

**UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI CAGLIARI**



**FACOLTÁ DI INGEGNERIA E ARCHITETTURA**



**Laurea in Architettura**

**DICAAR**

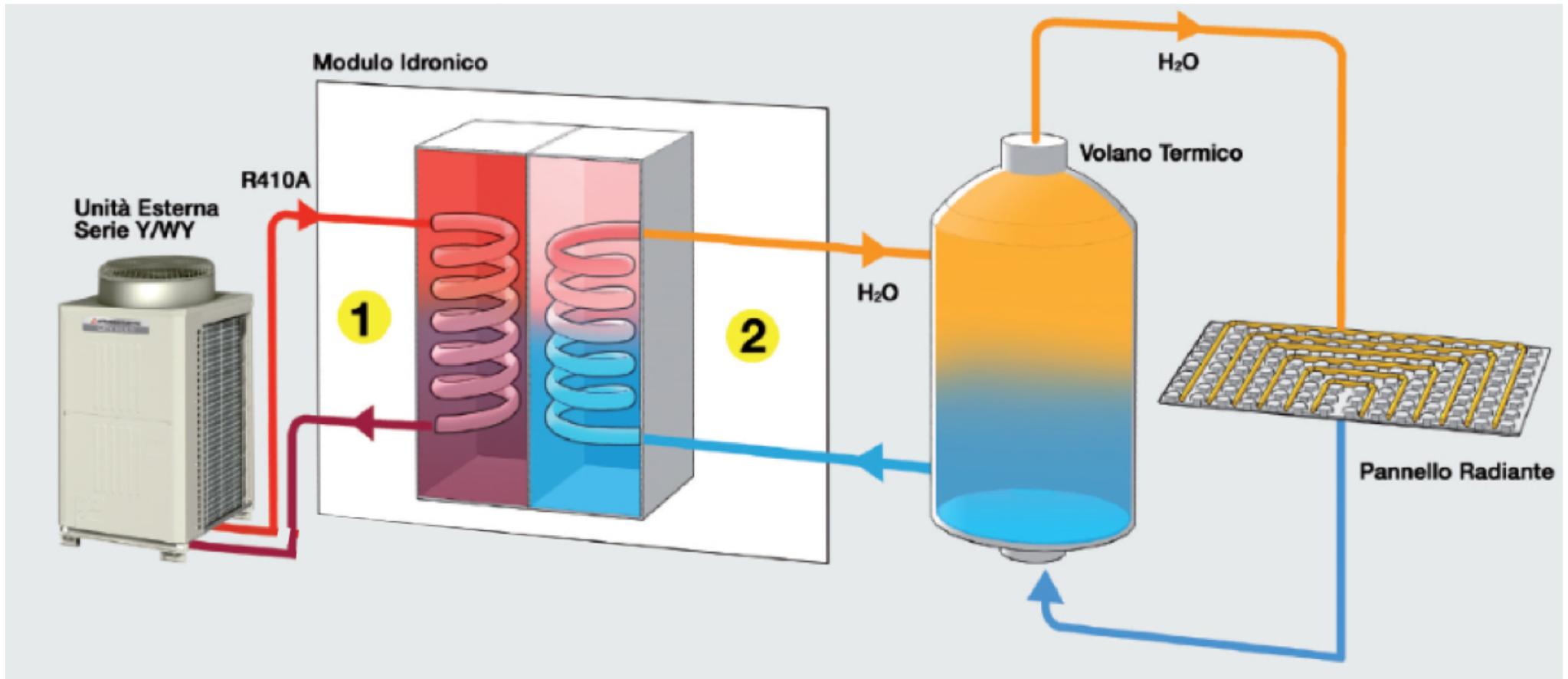
**IMPIANTI PER LA SOSTENIBILITA' ENERGETICA DEGLI EDIFICI**

**A.A. 2019-2020**

I fattori di vista secondo la UNI 7726

*Docente: ROBERTO RICCIU*

## Un esempio: Il sistema idronico radiante:



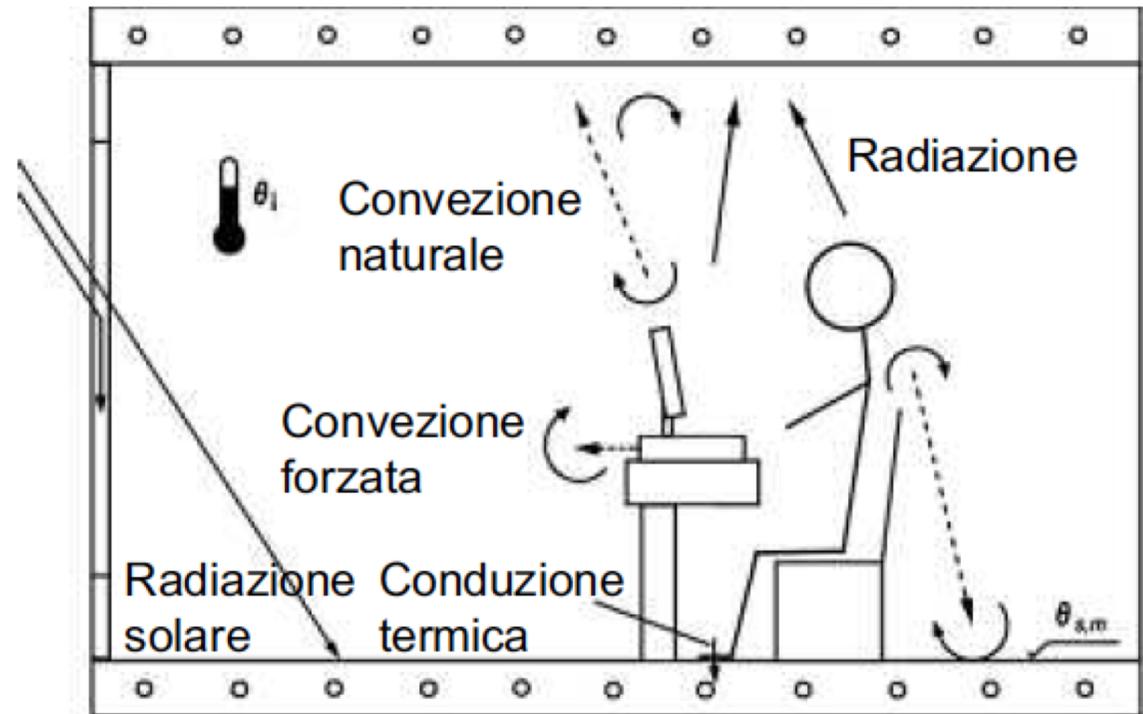
## Cosa influenza la capacità di condizionamento di un sistema idronico radiante:

- il coefficiente di scambio termico tra la superficie radiante e l'ambiente circostante (coefficiente di scambio termico "totale" = convezione + irraggiamento),
- la minima e massima temperatura superficiale (basate sui requisiti di comfort),
- «il punto di rugiada dell'ambiente»,
- lo scambio termico tra la serpentina e la superficie radiante,
- l'emissività della superficie radiante e **i fattori di vista** tra le superfici, e tra le superfici e gli occupanti.

## TRASMISSIONE DEL CALORE

Sono tre i meccanismi fisici che descrivono la trasmissione del calore:

- conduzione;
- convezione;
- irraggiamento.

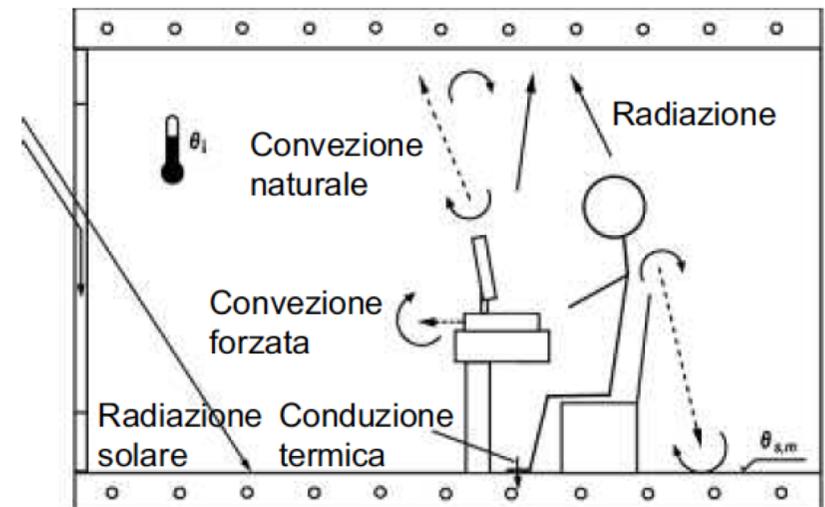


Modello di bilancio termico in un locale con sistema di riscaldamento /raffrescamento radiante

