



POLITECNICO

MILANO 1863

Scuola di Ingegneria Civile, Ambientale e Territoriale

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Civile

Elaborato di Laurea Magistrale

**SVILUPPO DI UN METODO DI RILIEVO E DI UN INDICE DI
PRESTAZIONE PER L'ORDINAMENTO DELLE PRIORITA' DI
INTERVENTO SULLE BARRIERE DI SICUREZZA STRADALI.
APPLICAZIONE AL CASO STUDIO DELLA S.P. 46
IN PROVINCIA DI BERGAMO**

Relatore: Prof. Ing. Emanuele Toraldo
Correlatore: Dott. Ing. Massimiliano Rizzi

Candidato:
Kevin Vedovati
Matr. n. 969542

Anno Accademico 2021-2022

“Al val piò la pràtica che la gramàtica”

(vale di piú la pràtica che la grammatica)

Proverbio bergamasco

RINGRAZIAMENTI

Giunto al termine di questo percorso di studi, in cui ho potuto apprendere, confrontarmi e relazionarmi con tante persone e realtà, le quali mi hanno permesso di crescere dal punto di vista professionale e soprattutto umano, desidero ringraziare innanzitutto la mia famiglia per il costante supporto morale e materiale che mi hanno permesso di affrontare le varie difficoltà che si sono presentate e di raggiungere questo traguardo.

Desidero ringraziare il Professor Emanuele Toraldo per la disponibilità, la professionalità, i preziosi consigli e il supporto fornitomi nella stesura di questo elaborato.

Un sentito ringraziamento, inoltre, al Dott. Ing. Massiliano Rizzi e a tutto il personale tecnico del Settore Viabilità della Provincia di Bergamo per il supporto, i consigli e la disponibilità nell'avermi fornito la strumentazione e i mezzi affinché potessi raccogliere il materiale necessario per la realizzazione del seguente elaborato.

Ringrazio tutti i miei colleghi e amici di università, alcuni dei quali conosciuti nei primi giorni di quel lontano Settembre 2017 quando tutto iniziò e altri conosciuti durante il percorso, per l'aiuto reciproco e il sostegno nei periodi di studio e per i momenti di svago che hanno caratterizzato la nostra avventura universitaria in quel di Milano e nelle vacanze estive.

Un ringraziamento sincero, inoltre, a tutti i miei amici di Bergamo, che raggiungevo solo nei week-end, per i momenti di spensieratezza e di respiro durante le sessioni d'esame e per le svariate vacanze fatte e che difficilmente scorderemo... In particolare ringrazio il mio amico e coinquilino Nicolas per aver trascorso questi anni insieme tra gioie, delusioni, esami, lezioni e cene a base di pastù, ita!pizze, willy's burger, tonnellate di riso freddo e moretti bianche.

Questi 5 anni sono stati caratterizzati da molti alti e bassi, soprattutto i primi anni quando tutto l'impegno messo nello studio veniva raramente ripagato, notti insonni prima degli esami, ansia, stress, giornate e week-end spesi rinchiuso in un'aula o in camera a studiare 12 ore al giorno, e poi per non bastare la terribile pandemia da Covid-19 che ci ha allontanati e costretti a vederci tramite lo schermo di un pc per circa un anno ma che poi forse ci ha reso più uniti.

Allora oggi 6 Ottobre 2022, giorno in cui termino la mia carriera universitaria mi chiedo: ne è valsa la pena? Oggi non so dare una risposta certa, ma spero che un giorno quando rileggerò queste righe saprò darmene una.

Milano, 06/10/2022

Kevin Vedovati

INDICE

RINGRAZIAMENTI	3
ELENCO FIGURE	6
ELENCO TABELLE	8
ABSTRACT	10
SOMMARIO	11
1 INTRODUZIONE	12
2 IL DEGRADO DELLE BARRIERE DI SICUREZZA STRADALE	14
2.1 Generalità e funzioni delle barriere di sicurezza stradale	14
2.2 Caratteristiche tecniche e progettuali delle barriere di sicurezza stradale	14
2.2.1 Tipologie di barriere di sicurezza	15
2.2.2 Cenni agli aspetti progettuali e costruttivi delle barriere di sicurezza	20
2.2.3 Quadro normativo di riferimento	23
2.3 Principali caratteristiche e difetti di una barriera di sicurezza metallica	24
2.3.1 Materiali e durabilità	24
2.3.2 Caratteristiche e possibili difetti di un guardrail	27
3 RILIEVO DEI DIFETTI E INDICI DI STATO: STATO DELL'ARTE	36
3.1 Metodologie di valutazione dello stato di una struttura e criteri di ordinamento delle priorità' in Italia	36
3.1.1 Valutazione del danno con il Metodo Di Valutazione Numerica del Cias.....	36
3.1.2 Criterio di ordinamento delle priorità di intervento di ANAS	38
3.1.3 Criterio di ordinamento delle priorità di intervento dell'Ufficio Ispettivo Territoriale di Roma (UIT)	42
3.1.4 Criterio di ordinamento delle priorità di intervento del servizio strade della Provincia di Bolzano	46
3.1.5 Confronto tra i criteri di ordinamento delle priorità sopra descritti	47
3.2 Criteri di ordinamento delle priorità di intervento sulle barriere di sicurezza stradale nel mondo	48
3.2.1 Vehicle Restraint Systems Detailed Inspection and Priorisation (VRSDIP)	48
3.2.2 The United Kingdom Roads Liaison Group Guidance, method C.	51
4 PROPOSTA DI UN NUOVO CRITERIO DI ORDINAMENTO DELLE PRIORITÀ DI INTERVENTO SULLE BARRIERE DI SICUREZZA STRADALI	55
4.1 Vantaggi e Limiti del Metodo	62
5 RILIEVO DEI DIFETTI E CALCOLO DEGLI INDICI DI PRESTAZIONE: IL CASO STUDIO DELLA S.P. 46 IN PROVINCIA DI BERGAMO	63

5.1	Presentazione e obiettivi del caso studio	63
5.2	Inquadramento geografico e caratteristiche tecniche della s.p. 46.....	63
5.3	Rilievo visivo dei difetti delle barriere di sicurezza	64
5.4	Esempio di calcolo dell' indice di prestazione generale di una tratta	65
5.4.1	Calcolo indice di stato della tratta	66
5.4.2	Calcolo Indice di posizione.....	67
5.5	Risultati e osservazioni	68
5.6	Interventi manutentivi e aggiornamento dell'IPG	69
6	CONCLUSIONI	71
	BIBLIOGRAFIA.....	72
	ALLEGATI	74
	ALLEGATO 1 : Schede Difettologiche per barriere di sicurezza stradale.....	74
	ALLEGATO 2 : IPG barriera pre-intervento	91
	ALLEGATO 3 : IPG barriera post-intervento.....	93
	ALLEGATO 4 : mappatura barriere s.p.46.....	94
	ALLEGATO 5 : catasto barriere di sicurezza provincia di bergamo	95

ELENCO FIGURE

<i>Figura 1 Trend del numero di incidenti, morti e feriti sulla strada in Italia dal 1999 al 2019 (ISTAT) ...</i>	<i>12</i>
<i>Figura 2 Tipologie barriere di sicurezza stradale</i>	<i>15</i>
<i>Figura 3 Esempio barriera di sicurezza longitudinale: a) spartitraffico b) bordo laterale</i>	<i>15</i>
<i>Figura 4 Esempio barriera per opere d'arte: a) acciaio zincato b) Cor-Ten.....</i>	<i>16</i>
<i>Figura 5 Esempio terminali: a) interrato b) speciale.....</i>	<i>16</i>
<i>Figura 6 Esempi di transizione</i>	<i>16</i>
<i>Figura 7 Esempi attenuatori d'urto: a) non redirettivo b) redirettivo</i>	<i>17</i>
<i>Figura 8 Esempi letti di arresto.....</i>	<i>17</i>
<i>Figura 9 Esempio varco apribile</i>	<i>18</i>
<i>Figura 10 Esempio parapetto per pedoni</i>	<i>18</i>
<i>Figura 11 Esempio guardrail per pedoni.....</i>	<i>18</i>
<i>Figura 12 Guardrail: a) ancorato su cordolo in c.a. b) infisso nel terreno</i>	<i>19</i>
<i>Figura 13 New jersey: a) ancorato a terra b) semplice appoggio</i>	<i>20</i>
<i>Figura 14 corretta installazione barriera di sicurezza in presenza di un elemento da proteggere.....</i>	<i>20</i>
<i>Figura 15 Barriere infisse nel terreno: a) crash-test b) tipi di interazione con il terreno.....</i>	<i>22</i>
<i>Figura 16 Barriere vincolate su supporto rigido: a) esempio b) esempi di ancoraggio</i>	<i>22</i>
<i>Figura 17 Guardrail: a) ancorato su cordolo in c.a. b) infisso nel terreno.....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 18 Barriera di sicurezza realizzata in Cor-Ten.....</i>	<i>25</i>
<i>Figura 19 Barriera di sicurezza realizzata in acciaio zincato.....</i>	<i>25</i>
<i>Figura 20 Categorie di corrosività atmosferica ed esempi di ambienti tipici (UNI EN ISO 12944-2)</i>	<i>26</i>
<i>Figura 21 Ancoraggio barriera in terreno: a) schematizzazione b) tipi distribuzione sforzi montante-terreno</i>	<i>27</i>
<i>Figura 22 Sistema GroundSleeve di Stratec rt srl: a) schematizzazione b) render</i>	<i>28</i>
<i>Figura 23 Sistema S.C.Re.W.S di TLS Engineering: a) Installazione modello PIN b) modello PIN installato</i>	<i>28</i>
<i>Figura 24 Distribuzione sforzi su tirafondi e supporto rigido</i>	<i>29</i>
<i>Figura 25 Distribuzione sforzi nel cordolo in c.a.</i>	<i>29</i>
<i>Figura 26 Altezza cordolo in c.a. rispetto al piano di rotolamento: a) disegno tecnico b) esempio difetto rilevato.....</i>	<i>30</i>
<i>Figura 27 Allineamento cordolo-nastro: a) disegno tecnico b) esempio di corretto allineamento</i>	<i>30</i>
<i>Figura 28 Posizione montanti rispetto al cordolo in c.a.: a) disegno tecnico b) esempio di scorretta posa.....</i>	<i>31</i>
<i>Figura 29 Esempio suola mal progettata.....</i>	<i>32</i>
<i>Figura 30 a) cordolo rotto b) perdita del vincolo d'incastro del montante nel cordolo</i>	<i>32</i>
<i>Figura 31 Corrosione del nastro: a) diminuzione della sezione resistente b) intaccata la sezione resistente.....</i>	<i>33</i>
<i>Figura 32 Altezza estradosso nastro non adeguata in seguito a: a) cedimento muro di sostegno b) scorretta manutenzione stradale</i>	<i>33</i>
<i>Figura 33 Unioni bullonate: a) bullonature mancanti b) bullonature corrose.....</i>	<i>34</i>
<i>Figura 34 Conseguenze incidente contro terminale non adeguato</i>	<i>34</i>
<i>Figura 35 Assenza di transizione</i>	<i>35</i>

<i>Figura 36 Scheda difettologica metodo Cias</i>	<i>37</i>
<i>Figura 37 Scheda per il rilievo delle criticità dei dispositivi di ritenuta ANAS.....</i>	<i>41</i>
<i>Figura 38 Scheda per il rilievo e la valutazione dei dispositivi di ritenuta Provincia di Bolzano</i>	<i>47</i>
<i>Figura 39 Campi di applicazione del metodo C della guida UK</i>	<i>52</i>
<i>Figura 40 Inquadramento planimetrico S.P. 46 "Ponte Nossa - Zambla" su ortofoto.....</i>	<i>64</i>
<i>Figura 41 Inquadramento planimetrico tratta interessata dall'ispezione</i>	<i>65</i>
<i>Figura 42 Rilievo fotografico di una tratta della S.P.46: a) Nastro ossidato b) muro di sostegno ammalorato c), e) cordolo rotto d) perdita del vincolo di incastro del montante nel cordolo.....</i>	<i>66</i>
<i>Figura 43 Estratto scheda di valutazione Indice di Stato barriera</i>	<i>67</i>
<i>Figura 44 Estratto Scheda di Valutazione Indice di Posizione</i>	<i>68</i>
<i>Figura 45 Estratto Valutazione Indice di Posizione nella peggior situazione possibile.....</i>	<i>68</i>
<i>Figura 46 Intervento di rifacimento barriera S.P. 46.....</i>	<i>70</i>
<i>Figura 47 Esempio Tratti di barriera di sicurezza.....</i>	<i>74</i>
<i>Figura 48 Catasto barriere di sicurezza Provincia di Bergamo.....</i>	<i>95</i>

ELENCO TABELLE

<i>Tabella 1 Costo sociale totale dell'incidentalità con danni a persone (anno 2019)</i>	13
<i>Tabella 2 Classificazione strade secondo Nuovo Codice della Strada (D.Lgs 285/92 e s.m.i)</i>	21
<i>Tabella 3 Tipo di traffico (D.M. 21-06-2004)</i>	21
<i>Tabella 4 Classi minime di barriere longitudinali da applicare (D.M. 21-06-2004)</i>	21
<i>Tabella 5 Spessori minimi del rivestimento di zinco</i>	25
<i>Tabella 6 Categorie di dati anagrafici e strutturali nei dispositivi di ritenuta</i>	39
<i>Tabella 7 Pesì associati agli elementi strutturali nei dispositivi di ritenuta</i>	39
<i>Tabella 8 Categorie di stato di conservazione nei dispositivi di ritenuta</i>	40
<i>Tabella 9 Pesì associati agli elementi strutturali dei dispositivi di ritenuta</i>	41
<i>Tabella 10 Urgenza dell'intervento sulla base dell'indice di degrado dell'opera</i>	42
<i>Tabella 11 Punteggio da assegnare in funzione del tipo di strada e del TGM secondo il VRSDIP</i>	48
<i>Tabella 12 Punteggio da assegnare in funzione della velocità nel tratto ispezionato secondo il VRSDIP</i>	48
<i>Tabella 13 Punteggio da assegnare in funzione dei rischi rilevati nel tratto ispezionato secondo il VRSDIP</i>	49
<i>Tabella 14 Punteggio da assegnare in funzione delle caratteristiche della strada nel tratto ispezionato secondo il VRSDIP</i>	49
<i>Tabella 15 Fattore di condizione da attribuire ai difetti su lame/nastri secondo VRSDIP</i>	50
<i>Tabella 16 Fattore di condizione da attribuire ai difetti sui montanti secondo VRSDIP</i>	50
<i>Tabella 17 Fattore di condizione da attribuire ai difetti sui terminali secondo VRSDIP</i>	51
<i>Tabella 18 Tabella riassuntiva fattore di condizione totale secondo VRSDIP</i>	51
<i>Tabella 19 Classi di priorità del metodo C della guida UK</i>	52
<i>Tabella 20 Punteggio da attribuire al fattore di posizione secondo il metodo C della guida UK</i>	52
<i>Tabella 21 Punteggio da attribuire al fattore di configurazione secondo il metodo C della guida UK (parte 1)</i>	53
<i>Tabella 22 Punteggio da attribuire al fattore di configurazione secondo il metodo C della guida UK (parte 2)</i>	53
<i>Tabella 23 Punteggio da attribuire al fattore di collisione secondo il metodo C della guida UK (parte 1)</i>	53
<i>Tabella 24 Punteggio da attribuire al fattore di collisione secondo il metodo C della guida UK (parte 2)</i>	54
<i>Tabella 25 Punteggio da attribuire al fattore di consequenziale secondo il metodo C della guida UK (parte 1)</i>	54
<i>Tabella 26 Punteggio da attribuire al fattore di consequenziale secondo il metodo C della guida UK (parte 2)</i>	54
<i>Tabella 27 Punteggio da attribuire al fattore di consequenziale secondo il metodo C della guida UK (parte 3)</i>	54
<i>Tabella 28 Valori attribuiti al coefficiente K1 in funzione dell'estensione del difetto secondo il criterio proposto</i>	55
<i>Tabella 29 Valori attribuiti al coefficiente K2 in funzione della severità del difetto secondo il criterio proposto</i>	56

<i>Tabella 30 Valori attribuiti all'indice di installazione secondo il criterio proposto</i>	<i>57</i>
<i>Tabella 31 Valori attribuiti all'indice di esposizione secondo il criterio proposto.....</i>	<i>58</i>
<i>Tabella 32 Valori attribuiti all'indice di vulnerabilità secondo il criterio proposto</i>	<i>59</i>
<i>Tabella 33 Valori attribuiti all'indice di ubicazione secondo il criterio proposto</i>	<i>59</i>
<i>Tabella 34 Valori attribuiti all'indice di traffico secondo il criterio proposto</i>	<i>60</i>
<i>Tabella 35 Matrice di ordinamento gerarchico degli indici come da Analisi MultiCriteria</i>	<i>61</i>
<i>Tabella 36 Pesi attribuiti a ciascun indice del criterio proposto.....</i>	<i>61</i>
<i>Tabella 37 Classi di Prestazione Generale secondo il criterio proposto</i>	<i>61</i>

ABSTRACT

Road safety is a very important topic at national and European level, in fact everything possible must be implemented in order to minimise the number of road accidents.

The initiatives undertaken aim at the three elements involved in the accident phenomenon: the man, the car and the road.

Regarding the road, ordinary and extraordinary maintenance programmes, renewal of bituminous pavements, maintenance of horizontal and vertical signs, and specific repair and modernisation interventions are implemented with increasing attention, in order to improve the safety and the practicability of the road network.

This paper analyses this context, proposing the development of a new survey method and a General Performance Index (IPG) to detect the intervention priorities on road safety barriers.

To apply the method, the technical staff of the Province of Bergamo decided to use the S.P.46 "strada della Val del Riso" as pilot road. At the end of the survey, we obtained an updated "photograph" of the actual conditions of the installed road safety barriers.

Once the entire provincial network will be detected, this will be extremely useful to prepare multi annuals programmes for the replacement of the barriers, that have to be implemented gradually, according to decreasing priorities due to the value of the General Performance Index obtained for each barrier.

SOMMARIO

La sicurezza stradale è un tema di grande rilevanza a livello nazionale ed europeo, nella convinzione che occorra attuare tutto ciò che è possibile al fine di contenere il numero degli incidenti stradali.

Le iniziative intraprese sono rivolte ai tre elementi coinvolti nel fenomeno della sinistrosità ovvero: l'uomo, la macchina e la strada.

Per quanto riguarda l'elemento strada, vengono attuati con attenzione sempre crescente programmi di manutenzione ordinaria e straordinaria, di rinnovo delle pavimentazioni bituminose, di manutenzione della segnaletica orizzontale e verticale, e interventi puntuali di sistemazione e ammodernamento, il tutto rivolto a migliorare le condizioni di percorribilità della rete stradale. In quest'ambito si colloca il presente documento, che propone lo sviluppo di un nuovo metodo di rilievo e di un Indice di Prestazione Generale (IPG) per l'ordinamento delle priorità di intervento sulle barriere di sicurezza stradali.

Per l'applicazione di questo nuovo metodo si è deciso, con il personale tecnico della Provincia di Bergamo, di utilizzare la S.P. 46 "strada della Val del Riso" come strada "pilota". Al termine del rilievo si è ricavata una "fotografia" aggiornata della situazione in merito alle barriere di sicurezza installate. Essa sarà estremamente utile, una volta rilevata tutta la rete provinciale, per predisporre programmi pluriennali di rifacimento delle barriere, da attuare per gradi, secondo priorità decrescenti in funzione del valore dell'Indice di Prestazione Generale ricavato per ciascuna barriera.

1 INTRODUZIONE

La sicurezza stradale è per tutti i governi Europei ed Extraeuropei una delle priorità a livello nazionale, regionale e locale. Conseguentemente il comune impegno sul tema della sicurezza stradale è uno dei principi ispiratori dei vari Piani Nazionali di Sicurezza Stradale, attraverso i quali si intende ridurre drasticamente il numero dei morti e dei feriti sulle strade con l'obiettivo europeo di raggiungere la quota di "zero morti" entro il 2050 (c.d. Vision Zero).

Grazie all'azione svolta a livello Europeo e su scala nazionale, regionale e locale, negli ultimi decenni la sicurezza stradale nell'UE è notevolmente migliorata. Secondo quanto riportato nel Piano Nazionale di Sicurezza stradale 2030, tra il 2001 e il 2010 il numero delle vittime di incidenti stradali nell'UE è diminuito del 43% e di un ulteriore 22.1% tra il 2010 e il 2019. Tuttavia i dati europei continuano a mostrare il permanere di un numero eccessivo di morti sulle strade europee (24.620 vittime nel 2019), con costi economici stimabili in oltre 50 miliardi di €, che salgono a più di 100 miliardi € se si considera il totale degli incidenti stradali. Di conseguenza, ad agosto 2020 l'Assemblea generale delle Nazioni Unite ha approvato la soluzione "Migliorare la sicurezza stradale globale", che fissa un nuovo obiettivo per la comunità internazionale di ridurre il numero di vittime della strada del 50 % entro il 2030 [PNSS30].

Il grafico sotto riportato (fig.1) mostra come, in Italia a partire dal 2001, il trend del numero di morti in conseguenza di incidenti stradali abbia subito una significativa riduzione, pari a circa il 55%. Analogamente il numero di feriti ha registrato un andamento decrescente, sebbene in maniera minore rispetto al numero dei morti, infatti tra il 2001 e il 2019 il numero di feriti è diminuito del 35%.

