati (figura 1.L.2.11.)

ELENCO DELLE REGOLE CONTENUTE NEL CAPITOLO VSG.1.M.

Regola VSG.1.M.1.: *Generalità*

1. I fondi conici e le sezioni di riduzione tronco-coniche in acciaio aventi spessore maggiore di 30 mm, dimensionati come indicato nelle regole 1.M.2., 1.M.3. e 1.M.4. non possono essere esposti a prodotti della combustione aventi temperatura maggiore di 650 °C.

Regola VSG.1.M.2.: *Fondi conici e sezioni di riduzione tronco-coniche con angolo di conicità maggiore di 70°*

1. I fondi conici e le sezioni di riduzione tronco-coniche con angolo di conicità α maggiore di 70° sono assimilati a fondi piani del tipo b) della fig. 1.L.2.3. della regola VSG.1.L.2.

2. Lo spessore s dei fondi conici si calcola con la formula 1.1. della regola VSG.1.L.2. e quello delle sezioni di riduzione tronco-coniche con la formula 1.1. della regola VSG.1.L.3.; tali formule valgono anche per $D_i > 600$ mm.

3. Per il raggio r del tratto torico di raccordo e per l'altezza h del colletto cilindrico valgono le regole indicate nella predetta figura 1.L.2.3. per il fondo piano tipo b).

Regola VSG.1.M.3.: *Fondi conici e sezioni di riduzione tronco-coniche con angolo di conicità maggiore di 30° e fino a 70°*

1. Lo spessore s dei fondi conici e delle sezioni di riduzione tronco-coniche con angolo di conicità α maggiore di 30° e fino a 70° si calcola con la formula seguente:

$$s_o = \frac{p\,D_i}{2f\,z - p}\;\frac{1}{\cos\alpha} \qquad 1.1.$$

in cui:

s_0 spessore minimo di calcolo, in mm;
D_i diametro interno massimo, in mm;
p pressione di progetto, in MPa;
f sollecitazione massima ammissibile, in MPa, come definita al capitolo VSG.1.B., alla temperatura media di parete indicata al punto 3. della regola VSG.1.D.2.;
z modulo di efficienza della saldatura lungo una generatrice;
α angolo compreso fra l'asse del fondo e le generatrici del cono.

2. Il collegamento tra fondi conici o sezioni di riduzione tronco-coniche e fasciami cilindrici deve essere realizzato con tratto torico e colletto.

3. La formula 1.1. è valida anche per il calcolo dello spessore del tratto torico di raccordo fra parte conica e colletto, di cui al punto 2., introducendo i valori di f e di z relativi al tratto torico stesso.

Per angoli di conicità fino a 60° è ammessa una riduzione massima del 12% dello spessore del tratto torico rispetto allo spessore calcolato con la citata formula.

4. Il colletto deve avere altezza h non inferiore a $0{,}3\sqrt{D_e \cdot s}$ essendo D_e il diametro esterno ed s lo spessore dell'estremità conica o tronco-conica considerata. È consentito che l'altezza del colletto non interessata dal cordone di saldatura sia limitata a 60 mm, purché non risulti inferiore a s.

Il colletto può essere eliminato nel caso che il raccordo sia effettuato con raggio pari a $D_i/2$.

Il raggio interno r del tratto torico non deve essere in alcun caso inferiore a $3s$, né inferiore a:

$0{,}06\,D_i$ per α fino a 50°
$0{,}08\,D_i$ per $\alpha > 50°$ e fino a 60°
$0{,}10\,D_i$ per $\alpha > 60°$ e fino a 70°.

5. Se il fondo o la sezione di riduzione tronco-conica sono costituiti da più anelli saldati circonferenzialmente, per il calcolo dello spessore di ciascun anello si applica la formula 1.1. ponendo per D_i il valore del diametro interno massimo dell'anello considerato.

Regola VSG.1.M.4.: *Fondi conici e sezioni di riduzione tronco-coniche con angoli di conicità fino a 30°*

1. Lo spessore s dei fondi conici e delle sezioni di riduzione tronco-coniche con angolo di conicità α fino a 30° si calcola con la formula 1.1. della regola 1.M.3.

2. Il colleganento tra fondi conici o sezioni di riduzione tronco-coniche e fasciami cilindrici deve essere realizzato con tratto torico; il colletto può essere eliminato.

3. La formula 1.1. della regola 1.M.3. è valida anche per il calcolo dello spessore del tratto torico di raccordo fra parte conica e colletto, di cui al punto 2., introducendo i valori di f e di z relativi al tratto torico stesso.

È ammessa una riduzione massima del 12% dello spessore del tratto torico rispetto allo spessore calcolato come sopra; lo spessore del tratto torico non dovrà comunque essere inferiore al valore ottenibile introducendo nella predetta formula 1.1. $\cos \alpha = 1$.

4. Il raggio interno r del tratto torico non deve essere in alcun caso inferiore a $3\,s$ né a $0{,}06\,D_i$.

5. Se il fondo o la sezione di riduzione tronco-conica sono costituiti da più anelli saldati circonferenzialmente, per il calcolo dello spessore di ciascun anello si applica la formula 1.1. ponendo per D_i il valore del diametro interno massimo dell'anello considerato.

6. Nel collegamento dei fondi conici al fasciame cilindrico o delle sezioni di riduzione tronco-coniche al fasciame cilindrico di diametro maggiore è consentita la eliminazione del tratto torico di raccordo quando l'angolo di conicità α sia minore od uguale all'angolo β rilevato, se del caso per interpolazione, dalla seguente tabella:

D_i / s_m	$\geq$ 1962	965	633	466	367	301	254	219	$\leq$ 192
β in gradi	11	15	18	21	23	25	27	28,5	30

nella quale:

D_i diametro interno maggiore, in mm;

s_m spessore del fasciame conico maggiore, in mm.

7. Qualora il valore dell'angolo di conicità α sia superiore al valore di β rilevato dalla tabella di cui al punto 6., l'eliminazione del tratto torico di raccordo è ancora consentita purché sia adottato un anello di rinforzo a compressione avente area trasversale A, in mm^2, non minore di quella calcolata con la formula:

$$7.1. \qquad A = \frac{D_i^2}{8}\left(\frac{p}{fz}\right)\left(1 - \frac{\beta}{\alpha}\right)\operatorname{tg}\alpha$$

in cui:

D_i diametro interno del fasciame cilindrico maggiore, in mm;

p pressione di progetto, in MPa;

f sollecitazione massima ammissibile, in MPa, come definita al capitolo VSG.1.B., alla temperatura media di parete indicata al punto 3. della regola VSG.1.D.2.;

z minore dei valori del modulo di efficienza della giunzione della zona cilindrica, della parte conica e dell'anello di rinforzo e può essere assunto pari a 1 quando tutte le suddette giunzioni sono realizzate modiante saldature di testa.

8. Se lo spessore reale del fondo conico o della sezione di riduzione tronco-conica è maggiore dello spessore calcolato con la formula 1.1. della regola VSG.1.M.3., l'eccedenza di spessore può essere considerata a contributo dell'area richiesta per l'anello di rinforzo per un'area A_c pari a:

$$8.1. \qquad A = 2{,}828 \cdot s_o \cdot \sqrt{D_i \cdot s_{fr}}$$

in cui:

A_c area di contributo dell'anello di rinforzo dovuta al sovraspessore, in mm^2;

s_{fr} spessore reale del fasciame cilindrico alla giunzione con il cono o con la sezione di riduzione tronco-conica, in mm;

s_0 minore dei due valori $(s_{fr} - s_{fm})$ e $(s_{cr} - s_{fm}/\cos\alpha)$, essendo s_{fm} lo spessore minimo di calcolo del fasciame cilindrico maggiore e s_{cr} lo spessore reale del fondo conico o della sezione di riduzione tronco-conica.

9. Nel collegamento delle sezioni di riduzione tronco-coniche al fasciame cilindrico di diametro minore è consentita la eliminazione del tratto torico di raccordo quando l'angolo di conicità α sia minore o uguale all'angolo β rilevato, se del caso per interpolazione, dalla seguente tabella:

d_i/s_m	$\geq$ 937	397	197	97	47	22	17	$\leq$ 13
β in gradi	4	6	9	12,5	17,5	24	27	30

nella quale:

d_i diametro interno minore, in mm;

s_m spessore del fasciame conico minore, in mm.

10. Qualora il valore dell'angolo di conicità α sia superiore al valore di β rilevato dalla tabella di cui al punto 9., l'eliminazione del tratto torico di raccordo è ancora consentita purché sia adottato un anello di rinforzo a trazione avente area trasversale A, in mm^2, non minore di quella calcolabile con la formula:

$$10.1. \qquad A = \frac{d_i^2}{8}\left(\frac{p}{fz}\right)\left(1 - \frac{\beta}{\alpha}\right)\operatorname{tg}\alpha$$

in cui:

d_i diametro interno del fasciame cilindrico minore, in mm;

p pressione di progetto, in MPa;

f sollecitazione massima ammissibile, in MPa, come definita al capitolo VSG.1.B., alla temperatura media di parete indicata al punto 3. della regola VSG.1.D.2.;

z minore dei valori del modulo di efficienza delle giunzioni della zona cilindrica, della parte conica e dell'anello di rinforzo.

11. Se lo spessore reale della sezione di riduzione tronco-conica è maggiore dello spessore calcolato con la formula 1.1. della regola VSG.1.M.3., l'eccedenza di spessore può essere considerata a contributo dell'area richiesta per l'anello di rinforzo per un'area A_c pari a:

$$11.1 \quad A_c = m\sqrt{\frac{d_i s_{fm}}{2}}\left[\left(s_{cr} - \frac{s_{fm}}{\cos\alpha}\right) + (s_{fr} - s_{fm})\right]$$

in cui:

d_i diametro interno del fasciame cilindrico minore, in mm;

s_{fm} spessore minimo di calcolo del fasciame cilindrico minore, in mm;

s_{fr} spessore reale del fasciame cilindrico minore, in mm;

s_{cr} spessore reale della sezione di riduzione tronco-conica, in mm;

m minore dei due valori:

$$\frac{s_{fr}}{s_{fm}} \cos(\alpha - \beta)$$

$$\frac{s_{cr} \cos\alpha}{s_{fm}} \cos(\alpha - \beta)$$

12. L'anello di rinforzo di cui ai punti 7. e 10. deve essere posto in posizione tale che il baricentro della sezione si trovi ad una distanza non maggiore di 0,353 D_i dalla giunzione del fondo conico o della sezione di riduzione tronco-conica al fasciame cilindrico di diametro maggiore, e non maggiore di 0,353 d_i dalla giunzione della sezione di riduzione tronco-conica al fasciame cilindrico di diametro minore.

ELENCO DELLE REGOLE CONTENUTE NEL CAPITOLO VSG.1.N.

Regola VSG.1.N.1.: *Determinazione dello spessore dei tubi sottoposti a pressione interna*

1. Lo spessore minimo dei tubi di diametro esterno non superiore a 220 mm privi di aperture, sottoposti a pressione interna, si determina con la formula seguente:

$$1.1. \qquad s_0 = \frac{p \cdot De}{2fz + p}$$

in cui:

s_0 spessore minimo di calcolo, in mm;
p pressione di progetto, in MPa;
D_e diametro esterno, in mm;
f sollecitazione massima ammissibile, in MPa, come definita al capitolo VSG.1.B., alla temperatura media di parete indicata ai punti 3. e 4.;
z modulo di efficienza della saldatura; per i tubi senza saldatura longitudinale $z = 1$.

I tubi aventi diametro esterno maggiore di 220 mm ed i tubi di qualsiasi diametro esterno aventi fori o aperture si verificano con le regole del capitolo VSG.1.D.

Lo spessore reale dei tubi non può, comunque, essere inferiore ai valori indicati alla regola VSG.1.N.3.

2. Per tubi di scambio termico con curvature e per serpentine tubolari il procedimento di curvatura non deve comportare alcuna diminuzione di resistenza del tubo curvo rispetto al tubo diritto.

3. La temperatura media di parete dei tubi in acciaio deve essere assunta dal progettista, ed in ogni caso non inferiore a 250°C ed ai valori sottoindicati:

– per tubi vaporizzatori: temperatura di saturazione aumentata almeno di:
25°C per i tubi riscaldati per convezione;
50°C per i tubi riscaldati per irraggiamento;

– per i tubi dei surriscaldatori: temperatura del vapore surriscaldato, prevista nella parte considerata del surriscaldatore, aumentata di:
35 °C per i surriscaldatori a convezione,
50 °C per i surriscaldatori a irraggiamento;

– per i tubi degli economizzatori: temperatura del fluido interno aumentata di 25°C;

– per i tubi non riscaldati: temperatura pari a quella del fluido interno.

Regola VSG.1.N.2.: *Determinazione dello spessore dei tubi sottoposti a pressione esterna*

1. Lo spessore minimo dei tubi sottoposti a pressione dall'esterno si determina con la formula seguente:

$$1.1. \qquad s_0 = \frac{p \cdot De}{1,6 \cdot f \cdot z}$$

in cui:

s_0 spessore minimo di calcolo, in mm;
p pressione di progetto, in MPa;
D_e diametro esterno, in mm;
f sollecitazione massima ammissibile, in MPa, come definita al capitolo VSG.1.B., alla temperatura media di parete indicata ai punti 3. e 4. della regola VSG.1.N.1.;
z modulo di efficienza della saldatura, per i tubi senza saldatura longitudinale $z = 1$.

Lo spessore reale dei tubi non può, comunque, essere inferiore ai valori indicati alla regola VSG.1.N.3.

Regola VSG.1.N.3.: *Spessori minimi*

1. In ogni caso, qualunque siano gli spessori risultanti dalla applicazione della formula 1.1. delle regole precedenti, gli spessori reali non devono essere inferiori a quelli appresso tabellati:

– per tubi in acciaio non legato (al C ed al Mn) o ad alto limite di snervamento:

D_e (mm)	s (mm)
fino a 38	1,75
oltre 38 fino a 51	2,15
oltre 51 fino a 70	2,40
oltre 70 fino a 76	2,60
oltre 76 fino a 95	3,05
oltre 95 fino a 102	3,30
oltre 102 fino a 127	3,50
oltre 127 fino a 168	3,70
oltre 168 fino a 220	4,00

– per tubi in acciai ferritici a bassa lega resistenti al calore (al Mo ed al Cr-Mo) (con interpolazione lineare per diametri intermedi):

D_e (mm)	s (mm)
fino a 38	1,5
oltre 38 fino a 220	3,0

– per tubi in acciaio austenitico al Cr-Ni (con interpolazione lineare per diametri intermedi):

D_e (mm)	s (mm)
fino a 38	1,0
oltre 38 fino a 220	1,5

Regola VSG.1.N.4.: *Tubi a sezione trasversale ellittica senza saldatura sottoposti a pressione interna*

1. *Generalità.*

1.1. I tubi a sezione trasversale ellittica senza saldatura sottoposti a pressione interna devono avere rapporto fra l'asse minore b e l'asse maggiore a non inferiore a 0,25.

2. *Materiali, fabbricazione e prove.*

2.1. Per la fabbricazione dei tubi ellittici devono essere impiegati materiali dei tipi ammessi, con la osservanza delle disposizioni di carattere generale e particolare vigenti per i tubi a sezione circolare senza saldatura.

2.2. Agli effetti delle prove sui tubi ellittici valgono le disposizioni relative ai tubi a sezione circolare, assumendo come diametro l'asse maggiore dell'ellisse.

3. *Verifica della stabilità.*

3.1. Lo spessore s_o dei tubi ellittici si determina con la formula seguente:

3.1.1.
$$s_o = \frac{p\,a}{4f}\left(1 + \sqrt{1 + \frac{6f}{p}\,\frac{a^2 - b^2}{a^2}\,k}\right)$$

in cui:

k coefficiente funzione del rapporto e fra l'asse minore b e l'asse maggiore a, dato dalla formula seguente:

3.1.2.
$$k = 1 + \frac{1}{4}\left(\frac{1 - e^2}{1 + e^2}\right) + \frac{5}{128}\left(\frac{1 - e^2}{1 + e^2}\right)^3 + \frac{15}{1024}\left(\frac{1 - e^2}{1 + e^2}\right)^5$$

L'andamento qualitativo è riportato nella figura 1.N.4.

3.3. Lo spessore minimo dei tubi ellittici deve essere conforme a quello stabilito per i tubi a sezione circolare, assumendo come diametro l'asse maggiore dell'ellisse.

Regola VSG.1.N.5.: *Verifica delle curve e dei tubi curvati*

1. *Generalità.*

1.1. La presente regola si applica alle curve di tubazioni in pressione. Sono escluse dalla presente verifica le serpentine dei fasci tubieri degli scambiatori di calore con tubi ad U, le serpentine dei surriscaldatori, degli economizzatori e gli altri tipi di serpentine utilizzate per scambio termico.

2. *Simboli e definizioni.*

Nelle formule di verifica vengono utilizzati i seguenti simboli con le relative definizioni:

D_i diametro interno della curva, in mm;

R raggio di curvatura in corrispondenza della mezzeria della curva, in mm;

s spessore minimo della curva, in mm;

f sollecitazione massima ammissibile in condizioni di progetto, in MPa;

f_i sollecitazione massima ammissibile in condizioni di prova, in MPa;

3. *Verifica della stabilità.*

La verifica della stabilità deve essere eseguita nelle condizioni di prova e di progetto; la sollecitazione massima ammissibile del materiale del tubo deve soddisfare alle seguenti condizioni:

– all'estradosso

3.1.
$$f \geq 0{,}5 \cdot p\left(1 + 0{,}5 \cdot \frac{D_i}{s} \cdot \frac{4R + D_i}{2R + D_i + s}\right)$$

– all'intradosso

3.2.
$$f \geq 0{,}5 \cdot p\left(1 + 0{,}5 \cdot \frac{D_i}{s} \cdot \frac{4R - D_i}{2R - D_i - s}\right)$$

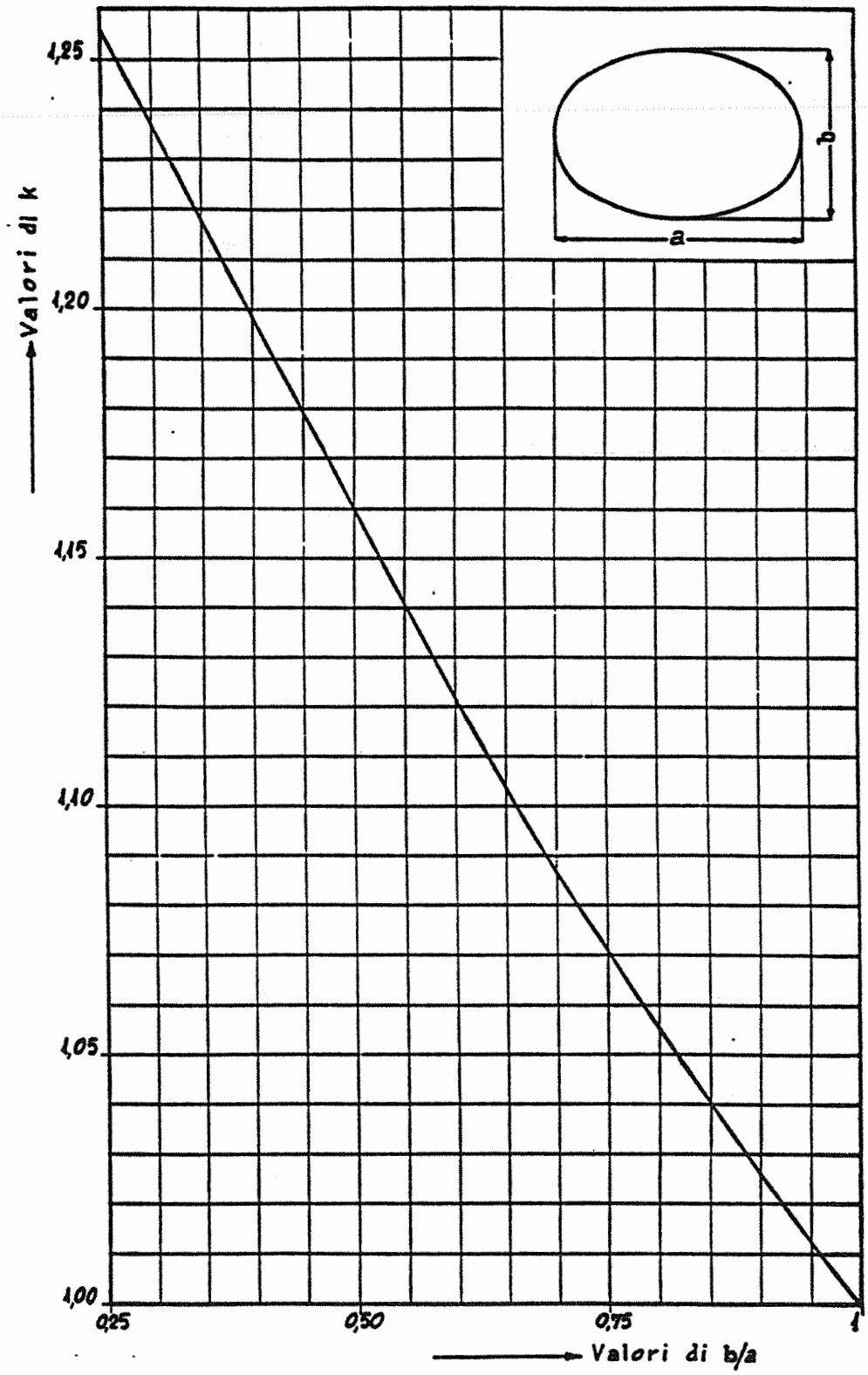


Figura 1.N.4. - Coefficienti k per tubi a sezione trasversale ellittica

ELENCO DELLE REGOLE CONTENUTE NEL CAPITOLO VSG.1.P.

Regola VSG.1.P.1.: *Distanza minima dei fori*

1. La distanza, in mm, tra i bordi di due fori contigui non deve essere inferiore a:

0,125 d + 12 per tubi mandrinati alla piastra

0,125 d + 5 per tubi saldati alla piastra

in cui d è il diametro dei fori, in mm.

Regola VSG.1.P.2.: *Calcolo dello spessore della piastra in corrispondenza di zone non forate*

1. Sono da considerare rinforzi di una piastra piana il tubo focolare o il tubo camino a generatrice rettilinea collegati alla piastra stessa, i risvolti e, se adeguatamente dimensionati, i tiranti ed i tubi tiranti regolarmente o irregolarmente posizionati, le mensole o le nervature di irrigidimento.

2. Lo spessore di una piastra tubiera va calcolato con riferimento alle zone non forate comprese tra i fasci tubieri ed alle zone non forate comprese tra fasci tubieri ed il bordo della piastra, come indicato a titolo di esempio nella figura 1.P.1.

3. Lo spessore minimo di calcolo s_0, in mm, della piastra è il maggiore dei due valori dati dalle formule seguenti:

3.1. $$s_o = C\sqrt{\frac{p \cdot (A^2 + B^2)}{0,85 \cdot f}}$$

3.2. $$s_o = C \cdot D_i \sqrt{\frac{p}{0,85 \cdot f}}$$

in cui:

p pressione di progetto, in MPa;

A larghezza della lama d'acqua fra i fasci tubieri, misurata tra le linee dei centri dei fori come segnato nella figura 1.P.1.;

B distanza dei tubi nella direzione normale ad A, misurata come segnato nella fig. 1.P.1.;

f sollecitazione massima ammissibile, in MPa, come definita al capitolo VSG.1.B., alla temperatura media di parete indicata al punto 3. della regola VSG.1.D.2.;

D_i diametro del cerchio più grande inscrivibile nella porzione di lamiera non rinforzata (figure 1.P.2. e 1.P.4.); nel caso di rinforzi costituiti da tiranti posizionati in modo irregolare, si assume per D_i il valore della semisomma delle diagonali relativa alla maglia quadrilatera per la quale detta semisomma è massima;

C coefficiente che assume i seguenti valori:

a) C = 0,33 se si valuta lo spessore con riferimento ad una porzione di piastra con risvolto perimetrale (D_i rappresenta il diametro del cerchio inscrivibile a partire dall'inizio della curvatura del risvolto), oppure delimitata da trave di irrigidimento o da innesto di tubo focolare o tubo camino;

b) C = 0,40 se si valuta lo spessore con riferimento ad una porzione di lamiera delimitata da tiranti saldati o avvitati o da tubi tiranti avvitati o da tubi mandrinati entro fori muniti di scanalatura o da mensole;

c) C = 0,33 se i tiranti di cui al punto b) sono provvisti di rondelle aventi un diametro pari ad almeno 3,5 volte il diametro del tirante;

d) C = 0,31 se i tiranti di cui sopra sono muniti di rondelle e di piastra di supporto sottostante;

e) C = 0,42 se, lungo il perimetro del cerchio inscrivibile, la piastra è rinforzata con sistemi diversi.

Regola VSG.1.P.3.: *Piastre e zone piane rinforzate esposte a riscaldamento*

1. Se la piastra è esposta a riscaldamento, lo spessore di cui alla regola VSG.1.P.2. deve essere maggiorata del 10%.

Regola VSG.1.P.4.: *Spessori minimi delle piastre*

1. Nel caso che i tubi siano mandrinati, lo spessore della piastra non può essere inferiore a:

0,125 d + 5, con minimo assoluto di 12 mm.

2. Nel caso che i tubi siano saldati, lo spessore della piastra non può essere inferiore a:

0,1 d + 3.

Regola VSG.1.P.5: *Verifica dei tubi allo sfilamento*

1. La superficie a, in mm^2, da considerare agli effetti dell'efficacia dell'azione della mandrinatura e del pericolo di sfilamento di ogni singolo tubo è:

1.1. $$a = 60 \cdot s \cdot l$$
(con un valore massimo pari a: $\pi \cdot d \cdot l$)

in cui:

s spessore del tubo in mm;

l altezza della mandrinatura, in mm;

d diametro del foro, in mm.

2. Le sollecitazioni ammesse F/a, in MPa, agli effetti della verifica dello sfilamento dei tubi sono:

2.1. $$\frac{F}{a} \leq 5\,MPa$$

per mandrinatura con sede liscia,

2.2. $$\frac{F}{a} \leq 10\,MPa$$

per mandrinatura con sede scanalata,

in cui lo sforzo F, in N, sopportato da un tubo è il prodotto della pressione p, in MPa, per l'area A, in mm^2, della porzione di piastra tubiera competente ad un tubo.

3. Nel caso di tubi saldati alla piastra l'altezza minima della gola della saldatura non deve essere inferiore allo spessore s del tubo, in mm.

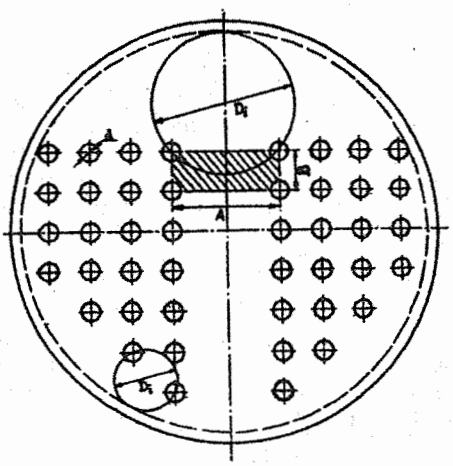


Figura 1.P.1.

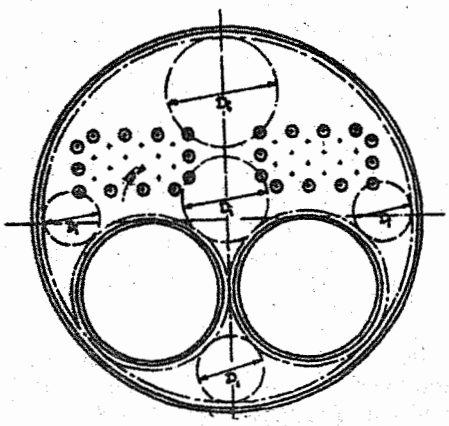


Figura 1.P.2.

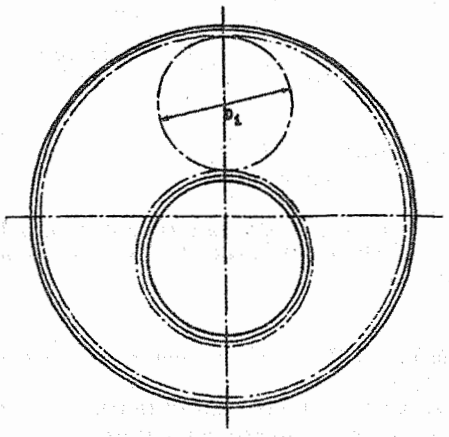


Figura 1.P.3.

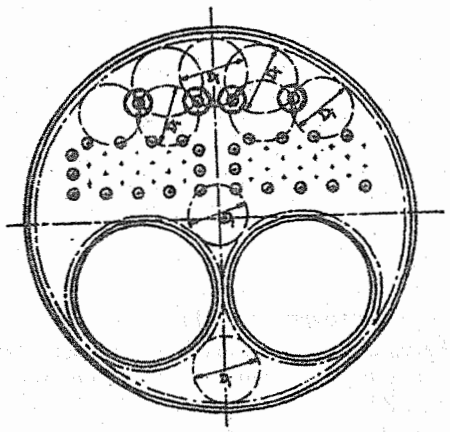


Figura 1.P.4.

Regola VSG1.P.6.: *Verifica dei tubi alla trazione*

1. L'area della sezione trasversale del tubo, in mm^2, non deve essere inferiore al valore dato dalla formula seguente:

$$1.1. \qquad \frac{p \cdot A}{f}$$

in cui:

p pressione di progetto, in MPa;

A superficie della zona della piastra tubiera competente al tubo, in mm^2;

f sollecitazione massima ammissibile per i tubi, in MPa, come definita al capitolo VSG.1.B., alla temperatura media di parete indicata ai punti 3. e 4. della regola VSG.1.N.1.

2. Per tubi filettati la sezione resistente deve essere calcolata facendo riferimento al diametro corrispondente al fondo del filetto.

Regola VSG.1.P.7.: *Rinforzi con tubi tiranti e tiranti*

1. Quando lo sforzo sopportato dal singolo tubo risulti superiore a quello massimo ammesso secondo la verifica allo sfilamento dei tubi mandrinati oppure secondo la verifica alla trazione, si devono prevedere tubi tiranti e tiranti in numero e posizione tali da assorbire gli sforzi; il calcolo della sezione resistente dei tubi va eseguito come indicato nella regola VSG.1.P.6.; il calcolo dei tiranti va eseguito come indicato al capitolo VSG.1.T.

Regola VSG.1.P.8.: *Modalità costruttive delle piastre tubiere in piú pezzi*

I giunti delle piastre tubiere piane in piú pezzi devono appartenere alla prima categoria di saldatura.

ELENCO DELLE REGOLE CONTENUTE NEL CAPITOLO VSG.1.R.

