

## Posa in orizzontale o in verticale

La messa in opera dei moduli di Tegole Italiane può avvenire:

- per file orizzontali per tutta la lunghezza di falda, ossia posando l'intera lunghezza della fila di tegole prima di iniziare la posa della fila successiva, superiore a quella posata (fig. 24).

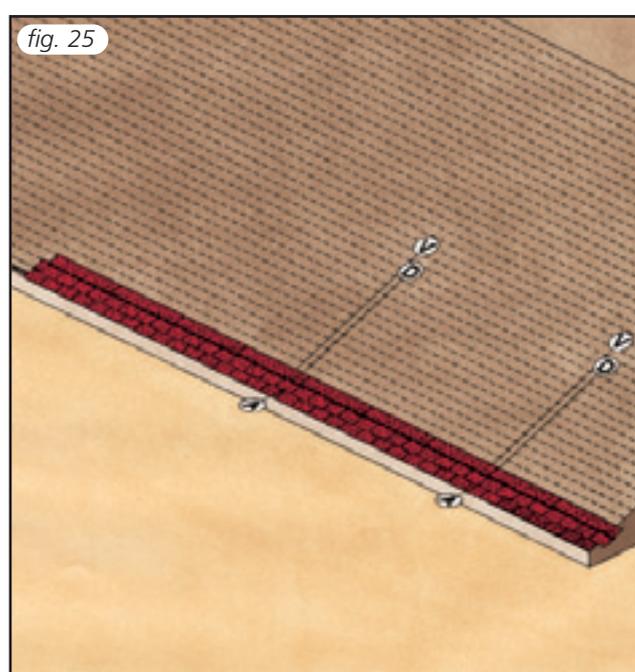
- per fasce verticali dalla gronda al colmo, ossia:

- dopo la posa del primo modulo di Tegole Italiane interamente sovrapposto alla fila di partenza
- viene posato il modulo successivo, superiore al primo e sfalsato di 12,5 centimetri
- e successivamente quello ancora

superiore, sempre sfalsato di 12,5 rispetto al secondo ma riallineato al primo (fig. 25).

Questa seconda tecnica consente di effettuare meno movimenti e percorsi lungo la falda e minor fatica per il posatore e permette inoltre la posa contemporanea di due file verticali di tegole da parte di due posatori.

E' comunque assolutamente indispensabile un perfetto tracciamento delle linee di posa per una continua verifica degli allineamenti e degli accostamenti dei moduli e, nel caso di due posatori, una buona precisione da parte di entrambi per far si che al momento dell'accostamento finale dei due lavori non sorgano discrepanze.



## Fissaggio della Tegola Italiana

### Tramite chiodatura

Il fissaggio tramite chiodatura degli elementi del manto impermeabile in Tegole Italiane su caldانا chiodabile deve avvenire con chiodi a testa larga di almeno 9/10 millimetri di diametro, galvanizzati o zincati a fuoco e di almeno 20-25 millimetri di lunghezza o comunque idonei al corretto fissaggio della tegola.

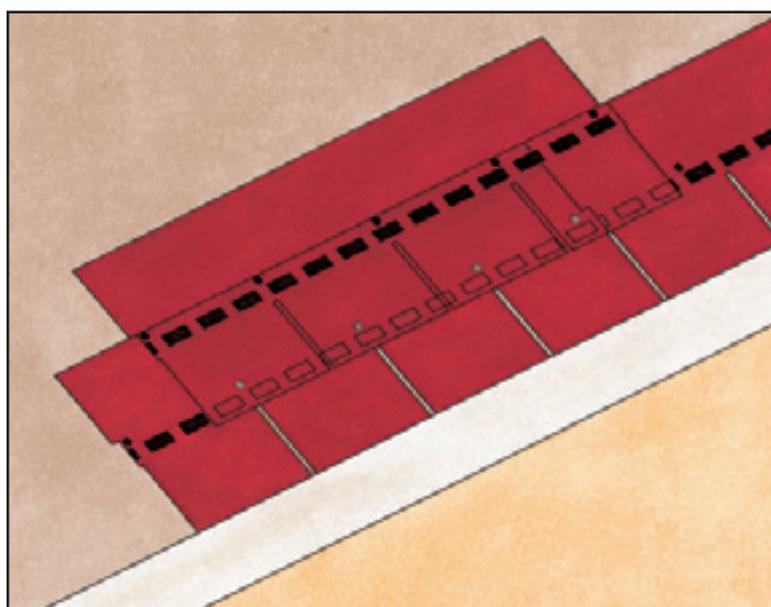
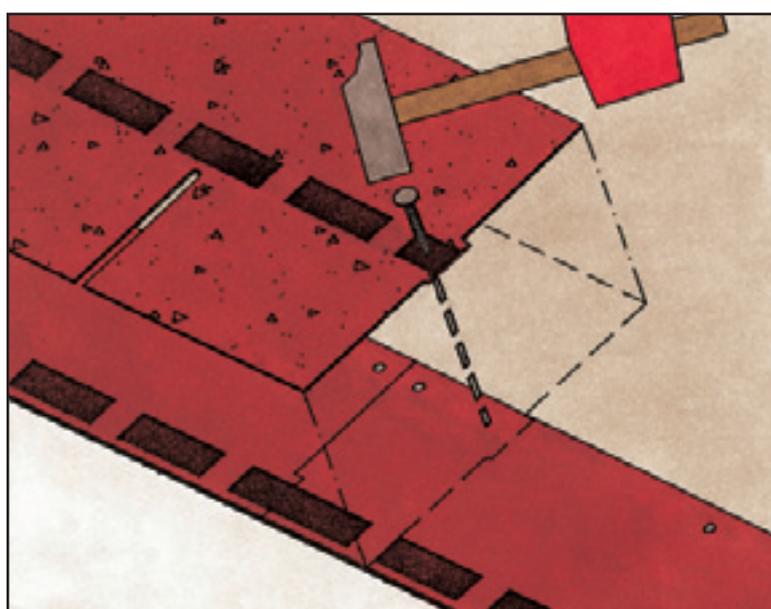
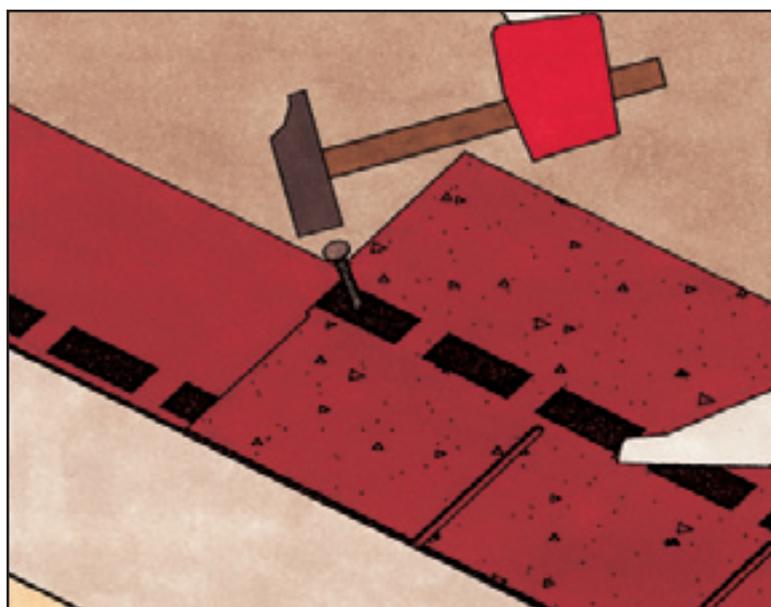
In caso di supporto in pannelli di multistrato la lunghezza dei chiodi sarà in funzione dello spessore dei pannelli. Ogni modulo di Tegola Italiana andrà fissato con almeno cinque chiodi: due vanno posti alle estremità della tegola mentre i restanti devono essere posizionati in corrispondenza delle scanalature presenti sulla tegola, il cui numero è in funzione del modello prescelto (vedi quindi pag. 6 per il corretto numero e posizionamento dei fissaggi).

Per un perfetto fissaggio, la chiodatura di un determinato modulo di Tegola Italiana dovrà agire anche sul modulo sottostante in modo che ogni elemento sia fissato con almeno cinque chiodi propri più altri cinque dell'elemento superiore.

### Tramite posa a fiamma

La tegola Italiana può essere adeguatamente posata e fissata a fiamma su un sottostante strato bituminoso costituito da una membrana prefabbricata previa stesura, a seconda dei casi, di una mano di primer bituminoso in solvente in ragione di circa 300 grammi per metroquadrato steso a pennello. Le caratteristiche tecniche e le modalità di posa di questa membrana dovranno essere tali da assorbire eventuali movimenti e dilatazioni del supporto, ossia di almeno 4 millimetri di spessore, con armatura in tessuto non tessuto di poliestere da filo continuo spunbond dotato di agrément ITC tipo Scutumplast FCTR 180 di Italiana Membrane.

Una volta messa correttamente in posizione secondo le linee di tracciamento, la tegola andrà tenuta ferma (generalmente l'operatore vi poggia sopra i piedi), verrà leggermente sollevata la parte superiore eventualmente con un utensile e verrà fatta passare la fiamma. Particolare attenzione andrà posta nel non indirizzare mai la fiamma sulla Tegola ma sempre direttamente



sulla guaina di sottofondo. In questo modo la miscela che compone il corpo della Tegola Italiana riceverà il fuoco "di rimbalzo" in misura sufficiente ad assicurare una buona adesione al supporto senza danneggiare

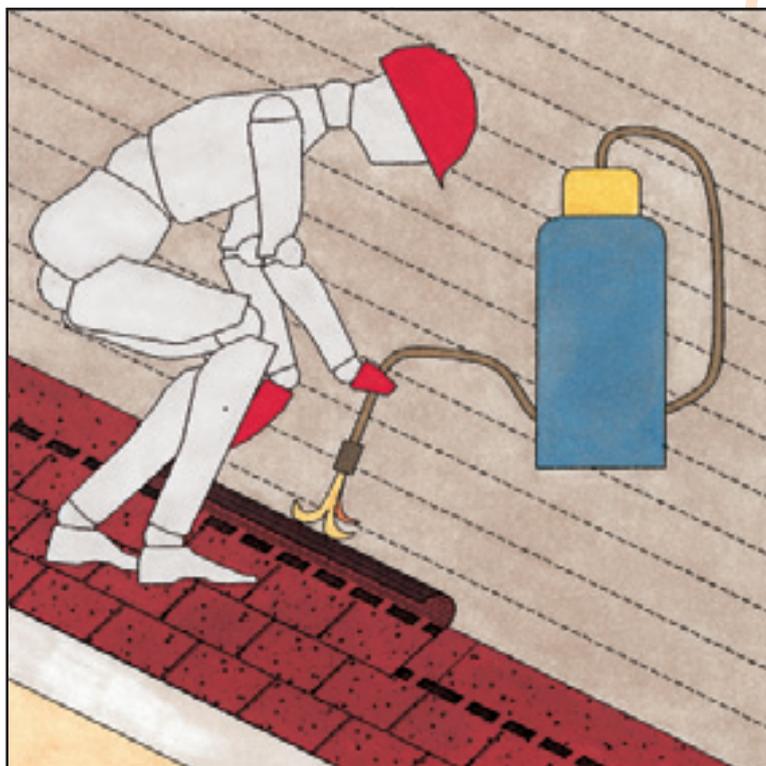
le armature interne. Per ottenere un risultato estetico ottimale sia il bitume della membrana di fondo che la miscela di base della Tegola Italiana non dovranno fuoriuscire oltre la parte a vista del manto.

## Posa su membrana prefabbricata

La posa della Tegola Italiana può avvenire su membrana prefabbricata laddove sussistano particolari situazioni (condizioni ambientali e climatiche critiche, basse pendenze della falda, eccessive lunghezze della falda, ecc., - vedi anche i paragrafi "La tipologia del supporto strutturale" e "Il progetto del tetto"). In linea di massima la presenza della guaina sottostante si rende comunque sempre necessaria per pendenze del piano di falda inferiori al 30%.

In questo caso la guaina andrà posta in opera per strisce orizzontali parzialmente sovrapposte.

Qualora la membrana sottostante venga messa in opera esclusivamente per risolvere eventuali irregolarità del supporto strutturale (crepe, eccessive rugosità superficiali, presenza di piccoli crateri, asperità, ecc.), e quindi esclusivamente con funzione di strato di regolarizzazione del piano di posa, risulta più opportuno posare la membrana per strisce verticali accostate senza sovrapposizione. Questo per evitare che il maggior



*La posa a fiamma della Tegola Italiana avviene tenendo in posizione le tegole con i piedi, sollevandole leggermente nella parte posteriore e sfiammando il supporto.*

spessore dato dalla sovrapposizione delle membrane si rifletta poi visivamente anche sul manto in Tegole Italiane con risultati estetici imperfetti.