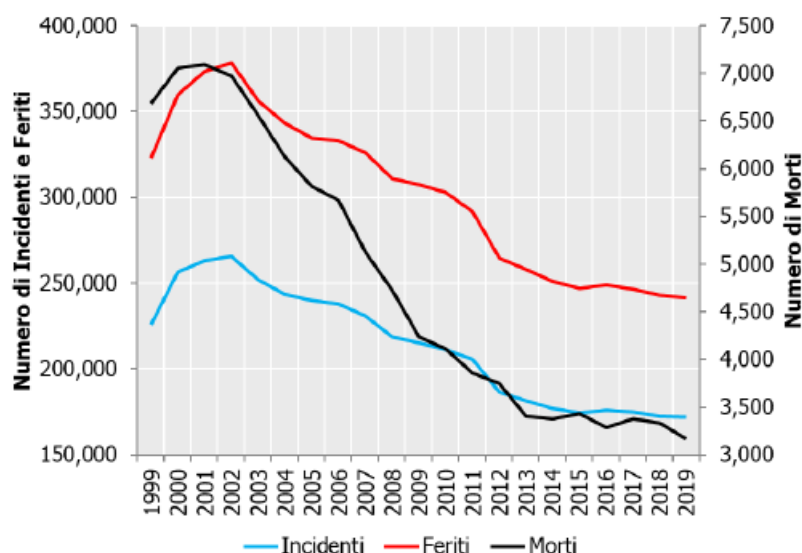


Figura 1 Trend del numero di incidenti, morti e feriti sulla strada in Italia dal 1999 al 2019 (ISTAT)

Gli incidenti stradali, oltre a rappresentare un costo umano e sociale inaccettabile, rappresentano un costo significativo in termini economici per l'intera collettività. Con danno economico si intende la quantificazione economica degli oneri che, a diverso titolo, gravano sulla società, a seguito delle conseguenze causate da un incidente stradale.

Nel 2019, i costi totali nazionali degli incidenti stradali sono risultati pari a più di 16 miliardi di euro (tabella 1)[PNSS 2030].

	Valori in €
Costo totale dei decessi	4.772.160.270,00
• Valore medio per vittima	1.503.990
• N° vittime	3.173
Costo totale dei feriti	10.0190.991.096,00
• Valore medio per ferito	42.219
• N° feriti	241.384
Costi generali totali	1.891.602.438,00
Valore medio per incidente	10.986
• N° incidenti	172.183
COSTO SOCIALE INCIDENTALITA'	16.854.753.804,00

Tabella 1 Costo sociale totale dell'incidentalità con danni a persone (anno 2019)

Pertanto, il Piano Nazionale Sicurezza Stradale 2021-2030 (PNSS 2030) vuole fornire al nostro Paese un importante documento di programmazione, che consenta, attraverso successivi programmi operativi di attuazione, di ridurre fortemente il numero di incidenti stradali, dopo un periodo di significativo miglioramento nei primi anni del 2000 ed un successivo rallentamento negli anni più recenti.

Tale piano si colloca a valle dei due documenti precedenti: Piano PNSS 2010 e relativo aggiornamento PNSS Orizzonte 2020, che sono stati i principali riferimenti nel processo di miglioramento della sicurezza stradale in Italia negli ultimi due decenni.

Un ruolo certamente rilevante è da attribuire alla infrastruttura stradale che, a volte, è causa e più spesso concausa degli incidenti stradali, ma che può in ogni caso avere un ruolo determinante nel ridurre la gravità delle conseguenze di molti incidenti, in particolare di quelli che derivano dalla perdita del controllo del veicolo, con conseguente tendenza dello stesso a fuoriuscire dalla carreggiata stradale.

A tal fine un compito determinante è svolto nelle costruzioni stradali dai dispositivi di ritenuta e dal loro corretto impiego, così come confermato dall'attenzione che le normative nazionali e comunitarie continuano ad esercitare su questi elementi.

In particolare, la Direttiva Ministeriale del 25/08/2004 ribadisce questa importanza affermando che: *“Il ripetersi di incidenti stradali le cui conseguenze sono rese ancor più gravi a causa della mancanza o dell'inadeguatezza di sistemi di ritenuta impone di richiamare l'attenzione di tutti gli enti proprietari e gestori di strade a verificare, lungo la rete stradale di propria competenza, le condizioni di efficienza e di manutenzione dei dispositivi di ritenuta, con particolare riferimento alle modalità di installazione. Provvedendo, laddove tali condizioni non siano ritenute sufficienti, a programmarne l'adeguamento alle disposizioni vigenti in materia”.*

2 IL DEGRADO DELLE BARRIERE DI SICUREZZA STRADALE

2.1 GENERALITÀ E FUNZIONI DELLE BARRIERE DI SICUREZZA STRADALE

In ambito stradale, come peraltro in tutti gli ambiti lavorativi, vengono identificati due concetti di sicurezza: ATTIVA e PASSIVA. La prima è ciò che rende poco probabile l'incidente, la seconda invece è ciò che riduce le conseguenze di un incidente.

Pertanto le barriere di sicurezza appartengono alla classe di sicurezza PASSIVA, in quanto chiamate ad intervenire per ridurre le conseguenze di un "non corretto comportamento di guida".

Per definizione, la barriera di sicurezza stradale è un **«elemento tendente a evitare la fuoriuscita dei veicoli dalla piattaforma o comunque a ridurre le conseguenze dannose. È contenuto all'interno dello spartitraffico o del margine esterno alla piattaforma»** [DM 5/11/2001]. Quindi i sistemi di ritenuta non eliminano il rischio di incidente, ma cercano di limitare le conseguenze che l'incidente può provocare sull'uomo.

Con il recepimento della UNI EN 1317 da parte del DM. 28/06/2011 sono state chiarite quali sono le prestazioni che devono avere le barriere di sicurezza stradali:

- Impedire l'uscita del veicolo "fuori controllo" dalla carreggiata stradale e/o l'ingresso in zone pericolose;
- Indurre, in caso di impatto, agli occupanti del veicolo decelerazioni contenute;
- Reindirizzare il veicolo impattante con un basso angolo di riflessione;
- Avere una deformazione massima definita;
- Avere caratteristiche costanti per tutta la loro lunghezza.

Inoltre a decorrere dal 01/01/2011 (art. 2 del DM 28/06/2011) tutte le barriere di sicurezza stradale devono essere muniti di marcatura CE (Conformità Europea), ossia è obbligo del costruttore della barriera di rispettare i requisiti di sicurezza previsti dalla norma UNI EN 1317.

2.2 CARATTERISTICHE TECNICHE E PROGETTUALI DELLE BARRIERE DI SICUREZZA STRADALE

La progettazione dei dispositivi di ritenuta deve seguire il seguente principio: **«Le barriere di sicurezza devono essere installate solo dove le conseguenze di un impatto con esse possono essere giudicate meno gravi di quelle che si avrebbero impattando l'elemento da esse schermato o fuoriuscendo dalla carreggiata stradale».**

Inoltre poiché il funzionamento di una barriera di sicurezza è legato alla possibilità di innesco della catena cinematica, le protezioni dovranno in ogni caso avere un'estensione almeno pari a quella indicata nella scheda tecnica fornita dal produttore.

Una delle questioni preminenti legate all'efficacia delle barriere di sicurezza è quella relativa alla loro installazione: condizioni di installazione errate o sostanzialmente diverse da quelle utilizzate in fase di test per la Marcatura CE - UNI EN 1317 – 1 - possono pregiudicare l'adeguata risposta delle barriere in caso d'urto e addirittura, rendere il dispositivo di ritenuta pericoloso per gli utenti dei veicoli collidenti.

2.2.1 Tipologie di barriere di sicurezza

La normativa europea di riferimento (EN 1317-1) suddivide le barriere stradali di sicurezza in due grandi famiglie:

- Sistemi di ritenuta VEICOLARI: barriere ed elementi di integrazione installati sulla strada al fine di fornire un livello di contenimento per veicoli in svio;
- Sistemi di ritenuta PEDONALI: barriere installate per fornire una guida ai pedoni e proteggerli dal traffico veicolare.



Figura 2 Tipologie barriere di sicurezza stradale

Nel seguito si andrà a descrivere brevemente, con tanto di immagini esplicative, le diverse tipologie di barriere che troviamo nello schema di figura 2:

- *Barriera di sicurezza longitudinale*: barriera di sicurezza stradale per veicoli installata lungo i bordi di una strada o nello spartitraffico centrale.

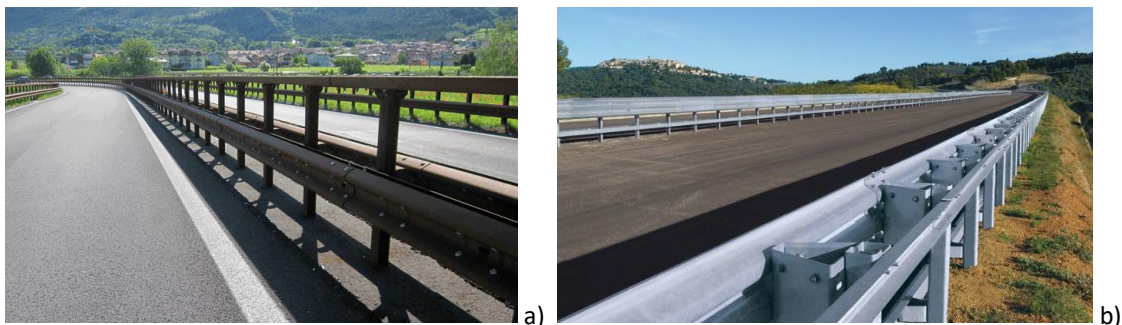


Figura 3 Esempio barriera di sicurezza longitudinale: a) spartitraffico b) bordo laterale

- **Barriera per opere d'arte:** barriere di sicurezza installata sul bordo di un ponte, di un muro di contenimento o di strutture analoghe in cui vi è il rischio di caduta dall'alto e che necessitano di protezioni aggiuntive per pedoni e altri utenti della strada.

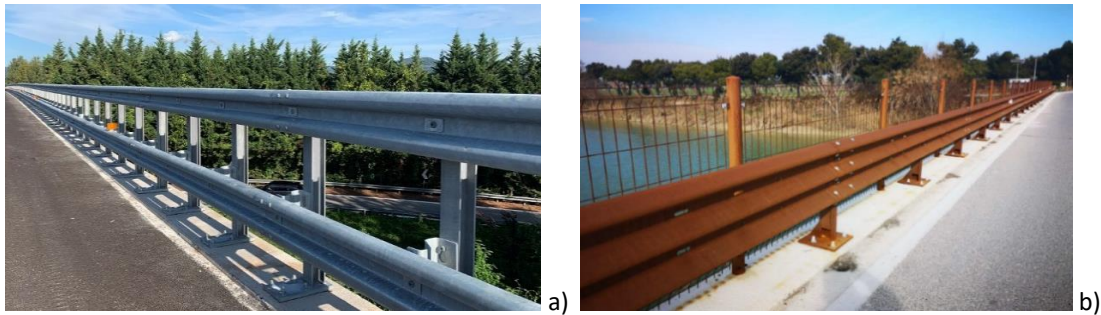


Figura 4 Esempio barriera per opere d'arte: a) acciaio zincato b) Cor-Ten

- **Terminale:** parte di inizio o fine di una barriera di sicurezza longitudinale. L'origine, per quanto possibile, non deve essere esposta al traffico. La costruzione del terminale deve rappresentare una transizione con contenimento graduale dei veicoli, da zero nell'origine fino alle prestazioni complete nel punto in cui si uniscono alla barriera.

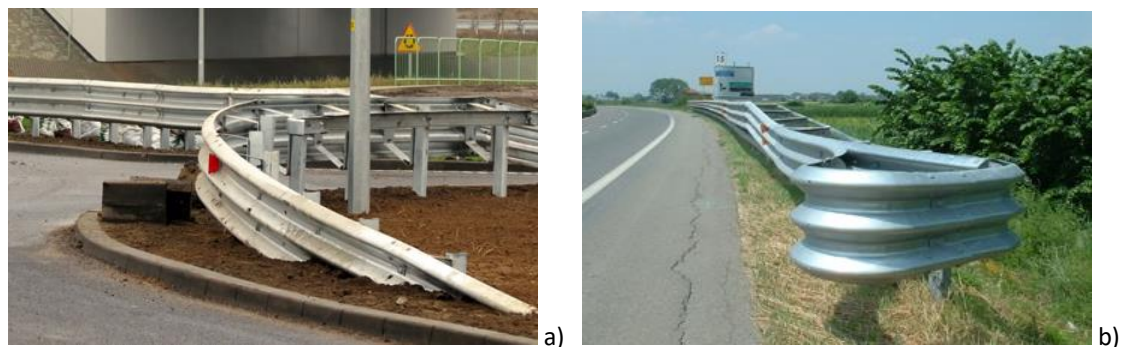


Figura 5 Esempio terminali: a) interrato b) speciale

- **Transizione:** zona di collegamento tra barriere aventi diverse caratteristiche geometriche e/o diverso livello di contenimento.



Figura 6 Esempi di transizione

- **Attenuatore d'urto:** dispositivo capace di assorbire l'energia di un veicolo che vi impatta. Viene installato a protezione di punti singolari ad elevata pericolosità come pile dei ponti, cuspidi, ecc... E' generalmente realizzato in materiale deformabile (acciaio e polietilene) in grado di assorbire l'energia del veicolo impattante. Possono essere *Redirettivi (R)* o *Non Redirettivi (NR)* a seconda se rinviano oppure no i veicoli.

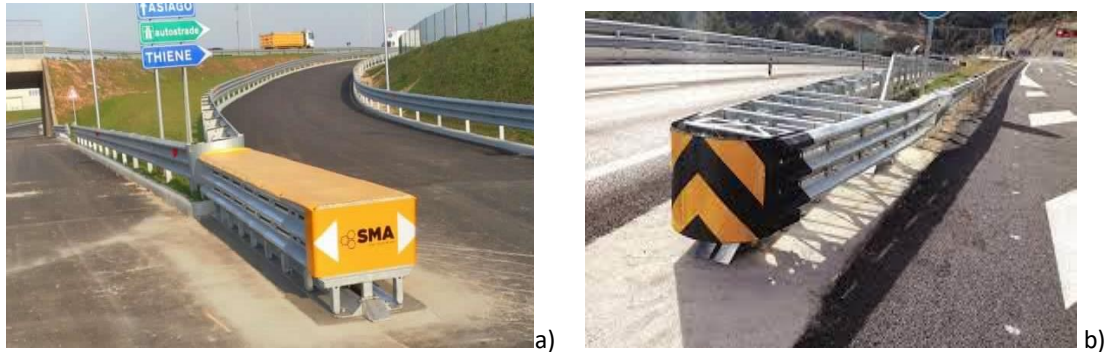


Figura 7 Esempi attenuatori d'urto: a) non redirettivo b) redirettivo

- **Letto di arresto:** area non pavimentata adiacente alla strada riempita con materiale in grado di decelerare e arrestare i veicoli in svio, rendendo minime le sollecitazioni sugli utenti interni al veicolo.



Figura 8 Esempi letti di arresto

- **Varco apribile:** barriera removibile realizzata appositamente per l'apertura di varchi tra le carreggiate di strade e autostrade. La sua particolarità consiste nel fatto che può essere aperto completamente o in parte, velocemente e senza particolari dotazioni. La sezione consiste in un determinato numero di moduli standard, connessi da perni, che permettono l'apertura a compasso.



Figura 9 Esempio varco apribile

- *Parapetto per pedoni*: barriera di sicurezza per pedoni o “altri utenti” installata lungo un ponte o sulla cima di un muro di contenimento o di una struttura analoga, **non progettata come barriera di sicurezza stradale per veicoli**.



Figura 10 Esempio parapetto per pedoni

- *Guardrail per pedoni*: barriera di sicurezza per pedoni o “altri utenti” posta lungo il margine di un sentiero o di un marciapiede; Il guardrail rappresentato tutela in parte il pedone ma è installato principalmente per evitare il salto dal ponte o dal muro del veicolo.



Figura 11 Esempio guardrail per pedoni

Nella pratica attuale esistono essenzialmente due tipologie di barriere di sicurezza per veicoli: i GUARDRAIL e i NEW JERSEY.

I primi rappresentano sistemi di ritenuta in acciaio e consistono in un sistema strutturale formato da tre elementi:

- *Montanti/Paletti*: hanno la funzione di sorreggere l'intera struttura della barriera, possono essere infissi nel terreno o ancorati ad un cordolo in calcestruzzo armato ("banchettone")
- *Distanziatori*: elemento che si interpone tra la lama ed il montante e contribuisce deformandosi all'assorbimento dell'energia d'urto;
- *Lama (o nastro)*: ha la funzione di contenere il veicolo in caso di fuoriuscita dalla carreggiata, può essere due o tre onde;

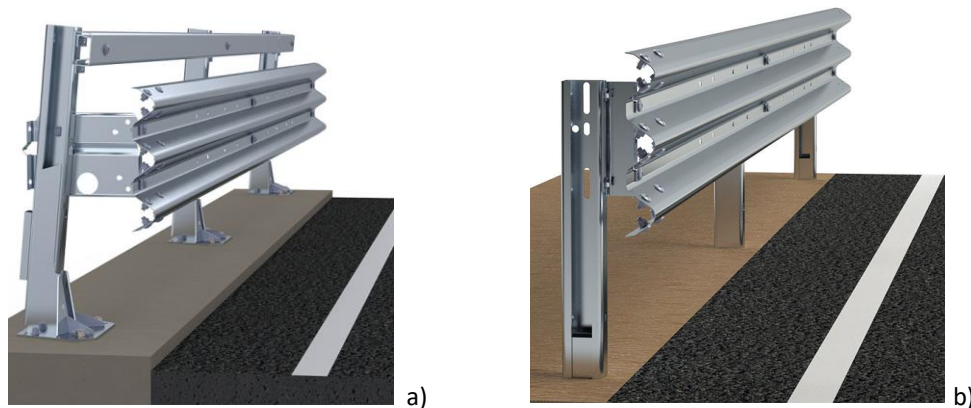


Figura 12 Guardrail: a) ancorato su cordolo in c.a. b) infisso nel terreno

In caso d'urto le barriere in acciaio si dimostrano molto efficaci, per la loro capacità di deformazione. Queste barriere infatti hanno elevata capacità di deformarsi e assorbire, in fase plastica, la violenza d'urto, riducendo in questo modo gli effetti sugli occupanti del veicolo in termini di decelerazione subita.

La dissipazione dell'energia d'urto per le barriere in acciaio avviene per:

- lavoro di deformazione dell'acciaio;
- attrito veicolo-barriera;
- deformazione del veicolo.

I "New Jersey" sono elementi prefabbricati in calcestruzzo caratterizzati da un particolare profilo in grado di reindirizzare in carreggiata, in posizione parallela rispetto alla barriera stessa, i veicoli che li urtano.

Questi elementi vengono posizionati e ancorati tra loro in situ secondo i diversi criteri di utilizzo: semplice appoggio o vincolate attraverso ancoraggi duttili.

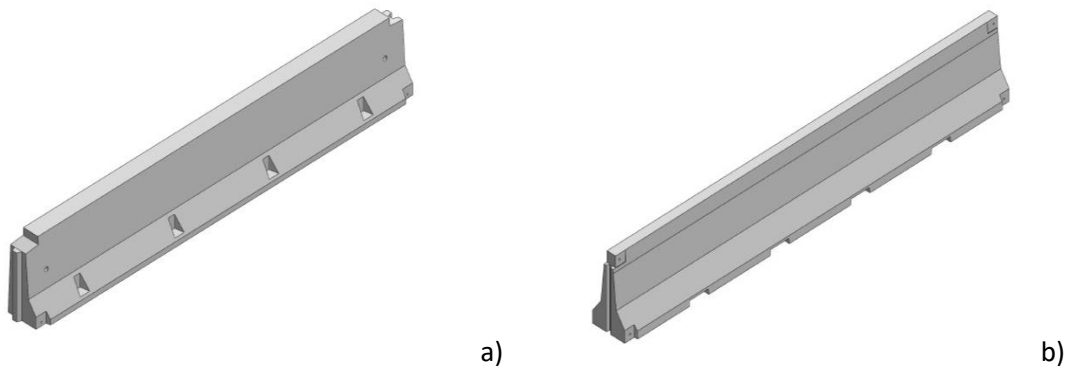


Figura 13 New jersey: a) ancorato a terra b) semplice appoggio

In caso d’impatto di limitata entità, questa tipologia non necessita di particolari interventi di manutenzione successivi. La dissipazione dell’energia d’urto per le barriere in calcestruzzo avviene per:

- attrito veicolo-barriera e barriera-supporto;
- lavoro di spostamento delle masse;
- lavoro necessario per la rottura dei collegamenti o di parti della struttura.

2.2.2 Cenni agli aspetti progettuali e costruttivi delle barriere di sicurezza

Quando occorre installare barriere per la protezione di ostacoli (punti singolari), queste dovranno essere installate per una estensione pari a quella indicata nelle prove di crash-test, ponendo circa 2/3 dell’estensione prima dell’ostacolo e il restante terzo oltre, integrandole eventualmente con ancoraggi e/o terminali semplici adeguati.