Il flusso di calore per **conduzione** ha luogo nei corpi solidi e la sua entità è influenzata dalle proprietà termofisiche del materiale.

I flussi di calore attraverso muri, soffitti o le scarpe di una persona rappresentano tipici esempi (in figura).

La conduzione ha una influenza diretta sul flusso termico tra la superficie del pavimento e il piede della persona, mentre l'aria ambiente non ne è direttamente influenzata.



Un importante meccanismo conduttivo ha luogo tra i tubi ove fluisce l'acqua e la superficie radiante nel locale.

Questo flusso conduttivo è influenzato principalmente da tipo di tubo (diametro, spessore materiale), distanza tra i tubi e resistenza del materiale interposto tra tubo e superficie.

La **convezione** di calore ha sede tra aria e superfici. Essa può essere libera o forzata. Differenze di temperatura o di densità sono i motori della convezione naturale.

Esempi tipici sono il flusso di aria fresca nei pressi di una vetrata fredda, o il moto di aria calda ascendente dal corpo umano (pennacchio termico).

In convezione forzata l'aria lambisce a elevata velocità la superficie, come ad esempio l'aria movimentata da un ventilatore o da un condizionatore.

Il flusso termico convettivo coinvolge direttamente l'aria e quindi, direttamente, ne influenza la temperatura.

