

Progetto di Strutture

Dipartimento di Ingegneria

Corso di Laurea in Ingegneria Civile

A/A 2018-2019

IL SOLAIO – PREDIMENSIONAMENTO E ANALISI DEI CARICHI

PREDIMENSIONAMENTO SOLAIO

La normativa italiana (D.M. 17.01.2018, Punto 4.1.9) regola il progetto del solaio prevedendo le seguenti tipologie:

4.1.9. NORME ULTERIORI PER I SOLAI

Si intendono come solai le strutture bidimensionali piane caricate ortogonalmente al proprio piano, con prevalente comportamento resistente monodirezionale.

4.1.9.1 SOLAI MISTI DI C.A. E C.A.P. E BLOCCHI FORATI IN LATERIZIO O IN CALCESTRUZZO

Nei solai misti in calcestruzzo armato normale e precompresso e blocchi forati in laterizio o in calcestruzzo, i blocchi hanno funzione di alleggerimento e di aumento della rigidezza flessionale del solaio. Essi si suddividono in blocchi collaboranti e non collaboranti.

Nel caso di blocchi non collaboranti la resistenza allo stato limite ultimo è affidata al calcestruzzo ed alle armature ordinarie e/o di precompressione. Nel caso di blocchi collaboranti questi partecipano alla resistenza in modo solidale con gli altri materiali.

4.1.9.2 SOLAI MISTI DI C.A. E C.A.P. E BLOCCHI DIVERSI DAL LATERIZIO O CALCESTRUZZO

Possono utilizzarsi per realizzare i solai misti di calcestruzzo armato e calcestruzzo armato precompresso anche blocchi diversi dal laterizio o dal calcestruzzo, con sola funzione di alleggerimento.

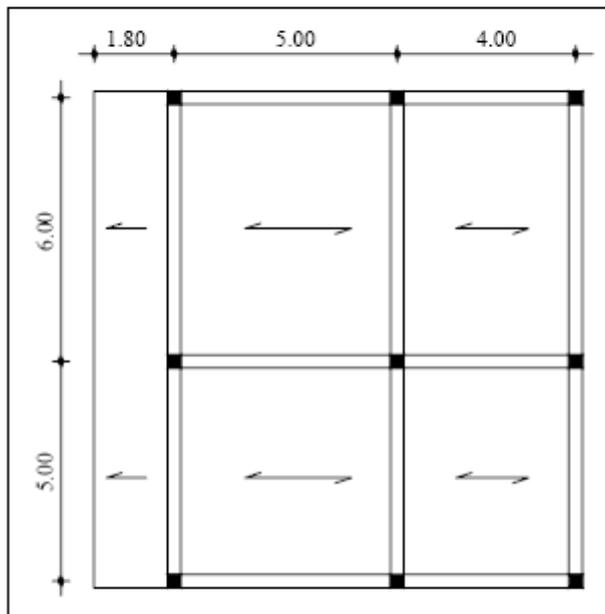
I blocchi in calcestruzzo leggero di argilla espansa, calcestruzzo normale sagomato, polistirolo, materie plastiche, elementi organici mineralizzati, ecc., devono essere dimensionalmente stabili e non fragili, e capaci di seguire le deformazioni del solaio.

4.1.9.3 SOLAI REALIZZATI CON L'ASSOCIAZIONE DI COMPONENTI PREFABBRICATI IN C.A. E C.A.P.

I componenti di questi tipi di solai devono rispettare le norme di cui al presente § 4.1.

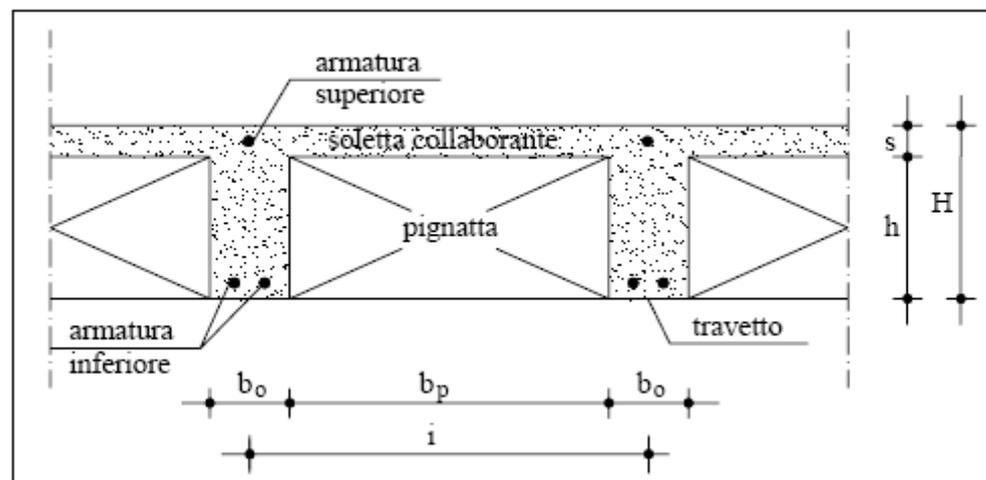
Oltre a quanto indicato nei precedenti paragrafi relativamente allo stato limite di deformazione, devono essere tenute presenti le

PREDIMENSIONAMENTO SOLAIO



Dato uno schema strutturale come quello rappresentato in figura è necessario procedere con il predimensionamento del solaio in base alla luce più grande.

Sezione trasversale schematica di un generico solaio misto in latero-cemento.

