

autostrade // per l'italia

AUTOSTRADA (A14) : BOLOGNA-BARI-TARANTO

AMPLIAMENTO ALLA TERZA CORSIA DEL TRATTO RIMINI NORD-PEDASO TRATTO : CATTOLICA - FANO

OPERE COMPENSATIVE COMUNE DI PESARO NUOVO SVINCOLO DI PESARO SUD

PROGETTO DEFINITIVO

DG- DOCUMENTAZIONE GENERALE

OPERE COMPLEMENTARI

Acustica

Barriere antifoniche - Relazione di calcolo Elevazione

IL PROGETTISTA SPECIALISTICO

Ing. Lucio Ferretti Torricelli
Ord. Ingg. Brescia n.2188

RESPONSABILE STRUTTURE

IL RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE

Ing. Michele Parrella
Ord. Ingg. Avellino N. 933

PROJECT ENGINEER

IL DIRETTORE TECNICO

Ing. Orlando Mazza
Ord. Ingg. Pavia N. 1496

PROGETTAZIONE NUOVE OPERE AUTOSTRADALI

CODICE IDENTIFICATIVO														Ordinatore: NN																									
RIFERIMENTO PROGETTO				RIFERIMENTO DIRETTORIO						RIFERIMENTO ELABORATO																													
Codice	Commissa	Lotto, Sub- Cod. Appalto	Prog. Appalto	Fase	Capitolo	Paragrafo	tipologia	WBS progressivo	PARTE D'OPERA		Tip.	Disciplina	Progressivo	Rev.																									
1	1	1	4	3	1	S	P	0	1	P	D	D	G	O	P	C	F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	R	S	T	R	0	6	0	3	-	0	SCALA: -

 gruppo Atlantia	PROJECT MANAGER:		SUPPORTO SPECIALISTICO:		REVISIONE		
					n.	data	
					0	MARZO 2019	
					1	-	
					2	-	
REDATTO:	-		VERIFICATO:	-		3	-
						4	-

	<p>VISTO DEL COMMITTENTE</p>  <p>IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO Geom. Claudio Cerbarano</p>	<p>VISTO DEL CONCEDEnte</p>  <p>Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti DIPARTIMENTO PER LE INFRASTRUTTURE, GLI AFFARI GENERALI ED IL PERSONALE STRUTTURA DI VIGILANZA SULLE CONCESSIONARIE AUTOSTRADALI</p>
--	--	---

OPERE COMPENSATIVE DI PESARO

PROGETTO ESECUTIVO

Barriere acustiche - Elevazione

RELAZIONE DI CALCOLO

Indice

1. INTRODUZIONE.....	3
1.1 DESCRIZIONE DELL'OPERA.....	3
1.2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	7
1.3 MATERIALI.....	8
1.3.1 <i>Carpenteria metallica</i>	8
1.3.2 <i>Calcestruzzo armato</i>	10
1.4 CARATTERIZZAZIONE SISMICA.....	11
1.5 SOFTWARE DI CALCOLO.....	14
2. ANALISI DEI CARICHI	15
2.1 CARICHI CARATTERISTICI.....	15
2.1.1 <i>Pesi propri e carichi permanenti ($G_{k,1}$ e $G_{k,2}$)</i>	15
2.1.2 <i>Pressione del vento (Q_w)</i>	15
2.1.3 <i>Pressione dinamica veicolare (Q_{dv})</i>	21
2.1.4 <i>Carico dinamico da rimozione neve (Q_{rn})</i>	22
2.1.5 <i>Azione sismica (E_d)</i>	24
2.1.6 <i>Urto veicolare (A_d)</i>	24
2.2 RAPPRESENTAZIONE GRAFICA DELLE AZIONI SUI MONTANTI	25
2.3 COMBINAZIONI DI CARICO	27
2.4 SOLLECITAZIONI ALLA BASE DEI MONTANTI	29
3. VERIFICA CARPENTERIA METALLICA	30
3.1 GENERALITÀ.....	30
4. ALLEGATI DI CALCOLO.....	ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.

1. Introduzione

1.1 Descrizione dell'opera

La presente relazione è a corredo del progetto definitivo relativo al risanamento acustico del tratto dell'A14 in prossimità del nuovo Svincolo di Pasaro Sud e del relativo casello nonché delle Opere Compensative di Pesaro in particolare nel tratto interferito della Bretella Santa Veneranda.

Oggetto della relazione sono:

- i montanti e i relativi sistemi di ancoraggio delle barriere fonoassorbenti;

I singoli interventi sono stati raggruppati in "famiglie" di caratteri comuni in base ai seguenti criteri:

1. altezza della FOA
2. tipologia "disaccoppiata"
3. appartenenza alla zona "di bordo" o "corrente" (v. § 2.1.2.2)
4. altezza del rilevato su cui è installata la barriera (v. § 2.1.2.2)

A ciascuna delle famiglie così individuate verrà associato un montante tipo, opportunamente dimensionato al fine di sostenere in sicurezza i carichi associati alla famiglia, calcolati come al punto 2.

Nel grafico in Figura 1-1 le curve in tratto nero continuo rappresentano il luogo dei punti del minimo valore del carico uniforme limite che provoca la crisi del sistema montante, secondo il raggiungimento del limite di resistenza delle membrature agli S.L.U. oppure il raggiungimento del limite funzionale di deformazione agli S.L.E. A ciascuna tipologia di montante è quindi associata una curva che rappresenta il limite di carico oltre il quale tale tipologia non risponde più ai criteri di verifica.

Abaco di predimensionamento: involucro freccia / resistenza

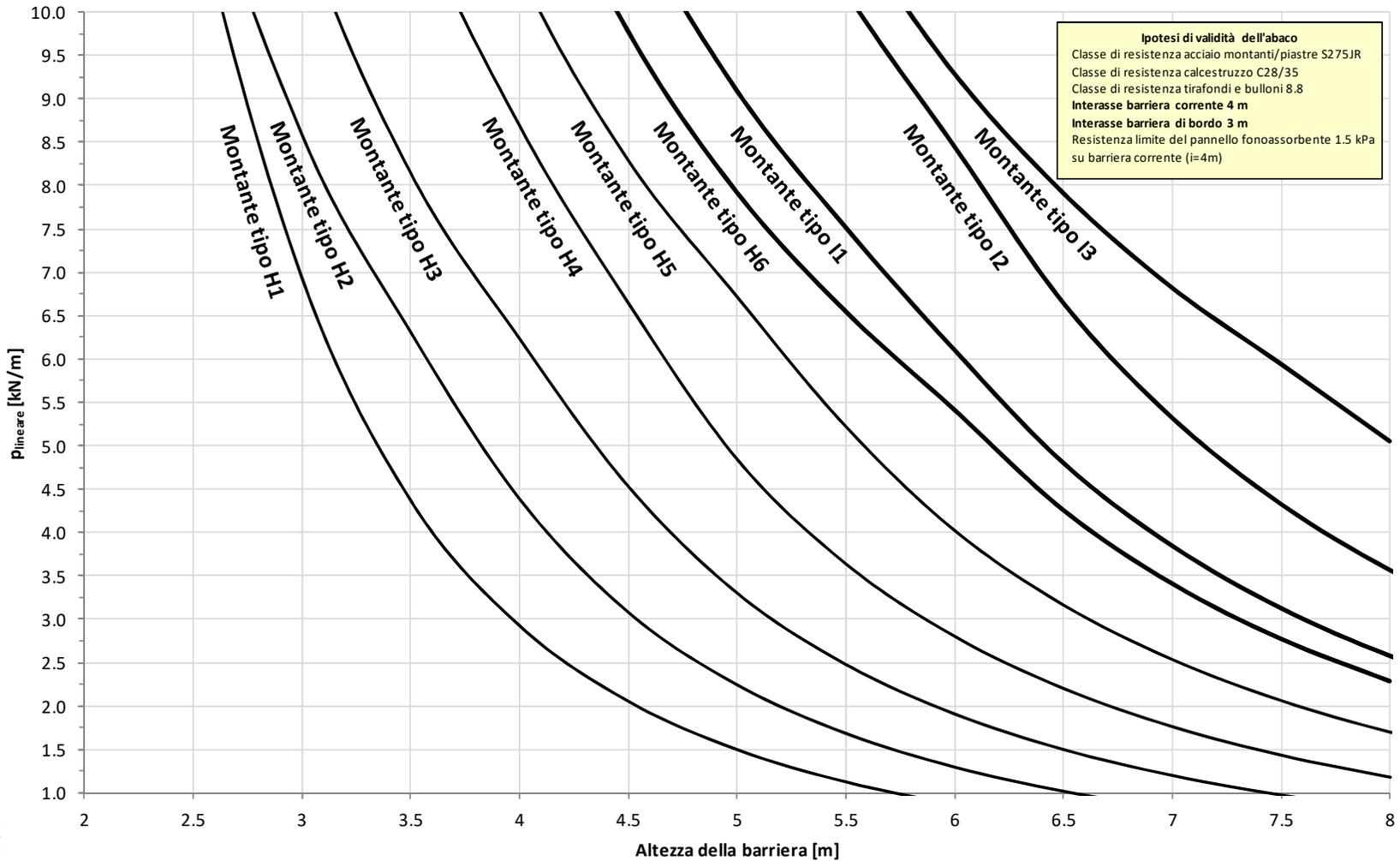


Figura 1-1 - Abaco delle curve di involucro del carico uniforme limite per le tipologie di montante considerate

天
上
大
風

Nella Tabella 1-1 sono quindi elencati gli interventi suddivisi per famiglie, ciascuna delle quali associata ad una tipologia di montante.

