



# ISTITUTO GIORDANO s.p.a.

CENTRO POLITECNICO DI RICERCHE

Via Rossini, 2  
47041 BELLARIA (RN) Italy

Tel. 39/541/343030 (9 linee)  
Telefax 39/541/345540

Cod. Fisc./Part. IVA: 00549540409  
C.C.I.A.A. 156766  
Iscr. Reg. Soc. n. 1852  
Cap. Soc. L. 1.200.000.000 Iv.

## RICONOSCIMENTI UFFICIALI:

MINISTERO LAVORI PUBBLICI Legge 1066/71 con D.M. 27/11/82 n. 22813 "Prove sui materiali da costruzione".  
 MINISTERO INDUSTRIA COMMERCIO ARTIGIANATO Legge 373/76 (sostituita da Legge 10/91) e D.M. 17/12/79 "Prove e controlli per l'omologazione dei componenti degli impianti di produzione e di utilizzazione del calore e delle apparecchiature di regolazione automatica e di contabilizzazione del calore".  
 MINISTERO INDUSTRIA COMMERCIO ARTIGIANATO Legge 308/82 (sostituita da Legge 10/91) e D.M. 06/11/85 "Prove di omologazione per gli impianti ad apparecchi che utilizzano le fonti di energia".  
 MINISTERO INDUSTRIA COMMERCIO ARTIGIANATO D.M. 21/10/91 "Certificazione CEE delle emissioni sonore di macchine da cantiere".  
 MINISTERO INDUSTRIA COMMERCIO ARTIGIANATO D.M. 08/10/93 "Certificazione CEE concernenti la sicurezza dei giocattoli".  
 MINISTERO INDUSTRIA COMMERCIO ARTIGIANATO e MINISTERO LAVORO E PREVIDENZA SOCIALE D.M. 09/07/93 "Certificazione CEE in materia di recipienti sferici a pressione".  
 MINISTERO INTERNO Legge 218/84 e D.M. 28/03/85 con autorizzazione del 21/03/88 "Prove di resistenza al fuoco secondo D.M. 26/06/84".  
 MINISTERO INTERNO Legge 218/84 e D.M. 28/03/85 con autorizzazione del 10/07/86 "Prove di resistenza al fuoco secondo Circolare n. 91 del 14/09/1961".  
 MINISTERO INTERNO Legge 218/84 e D.M. 28/03/85 con autorizzazione del 03/07/92 "Prove di resistenza al fuoco secondo Circolare n. 7 del 02/04/92 e norma EN572/1992 UNI 9723".  
 MINISTERO INTERNO Legge 218/84 e D.M. 28/03/85 con autorizzazione del 12/04/88 "Prove su estintori d'incendio portatili secondo D.M. 20/12/82".  
 MINISTERO RICERCA SCIENTIFICA E TECNOLOGICA Legge 46/82 con D.M. 09/10/85 "Immissione nell'uso dei laboratori autorizzati a svolgere ricerche di carattere applicativo in favore delle piccole e medie industrie".  
 MINISTERO SANITA' - EPID. Legge 833/78 con D.M. 16/03/88 "Prove necessarie sui materiali per la costruzione di apparecchi a pressione".  
 MINISTERO PUBBLICA ISTRUZIONE Protocollo n. 16 del 27/03/87 "Iscrizione alle Schede Anagrafe Nazionale Ricerche n. ED49039".  
 SINAL (Comitato Nazionale per l'Accreditamento di Laboratori) Accreditamento n. 0021 del 14/11/91 per le seguenti prove:  
 ISOLANTI TERMICI E MATERIALI DA COSTRUZIONE:  
 Determinazione della conduttività termica con il metodo della camera calda con anello di guardia.  
 Determinazione delle proprietà di trasmissione del vapore acqueo.  
 MATERIALI FER. MANUFATTI PER ISOLAMENTO TERMICO:  
 Determinazione della trasmittanza termica con il metodo della camera calda.  
 SERBAMENTI ESTERNI (lineari e forati):  
 Permeabilità all'aria.  
 Resistenza al vento.  
 Tenuta all'acqua sotto pressione statica.  
 PORTE ANTINTRUSIONE:  
 Porte antintrusione - Metodi di prova e classi di resistenza.  
 CORPI SCALDANTI (radiatori):  
 Prova termica su corpi scaldanti alimentati ad acqua con temperature massime di 100° C.  
 SIT (Servizio di Taratura in Italia) Riconoscimento n. 20/M "Calore di taratura".  
 UNCSAAL (Unione Nazionale Controlisti Serenissimi Alluminio Acciaio Leghe): Riconoscimento del 28/03/85 "Laboratorio per le prove di certificazione su trattamenti e facciate continue".  
 Ex ANCC (Associazione Nazionale per il Controllo della Combustione): Riconoscimento del 31/05/78 "Prove per la qualificazione di sollevi di sicurezza per apparecchi a pressione".  
 Ex ANCC: Riconoscimento del 27/12/76 "Prove per la verifica di rispondenza dei prototipi di valvole di scappato termico".  
 INA (Istituto Italiano Nazionale) "Laboratorio per collaudi distruttivi su materiali".  
 FFSS "Collaudi su materiali da costruzione".  
 EDRLF (European Group of Official Laboratories for Fire Testing): "Laboratorio per prove di reazione e resistenza al fuoco su materiali e manufatti completi".