L'**irraggiamento** è il meccanismo di scambio termico che si manifesta attraverso un flusso di onde elettromagnetiche (nel range tra 0,8 - 400  $\mu\text{m}$ ) tra due superfici a diversa temperatura.

Le onde elettromagnetiche si propagano anche nel vuoto alla velocità della luce.

La radiazione ad elevata lunghezza d'onda riscalda le superfici circostanti come l'arredo o le altre pareti, le quali "indirettamente" riscaldano l'aria.

Lo scambio termico radiativo che ha luogo tra due superfici interne è fortemente influenzato dal **fattore di vista** tra la i-esima (superficie emettente) e la j-esima superficie (persona), nonché dalla emissività delle superfici stesse.

La forma caratteristica dello spettro di emissione dipende dalla lunghezza d'onda e quindi dalla frequenza.

La radiazione ad alta lunghezza d'onda, come l'infrarosso e la radiazione termica tra superfici interne, si manifesta nel range 0,8 - 100  $\mu\text{m}$ .

La bassa lunghezza d'onda come la radiazione solare si manifesta tra 0,3 - 3,0  $\mu\text{m}$  mentre la luce tra 0,4 - 0,7  $\mu\text{m}$ .

La predisposizione allo scambio radiativo delle superfici varia con la lunghezza d'onda.

Dal punto di vista teorico, l'emissività di una superficie ( $\varepsilon$ ) può essere espressa:

Il rapporto tra il flusso radiante totale emesso ( $q$ ) rispetto a quello totale di un corpo nero ( $q_0$ ).

L'emissività di una superficie varia tra 0 - 1, dove 1 corrisponde alla emissività di un corpo nero.

$$\varepsilon = \frac{q}{q_0}$$

Le superfici emettenti comuni possono raggiungere emissività di **0,95**, corrispondente alla radiazione ad alta lunghezza d'onda tra superfici interne.

Questo valore non può essere applicato a superfici metalliche che presentano valori di emissività più bassi.

Altro fattore che influenza significativamente la radiazione a bassa lunghezza d'onda è il **colore** della superficie.

Esempi:

- radiazione solare
- sorgenti luminose a bassa lunghezza d'onda:

ciò può essere utilizzato favorevolmente per azioni di isolamento passivo.

Al fine di diminuire lo scambio termico radiativo, alcuni accorgimenti sono di particolare utilità.

- Il rivestimento metallico applicato a soffitti o superfici laterali, grazie ai processi di riflessione della radiazione, può incrementare l'azione raffrescante di una superficie radiante, creando una sensazione di benessere ambientale riducendo la domanda energetica.

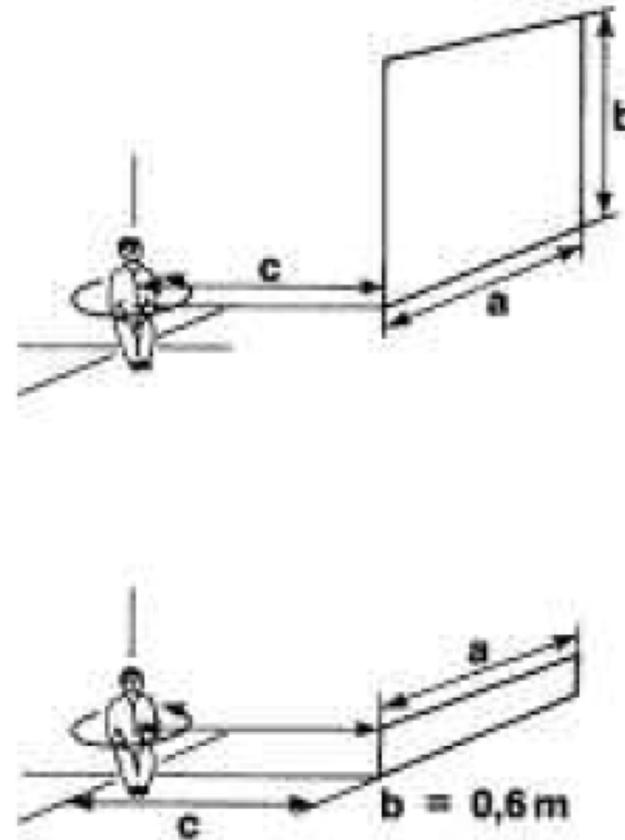
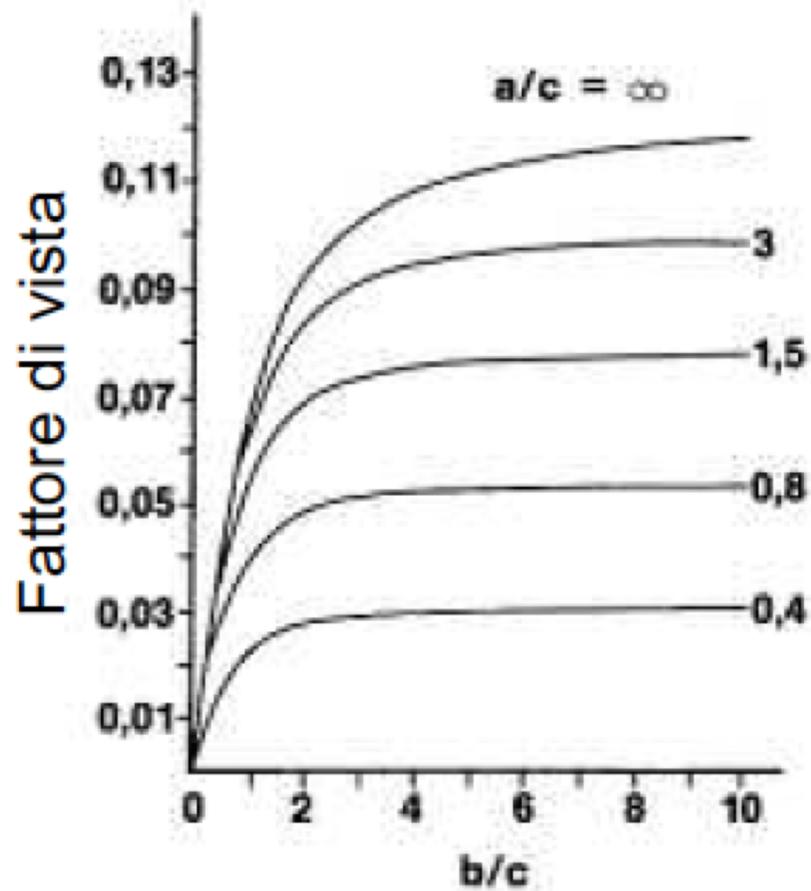
Questa applicazione è nota con il termine inglese “in-ice-rinks”.

