

# autostrade // per l'italia

AUTOSTRADA A14: Bologna – Taranto  
tratto: Pesaro – Pescara

INTERVENTO DI SOSTITUZIONE DELLE BARRIERE DI SICUREZZA

VIADOTTO CERRANO progr. km 356+000  
margine destro e spartitraffico carreggiata Nord/Sud

## PROGETTO ESECUTIVO

### 02 – PARTE STRADALE

#### RELAZIONE TECNICA

IL PROGETTISTA SPECIALISTICO

Ing. Gianluca Spinazzola  
Ord. Ingg. Milano N. 26796

RESPONSABILE UFFICIO

IL RESPONSABILE INTEGRAZIONE  
PRESTAZIONI SPECIALISTICHE

Ing. Massimiliano Giacobbi  
Ord. Ingg. Milano N. 20746

CAPO PROGETTO

IL DIRETTORE TECNICO

Ing. Massimiliano Giacobbi  
Ord. Ingg. Milano N. 20746  
RESPONSABILE DIVISIONE ESERCIZIO  
E NUOVE ATTIVITA'

CODICE IDENTIFICATIVO

Ordinatore:

—

SCALA:

—

RIFERIMENTO PROGETTO

RIFERIMENTO DIRETTORIO

RIFERIMENTO ELABORATO

Codice Commessa

Lotto, Sub-Prog.,  
Cod. Appalto

Fase

Capitolo

Paragrafo

tipologia

WBS

progressivo

PARTE D'OPERA

Tip.

Disciplina

Progressivo

Rev.

5600090054PE-- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- STD0003-1



PROJECT MANAGER:

Arch. Andrea Castiglione  
Ord. Arch. Roma N. 15252

CAPO COMMESSA

REDATTO:

SUPPORTO SPECIALISTICO:

I.C. s.r.l.  
Via Kufstein, 1  
38100 Trento (TN)  
P.IVA 01799270226

VERIFICATO:

REVISIONE

n. data

0 APRILE 2017

1 DICEMBRE 2017

2

3

4

VISTO DEL COMMITTENTE

autostrade // per l'italia

IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO

## INDICE

<b>1</b>	<b>GENERALITÀ</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO ATTUALE</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>SCELTA DEI DISPOSITIVI DI RITENUTA</b>	<b>4</b>
<b>4</b>	<b>DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO PROGETTATO</b>	<b>6</b>
<b>5</b>	<b>ARTICOLAZIONE DEL PROGETTO</b>	<b>7</b>
<b>6</b>	<b>DOCUMENTI DI RIFERIMENTO</b>	<b>8</b>
<b>7</b>	<b>CRITERI DI PROTEZIONE OPERE D'ARTE</b>	<b>9</b>
<b>8</b>	<b>DISPOSITIVI DI RITENUTA COMPLEMENTARI</b>	<b>10</b>
8.1	Transizioni	10
<b>9</b>	<b>RETI DI PROTEZIONE</b>	<b>11</b>
<b>10</b>	<b>ADATTAMENTO DISPOSITIVI ALLA SEDE STRADALE</b>	<b>11</b>
	<b>APPENDICI</b>	<b>14</b>
	<b>APPENDICE 1: CALCOLO DELLA PROFONDITÀ DI INFISSIONE DEI PALETTI DELLE BARRIERE BORDO LATERALE PER ARGINELLO ESISTENTE DI LARGHEZZA MINIMA 0,5M</b>	<b>15</b>
	<b>APPENDICE 2: DIMENSIONAMENTO PRELIMINARE DEL SISTEMA DI ANCORAGGIO DEI TERMINALI DELLE BARRIERE DI SICUREZZA IN CORRISPONDENZA DEI MURI DI CONTRORIPA</b>	<b>22</b>

## 1 GENERALITÀ

Il presente documento è relativo all'intervento di sostituzione delle barriere di sicurezza presenti sull'Autostrada A/14 Bologna - Taranto, carr. Nord/Sud lato margine destro e lato spartitraffico, nel tratto tra le prog. km km 355+519 e km 356+590, all'interno del quale è presente l'opera d'arte:

- Viadotto "Cerrano"

nel tratto di competenza della Direzione 7° Tronco di Autostrade per l'Italia S.p.A. nella tratta tra Atri Pineto e Pescara Nord.

L'intervento in oggetto prevede la sostituzione delle barriere di sicurezza, installate sull'opera d'arte, con nuove barriere a marcatura CE.

Il progetto definisce la tipologia delle barriere da installare lungo i tratti autostradali citati, all'interno dei confini di intervento precisati nel capitolo 2, ed individua le relative modalità di installazione, in conformità con quanto previsto dalla normativa vigente richiamata al capitolo 6.

La presente relazione è redatta conformemente a quanto richiesto dall'art. 2 del Decreto 18 febbraio 1992 n. 223.

## 2 DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO ATTUALE

Come indicato in premessa, l'intervento riguarda la sostituzione ed il potenziamento delle barriere di sicurezza del viadotto "Cerrano" alla prog. Km 356+000 dell'Autostrada A/14 Bologna-Taranto, come meglio specificato in Tabella 1 e nelle figure seguenti. Per un maggior dettaglio dell'ambito di intervento e per la documentazione fotografica di supporto si rimanda alle planimetrie dello stato di fatto.

Codice progetto	Autostrada	Descrizione	Barriera Attuale	Km	LATO OGGETTO DI INTERVENTO	CARR.
054 A14	A/14 Bologna-Taranto	Viadotto Cerrano	NJ	356+000	SPARTITRAFFICO e DX	Dir. NORD
					SPARTITRAFFICO e DX	Dir. SUD

Tabella 1 – descrizione sintetica intervento

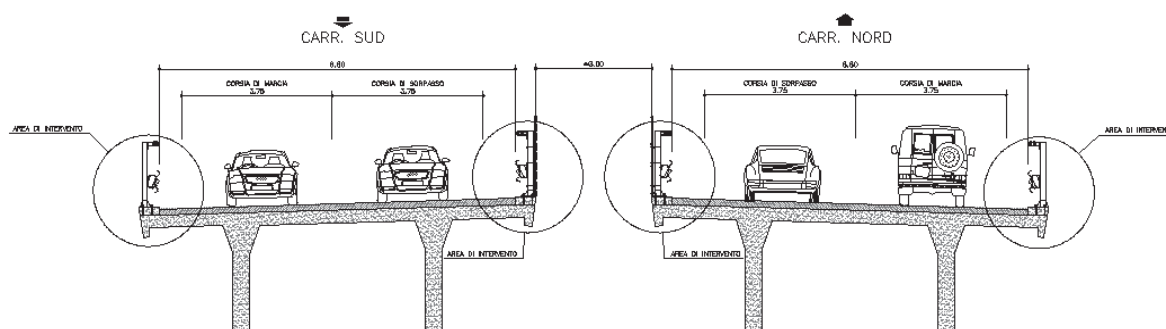


Figura 1 - sezione caratteristica viadotto Cerrano con individuazione delle aree d'intervento

Nei tratti oggetto d'intervento la carreggiata ospita due corsie di scorrimento (marcia e sorpasso) senza corsia di emergenza. L'impianto attuale di barriere di sicurezza è descritto nella tavola STD001 cui si rimanda per i dettagli.