## ASSOCIAZIONI ED ENTI DI APPARTENENZA:

AIA: Associazione Italiana di Acustica.  
 AICARR: Associazione Italiana Condizionatori, Aut. Aut. Riscaldamento Raffreddamento.  
 ANCC: Associazione Italiana per la Qualità.  
 ANCC: Associazione Italiana Prove non Distruttive.  
 AIR: Associazione Italiana per la Ricerca Industriale.  
 ASHRAE: American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers Inc.  
 ASTM: American Society for Testing and Materials.  
 ASP International.  
 BCR: Bureau Central de Recherches Chimiques.  
 CEI: Comitato Elettrotecnico Italiano.  
 CHAL: Comitato Nazionale per le Assicurazioni e Laboratori.  
 CIL: Comitato Tecnico Italiano per la Ricerca Industriale.  
 EACRD: European Association of Research Institutes Organization.  
 CEC: European Committee of Contracting Engineers.  
 EURELAB: European Group of Official Laboratories for Fire Testing.  
 FEDERLAB: Federazione Italiana Laboratori di Ricerche Industriali.  
 ISES: International Society of Engineering Science.  
 IRI: Istituto Nazionale di Ricerche.  
 REIM: Réseau International des Laboratoires de Recherches sur les Matériaux et les Structures.  
 UNI: Ente Nazionale Italiano di Unificazione.

## CLAUSOLE

"I risultati di prova si riferiscono solo ai prodotti o materiali sottoposti a prova".  
 "Il presente documento può essere riprodotto, integralmente o parzialmente, solo con l'autorizzazione di questo Istituto. Le copie non autorizzate saranno considerate contraffatte."

## RAPPORTO DI PROVA N. 96756/1506RF

**Luogo e data di emissione :** Bellaria, 04/03/1996  
**Committente :** DS DICTATOR S.r.l. - Via Galvani, 23 - 20019 SETTIMO MILANESE (MI)  
**Data della prova :** 16/01/1996  
**Oggetto della prova :** Resistenza al fuoco secondo la Circolare n. 91 del Ministero dell'Interno - Direzione Generale dei Servizi Antincendi del 14/09/1961.  
**Provenienza del campione :** dal Committente.

## Generalità:

Presso il forno sperimentale del Laboratorio di Resistenza al Fuoco di questo Istituto è stata effettuata una prova secondo la Circolare n. 91 del Ministero dell'Interno - Direzione Generale dei Servizi Antincendi, del 14/09/1961, su un tirante sottoposto a carico protetto con coppelle denominate "DS STOP FIRE" e presentato dalla ditta DS DICTATOR S.r.l. - Via Galvani, 23 - 20019 SETTIMO MILANESE (MI).



Comp. PB  
 Revis.

Il presente rapporto di prova consta di n. 16 fogli e non può essere riprodotto e/o pubblicizzato se non integralmente.



### Finalità della prova :

La finalità della prova è la verifica del tempo entro cui il campione sottoposto a prova conserva la stabilità "R", la tenuta "E" e l'isolamento termico "I" definiti dal D.M. 30/11/1983 punto 1.11.

### Descrizione del campione :

Il campione sottoposto a prova è costituito da un tirante protetto con coppelle denominate "DS STOP FIRE".

Il campione, in particolare, è costituito da :

- tirante realizzato da n. 2 barre in acciaio a sezione circolare, diametro 34 mm, unite mediante tenditore anch'esso in acciaio, lunghezza 300 mm ;
- protezione delle barre realizzata mediante l'accoppiamento dei semigusci di coppelle antincendio preformate in silicato di calcio denominate "DS STOP FIRE", densità  $240 \text{ kg/m}^3$ , lunghezza 500 mm ciascuno, spessore 64 mm, diametro interno 34 mm e diametro esterno 162 mm, fissati tra loro e alla barra mediante collante ceramico denominato "DS FIXWOLL C25", quantita  $16 \text{ kg/m}^2$  circa, e serrati esternamente mediante filo in acciaio inossidabile, diametro 1,5 mm, quantità 15 g/m di coppella ;
- protezione della zona del tenditore realizzata mediante l'accoppiamento dei semigusci di coppella antincendio preformata in silicato di calcio denominata "DS STOP FIRE", densità  $240 \text{ kg/m}^3$ , lunghezza 900 mm, spessore 50 mm, diametro interno 162 mm e diametro esterno





262 mm, fissati tra loro e alle coppelle che proteggono le barre, a cui tale protezione si sovrappone per un tratto di 300 mm per ciascuna estremità, mediante collante ceramico denominato "DS FIXWOLL C25", quantità 16 kg/m<sup>2</sup> circa, e tenuti in posizione esternamente mediante filo in acciaio inossidabile, diametro 1,5 mm, quantità 30 g/m di coppella ;

- spalmatura esterna delle protezioni con collante ceramico denominato "DS FIXWOLL C25", quantità 16 kg/m<sup>2</sup> circa.

Il tirante è stato protetto, come sopra descritto, per una lunghezza totale di 2300 mm.

Il foglio n. 9 riporta il disegno schematico del tirante protetto sottoposto a prova.

I dati suindicati relativi alla descrizione del tirante protetto sottoposto a prova sono stati desunti dalla relazione tecnica fornita dal Committente la prova e da controlli effettuati da personale tecnico del Laboratorio.

#### Modalità della prova :

Il tirante protetto, realizzato come sopra descritto, è stato montato orizzontalmente all'interno di un elemento di supporto appositamente costruito, composto da una muratura a forma di "C" realizzata con blocchi in laterizio tipo "Poroton", spessore 250 mm, larghezza interna 2000 mm e profondità interna 500 mm, all'interno del forno ed esposto al fuoco per un tratto della lunghezza di 2000 mm.