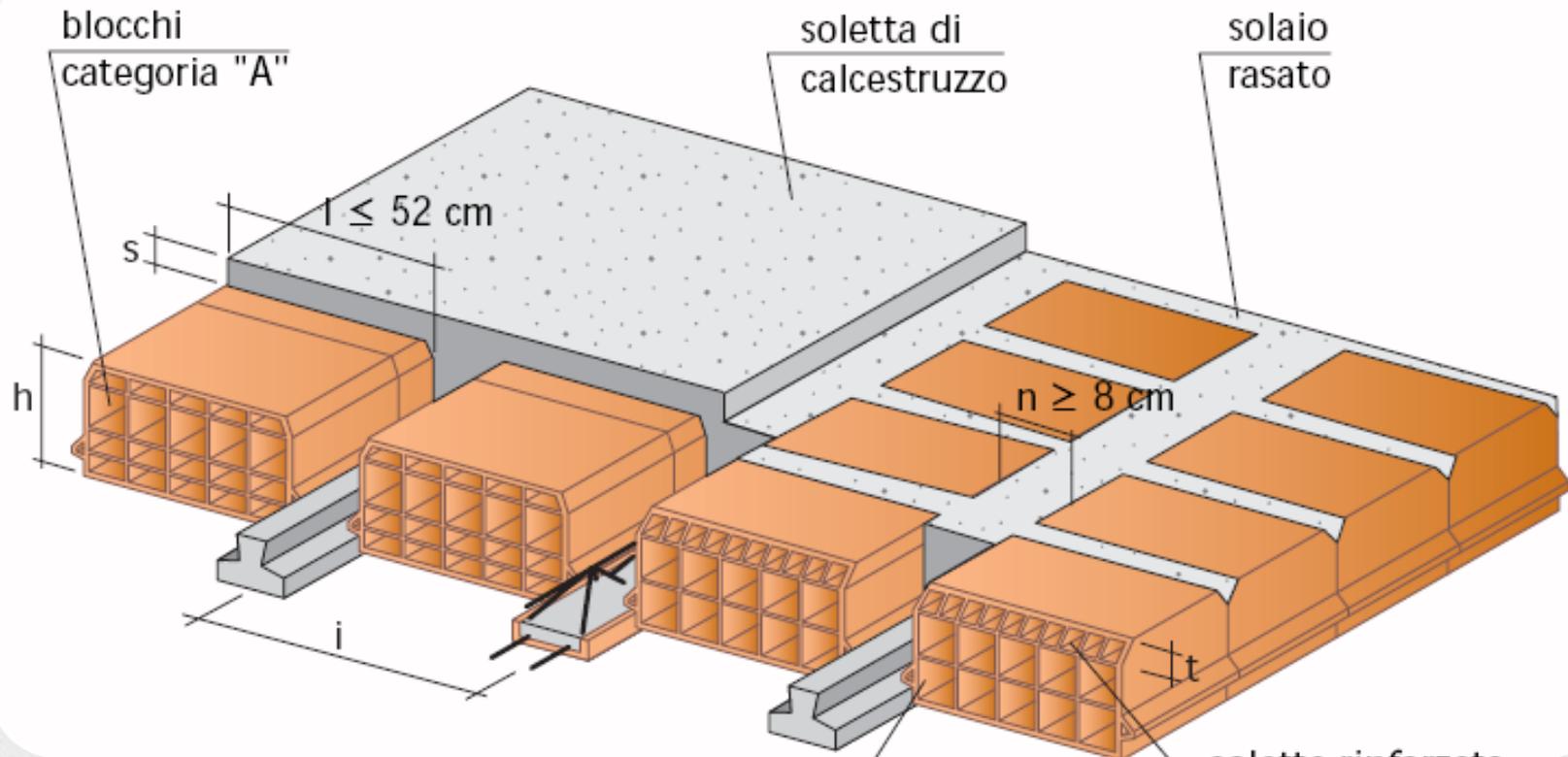


PREDIMENSIONAMENTO SOLAIO

D.M. 17.01.2018 Punto 4.1.9 – Circ. 617/09 c.4.1.9

Altezza solaio	$H > 15 \text{ cm}$	L è la luce della campata più lunga. Considerando che una pignatta non è alta meno di 12 cm, l'altezza minima del solaio è 16 cm.
Altezza soletta	$s \geq 4 \text{ cm}$	In genere non si usano solette con spessore maggiore di 5 cm., ma 4 cm è lo spessore più usuale.
Interasse travetto	$i \leq 15 s$	Un interasse usuale è $i = 50 \div 52 \text{ cm}$. a seconda di b_o , considerando una pignatta larga 40 cm.
Larghezza travetto	$b_o \geq 1/8 i$ $b_o \geq 8 \text{ cm}$	Dimensioni usuali sono $b_o = 10 \div 12 \text{ cm}$, possibilmente non più di 14 cm; la larghezza del travetto viene determinata anche in funzione delle sollecitazioni di taglio previste.
Dimensioni pignatta	$b_p \leq 52 \text{ cm}$	In genere l'altezza delle pignatte è sempre un numero pari: 12 ÷ 14 ÷ 16 cm ecc. Il minimo è 12 cm.

PREDIMENSIONAMENTO SOLAIO



DIMENSIONI MINIME DI UN SOLAIO LATERO-CEMENTIZIO

PREDIMENSIONAMENTO SOLAIO

CRITERI DI PREDIMENSIONAMENTO DELL'ALTEZZA

Per il dimensionamento del solaio è possibile seguire due criteri:

criteri empirici: Indicazioni fornite dalla normativa, riguardano indirettamente l'aspetto deformativo di un solaio.

criteri analitici: Hanno per oggetto comportamenti strutturali d'insieme in quanto mirano a soddisfare in maniera esplicita i requisiti deformativi e di resistenza di un solaio.

PREDIMENSIONAMENTO SOLAIO

CRITERI DI PREDIMENSIONAMENTO DELL'ALTEZZA

I criteri si esprimono indicando un limite inferiore dell'altezza H come porzione della luce libera del solaio L .

□ criteri empirici: La normativa attuale (NTC) non da indicazioni sull'altezza minima da rispettare. La normativa del 1996 forniva il limite inferiore pari $L/25$ per i solaio non precompressi, mentre per quelli con travetti precompressi il limite scende a $L/30$.

PREDIMENSIONAMENTO SOLAIO

CRITERI DI PREDIMENSIONAMENTO DELL'ALTEZZA

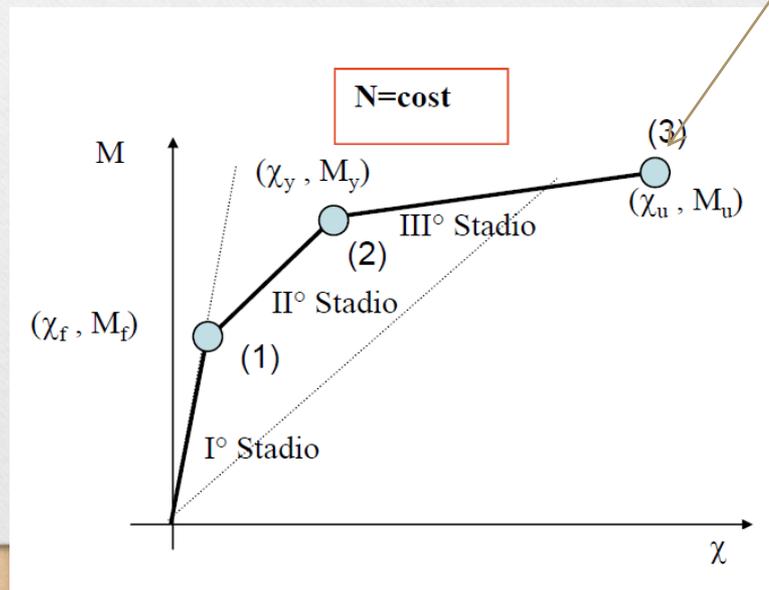
□ criteri analitici:

□ Metodi basati sulla deformabilità

→ $\delta_{\max} < \delta_{\text{adm}}$

□ Metodi basati sulla resistenza

→ $M_{\max} < M_u$



PREDIMENSIONAMENTO SOLAIO - ESEMPIO

$$L_{\max} = 5.00 \text{ m} \Rightarrow H = 500 \text{ cm} / 25 = 20 \text{ cm} \quad \text{D.M. 9.1.96 (H>L/25)}$$

$$s = 4 \text{ cm} \Rightarrow h = 16 \text{ cm}$$

Con $s = 4 \text{ cm}$, H deve essere sempre un numero pari arrotondato per eccesso.

