

## 4. Altre azioni

La versione 2014 delle NTC introduce, come già visto in precedenza, alcune novità a livello di azioni da considerare nella progettazione strutturale.

In particolare son trattate in modo più puntuale le seguenti classi

- Azioni indotte dalla temperatura (§3.5, escluso l'incendio cui è dedicato il §3.6.1)
- Variazioni del carico neve in alcune province (§3.3).
- Nuove definizioni per l'azione del vento (§3.4).

Di seguito si espongono i precetti normativi.

### 4.1. Effetti della temperatura (§3.5)

Può capitare di dover affrontare il tema delle sollecitazioni originate in elementi strutturali dalla variazione di temperatura: un esempio può essere lo stoccaggio di liquidi o materie incoerente a temperatura significativamente diversa da quella dell'aria.

In questi casi il gradiente termico sulle diverse facce della struttura generare delle dilatazioni che cementano la struttura (cfr. ad esempio il §3.5.6 per altri esempi).

Il territorio italiano è suddiviso, come per vento e neve, in zone termiche e per ognuna di esse sono definiti due valori di temperatura  $T_{max}$  e  $T_{min}$  per La temperatura dell'aria esterna,  $T_{est}$  (°C):

$$T_{est} = [T_{min}; T_{max}]$$

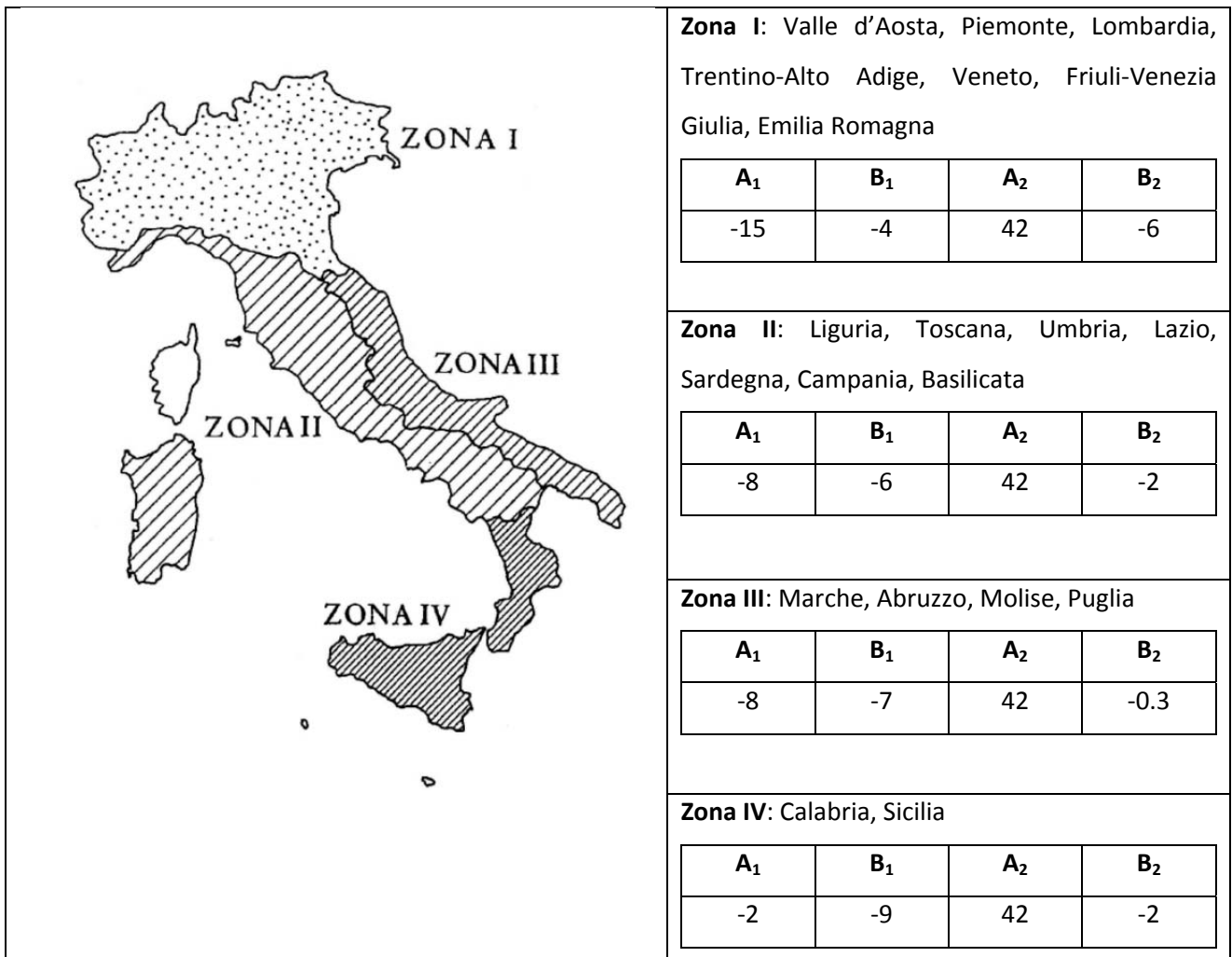
Esse rappresentano rispettivamente la temperatura minima invernale e massima estiva e dell'aria nel sito della costruzione, con riferimento ad un periodo di ritorno di 50 anni.