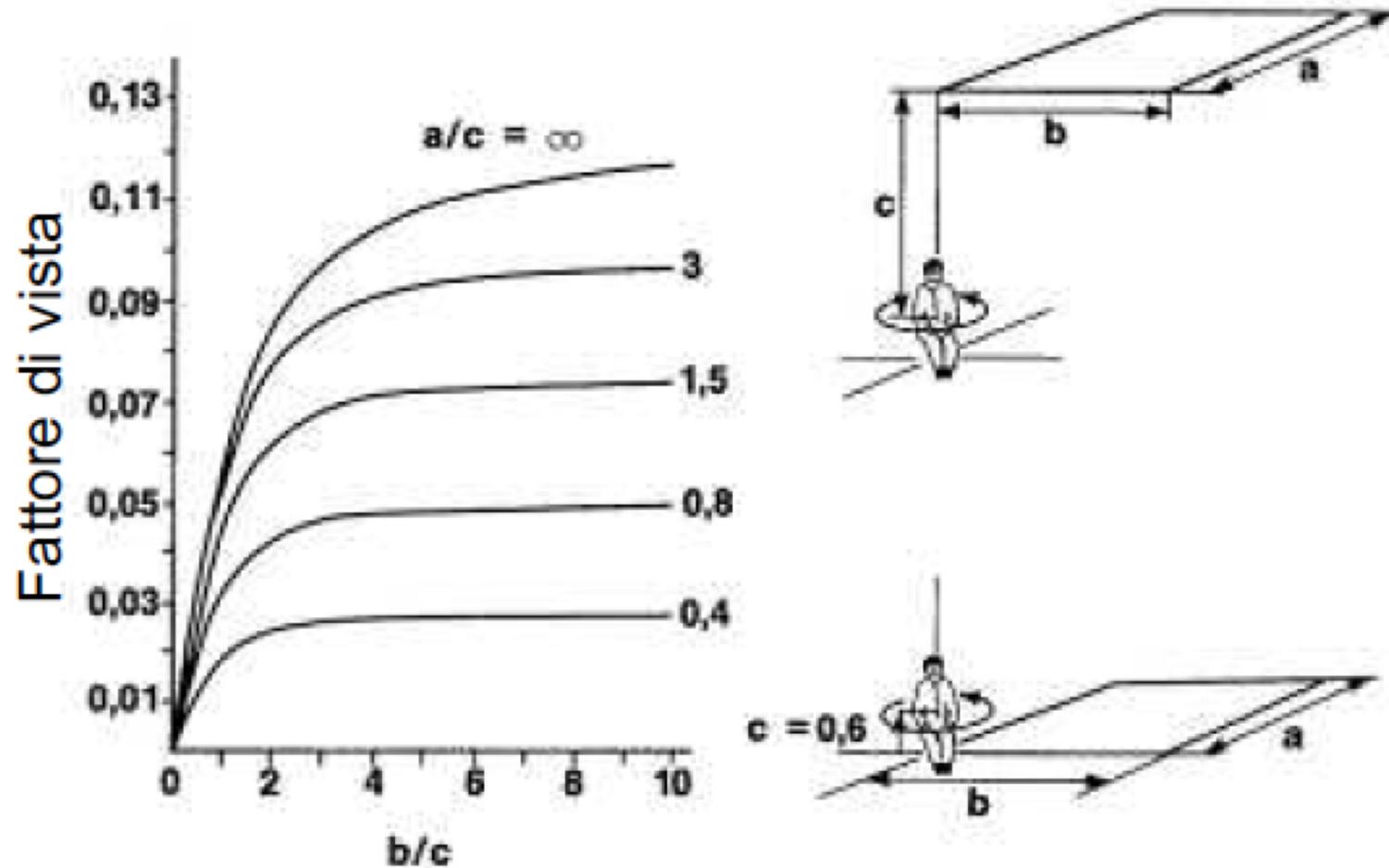
## **Fattori di vista (UNI 7726)**

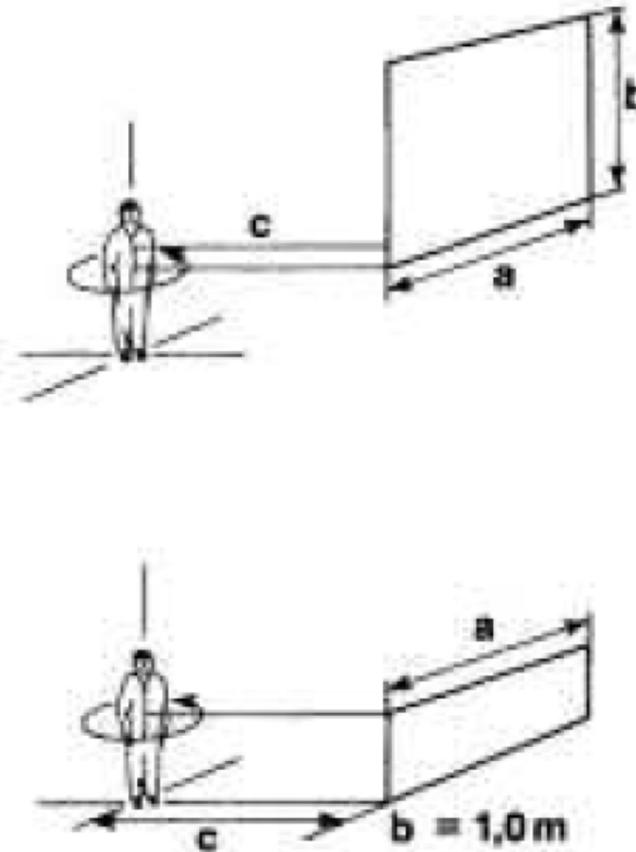
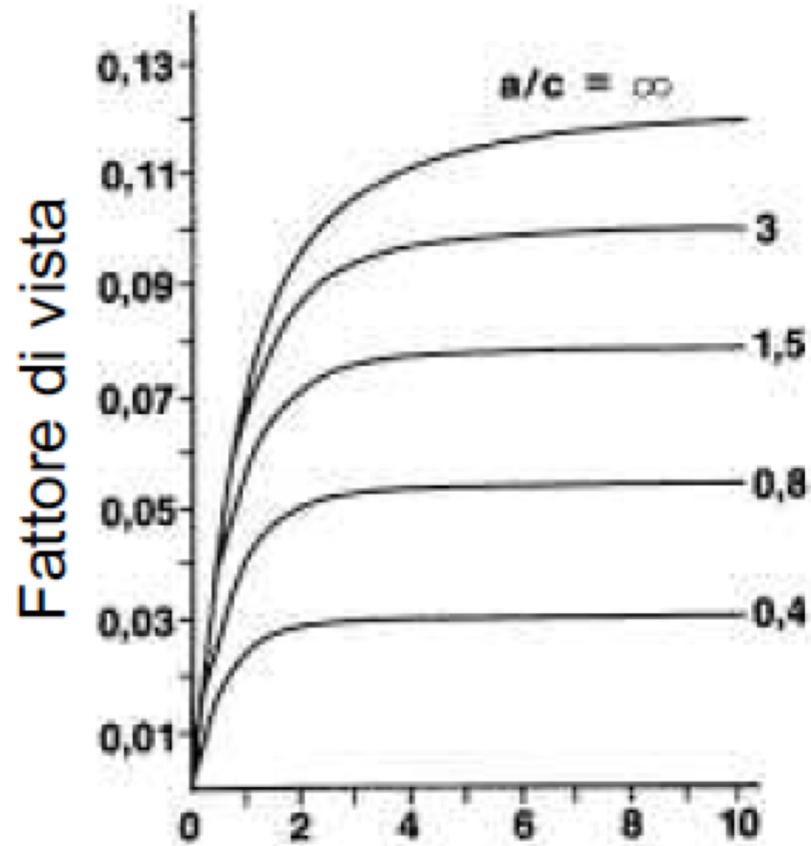
I fattori di vista stabiliscono la correlazione tra forma geometrica, dimensione (area) e distanza tra due oggetti (per esempio persona e superficie della stanza).