Tabella 1-1 – Caratteristiche FOA in oggetto

Ubicazione	WBS	Profilo montante	Tipologia montante	Lunghezza intervento [m]	Lunghezza sottointervento [m] (*)	Altezza di calcolo barriera [m]	Interasse montanti [m] ¹	Altezza rilevato [m]	Tipo
S. Veneranda ciglio Dx	FO006	HE240A	H5	48	21+21 (bordo) 6 (corrente) diviene tutto bordo	5.0	3.0 (bordo) 3.0 (corrente)	1.0	Disacc.
Sv. Pesaro Sud Muro Rampa A	FO016	HE240A	H5	138	21 (bordo) 117 (corrente)	5.0	3.0 (bordo) 3.0 (corrente)	7.0	Disacc.
S. Veneranda ciglio Sx	FO017	IPE360 IPE330	I2 I1	69	24 (bordo) 45 (corrente)	6.0	3.0 (bordo) 3.0 (corrente)	4.0	Disacc.
Sv. Pesaro Sud Rampa B	FO018	HE240A	H5	130	21+21 (bordo) 88 (corrente)	5.0	3.0 (bordo) 4.0 (corrente)	5.0	Disacc.
S. Veneranda ciglio Dx	FO019	HE240A	H5	126	21+21 (bordo) 84 (corrente)	5.0	3.0 (bordo) 4.0 (corrente)	1.0	Disacc.
S. Veneranda ciglio Sx	FO020	HE240A	H5	54	21+21 (bordo) 12 (corrente)	5.0	3.0 (bordo) 3.0 (corrente)	1.0	Disacc.
Casello esazione	FO021	HE200A	H3	132	18+18 (bordo) 96 (corrente)	4.0	3.0 (bordo) 4.0 (corrente)	2.0	Disacc.
A 14 Cordolo ST05	FO027	HE200A	H3	102	18 (bordo) 84 (corrente)	4.0	3.0 (bordo) 3.0 (corrente)	9.0	Disacc.

(*) Nel caso di barriere in continuità con tratti preesistenti di barriere o con paramenti d'opera, la zona di bordo si considera solo dal lato libero (quindi una sola volta).

Le barriere elencate in tabella sono caratterizzate dalle seguenti grandezze geometriche:

- tipologia del profilato e relative dimensioni;
- dimensioni della piastra di base;
- dimensioni degli irrigidimenti saldati alla base del montante;
- numero, diametro e disposizione dei tirafondi;
- dimensioni delle rosette dei tirafondi;
- pretiro dei tirafondi e relativa coppia di serraggio.

Le tipologie di barriere antirumore analizzate nella presente relazione sono realizzate con montanti in acciaio a sezione ad "H" oppure ad "I" che sostengono i pannelli fonoassorbenti in alluminio verniciato e lastre trasparenti (v. Figura 1-2).

¹ I montanti sono da prevedere ad interasse 3m per le zone di bordo e 4m per le zone correnti. Per maggiori dettagli si veda l'elaborato grafico di riferimento.

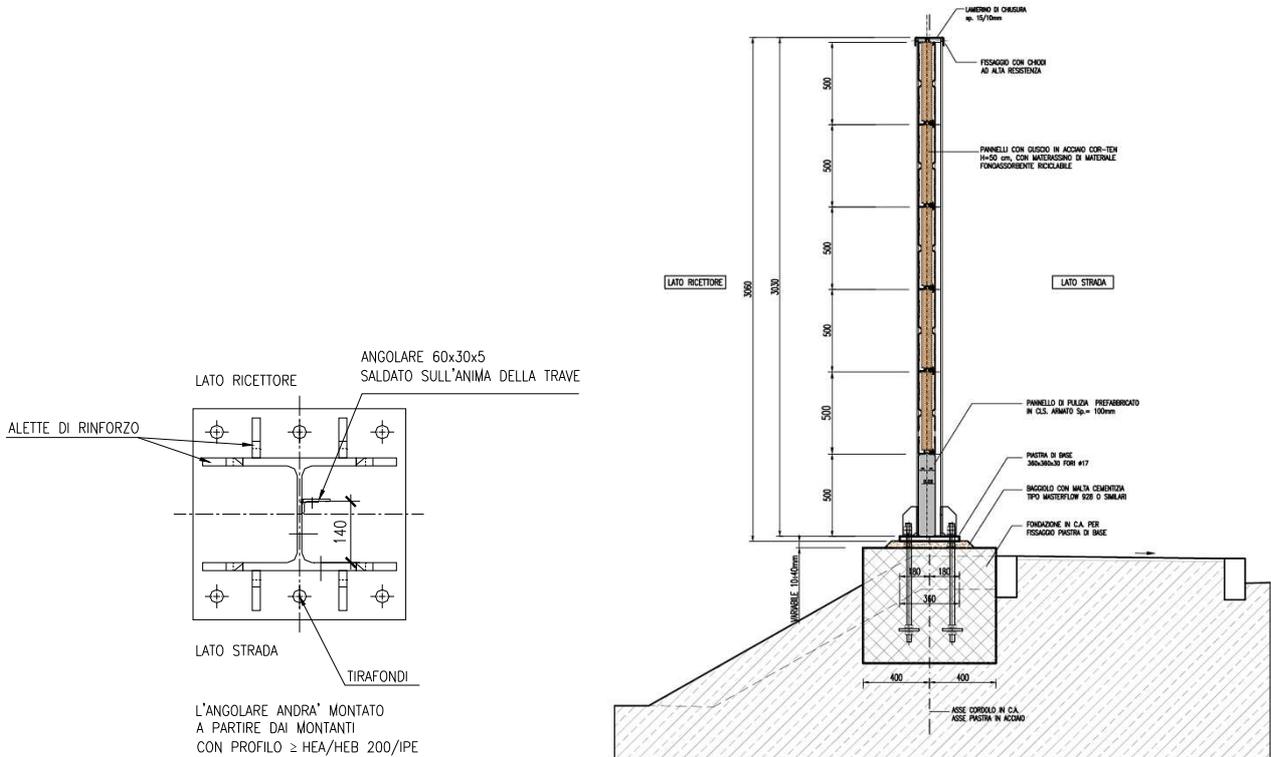


Figura 1-2 - Pianta alla base e sezione verticale architettonici della barriera FOA

Le analisi delle barriere sono state sviluppate per altezze da **3.00 m a 6.00m**, con passo dei montanti "i" variabile da 3.00 m nelle zone di bordo e 3.00 o 4.00 m nelle zone correnti per le barriere standard.

Tutte le tipologie di montanti sono dotate di piastre di ancoraggio di base e fazzoletti di rinforzo (v. Figura 1-3).

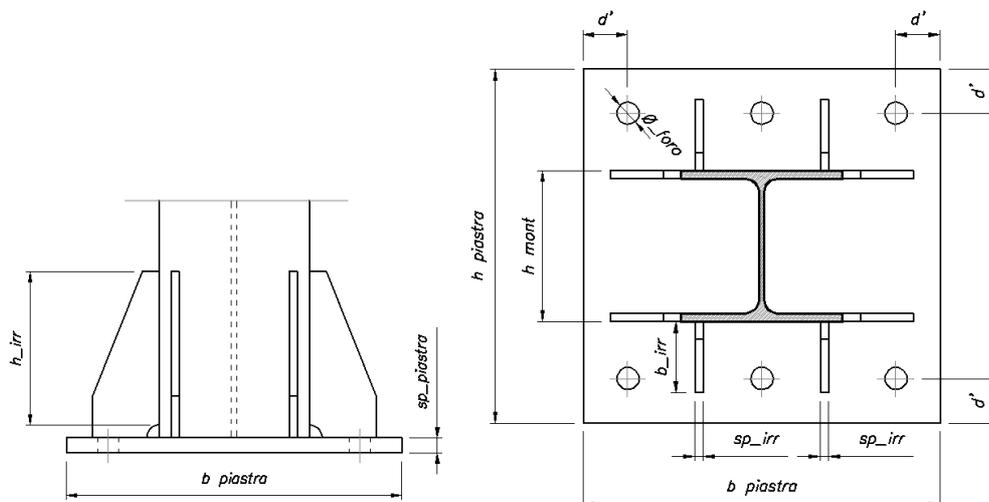


Figura 1-3 - Schema piastra di ancoraggio

Per quanto concerne le pannellature delle barriere antirumore da realizzare è stato previsto uno standard basato sull'utilizzo di pannelli in cls armato (H=50cm) sormontato da pannelli con guscio in acciaio cor-ten con materassino di materiale fonoassorbente riciclabile e da lastre trasparenti in vetro temperato.

1.2 Normativa di riferimento

I calcoli e le disposizioni esecutive sono conformi alle norme attualmente in vigore:

- [1]. Legge 5 novembre 1971 n. 1086 - Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica
- [2]. Circ. Min. LL.PP.14 Febbraio 1974, n. 11951 – Applicazione della L. 5 novembre 1971, n. 1086”
- [3]. Legge 2 febbraio 1974 n. 64, recante provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche
- [4]. D. M. del 14 gennaio 2008 – Norme tecniche per le costruzioni
- [5]. Circ. Min. No 617 - 2 Febbraio 2009: Istruzioni per l'applicazione delle 'Nuove norme tecniche per le costruzioni'
- [6]. UNI EN 1990: Criteri generali di progettazione strutturale
- [7]. UNI EN 1991-1-1: Azioni in generale - Pesi per unità di volume, pesi propri e sovraccarichi per gli edifici
- [8]. UNI EN 1991-1-4: Azioni in generale - Azioni del vento
- [9]. UNI EN 1991-2: Azioni sulle strutture – Carichi da traffico sui ponti
- [10]. UNI EN 1992-1-1: Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Regole generali e regole per gli edifici
- [11]. UNI EN 1992-1-2: Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Ponti di calcestruzzo - Progettazione e dettagli costruttivi
- [12]. UNI EN 1993-1-1 - Progettazione delle strutture di acciaio - Regole generali e regole per gli edifici
- [13]. UNI EN 1993-1-8 - Progettazione delle strutture di acciaio - Progettazione dei collegamenti
- [14]. UNI EN 1993-1-9 - Progettazione delle strutture di acciaio - Fatica
- [15]. UNI EN 1997-1 - Progettazione geotecnica – Regole generali
- [16]. UNI EN 1998-1 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Regole generali – Azioni sismiche e regole per gli edifici
- [17]. UNI EN 1794-1 - Dispositivi per la riduzione del rumore da traffico stradale - Prestazioni non acustiche - Prestazioni meccaniche e requisiti di stabilità
- [18]. Linee guida sul calcestruzzo strutturale - Presidenza del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici - Servizio Tecnico Centrale;
- [19]. CNR 10011/97: - "Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione".
- [20]. CNR 10012: - "Istruzioni per la valutazione delle azioni sulle costruzioni".