Le estremità del tirante sono state appoggiate all'interno di fori praticati lungo le pareti laterali dell'elemento di supporto e sono state ulteriormente protette mediante fasce di fibra ceramica, spessore 25 mm, poste attorno alle coppelle.

L'elemento di supporto è stato quindi montato sulla bocca del forno sperimentale ed è stato opportunamente chiuso superiormente in maniera da realizzare una camera di combustione chiusa dove esporre al fuoco il tirante protetto in esame.

Sulla superficie del tirante in acciaio, prima della realizzazione della protezione con coppelle, sono state poste n. 6 termocoppie (termocoppie dalla n. 1 alla n. 6) per il rilievo della sua temperatura superficiale nel corso della prova, di cui una sul tenditore e le altre cinque sulle barre.

Il tirante in acciaio è stato ancorato ad un telaio di contrasto e, durante la prova di resistenza al fuoco, è stato sottoposto a trazione mediante un martinetto idraulico; proprio all'estremità del tirante facente capo al martinetto è stato applicato un trasduttore di spostamento per il rilievo dell'allungamento del tirante durante la prova.

La disposizione delle termocoppie e del trasduttore di spostamento e le modalità di prova sono riportate nel disegno del foglio n. 10.



CERTIFICATO VALIDO SOLO CON DICHIARAZIONE DI  
CONFORMITÀ COMPLETO DI NUMERO FATIDURA E D.D.T.  
EMESSA DA DS DICHIARATOR PER SINGOLA FORNITURA



### Descrizione della prova :

Il tirante è stato sottoposto per l'intera durata della prova ad un carico di 142507 N (14526 kg), in modo da realizzare la sollecitazione di trazione unitaria  $\sigma = 157 \text{ N/mm}^2$  ( $1600 \text{ kg/cm}^2$ ) richiesta dal Committente.

Dopo aver disposto le apparecchiature di misura e controllo e dopo aver atteso la stabilizzazione della deformazione sotto sforzo, si è proceduto, mantenendo costante il carico, all'accensione dei bruciatori, riscaldando il forno secondo la curva temperatura-tempo prevista dalla Circolare n. 91 del Ministero dell'Interno - Direzione Generale dei Servizi Antincendi del 14 Settembre 1961 e nel rispetto delle tolleranze prescritte.

La prova è stata effettuata pressurizzando il forno dal decimo minuto fino al termine al valore di  $10 \pm 2 \text{ Pa}$ .

La curva teorica di riscaldamento del forno è riportata nel diagramma n. 1 (foglio n. 11) insieme alla curva effettivamente realizzata nel corso della prova; sullo stesso diagramma sono riportate le curve delle temperature registrate nel corso della prova dalle sei termocoppie applicate sul tirante.

Il diagramma n. 2 (foglio n. 12) riporta l'andamento dell'allungamento del tirante misurato nel corso della prova dal trasduttore di spostamento applicato alla sua estremità.





### Risultato della prova :

Nel corso della prova si sono verificati i seguenti fenomeni significativi :

- al 12' minuto di prova hanno avuto inizio delle fuoriuscite di vapore acqueo dalle zone di appoggio delle coppelle sull'elemento di supporto ; tali fuoriuscite sono proseguite con intensità costante fino al 80' minuto, quindi sono via via diminuite fino ad esaurirsi completamente verso il 100' minuto di prova ;
- al 40' minuto di prova si è registrata formazione di condensa in corrispondenza delle zone delle barre del tirante non protette, al di fuori dell'elemento di supporto ;
- al 63' minuto di prova si è registrato il deterioramento con distacchi di piccole porzioni dello strato di collante applicato sulla superficie esterna delle coppelle di protezione del tirante ;
- al 145' minuto di prova si è registrata l'evidenziazione della linea di giunzione dei due semigusci della coppella posta a protezione del tenditore e si è registrata la formazione di alcune crepe ad andamento irregolare sulla superficie delle coppelle ;
- la prova è stata interrotta al 172' minuto, in quanto a tale istante il tirante dimostrava di non poter più sostenere il carico applicatogli, evidenziato dal suo collasso a causa della rottura di una delle due barre in acciaio.





All'interruzione della prova i valori registrati dalle sei termocoppie e dal trasduttore di spostamento applicati sul tirante protetto in prova avevano raggiunto i valori riportati nel prospetto riepilogativo seguente.

Temperatura ambiente = 17 °C	
Temperature sul tirante	
Tenditore (termocoppia n. 1)	= 161 °C
Barra (termocoppia n. 2)	= 585 °C
Barra (termocoppia n. 3)	= 617 °C
Barra (termocoppia n. 4)	= 351 °C
Barra (termocoppia n. 5)	= 131 °C
Barra (termocoppia n. 6)	= 331 °C
Freccia all'estremità del tirante	
Freccia n. 1	= 24,9 mm

CERTIFICATO VALIDO SOLO CON DICHIARAZIONE DI  
 CONFORMITÀ COMPLETO DI NUMERO FATTURA E D.D.T.  
 EMESSA DA DS DICTATOR PER SINGOLA FORNITURA





### Conclusioni :

Dall'esame dei risultati emersi dalla prova effettuata sul tirante sottoposto a carico protetto con coppelle denominate "DS STOP FIRE", sopra descritto e presentato dalla ditta DS DICTATOR S.r.l. - Via Galvani, 23 - 20019 SETTIMO MILANESE (MI), si deduce che la durata di resistenza al fuoco è stata di 172 minuti.