In assenza di specifici dati statistici la norma definisce un legame funzionale tra la quota topografica  $a_s$  (in m) del sito e la temperatura dell'aria del tipo seguente:

$$T_{min} = A_1 - B_1 * a_s / 1000$$

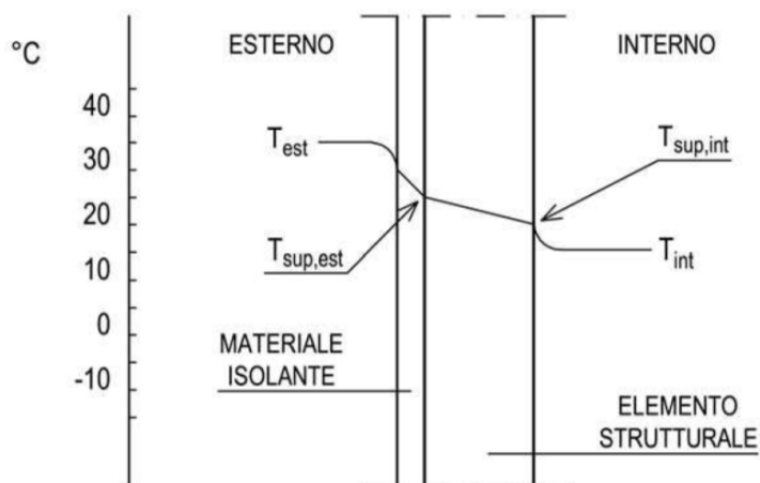
$$T_{max} = A_2 - B_2 * a_s / 1000$$

I coefficienti  $\{A_j, B_j\}$  sono consegnati nella tabella successiva insieme alla zonizzazione termica



Per la temperatura dell'aria interna agli edifici si pone  $T_{int} = 20^{\circ}\text{C}$

Come di consueto in altri ambiti si assume la seguente distribuzione di temperature nell'elemento strutturale generico:



Per tenere conto delle sollecitazioni di natura termica la norma dispone quanto segue

### 3.5.4. DISTRIBUZIONE DELLA TEMPERATURA NEGLI ELEMENTI STRUTTURALI

Il campo di temperatura sulla sezione di un elemento strutturale monodimensionale con asse longitudinale  $x$  può essere in generale descritto mediante:

- a) la componente uniforme  $\Delta T_u = T - T_0$  pari alla differenza tra la temperatura media attuale  $T$  e quella iniziale alla data della costruzione  $T_0$ ;
- b) le componenti variabili con legge lineare secondo gli assi principali  $y$  e  $z$  della sezione,  $\Delta T_{My}$  e  $\Delta T_{Mz}$ .

Nel caso di strutture soggette ad elevati gradienti termici si dovrà tener conto degli effetti indotti dall'andamento non lineare della temperatura all'interno delle sezioni.

