

Indice

1. INTRODUZIONE.....	3
1.1 DESCRIZIONE DELL'OPERA.....	3
1.2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO	9
1.3 MATERIALI	10
1.3.1 <i>Carpenteria metallica</i>	10
1.3.2 <i>Calcestruzzo armato</i>	11
1.4 CARATTERIZZAZIONE SISMICA	12
1.5 SOFTWARE DI CALCOLO	13
2. ANALISI DEI CARICHI	14
2.1 CARICHI CARATTERISTICI	14
2.1.1 <i>Pesi propri e carichi permanenti ($G_{k,1}$ e $G_{k,2}$)</i>	14
2.1.2 <i>Pressione del vento (Q_w)</i>	14
2.1.3 <i>Pressione dinamica veicolare (Q_{dv})</i>	20
2.1.4 <i>Carico dinamico da rimozione neve (Q_{rn})</i>	21
2.1.5 <i>Azione sismica (E_d)</i>	23
2.2 RAPPRESENTAZIONE GRAFICA DELLE AZIONI SUI MONTANTI.....	24
2.3 COMBINAZIONI DI CARICO.....	26
2.4 SOLLECITAZIONI ALLA BASE DEI MONTANTI	28
3. VERIFICA CARPENTERIA METALLICA	29
3.1 GENERALITÀ	29
4. ALLEGATI DI CALCOLO.....	30
4.1 VERIFICHE MONTANTE TIPO H1	30
4.2 VERIFICHE MONTANTE TIPO H3	30
4.3 VERIFICHE MONTANTE TIPO H5	30

1. Introduzione

1.1 Descrizione dell'opera

La presente relazione è a corredo del Progetto Definitivo di ampliamento alla terza corsia dell'Autostrada A13 Bologna – Padovanella tratta Monselice - Padova

Oggetto della relazione sono:

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

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

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

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.

¹ Il raggruppamento in tre diverse fasce di altezza di rilevato è puramente convenzionale e indicativo. Il calcolo delle sollecitazioni verrà condotto sulla base dell'effettiva altezza di rilevato per ogni barriera.

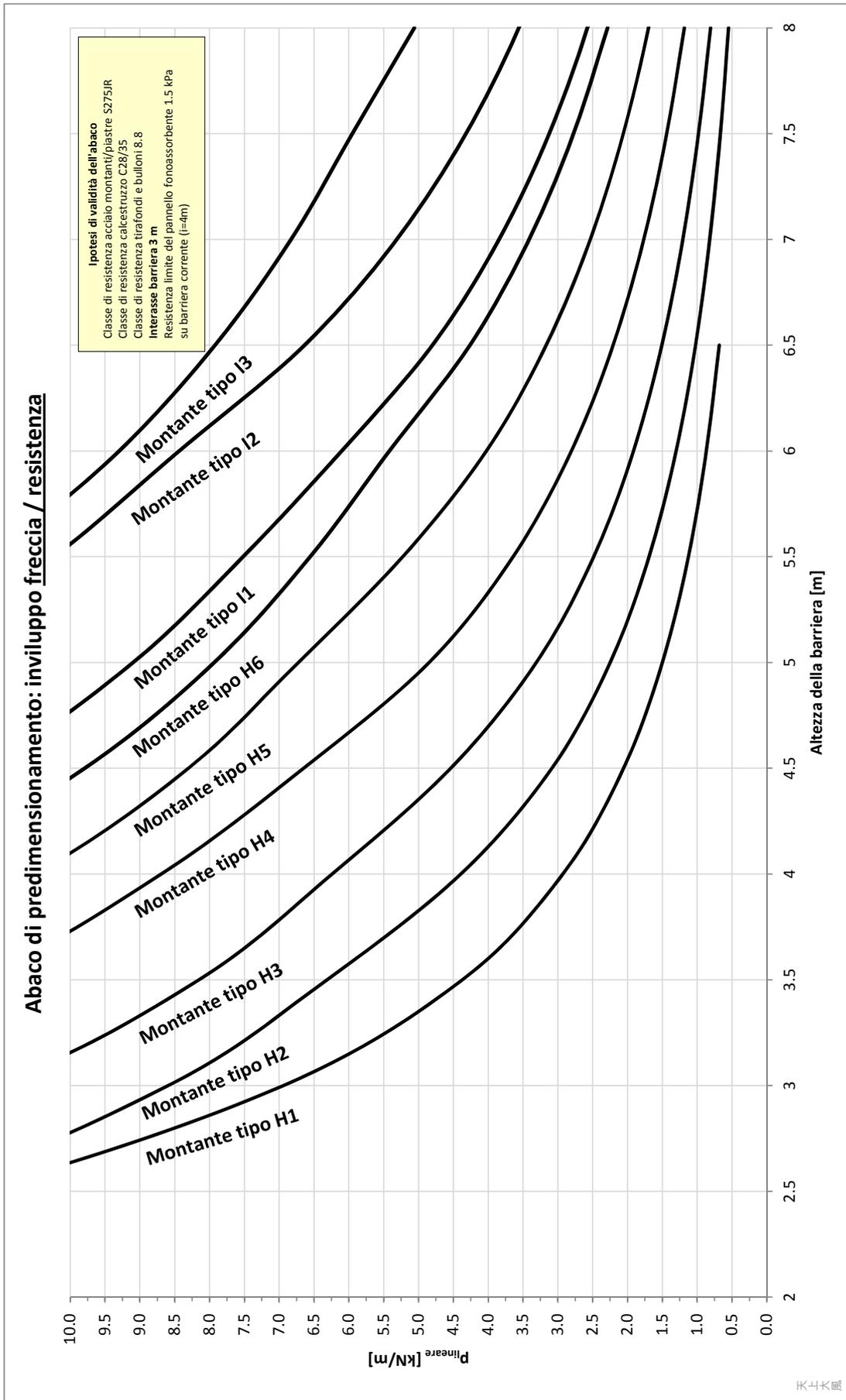


Figura 1-1 - Abaco delle curve di involuppo del carico uniforme limite per le tipologie di montante considerate