### 3 SCELTA DEI DISPOSITIVI DI RITENUTA

La definizione delle classi minime delle barriere da adottare in progetto è stata operata, secondo quanto previsto dal D.M. 21.6.2004, in funzione della classe funzionale a cui appartiene la strada e della classe di traffico che la impegna. Il caso in esame riguarda il progetto delle barriere di sicurezza per un'autostrada extraurbana - classe A secondo il D.Lgs. n.285 del 30 Aprile 1992 "Nuovo Codice della Strada". Nel tratto in esame risultano condizioni di traffico di tipo III. Infatti, come mostrato in Tabella 2, i valori di TGM bidirezionali sono maggiori di 1000 veicoli/giorno e la percentuale di veicoli pesanti è superiore al 15% indicato nella norma.

Viadotto	Autos	Carr	Tratta	TGM (tot)	TGM (vp)	%vp	Classe DM 2004
Cerrano	A/14 Bologna-Taranto	N/S	Atri Pineto – Pescara Nord	33'953	8'349	25%	III

Tabella 2 – dati di traffico (anno 2014 valori TGM medio sulle due carreggiate, fonte ASPI)

In base ai dati di traffico di tabella 2, le classi minime di contenimento per le barriere, sono:

Tipo di strada	Tipo di traffico	Barriere spartitraffico	Barriere bordo laterale	Barriere bordo ponte (1)
Autostrade	III	H3-H4	H2-H3	H3-H4
<ul style="list-style-type: none"> <li>per ponti e viadotti si intendono opere di luce superiore a 10 m; opere di luce minore sono equiparate al bordo laterale analogamente al caso di muri di sostegno</li> </ul>				

Tabella 3 – classi minime di contenimento da D.M. 21.6.2004

Considerato che, sono presenti infrastrutture nelle aree sottostanti l'opera, si è previsto in progetto, per il bordo ponte, l'adozione di barriere in classe H4.

Per le "ali funzionali", da installare nei tratti in approccio e uscita, prima e dopo l'opera, si sono previste barriere da rilevato in classe H3, in relazione alla classe minima prescritta per le condizioni di traffico della tratta.

Si fa presente che il concetto di "ala funzionale" deve essere inteso in relazione alla seguente prescrizione della "norma" (DM 2367/2004): *"la protezione dovrà estendersi opportunamente oltre lo sviluppo longitudinale strettamente corrispondente all'opera sino a raggiungere punti (prima e dopo l'opera) per i quali possa essere ragionevolmente ritenuto che il comportamento delle barriere in opera sia paragonabile a quello delle barriere sottoposte a prova d'urto e comunque fino a dove cessi la sussistenza delle condizioni che richiedono la protezione"*.

In relazione alle modalità di esecuzione delle prove d'urto sulle barriere (punto di impatto situato ad 1/3 della lunghezza di funzionamento  $L_f$ ) ed in relazione a quanto precisato nella circolare n. 0062032 del 21/07/2010 (*"Il progettista può stabilire lo sviluppo di barriera da porre a monte dell'ostacolo, tenendo conto delle modalità con cui sono state effettuate le prove sulla barriera per l'omologazione e della morfologia della strada"*) la lunghezza minima dell' "ala funzionale" è stata stabilita in 31,5 mt ( $1/3L_f$  – vedi tabella 3).

Si fa presente che il concetto di "ala funzionale" deve essere inteso sia con riferimento specifico al caso delle opere d'arte che più in generale delle porzioni di dispositivo da prevedere a monte e a valle di un ostacolo da proteggere o, più in generale, di tratto da proteggere al fine di dare efficacia alla protezione. In caso di concomitanza di più condizioni la lunghezza di  $1/3 L_f$ , sia in ingresso che in uscita, è da intendersi riferita all'elemento da proteggere più esterno rispetto all'impianto di progetto.

I dispositivi di ritenuta da impiegare in opera dovranno essere tutti dotati di marcatura CE ai sensi del D.M. 28.06.2011 e della norma UNI EN 1317-5. Negli elaborati di progetto e nella presente relazione tecnica sono indicati i requisiti prestazionali delle diverse barriere utilizzabili in progetto.

Ai fini dello sviluppo del presente progetto è stato previsto il ricorso ad un set specifico di “barriere di riferimento”, come indicato in Tabella 4, dove sono sintetizzate le caratteristiche principali di ognuna di esse.

Ai fini dello sviluppo del presente progetto è stato previsto il ricorso ad un set specifico di “barriere di riferimento”, come indicato in Tabella 4 dove sono sintetizzate le caratteristiche principali di ognuna di esse.

Classe	Tipo	Materiale	Marca	Nome	$L_f$ [m]	ASI	$W_{b1}$ [m]	$W_{b2}$ [m]	$L_b$ [m]
H3	Bordo laterale	metallica	Autostrade	BROH3BL6	94.5	1.1	0.5	1.9	0.47
H4	Bordo ponte	metallica	Autostrade	BROH4BP8	90	1.2	0.5	1.7	0.50

Tabella 4: barriere da “bordo ponte” e da “bordo laterale” adottate in progetto (“di riferimento”)

dove:

- $L_f$  Lunghezza di funzionamento
- ASI Indice di severità
- $W_{b1}$  larghezza operativa impatto veicolo leggero
- $W_{b2}$  larghezza operativa impatto veicolo pesante
- $L_b$  Larghezza dispositivo

Sarà facoltà dell'Appaltatore avvalersi di dispositivi equivalenti alternativi a quelli previsti nel progetto. Tali dispositivi equivalenti dovranno rispondere ai requisiti prestazionali indicati nel Capitolato Speciale di Appalto Parte II.

In tale ipotesi l'Appaltatore dovrà inoltre provvedere, con riferimento ai dispositivi che intende installare, a redigere un nuovo progetto che dovrà contenere (quanto meno) le verifiche e le valutazioni eseguite nel presente progetto con riferimento ai citati dispositivi e a rendere disponibili i progetti costruttivi delle transizioni tra i dispositivi proposti e tra questi ultimi e le altre barriere previste in progetto o esistenti, nonché degli elementi terminali e di avvio delle barriere equivalenti proposte.

#### 4 DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO PROGETTATO

Sulla base delle precedenti considerazioni e sulla descrizione dell'impianto attuale (vedi cap.2) l'intervento progettato (vedi **STD 002**) prevede:

- 1) la sostituzione delle attuali barriere, poste in corrispondenza del margine destro e dello spartitraffico dell'opera d'arte, con nuove barriere da bordo ponte in classe H4;
- 2) la sostituzione delle attuali barriere, situate sul margine esterno e sul margine interno della carreggiata nei tratti in approccio e in uscita dal viadotto, con barriera da rilevato in classe H3 che agisce in qualità di "ala funzionale", in modo da garantire l'efficacia della barriera bordo ponte (punto 1) anche nei tratti iniziali e terminali.

Per tutti i diversi tratti di barriera di nuovo impianto, così come sopra descritti e rappresentati (vedi All. **STD 002**), è stato previsto il mutuo collegamento strutturale attraverso idonee "transizioni"; analoghi dispositivi sono stati previsti per il collegamento tra le barriere di nuovo impianto e le barriere esistenti, situate al di fuori dei limiti di intervento.

## 5 ARTICOLAZIONE DEL PROGETTO

Per lo sviluppo del progetto sono state effettuate le attività preliminari relative alla definizione dello stato di fatto al fine di pervenire ad un quadro completo ed esaustivo delle diverse situazioni e problematiche relative all'ambito d'intervento. Lo stato di fatto è stato ricostruito a partire dai disegni costruttivi (as built delle opere interessate) e a seguito di sopralluoghi e indagini in situ.

Per quanto attiene alle modalità di determinazione delle caratteristiche delle opere in calcestruzzo di supporto delle barriere di sicurezza si rimanda agli specifici elaborati facenti parte del presente progetto.