Si può verificare, indipendentemente dal metodo di posa, che le

pastiglie nere autoadesive siano visibili tra due file di tegole applicate.

Ciò non rappresenta un difetto nè del prodotto nè dell'applicazione (esempio nella foto sottostante).





## Il progetto del tetto

### La pendenza e la lunghezza della falda

I manti di copertura discontinui, quale è quella realizzato con Tegola Italiana, assicura una determinata impermeabilità all'acqua in funzione della sovrapposizione degli elementi e della pendenza della falda.

Con gli elementi Tegola Italiana la sovrapposizione è fissa e consente comunque di realizzare, senza l'aggiunta di ulteriori sistemi impermeabilizzanti, manti impermeabili con pendenza della falda dal 30% fino alla verticale in normali situazioni climatiche.

Anche la lunghezza della falda risulta importante per quanto riguarda la tenuta all'acqua di un manto impermeabile.

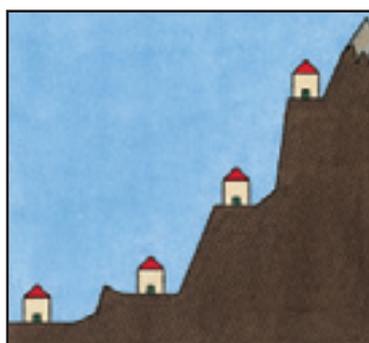
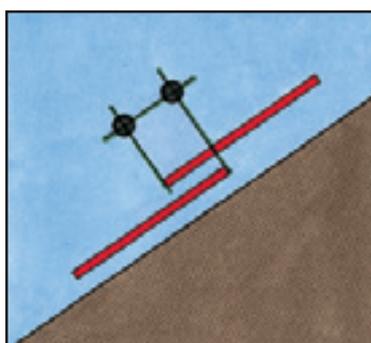
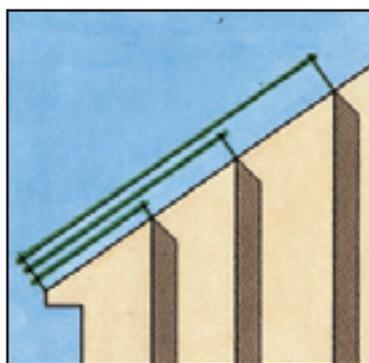
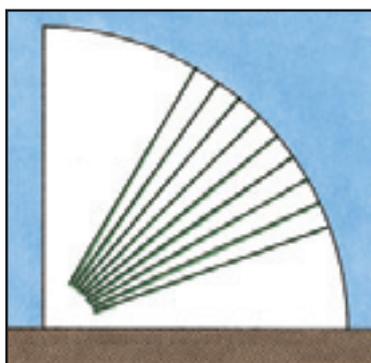
Una elevata lunghezza della falda infatti comporta un certo accumulo di acqua nella parte più bassa del tetto che deve essere opportunamente controllato per evitare infiltrazioni.

Ne consegue che un corretto progetto del sistema impermeabile di un tetto inizia dalla valutazione di tre parametri:

- pendenza della falda
- lunghezza della falda
- sovrapposizione degli elementi del manto

Oltre a questi una importanza non secondaria riveste l'area in cui verrà realizzato il tetto e le condizioni climatiche caratteristiche dell'area, ossia la sua:

- localizzazione generalmente schematizzabile in: cantieri sotto i 900 metri di altitudine e cantieri sopra i 900 metri o comunque in aree soggette a forte innevamento.



*Nel progetto di un tetto è necessario tenere presente numerosi parametri fra cui, soprattutto, la pendenza e la lunghezza della falda, la sovrapposizione degli elementi del manto e la localizzazione altimetrica dell'edificio e le conseguenti sollecitazioni atmosferiche.*

### La sovrapposizione degli elementi del manto

Nel capitolo sul "tracciamento" viene evidenziato come la sovrapposizione degli elementi Tegola Italiana sia fissa in funzione del modello e determinata dal sistema di posa e di fissaggio degli elementi.

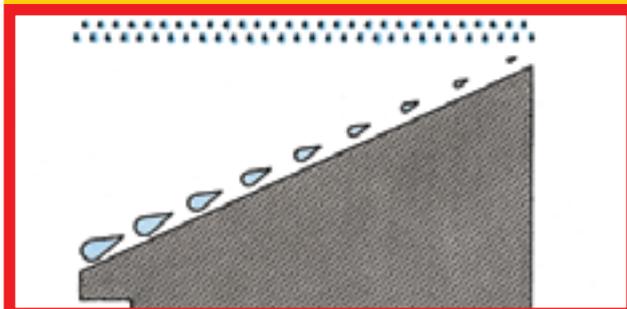
#### SOVRAPPOSIZIONE FISSA DELLE TEGOLE

Tipo di tegola	cm
<i>Classic</i>	19 cm
<i>Castor</i>	19 cm
<i>Gemma</i>	19 cm
<i>Major</i>	20,5 cm
<i>Elegance</i>	18 cm
<i>Onda</i>	18 cm

Questo in quanto la posizione delle strisce adesive che contribuiscono alla stabilità degli elementi del manto è fissa e su tali strisce devono essere fissati gli elementi.

In ogni caso il progetto stesso delle diverse tipologie degli elementi Tegola Italiana, come la maggior parte degli elementi per manti di copertura discontinui, prevede queste ottimali dimensioni di sovrapposizione.

*Una falda di elevata lunghezza determina un accumulo di acqua verso la linea di gronda la cui quantità andrà attentamente valutata per evitare infiltrazioni fra gli elementi sovrapposti del manto impermeabile.*

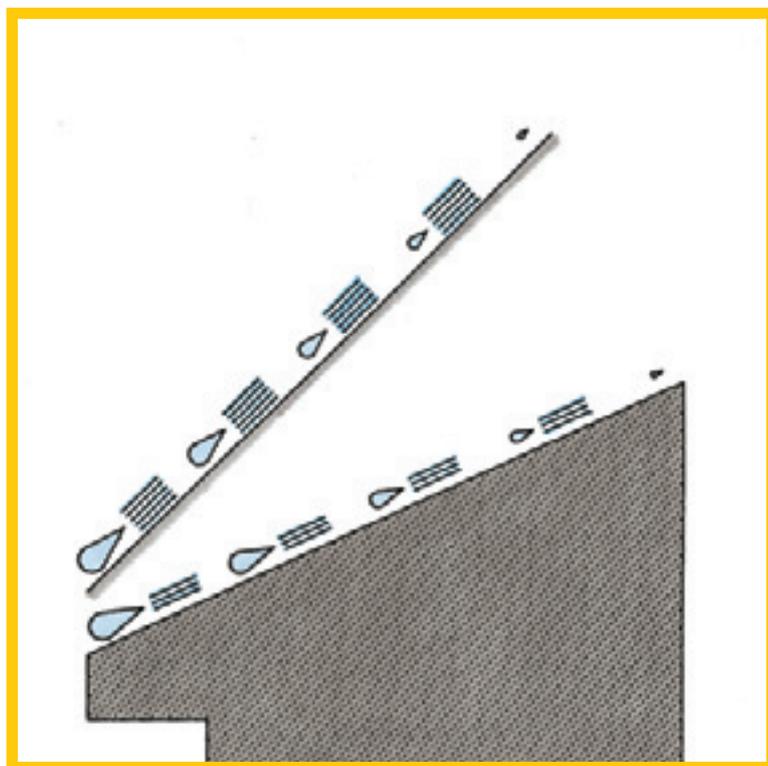


La pendenza della falda determina la velocità di scorrimento dell'acqua e quindi maggior o minor tempo di permanenza dell'acqua sul manto e di conseguenza i rischi di infiltrazione.

## La lunghezza della falda

Questo dato appare determinante in quanto elevate lunghezze della falda sono motivo di un accumulo di acqua nella parte più bassa del tetto in quanto in questo punto si raccoglie tutta l'acqua caduta sul piano di falda. La quantità di acqua che potrebbe accumularsi in prossimità della linea di gronda potrebbe quindi creare un battente tale da superare la linea di sovrapposizione e di tenuta delle tegole. In questo caso è opportuno un attento progetto degli strati impermeabili sottostanti per controllare ed evitare questo fenomeno.

Generalmente falde fino ai 6-7 metri di lunghezza non pongono particolari problemi costruttivi salvo eventuali precauzioni di impermeabilizzazione sottotegola per casi specifici. Oltre i 7 metri fino ai 15 è necessaria una messa in opera di tutti gli strati impermeabili particolarmente curata nei particolari e nei dettagli esecutivi dei raccordi. Oltre i 15 metri è opportuno che la soluzione adottata venga esaminata assieme ai tecnici dell'azienda fornitrice dei prodotti.



## La pendenza della falda

La pendenza della falda è determinante in quanto determina la velocità di scorrimento dell'acqua piovana e quindi il tempo di perma-

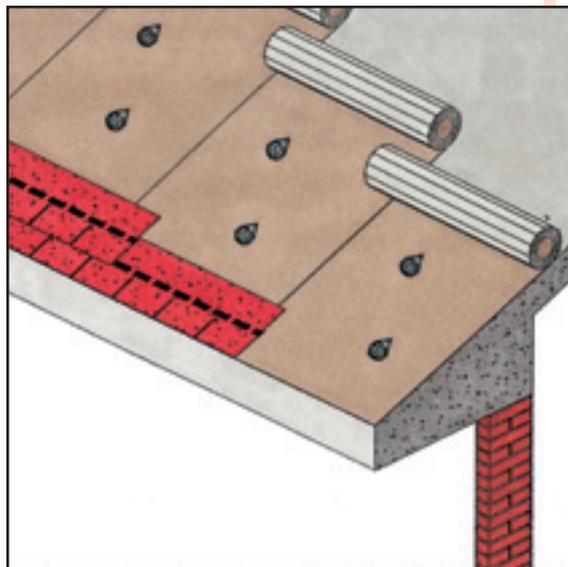
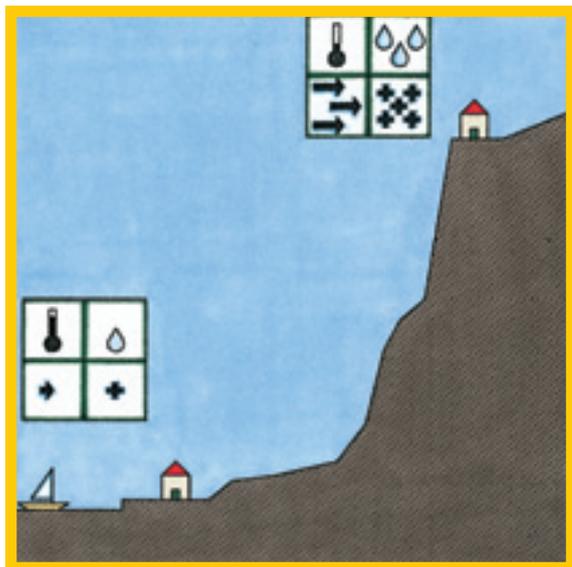
nenza dell'acqua sulla falda prima di essere allontanata.

Ne consegue che maggiore sarà la pendenza, maggiore sarà la velocità di scorrimento dell'acqua e quindi

(l'area della superficie del tetto si ottiene moltiplicando l'area della superficie del tetto in pianta per il coefficiente relativo, che è funzione della pendenza)

PENDENZA DELLA FALDA IN GRADI E IN PERCENTUALE

In percentuali (%)	In gradi (°)	Coefficiente per il calcolo della superficie della copertura
1,75	1	1,000
3,50	2	1,001
7,00	4	1,002
10,51	6	1,005
14,05	8	1,011
17,74	10	1,016
21,26	12	1,022
24,93	14	1,030
28,67	16	1,039
32,49	18	1,050
36,40	20	1,063
40,40	22	1,078
44,52	24	1,093
48,77	26	1,110
53,17	28	1,132
57,74	30	1,152
62,49	32	1,177
67,45	34	1,204
72,65	36	1,233
78,13	38	1,268
83,91	40	1,290
90,04	42	1,345
96,57	44	1,390
100,00	45	1,412
103,55	48	1,440
111,06	50	1,493
119,17	52	1,555
127,99	54	1,620
137,64	56	1,700
148,28	58	1,790
160,03	60	1,886
173,20	62	1,999



La localizzazione altimetrica dell'edificio è importante per valutare le sollecitazioni che potrebbe ricevere da parte degli agenti atmosferici.