- [21]. CNR DT 207/2008: - "Istruzioni per la valutazione delle azioni e degli effetti del vento sulle costruzioni".
- [22]. CNR 10024: - Analisi di strutture mediante elaboratore. Impostazione e redazione delle relazioni di calcolo".
- [23]. DMRB Volume 2 Section 2 Part 1 - BD 94/07 - Design of minor structures

1.3 Materiali

Si riportano di seguito le principali caratteristiche dei materiali utilizzate per il progetto esecutivo.

1.3.1 Carpenteria metallica

Acciai per carpenterie metalliche laminati

tipo **S275J0** rispondenti alle norme UNI EN 10025-1÷6

Tirafondi

barre filettate in acciaio di caratteristiche di resistenza non inferiore alla **classe 8.8** secondo UNI EN 898 parte I (riferimento UNI 5712) con dadi di classe 8 secondo UNI EN 20898 parte II (riferimento UNI 5713)

Rosette

acciaio **C50** UNI EN 10083-2/UNI 5714 temprato e rinvenuto (HRC 32÷40)

Bulloni ad alta resistenza per le unioni acciaio-acciaio conformi per le caratteristiche dimensionali delle viti alle UNI EN 898-1 riferimento UNI 5712 e per quelle dei dadi alle UNI EN 20898-2 riferimento UNI 5713, appartenenti alla **classe 8.8 e 8** della UNI 3740

Saldature manuali effettuate ad arco con elettrodi rivestiti E44 aventi caratteristiche di classe 2, 3, 4 secondo UNI 5132, per spessori inferiori a 30 mm e classe 4B per spessori superiori

Zincatura a caldo rispondente alle indicazioni delle norme EN ISO 1461.

PROFILATI, BARRE, LARGHI PIATTI, LAMIERE						
Simbolo	Simbolo UNI	Caratteristiche	S235 ⁽¹⁾	S275⁽¹⁾	S355 ⁽¹⁾	
f _t	R _m	Tensione di rottura a trazione [N/mm ²]	≥ 340 ⁽²⁾ ≤ 470 ⁽²⁾	≥ 410⁽³⁾ ≤ 560⁽³⁾	≥ 490 ⁽⁴⁾ ≤ 630 ⁽⁴⁾	
f _y	R _e	Tensione di snervamento [N/mm ²]	≥ 235 ⁽⁵⁾	≥ 275⁽⁶⁾	≥ 355 ⁽⁷⁾	
		JR	+20°C	≥ 27	≥ 27	≥ 27

KV	KV	Resilienza KV (J) ⁽⁸⁾	JO	0°C	≥ 27	≥ 27	≥ 27
			J2G3	-20°C	≥ 27	≥ 27	≥ 27
			K2G3	-20°C	-	-	≥ 40
ε _t	A _{min}	Allungamento percentuale a rottura (L ₀ =5.65 √A ₀) per lamiere per barre, profilati, larghi piatti			≥ 24 ⁽⁹⁾ ≤ 26 ⁽¹⁰⁾	≥ 20 ⁽⁹⁾ ≤ 22 ⁽¹⁰⁾	≥ 20 ⁽⁹⁾ ≤ 22 ⁽¹⁰⁾

PROFILI CAVI							
Simbolo	Simbolo UNI	Caratteristiche		S235 ⁽¹⁾	S275 ⁽¹⁾	S355 ⁽¹⁾	
f _t	R _m	Tensione di rottura a trazione [N/mm ²]		≥ 360	≥ 430	≥ 510	
f _y	R _e	Tensione di snervamento [N/mm ²]		≥ 235 ⁽²⁾	≥ 275 ⁽²⁾	≥ 355 ⁽³⁾	
KV	KV	Resilienza KV (J) ⁽⁸⁾	JR	+20°C	≥ 27	≥ 27	≥ 27
			JO	0°C	≥ 27	≥ 27	≥ 27
			J2G3	-20°C	≥ 27	≥ 27	≥ 27
ε _t	A _{min}	Allungamento percentuale a rottura (L ₀ =5.65 √A ₀)		≥ 24	≥ 21	≥ 20	

Rientrano in questi tipi di acciai, oltre agli acciai S235, S275 ed S355 nei gradi JR,JO e J2G3 della UNI 7806 (dicembre 1979), e UNI 7810 (dicembre 1979), anche altri tipi di acciai purché rispondenti alle caratteristiche indicate in questo prospetto.

Per spessori fino a 16 mm; per spessori maggiori di 16 mm fino a 40 mm è ammessa la riduzione di 10 N/mm².

Per spessori fino a 16 mm; per spessori maggiori di 16 mm fino a 35 mm è ammessa la riduzione di 10 N/mm²; per spessori maggiori di 35 mm fino a 40 mm è ammessa la riduzione di 20 N/mm².

BULLONI E DADI					
		Normali		Ad alta resistenza	
VITI	4.6	5.6	6.8	8.8	10.9
DADI	4	5	6	8	10

I bulloni normali (conformi per le caratteristiche dimensionali alle UNI 5727, UNI 5592 e UNI 5591) e quelli ad alta resistenza (conformi per le caratteristiche dimensionali delle viti alle UNI 5712 e per quelle dei dadi alle UNI 5713) devono appartenere alle classi indicate in tabella della UNI 3740; le classi delle viti e dei dadi devono essere associate nel modo indicato nel prospetto.

1.3.2 Calcestruzzo armato

RIPRISTINI STRUTTURALI C32/40

resistenza caratteristica cubica: $R_{ck} \geq 40.0$ MParesistenza caratteristica a compressione: $f_{ck} \geq 32.0$ MPa

Classe di esposizione XF4

MAGRONE C12/15

resistenza caratteristica cubica: $R_{ck} \geq 15.0$ MParesistenza caratteristica a compressione: $f_{ck} \geq 12.0$ MPa

Classe di esposizione -

PALI DI FONDAZIONE C25/30

resistenza caratteristica cubica: $R_{ck} \geq 30.0$ MParesistenza caratteristica a compressione: $f_{ck} \geq 25.0$ MPa

Classe di esposizione XC2

PLINTI E CORDOLI DI FONDAZIONE C28/35

resistenza caratteristica cubica: $R_{ck} \geq 35.0$ MParesistenza caratteristica a compressione: $f_{ck} \geq 28.0$ MPa

Classe di esposizione XC2

ELEVAZIONI C32/40

resistenza caratteristica cubica: $R_{ck} \geq 40.0$ MParesistenza caratteristica a compressione: $f_{ck} \geq 32.0$ MPa

Classe di esposizione XF4

CORDOLI IMPALCATI C32/40

resistenza caratteristica cubica: $R_{ck} \geq 40.0$ MParesistenza caratteristica a compressione: $f_{ck} \geq 32.0$ MPa

Classe di esposizione XF4

MALTA MICROPALI C25/30

resistenza caratteristica cubica: $R_{ck} \geq 30.0$ MPa

 resistenza caratteristica a compressione: $f_{ck} \geq 25.0$ MPa

Classe di esposizioneXC2

Acciaio per c.a. B450C

 Tensione di snervamento: $f_{y\ nom}$ 450 N/mm²

 Tensione di rottura: $f_{t\ nom}$ 540 N/mm²

1.4 Caratterizzazione sismica

L'opera viene dimensionata con riferimento ai seguenti parametri caratteristici:

Vita nominale 50 anni

 Classe d'uso IV → $C_u =$ 2.0 -

Vita di riferimento 50 anni

 $a_g = 0.235$ g = 2.35 m/s²

Categoria topografica T1

Tipo di suolo C

 S_s : coefficiente di amplificazione stratigrafica = 1.346 -

 S_T : coefficiente di amplificazione topografica = 1.00 -

 $S = S_s \times S_T =$ 1.346 -

FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) - V_N info
 Coefficiente d'uso della costruzione - c_U info

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) - V_R info

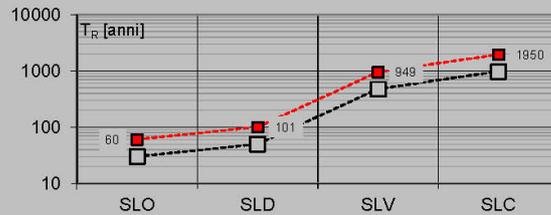
Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) - T_R info

Stati limite di esercizio - SLE {
 SLO - $P_{VR} = 81\%$
 SLD - $P_{VR} = 63\%$
 Stati limite ultimi - SLU {
 SLV - $P_{VR} = 10\%$
 SLC - $P_{VR} = 5\%$

Elaborazioni

- Grafici parametri azione
- Grafici spettri di risposta
- Tabella parametri azione