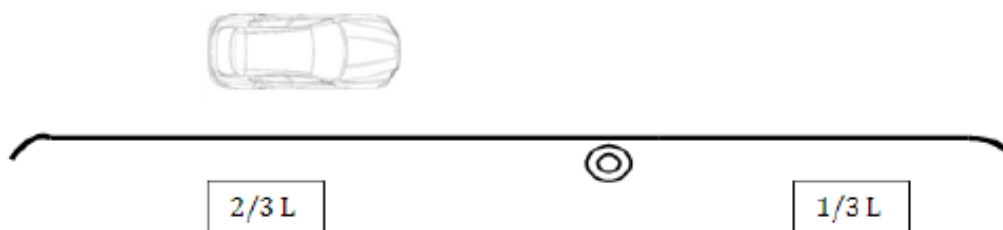


Figura 14 corretta installazione barriera di sicurezza in presenza di un elemento da proteggere

Per rendere più immediata l’individuazione della classe della barriera da utilizzare è possibile utilizzare la tabella di sintesi, riportata nel Decreto Ministeriale del Ministero delle Infrastrutture e Trasporti n. 2367 del 21/06/2004, in funzione del:

- tipo di strada (in base al Nuovo Codice della Strada);

Tipi secondo il CS	Sigla	Ambito territoriale	Ambito territoriale
Autostrada	A	Extra urbano	Strada principale
			Eventuale strada di servizio
		Urbano	Strada principale
			Eventuale strada di servizio
Extra-urbana principale	B	Extra urbano	Strada principale
			Eventuale strada di servizio
Extra-urbana secondaria	C	Extra urbano	C1 (a traffico sostenuto)
			C2 (a traffico limitato)
Urbana di scorrimento	D	Urbano	Strada principale
			Eventuale strada di servizio
Urbana di quartiere	E	Urbano	
Locale	F	Extra urbano	F1 (a traffico sostenuto)
			F2 (a traffico limitato)
		Urbano	

Tabella 2 Classificazione strade secondo Nuovo Codice della Strada (D.Lgs 285/92 e s.m.i)

- tipo di traffico (I, II o III, secondo il TGM e della percentuale di traffico pesante);

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 3 Tipo di traffico (D.M. 21-06-2004)

- ubicazione delle barriere (spartitraffico, bordo laterale, bordo ponte).

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

Tabella 4 Classi minime di barriere longitudinali da applicare (D.M. 21-06-2004)

Come specificato nel D.M. 2004, l'installazione delle barriere di sicurezza nelle opere d'arte esistenti non può prescindere da una verifica di compatibilità dei carichi trasmessi dalle barriere alle strutture con le relative resistenze di progetto, a differenza dell'installazione su opere d'arte di nuova realizzazione nel quale l'opera stessa è dimensionata sulla base dei carichi trasmessi dalle barriere adottate.

Per quanto riguarda le barriere metalliche, l'aspetto progettuale più rilevante relativo alla loro installazione consiste nella modalità di fissaggio dei montanti sul relativo supporto; possono distinguersi i due seguenti casi:

- **Barriere infisse nel terreno:** si tratta principalmente dei dispositivi di ritenuta da bordo laterale e delle barriere da spartitraffico collocate in sede naturale. In questo caso l'interazione tra barriera e supporto è, a parità di energia impattante, legata alle caratteristiche dei montanti e a quelle del suolo.

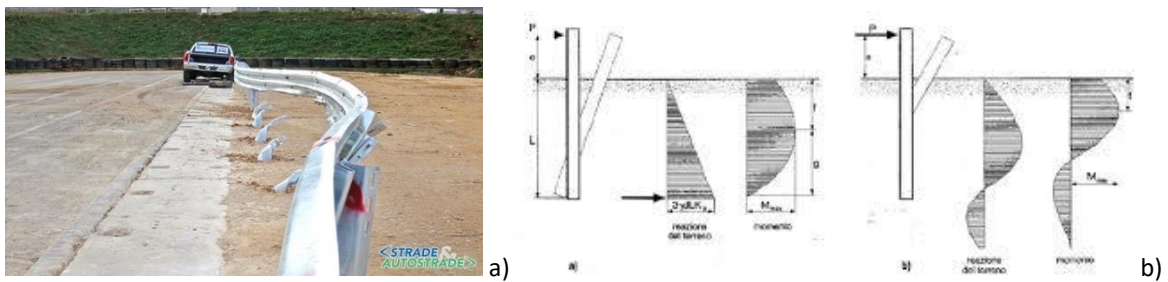


Figura 15 Barriere infisse nel terreno: a) crash-test b) tipi di interazione con il terreno

- **Barriere vincolate a un supporto rigido:** si tratta fondamentalmente delle barriere da bordo laterale collocate su opere d'arte e delle barriere da spartitraffico montate su supporti artificiali (es. cordoli in calcestruzzo). In questo caso invece l'interazione tra barriera e supporto si concentra nei tirafondi stessi che, per effetto delle sollecitazioni impresse ai montanti, sono soggetti a sforzi di taglio e trazione.

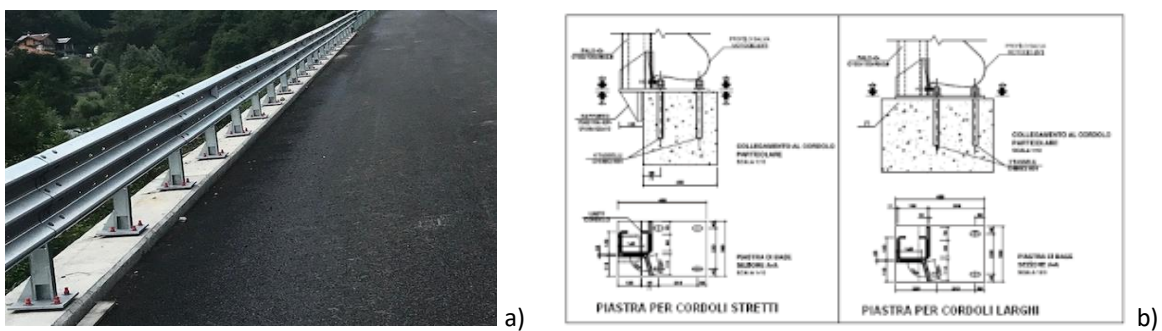


Figura 16 Barriere vincolate su supporto rigido: a) esempio b) esempi di ancoraggio

Per controllare la **correttezza dell'installazione** il progettista deve verificare che il tecnico abbia misurato durante e/o a conclusione del lavoro, i seguenti parametri:

- Interasse pali e altezza del bordo superiore del nastro, secondo quanto prescritto dalla normativa vigente, dai disegni generici o da quelli specifici della struttura;

- Lunghezza dell'installazione e allineamento della stessa in funzione dell'andamento plano-altimetrico della strada;
- Serraggio dei bulloni di accoppiamento e dei tirafondi in funzione della qualità del materiale e del diametro del bullone;
- L'infissione nel terreno o l'inghisaggio nelle strutture deve risultare perpendicolare e di misura conforme a quanto prescritto nei disegni specifici della struttura;
- Spessore degli elementi costituenti la barriera in conformità all'ordine di produzione;
- Aspetto generale della zincatura: macchie, rugosità, incrostazioni, brillantezza od opacità;

Al termine della verifica, in caso di esito positivo di tutti i controlli, il sistema di ritenuta sarà corredato sia della **Dichiarazione di Conformità dei produttori** che di un **Certificato di Corretta installazione**.

2.2.3 Quadro normativo di riferimento

Come osservato dall'Ing. F. Nicosia all'interno del suo quaderno tecnico, il tema delle barriere di sicurezza stradale è stato affrontato dalla legislazione italiana in maniera attenta e puntuale, con molte norme che a volte però non sono risultate così chiare ed omogenee; Lo stesso Ingegnere nel testo afferma che :*“ tra gli anni “1992 – 2019” sono state emesse più di 30 disposizioni normative in cui si fa riferimento alle barriere stradali. Attraverso una lettura approfondita dell'evoluzione normativa è possibile comprendere il ruolo che assumono le barriere stradali nell'ambito degli interventi di sicurezza stradale”*.

Volendo riassumere le principali normative tecniche specifiche sulle barriere stradale si può far riferimento al seguente, non esaustivo, elenco :

- **D.M. 18/02/1992 n°223** *«Regolamento recante istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza.»* : il primo regolamento e principale riferimento normativo italiano relativo all'installazione di barriere di sicurezza su strade extraurbane e urbane con velocità di progetto maggiore o uguale a 70 km/h.
- **D.M. 21/06/2004** *«Aggiornamento del decreto 18 febbraio 1992, n. 223 e successive modificazioni»* che contiene, tra l'altro, le *«Istruzioni Tecniche per la progettazione, omologazione e l'impiego dei dispositivi di ritenuta nelle costruzioni stradali»* tutt'ora di riferimento. Con tale decreto vengono recepite le norme UNI EN 1317 parti 1,2,3 e 4.
- **D.M. 28/06/2011** *«Disposizioni sull'uso e l'installazione dei dispositivi di ritenuta stradale»*: recepisce appieno la norma europea armonizzata di riferimento (EN 1317) e precisa che, a decorrere dal 1° gennaio 2011 i dispositivi di ritenuta stradale utilizzati e installati devono essere muniti di **marcatore CE**.
- **D.M. 01-04-2019** *“Dispositivi stradali di sicurezza per i motociclisti (DSM)”*: disciplina l'installazione dei dispositivi stradali di sicurezza per motociclisti (indicati con l'acronimo DSM) continui su barriere di sicurezza stradale discontinue.

Oggi, oltre alle norme nazionali, il riferimento normativo principale in cui si concentrano tutte le indicazioni specifiche sulle barriere è la norma europea armonizzata **UNI EN 1317**.

Data la vastità del quadro normativo di riferimento, spesso risulta difficile trovare una quadra e si finisce con il mancato rispetto di alcune normative.

Condividendo il pensiero tratto dal quaderno tecnico dell'Ing. F. Nicosia, al fine di incentivare la corretta applicazione delle norme sarebbe auspicabile la redazione di un "testo unico" in cui far convergere tutte le normative cogenti, specificando in dettaglio alcuni aspetti delle norme esistenti che risultano poco chiare.

2.3 PRINCIPALI CARATTERISTICHE E DIFETTI DI UNA BARRIERA DI SICUREZZA METALLICA

Come abbiamo già detto nei paragrafi precedenti, le barriere di acciaio, denominate "guardrail", sono costituite da correnti longitudinali sagomati a doppia o tripla onda fissati a montanti infissi nel terreno o ancorati ad un basamento in calcestruzzo.

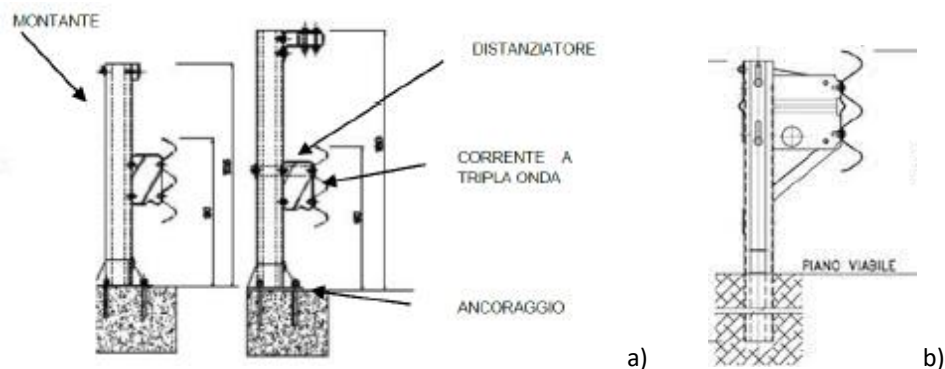


Figura 17 Guardrail: a) ancorato su cordolo in c.a. b) infisso nel terreno

2.3.1 Materiali e durabilità

La qualità del materiale con cui si realizzano le barriere di sicurezza riveste un ruolo di primaria importanza, pertanto dovrebbe essere considerato fin da subito nella fase progettuale. In ambito stradale, i sali disgelanti, l'umidità e i cicli di gelo-disgelo uniti all'ambiente acido provocato dai gas di scarico provocano la corrosione delle parti metalliche della barriera.

Un'ulteriore accelerazione del fenomeno può derivare anche da contatti non previsti e non protetti fra materiali con potenziali elettrici diversi, e quindi con caratteristiche di resistenza alla corrosione diverse.

Al giorno d'oggi per porre rimedio a tale problema, i componenti delle barriere vengono realizzati con particolari leghe metalliche e/o finiture:

1. Utilizzo di **acciaio autopassivante** (tipo **Cor-Ten**): caratterizzato dall'aver un'elevata resistenza alla corrosione (CORrosion resistance) e un'elevata resistenza meccanica (TENSil strength). Inoltre la tipica colorazione marrone causata dal processo di autopassivazione lo rende particolarmente adatto per l'applicazione in aree montane o comunque in quei luoghi in cui è necessario mitigare l'impatto con l'ambiente in seguito ai vincoli paesaggistici del sito.



Figura 18 Barriera di sicurezza realizzata in Cor-Ten

2. Utilizzo di **acciaio zincato a caldo** conforme alla norma UNI EN ISO 1461, con le seguenti masse di rivestimento per tutti gli spessori [Ing. A. Lenisia – Provincia di Bolzano]:

	Rivestimento locale (minimo)		Rivestimento medio (minimo)	
	g/mq	µm	g/mq	µm
Bulloneria	250	35	325	45
Profili	400	55	505	70

Tabella 5 Spessori minimi del rivestimento di zinco

L'acciaio utilizzato dovrà essere idoneo alla zincatura per immersione a caldo, secondo UNI EN ISO 14713-2 e UNI EN10025-2.



Figura 19 Barriera di sicurezza realizzata in acciaio zincato

L'Ing. A. Lenisa nel suo elaborato ha approfondito la questione relativa alla vita utile della barriera, specificando che essa dipende dalla classe di esposizione dei vari elementi costitutivi della barriera (montanti, nastri, bulloni, ecc...), come riportato nei prospetti 1 e 2 della UNI EN ISO 14713. Ad ogni classe di esposizione corrisponde una velocità di consumo del rivestimento dello zinco:

Classe di corrosività	Perdita di massa per unità di superficie (g/mm ²) / perdita di spessore (µm)				Esempi di ambienti tipici (a titolo informativo)	
	Acciaio a basso C		Zinco		All'esterno	All'interno
	massa	spessore	massa	spessore		
C1 molto bassa	≤ 10	≤ 1,3	≤ 0,7	≤ 0,1	-	Edifici riscaldati con atmosfera pulita, ad esempio uffici, negozi, scuole, alberghi
C2 bassa	10 ÷ 200	1,3 ÷ 25	0,7 ÷ 5	0,1 ÷ 0,7	Ambienti con basso livello di inquinamento: aree molto rurali	Edifici non riscaldati dove può verificarsi condensa, ad esempio depositi e palazzetti dello sport
C3 media	200 ÷ 400	25 ÷ 50	5 ÷ 15	0,7 ÷ 2,1	Ambienti urbani e industriali con moderato inquinamento a base di SO ₂ , aree costiere con bassa salinità	Locali di produzione con alta umidità e con presenza di inquinamento, ad esempio impianti alimentari, lavanderie, fabbriche di birra, caseifici
C4 alta	400 ÷ 650	50 ÷ 80	15 ÷ 30	2,1 ÷ 4,2	Aree industriali e zone costiere con moderata salinità	Impianti chimici, piscine, cantieri costieri
C5 molto alta	650 ÷ 1500	80 ÷ 200	30 ÷ 60	4,2 ÷ 8,4	Aree industriali con alta umidità e atmosfera aggressiva e aree costiere con elevata salinità	Edifici o aree con condensa quasi permanente ed elevato inquinamento
CX estrema	1500 ÷ 5500	200 ÷ 700	60 ÷ 180	8,4 ÷ 25	Zone offshore con alta salinità, aree con estrema umidità, ambienti aggressivi ed ambienti subtropicali e tropicali	Aree industriali con estrema umidità e ambienti aggressivi

Figura 20 Categorie di corrosività atmosferica ed esempi di ambienti tipici (UNI EN ISO 12944-2)

Per le barriere che richiedono l'ancoraggio ad un cordolo in c.a. tramite piastra e tirafondi in ambito montano, esiste il concreto rischio che la zona dell'ancoraggio rimanga per molti mesi a contatto con acqua clorurata. Per garantire l'efficienza di tale ancoraggio durante tutta la vita utile della barriera bisogna ricorrere all'utilizzo di tirafondi in inox (molto costosi) o comunque seguire le linee guida ETAG e riprese dai cataloghi dei principali produttori [Ing. A. Lenisa – Provincia di Bolzano]:

- Spessore zincatura barra galvanizzata = 20 micron
- Spessore zincatura barra zincata per immersione a caldo = 40÷60 micron.(cit. PAB bolzano)

2.3.2 Caratteristiche e possibili difetti di un guardrail

Ai sensi del D.M. 21.6.2004 le barriere di sicurezza devono essere installate come previsto in fase di esecuzione delle prove di crash-test. Condizioni di installazione errate o sostanzialmente diverse da quelle utilizzate in fase di test possono pregiudicare l'adeguata risposta delle barriere in caso d'urto e addirittura, rendere il dispositivo di ritenuta pericoloso per gli utenti dei veicoli collidenti. Tali condizioni non sono spesso realizzabili nella pratica dove, oltre ad avere larghezze dell'arginello contenute, si hanno solitamente materiali con caratteristiche meccaniche diverse da quelle considerate nelle prove d'urto. Discorso analogo interessa le barriere installate su cordoli in C.A.

2.3.2.1 Ancoraggio in terreno

In passato i montanti venivano ancorati nel terreno mediante la creazione di plinti in calcestruzzo. Al giorno d'oggi, i montanti delle barriere metalliche vengono installate su terreno mediante l'infissione con il sistema "battipalo", ottenendo un vincolo che può essere assimilato ad un incastro cedevole.

Con questa metodologia di messa in opera, l'interazione tra barriera e supporto è legata alle caratteristiche dei montanti e a quelle del terreno, in particolare quest'ultimo unito alla profondità di infissione determinano le capacità di contrasto ai carichi longitudinali e trasversali dei montanti e la localizzazione delle eventuali cerniere plastiche durante l'urto.

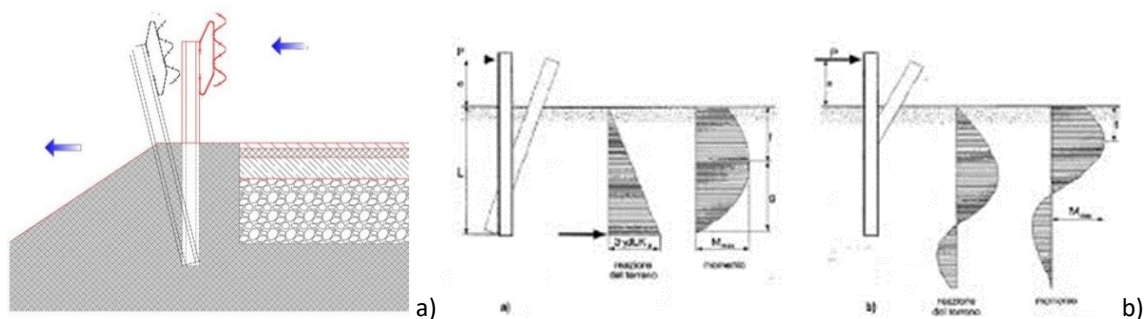


Figura 21 Ancoraggio barriera in terreno: a) schematizzazione b) tipi distribuzione sforzi montante-terreno

Solitamente i montanti delle barriere vengono installate in condizioni differenti rispetto a quelle che si hanno nelle prove di crash test, poiché gli strati di terreno presentano caratteristiche geotecniche differenti. Pertanto qualunque altro terreno diverso da quello di prova potrebbe dare risultati differenti da quelli ottenuti durante i crash test, come peraltro dimostrato dal rilievo di tanti incidenti stradali [F. Nicosia - Quaderno tecnico n1].

Per porre un rimedio a tale problematica risparmiando tempo e denaro, negli ultimi anni sono stati sviluppati sistemi di supporto per montanti in grado di garantire il corretto funzionamento della barriera in caso di impatto, evitando il rifacimento del terreno o il consolidamento dell'arginello. Questi sistemi trasferiscono i carichi di impatto al sottofondo stradale le cui caratteristiche meccaniche sono maggiori rispetto a quelle dell'arginello, inoltre consentono al palo di flettersi in una zona predefinita e, tramite la sua deformazione plastica, dissipare correttamente l'energia di impatto in maniera comparabile a quella che si ha durante un crash test.

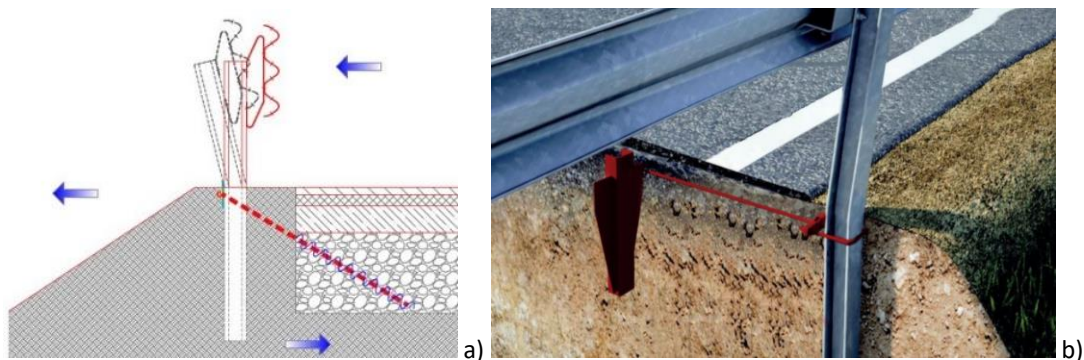


Figura 22 Sistema GroundSleeve di Stratec rt srl: a) schematizzazione b) render

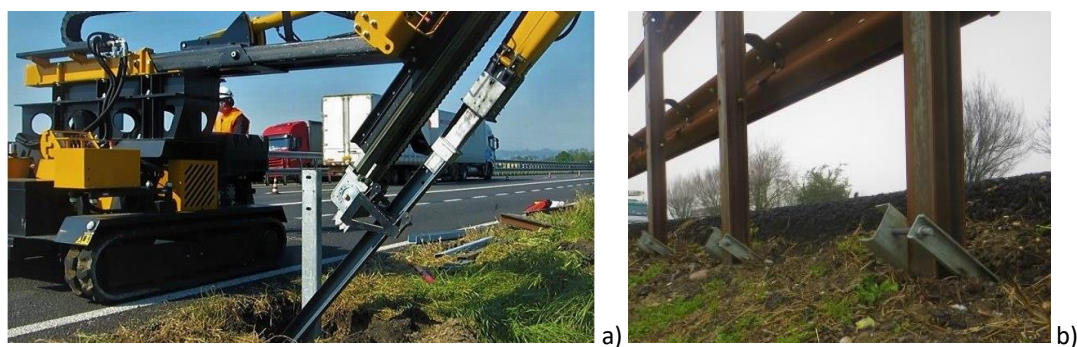


Figura 23 Sistema S.C.Re.W.S di TLS Engineering: a) Installazione modello PIN b) modello PIN installato

2.3.2.2 Ancoraggio su cordolo in C.A.

L'installazione delle barriere metalliche sui manufatti (ponti, muri di sostegno...) viene sempre fatta su un cordolo che ha la duplice funzione di confinamento della pavimentazione e assorbimento delle sollecitazioni provenienti dagli urti, nello specifico taglio e momento torcente. I cordoli porta-barriera generalmente vengono realizzati in calcestruzzo con elevate classi di esposizione (es XD3), a causa del contatto con i sali disgelanti nei periodi invernali.