Per quanto riguarda la larghezza del travetto possiamo assumere che:

$$b_0 = 12 \text{ cm} \quad \text{se} \quad L_{\max} > 6.00 \text{ m}$$

$$b_0 = 10 \text{ cm} \quad \text{se} \quad L_{\max} < 6.00 \text{ m}$$

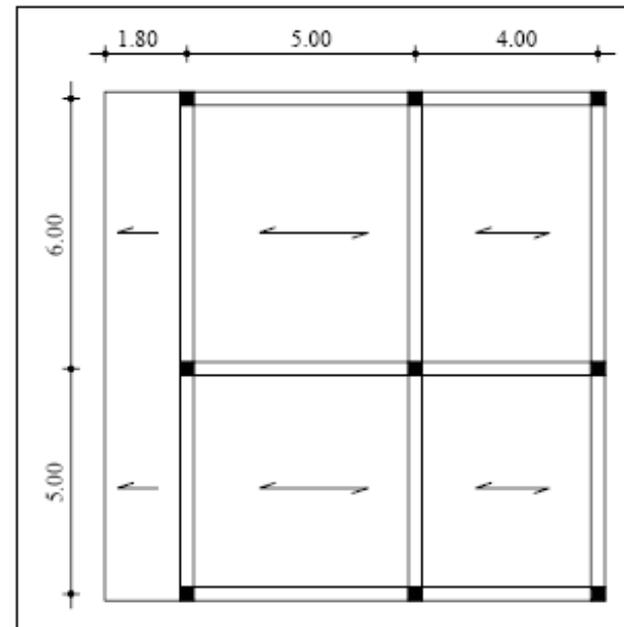
Se si pone $b_p = 40 \text{ cm}$, si ottiene:

$$i = 50 \div 52 \text{ cm} \leq 15s = 60 \text{ cm}$$

Nel caso specifico, si pone

$$b_0 = 10 \text{ cm} \quad i = 50 \text{ cm}$$

$$b_0 = 10 \text{ cm} > 50 \text{ cm} / 8 = 6.25 \text{ cm}$$

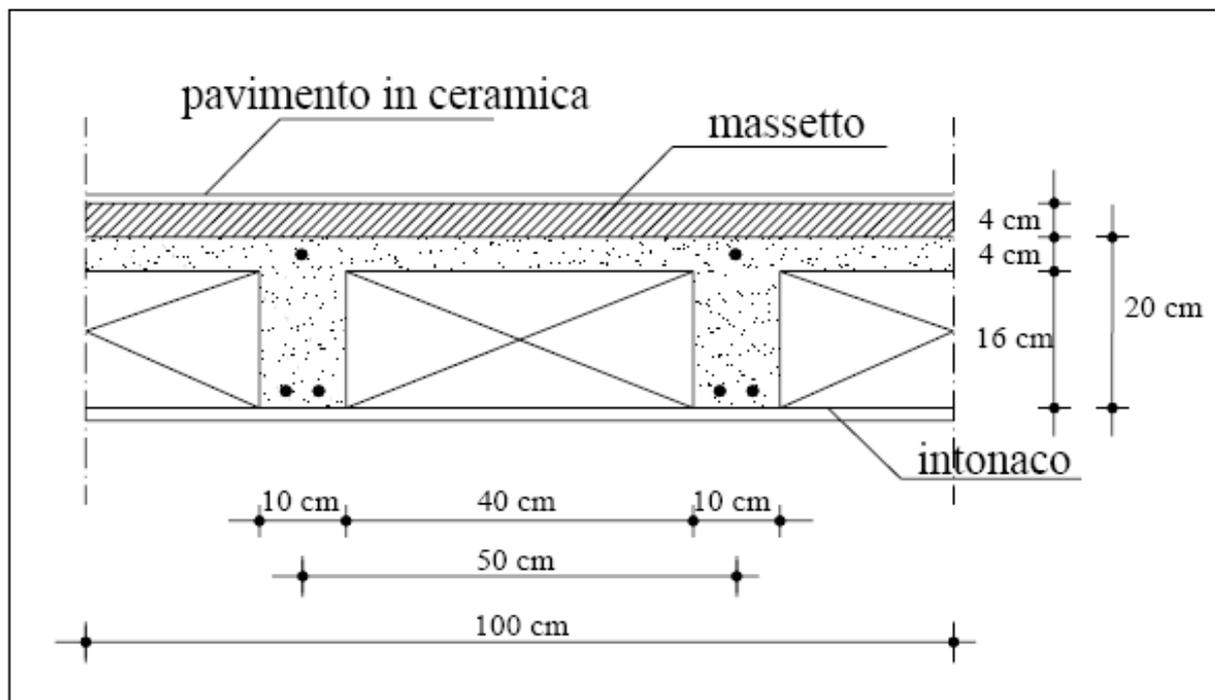


PREDIMENSIONAMENTO SOLAIO - ESEMPIO

SOLAIO INTERPIANO – INTERNO ALL'EDIFICIO

Destinazione d'uso:

Civile Abitazione



Dimensioni

$H = 20 \text{ cm}$

$s = 4 \text{ cm}$

$i = 50 \text{ cm}$

$b_o = 10 \text{ cm}$

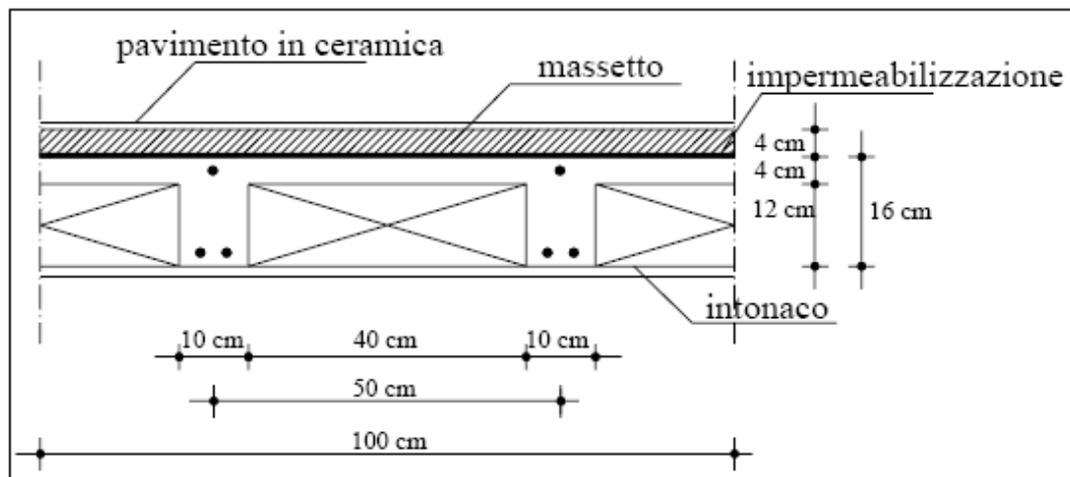
PREDIMENSIONAMENTO SOLAIO - ESEMPIO

SOLAIO INTERPIANO – BALCONE

$$\Rightarrow H_b = H - 4 \text{ cm} = 16 \text{ cm}$$

L'altezza del solaio, in genere, viene ridotta di circa 4 cm per evitare problemi di ingresso delle acque all'interno dell'edificio.