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

Micro Intervento	Intervento elementare	Autostrada	Carreggiata	Lato	Chilometrica		Lunghezza totale micro intervento (m)	Caratteristiche intervento			Rilevato [m]	Famiglia
					DA	A		Lungh. interv. elementare [m]	Altezza STRUTTURALE [m]	interasse [m]		
F001	FOA1-a	A13	Nord	Dx	88+931	88+943	141.00	12.00	3.00	3.00	2.00	3.00 bordo - Rilevato 0.0+2.5
	FOA1-b	A13	Nord	Dx	88+943	89+072		129.00	3.00	3.00	2.00	3.00 corrente - Rilevato 0.0+2.5
F002	FOA2-b	A13	Nord	Dx	89+089	89+269	192.00	180.00	3.00	3.00	2.00	3.00 corrente - Rilevato 0.0+2.5
	FOA2-a	A13	Nord	Dx	89+269	89+281		12.00	3.00	3.00	2.00	3.00 bordo - Rilevato 0.0+2.5
F003	FOA3-a	A13	Nord	Dx	89+415	89+604	189.00	189.00	5.00	3.00	1.50	5.00 corrente - Rilevato 0.0+2.5
F004	FOA4-b	A13	Nord	Dx	89+604	89+772	180.00	168.00	3.00	3.00	2.00	3.00 corrente - Rilevato 0.0+2.5
	FOA4-a	A13	Nord	Dx	89+772	89+784		12.00	3.00	3.00	2.00	3.00 bordo - Rilevato 0.0+2.5
F005	FOA5-a	A13	Nord	Dx	91+350	91+362	525.00	12.00	3.00	3.00	5.50	3.00 bordo - Rilevato 2.5+6.0
	FOA5-b	A13	Nord	Dx	91+362	91+863		501.00	3.00	3.00	5.50	3.00 corrente - Rilevato 2.5+6.0
	FOA5-c	A13	Nord	Dx	91+863	91+875		12.00	3.00	3.00	5.50	3.00 bordo - Rilevato 2.5+6.0
F006	FOA6-a	A13	Nord	Dx	93+034	93+046	165.00	12.00	3.00	3.00	6.00	3.00 bordo - Rilevato 2.5+6.0
	FOA6-b	A13	Nord	Dx	93+046	93+187		141.00	3.00	3.00	6.00	3.00 corrente - Rilevato 2.5+6.0
	FOA6-c	A13	Nord	Dx	93+187	93+199		12.00	3.00	3.00	6.00	3.00 bordo - Rilevato 2.5+6.0
F007	FOA7-a	A13	Nord	Dx	93+856	93+868	102.00	12.00	3.00	3.00	2.00	3.00 bordo - Rilevato 0.0+2.5
	FOA7-b	A13	Nord	Dx	93+868	93+958		90.00	3.00	3.00	2.00	3.00 corrente - Rilevato 0.0+2.5
F008	FOA8-b	A13	Nord	Dx	93+975	94+035	72.00	60.00	3.00	3.00	2.00	3.00 corrente - Rilevato 0.0+2.5
	FOA8-a	A13	Nord	Dx	94+035	94+047		12.00	3.00	3.00	2.00	3.00 bordo - Rilevato 0.0+2.5
F009	FOA9-a	A13	Nord	Dx	94+444	94+456	111.00	12.00	3.00	3.00	2.50	3.00 bordo - Rilevato 0.0+2.5
	FOA9-b	A13	Nord	Dx	94+456	94+543		87.00	3.00	3.00	2.50	3.00 corrente - Rilevato 0.0+2.5
	FOA9-c	A13	Nord	Dx	94+543	94+555		12.00	3.00	3.00	2.50	3.00 bordo - Rilevato 0.0+2.5
F010	FOA10-a	A13	Nord	Dx	95+381	95+397	174.00	16.00	4.00	3.00	2.00	4.00 bordo - Rilevato 0.0+2.5
	FOA10-b	A13	Nord	Dx	95+397	95+539		142.00	4.00	3.00	2.00	4.00 corrente - Rilevato 0.0+2.5
	FOA10-c	A13	Nord	Dx	95+539	95+555		16.00	4.00	3.00	2.00	4.00 bordo - Rilevato 0.0+2.5
F011	FOA11-a	A13	Nord	Dx	96+741	96+753	135.00	12.00	3.00	3.00	6.00	3.00 bordo - Rilevato 2.5+6.0
	FOA11-b	A13	Nord	Dx	96+753	96+864		111.00	3.00	3.00	6.00	3.00 corrente - Rilevato 2.5+6.0
	FOA11-c	A13	Nord	Dx	96+864	96+876		12.00	3.00	3.00	6.00	3.00 bordo - Rilevato 2.5+6.0
F012	FOA12-a	A13	Nord	Dx	97+063	97+075	210.00	12.00	3.00	3.00	5.00	3.00 bordo - Rilevato 2.5+6.0
	FOA12-b	A13	Nord	Dx	97+075	97+273		198.00	3.00	3.00	4.00	3.00 corrente - Rilevato 2.5+6.0
F013	FOA13-b	A13	Nord	Dx	97+273	97+411	150.00	138.00	3.00	3.00	2.00	3.00 corrente - Rilevato 0.0+2.5
	FOA13-a	A13	Nord	Dx	97+411	97+423		12.00	3.00	3.00	1.50	3.00 bordo - Rilevato 0.0+2.5
F014	FOA14-a	A13	Nord	Dx	97+585	97+597	180.00	12.00	3.00	3.00	2.00	3.00 bordo - Rilevato 0.0+2.5
	FOA14-b	A13	Nord	Dx	97+597	97+753		156.00	3.00	3.00	2.00	3.00 corrente - Rilevato 0.0+2.5
	FOA14-c	A13	Nord	Dx	97+753	97+765		12.00	3.00	3.00	2.00	3.00 bordo - Rilevato 0.0+2.5
F015	FOA15-a	A13	Nord	Dx	97+885	97+901	180.00	16.00	4.00	3.00	2.00	4.00 bordo - Rilevato 0.0+2.5
	FOA15-b	A13	Nord	Dx	97+901	98+049		148.00	4.00	3.00	2.00	4.00 corrente - Rilevato 0.0+2.5
F016	FOA15-c	A13	Nord	Dx	98+049	98+065	81.00	16.00	4.00	3.00	2.00	4.00 bordo - Rilevato 0.0+2.5
	FOA16-a	A13	Nord	Dx	98+741	98+753		12.00	3.00	3.00	1.50	3.00 bordo - Rilevato 0.0+2.5
F017	FOA16-b	A13	Nord	Dx	98+753	98+822	132.00	69.00	3.00	3.00	1.50	3.00 corrente - Rilevato 0.0+2.5
	FOA17-a	A13	Nord	Dx	98+993	99+005		12.00	3.00	3.00	2.00	3.00 bordo - Rilevato 0.0+2.5
F018	FOA17-b	A13	Nord	Dx	99+005	99+125	132.00	120.00	3.00	3.00	2.50	3.00 corrente - Rilevato 0.0+2.5
	FOA18-a	A13	Nord	Dx	99+461	99+577		116.00	4.00	3.00	1.50	4.00 corrente - Rilevato 0.0+2.5