Regola VSG.1.R.1.: *Generalità*

1. Nella costruzione dei generatori di vapore a focolare interno, di tipo marina, locomotiva o simili è ammessa la unione delle piastre tubiere piane o dei fondi piani senza risvolto a mezzo di saldature d'angolo, adottando una delle sottoindicate soluzioni costruttive:

1.1. Piastra tubiera piana o fondo piano saldato d'angolo internamente al fasciame cilindrico ed al focolare, come indicato in figura 1.R.1.;

1.2. Piastra tubiera piana o fondo piano saldato d'angolo esternamente al solo fasciame cilindrico, come indicato in figura 1.R.2.;

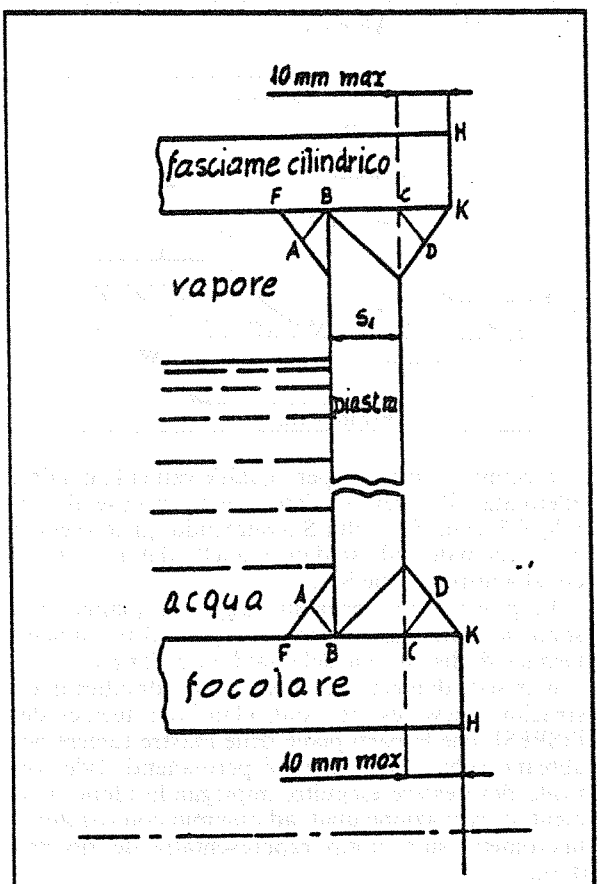


Figura 1.R.1.

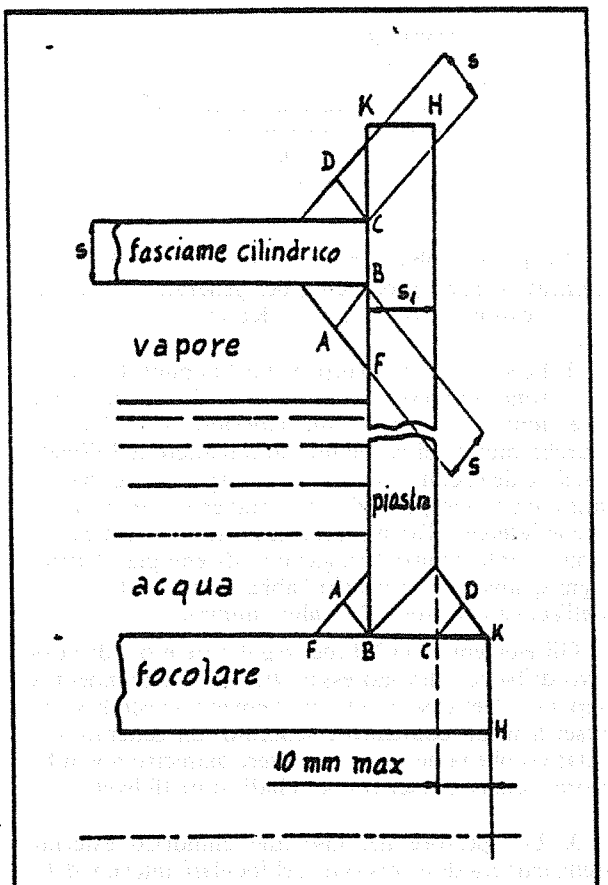


Figura 1.R.2.

(*) Unità di misura fissata dal D.M. 21 maggio 1974 (e non ancora variata).

1.3. Piastre tubiere piane di camere di inversione, saldate d'angolo esternamente al focolare ed internamente o esternamente alla parte cilindrica della camera di inversione, come indicato di massima in figura 1.R.3.;

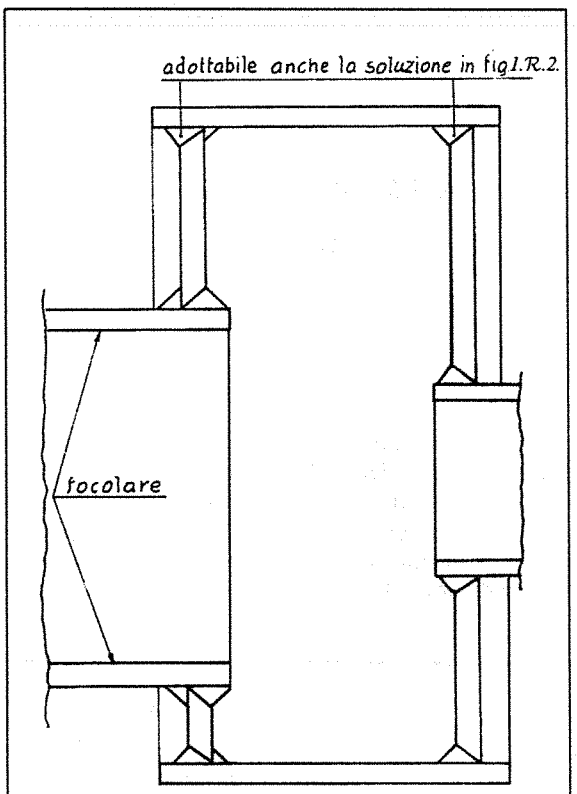


Figura 1.R.3.

1.4. Piastre tubiere di tipo diverso da quelli esemplificati ai punti precedenti, per generatori di vapore con pressione di bollo fino a 1 Kg/cm^2.

2. Le soluzioni costruttive di cui ai punti 1.1., 1.2. e 1.3., sono ammesse per generatori di vapore aventi pressione di progetto non superiore a 15 Kg/cm^2 purché muniti di regolatore automatico dell'alimentazione dell'acqua, nonché di un dispositivo di blocco automatico indipendente, con riapertura manuale, il quale intercetti l'arrivo del combustibile ai bruciatori oppure interrompa l'erogazione di energia elettrica ogni qualvolta di verifichi l'abbassamento del livello dell'acqua al di sotto del valore minimo.

Gli elementi sensibili del regolatore e del dispositivo di blocco devono essere fra loro indipendenti e separati. Nel caso in cui gli elementi sensibili siano inseriti in un contenitore separato dal generatore, i relativi collegamenti devono avere diametro non inferiore a quello prescritto per l'indicatore di livello.

3. Lo spessore del fasciame cilindrico esterno, della camera di inversione, del focolare interno, delle piastre tubiere piane o del fondo piano non deve essere superiore a 20 mm.

4. Nelle piastre tubiere e nei fondi piani oggetto della presente norma non è ammessa l'applicazione di travi; mensole e nervature di rinforzo sono ammesse con il rispetto delle condizioni di cui al punto 2. della regola VSG.1.R.2. e debbono essere calcolate secondo le regole del capitolo VSG.1.T.

Si intende per trave una membratura di rinforzo estesa all'intera zona della parte piana della piastra tubiera o del fondo piano e collegata al fasciame; per mensola una membratura di rinforzo locale collegante in senso obliquo la piastra tubiera piana o il fondo piano con il fasciame; per nervatura una membratura di rinforzo interessante la sola piastra tubiera o il fondo piano e non collegata con il fasciame.

5. Per la realizzazione del fasciame devono essere impiegati acciai non legati o debolmente legati con carico di rottura minimo tabellare non superiore a 412 Mpa; possono tuttavia essere impiegati acciai con carico superiore a 412 MPa purché le caratteristiche di duttilità in zona termicamente alterata per effetto della saldatura vengano controllate mediante prove di resilienza che confermino i valori prescritti per il materiale base.

Le prove di resilienza vanno effettuate su provette ricavate da un apposito saggio unicamente in sede di qualifica del procedimento.

Detto saggio va realizzato (vedi Figura 1.R.3.A.) saldando d'angolo uno spezzone di lamiera di 300 x 300 mm rappresentativo della piastra con un altro di 600 x 300 mm rappresentativo del fasciame. Dallo spezzone rappresentativo del fasciame, dopo asportazione per via meccanica dello spezzone piastra e del cordone di saldatura vanno ricavate, a cavallo del piano mediano x-x, n. 2 terne di provette per le prove di resilienza con l'intaglio nelle due zone termicamente alterate AB e CD.

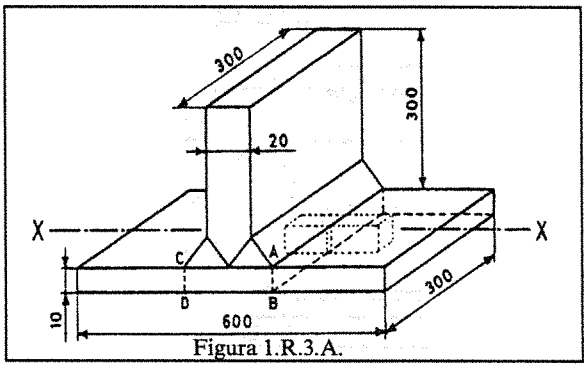


Figura 1.R.3.A.

Il campo di spessori per i quali è valida la qualifica effettuata sul saggio va determinato in base al capitolo S.5. della Raccolta S assumendo quale spessore convenzionale della saldatura quello del mantello, di cui alla disposizione S2.2.

Le prove di resilienza sul saggio di qualifica non sono richieste qualora venga eseguito il trattamento termico di distensione delle saldature d'angolo.

6. In sede di esecuzione della prova idraulica di costruzione deve essere controllato dai tecnici dell'ISPESL che le parti piane delle piastre tubiere non abbiano subito deformazioni permanenti. Tale controllo deve essere eseguito, impiegando idonei strumenti di rilevazione quali ad esempio comparatori o micrometri, su prototipi rappresentativi dei tipi prodotti.

Le Ditte costruttrici devono presentare una specifica nella quale sia precisato quanto segue:

– posizionamento e numero degli strumenti di rilevazione delle deformazioni;
– tipo di strumento e sua sensibilità;
– sistema di ancoraggio degli strumenti.

L'entità della deformazione permanente da non superare è il 25% della deformazione massima misurata durante la prova.

7. Il progettista deve precisare la potenza massima del bruciatore che può essere montato sul generatore di vapore nonché la geometria, il flusso termico e le caratteristiche della camera di combustione affinché il fornitore del bruciatore installi un apparccchio idoneo ad evitare che le sollecitazioni indotte nelle membrature dal flusso termico superino i limiti preventivati; la potenza massima del bruciatore (o della totalità dei bruciatori) non deve comunque superare la potenza nominale del focolare con una tolleranza in più del 15%.

Regola VSG.1.R.2.: *Calcoli di verifica e parametri geometrici*

1. Le piastre tubiere piane ed i fondi piani debbono essere verificati applicando le regole del capitolo VSG.1.P.

2. Inoltre, debbono essere rispettate le seguenti condizioni geometriche:

$$a \geq 0,5\sqrt{\frac{s_1(11 + s_2)\,l \cdot 10}{f}}$$

$$b \geq 0,35\sqrt{\frac{s_1(7 + s_2)\,l \cdot 10}{f}}$$

$$b \geq 1,5\,d \qquad c \geq 1,1\sqrt{\frac{s_1\,l \cdot 10}{f}} \qquad c \geq 1,5\,d$$

dove i simboli hanno i seguenti significati:

a distanza minima, in mm, fra il focolare ed il fasciame, o fra nervatura di rinforzo e focolare, o, per i generatori di vapore con fondo del focolare bagnato, la distanza minima fra il fasciame ed i vincoli della camera d'inversione con la piastra tubiera piana o fondo piano del generatore;

b distanza minima, in mm, fra il focolare e l'asse dei tubi, fra il focolare e il fasciame cilindrico della camera di inversione, fra il fasciame cilindrico della camera di inversione e l'asse dei tubi o dei tiranti;

c distanza minima, in mm, fra l'asse dei tubi ed il fasciame, o fra nervatura di rinforzo e fasciame o fra asse dei tubi e mensola, o fra attacco della mensola alla piastra o fondo piano ed il fasciame;

l distanza massima, in mm, fra le piastre tubiere piane o fondi piani;

s_1 spessore nominale, in mm, della piastra tubiera piana o del fondo piano;

s_2 spessore nominale, in mm, del focolare;

d diametro esterno, in mm, dei tubi;

f sollecitazione massima ammissibile del materiale della piastra tubiera piana o del fondo piano in MPa, alla temperatura media di parete indicata nella regola VSG.1.D.2., punto 3.

Per le piastre tubiere delle camere di inversione e per quelle di cui al punto 1.4. della regola VSG.1.R.1. non si applicano le condizioni $b \geq 1,5\,d$ e $c \geq 1,5\,d$.

Le distanze a, b e c sono indicate nelle figg. 1.R.4, 5, 6, 7.

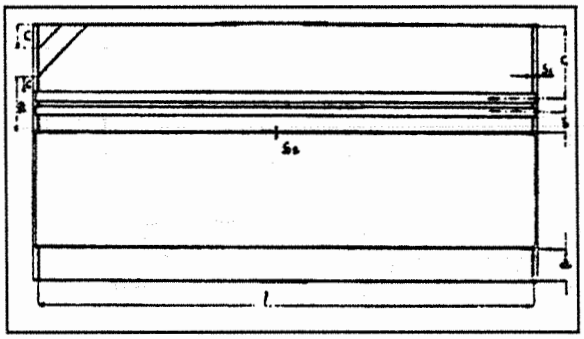


Figura 1.R.4.

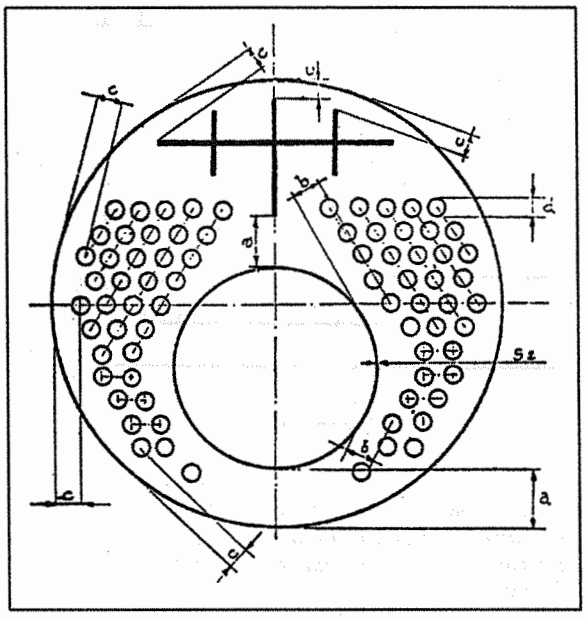


Figura 1.R.5.

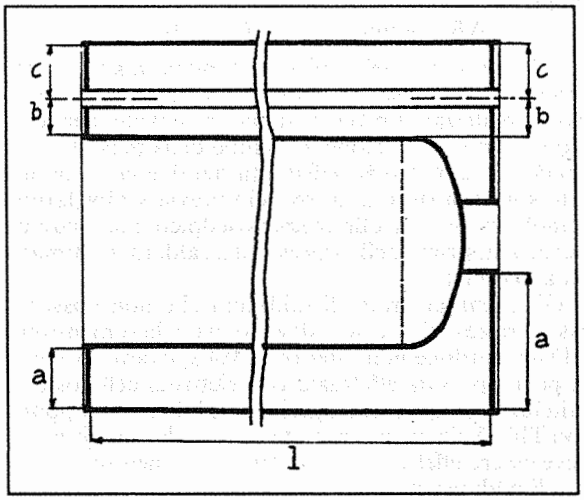


Figura 1.R.6.

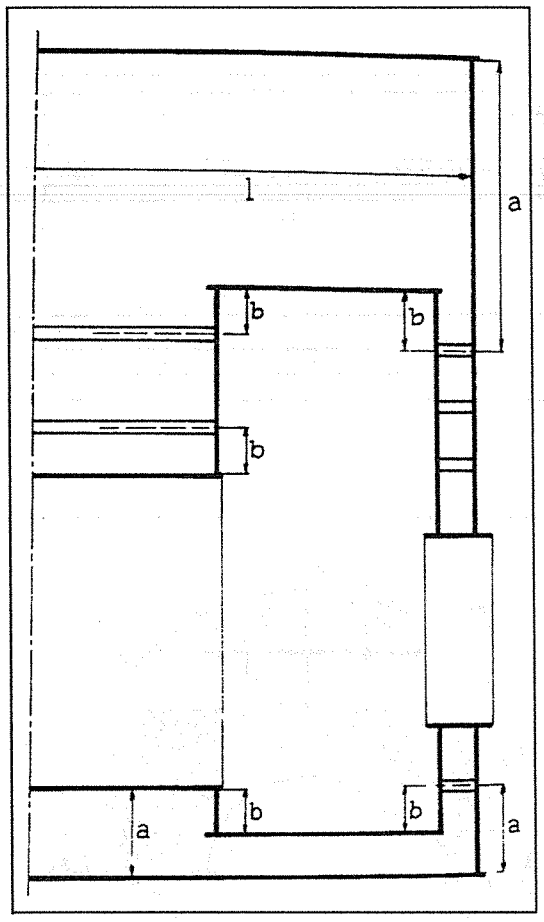


Figura 1.R.7.

Regola VSG.1.R.3.: *Dimensionamento, modalità esecutive e di controllo delle saldature d'angolo per pressioni di progetto maggiori di 1 Kg/cm² e fino a 15 Kg/cm²*

1. *Per la soluzione costruttiva di cui in figura 1.R.1.*

1.1. Le dimensioni AB e CD dei cordoni delle saldature d'angolo di unione della piastra tubiera piana o del fondo piano al focolare ed al fasciame cilindrico devono soddisfare rispettivamente le seguenti relazioni:

$$AB \geq 4 \text{ mm} \qquad CD \geq 0{,}25\, s_1$$

1.2. L'unione della piastra tubiera piana o del fondo piano al fasciame cilindrico ed al focolare deve essere realizzata mediante saldatura a piena penetrazione, con preparazione del lembo della piastra o del fondo a 1/2 V, J o K, effettuata dai due lati o da un lato solo con ripresa al rovescio previa scalpellatura o molatura e controllo magnetoscopico o con liquidi penetranti prima della ripresa ed a saldatura ultimata da ambo i lati.

Gli eventuali tratti di saldatura che non possono essere ripresi al rovescio devono avere la dimensione CD del cordone non inferiore a 0,4 s_1 e devono avera la prima passata effettuata con elettrodi cellulosici e saldatore di qualifica speciale (UNI 4634) oppure con TIG. Sulla prima passata ed a saldatura ultimata deve essere effettuato un controllo magnetoscopico o con liquidi penetranti.

1.3. Nel proporzionamento del cordone d'angolo esterno va tenuto presente che sia il focolare, sia il fasciame cilindrico se esposto ai prodotti della combustione all'uscita del focolare e non raffreddato dall'acqua, non devono estendersi per più di 10 mm oltre la piastra tubiera o il fondo o comunque non devono sporgere dal cordone di saldatura.

2. *Per la soluzione costruttiva di cui in figura 1.R.2.*

2.1. Le dimensioni AB e CD dei cordoni della saldatura d'angolo di unione della piastra tubiera piana o del fondo piano al fasciame cilindrico devono essere uguali allo spessore s del fasciame cilindrico stesso, come indicato in figura.

Le dimensioni AB e CD dei cordoni delle saldature d'angolo di unione della piastra tubiera piana o del fondo piano al focolare devono soddisfare quanto prescritto al punto 1.1.

2.2. L'unione della piastra tubiera piana o del fondo piano al fasciame cilindrico deve essere realizzata mediante saldatura a piena penetrazione, con preparazione del lembo del fasciame cilindrico a 1/2 V, J o K, effettuata dai due lati.

L'unione della piastra tubiera piana o del fondo piano al focolare deve essere realizzata come indicato al punto 1.2.

2.3. La parte di piastra tubiera piana o di fondo piano, a partire dalla zona interessata dalla saldatura al fasciame cilindrico fino al bordo esterno, deve essere sottratta all'azione dei prodotti della combustione uscenti dal focolare.

Per l'unione al focolare vale quanto prescritto al punto 1.3.

3. *Per la soluzione costruttiva di cui in figura 1.R.3.*

3.1. Per le saldature d'angolo delle piastre tubiere delle camere di inversione di cui in figura 3 si applica quanto indicato ai punti 1. e 2.

4. I controlli magnetoscopici o con liquidi penetranti devono essere eseguiti dal costruttore. Allo scopo di definire una metodologia di controllo a cui il costruttore si dovrà attenere per ogni singola costruzione, i citati controlli sulle saldature vanno effettuati, alla presenza di un tecnico dell'ISPESL, su un solo prototipo che a giudizio dell'ISPESL risulti il più rappresentativo tra quelli prodotti dal costruttore.

I controlli a saldatura ultimata devono essere eseguiti alla presenza di un tecnico dell'ISPESL.

5. I lembi indicati con HK nelle figure 1.R.1. e 1.R.2. devono essere controllati dopo saldatura, in presenza di un tecnico dell'ISPESL, con esame magnetoscopico in corrente continua e impiego di liquidi fluorescenti; in alternativa può essere effettuato il controllo con ultrasuoni della zona FK della piastra o fondo interessata dalla saldatura, prima che questa sia eseguita.

6. Per la saldatura devono essere impiegati saldatori e procedimenti di saldatura qualificati, in conformità a quanto prescritto nella Raccolta S, per i materiali, spessori, posizioni e preparazioni ivi considerate.

Regola VSG.1.R.4.: *Dimensionamento, modalità esecutive e di controllo delle saldature d'angolo per pressioni di progetto fino a 1 Kg/cm²*

1. *Per la soluzione costruttiva di cui in figura 1.R.1.*

1.1. Le dimensioni AB e CD dei cordoni delle saldature d'angolo di unione della piastra piana o del fondo piano al focolare ed al fasciame cilindrico devono soddisfare rispettivamente le seguenti relazioni:

$$AB \geq 4 \text{ mm} \qquad CD \geq 0{,}25\, s_1$$

1.2. La saldatura deve essere a piena penetrazione, con preparazione del lembo della piastra o del fondo a 1/2 V, J o K, effettuata dai due lati o da un lato solo con ripresa al rovescio previa scalpellatura o molatura.

Qualora non sia possibile eseguire la ripresa al rovescio, è ammessa la saldatura con preparazione del lembo della piastra o del fondo a 1/2 V con sostegno, effettuata da un lato solo. In tale caso la dimensione CD del cordone non deve essere inferiore a 0,4 s_1.

1.3. Nel proporzionamento del cordone d'angolo esterno va tenuto presente che sia il focolare, sia il fasciame cilindrico se esposto ai prodotti della combustione all'uscita del focolare e non raffreddato dall'acqua, non devono estendersi per più di 10 mm oltre la piastra tubiera piana o il fondo piano e comunque non devono sporgere dal cordone di saldatura.

2. *Per la soluzione costruttiva di cui in figura 1.R.2.*

2.1. Le dimensioni AB e CD dei cordoni della saldatura d'angolo di unione della piastra tubiera piana o del fondo piano al fasciame cilindrico devono essere uguali allo spessore *s* del fasciame cilindrico stesso, come indicato in figura.

Le dimensioni AB e CD dei cordoni della saldatura d'angolo di unione al focolare devono soddisfare quanto indicato nel precedente punto 1.1.

2.2. L'unione della piastra tubiera piana o del fondo piano al fasciame cilindrico deve essere realizzata mediante saldatura a piena penetrazione, con preparazione del lembo del fasciame cilindrico a 1/2 V, J o K, effettuata dai due lati.

L'unione della piastra tubiera piana o del fondo piano al focolare deve essere realizzata come indicato al punto 1.2.

2.3. La parte di piastra tubiera o di fondo piano, a partire dalla zona interessata dalla saldatura al fasciame cilindrico fino al bordo esterno, deve essere sottratta all'azione dei prodotti della combustione uscenti dal focolare.

3. *Per le saldature d'angolo delle piastre tubiere delle camere di inversione, di cui in figura 1.R.3.*

3.1. Si applica quanto precisato ai punti 1. e 2.

4. *Per le saldature d'angolo delle piastre tubiere di cui al punto 1.4. di VSG.1.R.1.*

4.1. Si applica quanto indicato ai punti 1. o 2. in relazione alla soluzione costruttiva adottata.

5. Vale il punto 6. della VSG.1.R.3.

ELENCO DELLE REGOLE CONTENUTE NEL CAPITOLO VSG.1.T.

Regola VSG.1.T.1.: *Calcolo dei tiranti*

1. L'area della sezione trasversale complessiva dei tiranti di rinforzo viene determinata con la formula:

1.1. area sezione tiranti $= \dfrac{p\,A}{f}$

in cui:

p pressione di progetto, in MPa;
A superficie della zona di piastra che compete ai tiranti, in mm^2;
f sollecitazione massima ammissibile dei tiranti, in MPa, come definita al capitolo VSG.1.B., alla maggiore delle temperature medie di parete competenti alle piastre dai tiranti stessi collegate.

2. Per i tiranti filettati la loro sezione resistente deve essere calcolata facendo riferimento al diametro corrispondente al fondo del filetto.

Regola VSG.1.T.2.: *Calcolo delle nervature*

1. Si intende per nervatura una membratura di rinforzo interessante la sola piastra tubiera piana o il fondo piano e non collegata con il fasciame cilindrico.

2. Per le nervature di rinforzo del tipo indicato in figura 1.T.1. deve essere soddisfatta la condizione:

$$k\sqrt{hs} \geq s_{id}$$

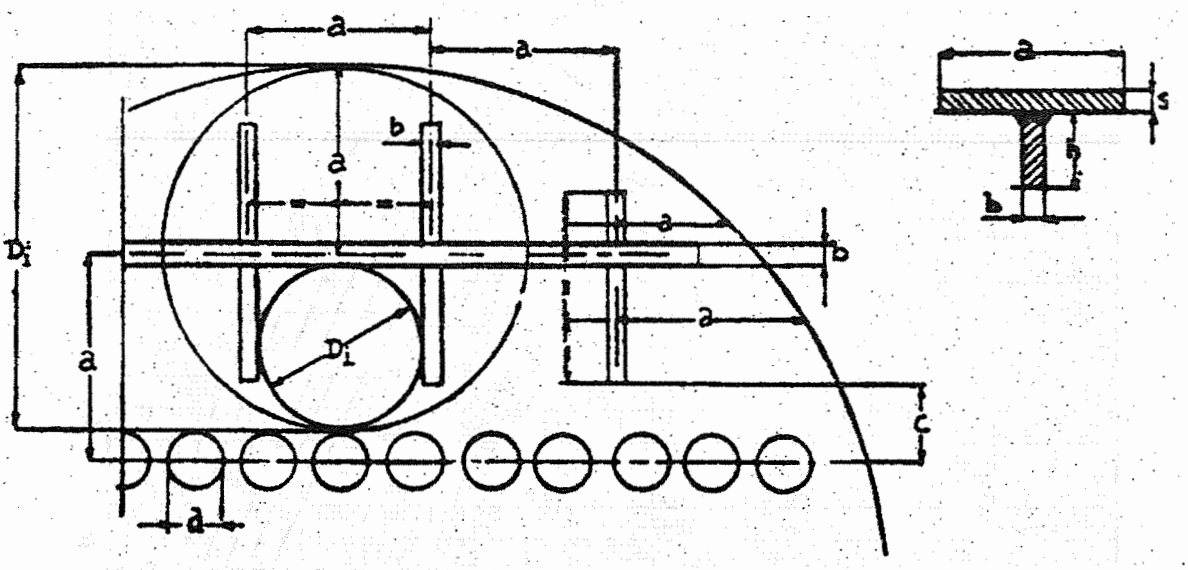


Figura 1.T.1.

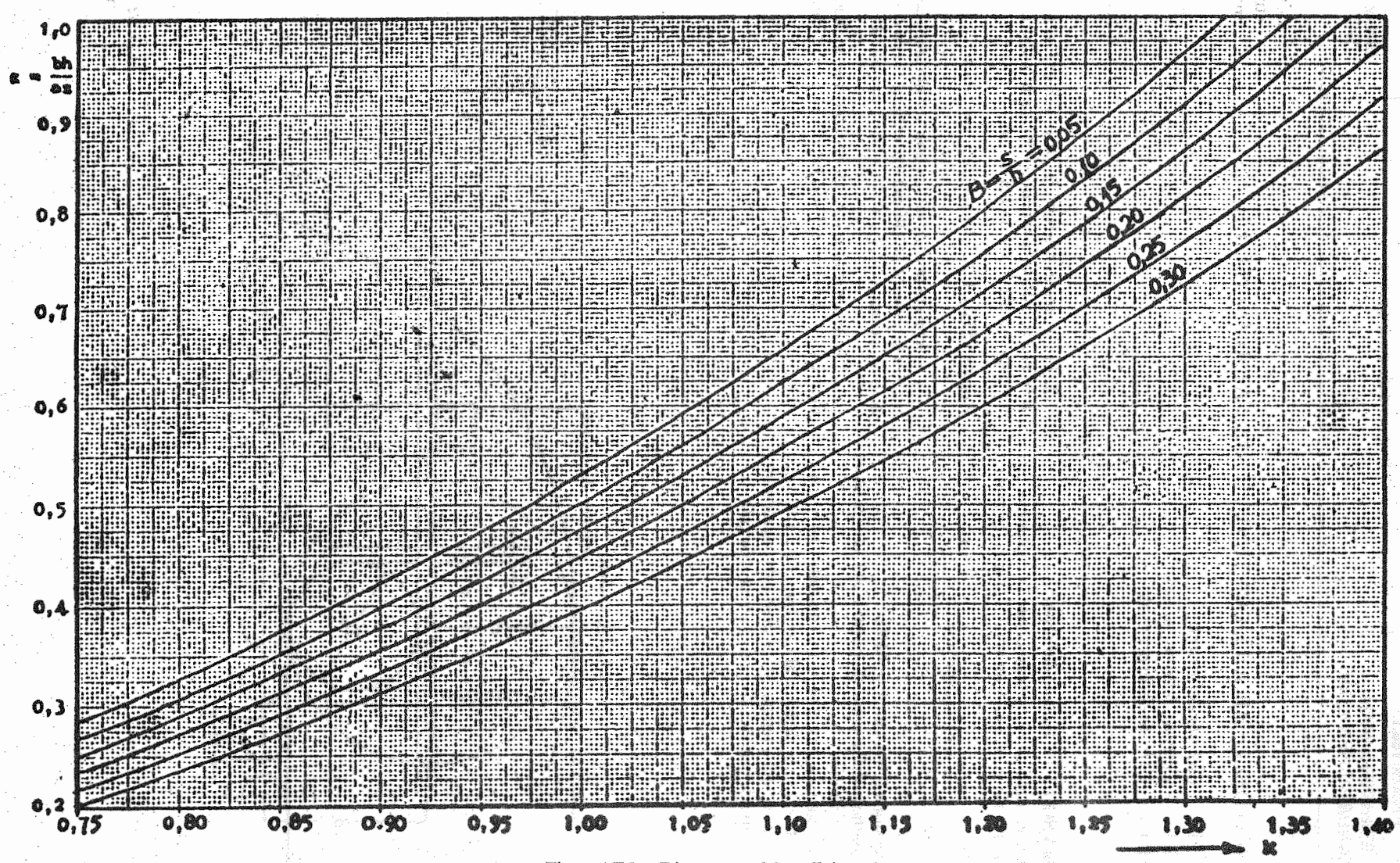


Figura 1.T.2. – Diagramma del coefficiente k

in cui:

s_{id} spessore teorico, in mm, della piastra considerata senza rinforzi, richiesto per la stabilità secondo la regola VSG.1.P.2.;

s spessore reale della piastra in mm;

k coefficiente (ricavabile anche dal diagramma in figura 1.T.2.) dato dalla formula:

$$\sqrt{\frac{(1+\alpha)(\alpha+\beta^2)+3\alpha(1+\beta)^2}{(1+\alpha)(2+\beta)-\alpha(1+\beta)}}$$

in cui:

α è dato da: $\frac{b \cdot h}{a \cdot s}$

β è dato da: $\frac{s}{h}$

a, b, h hanno il significato indicato nella figura 1.T.1.

