

Comune di BOVES, Provincia di CUNEO

Lavori di messa in sicurezza di tratto di Via Vecchia di Cuneo per mezzo di fornitura e posa di barriere di sicurezza stradali - Via Vecchia di Sant'Anna, 12012 Boves (CN)

PROGETTO DEFINITIVO - ESECUTIVO

Oggetto: 05.SP01_Relazione di verifica della barriera stradale

Proprietà: Comune di Boves (CN) | C.F. - P.Iva: 00475080040
Piazza Italia n. 64 - 12012 Boves (CN)

Borgo San Dalmazzo, Febbraio 2019

I Tecnici
ING. IVANO MENSO
ARCH. NADIA FRULLO

eretika^{stp} srl
VIA LOVERA 39, 12011 BORGO SAN DALMAZZO (CN)
C.F./P. IVA: 03634290047 | REA: CN-305289
eretikastpsrl@gmail.com eretikastpsrl@pec.it

INGEGNERE IVANO MENSO | t: +39 388 9441796 | e: ivano.menso8@gmail.com ivano.menso@ingpec.eu
ARCHITETTO NADIA FRULLO | t: +39 3495662753 | e: nadia.frullo@gmail.com n.frullo@architettitorinopec.it

SOMMARIO

1	PREMESSA.....	2
2	INDIVIDUAZIONE DEL TIPO DI INTERVENTO	3
3	INDIVIDUAZIONE DELL'AREA DI INTERVENTO	3
4	ANALISI E DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI DI PROGETTO	6
5	INQUADRAMENTO NORMATIVO	8
5.1	Scelta della barriera di sicurezza stradale	9
5.2	Studio dell'impatto.....	10
5.3	Livelli di prestazione della barriera	13
5.3.1	Livello di contenimento	14
5.3.2	Indice di severità.....	14
5.3.3	Deformazione delle barriere di sicurezza	15
5.3.4	Criteri per l'installazione della barriera di sicurezza a bordo laterale	15
6	VERIFICA ENERGETICA.....	17
7	VERIFICA DEGLI ELEMENTI DI ANCORAGGIO	18
7.1	Criteri di dimensionamento.....	18
7.2	Risultati delle verifiche	20
8	CONCLUSIONI.....	21

1 PREMESSA

I sottoscritti progettisti:

Ing. **MENSO Ivano**, C.F. MNSVNI87B17H355M, nato a Rivoli (TO) il 17/02/1987, iscritto all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Cuneo sezione A al numero 2209, residente in Vignolo Via Monte Gelas n.10, (*contatti*: tel. 388 9441796, ivano.menso8@gmail.com, ivano.menso@ingpec.eu);

Arch. **FRULLO Nadia**, C.F. FRLNDA81S70L219C, nata a Torino (TO) il 30/11/1981, iscritta all'Ordine degli Architetti Pianificatori Paesaggisti e Conservatori di Torino sez. A al numero 9500, residente in Settimo Torinese (TO) Via Cuornè n.4, (*contatti*: tel. 349 5662753, nadia.frullo@gmail.com, n.frullo@architettitorinopec.it);

amministratori della società ERETIKA STP SRL con sede legale in via Lovera n. 39, 12011 Borgo San Dalmazzo (CN), Codice Fiscale/Partita IVA 03634290047, numero REA: 305289, pec eretikastpsrl@pec.it, mail eretikastpsrl@gmail.com iscritta all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Cuneo nella Sezione Speciale Società tra Professionisti al n.1,

incaricati della progettazione architettonica delle opere in oggetto dal Comune di Boves (CN),

redigono la presente relazione specialistica che riporta la verifica strutturale della barriera parapetto tipo P2 relativi all'area di riferimento del tratto di Via Vecchia di Sant'Anna interessata dal progetto.

2 INDIVIDUAZIONE DEL TIPO DI INTERVENTO

I lavori in oggetto consistono nella realizzazione di interventi di messa in sicurezza di un tratto di Via Vecchia di Sant'Anna per circa 1.200 m a confine con il sedime comunale a fianco del canale irriguo Bedale ad oggi privo di protezione. Le barriere di sicurezza da installarsi sono del tipo ringhiera-parapetto con montati in ferro zincato tipo IPN100 e piastra 180x180x12, tubi corrimano in ferro zincato F48.3mm adeguati al tratto di velocità con limite a 50 km/h.

Il progetto risulta inoltre finanziato da parte del Ministero dell'Interno – Dipartimento per gli Affari Interni e Territoriali – Direzione Centrale della Finanza Locale con Decreto del Capo di Dipartimento per gli Affari Interni e Territoriali del Ministero dell'Interno del 10 gennaio 2019 di cui alla comunicazione pervenuta al Comune di Boves prot. 0000668 del 14/01/2019, dove è stato assegnato al Comune di Boves il contributo in conto capitale di € 70.000,00 per la realizzazione di investimenti per la messa in sicurezza di scuole, strade, edifici pubblici e patrimonio comunale per l'anno 2019 ai sensi dell'art.1, comma 107, della Legge 30 dicembre 2018, n.145, legge di bilancio 2019 con opere da portare a termine entro il 15 maggio 2019.

3 INDIVIDUAZIONE DELL'AREA DI INTERVENTO

L'area oggetto di intervento risulta il sedime della Via Vecchia di Sant'Anna a partire dall'incrocio con via Marzabotto sino all'incrocio con via Cuneo per un totale di circa 1200m all'interno del territorio del Comune di Boves.

L'area è inoltre individuata sul PRGC vigente come appartenente alla zona **E1 - Aree a prevalente destinazione agricola (capo VI delle NTA).**

Secondo quanto riportato nella *Carta di sintesi della verifica di compatibilità idraulica* del P.R.C.G. vigente, l'area d'intervento risulta inoltre in classe *Aree ad alta probabilità di inondazione con TR tra 20 e 50 anni.*



Figura 1 - Estratto di ortofoto con individuazione del tratto di intervento (fonte GMaps)