ATTENZIONE: l'altezza di un solaio non può essere inferiore a 16 cm. In caso, si rinuncia a ridurre H incrementando, semmai, l'altezza del massetto del solaio interno usando una malta di argilla espansa (12 kN/mc).



Particolare attenzione bisogna porla, inoltre, quando si ha una terrazza molto ampia poichè deve essere sempre rispettata la norma $H \geq L_{ter}/25$

SOLAIO – ANALISI DEI CARICHI

Una volta predimensionato il solaio, bisogna calcolare l'entità dei:

- Carichi permanenti: peso del solaio, dei materiali di finitura, dei tramezzi e di eventuali altri elementi gravanti su di esso in maniera permanente (ex. parapetti)
- Carichi variabili: a seconda della destinazione d'uso dell'edificio e del solaio stesso (locali interni, copertura, balconi ecc.)

Bisogna, in genere fare una distinzione tra solai con diverse destinazioni d'uso che si differenziano per l'entità dei carichi accidentali, per materiali di finitura e anche per dimensioni.

Nell'ambito dell'esercitazione, possono essere individuate tre tipologie diverse:

- Solai interpiano interni all'edificio
- Solai interpiano di balconi o terrazze
- Solai di copertura

SOLAIO – ANALISI DEI CARICHI

SOLAIO INTERPIANO

Carichi permanenti

- Soletta in cls
- Travetti
- Pignatte

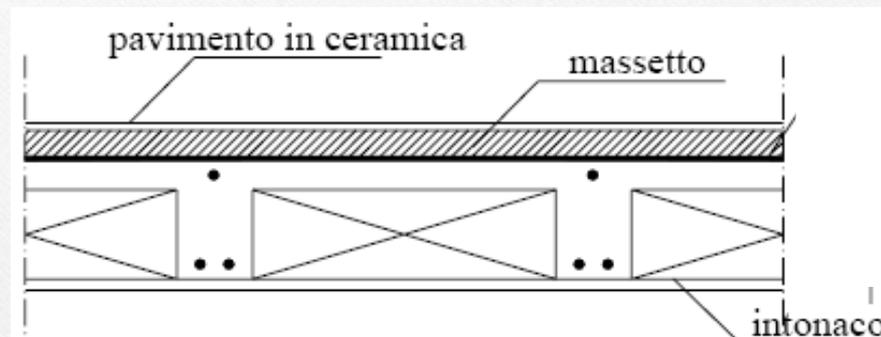
Peso proprio
solaio

- Intonaco
- Massetto
- Pavimento

Sovraccarichi permanenti

- Tramezzature
(DM. p. 3.1.3)

- per elementi divisori con $G_2 \leq 1,00 \text{ kN/m}$:	$g_2 = 0,40 \text{ kN/m}^2$
- per elementi divisori con $1,00 < G_2 \leq 2,00 \text{ kN/m}$:	$g_2 = 0,80 \text{ kN/m}^2$
- per elementi divisori con $2,00 < G_2 \leq 3,00 \text{ kN/m}$:	$g_2 = 1,20 \text{ kN/m}^2$
- per elementi divisori con $3,00 < G_2 \leq 4,00 \text{ kN/m}$:	$g_2 = 1,60 \text{ kN/m}^2$
- per elementi divisori con $4,00 < G_2 \leq 5,00 \text{ kN/m}$:	$g_2 = 2,00 \text{ kN/m}^2$



SOLAIO – ANALISI DEI CARICHI

SOLAIO INTERPIANO

Carichi permanenti: peso proprio solaio

G_{sk} = porzione in c.a. + peso elementi di alleggerimento

peso del c.a. = 25.00 kNm^{-3}

Il peso degli elementi di alleggerimento in laterizio dipende invece dal tipo di laterizio stesso. Una misura ragionevole del peso medio dell'insieme pignatte-travetti è pari a circa 10.00 kNm^{-3} .

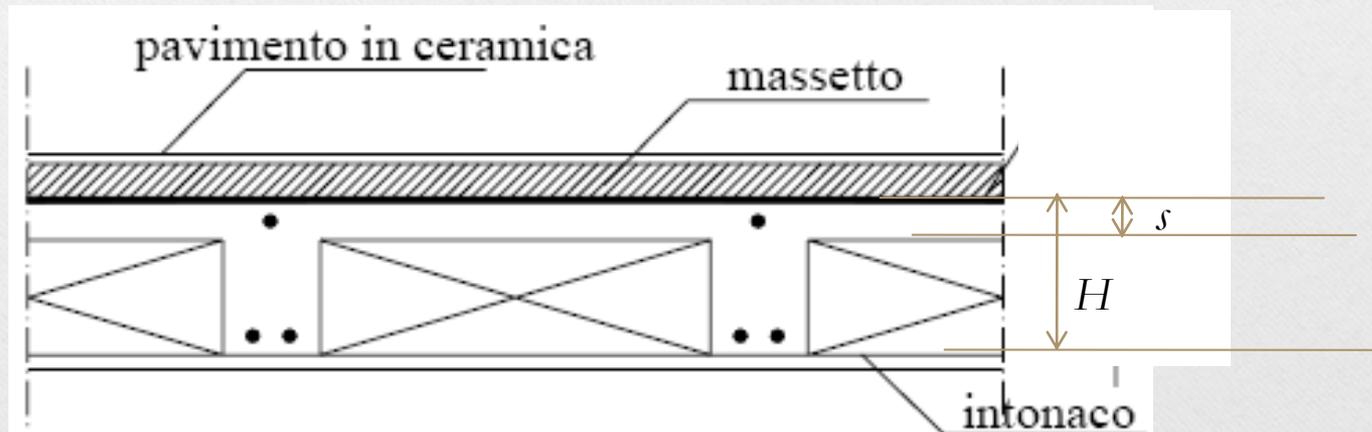
SOLAIO – ANALISI DEI CARICHI

SOLAIO INTERPIANO

Carichi permanenti: peso proprio solaio

Il peso proprio di un solaio può essere calcolato secondo 2 modalità:

$$1. G_{sk} [kNm^{-2}] = \underbrace{25.00 \times s}_{\text{soletta}} + \underbrace{10.00 \times (H - s)}_{\text{pignatte-travetti}} \quad [s], [H] = [m]$$