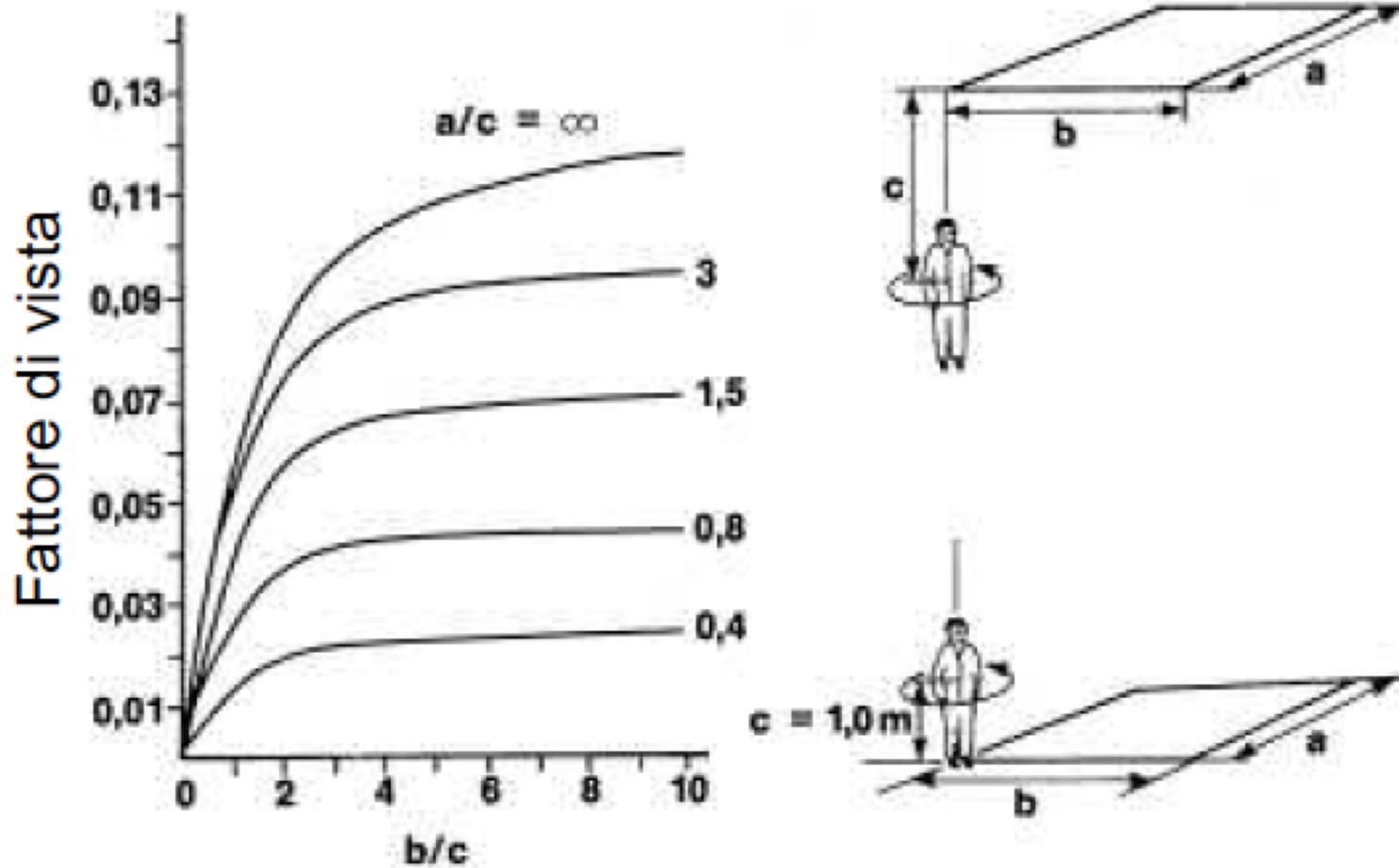
La somma tra i fattori di vista tra la persona e le superfici di una stanza è pari a 1.

Il fattore di vista tra una persona in piedi o seduta e le superfici può essere ricavato da diagrammi (figure 2.2, 2.3, EN ISO 7726 [C17]) o calcolato sulla base delle equazioni 2.2, 2.3 e 2.4.









*Fattore di vista (EN ISO 7726):*

$$(2.2) \quad F_{p-N} = F_{\max} \left( 1 - e^{-(a/c)/\tau} \right) \left( 1 - e^{-(h/c)/\gamma} \right)$$

$$(2.3) \quad \tau = A + B(a/c)$$

$$(2.4) \quad \gamma = C + D(b/c) + E(a/c)$$

**Tabella 2.1. Coefficienti dell'equazione per il calcolo dei fattori di vista [C17]**

	$F_{max}$	$A$	$B$	$C$	$D$	$E$
<b>PERSONA SEDUTA</b> , Figura 2.2a Superficie verticale: parete, finestra	0,118	1,216	0,169	0,717	0,087	0,052
<b>PERSONA SEDUTA</b> , Figura 2.2b Superficie orizzontale: pavimento, soffitto	0,116	1,396	0,130	0,951	0,080	0,055
<b>PERSONA IN PIEDI</b> , Figura 2.3a Superficie verticale: parete, finestra	0,120	1.242	0,167	0,616	0,082	0,051
<b>PERSONA IN PIEDI</b> , Figura 2.3b Superficie orizzontale: pavimento, soffitto	0,116	1.595	0,128	1.226	0,046	0,044

## La Temperatura media radiante

$t_n$  = temperatura della n-esima superficie radiante in Kelvin

$$t_{mr} \cong \sum_n t_n F_{p,n} = t_1 F_{p,1} + t_2 F_{p,2} + \dots + t_N F_{p,N}$$

$F_{p,n}$  = *fattore angolare tra la superficie di misura e la n-esima superficie*

N = numero di superfici radianti dell'ambiente

Non essendo nota la direzione con cui la persona “vede” la superficie,

direzione che spesso cambia, è raccomandato l’uso dei diagrammi omni-direzionali.