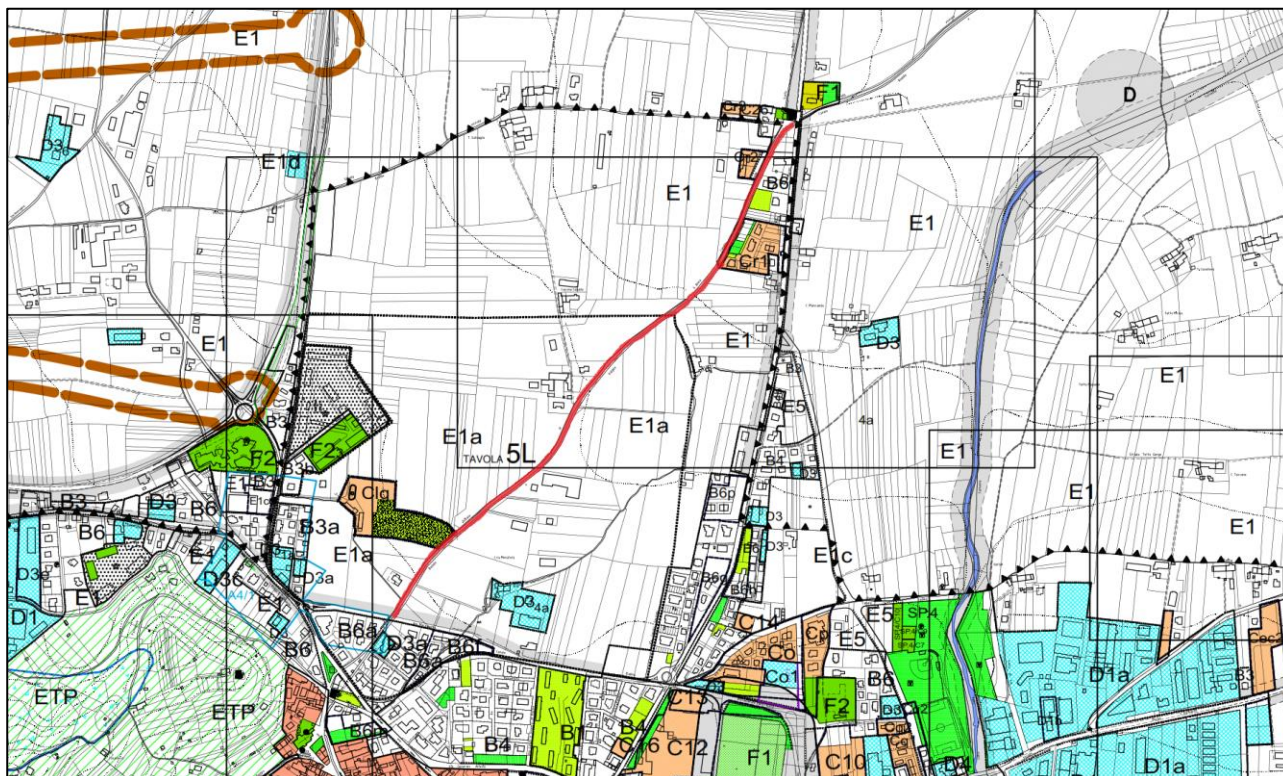


Figura 2: Estratto di P.R.G.C. con individuazione del tratto di intervento

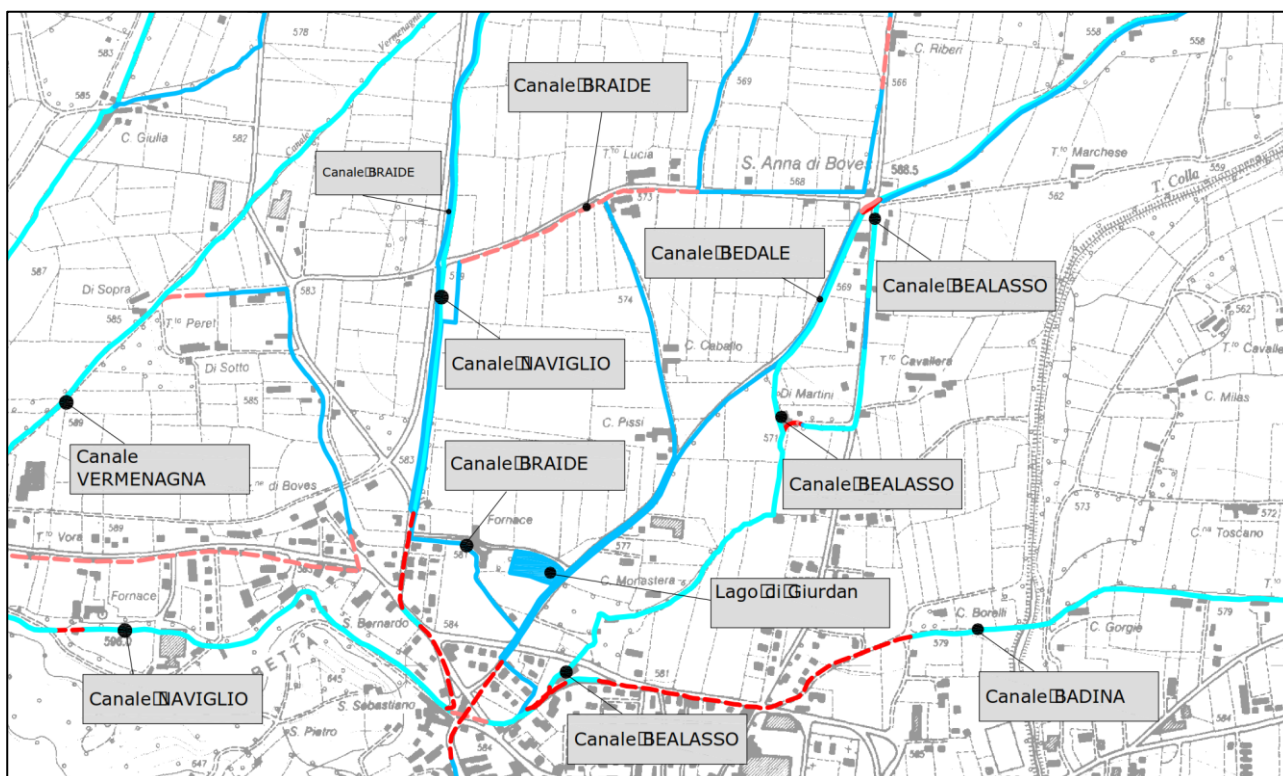


Figura 3: Estratto della cartografia della Rete Idrografica del Comune di Boves con individuazione del tratto di Via Vecchia di Sant'Anna affiancato dal canale Bedale

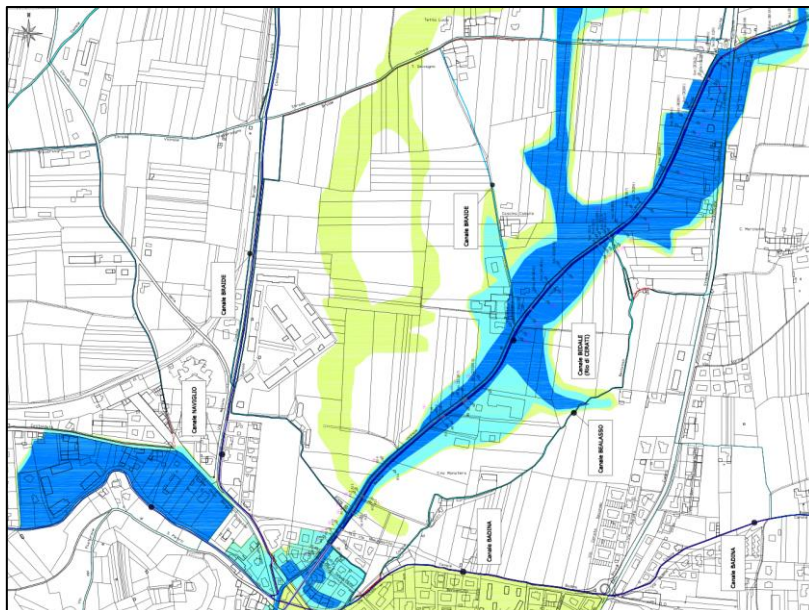


Figura 4: Estratto cartografia idraulica con individuazione delle aree di pericolosità di inondazione



Figura 5: Estratto di cartografia idraulica con individuazione degli attraversamenti del Bedale

eretika^{stp} srl

VIA LOVERA 39, 12011 BORGO SAN DALMAZZO (CN)
C.F./P. IVA: 03634290047 | REA: CN-305289
eretikastpsrl@gmail.com eretikastpsrl@pec.it

INGEGNERE IVANO MENSO | t: +39 388 9441796 | e: ivano.menso8@gmail.com ivano.menso@ingpec.eu
ARCHITETTO NADIA FRULLO | t: +39 3495662753 | e: nadia.frullo@gmail.com n.frullo@architettitorinopec.it

4 ANALISI E DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI DI PROGETTO

Il progetto di messa in sicurezza prevede quindi due interventi principali:

- Rimozione della barriera esistente di legno-acciaio per un tratto complessivo di circa 60 m;
- Fornitura e posa di ringhiera-parapetto tipo PS2 costituita da montanti in ferro zincato opportunamente sagomati in sommità di altezza totale pari a 1150mm e interasse pari a 2000mm, montanti tipo IPN100 con 3 fori e piastra 180x180x12 di collegamento al supporto di c.a. mediante tasselli chimici $\Phi 16$ mm, tubi corrimano in ferro zincato $\Phi 48.3$ mm adeguati al tratto di velocità con limite a 50 km/h, comprensivi di elementi speciali terminali per un tratto di circa 970 m a partire dall'ingresso su via Marzabotto.