In questo caso l'interazione tra barriera e supporto può avvenire in due modi:

- tramite barre filettate (tirafondi) che, per effetto delle sollecitazioni impresse ai montanti, sono soggetti a sforzi di taglio e trazione. Queste vengono innestate nel cordolo tramite la realizzazione di un foro con un diametro leggermente maggiore della barra e il successivo inghisaggio di quest'ultima tramite resina chimica.

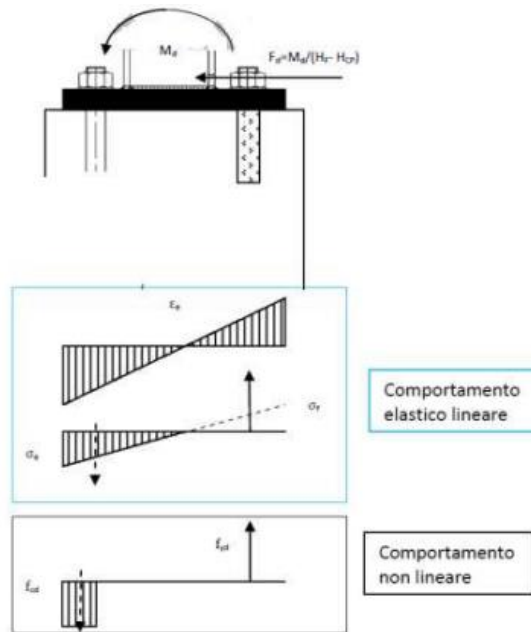


Figura 24 Distribuzione sforzi su tirafondi e supporto rigido

oppure

- i montanti possono essere inseriti nel cordolo prima del getto di calcestruzzo, realizzando un vero e proprio incastro.

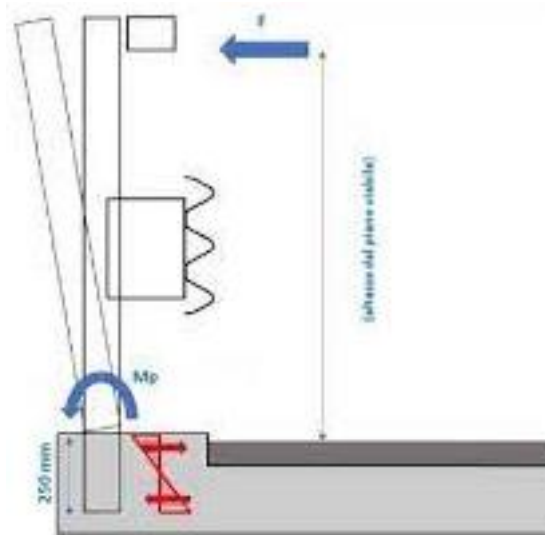


Figura 25 Distribuzione sforzi nel cordolo in c.a.

Le problematiche legate a questa parte del sistema di ritenuta sono diverse e riguardano sia la geometria e lo stato di conservazione del cordolo in C.A. e sia lo stato di salute dei tirafondi.

Da analisi effettuate su modellazioni al calcolatore svolte da Autostrade del Brennero, il cordolo deve avere una altezza sopra al piano viario al massimo minore o uguale a 7 cm (in alcuni casi si accetta come limite 10 cm), questo eviterebbe il ristagno d'acqua clorurata al di sopra della superficie del cordolo aumentandone la durabilità.

Tuttavia spesso ci si ritrova di fronte a situazioni in cui il cordolo presenta altezza maggiori rispetto a quelle appena indicate (vedi foto sotto riportata) e questo potrebbe portare ad uno scorretto funzionamento del sistema di ritenuta [F. Leone, 18/06/2018].

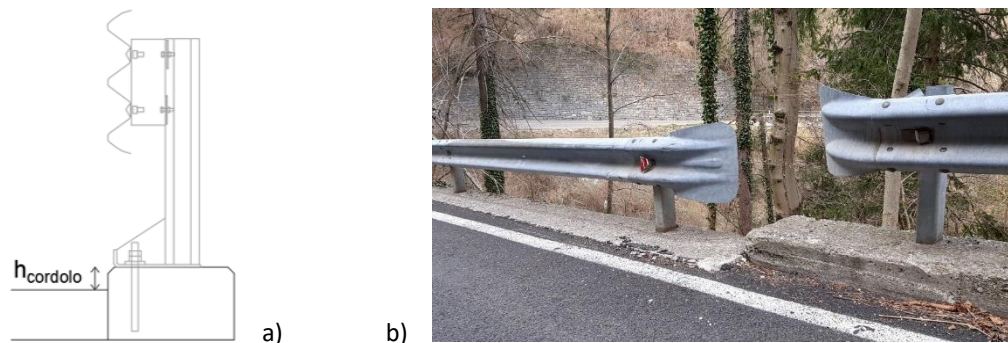


Figura 26 Altezza cordolo in c.a. rispetto al piano di rotolamento: a) disegno tecnico b) esempio difetto rilevato

Un altro aspetto geometrico riguarda la posizione della barriera rispetto al cordolo, infatti nel caso in cui il cordolo non fosse a raso con il piano di rotolamento, questo non deve sporgere verso la carreggiata oltre il profilo della lama della barriera, pena il non corretto funzionamento della stessa.



Figura 27 Allineamento cordolo-nastro: a) disegno tecnico b) esempio di corretto allineamento

Come si è detto precedentemente, i montanti possono essere inghisati direttamente nel cordolo senza l'ausilio di tirafondi. In tal caso bisogna porre attenzione allo spessore di calcestruzzo che circonda il montante, in quanto spessori di calcestruzzo insufficienti o addirittura assenti lungo il paramento esterno del cordolo (fig. 28) porterebbero ad avere un momento di incastro molto inferiore al momento di plasticizzazione del montante e quindi ad errato funzionamento della barriera.

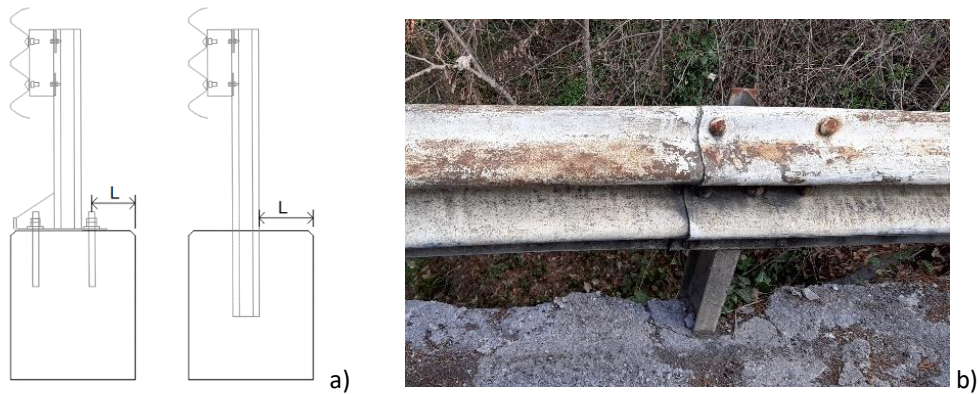
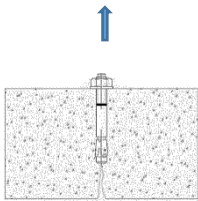
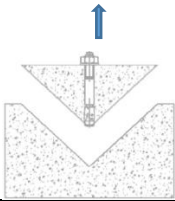
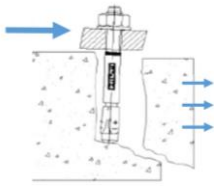
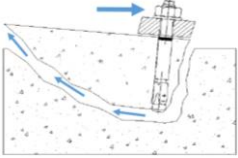


Figura 28 Posizione montanti rispetto al cordolo in c.a.: a) disegno tecnico b) esempio di scorretta posa

Pertanto nel dimensionamento del cordolo bisognerà tenere conto sia dell'ingombro della barriera e sia dello spazio necessario agli ancoraggi per evitare le seguenti rotture [F. Nicosia, Quaderno tecnico n1]:

<p>ROTTURA PER FESSURAZIONE Tale rottura si verifica quando il cordolo presenta uno spessore ridotto o l'ancorante è vicino al bordo e/o vicino ad altri ancoranti. Questo tipo di rottura viene generato dalla forza di espansione del tassello meccanico.</p>	
<p>ROTTURA A CONO DEL CALCESTRUZZO Si genera quando la tensione che si genera nell'area conica di attacco supera la resistenza a trazione del calcestruzzo. La resistenza a trazione dipende dal tipo di calcestruzzo e dalla profondità di posa.</p>	
<p>ROTTURA DEL BORDO Questo tipo di rottura si ha quando la distanza del connettore o del montante dal bordo del manufatto in cui è inserito è insufficiente, ovvero in presenza di conglomerato di cattiva qualità. Nello specifico la rottura si manifesta nel momento in cui la tensione nel materiale supera la resistenza a trazione del calcestruzzo.</p>	
<p>ROTTURA PER SCALZAMENTO Tale rottura si ha quando gli ancoranti sono innestati nel cordolo per una lunghezza insufficiente. In particolare si manifesta quando la tensione del calcestruzzo supera la resistenza a trazione nella porzione opposta alla direzione del taglio.</p>	

Dato il contatto prolungato del cordolo porta-barriera con acqua contaminata dai sali disgelanti durante la stagione invernale, assumono rilevante importanza alcuni dettagli costruttivi che riguardano sia il cordolo che la base del montante (suola). Infatti per assicurare un'elevata durabilità del cordolo è necessario garantire un adeguato spessore del copriferro a seconda della classe di esposizione.

Inoltre, come per tutte le opere realizzate in acciaio, è fondamentale utilizzare montanti aventi sezioni e strutture di ancoraggio atte a evitare ristagni d'acqua che provocherebbero un'accelerazione della corrosione.



Figura 29 Esempio suola mal progettata

Data la scarsa attenzione prestata da comuni e provincie negli anni ai dispositivi di ritenuta, in seguito ad una mancanza di vincoli/obblighi dettati dalla normativa per le strade con velocità di progetto limitate a differenza di quelle con velocità di progetto maggiori per le quali dall'art.2 del DM 1992 dichiara : *"I progetti esecutivi relativi alle strade pubbliche extraurbane ed a quelle urbane con velocità di progetto maggiore o uguale a 70 km/h devono comprendere un apposito allegato progettuale, completo di relazione motivata sulle scelte, redatto da un ingegnere, riguardante i tipi delle barriere di sicurezza da adottare, la loro ubicazione e le opere complementari connesse (fondazione, supporti, dispositivi di smaltimento delle acque, ecc.), nell'ambito della sicurezza stradale."*, ci si ritrova spesso di fronte a situazioni in cui il cordolo risulta avere un'armatura insufficiente o totalmente assente. Questo, in seguito ad urti o piccoli cedimenti del muro di sostegno (tipicamente realizzato in pietraie sulle vecchie strade di montagna), provoca la rottura del cordolo e quindi una notevole riduzione della capacità di contenimento da parte del guardrail.



a)



b)

Figura 30 a) cordolo rotto b) perdita del vincolo d'incastro del montante nel cordolo

2.3.2.3 Nastro/Lama

La lama (o nastro, corrente) è l'elemento orizzontale interposto tra i montanti che ha la funzione di contenere il veicolo in caso di fuoriuscita dalla carreggiata. Pertanto risulta essere un elemento fondamentale per assicurare l'instaurazione della catena cinematica e garantire il corretto funzionamento del sistema di ritenuta.

In caso di urto questi elementi risultano soggetti contemporaneamente sia a taglio che a trazione, quindi bisogna evitare la riduzione della sezione resistente (soprattutto nella zona di ancoraggio ai paletti dove risulta già ridotta dai fori) che implicherebbe una riduzione della capacità di contenimento. Purtroppo la mancanza di manutenzione unita all'aggressività dell'ambiente in cui sono inserite, portano ad avere barriere con elevato assottigliamento della sezione resistente come si può vedere in figura 31.



Figura 31 Corrosione del nastro: a) diminuzione della sezione resistente b) intaccata la sezione resistente

Un altro aspetto legato alla lama è l'altezza del suo estradosso rispetto al piano di rotolamento. Infatti spesso, per errori di progettazione o per cedimenti del cordolo, ci si ritrova ad avere delle altezze di estradosso inferiori a 50 cm e quindi si risulta esposti ad un elevato rischio di ribaltamento in caso di urto.

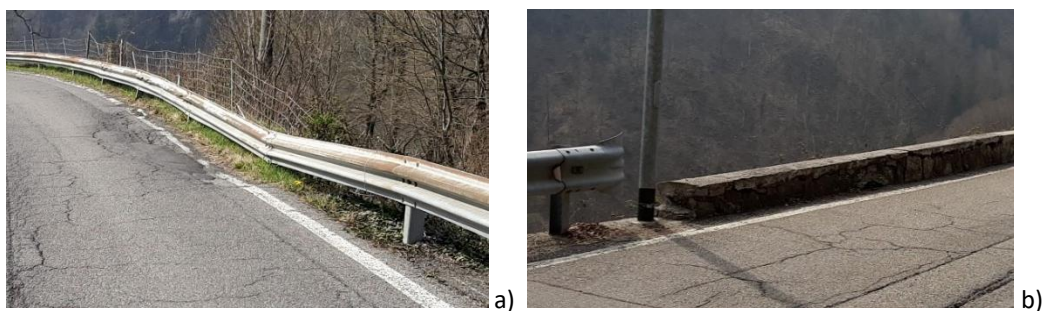


Figura 32 Altezza estradosso nastro non adeguata in seguito a: a) cedimento muro di sostegno b) scorretta manutenzione stradale

2.3.2.4 Unioni bullonate

Analogamente ai nastri/lame anche le unioni bullonate sono soggette ad azione di taglio e trazione, pertanto anche in questo caso bisogna monitorare la condizione delle bullonature al fine evitare una pericolosa riduzione della sezione resistente. Inoltre bisogna verificare la presenza di tutte le bullonature in modo che l'azione di taglio e trazione venga suddivisa tra tutte le bullonature predisposte e non si concentri su un numero limitato.

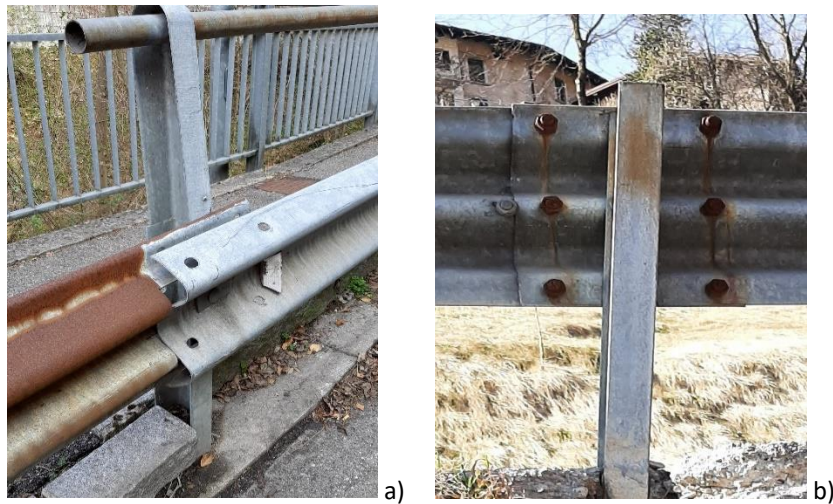


Figura 33 Unioni bullonate: a) bullonature mancanti b) bullonature corrose

2.3.2.5 Terminali

I terminali sono gli elementi iniziali e finali di una barriera di sicurezza che, se non opportunamente protetti, costituiscono un potenziale pericolo per gli occupanti del veicolo; con conseguenze anche drammatiche a seguito della penetrazione di tali estremità all'interno dell'abitacolo in caso di urto del veicolo (fig.34).



Figura 34 Conseguenze incidente contro terminale non adeguato

2.3.2.6 *Transizioni*

La transizione è un elemento longitudinale progettato e realizzato ad hoc in ogni situazione che consente la connessione tra barriere adiacenti di diverse tipologie e classi, garantendo la continuità delle prestazioni di sicurezza in qualsiasi punto della barriera.

L'obiettivo della transizione è quello di fornire una variazione graduale di rigidità e di contenimento dalla prima alla seconda barriera, consentendo di evitare pericolose discontinuità durante l'urto da parte di un veicolo in svio.

Il principale difetto legato alle transizioni è la loro assenza, soprattutto lungo le strade provinciali e comunali.



Figura 35 Assenza di transizione

3 RILIEVO DEI DIFETTI E INDICI DI STATO: STATO DELL'ARTE

3.1 METODOLOGIE DI VALUTAZIONE DELLO STATO DI UNA STRUTTURA E CRITERI DI ORDINAMENTO DELLE PRIORITA' IN ITALIA

Dopo aver fatto un quadro generale in merito alle caratteristiche e ai difetti che si possono riscontrare sui guardrail, è opportuno ora concentrarsi sulla gestione dei loro interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria sia in ambito nazionale che internazionale.

Di seguito si andranno a illustrare alcuni dei metodi di valutazione del danno e i criteri di ordinamento conosciuti al giorno d'oggi e che sono stati incorporati in tutto o in parte all'interno del nuovo metodo di ordinamento delle priorità di intervento sulle barriere di sicurezza stradale.

3.1.1 Valutazione del danno con il Metodo Di Valutazione Numerica del CIAS

Questo primo metodo di valutazione è stato osservato in un elaborato di Laurea sviluppato dall'Ing. F. Scarpato nel 2021, finalizzato al confronto tra procedure di analisi funzionale per la valutazione dei ponti esistenti e all'introduzione di metodologie di ispezione.

Il metodo di Valutazione Numerica (MVN) è una metodologia di valutazione delle condizioni di degrado delle strutture basata su ispezioni visive, sviluppata negli anni grazie alla collaborazione di numerosi e illustri professori universitari e professionisti del settore ed adottata da molte amministrazioni provinciali e comunali italiane.

Il metodo consente di riconoscere i difetti presenti sui ponti, attraverso un'ispezione visiva dell'intera struttura e la compilazione di apposite schede di valutazione, giungendo alla classificazione numerica delle opere per gravità di degrado e soprattutto sulla base di dati oggettivi. Esso viene descritto all'interno del Manuale per la Valutazione dello stato dei ponti, rilasciato dal Centro Internazionale di Aggiornamento Sperimentale di Bolzano (CIAS) nel 2011, il quale definisce i criteri generali per le ispezioni.

Il metodo si basa sul calcolo di due indici correlati allo stato complessivo dell'opera, la Difettosità Relativa D_R e la Difettosità Assoluta D_A .

La Difettosità Relativa rappresenta l'indice dello stato di degrado del singolo elemento strutturale ed è descritta dalla seguente relazione:

$$D_r = \sum G K_1 K_2$$

in cui:

- G rappresenta la gravità del difetto e conseguentemente il peso che esso avrà nella valutazione. Può assumere un valore numerico intero compreso tra 1 e 5 in funzione della possibilità di ridurre la capacità portante, di costituire un pericolo, del rischio che il difetto innescare altri difetti e dell'onere economico per il ripristino.
- K_1 è il coefficiente di estensione del difetto e può assumere il valore 0.2, 0.5 oppure 1, in base alla sua estensione sull'elemento. Con valore unitario si intende che il difetto interessa l'intera superficie o lunghezza dell'elemento.

- K_2 è il coefficiente di intensità e può assumere il valore 0,2, 0,5 oppure 1, in base alla sua intensità sull'elemento. Con valore unitario si intende che l'intensità è elevata.

Le schede difettologiche (fig.37) rappresentano il riferimento utilizzato per l'assegnazione dei valori G , k_1 e k_2 . Ogni scheda difettologica si riferisce ad un singolo stato di degrado, consentendo di arrivare alla determinazione dei difetti attraverso alcune immagini, e contiene descrizione e cause del difetto, correlazioni con altri difetti, interventi da effettuare e indagini necessarie [F. Scarpato, 2011].

DISTACCO DEL COPRIFERRO						1.5
G	Estensione K_1			Intensità K_2		
	0,2	0,5	1	0,2	0,5	1
2	<i>Appena presente</i>	<i>~ 50% della superficie</i>	<i>~ tutta la superficie</i>	<i>Sempre = 1</i>		

DESCRIZIONE
 Si manifesta inizialmente con lesioni parallele agli spigoli o con rigonfiamento in corrispondenza dell'armatura. Successivamente si giunge al distacco parziale o totale del materiale.



CAUSE
 Il deterioramento del copriferro deriva:

- spessore insufficiente,
- dalla cattiva qualità del conglomerato,
- errata disposizione dell'armatura (interfero insufficiente),
- carbonatazione.