SOLAIO – ANALISI DEI CARICHI

SOLAIO INTERPIANO

Carichi permanenti: peso proprio solaio

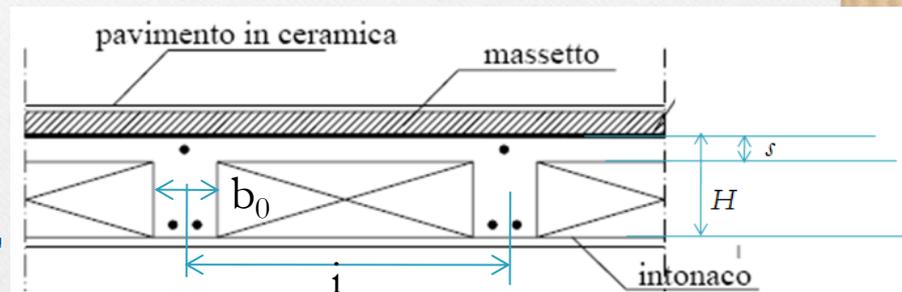
Il peso proprio di un solaio può essere calcolato secondo 2 modalità:

$$2. \quad G_{sk} [kNm^{-2}] = g_s + g_t + g_p$$

soletta $g_s [kN/m^2] = 25.0 * s$

travetti $g_t [kN/m^2] = 25.0 * (H - s) * 0.2/1.0$

pignatte $g_p [kN/m^2] = 8.0 * (H - s) * 0.8/1.0$



↓
Peso pignatte variabile tra 5 e 8 kN/m³

SOLAIO – ANALISI DEI CARICHI

Carichi Permanenti Sovraccarichi permanenti

D.M. 17.01.18 Tabella
pesi p.3.1.I

MATERIALI	PESO UNITÀ DI VOLUME [kN/m ³]
Calcestruzzi cementizi e malte	
Calcestruzzo ordinario	24,0
Calcestruzzo armato (e/o precompresso)	25,0
Calcestruzzi “leggeri”: da determinarsi caso per caso	14,0 ÷ 20,0
Calcestruzzi “pesanti”: da determinarsi caso per caso	28,0 ÷ 50,0
Malta di calce	18,0
Malta di cemento	21,0
Calce in polvere	10,0
Cemento in polvere	14,0
Sabbia	17,0
Metalli e leghe	
Acciaio	78,5
Ghisa	72,5
Alluminio	27,0
Materiale lapideo	
Tufo vulcanico	17,0
Calcere compatto	26,0
Calcere tenero	22,0
Gesso	13,0
Granito	27,0
Laterizio (pieno)	18,0
Legnami	
Conifere e pioppo	4,0 ÷ 6,0
Latifoglie (escluso pioppo)	6,0 ÷ 8,0
Sostanze varie	
Acqua dolce (chiara)	9,81
Acqua di mare (chiara)	10,1
Carta	10,0
Vetro	25,0
Per materiali non compresi nella tabella si potrà far riferimento a specifiche indagini sperimentali o a normative di comprovata validità assumendo i valori nominali come valori caratteristici.	

SOLAIO – ANALISI DEI CARICHI

Sovraccarichi permanenti di uso corrente nella pratica professionale:

- pavimento: $0.30 \div 0.55 \text{ kNm}^{-2}$
- malta di allettamento e caldana per
isolamento termoacustico,
alloggiamento reti tecnologiche e
formazione di pendenze: $19.00 \div 21.00 \text{ kNm}^{-3}$
- impermeabilizzazione: $\sim 0.30 \text{ kNm}^{-2}$
- intonaco: $\sim 0.30 \text{ kNm}^{-2}$
- controsoffitto: $0.30 \div 1.00 \text{ kNm}^{-2}$
- isolamento termico: $\sim 0.05 \text{ kNm}^{-2}$
- tramezzi: $0.40 \div 2.00 \text{ kNm}^{-2}$

SOLAIO – ANALISI DEI CARICHI

Sovraccarichi permanenti di uso corrente nella pratica professionale: incidenza tramezzi

Per gli orizzontamenti degli edifici per abitazioni e uffici, il peso proprio di elementi divisori interni potrà essere ragguagliato ad un carico permanente portato uniformemente distribuito g_{2k} , purché vengano adottate le misure costruttive atte ad assicurare una adeguata ripartizione del carico. Il carico uniformemente distribuito g_{2k} ora definito dipende dal peso proprio per unità di lunghezza G_{2k} delle partizioni nel modo seguente:

- | | |
|---|-----------------------------|
| - per elementi divisori con $G_2 \leq 1,00 \text{ kN/m}$: | $g_2 = 0,40 \text{ kN/m}^2$ |
| - per elementi divisori con $1,00 < G_2 \leq 2,00 \text{ kN/m}$: | $g_2 = 0,80 \text{ kN/m}^2$ |
| - per elementi divisori con $2,00 < G_2 \leq 3,00 \text{ kN/m}$: | $g_2 = 1,20 \text{ kN/m}^2$ |
| - per elementi divisori con $3,00 < G_2 \leq 4,00 \text{ kN/m}$: | $g_2 = 1,60 \text{ kN/m}^2$ |
| - per elementi divisori con $4,00 < G_2 \leq 5,00 \text{ kN/m}$: | $g_2 = 2,00 \text{ kN/m}^2$ |

(NTC) 3.1.3

SOLAIO – ANALISI DEI CARICHI

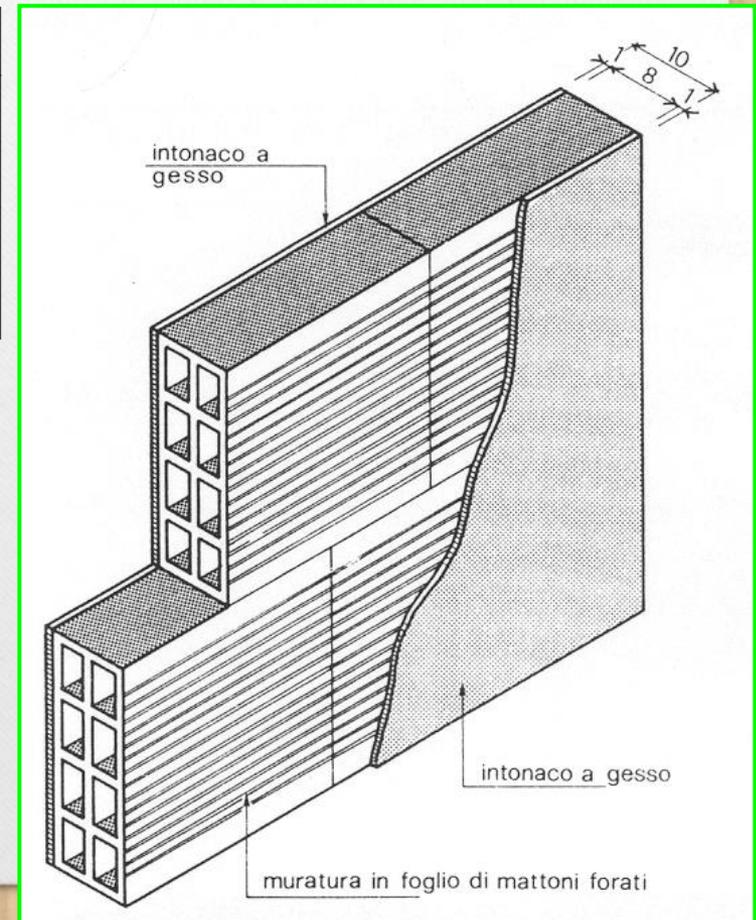
Sovraccarichi permanenti di uso corrente
 nella pratica professionale: incidenza tramezzi (esempio calcolo)

<i>componenti</i>	<i>s [m]</i>	γ [kNm ⁻³]	<i>pesi</i> [kNm ⁻²]
muratura in mattoni forati	0.080	11.00	0.880
intonaco interno a gesso	2x0.010	12.00	0.240
arrotondamento	-	-	0.030
totale			1.150