Si riportano nel seguito alcune immagini della barriera di sicurezza:

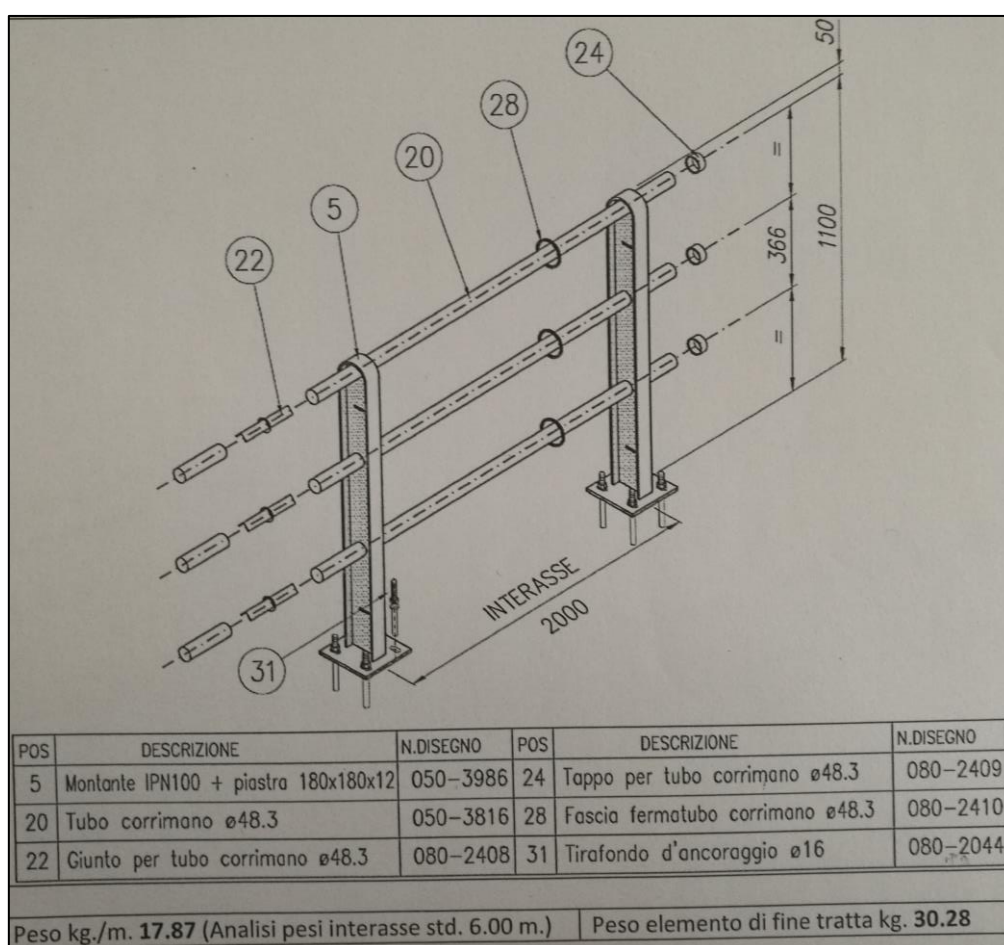


Figura 6: Immagine della ringhiera parapetto tipo P2 come tratto da scheda tecnica commerciale

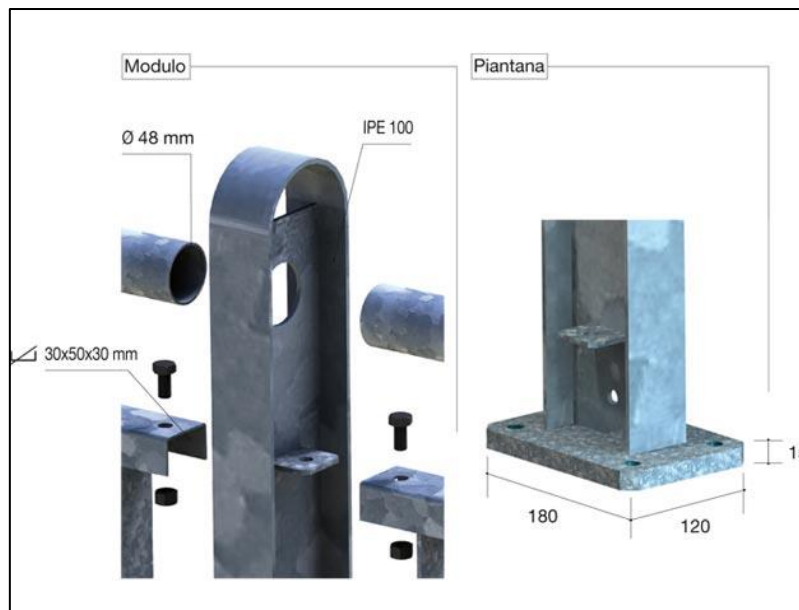


Figura 7: dettagli di inserimento degli elementi orizzontali sul montante e dettaglio della piastra di ancoraggio alla base

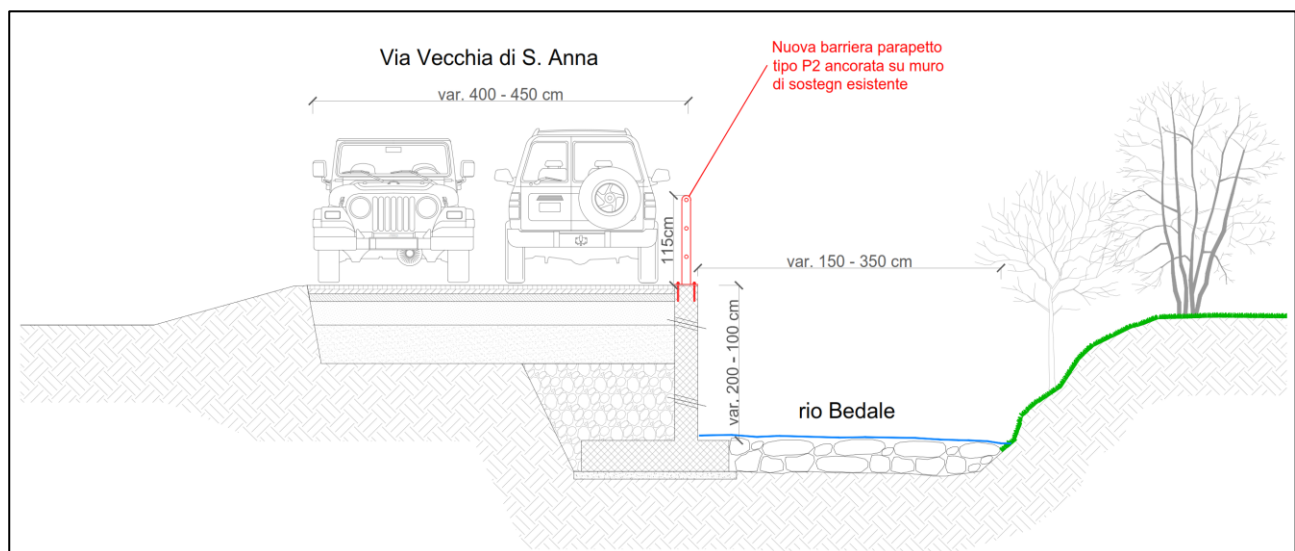


Figura 8: sezione stradale tipologica di progetto

5 INQUADRAMENTO NORMATIVO

Norme in campo nazionale

- D.M. 223/1992 "Istruzioni tecniche sulla progettazione, omologazione ed impiego delle barriere di sicurezza stradali";
- D.M. 2367/2004 "Istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego dei dispositivi di Ritenuta nelle costruzioni stradali";
- Norme UNI EN 1317;
- D.M. 28/06/2011.
- D.M. 17 Gennaio 2018

Normativa europea

- UNI EN 1317-1, definisce la terminologia comune a livello europeo per i prodotti; i criteri generali per i metodi di prova; definisce gli indici per la severità dell'urto (ASI, THIV; PHD) e i relativi metodi di calcolo;
- UNI EN 1317-2, definisce le classi di prestazione per barriere di sicurezza stradali relativi a tre criteri per il contenimento di un veicolo stradale:
 - livello di contenimento;
 - livello di severità dell'urto;
 - deformazione di una barriera di sicurezza.
- UNI EN 1317-3, descrive i requisiti di prestazione, i criteri di accettabilità e i metodi di prova per gli attenuatori d'urto;
- ENV 1317-4, descrive le classi di prestazione, i criteri di accettazione per la prova d'urto e i metodi di prova per le parti terminali e le parti di collegamento delle barriere di sicurezza, per le quali devono essere valutati ASI, THIV e PHD.