INTERVENTI
 Rimozione del cls ammalorato attraverso fino ad eliminare le parti in fase di distacco.
 Sostituzione / integrazione dell'armatura che presenta riduzione di sezione. Trattamento di quella a vista, dopo la pulizia meccanica, con applicazione di malta anticorrosiva passivante.
 Ricostruzione del copriferro mediante malta cementizia mono o bicomponente, eventualmente fibrorinforzata, a ritiro compensato, di consistenza adeguata alla modalità di applicazione (diretta o colata in cassero), con forte adesione al supporto, buona traspirabilità al vapore acqueo, resistente alla penetrazione del CO_2 e dei cloruri.

CORRELAZIONI
Calcestruzzo dilavato/ammalorato – 1.3, Vespai – 1.4, Armatura ossidata/corrosiva – 1.6., Staffe scoperte/corrose – 1.8.

NOTE
 Indagini, Cap. 14:
 - *Valutazione della carbonatazione – 5.7*
 - *Valutazione del potenziale di corrosione – 7.3*

Non Conformità:
 - segnalare NC di tipo B in caso di porzioni di calcestruzzo in procinto di distacco e con pericolo di caduta su strade sottostanti.

Riferimenti bibliografici: (1), (32), (33)

Figura 36 Scheda difettologica metodo Cias

La Difettosità Assoluta D_A rappresenta l'indice dello stato di degrado dell'intera struttura ed è descritta dalla seguente relazione:

$$D_A = \sum N G K_1 K_2$$

In cui N rappresenta il numero dei singoli elementi strutturali su cui è presente un dato difetto.

Viene compilata una scheda di valutazione numerica dello stato di degrado per ogni tipo di elemento strutturale costituente la struttura. Sono predisposte schede per travi e traversi, spalle, pile, giunti, elementi accessori, suddivise a loro volta in base al materiale costituente: calcestruzzo armato, muratura, legno e acciaio. Ogni scheda riporta tutti i difetti che possono essere riscontrati su quel dato elemento.

Come da conclusioni dell'Ing. Scarpatò, il metodo MNV permette di classificare le opere per gravità di degrado, sulla base di dati oggettivi, consentendo un confronto nel tempo dello stato dell'opera ed una programmazione efficace degli interventi.

Per poter ottenere una valutazione comparativa sul degrado di manutenzione della singola opera d'arte, risulta necessario conoscere il valore massimo che la Difettosità Relativa può assumere per quella data opera. Pertanto, il valore D_R viene confrontato quindi con il valore massimo dei difetti riscontrabili sull'opera stessa, definito $D_{R,MAX}$. Dal rapporto $D_R/D_{R,MAX}$ si ricava l'ordine di priorità di intervento sui ponti in relazione alla gravità e tipologia dei difetti. Spesso viene definito un valore soglia del rapporto $D_R/D_{R,MAX}$, ad esempio 0.25, superato il quale l'ente gestore programmerà degli interventi di manutenzione [F. Scarpatò, 2021].

Tale metodologia di valutazione del danno, vista la sua semplicità e chiarezza, viene presa come punto di partenza in numerosi altri metodi di valutazione salvo l'aggiunta e la modifica di alcuni aspetti e parametri.

3.1.2 Criterio di ordinamento delle priorità di intervento di ANAS

Il primo criterio di ordinamento riportato è quello sviluppato da Anas all'interno del volume VI dei quaderni tecnici. Tale criterio consente di valutare lo stato complessivo dei dispositivi di ritenuta seguendo due alberi decisionali che permettono di valutare separatamente i fattori che concorrono alla determinazione del degrado delle barriere stradali di sicurezza. In particolare:

- *Dati anagrafici e strutturali*, ossia elementi riguardanti le caratteristiche costruttive dell'opera;
- *Stato di conservazione (o degrado)*, ovvero la "fotografia" sullo stato attuale della struttura, derivante da ispezioni visive dei difetti di tutti gli elementi costituenti l'opera.

I primi analizzano tutte le caratteristiche costruttive dell'opera, al fine di indicarne la tipologia e funzionalità, valutarne l'età e stabilirne i requisiti alla normativa vigente all'epoca della sua installazione.

La Tabella 6 sottostante presenta i livelli decisionali, i sotto-livelli e le fasce di identificazione delle opere, nonché i pesi (PV) associati agli elementi di ciascun livello utili ai fini del calcolo dello stato di conservazione:

ANNO DI INSTALLAZIONE (RIF. NORMATIVO) (LIVELLO 1)		ASSENZA CERTIFICAZIONI (LIVELLO 2)				TIPOLOGIA E FUNZIONE BARRIERA (LIVELLO 3)			
		ASSENZA CRASH TEST, OMOLOGAZIONE O MARCATURA CE		ASSENZA DICHIARAZIONE DI CORRETTA INSTALLAZIONE (DCI)		TIPOLOGIA FUNZIONE (TF)		CLASSE DI CONTENIMENTO (CC)	
DESCRIZIONE	PESO	DESCRIZIONE	PESO	DESCRIZIONE	PESO	DESCRIZIONE	PESO	DESCRIZIONE	PESO
PRIMA DEL 1987 (A1)	1.5	PROGETTO (C1)	1.5	SI (Y)	1.1	BORDO LATERALE (BL)	1.05	N1 (T1)	1
DAL 1987 AL 1992 (A2)	1.3	BARRIERE VERIFICATE CON SOLO CRASH TEST (C2)	1.4	NO (N)	1.0	BORDO PONTE (BP)	1.15	N2 (T2)	1.05
DAL 1992 AL 2007 (A3)	1.15	BARRIERE VERIFICATE CON CRASH TEST E OMOLOGAZIONE (C3)	1.15			SPARTI-TRAFFICO (S)	1.1	H1 (T3)	1.07
DAL 2007 AL 2011 (A4)	1.05	BARRIERE DOTATE DI "MARCATURA CE" (C4)	1.0			PUNTI SINGOLARI (PS)	1.0	H2 (T4)	1.10
DOPO IL 2011 (A5)	1.0	PRESENZA DELLA CERTIFICAZIONE (C0)	1.0					H3 (T5)	1.12
								H4 (T6)	1.15

Tabella 6 Categorie di dati anagrafici e strutturali nei dispositivi di ritenuta

La combinazione dei pesi attribuiti all'anno di installazione e all'assenza di certificazione (crash test, omologazione o marcatura CE), consente di ricavare un indicatore di *Rispetto della Normativa* (RN) che andrà applicato al calcolo definitivo dello stato di conservazione ai fini dell'individuazione delle priorità di intervento. Il risultato della combinazione dei suddetti pesi sono riportati nella tabella 7 di seguito:

CALCOLO DEL COEFFICIENTE DI RISPETTO DELLA NORMATIVA (RN)						
		ASSENZA DI CERTIFICAZIONE				
		C0	C1	C2	C3	C4
ANNO DI INSTALLAZIONE	A1	1.5	2.25	NA	NA	NA
	A2	1.3	1.95	NA	NA	NA
	A3	1.15	1.72	1.61	1.32	NA
	A4	1.05	1.58	1.47	NA	NA
	A5	1.0	1.5	NA	NA	1.0

Tabella 7 Pesi associati agli elementi strutturali nei dispositivi di ritenuta

I casi in cui la combinazione dia come risultato "NA" sono quelli impossibili da realizzare secondo le norme vigenti nell'anno di installazione della barriera.

Per quanto riguarda lo *stato di conservazione*, in fase di ispezione vengono posti in evidenza tutti i difetti dell'opera che si sono verificati con l'usura e l'utilizzo. In particolare si pone l'attenzione su due aspetti:

- Altezza minima della barriera dal piano viabile;
- Presenza di eventuali danneggiamenti o deterioramenti visibili.

La tabella 8 riportata di seguito riepiloga in dettaglio i livelli decisionali e le fasce di identificazione delle opere con riferimento ai due requisiti di conformità sopra esposti:

RISPETTO DELL'ALTEZZA DEL PIANO VIABILE (LIVELLO 1)	DANNEGGIAMENTI/DETERIORAMENTI VISIBILI (ISPEZIONE VISIVA) (LIVELLO 2)
SI (Y)	NESSUN DIFETTO RILEVATO (D1)
NO (N)	ELEMENTI VISIBILI MANCANTI (D2)
	OSSIDAZIONE (D3)
	DISALLINEAMENTI VERTICALI/ORIZZONTALI (D4)
	DEGRADO SUPERFICIALE CLS (D5)
	EROSIONE SCARPATE (D6)

Tabella 8 *Categorie di stato di conservazione nei dispositivi di ritenuta*

Per tale attività di ispezione è stata predisposta un'apposita scheda speditiva (riportata di seguito in figura 38) da utilizzarsi in fase di rilievo delle criticità, unitamente ad un algoritmo di calcolo dello stato di conservazione dell'opera.

SCHEDA DI ISPEZIONE - DISPOSITIVI DI RITENUTA																																																																																																																			
Codice Strada _____ Progr. Inizio (km) _____ Progr. Fine (km) _____ Carreggiata _____	Area Compartmentale _____ Nucleo _____ Classe Strada _____ TGM _____																																																																																																																		
DISPOSITIVI DI RITENUTA																																																																																																																			
Anno installazione _____																																																																																																																			
Tipologia Barriera	<input type="checkbox"/> New Jersey <input type="checkbox"/> BL <input type="checkbox"/> N1 <input type="checkbox"/> N2 <input type="checkbox"/> H1	<input type="checkbox"/> Guard Rail <input type="checkbox"/> BP <input type="checkbox"/> H2 <input type="checkbox"/> H3 <input type="checkbox"/> H4	<input type="checkbox"/> SPARTITRAFFICO																																																																																																																
Certificazione _____																																																																																																																			
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 80%;"></th> <th style="width: 5%;"></th> <th style="width: 5%;">NP</th> <th style="width: 5%;">Pessimo</th> <th style="width: 5%;">Ottimo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="5">1 Guard Rail (metallica)</td> </tr> <tr> <td>Altezza della lama dal piano viabile</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Larghezza arginello</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Componenti barriera (lama, paletti, correnti)</td> <td style="text-align: center;">(i)</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Ancoraggi (piastra e tirafondi)</td> <td style="text-align: center;">(i)</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Unioni bullonante</td> <td style="text-align: center;">(i)</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Cordoli c.a.</td> <td style="text-align: center;">(i)</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="5">2 New Jersey (cls)</td> </tr> <tr> <td>Calcestruzzo</td> <td style="text-align: center;">(i)</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Ancoraggi (piastra e tirafondi)</td> <td style="text-align: center;">(i)</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Mancorrente superiore</td> <td style="text-align: center;">(i)</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Manicotti</td> <td style="text-align: center;">(i)</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Stato di degrado complessivo</td> <td></td> <td style="text-align: center;"> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> </td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Si richiede ispezione approfondita</td> <td></td> <td style="text-align: center;"> <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO </td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			NP	Pessimo	Ottimo	1 Guard Rail (metallica)					Altezza della lama dal piano viabile					Larghezza arginello					Componenti barriera (lama, paletti, correnti)	(i)				Ancoraggi (piastra e tirafondi)	(i)				Unioni bullonante	(i)				Cordoli c.a.	(i)				2 New Jersey (cls)					Calcestruzzo	(i)				Ancoraggi (piastra e tirafondi)	(i)				Mancorrente superiore	(i)				Manicotti	(i)				Stato di degrado complessivo		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>			Si richiede ispezione approfondita		<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO			<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;"></th> <th style="width: 10%;">NP</th> <th style="width: 10%;">Pessimo</th> <th style="width: 10%;">Ottimo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>H _____</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>L _____</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">0</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">0</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">0</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">0</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">0</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">0</td> </tr> </tbody> </table>					NP	Pessimo	Ottimo	H _____				L _____				<input type="checkbox"/>	0	0	0	<input type="checkbox"/>	0	0	0	<input type="checkbox"/>	0	0	0	<input type="checkbox"/>	0	0	0	<input type="checkbox"/>	0	0	0	<input type="checkbox"/>	0	0	0
		NP	Pessimo	Ottimo																																																																																																															
1 Guard Rail (metallica)																																																																																																																			
Altezza della lama dal piano viabile																																																																																																																			
Larghezza arginello																																																																																																																			
Componenti barriera (lama, paletti, correnti)	(i)																																																																																																																		
Ancoraggi (piastra e tirafondi)	(i)																																																																																																																		
Unioni bullonante	(i)																																																																																																																		
Cordoli c.a.	(i)																																																																																																																		
2 New Jersey (cls)																																																																																																																			
Calcestruzzo	(i)																																																																																																																		
Ancoraggi (piastra e tirafondi)	(i)																																																																																																																		
Mancorrente superiore	(i)																																																																																																																		
Manicotti	(i)																																																																																																																		
Stato di degrado complessivo		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>																																																																																																																	
Si richiede ispezione approfondita		<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO																																																																																																																	
	NP	Pessimo	Ottimo																																																																																																																
H _____																																																																																																																			
L _____																																																																																																																			
<input type="checkbox"/>	0	0	0																																																																																																																
<input type="checkbox"/>	0	0	0																																																																																																																
<input type="checkbox"/>	0	0	0																																																																																																																
<input type="checkbox"/>	0	0	0																																																																																																																
<input type="checkbox"/>	0	0	0																																																																																																																
<input type="checkbox"/>	0	0	0																																																																																																																
Data _____																																																																																																																			
Sorvegliante _____	(nome)	(firma)																																																																																																																	
Capo Nucleo per approvazione _____	(nome)	(firma)																																																																																																																	

Figura 37 Scheda per il rilievo delle criticità dei dispositivi di ritenuta ANAS

Per la determinazione dello stato di conservazione è stato necessario definire degli opportuni pesi per i vari elementi. Nel caso dei dispositivi di ritenuta i pesi (P_{elem}) sono stati differenziati in base alla tipologia di dispositivi considerato, ovvero Guard Rail e New Jersey, come riportato nella tabella 9.

TIPOLOGIA DI BARRIERA			
GUARD RAIL	PESO (PI)	NEW JERSEY	PESO (PI)
COMPONENTI BARRIERA (LAMA, PALETTI, CORRENTI)	3	CALCESTRUZZO	7
ANCORAGGI (PIASTRA E TIRAFONDI)	10	ANCORAGGI (PIASTRA E TIRAFONDI)	10
UNIONI BULLONATE	10	MANCORRENTE SUPERIORE	10
CORDOLI IN CA	8	MANICOTTI	10

Tabella 9 Pesi associati agli elementi strutturali dei dispositivi di ritenuta

Lo stato di conservazione generale dell'opera è dato dall' *Indice di Degradazione dell'Opera* (IDOp), calcolato con la seguente formula:

$$IDOp = \frac{\sum(PV \times P_{elem})}{\sum P_{elem}}$$

Sulla base del valore assunto dall'IDOp, a seconda dell'intervallo di valori in cui ricade, si deve quindi prevedere un intervento con urgenza nel breve, medio o lungo periodo.

	DESCRIZIONE	IDOp
	INTERVENTO URGENTE	IDOp > 6
	INTERVENTO BREVE TERMINE	4 < IDOp ≤ 6
	INTERVENTO MEDIO TERMINE	3 < IDOp ≤ 4
	INTERVENTO LUNGO TERMINE	IDOp ≤ 3

Tabella 10 Urgenza dell'intervento sulla base dell'indice di degrado dell'opera

Per riassumere, le priorità di intervento sono quindi individuate attraverso:

1. Rilievo criticità attraverso ispezione speditiva;
2. Individuazione dell'Indice di degrado dell'opere attuale (IDOp);
3. Valutazione delle caratteristiche di installazione della barriera. In particolare viene attribuito un peso maggiore (Coefficiente di installazione, CI=1,2) alle barriere installate su rilevati con altezza maggiore di 2 metri o su opera d'arte di altezza superiore a 5 metri;
4. Combinazione dei fattori peggiorativi riferiti alla mancanza dei riferimenti anagrafici e strutturali, quali: rispetto della normativa (RN), tipologia e funzione della barriera (TF e CC), dichiarazione di corretta installazione (DCI) (valori descritti in tabella 6);
5. *Individuazione della rilevanza del degrado* (IRD) come da formula seguente:

$$IRD = IDOp \times CI \times RN \times DCI \times TF \times CC$$

3.1.3 Criterio di ordinamento delle priorità di intervento dell'Ufficio Ispettivo Territoriale di Roma (UIT)

Il secondo criterio che si riporta nel presente elaborato è tratto da un articolo pubblicato da Placido Migliorino sulla rivista "Strade e Autostrade", fascicolo n. 137 Settembre/ottobre 2019. Nell'articolo viene presentato il criterio di ordinamento degli interventi alla base del programma di sostituzione, voluto e imposto dalla Direzione Generale per la Vigilanza sulle Concessionarie Autostradali alle Società Concessionarie nel 2019, al fine di riqualificare le barriere di sicurezza più vetuste con barriere moderne e più performanti in termini di sicurezza e di capacità prestazionali. Il criterio per la determinazione delle priorità d'intervento dev'essere inevitabilmente correlato ai fattori di rischio delle tratte elementari di barriera presenti nella rete autostradale e dovrà essere contestualizzato alle specifiche caratteristiche di ogni singola Concessionaria.

Come riportato dallo stesso autore, lo studio si è sviluppato all'interno di un tavolo tecnico appositamente istituito da UIT-Roma, a cui hanno partecipato gli Organismi tecnici rappresentanti delle Società Concessionarie che gestiscono la rete autostradale di competenza di UIT-Roma.

Il criterio di ordinamento delle priorità di intervento si basa sul valore di un "*Indice Prestazionale Generale*", determinato attraverso la valutazione dei seguenti sub-indici:

1. Velocità (di progetto) γ_p ;
2. Incidentalità γ_i ;
3. Classe (di contenimento del dispositivo richiesta, in caso di riqualifica, dalla Normativa attuale D.M.2004) γ_c ;
4. Esposizione (presenza di strade, ferrovie, edifici) γ_a ;
5. Modifica γ_m ;

L'*Indice di Prestazione Generale* assume la seguente formulazione:

$$I_p = \alpha_p * \gamma_p + \alpha_i * \gamma_i + \alpha_c * \gamma_c + \alpha_a * \gamma_a + \alpha_m * \gamma_m$$

Lo stesso indice porta a definire due "graduatorie" diverse per interventi lineari (spartitraffico e bordo laterale) e per interventi puntuali (opera d'arte), in quanto i sub-indici possono assumere diversa formulazione nei due casi e quindi i valori risultanti non sono confrontabili (trattandosi di criteri di ordinamento relativi).

Le graduatorie vengono determinate in funzione dei valori crescenti di I_p , cioè più basso è I_p più alta è la posizione in graduatoria. Interventi a cui corrispondono valori di I_p più bassi risulteranno quindi prioritari.

Il criterio associa a ciascun sub-indice il medesimo peso. Questa impostazione permette alle varie Concessionarie di poter perfezionare i valori dei pesi da attribuire ai vari sub-indici in funzione delle proprie peculiarità.

$$\alpha_p = \alpha_i = \alpha_c = \alpha_m = \alpha_a = 0.2$$

Per ogni intervento, i sub-indici assumono le seguenti formulazioni.

L'*indice di Velocità* si esprime con l'equazione:

$$\gamma_p = 1 - \frac{V_p - V_{p,min}}{V_{p,min}}$$

dove:

- $V_{p,min} = 70$ km/h, pari alla velocità di progetto minima del campo di applicazione della normativa di riferimento;
- V_p = velocità di progetto puntuale/media sulla tratta elementare, determinata a partire dal diagramma di velocità elaborato secondo i criteri indicati dal D.M. 5/11/2001 a partire dai dati di geometria planimetrica del tracciato.

L'*Indice di Incidentalità* si esprime con l'equazione:

$$Y_i = 1 - \frac{T_i - T_{i,min}}{T_{i,max} - T_{i,min}}$$

dove:

- T_i è il tasso di incidentalità sulla tratta elementare oggetto di intervento o all'interno della quale ricade l'intervento, calcolato sul dato storico degli ultimi cinque anni (comprensivo della totalità degli incidenti occorsi, anche senza morti e feriti, avvenuti lungo la piattaforma autostradale, escludendo quindi quelli occorsi negli svincoli e all'interno di aree di pedaggio, servizio e parcheggio);
- $T_{i,max}$ è il valore massimo del tasso di incidentalità, cioè il valore della tratta elementare della rete gestita dalla Concessionaria a cui corrisponde il tasso di incidentalità più elevato (calcolato come sopra);
- $T_{i,min}$ è il valore minimo del tasso di incidentalità, cioè il valore della tratta elementare della rete gestita dalla Concessionaria a cui corrisponde il tasso di incidentalità più basso (calcolato come sopra).

L'*Indice di Classe* è legato alla domanda di prestazione che innalza la posizione in graduatoria in coerenza con la capacità di contenimento richiesta, in caso di riqualifica, dalla normativa attuale (DM 2004).

I valori di Y_c sono quindi determinati come segue:

- $Y_c = 0.8$ se la classe di contenimento richiesta è H1 o H2;
- $Y_c = 0.7$ se la classe di contenimento richiesta è H2/H3;
- $Y_c = 0.5$ se la classe di contenimento richiesta è H3;
- $Y_c = 0.4$ se la classe di contenimento richiesta è H3/H4;

dove, secondo il D.M. 21.06.2004, le classi di contenimento richieste vengono indicate in funzione del tipo di strada e del tipo di traffico (classi I, II, III) (vedi tabella 4).

L'*Indice di Esposizione* riguarda la presenza o meno di strutture e/o infrastrutture protette dal sistema di ritenuta oggetto di analisi.