La temperatura media attuale  $T$  può essere valutata come media tra la temperatura della superficie esterna  $T_{sup,est}$  e quella della superficie interna dell'elemento considerato,  $T_{sup,int}$ .

Le temperature della superficie esterna,  $T_{sup,est}$ , e quella della superficie interna  $T_{sup,int}$ , dell'elemento considerato vengono valutate a partire dalla temperatura dell'aria esterna,  $T_{est}$ , e di quella interna,  $T_{int}$ , tenendo conto del trasferimento di calore per irraggiamento e per convezione all'interfaccia aria-costruzione e della eventuale presenza di materiale isolante (vedi Fig. 3.5.2).

In mancanza di determinazioni più precise, la temperatura iniziale può essere assunta  $T_0=15^\circ\text{C}$ .

Per la valutazione del contributo dell'irraggiamento solare si può fare riferimento alla Tab. 3.5.I.

**Tab. 3.5.I - Contributo dell'irraggiamento solare**

Stagione	Natura della superficie	Incremento di Temperatura	
		superfici esposte a Nord-Est	superfici esposte a Sud-Ovest od orizzontali
Estate	Superficie riflettente	0 °C	18 °C
	Superficie chiara	2 °C	30 °C
	Superficie scura	4 °C	42 °C
Inverno		0 °C	0 °C

- Nel caso in cui la temperatura non costituisca azione fondamentale per la sicurezza o per la efficienza funzionale della struttura è consentito tener conto, per gli edifici, della sola componente  $\Delta T_u$ , ricavandola direttamente dalla Tab. 3.5.II

**Tab. 3.5.II – Valori di  $\Delta T_u$  per gli edifici**

Tipo di struttura	$\Delta T_u$
Strutture in c.a. e c.a.p. esposte	$\pm 15^\circ\text{C}$
Strutture in c.a. e c.a.p. protette	$\pm 10^\circ\text{C}$
Strutture in acciaio esposte	$\pm 25^\circ\text{C}$
Strutture in acciaio protette	$\pm 15^\circ\text{C}$

- *Nel caso in cui la temperatura costituisca, invece, azione fondamentale per la sicurezza o per la efficienza funzionale della struttura, l'andamento della temperatura T nelle sezioni degli elementi strutturali deve essere valutato più approfonditamente studiando il problema della trasmissione del calore.*

Il coefficiente di dilatazione termica dei vari materiali è fissato nella seguente tabella

**Tab. 3.5.III - Coefficienti di dilatazione termica a temperatura ambiente**

Materiale	$\alpha_T$ [ $10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ]
Alluminio	24
Acciaio da carpenteria	12
Calcestruzzo strutturale	10
Strutture miste acciaio-calcestruzzo	12
Calcestruzzo alleggerito	7
Muratura	6 ÷ 10
Legno (parallelo alle fibre)	5
Legno (ortogonale alle fibre)	30 ÷ 70

Le sollecitazioni meccaniche sono direttamente proporzionali alla deformazione  $\varepsilon$  che dipende a sua volta dal coefficiente di dilatazione  $\alpha$  del materiale e dal gradiente di temperatura:

$$\varepsilon = \alpha \Delta T$$

tenendo conto del legame costitutivo elastico si ha la tensione:

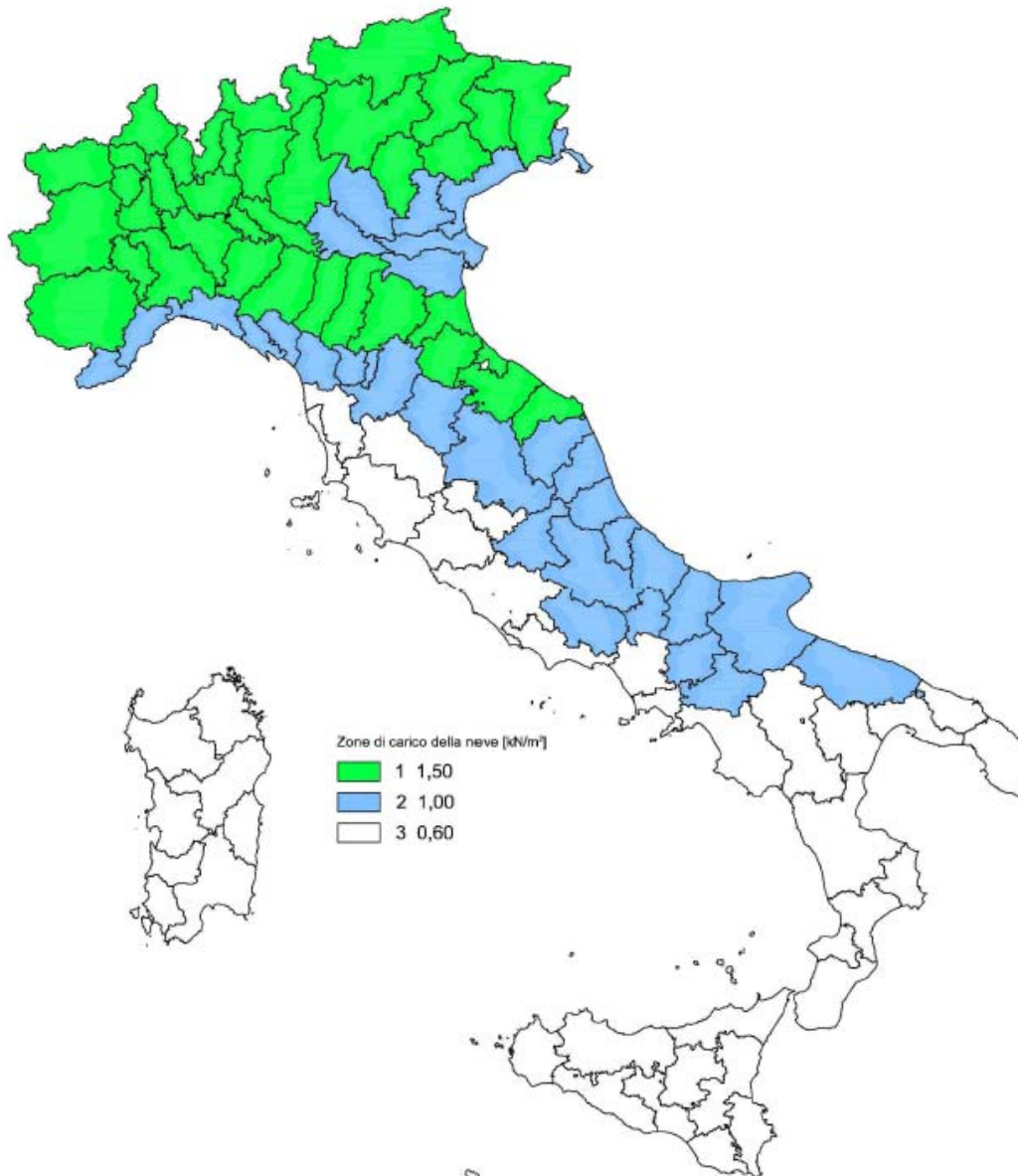
$$\sigma = E\varepsilon = E\alpha\Delta T$$

I valori di  $\sigma$  risultanti sono spesso tali da superare la resistenza a trazione del materiale, ad esempio nel caso di opere in c.a. e provocare lesioni anche macroscopiche e ciò può essere, evidentemente fonte di degrado accelerato del manufatto e dell'opera. La norma pertanto prescrive che tale azione sia considerata in modo opportuno al fine di garantire una adeguata durabilità all'opera, coerentemente con i requisiti generali prima esposti.

## 4.2. Azioni della neve

Si è detto che alcune province sono stata riclassificate ai fini del carico neve al suolo.