Strategia di progettazione



LEGENDA GRAFICO

- Strategia per costruzioni ordinarie
- ... Strategia scelta

INTRO

FASE 1

FASE 2

FASE 3

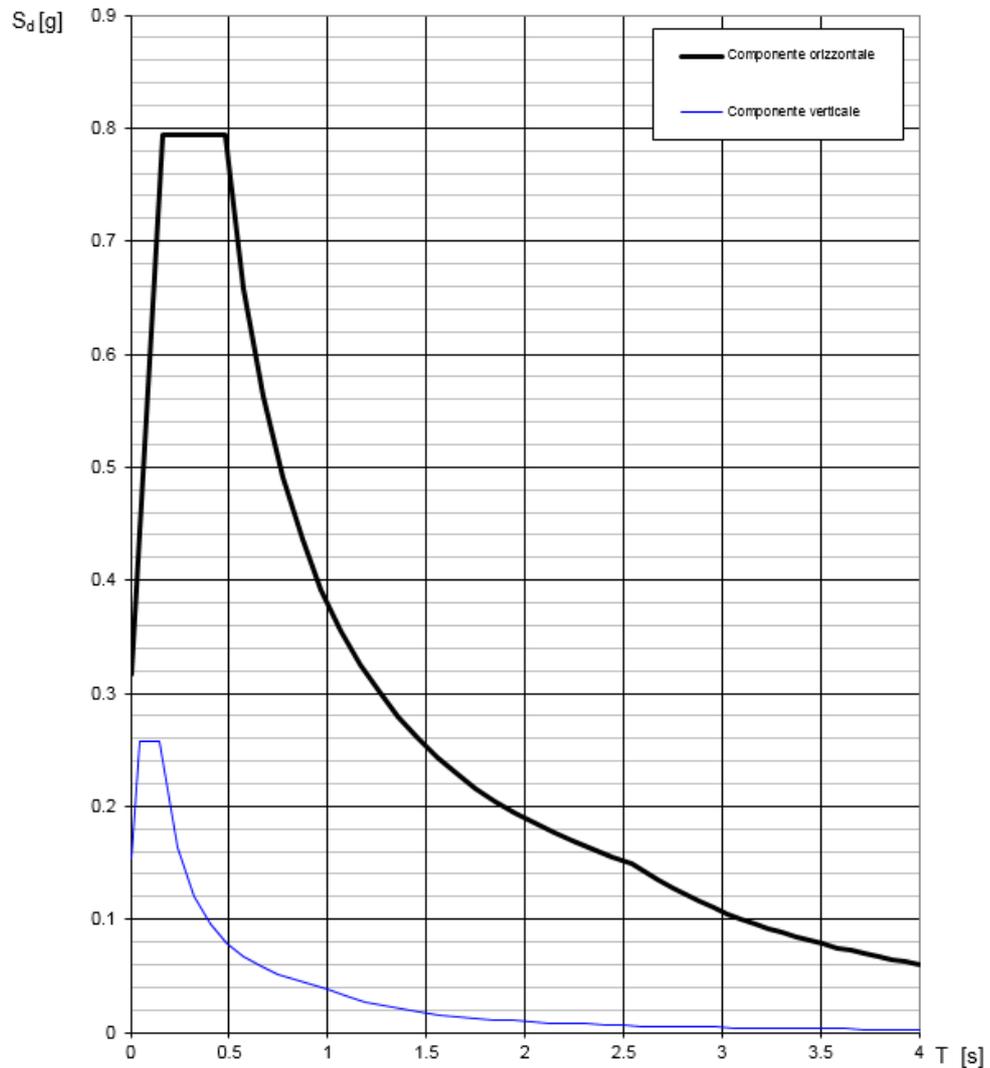
Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0.235 g
F_{0+}	2.513
T_C	0.308 s
S_S	1.346
C_C	1.548
S_T	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.346
η	1.000
T_B	0.159 s
T_C	0.477 s
T_D	2.539 s

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLV



La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

1.5 Software di calcolo

Per l'elaborazione dei dati di input/output in generale e la creazione di tabelle riepilogative, si adottano procedure opportunamente implementate in fogli elettronici **Microsoft® Office Excel 2007**.

Per le verifiche delle sezioni in cemento armato si ricorre a seconda del caso studiato ai seguenti programmi:

"**RC-SEC**" sviluppato da Geostru Software S.a.s., in grado di effettuare verifiche sia tensionali che a rottura.

"**VCASLU**" – ver. 7.7 del 30 Agosto 2011, sviluppato dal Prof. Piero Gelfi. Il programma consente la verifica di sezioni in cemento armato normale e precompresso, soggette a presso-flessione o tenso-flessione retta o deviata sia allo Stato Limite Ultimo che con il Metodo n e permette inoltre di tracciare il domino M-N.

2. Analisi dei carichi

2.1 Carichi caratteristici

2.1.1 Pesì propri e carichi permanenti ($G_{k,1}$ e $G_{k,2}$)

Il peso proprio complessivo della barriera è costituito dal peso dei montanti, dei pannelli fonoassorbenti, di quelli fonoisolanti trasparenti e degli elementi di connessione.

Di seguito si riportano i pesi impiegati nel calcolo delle sollecitazioni.

PP pannello cor-ten	0.50 kN/m ²
PP pannello trasparente	0.50 kN/m ²
PP pannello CLS = 25.0 kN/m ³ x 0.15 m =	3.75 kN/m ²

2.1.2 Pressione del vento (Q_w)

2.1.2.1 Ipotesi di calcolo

Con riferimento all'azione del vento sulle barriere, si considerano le seguenti ipotesi di calcolo cautelative:

- Il carico del vento è calcolato in base alla suddivisione in zone della barriera a partire dal bordo (libero) e proseguendo verso la parte centrale (v. § 2.1.2.3).
- Per l'attribuzione del carico del vento, convenzionalmente i montanti saranno dimensionati solo in base alla zona di appartenenza senza tenere in conto gli effetti della zona adiacente per gli elementi in prossimità del passaggio tra le zone (v. Figura 2-1).

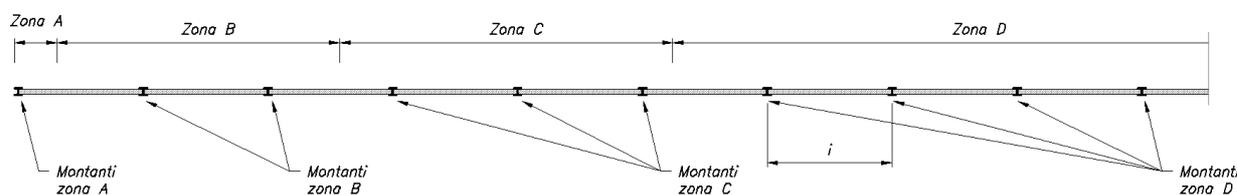


Figura 2-1 - Assegnazione zone ai montanti

- La forzante sul singolo montante viene calcolata come:

$$f \text{ [N/m]} = i \text{ [m]} \cdot c_s c_d \text{ [-]} \cdot w_e \text{ [N/m}^2\text{]}$$

i interasse montanti

$c_s c_d$ fattore di struttura (v. § 2.1.2.4) posto pari a 1.00

w_e pressione indotta dal vento (v. § 2.1.2.5)

2.1.2.2 Pressione cinetica di picco $q_p(z)$

Nell'analisi statica, la pressione utilizzata è stata determinata, in accordo con la Normativa EN 1991-1-4 (v. § 1.2 - [8]).

La pressione cinetica di picco del vento è data dall'espressione (in N/m^2):

$$q_p(z) = [1 + 7 \times I_v(z)] \times \frac{1}{2} \times \rho \times v_m^2(z) = c_e(z) \times q_b$$

dove

q_p pressione cinetica di picco

I_v intensità della turbolenza

ρ densità media dell'aria, pari a 1.25 kg/m^3

v_m valore medio della velocità del vento

c_e è il coefficiente di esposizione

Il valore di base della velocità del vento può essere calcolato mediante l'equazione:

$$v_b = c_{dir} \times c_{season} \times v_{b,0}$$

v_b velocità di base del vento

$v_{b,0}$ valore fondamentale della velocità di base del vento

c_{dir} fattore direzionale

c_{season} fattore di stagionalità

Nel caso in esame, per quanto concerne la velocità di base del vento, si ha:

Dati di ingresso per il calcolo dell'azione del vento

Zona	3	UNI EN 1191-1-4
a_s	100	quota sito [m.s.l.m.]
v_{b0}	27	[m/s] valore base della velocità fondamentale del vento § 4.1.(1) P
a_0	500	[m] (cfr. tab. N.A. 1 parametri nazionali)
k_a	0.02	[1/s] (cfr. tab. N.A. 1 parametri nazionali)
v_{b0}	27	§ 4.1.(1) P
c_{dir}	1	[-] fattore di direzione § 4.2.(2) P - nota 2
c_{season}	1	[-] fattore di stagionalità § 4.2.(2) P - nota 3
T_r	50	[anni] periodo di ritorno
k_1	0.138	
n	1	
C_{prob}	1	EN 1991-1-4 § 4.2 (Nota 4)
v_b	27	[m/s] velocità di base del vento - § 4.2 (4.1)

La velocità media del vento $v_m(z)$ alla quota z al di sopra del terreno dipende dalla rugosità del terreno, dall'orografia e dalla velocità di base del vento, v_b , ed è determinata utilizzando la seguente equazione:

$$v_m(z) = c_r(z) \times c_o(z) \times v_b$$

dove:

$c_r(z)$ fattore di rugosità

$c_o(z)$ fattore di orografia

Il fattore di topografia $c_o(z)$, data la conformazione "tipo" del versante su cui verranno installate le barriere, è stato posto pari all'unità.

A compensazione cautelativa di questa ipotesi progettuale, si impone come altezza di calcolo della pressione del vento, come si sarebbe fatto per le barriere su opere di scavalco, la somma dell'altezza della FOA e dell'altezza di rilevato su cui è installata.

L'intensità di turbolenza $I_v(z)$ all'altezza z è definita come il rapporto tra lo scarto tipo della turbolenza e il valore medio della velocità del vento ed è definita come segue:

$$I_v(z) = \frac{\sigma_v}{v_m(z)} = \frac{k_i}{c_o(z) \times \ln(z/z_0)} \quad \text{per} \quad z_{\min} \leq z \leq z_{\max}$$

$$I_v(z) = I_v(z_{\min}) \quad \text{per} \quad z < z_{\min}$$

Lo scarto tipo della turbolenza, σ_v , può essere determinato utilizzando l'equazione seguente:

$$\sigma_v = k_r \times v_b \times k_i$$

k_i fattore della turbolenza il cui valore raccomandato è pari a 1.00

$$k_r = 0,19 \times \left(\frac{z_0}{z_{0,II}} \right)^{0,07}$$

$z_{0,II}$ 0,05 m

z_{\min} altezza minima

z_{\max} pari a 200 m

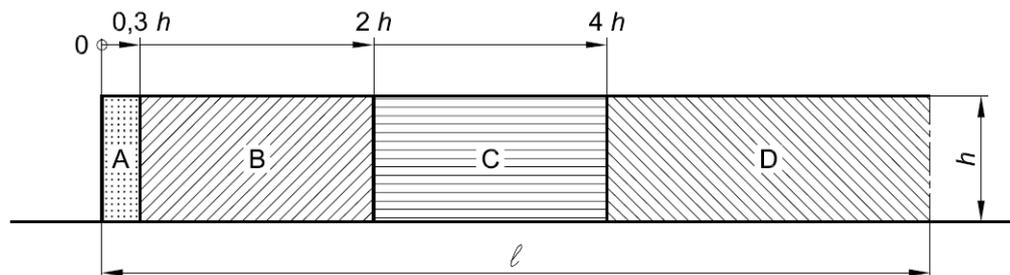
Nel caso in esame, per quanto concerne velocità media, intensità di turbolenza e pressione di picco per le famiglie di barriere identificate, si ottengono i valori riportati in Tabella 2-1.