I valori di γ_a , per **interventi puntuali** (opere d'arte e muri di sostegno) sono così attribuiti:

- $\gamma_a = 0$ in presenza di ferrovie/strade/edifici sottostanti per $h \geq 10$ m;
- $\gamma_a = 0.3$ in presenza di ferrovie/strade/edifici sottostanti $h < 10$ m;
- $\gamma_a = 0.3$ in assenza di ferrovie/strade/edifici sottostanti se $h \geq 10$ m;
- $\gamma_a = 0.6$ in assenza di ferrovie/strade/edifici sottostanti se $3 \leq h < 10$ m;
- $\gamma_a = 0$ in presenza di ferrovie/strade/edifici sottostanti se $h < 3$ m;

dove h è il dislivello massimo sull'opera d'arte tra la quota del piano stradale e la quota del piano campagna.

Il principio utilizzato in questo sub-indice per determinare la soglia di riferimento è derivato dal programma EuroNCAP, dove si ritiene superata la prova di sicurezza quando, a seguito di un urto a circa 50 km/ora, non si producono danni vitali agli occupanti l'autoveicolo.

Il valore soglia di $h = 10$ m è stato quindi calcolato in modo che la velocità di un autoveicolo in caduta libera, nel momento di contatto al suolo, non superasse tale limite di 50 km/ora per effetto della trasformazione dell'energia potenziale in energia cinetica.

I valori di γ_a , per **interventi lineari** (spartitraffico o bordo laterale) sono determinati come segue:

- $\gamma_a = 0$ per lo spartitraffico;
- $\gamma_a = 0.5$ per il bordo laterale in tratte elementari ricadenti in aree antropizzate;
- $\gamma_a = 0.9$ per il bordo laterale in tratte elementari ricadenti in aree non antropizzate.

L'*Indice di modifica* è legato alla presenza o meno di segnalazioni, effettuate dagli Uffici Ispettivi Territoriali del Ministero nel corso delle visite ispettive a campione, riguardanti il sistema di ritenuta.

I valori di γ_m sono determinati come segue:

- $\gamma_m = 0$ in presenza di segnalazioni di mancata sistematica rispondenza tra configurazione del dispositivo e documentazione tecnica (schede del Catalogo Blu) e/o tra installazione e progetto di installazione;
- $\gamma_m = 1$ in assenza di segnalazioni.

3.1.4 Criterio di ordinamento delle priorità di intervento del servizio strade della Provincia di Bolzano

Il terzo e ultimo criterio riportato in questo elaborato è stato sviluppato dal Servizio Strade della Provincia di Bolzano. Tale criterio di ordinamento si basa esclusivamente sulle caratteristiche geometriche e di esercizio del tratto di strada su cui è installata la barriera di sicurezza oggetto di ispezione.

La valutazione avviene tramite la compilazione di una scheda speditiva (riportata in figura 39) da utilizzarsi in fase di ispezione unitamente ad una scheda dei pesi che consente di determinare in modo oggettivo il punteggio da assegnare ad ogni tratta di barriera.

Successivamente le barriere a seconda del punteggio vengono suddivise in 4 classi così definite:

- CLASSE 1a: *richiedono urgenti interventi di sostituzione.*
Impianti di barriera con struttura fortemente deteriorata. Corrosioni diffuse delle basi dei montanti, delle lame e della bulloneria con perdita di sezione. Ancoraggio fortemente deteriorato, montanti su scarpata fortemente inclinati verso l'esterno, danneggiamenti diffusi.

- CLASSE 1b: *richiedono interventi di sostituzione o integrazione a breve termine.*
Impianti di barriera con geometria o tipologia poco idonea rispetto al contesto. Altezza della lama o del muretto < 55 cm, ringhiere o muretti su ponti in ambito extraurbano con l'ancoraggio a filo asfalto o su marciapiede di altezza < 20 cm anche se in buono stato.

- CLASSE 2: *richiedono interventi di manutenzione a medio termine.*
Impianti di barriera poco deteriorati. Altezza della lama o del muretto tra 55 e 70 cm, ossidazione alla base dei montanti senza perdita di sezione, ossidazioni iniziali delle lame o della bulloneria.

- CLASSE 3: *richiederanno interventi a lungo termine.*
Impianti di barriera in buono/ottimo stato di conservazione. Barriere anche non certificate secondo normativa vigente ma ancora massicce e privi di particolari deterioramenti.

Grazie all'ausilio del catasto barriere il Servizio Strade della Provincia di Bolzano è in grado di redigere una lista di priorità oggettiva che permette di intervenire sulle barriere che innanzitutto presentano un pessimo stato di conservazione (barriere 1a) e successivamente anche sulle barriere che presentano una geometria o tipologia inidonea in relazione alla funzione specifica loro richiesta (barriere 1b).

VOLUME TOTALE TRAFFICO			MATRICE DEI PESI	RISPOSTA ASSEGNATA	PIEZO SINGOLA RISPOSTA
TGM TOTALE (SOMMA 2 DIREZIONI) SUPERIORE A 15.000 VEICOLI	<input type="checkbox"/>	II			
TGM TOTALE (SOMMA 2 DIREZIONI) COMPRESO TRA 5.000 E 15.000 VEICOLI	<input type="checkbox"/>	TT	TT	10	
TGM TOTALE (SOMMA 2 DIREZIONI) INFERIORE A 5.000 VEICOLI	<input type="checkbox"/>	UU	UU	1	
INCIDENZA TRAFFICO PESANTE			incidenza traffico pesante	A	8
TRAFFICO TIPO III TGM > 1000 E CON UNA % DI VEICOLI CON MASSA SUPERIORE A 3500 KG > 15%	<input type="checkbox"/>	A		B	5
TRAFFICO TIPO II TGM > 1000 E CON UNA % DI VEICOLI CON MASSA SUPERIORE A 3500 KG COMPRESO TRA 5 % E 15%	<input type="checkbox"/>	B		D	3
TRAFFICO TIPO I TGM > 1000 E CON UNA % DI VEICOLI CON MASSA SUPERIORE A 3500 KG < 5%	<input type="checkbox"/>	D		E	1
TRAFFICO DI VEICOLI GIORNO < 1000 E CON UNA % DI VEICOLI CON MASSA SUPERIORE A 3500 KG QUALSIASI	<input type="checkbox"/>	E		F	4
ANDAMENTO PLANIMETRICO			andamento planimetrico	G	2
CURVA CON RAGGIO < 100 m	<input type="checkbox"/>	F		H	1
CURVA CON RAGGIO COMPRESO TRA 250 E 100 m	<input type="checkbox"/>	G	andamento altimetrico	I	5
CURVA CON RAGGIO > 250 m	<input type="checkbox"/>	H		L	3
				M	1
ANDAMENTO ALTIMETRICO			quota altimetrica	N	4
PENDENZA LONGITUDINALE > 12%	<input type="checkbox"/>	I		O	2
PENDENZA LONGITUDINALE COMPRESO TRA 6% E 12%	<input type="checkbox"/>	L		P	1
PENDENZA LONGITUDINALE < 6%	<input type="checkbox"/>	M	scarpata laterale	Q	12
QUOTA ALTIMETRICA				LL	6
QUOTA ALTIMETRICA > 1300 m slm	<input type="checkbox"/>	N		T	1
QUOTA ALTIMETRICA COMPRESA TRA 750 E 300 m slm	<input type="checkbox"/>	O	presenza infrastrutture	U	20
QUOTA ALTIMETRICA COMPRESA TRA 0 E 750 m slm	<input type="checkbox"/>	P		V	10
				MM	3
SCARPATA LATERALE			limite velocità	X	1
SCARPATA VERTICALE O SUBVERTICALE DI QUALSIASI ALTEZZA, BORDO PONTE, BORDO MURO	<input type="checkbox"/>	Q		Y	15
SCARPATA CON PENDENZA > 2:3 (ca. 34°) E DISLIVELLO TRA CIGLIO STRADALE E PIEDE SCARPATA > 1,00 m	<input type="checkbox"/>	LL		AA	4
SCARPATA CON PENDENZA > 2:3 (ca. 34°) E DISLIVELLO TRA CIGLIO STRADALE E PIEDE SCARPATA < 1,00 m	<input type="checkbox"/>	T	BB	1	
PRESENZA DI INFRASTRUTTURE			caratteristiche strada	CC	2
PRESENZA DI INFRASTRUTTURE QUALI EDIFICI, CICLABILI, FERROVIE STRADE SECONDARIE PARALLELE O ORTOGONALI ALLA SEDE STRADALE AD UNA DISTANZA COMPRESA TRA 0 E 5 m E AD UNA QUOTA INFERIORE ALLA QUOTA DEL PIANO VIABILE	<input type="checkbox"/>	U		DD	3
PRESENZA DI INFRASTRUTTURE QUALI, CICLABILI, FERROVIE STRADE SECONDARIE PARALLELE ALLA SEDE STRADALE, OSTACOLI FISSI LATERALI QUALI PILE DI PONTI, FABBRICATI, TRALICCI A UNA DISTANZA < 5 m E QUOTA PARI O SUPERIORE A QUELLA DEL PIANO VIABILE	<input type="checkbox"/>	V		EE	5
PRESENZA DI INFRASTRUTTURE QUALI, CICLABILI, FERROVIE STRADE SECONDARIE PARALLELE ALLA SEDE STRADALE, OSTACOLI FISSI LATERALI QUALI PILE DI PONTI, FABBRICATI, TRALICCI A UNA DISTANZA COMPRESA TRA 5 E 10 m	<input type="checkbox"/>	MM		FF	8
PRESENZA DI INFRASTRUTTURE QUALI CICLABILI, FERROVIE STRADE SECONDARIE PARALLELE ALLA SEDE STRADALE, OSTACOLI FISSI LATERALI QUALI PILE DI PONTI, FABBRICATI, TRALICCI A UNA DISTANZA > 10 m	<input type="checkbox"/>	X		GG	10
LIMITE DI VELOCITA'			caratteristiche strada	HH	1
TRATTO STRADALE CON VELOCITA' COMPRESA TRA 70 E 90 km/h	<input type="checkbox"/>	Y			
TRATTO STRADALE CON VELOCITA' COMPRESA TRA 50 E 70 km/h	<input type="checkbox"/>	AA			
TRATTO STRADALE CON VELOCITA' < 50 km/h	<input type="checkbox"/>	BB			
CARATTERISTICHE DELLA SEDE STRADALE					
TRATTO DI BARRIERA IN RETTILINEO	<input type="checkbox"/>	CC			
TRATTO DI BARRIERA INTERNO CURVA	<input type="checkbox"/>	DD			
TRATTO DI BARRIERA ESTERNO CURVA	<input type="checkbox"/>	EE			
TRATTO DI BARRIERA ESTERNO CURVA A VALLE DI UN RETTILINEO DI LUNGHEZZA > 100 m	<input type="checkbox"/>	FF			
TRATTO DI BARRIERA EST. CURVA A VALLE DI UN RETTIL. DI LUNGH. > 100 m CON PENDENZA > 6%	<input type="checkbox"/>	GG			
TRATTO DI BARRIERA IN CENTRO ABITATO	<input type="checkbox"/>	HH			

Figura 38 Scheda per il rilievo e la valutazione dei dispositivi di ritenuta Provincia di Bolzano

3.1.5 Confronto tra i criteri di ordinamento delle priorità sopra descritti

Dal confronto tra i criteri di ordinamento appena descritti, si possono evidenziare i pregi e i difetti di applicazione di ciascuno di essi, e si può pensare ad una loro complementarietà al fine di ottenere un criterio di ordinamento completo in tutti gli aspetti.

Infatti, analizzando in primis il criterio di ordinamento di Anas, si osserva come questo metodo si concentra esclusivamente sullo stato fisico della barriera e non considera le caratteristiche geometriche e di esercizio della strada in cui è situata la barriera oggetto di ispezione. Viceversa, il metodo proposto dall'Ufficio ispettivo territoriale di Roma si concentra esclusivamente sulle condizioni di esercizio del tratto di strada (velocità, incidentalità, esposizione,..) ma non prende in considerazione in alcun modo lo stato di "salute" della barriera e le caratteristiche geometriche del tracciato. Inoltre questo metodo, essendo nato dalla necessità di stabilire una priorità di intervento sulle barriere di sicurezza della rete autostradale, risulta, per come è strutturato, poco adatto all'applicazione sulle reti di minor importanza.

Le caratteristiche geometriche del tracciato sono tuttavia prese in considerazione insieme alle condizioni di esercizio della tratta dal criterio di priorità di intervento proposta dalla Provincia Autonoma di Bolzano.

3.2 CRITERI DI ORDINAMENTO DELLE PRIORITÀ DI INTERVENTO SULLE BARRIERE DI SICUREZZA STRADALE NEL MONDO

3.2.1 Vehicle Restraint Systems Detailed Inspection and Priorisation (VRSDIP)

Questo metodo, utilizzato in Irlanda del Nord per determinare la priorità di intervento sulle barriere di sicurezza stradale, si basa sul prodotto tra un fattore di posizione e un fattore di condizione.

Il primo viene determinato prendendo in considerazione le caratteristiche di esercizio e il layout della strada associato a ciascun tratto di barriera. Il punteggio finale assegnato a tale fattore può assumere al massimo un valore pari a 10 e deriva dalla somma dei seguenti “sotto-fattori”:

- *Tipo di strada/ TGM* :
se la strada non è consistente con il tipico TGM (= AADT: Annual Average Daily Traffic) per la sua categoria, è necessario attribuire il punteggio relativo all’attuale TGM, se invece non si conosce il TGM della strada oggetto di analisi ci si riferisce alla sua categoria.

Road Category / Type	Typical Range of Two-Way AADT	Score
Green Lane or Farm Access Road	Less than 200	0
Unclassified Road	200 to 2,000	0
Class B or C Road	2,000 to 7,000	1
Single Carriageway Class A or Trunk Road	7,000 to 20,000	2
Dual Carriageway Class A or Trunk Road	15,000 to 40,000	1.5
Motorway	Greater than 35,000	1.5

Tabella 11 Punteggio da assegnare in funzione del tipo di strada e del TGM secondo il VRSDIP

- *Velocità dei veicoli*:
In funzione della velocità del tratto di strada su cui insiste la barriera di sicurezza oggetto di ispezione, vengono assegnati i punteggi che come si può notare in fig.13 aumentano con l’aumentare della velocità.

Road Speed adjacent to Hazard	Plated Speed limit (mph)				
	70	60	50	40	30
Score	2	1.8	1.5	0.5	0

Tabella 12 Punteggio da assegnare in funzione della velocità nel tratto ispezionato secondo il VRSDIP

- *Rischi:*

con tale fattore si vuole attribuire un peso maggiore a seconda delle conseguenze che si potrebbero originare in seguito ad un errato funzionamento del sistema di ritenuta. Il punteggio totale può essere cumulativo poiché si possono avere una combinazione di più rischi.

Hazard Type to be protected	Score ¹
River / Water Hazard	2
Embankment Drop <3m	1
Embankment Drop >3m	2
Vertical/ Almost Vertical Drop <3m	1.5
Vertical/ Almost Vertical Drop >3m	2.5
Significant Above Ground Structure	1
School / Meeting Place	2
Housing	1.5
Central Reservation	2
Other (Inspector to score)

Tabella 13 Punteggio da assegnare in funzione dei rischi rilevati nel tratto ispezionato secondo il VRSDIP

- *Caratteristiche della tratta di strada:*

Questo fattore tiene in considerazione le caratteristiche puntuali del tratto di strada interessato. Anche in questo caso il punteggio finale può derivare dalla somma di più punteggi dovuti alla combinazione di più fattori.

Site Characteristics	Score ¹
Narrow Lanes Widths	1.0
Radius with hazard on outside of bend	1.0
Barrier located close to junction or slip road	1.0
Accident History /Multiple strikes on barrier	2.0
Setback less than 0.6m	1.0
Multiple Road Furniture within setback	1.0
Hazard / Obstruction(s) within working width	1.0

Tabella 14 Punteggio da assegnare in funzione delle caratteristiche della strada nel tratto ispezionato secondo il VRSDIP

Il fattore di condizione si basa invece sui difetti e sulle caratteristiche rilevate sulle barriere e su quanto questi possano influenzare la loro prestazione/funzionalità.

Ciascun componente del sistema di ritenuta può trovarsi nelle seguenti condizioni:

- G = good
- F = fair
- P = poor
- H = hazardous, in questo caso si possono avere differenti scale di intensità: 2H, 3H,... 10H.

Il valore attribuito al fattore di condizione deriva dalla somma delle sole condizioni H (pericolose) delle varie parti costituenti la barriera, che si riportano nelle tabelle di seguito, e può assumere nel peggiore dei casi il valore di 10 H.

- Lama/Nastro

Description of Feature / Defect		Likely Condition Factor
Beam or Wires with all fixings in place, good alignment, no corrosion and within height tolerances		G
Overlap in wrong direction		F
TCB has lost tension		F
Out of Alignment but remains straight*	<300mm	F
	300mm – 450mm	P
	>450mm	H
Bolts missing (Identify locations in comments box on inspection sheet)	1 at any lap joint	F
	2 at any lap joint	P
	3 or more at any lap joint	H
Major Corrosion affecting beam thickness		H
Tensioning Bolts missing		H
Top of rail height low 500mm -600mm		P
Top of rail height low <500mm		2H
Frayed wire rope		2H
Wire rope has lost tension		3H
Rail split, torn or discontinuous		5H
Major Impact Damage in need of immediate repair		10H

Tabella 15 Fattore di condizione da attribuire ai difetti su lame/nastri secondo VRSDIP

- Montanti

Description of Defect		Likely Condition Factor
Posts sound and vertical with no corrosion, fixings in place.		G
Wooden posts sound at ground level and above		F
Post /Beam connections missing		F
Posts damaged/missing at 1 location	<3	F
Post foundations loose		P
Post orientation incorrect		P
Posts damaged/missing at 1 location	>=3	H
Wooden posts rotten		5H
Major Impact Damage in need of immediate repair		10 H

Tabella 16 Fattore di condizione da attribuire ai difetti sui montanti secondo VRSDIP

- Terminali

Description of Defect	Likely Condition Factor
Ramped, P1 or P4 Terminal Section free from impact and all components in place.	G
Departure Terminal with Minor Impact	F
Ramped Scroll End, Scroll Terminal	F
Fixings missing	P
Post foundations loose	P
Terminals with Minor Impact	P
Departure Terminal with Major Impact	H
Exposed Approach Full Height Anchorage Terminal	3H
Exposed Approach Full Height Fish Tail Fish Tail or No Approach Terminal	5H
Departure Ramped Welded Angle Beam	3 H
Approach Ramped Welded Angle Beam	5 H
Major Impact Damage in need of immediate repair	10 H

Tabella 17 Fattore di condizione da attribuire ai difetti sui terminali secondo VRSDIP

Il fattore di condizione totale deriva dalla somma delle condizioni pericolose (H) riscontrate sui vari elementi che compongono la barriera di sicurezza e può essere riassunto con la seguente tabella:

Feature	H Condition Factors H ^{1,2}
Barrier	
Posts	
Terminals	
Transitions	
Totals ³	

Tabella 18 Tabella riassuntiva fattore di condizione totale secondo VRSDIP

Il prodotto dei due fattori può risultare al massimo pari a 100H (10 x 10H). In questo modo si riesce a ottimizzare la manutenzione dei sistemi di ritenuta dando priorità a quelli potenzialmente più pericolosi [TransportNI, S. Bradshaw, 2017].

3.2.2 The United Kingdom Roads Liaison Group Guidance, method C.

Questo metodo è adatto all'uso su strade nuove o su strade carenti di dati incidentali e permette di eseguire un'analisi del rischio che valuta l'introduzione o la sostituzione dei dispositivi di ritenuta stradale su strade con basso traffico veicolare e basse velocità.

Questo documento guida si può considerare come un'alternativa al Vehicle Restraint Systems Detailed Inspection and Priorisation (VRSDIP), utilizzato dal TD19 "Design Manual for Roads and Bridges" per strade con alto traffico e alta velocità (vedi figura 40)[UK Road Liaison Group, Ottobre 2011].

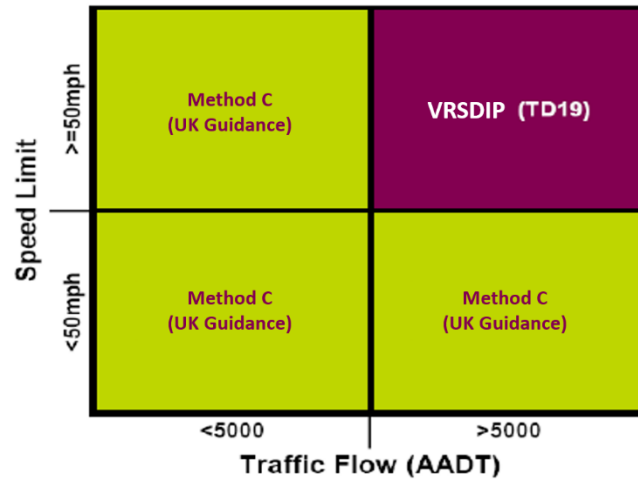


Figura 39 Campi di applicazione del metodo C della guida UK

Il punteggio totale del rischio deriva dalla somma dei punteggi assegnati a 4 differenti fattori (F), che verranno illustrati di seguito, e definisce le priorità di intervento a seconda dell'appartenenza agli intervalli riportati in tabella 20.

TOTAL RISK RANKING SCORE	CATEGORY
14 or more	Higher Priority
9-13	Medium Priority
0-8	Lower Priority

Tabella 19 Classi di priorità del metodo C della guida UK

- *Location Factor*: questo fattore tiene conto delle caratteristiche del tratto di strada oggetto di studio tra cui il tipo di strada, il limite di velocità, la quantità e la composizione del traffico. Nel caso di incongruenza tra il tipo di strada e il traffico ad essa associato, si dovrà scegliere la situazione peggiore.