In condizioni critiche è sempre opportuno posare un ulteriore strato impermeabile costituito da una membrana prefabbricata sotto il manto di Tegole Italiane.

minore la permanenza riducendo così i rischi di infiltrazione. La pendenza viene normalmente espressa in valori percentuali. La tabella precedente consente di riportare le pendenze percentuali in gradi e fornisce anche il coefficiente per il calcolo della superficie della falda in funzione della superficie in pianta del tetto

### La localizzazione altimetrica

La posizione altimetrica, la particolare

esposizione a venti dominanti, l'orientamento e altri fattori influenzano certamente le prestazioni del tetto. E' quindi indispensabile considerare, nel momento del progetto, questi fattori e in particolare l'altezza sul livello del mare e quindi l'esposizione al fenomeno neve e la presenza di venti di particolare intensità.

Qualora uno o più di questi fenomeni critici abbiano la possibilità di accadere è consigliabile realizzare

un ulteriore strato impermeabile sottotegola impiegando una membrana bituminosa di almeno 4 millimetri di spessore, con armatura in tessuto non tessuto di poliestere da filo continuo spunbond dotato di agrément ITC tipo Scutumplast FCTR180 di Italiana Membrane. Alla luce di queste considerazioni la tabella che segue fornisce alcuni dati per una corretta progettazione del tetto.

PRESENZA DELLA IMPERMEABILIZZAZIONE SOTTOMANTO

Altitudine inferiore ai 900 metri slm	Altitudine superiore ai 900 metri slm	Lunghezza della falda in metri				
		pendenza della falda	pendenza della falda	fino a 7	da 7 a 10	da 10 a 15
inferiore al 30%	inferiore al 35%	impermeabilizzare il sottotegola			contattare il servizio tecnico	
oltre 30%	oltre 35%	posa normale della Tegola Italiana		impermeabilizzare il sottotegola	contattare il servizio tecnico	

## Impermeabilizzazione in gronda

*In alternativa a una impermeabilizzazione totale sottomanto può essere sufficiente uno strato impermeabilizzante solo in prossimità della linea di gronda.*

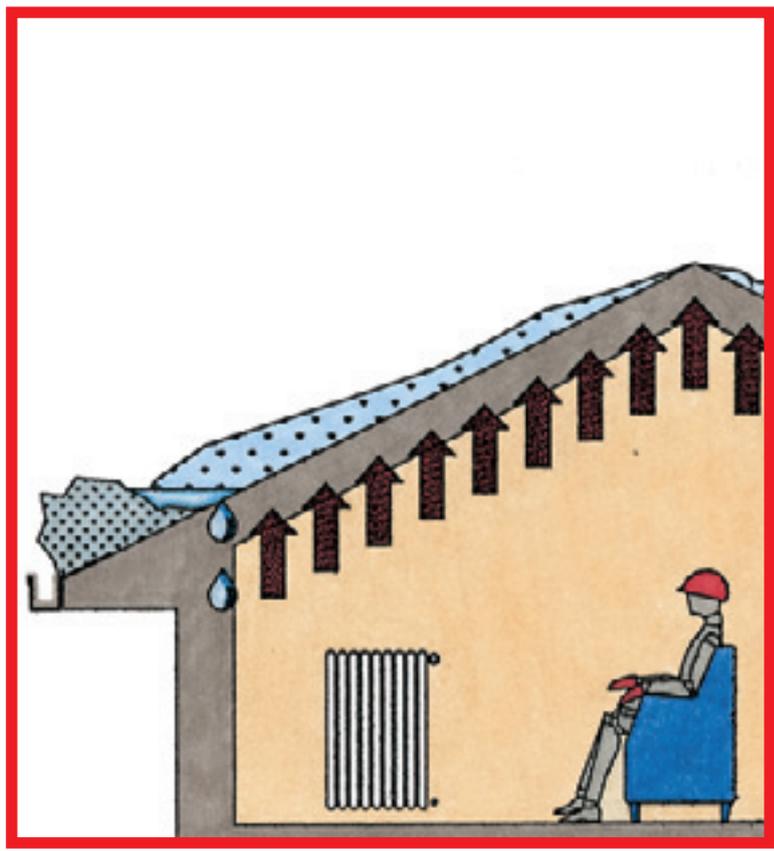
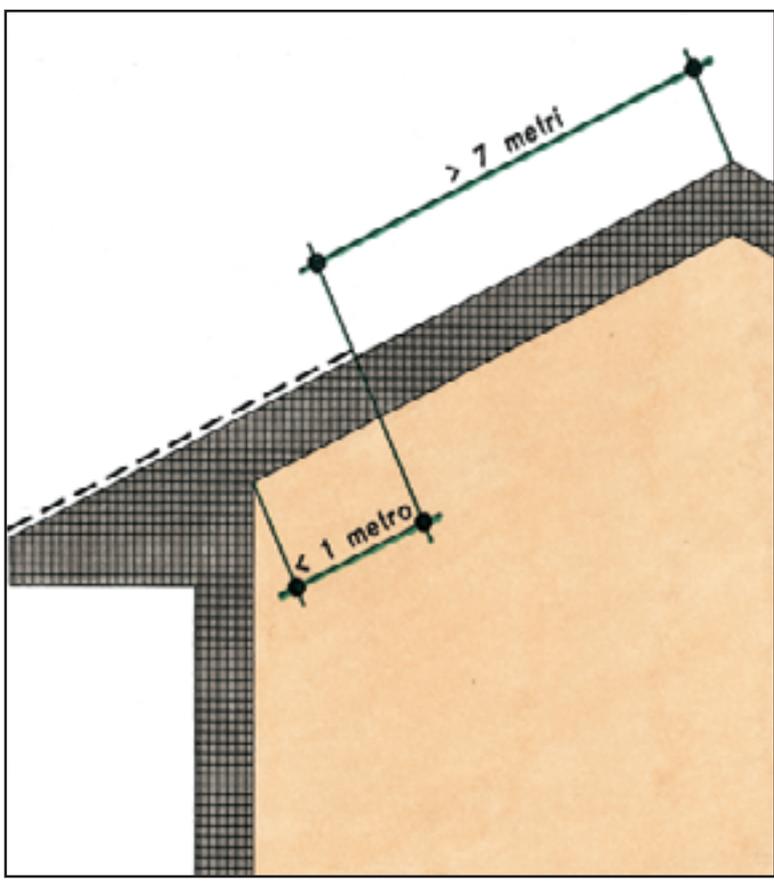
In talune condizioni climatiche o per particolari lunghezze della falda (oltre i sei-sette metri) sarebbe sempre consigliabile impermeabilizzare il sottomanto perlomeno lungo la linea di gronda con una Membrana bituminosa di almeno 4 millimetri di spessore, con armatura in tessuto non tessuto di poliestere da filo continuo spunbond dotato di agrément ITC con caratteristiche tipo Scutum plast FCTR 180 di Italiana Membrane.

La profondità di tetto da impermeabilizzare dovrebbe essere la lunghezza eccedente i sei-sette metri. Sarà comunque opportuno tenere conto della pendenza del tetto e del fatto che la larghezza di questa impermeabilizzazione dovrà risalire non meno di un metro oltre lo sporto del cornicione di gronda.

Questo accorgimento consente di evitare infiltrazioni dovuti alla grande quantità di acqua che si accumula in prossimità della gronda a causa della lunghezza della falda oppure a causa di ristagni di neve e ghiaccio che possono ostacolare il normale deflusso dell'acqua prodotta dallo scioglimento della neve.

Si tratta di una soluzione tecnica che dovrebbe essere sempre utilizzata in caso di tetto non ventilato e sottotetto abitato. In questi casi infatti esiste sempre il rischio di una certa "fuga di calore" dal sottotetto che può provocare scioglimenti differenziati del manto nevoso e l'accumulo di acqua e ghiaccio lungo lo sporto del cornicione di gronda. Questo rischio è invece più limitato in caso di tetto ventilato in quanto la circolazione dell'aria tende a disperdere il calore che, sfuggendo allo strato termoisolante, giunge dal sottotetto e quindi il manto nevoso si scioglierà in modo più uniforme per effetto del sole.

Alcune linee guida per questa impermeabilizzazione sono desumibili dalla tabella che segue, che riporta alcuni valori consigliati che andranno comunque valutati dal progettista alla luce delle specificità locali:



*Uno strato impermeabile in prossimità della linea di gronda consente di controllare i rischi di infiltrazione dovuti allo scioglimento della neve e alla formazione di ghiaccio sullo sporto del cornicione.*

LUNGHEZZA DELLA IMPERMEABILIZZAZIONE SOTTOMANTO IN GRONDA

Pendenza della falda	Lunghezza della falda in metri							
	8	9	10	11	12	13	14	15
fino al 30 %	1	1.5	2	2.5	3.5	4.5	6	6
fino al 40 %	-	1	1.5	2	2.5	3.5	5	6
oltre il 40 %	-	-	1	1.5	2	3	4	5



## L'orientamento e la localizzazione

La posizione della falda rispetto al percorso che il sole compie nell'arco della giornata e nei rispettivi periodi dell'anno riveste particolare importanza nel progetto complessivo del pacchetto funzionale del tetto, in funzione anche del livello di comfort abitativo del sottotetto. Si intende parlare ovviamente di quelle falde interessate dalla radiazione solare diretta e non protette o ombreggiate da particolari rilievi o dalla presenza di elementi naturali o artificiali.

Oltre a questo parametro, un'altro fattore influenza in modo preponderante il comfort e riguarda la localizzazione dell'edificio, che suggerisce una particolare attenzione non solo per alcuni accorgimenti tecnici come quelli legati all'impermeabilizzazione sottomanto precedentemente vista, ma anche per altre funzioni legate al benessere degli occupanti.

Le specificità dei diversi luoghi, soprattutto in una penisola come l'Italia, impediscono delle generalizzazioni, per cui la responsabilità ultima delle scelte spetta comunque al progettista che analizzerà e interpreterà le caratteristiche locali. In ogni caso è possibile formulare alcuni suggerimenti che potranno essere utili per indirizzare eventuali scelte progettuali e costruttive. I suggerimenti proposti, per quanto anche generalizzabili, sono pensati in particolare per:

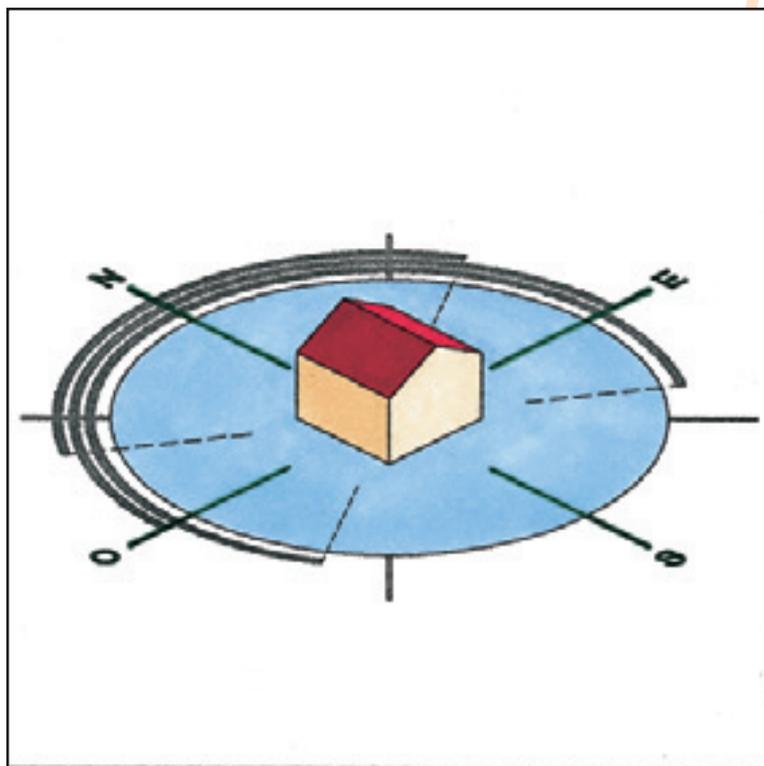
- falde con pendenza del 30-35%
- struttura del solaio di falda in laterocemento
- sottotetto abitato