Nello sviluppo del progetto delle barriere sono state svolte le seguenti attività:

- definizione della classe minima delle barriere di sicurezza per i diversi elementi infrastrutturali presenti in progetto;
- definizione delle modalità d'installazione dei diversi tipi di barriera previsti, in funzione delle caratteristiche costruttive dei bordi stradali.

Nella redazione del progetto esecutivo, all'interno degli elaborati codificati STD e BAS, i singoli interventi sono identificati con un codice alfanumerico, che rinvia ai singoli tipologici di intervento.

Negli elaborati strutturali si è poi provveduto a definire e a dettagliare l'effettiva modalità di intervento sui supporti esistenti (cordoli di opere d'arte, muri di sostegno) in relazione alle specifiche caratteristiche delle opere interessate e a definire i nuovi supporti (cordoli gettati in rilevato).

## 6 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

- A1. Direttiva del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti 3065 del 25.08.2004.  
*“Direttiva sui criteri di progettazione, installazione, verifica e manutenzione dei dispositivi di ritenuta nelle costruzioni stradali”.*
- A2. D.M. 21 giugno 2004 (G.U. n. 182 del 05.08.04).  
*“Aggiornamento alle istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza e le prescrizioni tecniche per le prove delle barriere di sicurezza stradale”.*
- A3. D.M. 18 febbraio 1992, n. 223. (G.U. n. 63 del 16.03.92).  
*Regolamento recante istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza.*
- A4. D. Lg.vo n. 285/92 e s.m.i..  
*Nuovo codice della Strada.*
- A5. D.P.R. n. 495/92 e s.m.i..  
*Regolamento di esecuzione e di attuazione del Nuovo Codice della Strada.*
- A6. D.M. 5 novembre 2001, n. 6792.  
*Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade.*
- A7. Circolare Ministero dei Trasporti del 15.11.2007 *“Scadenza della validità delle omologazioni delle barriere di sicurezza rilasciate ai sensi delle norme antecedenti il D.M. 21.06.2004”.*
- A8. Circolare Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 21.07.2010 *“Uniforme applicazione delle norme in materia di progettazione, omologazione e impiego dei dispositivi di ritenuta nelle costruzioni stradali”.*
- A9. Norme UNI EN 1317 *“Barriere di sicurezza stradali”*:  
-UNI EN 1317-1:2010: *“Sistemi di ritenuta stradali - Parte 1: Terminologia e criteri generali per i metodi di prova”*;  
-UNI EN 1317-2:2010: *“Sistemi di ritenuta stradali - Parte 2: Classi di prestazione, criteri di accettazione delle prove d'urto e metodi di prova per le barriere di sicurezza inclusi i parapetti veicolari”*;  
-UNI EN 1317-3:2010: *“Sistemi di ritenuta stradali - Parte 3: Classi di prestazione, criteri di accettabilità basati sulla prova di impatto e metodi di prova per attenuatori d'urto”*;  
-UNI ENV 1317-4:2003 *“Barriere di sicurezza stradali - Classi di prestazione, criteri di accettazione per la prova d'urto e metodi di prova per terminali e transizioni delle barriere di sicurezza”*;  
-UNI EN 1317-5:2012 *“Sistemi di ritenuta stradali - Parte 5: Requisiti di prodotto e valutazione di conformità per sistemi di trattenimento veicoli”.*
- A10. DM 28.06.2011 (G.U. n. 233 del 06.10.2011)  
*“Disposizioni sull'uso e l'installazione dei dispositivi di ritenuta stradale”.*



## 7 CRITERI DI PROTEZIONE OPERE D'ARTE

Per quanto riguarda le opere d'arte (incluso nel novero anche i muri di sostegno posti a lato della carreggiata autostradale) nel progettare l'installazione sono stati adottati i seguenti criteri:

- A. Se la lunghezza del CORDOLO dell'opera è  $\geq L_f$  (lunghezza di funzionamento) l'installazione della barriera bordo ponte è stata completata ai lati con due "ali" ( $L=1/3 L_f$ ) al fine di garantire l'efficacia della protezione alle estremità dei tratti in bordo ponte.

Per realizzare le due "ali" sono state utilizzate barriere da bordo rilevato (dispositivo secondario) formando, in tale caso, con la barriera da bordo ponte (dispositivo principale), un dispositivo misto.

- B. Se la lunghezza del CORDOLO dell'opera è  $< L_f$  è stata prevista l'installazione, in prosecuzione della barriera bordo ponte (dispositivo principale), di una barriera da bordo rilevato (dispositivo secondario), fino al raggiungimento di una lunghezza complessiva pari a  $L_f$ , costituendo un dispositivo misto; è previsto che il dispositivo secondario sia posizionato prima e dopo la barriera bordo ponte.

Il dispositivo secondario avrà in questo caso anche la funzione di "ala" e pertanto non potrà avere, per ciascuno dei due tratti a monte ed a valle della barriera bordo ponte, una lunghezza inferiore a  $1/3 L_f$ , sia in ingresso che in uscita.

Nel caso in cui l'estensione del dispositivo secondario, necessaria a raggiungere  $L_f$ , sia superiore a  $2/3 L_f$  (somma dell'ala in ingresso e dell'ala in uscita) la lunghezza aggiuntiva è stata allocata sul lato in ingresso.

Si fa presente che il concetto di "ala funzionale" deve essere inteso sia con riferimento specifico al caso delle opere d'arte come opportuna *"estensione oltre lo sviluppo longitudinale strettamente corrispondente all'opera sino a raggiungere punti (prima e dopo l'opera) per i quali possa essere ragionevolmente ritenuto che il comportamento delle barriere in opera sia paragonabile a quello delle barriere sottoposte a prova d'urto"*, che più in generale delle porzioni di dispositivo da prevedere a monte e a valle di un ostacolo da proteggere o, più in generale, di tratto da proteggere al fine di dare efficacia alla protezione. In caso di concomitanza di più condizioni la lunghezza di  $1/3 L_f$ , sia in ingresso che in uscita, è da intendersi riferita all'elemento da proteggere più esterno rispetto all'impianto di progetto.

## 8 DISPOSITIVI DI RITENUTA COMPLEMENTARI

Oggetto del presente paragrafo sono gli altri dispositivi di ritenuta, diversi dalle barriere di sicurezza previsti dalla normativa, eventualmente utilizzati: attenuatori d'urto, transizioni, terminali speciali e semplici (elementi iniziali e finali di una barriera di sicurezza).

Si rappresenta che ad oggi solo per gli attenuatori d'urto risulta l'obbligatorietà del marchio CE, mentre per transizioni e terminali speciali non è possibile la marcatura CE, considerato che la ENV 1317-4, che ne stabilisce i requisiti per la valutazione di conformità, è norma sperimentale; i terminali semplici sono definiti dal progettista della barriera.

Per i terminali semplici di inizio e fine impianto si farà riferimento alla documentazione di accompagnamento dei dispositivi (manuali di installazione e disegni tecnici allegati ai certificati di crash test).

Le transizioni dovranno essere realizzate in accordo ai disegni tipologici allegati al presente progetto, eventuali modifiche dovranno essere sottoposte all'approvazione della Committente; sarà onere dell'Appaltatore produrre e sottoporre all'approvazione della Committente i disegni costruttivi.

I collegamenti sia tra le barriere "riferimento", sia tra queste ed i dispositivi esistenti in corrispondenza dei limiti di intervento, sono stati studiati in modo da essere strutturalmente continui.