3. Il valore di α, da calcolare in base al valore massimo di a, deve essere compreso fra 0,2 e 1; deve inoltre risultare:

$a \leq 20s$
$5b \leq h \leq 15b$
$0,75s \leq b \leq 1,5s$
$c \geq 1,5d$ con un minimo di 100 mm.

4. Le saldature delle nervature con la piastra tubiera piana od il fondo piano debbono essere continue, a piena penetrazione ed eseguite da entrambi i lati.

5. Lo spessore delle zone di piastra comprese tra le nervature deve essere verificato applicando le regole del capitolo VSG.1.P.

Regola VSG.1.T.3.: *Calcolo delle mensole*

1. Si intende per mensola una membratura di rinforzo locale collegante in senso obliquo la piastra tubiera o il fondo piano con il fasciame cilindrico (fig. 1.T.3.).

2. Per le mensole di rinforzo del tipo indicato in figura 1.T.3. deve essere soddisfatta la condizione:

2.1. $$A \geq \frac{2F}{f}$$

in cui:

A area della sezione ($b\,h$) della mensola, in mm^2;

f sollecitazione massima ammissibile del materiale della mensola, in MPa, come definita al capitolo VSR.1.B. e tenendo conto del punto 3. della regola VSR.1.D.2.;

F sforzo esercitato dalla pressione sulla piastra nella zona che si suppone rinforzata dalla mensola, in N.

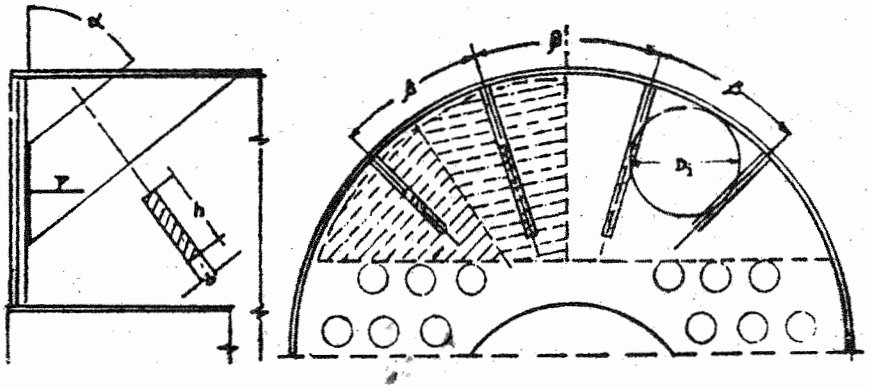


Figura 1.T.3.

3. L'estensione e la forma (da indicare sui disegni) delle zone considerate di pertinenza delle singole mensole debbono essere stabilite in modo da comprendere l'intera superficie di piastra da rinforzare; l'ampiezza β (vedi figura 1.T.3.) deve essere compresa fra 15° e 30°.

4. Debbono inoltre essere osservati i seguenti limiti:

- spessore b della mensola non maggiore di 1,3 volte lo spessore del fasciame;
- inclinazione α della mensola rispetto alla piastra compresa fra 45° e 60°.

5. Le saldature delle mensole con la piastra tubiera piana od il fondo piano e con il fasciame cilindrico debbono essere continue, a piena penetrazione ed eseguite da entrambi i lati.

6. Lo spessore delle zone di piastra comprese tra le mensole deve essere verificato applicando le regole del capitolo VSG.1.P.

ELENCO DELLE REGOLE CONTENUTE NEL CAPITOLO VSG.1.U.

Regola VSG.1.U.1.: *Determinazione dello spessore*

1. Per determinare lo spessore dei collettori a sezione quadrangolare a pareti piane si deve considerare lo spessore necessario in corrispondenza della mezzeria dei lati e di tutte le linee di foratura assumendo il maggiore dei valori risultanti. Nel caso di fori sfalsati si dovrà eseguire il calcolo anche in corrispondenza delle diagonali.

2. Lo spessore minimo di calcolo si calcola con la formula seguente:

$$2.1. \qquad s_0 = \frac{p \cdot n}{2 \cdot f \cdot z} + \sqrt{\frac{4M}{f \cdot z_1}}$$

in cui:

- p pressione di progetto, in MPa;
- f sollecitazione massima ammissibile, in MPa, come definita al capitolo VSG.1.B., alla temperatura media di parete indicata nella regola VSG.1.U.2.;
- M momento flettente per unità di lunghezza del collettore, in Nmm/mm, da calcolarsi con le formule 3.1., 4.1. e 5.1.;
- $2m$ larghezza della parete a cui si riferisce il calcolo, in mm, (fig. 1.U.1.);
- $2n$ larghezza interna della parete perpendicolare a quella cui si riferisce il calcolo, in mm;
- z modulo di efficienza riferito alle sollecitazioni di trazione da calcolarsi con le formule 7.1. o 8.1.;
- z_1 modulo di efficienza riferito alle sollecitazioni di flessione da calcolarsi con le formule 9.1., 9.2., 10.1. o 10.2.

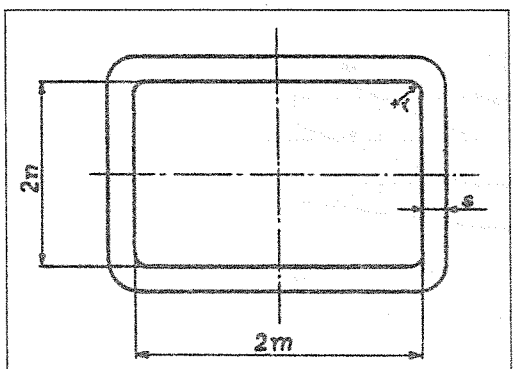


Figura 1.U.1.

3. Il momento flettente M in corrispondenza della mezzeria della parete di larghezza interna $2m$ si calcola con la formula:

$$3.1. \qquad M = \left(A - \frac{m^2}{2}\right) p$$

in cui:

$$3.2. \qquad A = \frac{1}{3} \cdot \frac{m^3 + n^3}{m + n}$$

4. Il momento flettente M in corrispondenza di una fila di fori parallela all'asse del collettore sulla parete di larghezza $2m$ si calcola con la formula:

$$4.1. \qquad M = \left(A - \frac{m^2 - c^2}{2}\right) p$$

in cui:

- A si calcola in base alla formula 3.2.;
- c distanza del centro dei fori dalla mezzeria della parete, in mm, (figure 1.U.2. e 1.U.3.).

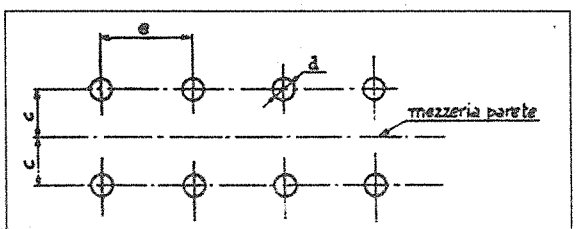


Figura 1.U.2.

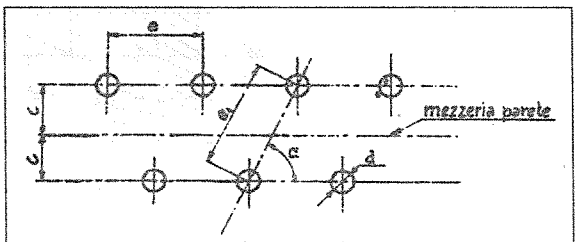


Figura 1.U.3.

5. Per eseguire la verifica in corrispondenza delle diagonali di due file di fori equidistanti dalla mezzeria (figura 1.U.3.) si calcola il momento dato da:

$$5.1. \qquad M = \left(A - \frac{m^2}{2}\right) \cdot p \cdot \cos\alpha$$

in cui:

A si calcola con la formula 3.2.;

$\cos\alpha$ si riferisce all'angolo α indicato nella figura 1.U.3.

6. Se il valore di M risulta negativo, deve essere considerato il valore assoluto.

7. Il modulo di efficienza z nel caso di una fila di fori paralleli all'asse del collettore è dato da (figure 1.U.2. e 1.U.3.):

$$7.1. \qquad z = \frac{e - d}{e}$$

8. Il modulo di efficienza z da considerare nel calcolo relativo alle diagonali è dato da (figura 1.U.3.):

$$8.1. \qquad z = \frac{e_1 - d}{e_1}$$

in cui:

e_1 distanza fra due fori in diagonale (figura 1.U.3.).

9. Il modulo di efficienza z_1 nel caso di una fila di fori parallela all'asse del collettore è dato da (figure 1.U.2. e 1.U.3.):

$$9.1. \qquad z_1 = \frac{e - d}{e} \quad \text{per } d < 0,6m$$

$$9.2. \qquad z_1 = \frac{e - 0,6m}{e} \quad \text{per } d \geq 0,6m$$

10. Il modulo di efficienza z_1 da considerare nel calcolo relativo alle diagonali è dato da:

$$10.1. \qquad z_1 = \frac{e_1 - d}{e_1} \quad \text{per } d < 0,6m$$

$$10.2. \qquad z_1 = \frac{e_1 - 0,6m}{e_1} \quad \text{per } d \geq 0,6m$$

in cui:

e_1 distanza fra due fori in diagonale (figura 1.U.3.).

11. Nel caso di fori ellittici si dovrà adottare come valore di d nelle formule di calcolo di z e di z_1 la dimensione interna del foro nella direzione longitudinale del collettore.

Per la valutazione dei due valori limiti per d, di cui alle formule 9.1., 9.2., 10.1. e 10.2., bisogna invece far riferimento alla larghezza interna del foro in direzione perpendicolare all'asse del collettore.

12. Nel caso particolare di collettori a sezione quadrata il valore di A è il seguente:

$$12.1. \qquad A = \frac{1}{3} m^2$$

13. Per i collettori a sezione quadrata il diagramma della figura 1.U.4. consente di determinare graficamente il momento massimo in mezzeria di cui alla formula 3.1. Nel diagramma M è espresso in deca N mm/mm e p in MPa/10.

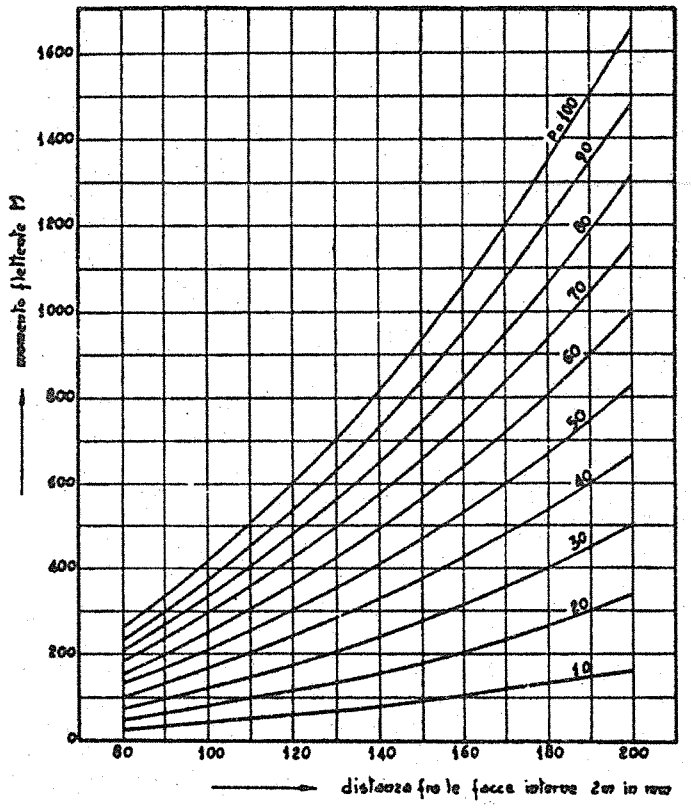


Figura 1.U.4.

Regola VSG.1.U.2.: *Temperatura media di parete*

1. La temperatura media di parete, da assumere in ogni caso non inferiore a 250°C, deve essere assunta come segue:

- la temperatura del vapore se il collettore non è lambito dai prodotti della combustione;
- la temperatura del vapore aumentata di 25°C se il collettore è lambito dai prodotti della combustione.

In quest'ultimo caso la temperatura dei fumi non deve superare i 650°C se lo spessore del collettore supera i 30 mm, a meno che il collettore stesso non sia efficacemente raffreddato da tubi ravvicinati che vi si innestino.

Regola VSG.1.U.3.: *Prescrizioni dimensionali*

1. Per evitare eccessive sollecitazioni agli angoli occorre che sia soddisfatta la condizione:

1.1. $$r \geq \frac{1}{3} s$$

e comunque r non sia inferiore a 8 mm, ove r è il raggio di raccordo interno (figura 1.U.1.) ed s la media degli spessori nominali dei due lati.

ELENCO DELLE REGOLE CONTENUTE NEL CAPITOLO VSG.1.V.

VSG.1.V.1. - *Determinazione dello spessore*

Regola VSG.1.V.1.: *Determinazione dello spessore*

1. I valori dello spessore minimo per testate collettrici ondulate si ottengono dai valori riportati nella tabella 1 moltiplicandoli per il fattore di cui al punto 2., dove la temperatura media di parete deve essere assunta pari alla temperatura del vapore saturo maggiorata di 50°C.

2. *Fattori correttivi in funzione della temperatura di calcolo*

Temperatura di calcolo fino a	250°C	300°C	350°C
Fattore correttivo	$\sqrt{190/R_{p(0,2)/t}}$	$\sqrt{170/R_{p(0,2)/t}}$	$\sqrt{150/R_{p(0,2)/t}}$

3. Le testate debbono avere, nel caso di tubi mandrinati, uno spessore di almeno 14 mm.

4. La distanza minima fra gli orli di due fori contigui non deve essere inferiore a 1/4 della distanza fra i centri dei fori (passo).

5. Se il raggio interno di raccordo agli spigoli è maggiore di 1/10 della distanza minima fra gli orli di due fori contigui è ammessa una riduzione dello spessore s della parete forata del 10%.

Tabella 1

Luce libera del lato della parete forata in mm $2m$ o $2n$	Pressione di progetto in N/mm^2(MPa)						
	(1,57)	(1,96)	(2,45)	(3,14)	(4,12)	(6,57)	(8,24)
	Spessore di parete in mm						
110	8,5	9,6	10,9	12,3	14,0	18,3	21,2
115	9,0	10,0	11,3	12,8	14,6	19,2	22,3
120	9,5	10,5	11,8	13,5	15,5	20,0	23,3
125	10,0	11,0	12,3	14,0	16,0	21,0	24,4
130	10,5	11,5	12,7	14,5	16,7	21,5	25,0
135	11,0	12,0	13,3	15,0	17,2	22,5	26,0
140	11,4	12,5	13,9	15,5	17,8	23,3	27,0
145	11,8	13,0	14,7	16,5	18,6	–	–
150	12,0	13,5	15,0	17,0	19,2	–	–
155	12,6	14,0	15,5	17,5	20,0	–	–

ELENCO DELLE DISPOSIZIONI CONTENUTE NEL CAPITOLO VSG.1.X.

Regola VSG.1.X.1.: *Generalità*

1. *Oggetto delle regole.*

Le regole del presente capitolo consentono la verifica di resistenza delle giunzioni flangiate imbullonate, per le sollecitazioni determinate dal carico trasmesso dai bulloni e dalla pressione. La verifica non riguarda invece le sollecitazioni di flessione o torsione, determinate da effetti di dilatazioni termiche impedite né altre sollecitazioni dovute a carichi aggiuntivi diversi.

2. *Corrosione.*

Se in progetto è previsto un sovraspessore di corrosione, di esso si tiene conto, nella verifica delle condizioni di assestamento guarnizione e di progetto, detraendo il sovraspessore dalla superficie interna cilindrica della flangia, se lambita dal fluido.

3. *Verifiche.*

Le regole appresso riportate consentono la verifica, per i carichi indicati al punto 1., nelle tre condizioni di seguito definite:

a) Condizioni di assetto guarnizione.

Sono le condizioni di carico che si producono quando si serra la guarnizione montando il giunto flangiato in condizioni di pressione e temperatura atmosferiche. Il carico trasmesso dai bulloni è quello che bisogna esercitare per deformare plasticamente la guarnizione facendola assestare sulle superfici con le quali è a contatto.

In queste condizioni il valore minimo del carico dei bulloni è funzione del materiale della guarnizione e della effettiva superficie di contatto della stessa.

b) Condizioni di progetto.

Sono le condizioni che si producono in esercizio per effetto della pressione, che tende a separare le due parti del giunto, e del carico dei bulloni che deve invece esercitare sulla guarnizione una compressione tale da assicure, alla temperatura di progetto, la tenuta del giunto.

Infatti, quando l'apparecchio è in pressione, questa tende a separare le due parti del giunto facendo diminuire la compressione inizialmente applicata sulla guarnizione in fase di assestamento della stessa. La tenuta del giunto non potrebbe essere assicurata se non si mantenesse sulla guarnizione una compressione che deve naturalmente essere proporzionale alla pressione del fluido interno. Il carico dei bulloni, in queste condizioni, è funzione della pressione di progetto, del materiale della guarnizione e della effettiva area reagente della guarnizione stessa.

c) Condizioni di prova idraulica.

Sono le condizioni che si hanno quando l'apparecchio è sottoposto a prova idraulica. La pressione idrostatica tende a separare le due parti del giunto mentre i bulloni devono esercitare sulla guarnizione una compressione che garantisca la tenuta del giunto a temperatura ambiente. Queste condizioni si differenziano da quelle di esercizio per il diverso valore della pressione ed il diverso valore di temperatura.

4. *Requisiti generali di fabbricazione.*

Le flange a codolo possono essere ricavate da lamiera solo se realizzate partendo da una striscia longitudinale di essa le cui superfici di laminazione, dopo formatura, coincidono con le superfici cilindriche interne ed esterne dell'anello. Tali superfici possono essere successivamente lavorate meccanicamente.

Per le saldature si devono seguire le disposizioni contenute nella Raccolta S. Le superfici esterne del codolo e la superficie dell'anello adiacente alla parte conica del codolo stesso devono essere controllate con metodi non distruttivi.

5. *Classificazione.*

In relazione alle verifiche da effettuare secondo quanto indicato ai punti precedenti, le connessioni flangiate possono essere distinte in tre categorie:

a) Flange con superficie di contatto parziale.

Sono le flange per le quali tutta l'area delle superfici di contatto metallo-guarnizione è contenuta entro la circonferenza racchiusa dai fori dei bulloni. Queste flange si verificano secondo la regola VSG.1.X.3.

b) Flange con superficie di contatto integrale.

Sono le flange per le quali le aree delle superfici di contatto metallo-guarnizione si estendono oltre la circonferenza che racchiude i fori dei bulloni. Queste flange si verificano secondo la regola VSG.1.X.4.

c) Flange rovesce.

Sono flange la cui configurazione è riportata nella figura 1.X.5.1.

Regola VSG.1.X.2.: *Definizione e simboli*

Nelle formule per la verifica delle flange vengono usati i simboli che seguono:

A diametro esterno della flangia, in mm;

A_b area totale della sezione dei bulloni prevista in progetto, calcolata con riferimento al diametro del nocciolo, o al diametro della parte non filettata se di diametro minore, in mm^2;

A_{m1} area totale della sezione dei bulloni che deriva dal calcolo nelle condizioni di progetto, in mm^2:

$$A_{m1} = \frac{W_{m1}}{f_B}$$

A_{m0} area totale della sezione dei bulloni che deriva dal calcolo in condizioni di assetto guarnizione, in mm^2:

$$A_{m0} = \frac{W_{m0}}{f_{B0}}$$

A_{mi} area totale della sezione dei bulloni che deriva dal calcolo in condizioni di prova idraulica, in mm^2:

$$A_{mi} = \frac{W_{mi}}{f_{Bi}}$$

B diametro interno della flangia, in mm;

b larghezza utile di assetto guarnizione calcolata con:

$b = b_0$ per $b_0 \leq 6{,}25$ mm
$b = 2{,}5\sqrt{b_0}$ per $b_0 > 6{,}25$ mm

b_0 larghezza convenzionale di assetto guarnizione ricavata dalla tabella 1.X.3.3., in mm;

C diametro della circonferenza passante per gli assi dei bulloni, in mm;

C_F fattore di correzione relativo al passo dei bulloni:

$$C_F = \sqrt{\frac{\pi \cdot C}{n\left(2d_b + \frac{6s}{m + 0{,}5}\right)}}$$

da assumere, comunque, non inferiore a 1;

d fattore che vale:

– per flange tipo integrale:

$$d = \frac{U}{V} \cdot h_0 \cdot g_0{}^2$$

– per flange libere:

$$d = \frac{U}{V_L} \cdot h_0 \cdot g_0{}^2$$

d_b diametro nominale dei bulloni, in mm;

e fattore che vale:

– per flange tipo integrale $e = F/h_0$

– per flange libere $e = F_L/h_0$

F fattore per flange tipo integrale ricavato dalla figura 1.X.3.4. oppure dalle formule in tabella 1.X.3.5.

f_{Bo} sollecitazione massima ammissibile del materiale dei bulloni alla temperatura ambiente, in MPa;

f_B sollecitazione massima ammissibile del materiale dei bulloni alla temperatura di progetto, in MPa;

f_{Bi} sollecitazione massima ammissibile del materiale dei bulloni in condizioni di prova idraulica, in MPa;

f_{Fo}, f_{co} sollecitazione massima ammissibile, rispettivamente per il materiale della flangia e per il materiale del collare a temperatura ambiente, in MPa;

f_F, f_c sollecitazione massima ammissibile, rispettivamente per il materiale della flangia e per il materiale del collare alla temperatura di progetto, in MPa;

f_{Fi}, f_{ci} sollecitazione massima ammissibile, rispettivamente per il materiale della flangia e per i materiale del collare in condizioni di prova idraulica, in MPa;

F_L fattore per flange libere con codolo ricavato dalla figura 1.X.3.6. oppure dalle formule in tabella 1.X.3.5.;

F_c fattore di correzione della sollecitazione nel codolo per flange tipo integrale ricavato dalla figura 1.X.3.8. oppure dalle formule in tabella 1.X.3.5. (F_c rappresenta il rapporto della sollecitazione nell'estremità più stretta del codolo rispetto alla sollecitazione nell'estremità più larga. Quando F_c è uguale o inferiore all'unità la sollecitazione massima si ha in corrispondenza della estremità più larga del codolo. In questo caso si assume per F_c il valore di 1);

G diametro della circonferenza che passa per il punto di applicazione della reazione della guarnizione. Salvo quanto indicato nel particolare della figura 1.X.3.1.a., G, in mm, è definito come segue:

per $b_0 \leq 6{,}25$ mm: G = diametro medio della superficie di contatto della guranizione;

per $b_0 > 6{,}25$ mm: G = diametro esterno della superficie di contatto della guarnizione meno $2b$;

g_0 spessore del codolo in corrispondenza dell'estremità più stretta, in mm;

g_1 spessore del codolo in corrispondenza dell'attacco dell'anello, in mm;

H, H_i forza totale dovuta alla spinta della pressione rispettivamente in condizioni di progetto e di prova idraulica, in N;

H_D, H_{Di} forza dovuta alla spinta della pressione sulla sezione di diametro B, in N;

H_G, H_{Gi} carico dato dalla guarnizione. È uguale ad H_p nelle condizioni di progetto ed a W nelle condizioni di assetto guarnizione, in N;

H_p, H_{pi} carico totale di compressione agente sulla flangia necessario per assicurare la tenuta, in N;

H_T, H_{Ti} spinta dovuta alla pressione sulla superficie anulare compresa tra il diametro G ed il diametro interno della flangia B, in N;

h altezza del codolo, in mm;

h_D distanza radiale tra la circonferenza passante per l'asse dei bulloni e la circonferenza su cui agisce H_D, come indicato nella tabella 1.X.3.1., in mm;

h_G distanza radiale tra la circonferenza passante per il punto di applicazione della reazione della guarnizione e la circonferenza passante per l'asse dei bulloni, come indicato nella tabella 1.X.3.1., in mm;

h_0 in mm, pari a $\sqrt{B \cdot g_0}$;

h_T distanza radiale tra la circonferenza passante per l'asse dei bulloni e la circonferenza su cui agisce H_T, come indicato nella tabella 1.X.3.1., in mm;

K $= A/B$

L fattore pari a:

$$\frac{s \cdot e + 1}{T} + \frac{s^3}{d}$$

M_{0w} momento totale agente sulla flangia nelle condizioni di assetto guarnizione, in N.mm;

M_{0p} momento totale agente sulla flangia in condizioni di progetto, in N.mm;

M_{0i} momento totale agente sulla flangia in condizioni di prova idraulica, in N.mm;

m coefficiente dipendente dalle caratteristiche della guarnizione, da assumere come riportato nella tabella 1.X.3.2. o da tabelle del fabbricante, riportato sul disegno costruttivo;

N dimensione utilizzata per la determinazione della larghezza convenzionale di assetto guarnizione basata sulla larghezza probabile di contatto della guarnizione, da assumere come indicato nella tabella 1.X.3.3., in mm;

n numero dei bulloni;

p pressione di progetto in MPa;

p_i pressione di prova idraulica, in MPa;

R distanza misurata in direzione radiale tra la circonferenza passante per gli assi dei bulloni e la circonferenza corrispondente al diametro esterno grande del codolo (vale per flange integrali e con codolo, cfr. figura 1.X.3.1.c.), in mm:

$$R = \frac{C - B}{2} - g_1$$

s spessore minimo previsto in progetto dell'anello della flangia, in mm;

σ_H sollecitazione longitudinale di calcolo nel codolo, in MPa;

σ_R sollecitazione radiale di calcolo nella flangia, in MPa;

σ_T sollecitazione circonferenziale di calcolo nella flangia, in MPa;

T coefficiente dato in funzione del rapporto K (cfr. figura 1.X.3.3. o tabella 1.X.3.4.);

U coefficiente dato in funzione del rapporto K (cfr. figura 1.X.3.3. o tabella 1.X.3.4.);

V coefficiente da impiegare nella verifica delle flange integrali (cfr. figura 1.X.3.5. oppure formule di tabella 1.X.3.5.);

V_L coefficiente da impiegare nella verifica delle flange libere con codolo (cfr. figura 1.X.3.7 oppure formule di tabella 1.X.3.5.);

W carico trasmesso dai bulloni, in N;

W_{m1} valore minimo di calcolo del carico sui bulloni nelle condizioni di progetto, in N;

W_{m0} valore minimo di calcolo del carico sui bulloni nelle condizioni di serraggio, in N;

W_{mi} valore minimo di calcolo del carico sui bulloni nelle condizioni di prova idraulica, in N;

Y coefficiente dato in funzione del rapporto K (cfr. figura 1.X.3.3. o tabella 1.X.3.4.);

y carico unitario di assetto guarnizione, da assumere come riportato nella tabella 1.X.3.2. o da tabelle del fabbricante, riportato sul disegno costruttivo, in MPa;

Z coefficiente dato in funzione del rapporto K (cfr. figura 1.X.3.3. o tabella 1.X.3.4.).

Regola VSG.1.X.3.: *Flange con guarnizione entro la circonferenza dei bulloni*

1. *Generalità.*

Il metodo di verifica di seguito riportato si applica alla flange circolari per le quali le guarnizioni e/o le superfici di contatto sono contenute per l'intera larghezza entro la circonferenza passante per il centro dei fori dei bulloni. I tipi di flange contemplati sono:

1.1. Flange libere.

Sono le flange per le quali il sistema di giunzione al corpo cilindrico è tale da non potersi considerare equivalente ad un collegamento integrale e rigido con resistenza meccanica paragonabile a quella di un blocco unico (cfr. figura 1.X.3.1.a. particolari 1, 2, 3, 4 e 5).

Le saldature e gli altri dettagli di costruzione devono essere tali da soddisfare i requisiti dimensionali indicati nei particolari 2, 3, 4 e 5 della citata figura 1.X..3.1.a.

1.2. Flange integrali.

Sono classificate flange integrali le flange che (per forgiatura o saldatura piena) formano un tutto unico con il corpo cilindrico o il tronchetto al quale sono assiemate formando con esso una struttura integrale continua (cfr. figura 1.X.3.1.b. per i casi tipici di flange da considerare integrali e per il posizionamento delle forze e dei momenti).

Le saldature e gli altri dettagli di costruzione devono essere tali da soddisfare i requisiti dimensionali indicati nei particolari 2, 3, 4 e 5 della citata figura 1.X.3.1.b.

1.3. Flange del tipo "a opzione".

In questa categoria rientrano le flange per le quali la giunzione al corpo cilindrico, al tronchetto o al collare è tale da formare un collegamento che può essere considerato integrale. Esse vanno calcolate come

flange integrali ma, per semplicità, possono essere calcolate come flange libere purchè non venga superata alcuna delle condizioni sotto riportate:

$g_0 = 16$ mm
pressione di progetto = 20 bar

$B/g_0 = 300$
temperatura di progetto = 370 °C

(cfr. figura 1.X.3.1.c. particolari 1, 2, 3 e 4 per i casi tipici di flange a opzione).

Le saldature e gli altri particolari costruttivi devono essere tali da soddisfare i requisiti dimensionali indicati nei particolari 1, 2, 3 e 4 della citata figura 1.X.3.1.c.

2. *Carichi sui bulloni.*

Nelle diverse condizioni di verifica [1] i carichi che si esercitano sui bulloni sono dati da:

a) condizioni di progetto

$$W_{m1} = H + H_p$$

dove:

$$H = \frac{\pi}{4} G^2 p$$

$$H_p = 2\pi b G m p$$

b) condizioni di assetto guarnizione

$$W_{m0} = \pi b G y$$

c) condizioni di prova idraulica

$$W_{mi} = H_i + H_{pi}$$

dove:

$$H_i = \frac{\pi}{4} G^2 p_i$$

$$H_{pi} = 2\pi b G m p_i$$

3. *Area complessiva dei bulloni.*

L'area totale della sezione dei bulloni A_b (calcolata con riferimento al diametro del nocciolo, o al diametro della parte non filettata se minore) deve essere almeno uguale al più alto valore A_m derivante dai seguenti rapporti:

$$A_{m1} = \frac{W_{m1}}{f_B}$$

$$A_{m0} = \frac{W_{m0}}{f_{B0}}$$

$$A_{mi} = \frac{W_{mi}}{f_{Bi}}$$

[1] Per le coppie di flange con interposta piastra tubiera, o per altri casi analoghi nei quali le due flange accoppiate o le relative guarnizioni non sono uguali, occorre calcolare i valori di W_{m1}, W_{mo}, W_{mi}, separatamente per ognuna delle due flange con relativa guarnizione; i calcoli di verifica devono essere eseguiti per entrambe le flange, con riferimento ai valori maggiori W_{m1}, W_{mo}, W_{mi}

L'area complessiva così calcolata garantisce, per quanto riguarda l'assetto della guarnizione, il carico minimo necessario ad ottenere l'assestamento.