F019	FOA18-b	A13	Nord	Dx	99+577	99+593	90.00	16.00	4.00	3.00	1.50	4.00 bordo - Rilevato 0.0+2.5
	FOA19-a	A13	Nord	Dx	100+078	100+148		70.00	5.00	3.00	1.50	5.00 corrente - Rilevato 0.0+2.5
	FOA19-b	A13	Nord	Dx	100+148	100+168		20.00	5.00	3.00	1.50	5.00 bordo - Rilevato 0.0+2.5
F020	FOA20-a	A13	Nord	Dx	90+158	90+170	162.00	12.00	3.00	3.00	6.00	3.00 bordo - Rilevato 2.5+6.0
	FOA20-b	A13	Nord	Dx	90+170	90+308		138.00	3.00	3.00	6.00	3.00 corrente - Rilevato 2.5+6.0
	FOA20-c	A13	Nord	Dx	90+308	90+320		12.00	3.00	3.00	6.00	3.00 bordo - Rilevato 2.5+6.0
F021	FOA21-a	A13	Nord	Dx	90+807	90+819	210.00	12.00	3.00	3.00	6.00	3.00 bordo - Rilevato 2.5+6.0
	FOA21-b	A13	Nord	Dx	90+819	91+005		186.00	3.00	3.00	6.00	3.00 corrente - Rilevato 2.5+6.0
	FOA21-c	A13	Nord	Dx	91+005	91+017		12.00	3.00	3.00	6.00	3.00 bordo - Rilevato 2.5+6.0
F101	FOA101-a	A13	Sud	Dx	88+894	89+059	177.00	165.00	3.00	3.00	1.50	3.00 corrente - Rilevato 0.0+2.5
	FOA101-b	A13	Sud	Dx	89+059	89+071		12.00	3.00	3.00	1.50	3.00 bordo - Rilevato 0.0+2.5
F102	FOA102-a	A13	Sud	Dx	89+414	89+543	141.00	129.00	3.00	3.00	2.50	3.00 corrente - Rilevato 0.0+2.5
	FOA102-b	A13	Sud	Dx	89+543	89+555		12.00	3.00	3.00	1.50	3.00 bordo - Rilevato 0.0+2.5
F103	FOA103-a	A13	Sud	Dx	90+143	90+155	141.00	12.00	3.00	3.00	6.00	3.00 bordo - Rilevato 2.5+6.0
	FOA103-b	A13	Sud	Dx	90+155	90+272		117.00	3.00	3.00	6.00	3.00 corrente - Rilevato 2.5+6.0
	FOA103-c	A13	Sud	Dx	90+272	90+284		12.00	3.00	3.00	6.00	3.00 bordo - Rilevato 2.5+6.0
F104	FOA104-a	A13	Sud	Dx	91+420	91+432	489.00	12.00	3.00	3.00	6.00	3.00 bordo - Rilevato 2.5+6.0
	FOA104-b	A13	Sud	Dx	91+432	91+897		465.00	3.00	3.00	6.00	3.00 corrente - Rilevato 2.5+6.0
F105	FOA104-c	A13	Sud	Dx	91+897	91+909	252.00	12.00	3.00	3.00	6.00	3.00 bordo - Rilevato 2.5+6.0
	FOA105-a	A13	Sud	Dx	93+282	93+294		12.00	3.00	3.00	7.00	3.00 bordo - Rilevato 6.0+8.0
	FOA105-b	A13	Sud	Dx	93+294	93+522		228.00	3.00	3.00	7.00	3.00 corrente - Rilevato 6.0+8.0
F106	FOA105-c	A13	Sud	Dx	93+522	93+534	225.00	12.00	3.00	3.00	7.00	3.00 bordo - Rilevato 6.0+8.0
	FOA106-a	A13	Sud	Dx	93+732	93+744		12.00	3.00	3.00	3.00	3.00 bordo - Rilevato 2.5+6.0
F107	FOA106-b	A13	Sud	Dx	93+744	93+957	111.00	213.00	3.00	3.00	3.00	3.00 corrente - Rilevato 2.5+6.0
	FOA107-b	A13	Sud	Dx	93+975	94+074		99.00	3.00	3.00	1.50	3.00 corrente - Rilevato 0.0+2.5
F108	FOA107-a	A13	Sud	Dx	94+074	94+086	234.00	12.00	3.00	3.00	1.50	3.00 bordo - Rilevato 0.0+2.5
	FOA108-a	A13	Sud	Dx	94+321	94+333		210.00	3.00	3.00	2.50	3.00 corrente - Rilevato 0.0+2.5
	FOA108-b	A13	Sud	Dx	94+333	94+543		12.00	3.00	3.00	1.50	3.00 bordo - Rilevato 0.0+2.5
F109	FOA108-c	A13	Sud	Dx	94+543	94+555	270.00	12.00	3.00	3.00	1.50	3.00 bordo - Rilevato 0.0+2.5
	FOA109-a	A13	Sud	Dx	95+089	95+101		12.00	3.00	3.00	1.50	3.00 bordo - Rilevato 0.0+2.5
F110	FOA109-b	A13	Sud	Dx	95+101	95+359	156.00	258.00	3.00	3.00	1.50	3.00 corrente - Rilevato 0.0+2.5
	FOA110-a	A13	Sud	Dx	96+201	96+213		12.00	3.00	3.00	3.00	3.00 bordo - Rilevato 2.5+6.0
	FOA110-b	A13	Sud	Dx	96+213	96+342		132.00	3.00	3.00	3.00	3.00 corrente - Rilevato 2.5+6.0
F111	FOA110-c	A13	Sud	Dx	96+342	96+354	210.00	12.00	3.00	3.00	3.00	3.00 bordo - Rilevato 2.5+6.0
	FOA111-a	A13	Sud	Dx	96+695	96+707		12.00	3.00	3.00	5.00	3.00 bordo - Rilevato 2.5+6.0
	FOA111-b	A13	Sud	Dx	96+707	96+893		186.00	3.00	3.00	5.00	3.00 corrente - Rilevato 2.5+6.0
F112	FOA111-c	A13	Sud	Dx	96+893	96+905	192.00	12.00	3.00	3.00	5.00	3.00 bordo - Rilevato 2.5+6.0
	FOA112-a	A13	Sud	Dx	97+705	97+717		12.00	3.00	3.00	1.50	3.00 bordo - Rilevato 0.0+2.5
F113	FOA112-b	A13	Sud	Dx	97+717	97+885	231.00	168.00	3.00	3.00	1.50	3.00 corrente - Rilevato 0.0+2.5
	FOA112-c	A13	Sud	Dx	97+885	97+897		12.00	3.00	3.00	1.50	3.00 bordo - Rilevato 0.0+2.5
	FOA113-a	A13	Sud	Dx	98+839	99+054		215.00	4.00	3.00	2.50	4.00 corrente - Rilevato 0.0+2.5
F114	FOA113-b	A13	Sud	Dx	99+054	99+070	132.00	16.00	4.00	3.00	2.50	4.00 bordo - Rilevato 0.0+2.5
	FOA114-a	A13	Sud	Dx	99+457	99+577		120.00	3.00	3.00	2.50	3.00 corrente - Rilevato 0.0+2.5
F115	FOA114-b	A13	Sud	Dx	99							