### L'esposizione

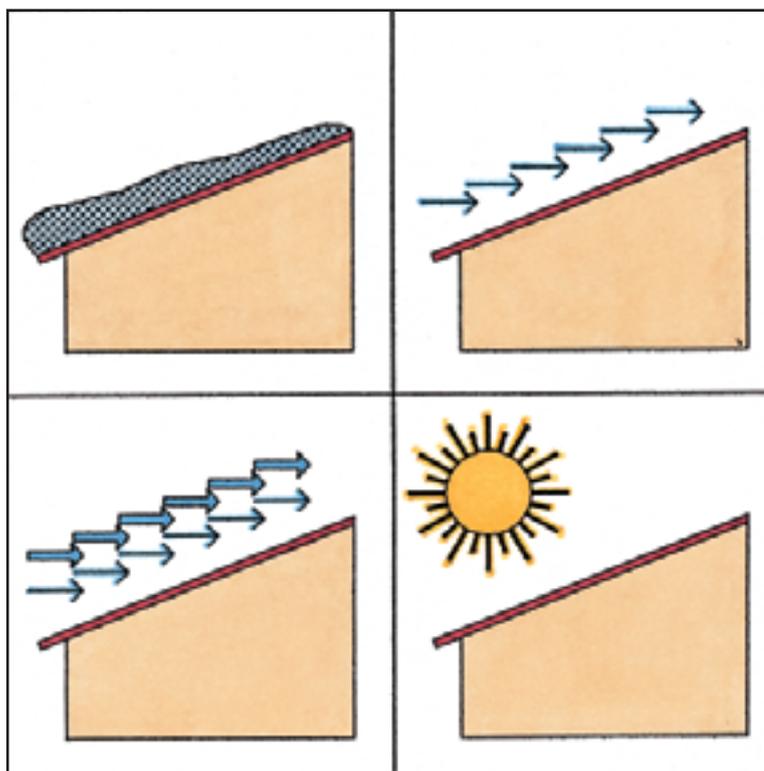
Alla luce di queste ipotesi tecnico-funzionali è bene ricordare:

- **falde esposte a est** passano da un regime freddo-notturno, a volte con formazione di condensa superficiale sul manto impermeabile, a un regime di soleggiamento diretto in tempi abbastanza brevi (in funzione anche dell'inclinazione della falda). In questi casi il volano termico del solaio in laterocemento può smorzare per tempi abbastanza lunghi il passaggio della radiazione solare. La presenza di una camera di ventilazione continua dello spessore di almeno 4-5 centimetri consente di mantenere entro livelli accettabili il surriscaldamento del pacchetto strutturale del tetto;

- **falde esposte a ovest** risultano soggette a una radiazione solare immediatamente più intensa che sfuma nell'arco della giornata. Può



L'orientamento e l'inclinazione della falda hanno un peso determinante sulla quantità di radiazione solare che raggiunge il tetto.



risultare più conveniente aumentare lo spessore dello strato termoisolante di qualche centimetro rispetto a una falda esposta a est mentre uno spessore ventilante di 4 centimetri potrebbe risultare sufficiente al controllo della radiazione calorica;

- **falde esposte a sud** e quindi particolarmente soleggiate dovrebbero prevedere uno spessore di ventilazione ampio, di almeno 6 centimetri fino anche a 8 per assicurare un buon livello di comfort interno. In particolare andrà studiata la linea di colmo in modo tale

che possa garantire un adeguato sfogo all'aria di ventilazione;

- **falde esposte a nord** risultano penalizzate dall'assenza di irraggiamento solare. Si pone quindi maggiormente il problema della coibentazione termica, che andrebbe incrementata, mentre è meno importante quello della ventilazione.

Non volendo modificare l'articolazione del pacchetto di copertura fra questa falda e un'altra eventualmente esposta a sud, che comporterebbe certamente alcune complicazioni costruttive, è possibile comunque

modificare le prestazioni dello strato termoisolante utilizzando un materiale con maggiore capacità coibente a parità di spessore, oppure aumentare lo spessore dello strato coibente posato nella falda esposta a nord a discapito dello spessore della lama d'aria. La falda a nord infatti necessita di uno spessore ventilante inferiore rispetto a quella a sud (fino a un terzo in meno, non inferiore comunque ai 4 centimetri) e in caso, per esempio, di doppia orditura ventilante con interposto uno strato termoisolante sarebbe possibile aumentare lo spessore della coibentazione e diminuire lo spessore ventilante e garantendo comunque una buona efficienza della copertura.

*Naturalmente, nel caso di un tetto articolato su più esposizioni, risulta costruttivamente complesso avere differenti spessori dell'isolamento e della camera di ventilazione. In questi casi il progetto del tetto dovrà mediare i valori più opportuni valutando l'attività svolta negli ambienti sottotetto, le*

*prestazioni richieste e i livelli di comfort necessari individuando, fra quelli suggeriti, i valori medi più consoni da applicare uniformemente all'intera copertura. Indicazioni più specifiche sugli spessori della camera ventilante sono reperibili nelle tabelle del capitolo "Il progetto del tetto".*

#### la localizzazione

La localizzazione di una copertura è importante dal punto di vista della collocazione altimetrica e della localizzazione geografica.

Certamente tetti realizzati nel meridione d'Italia saranno maggiormente soggetti a problemi di irraggiamento solare di quelli settentrionali e tetti in prossimità delle aree costiere risulteranno maggiormente esposti all'effetto del vento di quelli delle zone centrali, e così via.

Gli aspetti più importanti da verificare dovranno riguardare:

- la resistenza al carico della neve
- la resistenza all'azione del vento
- l'esposizione ai venti dominanti
- l'esposizione al sole

#### • la resistenza al carico della neve

Secondo la circolare del Min. LLPP del 4 luglio 1996, in mancanza di adeguate indagini statistiche, il carico di riferimento "neve al suolo" per località poste a quota inferiore ai 1500 metri slm non dovrà essere minore di quello desunto dalle espressioni più avanti riportate.

Per altitudini superiori ai 1500 metri slm si dovrà fare riferimento alle condizioni locali di clima e di esposizione utilizzando comunque valori non inferiori a quelli derivanti dalle espressioni riportate nelle pagine seguenti:

*Per trattazioni più approfondite si rimanda al testo della circolare Ministero LLPP del 4 luglio 1996, n.156AA.GG.ISTC. Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi" di cui al decreto ministeriale 16 gennaio 1996 (in supplemento ordinario alla G.U. n.217 del 16.9.96 di cui si riporta un estratto riguardante il punto 6. CARICO NEVE e il punto 7. AZIONI DEL VENTO).*



**"Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi".**

... OMISSIS ...

**6. CARICO NEVE**

Il carico neve sulle coperture sarà valutato con la seguente espressione:

$$q_s = \mu_i q_{sk}$$

dove

$q_s$  è il carico neve sulla copertura;

$\mu_i$  è il coefficiente di forma della copertura;

$q_{sk}$  è il valore di riferimento del carico neve al suolo.

Il carico agisce in direzione verticale ed è riferito alla proiezione orizzontale della superficie della copertura.

**6.1. CARICO NEVE AL SUOLO**

Il carico neve al suolo dipende dalle condizioni locali di clima e di esposizione, considerata la variabilità delle precipitazioni nevose da zona a zona.

In mancanza di adeguate indagini statistiche, che tengano conto sia dell'altezza del manto nevoso che della sua densità, il carico di riferimento neve al suolo, per località poste a quota inferiore a 1500 m sul livello del mare, non dovrà essere assunto minore di quello calcolato in base alle espressioni nel seguito riportate, cui corrispondono valori con periodo di ritorno di circa 200 anni (vedi mappa in figura 6.1.).

Per altitudini superiori a 1000 m sul livello del mare si dovrà fare riferimento alle condizioni locali di clima e di esposizione utilizzando comunque valori di carico neve non inferiori a quelli previsti per 1500 m.

L'altitudine di riferimento  $a_s$  è la quota del suolo sul livello del mare nel sito di realizzazione dell'edificio.

Fig. 6.1



Fig. 6.1  
Mappa per carico neve al suolo

**SOMMARIO**

- 1- Campo di applicazione e criteri generali di verifica (... omissis ...)
- 2- Livelli di sicurezza e combinazione dei carichi (... omissis ...)
- 3- Azioni sulle costruzioni Generalità (... omissis ...)
- 4- Pesì propri dei materiali strutturali (... omissis ...)
- 5- Carichi e Sovraccarichi (... omissis ...)
- 6- Carico neve
- 7- Azioni del vento (vedi punto seguente)
- 8- Variazioni termiche (... omissis ...)

$q_{sk} = 1,60$	kN/m <sup>2</sup>	$a_s \leq 200$ m
$q_{sk} = 1,60 + 3 (a_s - 200)/1000$	kN/m <sup>2</sup>	200 m < $a_s \leq 750$ m
$q_{sk} = 3,25 + 8,5 (a_s - 750)/1000$	kN/m <sup>2</sup>	$a_s > 750$ m

$q_{sk} = 1,15$	kN/m <sup>2</sup>	$a_s \leq 200$ m
$q_{sk} = 1,15 + 2,6 (a_s - 200)/1000$	kN/m <sup>2</sup>	200 m < $a_s \leq 750$ m
$q_{sk} = 2,58 + 8,5 (a_s - 750)/1000$	kN/m <sup>2</sup>	$a_s > 750$ m

$q_{sk} = 0,75$	kN/m <sup>2</sup>	$a_s \leq 200$ m
$q_{sk} = 0,75 + 2,2 (a_s - 200)/1000$	kN/m <sup>2</sup>	200 m < $a_s \leq 750$ m
$q_{sk} = 1,96 + 8,5 (a_s - 750)/1000$	kN/m <sup>2</sup>	$a_s > 750$ m

**Zona I**

Regioni: Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Emilia Romagna, Friuli Venezia Giulia, Veneto, Abruzzi, Molise, Marche

**Zona II**

Regioni: Liguria, Toscana, Umbria, Lazio, Campania (Province di Caserta, Benevento, Avellino), Puglia (Provincia di Foggia)

**Zona III**

Regioni: Campania (Province di Napoli e Salerno), Puglia (escluso Provincia di Foggia), Basilicata, Calabria, Sardegna



## 6.2. COEFFICIENTI DI FORMA PER IL CARICO NEVE

In generale verranno usati i coefficienti di forma per il carico neve contenuti nel presente paragrafo, dove vengono indicati i relativi valori nominali per le coperture a una o più falde, essendo  $a$ , in gradi sessagesimali, l'angolo formato dalla falda con l'orizzontale.

I coefficienti di forma  $\mu_1$ ,  $\mu_2$ ,  $\mu_3$ ,  $\mu_i$  si riferiscono alle coperture ad una o più falde, e sono da valutare in funzione di  $\alpha$  come indicato ai punti che seguono.

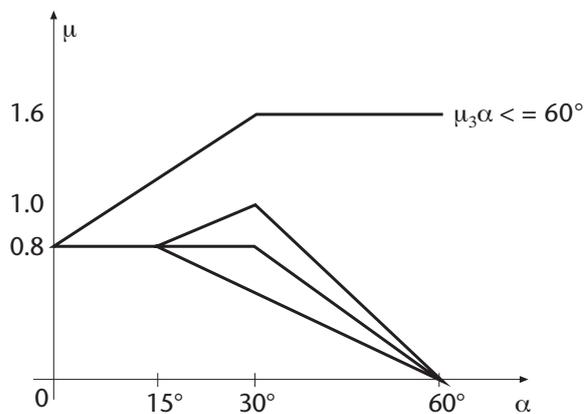


Fig. 6.2

Fig. 6.2  
Coefficienti di forma per coperture a falde

Coefficienti di forma	$0^\circ \leq a \leq 15^\circ$	$15^\circ < a \leq 30^\circ$	$30^\circ < a \leq 60^\circ$	$\alpha \leq 60^\circ$
$\mu_1$	0,8	0,8	$0,8 \cdot \frac{(60 - \alpha)}{30}$	0,0
$\mu_2$	0,8	$0,8 + 0,4 \cdot \frac{(\alpha - 15)}{30}$	$\frac{(60 - \alpha)}{30}$	0,0
$\mu_3$	$0,8 + \frac{(0,80 \alpha)}{30}$	$0,8 + \frac{(0,80 \alpha)}{30}$	1,6	da valutare
$\mu_i$	0,8	$0,8 \cdot \frac{(60 - \alpha)}{30}$		0

Tabella 6.1  
Coefficienti di forma

Particolare attenzione dovrà essere prestata per la scelta del coefficiente di forma  $\mu_i$  quando una o entrambe le falde hanno inclinazione superiore a  $60^\circ$ .

Fig. 6.3  
Condizioni di carico per coperture ad una falda

### a) Coperture ad una falda.

Si assume che la neve non sia impedita di scivolare. Se l'estremità più bassa della falda termina con un parapetto, una barriera od altre ostruzioni, allora il coefficiente di forma non potrà essere assunto inferiore a 0,8 indipendentemente dall'angolo  $a$ .

Si deve considerare la più gravosa delle tre condizioni di carico a fianco riportate. (Vedi fig. 6.3).

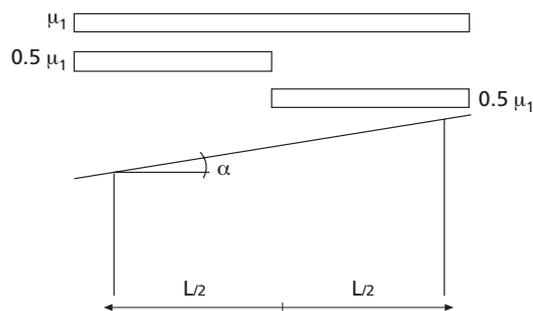


Fig. 6.4  
Condizioni di carico per coperture a due falde

### b) Copertura a due falde.

Si assume che la neve non sia impedita di scivolare. Se l'estremità più bassa della falda termina con un parapetto, una barriera od altre ostruzioni, allora il coefficiente di forma non potrà essere assunto inferiore di 0,8 indipendentemente dall'angolo  $a$ .