Un carico maggiore può essere ottenuto aumentando l'area complessiva dei bulloni; tale carico però deve essere di entità tale da non danneggiare la guarnizione stessa.

È compito del progettista scegliere il tipo, il materiale e le dimensioni della guarnizione in modo tale da evitare che un eccessivo schiacciamento realizzato in fase di serraggio iniziale possa poi compromettere la tenuta della guarnizione in condizioni di prova e di esercizio.

Per guarnizioni piane su sedi piane con gradino su una sola superficie ("raised face") la verifica contro l'eccessivo schiacciamento della guarnizione si realizza imponendo la seguente condizione:

$$A_b \leq \frac{2\pi y G N}{f_{B0}}$$

4. *Carico dei bulloni sulla flangia.*

I carichi trasmessi dai bulloni, da considerare nel calcolo di verifica della flange, sono i seguenti:

a) per le condizioni di progetto

4.1. $$W = W_{m1}$$

b) per le condizioni di assetto guarnizione

4.2. $$W = \frac{A_m + A_b}{2} f_{B0}$$

c) per le condizioni di prova idraulica

4.3. $$W = W_{mi}$$

La formula 4.2. prevede, in aggiunta al carico minimo richiesto, un margine aggiuntivo per il caso in cui i bulloni vengono serrati più del dovuto. Poichè questo margine a garanzia contro eventuali eccessivi serraggi è soprattutto importante per l'assetto guarnizione fatto a temperatura e pressione atmosferica, detto carico aggiuntivo si calcola solo in queste condizioni. Qualora da parte del progettista venga ravvisata l'opportunità di incrementare il margine di sicurezza contro l'eccessivo serraggio, o di verificare la flangia per il carico complessivo che i bulloni sono in grado di trasmettere, si assume:

$$W = A_b \cdot f_{B0}$$

5. *Momenti sulla flangia.*

I momenti sulla flangia, nelle diverse condizioni di verifica, sono dati da:

a) condizioni di progetto:

$$M_{0p} = M_D + M_T + M_G =$$

$$= H_D \cdot h_D + H_T \cdot h_T + H_G \cdot h_G$$

dove:

$$H_D = \frac{\pi}{4} B^2 p$$

$$H_T = H - H_D$$

$$H_G = W_{m1} - H$$

mentre, h_D, h_T e h_G sono riportati nella tab. 1.X.3.1.;

b) condizioni di assetto guarnizione:

$$M_{0W} = W \cdot \frac{C - G}{2}$$

c) condizioni di prova idraulica:

$$M_{0i} = M_{Di} + M_{Ti} + M_{Gi} =$$

$$= H_{Di} \cdot h_D + H_{Ti} \cdot h_T + H_{Gi} \cdot h_G$$

dove:

$$H_{Di} = \frac{\pi}{4} B^2 p_i$$

$$H_{Ti} = H_i - H_{Di}$$

$$H_{Gi} = W_{mi} - H_i$$

6. *Sollecitazioni sulla flangia.*

Posto M_0 uguale a:

$M_0 = M_{0p}$	per la verifica nelle condizioni di progetto
$M_0 = M_{0W}$	per la verifica delle condizioni di assetto guarnizione
$M_0 = M_{0i}$	per la verifica nelle condizioni di prova idraulica

ed:

$$M = \frac{M_0 \cdot C_F}{B}$$

le sollecitazioni agenti sulla flangia devono essere calcolate di volta in volta nelle verifiche nelle tre condizioni di progetto, di assetto guarnizione e di prova idraulica, con le formule che seguono:

Per le flange integrali, per le flange a opzione calcolate come integrali e per le flange libere con codolo:

– sollecitazione longitudinale sul codolo

$$\sigma_H = \frac{F_c \cdot M}{L \cdot g_1{}^2}$$

– sollecitazione radiale sull'anello

$$\sigma_R = \frac{(1,33 \cdot s \cdot e + 1) \cdot M}{L \cdot s^2}$$

– sollecitazione tangenziale sull'anello

$$\sigma_T = \frac{Y \cdot M}{s^2} - Z \cdot \sigma_R$$

7. *Sollecitazioni ammissibili.*

7.1. Le sollecitazioni relative alla flangia, calcolate nel precedente punto 6, non devono superare i seguenti limiti:

7.1.1. $\sigma_H \leq$ *al minor valore tra* $1,5 f_F$ e $1,5 f_c$ per:

– flange integrali con codolo saldato al collare, al tronchetto o tubo, alla parete del cilindro (cfr. figura 1.X.3.1.b. part. 1. 2 e 3);

– flange del tipo a opzione calcolate come integrali (cfr. figura 1.X.3.1.c. e part. 1, 2, 3, 4);

– flange di tipo integrale per le quali il materiale del collare costituisce il codolo della flangia (cfr. figura 1.X.3.1.b. part. 5. e figura 1.X.3.1.c. part. 1, 2, 3 e 4).

$\sigma_H \leq 1,5 f_F$ per:

– tutti gli altri tipi precedentemente non menzionati per i quali si calcola il valore di σ_H (flange di cui alla figura 1.X.3.1.a., se dotate di codolo).

$\sigma_H \leq f_F$ per:

– flange in ghisa

7.1.2. $\sigma_R \leq f_F$

7.1.3. $\sigma_T \leq f_F$

7.1.4. $0,5\,(\sigma_H + \sigma_R) \leq f_F$

7.1.5. $0,5\,(\sigma_H + \sigma_T) \leq f_F$

7.2. Nel presente punto 7, f_F e f_c di volta in volta assumono i valori f_F, f_{F0}, f_{Fi} e f_c, f_{c0}, f_{ci}.

7.3. Nel caso di flange saldate del tipo di quelle mostrate in figura 1.X.3.1.a. part. 2, 4 e 5, in figura 1.X.3.1.b. part. 5 e in figura 1.X.3.1.c. part 1, 2 e 3, per le quali il tronchetto, il tubo o la parte cilindrica si estendono fino alla superficie superiore della flangia contribuendo a formare la superficie di contatto della flangia con la guarnizione, la sollecitazione di taglio trasmessa dalla saldatura non deve superare $0,8 f_c$.

Il valore della sollecitazione di taglio deve essere calcolato in funzione dei valori di carico W_{m1}, W_{m0}, W_{mi}.

Tabella 1.X.3.1. – Bracci dei carichi agenti sulla flangia

TIPO DI FLANGE	h_D	h_T	h_G
Flange tipo integrale - Fig. 1.X.3.1.b. Particolari 1, 2, 3, 4, 5	$R + 0{,}5\ g_1$	$\frac{R + g_1 + h_G}{2}$	$\frac{C - G}{2}$
Flange libere salvo le flange con giunti a sovrapposizione Fig. 1.X.3.1.a. part. 2, 3, 4, 5	$\frac{C - B}{2}$	$\frac{h_D + h_G}{2}$	$\frac{C - G}{2}$

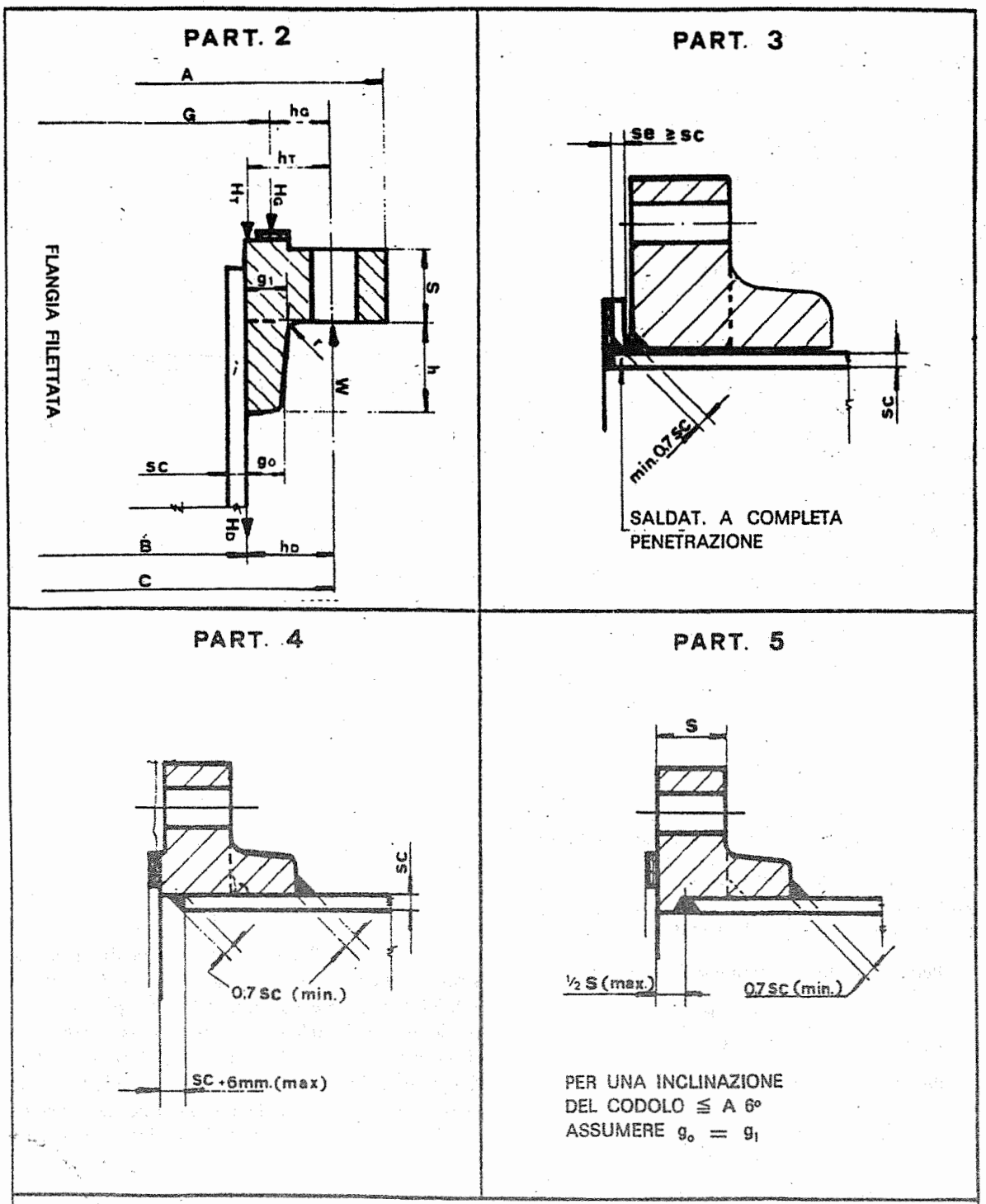


Figura 1.X.3.1.a – Flange libere

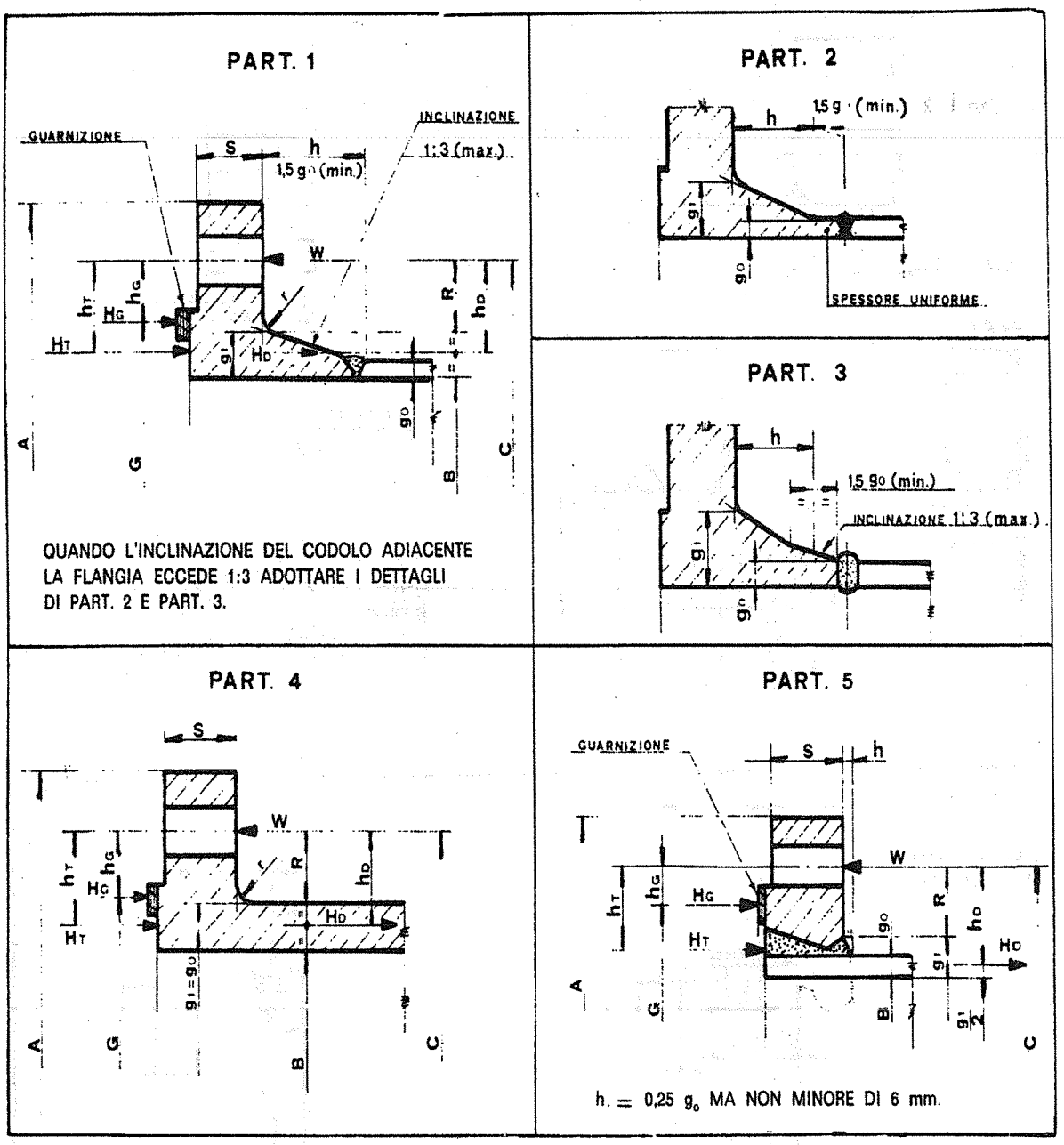


Figura 1.X.3.1.b – Flange integrali

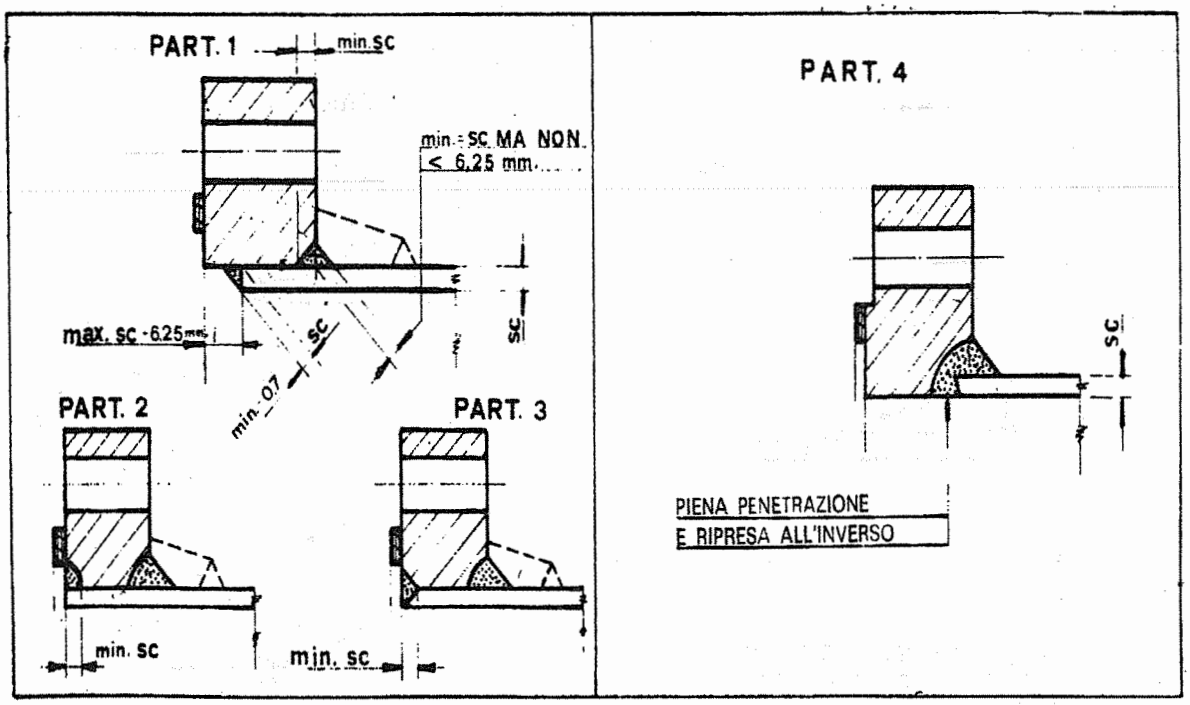


Figura 1.X.3.1.c - Flange del tipo «a opzione»

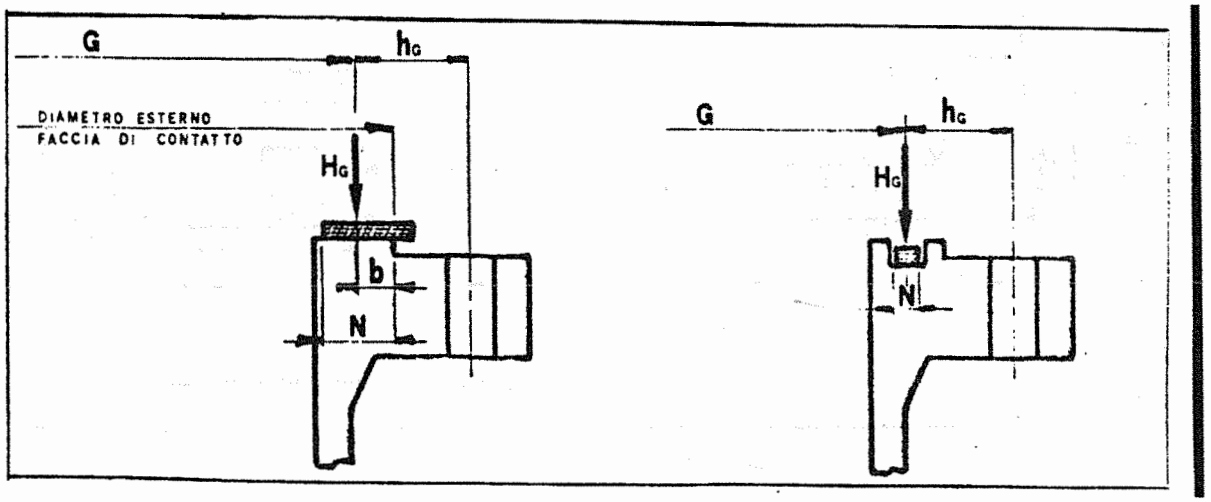


Figura 1.X.3.1.d - Posizione della forza di reazione della guarnizione (H_G)

Tabella 1.X.3.2. - Guarnizioni: materiali e tipi

Tipo e materiale guarnizione (**)			Coefficiente m	Carico unitario di assetto y MPa	Dettaglio guarnizione	Riferim. Tabella 1.X.3.3. Superfici di contatto da usare	Riferim. Tabella 1.X.3.3. colonna da usare
Ad autotenuta Metalliche o in elastomero (es. O ring)			0	0	-	-	-
Elastomeri non telati con bassa percentuale in fibra sintetica Durezza shore < 75 Durezza shore ≥ 75			0.50 1.00	0 1,37		** 1a, 1b, 1c, 1d, 4.5	II
Fibre sintetiche con legante, teflon	Spess. (mm)	3	2	11,02			
		2	2.75	25,5			
		0,8	3.50	44,8			
Elastomeri con inserzione di tessuto di cotone			1.25	2,8			
Elastomeri con inserzione di tessuto in fibra sintetiche con o senza rete di rinforzo		3 strati	2.25	15,2			
		2 strati	2.50	20,0			
		1 strato	2.75	25,5			
Fibra vegetale			1.75	7,6			
A spirale: spire alternate in fibre sintetiche e metallo	acc. al carb.		2.50	68,9		1a, 1b,	
	monel o acc. inox		3.00	68,9			
Fibre sintetiche rivestite in metallo ondulato	alluminio ricotto rame ricotto ferro o acciaio dolce monel o acc. al 4-6% Cr acciai inox		2.50 2.75 3.00 3.25 3.50	20,0 25,5 31,0 37,9 44,8			
Metallo ondulato	alluminio ricotto rame ricotto o ottone ferro o acciaio dolce monel o acc. al 4-6% Cr acciai inox		2.75 3.00 3.25 3.50 3.75	25,5 31,0 37,9 44,8 52,4		1a, 1b, 1c, 1d,	
Fibre sintetiche rivestite in metallo piano	alluminio ricotto rame ricotto o ottone ferro o acciaio dolce monel acc. al 4-6% Cr acciai inox		3.25 3.50 3.75 3.50 3.75 3.75	37,9 44,8 52,4 55,1 62,0 62,0		1a, 1b, 1c,* 1d,* 2*	
Metallo pieno scanalato	alluminio ricotto rame ricotto o ottone ferro o acciaio dolce monel o acc. al 4-6% Cr acciai inox		3.25 3.50 3.75 3.75 4.25	37,9 44,8 52,4 62,0 69,6		1a, 1b, 1c, 1d, 2,3	
Piana in metallo pieno	alluminio ricotto rame ricotto o ottone ferro o acciaio dolce monel o acc. al 4-6% Cr acciai inox		4.00 4.75 5.50 6.00 6.50	60,6 89,6 124,0 150,0 179,0		1a, 1b, 1c, 1d, 2,3, 4,5	I
In metallo ad anello (Ring Joint) Lenticolare in metallo	ferro o acciaio dolce monel o acc. al 4-6% Cr acciai inox		5.50 6.00 6.50	124,0 150,0 179,0		6,7	

NOTE:

* La superficie della guarnizione sulla quale il rivestimento metallico si interrompe o si sovrappone non deve essere posta in contatto col risalto («nubbin»).

** Per fibra sintetica deve intendersi un materiale avente caratteristiche equivalenti a quelle dell'amianto con legante, proibito dalle disposizioni attualmente vigenti.

Tabella 1.X.3.3. - Guarnizioni: larghezza di assetto

Dettaglio superfici di contatto		Valore convenzionale della larghezza di assetto della guarnizione b_o	
		colonna I	colonna II
1a		$\frac{N}{2}$	$\frac{N}{2}$
1b**			
1c	$\frac{N}{2} < W \leqslant N$	$\frac{W + T}{2}$	$\frac{W + T}{2}$
1d**	$\frac{N}{2} < W \leqslant N$	$\left(\frac{W + N}{4} \text{ max}\right)$	$\left(\frac{W + N}{4} \text{ max}\right)$
2	$W \leqslant \frac{N}{2}$	$\frac{W + N}{4}$	$\frac{W + 3N}{8}$
3	$W \leqslant \frac{N}{2}$	$\frac{N}{4}$ min.	$\frac{3N}{8}$ min.
4**		$\frac{3N}{8}$	$\frac{7N}{16}$
5**		$\frac{N}{4}$	$\frac{3N}{8}$
6		$\frac{W}{8}$	
7		$\frac{W}{8}$	

Larghezza utile di assetto della guarnizione b

$b = b_o$ quando $b_o \leqslant 6{,}25$ mm

$b = 2{,}5 \sqrt{b_o}$ quando $b_o > 6{,}25$ mm

NOTA:

** Quando la profondità delle rigature non eccede 0,4 mm e il passo è inferiore a 0,8 mm, la larghezza di assetto della guarnizione deve essere determinata come da dettagli 1b e 1d.

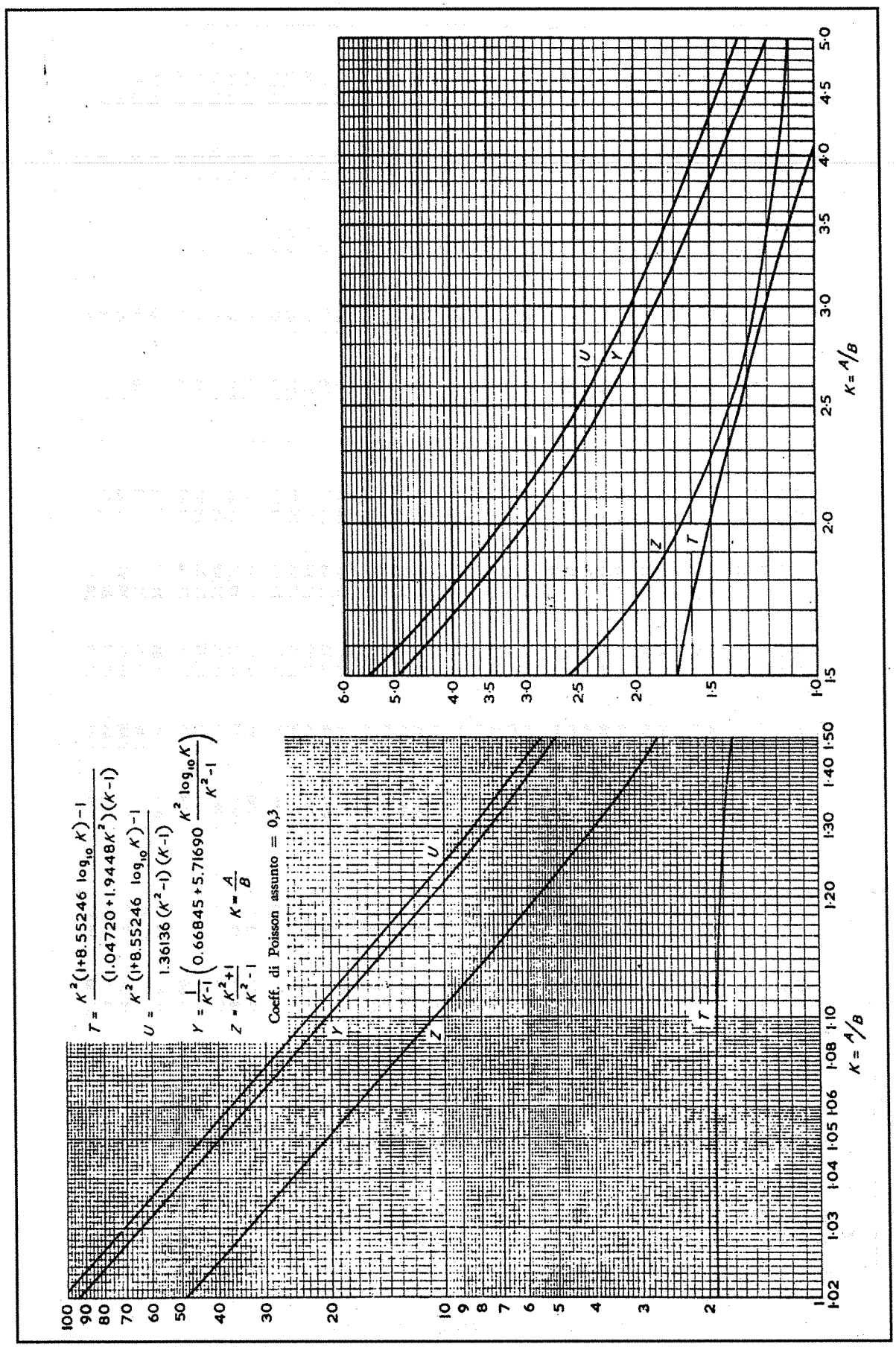


Figura 1.X.3.3. - Valori di *T, U, Y, Z*

Tabella 1.X.3.4. - Valori di T, U, Y, Z in funzione di K

K	T	Z	Y	U	K	T	Z	Y	U	K	T	Z	Y	U
1.020	1.90	50.50	96.73	106.30	1.060	1.89	17.18	33.06	36.33	1.100	1.88	10.52	20.32	22.33
1.021	1.90	48.12	92.18	101.30	1.061	1.89	16.91	32.54	35.76	1.101	1.88	10.43	20.13	22.12
1.022	1.90	45.96	88.05	96.76	1.062	1.89	16.64	32.03	35.20	1.102	1.88	10.33	19.94	21.92
1.023	1.90	43.98	84.27	92.61	1.063	1.89	16.39	31.54	34.66	1.103	1.88	10.23	19.76	21.72
1.024	1.90	42.17	80.81	88.81	1.064	1.89	16.14	31.07	34.14	1.104	1.88	10.14	19.58	21.52
1.025	1.90	40.51	77.63	85.31	1.065	1.89	15.90	30.61	33.64	1.105	1.88	10.05	19.41	21.33
1.026	1.90	38.97	74.69	82.08	1.066	1.89	15.67	30.17	33.15	1.106	1.88	9.96	19.24	21.14
1.027	1.90	37.54	71.97	79.09	1.067	1.89	15.44	29.73	32.67	1.107	1.87	9.87	19.07	20.95
1.028	1.90	36.22	69.44	76.31	1.068	1.89	15.22	29.31	32.21	1.108	1.87	9.78	18.90	20.77
1.029	1.90	34.99	67.09	73.73	1.069	1.89	15.01	28.91	31.77	1.109	1.87	9.70	18.74	20.59
1.030	1.90	33.84	64.90	71.32	1.070	1.89	14.80	28.51	31.33	1.110	1.87	9.62	18.58	20.42
1.031	1.90	32.77	62.84	69.06	1.071	1.89	14.60	28.13	30.91	1.111	1.87	9.54	18.42	20.25
1.032	1.90	31.76	60.92	66.94	1.072	1.89	14.41	27.75	30.50	1.112	1.87	9.46	18.27	20.08
1.033	1.90	30.81	59.11	64.95	1.073	1.89	14.22	27.39	30.10	1.113	1.87	9.38	18.12	19.91
1.034	1.90	29.92	57.41	63.08	1.074	1.89	14.03	27.04	29.71	1.114	1.87	9.30	17.97	19.75
1.035	1.90	29.08	55.80	61.32	1.075	1.89	13.85	26.69	29.33	1.115	1.87	9.22	17.83	19.59
1.036	1.90	28.29	54.29	59.65	1.076	1.89	13.68	26.36	28.96	1.116	1.87	9.15	17.68	19.43
1.037	1.90	27.54	52.85	58.08	1.077	1.89	13.51	26.03	28.60	1.117	1.87	9.07	17.54	19.28
1.038	1.90	26.83	51.49	56.59	1.078	1.89	13.34	25.71	28.25	1.118	1.87	9.00	17.40	19.12
1.039	1.90	26.15	50.20	55.17	1.079	1.88	13.18	25.40	27.91	1.119	1.87	8.93	17.27	18.97
1.040	1.90	25.51	48.98	53.82	1.080	1.88	13.02	25.10	27.58	1.120	1.87	8.86	17.13	18.83
1.041	1.90	24.90	47.81	52.54	1.081	1.88	12.87	24.80	27.26	1.121	1.87	8.79	17.00	18.68
1.042	1.90	24.32	46.71	51.32	1.082	1.88	12.71	24.52	26.94	1.122	1.87	8.73	16.87	18.54
1.043	1.90	23.77	45.65	50.16	1.083	1.88	12.57	24.23	26.63	1.123	1.87	8.66	16.74	18.40
1.044	1.90	23.24	44.64	49.05	1.084	1.88	12.42	23.96	26.33	1.124	1.87	8.59	16.62	18.26
1.045	1.90	22.73	43.67	47.99	1.085	1.88	12.29	23.69	26.04	1.125	1.87	8.53	16.49	18.13
1.046	1.90	22.25	42.75	46.98	1.086	1.88	12.15	23.43	25.75	1.126	1.87	8.47	16.37	17.99
1.047	1.90	21.79	41.87	46.01	1.087	1.88	12.02	23.18	25.47	1.127	1.87	8.40	16.25	17.86
1.048	1.90	21.35	41.02	45.08	1.088	1.88	11.88	22.93	25.19	1.128	1.87	8.34	16.14	17.73
1.049	1.89	20.92	40.21	44.18	1.089	1.88	11.76	22.68	24.93	1.129	1.87	8.28	16.02	17.60
1.050	1.89	20.51	39.43	43.33	1.090	1.88	11.63	22.44	24.66	1.130	1.87	8.22	15.91	17.48
1.051	1.89	20.12	38.68	42.50	1.091	1.88	11.51	22.21	24.41	1.131	1.87	8.16	15.79	17.36
1.052	1.89	19.74	37.96	41.71	1.092	1.88	11.39	21.98	24.16	1.132	1.87	8.11	15.68	17.23
1.053	1.89	19.38	37.27	40.95	1.093	1.88	11.27	21.76	23.91	1.133	1.87	8.05	15.57	17.11
1.054	1.89	19.03	36.60	40.22	1.094	1.88	11.16	21.54	23.67	1.134	1.86	7.99	15.47	17.00
1.055	1.89	18.70	35.95	39.51	1.095	1.88	11.05	21.33	23.43	1.135	1.86	7.94	15.36	16.88
1.056	1.89	18.37	35.33	38.83	1.096	1.88	10.94	21.12	23.20	1.136	1.86	7.88	15.26	16.77
1.057	1.89	18.06	34.74	38.17	1.097	1.88	10.83	20.91	22.98	1.137	1.86	7.83	15.15	16.65
1.058	1.89	17.76	34.16	37.54	1.098	1.88	10.73	20.71	22.76	1.138	1.86	7.78	15.05	16.54
1.059	1.89	17.46	33.60	36.92	1.099	1.88	10.62	20.51	22.54	1.139	1.86	7.73	14.95	16.43