Pertanto ai sensi della Circolare n. 91 del Ministero dell'Interno e del D.M. 30/11/1983, il tirante protetto viene classificato

\_\_\_\_\_

**R 120**

\_\_\_\_\_

e quindi il tirante protetto stesso può essere impiegato in compartimenti antincendio di Classe non superiore a R 120, purchè le condizioni di montaggio siano equivalenti a quelle realizzate in prova e, in particolare, le condizioni di carico reali non comportino il superamento dello sforzo di trazione pari a 142507 N.

Le fotografie dalla n. 1 alla n. 6 (fogli n. 13 e n. 16) mostrano il tirante protetto prima e dopo la prova.

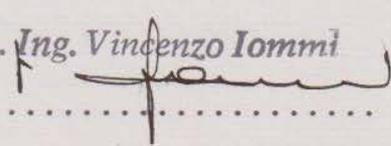
Bellaria, 04/03/1996

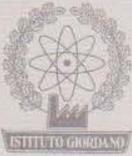
Il Direttore del Laboratorio di  
prove di Resistenza al fuoco  
(Dott. Ing. Stefano Vasini)



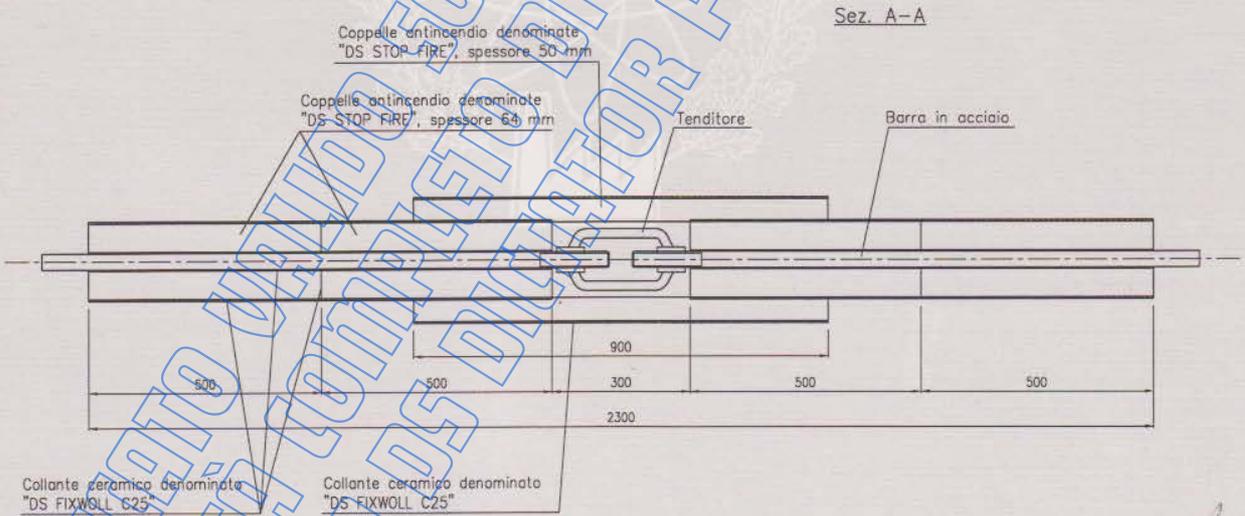
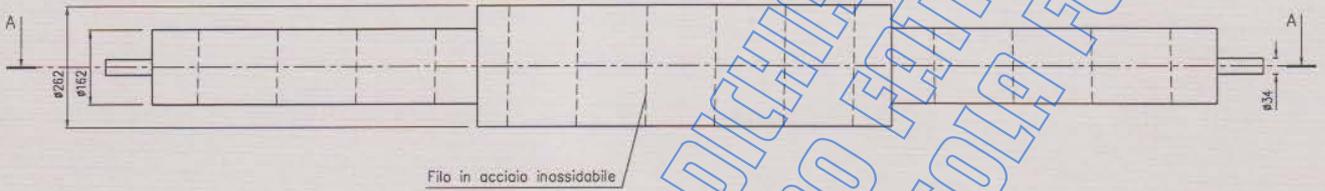
Il Presidente o  
l'Amministratore Delegato

Dott. Ing. Vincenzo Iommi

.....  