Le famiglie di barriere sono elencate in Tabella 1-2; a ciascuna famiglia è associata una tipologia di montante. Queste tipologie sono definite 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.

Tabella 1-2 - Famiglie di FOA e interventi particolari interessati

Famiglie
3.00_bordo - Rilevato_0.0÷2.5
3.00_bordo - Rilevato_2.5÷6.0
3.00_bordo - Rilevato_6.0÷8.0
3.00_corrente - Rilevato_0.0÷2.5
3.00_corrente - Rilevato_2.5÷6.0
3.00_corrente - Rilevato_6.0÷8.0
4.00_bordo - Rilevato_0.0÷2.5
4.00_corrente - Rilevato_0.0÷2.5
5.00_bordo - Rilevato_0.0÷2.5
5.00_corrente - Rilevato_0.0÷2.5

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

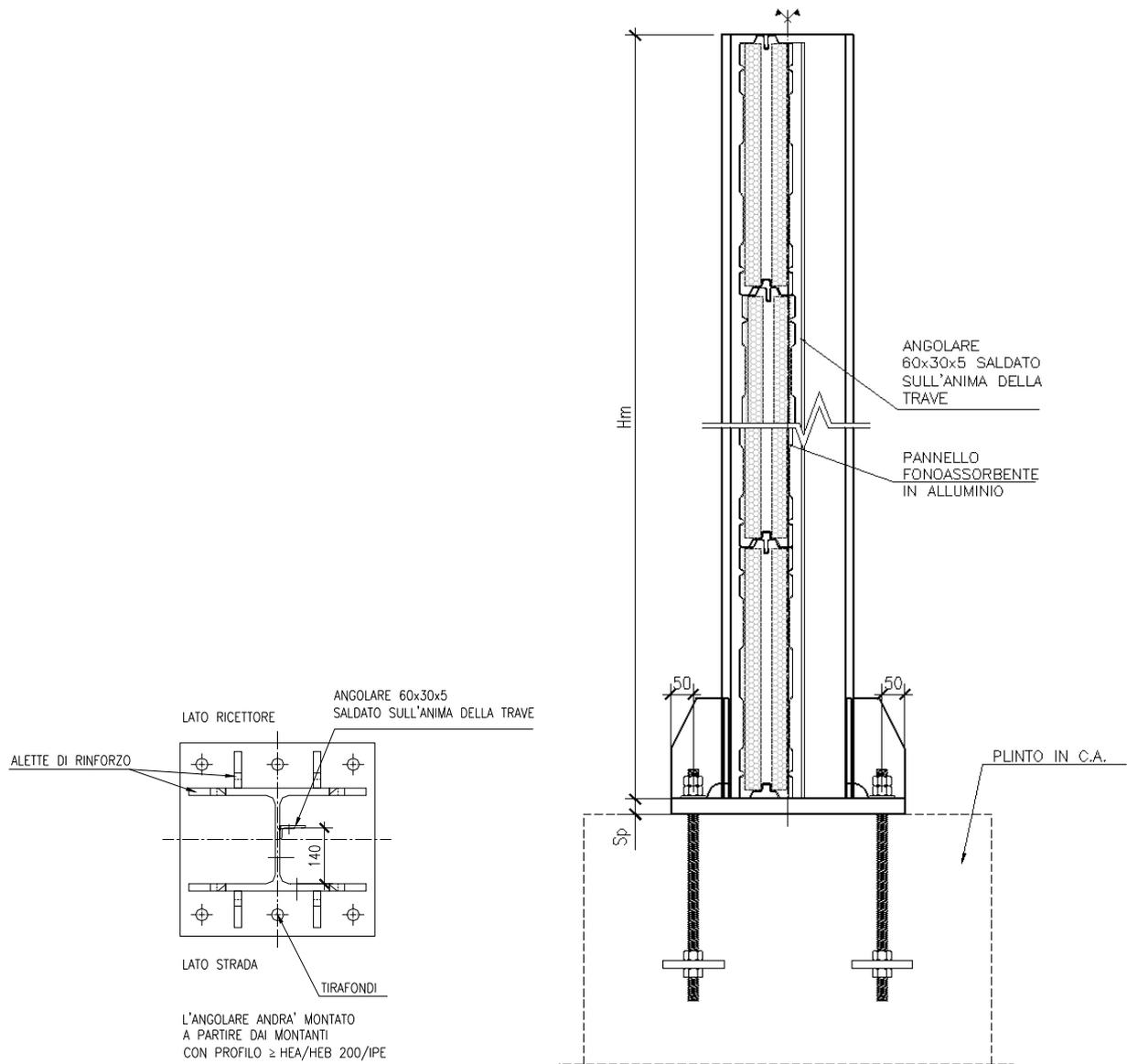


Figura 1-2 - Pianta alla base e sezione verticale architettonici della barriera FOA

Le analisi delle barriere sono state sviluppate per altezze da **3.00 m** a **5.00m**, con passo dei montanti "i" pari a 3.00 m.