(segue)

Tabella 1.X.3.4. - Valori di T, U, Y, Z in funzione di K (segue)

K	T	Z	Y	U	K	T	Z	Y	U	K	T	Z	Y	U
1.140	1.86	7.68	14.85	16.32	1.180	1.85	6.10	11.81	12.98	1.220	1.83	5.10	9.88	10.85
1.141	1.86	7.63	14.76	16.22	1.181	1.85	6.07	11.76	12.92	1.221	1.83	5.07	9.84	10.81
1.142	1.86	7.58	14.66	16.11	1.182	1.85	6.04	11.70	12.85	1.222	1.83	5.05	9.80	10.77
1.143	1.86	7.53	14.57	16.01	1.183	1.85	6.01	11.64	12.79	1.223	1.83	5.03	9.76	10.73
1.144	1.86	7.48	14.47	15.91	1.184	1.85	5.98	11.58	12.73	1.224	1.83	5.01	9.72	10.68
1.145	1.86	7.43	14.38	15.81	1.185	1.84	5.95	11.53	12.67	1.225	1.83	5.00	9.68	10.64
1.146	1.86	7.38	14.29	15.71	1.186	1.84	5.92	11.47	12.61	1.226	1.83	4.98	9.65	10.60
1.147	1.86	7.34	14.20	15.61	1.187	1.84	5.89	11.42	12.55	1.227	1.83	4.96	9.61	10.56
1.148	1.86	7.29	14.12	15.51	1.188	1.84	5.86	11.36	12.49	1.228	1.83	4.94	9.57	10.52
1.149	1.86	7.25	14.03	15.42	1.189	1.84	5.83	11.31	12.43	1.229	1.83	4.92	9.53	10.48
1.150	1.86	7.20	13.94	15.32	1.190	1.84	5.81	11.25	12.37	1.230	1.83	4.90	9.50	10.44
1.151	1.86	7.16	13.86	15.23	1.191	1.84	5.78	11.20	12.31	1.231	1.83	4.88	9.46	10.40
1.152	1.86	7.11	13.77	15.14	1.192	1.84	5.75	11.15	12.25	1.232	1.83	4.86	9.43	10.36
1.153	1.86	7.07	13.69	15.05	1.193	1.84	5.73	11.10	12.19	1.233	1.83	4.84	9.39	10.32
1.154	1.86	7.03	13.61	14.96	1.194	1.84	5.70	11.05	12.14	1.234	1.83	4.83	9.36	10.28
1.155	1.86	6.99	13.53	14.87	1.195	1.84	5.67	11.00	12.08	1.235	1.82	4.81	9.32	10.24
1.156	1.86	6.95	13.45	14.78	1.196	1.84	5.65	10.95	12.03	1.236	1.82	4.79	9.29	10.20
1.157	1.86	6.91	13.37	14.70	1.197	1.84	5.62	10.90	11.97	1.237	1.82	4.77	9.25	10.17
1.158	1.86	6.87	13.30	14.61	1.198	1.84	5.60	10.85	11.92	1.238	1.82	4.75	9.22	10.13
1.159	1.86	6.83	13.22	14.53	1.199	1.84	5.57	10.80	11.87	1.239	1.82	4.74	9.18	10.09
1.160	1.85	6.79	13.15	14.45	1.200	1.84	5.55	10.75	11.81	1.240	1.82	4.72	9.15	10.05
1.161	1.85	6.75	13.07	14.36	1.201	1.84	5.52	10.70	11.76	1.241	1.82	4.70	9.12	10.02
1.162	1.85	6.71	13.00	14.28	1.202	1.84	5.50	10.65	11.71	1.242	1.82	4.69	9.08	9.98
1.163	1.85	6.67	12.92	14.20	1.203	1.84	5.47	10.61	11.66	1.243	1.82	4.67	9.05	9.95
1.164	1.85	6.64	12.85	14.12	1.204	1.84	5.45	10.56	11.61	1.244	1.82	4.65	9.02	9.91
1.165	1.85	6.60	12.78	14.05	1.205	1.84	5.42	10.52	11.56	1.245	1.82	4.64	8.99	9.88
1.166	1.85	6.56	12.71	13.97	1.206	1.84	5.40	10.47	11.51	1.246	1.82	4.62	8.95	9.84
1.167	1.85	6.53	12.64	13.89	1.207	1.84	5.38	10.43	11.46	1.247	1.82	4.60	8.92	9.81
1.168	1.85	6.49	12.58	13.82	1.208	1.84	5.35	10.38	11.41	1.248	1.82	4.59	8.89	9.77
1.169	1.85	6.46	12.51	13.74	1.209	1.84	5.33	10.34	11.36	1.249	1.82	4.57	8.86	9.74
1.170	1.85	6.42	12.44	13.67	1.210	1.83	5.31	10.29	11.31	1.250	1.82	4.56	8.83	9.70
1.171	1.85	6.39	12.37	13.60	1.211	1.83	5.29	10.25	11.26	1.251	1.82	4.54	8.80	9.67
1.172	1.85	6.35	12.31	13.53	1.212	1.83	5.26	10.21	11.22	1.252	1.82	4.52	8.77	9.64
1.173	1.85	6.32	12.25	13.46	1.213	1.83	5.24	10.16	11.17	1.253	1.82	4.51	8.74	9.60
1.174	1.85	6.29	12.18	13.39	1.214	1.83	5.22	10.12	11.12	1.254	1.82	4.49	8.71	9.57
1.175	1.85	6.25	12.12	13.32	1.215	1.83	5.20	10.08	11.08	1.255	1.82	4.48	8.68	9.54
1.176	1.85	6.22	12.06	13.25	1.216	1.83	5.18	10.04	11.03	1.256	1.82	4.46	8.65	9.50
1.177	1.85	6.19	12.00	13.18	1.217	1.83	5.16	10.00	10.99	1.257	1.82	4.45	8.62	9.47
1.178	1.85	6.16	11.93	13.11	1.218	1.83	5.14	9.96	10.94	1.258	1.82	4.43	8.59	9.44
1.179	1.85	6.13	11.87	13.05	1.219	1.83	5.12	9.92	10.90	1.259	1.81	4.42	8.56	9.41

(segue)

Tabella 1.X.3.4. - Valori di T, U, Y, Z in funzione di K (segue)

K	T	Z	Y	U	K	T	Z	Y	U	K	T	Z	Y	U
1.260	1.81	4.40	8.53	9.38	1.300	1.80	3.90	7.55	8.29	1.340	1.78	3.51	6.79	7.46
1.261	1.81	4.39	8.51	9.35	1.301	1.80	3.89	7.53	8.27	1.341	1.78	3.51	6.77	7.44
1.262	1.81	4.37	8.48	9.32	1.302	1.80	3.88	7.50	8.25	1.342	1.78	3.50	6.76	7.42
1.263	1.81	4.36	8.45	9.29	1.303	1.80	3.87	7.48	8.22	1.343	1.78	3.49	6.74	7.41
1.264	1.81	4.35	8.42	9.25	1.304	1.80	3.86	7.46	8.20	1.344	1.78	3.48	6.72	7.39
1.265	1.81	4.33	8.39	9.22	1.305	1.80	3.84	7.44	8.18	1.345	1.78	3.47	6.71	7.37
1.266	1.81	4.32	8.37	9.19	1.306	1.79	3.83	7.42	8.15	1.346	1.78	3.46	6.69	7.35
1.267	1.81	4.30	8.34	9.16	1.307	1.79	3.82	7.40	8.13	1.347	1.78	3.46	6.67	7.33
1.268	1.81	4.29	8.31	9.14	1.308	1.79	3.81	7.38	8.11	1.348	1.78	3.45	6.66	7.32
1.269	1.81	4.28	8.29	9.11	1.309	1.79	3.80	7.36	8.09	1.349	1.78	3.44	6.64	7.30
1.270	1.81	4.26	8.26	9.08	1.310	1.79	3.79	7.34	8.06	1.350	1.78	3.43	6.63	7.28
1.271	1.81	4.25	8.23	9.05	1.311	1.79	3.78	7.32	8.04	1.351	1.78	3.42	6.61	7.27
1.272	1.81	4.24	8.21	9.02	1.312	1.79	3.77	7.30	8.02	1.352	1.78	3.42	6.60	7.25
1.273	1.81	4.22	8.18	8.99	1.313	1.79	3.76	7.28	8.00	1.353	1.77	3.41	6.58	7.23
1.274	1.81	4.21	8.16	8.96	1.314	1.79	3.75	7.26	7.98	1.354	1.77	3.40	6.56	7.21
1.275	1.81	4.20	8.13	8.93	1.315	1.79	3.74	7.24	7.96	1.355	1.77	3.39	6.55	7.20
1.276	1.81	4.18	8.10	8.91	1.316	1.79	3.73	7.22	7.93	1.356	1.77	3.38	6.53	7.18
1.277	1.81	4.17	8.08	8.88	1.317	1.79	3.72	7.20	7.91	1.357	1.77	3.38	6.52	7.16
1.278	1.81	4.16	8.05	8.85	1.318	1.79	3.71	7.18	7.89	1.358	1.77	3.37	6.50	7.15
1.279	1.81	4.15	8.03	8.82	1.319	1.79	3.70	7.16	7.87	1.359	1.77	3.36	6.49	7.13
1.280	1.81	4.13	8.01	8.80	1.320	1.79	3.69	7.14	7.85	1.360	1.77	3.35	6.47	7.11
1.281	1.81	4.12	7.98	8.77	1.321	1.79	3.68	7.13	7.83	1.361	1.77	3.35	6.46	7.10
1.282	1.81	4.11	7.96	8.74	1.322	1.79	3.67	7.11	7.81	1.362	1.77	3.34	6.44	7.08
1.283	1.80	4.10	7.93	8.72	1.323	1.79	3.67	7.09	7.79	1.363	1.77	3.33	6.43	7.06
1.284	1.80	4.08	7.91	8.69	1.324	1.79	3.66	7.07	7.77	1.364	1.77	3.32	6.41	7.05
1.285	1.80	4.07	7.88	8.66	1.325	1.79	3.65	7.05	7.75	1.365	1.77	3.32	6.40	7.03
1.286	1.80	4.06	7.86	8.64	1.326	1.79	3.64	7.03	7.73	1.366	1.77	3.31	6.39	7.02
1.287	1.80	4.05	7.84	8.61	1.327	1.79	3.63	7.02	7.71	1.367	1.77	3.30	6.37	7.00
1.288	1.80	4.04	7.81	8.59	1.328	1.79	3.62	7.00	7.69	1.368	1.77	3.30	6.36	6.99
1.289	1.80	4.02	7.79	8.56	1.329	1.78	3.61	6.98	7.67	1.369	1.77	3.29	6.34	6.97
1.290	1.80	4.01	7.77	8.54	1.330	1.78	3.60	6.96	7.65	1.370	1.77	3.28	6.33	6.95
1.291	1.80	4.00	7.75	8.51	1.331	1.78	3.59	6.94	7.63	1.371	1.77	3.27	6.31	6.94
1.292	1.80	3.99	7.72	8.49	1.332	1.78	3.58	6.93	7.61	1.372	1.77	3.27	6.30	6.92
1.293	1.80	3.98	7.70	8.46	1.333	1.78	3.57	6.91	7.59	1.373	1.77	3.26	6.29	6.91
1.294	1.80	3.97	7.68	8.44	1.334	1.78	3.57	6.89	7.57	1.374	1.77	3.25	6.27	6.89
1.295	1.80	3.95	7.66	8.41	1.335	1.78	3.56	6.87	7.55	1.375	1.77	3.25	6.26	6.88
1.296	1.80	3.94	7.63	8.39	1.336	1.78	3.55	6.86	7.54	1.376	1.76	3.24	6.24	6.86
1.297	1.80	3.93	7.61	8.36	1.337	1.78	3.54	6.84	7.52	1.377	1.76	3.23	6.23	6.85
1.298	1.80	3.92	7.59	8.34	1.338	1.78	3.53	6.82	7.50	1.378	1.76	3.22	6.22	6.83
1.299	1.80	3.91	7.57	8.32	1.339	1.78	3.52	6.81	7.48	1.379	1.76	3.22	6.20	6.82

(segue)

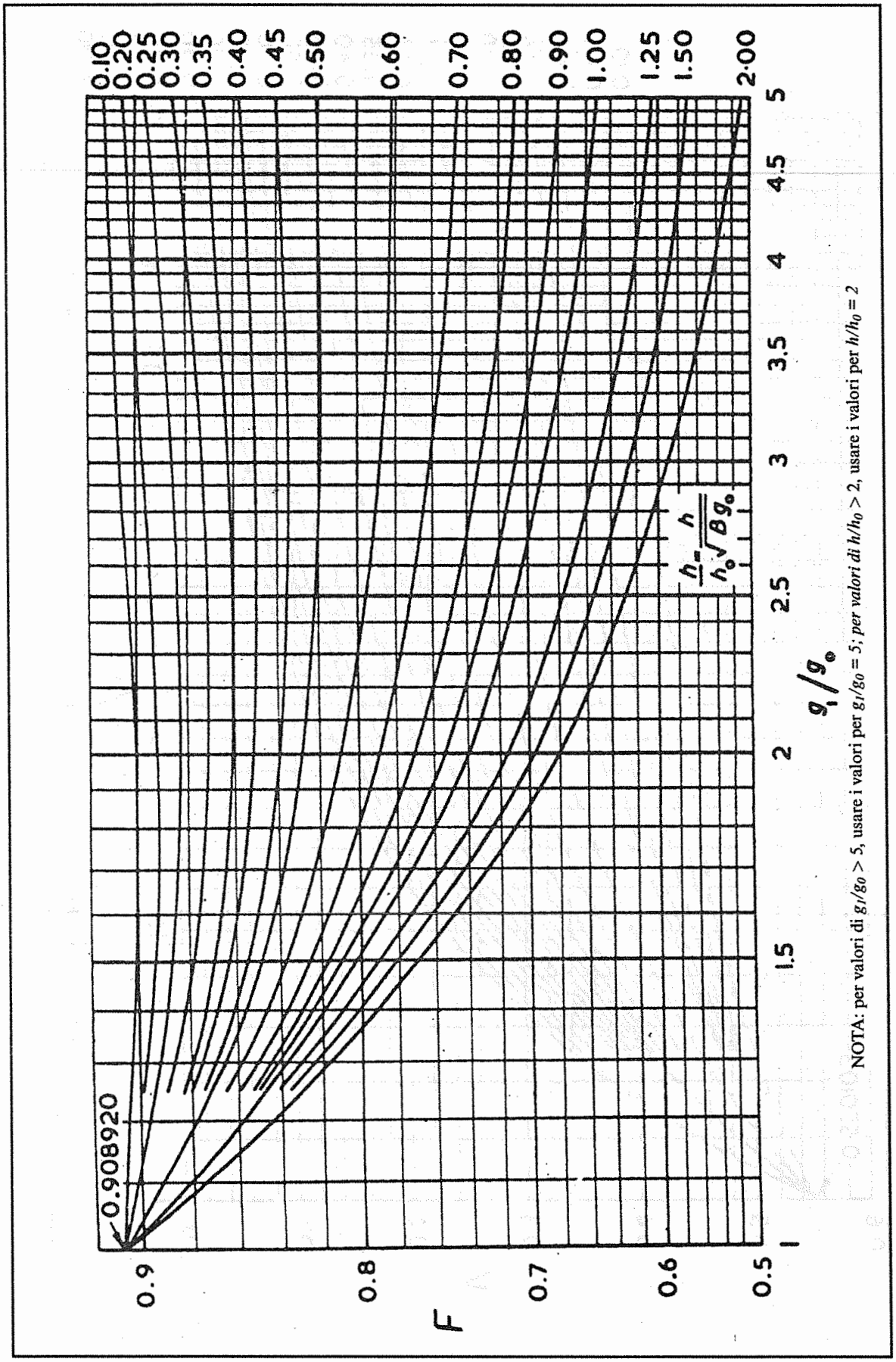
Tabella 1.X.3.4. - Valori di T, U, Y, Z in funzione di K (segue)

K	T	Z	Y	U	K	T	Z	Y	U	K	T	Z	Y	U
1.380	1.76	3.21	6.19	6.80	1.420	1.75	2.97	5.70	6.27	1.460	1.73	2.77	5.30	5.83
1.381	1.76	3.20	6.18	6.79	1.421	1.75	2.96	5.69	6.26	1.461	1.73	2.76	5.29	5.81
1.382	1.76	3.20	6.16	6.77	1.422	1.74	2.96	5.68	6.24	1.462	1.73	2.76	5.28	5.80
1.383	1.76	3.19	6.15	6.76	1.423	1.74	2.95	5.67	6.23	1.463	1.73	2.75	5.27	5.79
1.384	1.76	3.18	6.14	6.74	1.424	1.74	2.95	5.66	6.22	1.464	1.73	2.75	5.26	5.78
1.385	1.76	3.18	6.12	6.73	1.425	1.74	2.94	5.65	6.21	1.465	1.73	2.74	5.26	5.77
1.386	1.76	3.17	6.11	6.72	1.426	1.74	2.94	5.64	6.20	1.466	1.73	2.74	5.25	5.77
1.387	1.76	3.17	6.10	6.70	1.427	1.74	2.93	5.63	6.18	1.467	1.73	2.74	5.24	5.76
1.388	1.76	3.16	6.09	6.69	1.428	1.74	2.92	5.62	6.17	1.468	1.72	2.73	5.23	5.75
1.389	1.76	3.15	6.07	6.67	1.429	1.74	2.92	5.61	6.16	1.469	1.72	2.73	5.22	5.74
1.390	1.76	3.15	6.06	6.66	1.430	1.74	2.91	5.50	6.15	1.470	1.72	2.72	5.21	5.73
1.391	1.76	3.14	6.05	6.64	1.431	1.74	2.91	5.59	6.14	1.471	1.72	2.72	5.20	5.72
1.392	1.76	3.13	6.03	6.63	1.432	1.74	2.90	5.58	6.13	1.472	1.72	2.71	5.19	5.71
1.393	1.76	3.13	6.02	6.62	1.433	1.74	2.90	5.56	6.12	1.473	1.72	2.71	5.18	5.70
1.394	1.76	3.12	6.01	6.60	1.434	1.74	2.89	5.55	6.10	1.474	1.72	2.71	5.18	5.69
1.395	1.76	3.11	6.00	6.59	1.435	1.74	2.89	5.54	6.09	1.475	1.72	2.70	5.17	5.68
1.396	1.76	3.11	5.98	6.58	1.436	1.74	2.88	5.53	6.08	1.476	1.72	2.70	5.16	5.67
1.397	1.76	3.10	5.97	6.56	1.437	1.74	2.88	5.52	6.07	1.477	1.72	2.69	5.15	5.66
1.398	1.76	3.10	5.96	6.55	1.438	1.74	2.87	5.51	6.06	1.478	1.72	2.69	5.14	5.65
1.399	1.75	3.09	5.95	6.54	1.439	1.74	2.87	5.50	6.05	1.479	1.72	2.68	5.13	5.64
1.400	1.75	3.08	5.94	6.52	1.440	1.74	2.86	5.49	6.04	1.480	1.72	2.68	5.12	5.63
1.401	1.75	3.08	5.92	6.51	1.441	1.74	2.86	5.48	6.03	1.481	1.72	2.68	5.12	5.62
1.402	1.75	3.07	5.91	6.50	1.442	1.74	2.85	5.47	6.01	1.482	1.72	2.67	5.11	5.61
1.403	1.75	3.07	5.90	6.48	1.443	1.74	2.85	5.46	6.00	1.483	1.72	2.67	5.10	5.60
1.404	1.75	3.06	5.89	6.47	1.444	1.74	2.84	5.45	5.99	1.484	1.72	2.66	5.09	5.59
1.405	1.75	3.05	5.88	6.46	1.445	1.73	2.84	5.44	5.98	1.485	1.72	2.66	5.08	5.58
1.406	1.75	3.05	5.86	6.44	1.446	1.73	2.83	5.43	5.97	1.486	1.72	2.66	5.07	5.58
1.407	1.75	3.04	5.85	6.43	1.447	1.73	2.83	5.42	5.96	1.487	1.72	2.65	5.07	5.57
1.408	1.75	3.04	5.84	6.42	1.448	1.73	2.82	5.41	5.95	1.488	1.72	2.65	5.06	5.56
1.409	1.75	3.03	5.83	6.40	1.449	1.73	2.82	5.40	5.94	1.489	1.72	2.64	5.05	5.55
1.410	1.75	3.02	5.82	6.39	1.450	1.73	2.81	5.39	5.93	1.490	1.72	2.64	5.04	5.54
1.411	1.75	3.02	5.81	6.38	1.451	1.73	2.81	5.39	5.92	1.491	1.71	2.64	5.03	5.53
1.412	1.75	3.01	5.79	6.37	1.452	1.73	2.80	5.38	5.91	1.492	1.71	2.63	5.02	5.52
1.413	1.75	3.01	5.78	6.35	1.453	1.73	2.80	5.37	5.90	1.493	1.71	2.63	5.02	5.51
1.414	1.75	3.00	5.77	6.34	1.454	1.73	2.80	5.36	5.89	1.494	1.71	2.62	5.01	5.50
1.415	1.75	3.00	5.76	6.33	1.455	1.73	2.79	5.35	5.88	1.495	1.71	2.62	5.00	5.50
1.416	1.75	2.99	5.75	6.32	1.456	1.73	2.79	5.34	5.87	1.496	1.71	2.62	4.99	5.49
1.417	1.75	2.98	5.74	6.30	1.457	1.73	2.78	5.33	5.86	1.397	1.71	2.61	4.98	5.48
1.418	1.75	2.98	5.73	6.29	1.458	1.73	2.78	5.32	5.85	1.498	1.71	2.61	4.98	5.47
1.419	1.75	2.97	5.71	6.28	1.459	1.73	2.77	5.31	5.84	1.499	1.71	2.60	4.97	5.46

(segue)

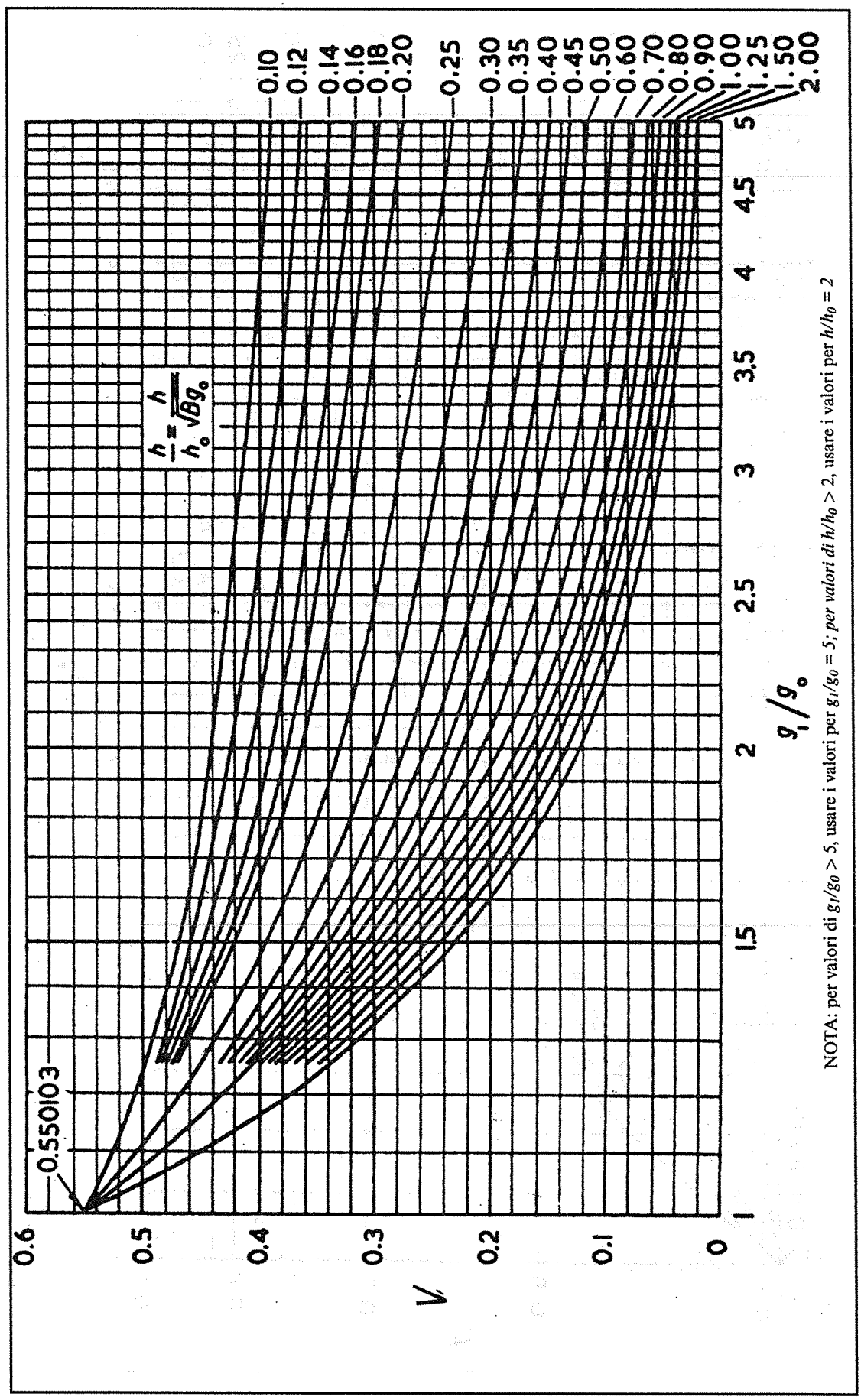
Tabella 1.X.3.4. - Valori di T, U, Y, Z in funzione di K (segue)

K	T	Z	Y	U	K	T	Z	Y	U	K	T	Z	Y	U
1.500	1.71	2.60	4.96	5.45	3.000	1.21	1.25	1.87	2.05	4.500	0.94	1.10	1.31	1.44
1.600	1.67	2.28	4.31	4.73	3.100	1.18	1.23	1.81	1.99	4.600	0.92	1.10	1.29	1.42
1.700	1.63	2.06	3.83	4.21	3.200	1.16	1.22	1.76	1.93	4.700	0.91	1.09	1.27	1.39
1.800	1.58	1.89	3.47	3.82	3.300	1.14	1.20	1.71	1.88	4.800	0.90	1.09	1.25	1.37
1.900	1.54	1.77	3.19	3.51	3.400	1.12	1.19	1.66	1.83	4.900	0.88	1.09	1.23	1.35
2.000	1.51	1.67	2.96	3.26	3.500	1.10	1.18	1.62	1.78	5.000	0.87	1.08	1.21	1.33
2.100	1.47	1.59	2.77	3.05	3.600	1.08	1.17	1.58	1.74					
2.200	1.44	1.52	2.61	2.87	3.700	1.06	1.16	1.55	1.70					
2.300	1.40	1.47	2.40	2.72	3.800	1.04	1.15	1.51	1.66					
2.400	1.37	1.42	2.36	2.59	3.900	1.03	1.14	1.48	1.62					
2.500	1.34	1.38	2.25	2.47	4.000	1.01	1.13	1.45	1.59					
2.600	1.31	1.35	2.16	2.37	4.100	0.99	1.13	1.42	1.56					
2.700	1.28	1.32	2.07	2.28	4.200	0.98	1.12	1.39	1.53					
2.800	1.26	1.29	2.00	2.20	4.300	0.96	1.11	1.36	1.50					
2.900	1.23	1.27	1.93	2.12	4.400	0.95	1.11	1.34	1.47					