Si deve considerare la più gravosa delle quattro condizioni di carico a fianco riportate. (Vedi fig. 6.4).

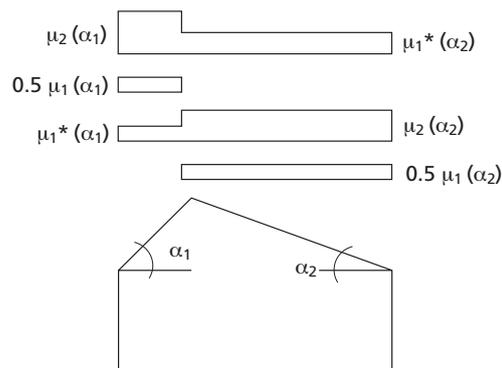
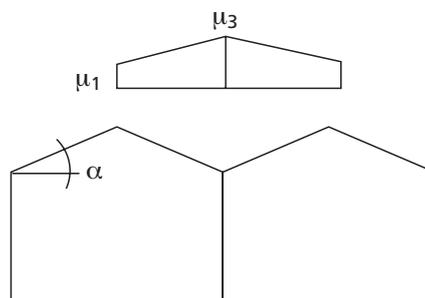


Fig. 6.5  
Condizioni di carico per coperture a più campate.

### c) Copertura a più falde.

Si dovranno considerare le distribuzioni di carico indicate al punto b), applicate sulle falde delle campate.

Inoltre dovrà essere considerata anche la distribuzione di carico sottoripartata. (Vedi fig. 6.5).



### C.6.2. COPERTURA A PIÙ FALDE

Per quanto concerne il caso di copertura a più di due falde, si dovrà considerare agente contemporaneamente al carico di figura 6.5, anche il carico corrispondente a  $\mu_1$ , su tutte le altre falde non interessate dal carico di figura 6.5.

### C.6.3. COPERTURE CILINDRICHE

In assenza di ritegni che impediscano lo scivolamento della neve, per le coperture cilindriche di qualsiasi forma ed a singola curvatura del medesimo segno, verrà considerata la più gravosa fra la distribuzione di carico uniforme e quella asimmetrica, indicate nella figura C.6.6. I valori dei coefficienti di forma sono indicati in figura C.6.7.

### C.6.4. DISCONTINUITÀ DI QUOTA DELLE COPERTURE

In corrispondenza di bruschi cambiamenti di quota delle coperture si considererà la distribuzione di carico più gravosa fra quella uniforme e quella asimmetrica, indicate nel punto 6.2 e quella conseguente all'accumulo di neve, indicata in fig. C.6.8.

L'accumulo della neve su coperture a più livelli è causato dal trasporto dovuto al vento ed allo scivolamento della neve dalle coperture poste a quote superiori. I coefficienti di forma sono determinati come descritto nel seguito:

$$\mu_1 = 0, \text{ (se la copertura è piana)}$$

$$\mu_2 = \mu_s = \mu_w$$

dove:

$\mu_s$  è il coefficiente di forma dovuto allo scivolamento

$\mu_w$  è il coefficiente di forma dovuto all'accumulo della neve prodotto dal vento.

Il coefficiente di forma dovuto allo scivolamento assume i seguenti valori:

$$\text{per } \alpha \leq 15^\circ$$

$$\mu_s = 0$$

$$\text{per } \alpha \leq 15^\circ$$

$\mu_s$  corrisponde ad un carico addizionale pari al 50% del massimo carico neve, sulla copertura adiacente posta a quota superiore, calcolato secondo quanto previsto al punto 6.2.

Il coefficiente di forma dovuto al vento è il seguente:

$$\mu_w = \frac{(b_1 + b_2)}{2 \cdot h} \leq \frac{\gamma \cdot h}{q_{sk}}$$

con la limitazione

$$0,8 \leq \mu_w \leq 2,5$$

dove:

$\gamma$  è la densità della neve, che per questo calcolo è assunta convenzionalmente pari a  $2 \text{ kN/m}^3$ .

La lunghezza di accumulo è limitata a

$$l_s = 2 \cdot h$$

con la limitazione

$$5 \leq l_s \leq 15 \text{ m.}$$

Se  $b_2 < l_s$  il coefficiente all'estremità della copertura inferiore è determinato per interpolazione fra  $\mu_1$  e  $\mu_2$ .

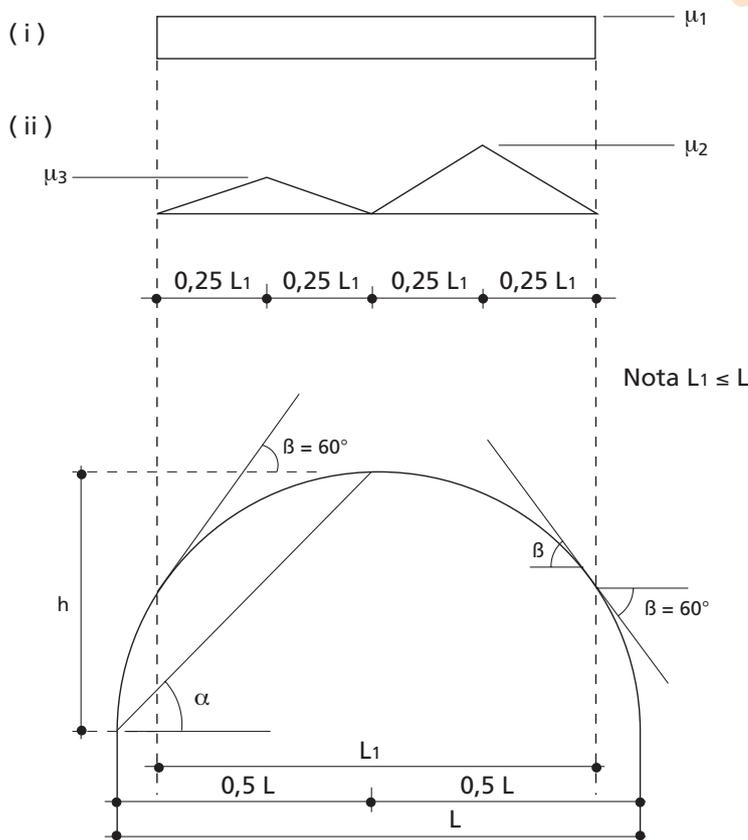


Fig. C.6.6

Fig. C.6.6  
Coefficienti di forma per coperture cilindriche.  
Ad ogni punto del profilo,  $\beta$  è l'angolo fra l'orizzonte e la tangente alla curva in quel punto.  
Il coefficiente di forma è determinato come segue:  
 $\beta \leq 60^\circ \quad \mu_1 = 0,8$   
 $\mu_2 = 0,2 + 10 \cdot \beta / l$  con la limitazione  $\mu_2 \leq 2,0$   
 $\mu_3 = 0,5 \cdot \mu_2$   
 $\beta > 60^\circ \quad \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = 0$

Fig. C.6.7

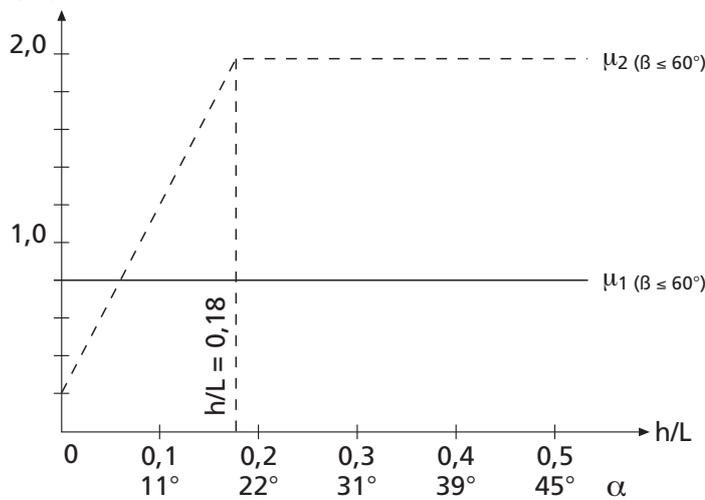


Fig. C.6.8

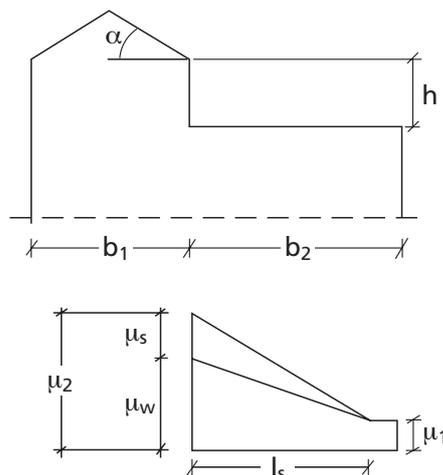


Fig. C.6.7  
Coefficienti di forma per differenti valori del rapporto freccia/luce

Fig. C.6.8  
Coefficienti di forma per bruschi cambiamenti di quote.

## C.6.5. ACCUMULO CONTRO PARETI VERTICALI

In presenza di vento la neve può accumularsi contro elementi piani verticali, in conseguenza della ridotta velocità dell'aria nella parte sottovento (fig. C.6.9).

dove:  
 $q_e$  è il carico per unità di lunghezza dovuto alla sporgenza della neve,  
 $\mu_1$  è il coefficiente di forma appropriato per la copertura,  
 $q_{sk}$  è il carico neve al suolo ( $kN/m^2$ ),

$\mu_i$  è il coefficiente di forma appropriato per la copertura,  
 $b$  è la distanza in piano dall'ostacolo al colmo,  
 $\alpha$  è l'angolo di inclinazione della falda.

Il carico neve sulla copertura sarà ottenuto dal punto 6 e corrisponderà alla distribuzione più sfavorevole.

## C.6.8. DENSITÀ DELLA NEVE

La densità della neve aumenta in generale con l'età del manto nevoso e dipende dalla posizione del sito, dal clima e dall'altitudine. Nella tabella C.6.2 sono forniti valori indicativi della densità media della neve al suolo.

DENSITÀ MEDIA DELLA NEVE AL SUOLO	
Tipo di neve	Densità della neve ( $kN/m^3$ )
Neve fresca, appena caduta	1,0
Dopo parecchie ore o giorni dalla caduta	2,0
Dopo parecchie settimane o mesi dalla caduta	2,5 - 3,5
Umida	4,0

## C.6.9. PERIODI DI RITORNO

Eventuali riduzioni del carico di riferimento  $q_{sk}$  potranno essere autorizzate dal Servizio Tecnico Centrale, sentito il Consiglio Superiore dei LL.PP. In mancanza di specifiche indagini statistiche il valore di riferimento del carico neve al suolo  $q_{ref}$  ( $Tr$ ), riferito ad un generico intervallo di ritorno  $Tr$ , è dato dall'espressione:

$$q_{ref}(Tr) = \alpha_{Rn} q_{sk}$$

dove:  
 $q_{sk}$  è il valore di riferimento del carico neve al suolo associato ad un intervallo di ritorno di 200 anni;

$\alpha_{Rn}$  è un coefficiente fornito dalla fig. C.6.11, a cui corrisponde l'espressione:

$$\alpha_{Rn} = 0,273 \{1 - 0,5 \ln[-\ln(1 - 1/Tr)]\}$$

Fig. C.6.11

Fig. C.6.9  
Coefficienti di forma in corrispondenza di parapetti e pareti verticali

Fig. C.6.9

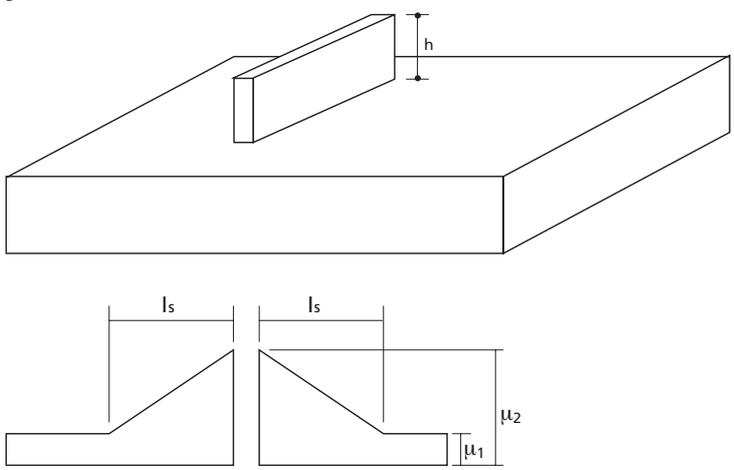


Fig. C.6.10  
Neve sporgente all'estremità di una copertura

I coefficienti di forma e le lunghezze di accumulo saranno prese come segue:

$$\mu_1 = 0,8$$

$$\mu_2 = \frac{\gamma \cdot h}{q_{sk}}$$

con la limitazione  $0,8 \leq \mu_2 \leq 2,0$  dove:

$\gamma$  è la densità della neve, che per questo calcolo è assunta convenzionalmente pari a  $2 kN/m^3$

$$l_s = 2 \cdot h$$

con la limitazione  $5 \leq l_s \leq 15 m$

## C.6.6. NEVE SPORGENTE DALL'ESTREMITÀ DI UNA COPERTURA

Per le porzioni di copertura aggettanti sulle pareti perimetrali, in aggiunta al carico neve previsto sulla falda, si terrà conto dell'effetto della neve sporgente all'estremità, mediante l'applicazione di un carico in punta, calcolato come segue (fig. C.6.10)

$$q_e = \frac{k \cdot \mu_1^2 \cdot q_{sk}^2}{\gamma}$$

$k$  è un coefficiente che tiene conto della forma irregolare della neve ed è in funzione del clima, dell'inclinazione della falda e del materiale costituente il manto di copertura; in via convenzionale si assumerà  $k = 1$ ,

$\gamma$  è la densità della neve, che per questo calcolo deve essere assunta convenzionalmente pari a  $3 kN/m^3$ .