### DISEGNO SCHEMATICO DEL TIRANTE PROTETTO

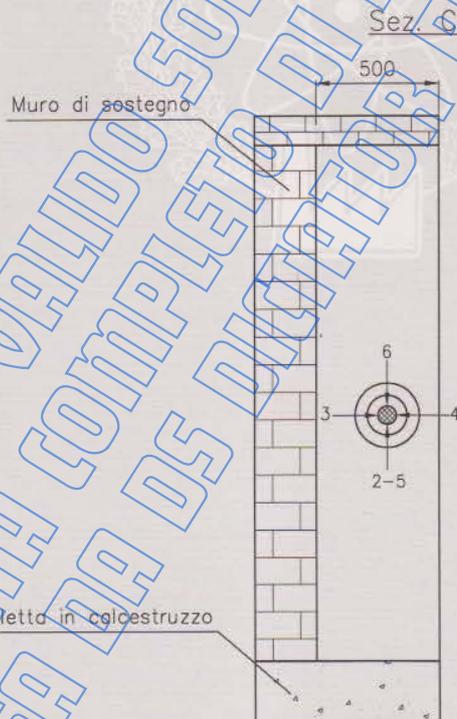
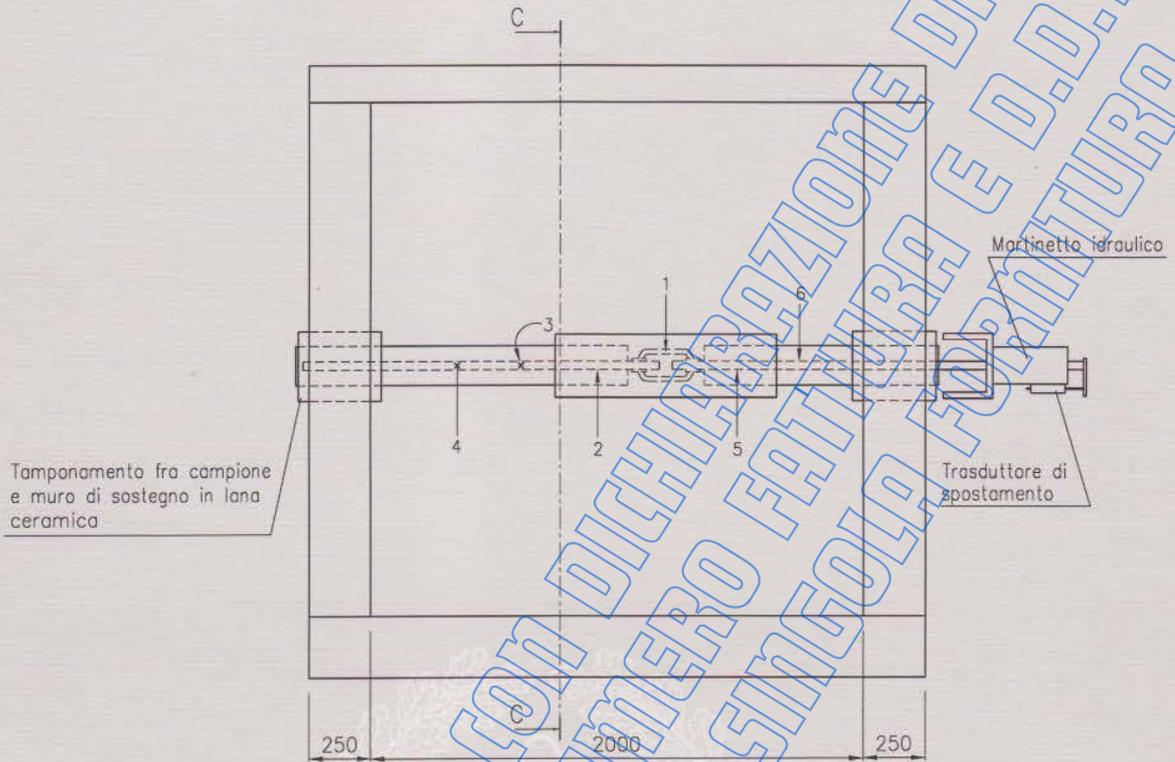


CERTIFICATO VALIDO SOLO CON DICHIARAZIONE DI  
CONFORMITA' COMPLETO DI NUMERO FATTURA E D.D.T.  
EMESSA DA DS DIRECTOR PER SINGOLA FORNITURA





### MODALITA' DI PROVA E DISPOSIZIONE DELLE TERMOCOPPIE E DEL TRASDUTTORE DI SPOSTAMENTO SUL TIRANTE PROTETTO



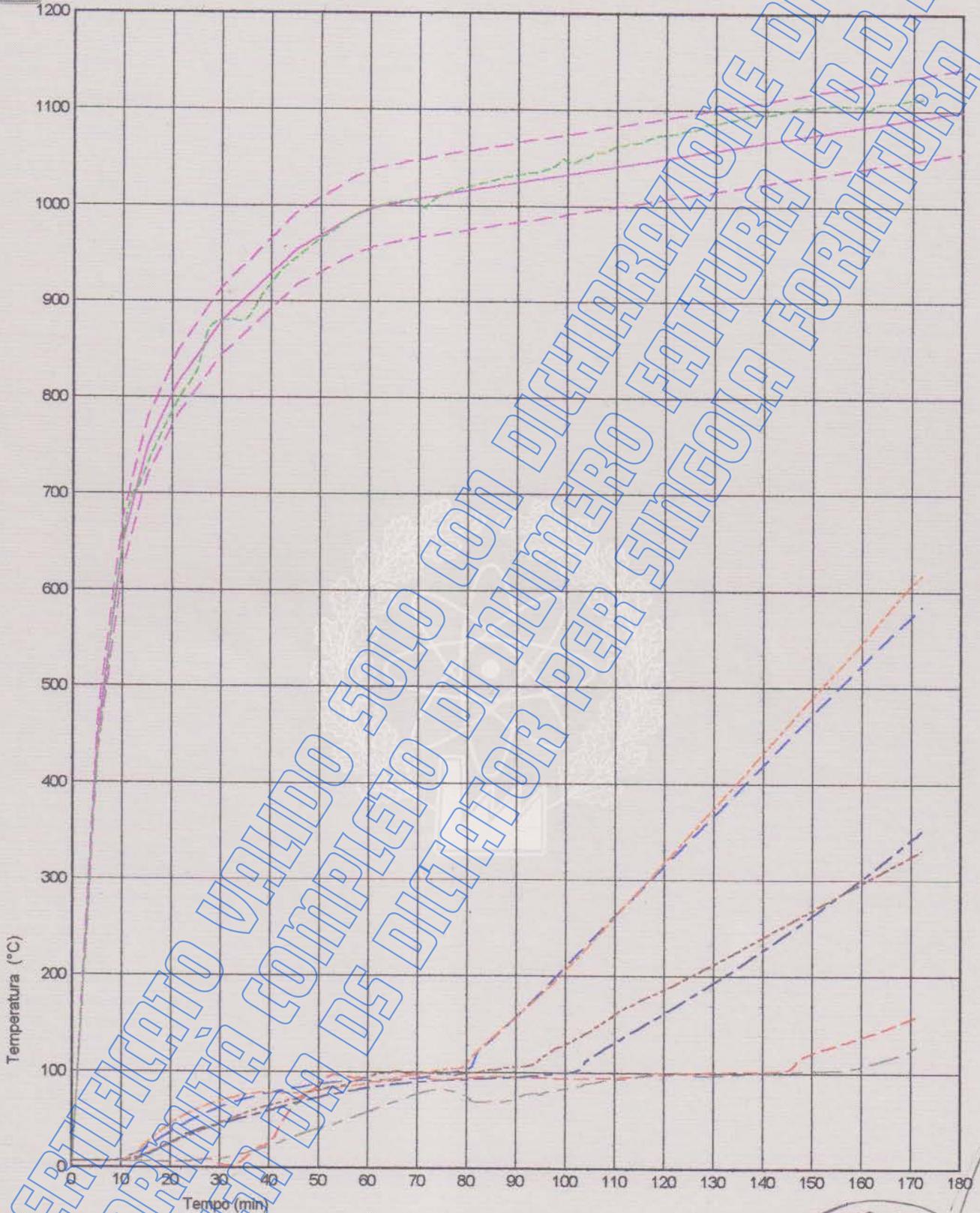
1-6 PUNTI DI APPLICAZIONE DELLE TERMOCOPPIE