PRIORITY RANK	RISK FACTOR SCORE
0 - All other roads	0
1 - Rural U & B roads and urban C roads	1
2 - Rural A roads ⁸ and urban B roads	3
3 - Urban A Roads	6

Tabella 20 Punteggio da attribuire al fattore di posizione secondo il metodo C della guida UK

- *Layout Factor*: ci sono diverse configurazioni che potrebbero aumentare il rischio di fuoriuscita del veicolo dalla carreggiata, infatti uno dei primi elementi considerati nel punteggio del rischio

è sicuramente il raggio di curvatura assieme alla velocità d'approccio e alla sopraelevazione della medesima curva.

PRIORITY RANK	RISK FACTOR SCORE
0 - Straight alignment and/or complies with TD9	0
1 - One step below desirable minimum R with superelevation of 5%	1
2 - Two steps below desirable minimum R with superelevation of 5%	2
3 - Three steps below desirable minimum R with superelevation of 5%	3
4 - Four steps below desirable minimum R with superelevation of 5%	4
5 - Five steps below desirable minimum R with superelevation of 5%	5

Tabella 21 Punteggio da attribuire al fattore di configurazione secondo il metodo C della guida UK (parte 1)

L'altro aspetto da considerare nel calcolo del punteggio del rischio è la complessità della configurazione della carreggiata che potrebbe portare ad un aumento del rischio che il veicolo possa abbandonarla.

PRIORITY RANK	RISK FACTOR SCORE
0 - No reason for lane changing/manoeuvres.	0
1 - Some potential for lane changing, overtaking, positioning manoeuvres or avoiding action.	2
2 - High likelihood of lane changing, overtaking, positioning manoeuvres or avoiding action.	3

Tabella 22 Punteggio da attribuire al fattore di configurazione secondo il metodo C della guida UK (parte 2)

- **Collision Factor:** riconosce l'incremento del rischio rappresentato dagli elementi/ostacoli posizionati ai margini della carreggiata per esempio semafori, alberi, fossi... ect. Si compone di due parti, nella prima (tabella 24) viene valutata la presenza o meno degli ostacoli mentre nella seconda parte (tab 25) si valuta la severità del possibile impatto con l'elemento individuato.

PRIORITY RANK	RISK FACTOR SCORE
0 - Individual spot hazard	0
1 - Series of individual hazards less than 50m apart or a longitudinal hazard that might be reached.	1
2 - Longitudinal Hazard that is highly likely to be reached resulting in harm or a spot hazard downstream of a feature which may guide the vehicle towards the hazard.	2

Tabella 23 Punteggio da attribuire al fattore di collisione secondo il metodo C della guida UK (parte 1)

PRIORITY RANK	RISK FACTOR SCORE
0 - Percentage of KSI for primary hazard < 20%	0
1 - Percentage of KSI for primary hazard 20 -30%	1
2 - Percentage of KSI for primary hazard >30%	2

Tabella 24 Punteggio da attribuire al fattore di collisione secondo il metodo C della guida UK (parte 2)

- *Consequential Factor*: in qualche caso in seguito ad una prima collisione contro un elemento stradale si può originare uno o più pericoli per altre strade, incrementando quindi il rischio di secondi incidenti. Pertanto laddove un'eventuale incidente potrebbe portare ad altri incidenti verrà assegnata una priorità maggiore. Anche questo fattore si suddivide in più parti e relativamente alla prima si valuta la possibilità di insorgenza di eventi secondari.

PRIORITY RANK	RISK FACTOR SCORE
0 - No secondary events likely.	0
1 - When damaged or collapsed the feature could give rise to the risk of secondary vehicular accidents.	1

Tabella 25 Punteggio da attribuire al fattore di consequenziale secondo il metodo C della guida UK (parte 1)

Nella seconda parte si valuta invece la possibilità che una collisione provochi un'interruzione prolungata della rete infrastrutturale.

PRIORITY RANK	RISK FACTOR SCORE
0 - No impact on network availability.	0
1 - If hazardous feature was damaged or collapsed this could give rise to network disruption for more than one day.	1

Tabella 26 Punteggio da attribuire al fattore di consequenziale secondo il metodo C della guida UK (parte 2)

Infine la terza parte tiene conto dell'eventuale impegno economico per la riparazione e/o sostituzione inseguito alla collisione.

PRIORITY RANK	RISK FACTOR SCORE
0 - No significant cost implications.	0
1 - Significant cost of repair or replacement following collision.	1

Tabella 27 Punteggio da attribuire al fattore di consequenziale secondo il metodo C della guida UK (parte 3)

4 PROPOSTA DI UN NUOVO CRITERIO DI ORDINAMENTO DELLE PRIORITÀ DI INTERVENTO SULLE BARRIERE DI SICUREZZA STRADALI

Alla luce di quanto detto nel paragrafo 3.1.5, si è pensato di proporre un metodo che tenesse conto di tutti i fattori ovvero: lo stato fisico della barriera, le caratteristiche geometriche del tracciato e le sue condizioni di esercizio.

Il nuovo criterio di ordinamento delle priorità di intervento sui dispositivi di ritenuta stradale si basa sull'**Indice di Prestazione Generale (IPG)** che può assumere un valore compreso tra 0 e 1, crescente con le migliori condizioni, e si articola essenzialmente in due fasi.

Il primo passo consiste nella valutazione dello stato della barriera attraverso la determinazione dell'**Indice di Stato Barriera** derivante dall'applicazione del metodo analogo al metodo di valutazione del danno del CIAS ma opportunamente modificato in alcune sue parti. Pertanto, analogamente a quanto fatto dal CIAS, sono state sviluppate apposite schede difettologiche (ALLEGATO A) riguardanti i possibili difetti riscontrabili sui sistemi di ritenuta stradali metallici (guardrail), le quali rappresentano il riferimento utilizzato per l'assegnazione dei valori G, K1 e K2.

Ogni scheda difettologica si riferisce ad un singolo difetto e contiene descrizione, cause del difetto, immagine di riferimento, eventuali correlazioni con altri difetti e infine suggerisce possibili interventi da effettuare per aumentarne la prestazione e la durabilità.

Tale *Indice di Stato Barriera*, derivante da una media pesata che tiene conto sia dell'estensione e della severità del danno e sia del relativo peso ad esso associato, può assumere al massimo valore 1.

$$\text{Indice di Stato} = \frac{\sum(G_i \cdot K1_{,i} \cdot K2_{,i})}{\sum G_i}$$

dove:

- G_i = peso associato al i-esimo difetto, può assumere un valore numerico intero compreso tra 1 e 5 in funzione della possibilità di costituire un pericolo, del rischio che il difetto possa innescare altri difetti e dell'onere economico per il ripristino.
- $K1_{,i}$ è il coefficiente di estensione del difetto e può assumere il valore 0.2, 0.5 oppure 1, in base alla sua estensione sull'elemento. In tabella 29 è riportato il valore di K1 attribuito ai vari intervalli di estensione del difetto:

K1	Assente o < 10% della tratta	1
	10% ÷ 50% della tratta	0.5
	> 50% della tratta	0.2

Tabella 28 Valori attribuiti al coefficiente K1 in funzione dell'estensione del difetto secondo il criterio proposto

- $K_{2,i}$ è il coefficiente di severità e può assumere il valore 0.2, 0.5 oppure 1, in base alla sua severità sull'elemento. Con valore unitario si intende che l'intensità è trascurabile. In tabella 30 sono riportati i valori attribuiti a ciascun intervallo di severità e per ciascun difetto rilevabile:

K2	Ossidata	1
	Intaccata la sezione del ferro	0.5
	Corrosa con diminuzione di sezione/assente	0.2
	Superficiale	1
	Oltre lo strato superficiale	0.5
	Profondo	0.2
	$H_{\text{cordolo}} < 5 \text{ cm}$	1
	$H_{\text{cordolo}} = 5 \div 7 \text{ cm}$	0.5
	$H_{\text{cordolo}} > 7 \text{ cm}$	0.2
	$H_{\text{barriera}} > 70 \text{ cm}$	1
	$H_{\text{barriera}} = 55 \div 70 \text{ cm}$	0.5
	$H_{\text{barriera}} < 55 \text{ cm}$	0.2
	$L > 20 \text{ cm}$	1
	$L = 12 \div 20 \text{ cm}$	0.5
	$L < 12 \text{ cm}$	0.2

Tabella 29 Valori attribuiti al coefficiente K2 in funzione della severità del difetto secondo il criterio proposto

Valori unitari dell'Indice di Stato Barriera sono rappresentativi di un sistema di ritenuta che gode di ottime condizioni, viceversa valori tendenti al valore 0.04 (minimo ottenibile) sono rappresentativi di una barriera di sicurezza fatiscente.

Successivamente per tener conto delle caratteristiche geometriche del tracciato e delle sue condizioni di esercizio, sono stati definiti degli indici illustrati in seguito che andranno a pesare in maniera differente nel calcolo del IPG:

-Indice di Velocità [γ_p], si esprime con la seguente formula:

$$\gamma_p = \frac{V_{p,min} - V_p}{V_{p,min}}$$

dove:

- $V_{p,min} = 70 \text{ km/h}$, velocità oltre la quale il D.M. 1992 con l'art.2 obbliga la redazione di progetti esecutivi relativi alle strade pubbliche extraurbane e urbane.

- V_p = velocità di progetto puntuale/media sulla tratta elementare, determinata a partire dal diagramma di velocità elaborato secondo i criteri indicati dal D.M. 5/11/2001 a partire dai dati di geometria planimetrica del tracciato.

L'indice così definito risulta particolarmente adatto alle strade aventi velocità comprese tra i 0 km/h e i 70km/h, infatti per tali velocità si avrebbero rispettivamente valori di γ_p uguali a 1 e 0. Per evitare di ottenere valori negativi dell'indice nel caso in cui $V_p > 70$ km/h, tale formulazione è stata introdotta all'interno del metodo con un'opportuna condizione che pone direttamente $\gamma_p = 0$ per velocità maggiori a 70 km/h.

- Indice di Installazione [γ_c]:

ANNO DI COSTRUZIONE	γ_c
dopo il 2011 con certificati	1
dopo 2011 senza certificati	0.75
1992 ÷ 2011	0.5
prima del 1992	0.25
barriera assente	0

Tabella 30 Valori attribuiti all'indice di installazione secondo il criterio proposto

Analogamente a quanto fatto da Anas, con il seguente indice si vuole porre l'attenzione sull'anno di installazione della barriera poiché, come già detto nei capitoli precedenti, la normativa d'ambito ha subito negli anni numerosi aggiornamenti più o meno chiari con conseguenze dirette sulla realizzazione e installazione delle barriere.

Le norme che hanno rappresentato un significativo riferimento relativo all'installazione di barriere di sicurezza sono state:

- Decreto Ministeriale del 18 febbraio 1992, n.223, primo regolamento recante "Istruzioni tecniche per la progettazione l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza";
- Decreto Ministeriale del 21 giugno 2004, nonché ultimo aggiornamento del decreto sopra detto (tutt'ora di riferimento);
- Decreto Ministeriale del 28 giugno 2011 "Disposizioni sull'uso e l'installazione dei dispositivi di ritenuta stradale, l'ultimo D.M. sui sistemi di ritenuta che prescrive l'obbligatorietà del possesso della marcatura CE dei dispositivi di ritenuta utilizzati e installati a partire dal 1° gennaio 2011.

Come si può osservare in tabella 31 l'indice è stato costruito prendendo come limiti gli anni 1992 e 2011 in quanto rappresentativi dei progressi più significativi in materia di sicurezza stradale. Inoltre si è deciso di suddividere i sistemi di ritenuta installati dopo in 2011 in ulteriori due gruppi a seconda che la tratta ispezionata sia munita di Marcatura CE e del Certificato di Corretta Installazione, ottenuto verificando che la barriera abbia le stesse caratteristiche possedute durante le prove di crash test. Nel caso in cui la tratta sia sprovvista di tale documentazione, si è scelto di assegnarle un valore minore in quanto non si è certi del corretto funzionamento della barriera in caso d'urto.

- Indice di Esposizione [Ye] :

ESPOSIZIONE	Ye
sud-ovest	1
ovest	0.9
sud	0.8
nord-ovest	0.5
sud-est	0.4
est	0.2
nord-est	0.1
nord	0

Tabella 31 Valori attribuiti all'indice di esposizione secondo il criterio proposto

Questo indice riguarda la posizione del tratto di strada su cui insiste la barriera oggetto di ispezione rispetto all'esposizione solare e rappresenta un'integrazione se confrontato con gli indici considerati nei vari criteri di ordinamento descritti nei capitoli precedenti.

L'indice di esposizione nasce come alternativa all'indice di incidentalità dell'Ufficio Ispettivo di Roma dal momento che, ad oggi, non c'è un unico organo/istituto in grado di raccogliere tutti gli incidenti che avvengono sulle strade. A questi bisogna aggiungere purtroppo tutta una serie di incidenti, evidentemente di minor importanza, che per svariati motivi non vengono registrati da alcun organo di polizia dato che, a differenza delle autostrade, le strade di minor importanza non sono in genere videosorvegliate 24h su 24h. Inoltre i rilievi effettuati post incidente risultano spesso carenti se non privi di informazioni inerenti la loro geo-localizzazione e le loro possibili cause.

Pertanto, prendendo spunto anche da altre discipline e nello specifico dal metodo geologico RHRS (metodo per la valutazione della pericolosità e del rischio derivanti da caduta massi su infrastrutture stradali), si è deciso di integrare nel metodo questo indice di esposizione che permette nel nostro caso di tener in considerazione il rischio di fuoriuscita del mezzo in seguito alla possibile presenza di ghiaccio sulla pavimentazione. In aggiunta tale indice permette di considerare l'ambiente in cui è inserita la barriera oggetto di valutazione, infatti la presenza d'acqua/umidità sulle superfici metalliche per periodi prolungati, tipici delle zone esposte a nord/nord-est, provoca un'accelerazione della corrosione.

- Indice di Vulnerabilità [γ_v]:

VULNERABILITA'	γ_v
assenza di ferrovie/strade/edifici/manufatti <5 m e dislivello <3 m	1
assenza di ferrovie/strade/edifici/manufatti <5m e dislivello $3 < \Delta h < 10$ m	0.6
assenza di ferrovie/strade/edifici/manufatti <5 m e dislivello ≥ 10 m	0.3
presenza di ferrovie/strade/edifici/manufatti <5 m e dislivello < 10 m	0.3
presenza di ferrovie/strade/edifici/manufatti <5 m e dislivello ≥ 10 m	0

Tabella 32 Valori attribuiti all'indice di vulnerabilità secondo il criterio proposto

Con l'indice di vulnerabilità si vuole attribuire alle varie tratte di barriere stradali diversa priorità a seconda dell'importanza e delle caratteristiche di ciò che vanno a proteggere e dei rischi che possono derivare da un loro inadeguato comportamento in caso d'urto. Questo indice si può considerare un analogo all'indice di Esposizione dell'Ufficio Territoriale di Roma anche se è stato opportunamente rimaneggiato per considerare non solo il dislivello tra il piano stradale e il piano campagna ma anche la distanza orizzontale tra il margine esterno della carreggiata e l'eventuale ostacolo da proteggere. Per quanto riguarda i limiti di quota, si sono presi gli stessi previsti dall'UIT mentre per la distanza orizzontale si è preso come riferimento il limite di 5 m proposto dal criterio di ordinamento della Provincia di Bolzano.

- Indice di Ubicazione [γ_u]:

UBICAZIONE	γ_u
tratto di barriera in rettilineo	1
tratto di barriera interno curva	0.5
tratto di barriera esterno curva	0.3
tratto di barriera esterno curva a valle di un rettilineo di lunghezza > 100 m e pendenza < 6%	0.2
tratto di barriera esterno curva a valle di un rettilineo di lunghezza > 100 m e pendenza > 6%	0.0

Tabella 33 Valori attribuiti all'indice di ubicazione secondo il criterio proposto

Questo indice tiene conto delle caratteristiche geometriche della sede stradale e delle rispettive probabilità di fuoriuscita. Come per l'indice precedente anche in questo caso si è fatto riferimento ai valori utilizzati dal criterio di ordinamento della Provincia di Bolzano.

- Indice di traffico [γ_t]:

TRAFFICO	γ_t
TGM \leq 1000 e % veicoli con massa $>3,5$ t qualsiasi	1
TGM $>$ 1000 e veicoli con massa $>3,5$ t \leq 5%	0.75
TGM $>$ 1000 e veicoli con massa $>3,5$ t tra 5- 15%	0.5
TGM $>$ 1000 e veicoli con massa $>3,5$ t $>$ 15%	0

Tabella 34 Valori attribuiti all'indice di traffico secondo il criterio proposto

Derivante dal criterio di ordinamento delle priorità di intervento della provincia di Bolzano, questo indice permette di mettere a confronto tra loro più strade appartenenti allo stesso ente/concessionario, attribuendo un punteggio minore (quindi maggior priorità) laddove si hanno Traffici Giornalieri Medi maggiori e quindi maggior probabilità di fuoriuscita dalla carreggiata stradale.

- Indice di Incidentalità [γ_i]

Attualmente si è deciso di non implementare tale indice all'interno del metodo che si sta proponendo poiché, come già detto nell'indice di esposizione, con i dati che abbiamo oggi a disposizione risulterebbe poco significativo.

Tuttavia con lo sviluppo tecnologico in atto, vedasi le barriere di sicurezza intelligenti tipo "Andromeda", è possibile che quest'indice possa essere implementato in futuro.

Una volta stabiliti gli indici della tratta oggetto di ispezione, il sistema fornisce l'**Indice di Prestazione Generale** tramite la seguente formula:

$$IGP = \gamma_p \cdot \alpha_p + \gamma_c \cdot \alpha_c + \gamma_e \cdot \alpha_e + \gamma_v \cdot \alpha_v + \gamma_u \cdot \alpha_u + \gamma_t \cdot \alpha_t + \gamma_s \cdot \alpha_s$$

dove α_i rappresentano i pesi attribuiti ai vari indici.

Per definire il peso da associare a ciascun indice, in modo da stabilirne l'importanza, si è deciso di seguire uno dei metodi utilizzati generalmente nell'analisi multicriteria. Il metodo consiste nel costruire una matrice $n \times n$ (n =numero indici) e assegnare ad ogni elemento della matrice i valori -1, 0, +1 a seconda che l'indice della colonna k -esima abbia minore, uguale, maggiore importanza di quello della riga h -esima. La somma dei punteggi di ciascuna colonna misurano l'importanza assegnata ad ogni obiettivo e definisce l'ordine gerarchico degli indici.

Di seguito nella tabella 36 riportiamo la matrice con i valori ottenuti:

Matrice d'ordinamento gerarchico degli indici							
	Velocità	Anno di Installazione	Esposizione	Vulnerabilità	Ubicazione	Stato della barriera	traffico
Velocità	0	-1	-1	-1	-1	1	-1
Anno di Installazione	1	0	-1	1	1	1	1
Esposizione	1	1	0	1	1	1	1
Vulnerabilità	1	-1	-1	0	-1	1	1
Ubicazione	1	-1	-1	1	0	1	1
Stato della barriera	-1	-1	-1	-1	-1	0	-1
traffico	1	-1	-1	-1	-1	1	0
SOMMA	4	-4	-6	0	-2	6	2

Tabella 35 Matrice di ordinamento gerarchico degli indici come da Analisi MultiCriteria

Stabilito l'ordine gerarchico degli indici, si è proceduto alla definizione dei valori numerici da assegnare ai rispettivi pesi (tabella 37), calibrandoli in funzione dei risultati di IPG ottenuti sulle varie tratte indagate e avendo già chiara la situazione globale dell'intera strada.

Quest'ultima fase risulta essere inevitabilmente affetta dalla soggettività del tecnico, infatti sarebbe opportuno discutere i vari valori tra più esperti del settore, considerando più tratte di diverse strade. Tuttavia questa impostazione rende il metodo versatile, infatti se si dovesse per esempio applicarlo nelle province/comuni con climi differenti, si potrebbe variare il valore attribuito all'indice di esposizione redistribuendo l'avanzo/mancanza tra gli altri pesi degli altri indici.

INDICI			PESI	
γ_p	Velocità	-	α_p	0.15
γ_c	installazione	-	α_c	0.06
γ_e	esposizione	-	α_e	0.04
γ_v	vulnerabilità	-	α_v	0.10
γ_u	ubicazione	-	α_u	0.08
γ_t	traffico	-	α_t	0.12
γ_s	stato barriera	-	α_s	0.45

Tabella 36 Pesi attribuiti a ciascun indice del criterio proposto

Infine, analogamente a quanto fatto dal criterio di ordinamento di Bolzano, si sono definite quattro classi di priorità di intervento così definite:





CLASSI DI PRESTAZIONE GENERALE		
0.7 <= IPG < 1		Richiederanno interventi a lungo termine
0.5 <= IPG < 0.7		Richiedono interventi di manutenzione a medio termine
0.3 <= IPG < 0.5		Richiedono interventi di sostituzione o integrazione a breve termine
IPG < 0.4		Richiedono urgenti interventi di sostituzione

Tabella 37 Classi di Prestazione Generale secondo il criterio proposto

Occorre precisare che per come è stato strutturato l'algoritmo alla base di questo nuovo criterio di ordinamento, è stato necessario inserire delle condizioni sul calcolo dell'IPG adatte a specifiche situazioni che possono venire a crearsi :

- Condizione 1: se la barriera fosse presente e l'indice di stato della barriera dovesse risultare uguale a 1, l'algoritmo automaticamente farebbe subentrare gli altri indici per considerare i casi in cui certe barriere siano state installate prima del 2011 (inizio marcatura CE obbligatoria) e quindi il valore di IPG potrebbe diminuire e risultare minore di 1; se invece la barriera risultasse essere stata installata dopo 2011 e possedesse i certificati di corretta installazione allora l'IPG deve risultare uguale a 1.
- Condizione 2: se la barriera non fosse presente, l'indice di stato della barriera non avrebbe senso di esistere e pertanto deve essere posto uguale a 0. Il valore di IPG risultante dipenderà quindi esclusivamente dalle caratteristiche geometriche e di esercizio della tratta priva di sistema di ritenuta.