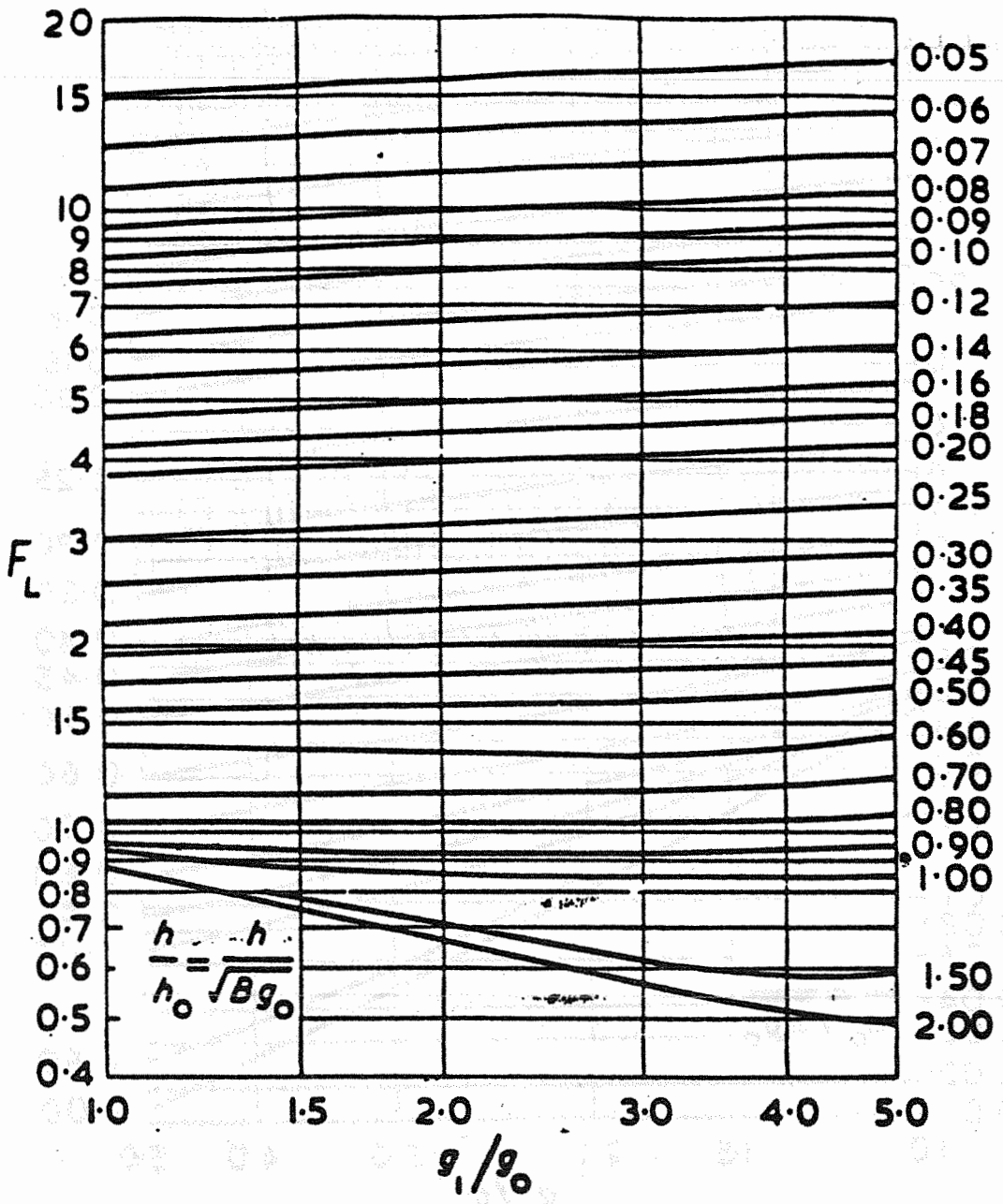
NOTA: per valori di $g_1/g_0 > 5$, usare i valori per $g_1/g_0 = 5$; *per valori di* $h/h_0 > 2$, usare i valori per $h/h_0 = 2$

Figura 1.X.3.4. - Valori di *F*



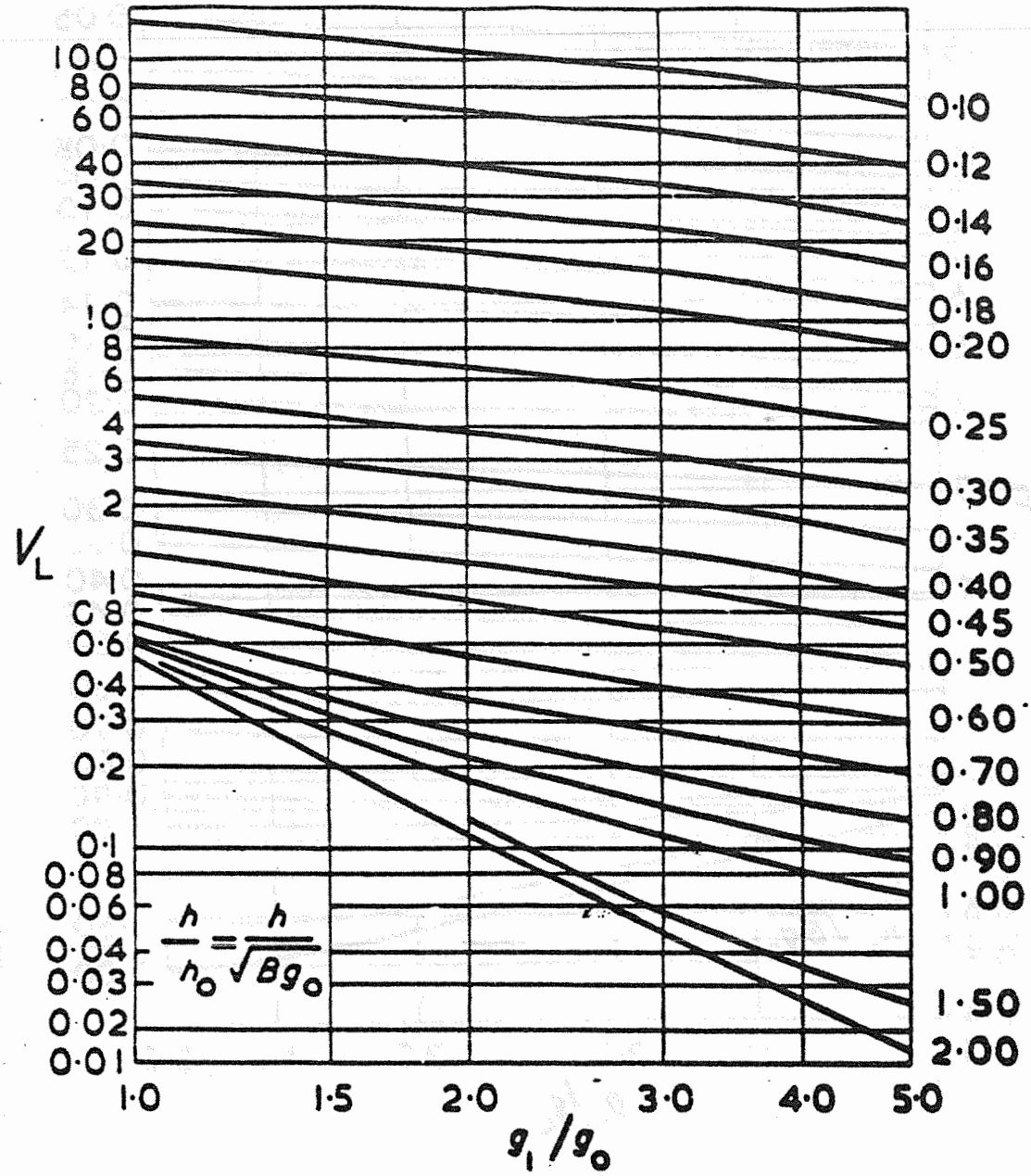
NOTA: per valori di $g_1/g_0 > 5$, usare i valori per $g_1/g_0 = 5$; *per valori di* $h/h_0 > 2$, usare i valori per $h/h_0 = 2$

Figura 1.X.3.5. - Valori di V



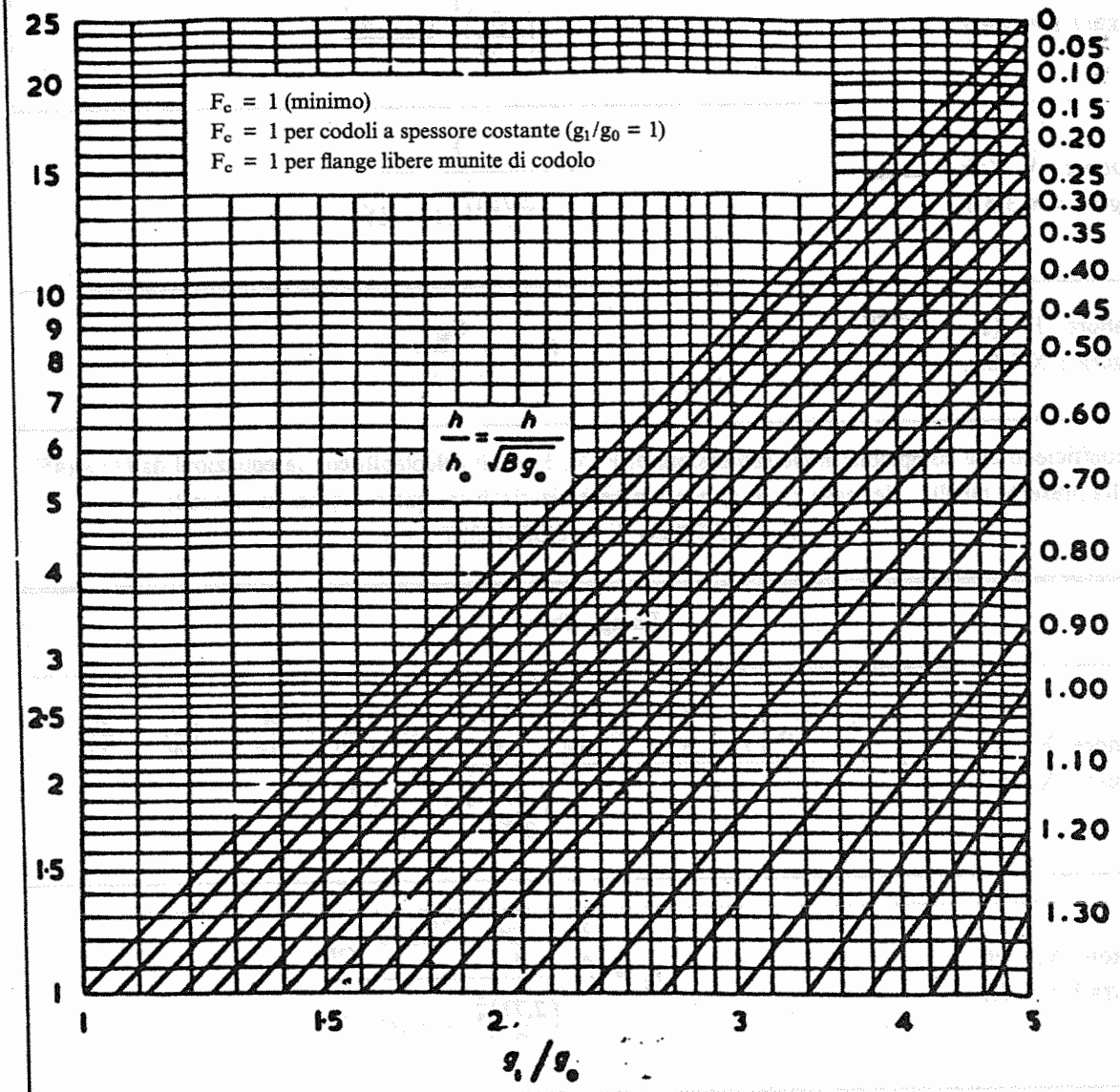
NOTA: per valori di $g_1/g_0 > 5$, usare i valori per $g_1/g_0 = 5$;
per valori di $h/h_0 > 2$, usare i valori per $h/h_0 = 2$;

Figura 1.X.3.6. - Valori di F_L



NOTA: per valori di $g_1/g_0 > 5$, usare i valori per $g_1/g_0 = 5$;
per valori di $h/h_0 > 2$, usare i valori per $h/h_0 = 2$;

Figura 1.X.3.7. - Valori di V_L



NOTA: per valori di $g_1/g_0 > 5$, usare i valori per $g_1/g_0 = 5$;

Figura 1.X.3.8. - Valori di F_c

Tabella 1.X.3.5. – Formule per il calcolo dei coefficienti F, V, F_C

Flange integrali	
Fattore F (cfr. figura 1.X.3.4.):	$F = -\dfrac{E_6}{\left(\dfrac{C}{2{,}73}\right)^{\frac{1}{4}} \dfrac{(1+A)^3}{C}}$
Fattore V (cfr. figura 1.X.3.5.):	$V = \dfrac{E_4}{\left(\dfrac{2{,}73}{C}\right)^{\frac{1}{4}} (1+A)^3}$
Fattore F_c (cfr. figura 1.X.3.8.):	$F_c = \dfrac{C_{36}}{(1+A)}$
I coefficienti che compaiono nelle espressioni di F, V, F_c sono calcolabili con le equazioni da (1) a (45) della presente tabella. Nel caso $g_1 = g_0$ non è necessario risolvere queste equazioni essendo: $F = 0{,}908920;\ V = 0{,}550103;\ F_c = 1$	
Flange libere	
Fattore F_L (cfr. figura 1.X.3.6.):	$F_L = -\dfrac{C_{18}\left(\dfrac{1}{2}+\dfrac{A}{6}\right) + C_{21}\left(\dfrac{1}{4}+\dfrac{11A}{84}\right) + C_{24}\left(\dfrac{1}{70}+\dfrac{A}{105}\right) - \left(\dfrac{1}{40}+\dfrac{A}{72}\right)}{\left(\dfrac{C}{2{,}73}\right)^{\frac{1}{4}} \dfrac{(1+A)^3}{C}}$
Fattore V_L (cfr. figura 1.X.3.7.):	$V_L = \dfrac{\dfrac{1}{4} - \dfrac{C_{24}}{5} - \dfrac{3C_{21}}{2} - C_{18}}{\left(\dfrac{2{,}73}{C}\right)^{\frac{1}{4}} (1+A)^3}$
Fattore F_c (cfr. figura 1.X.3.8.):	$F_c = 1$
I coefficienti che compaiono nelle espressioni di F_L, V_L, F_c sono calcolabili con le equazioni da (1) a (5), (7), (9), (10), (12), (14), (16), (18), (20), (23), (26) della presente tabella. Nelle formule suddette il rapporto g_1/g_0 non dovrà mai superare 5 ed il rapporto h/h_0 non dovrà mai superare 2.	

(segue)

Tabella 1.X.3.5. – Formule per il calcolo dei coefficienti F, V, F_C (segue)

(1) $A = \left(\frac{g_1}{g_0}\right) - 1$

(2) $C = 43{,}68 \left(\frac{h}{h_0}\right)^4$

(3) $C_1 = \frac{1}{3} + \frac{A}{12}$

(4) $C_2 = \frac{5}{42} + \frac{17A}{336}$

(5) $C_3 = \frac{1}{210} + \frac{A}{360}$

(6) $C_4 = \frac{11}{360} + \frac{59A}{5040} + \frac{1 + 3A}{C}$

(7) $C_5 = \frac{1}{90} + \frac{5A}{1008} - \frac{(1 + A)^3}{C}$

(8) $C_6 = \frac{1}{120} + \frac{17A}{5040} + \frac{1}{C}$

(9) $C_7 = \frac{215}{2772} + \frac{51A}{1232} + \frac{\frac{60}{7} + \frac{225A}{14} + \frac{75A^2}{7} + \frac{5A^3}{2}}{C}$

(10) $C_8 = \frac{31}{6930} + \frac{128A}{45045} + \frac{\frac{6}{7} + \frac{15A}{7} + \frac{12A^2}{7} + \frac{5A^3}{11}}{C}$

(11) $C_9 = \frac{533}{30240} + \frac{653A}{73920} + \frac{\frac{1}{2} + \frac{33A}{14} + \frac{39A^2}{28} + \frac{25A^3}{84}}{C}$

(12) $C_{10} = \frac{29}{3780} + \frac{3A}{704} - \frac{\frac{1}{2} + \frac{33A}{14} + \frac{81A^2}{28} + \frac{13A^3}{12}}{C}$

(13) $C_{11} = \frac{31}{6048} + \frac{1763A}{665280} + \frac{\frac{1}{2} + \frac{6A}{7} + \frac{15A^2}{28} + \frac{5A^3}{42}}{C}$

(14) $C_{12} = \frac{1}{2925} + \frac{71A}{300300} + \frac{\frac{8}{35} + \frac{18A}{35} + \frac{156A^2}{385} + \frac{6A^3}{55}}{C}$

(15) $C_{13} = \frac{761}{831600} + \frac{937A}{1663200} + \frac{\frac{1}{35} + \frac{6A}{35} + \frac{11A^2}{70} + \frac{3A^3}{70}}{C}$

(16) $C_{14} = \frac{197}{415800} + \frac{103A}{332640} - \frac{\frac{1}{35} + \frac{6A}{35} + \frac{17A^2}{70} + \frac{A^3}{10}}{C}$

(17) $C_{15} = \frac{233}{831600} + \frac{97A}{554400} + \frac{\frac{1}{35} + \frac{3A}{35} + \frac{A^2}{14} + \frac{2A^3}{105}}{C}$

(18) $C_{16} = C_1\, C_7\, C_{12} + C_2\, C_8\, C_3 + C_3\, C_8\, C_2 - \left(C_3^2\, C_7 + C_8^2\, C_1 + C_2^2\, C_{12}\right)$

(segue)

Tabella 1.X.3.5. – Formule per il calcolo dei coefficienti F, V, F_C (segue)

(19) $$C_{17} = \frac{C_4\,C_7\,C_{12} + C_2\,C_8\,C_{13} + C_3\,C_8\,C_9 - \left(C_{13}\,C_7\,C_3 + C_8^2\,C_4 + C_{12}\,C_2\,C_9\right)}{C_{16}}$$

(20) $$C_{18} = \frac{C_5\,C_7\,C_{12} + C_2\,C_8\,C_{14} + C_3\,C_8\,C_{10} - \left(C_{14}\,C_7\,C_3 + C_8^2\,C_5 + C_{12}\,C_2\,C_{10}\right)}{C_{16}}$$

(21) $$C_{19} = \frac{C_6\,C_7\,C_{12} + C_2\,C_8\,C_{15} + C_3\,C_8\,C_{11} - \left(C_{15}\,C_7\,C_3 + C_8^2\,C_6 + C_{12}\,C_2\,C_{11}\right)}{C_{16}}$$

(22) $$C_{20} = \frac{C_1\,C_9\,C_{12} + C_4\,C_8\,C_3 + C_3\,C_{13}\,C_2 - \left(C_3^2\,C_9 + C_{13}\,C_8\,C_1 + C_{12}\,C_4\,C_2\right)}{C_{16}}$$

(23) $$C_{21} = \frac{C_1\,C_{10}\,C_{12} + C_5\,C_8\,C_3 + C_3\,C_{14}\,C_2 - \left(C_3^2\,C_{10} + C_{14}\,C_8\,C_1 + C_{12}\,C_5\,C_2\right)}{C_{16}}$$

(24) $$C_{22} = \frac{C_1\,C_{11}\,C_{12} + C_6\,C_8\,C_3 + C_3\,C_{15}\,C_2 - \left(C_3^2\,C_{11} + C_{15}\,C_8\,C_1 + C_{12}\,C_6\,C_2\right)}{C_{16}}$$

(25) $$C_{23} = \frac{C_1\,C_7\,C_{13} + C_2\,C_9\,C_3 + C_4\,C_8\,C_2 - \left(C_3\,C_7\,C_4 + C_8\,C_9\,C_1 + C_2^2\,C_{13}\right)}{C_{16}}$$

(26) $$C_{24} = \frac{C_1\,C_7\,C_{14} + C_2\,C_{10}\,C_3 + C_5\,C_8\,C_2 - \left(C_3\,C_7\,C_5 + C_8\,C_{10}\,C_1 + C_2^2\,C_{14}\right)}{C_{16}}$$

(27) $$C_{25} = \frac{C_1\,C_7\,C_{15} + C_2\,C_{11}\,C_3 + C_6\,C_8\,C_2 - \left(C_3\,C_7\,C_6 + C_8\,C_{11}\,C_1 + C_2^2\,C_{15}\right)}{C_{16}}$$

(28) $$C_{26} = -\left(\frac{C}{4}\right)^{\frac{1}{4}}$$

(29) $$C_{27} = C_{20} - C_{17} - \frac{5}{12} + C_{17}\,C_{26}$$

(30) $$C_{28} = C_{22} - C_{19} - \frac{1}{12} + C_{19}\,C_{26}$$

(31) $$C_{29} = -\left(\frac{C}{4}\right)^{\frac{1}{2}}$$

(32) $$C_{30} = -\left(\frac{C}{4}\right)^{\frac{3}{4}}$$

(33) $$C_{31} = \frac{3A}{2} - C_{17}\,C_{30}$$

(34) $$C_{32} = \frac{1}{2} - C_{19}\,C_{30}$$

(35) $$C_{33} = 0{,}5\,C_{26}\,C_{32} + C_{28}\,C_{31}\,C_{29} - \left(0{,}5\,C_{30}\,C_{28} + C_{32}\,C_{27}\,C_{29}\right)$$

(36) $$C_{34} = \frac{1}{12} + C_{18} - C_{21} - C_{18}\,C_{26}$$

(37) $$C_{35} = -\,C_{18}\left(\frac{C}{4}\right)^{\frac{3}{4}}$$

(38) $$C_{36} = \frac{C_{28}\,C_{35}\,C_{29} - C_{32}\,C_{34}\,C_{29}}{C_{33}}$$

(segue)

Tabella 1.X.3.5. – Formule per il calcolo dei coefficienti F, V, F_C (segue)

(39) $$C_{37} = \frac{0{,}5\, C_{26}\, C_{35} + C_{34}\, C_{31}\, C_{29} - \left(0{,}5\, C_{30}\, C_{34} + C_{35}\, C_{27}\, C_{29}\right)}{C_{33}}$$

(40) $$E_1 = C_{17}\, C_{36} + C_{18} + C_{19}\, C_{37}$$

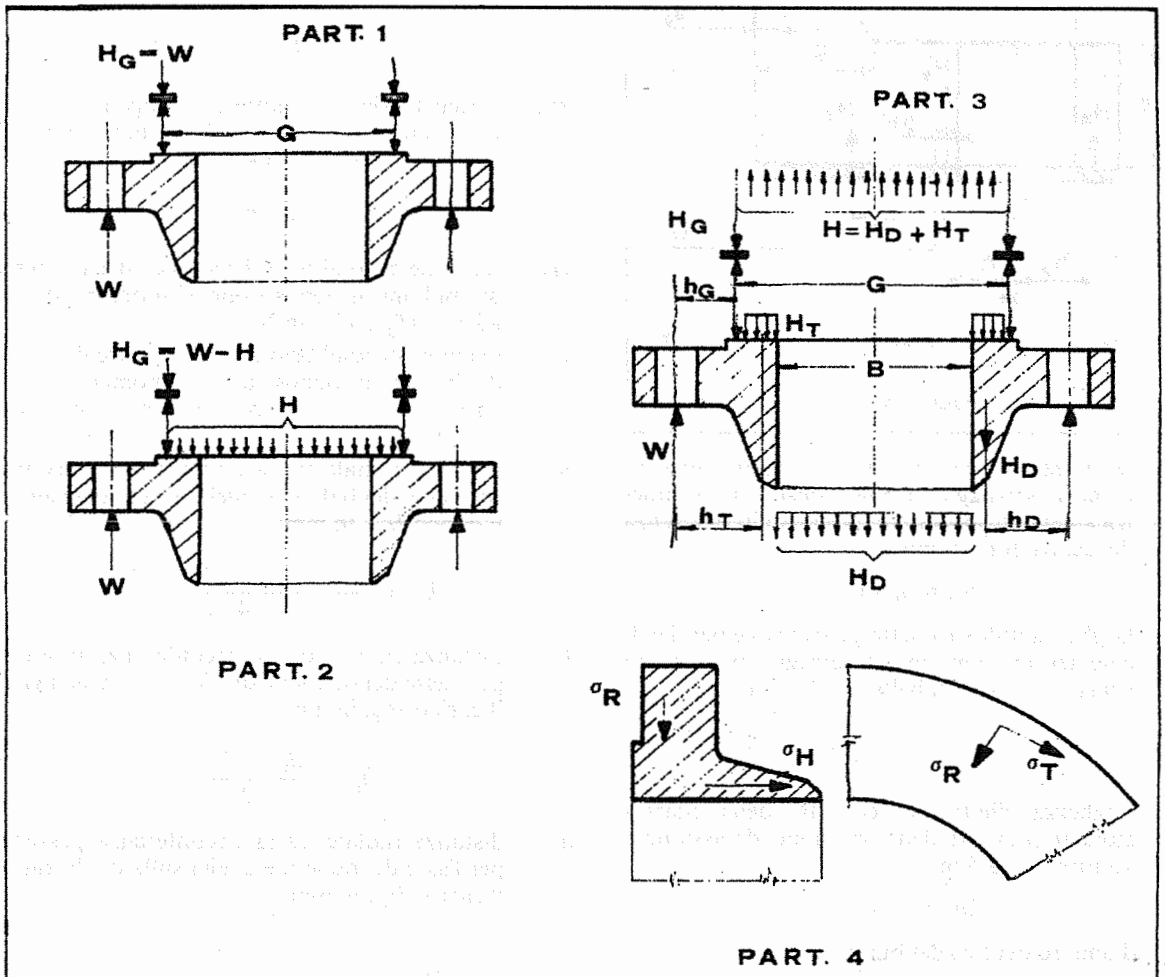
(41) $$E_2 = C_{20}\, C_{36} + C_{21} + C_{22}\, C_{37}$$

(42) $$E_3 = C_{23}\, C_{36} + C_{24} + C_{25}\, C_{37}$$

(43) $$E_4 = \frac{1}{4} + \frac{C_{37}}{12} + \frac{C_{36}}{4} - \frac{E_3}{5} - \frac{3E_2}{2} - E_1$$

(44) $$E_5 = E_1\left(\frac{1}{2} + \frac{A}{6}\right) + E_2\left(\frac{1}{4} + \frac{11A}{84}\right) + E_3\left(\frac{1}{70} + \frac{A}{105}\right)$$

(45) $$E_6 = E_5 - C_{36}\left(\frac{7}{120} + \frac{A}{36} + \frac{3A}{C}\right) - \frac{1}{40} - \frac{A}{72} - C_{37}\left(\frac{1}{60} + \frac{A}{120} + \frac{1}{C}\right)$$



PART. 1 - Reazione della guarnizione (fase di serraggio)
2 - Reazione della guarnizione e carico dovuto alla pressione
3 - Forza e momenti agenti sulla flangia
4 - Sollecitazioni delle flange

Figura 1.X.3.9. - Forze e sollecitazioni agenti sulla flangia

Regola VSG.1.X.4: *Flange con guarnizione anulare morbida che si estende oltre i fori dei bulloni*

1. *Generalità.*

Il metodo di verifica che segue si riferisce alle flange circolari per le quali le guarnizioni si estendono oltre la circonferenza dei fori dei bulloni.

2. *Definizioni e simboli.*

In aggiunta ai simboli riportati alla regola VSR.1.X.2. si definiscono i seguenti parametri (cfr. figura 1.X.4.1):

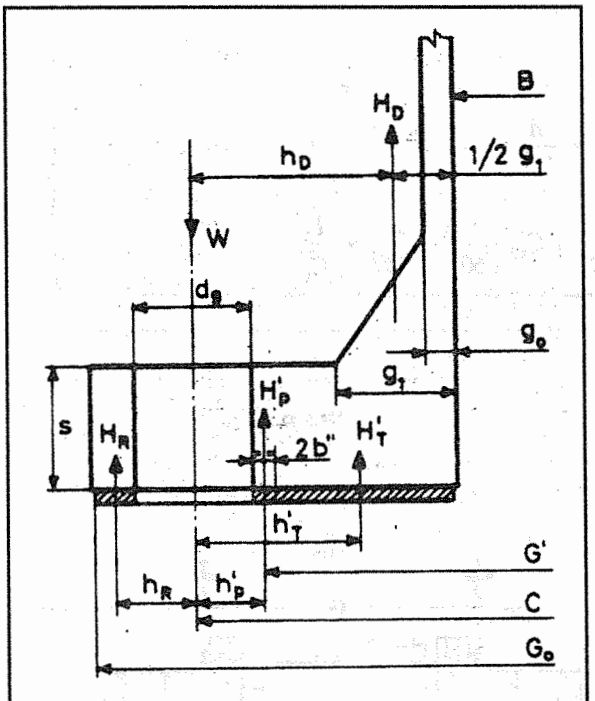


Figura 1.X.4.1.

b'_0 larghezza convenzionale di assetto guarnizione, al serraggio iniziale, considerata simmetricamente disposta rispetto alla circonferenza del centro fori, in mm:

$$b'_0 = G_0 - C$$

b' larghezza utile di assetto guarnizione per il calcolo del carico minimo di serraggio in funzione del fattore y (cfr. tabella 1.U.3.2.), in mm:

$$b' = 4\sqrt{b'_0}$$

$2\,b''$ larghezza effettiva di contatto della guarnizione in presenza della pressione, da assumere sempre pari a 5 mm:

$$2b'' = 5 \text{ mm}$$

d_g diametro dei fori dei bulloni, in mm;

G' diametro della circonferenza passante per il punto di applicazione della reazione H'_p della guarnizione, in mm:

$$G' = C - d_g - 2\,b''$$

G_0 diametro esterno della flangia se la guarnizione si estende fino al bordo esterno di essa, in caso contrario è il diametro esterno della guarnizione, in mm;

H' carico totale dovuto alla pressione nelle condizioni di progetto, in N:

$$H' = \frac{\pi}{4} \cdot (C - d_g)^2 \cdot p$$

H'_i carico totale dovuto alla pressione in condizioni di prova idraulica, in N:

$$H' = \frac{\pi}{4} \cdot (C - d_g)^2 \cdot p_i$$

H'_T carico totale dovuto alla pressione in condizioni di progetto agente sulla faccia della flangia, in N:

$$H'_T = H' - H_D$$

H'_{Ti} carico totale dovuto alla pressione in condizioni di prova idraulica agente sulla faccia della flangia, in N:

$$H'_{Ti} = H'_i - H_{Di}$$

H'_p carico totale di compressione agente [1] sulla guarnizione per assicurare la tenuta, in N:

$$H'_p = \pi \cdot G' \cdot m \cdot p \cdot 2\,b''$$

H'_{pi} carico totale di compressione agente [1] sulla guarnizione per assicurare la tenuta in condizioni di prova idraulica, in N:

$$H'_{pi} = \pi \cdot G' \cdot m \cdot p_i \cdot 2\,b''$$

H_R reazione di equilibrio che agisce oltre il cerchio dei bulloni in opposizione ai momenti dovuti ad H_D, H'_p e H'_T, in N;

H_{Ri} reazione di equilibrio che agisce oltre il cerchio dei bulloni in opposizione ai momenti dovuti ad H_{Di}, H'_{pi} e H'_{Ti} in condizioni di prova idraulica, in N;

h'_T distanza radiale tra la circonferenza passante per l'asse dei bulloni e quella sulla quale agisce il carico H'_T, in mm:

$$h'_T = \frac{C + d_g + 2b'' - B}{4}$$

h'_p distanza radiale tra la circonferenza passante per l'asse dei bulloni e quella sulla quale agisce il carico H'_p, in mm:

$$h'_p = \frac{d_g + 2\,b''}{2}$$

h_R distanza radiale tra la circonferenza passante per l'asse dei bulloni e quella sulla quale agisce il carico H_R, in mm:

$$h_R = \frac{G_0 - (C + d_g)}{4} + \frac{d_g}{2}$$

[1] Per le coppie di flange con interposta piastra tubiera, o per altri casi analoghi nei quali le due flange accoppiate o le relative guarnizioni non sono uguali, occorre calcolare i valori di W_{m1}, W_{m0}, W_{mi}, separamente per ognuna delle due flange con relativa guarnizione; i calcoli di verifica devono essere eseguiti per entrambe le flange, con riferimento ai valori maggiori di W_{m1}, W_{m0}, W_{mi}; in funzione di tali valori andranno poi ricavati i valori di H'_p, H'_{pi} da usare nella verifica.

3. *Carichi e sezioni dei bulloni.*

Nelle diverse condizioni di verifica i carichi [1] che si esercitano sui bulloni sono dati da:

a) condizioni di progetto [2]:

$$W_{m1} = H' + H'_p + H_R$$

$$con: \quad H_R = \frac{H_D \cdot h_D + H'_T \cdot h'_T + H'_p \cdot h'_p}{h_R}$$

b) condizioni di assetto guarnizione:

$$W_{m0} = \pi \cdot C \cdot b' \cdot y = \pi \cdot C \cdot 4\sqrt{b'_0} \cdot y$$

c) condizioni di prova idraulica: [2]

$$W_{mi} = H'_i + H'_{pi} + H_{Ri}$$

$$con: \quad H_{Ri} = \frac{H_{Di} \cdot h_D + H'_{Ti} \cdot h'_T + H'_{pi} \cdot h'_p}{h_R}$$

Le verifiche delle sezioni minime dei bulloni si effettuano come indicato al punto 3 della regola VSG.1.X.3 ponendo al posto di W_{m1}, W_{m0}, W_{mi} i valori risultanti dalle precedenti formule.