### PROVA DI RESISTENZA AL FUOCO

#### DIAGRAMMA N. 1



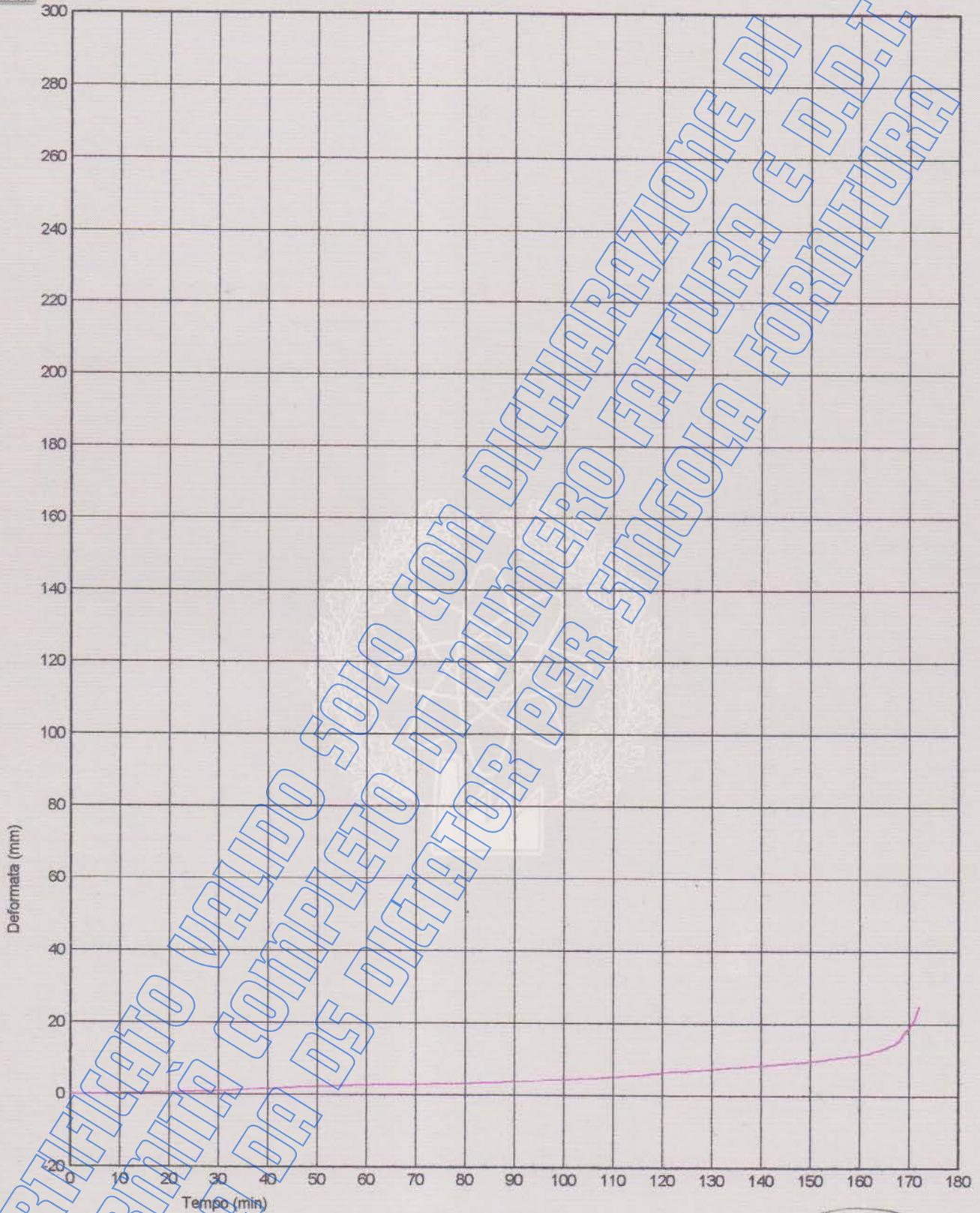
- Temperatura teorica di riscaldamento del forno e limiti di tolleranza
- Temperatura sperimentale di riscaldamento del forno
- Temperatura sul tenditore del tirante (T1)
- Temperatura su una barra del tirante (T2)
- Temperatura su una barra del tirante (T3)
- Temperatura su una barra del tirante (T4)
- Temperatura su una barra del tirante (T5)
- Temperatura su una barra del tirante (T6)





PROVA DI RESISTENZA AL FUOCO

DIAGRAMMA N. 2



CERTIFICATO VALIDO SOLO CON DICHIARAZIONE DI  
CONFORMITÀ COMPLETO DI NUMERO FATTURA E D.O.T.  
EMESSA DA DS DICTATOR PER SINGOLA FORNITURA



Freccia (F1)



Foto 1 : Particolare del campione durante la fase di allestimento della prova.