Nel caso di ricorso a dispositivi equivalenti sarà onere dell'Appaltatore presentare i progetti costruttivi delle transizioni tra i dispositivi proposti e tra questi ultimi e le altre barriere previste in progetto o esistenti nonché degli elementi terminali e di avvio delle barriere equivalenti proposte.

Relativamente ai collegamenti con i dispositivi esistenti sarà in ogni caso onere dell'Appaltatore provvedere al rilievo delle barriere e alla predisposizione dei disegni costruttivi delle transizioni e dei pezzi speciali. Le soluzioni tecniche dovranno comunque attenersi al rispetto delle regole di progettazione riportate nei seguenti paragrafi.

### 8.1 Transizioni

Le transizioni (standard) tra barriere di diverso tipo e classe dovranno essere ottenute utilizzando i raccordi ed i pezzi speciali di giunzione previsti dal costruttore, curando che non rimangano in alcun caso discontinuità tra gli elementi longitudinali che compongono le barriere.

I raccordi tra elementi longitudinali posti ad altezze e posizioni in pianta differenti dovranno essere risolti mediante elementi inclinati verticalmente e orizzontalmente, con angolo d'inclinazione,

rispetto all'allineamento degli elementi adiacenti tale da garantire il trasferimento degli sforzi orizzontali.

L'interruzione di elementi longitudinali secondari nelle zone di transizione dovrà avvenire mediante l'installazione dei terminali previsti dal costruttore, utilizzando accorgimenti volti a scongiurare la possibilità di un urto diretto contro la parte terminale dell'elemento, ad esempio prevedendo di arretrare l'elemento stesso rispetto all'allineamento degli elementi longitudinali continui principali, prima della sua interruzione, di inclinarlo fino a terra o andando a collocarlo dietro agli elementi longitudinali correnti.

Nel caso di sistema misto la transizione sarà considerata strutturalmente continua laddove il sistema realizzato dall'affiancamento dei due dispositivi (bordo opera e bordo laterale) preveda la continuità degli elementi longitudinali resistenti<sup>1</sup>.

## **9 RETI DI PROTEZIONE**

Con la sola finalità di evitare la caduta di materiale nello spazio sottostante, sull'opera d'arte (ove comunque una protezione con rete è già esistente) si è previsto l'impiego di reti di protezione tergo dei dispositivi di ritenuta.

## **10 ADATTAMENTO DISPOSITIVI ALLA SEDE STRADALE**

L'art. 6 del DM 21.06.04 prescrive di adattare il supporto dei dispositivi di ritenuta alle caratteristiche della sede stradale ove questi sono installati.

Per l'installazione delle barriere da bordo laterale con paletti infissi su scarpate esistenti e arginelli di dimensioni ridotte (0,50 m) si è prevista una profondità d'infissione superiore a quella riportata nei certificati di crash test e pari a 1,30 m (+0,30 m) per l'H3. Si rimanda all'appendice 1 per una descrizione della modalità con cui si è valutata la profondità d'infissione necessaria ad assicurare il corretto funzionamento della barriera nel caso di arginello di larghezza 50 cm.

---

<sup>1</sup> Si considerano elementi longitudinali resistenti la lama principale a tripla onda, l'eventuale lama secondaria sottostante o soprastante la lama principale, ed i profilati aventi funzione strutturale. La continuità degli elementi longitudinali delle 2 barriere può essere garantita anche se questi sono installati ad altezze diverse. In questo caso dovranno essere utilizzati elementi di raccordo inclinati con un angolo tale da garantire il trasferimento degli sforzi orizzontali. Non sono considerati elementi strutturali i correnti inferiori pararuota.

Per questioni di ottimizzazione delle forniture e per favorire la semplicità di montaggio, in relazione anche al fatto che queste tipologie di impianto hanno sviluppi limitati negli interventi in oggetto, si è previsto ovunque l'impiego dei dispositivi con montanti di lunghezza maggiorata.

L'infissione maggiorata dei paletti è da considerarsi una modifica di prodotto ai sensi dell'Allegato ZA della UNI EN 1317-5. Il dispositivo di sicurezza adottato discende pertanto da un prodotto esistente dotato di marcatura CE per il quale un ente certificatore regolarmente accreditato ha rilasciato l'estensione del marchio CE anche per la modifica introdotta (pali di lunghezza maggiorata).

Per quanto attiene alla stabilità trasversale del veicolo impattante nelle condizioni di scarpate esistenti, si è fatto riferimento a quanto previsto in merito dal DM 21.06.2004 e ribadito dalla Circolare Ministero Infrastrutture e Trasporti 21.07.2010 "Uniforme applicazione delle norme in materia di progettazione, omologazione ed impiego dei dispositivi di ritenuta nelle costruzioni stradali":

*“Ferre restando le prescrizioni normative esistenti in merito alla larghezza minima degli elementi marginali, ove vigenti, tale verifica, tanto per le strade nuove che per quelle esistenti, potrà essere svolta con i criteri analitici che si riterranno al riguardo più opportuni, valutando la congruenza tra le prestazioni offerte dalla barriera e le caratteristiche del supporto in sede progettuale. **Nel caso di strade esistenti, questi criteri potranno anche contemplare il calcolo dello spazio di lavoro con riferimento all'incidente abituale**”.*

Di conseguenza, si è verificato che per lo specifico prodotto (BROH3BL6 di Autostrade S.p.A), un supporto suborizzontale di larghezza 50 cm è compatibile con la deformazione associata all'urto più probabile<sup>2</sup> (vettura di classe C). Infatti, i valori di deflessione dinamica relativi risultano significativamente inferiori (  $D_{din}=0,070$  m per quella di classe H3).

Valutazioni analoghe dovranno essere fatte anche in caso di adozione di dispositivi equivalenti.

Nel caso di infissione della barriera in pavimentazione o in strutture sottili in calcestruzzo si è prevista la realizzazione preliminare di un carotaggio, l'asportazione del materiale all'interno del foro, il successivo riempimento con materiale arido e la sigillatura superficiale tramite betoncino reoplastico.

---

<sup>2</sup> Autostrade per l'Italia – RESIT s.r.l – Mecalog Italia – Spea “Studio per l'individuazione dello “Spazio di Lavoro Probabile” delle barriere di sicurezza progettate ed omologate o in attesa di omologazione da parte di Autostrade”

Per quanto attiene alle barriere bordo ponte si è provveduto a verificare/adattare i supporti esistenti (cordoli di opere d'arte, muri di sostegno) e a realizzare i nuovi supporti (cordoli gettati in rilevato) affinché questi consentano l'installazione dei dispositivi con il sistema di ancoraggio utilizzato nella configurazione di crash test.

Per le barriere tipo bordo ponte metalliche BROH4BP8 si è ritenuto idoneo un supporto di larghezza minima pari a 0,50 cm in relazione al comportamento dinamico della barriera in occasione della prova di crash con mezzo pesante.

Dai certificati di crash test si evince infatti che, durante la fase d'urto, tutti i montanti sono rimasti attaccati al cordolo e che il mezzo pesante non ha superato con le ruote la piastra di collegamento tra i montanti ed il cordolo; da ciò si può trarre la conclusione che, dal punto di vista funzionale, le barriere possono essere poste in opera anche senza l'extra-larghezza del cordolo, a tergo delle piastre di ancoraggio, presente nella configurazione di crash test.

Per le verifiche e gli adattamenti strutturali dei supporti esistenti e per la progettazione dei nuovi supporti si rimanda agli specifici elaborati facente parte del presente progetto.