## C.6.7. CARICO NEVE SU PROTEZIONI PARANEVE ED ALTRI OSTACOLI SULLA COPERTURA

La forza esercitata da una massa di neve contro una protezione verrà calcolata nell'ipotesi che il coefficiente di attrito fra neve e manto sia nullo. Pertanto la forza, nella direzione dello slittamento e per unità di lunghezza dell'ostacolo, è data da:

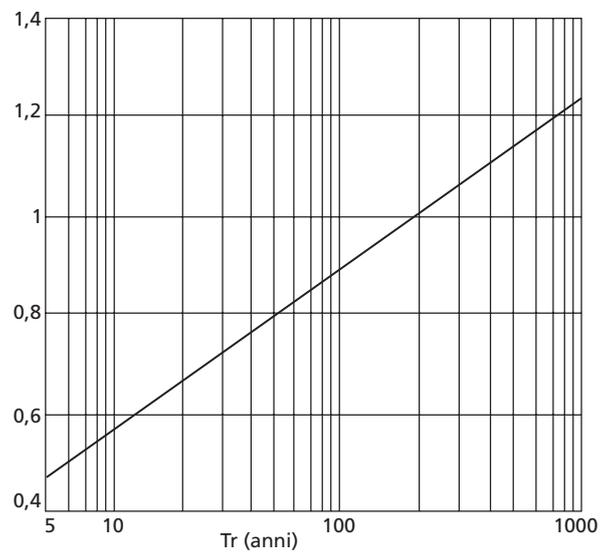
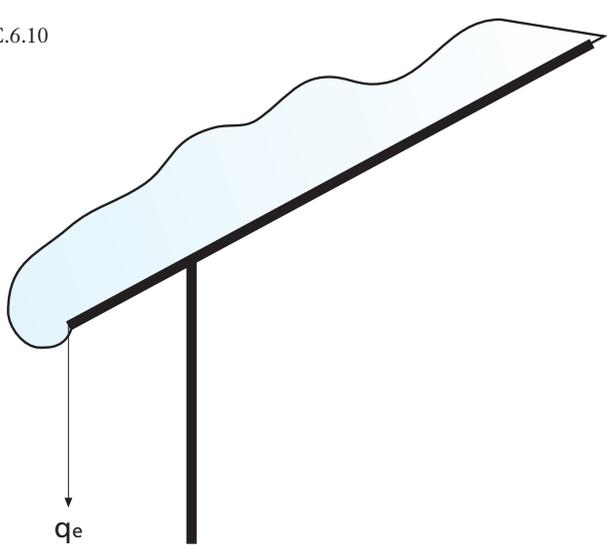
$$F_s = q_s \cdot b \cdot \sin \alpha$$

dove:

$q_s = \mu_i \cdot q_{sk}$  è il carico neve sulla copertura,

Fig. C.6.11  
Valori del carico neve al suolo in funzione dell'intervallo di ritorno

Fig. C.6.10



## • la resistenza alle azioni del vento

Per quanto riguarda le azioni del vento la circolare del Min. LLPP precedentemente citata contiene, al punto 7, anche indicazioni per questo tipo di sollecitazione. Anche in questo caso vengono riportate equazioni di riferimento e suddivisioni territoriali dalla quali desumere i valori da applicare nelle formule secondo le seguenti considerazioni:

### 7. AZIONI DEL VENTO

Il vento, la cui direzione si considera di regola orizzontale, esercita sulle costruzioni azioni che variano nel tempo provocando, in generale, effetti dinamici. Per le costruzioni usuali tali azioni sono convenzionalmente ricondotte alle azioni statiche equivalenti definite al punto 7.1. Peraltro, per costruzioni di forma o tipologia inusuale, oppure di grande altezza o lunghezza, o di rilevante snellezza e leggerezza, o di notevole flessibilità e ridotte capacità dissipative, il vento può dare luogo ad effetti la cui valutazione richiede l'applicazione di specifici procedimenti analitici, numerici o sperimentali adeguatamente comprovati.

### C.7. STRUTTURE A SEZIONE CHIUSA

In strutture a sezione chiusa di forma circolare o poligonale regolare di grande snellezza, o di notevole leggerezza, o con bassi valori dello smorzamento, il vento può dare luogo a fenomeni dinamici connessi al distacco dei vortici di cui occorre tenere conto in sede di progetto.

### 7.1. AZIONI STATICHE EQUIVALENTI

Le azioni statiche del vento si traducono in pressioni e depressioni agenti normalmente alle superfici, sia esterne che interne, degli elementi che compongono la costruzione. L'azione del vento sul singolo elemento viene determinata considerando la combinazione più gravosa della pressione agente sulla superficie esterna e della pressione agente sulla superficie interna dell'elemento. Nel caso di costruzioni o elemen-

ti di grande estensione, si deve inoltre tenere conto delle azioni tangenti esercitate dal vento. L'azione d'insieme esercitata dal vento su una costruzione è data dalla risultante delle azioni sui singoli elementi, considerando di regola, come direzione del vento, quella corrispondente ad uno degli assi principali della pianta della costruzione; in casi particolari, come ad esempio per le torri, si deve considerare anche l'ipotesi di vento spirante secondo la direzione di una delle diagonali.

### 7.2. PRESSIONE DEL VENTO

La pressione del vento è data dall'espressione:

$$p = q_{ref} \cdot C_e \cdot C_p \cdot C_d$$

dove:

$q_{ref}$  è la pressione cinetica di riferimento di cui al punto 7.4;

$C_e$  è il coefficiente di esposizione di cui al punto 7.5;

$C_p$  è il coefficiente di forma (o coefficiente aerodinamico), funzione della tipologia e della geometria della costruzione e del suo orientamento rispetto alla direzione del vento.

Il suo valore può essere ricavato da dati suffragati da opportuna documentazione o da prove sperimentali in galleria del vento;

$C_d$  è il coefficiente dinamico con cui si tiene conto degli effetti riduttivi associati alla non contemporaneità delle massime pressioni locali e degli effetti amplificativi dovuti alle vibrazioni strutturali.

### C.7.2. COEFFICIENTI DI FORMA E DINAMICO

Indicazioni per la valutazione del coefficiente di forma (o coefficiente aerodinamico) sono fornite al punto C.7.6.

Indicazioni per la valutazione del coefficiente dinamico sono fornite al punto C.7.8.



Zona	Descrizione	V <sub>ref,0</sub> (m/s)	a <sub>0</sub> (m)	K <sub>a</sub> (1/s)
1	Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (con l'eccezione della provincia di Trieste)	25	1000	0,012
2	Emilia Romagna	25	750	0,024
3	Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Campania, Puglia, Basilicata, Calabria (esclusa la provincia di Reggio Calabria)	27	500	0,030
4	Sicilia e provincia di Reggio Calabria	28	500	0,030
5	Sardegna (zona a oriente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	750	0,024
6	Sardegna (zona a oriente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	500	0,030
7	Liguria	29	1000	0,024
8	Provincia di Trieste	31	1500	0,012
9	Isola (con l'eccezione di Sicilia e Sardegna) e mare aperto	31	500	0,030

## 7.3. AZIONE TANGENTE DEL VENTO

L'azione tangente per unità di superficie parallela alla direzione del vento è data dall'espressione:

$$p_f = q_{ref} \cdot C_e \cdot C_f$$

dove:

$q_{ref}$ ,  $C_e$  sono definiti al punto 7.2;

$C_f$  è il coefficiente d'attrito funzione della scabrezza della superficie sulla quale il vento esercita l'azione tangente.

## C.7.3. COEFFICIENTE D'ATTRITO

Indicazioni per la valutazione del coefficiente d'attrito sono fornite al punto C.7.7.

## 7.4. PRESSIONE CINETICA DI RIFERIMENTO

La pressione cinetica di riferimento  $q_{ref}$  (in  $N/m^2$ ) è data dall'espressione:

$$q_{ref} = \frac{V_{ref}^2}{1,6}$$

nella quale  $V_{ref}$  è la velocità di riferimento del vento (in  $m/s$ ). La velocità di riferimento  $v_{ref}$  è il valore massimo, riferito ad un intervallo di ritorno di 50 anni, della velocità del vento misurata a 10 m dal suolo su un terreno di categoria (vedi tabella 7.2.) e mediata su 10 minuti. In mancanza di adeguate indagini statistiche è data dall'espressione

$$V_{ref} = V_{ref,0} \quad \text{per } a_s \leq a_0$$

$$V_{ref} = V_{ref,0} + K_a (a_s - a_0) \quad \text{per } a_s > a_0$$

dove:

$V_{ref,0}$ ,  $a_0$ ,  $K_a$  sono dati dalla tabella 7.1. in funzione della zona, definita in figura 7.1., ove sorge la costruzione;

$a_s$  è l'altitudine sul livello del mare (in m) del sito ove sorge la costruzione.

## C.7.4. PERIODO DI RITORNO

Per le strutture di grande importanza, il progettista potrà adottare valori della velocità di riferimento del vento associati a un intervallo di ritorno superiore a 50 anni.

Per le costruzioni isolate che interessano solo marginalmente la pubblica incolumità o per le strutture a carattere temporaneo eventuali riduzioni della velocità di riferimento associate ad un intervallo di ritorno inferiore a 50 anni dovranno essere autorizzate dal Servizio Tecnico Centrale, sentito, qualora necessario il Consiglio Superiore dei LL. PP.

In mancanza di adeguate indagini statistiche, la velocità di riferimento del vento  $V_{ref}(T_R)$  riferita ad un generico intervallo di ritorno  $T_R$  è data dall'espressione:

$$V_{ref}(T_R) = \alpha_{R} \cdot V_{ref}$$

dove:

$V_{ref}$  è la velocità di riferimento del vento associata a un intervallo di ritorno di 50 anni

$\alpha_R$  è un coefficiente fornito dalla figura C.7.4. a cui corrisponde la espressione:

$$\alpha_R = 0,65 \{1 - 0,14 \ln(1 - 1/T_R)\}$$

## 7.5. COEFFICIENTE DI ESPOSIZIONE

Il coefficiente di esposizione  $C_e$  dipende

dall'altezza della costruzione  $z$  sul suolo, dalla rugosità e dalla topografia del terreno, dall'esposizione del sito ove sorge la costruzione.

È dato dalla formula

$$C_e(Z) = K^2 \cdot C_t \cdot \ln\left(\frac{Z}{Z_0}\right) \cdot \left[7 + C_t \cdot \ln\left(\frac{Z}{Z_0}\right)\right]$$

per  $z \geq Z_{min}$

$$C_e(Z) = C_e(Z_{min})$$

per  $z < Z_{min}$

dove:

$K_r$ ,  $Z_0$ ,  $Z_{min}$  sono assegnati in tabella 7.2. in funzione della categoria di esposizione del sito ove sorge la costruzione;

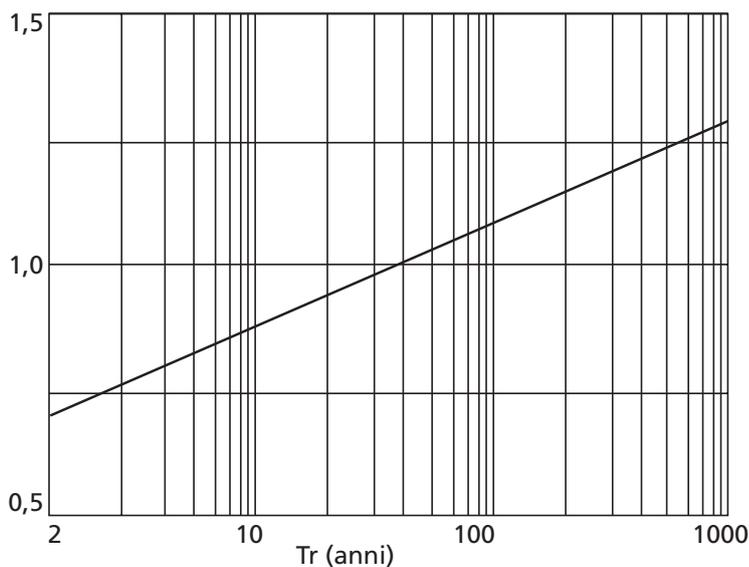
$C_t$  è il coefficiente di topografia.