Foto 2 : Particolare del campione durante la fase di allestimento della prova.



CERTIFICATO VALIDO SOLO CON DICHIARAZIONE DI CONFORMITÀ EMESSA DA DS DICTATOR PER SINGOLA FATTURA E D.D.T.



Foto 3 : Fotografia del campione durante la fase di allestimento della prova.



Foto 4 : Fotografia del campione prima della prova.





Foto 5 : Particolare del campione prima della prova.



Foto 6 : Fotografia del campione dopo la prova.

CERTIFICATO VALIDO SOLO CON DICHIARAZIONE DI  
CONFORMITÀ COMPLETO DI NUMERO FATTURA E D.O.I.  
EMESSA DA DE DICTATOR PER SINGOLA FORTIFURA

ISTITUTO GIORDANO - RICERCA E INFER  
LABORATORIO  
PER LA RESISTENZA  
AL FUOCO  
DEI MATERIALI  
E STRUTTURE  
BELLARIA ITALY

ISTITUTO GIORDANO - RICERCA E INFER  
PER LA RESISTENZA  
AL FUOCO  
DEI MATERIALI  
E STRUTTURE  
BELLARIA - ITALY

GEN 96

GEN 96

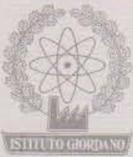


Foto 7 : Particolare del campione dopo la prova.

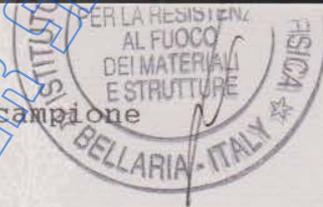


Foto 8 : Particolare del campione dopo la prova.





**Milano 8-4-02**

**Committente:** DS DICTATOR S.r.l  
Via Curie 5-7  
Settimo Milanese (MI)

**CALCOLO DELLO SPESSORE DEL RIVESTIMENTO DI  
PROTEZIONE DI TIRANTI METALLICI PER UNA RESISTENZA  
D'INCENDIO di R 120 IN BASE ALLA NORMA UNI 9503**

**Elaborazione e calcolo:**  
**Dott. Ing. Dino Kern**  
C.so Buenos Aires n° 77/A  
20124 Milano

**Dott. Ing. DINO KERN**  
MIN. INT. - PREVENZ. INCENDI  
MI - 7870 - V - 21/9



### 1) Finalità del calcolo e indicazioni delle sollecitazioni ipotizzate

Il committente, la ditta DS DICTATOR S.r.l. Settimo Milanese (MI) ha richiesto questo studio al fine di verificare che un rivestimento di coppelle in silicalcite dello spessore di 38 mm siano sufficienti a garantire un grado di protezione R 120 per dei tiranti metallici del diametro di 34 mm.

Non essendo disponibili i calcoli statici con le indicazioni delle sollecitazioni a cui la struttura è soggetta e le caratteristiche dei materiali costruttivi, viene ipotizzata, in favore della stabilità, che i tiranti siano di ferro omogeneo Fe B 22 K con tensione minima di snervamento di  $215 \text{ N/mm}^2$  (valore indicato nella Gazzetta Ufficiale n° 29 del 5 febbraio 1996) e che la tensione massima nel tirante, comprensiva dell'effetto di vento e neve, sia di  $1200 \text{ Kg/cm}^2$  (valore massimo ammissibile per questo tipo di materiale).

### 2) Caratteristiche dell'elemento isolante di rivestimento

I tiranti in oggetto verranno rivestiti con coppelle in silicalcite fornite dalla ditta DS DICTATOR S.r.l., tenute in posa da "DS STOP FIRE", un collante ceramico fornito dalla stessa ditta, e serrate esternamente da fili in acciaio inossidabile.

Le caratteristiche significative del materiale al fine del calcolo sono:

$$\rho_i = \text{densità del materiale isolante} = 240 \text{ Kg/m}^3$$

$$c_i = \text{calore specifico del materiale isolante} = 753 \text{ J/Kg } ^\circ\text{C}$$

$$\lambda_i = \text{conduttività termica del materiale isolante} = 0.15 \text{ W/m } ^\circ\text{C}$$

### 3) Calcolo dello spessore del rivestimento per R120

I calcoli sono stati effettuati seguendo scrupolosamente le indicazioni del documento UNI 9503 dell'Aprile 1989 (CDU 699.812.2:691).