In caso di adozione di dispositivi equivalenti sarà onere dell'Appaltatore far verificare ad un progettista abilitato l'effettiva compatibilità del sistema di ancoraggio delle barriere di sicurezza bordo ponte che si prevede di impiegare con le caratteristiche geometriche e strutturali dei supporti.

Nel caso di interventi previsti su opera d'arte, in presenza di interferenze locali quali giunti di dilatazione, caditoie per lo smaltimento dell'acqua piovana, piuttosto che rinunciare alla posa di qualche montante, come pure consentito dalla normativa vigente, si prescrive la realizzazione di piastre modificate (da definire caso per caso e da sottoporre all'approvazione della DL), allargate lateralmente e dotate di maggior numero di fori per lato, in modo da avere un'alternativa al posizionamento dei tirafondi. In relazione a tali situazioni si cercherà, comunque, di ancorare la piastra con almeno tre tirafondi; laddove, nonostante questi accorgimenti (piastre modificate), non fosse possibile gestire una situazione di interferenza particolarmente complessa, sarà al più consentito rinunciare ad un tirafondo. In tal modo, si riuscirà a mantenere la continuità strutturale tra lama a tripla onda, tubi diagonali e tubo corrimano senza rinunciare ad alcun paletto.

Sarà comunque onere dell'Appaltatore procedere con il tracciamento dei punti di posa dei montanti delle barriere su opera d'arte prima dell'inizio delle attività di riqualifica in modo da minimizzare l'adozione delle suddette piastre modificate e poterne definire chiaramente quantità, ricorrenze e geometria.

## APPENDICI

## **APPENDICE 1: CALCOLO DELLA PROFONDITÀ DI INFISSIONE DEI PALETTI DELLE BARRIERE BORDO LATERALE PER ARGINELLO ESISTENTE DI LARGHEZZA MINIMA 0,5M**

### **Premessa**

La presente appendice illustra i calcoli effettuati per la verifica delle modalità di installazione delle barriere di sicurezza da bordo laterale a paletti infissi su arginello esistente da 0,50 m.

La verifica delle modalità di installazione delle barriere da bordo laterale si è resa necessaria , ai sensi dell'art. 5 del D.M. 21.06.2004, per:

- adeguare le modalità di ancoraggio delle barriere (paletti infissi) alla natura del terreno di supporto, costituente gli arginelli presenti nei tratti del rilevato delle tratte in esame;
- valutare la coerenza tra la deformabilità delle barriere in caso di un urto avente le caratteristiche di progetto (dipendente dalla classe minima di contenimento prescritta dalla normativa) alle caratteristiche dimensionali degli arginelli presenti lungo la tratta in esame.

Le verifiche oggetto della presente relazione hanno assunto, quale punto di partenza, la classe minima di contenimento delle barriere prevista dal D.M.21.06.2004 per i bordi laterali delle autostrade e delle rampe di svincolo in condizioni di traffico di tipo III ovvero la classe H2.

Le verifiche sono state effettuate con riferimento alle caratteristiche costruttive e prestazionali delle barriere riportate nel paragrafo seguente "Caratteristiche delle barriere di riferimento.

Qualora, al momento dell'effettiva realizzazione delle opere, l'impresa Appaltatrice intendesse utilizzare barriere differenti aventi requisiti prestazionali e dimensionali non rientranti nel campo assunto a riferimento per le presenti verifiche, sarà sua cura ed onere dimostrare l'idoneità del prodotto in fornitura, aggiornando il presente rapporto alla luce delle specifiche caratteristiche del prodotto che intende utilizzare.

### **Articolazione delle verifiche**

Per lo sviluppo delle verifiche sono state condotte le seguenti attività preliminari:

- acquisizione delle caratteristiche geometriche dei rilevati (larghezza arginello e pendenza delle scarpate) nella tratta in esame;
- definizione della classe minima di contenimento necessaria lungo i tratti in esame in relazione alle prescrizioni normative (classe H2).

Sulla base dei risultati delle attività preliminari sopraelencate, sono state effettuate le seguenti attività di verifica :

- individuazione (come riferimento per le verifiche) delle caratteristiche dimensionali e prestazionali delle barriere di classe H2 e H3 (classi previste in progetto) che si prevede di installare.
- definizione delle modalità di installazione delle barriere da bordo laterale mediante calcolo della lunghezza minima di infissione dei paletti necessaria in relazione alla natura dei terreni di appoggio.

### **Documenti di riferimento**

Stessi documenti del paragrafo 4 cui si rimanda.

### **Elenco dei simboli e delle abbreviazioni utilizzati nel testo**

$\gamma$  = Peso di Volume

$\phi$  = Coefficiente di attrito del terreno

c = Coesione del terreno

### **I dati di input per il dimensionamento**

#### *Caratteristiche geotecniche dei terreni costituenti gli arginelli*

Per la caratterizzazione di natura geotecnica dei margini dei rilevati sono stati considerati i seguenti parametri a favore di sicurezza:

$\gamma$  = 1900 kg/mc;

$\phi$  = 33.7° (pari all'angolo di naturale declivio della scarpata considerate, esclusivamente per tale parametro e a favore di sicurezza, con pendenze pari a 2/3);

c = 0.

Profondità massima della coltre vegetale che ricopre gli arginelli: 10cm;

#### *Caratteristiche delle barriere di riferimento*

Per la definizione delle caratteristiche delle barriere da adottare utili per le verifiche di installazione lungo il bordo laterale sono state esaminate le caratteristiche salienti delle seguenti tipologie di barriere che si prevede di installare.



Barriera da bordo laterale di classe H3, denominata "BROH3BL6" di Autostrade S.p.A, con le seguenti caratteristiche prestazionali:

- a. distanza tra il fronte delle lame ed il retro del montante 44 cm;
- b. larghezza del montante (dimensione longitudinale alla strada) pari a 12 cm;
- c. infissione del montante 100 cm;
- d. baricentro della lama principale-altezza dal piano viario: 65 cm;
- e. baricentro del corrente superiore-altezza dal piano viario: 146 cm;
- f. deformazione dinamica durante la prova di crash test per l'omologazione con mezzo pesante:  $D_{din}=180$  cm.

Barriera da bordo laterale di classe H2, denominata "BROH2-21" di Autostrade S.p.A, con le seguenti caratteristiche prestazionali:

- a. distanza tra il fronte delle lame ed il retro del montante 40 cm;
- b. larghezza del montante (dimensione longitudinale alla strada) pari a 8 cm;
- c. infissione del montante 95 cm;
- d. baricentro della lama principale-altezza dal piano viario: 75 cm;
- e. deformazione dinamica durante la prova di crash test per l'omologazione con mezzo pesante:  $D_{din}=180$  cm.

### **Verifica delle modalità di installazione delle barriere bordo laterale**

Le prove di crash test di barriere da bordo laterale sono generalmente eseguite su terreni pianeggianti (con estensione dietro la barriera che, rispetto alle dimensioni della stessa, può essere considerata indefinita) infisse in terreni generalmente con le seguenti caratteristiche:

$$\gamma = 1900 \text{ kg/mc};$$

$$\phi = 35^\circ;$$

$$c = 0.$$

Tali condizioni non sono presenti nel caso in esame in quanto sono presenti larghezze dell'arginello finite e pari a 50 cm e sono stati ipotizzati a favore di sicurezza terreni del rilevato

con angolo d'attrito pari all'angolo di naturale declivio ( $\phi = 33,7^\circ$ ) e con contributo nullo della coesione.

Appare quindi evidente la necessità, già richiamata dall'art. 5 del D.M. 21.06.2004, di verificare e eventualmente adattare il supporto dei dispositivi alla sede stradale dove questi dovranno essere installati.