La nuova classificazione è la seguente:



Le province di: Avellino Benevento, Frosinone, L'Aquila, Rieti, passano dalla precedente zona III alla zona II, e pertanto il carico neve varia:

$$q_{sk} = 1,00 \text{ kN/m}^2 \quad a_s \leq 200 \text{ m}$$

$$q_{sk} = 0,85 [1 + (a_s/481)^2] \text{ kN/m}^2 \quad a_s > 200 \text{ m}$$

### 4.3. Azioni del vento

Le azioni indotte dal vento sono modificate introducendo un aspetto probabilistico nella definizione della velocità base di riferimento  $v_b$ ; il nuovo testo pone:

#### 3.3.1. VELOCITÀ BASE DI RIFERIMENTO

La velocità base di riferimento  $v_b$  è il valore medio su 10 minuti, a 10 m di altezza sul suolo su un terreno pianeggiante e omogeneo di categoria di esposizione II (vedi Tab. 3.3.II), riferito ad un periodo di ritorno  $TR = 50$  anni.

In mancanza di specifiche ed adeguate indagini statistiche  $v_b$  è data dall'espressione:

$$v_b = v_{b,0} c_a$$

$v_{b,0}$  è la velocità base di riferimento al livello del mare, assegnata nella Tab. 3.3.I in funzione della zona in cui sorge la costruzione (Fig. 3.3.1);

$c_a$  è il coefficiente di altitudine fornito dalla relazione

$$c_a = 1 \quad \text{per } a_s \leq a_0$$

$$c_a = 1 + k_s \left( \frac{a_s}{a_0} - 1 \right) \quad \text{per } a_0 < a_s \leq 1500 \text{ m}$$

dove:

$a_0$ ,  $k_s$  sono parametri forniti nella Tab. 3.3.I in funzione della zona in cui sorge la costruzione (Fig. 3.3.1);

$a_s$  è l'altitudine sul livello del mare del sito ove sorge la costruzione

**Tab. 3.3.I** - Valori dei parametri  $v_{b,0}$ ,  $a_0$ ,  $k_s$

Zona	Descrizione	$v_{b,0}$ [m/s]	$a_0$ [m]	$k_s$
1	Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (con l'eccezione della provincia di Trieste)	25	1000	0,40
2	Emilia Romagna	25	750	0,45
3	Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria (esclusa la provincia di Reggio Calabria)	27	500	0,37
4	Sicilia e provincia di Reggio Calabria	28	500	0,36
5	Sardegna (zona a oriente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	750	0,40
6	Sardegna (zona a occidente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	500	0,36
7	Liguria	28	1000	0,54
8	Provincia di Trieste	30	1500	0,50
9	Isole (con l'eccezione di Sicilia e Sardegna) e mare aperto	31	500	0,32

La pressione cinetica del vento è ora definita in relazione alla velocità di riferimento:

$$q_r = \frac{1}{2} \rho v_r^2$$

La velocità di riferimento  $v_r$  è il valore medio su 10 minuti, a 10 m di altezza dal suolo su un terreno pianeggiante e omogeneo di categoria di esposizione II (vedi Tab. 3.3.II), riferito al periodo di ritorno di progetto  $T_R$ .

Tale velocità è definita dalla relazione:

$$v_r = v_b \cdot c_r$$

dove:

$v_b$  è la velocità base di riferimento, di cui al § 3.3.1;

$c_r$  è il coefficiente di ritorno, funzione del periodo di ritorno di progetto  $T_R$ .

La definizione del coefficiente di ritorno è la seguente

$$c_r = 0.75 \sqrt{1 - 0.2 \times \ln \left[ -\ln \left( 1 - \frac{1}{T_R} \right) \right]}$$

Ove non specificato diversamente, si assumerà  $T_R = 50$  anni, cui corrisponde  $c_r = 1$ .

Il progettista ha quindi la facoltà, di concerto con la committenza, di decidere un differente periodo di ritorno per l'azione del vento.

Come in precedenza, la pressione del vento è data dall'espressione:

$$p = q_r \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d$$

dove

$q_r$  è la pressione cinetica di riferimento di cui al § 3.3.6;

$c_e$  è il coefficiente di esposizione di cui al § 3.3.7;

$c_p$  è il coefficiente di pressione di cui al § 3.3.8;

$c_d$  è il coefficiente dinamico di cui al § 3.3.9.

Le istruzioni CNR-DT 207/2008 sono cancellate come esplicito riferimento.