In mancanza di analisi che tengano in

conto sia della direzione di provenienza del vento sia delle variazioni di rugosità del terreno, la categoria di esposizione è assegnata nella figura 7.2. in funzione della posizione geografica del sito ove sorge la costruzione e della classe di rugosità del terreno definita in tabella 7.3. Il coefficiente di topografia  $C_t$  è posto di regola pari a 1 sia per le zone pianeggianti sia per quelle ondulate, collinose, montane.

In questo la figura 7.3. riporta i diagrammi di  $C_e$  per le diverse categorie di esposizione. Nel caso di costruzioni ubicate presso la sommità di colline o pendii isolati il coefficiente di topografia  $C_t$  deve essere valutato con analisi più approfondite.

Fig. C.7.4



ZONE 1, 2, 3, 4, 5						
	costa	mare	2km	10km	30km	500m
A	--	IV	IV	V	V	V
B	--	III	III	IV	IV	IV
C	--	*	III	III	IV	IV
D	I	II	II	II	III	**

\* Categoria II in zona 1, 2, 3, 4  
Categoria III in zona 5

\*\* Categoria III in zona 2, 3, 4, 5  
Categoria IV in zona 1

ZONA 9		
	mare	costa
A	--	I
B	--	I
C	--	I
D	I	I

ZONA 6				
	mare	costa	2km	10km
A	--	III	IV	V
B	--	II	III	IV
C	--	II	III	IV
D	I	I	II	II

ZONA 7, 8			
	mare	1.5km	0.5km
A	--	--	IV
B	--	--	IV
C	--	--	III
D	I	II	*

\* Categoria II in zona 8  
Categoria III in zona 7

Fig. C.7.4  
Valori dell'azione del vento  
in funzione dell'intervallo  
di ritorno

Nelle fasce entro i 40 Km dalla costa delle zone 1, 2, 3, 4, 5 e 6, la categoria di esposizione è indipendente dall'altitudine del sito.

Categorie di esposizione del sito	K <sub>r</sub>	Z <sub>0</sub> (m)	Z <sub>min</sub> (m)
I	0.17	0.01	2
II	0.19	0.05	4
III	0.20	0.10	5
IV	0.22	0.30	8
V	0.23	0.70	12

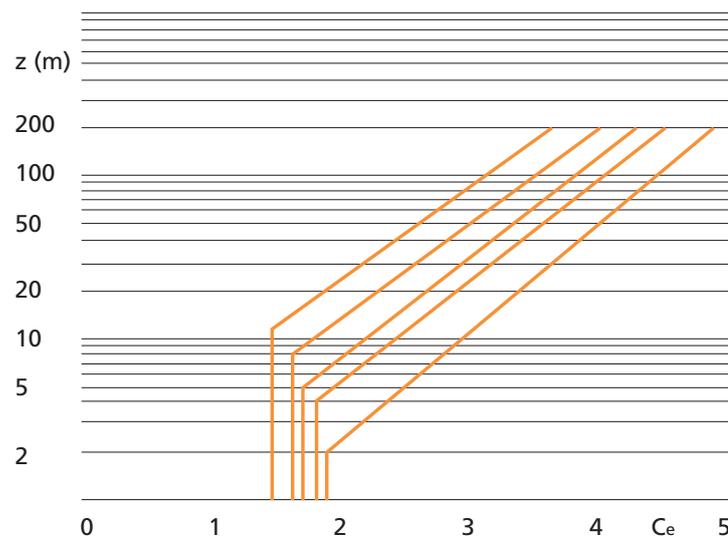
← Tabella 7.2

Classi di rugosità del terreno	Descrizione
A	Aree urbane in cui almeno il 15% della superficie sia coperto da edifici la cui altezza media superi i 15 m
B	Aree urbane (non di classe A), suburbane, industriali e boschive
C	Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni, ...); aree con rugosità non riconducibile alle classi A, B, D
D	Aree prive di ostacoli o con al più rari ostacoli isolati (aperta campagna, aeroporti, aree agricoli, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate, mare, laghi, ...)

← Tabella 7.3

L'assegnazione della classe di rugosità non dipende dalla conformazione orografica e topografica del terreno. Affinché una costruzione possa dirsi ubicata in classe di rugosità A o B è necessario che la situazione che contraddistingue la classe permanga intorno alla costruzione per non meno di 1 km e comunque non meno di 20 volte l'altezza della costruzione. Laddove sussistano dubbi sulla scelta della classe di rugosità, a meno di analisi rigorose, verrà assegnata la classe più sfavorevole.

Fig. 7.3



### C.7.5. COEFFICIENTI DI ESPOSIZIONE E DI TOPOGRAFIA

Il coefficiente di esposizione  $C_e$  varia lungo l'altezza fuori terra ( $z$ ) della costruzione.

In fig. 7.3 sono riportate le leggi di variazione di  $C_e$  per le diverse categorie di esposizione, nel caso di coefficienti

te di topografia  $C_t = 1$ .

I valori del coefficiente di topografia  $C_t$ , riferito alla componente del vento ortogonale al ciglio del pendio o della collina, fatte salve più approfondite analisi, possono essere calcolati con le formule di seguito riportate.

Dette  $H$  l'altezza della collina o del dislivello, e  $H/D = \tan \phi$  la sua penden-

za media (fig. C.7.5), il coefficiente  $C_t$  fornito dai capoversi a), b), c) varia lungo l'altezza  $z$  della costruzione secondo un coefficiente  $\beta$  dato da:

$$\beta = 0,5 \quad \text{per } z/H \leq 0,75$$

$$\beta = 0,8 - 0,4 \cdot z/H \quad \text{per } 0,75 < z/H \leq 2$$

$$\beta = 0 \quad \text{per } z/H > 2$$

e con la pendenza  $H/D$  secondo un coefficiente  $g$  dato da:

$$\gamma = 0 \quad \text{per } H/D \leq 0,10$$

$$\gamma = 1/0,20 (H/D - 0,10) \quad \text{per } 0,10 < H/D \leq 0,30$$

$$\gamma = 1 \quad \text{per } H/D > 0,30$$

a) Costruzioni ubicate sulla cresta di una collina (fig. C.7.5a):

$$C_t = 1 + \beta + g$$

b) Costruzioni sul livello superiore di un dislivello (fig. C.7.5b):

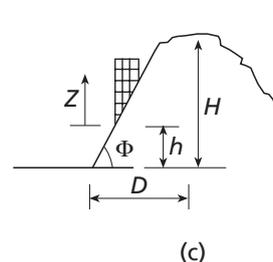
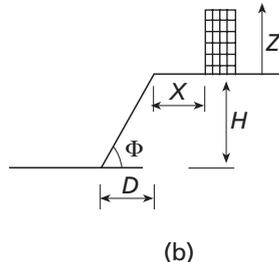
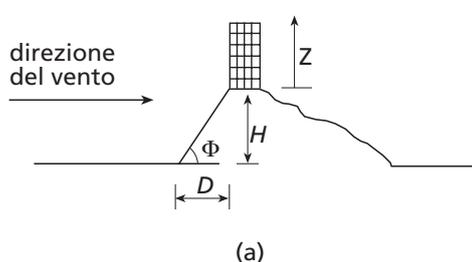
$$C_t = 1 + \beta \cdot g \cdot (1 - 0,1 \cdot x/H) \geq 1$$

c) Costruzioni su un pendio (fig. C.7.5c):

$$C_t = 1 + \beta \cdot g \cdot h/H$$

### C.7.6. COEFFICIENTE DI FORMA (O AERODINAMICO)

In assenza di più precise valutazioni, suffragate da opportuna documentazione o da prove sperimentali in galleria del vento, si assumono i valori riportati ai punti seguenti.



## C.7.6.1. EDIFICI A PIANTA RETTANGOLARE CON COPERTURE PIANE, A FALDE INCLINATE O CURVE

Per la valutazione della pressione esterna si assumerà (vedere figura C.7.6):

- per elementi sopravvento (cioè direttamente investiti dal vento) con inclinazione sull'orizzontale  $\alpha \geq 60^\circ$ :  $C_{pe} = +0,8$

- per elementi sopravvento, con inclinazione sull'orizzontale  $20^\circ < \alpha < 60^\circ$ :  $C_{pe} = +0,03 \cdot \alpha \cdot -1$  (a in gradi)

- per elementi sopravvento, con inclinazione sull'orizzontale  $0^\circ < \alpha < 20^\circ$  e per elementi sottovento (intendono come tali quelli non direttamente investiti dal vento o quelli investiti da vento radente):  $C_{pe} = -0,4$

Per la valutazione della pressione interna si assumerà (vedere figura C.7.7):

- per costruzioni completamente stagne:  $C_{pi} = 0$

- per costruzioni non stagne:  $C_{pi} = \pm 0,2$

(scegliendo il segno che dà luogo alla combinazione più sfavorevole);

- per costruzioni che hanno (o possono anche avere in condizioni eccezionali) una parete con aperture di superficie non minore di 1/3 di quella totale:  $C_{pi} = +0,8$

quando la parete aperta è sopravvento;  $C_{pi} = -0,5$

quando la parete aperta è sottovento o parallela al vento;

- per costruzioni che presentano su due pareti opposte, normali alla direzione del vento, aperture di superficie non minore di 1/3 di quella totale:

$$C_{pe} + C_{pi} = \pm 1,2$$

per gli elementi normali alla direzione del vento;

$$C_{pi} = \pm 0,2$$

per i rimanenti elementi.

## C.7.6.2 COPERTURE MULTIPLE

Si intende per copertura multipla un insieme di elementi identici e contigui (ad esempio coperture a shed, a conoidi, ecc.).

**C.7.6.2.1** - Per la determinazione delle azioni dovute al vento diretto normalmente alle linee di colmo si procede alle valutazioni seguenti.

- **Azioni esterne sui singoli elementi:**

- per la prima copertura colpita dal vento valgono i coefficienti stabiliti nel punto C.7.6.1;

- per la seconda copertura il coefficiente relativo allo spiovente sopravvento viene ridotto del 25%;

- per tutte le coperture successive i coefficienti relativi ad ambedue gli spioventi vengono ridotti del 25%.

- **Azioni d'insieme:**

- si applicano al primo e all'ultimo spiovente le pressioni valutate secondo i coefficienti indicati nel punto C.7.6.1.