Lo sviluppo della normativa europea sulle barriere di sicurezza stradali è compito del CEN/TC 226 "Attrezzature stradali" e, a livello italiano, sono seguiti dal gruppo di lavoro "Barriere" della Commissione Costruzioni stradali e opere civili delle infrastrutture dell'UNI. Riepilogando:

NORMATIVA ITALIANA				
DATA	TIPO DI DOCUMENTO	TITOLO	MODIFICHE ALLE PRECEDENTI PRESCRIZIONI	INDICI UTILIZZATI PER LA CLASSIFICAZIONE
11/07/1987	Circolare LL. PP. n°2337	Provvedimenti per la sicurezza stradale. Barriere stradali. Specifica per l'impiego delle barriere in acciaio.	Vengono fornite per la prima volta delle indicazioni per la progettazione e l'impiego delle barriere in acciaio.	Nessuno.
18/02/1992	Decreto Ministeriale n°223	Istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza. Prescrizioni tecniche per le prove delle barriere stradali di sicurezza ai fini dell'omologazione.	Individuazione delle zone da proteggere e dei criteri di scelta; prescrizioni tecniche per le prove ai fini dell'omologazione.	Indice di severità degli impatti I_s , che coincide con l'energia cinetica del veicolo durante l'impatto.
15/10/1996	Decreto Ministeriale n°252	Istruzioni tecniche sulla progettazione, omologazione ed impiego ...	Nessuna modifica sostanziale	
03/06/1998	Decreto Ministeriale n°3256	Istruzioni tecniche per la progettazione, omologazione ed impiego ...	Individuazione di nuove zone da proteggere e di nuovi criteri per la classificazione; recepimento di alcune indicazioni fornite dalla normativa europea sui parametri da misurare durante le prove.	Livello di contenimento I_c , analogo all'indice I_s ; ASI (Acceleration Severity Index), utile alla classifica della severità dell'urto; VCDI (Vehicle Cockpit Deformation Index).
11/06/1999	Decreto Ministeriale	Aggiornamento	EN 1317 - Barriere di sicurezza stradali	
02/08/2001	Decreto Ministeriale n°4785	Pro...		
23/12/2002	Decreto Ministeriale	Proroga dei termini ...	Nessuna modifica sostanziale	
21/06/2004	Decreto Ministeriale n°2367	Istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego dei dispositivi di ritenuta nelle costruzioni stradali.	Recepimento delle norme europee riguardo la classificazione prestazionale delle barriere, le modalità di prova ed i criteri di accettazione ai fini dell'omologazione.	ASI; THIV (Theoretical Head Impact Velocity); PHD (Post-impact Head Deceleration); VCDI.
15/11/2007	Circolare M.T. n°104862	Scadenza della validità delle omologazioni delle barriere di sicurezza rilasciate ai sensi delle norme antecedenti il D.M. 21/06/2004	Revoca dell'obbligo di utilizzare barriere omologate; accettazione esclusiva di dispositivi rispondenti alle prescrizioni del D.M. 21/06/2004 o alle norme europee.	

5.1 Scelta della barriera di sicurezza stradale

Le zone da proteggere, stabilite dal D.M. 2367/2004, con i dispositivi di ritenuta sono:

- i margini di tutte le opere d'arte all'aperto quali ponti, viadotti, ponticelli, sovrappassi e muri di sostegno della carreggiata, indipendentemente dalla loro estensione longitudinale e dall'altezza dal piano di campagna; 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 (non ricorre per il caso in specie n.d.r.);
- lo spartitraffico ove presente (non ricorre per il caso in specie n.d.r.);
- il margine laterale stradale nelle sezioni in rilevato dove il dislivello tra il colmo dell'arginello ed il piano di campagna è maggiore o uguale a 1 metro; la protezione è necessaria per tutte le scarpate aventi pendenza maggiore o uguale a 2/3. Nei casi in cui la pendenza della scarpata sia inferiore a 2/3, **la necessità di protezione dipende dalla combinazione della pendenza e dell'altezza della scarpata**, tenendo conto delle situazioni di potenziale pericolosità a valle della scarpata (presenza di edifici, strade, ferrovie, depositi di materiale pericoloso o simili) (non ricorre per il caso in specie n.d.r.);
- gli ostacoli fissi (frontali o laterali) che potrebbero costituire un pericolo per gli utenti della strada in caso di urto (non ricorre per il caso in specie n.d.r.).

Le classi minime di barriere prescritte dal Decreto Ministeriale 21.06.2004, sono sintetizzate per il livello di traffico nelle tabelle seguenti da cui si desume la classe minima di barriera da installarsi in progetto:

Tipo di traffico	TGM	% Veicoli con massa >3,5 t
I	≤1000	Qualsiasi
I	>1000	≤ 5
II	>1000	5 < n ≤ 15
III	>1000	> 15

Tabella A – Barriere longitudinali

Tipo di strada	Tipo di traffico	Barriere spartitraffico	Barriere bordo laterale	Barriere bordo ponte ⁽¹⁾
Autostrade (A) e strade extraurbane principali(B)	I	H2	H1	H2
	II	H3	H2	H3
	III	H3-H4 ⁽²⁾	H2-H3 ⁽²⁾	H3-H4 ⁽²⁾
Strade extraurbane	I	H1	N2	H2
secondarie(C) e Strade urbane di scorrimento (D)	II	H2	H1	H2
	III	H2	H2	H3
Strade urbane di quartiere (E) e strade locali(F).	I	N2	N1	H2
	II	H1	N2	H2
	III	H1	H1	H2

La barriera da installarsi sarà del tipo ringhiera parapetto P2 bordo laterale con elementi terminali e livello di contenimento di tipo T1 (<N1) essendo il limite di velocità pari a 30 km/h dunque inferiore ai 50 km/h.

5.2 Studio dell'impatto

Lo studio della tipologia e degli eventi conseguenti un impatto, rivestono particolare interesse in termini di sicurezza per gli occupanti il mezzo e per coloro che sopraggiungono dalla semicarreggiata opposta.

Dalla letteratura in materia, vedansi "*Barriere di Protezione stradalali - Dott. Ing. A. Brencich L. S. in Ingegneria dei Trasporti e della Logistica*", si evince come il cervello umano rimane lesionato permanentemente se si superano valori di decelerazione di 80 g ($g = 9.81 \text{ m/sec}^2$) per una durata maggiore di 3 millisecondi, così come cuore e polmoni non possono sopportare valori superiori ai 60 g per più di 3 millisecondi.

Il veicolo, inoltre, dovrà essere riportato su una traiettoria tale da non diventare esso stesso un pericolo per gli altri veicoli sopraggiungenti sulla stessa carreggiata. Ciò significa che il veicolo, quando si allontana dalla barriera dopo l'urto dovrà farlo rimanendo in prossimità della barriera di protezione. In linea generale l'urto autoveicolo-barriera può essere distinto in due fasi:

I fase

L'autoveicolo entra in contatto con la barriera, urtandola con un angolo θ detto angolo d'impatto, e con una velocità v detta velocità d'impatto. La barriera si deforma (sia localmente che nella zona di contatto per effetto degli spostamenti rigidi che interessano anche più elementi di barriera) contemporaneamente alla carrozzeria del veicolo. Il moto rettilineo si trasforma in moto rotatorio intorno al punto d'impatto, che diventa centro di istantanea rotazione, con moto vario. Alla fine del movimento di rotazione, il veicolo si dispone parallelo alla barriera. A questo punto la componente della velocità, normale all'asse della barriera, diminuisce fino ad annullarsi. Mentre la deformazione dell'autoveicolo e della barriera aumentano fino ai valori massimi.

II fase

La barriera deformata restituisce parte dell'energia immagazzinata, imprimendo all'autoveicolo tutta una serie di reazioni che possono ricondurlo verso l'interno della carreggiata, con angoli di rinvio variabili in un campo molto esteso. Il veicolo quindi si allontana dalla barriera con una componente di velocità trasversale di verso opposto rispetto alla prima fase che dipende dall'eventuale restituzione di deformazione da parte della barriera.