Tabella 2-1 - Valore di picco della pressione dinamica

Barriera	Interasse montanti [m]	H barriera [m]	H rilevato [m]	Zc [m]		qp(z) [KN/mq]
FO06	3	5	1	6	bordo	0,930
	3	5	1	6	corrente	0,930
FO16	3	5	6	11	bordo	1,101
	3	5	6	11	corrente	1,101
FO17	3	6	4	10	bordo	1,073
	3	6	4	10	corrente	1,073
FO18	3	5	5	10	bordo	1,073
	4	5	5	10	corrente	1,073
FO19	3	5	1	6	bordo	0,930
	4	5	1	6	corrente	0,930
FO20	3	5	1	6	bordo	0,930
	3	5	1	6	corrente	0,930
FO21	3	4	2	6	bordo	0,930
	4	4	2	6	corrente	0,930
FO67	3	4	9	13	bordo	1,151
	3	4	9	13	corrente	1,151

2.1.2.3 Coefficienti di pressione $C_{p,net}$

Al fine della determinazione della pressione agente sui pannelli, il valore di picco, come determinato ai punti precedenti, va moltiplicato per i coefficienti di pressione netta $C_{p,net}$, come specificati per le zone A, B, C e D riportate nello schema di Figura 2-2 e Tabella 2-2.


Figura 2-2 - Determinazione zone di carico del vento
Tabella 2-2 - Valori raccomandati dei coefficienti di pressione

Solidità	Zona	A	B	C	D	
$\varphi = 1$	Senza angoli di ritorno	$l/h \leq 3$	2,3	1,4	1,2	1,2
		$l/h = 5$	2,9	1,8	1,4	1,2
		$l/h \geq 10$	3,4	2,1	1,7	1,2
	Con angoli di ritorno di lunghezza $\geq h^a$	2,1	1,8	1,4	1,2	
$\varphi = 0,8$		1,2	1,2	1,2	1,2	

a) Per angoli di ritorno aventi lunghezza compresa tra $0,0$ e h si può impiegare l'interpolazione lineare.

A favore di sicurezza si impone una lunghezza totale della barriera "indefinita" (pari a 100 m \rightarrow $l/h > 10$) in modo da massimizzare i coefficienti di pressione sulle zone di bordo.

Per tutte le altezze di barriera otteniamo:

Tabella 2-3 - Coefficienti di pressione

L rit	0.00	[m] Lunghezza angolo di ritorno
cp A	3.40	[-] Coefficiente di pressione zona A
cp B	2.10	[-] Coefficiente di pressione zona B
cp C	1.70	[-] Coefficiente di pressione zona C
cp D	1.20	[-] Coefficiente di pressione zona D

N.B.: In conformità a quanto emerso dalle analisi strutturali delle barriere esposte nel seguito, si è scelto cautelativamente di applicare i coefficienti di pressione della zona B a tutta la zona di bordo di larghezza pari a 4h.

2.1.2.4 Fattore di struttura $c_{s}c_{d}$

Il coefficiente di strutture $c_{s}c_{d}$ è determinato in base alla Procedura 1 dell'Appendice B della EN 1991-1-4 come previsto nella stessa Normativa al § 6.3.1.

Essendo la rigidità della struttura molto elevata, il valore di $c_{s}c_{d}$ viene posto cautelativamente maggiore o uguale a 1.00.

2.1.2.5 Pressione indotta dal vento w_e

La pressione del vento agente sulle superfici esterne è ottenuta dalla seguente equazione:

$$w_e = q_p(z_e) \times c_{pe}$$

dove:

$q_p(z_e)$ valore di picco della pressione dinamica

z_e altezza di riferimento per la pressione esterna

c_{pe} coefficiente di pressione per la pressione esterna - per le barriere FOA **$c_{pe} \equiv c_{p,net}$**

Per le barriere in oggetto si ottengono i valori di picco della pressione riportati nella tabella di seguito.

Tabella 2-4 - Pressione del vento agente sulle barriere

Barriera	Interasse montanti [m]	H barriera [m]	H rilevato [m]	Zc [m]		$q_p(z)$ [KN/mq]	C_p	p [KN/mq]	p_{lin} [KN/mq]
FO06	3	5	1	6	bordo	0,930	2,1	1,952	5,856
	3	5	1	6	corrente	0,930	1,2	1,115	3,346
FO16	3	5	6	11	bordo	1,101	2,1	2,312	6,937
	3	5	6	11	corrente	1,101	1,2	1,321	3,964
FO17	3	6	4	10	bordo	1,073	2,1	2,254	6,762
	3	6	4	10	corrente	1,073	1,2	1,288	3,864
FO18	3	5	5	10	bordo	1,073	2,1	2,254	6,762
	4	5	5	10	corrente	1,073	1,2	1,288	5,152
FO19	3	5	1	6	bordo	0,930	2,1	1,952	5,856
	4	5	1	6	corrente	0,930	1,2	1,115	4,462
FO20	3	5	1	6	bordo	0,930	2,1	1,952	5,856
	3	5	1	6	corrente	0,930	1,2	1,115	3,346
FO21	3	4	2	6	bordo	0,930	2,1	1,952	5,856
	4	4	2	6	corrente	0,930	1,2	1,115	4,462
FO67	3	4	9	13	bordo	1,151	2,1	2,416	7,248
	3	4	9	13	corrente	1,151	1,2	1,381	4,142

2.1.2.6 Sollecitazioni sui montanti

Si riportano di seguito i carichi f [kN/m] del vento e le sollecitazioni massime (schema statico a mensola).

Tabella 2-5 - Sollecitazioni agenti sui montanti

Barriera	Interasse montanti [m]	H barriera [m]		p [kN/mq]	p_{lin} [kN/mq]	TIPO	Profilo	N [kN]	M [kN.m]	T [kN]
FO06	3	5	bordo	1,952	5,856	H5	HEA240	14,2	73,2	29,3
	3	5	corrente	1,115	3,346	H5	HEA240	14,2	41,8	16,7
FO16	3	5	bordo	2,312	6,937	H5	HEA240	14,2	86,7	34,7
	3	5	corrente	1,321	3,964	H5	HEA240	14,2	49,6	19,8
FO17	3	6	bordo	2,254	6,762	I2	IPE360	15,6	121,7	40,6
	3	6	corrente	1,288	3,864	I1	IPE330	15,3	69,6	23,2
FO18	3	5	bordo	2,254	6,762	H5	HEA240	14,2	84,5	33,8
	4	5	corrente	1,288	5,152	H5	HEA240	18,9	64,4	25,8
FO19	3	5	bordo	1,952	5,856	H5	HEA240	14,2	73,2	29,3
	4	5	corrente	1,115	4,462	H5	HEA240	18,9	55,8	22,3
FO20	3	5	bordo	1,952	5,856	H5	HEA240	14,2	73,2	29,3
	3	5	corrente	1,115	3,346	H5	HEA240	14,2	41,8	16,7
FO21	3	4	bordo	1,952	5,856	H3	HEA200	12,1	46,9	23,4
	4	4	corrente	1,115	4,462	H3	HEA200	16,2	35,7	17,8
FO67	3	4	bordo	2,416	7,248	H5	HEA240	12,7	58,0	29,0
	3	4	corrente	1,381	4,142	H3	HEA200	12,1	33,1	16,6

2.1.3 Pressione dinamica veicolare (Q_{dv})

Si determina il valore del carico in oggetto in base alle disposizioni presenti nella UNI EN 1794-1 § A.2.2. (v. § 1.2 - [17]).

A causa del passaggio dei veicoli in adiacenza alle barriere fonoassorbenti, si genera su di esse una pressione dinamica ortogonale al loro piano.

La tipologia di traffico relativa è la seguente:

- Traffico di veicoli all'aria aperta, alla distanza di 3 m dal dispositivo per la riduzione del rumore e a velocità maggiori di 120 km/h

Per la tipologia di traffico riportata, la pressione dinamica di riferimento è pari a

$$q(v) = 0.800 \text{ kN/m}^2$$

Per quanto riguarda il carico del vento e la pressione dinamica dovuta ai veicoli, si può assumere che essi non agiscano simultaneamente.

2.1.4 Carico dinamico da rimozione neve (Q_m)

Si determina il valore del carico in oggetto in base alle disposizioni presenti nella UNI EN 1794-1 § E. (v. § 1.2 - [17]).

In aree dove spazzare la neve è una comune operazione di manutenzione invernale, una barriera per il rumore potrebbe essere danneggiata da neve e ghiaccio sollevati dallo spazzaneve. Il carico causato dalla neve sollevata viene definito come "carico dinamico causato dalla rimozione della neve". Il volume e l'altezza del carico dipendono dalla velocità e dal tipo di spazzaneve, e dalla distanza della barriera per il rumore dal margine della strada.

Il carico dinamico causato dalla pulizia dalla neve è un carico orizzontale transitorio perpendicolare alla barriera, deve essere assunto in modo da essere distribuito uniformemente su un'area di 2.00 m x 2.00 m e la forza risultante deve essere localizzata circa 1.50 m al disopra del livello stradale, come mostrato nella Figura 2-3.

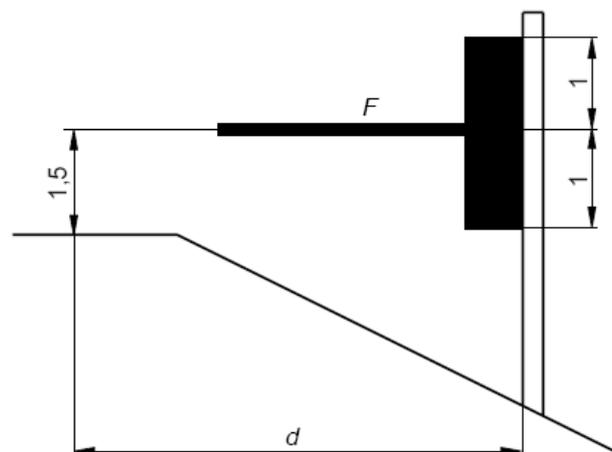


Figura 2-3 - Schema di carico dinamico da rimozione neve - quote in [m]

Il valore della forza risultante deve essere ottenuto dalla Figura 2-4.