Il seguente capitolo della relazione illustra i criteri adottati per adattare detti supporti alle diverse configurazioni dell'arginello in sito.

### **Criteri adottati nella verifica delle modalità di installazione delle barriere**

Lo studio per definire le modalità di installazione nelle diverse condizioni ha riguardato due aspetti distinti:

- una verifica di natura geotecnica mirata a definire la profondità di infissione necessaria affinché il terreno risultasse in grado di offrire una resistenza almeno pari a quella delle condizioni di riferimento;
- una verifica di natura geometrica-analitica per valutare la stabilità trasversale del veicolo impattante che, a seguito dell'urto, si può trovare a percorrere la scarpata del rilevato per effetto della presenza di un arginello di dimensioni ridotte.

La verifica geotecnica è stata condotta schematizzando il terreno con il modello di Broms per valutare il momento resistente massimo offerto dal terreno. Ai fini della resistenza meccanica del terreno sono state considerate come "equivalenti" due configurazioni alle quali possa essere associato un pari momento resistente.

Il modello di Broms risulta applicabile, nella sua formulazione originaria, al caso di terreno indefinito (Figura 1). L'applicazione del modello ad un terreno con una configurazione diversa richiede la schematizzazione dei cunei di spinta passiva in uno spazio tridimensionale, come illustrato in Figura 2.

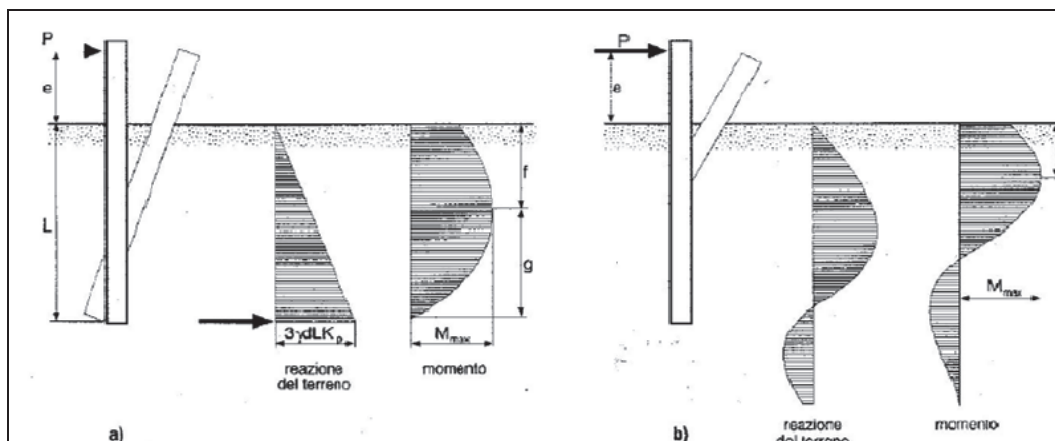


Figura 1: schematizzazione dell'azione del terreno su un palo infisso secondo Broms

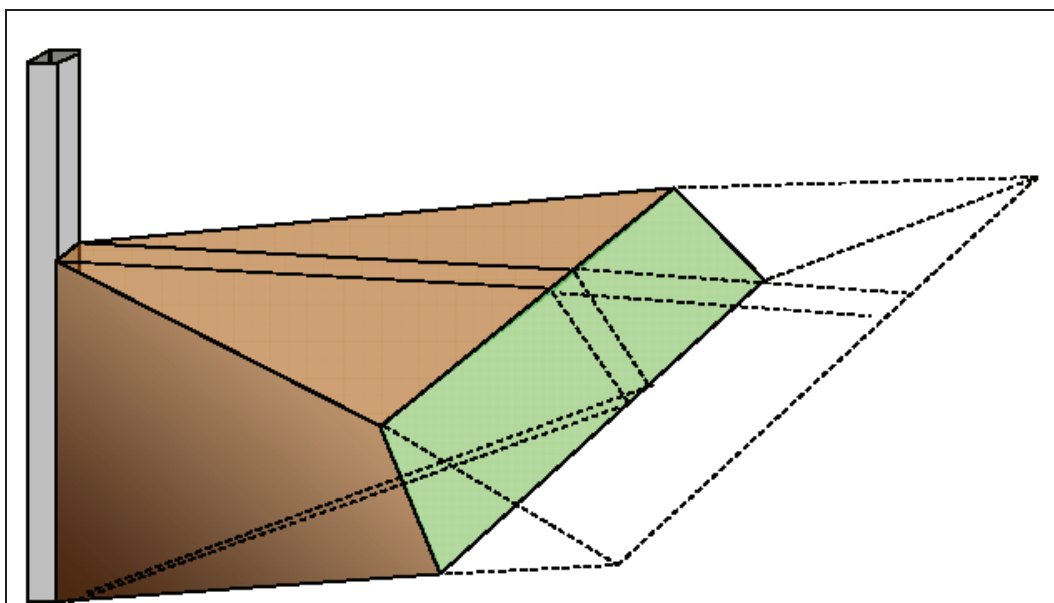


Figura 2: estensione del modello di Broms al caso di terreno con scarpata

Al diminuire della larghezza dell'arginello o all'aumentare della pendenza della scarpata (per le verifiche geotecniche, a favore di sicurezza, sono state considerate pendenze delle scarpate pari a 1/1) il cuneo di spinta passiva si riduce ed è necessario aumentare la profondità di infissione del montante per garantire lo stesso momento resistente.

In progetto sono state considerate le caratteristiche dell'arginello esistente (inteso come distanza tra il fronte della barriera ed il vertice della scarpata) di larghezza pari a 50cm e con scarpata 1/1.

Per quanto concerne il terreno in cui vengono infissi i montanti durante le prove di crash si è fatto riferimento ad un terreno incoerente avente angolo di resistenza a taglio di 35°.

Il modello adottato per le verifiche geotecniche prescinde da considerazioni sulla stabilità trasversale del veicolo impattante che, a seguito dell'urto, si può trovare a percorrere la scarpata del rilevato per effetto della presenza di un arginello di dimensioni ridotte. La posizione del mezzo durante l'urto dipende, oltre che dalla configurazione della scarpata, anche dalla deformazione trasversale dinamica della barriera (la massima registrata durante la prova di crash, per la classe di contenimento richiesta) e dalle caratteristiche geometriche del mezzo impattante.

Alla luce di ciò per tali verifiche di tipo geometrico-analitico si è fatto riferimento a quanto previsto in merito dal DM 21.06.2004 e ribadito dalla Circolare Ministero Infrastrutture e Trasporti 21.07.2010 "Uniforme applicazione delle norme in materia di progettazione, omologazione ed impiego dei dispositivi di ritenuta nelle costruzioni stradali":

*“Fermo restando le prescrizioni normative esistenti in merito alla larghezza minima degli elementi marginali, ove vigenti, tale verifica, tanto per le strade nuove che per quelle esistenti, potrà essere svolta con i criteri analitici che si riterranno al riguardo più opportuni, valutando la congruenza tra le prestazioni offerte dalla barriera e le caratteristiche del supporto in sede progettuale. **Nel caso di strade esistenti, questi criteri potranno anche contemplare il calcolo dello spazio di lavoro con riferimento all'incidente abituale**”.*

Di conseguenza, si è verificato che per i due specifici prodotti (BROH2-21 e BROH3BL6 di Autostrade S.p.A), un supporto suborizzontale di larghezza 50 cm è compatibile con la deformazione associata all'urto più probabile<sup>3</sup> (vettura di classe C). Infatti, i valori di deflessione dinamica relativi risultano significativamente inferiori (rispettivamente  $D_{din}=0,140$  m per la barriera di classe H2 e  $D_{din}=0,070$  m per quella di classe H3) e di conseguenza il supporto si reputa idoneo anche per urti di energia superiore all'urto più probabile preso a riferimento.