Questa schematizzazione riduce al minimo i parametri da analizzare, ma risulta efficace per determinare la resistenza della barriera alle azioni più critiche di esercizio (velocità e angoli d'impatto). Le fasi appena descritte, possono essere riepilogate nel modello grafico che segue:

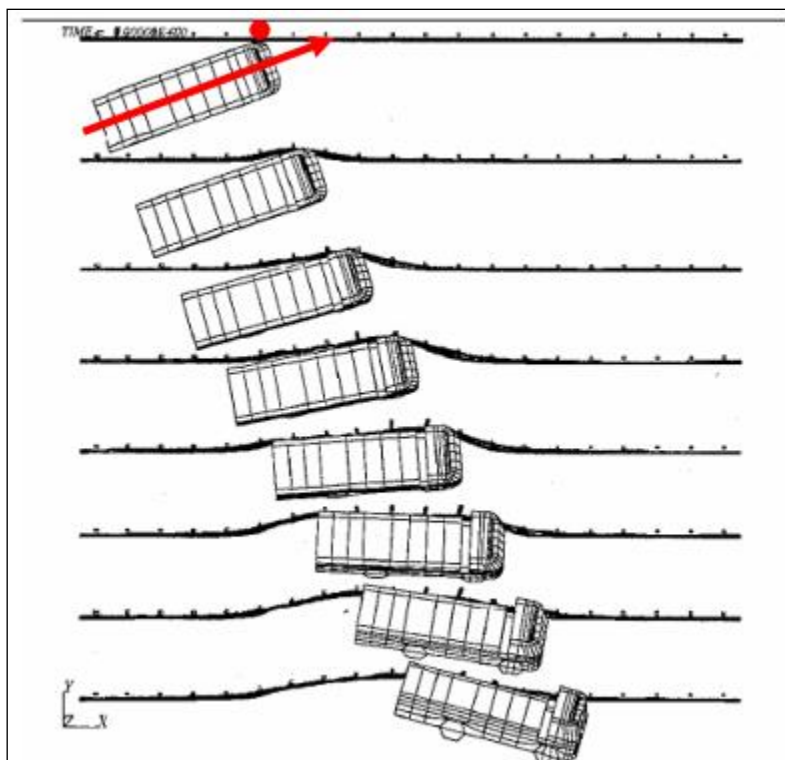


Figura 9: fasi dell'urto

Durante la prima fase dell'urto, il veicolo ruota intorno al punto d'impatto con la barriera, assistendo alla simultanea deformazione del veicolo e della barriera. Pertanto il parametro dell'energia cinetica che un veicolo possiede al momento dell'impatto, detta energia d'urto, è pari a : $E = \frac{1}{2} m v^2$ dove (m) rappresenta la massa del veicolo e (v) la sua velocità.

Se a seguito dell'urto nel punto A, l'asse longitudinale dell'autoveicolo forma con la barriera un angolo d'impatto θ , l'energia cinetica associata alla componente trasversale della velocità è: $E = \frac{1}{2} m (v \sin \theta)^2$.

Tale energia è quella che deve essere dissipata durante l'urto contro la barriera per l'attrito dei pneumatici sulla strada nella rotazione del veicolo e per il lavoro compiuto dalla forza trasversale che la barriera esercita sul veicolo. Per il principio delle forze vive si ha che:

$$\int_{(0-s)} F_{ds} = E$$

dove F è lo sforzo di decelerazione nel percorso s.

Tuttavia, ai fini di calcolo, è opportuno tenere conto della decelerazione media del veicolo che prima dell'urto cessa la fase di accelerazione, cioè di energia cinetica non alimentata dalla sforzo di trazione sulle ruote motrici. Trascurando il contributo delle reazioni d'attrito, a causa della variabilità del coefficiente d'attrito, e quello relativo alla deformazione del veicolo, la decelerazione sarà funzione della sola deformazione della barriera.

Premesso che nel piano orizzontale le due forze principali sono le componenti della reazione della barriera, ovvero R quale componente normale alla direzione dell'asse della barriera e R_e quale componente parallela alla direzione dell'asse della barriera (dovuta all'attrito), per reindirizzare in carreggiata il veicolo, la barriera deve offrire una reazione globale la cui direzione sia tale da impedire che il veicolo ruoti attorno al punto d'impatto in senso antiorario, che porterebbe il veicolo in testacoda.

Quanto detto è da mettere in relazione alla rigidezza reale esplicitata dalla barriera in fase di urto, che deve tener conto anche del comportamento strutturale del veicolo, della sua massa, velocità e traiettoria.

eretika_{stp srl}

VIA LOVERA 39, 12011 BORGO SAN DALMAZZO (CN)
C.F./P. IVA: 03634290047 | REA: CN-305289
eretikastpsrl@gmail.com eretikastpsrl@pec.it

INGEGNERE IVANO MENSO | t: +39 388 9441796 | e: ivano.menso8@gmail.com ivano.menso@ingpec.eu
ARCHITETTO NADIA FRULLO | t: +39 3495662753 | e: nadia.frullo@gmail.com n.frullo@architettitorinopec.it

La rigidità serve alla barriera per resistere gradualmente all'urto, essendo stata progettata per deformarsi e rompersi, ma sempre in maniera tale che la rottura avvenga in modo controllato ed al fine di trattenere il veicolo in strada, limitare le azioni dell'urto sulle persone, reindirizzare il veicolo in carreggiata mantenendolo vicino alla barriera (piccoli angoli di riflessione).

Questo, viene ottenuto mediante una forte dissipazione dell'energia, ovvero con forti danneggiamenti permanenti della barriera e del veicolo. Il problema è ora quello di determinare indici numerici che siano in grado di definire quantitativamente il concetto di cedevolezza o plasticità della barriera con un criterio unico e sicuro.

Questi indici sono stati individuati nella valutazione delle sollecitazioni a cui sono sottoposti i passeggeri durante l'urto, che sono valutabili attraverso le accelerazioni e le velocità che essi subiscono, e del comportamento strutturale del veicolo.

La sicurezza dei passeggeri è funzione di:

- 1) decelerazione del veicolo mantenuta entro valori accettabili;
- 2) deformazioni dell'abitacolo inferiori ai limiti prefissati;
- 3) nessuna penetrazione di elementi di barriera nell'abitacolo;
- 4) traiettoria successiva all'urto senza cappottamento ed il più possibile vicina alla barriera.

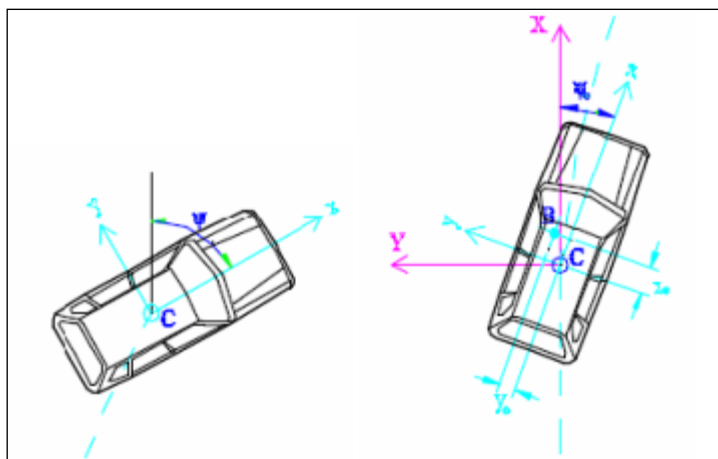
I primi due punti riguardano in maniera diretta la barriera, che presuppone la definizione preliminare delle grandezze da misurare durante e/o dopo l'impatto e gli strumenti con cui farlo. Per gli ultimi due punti solo un'analisi visiva successiva ai test può mettere in luce la risposta della barriera a quanto richiesto.

In risposta ai predetti interrogativi e valutazioni dell'efficacia delle barriere, a mezzo appositi test, il legislatore ha introdotto quattro "indici" che servono a valutare le prestazioni di una barriera nei confronti della sicurezza degli occupanti. Questi sono:

- ASI (Acceleration Severity Index), Indice di severità dell'accelerazione;
- THIV (Theoretical Head Impact Velocity), Velocità teorica d'urto della testa;
- PHD (Post-impact Head Deceleration), Decelerazione post-urto della testa;
- VCDI (Vehicle Cockpit Deformation Index), Indice di deformazione dell'abitacolo del veicolo.