- contemporaneamente si considera

Fig. C.7.6

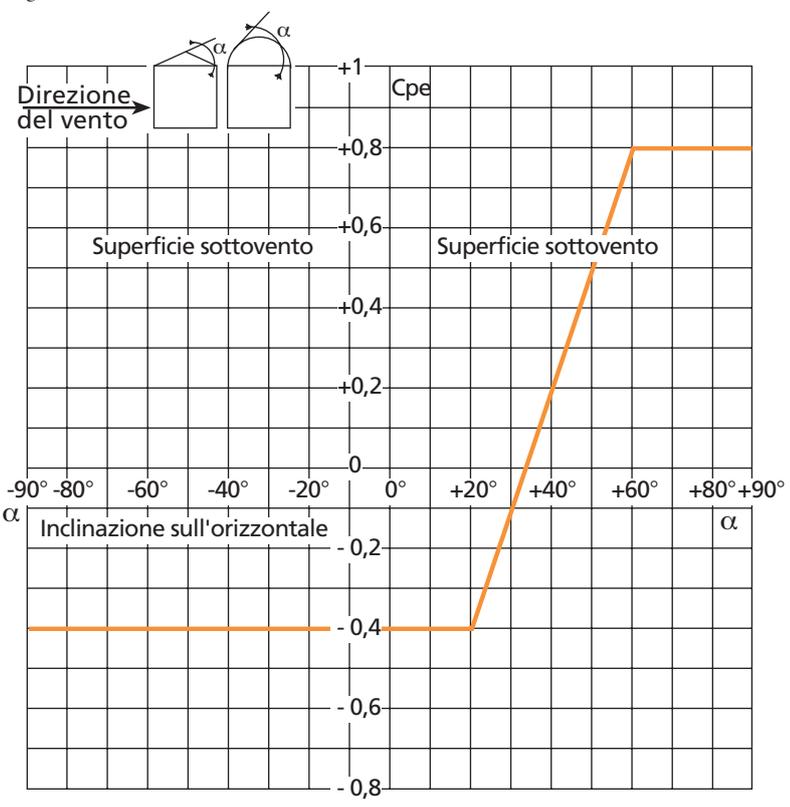


Fig. C.7.7

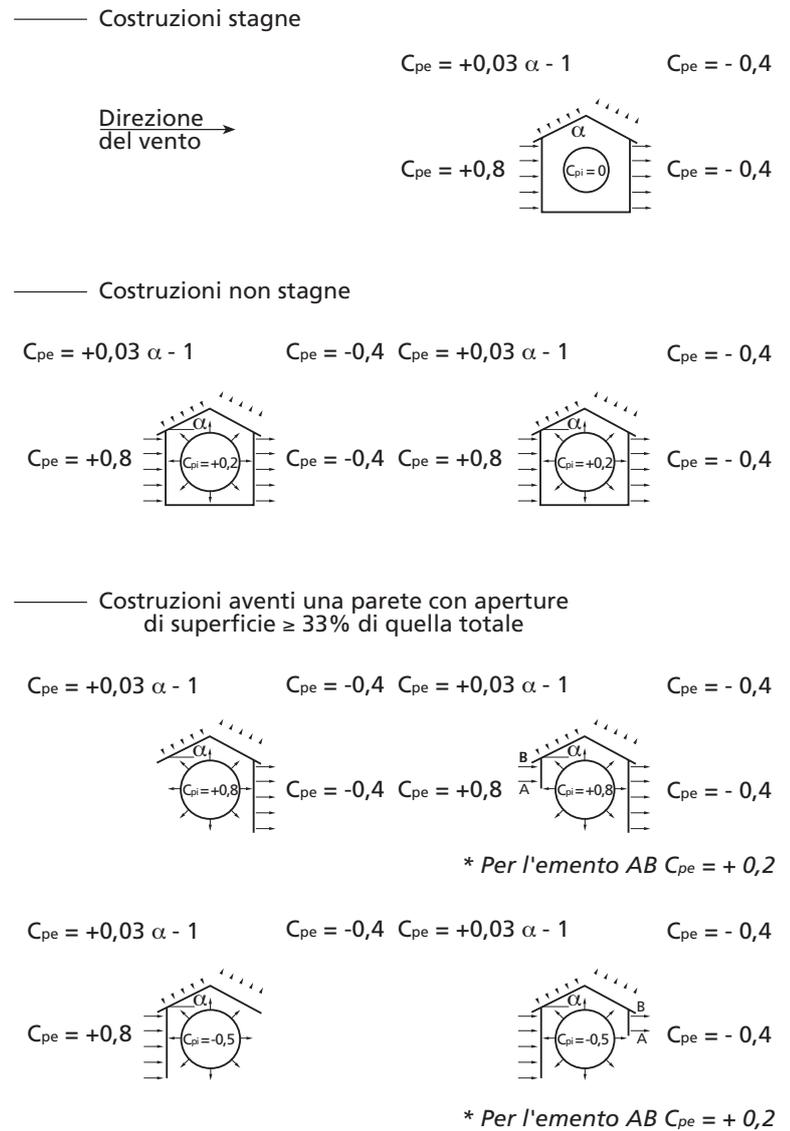
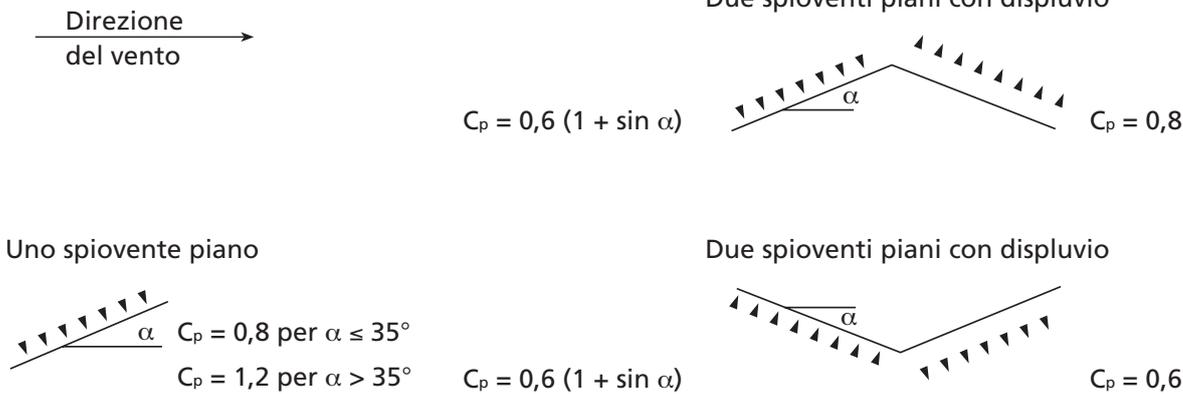


Fig. C.7.8



applicata alla superficie proiettata in piano di tutte le parti del tetto, una azione superficiale orizzontale di tipo tangenziale il cui valore unitario è assunto convenzionalmente pari a:  $0,10 q_{ref} C_e$ .

**C.7.6.2.2** - Per la determinazione delle azioni dovute al vento diretto parallelamente alle linee di colmo (e ai piani di falda) si considererà in ogni caso un'azione tangente come definita al punto 7.3., utilizzando i coefficienti di attrito indicati in tab. C.7.5. al punto C.7.7.

**C.7.6.3. TETTOIE E PENSILINE ISOLATE**

Per tettoie o pensiline isolate ad uno o due spioventi per le quali il rapporto tra l'altezza totale sul suolo o la massima dimensione in pianta non è maggiore di

uno, si assumeranno i seguenti valori del coefficiente  $c_p$ :

- tettoie e pensiline a due spioventi piani (vedere figura C.7.8)

$C_p = 0,6 \cdot (1 + \sin \alpha)$

per spiovente sopravvento

$C_p = 0,6$

per spiovente sottovento

- tettoie e pensiline a un solo spiovente piano (vedere figura C.7.8)

$C_p = 0,8$  per  $\alpha \leq 35^\circ$

$C_p = 1,2$  per  $\alpha > 35^\circ$

**C.7.6.4. TRAVI AD ANIMA PIENA E RETICOLATI**

... OMISSIS ...

**C.7.6.5. TORRI E PALI A TRALICCIO A SEZIONE RETTANGOLARE O QUADRATA**

... OMISSIS ...

**C.7.6.6. CORPI CILINDRICI**

Per i corpi cilindrici a sezione circolare di diametro  $d$  e lunghezza  $b$  i coefficienti di forma sono i seguenti:

$C_p = 1,2$  per  $d \cdot \sqrt{q} \leq 2,2$

$C_p = (1,783 - 0,263 \cdot d \cdot \sqrt{q})$   
per  $2,2 < d \cdot \sqrt{q} < 4,2$

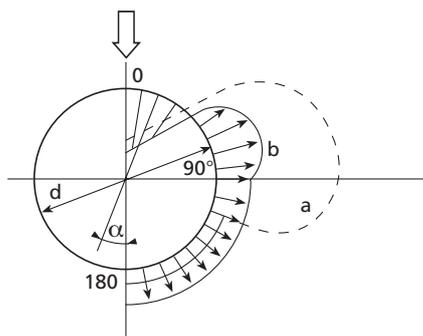
$C_p = 0,7$  per  $d \cdot \sqrt{q} \geq 4,2$   
essendo  $d$  espresso in metri e  
 $q = q_{ref} \cdot C_e$  ( $N/m^2$ )

con  $q_{ref}$ ,  $C_e$  definiti rispettivamente ai punti 7.4 e 7.5.

L'azione di insieme esercitata dal vento va valutata con riferimento alla superficie proiettata nel piano ortogonale alla direzione del vento.

Le espressioni sopra indicate valgono anche per i corpi prismatici a sezione di poligono regolare di otto o più lati, essendo  $d$  il diametro del cerchio circoscritto.

Distribuzione della pressione esterna sulle superfici cilindriche e sferiche



Curva **a** per superfici lisce (metalli, intonaco liscio)  
 Curva **b** per superfici ruvide (muratura con giunti di malta, intonaco rustico).

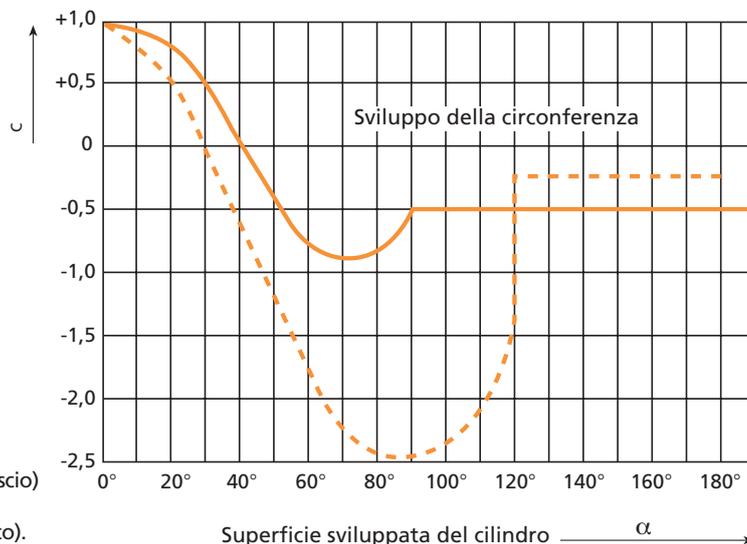


Fig. C.7.9 Coefficiente di forma  $c$

$\alpha$	Per le curve		$\alpha$	Per le curve	
	a	b		a	b
0°	+1,00	+1,00	70°	-2,15	-0,80
10°	+0,90	+0,95	80°	-2,37	-0,73
20°	+0,55	+0,80	90°	-2,45	-0,50
30°	+0,05	+0,50	100°	-2,38	-0,50
40°	-0,50	0	110°	-2,10	-0,50
50°	-1,10	-0,45	115°	-1,24	-0,50
60°	-1,70	-0,72	120° - 180°	-0,25	-0,50

### C.7.6.7. CORPI SFERICI

Per una sfera di raggio  $R$  l'azione di insieme esercitata dal vento va valutata con riferimento alla superficie proiettata sul piano ortogonale alla direzione del vento,

Tabella C.7.4

$$S = \pi \cdot R^2,$$

utilizzando il coefficiente

$$C_p = 0,35.$$

### C.7.6.8. PRESSIONI MASSIME LOCALI

Le pressioni massime locali non vengono messe in conto per la determinazione delle azioni d'insieme.

a) Nei casi di cui ai punti C.7.6.1, C.7.6.2 e C.7.6.3, nelle zone di discontinuità della forma esterna della costruzione, il valore assoluto del coefficiente di pressione può subire sensibili incrementi. Convenzionalmente, il valore massimo locale della pressione si otterrà applicando un coefficiente

$$c = \pm 1,6.$$

b) Nei casi di cui ai punti C.7.6.6 e C.7.6.7 le pressioni massime locali vanno determinate utilizzando il coeffi-

Superficie	Z <sub>0</sub> (m)
Liscia (acciaio, cemento a faccia liscia,...)	0,01
Scabra (cemento a faccia scabra, catrame,...)	0,02
Molto scabra (ondulata, costolata, piegata,...)	0,04

ciente di forma  $c$ , la cui distribuzione è rappresentata in figura C.7.9.

### C.7.7. COEFFICIENTE DI ATTRITO

In assenza di più precise valutazioni suffragate da opportuna documentazione o da prove sperimentali in galleria del vento, si assumeranno i valori riportati nella tabella C.7.4.

### C.7.8. COEFFICIENTE DINAMICO

In mancanza di più precise valutazioni suffragate da opportuna documentazione, le figure C.7.10 e C.7.11 forniscono il coefficiente dinamico degli edifici e delle ciminiere di altezza minore di 200 m.

La figura C.7.12 fornisce il coefficiente dinamico dei ponti a travata la cui massima campata non superi la lunghezza di 200 m. Valori più accurati del coefficiente dinamico possono essere ottenuti applicando procedimenti più dettagliati di comprovata affidabilità. Ogni qualvolta il coefficiente dinamico fornito dalla figura C.7.11 è maggiore di 1,2, questo parametro sarà valutato secondo procedimenti di comprovata affidabilità.

Il ricorso a tali procedimenti è inoltre raccomandato quando il coefficiente dinamico risulti compreso fra 1,0 e 1,2. Per tutte le tipologie strutturali non contemplate nelle precedenti figure il coefficiente dinamico sarà valutato secondo procedimenti di comprovata affidabilità.