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

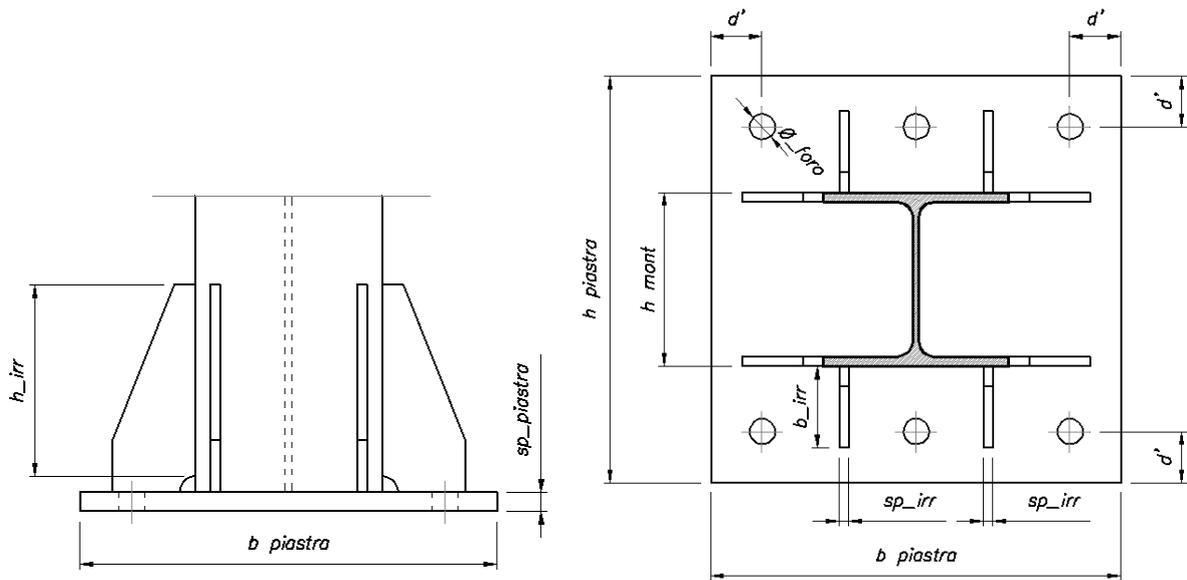


Figura 1-3 - Schema piastra di ancoraggio

Per quanto concerne le pannellature delle barriere antirumore da realizzare è stato previsto uno standard basato sull'utilizzo di pannelli fonoassorbenti in alluminio alleggeriti dall'inserimento di specchiature in materiale trasparente.

Per tutti gli interventi si adotteranno barriere con pannelli modulari di altezza 0.50 m, in alluminio forato preverniciato con interposto materiale isolante. Tali pannelli sono sormontati da lastre trasparenti fonoisolanti di altezza pari a 1.00 m e 2.00 m a seconda dell'altezza complessiva della barriera acustica.

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⁾
KV	KV	Resilienza KV (J) ⁽⁸⁾	JR	+20°C	≥ 27	≥ 27	≥ 27
			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 ($L_0=5.65 \sqrt{A_0}$)			≥ 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

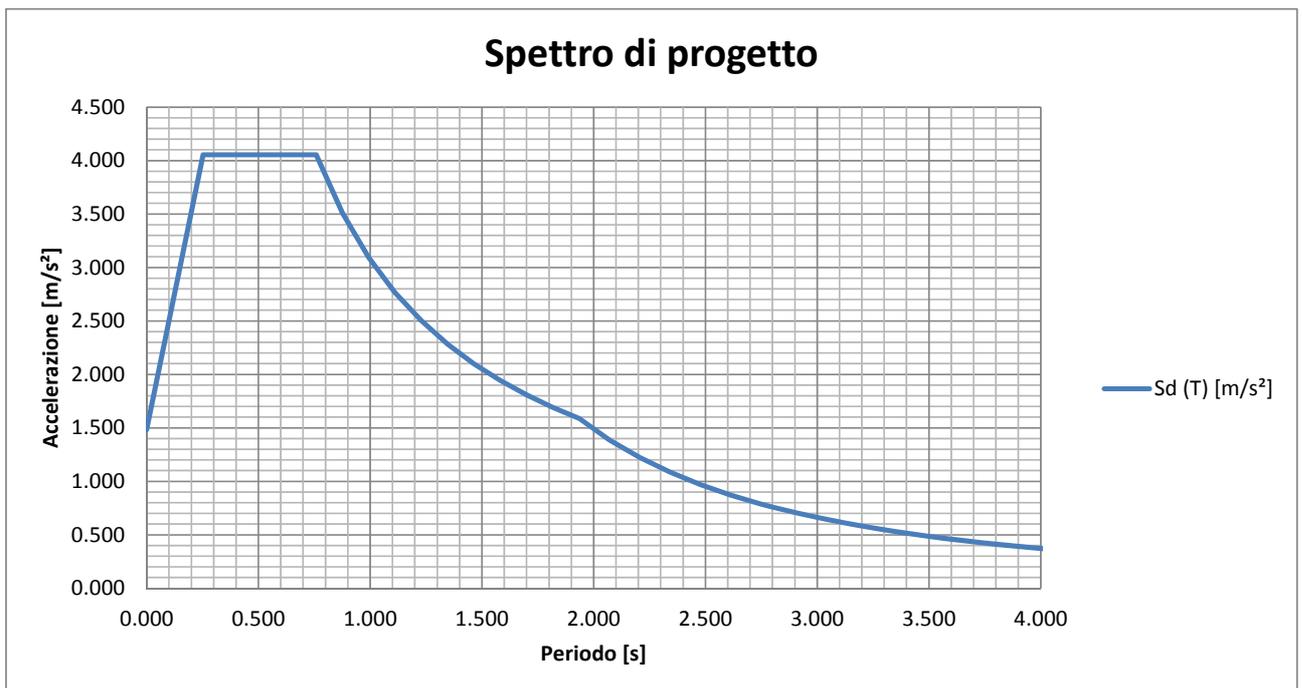
MAGRONE	C12/15
resistenza caratteristica cubica:	$R_{ck} \geq 15.0$ MPa
resistenza caratteristica a compressione:	$f_{ck} \geq 12.0$ MPa
Classe di esposizione	-
PALI DI FONDAZIONE	C25/30
resistenza caratteristica cubica:	$R_{ck} \geq 30.0$ MPa
resistenza caratteristica a compressione:	$f_{ck} \geq 25.0$ MPa
Classe di esposizione	XC2
PLINTI E CORDOLI DI FONDAZIONE	C28/35
resistenza caratteristica cubica:	$R_{ck} \geq 35.0$ MPa
resistenza caratteristica a compressione:	$f_{ck} \geq 28.0$ MPa
Classe di esposizione	XC2
Acciaio per c.a.	B450C
Tensione di snervamento: $f_{y\ nom}$	450 N/mm ²
Tensione di rottura: $f_{t\ nom}$	540 N/mm ²

1.4 Caratterizzazione sismica

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

- Vita nominale 50 anni
- Classe d'uso IV → Cu = 2.0 -
- Vita di riferimento 50 anni
- $a_g = 0.084 \text{ g} =$ 0.824 m/s^2
- Categoria topografica T1
- Tipo di suolo C
- S_S : coefficiente di amplificazione stratigrafica = 1.80 -
- S_T : coefficiente di amplificazione topografica = 1.00 -
- $S = S_S \times S_T =$ 1.80 -

ag_g	0.084 [g]
ag_a	0.824 [m/s ²]
Fo	2.734 [-]
T*c	0.368 [sec]
Cat. suolo	D
Ss	1.80 [-]
Cat. topografica	T1
St	1.00 [-]
S	1.80 [-]
ξ	5.0 [%]
η	1.00 [-]
Cc	2.061 [-]
TB	0.253 [sec]
TC	0.758 [sec]
TD	1.936 [sec]



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 2010**.