4. *Verifica dello spessore della flangia.*

Lo spessore della flangia non deve risultare inferiore al valore dato da:

$$s = \sqrt{\frac{6 \cdot M}{f \cdot (\pi G - n\, d_g)}}$$

ponendo:

– in condizioni di progetto:

$$M = H_R \cdot h_R; \qquad f = f_F$$

– in condizioni di prova idraulica:

$$M = H_{Ri} \cdot h_R; \qquad f = f_{Fi}$$

5. *Passo dei bulloni*

Il passo dei bulloni non deve superare il valore

$$p = 3\, d_b + 2\, s$$

Regola VSG.1.X.5.: *Flange rovesce*

1. *Generalità.*

Le flange aventi la configurazione indicata in figura 1.X.5.1. dovranno essere verificate come flange rovesce in conformità con le regole VSG.1.X.1, VSG.1.X.2. e VSG.1.X.3. fatta eccezione per le modifiche qui di seguito riportare.

L'uso delle seguenti regole si intende obbligatorio per $K \leq 2$. Quando $K > 2$ la verifica va effettuata secondo la Regola VSG.1.L.3.

2. *Definizioni e simboli.*

I simboli e le definizioni usati nella presente regola si riferiscono specificatamente alle flange rovesce. Fatta eccezione per quanto qui di seguito riportato, i simboli usati nelle equazioni della presente regola sono definiti nella regola VSG.1.X.2 (cfr. figura 1.X.5.1.).

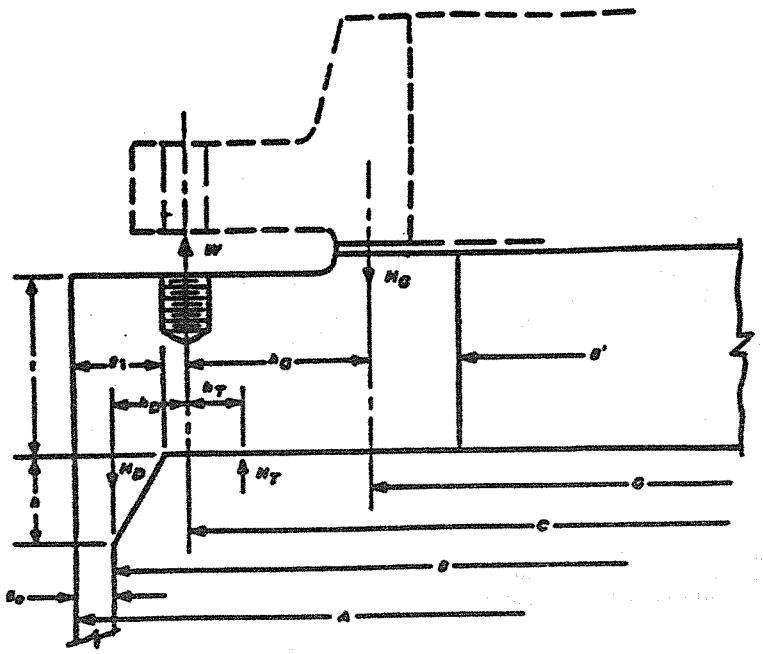


Figura 1.X.5.1. - Flangia rovescia

[1] Per le coppie di flange con interposta piastra tubiera, o per altri casi analoghi nei quali le due flange accoppiate o le relative guarnizioni non sono uguali, occorre calcolare i valori di W_{m1}, W_{m0}, W_{mi}, separamente per ognuna delle due flange con relativa guarnizione; i calcoli di verifica devono essere eseguiti per entrambe le flange, con riferimento ai valori maggiori di W_{m1}, W_{m0}, W_{mi}; in funzione di tali valori andranno poi ricavati i valori di H'_p, H'_{pi} da usare nella verifica.

[2] Nel caso di flange con interposta una piastra tubiera, i valori di H_R e H_{Ri} andranno calcolati sulla base degli effettivi valori dei carichi di compressione sulla guarnizione.

B diametro interno del fasciame cilindrico, in mm;

B' diametro interno della flangia rovescia, in mm;

d_r fattore pari a: $\dfrac{U_r\, h_{0r}\, g_0^2}{V}$

e_r fattore pari a: $\dfrac{F}{h_{0r}}$

F fattore per flange rovesce ricavato dalla figura 1.X.3.4. oppure dalle formule in tabella 1.X.3.5. ponendo h_{0r} al posto di h_0;

F_c fattore di correzione della sollecitazione nel codolo per flange rovesce ricavato dalla figura 1.X.3.8. oppure dalle formule in tabella 1.X.3.5. ponendo h_{0r} al posto di h_0;

H, H_i forza totale dovuta alla spinta della pressione rispettivamente in condizioni di progetto e prova idraulica, N;

H_D, H_{Di} forza dovuta alla spinta della pressione sulla sezione di diametro B, in N;

H_T, H_{Ti} forza dovuta alla spinta della pressione sulla superficie anulare compresa tra la guarnizione ed il diametro interno della flangia, in N;

h_D distanza radiale tra la circonferenza passante per l'asse dei bulloni e la circonferenza su cui agisce H_D, in mm:

$$h_D = \frac{C + g_1 - 2g_0 - B}{2}$$

h_{0r} pari a $\sqrt{A \cdot g_0}$, in mm;

h_T distanza radiale tra la circonferenza passante per l'asse dei bulloni e la circonferenza su cui agisce H_T, in mm:

$$h_T = \frac{1}{2}\left(C - \frac{B + G}{2}\right)$$

K pari a: $\dfrac{A}{B'}$

L_r pari a: $\dfrac{s\, e_r + 1}{T_r} + \dfrac{s^3}{d_r}$

T_r pari a: $\dfrac{Z + 0,3}{Z - 0,3}\, \alpha_r\, T$

U_r pari a: $\alpha_r\, U$

V coefficiente da impiegare nella verifica delle flange rovesce ricavato dalla figura 1.X.3.5. oppure dalle formule in tabella 1.X.3.5. ponendo h_{0r} al posto di h_0;

Y_r pari a: $\alpha_r\, Y$

α_r pari a: $\dfrac{1 + 0,668\, \dfrac{K + 1}{Y}}{K^2}$

3. *Momenti sulla flangia.*

I momenti sulla flangia, nelle diverse condizioni di verifica, sono dati dalle formule di cui alla regola VSG.1.X.3.5. con h_T e h_D ridefiniti nella presente regola.

4. *Sollecitazioni sulla flangia rovescia.*

Posto:

$M_0 = M_{0p}$ per la verifica nelle condizioni di progetto [1]

$M_0 = M_{0w}$ per la verifica nelle condizioni di assetto guarnizione [1]

$M_0 = M_{0i}$ per la verifica nelle condizioni di prova idraulica [1]

ed

$$M = M_0/B'$$

le sollecitazioni agenti sulla flangia devono essere calcolate di volta in volta nelle verifiche nelle tre condizioni di progetto, di assetto guarnizione e di prova idraulica, con le formule che seguono:

– sollecitazione longitudinale sul codolo:

$$\sigma_H = \frac{F_c\, M}{L_r\, g_1^2}$$

– sollecitazione radiale all'esterno dell'anello:

$$\sigma_R = \frac{(1,33 \cdot s \cdot e_r + 1)\, M}{L_r \cdot s^2}$$

– sollecitazione tangenziale all'esterno dell'anello:

$$\sigma_{T_1} = \frac{Y_r\, M}{s^2} - \frac{Z \cdot \sigma_R \cdot (0,67 \cdot s \cdot e_r + 1)}{1,33 \cdot s \cdot e_r + 1}$$

– sollecitazione tangenziale all'interno dell'anello:

$$\sigma_{T_2} = \frac{M}{s^2} \cdot \left[Y - \frac{2\, K^2 \left(1 + \frac{2}{3} \cdot s \cdot e_r\right)}{(K^2 - 1) \cdot L_r} \right]$$

Regola VSG.1.X.6.: *Metodi particolari di calcolo dei collegamenti flangiati*

1. Nei casi in cui i carichi sulla guarnizione non siano determinabili a mezzo della tabella 1.X.3.2. o della tabella del fabbricante, o qualora il progettista lo ritenga necessario, è ammessa la presentazione di una dettagliata analisi di calcolo che, partendo dalla considerazione della deformazione delle flange e dei relativi tiranti nonché del comportamento elasto-plastico della guanizione, permetta la determinazione dei carichi effettivamente agenti sui tiranti stessi durante le tre fasi di serraggio, esercizio e prova idraulica. Tali carichi devono comunque essere applicati con idonee apparecchiature di serraggio che ne consentano il controllo.

I carichi da considerare per le condizioni di progetto e di prova idraulica non devono essere comunque inferiori ai seguenti valori:

1.1. $$W_{m1} = 1,1\, \frac{p}{4}\, \pi\, G^2$$

1.2. $$W_{mi} = 1,1\, \frac{p_i}{4}\, \pi\, G^2$$

[1] Se M_0 risulta negativo, deve essere assunto in valore assoluto.

ELENCO DELLE REGOLE CONTENUTE NEL CAPITOLO VSG.1.Z.

Regola VSG.1.Z.1.: *Generalità*

1. Il presente capitolo si applica nei casi di accoppiamento di parti di forma circolare, quadrata, rettangolare ed ellittica realizzato con l'impiego di bulloni, tiranti o viti uguali ed equidistanti fra loro.

1.1. I bulloni, tiranti e viti di accoppiamenti flangiati circolari di cui al Capitolo VSG.1.X. vanno verificati secondo quanto previsto in tale capitolo.

2. Non è ammesso l'impiego di bulloni, tiranti o viti di diametro esterno inferiore a 8 mm.

3. I bulloni, tiranti o viti devono avere un raccordo graduale fra la parte filettata e quella non filettata quando quest'ultima sia di diametro inferiore al diametro della prima.

Regola VSG.1.Z.2.: *Verifica alla trazione*

1. I bulloni, tiranti e viti vanno verificati alla trazione nelle seguenti tre condizioni:

a) progetto;
b) prova idraulica;
c) serraggio a freddo della guarnizione.

2. I carichi F_m, F_{mi}, in N, sopportati da ciascun bullone, tirante e vite rispettivamente nelle condizioni di progetto e di prova idraulica si determinano con le formule seguenti:

2.1. $$F_m = p\left[\frac{A}{n} + \frac{2Lbm}{N}\right]$$

2.2. $$F_{mi} = p_i\left[\frac{A}{n} + \frac{2Lbm}{N}\right]$$

in cui:

p, p_i pressione, in MPa, rispettivamente alle condizioni di progetto e di prova idraulica;

A area, in mm^2, compresa nel perimetro passante per la mezzeria della guarnizione;

b larghezza utile di assetto della guarnizione, in mm, da assumere come segue:

$$b = b_0 \qquad \text{se } b_0 \leq 6,25 \text{ mm;}$$

$$b = 2,5\sqrt{b_0} \qquad \text{se } b_0 > 6,25 \text{ mm;}$$

b_0 valore convenzionale della larghezza di assetto della guarnizione, in mm, da calcolare come indicato nella tabella 1.X.3.3. del Capitolo VSG.1.X.;

L lunghezza, in mm, del perimetro passante per la mezzeria della guarnizione;

m coefficiente relativo al materiale e tipo della guarnizione da assumere come indicato nella tabella 1.X.3.2. del Capitolo VSG.1.X.;

N numero totale dei bulloni, tiranti e viti;

n numero che dipende dalla forma delle parti accoppiate e si assume come segue:

a) per parti di forma circolare, $n = N$;
b) per parti di forma quadrata, $n = 1/2\ N$;
c) per parti di forma rettangolare, n è il numero di bulloni, tiranti e viti disposti sui lati maggiori;
d) per parti di forma ellittica, $n = 2\pi r/e$ essendo e il passo, in mm, ed r la distanza, in mm, fra il bullone, tirante e vite più vicino al centro dell'ellisse ed il centro stesso.

3. Il carico F_{m0}, in N, sopportato da ciascun bullone, tirante e vite nelle condizioni di serraggio a freddo della guarnizione si determina con la seguente formula:

3.1. $$F_{m0} = \frac{bLy}{N}$$

in cui b, L, N sono definiti come alla regola precedente, mentre y è il carico specifico di assetto della guarnizione, in MPa, da assumere come indicato nella tabella 1.X.3.2. del Capitolo VSG.1.X.

4. L'area a_b, in mm^2, della sezione di ciascun bullone, tirante o vite, si determina con la formula:

4.1. $$a_b = \frac{\pi}{4}\,d^2$$

essendo d, in mm, il minor valore tra il diametro del nocciolo e quello della parte non filettata. L'area $a_b$non deve essere inferiore al maggiore dei valori seguenti:

4.2. $$a_{m1} = \frac{F_m}{f_B}$$

4.3. $$a_{m0} = \frac{F_{m0}}{f_{B0}}$$

4.4. $$a_{mi} = \frac{F_{mi}}{f_{Bi}}$$

I valori di f_B, f_{B0}, f_{Bi}, in MPa, vanno calcolati come previsto dalla regola VSG.1.B.5. del Capitolo VSG.1.B.

Per la verifica della stabilità delle membrature in ghisa dei generatori di vapore si fa riferimento, per quanto applicabili, alle regole riportate nel fascicolo VSG.1. ad eccezione delle regole VSG.1.A.1, VSG.1.B.1, VSG.1.B.2, VSG.1.C.1, che sono sostituite rispettivamente con le seguenti.

VSG.2.A.1. - *Campo di applicazione*
VSG.2.B.1. - *Sollecitazione massima ammissibile nella verifica alle condizioni di progetto*
VSG.2.B.2. - *Sollecitazione massima ammissibile nella verifica alle condizioni di prova idraulica*
VSG.2.C.1. - *Valore minimo ammesso dello spessore*

Regola VSG.2.A.1.: *Campo di applicazione*

1. Le norme del presente fascicolo si applicano ai generatori di vapore d'acqua, riscaldati con calore proveniente da combustione di combustibili solidi liquidi o gassosi o con gas caldi con pressione non superiore a 0,49 bar, aventi membrature o elementi da realizzare in ghisa.

I tipi di ghisa ammessi ed i limiti di pressione e temperature massime di impiego sono indicati nella Raccolta M.

2. Le membrature o gli elementi per i quali non siano previste specifiche disposizioni per la verifica della stabilità, devono essere oggetto da parte del costruttore, di presentazione di adeguata e dettagliata analisi di calcolo oppure devono essere sottoposti a prove sperimentali atte a determinarne l'effettivo stato tensionale od a prove di pressione su campione intese a verificarne il coefficiente di sicurezza globale.

Regola VSG.2.B.1.: *Sollecitazione massima ammissibile nella verifica alle condizioni di progetto*

1. La sollecitazione massima ammissibile alle condizioni di progetto f, in MPa, della ghisa grigia a grafite lamellare è data da:

$$f = \frac{R_m}{8}$$

Qualora i getti di ghisa siano sottoposti a trattamento termico (ricottura di distensione), f è data da:

$$f = \frac{R_m}{6,5}$$

2. La sollecitazione massima ammissibile alle condizioni di progetto f, in MPa, della ghisa a grafite sferoidale è data da:

– per la ghisa del tipo GS 370 o equivalente:

$$f = \frac{R_{p(0,2)}}{4}$$

– per la ghisa del tipo GS 400 o equivalente:

$$f = \frac{R_{p(0,2)}}{4,5}$$

– per la ghisa del tipo GS 500 o equivalente:

$$f = \frac{R_{p(0,2)}}{5}$$

– per la ghisa del tipo GS 600 o equivalente:

$$f = \frac{R_{p(0,2)}}{5,5}$$

Qualora i getti di ghisa siano sottoposti a trattamento termico (ricottura di distensione), f è data da:

– per la ghisa del tipo GS 370 o equivalente:

$$f = \frac{R_{p(0,2)}}{3}$$

– per la ghisa dd tipo GS 400 o equivalente:

$$f = \frac{R_{p(0,2)}}{3,5}$$

– per la ghisa del tipo GS 500 o equivalente:

$$f = \frac{R_{p(0,2)}}{4}$$

– per la ghisa del tipo GS 600 e GS 700 o equivalente:

$$f = \frac{R_{p(0,2)}}{4,5}$$

Regola VSG.2.B.2.: *Sollecitazione massima ammissibile nella verifica alle condizioni di prova idraulica*

1. La sollecitazione massima ammissibile alle condizioni di prova idraulica f_i, in MPa, della ghisa grigia a grafite lamellare è data da:

$$f_i = \frac{R_m}{3,5}$$

2. La sollecitazione massima ammissibile alle condizioni di prova idraulica f_i, in MPa, della ghisa a grafite sferoidale è data da:

– per la ghisa del tipo GS 370 o equivalente:

$$f_i = \frac{R_{p(0,2)}}{1,5}$$

– per la ghisa del tipo GS 400 o equivalente:

$$f_i = \frac{R_{p(0,2)}}{1,7}$$

– per la ghisa del tipo GS 500 o equivalente:

$$f_i = \frac{R_{p(0,2)}}{2}$$

– ghisa del tipo GS 600 e GS 700 o equivalente:

$$f_i = \frac{R_{p(0,2)}}{2,5}$$

Regola VSG.2.C.1.: *Valore minimo ammesso dello spessore*

1. Lo spessore minimo delle pareti di elementi di membrature in ghisa è di 6 mm.

ELENCO DELLE REGOLE CONTENUTE NEL CAPITOLO VSG.3.A.

Regola VSG.3.A.1.: *Generalità*

1. Il presente capitolo fissa i criteri di valutazione dei risultati della prova a pressione spinta fino a rottura condotta, ai sensi del D.M. 21 novembre 1972 art. 7, al fine di verificare il coefficiente di sicurezza globale di apparecchi o loro parti.

L'esecuzione della prova a pressione spinta fino a rottura è ammessa peraltro solo nei casi in cui le sollecitazioni determinanti siano dovute alla pressione.

2. La prova a pressione spinta fino a rottura è ammessa solamente per quelle membrature o soluzioni costruttive per le quali non sono previste o alle quali non sono applicabili le disposizioni per la verifica di stabilità contenute nella presente Raccolta.

3. La membratura da assoggettare alla prova di cui al presente capitolo non deve essere stata sottoposta in precedenza ad una pressione di prova idraulica maggiore di quella regolamentare.

4. Per le membrature di cui al punto 2., si procede con una prova su un campione spinta fino alla pressione che determina la rottura o manifestazioni di cedimento o instabilità.

È considerata equivalente alla prova spinta fino a rottura la prova che, su richiesta del costruttore venga limitata alla pressione p_r per la quale è soddisfatta la condizione di cui al successivo punto 1. della regola VSG.3.A.2. purché fino a tale valore di pressione non si verifichino gli effetti di cui sopra.

Dopo la prova il campione o parti di esso non possono essere utilizzati per la costruzione di membrature soggette al controllo ISPESL a meno che non sia dimostrato mediante prove estensimetriche che il campione non ha subito deformazioni permanenti.

5. Il campione sul quale viene eseguita la prova deve essere conforme al progetto dell'apparecchio di cui si chiede l'approvazione.

Per più progetti di apparecchi o parti di essi che differiscono per particolari irrilevanti ai fini della prova, oppure di apparecchi o parti di essi per i quali il costruttore dimostri, attraverso cautelative assunzioni e criteri di similitudine, che i risultati delle prove sono a priori correlabili, la prova su un solo campione può essere ritenuta rappresentativa di più progetti nei limiti di cui sopra.

Regola VSG.3.A.2.: *Pressione di rottura*

1. La pressione minima p_r in MPa, da raggiungere nella prova è quella che soddisfa la seguente condizione:

$$1.1. \qquad p_r \geq \frac{R}{f} \frac{s_2}{s_1} \frac{K}{z} p$$

Nel caso in cui il rapporto R/f risulti inferiore a 5 nella formula deve introdursi per R/f il valore 5.

I simboli che compaiono nelle formule 1.1., in aggiunta a quelli definiti in VSR.0.6., indicano:

R carico unitario di rottura del materiale, in MPa, determinato con i criteri di cui al successivo punto 2.;

s_2 spessore nominale del campione incrementato della tolleranza positiva, o spessore effettivo rilevato sperimentalmente nel campione, in mm;

s_1 spessore risultante dal disegno di progetto, diminuito della tolleranza di fabbricazione e degli eventuali sovraspessori imposti da esigenze di impiego e di lavorazione, in mm;

K fattore di qualità pari a:
1,2 per materiali in getti
1 per altri materiali;

z modulo di efficienza dei giunti saldati che interessano la membratura sottoposta a prova.

2. Il carico di rottura R da introdurre nella formula 1.1. deve essere desunto con uno dei seguenti criteri:

a) valore ricavato da determinazione diretta, con prova di trazione a temperatura ambiente eseguita alla presenza di tecnici dell'ISPESL, su provetta prelevata da appendice del campione da sottoporre a prova oppure da materiale proveniente dallo stesso semilavorato del campione che abbia subito lo stesso ciclo di fabbricazione e trattamento termico; non è ammesso eseguire la prova di trazione su provetta prelevata dal campione già sottoposto alla prova di pressione;

b) valore ricavato dalla specifica di appartenenza del materiale come appresso:

– valore massimo tabellare del carico di rottura a temperatura ambiente, qualora la specifica riporti sia il valore inferiore sia quello superiore di detto carico di rottura;

– valore pari a 1,3 volte il valore minimo tabellare del carico di rottura a temperatura ambiente, qualora la specifica riporti soltanto il valore inferiore di detto carico di rottura.

3. Nel caso in cui la membratura sia costituita da materiali di diverso tipo, deve essere assunto per p_r il maggiore tra i valori risultanti dall'applicazione della formula 1.1. a ciascun tipo di materiale.

Regola VSG.3.A.3.: *Modalità di esecuzione della prova*

1. La prova consiste nel sottoporre la membratura a pressione di liquido; l'incremento di pressione deve essere graduale e l'attrezzatura deve consentire sicure rilevazioni delle pressioni.

2. Durante l'esecuzione della prova vanno adottate tutte le cautele atte ad assicurare l'incolumità del personale.

Regola VSG.3.A.4.: *Riprove*

In caso di risultato non soddisfacente in quanto chiaramente attribuibile ad errori od irregolarità nella prova, è ammessa la ripetizione della prova stessa su altro identico campione.

ELENCO DELLE REGOLE CONTENUTE NEL CAPITOLO VSG.3.B

Regola VSG.3.B.1.: *Generalità*

1. Le presenti disposizioni stabiliscono i criteri per la predisposizione, esecuzione, elaborazione e valutazione dei risultati delle prove estensimetriche da eseguire, nei casi previsti dall'art. 7 del D.M. 21 novembre 1972 e successive modifiche, su particolari membrature di apparecchi a pressione.

2. Scopo delle prove è la determinazione dello stato tensionale in zone critiche di una membratura o sull'intera membratura.

3. Il numero, la disposizione e l'orientamento degli estensimetri devono essere stabiliti dal progettista dell'apparecchio sulla base delle indicazioni ricavabili da una preliminare analisi teorica delle sollecitazioni oppure - in assenza di tali analisi - da prove con vernici fragili. L'ISPESL valuta i criteri di scelta adottati.

4. L'esecuzione di prove su modelli in scala è ammessa purché sia dimostrata dal progettista la validità della similitudine.

5. Per l'esecuzione delle prove estensimetriche devono essere presentate:

– una copia del disegno dell'apparecchio e del dettaglio della membratura da sottoporre alle prove con l'indicazione dei punti di misura sulla superficie esterna ed eventualmente su quella interna, opportunamente numerati e con relative quote di riferimento, tipo di estensimetri proposto e loro orientamento, sequenza dei valori della pressione, e/o di eventuali altri carichi, per i quali debbono effettuarsi i rilievi;

– la relazione esplicativa della metodologia di calcolo seguita con i relativi risultati, considerazioni sul presumibile comportamento statico e conseguente scelta dei punti di misura oppure - in assenza di calcolo - indicazione delle zone e modalità di applicazione delle vernici fragili. Devono comunque essere indicati per il materiale costituente le membrature, oggetto delle prove, il modulo di Young e il coefficiente di Poisson.

Regola VSG.3.B.2.: *Approntamento dell'apparecchiatura di prova*

1. L'apparecchio o membratura deve essere sottoposto a prove in ambienti non polverosi e con umidità relativa del 40÷70%, al riparo dalle intemperie, da sorgenti di calore o da irraggiamento solare.

2. Preliminarmente devono effettuarsi le prove necessarie per accertare il regolare funzionamento della attrezzatura di prova.

3. La preparazione delle superfici nelle zone di applicazione degli estensimetri deve essere effettuata secondo le buone regole suggerite dall'esperienza in relazione anche al tipo di supporto e di collante da impiegare.

Il tempo intercorrente fra l'applicazione delle rosette e l'inizio della prova deve essere non minore di quello indicato caso per caso dal produttore del collante.

4. Per le rosette estensimetriche devono essere noti il tipo, la disposizione e resistenza degli estensimetri, il fattore di taratura ed eventuali altre caratteristiche essenziali in relazione alle modalità e finalità delle prove; anche per gli altri elementi di completamento dell'apparecchiatura devono essere note le caratteristiche ed i dati necessari.

Regola VSG.3.B.3.: *Modalità di esecuzione della prova*

1. Dopo l'applicazione degli estensimetri, l'apparecchio deve essere sottoposto a un ciclo di pressurizzazione con fluidi idonei rilevando i valori delle deformazioni che si verificano in corrispondenza della pressione di progetto (ed eventualmente di prova idraulica) e di una serie di valori intermedi di pressione (almeno uno), in fase di carico e di scarico.

I valori delle deformazioni residue, ottenuti riportando la pressione a zero, devono essere non superiori a 50 microdeformazioni (milionesimi di millimetro per millimetro).

Se tale limite è superato in qualche punto di misura si possono eseguire ulteriori cicli di pressurizzazione al fine di ottenere, nel ciclo in esame, deformazioni residue inferiori al limite predetto in tutti i punti di misura. Le deformazioni ottenute nell'ultimo ciclo

vengono utilizzate per il calcolo in campo elastico delle relative sollecitazioni da eseguire secondo la scienza delle costruzioni.

2. Ai fini anche di una eventuale applicazione di coefficienti correttivi, devono essere valutati gli effetti dovuti all'azione della pressione sugli estensimetri interni, le variazioni di temperatura della membratura, l'umidità, la resistenza dei contatti dell'eventuale commutatore, le imperfezioni del ponte di misura e la sua instabilità per variazioni di tensione, le variazioni di temperatura dei cavi, l'influenza della loro lunghezza ed altri particolari aventi rilevanza sulla regolarità ed esattezza delle misure.

Regola VSG.3.B.4.: *Certificazioni*

1. I risultati delle prove estensimetriche debbono essere contenuti in una relazione con i seguenti elementi:

– oggetto delle prove e posizionamento degli estensimetri;

– condizioni generali di prova e descrizione degli elementi essenziali delle apparecchiature utilizzate;

– caratteristiche degli estensimetri, sistemi di trasmissione e registrazione dei dati.

2. Le deformazioni nelle diverse condizioni e posizioni debbono essere espresse preferibilmente in microdeformazioni e devono essere accompagnate dai coefficienti di taratura, correzione o altri dati necessari per i calcoli.

3. Per i risultati (angolo fra la direzione iniziale di riferimento e quella principale corrispondente, deformazioni e sollecitazioni principali, sollecitazioni ideali) devono indicarsi le rispettive unità di misura e le formule adottate per i calcoli.

Regola VSG.3.B.5.: *Interpretazione e valutazione dei risultati*

1. Se per la membratura sottoposta a prove non è stata indicata dal progettista una giustificata attribuzione delle sollecitazioni alle diverse categorie, in nessun punto la sollecitazione ideale alla pressione di progetto può essere superiore a quella ammissibile stabilita dalle disposizioni alla temperatura di progetto, per le sollecitazioni primarie generali di membrana.

2. Nei casi in cui è stato analizzato teoricamente, con metodi appropriati, il comportamento statico della membratura e quindi sono state suddivise nelle diverse categorie previste le sollecitazioni nei vari punti, e calcolate le sollecitazioni ideali per i carichi presenti durante la prova, se l'andamento delle sollecitazioni è qualitativamente concordante con quello delle sollecitazioni risultanti dalle prove estensimetriche, possono accettarsi sollecitazioni fino ai valori massimi previsti per le diverse categorie.

Tali valori possono essere ammessi anche nel caso in cui essendo stata fornita una giustificata attribuzione delle sollecitazioni alle diverse categorie venga effettuata una preliminare indagine con l'applicazione di vernici fragili onde individuare i punti di maggiore sollecitazione.

3. La correlazione tra i risultati teorici e quelli sperimentali deve essere verificata a cura e responsabilità del progettista che provvederà ad istituire, per ogni categoria di sollecitazioni, un confronto, quando è possibile, fra i valori teorici e quelli desunti in base ai risultati delle prove oppure a mettere in evidenza la misura in cui le diverse categorie di sollecitazioni concorrono a determinare il valore delle sollecitazioni misurate sperimentalmente.

4. Le eventuali discordanze tra risultati di calcolo e sperimentali verranno valutate tenendo conto dell'affidabilità dei calcoli, degli errori di misura e di altre condizioni da considerare caso per caso quali eventuali differenze, accertate, fra le caratteristiche della membratura di prova e quelle considerate nei calcoli dovute a tolleranze o particolari di esecuzione.

5. Le valutazioni di cui ai punti precedenti possono essere limitate ai soli punti critici nei quali sono massime le sollecitazioni ideali complessive e quelle delle diverse categorie sempreché l'individuazione dei suddetti punti sia possibile e certa.

6. L'ISPESL valuta le considerazioni e conclusioni alle quali è pervenuto il progettista e si esprime in ordine all'accettazione della membratura, motivandone l'eventuale giudizio negativo in caso di mancata accettazione.

7. Se l'andamento delle sollecitazioni risultanti dalle prove estensimetriche non è qualitativamente concordante con quello delle sollecitazioni risultanti dall'analisi di calcolo, la sollecitazione ideale deve risultare in tutti i punti non superiore a quella ammissibile stabilita dalle norme per le sollecitazioni primarie generali di membrana.

ELENCO DELLE REGOLE CONTENUTE NEL CAPITOLO VSG.4.

Regola VSG.4.A.1.: *Generalità*

1. Il presente capitolo definisce i criteri generali per la valutazione delle sollecitazioni, di cui indica i limiti ammissibili, per membrature in acciaio al carbonio legati e non legati, in acciaio al Cr-Ni o con altri materiali a questi assimilabili per comportamento elasto-plastico.

Questi criteri sono da impiegare nella valutazione di sollecitazioni ricavate dallo studio per via analitica e/o sperimentale, dello stato di tensione di apparecchiature o membrature non previste nella presente Raccolta ed hanno lo scopo di assicurare, per quegli elementi, basi di verifica coerenti con quelle sulle quali si fondano le regole contenute nella Raccolta stessa.

L'uso dei metodi contenuti in questo capitolo è accettabile per la risoluzione di problemi per i quali essi risultano chiaramente applicabili; in alternativa possono (e se del caso devono) essere applicate tecniche analitiche o principi diversi purché più cautelativi.