## **Risultati delle verifiche e conclusioni**

Dalle verifiche di tipo geotecnico è risultato che è opportuno installare le barriere a paletti infissi con una profondità d'infissione superiore a quella riportata nei certificati di crash test e pari a 1,45 m (+ 0,50 m) per l'H2 e a 1,30 m (+0,30 m) per l'H3.

---

<sup>3</sup> Autostrade per l'Italia – RESIT s.r.l – Mecalog Italia – Spea “Studio per l'individuazione dello “Spazio di Lavoro Probabile” delle barriere di sicurezza progettate ed omologate o in attesa di omologazione da parte di Autostrade”

Relativamente alle verifiche di stabilità del veicolo si è riscontrato che per i due specifici prodotti, un supporto suborizzontale di larghezza 50 cm è compatibile con la deformazione associata all'urto più probabile (vettura di classe C).

## APPENDICE 2: DIMENSIONAMENTO PRELIMINARE DEL SISTEMA DI ANCORAGGIO DEI TERMINALI DELLE BARRIERE DI SICUREZZA IN CORRISPONDENZA DEI MURI DI CONTRORIPA

### Premessa

La presente nota tecnica descrive la metodologia di dimensionamento del sistema di ancoraggio degli elementi terminali di una barriera metallica ad un elemento infinitamente rigido (paramento murario di tamponamento, opera di sostegno, ecc.).

Le configurazioni analizzate riguardano due casistiche: la prima in cui l'installazione della barriera è destinata alla protezione di un ostacolo laterale a monte del collegamento (di seguito indicata come "Configurazione 1"); la seconda in cui l'installazione della barriera è dedicata alla protezione di un ostacolo laterale a valle del collegamento (di seguito indicata come "Configurazione 2").

Il dimensionamento del numero dei tirafondi destinati all'ancoraggio del sistema metallico con quello rigido è stato eseguito seguendo un approccio di tipo analitico, basato sui principi classici della teoria delle strutture (di seguito indicato come "metodo plastico").

Per semplicità le azioni d'urto trasmesse al sistema di ritenuta sono state considerate statiche, trascurando quindi l'impulsività dell'evento incidentale e ciò che sarebbe connesso con questo tipo di trattazione; l'approssimazione, per altro a favore di sicurezza considerato che la resistenza di un materiale ad una sollecitazione impulsiva è solitamente maggiore di quella offerta per la stessa azione prolungata nel tempo, ha consentito di utilizzare i concetti propri delle strutture civili ed i relativi riferimenti normativi (Norme Tecniche delle Costruzioni del 2008 di seguito indicate come NTC08).

Si osserva che un dimensionamento preliminare può essere ottenuto considerando l'azione sollecitante prevista dall'appendice B della UNI EN1317-1:2000. Tale approccio sarà di seguito indicato come "Metodo Energetico", e con " $F_{D,eng}$ " l'azione equivalente.

## Caratteristiche meccaniche di progetto della barriera metallica

Viste le configurazioni di progetto, è stata considerata una barriera metallica costituita da montanti e da nastri longitudinali tripla onda. I profilati suddetti rientrano ragionevolmente nel caso di elementi con spessore inferiore a 40 mm e acciaio S275, in linea con quanto indicato nella tabella 11.3.IX delle NTC08 (laminati a caldo con sezione aperta). I parametri caratteristici della barriera di sicurezza utili al dimensionamento di cui ai prossimi paragrafi sono i seguenti:

- $f_{yk}$  resistenza caratteristica allo snervamento dell'acciaio di progetto
- $W_{Plx}$  modulo massimo di resistenza della sezione dei montanti
- $\gamma_{M0}$  coefficiente di sicurezza per la resistenza delle membrature
- $b$  braccio del momento di plasticizzazione dei montanti<sup>4</sup>
- $A_{res}$  area della sezione resistente a trazione delle lame a tripla onda
- $f_{tb}$  tensione di rottura delle viti
- $\gamma_{M2}$  coefficiente di sicurezza per la verifica delle unioni
- $\phi$  area resistente delle viti quando il piano di taglio interessa la parte filettata
- $A$  area resistente delle viti quando il piano di taglio interessa il gambo.

## Dimensionamento dei tirafondi

Il criterio progettuale alla base delle configurazioni di progetto si basa sull'assunto che la protezione prevista sia tale per cui il sistema installato garantisca una prestazione equivalente a quella offerta dal dispositivo in condizione di crash test, condizione garantita ovunque attraverso un'opportuna estensione dell'impianto a monte e a valle del punto necessitante la protezione.

Con riferimento alle prova di crash con veicolo pesante, il sistema di ancoraggio deve quindi concorrere a ottenere una connessione tra il dispositivo metallico e l'elemento rigido tale da offrire una resistenza a trazione equivalente alla porzione del tratto di barriera interessata dall'urto oltre il punto di impatto di cui non è possibile estendere la posa (Configurazione 1), o del tratto installato a monte del punto suddetto (Configurazione 2).

---

<sup>4</sup> Pari alla distanza tra l'asse della lama e 20cm sotto il piano campagna: solitamente la cerniera plastica si verifica in corrispondenza di una sezione interrata del montante, posta appunto a circa 20cm al di sotto del p.c.

Detto ciò, le connessioni oggetto della presente nota dovranno comunque garantire una resistenza strutturale equivalente a quella offerta da eventuali ancoraggi terminali.

### **Calcolo della azione di progetto: metodo plastico**

Sulla base di quanto premesso sopra, il metodo di dimensionamento descritto nel presente paragrafo si fonda sull'assunto che la resistenza che il sistema di ancoraggio deve ripristinare sarà al più pari a quella capace di rompere/plasticizzare il numero di montanti ricadenti nel tratto interessato dall'urto con veicolo pesante a valle del punto d'impatto.

In prima approssimazione lo schema statico di progetto può essere assimilato ad un'asta isostatica vincolata ad una estremità con un incastro perfetto e soggetta ad un carico puntuale applicato ad una certa quota  $b$ ; si ipotizza inoltre che la sollecitazione sia orientata in modo tale che la sezione dei montanti offra la massima rigidezza (azione ortogonale all'asse stradale). Lo schema, se pur sostanzialmente diverso dall'effettivo comportamento del dispositivo registrato nelle prove dal vero, può ritenersi cautelativo in quanto trascura le dissipazioni energetiche associate alla deformazione plastica del nastro principale e dei distanziatori (per altro di difficile valutazione).