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 Alluminio	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. § 0).
- 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).

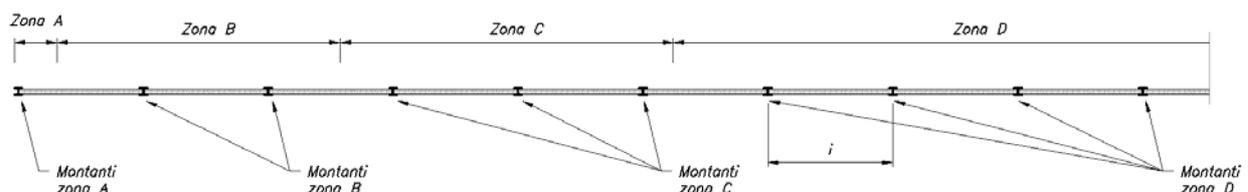


Figura 2-1 - Assegnazione zone ai montanti

- 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/m²):

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

dove

q_p pressione cinetica di picco

I_v intensità della turbolenza

ρ densità media dell'aria, pari a 1.25 kg/m³

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:

Zona	1	UNI EN 1991-1-4
a_s	11	[m] quota sito
v_{b0}	25	[m/s] valore base della velocità fondamentale del vento § 4.1.(1) P
a_0	1000	[m] (cfr. tab. N.A. 1 parametri nazionali)
k_a	0.010	[1/s] (cfr. tab. N.A. 1 parametri nazionali)
v_{b0}	25	§ 4.1.(1) P
c_{dir}	1.00	[-] fattore di direzione § 4.2.(2) P - nota 2
c_{season}	1.00	[-] fattore di stagionalità § 4.2.(2) P - nota 3
T_r	50	[anni] periodo di ritorno
k_1	0.138	
n	1.00	
c_{prob}	1.00	EN 1991-1-4 § 4.2 (Nota 4)
v_b	25.0	[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.

In funzione della conformazione del terreno e delle altezze delle opere di scavalco (viadotti e sottovia), si è scelto di ordinare i rilevati in tre gruppi:

→ Rilevato da 0.00 m a 2.50 m

→ Rilevato da 2.50 m a 6.00 m

→ Rilevato da 6.00 m a 8.00 m

per ciascuno dei quali si è posta l'altezza del rilevato pari al limite superiore (ovvero, rispettivamente 2.5 m nel caso di altezza ricadente tra 0 e 2.5 m

6 m nel caso di altezza ricadente tra 2.5 e 6 m

8 m nel caso di altezza ricadente tra 6 e 8 m

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

interasse montanti	H _{barr.}	H _{ril}	z _e	cr	v _m (z)	I _v (z)	q _p (z)
[m]	[m]	[m]	[m]	[-]	[m/s]	[-]	[N/m ²]
3	3	1.5	4.5	1.04	26	0.16	902
3	3	1.5	4.5	1.04	26	0.16	902
3	3	2	5	1.05	26	0.16	924
3	3	2	5	1.05	26	0.16	924
3	3	2.5	5.5	1.07	27	0.16	945
3	3	2.5	5.5	1.07	27	0.16	945
3	3	3	6	1.09	27	0.16	965
3	3	3	6	1.09	27	0.16	965
3	3	4	7	1.11	28	0.15	999
3	3	5	8	1.13	28	0.15	1030
3	3	5	8	1.13	28	0.15	1030
3	3	5.5	8.5	1.15	29	0.15	1044
3	3	5.5	8.5	1.15	29	0.15	1044
3	3	6	9	1.15	29	0.15	1057
3	3	6	9	1.15	29	0.15	1057
3	3	7	10	1.17	29	0.14	1081
3	3	7	10	1.17	29	0.14	1081
3	4	1.5	5.5	1.07	27	0.16	945
3	4	1.5	5.5	1.07	27	0.16	945
3	4	2	6	1.09	27	0.16	965
3	4	2	6	1.09	27	0.16	965
3	4	2.5	6.5	1.10	27	0.15	983
3	4	2.5	6.5	1.10	27	0.15	983
3	5	1.5	6.5	1.10	27	0.15	983
3	5	1.5	6.5	1.10	27	0.15	983

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.

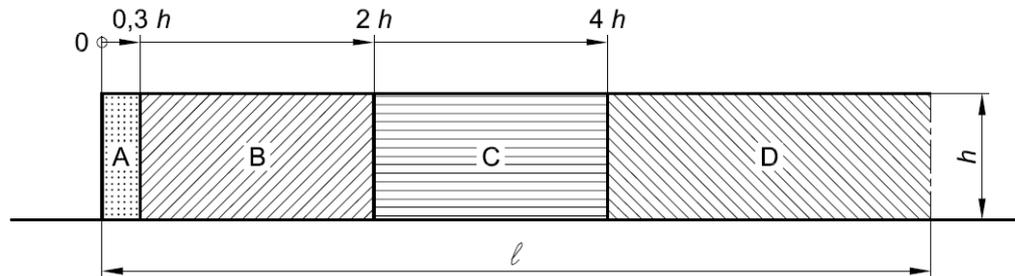


Figura 2-2 - Determinazione zone di carico del vento

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 rigidezza 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

interasse montanti	$H_{barr.}$	H_{ril}	$q_p(z)$	c_p	p_w
[m]	[m]	[m]	[N/m ²]	[-]	[kN/m ²]
3	3	1.5	902	2.1	1.893
3	3	1.5	902	1.2	1.082
3	3	2	924	2.1	1.941
3	3	2	924	1.2	1.109
3	3	2.5	945	2.1	1.985
3	3	2.5	945	1.2	1.134
3	3	3	965	2.1	2.026
3	3	3	965	1.2	1.158
3	3	4	999	1.2	1.199
3	3	5	1030	2.1	2.162
3	3	5	1030	1.2	1.236
3	3	5.5	1044	2.1	2.192
3	3	5.5	1044	1.2	1.252
3	3	6	1057	2.1	2.219
3	3	6	1057	1.2	1.268
3	3	7	1081	2.1	2.271
3	3	7	1081	1.2	1.298
3	4	1.5	945	2.1	1.985
3	4	1.5	945	1.2	1.134
3	4	2	965	2.1	2.026
3	4	2	965	1.2	1.158
3	4	2.5	983	2.1	2.063
3	4	2.5	983	1.2	1.179
3	5	1.5	983	2.1	2.063
3	5	1.5	983	1.2	1.179

2.1.2.6 Sollecitazioni sui montanti

Si riportano di seguito i carichi f [N/m] del vento (schema statico a mensola).