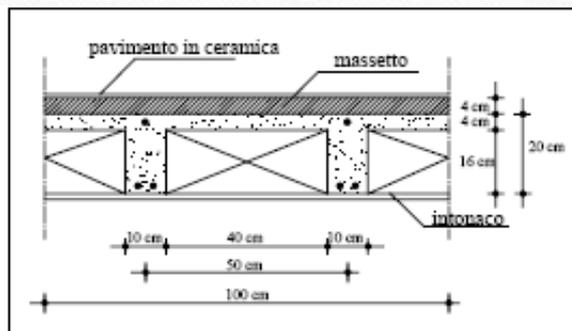
muratura in mattoni forati per
 tramezzi interni



$$1.15 \cdot (h \text{ tramezzo}) 2.7 = 3.105 \text{ kN/m}$$



SOLAIO – ANALISI DEI CARICHI

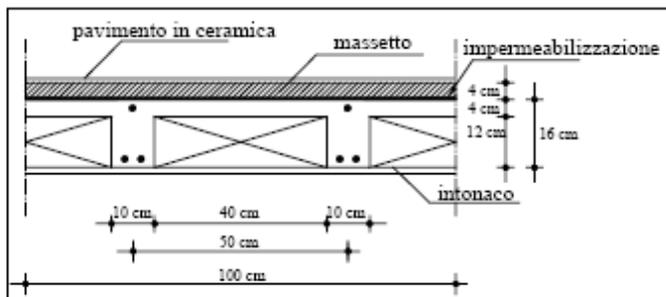


Analisi dei carichi permanenti del solaio interpiano: valori caratteristici relativi ad un metro quadro di solaio

Materiale	h (m)	L (m)	P (kN/mc)		P (kN/mq)
Travetti (cemento armato)	0.16	0.1 x 2	25		0.8
Soletta (cemento armato)	0.04	1	25		1
Pignatte (laterizio)	0.16	0.4 x 2	5.5		0.7
Massetto (malta bastarda)	0.04	1	19		0.76
Pavimento (ceramica)					0.4
Intonaco	(0.015)				0.3
Tramezzi					1.2
TOTALE					5.16

SOLAIO – ANALISI DEI CARICHI

SOLAIO INTERNO – BALCONE

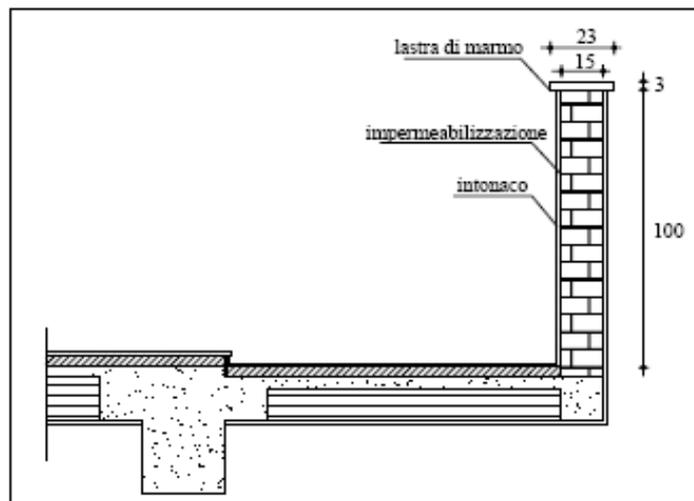


Analisi dei carichi permanenti del solaio interpiano – balcone: valori caratteristici relativi ad un metro quadro.

Materiale	h (m)	L (m)	P (kN/mc)		P (kN/mq)
Travetti (cemento armato)	0.12	0.1 x 2	25		0.6
Soletta (cemento armato)	0.04	1	25		1
Pignatte (laterizio)	0.12	0.4 x 2	5.5		0.53
Massetto (malta bastarda)	0.04	1	19		0.76
Pavimento (ceramica)					0.4
Intonaco					0.3
Impermeabilizzazione					0.3
TOTALE					3.89

SOLAIO – ANALISI DEI CARICHI

PESO PARAPETTO



Analisi dei carichi permanenti del solaio interpiano – parapetto del balcone a sbalzo: valore caratteristico relativo al peso di una porzione profonda un metro

Materiale	h (m)	L (m)	S (m)	P (kN/mc)	P (kN/mq)	P (kN/m)
Muratura piena	1		0.15	18		2.70
Lastra di marmo			0.23		0.8	0.18
Intonaco	1				0.3	0.3
Impermeabilizzazione	1				0.3	0.3
TOTALE						3.48

SOLAIO – ANALISI DEI CARICHI

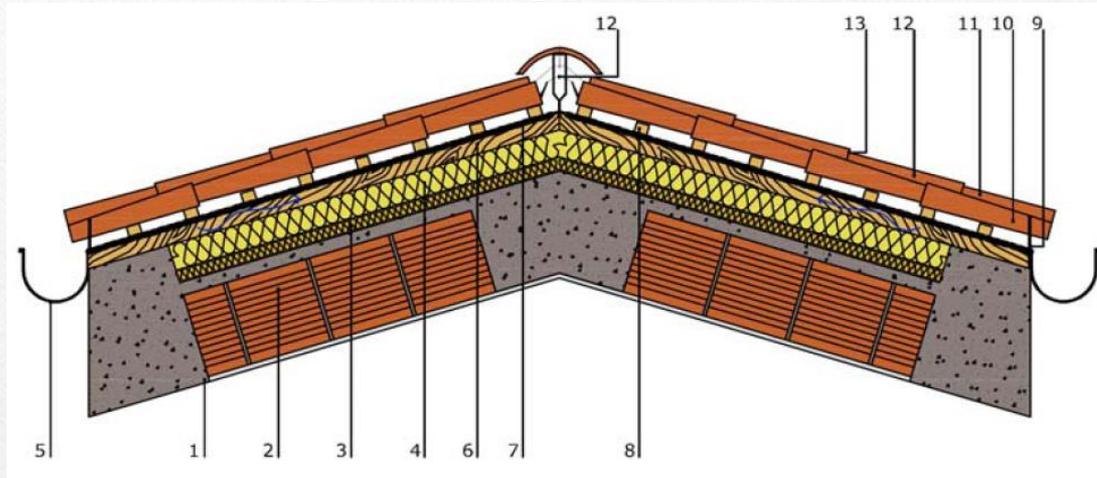
SOLAIO DI COPERTURA:

L'analisi dei carichi di un solaio di copertura non differisce sostanzialmente da quella riportata nell'esempio, ma bisogna tenere presente che:

- Il solaio non presenta dislivelli strutturali, quindi l'altezza H è sempre quella di calcolo.
- E' da prevedere un manto d'impermeabilizzazione ovunque.
- E' necessario tenere conto del peso di parapetti o cornicioni, se presenti.
- Non vi sono tramezzi.