2. Esulano dalle considerazioni contenute in questo capitolo le membrature o le configurazioni sottoposte a sollecitazioni di compressione per le quali sono da prevedere fenomeni di instabilità elastica che dovranno essere studiati a parte.

3. I criteri riportati in questo capitolo valgono per temperature per le quali non sono presenti fenomeni di scorrimento viscoso e per le quali pertanto la sollecitazione di riferimento f è determinata da una delle due caratteristiche meccaniche di snervamento (R_s, $R_{p(0,2)}$, $R_{p(0,2)/t}$) e di rottura a temperatura ambiente (R_m) indicate nel capitolo VSG.1.B.

4. I metodi di analisi indicati in questo capitolo sono applicabili integralmente quando non sono richieste verifiche a fatica; quando invece tale verifica è richiesta occorre effettuare le necessarie integrazioni.

5. Le considerazioni contenute in questo capitolo si basano sull'analisi elastica delle tensioni.

6. La teoria di resistenza a cui si fa riferimento in questo capitolo è quella che individua nella massima sollecitazione di taglio la grandezza indice di pericolo (Teoria di Guest-Tresca).

Pertanto la sollecitazione ideale equivalente in ogni punto è data dalla differenza tra il più grande ed il più piccolo valore algebrico delle tre sollecitazioni principali σ_1, σ_2, σ_3.

Regola VSG.4.A.2.: *Classificazione delle sollecitazioni*

1. *Premesse.*

In un recipiente a pressione, le sollecitazioni agenti su un elemento o membratura possono essere raggruppate in categorie in relazione al diverso livello di pericolosità rispetto al collasso.

È possibile quindi fissare per le diverse categorie limiti ammissibili diversi.

Per carico di collasso si intende quel carico o quella combinazione di carichi per cui la deformazione di una struttura di materiale elastico perfettamente plastico aumenta senza limiti.

Le sollecitazioni vengono suddivise nelle seguenti tre categorie:

– sollecitazioni primarie;

– sollecitazioni secondarie;

– sollecitazioni di picco.

2. *Sollecitazioni primarie.*

Sono le sollecitazioni prodotte da carichi esterni e corrispondono alle forze ed ai momenti interni generati da quei carichi.

Poiché dipendono dai carichi esterni, e quindi il loro valore è imposto dalla legge dell'equilibrio tra forze e momenti interni e carichi esterni, queste sollecitazioni non sono influenzate da eventuali deformazioni plastiche; se cioè la membratura ha dei cedimenti la sollecitazione non diminuisce. Pertanto,

in una struttura in materiale elastoplastico, se le sollecitazioni primarie superano il limite di snervamento le conseguenti deformazioni proseguono fino al collasso o alla rottura.

Questo si sintetizza dicendo che le sollecitazioni primarie non sono autolimitanti.

Le sollecitazioni primarie sono inoltre raggruppate nelle seguenti tre sottocategorie:

a) sollecitazioni primarie generali di membrana;

b) sollecitazioni primarie locali di membrana;

c) sollecitazioni primarie di flessione.

2.1. Sollecitazioni primarie generali di membrana (f_m).

Sono primarie, e quindi derivanti da carichi esterni, che producono un effetto generalizzato (non solo attraverso lo spessore ma anche in zone molto vaste, come ad esempio per la pressione) ed hanno caratteristiche di sollecitazioni membranali cioè sono sollecitazioni «normali» alla sezione considerata uniformemente distribuite attraverso lo spessore. Interessando tutta la sezione, se viene raggiunto il limite di snervamento, con un ulteriore incremento del carico si ha il collasso della membratura.

Il loro valore si ottiene come media delle sollecitazioni primarie attraverso lo spessore della sezione considerata.

2.2. Sollecitazioni primarie locali di membrana (f_l).

In alcuni casi una sollecitazione di membrana prodotta da pressione o da altri carichi meccanici ed associata con effetti primari e/o di una discontinuità può produrre una eccessiva deformazione nel trasferimento delle sollecitazioni ad altre parti della membratura.

In tal caso la sollecitazione derivante è cautelativamente classificata come una sollecitazione locale primaria di membrana sebbene abbia alcune caratteristiche di una sollecitazione secondaria. Una sollecitazione può essere considerata localizzata se la zona nella quale la sollecitazione ideale supera $1{,}1\, f_m$ non si estende per più di $0{,}5\ \sqrt{R \cdot s}$ e se la zona interessata non è più vicina di $2{,}5\ \sqrt{R \cdot s}$ ad un'altra zona in cui sono superati i limiti della sollecitazione generale primaria di membrana (R è il raggio medio del recipiente ed s è lo spessore di parete nel punto in cui viene superato il limite f_m della sollecitazione generale primaria di membrana).

Un esempio di sollecitazione locale primaria di membrana è la sollecitazione di membrana prodotta in una membratura da forze e momenti esterni per effetto di un supporto permanente o dell'attacco di un bocchello.

2.3. Sollecitazioni primarie di flessione (f_b).

Sono date dalla componente variabile linearmente o linearizzata di una sollecitazione primaria. Essa è massima sulle superfici esterne ed interne di una membratura e nulla al centro della sezione per cui, raggiunto il limite elastico nei punti più lontani dell'asse neutro non si ha il collasso per giungere al quale i carichi debbono aumentare fino a determinare la plasticizzazione totale della sezione.

Esempio di sollecitazione primaria di flessione è la sollecitazione di flessione al centro di un fondo piano sottoposto a pressione.

3. *Sollecitazioni secondarie (g).*

Sono le sollecitazioni che insorgono per l'esistenza di un vincolo tra la membratura in esame e altre membrature ad essa collegate e derivano dalla imposizione della congruenza delle deformazioni delle membrature vincolate.

Piccole deformazioni plastiche locali possono far variare le condizioni e le reazioni dei vincoli, e quindi il regime statico della struttura la cui geometria si adegua alla causa che ha provocato le reazioni stesse.

Questo comportamento si sintetizza affermando che le sollecitazioni di questo tipo sono autolimitanti.

È evidente che queste sollecitazioni, ai fini del collasso della membratura, sono assai meno pericolose delle sollecitazioni primarie in quanto non sono in grado di provocare il collasso della struttura in assenza di fenomeni di fatica.

Esempi di sollecitazioni secondarie sono la sollecitazione termica generale e la sollecitazione di flessione in corrispondenza di una discontinuità (vincolo) strutturale.

4. *Sollecitazioni di picco (p).*

Sono le sollecitazioni o concentrazioni di sollecitazioni dovute soltanto a singolarità di forma (ad esempio raggi di raccordo tra bocchelli e fasciami, piccoli fori, ecc.) oppure a differenza di temperatura o di coefficienti di dilatazione tali da non provocare deformazioni apprezzabili.

Queste sollecitazioni sono comunque da prendere in considerazione solo nel caso di membrature soggette a fatica (v. punto 4. della Regola VSG.4.A.1.). Esempi di sollecitazioni di picco sono la sollecitazione termica nella placcatura di acciaio austenitico di un recipiente in acciaio al carbonio e la sollecitazione termica nella parete di un recipiente o tubazione provocata da un repentino cambiamento di temperatura del fluido contenuto.

5. *Sollecitazione termica.*

È una sollecitazione autoequilibrata prodotta da una distribuzione di temperatura non uniforme o da coefficienti termici di dilatazione differenti; essa si determina in una membratura quando questa è vincolata e non può assumere la forma e le dimensioni che normalmente avrebbe a causa del cambiamento di temperatura o quando la distribuzione di temperatura determina una condizione di non congruenza delle deformazioni delle varie fibre della membratura.

Allo scopo di stabilire le sollecitazioni ammissibili è opportuno considerare due tipi di sollecitazione termica che dipendono dal volume n dall'area in cui avviene la deformazione.

5.1. La sollecitazione termica generale è associata alla deformazione della struttura in cui avviene; perciò questa sollecitazione è classificata come secondaria perché se una sollecitazione di questo tipo, trascurando la concentrazione di sollecitazione, supera il doppio della sollecitazione di snervamento del materiale, l'analisi elastica può non essere valida e cicli successivi possono produrre un aumento della deformazione.

Esempi di sollecitazione termica generale sono:

– la sollecitazione prodotta da una distribuzione di temperatura assiale in un fasciame cilindrico;

– la sollecitazione prodotta dalla differenza di temperatura tra un bocchello ed il fasciame al quale è fissato;

– la sollecitazione lineare equivalente prodotta dalla distribuzione di temperatura radiale in un fasciame cilindrico.

5.2. La sollecitazione termica locale è associata con la quasi completa soppressione della dilatazione differenziale per cui non produce alcuna importante deformazione; queste sollecitazioni debbono essere considerate solo dal punto di vista della fatica e sono quindi classificate come sollecitazioni di picco (*p*).

Esempi di sollecitazioni termiche locali sono:

– la sollecitazione in una piccola zona ad alta temperatura nella parete di un recipiente;

– la differenza tra la sollecitazione effettiva e la sollecitazione lineare equivalente[1] derivante da una distribuzione di temperatura radiale in un fasciame cilindrico;

– la sollecitazione termica nel materiale di una placcatura avente il coefficiente di dilatazione diverso da quello del metallo di base.

6. Esempi di categorizzazione di sollecitazioni in funzione della loro origine sono riportati nella tabella 1.

Regola VSG.4.A.3.: *Calcolo delle sollecitazioni ideali di confronto*

1. L'analisi del comportamento statico di una membratura ha lo scopo di determinare, per ogni categoria definita alla Regola precedente, le sollecitazioni ideali relative alla membratura stessa.

1.1. Qualora non sia possibile stabilire a priori e con certezza i punti maggiormente sollecitati, l'indagine dovrà essere sufficientemente estesa onde stabilire il carattere delle variazioni ed individuare conseguentemente i punti di massima sollecitazione per ogni categoria considerata in relazione ai carichi esterni ed alle azioni derivanti da vincoli con le membrature adiacenti.

1.2. La valutazione separata per categorie è imposta dalla necessità di considerare le sollecitazioni non solo in base alla loro entità ma anche in relazione al diverso grado di pericolosità agli effetti del collasso della struttura (rottura o grandi deformazioni). In sede di valutazione dei risultati vengono pertanto ammessi valori massimi diversi per ogni categoria, o insiemi di categorie, come stabilito al successivo punto 5.

2. Le sollecitazioni debbono sempre essere determinate nelle condizioni di progetto ed eventualmente di prova idraulica, in taluni casi può essere richiesta anche l'analisi delle sollecitazioni che si determinano nell'effettivo esercizio allorché le condizioni risultano più gravose come può verificarsi, ad esempio, in presenza di dilatazioni termiche differenziali fra due pareti.

3. Lo studio dello stato di tensione generato da un insieme di carichi nell'intorno di un punto viene normalmente condotto con le teorie elementari della Scienza delle Costruzioni classica o con la teoria dell'elasticità fondate sull'ipotesi di un comportamento perfettamente elastico dei materiali e quindi nei limiti di validità della Legge di Hooke. Sono ammesse tuttavia, solo per il caso di sollecitazioni secondarie, sollecitazioni superiori allo snervamento (1,5 f ma comunque non superiori a $3f$) il cui valore è convenzionale ed è giustificato dalla presenza di deformazioni plastiche localizzate; in effetti tali valori delle sollecitazioni corrispondono al prodotto delle deformazioni autolimitanti per il modulo di elasticità.

3.1. È ammesso applicare, in conseguenza di quanto precede, il principio di sovrapposizione degli effetti che consente di determinare le sollecitazioni per ogni categoria determinate da più carichi come somma di quelle parziali prodotte dalle singole forze pensate queste ultime agenti separatamente.

[1] La sollecitazione lineare equivalente è definita come la distribuzione di sollecitazione relativa allo stesso momento flettente che corrisponde alla distribuzione della sollecitazione effettiva.

3.2. Le eventuali ipotesi semplificative che potrebbero rendersi necessarie nello studio di casi particolari dovranno essere opportunamente valutate e risultare favorevoli alla sicurezza.

4. Per il calcolo delle sollecitazioni ideali relative alle singole categorie la procedura si articola - di massima - nelle fasi di cui ai punti successivi; le relative considerazioni sono riportate a titolo di chiarimento dei criteri suggeriti e di richiamo della Scienza delle Costruzioni.

4.1. Determinazione dei carichi esterni (pressione, spinte addizionali, ecc.) e delle reazioni dei vincoli, con eventuali membrature adiacenti, se - in relazione alla loro distanza - influenzano la statica del sistema nel punto considerato. Il calcolo delle predette reazioni viene normalmente effettuato in base alle condizioni di equilibrio delle forze e di congruenza degli spostamenti in corrispondenza del vincolo.

4.2. Ripartizione degli sforzi interni in gruppi omogenei per categorie di sollecitazioni (primarie generali, locali e secondarie); ogni gruppo di sforzi potrà comprendere forze o momenti (flettenti o torcenti) comunque orientati rispetto ad un piano di riferimento passante per il punto considerato.

4.3. Scomposizione dei diversi sforzi, ripartiti per categorie, nelle rispettive componenti secondo una terna di assi ortogonali passanti per il punto e calcolo, per ciascuna categoria, della somma algebrica delle relative sollecitazioni. In generale, materializzando il punto in un cubo di dimensioni piccolissime orientato con le facce secondo i 3 piani di riferimento determinati dalla terna dei 3 assi ortogonali, si hanno (figure 4.A.1. e 4.A.2.):

– 3 componenti normali σ_x, σ_y, σ_z (positive se di trazione e negative se di compressione), sulle 3 facce ortogonali ed adiacenti del cubo;

– 6 componenti di taglio, uguali due a due, sulle 3 facce ortogonali ed adiacenti del medesimo cubo:

$$\tau_{xy} = \tau_{yx} \qquad \tau_{yz} = \tau_{zy} \qquad \tau_{zx} = \tau_{xz}$$

(dove gli indici x, y, z definiscono le direzioni normale e parallela delle sollecitazioni).

L'insieme delle sei sollecitazioni (3 σ e 3 τ) definisce lo stato di tensione nel punto e secondo le direzioni considerate. Variando queste direzioni, assumendo cioè una terna di assi, per lo stesso punto, con diverso orientamento, variano i valori delle σ e τ; per un particolare orientamento della terna (direzioni principali) si annullano le sollecitazioni di taglio mentre quelle normali principali assumono valori (σ_1, σ_2, σ_3) uno dei quali è il massimo ed uno è il minimo. Le tensioni tangenziali sono massime in piani a 45° rispetto ai precedenti.

4.4. Calcolo delle sollecitazioni principali σ_1, σ_2, σ_3 per ogni categoria in funzione delle 6 tensioni (σ e τ), precedentemente determinate, operando per via analitica o grafica (cerchio di Mohr per i sistemi piani).

La scelta della terna iniziale di riferimento deve effettuarsi tenendo conto delle particolari caratteristiche della membratura quali l'esistenza di assi di simmetria geometrica e/o dei carichi onde semplificare i calcoli e, quando è possibile, ridurre lo studio ad un sistema piano di tensioni riferibile a 2 anziché a 3 assi ortogonali.

È opportuno assumere come terna iniziale di riferimento quella delle direzioni principali quando queste sono definibili a priori essendo note le direzioni secondo le quali le sollecitazioni normali sono massime o minime oppure quelle di taglio sono nulle. Ad esempio, nei corpi cilindrici a parete sottile soggetti a pressione, la tensione circonferenziale è principale (figura 4.A.3.) su entrambe le superfici interna ed esterna dove gli sforzi di taglio sono nulli.

Nella figura 4.A.4. è riportato un esempio di carichi agenti su di una virola cilindrica facente parte di un recipiente a pressione.

4.5. Calcolo delle sollecitazioni ideali equivalenti σ_{id} assumendo, per ogni categoria, la maggiore in valore assoluto delle seguenti differenze algebriche:

$$\sigma_1 - \sigma_2 \qquad \sigma_2 - \sigma_3 \qquad \sigma_3 - \sigma_1$$

in applicazione della teoria di resistenza di Guest-Tresca. I valori calcolati per ogni categoria di sollecitazioni debbono essere confrontati con quelli limiti ammessi di cui al successivo punto 5.

5. Le condizioni di stabilità della membratura nel punto considerato sono soddisfatte se, per le diverse categorie di sollecitazioni considerate, risulta (v. tabella 2):

$$\begin{array}{ll} f_m & \leq f \\ f_l & \leq 1,5f \\ f_l + f_b & \leq 1,5f \\ f_m + f_b & \leq 1,5f \\ f_l + f_b + g & \leq 3f \\ f_m + f_b + g & \leq 3f \end{array}$$

essendo f la sollecitazione massima ammissibile definita dalle norme nelle condizioni di esercizio o di prova idraulica.

Tabella 1 – Classificazione delle sollecitazioni per alcuni casi tipici

Componente	Posizione	Origine della sollecitazione	Tipo di sollecitazione	Classificazione
Fasciame cilindrico o sferico	Lamiera distante da discontinuità	Pressione interna	Generale di membrana Gradiente nello spessore della lamiera	f_m g
		Gradiente termico assiale	Membrana Flessione	g g
	Giunzioni a fondi o flange	Pressione interna	Membrana Flessione	f_l g
Qualsiasi fasciame o fondo	Qualsiasi sezione del recipiente	Forza o momento esterno, o pressione interna	Generale di membrana mediata nella sezione completa Componente della sollecitazione perpendicolare alla sezione trasversale	f_m
		Forza o momento esterno	Flessione nella sezione completa Componente della sollecitazione perpendicolare alla sezione trasversale	f_m
	Presso bocchelli o altre aperture	Carico o momento esterno, o pressione interna	Locale di membrana Flessione Picco (al raccordo o all'angolo)	f_l g p
	Qualsiasi posizione	Differenza di temperatura tra fasciame e fondo	Membrana Flessione	g g
Fondo bombato o conico	Parte centrale	Pressione interna	Membrana Flessione	f_m f_b
	Raccordo o giunzione al fasciame	Pressione interna	Membrana Flessione	f_l (1) g
Fondo piano	Zona centrale	Pressione interna	Membrana Flessione	f_m f_b
	Unione al fasciame	Pressione interna	Membrana Flessione	f_l g

(1) Deve anche considerarsi la possibilità di corrugamenti e di deformazioni eccessive nei recipienti con elevato rapporto diametro-spessore

(segue)

Tabella 1 (seguito) – Classificazione delle sollecitazioni per alcuni casi tipici

Componente	Posizione	Origine della sollecitazione	Tipo di sollecitazione	Classificazione
Fondo o fasciame forato	Allineamento tipico ed uniforme	Pressione	Membrana (media nella sezione trasversale) Flessione (media lungo il ligament, ma variabile linearmente nella lamiera) Picco	f_m f_b p
	Isolato o allineato non uniformemente	Pressione	Membrana Flessione Picco	g p p
Bocchello	Sezione ortogonale all'asse del bocchello	Pressione interna o forze o momenti esterni	Generale di membrana mediata nella sezione completa Componente della sollecitazione ortogonale alla sezione	f_m
		Forze o momenti esterni	Flessione nella sezione del bocchello	f_m
	Parete del bocchello	Pressione interna	Generale di membrana Locale di membrana Flessione Picco	f_m f_l g p
		Dilatazione differenziale	Membrana Flessione Picco	g g p
Placcatura	Qualsiasi	Dilatazione differenziale	Membrana Flessione	p p
Qualsiasi	Qualsiasi	Distribuzione radiale di temperatura (2)	Sollecitazione lineare equivalente (3) Parte non lineare della distribuzione di sollecitazioni	p
Qualsiasi	Qualsiasi	Qualsiasi	Concentrazione di sollecitazioni (effetto di intaglio)	p

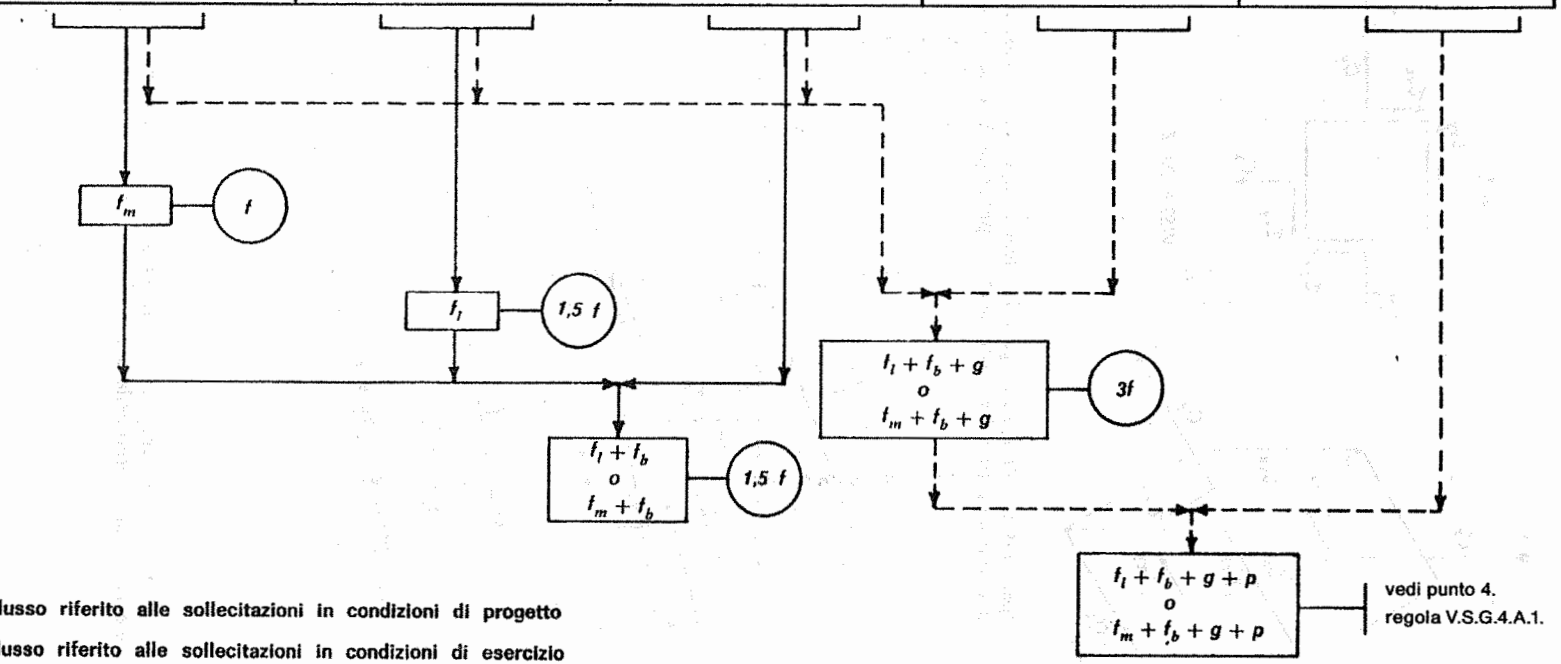
(2) Considerare la possibilità della variabilità della sollecitazione termica

(3) La sollecitazione lineare equivalente è definita come la distribuzione di sollecitazione relativa allo stesso momento flettente che corrisponde alla distribuzione della sollecitazione effettiva.

Tabella 2 – Categorie delle sollecitazioni e limiti ammissibili

Categoria delle sollecitazioni	Primarie			Secondarie	Picco
	Generali di Membrana	Locali di Membrana	Flessione		
Descrizione (per gli esempi vedere tabella 1)	Sollecitazione primaria media attraverso una sezione piena. Esclude discontinuità e concentrazioni. Prodotta solo da carichi meccanici.	Sollecitazione media attraverso qualsiasi sezione piena. Tiene conto di discontinuità ma non di concentrazioni. Prodotta solo da carichi meccanici.	Componente di sollecitazione primaria proporzionale alla distanza dal baricentro di una sezione piena. Esclude discontinuità e concentrazioni. Prodotta solo da carichi meccanici.	Sollecitazione autoequilibrata necessaria per soddisfare la continuità della struttura. Insorge in corrispondenza di una discontinuità strutturale. Può essere causata da carico meccanico o da dilatazione termica differenziale. Esclude concentrazioni di sollecitazione locali.	1) Incremento aggiunto alla sollecitazione primaria o secondaria da una concentrazione (intaglio). 2) Certe sollecitazioni termiche che possono causare della fatica ma non delle deformazioni del recipiente.
Simboli	f_m	f_l	f_b	g	p

Combinazione delle componenti di sollecitazione e limiti ammissibili per la sollecitazione ideale



——— Flusso riferito alle sollecitazioni in condizioni di progetto

– – – – – Flusso riferito alle sollecitazioni in condizioni di esercizio

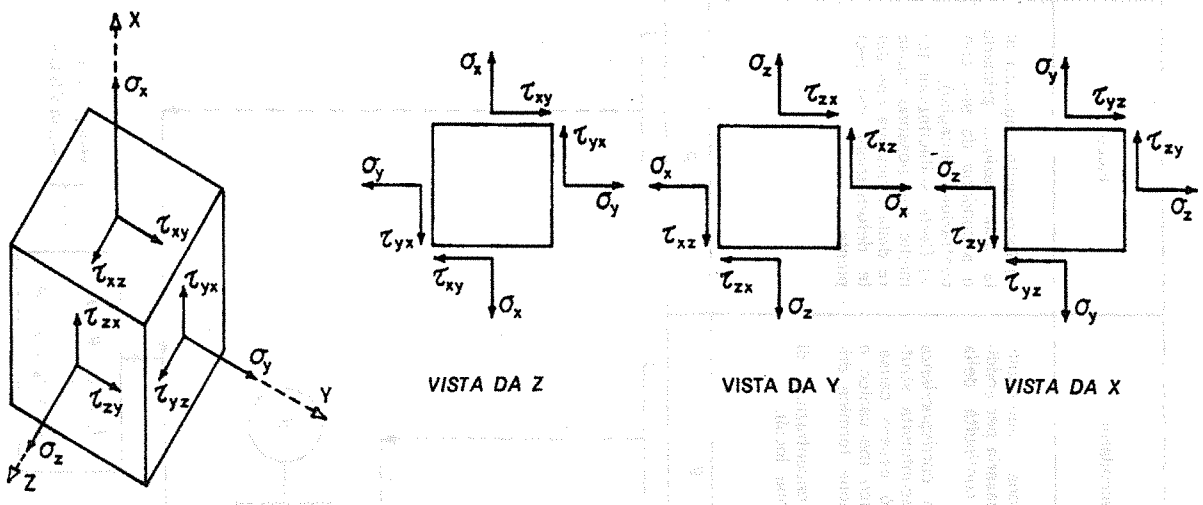


Figura 4.A.1. – Andamento generico delle componenti di tensione su un elemento di materiale comunque orientato in un corpo soggetto a forze esterne (N.B.: per l'equilibrio deve necessariamente aversi: $\tau_{xy} = \tau_{yx}; \tau_{xz} = \tau_{zx}; \tau_{yz} = \tau_{zy}$)

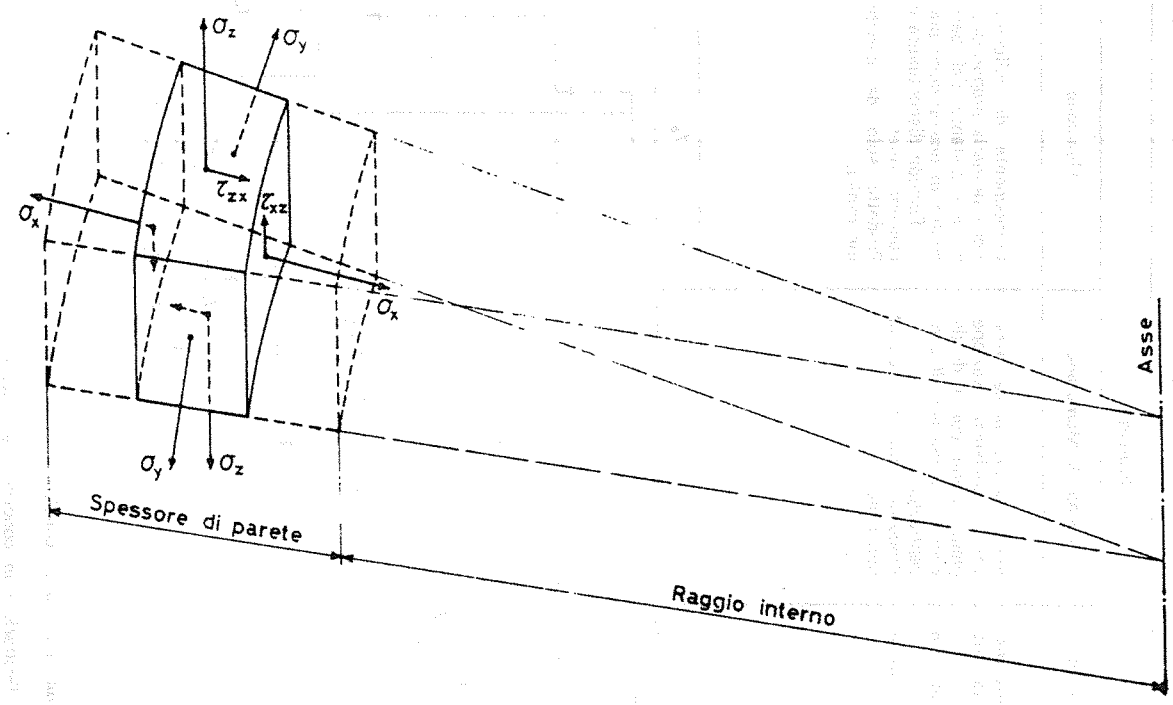


Figura 4.A.2. – Generiche componenti di tensione su un elemento di materiale orientato secondo gli assi radiale, circonferenziale e assiale all'interno della parete di un apparecchio a pressione a simmetria assiale, soggetto a sola pressione interna

Figura 4.A.3. – Andamento generico delle componenti di tensione su una sezione qualsiasi di un recipiente a pressione a simmetria assiale soggetto a sola pressione interna e avente spessore sottile rispetto al diametro (si noti che nei punti a e b, essendo nulla la τ, le tensioni principali sono dirette secondo gli assi di riferimento scelti)

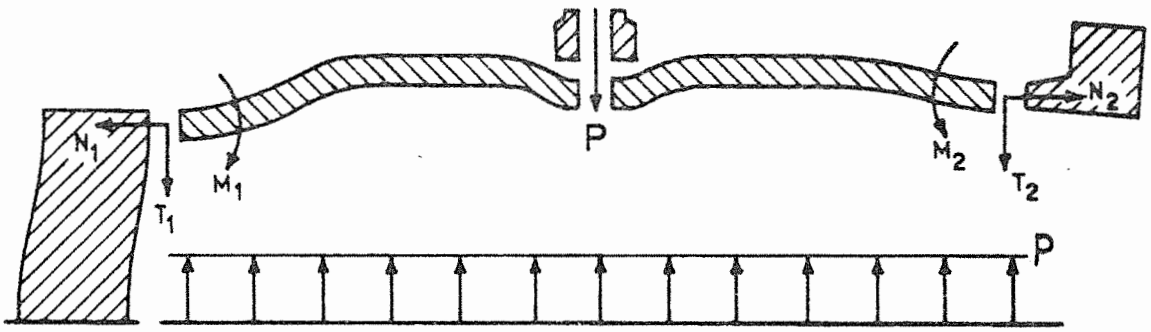


Figura 4.A.4. – Esempio di carichi agenti su di una virola cilindrica facente parte di un recipiente a pressione (sono state rappresentate, in scala macroscopica, le deformazioni conseguenti ai carichi)