Tabella 2-5 - Sollecitazioni agenti sui montanti

interasse montanti [m]	$H_{barr.}$ [m]	H_{ril} [m]	p_w [kN/m ²]	P_{lin} [kN/m]
3	3	1.5	1.893	5.68
3	3	1.5	1.082	3.25
3	3	2	1.941	5.82
3	3	2	1.109	3.33
3	3	2.5	1.985	5.96
3	3	2.5	1.134	3.40
3	3	3	2.026	6.08
3	3	3	1.158	3.47
3	3	4	1.199	3.60
3	3	5	2.162	6.49
3	3	5	1.236	3.71
3	3	5.5	2.192	6.58
3	3	5.5	1.252	3.76
3	3	6	2.219	6.66
3	3	6	1.268	3.80
3	3	7	2.271	6.81
3	3	7	1.298	3.89
3	4	1.5	1.985	5.96
3	4	1.5	1.134	3.40
3	4	2	2.026	6.08
3	4	2	1.158	3.47
3	4	2.5	2.063	6.19
3	4	2.5	1.179	3.54
3	5	1.5	2.063	6.19
3	5	1.5	1.179	3.54

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

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

$$(q_{lin} = 2.40 \text{ kN/m})$$

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.

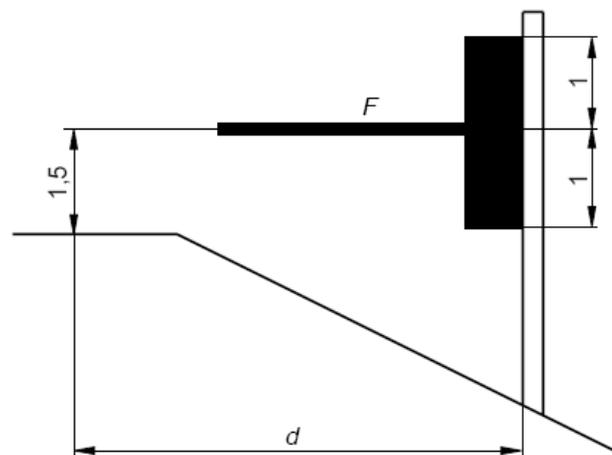


Figura 2-3 - Schema di carico dinamico da rimozione neve - quote in [m]

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

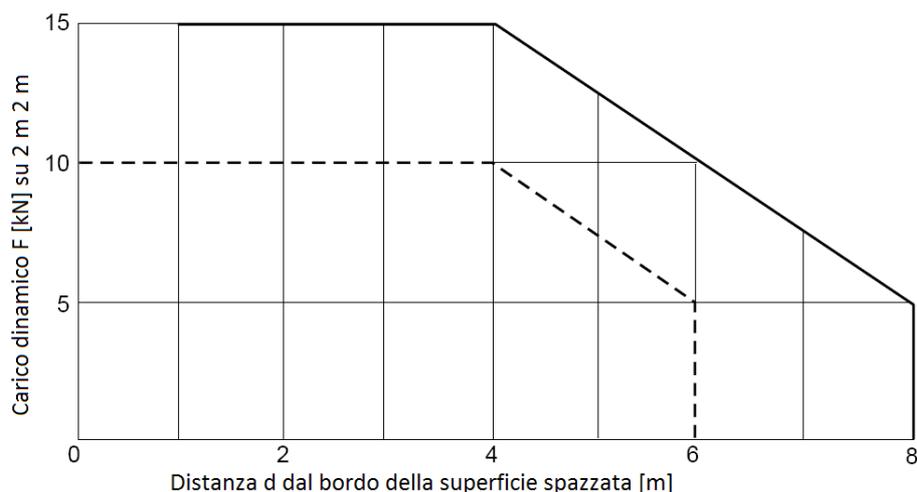


Figura 2-4 - Magnitudo del carico dinamico causato dalla rimozione della neve

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]):

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

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

ag_g	0.084 [g]
ag_a	0.824 [m/s ²]
Fo	2.734 [-]
T*c	0.368 [sec]
Fv	1.070 [-]
Cat. suolo	C
Ss	1.500 [-]
St	1.000 [-]
S	1.500 [-]
ξ	5.00 [%]
η	1.00 [-]
Cc	1.460 [-]
TB	0.179 [sec]
TC	0.537 [sec]
TD	1.936 [sec]
Sd(T) min	0.165 [m/s ²]
q orizzontale	1.000 [-]
q verticale	1.000 [-]
C1	0.085 [-]
λ	1.00 [-]

Per le barriere in oggetto, otteniamo:

Tabella 2-7 - Sollecitazioni sismiche per le barriere

Famiglie	T1 [sec]	Se (T1) [m/s ²]	Se,v (T1) [m/s ²]	Sd (T1) [m/s ²]	Sd,v (T1) [m/s ²]	W [kg]	Fh_sism [N]	M_sism [Nm]
3.00_bordo								
Rilevato_0.0÷2.5	0.194	3.379	1.322	3.379	1.322	1 028.7	3 476.4	6 952.8
Rilevato_2.5÷6.0	0.194	3.379	1.322	3.379	1.322	1 028.7	3 476.4	6 952.8
Rilevato_6.0÷8.0	0.194	3.379	1.322	3.379	1.322	1 028.7	3 476.4	6 952.8
3.00_corrente								
Rilevato_0.0÷2.5	0.194	3.379	1.322	3.379	1.322	1 341.2	4 532.4	9 064.9
Rilevato_2.5÷6.0	0.194	3.379	1.322	3.379	1.322	1 341.2	4 532.4	9 064.9
Rilevato_6.0÷8.0	0.194	3.379	1.322	3.379	1.322	1 341.2	4 532.4	9 064.9
4.00_bordo								
Rilevato_0.0÷2.5	0.240	3.379	1.322	3.379	1.322	1 256.7	4 246.9	11 325.0
4.00_corrente								
Rilevato_0.0÷2.5	0.240	3.379	1.322	3.379	1.322	1 619.2	5 471.9	14 591.7
5.00_bordo								
Rilevato_0.0÷2.5	0.284	3.379	1.322	3.379	1.322	1 539.0	5 200.9	17 336.3
5.00_corrente								
Rilevato_0.0÷2.5	0.284	3.379	1.322	3.379	1.322	1 951.5	6 594.9	21 982.9

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.

2.2 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 ($p_{\text{spazzamento}}$ DEFORABILITA') 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.
- I punti rossi rappresentano il carico uniforme relativo alla azione esercitata dalla pressione del vento; sono state riportate le sollecitazioni relative alle due condizioni di carico studiate (4.00_bordo e 6.00_bordo). 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 sotto-intervento, le tipologie di montante che soddisfano i criteri di verifica.