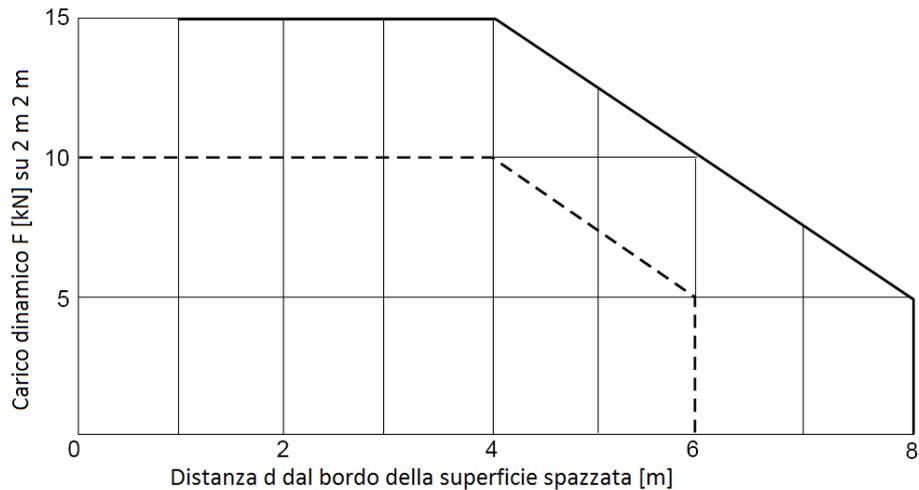


Figura 2-4 - Magnitudo del carico dinamico causato dalla rimozione della neve

Data la dimensione dell'area di carico (2.00 m x 2.00 m) e il particolare schema statico delle barriere fonoassorbenti (pannelli "infilati" nei montanti di acciaio con $i = 4.00$ m e $i = 3.00$ m), in via cautelativa si applica una magnitudo del carico dinamico causato dalla rimozione della neve F pari a 15 kN ad un solo montante per volta.

L'altezza costante dal terreno per l'applicazione del carico genera delle sollecitazioni di uguale intensità per ogni tipo di barriera:

Tabella 2-6 - Sollecitazioni per carico dinamico da rimozione neve sul singolo montante

F	15 000 [N]
b_m (COSTANTE)	2.00 [m]
h_m (COSTANTE)	2.00 [m]
A	4.00 [m ²]
h dislivello	0.00 [m]
h forzante (COSTANTE)	1.50 [m]
h tot Forzante	1.50 [m]
V_rim.neve	15 000 [N]
M_rim.neve	22 500 [Nm]

Si assume che il carico dinamico causato dalla rimozione della neve non agisca simultaneamente al carico del vento.

2.1.5 Azione sismica (E_d)

Data la particolare struttura delle barriere fonoassorbenti, si è applicata l'azione sismica calcolata con analisi di tipo **statica equivalente**.

Sulla base della caratterizzazione sismica riportata al Cap. 1.4, si determinano le seguenti azioni sismiche come previsto dalla vigente Normativa (NTC2008 § 7.3.3.2 - v. § 1.2 - [4]):

$$T_1 = C_1 \times H^{3/4} \quad (\text{periodo del modo di vibrare principale nella direzione in esame})$$

$$F_h = S_d(T_1) \times W \times \lambda \text{ g} \quad (\text{forzante sismica globale})$$

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_d	0.235 g
F_o	2.513
T_C^*	0.308 s
S_S	1.346
C_C	1.548
S_T	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.346
η	1.000
T_B	0.159 s
T_C	0.477 s
T_D	2.539 s

$$T_1 = C_1 \times H^{3/4} = 0.085 \times 6^{3/4} = 0.325$$

$$S_d(T) \text{ min} = 0.794 \text{ g}$$

Sotto queste condizioni l'azione sismica risulta inferiore al valore dell'azione del vento caratteristica, pertanto nelle combinazioni di calcolo e le successive verifiche non verrà considerata la combinazione sismica perché non dimensionante.

2.1.6 Urto veicolare (A_d)

Non sono previste nel presente progetto delle barriere integrate soggette agli urti veicolari.

2.2 Rappresentazione grafica delle azioni sui montanti

Con riferimento al grafico mostrato in Figura 1-1, si può operare un confronto tra le curve rappresentative del carico uniforme limite del montante e le azioni agenti. Queste ultime possono essere infatti riportate nel grafico riconducendole a carichi uniformemente distribuiti sui montanti.

In particolare:

- le rette in grigio tratteggiate rappresentano il carico associato alla pressione dinamica veicolare per le barriere correnti (interasse montanti 4 m) e di bordo (interasse 3 m);
- le curve in grigio tratteggiate rappresentano il carico equivalente agli SLU ed agli SLE associato all'azione di spazzamento, in dettaglio:
 - per la generazione della prima curva ($p_{\text{spazzamento}}$ DEFORMABILITA') si è proceduto determinando la deflessione provocata in testa al montante dall'azione di spazzamento, a partire da tale valore si è quindi ricavato il valore equivalente di carico distribuito tale da provocare lo stesso valore di deflessione e lo si è posto nel grafico in corrispondenza della massima altezza di utilizzo per ciascuna tipologia di montante;
 - per la seconda curva ($p_{\text{spazzamento}}$ RESISTENZA), si sono determinate le sollecitazioni alla base montante dovute all'azione di spazzamento e si è quindi ricavato, per ciascuna altezza, il valore del carico distribuito tale da provocare le medesime sollecitazioni.
- le rette rosse e blu rappresentano il carico uniforme relativo alla azione esercitata dalla pressione del vento; sono suddivise in azioni sulle barriere correnti (rette blu) e di bordo (rette rosse) ed esplicitate per le differenti altezze del rilevato considerate (fino a 2.5 m, tra 2.5 e 6 m, tra 6 e 8 m). Queste azioni sono caratteristiche del sito in esame e sono ottenute trasformando la pressione del vento, calcolata come descritto ai punti precedenti, in pressione lineare, moltiplicandola per l'interasse dei montanti.

Per il sito in esame l'abaco di riferimento è quello riportato in Figura 2-5 dal quale è possibile ricavare, per ciascuna famiglia di sottointervento, le tipologie di montante che soddisfano i criteri di verifica.

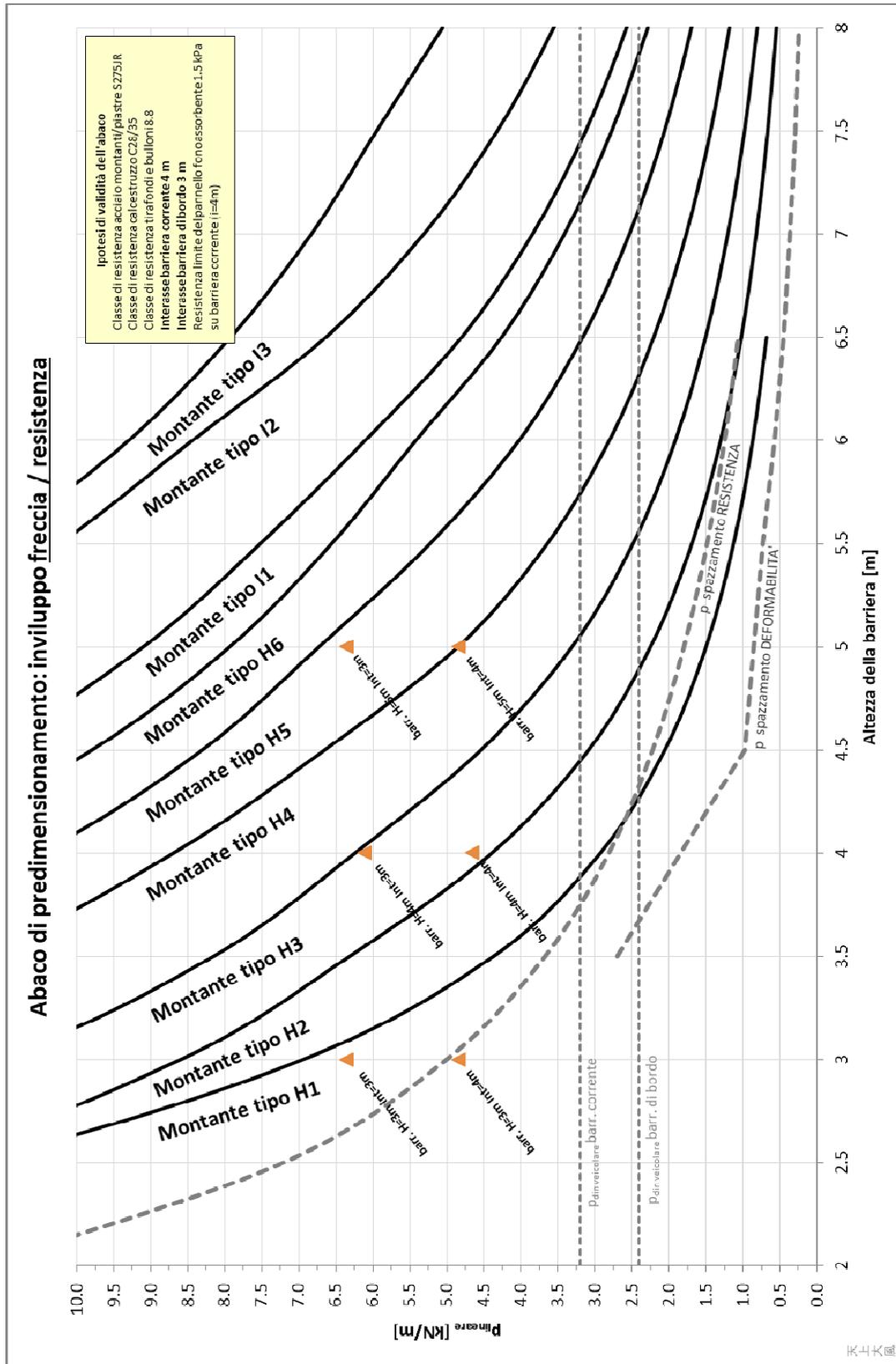


Figura 2-5 - Abaco di confronto tra le curve di involuppo del carico uniforme limite per le tipologie di montante e le azioni agenti

2.3 Combinazioni di carico

Le combinazioni di carico vengono elaborate con riferimento a:

- EN 1990 tab. A.2.4.B + N.A.D./NTC-08, tab. 5.1.V per i coefficienti moltiplicativi
- EN 1990 tab. A.2.1+N.A.D./NTC-08 tab. 5.1.VI per i coefficienti di combinazione

Per la formulazione generale delle combinazioni di carico si rimanda a EN 1990-annex.A2, cap. A2.3, A2.4./NTC-08 cap. 2.5.3.+ N.A.D.