La posizione della persona influenza la **temperatura media radiante** e quindi quella **operativa**.

$$t_o = A \cdot t_a + (1-A) \cdot \bar{T}_r$$

con:

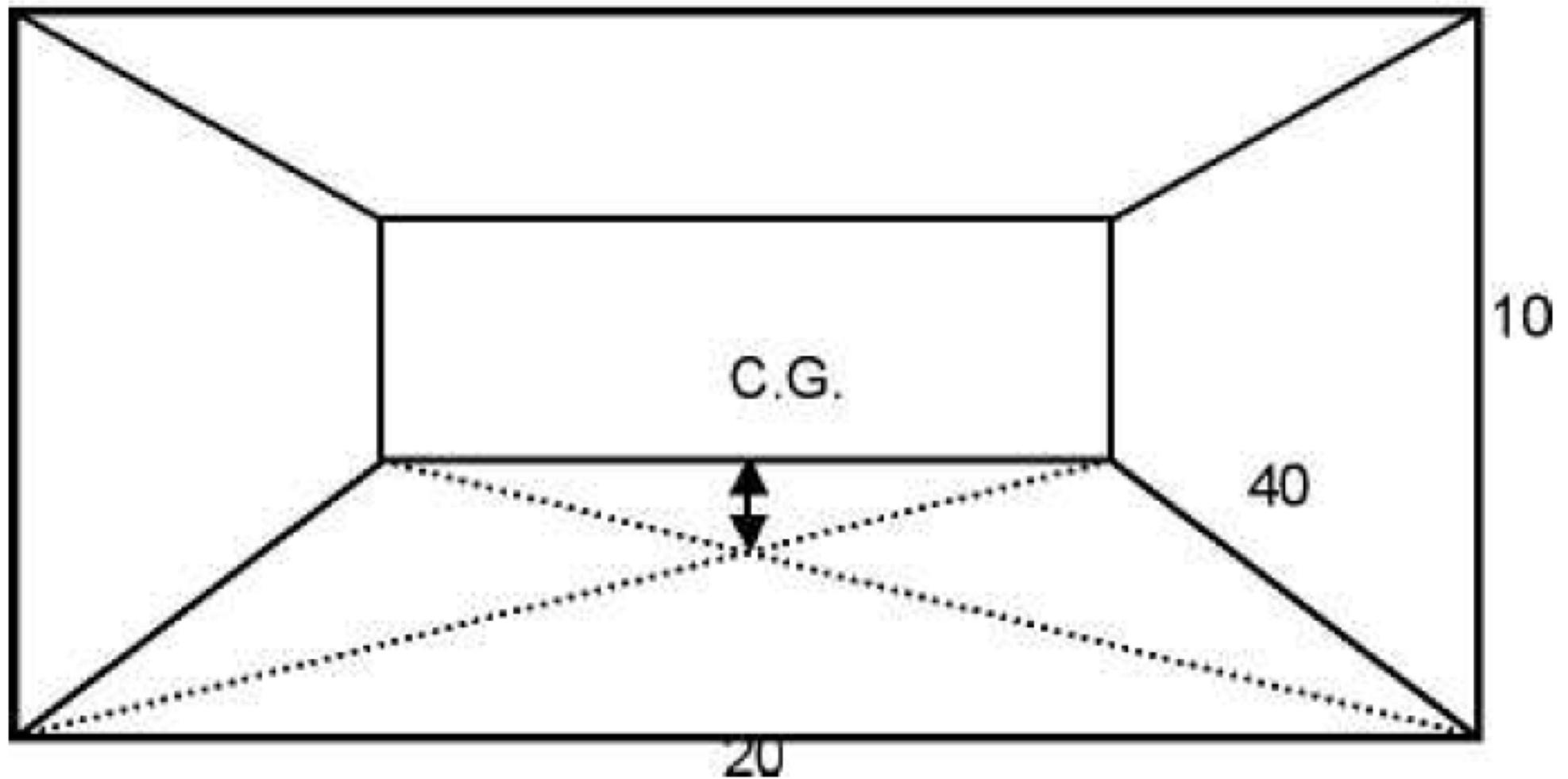
$v_{ar}$	<0.2	0.2 - 0.6	0.6 - 1.0
$A$	0.5	0.6	0.7

L’equazione è tratta dalla norma UNI-EN-ISO 7730.