SOLAIO – ANALISI DEI CARICHI

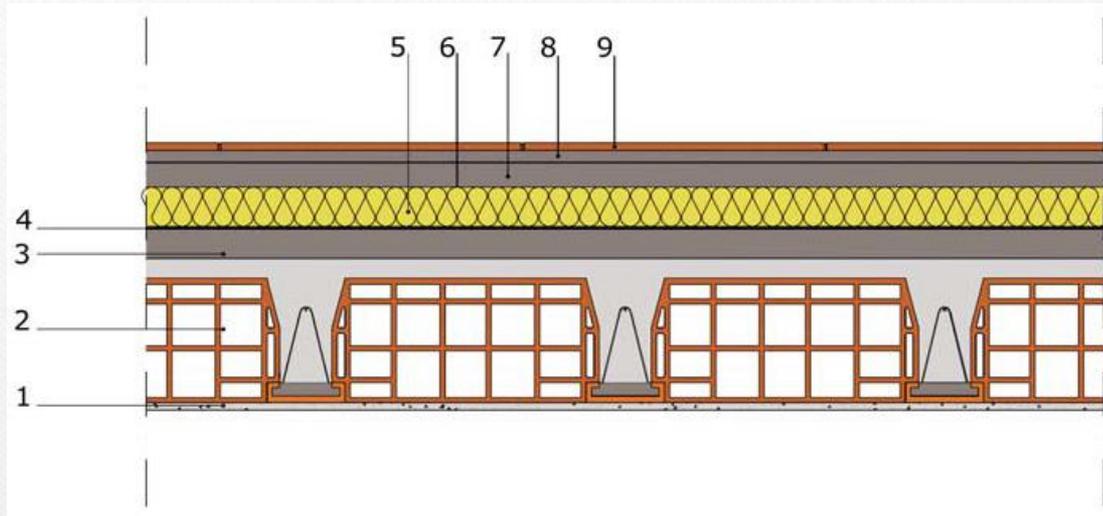
Esempio di copertura inclinate



1. strato di rivestimento interno in intonaco di calce-cemento, sp. 15 mm (0,3 kN/mq)
 2. Solaio in laterocemento (2.5-3.5 kN/mq)
 - 3-4 pannelli isolanti (0,1 kN/mq)
 5. elemento di gronda
 6. listellatura perpendicolare alla linea di gronda, sp. 30x40 mm
 7. membrana traspirante impermeabilizzante posata sopra la listellatura
 8. listellatura parallela alla linea di gronda, sp. 30x40 mm
 9. griglia antivolatile di gronda con funzione di rialzo della prima fila di coppi
 - 10-11-12 Manto di Copertura (coppi) (0,3 kN/mq)
- } 0,2 kN/mq

SOLAIO – ANALISI DEI CARICHI

Esempio di copertura piana



1. strato di rivestimento interno in intonaco di calce-cemento, sp. 15 mm
2. struttura portante in laterocemento a travetti e blocchi interposti, sp. 250+40
3. massetto di pendenza in cls alleggerito con argilla espansa, sp. 40 mm
4. strato di barriera al vapore
5. pannello isolante, sp. 80 mm
6. membrana impermeabilizzante
7. strato di ripartizione in calcestruzzo, sp. 50 mm
8. malta di sottofondo, sp. 20 mm
9. pavimentazione in laterizio, sp. 15 mm

SOLAIO – ANALISI DEI CARICHI

Sovraccarichi accidentali, Q_k

Sono carichi agenti in modo variabile sulla struttura e cioè dovuti a: persone, mobilio, strumentazioni, vento, neve.

La loro entità è fissata dalle norme nella loro misura minima lasciando alla Committenza la possibilità di incrementarli secondo la specifica destinazione d'uso.

Le intensità da assumere per i sovraccarichi variabili verticali ed orizzontali ripartiti e per le corrispondenti azioni locali concentrate sono riportate nella tabella 3.1.II delle NTC

SOLAIO – ANALISI DEI CARICHI

Sovraccarichi accidentali, q_k

- I sovraccarichi variabili sono distinti per *destinazione d'uso dei locali* sui quali graverà il peso.
- Sono *azioni statiche equivalenti* in quanto inglobano gli effetti dinamici ordinari (movimento e/o urti di persone, cose, ecc.).
- I *carichi concentrati* sia verticali che orizzontali servono al progettista per sole verifiche locali e non vanno cumulati con quelli ripartiti.

Tab. 2.4.11 Valori di azione di sovraccarichi per ambienti e coperture

Cat.	Ambienti	q_k [kN/m ²]	Q_k [kN]	H_k [kN/m]
D	Ambienti ad uso commerciale			
	Cat. D1 Negozi	4,00	4,00	2,00
	Cat. D2 Centri commerciali, mercati, grandi magazzini	5,00	5,00	2,00
	Scale comuni, balconi e ballatoi	Secondo categoria d'uso vita		
E	Aree per immagazzinamento e uso commerciale ed uso industriale			
	Cat. E1 Aree per accumulo di merci e relative aree d'accesso, quali biblioteche, archivi, magazzini, depositi, laboratori manifatturieri	≥ 6,00	7,00	1,00*
	Cat. E2 Ambienti ad uso industriale	da valutarsi caso per caso		
F-G	Rimesse e aree per traffico di veicoli (esclusi i ponti)			
	Cat. F Rimesse, aree per traffico, parcheggio e sosta di veicoli leggeri (peso a pieno carico fino a 30 kN)	2,50	2 x 10,00	1,00**
	Cat. G Aree per traffico e parcheggio di veicoli medi (peso a pieno carico compreso fra 30 kN e 160 kN), quali rampe d'accesso, zone di carico e scarico merci.	5,00	non minori di 2 x 50,00	1,00**
H-K	Coperture			
	Cat. H Coperture accessibili per sola manutenzione e riparazione	0,50	1,20	1,00
	Cat. I Coperture praticabili di ambienti di categoria d'uso compresa fra A e D	secondo categorie di appartenenza		
	Cat. K Coperture per usi speciali, quali impianti, eliporti.	da valutarsi caso per caso		

* non comprende le azioni orizzontali eventualmente esercitate dai materiali immagazzinati.

** per i soli parapetti o partizioni nelle zone pedonali. Le azioni sulle barriere esercitate dagli automezzi dovranno essere valutate caso per caso.

SOLAIO – ANALISI DEI CARICHI

Carico da neve, q_s

(NTC p.3.4.1)

3.4.1. CARICO DELLA NEVE SULLE COPERTURE

Il carico provocato dalla neve sulle coperture sarà valutato mediante la seguente espressione:

$$q_s = q_{sk} \cdot \mu_i \cdot C_E \cdot C_t \quad [3.4.1]$$

dove:

q_{sk} è il valore di riferimento del carico della neve al suolo, di cui al § 3.4.2;

μ_i è il coefficiente di forma della copertura, di cui al § 3.4.3;

C_E è il coefficiente di esposizione di cui al § 3.4.4;