I primi tre indici servono a valutare i rischi che gli occupanti del veicolo possano subire gravi danni, dato che il corpo umano ha resistenza limitata a tempi molto brevi nei confronti delle violente accelerazioni. Appare tuttavia opportuno osservare che la sola misura dell'accelerazione impressa al veicolo è però insufficiente, perché non tiene conto del tipo di veicolo, per cui si potrebbe, ad esempio, ipotizzare un veicolo molto deformabile per ottenere bassi valori di accelerazione, con la conseguenza però di avere grandi deformazioni dell'abitacolo con la seguente riduzione dello spazio vitale necessario agli occupanti. Per questo motivo il quarto indice misura le principali deformazioni dell'abitacolo per fissare valori limite.

Per il calcolo degli indici si ipotizza che, durante l'impatto, il veicolo si muova solo sul piano orizzontale, per cui è possibile scegliere due sistemi di riferimento: il primo (x, y) solidale con il veicolo, con origine nel baricentro di questo, o in un punto ad esso vicino, dove vengono installati gli accelerometri (indicato con C), e con l'asse X coincidente con l'asse del veicolo; il secondo sistema (X, Y) solidale con il terreno, con origine nel punto C nella sua posizione iniziale C_0 e con l'asse della X coincidente con la direzione del vettore velocità prima dell'impatto.



L'indice di severità dell'accelerazione ASI è una funzione del tempo, calcolata come media quadratica delle componenti di accelerazione:

$$ASI(t) = [(\ddot{a}x/\ddot{a}x)^2 + (\ddot{a}y/\ddot{a}y)^2 + (\ddot{a}z/\ddot{a}z)^2]^{1/2}$$

dove $\ddot{a}x$, $\ddot{a}y$ e $\ddot{a}z$ sono valori limite per le componenti dell'accelerazione lungo gli assi del veicolo x, y e z; $\ddot{a}x$, $\ddot{a}y$ e $\ddot{a}z$ sono le componenti dell'accelerazione di un punto P definito del veicolo, mediate su un intervallo di tempo in movimento $\delta = 50$ ms, cosicché l'indice ASI consente di fornire una misura della severità del moto del veicolo per una persona seduta in prossimità del punto P durante un urto. Le accelerazioni limite sono interpretate come i valori al disotto dei quali il rischio per i passeggeri è molto basso (al massimo lesioni lievi). Per i passeggeri che indossano le cinture di sicurezza, le accelerazioni limite generalmente adottate sono: $\ddot{a}x = 12$ g, $\ddot{a}y = 9$ g, $\ddot{a}z = 10$ g

L'ASI è definito come una quantità adimensionale funzione scalare del tempo e, in generale, del punto del veicolo selezionato, che ha solo valori positivi. Quanto più l'ASI supera l'unità, tanto più il rischio per l'occupante in quel punto supera i valori di sicurezza; pertanto il valore massimo raggiunto dall'ASI in una collisione viene assunto come singola misura della severità, oppure:

$$ASI = \max. [ASI(t)]$$

I limiti richiesti dalle norme ai fini di sicurezza sono :

- **ASI max $\leq 1,00$ per le barriere di bordo laterale;**
- ASI max $\leq 1,40$ per le barriere da spartitraffico e da ponte.

Una barriera, per essere omologata, deve soddisfare le seguenti caratteristiche:

Livello di severità dell'urto (Impact severity level)	Valori degli indici
A	ASI $\leq 1,0$ e THIV ≤ 33 km/h
B	ASI $\leq 1,4$ e PHD ≤ 20 g

5.3 Livelli di prestazione della barriera

Si definiscono diversi livelli di prestazione contraddistinti attraverso i tre criteri principali relativi al contenimento di un veicolo stradale:

- il livello di contenimento: **T1**, T2, T3, N1, N2, H1, H2, H3, H4a, H4b;
- i livelli di severità dell'urto: **A** e **B**;
- la deformazione espressa dalla larghezza operativa: W1, W2, etc.

5.3.1 Livello di contenimento

Ci si attiene alle norme che in materia stabiliscono le opportune barriere in funzione della tipologia della strada e quindi della velocità ammissibile, della massa del veicolo e del tipo del veicolo stesso. I dati sono stati riepilogati nelle sottoesposte tabelle:

Prove d'urto				
Prova	Velocità d'urto [km/h]	Angolo d'urto [°]	Massa totale del veicolo [kg]	Tipo di veicolo
TB11	100	20	900	Automobile
TB21	80	8	1300	Automobile
TB22	80	15	1300	Automobile
TB31	80	20	1500	Automobile
TB32	110	20	1500	Automobile
TB41	70	8	10000	Autocarro rigido
TB42	70	15	10000	Autocarro rigido
TB51	70	20	13000	Autobus
TB61	80	20	16000	Autocarro rigido
TB71	65	20	30000	Autocarro rigido
TB81	65	20	38000	Autocarro articolato

Livelli di contenimento e Prova di accettazione		
	Livelli di contenimento	Prova di accettazione
Contenimento con angolo d'urto basso	T1	TB21
	T2	TB22
	T3	TB41 e TB21
Contenimento normale	N1	TB31
	N2	TB32 E TB11
Contenimento più elevato	H1	TB42 E TB11
	H2	TB51 E TB11
	H3	TB61 E TB11
Contenimento molto elevato	H4a	TB71 E TB11
	H4b	TB81 E TB11

5.3.2 Indice di severità

È importante sottolineare che le attuali norme classificano le barriere mediante l'indice di severità I_s inteso come l'energia cinetica posseduta dal mezzo all'atto dell'impatto, calcolato con riferimento alla componente della velocità ortogonale alle barriere, espresso dall'equazione:

$I_s = \frac{1}{2} P/g (V \sin \phi)^2$ misurato in kilojoule (kJ) o in kilonewton per metro (kN/m).

Le barriere e gli attenuatori d'urto nelle seguenti classi di resistenza:

- **N1 con indice di severità maggiore di 44 kJ;**
- N2 con indice di severità maggiore di 82 kJ;
- H1 con indice di severità maggiore di 127 kJ;
- H2 con indice di severità maggiore di 288 kJ;
- H3 con indice di severità maggiore di 463 kJ;

- H4a con indice di severità maggiore di 572 kJ;
- H4b con indice di severità maggiore di 724 kJ;
- TC1 con indice di severità maggiore di 320 kJ;
- TC2 con indice di severità maggiore di 500 kJ.

5.3.3 Deformazione delle barriere di sicurezza

La deformazione delle barriere di sicurezza durante le prove d'urto è caratterizzata dalla deflessione dinamica e dalla larghezza operativa. È importante che la deformazione sia compatibile con lo spazio o la distanza disponibile dietro il sistema.

La larghezza operativa (W) è la distanza fra il lato rivolto verso il traffico prima dell'urto della barriera di sicurezza e la massima posizione laterale dinamica di una qualunque parte principale della barriera.

La deflessione dinamica (D) è lo spostamento dinamico laterale massimo del lato della barriera rivolto verso il traffico. Per le barriere strette, la deflessione dinamica può essere difficile da misurare e, in tal caso, è possibile prendere come deflessione dinamica la larghezza operativa.

Livelli di larghezza operativa

Classi di livelli di larghezza operativa (W)	Livelli di larghezza operativa [m]
W1	$W \leq 0,6$
W2	$W \leq 0,8$
W3	$W \leq 1,0$
W4	$W \leq 1,3$
W5	$W \leq 1,7$
W6	$W \leq 2,1$
W7	$W \leq 2,5$
W8	$W \leq 3,5$

5.3.4 Criteri per l'installazione della barriera di sicurezza a bordo laterale

Al fine di consentire un corretto funzionamento delle barriere, il D.M. 21.6.2004 prevede che si estenda la protezione con una barriera della medesima classe per uno sviluppo sufficiente a garantire che la barriera funzioni opportunamente nel punto di inizio e di fine del tratto da proteggere. A monte e a valle delle opere d'arte è stato pertanto previsto un tratto di barriera denominato "ala prima" e "ala dopo" dell'opera d'arte, di lunghezza rispettivamente pari a $L1 = 2/3 Lf$ e a $L2 = 1/3 Lf$, mentre a monte e a valle dei tratti in cui si ha la necessità una protezione di rango superiore (es. passaggio di classe tra H2 ed H3) le "ali" sono state previste di uno sviluppo pari a $L1 = L2 = 1/3 Lf$. Il valore di Lf (lunghezza di funzionamento) è stato adottato in progetto pari a 90 m in modo concorde con la quasi totalità delle lunghezze di crash test effettuate nei campi prova per la certificazione. Nel caso in cui la barriera in fornitura abbia una lunghezza minima di funzionamento (Lf) maggiore di 90 m, le previsioni progettuali dovranno essere adattate al valore di Lf e, di conseguenza, di $L1 (=2/3 Lf)$ e di $L2 (=1/3 Lf)$, della barriera che si intende installare. Secondo la normativa, lo sviluppo complessivo della barriera installata non deve essere comunque inferiore alla lunghezza di funzionamento (Lf).