La sezione portata a rottura di ciascun montante (posta generalmente ad una quota che varia dal piano carrabile a 20-30 cm al di sotto dello stesso) è evidentemente soggetta ad una combinazione di sollecitazioni di flessione e taglio, dato il sistema statico considerato. Trattandosi di un'analisi di dimensionamento preliminare, è ragionevole considerare che la sezione di studio sia soggetta unicamente a flessione retta, assumendo quindi trascurabile l'effetto plasticizzante del taglio, o comunque inferiore alla metà del valore del taglio di progetto  $V_{c,Rd}$  come previsto dalle NTC08 (vedi espressione 4.2.31). Coerentemente con quanto indicato al paragrafo 4.2.4.1.2. delle suddette norme, la resistenza convenzionale di calcolo a flessione retta  $M_{c,Rd}$  vale pertanto:

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = f_{yk} W_{Plx} \quad (3.1)$$

Trattandosi di una procedura di dimensionamento e non di verifica, il coefficiente di sicurezza  $\gamma_{M0}$  riduttivo della resistenza caratteristica è stato trascurato: l'adozione dello stesso avrebbe infatti comportato una riduzione dell'azione sollecitante, ponendosi di conseguenza a sfavore di sicurezza. L'azione che applicata alla quota  $b$  provoca la plasticizzazione della sezione d'incastro di ciascun montante è quindi la seguente:

$$F_{c,d} = M_{c,Rd} / b \quad (3.2)$$

Con riferimento alla Configurazione 1, sia  $L_1$  la lunghezza del tratto interessato dall'urto con veicolo pesante a valle del punto di impatto (maggiore evidentemente di  $d_1$ , distanza a monte del collegamento alla quale è ubicato l'elemento necessitante la protezione). Il numero  $n$  di montanti



da ripristinare è pertanto quello associato al tratto d'impianto in configurazione standard di lunghezza  $L_1-d_1$ .

Analogamente, data la configurazione 2, sia  $L_2$  la lunghezza del tratto a monte del punto d'impatto del veicolo pesante (maggiore evidentemente di  $d_2$ , distanza a valle del collegamento alla quale è ubicato l'elemento necessitante la protezione). Il numero "n" di montanti da ripristinare è pertanto quello associato al tratto d'impianto in configurazione standard di lunghezza  $L_2-d_2$ .

Indicata quindi con "i" l'interasse standard dei paletti, n può essere stimato come segue, arrotondando il risultato per eccesso:

$$n = 1 + (L_1 - d_1) / i \quad \text{in Configurazione 1} \quad (3.3)$$

$$n = 1 + (L_2 - d_2) / i \quad \text{in Configurazione 2} \quad (3.4)$$

Laddove il collegamento tra la barriera ed il paramento murario sia irrigidito mediante l'adozione di interassi ridotti o elementi diagonali di controventatura, potrà esserne tenuto conto decurtando un corrispondente numero di montanti dai valori ottenuti con le (3.3) e (3.4).

Individuato n, l'azione longitudinale di progetto complessiva è la seguente:

$$F_{D,pl} = n F_{c,d} = n (M_{c,Rd} / b) \quad (3.5)$$

E' opportuno precisare che, sulla base di quanto già anticipato, l'azione  $F_{D,pl}$  di cui alla (3.5) dovrà essere confrontata con la forza di trazione che può provocare la rottura degli elementi trasferenti le sollecitazioni d'urto, con specifico riferimento al nastro longitudinale principale ( $f_{yk}A_{res}$ ).

### Calcolo del numero minimo dei tirafondi

L'azione longitudinale trasmessa alla barriera durante l'urto viene scaricata dalle lame ai montanti attraverso le unioni bullonate. Condizione necessaria per cui avvenga ciò è che l'azione totale, ripartita in modo omogeneo su ogni collegamento, non sia superiore alla resistenza a taglio delle viti. Con riferimento al punto 4.2.8.1.1 delle NTC08, le resistenze a taglio e a trazione sono definite come:

$$F_{V,Rd} = 0,6 f_{tb} \phi / \gamma_{M2} \quad \text{per bulloni classe 4.6, 5.6 e 8.8}$$

$$F_{V,Rd} = 0,5 f_{tb} \phi / \gamma_{M2} \quad \text{per bulloni classe 6.8 e 10.9}$$

$$F_{V,Rd} = 0,6 f_{tb} A / \gamma_{M2} \quad \text{per tutte le classi qualora il piano di taglio interessi il gambo}$$

Segue pertanto che il numero minimo di tirafondi  $t_{\min}$  necessari a riprodurre un sistema avente caratteristiche prestazionali idonee alla protezione attesa può essere individuato dalla seguente espressione:

$$t_{\min} = \max(F_{D,pl} ; F_{D,eng}) / F_{V,Rd} \quad (3.6)$$

Trattandosi un dimensionamento preliminare, la presente nota non tratta la verifica a rifollamento delle unioni, fermo restando che sarà comunque necessaria in fase di progettazione costruttiva.

Sulla base della metodologia sopra esposta, considerato che generalmente i valori tipici di  $L_1$  (lunghezza del tratto interessato dall'urto con veicolo pesante a valle del punto di impatto, generalmente indicata nei rapporti di prova come lunghezza di contatto  $L_c$ ) e di  $L_2$  (lunghezza del tratto a monte del punto d'impatto del veicolo pesante) sono circa 30m, è stato dimensionato il numero minimo di tirafondi nelle ipotesi che non siano adottati particolari sistemi di irrigidimento e che  $d_1$  e  $d_2$  siano nulle (punto necessitante la protezione in corrispondenza delle connessioni in oggetto).

Si consideri quindi una barriera metallica di classe di contenimento H3 con deflessione dinamica pari a 1.60m, avente montanti con sezione a C da 120x80x6 mm e lama longitudinale a tripla onda . Valgono le ipotesi poste sulle caratteristiche dei materiali (spessore inferiore a 40 mm e acciaio S235). Le unioni bullonate sono ottenute attraverso viti M20 classe 8.8 con piano di taglio interferente con la filettatura. I parametri caratteristici degli elementi resistenti sono i seguenti:

- $f_{yk} = 235 \text{ N/mm}^2$  resistenza allo snervamento caratteristico dell'acciaio di progetto
- $W_{Plx} = 60 \text{ cm}^3$  modulo di resistenza massimo della sezione resistente dei montanti
- $b = 646 \text{ mm}$  braccio del momento di plasticizzazione dei montanti
- $A_{res} = 2300 \text{ mm}^2$  area della sezione resistente a trazione delle lame a tripla onda
- $f_{tb} = 800 \text{ N/mm}^2$  tensione di rottura delle viti M20 classe 8.8
- $\gamma_{M2} = 1,25$  coefficiente di sicurezza per la verifica delle unioni
- $\phi = 245 \text{ mm}^2$  area resistente delle viti M20 classe 8.8

Dato  $i=1,50\text{m}$  l'interasse standard del dispositivo, sia  $n=21$  il numero di montanti di cui si rende necessario il loro ripristino. Seguendo l'approccio plastico, l'azione di progetto è la seguente:

$$F_{D,pl} = n F_{c,d} = n (M_{c,Rd} / b) = n (f_{yk} W_{Plx} / b) = 458 \text{ KN}$$

Mentre dall'approccio energetico risulta:

$$F_{D,eng} = 2,5 * F_{medio}(H3; 1.60) = 357 \text{ KN}$$

In cui come  $F_{medio}$  è stato preso il valore di tabella “prospetto B.1”, della *UNI-EN1317-1:2000 “Parte 1: Terminologia e criteri generali per i metodi di prova”*, nel caso di barriere con livello di contenimento H3 e deflessione dinamica pari a 1,60m.

Date le caratteristiche geometriche e meccaniche delle viti di progetto (M20 classe 8.8), la resistenza a taglio offerta da ciascun bullone è la seguente:

$$F_{V,Rd} = 0,6 f_{tb} \phi / \gamma_{M2} = 94 \text{ KN}$$

Il numero minimo di tirafondi è quindi dato dalla seguente:

$$t_{min} = \max(F_{D,pl} ; F_{D,eng}) / F_{V,Rd} = 5$$

Si tenga presente che la presente non tratta la verifica a rifollamento delle unioni. Per tenere comunque conto del suddetto fenomeno, il numero di tirafondi indicati negli allegati grafici è stato maggiorato del 20% (6 tirafondi in totale).