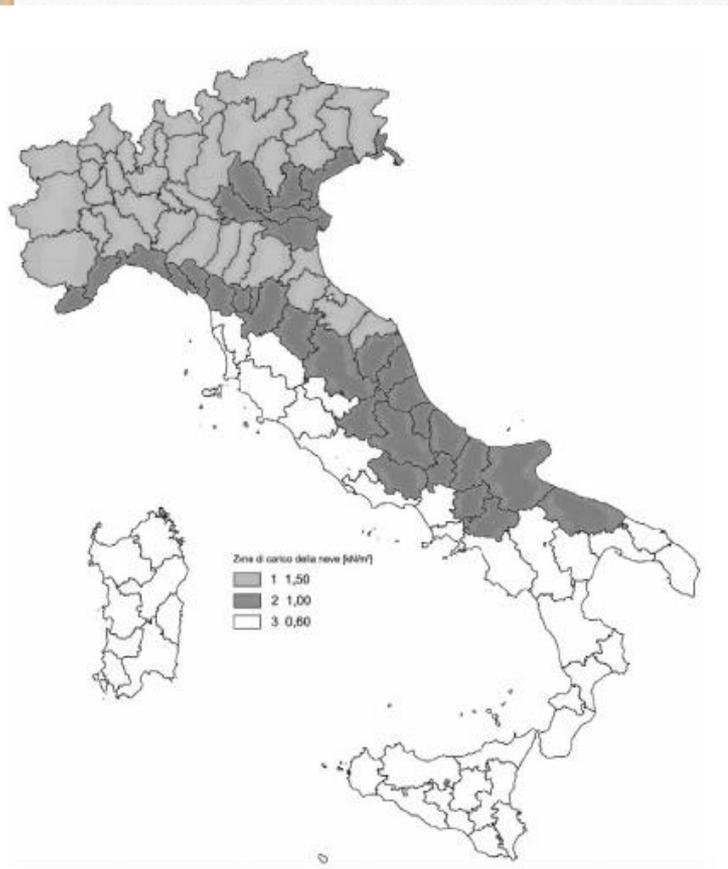
C_t è il coefficiente termico di cui al § 3.4.5.

Si assume che il carico della neve agisca in direzione verticale e lo si riferisce alla proiezione orizzontale della superficie della copertura.

SOLAIO – ANALISI DEI CARICHI

Carico da neve, q_s

(Carico neve al suolo)



Zona 1

$$q_{sk} = 1,50 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{sk} = 1,39 [1 + (a_s/728)^2] \text{ kN/m}^2$$

Alpina

$$a_s \leq 200 \text{ m}$$

$$a_s > 200 \text{ m}$$

$$q_{sk} = 1,50 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{sk} = 1,35 [1 + (a_s/602)^2] \text{ kN/m}^2$$

Mediterranea

$$a_s \leq 200 \text{ m}$$

$$a_s > 200 \text{ m}$$

$$q_{sk} = 1,00 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{sk} = 0,85 [1 + (a_s/481)^2] \text{ kN/m}^2$$

$$a_s \leq 200 \text{ m}$$

$$a_s > 200 \text{ m}$$

Zona 2

$$q_{sk} = 0,60 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{sk} = 0,51 [1 + (a_s/481)^2] \text{ kN/m}^2$$

$$a_s \leq 200 \text{ m}$$

$$a_s > 200 \text{ m}$$

Zona 3

SOLAIO – ANALISI DEI CARICHI

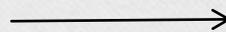
Carico da neve, q_s (Coefficiente di forma)

Tabella 3.4.II – Valori del coefficiente di forma

Coefficiente di forma	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
μ_1	0,8	$0,8 \cdot \frac{(60 - \alpha)}{30}$	0,0

Esempio di calcolo

Edificio ubicato a Roma
Copertura a terrazzo



Zona 3

Quota slm 150 m

$$q_{sk} = 0.60 \text{ kN/m}^2$$

$$\mu = 0.8 \text{ (coeff. di forma)}$$

$$C_t = 1 \text{ (coeff. Termico)}$$

$$C_E = 1$$

$$q_s = 0.48 \text{ kN/m}^2$$

SOLAIO – COMBINAZIONE DEI CARICHI (SLU)

E' fatto obbligo di determinare la combinazione dei carichi (permanenti e variabili) più sfavorevole, in grado cioè di provocare le sollecitazioni massime. Tale operazione, interamente a carico del progettista, porta all'individuazione dei carichi di progetto F_d , combinando con opportuni coefficienti (γ_g γ_q) i carichi caratteristici permanenti G_k e accidentali Q_k che trasformano i precedenti in valori di calcolo, dove i pedici k stanno ad indicare che le grandezze sono considerate con i loro valori caratteristici. :

Tab. 2.6.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU

Coefficienti di sicurezza		Coefficiente γ_f	EQU	A1	A2
Carichi permanenti G_1	Favorevoli	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali $G_2^{(1)}$	Favorevoli	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevoli	γ_Q	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

$$F_d = \gamma_g G_k + \gamma_q \left[Q_{ik} + \sum_{i=1}^n \psi_i Q_{ik} \right]$$

⁽¹⁾ Nel caso in cui l'intensità dei carichi permanenti non strutturali o di una parte di essi (ad es. carichi permanenti portati) sia ben definita in fase di progetto, per detti carichi o per la parte di essi nota si potranno adottare gli stessi coefficienti parziali validi per le azioni permanenti.

SOLAIO – COMBINAZIONE DEI CARICHI

I coefficienti di combinazioni sono indicati nelle NTC nella tabella 2.5.I

Tab. 2.5.I – Valori dei coefficienti di combinazione

Categoria/Azione variabile	Ψ_{0j}	Ψ_{1j}	Ψ_{2j}
Categoria A - Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B - Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C - Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D - Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E - Aree per immagazzinamento, uso commerciale e uso industriale Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F - Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G - Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso > 30 kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H - Coperture accessibili per sola manutenzione	0,0	0,0	0,0
Categoria I - Coperture praticabili	da valutarsi caso per caso		
Categoria K - Coperture per usi speciali (impianti, eliporti, ...)			
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota ≤ 1000 m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota > 1000 m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

SOLAIO – COMBINAZIONE DEI CARICHI ALLO SLU

Determinazione carichi di calcolo per unità di superficie di solaio

Destinazione d'uso	Permanenti Caratteristici G_k	Variabili Caratteristici Q_{k2}	Permanenti di calcolo G_d	Variabili di calcolo Q_d	Carico di calcolo totale F_d
Solaio Interno Civ. Abitazione	5.16	2.0 (folla)	$5.16 \times 1.3 = 6.71$ oppure $5.16 \times 1 = 5.16$	$2.0 \times 1.5 = 3.00$ oppure $2.0 \times 0.0 = 0.00$	9.71 (kN/mq) (max) 5.16 (kN/mq) (min)
Balconi	3.89	4.0 (folla) 0.48 (neve)	$3.89 \times 1.3 = 5.06$ oppure $3.89 \times 1.0 = 3.89$	Max [$1.5 \times (4.0 + 0.48 \times 0.5) = 6.36;$ $1.5 \times (0.48 + 4 \times 0.7) = 4.92]$	11.42 (kN/mq) (max) 3.89 (kN/mq) (min)
Copertura	5.16	0.5 (folla) 0.48 (neve)	$5.16 \times 1.3 = 6.71$ oppure $5.16 \times 1 = 5.16$	Max [$1.5 \times (0.5 + 0.48 \times 0.5) = 1.11;$ $1.5 \times (0.48 + 0.5 \times 0.7) = 1.25]$	7.96 (kN/mq) (max) 5.16 (kN/mq) (min)