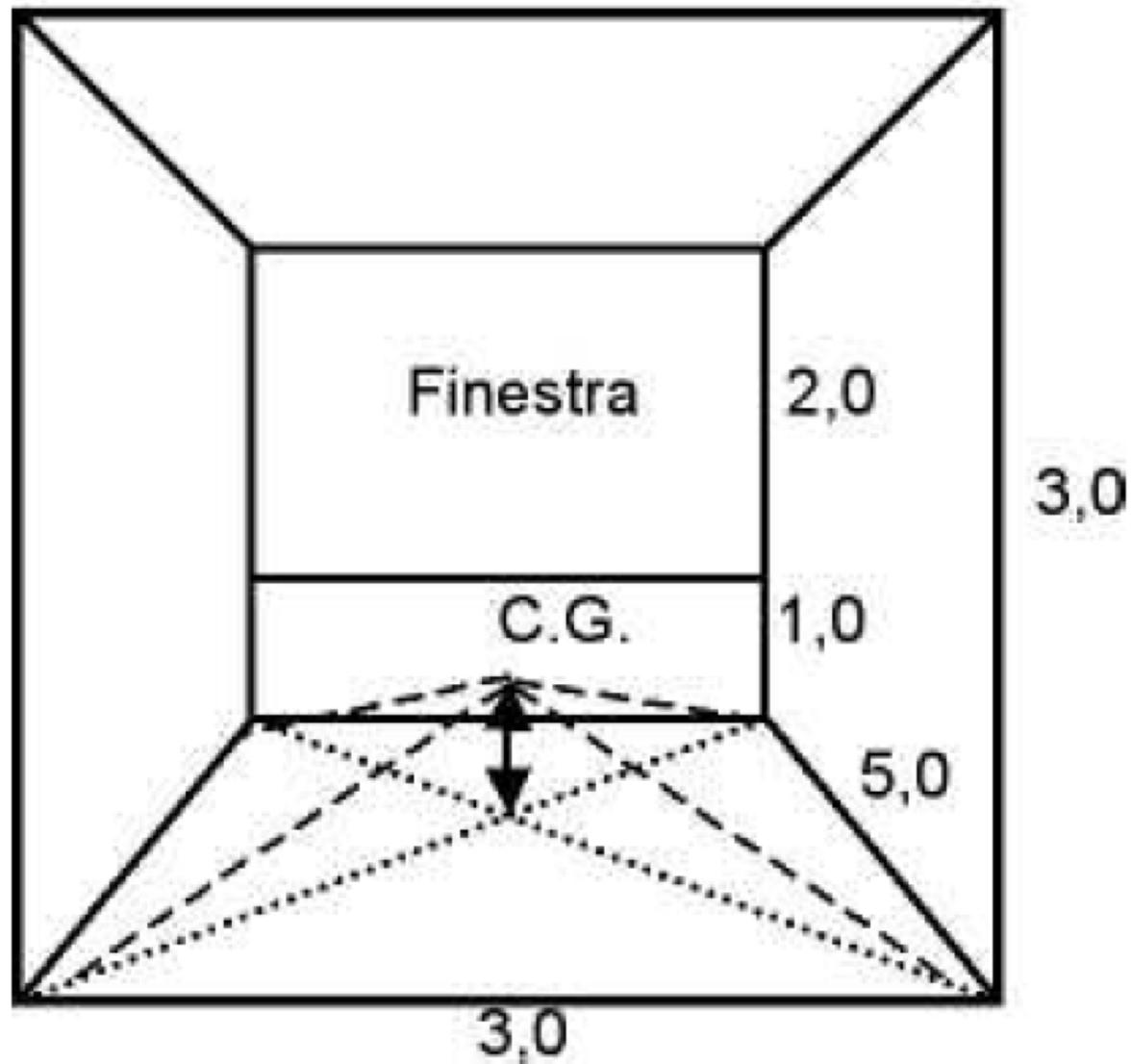
Il centro di una persona **seduta** è **0,6 m** (**1,0 m** se **in piedi**) dal pavimento, mentre ovviamente varia nel caso del soffitto (per una persona seduta 2,4 m in una stanza di 3,0 m di altezza).

Nei confronti della persona, il pavimento presenta normalmente il fattore di vista maggiore rispetto alle altre superfici (pareti, finestre, soffitto).

## Locale Industriale



### Locale ufficio



# Risultati dei fattori di vista

Per una persona al centro di un ufficio, il fattore di vista con il pavimento è 0,32 se seduta e 0,24 se in piedi.

In un ambiente industriale è 0,48 sia seduta che in piedi in quanto la differenza di quota tra le due posizioni è trascurabile rispetto all'altezza dell'ambiente e alle sue dimensioni.

Superficie	Fattore di vista $F_{p-N}$			
	Locale ufficio		Locale industriale	
	Seduto	In piedi	Seduto	In piedi
Pavimento	0,32	0,24	0,48	0,48
Soffitto	0,12	0,12	0,22	0,22
Parete (di fronte)	0,03	0,04	0,03	0,03
Finestra	0,06	0,06	-	-
Parete (dietro)	0,09	0,10	0,03	0,03
Parete (lato destro)	0,19	0,22	0,12	0,12
Parete (lato sinistro)	0,19	0,22	0,12	0,12