Secondo l'indicazione al punto 9.2.1.3 di tale documento deve essere qui precisato che il calcolo dello spessore del rivestimento differisce in funzione del rapporto tra il peso del rivestimento stesso e il pesi dell'elemento da proteggere:

$$\frac{\rho_a c_a V}{2 \rho_i c_i d_i S_i}$$

dove:

$$\rho_a = \text{densità dell'acciaio} = 7850 \text{ Kg/m}^3$$



- $c_a$  = calore specifico dell'acciaio = 520 J/Kg °C  
 $V$  = volume del tirante di acciaio  
 $\rho_i$  = densità del materiale isolante  
 $c_i$  = calore specifico del materiale isolante  
 $d_i$  = spessore del rivestimento, ipotizzato di 40 mm  
 $S_i$  = superficie interna del rivestimento per unità di lunghezza a contatto con il tirante = 10,7 cm

Nel caso in oggetto il materiale isolante è da considerarsi "leggero". Vale infatti:

$$\frac{\rho_a c_a V}{2 \rho_i c_i d_i S_i} = 2,4 > 1$$

così che è possibile applicare per il calcolo di resistenza della struttura in esame la formula riportata al punto 9.2.2.1. della norma:

$$\Delta\theta_a = \frac{1}{\rho_a c_a} \frac{\lambda_i S}{d_i V} (\theta_f - \theta_a) \Delta t$$

con:

- $\Delta\theta_a$  = incremento di temperatura dell'elemento in acciaio nell'unità di tempo  
 $\rho_a$  = densità dell'acciaio = 7850 Kg/m<sup>3</sup>  
 $c_a$  = calore specifico dell'acciaio  $\approx$  520 J/Kg °C  
 $\lambda_i$  = coefficiente di conduttività termica dell'isolante  
 $d_i$  = spessore del rivestimento, pari a 38 mm  
 $S/V$  = fattore di massività = rapporto tra superficie esposta al fuoco e volume dell'elemento in acciaio  
 $\theta_f$  = temperatura dell'aria  
 $\theta_a$  = temperatura dell'elemento in acciaio  
 $\Delta t$  = unità (intervallo) di tempo a cui è riferito il calcolo.

$\Delta\theta_a$  rappresenta l'incremento infinitesimo di temperatura che l'elemento in acciaio subisce nell'intervallo di tempo considerato ( $\Delta t$ ), in funzione dello sviluppo dell'incendio e delle caratteristiche del materiale isolante (in particolare lo spessore  $d_i$ ).

La soprascritta formula viene applicata iterativamente fino al raggiungimento della temperatura critica per l'elemento in acciaio.

L'incendio, come indicato da norma UNI, è supposto normalizzato, e il suo sviluppo è dettato dal punto 9.1.1. Inoltre, poiché è richiesto il calcolo per R 120, in tale lasso di tempo la temperatura dell'elemento portante subisce una variazione di alcune



centinaia di gradi, e pertanto, anziché utilizzare un valore costante per il calore specifico dell'acciaio, è stata usata per esso la relazione al punto 8.1.2 della norma UNI:

$$c_a(\theta_a) = 470 + 2 \cdot 10^{-1} \theta_a + 38.1 \cdot 10^{-5} \theta_a^2$$

dove:

- $c_a$  = calore specifico dell'acciaio  
 $\theta_a$  = temperatura dell'elemento in acciaio

Nel calcolo gli intervalli temporali sono stati posti pari a 30 s, assunzione che nel caso in esame rientra nelle indicazioni di cui al punto 9.1.1.1.

Il risultati del calcolo così impostato è riportato nella tabella seguente, dove per semplicità sono stati posti solamente i valori relativi ad intervalli di 10 minuti:

Minuti	Temperatura aria	Temperatura elemento	Rapporto $f(y, T)/f(y)$
0	20	20	0.9942
10	678	58	0.9777
20	781	106	0.9507
30	842	154	0.917
40	885	202	0.8783
50	918	247	0.8357
60	945	290	0.79
70	968	330	0.7418
80	988	368	0.6917
90	1006	404	0.6401
100	1022	438	0.5872
110	1036	470	0.5334
120	1049	500	0.4788
122	1053	509	0.4623

Come esposto al punto 10.1 della norma, lo stato limite ultimo di collasso è dato dal rapporto  $\frac{f_{y,\theta}}{f_y}$ , dove  $f_{y,\theta}$  è il limite convenzionale di sfibramento ad alta temperatura

e  $f_y$  è la tensione di snervamento a temperatura ordinaria. Il valore critico di questo rapporto può essere determinato dal rapporto a temperatura ordinaria tra carico effettivo dell'elemento in esame (P) ed il carico che ne comporta la rottura ( $P_u$ ),

corretto da un fattore  $\chi$  pari a 0,85. Questo rapporto,  $\chi \frac{P}{P_u}$ , risulta pari a 0,464.



Al variare della temperatura la funzione  $\frac{f_{\gamma,\theta}}{f_{\gamma}}$  assume valori via via decrescenti a partire da 1, ed il valore di 0.464 viene raggiunto dopo 127 minuti dall'inizio dell'incendio.

#### 4) Risultati del calcolo

In base alla tabella sopra esposta risulta quindi che con un rivestimento in silicalcite di 38 mm è garantita la resistenza al fuoco in caso di incendio per un tempo superiore ai 120 minuti.

Inoltre, benché nel rapporto di prova n° 96756/1506RF effettuata dall'Istituto Giordano sulle coppelle fornite dalla DS DICTATOR sia riportata l'osservazione di fuoriuscite di vapore acqueo dagli elementi di protezione per la durata di circa un'ora, in questa relazione tali elementi sono considerati "secchi", e quindi a favore della stabilità non sono stati considerati ulteriori ritardi nei tempi di resistenza al fuoco.

A conferma della validità dell'esito raggiunto tramite questo calcolo, lo stesso procedimento è stato applicato anche alla esperienza effettuata dall'Istituto Giordano (cfr. la già citata prova tecnica n° 96756/1506RF), per dimensioni del tirante e del rivestimento come descritti nella relazione, ottenendo un tempo di resistenza al fuoco di 166 minuti, da confrontare con i 172 minuti effettivamente rilevati durante la prova.

**Dott. Ing. DINO KERN**

MIN. INT. PREVENZ. INCENDI

MI - 7870 - I - 2119