Per le azioni variabili considerate si eseguiranno le permutazioni necessarie alla definizione di volta in volta dell'azione principale e delle secondarie.

Di seguito si riepilogano le combinazioni di carico utilizzate nelle verifiche.

S.L.U. - STR / GEO

Si considera, nell'ambito dello S.L.U. (STR) l'involuppo le seguenti combinazioni.

$$E_d = \gamma_{G1} G_{k1} + \gamma_{G2} G_{k2} + \gamma_{q,1} Q_{k,1} + \gamma_{q,2} \psi_{0,2} Q_{k,2} + \gamma_{q,3} \psi_{0,3} Q_{k,3} + \dots + \gamma_{q,n} \psi_{0,n} Q_{k,n}$$

S.L.U. - Sismica

Ai fini delle verifiche in fase sismica, si considera la combinazione derivata dalla somma degli effetti della S.L.E. quasi permanente e delle azioni sismiche, ovvero:

$$E_d = G_{k1} + G_{k2} + E_d + \psi_{2,1} Q_{k,1} + \psi_{2,2} Q_{k,2} + \dots + \psi_{2,n} Q_{k,n}$$

S.L.U. - Fatica

Per quanto concerne la definizione delle azioni associate al fenomeno della fatica, si rimanda agli allegati relativi alle singole tipologie di montante; l'elaborazione della combinazione di verifica a fatica viene effettuata con riferimento a quanto previsto in EN 1992-1-1 6.8.3(1), sovrapponendo le sollecitazioni indotte dalla parte ciclica dei carichi a quello indotto dalla parte non ciclica.

Relativamente alla parte non ciclica, si fa riferimento alla combinazione S.L.E. Frequente, in cui i carichi variabili, se presenti, sono costituiti dai contributi non dominanti significativi, mentre la parte ciclica è costituita dalle sollecitazioni indotte dalle raffiche di vento.

Pertanto, l'ampiezza dell'intervallo di variazione di tensione viene valutata sulla base di:

$$E_d = G_{k1} + G_{k2} + Q_{k,1} + \psi_{1,2} Q_{k,2} + \psi_{1,3} Q_{k,3} + \dots + \psi_{1,n} Q_{k,n}$$

ECC - Combinazione Eccezionale

Si considera l'involuppo le seguenti combinazioni con le azioni eccezionali di progetto (A_d):

$$E_d = G_{k1} + G_{k2} + A_d + \psi_{2,1} Q_{k,1} + \psi_{2,2} Q_{k,2} + \dots + \psi_{2,n} Q_{k,n}$$

S.L.E. - Caratteristica Rara

Si considera l'involuppo le seguenti combinazioni.

$$E_d = G_{k1} + G_{k2} + Q_{k,1} + \psi_{0,2} Q_{k,2} + \psi_{0,3} Q_{k,3} + \dots + \psi_{0,n} Q_{k,n}$$

N.B.: La combinazione SLE Caratteristica (Rara) è considerata unica rappresentativa per la condizione di esercizio.

In base alle considerazioni espone in precedenza, le combinazioni di carico possono essere riassunte nella seguente Tabella 2-7:

Tabella 2-7 - Coefficienti di combinazione delle azioni

Carico caratteristico	Coefficienti γ_{SL}						Coefficienti di non contemporaneità ²		
	SLU - STR	SLU - GEO	SLU - SISMA	SLU - Fatica	ECC	SLE - Rara	ψ_0	ψ_1	ψ_2
PP e Perm ($G_{k,1}$ e $G_{k,2}$)	1.00÷1.30	1.00	1.00	-	1.00	1.00	-	-	-
Vento (Q_w)	NON SIMULTANEI	0.00÷1.50	0.00÷1.30	-	-	0.00÷1.00	0.60	0.20	0.00
p,veicolare (Q_{dv})		0.00÷1.50	0.00÷1.30	-	-	0.00÷1.00	0.60	0.20	0.00
q,rim.neve (Q_{rn})		0.00÷1.50	0.00÷1.30	-	-	0.00÷1.00	0.60	0.20	0.00
Carico neve (Q_s)	0.00÷1.50	0.00÷1.30	-	-	-	0.00÷1.00	0.50	0.20	0.00
Azione sismica (E_d)	-	-	1.00	-	-	-	-	-	-
Δ Fatica (F)	-	-	-	1.00	-	-	-	-	-
Urto veicolare (A_d)	-	-	-	-	1.00	-	-	-	-

N.B.: Le sollecitazioni riportate in seguito saranno quelle ottenute dall'involuppo delle permutazioni dei carichi variabili non simultanei (vento / pressione veicolare / carico per rimozione neve).

² I coefficienti di non contemporaneità sono stati riportati per completezza anche se nei risultati riportati nella presente relazione la sola combinazione agli SLE calcolata è quella Caratteristica Rara.

2.4 Sollecitazioni alla base dei montanti

Si riportano di seguito le sollecitazioni ottenute alla base dei montanti delle barriere per le combinazioni di carico riportate in § 2.3.

Tali sollecitazioni sono indicative e riferite cautelativamente ai raggruppamenti secondo le fasce di altezza di rilevato indicate in Tabella 1-1.

Tabella 2-8 - Sollecitazioni combinate

Barriera	Interasse montanti [m]	H barriera [m]		p [KN/mq]	p _{lin} [KN/mq]	SOLLECITAZIONI SLU STR			SOLLECITAZIONI SLU GEO			SOLLECITAZIONI SLE (RARA)		
						N [KN]	M [KN.m]	T [KN]	N [KN]	M [KN.m]	T [KN]	N [KN]	M [KN.m]	T [KN]
FO06	3	5	bordo	1,952	5,856	18,4	109,8	43,9	14,2	95,2	38,1	14,2	73,2	29,3
	3	5	corrente	1,115	3,346	18,4	62,7	25,1	14,2	54,4	21,8	14,2	41,8	16,7
FO16	3	5	bordo	2,312	6,937	18,4	130,1	52,0	14,2	112,7	45,1	14,2	86,7	34,7
	3	5	corrente	1,321	3,964	18,4	74,3	29,7	14,2	64,4	25,8	14,2	49,6	19,8
FO17	3	6	bordo	2,254	6,762	20,3	182,6	60,9	15,6	158,2	52,7	15,6	121,7	40,6
	3	6	corrente	1,288	3,864	20,0	104,3	34,8	15,3	90,4	30,1	15,3	69,6	23,2
FO18	3	5	bordo	2,254	6,762	18,4	126,8	50,7	14,2	109,9	44,0	14,2	84,5	33,8
	4	5	corrente	1,288	5,152	24,6	96,6	38,6	18,9	83,7	33,5	18,9	64,4	25,8
FO19	3	5	bordo	1,952	5,856	18,4	109,8	43,9	14,2	95,2	38,1	14,2	73,2	29,3
	4	5	corrente	1,115	4,462	24,6	83,7	33,5	18,9	72,5	29,0	18,9	55,8	22,3
FO20	3	5	bordo	1,952	5,856	18,4	109,8	43,9	14,2	95,2	38,1	14,2	73,2	29,3
	3	5	corrente	1,115	3,346	18,4	62,7	25,1	14,2	54,4	21,8	14,2	41,8	16,7
FO21	3	4	bordo	1,952	5,856	15,8	70,3	35,1	12,1	60,9	30,5	12,1	46,9	23,4
	4	4	corrente	1,115	4,462	21,0	53,5	26,8	16,2	46,4	23,2	16,2	35,7	17,8
FO67	3	4	bordo	2,416	7,248	16,5	87,0	43,5	12,7	75,4	37,7	12,7	58,0	29,0
	3	4	corrente	1,381	4,142	15,8	49,7	24,9	12,1	43,1	21,5	12,1	33,1	16,6

3. Verifica carpenteria metallica

3.1 Generalità

Per quanto riguarda le verifiche strutturali condotte sulle tipologie di montanti impiegate, sulla base dei dati qui di seguito riassunti, si rimanda alle relazioni specifiche riportate in allegato.

Le verifiche strutturali sono condotte per ciascun tipo di montante metallico (tipo H3, H5, I1, I2) ciascuno inteso come sistema composto da profilato, piastra di base con relativi irrigidenti saldati e tirafondi di ancoraggio. Le caratteristiche geometriche di tale sistema sono riportate al punto **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata..** di ciascuna relazione.

Il valore dell'azione caratteristica adottato nelle verifiche è stato determinato confrontando diversi valori di carico uniforme (pressione per interasse) agenti sul montante tali da provocare la crisi del sistema secondo i meccanismi di seguito elencati:

- raggiungimento della resistenza a flessione del profilato;
- raggiungimento del limite di instabilità flessionale del profilato;
- raggiungimento della resistenza a taglio del profilato;
- raggiungimento della deflessione massima ammissibile in sommità del profilato;

Ulteriori meccanismi di crisi (rifollamento della piastra di base, verifica delle saldature del montante alla piastra di base, fatica delle membrature ecc.) non sono stati considerati ai fini del calcolo dell'azione massima in quanto non influenti sul dimensionamento, alla luce delle verifiche condotte.

Nelle tabelle seguenti si riportano i valori di carico uniforme associati a ciascuno dei meccanismi di crisi considerati, per la tipologia di montante in esame.

Per ciascun valore della altezza utile del montante viene individuato il minimo tra i valori calcolati del carico uniforme, inteso come carico "limite" e impiegato nelle verifiche.