5.3.4.1 Premessa

Ai sensi del D.M. 21.06.2004 le barriere di sicurezza devono essere installate conformemente con quanto realizzato in occasione del crash test ai sensi delle norme EN1317.

Qualora le caratteristiche delle strutture su cui le barriere vengono installate siano differenti rispetto a quelle adottate nelle prove di crash per la marcatura CE, il sistema di protezione in opera può non risultare in grado di sviluppare il potere di contenimento dimostrato in occasione delle prove di crash stesse. Il sistema di ancoraggio va quindi modificato. Il progettista della installazione, così come previsto dall'Art. 6 del D.M. 21.06.2004, deve in questo caso dimostrare che le modificate condizioni di supporto garantiscono condizioni di funzionamento delle barriere sostanzialmente analoghe a quelle delle prove di crash.

Per effetto delle modifiche apportate le barriere che vengono installate non risultano più conformi con il prototipo sulla base del quale è stata rilasciata la marcatura CE ai sensi della norma EN1317-5 ed il produttore dovrà pertanto preventivamente acquisire la marcatura CE per "prodotto modificato" ai sensi dell'appendice A alla EN 1317-5. Gli adattamenti del sistema di ancoraggio che non modifichino il meccanismo di funzionamento del sistema rispetto a quello di crash possono essere classificati come tipo B ai sensi dell'Art. A.3 della EN 1317-5 e la documentazione tecnica da produrre per la richiesta di marcatura CE per prodotto modificato è pertanto costituita da un *"Rapporto scritto da parte di un progettista qualificato (ingegnere professionista), con la prova e/o i metodi utilizzati, compresi le specifiche del prodotto, i calcoli e/o i risultati di prova confrontati con i valori originali"*.

5.3.4.2 Modalità di installazione

Il confronto tra le caratteristiche geometriche e di resistenza dei cordoli in opera rispetto a quelli adottati durante la prova di crash ed una diversa collocazione della barriera sul cordolo nei due momenti (crash e opera), potrebbe presentare difformità per 2 ordini di motivi:

- la classe del calcestruzzo in opera è a volte minore di quella utilizzata nei campi prove dei crash test per l'omologazione e ciò porta ad avere una resistenza minore degli ancoranti;
- la posizione della barriera rispetto al cordolo nella prova di crash può non corrispondere con quella prevista in opera. Le barriere possono essere infatti testate con il fronte delle lame ad una distanza variabile rispetto al fronte interno (lato strada) del cordolo e ciò porta ad avere comportamenti diversi del sistema di ancoraggio.

La presenza di queste due possibili tipologie di difformità richiede, quindi, di verificare, nell'installazione delle barriere bordo ponte in relazione al tipo di modello di barriera che si intende utilizzare, se le caratteristiche standard del sistema di ancoraggio delle barriere che si intende utilizzare sono compatibili con il supporto a disposizione (se sono in grado, cioè, di offrire una resistenza almeno pari a quella mobilitata in sede di crash).

Nel caso del progetto le barriere dovranno avere le seguenti caratteristiche in fase di crash:

1. testate su un cordolo con $R_{ck} \leq 40$ MPa, e vuoto a tergo;
2. con larghezza del cordolo efficace ≤ 70 cm, per le opere che non prevedono ostacoli a tergo;
3. la cui profondità di infissione degli ancoranti anteriori è minore o uguale alla distanza tra il fronte delle lame e gli ancoranti anteriori standard del sistema di ancoraggio delle barriere che si intende utilizzare sono compatibili con il supporto a disposizione (se sono in grado, cioè, di offrire una resistenza almeno pari a quella mobilitata in sede di crash).

Per cordolo efficace si intende la parte di cordolo collaborante ai fini strutturali del sistema di ancoraggio. Tale grandezza non necessariamente coincide con la larghezza del cordolo da crash, dipende dalla conformazione della barriera e dalla sua collocazione sul cordolo da crash. Tale

grandezza può essere determinata, in prima approssimazione, come la somma delle tre dimensioni seguenti:

- profondità di infissione dell'ancorante anteriore;
- distanza tra l'asse degli ancoranti anteriori e retro piastra (parte posteriore della piastra lato sbalzo);
- distanza tra retro piastra e fine del cordolo (lato sbalzo) indicata nei rapporti di prova.

Ovviamente nel caso in cui la barriera in sede di crash sia installata su un cordolo di larghezza non superiore a quello previsto in opera (nel caso in esame 70 cm) e con la barriera posta a filo cordolo lato strada, la configurazione geometrica in opera potrà essere considerata compatibile con quella di crash, senza necessità di ulteriori valutazioni.

6 VERIFICA ENERGETICA

Viste le condizioni di cui ai punti precedenti, la tipologia selezionata prevede un livello di contenimento pari a T1.

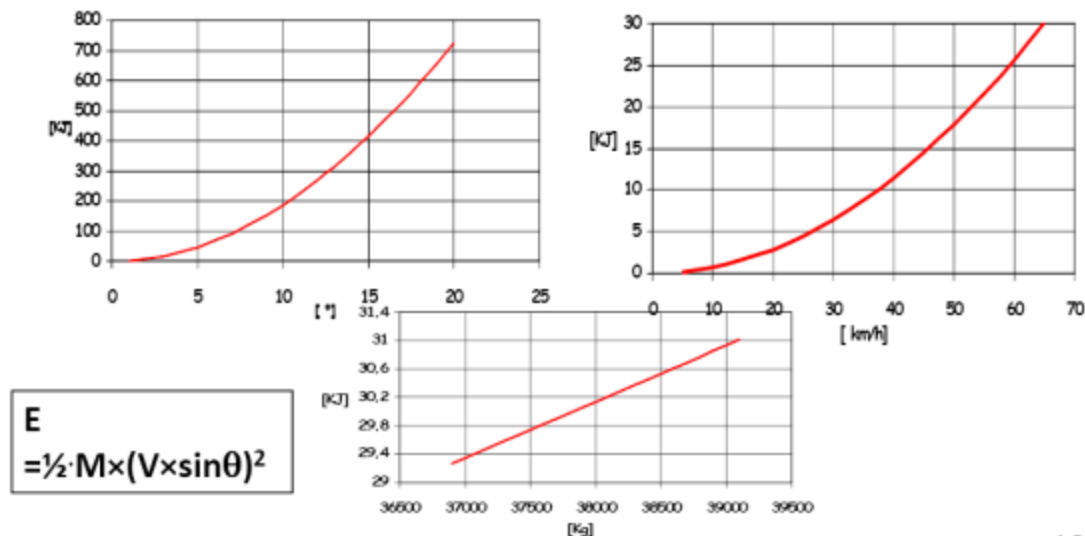
Va, tuttavia, evidenziato che l'impatto veicolo-barriera produce un'energia, da dissipare, proporzionale alla semimassa del veicolo ed al quadrato della componente della velocità, ortogonale alla barriera, pertanto è facile comprendere come il fattore cui intervenire per la mitigazione ed il miglioramento del contenimento stradale, sia rappresentato proprio dalla velocità che dovrà essere regolamentata, dagli organi preposti, non solo in funzione della tipologia e delle caratteristiche della barriera installabile, ma anche in relazione:

- agli ostacoli fissi presenti lungo l'arteria stradale;
- al tracciato plano-altimetrico stradale esistente;
- alla sezione trasversale dell'arteria stradale;
- ai restringimenti della sezione stradale;
- agli innesti pubblici/privati con la strada in argomento;
- al tipo ed allo stato di manutenzione del manto stradale;
- allo spessore dello stesso manto;
- alle pendenze longitudinali e trasversali della sede stradale;
- ai raccordi plano-altimetrici attuali;
- alla geometria dei tratti in curva;
- alle condizioni di visibilità;
- alle esposizioni ambientali;
- allo stato di regimentazione e smaltimento delle acque meteoriche;
- ai regimi vincolistici propri dell'area in cui la strada si sviluppa.