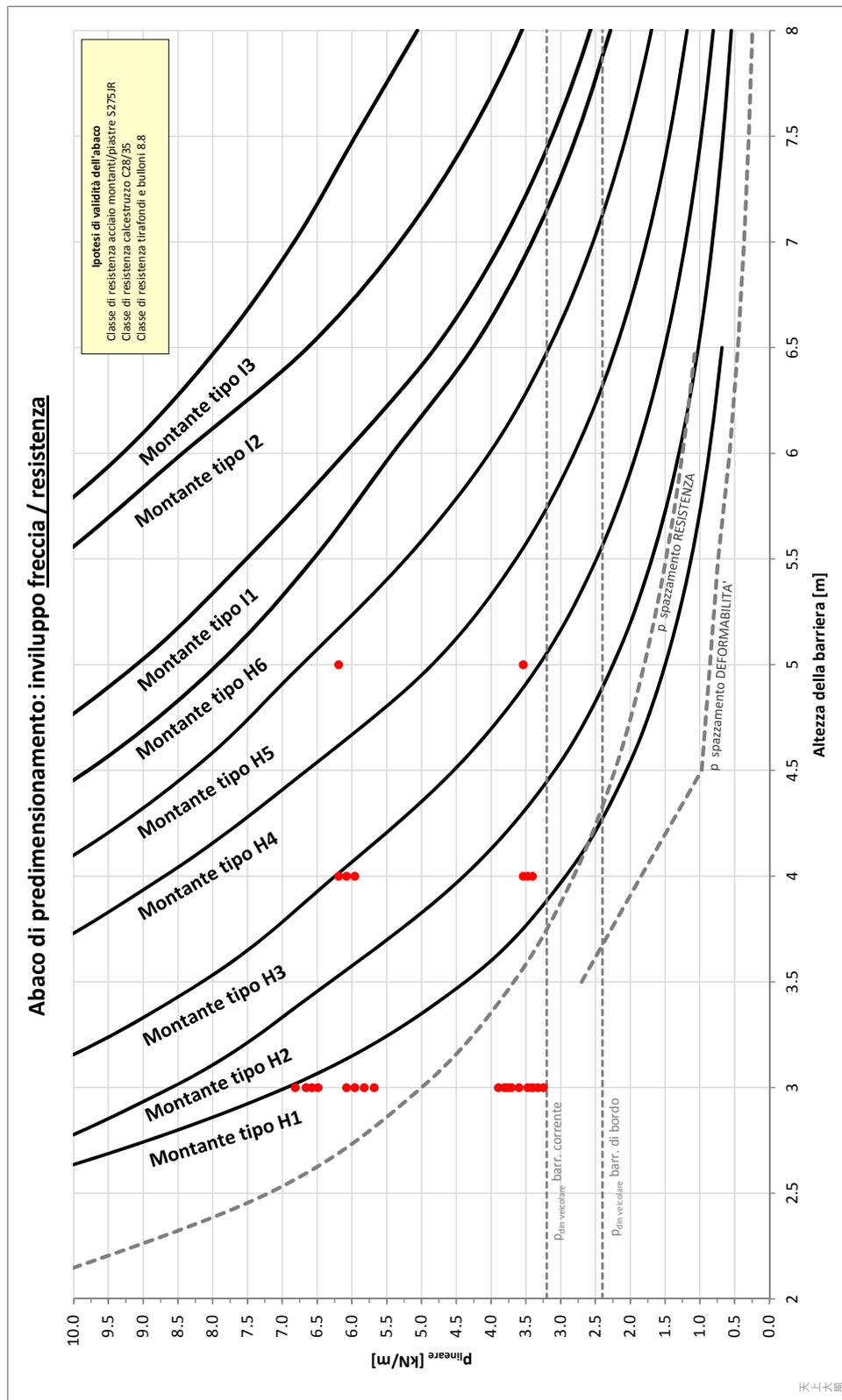


Figura 2-5 - Abaco di confronto tra le curve di inviluppo del carico uniforme limite per le tipologie di montante e le azioni agenti

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 espresse in precedenza, le combinazioni di carico possono essere riassunte nella seguente Tabella 2-8:

Tabella 2-8 - 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 1-2.

Tabella 2-9 - Sollecitazioni combinate

Rilevato	Montante	qw [N/m ²]	Sollecitazioni SLU-STR			Sollecitazioni SLU-GEO			Sollecitazioni SLE Rara		
			N [N]	M [Nm]	V [N]	N [N]	M [Nm]	V [N]	N [N]	M [Nm]	V [N]
3.00_bordo											
Rilevato_0.0÷2.5	HE 160 A	1 985	13 373	41 323	27 548	10 287	35 813	23 875	10 287	27 548	18 366
Rilevato_2.5÷6.0	HE 160 A	2 219	13 373	46 196	30 797	10 287	40 037	26 691	10 287	30 797	20 532
Rilevato_6.0÷8.0	HE 160 A	2 318	13 373	48 250	32 167	10 287	41 817	27 878	10 287	32 167	21 445
3.00_corrente											
Rilevato_0.0÷2.5	HE 160 A	1 134	17 436	33 750	22 500	13 412	29 250	19 500	13 412	22 500	15 000
Rilevato_2.5÷6.0	HE 160 A	1 268	17 436	34 243	22 829	13 412	29 677	19 785	13 412	22 829	15 219
Rilevato_6.0÷8.0	HE 160 A	1 325	17 436	35 766	23 844	13 412	30 997	20 665	13 412	23 844	15 896
4.00_bordo											
Rilevato_0.0÷2.5	HE 200 A	2 063	16 337	77 963	38 982	12 567	67 568	33 784	12 567	51 975	25 988
4.00_corrente											
Rilevato_0.0÷2.5	HE 200 A	1 179	21 050	56 598	28 299	16 192	49 051	24 526	16 192	37 732	18 866
5.00_bordo											
Rilevato_0.0÷2.5	HE 240 A	2 131	20 007	129 171	51 668	15 390	111 948	44 779	15 390	86 114	34 446
5.00_corrente											
Rilevato_0.0÷2.5	HE 240 A	1 218	25 370	91 347	36 539	19 515	79 168	31 667	19 515	60 898	24 359

3. Verifica carpenteria metallica

3.1 Generalità

Per quanto riguarda le verifiche strutturali condotte sulle tipologie di montanti impiegate, si rimanda alle relazioni specifiche riportate in allegato.

4. Allegati di calcolo

4.1 Verifiche Montante Tipo H1

4.2 Verifiche Montante Tipo H3

4.3 Verifiche Montante Tipo H5