

Cognome .....	Nome .....	Matricola .....
---------------	------------	-----------------

**Ing. Navale. Ing. Civile**

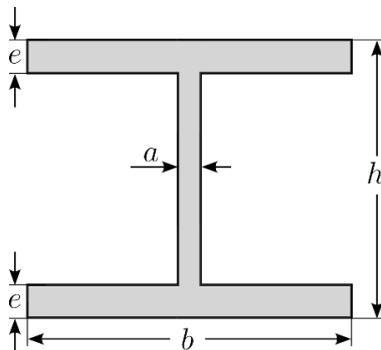
Prova scritta di Fisica Tecnica – Trasmissione del Calore – 15.11.2024

**Esercizio**

La trave di una struttura edilizia è costituita da un profilato di acciaio ( $\rho = 7800 \text{ kg/m}^3$ ,  $k = 52 \text{ W/(m K)}$ ,  $c = 520 \text{ J/(kg K)}$ ) HEB 180 (UNI 5397-78), illustrato in figura, le cui dimensioni sono  $h = 180 \text{ mm}$ ,  $b = 180 \text{ mm}$ ,  $a = 8.5 \text{ mm}$  ed  $e = 14 \text{ mm}$ .

Ai fini della valutazione della resistenza al fuoco della struttura, si vuole conoscere la temperatura della trave dopo un'esposizione di 20 minuti ad aria alla temperatura  $t_\infty$ , assumendo un coefficiente di scambio termico convettivo (comprensivo del contributo dell'irraggiamento) pari a  $h$  ed una temperatura iniziale della trave  $t_i$  nei due casi di trave non rivestita e trave rivestita da uno strato di materiale termoisolante di spessore  $s$ .

Trascurando, nel caso di trave rivestita, la capacità termica del materiale isolante e l'incremento della superficie esposta all'aria, valutare nell'ordine:



- 1) La lunghezza caratteristica della trave.
- 2) Il numero di Biot nel caso della trave non rivestita.
- 3) La temperatura finale della trave non rivestita.
- 4) Il numero di Biot per la trave rivestita di materiale termoisolante, costituito da fibre minerali a spruzzo, di spessore  $s$  e conducibilità termica  $k_{is}$ .
- 5) La temperatura finale della trave rivestita.

Tema	$t_\infty$ [°C]	$h$ [W/(m <sup>2</sup> K)]	$t_i$ [°C]	$s$ [mm]	$k_{is}$ [W/(m K)]
<b>A</b>	800	200	15	12	0.10
<b>B</b>	820	220	20	15	0.10

**Teoria**

Analogia elettrotermica:

- definizioni e utilizzo;
- resistenze termiche in serie e parallelo.

## Soluzione

La lunghezza caratteristica, vista la forma complessa, si calcola con la

$$L_c = V/A_s$$

che, per una lunghezza unitaria del profilato, si riduce a

$$L_c = V'/A'_s = A/P$$

Nel caso in esame

$$A = 2 \cdot b \cdot e + (h - 2 \cdot e) \cdot a$$

$$P = 4 \cdot b - 2 \cdot a + 4 \cdot e + 2 \cdot (h - 2 \cdot e)$$

### 1. Trave non rivestita

$$Bi = \frac{h \cdot L_c}{k_{ac}}$$

che nel problema in esame è molto minore di 1.

Dalla

$$\frac{\theta}{\theta_i} = \frac{t - t_\infty}{t_i - t_\infty} = \exp \left[ - \left( \frac{h}{\rho c L_c} \right) \tau \right]$$

si ricava

$$t = t_\infty + (t_i - t_\infty) \exp \left[ - \left( \frac{h}{\rho c L_c} \right) \tau \right]$$

### 2. Trave rivestita

In tal caso l'isolante aumenta la resistenza termica e null'altro, visto che si trascurano gli aumenti di capacità termica e di superficie esposta, pertanto

$$U = \frac{1}{A \cdot R_{tot}} = \frac{1}{\frac{1}{h} + \frac{s}{k_{is}}}$$

$$Bi = \frac{U \cdot L_c}{k_{ac}}$$

Anche in tale caso, ed a maggior ragione, esso è molto minore dell'unità.

$$t = t_\infty + (t_i - t_\infty) \exp \left[ - \left( \frac{U}{\rho c L_c} \right) \tau \right]$$

TEMA	$L_c$ [m]	$Bi_{nr}$ [-]	$T_{nr}$ [°C]	$Bi_r$ [-]	$T_r$ [°C]
<b>A</b>	5.96e-03	2.29e-02	800	9.16e-04	272.4
<b>B</b>	5.96e-03	2.52e-02	820	7.41e-04	239.9

Nota: l'inverso della lunghezza caratteristica  $L_c$  è definito, dalla norma UNI 9503 - Procedimento analitico per valutare la resistenza al fuoco degli elementi costruttivi di acciaio – “Fattore di massività”. Tale norma, tuttavia, è stata soppiantata dagli Eurocodici e quindi, in teoria, non dovrebbe essere più applicata.