In base a quanto illustrato, il valore limite individuato è da considerarsi come il massimo valore caratteristico dell'azione cui può essere sottoposto il montante. Le azioni sulle barriere dovute al vento, alla pressione dinamica veicolare ed allo spazzamento della neve dovranno quindi essere confrontate con questo valore per stabilire se il montante è in grado di rispondere ai criteri di verifica.

Per il montante tipo H3 (HE200A) in sintesi si determina:

TIPOLOGIA MONTANTE	Profilato	Altezza barriera [m]	Flessione			Instabilità		Taglio		
			W_{pl} [m ³]	$M_{c,Rd}$ [kNm]	$P_{max, lineare}$ FLESSIONE [kN/m]	$M_{b,Rd}$ [kNm]	$P_{max, lineare}$ INST. [kN/m]	A_v [m ²]	$V_{c,Rd}$ [kN]	$P_{max, lineare}$ TAGLIO [kN/m]
H3	HE 200 A	2	4.30E-04	112.5	37.5	112.5	37.5	1.81E-03	273.4	91.1
H3	HE 200 A	2.5	4.30E-04	112.5	24.0	112.4	24.0	1.81E-03	273.4	72.9
H3	HE 200 A	3	4.30E-04	112.5	16.7	111.5	16.5	1.81E-03	273.4	60.8
H3	HE 200 A	3.5	4.30E-04	112.5	12.2	110.5	12.0	1.81E-03	273.4	52.1
H3	HE 200 A	4	4.30E-04	112.5	9.4	109.5	9.1	1.81E-03	273.4	45.6
H3	HE 200 A	4.5	4.30E-04	112.5	7.4	108.6	7.1	1.81E-03	273.4	40.5
H3	HE 200 A	5	4.30E-04	112.5	6.0	107.6	5.7	1.81E-03	273.4	36.5

TIPOLOGIA MONTANTE	Profilato	Altezza barriera [m]	Deformabilità	
			def. max ammissibile [mm]	$P_{max, lineare}$ DEF. [kN/m]
H3	HE 200 A	2	13	51.7
H3	HE 200 A	2.5	17	26.5
H3	HE 200 A	3	20	15.3
H3	HE 200 A	3.5	23	9.6
H3	HE 200 A	4	27	6.5
H3	HE 200 A	4.5	30	4.5
H3	HE 200 A	5	33	3.3

Da qui si evince che, per l'altezza di 4 m, (FO21 e FO67) il valore caratteristico più basso della pressione lineare max è pari a 6.5 KN/m determinato sulla base della verifica di deformabilità che ovviamente risulta compatibile con il valore massimo calcolato, pari a 5.856 KN/ml per la FO21 (tratto di bordo).

Per il montante tipo H5 (HE240A) in sintesi si determina:

TIPOLOGIA MONTANTE	Profilato	Altezza barriera [m]	Flessione			Instabilità		Taglio		
			W_{pl} [m ³]	$M_{c,Rd}$ [kNm]	$P_{max, lineare}$ FLESSIONE [kN/m]	$M_{b,Rd}$ [kNm]	$P_{max, lineare}$ INST. [kN/m]	A_v [m ²]	$V_{c,Rd}$ [kN]	$P_{max, lineare}$ TAGLIO [kN/m]
H5	HE 240 A	2.5	7.45E-04	195.0	41.6	195.0	41.6	2.52E-03	380.7	101.5
H5	HE 240 A	3	7.45E-04	195.0	28.9	194.9	28.9	2.52E-03	380.7	84.6
H5	HE 240 A	3.5	7.45E-04	195.0	21.2	193.5	21.1	2.52E-03	380.7	72.5
H5	HE 240 A	4	7.45E-04	195.0	16.3	192.1	16.0	2.52E-03	380.7	63.5
H5	HE 240 A	4.5	7.45E-04	195.0	12.8	190.7	12.6	2.52E-03	380.7	56.4
H5	HE 240 A	5	7.45E-04	195.0	10.4	189.3	10.1	2.52E-03	380.7	50.8
H5	HE 240 A	5.5	7.45E-04	195.0	8.6	187.9	8.3	2.52E-03	380.7	46.2
H5	HE 240 A	6	7.45E-04	195.0	7.2	186.5	6.9	2.52E-03	380.7	42.3

TIPOLOGIA MONTANTE	Profilato	Altezza barriera [m]	Deformabilità	
			def. max ammissibile [mm]	$P_{max, lineare}$ DEF. [kN/m]
H5	HE 240 A	2.5	17	55.6
H5	HE 240 A	3	20	32.2
H5	HE 240 A	3.5	23	20.3
H5	HE 240 A	4	27	13.6
H5	HE 240 A	4.5	30	9.5
H5	HE 240 A	5	33	7.0
H5	HE 240 A	5.5	37	5.2
H5	HE 240 A	6	40	4.0

Da qui si evince che, per l'altezza di 4 m, (FO67) il valore caratteristico più basso della pressione lineare max è pari a 13.6 KN/m determinato sulla base della verifica di deformabilità che ovviamente risulta compatibile con il valore massimo calcolato, pari a 7.248 KN/ml per la FO67 (tratto terminale o di bordo).

Analogamente, per l'altezza di 5 m, (FO06, FO16, FO18, FO19, FO20) il valore caratteristico più basso della pressione lineare max è pari a 7.0 KN/m determinato sulla base della verifica di deformabilità che ovviamente risulta compatibile con il valore massimo calcolato, pari a 6.937 KN/ml per la FO16 (tratto terminale o di bordo).

Per il montante tipo I1 (IPE330) in sintesi si determina:

TIPOLOGIA MONTANTE	Profilato	Altezza barriera	Flessione			Instabilità		Taglio		
			W_{pl}	$M_{c,Rd}$	$P_{max, lineare}$ FLESSIONE	$M_{b,Rd}$	$P_{max, lineare}$ INST.	A_v	$V_{c,Rd}$	$P_{max, lineare}$ TAGLIO
		[m]	[m ³]	[kNm]	[kN/m]	[kNm]	[kN/m]	[m ²]	[kN]	[kN/m]
I1	IPE 330	3.5	8.04E-04	210.7	22.9	201.8	22.0	3.08E-03	465.9	88.7
I1	IPE 330	4	8.04E-04	210.7	17.6	199.0	16.6	3.08E-03	465.9	77.7
I1	IPE 330	4.5	8.04E-04	210.7	13.9	196.0	12.9	3.08E-03	465.9	69.0
I1	IPE 330	5	8.04E-04	210.7	11.2	192.8	10.3	3.08E-03	465.9	62.1
I1	IPE 330	5.5	8.04E-04	210.7	9.3	189.4	8.3	3.08E-03	465.9	56.5
I1	IPE 330	6	8.04E-04	210.7	7.8	185.7	6.9	3.08E-03	465.9	51.8
I1	IPE 330	6.5	8.04E-04	210.7	6.6	181.7	5.7	3.08E-03	465.9	47.8
I1	IPE 330	7	8.04E-04	210.7	5.7	177.4	4.8	3.08E-03	465.9	44.4

TIPOLOGIA MONTANTE	Profilato	Altezza barriera	Deformabilità	
			def. max ammissibile	$P_{max, lineare}$ DEF.
		[m]	[mm]	[kN/m]
I1	IPE 330	3.5	23	30.7
I1	IPE 330	4	27	20.6
I1	IPE 330	4.5	30	14.5
I1	IPE 330	5	33	10.5
I1	IPE 330	5.5	37	7.9
I1	IPE 330	6	40	6.1
I1	IPE 330	6.5	43	4.8
I1	IPE 330	7	47	3.8

Da qui si evince che, per l'altezza di 6 m, (FO17) il valore caratteristico più basso della pressione lineare max è pari a 6.1 KN/m determinato sulla base della verifica di deformabilità che ovviamente risulta compatibile con il valore massimo calcolato, pari a 3.864 KN/ml per la FO67 (tratto corrente).

Per il montante tipo I2 (IPE360) in sintesi si determina:

TIPOLOGIA MONTANTE	Profilato	Altezza barriera	Flessione			Instabilità		Taglio		
			W_{pl}	$M_{c,Rd}$	$P_{max, lineare}$ FLESSIONE	$M_{b,Rd}$	$P_{max, lineare}$ INST.	A_v	$V_{c,Rd}$	$P_{max, lineare}$ TAGLIO
		[m]	[m ³]	[kNm]	[kN/m]	[kNm]	[kN/m]	[m ²]	[kN]	[kN/m]
I2	IPE 360	4.5	1.02E-03	266.9	17.6	250.5	16.5	3.51E-03	531.3	78.7
I2	IPE 360	5	1.02E-03	266.9	14.2	246.8	13.2	3.51E-03	531.3	70.8
I2	IPE 360	5.5	1.02E-03	266.9	11.8	242.9	10.7	3.51E-03	531.3	64.4
I2	IPE 360	6	1.02E-03	266.9	9.9	238.7	8.8	3.51E-03	531.3	59.0
I2	IPE 360	6.5	1.02E-03	266.9	8.4	234.2	7.4	3.51E-03	531.3	54.5
I2	IPE 360	7	1.02E-03	266.9	7.3	229.4	6.2	3.51E-03	531.3	50.6
I2	IPE 360	7.5	1.02E-03	266.9	6.3	224.2	5.3	3.51E-03	531.3	47.2

TIPOLOGIA MONTANTE	Profilato	Altezza barriera	Deformabilità	
			def. max ammissibile	$P_{max, lineare}$ DEF.
		[m]	[mm]	[kN/m]
I2	IPE 360	4.5	30	20.0
I2	IPE 360	5	33	14.6
I2	IPE 360	5.5	37	11.0
I2	IPE 360	6	40	8.4
I2	IPE 360	6.5	43	6.6
I2	IPE 360	7	47	5.3
I2	IPE 360	7.5	50	4.3

Da qui si evince che, per l'altezza di 6 m, (FO17) il valore caratteristico più basso della pressione lineare max è pari a 8.4 KN/m determinato sulla base della verifica di deformabilità che ovviamente risulta compatibile con il valore massimo calcolato, pari a 6.762 KN/ml per la FO67 (tratto terminale o di bordo).