Quanto sopra si rammenta che il perseguimento delle condizioni di sicurezza sono insite a tutti i fattori sopra dichiarati, ma l'elemento determinante (in termine di effetto) dell'impatto è rappresentato dalla velocità consentita nell'arteria stradale di riferimento.

I grafici sotto riportati, tratti da testi scientifici di riferimento, mettono in luce il livello di energia dell'impatto secondo la variabile di riferimento ed in particolare:

- l'angolo d'impatto;
- la massa dei mezzi;
- la velocità di percorrenza.



Rispetto alle sollecitazioni espresse dai grafici precedenti, è possibile dichiarare che la barriera di tipo ringhiera-parapetto è idonea all'installazione.

7 VERIFICA DEGLI ELEMENTI DI ANCORAGGIO

7.1 Criteri di dimensionamento

Il dimensionamento dell'ancoraggio (numero e tipo di ancoranti) è funzione del valore della reazione vincolare longitudinale da ripristinare, funzione, a sua volta, del numero di montanti che non è possibile installare.

Il contributo che interessa andare a ristabilire è solo quello della trazione generata nella lama e nel corrente superiore (se presente) dagli N montanti che non vengono posti in opera. Lo schema statico equivalente è quello di una trave incastrata alla base. Per valutare le forze (Fp1 e Fp2) si parte dalla considerazione che un montante possa fornire al massimo un momento pari al Momento di plasticizzazione (Mp). Quindi le forze massime che il montante riesce ad opporre sono quelle che, applicate al centro della lama ed al centro del corrente superiore, inducono al piede del montante un momento pari a Mp da cui $M_p = F_{p1} \cdot x_{bp1} + F_{p2} \cdot x_{bp2}$.

La forza totale Fptot con la quale dimensionare l'ancoraggio si ricava moltiplicandolo per N (numero di montanti sostituiti dall'ancoraggio) il valore della sollecitazione Fp1 per la lama e Fp2 per il corrente superiore. Nel caso in cui il numero di montanti N sia elevato può accadere che la Fptot ecceda la Forza di rottura per trazione della lama o del corrente superiore. In tal caso l'ancoraggio deve essere in grado al massimo di ristabilire quest'ultimo valore.

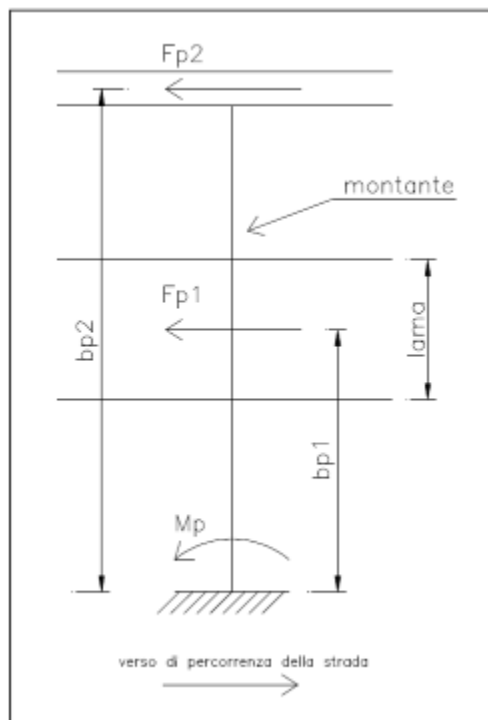


Fig. 1: schema di calcolo della barriera

Verifica a taglio dei bulloni

Si verifica che la tensione tangenziale media agente nel gambo del singolo bullone sia minore o uguale della resistenza di progetto a taglio:

$$\tau = \frac{T}{nA_{res}} = \frac{F_{ptot}}{nA_{res}} \leq f_{d,V}$$

dove:

n è il numero di bulloni;

A_{res} è l'area resistente di un bullone, al netto della filettatura;

f_{d,V} è la resistenza di progetto a taglio.

Verifica a rottura per trazione della lama

Si verifica la sezione della lama nella sezione ridotta dai fori del bullone:

$$\sigma = \frac{T}{A - \phi t} = \frac{F_{ptot}}{A - \phi t} \leq f_d$$

dove:

A è l'area della sezione della lama dove viene praticato il foro;

f è il diametro del foro praticato (pari al diametro del bullone più un millimetro nel caso di bulloni inferiori all'M20);

t è lo spessore della piastra;

f_d è la tensione di snervamento per trazione della lama.

Verifica a rottura per rifollamento

Si verifica che:

eretika_{stp srl}

VIA LOVERA 39, 12011 BORGO SAN DALMAZZO (CN)

C.F./P. IVA: 03634290047 | REA: CN-305289

eretikastpsrl@gmail.com eretikastpsrl@pec.it

INGEGNERE IVANO MENSO | t: +39 388 9441796 | e: ivano.menso8@gmail.com ivano.menso@ingpec.eu
ARCHITETTO NADIA FRULLO | t: +39 3495662753 | e: nadia.frullo@gmail.com n.frullo@architettitorinopec.it

$$\sigma_{\text{ver}} = \frac{T}{n \cdot d \cdot t} \leq \alpha \cdot f_d$$

Dove:

n è il numero di bulloni

d è il diametro del bullone;

t è lo spessore della lama;

$\alpha = a / d$ con $2.0 \leq \alpha \leq 2.5$ con a = distanza del primo foro dal bordo

7.2 Risultati delle verifiche

Le verifiche effettuate sono divise in due:

1. considerando che l'ancoraggio sia posto a valle del punto da proteggere "Ancoraggio di Fine impianto" e che tra il punto da proteggere e l'ancoraggio non è possibile installare nessun montante della barriera.
2. considerando che l'ancoraggio sia posto a monte del punto da proteggere "Ancoraggio di Inizio impianto" e che tra l'ancoraggio e il punto da proteggere non è possibile installare nessun montante della barriera.

Classe e tipologia di barriera	Elementi longitudinali principali	Momento Plasticizzazione in direzione longitudinale	Numero di montanti sostenuti dall'ancoraggio		Sollecitazione ancoraggio di avvio [kN]		Sollecitazione ancoraggio di fine [kN]	
			ancoraggio di avvio	ancoraggio di fine	Fp1	Fp2	Fp1	Fp2
T1 bordo laterale	n.3 tondi $\Phi 48.3\text{mm}$	6.67 kNm	1	1	20	20	10,3	10,3

Classe e tipologia di barriera	Elementi longitudinali principali	Momento Plasticizzazione in direzione longitudinale	Numero di montanti sostenuti dall'ancoraggio		Resistenza ancoraggio di avvio [kN]		Resistenza ancoraggio di fine [kN]	
			ancoraggio di avvio	ancoraggio di fine	Fp1	Fp2	Fp1	Fp2
T1 bordo laterale	n.3 tondi $\Phi 48.3\text{mm}$	6.67 kNm	1	1	30	30	15,45	15,45

Classe e tipologia di barriera	Elementi longitudinali principali	Ancoraggio di avvio	Ancoraggio di fine
T1 bordo laterale	n.3 tondi $\Phi 48.3\text{mm}$	n.4 tirafondi M16 l=250mm con resina epossidica	n.4 tirafondi M16 l=250mm con resina epossidica

8 CONCLUSIONI

Gli interventi di messa in sicurezza di Via Vecchia di Sant'Anna risultano compatibili con gli strumenti normativi esistenti. L'intervento è compatibile con gli strumenti urbanistici e rientra tra le tipologie di intervento non soggette ad autorizzazione paesaggistica.

Per tutto quanto non precisato nella relazione si rimanda alla documentazione fotografica e agli elaborati grafici allegati.

I Tecnici
ING. IVANO MENSO
ARCH. NADIA FRULLO