4.1 VANTAGGI E LIMITI DEL METODO

Il metodo appena proposto risulta essere di facile comprensione e soprattutto di semplice utilizzo, infatti la sua applicazione non richiede particolari conoscenze né tantomeno speciali attrezzature. Inoltre non è necessario alcun impegno economico da parte dell'ente o del gestore della rete, i quali servendosi dei tecnici già alle loro dipendenze possono in breve tempo avere una mappatura dell'intera rete di guardrails installati e quindi ottimizzare l'allocazione delle risorse per la loro sistemazione.

Uno dei limiti di questo nuovo metodo risiede nel fatto che si possono analizzare soltanto i sistemi di ritenuta stradale metallici e i tratti privi di alcuna barriera, trascurando quelli realizzati in muratura (frequenti su strade di montagna) e in elementi prefabbricati di cemento armato (new jersey).

L'assenza di rigosità scientifico-analitica alla base del metodo può essere considerata come una debolezza dello stesso. Tuttavia per sopperire a tale mancanza sarebbe necessario eseguire una serie di prove distruttive e non sui vari elementi che compongono il sistema di ritenuta, con tutta una serie di costi e problematiche da affrontare inerenti l'effettuazione delle prove in loco (cantieri mobili) e in laboratorio, l'analisi e l'elaborazione dei dati raccolti. Ciò porterebbe in tempi decisamente più lunghi ad un risultato sicuramente più rigoroso ma che non giustificerebbe l'impegno economico richiesto rispetto al risultato ottenibile con il metodo proposto, soprattutto al giorno d'oggi dove vi sono purtroppo evidenti tratte di sistemi di ritenuta fatiscenti che richiedono interventi urgenti.

5 RILIEVO DEI DIFETTI E CALCOLO DEGLI INDICI DI PRESTAZIONE: IL CASO STUDIO DELLA S.P. 46 IN PROVINCIA DI BERGAMO

5.1 PRESENTAZIONE E OBIETTIVI DEL CASO STUDIO

Il Catasto stradale è uno strumento di fondamentale importanza per la gestione del patrimonio stradale in un'efficiente azione di prevenzione ed è obbligatorio ai sensi di leggi art.13 comma 6 del Nuovo Codice della Strada :

“Gli enti proprietari delle strade sono obbligati ad istituire e tenere aggiornati la cartografia, il catasto delle strade e le loro pertinenze... . Nel catasto dovranno essere compresi anche gli impianti e i servizi permanenti connessi alle esigenze della circolazione stradale”.

Il metodo di ordinamento delle priorità di intervento sulle barriere stradali precedentemente proposto vuole essere lo strumento attraverso il quale si giunga ad avere un catasto delle barriere di sicurezza della Provincia di Bergamo.

Realizzare un catasto delle barriere significa conoscere in dettaglio i dispositivi di ritenuta in termini di: sviluppo e tipologia, tipologia ancoraggio, stato di conservazione, contesto locale e tipologia di traffico. Una volta completato il catasto di tutta la rete provinciale (ALLEGATO 6), questo permetterà di redigere una lista di priorità oggettiva, e quindi una ripartizione delle risorse secondo le effettive necessità, intervenendo dapprima sulle barriere che presentano un pessimo stato di conservazione e successivamente su quelle che presentano una geometria o tipologia non idonea in relazione alla funzione specifica loro richiesta.

Di seguito verrà illustrato l'applicazione del nuovo metodo su una tratta di barriera di sicurezza, che replicato su tutte le altre tratte porterà in fine ad avere il catasto delle barriere e un quadro generale sulle prestazioni delle stesse su un'intera strada della rete provinciale bergamasca (ALLEGATO 5).

5.2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E CARATTERISTICHE TECNICHE DELLA S.P. 46

La strada provinciale S.P. 46 “strada della Val del Riso” attraversa la valle percorsa dall’omonimo torrente e realizza il collegamento tra il Passo di Zambla e la SS671 appena fuori il centro abitato di Ponte Nossa.

La Val del Riso è una diramazione occidentale del Val Seriana in Provincia di Bergamo. Inizia dal Colle di Zambla, che la divide dalla val Parina, in un suggestivo scenario montuoso incastonato tra il monte Alben ed il monte Arera, motivo per cui essa viene percorsa da numerosi motociclisti durante la stagione estiva.

Scendendo verso valle si incontrano i nuclei abitativi di Cantoni, Scullera e Chignolo, tutte frazioni di Oneta, per poi imbattersi in Gorno e sfociare nella Val Seriana.



Figura 40 Inquadramento planimetrico S.P. 46 "Ponte Nossa - Zambla" su ortofoto

La strada in oggetto è classificata con categoria F extraurbano ai sensi del D.Lgs n. 285 del 30/04/1992 (Nuovo Codice della Strada), si ha pertanto un intervallo di velocità di progetto che va da un minimo di 40 km/h ad un massimo di 100 km/h. Questa informazione risulta essere necessaria per predisporre il diagramma di velocità della strada e ricavare le velocità massime dei vari tratti di barriera ispezionati.

5.3 RILIEVO VISIVO DEI DIFETTI DELLE BARRIERE DI SICUREZZA

Per eseguire l'ispezione delle tratte di barriera e ricavare le relative caratteristiche geometriche ci si è attrezzati di una ruota metrica per misurare l'estensione della tratta, data dalla differenza tra la chilometrica di inizio e quella di fine, e di un metro estensibile con il quale si sono misurate le seguenti caratteristiche:

- Altezza del cordolo;
- Posizione del montante rispetto al cordolo;
- Altezza dell'estradosso del nastro dal piano di rotolamento;

Per rilevare correttamente le informazioni necessarie per l'applicazione del metodo sono state realizzate apposite schede difettologiche (ALLEGATO 1) che rappresentano il riferimento utilizzato sia per la corretta comprensione degli elementi da misurare e sia per l'assegnazione dei valori G , k_1 e k_2 . Ogni scheda difettologica si riferisce ad un singolo difetto e contiene descrizione e cause dello stesso, immagine di riferimento, eventuali correlazioni con altri difetti, interventi da effettuare e indagini necessarie.

5.4 ESEMPIO DI CALCOLO DELL' INDICE DI PRESTAZIONE GENERALE DI UNA TRATTA

La tratta oggetto di ispezione si trova in località Scullera nel comune di Oneta (BG) e si trova sul margine destro della carreggiata scendendo verso valle.

Essa si sviluppa dal Km 33+700 fino al Km 33+600.

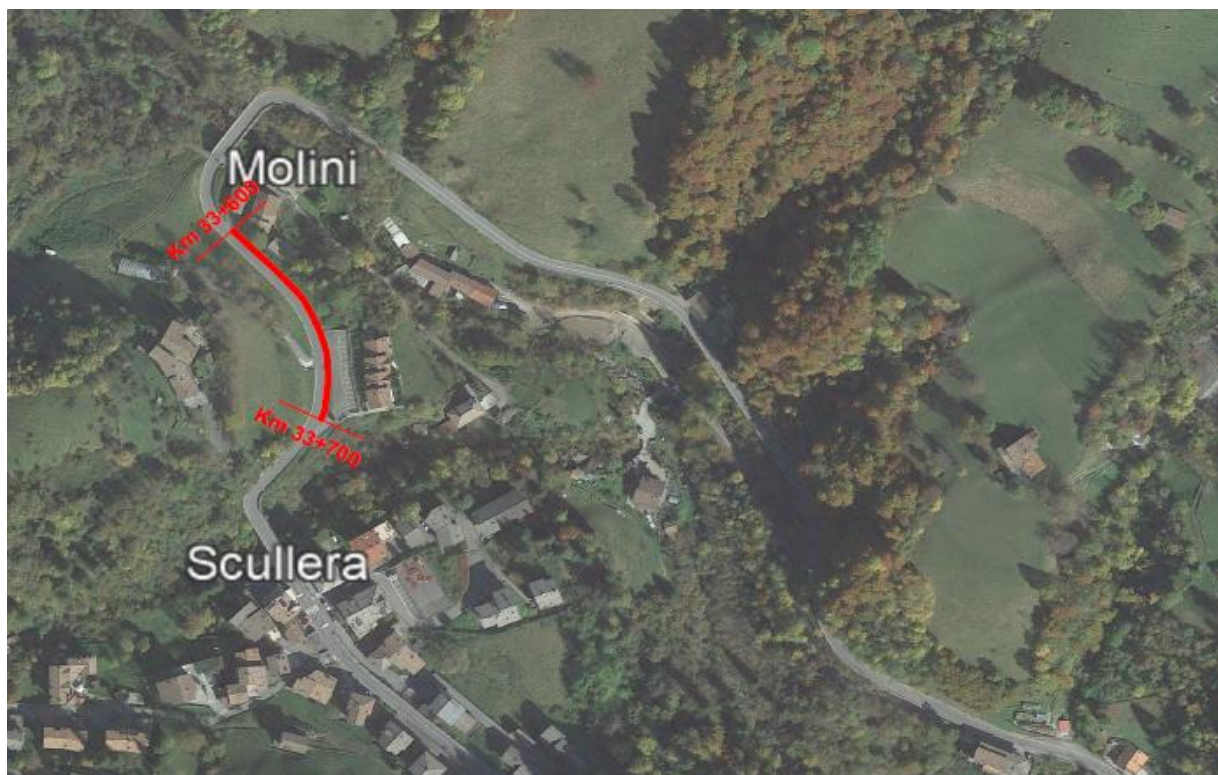


Figura 41 Inquadramento planimetrico tratta interessata dall'ispezione

5.4.1 Calcolo indice di stato della tratta



Figura 42 Rilievo fotografico di una tratta della S.P.46: a) Nastro ossidato b) muro di sostegno ammalorato c), e) cordolo rotto d) perdita del vincolo di incastro del montante nel cordolo

La barriera di sicurezza presente è del tipo “Morteo” con montanti ancorati direttamente nel cordolo in calcestruzzo non armato (vedi figura 43.d, 43.e). Come si evince dalla figura 43, il cordolo si presenta per più del 50% della tratta profondamente ammalorato, rotto in più zone e con un'altezza nulla rispetto al piano di rotolamento.

I montanti risultano essere in ottimo stato e posizionati ad una distanza tra i 12 e i 20 cm rispetto al paramento esterno del cordolo, su tutta la lunghezza della tratta (vedi figura 43.c). Inoltre, per un'estensione poco inferiore alla metà della lunghezza della tratta, i montanti non dispongono del vincolo di incastro nel cordolo a causa del profondo degrado di quest'ultimo.

Lungo tutto la tratta, l'altezza dell'estradosso del nastro oscilla tra i 55 e i 70 cm e si mostra ossidato per un'estensione maggiore al 50% (vedi figura 46.a).

Per quanto riguarda le bullonature, su tutta la lunghezza della tratta presentano una severa corrosione (vedi figura 43.d).

Di seguito si riporta l'estratto della scheda di valutazione inerente l'indice di stato:

Indice di stato			
Scheda	DIFETTI	ESTENSIONE	SEVERITA'
1.1	Cordolo - Calcestruzzo ammalorato	> 50% della tratta	Profondo
1.2	Cordolo - Distacco copriferro	Assente o < 10% della tratta	
1.3	Cordolo - Armatura ossidata/corrosa	> 50% della tratta	Corrosa con diminuzione di sezione o assente
1.4	Rottura cordolo	> 50% della tratta	
1.5	Altezza cordolo	Assente o < 10% della tratta	
2.1	Ancoraggio - Mancanza tirafondi	Assente o < 10% della tratta	
2.2	Ancoraggio - Corrosione tirafondi	Assente o < 10% della tratta	
2.3	Perdita vincolo di incastro nel cordolo	10% ÷ 50% della tratta	
2.4	Corrosione piastra di ancoraggio	Assente o < 10% della tratta	
2.5	Erosione scarpata del rilevato	Assente o < 10% della tratta	
3.1	Corrosione montanti	Assente o < 10% della tratta	
3.2	Posizione montanti rispetto al cordolo	> 50% della tratta	L = 12÷20 cm
4.1	Corrosione nastro	> 50% della tratta	Ossidata
4.2	Altezza estradosso nastro	> 50% della tratta	Hbarriera = 55÷70 cm
5.1	Bullonature mancanti	Assente o < 10% della tratta	
5.2	Bullonature corrose	> 50% della tratta	

Figura 43 Estratto scheda di valutazione Indice di Stato barriera

5.4.2 Calcolo Indice di posizione

Il primo passo nel calcolo dell'indice di posizione è stata la costruzione del diagramma di velocità dell'intera S.P.46 con il quale si può ricavare la velocità di progetto sulle varie tratte di interesse. Dal diagramma si ricava che la velocità di progetto massima raggiungibile in quel tratto risulta essere pari a 50 Km/h.

Per quanto riguarda l'anno di installazione della barriera non si hanno informazioni ma, dal momento che la barriera installata risulta essere tipo "Morteo", dalle testimonianze di tecnici e sorveglianti si può ritenere che sia stata installata prima del 1992.

Dai censimenti effettuati dalla Provincia di Bergamo, si evince che il tratto in oggetto è percorso quotidianamente da un flusso veicolare che determina un TGM >1000, per il quale l'incidenza percentuale stimata degli automezzi pesanti con massa > 3,5 t è inferiore al 5%.

La tratta risulta essere esposta prevalentemente ad Est.

La barriera di sicurezza oggetto di ispezione è posta in gran parte sull'esterno di una curva, al di sopra di un muro di sostegno in pietrame di altezza pari circa a 2 m, e ha la duplice funzione di contenere il veicolo evitando la caduta dall'alto e di proteggere il parcheggio privato delle abitazioni sottostanti.

Di seguito si riporta l'estratto della scheda di valutazione inerente l'indice di posizione:

Indice di Posizione		
Velocità di progetto massima della tratta	50	km/h
anno di installazione	prima del 1992	
indice esposizione	est	
indice traffico	TGM > 1000 e veicoli con massa >3,5 t <= 5%	
indice vulnerabilità	presenza di ferrovie/strade/edifici/manufatti <5 m e dislivello < 10 m	
indice ubicazione	tratto di barriera esterno curva	

Figura 44 Estratto Scheda di Valutazione Indice di Posizione

5.5 RISULTATI E OSSERVAZIONI

Con le informazioni raccolte si è proceduto alla compilazione del modello predisposto per la definizione della priorità di intervento che ha portato alla determinazione dell'**Indice di Prestazione Generale (IPG) pari a 0,45** (ALLEGATO 2). Pertanto, tale tratta risulta appartenere alla classe che necessita di *interventi di sostituzione o integrazione a breve termine*.

Per scopo puramente dimostrativo, si osserva che nel caso in cui la stessa barriera (stesso indice di stato) si trovasse in un tratto di strada nelle peggior condizioni possibili, ovvero:

Indice di Posizione		
Velocità di progetto massima della tratta	70	km/h
anno di installazione	prima del 1992	
indice esposizione	nord	
indice traffico	TGM > 1000 e veicoli con massa >3,5 t > 15%	
indice vulnerabilità	presenza di ferrovie/strade/edifici/manufatti <5 m e dislivello >= 10 m	
indice ubicazione	tratto di barriera esterno curva a valle di un rettilineo di lunghezza > 100 m e pendenza > 6%	

Figura 45 Estratto Valutazione Indice di Posizione nella peggior situazione possibile

l'Indice di Prestazione Generale precipiterebbe al valore 0,25, rientrando così nella classe di sistemi di ritenuta che richiedono *urgenti interventi di sostituzione*.

5.6 INTERVENTI MANUTENTIVI E AGGIORNAMENTO DELL'IPG

Come indicato nel paragrafo 5.2, la strada in oggetto è classificata con categoria F extraurbano, si ha pertanto, in considerazione delle geometrie del tratto, una velocità di progetto pari o superiore ai 70 km/h e pertanto rientra nel campo di applicazione dell'art. 2 del D.M. n. 223/1992 comma 1 e 3:

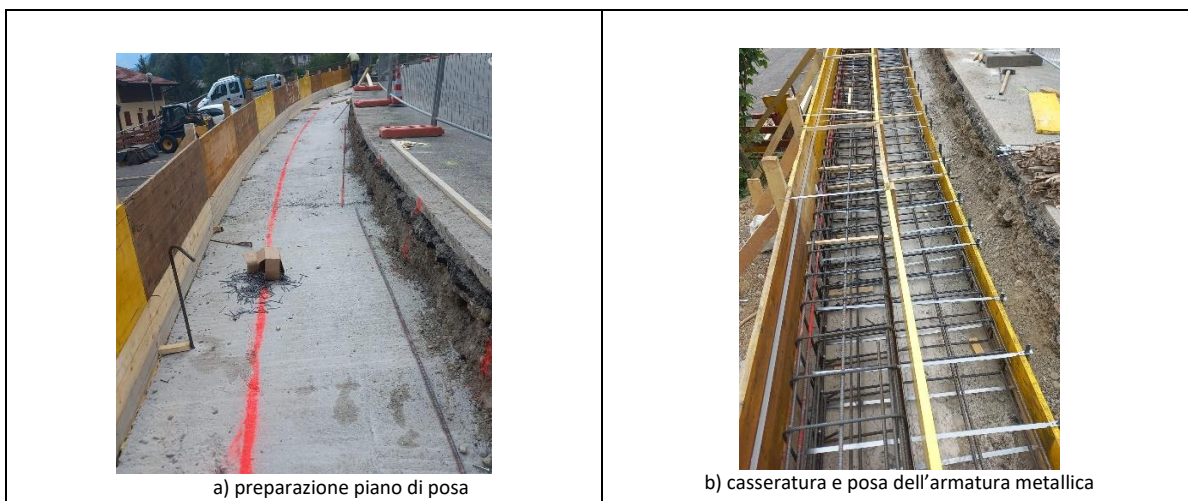
"1. I progetti esecutivi relativi alle strade pubbliche extraurbane ed a quelle urbane con velocità di progetto maggiore o uguale a 70km/h devono comprendere un apposito allegato progettuale, completo di relazione motivata sulle scelte, redatto da un ingegnere, riguardante i tipi delle barriere di sicurezza da adottare, la loro ubicazione e le opere complementari connesse (fondazioni, supporti, dispositivi di smaltimento delle acque, ecc.), nell'ambito della sicurezza stradale.

3. Analoga progettazione dovrà essere svolta in occasione dell'adeguamento di tratti significativi di tronchi stradali esistenti, oppure nella ricostruzione e riqualificazione di parapetti di ponti e viadotti situati in posizione pericolosa per l'ambiente esterno alla strada o per l'utente stradale; i ripristini di danni localizzati potranno invece essere eseguiti con le tipologie preesistenti".

Noto il tipo di traffico, il tipo di strada e l'ubicazione si ricava la classe minima di progetto della barriera dalla tabella 11, da cui risulta necessario installare una classe di contenimento minima H2 per il tratto posto al di sopra del muro di sostegno e una classe N1 per il restante tratto lungo il rilevato.

Nel tratto lungo il rilevato, si è scelto di adottare una barriera bordo laterale con classe minima di contenimento H2 superiore alla minima N1, in quanto essendo installata in continuità con la barriera bordo ponte sul muro di sostegno, si vuole mantenere omogeneità nella capacità di contenimento della stessa. Inoltre data la mancanza di informazioni inerenti le caratteristiche meccaniche del terreno del rilevato, si è deciso realizzare un cordolo in cemento armato in continuità con quello realizzato sopra al muro di sostegno su cui installare la barriera tramite gli appositi tirafondi.

Nelle figure di seguito si mostrano alcune fasi delle lavorazioni e l'intervento ad opera finita.





In seguito all'intervento si è proceduto aggiornando il catasto delle barriere, allegando alla documentazione su mappa, oltre alle nuove immagini della barriera installata, anche la valutazione dell'IPG aggiornato a **1.00** (ALLEGATO 3) corredata della *Dichiarazione di Conformità* dei prodotti utilizzati e del *Certificato di Corretta Installazione*.

6 CONCLUSIONI

Al termine del presente elaborato si vuole porre l'attenzione sull'importanza da attribuire all'infrastruttura stradale che, a volte, è causa e più spesso concausa degli incidenti stradali, ma che può in ogni caso avere un ruolo determinante nel ridurre la gravità delle conseguenze di molti incidenti, in particolare di quelli che derivano dalla perdita di controllo del veicolo, con conseguente tendenza dello stesso a fuoriuscire dalla carreggiata stradale.

Il ripetersi di incidenti stradali le cui conseguenze sono rese ancor più gravi a causa della mancanza o dell'inadeguatezza dei sistemi di ritenuta impone di richiamare l'attenzione di tutti gli enti proprietari e gestori di strade.

Partendo dalla disponibilità di un budget finanziario che, come solito, risulta limitato, una delle soluzioni applicabili tecnicamente più ovvie è quella di procedere con una programmazione degli interventi in base alle priorità rilevate dopo aver qualificato e quantificato le criticità esistenti.

In questo elaborato sono stati presentati inizialmente i criteri di ordinamento delle priorità di intervento utilizzati oggi dai principali gestori di strade della rete primaria, ponendo le basi per la proposta di una nuova metodologia di ordinamento che mira ad essere più completa e adatta anche alle reti stradali di minor importanza.

Gli sviluppi futuri relativi a tale studio possono riguardare innanzitutto l'aggiornamento con eventuali difetti riscontrabili sui guardrail e che non sono stati presi in considerazione all'interno di queste pagine. Inoltre, come avvenuto per tutti i criteri descritti nei primi capitoli di questo elaborato, sarebbe estremamente necessario realizzare un tavolo con i massimi esperti del settore per discutere ed eventualmente ridefinire i valori attribuiti ai vari pesi e ai vari intervalli di severità dei difetti.

Ulteriori studi possono essere effettuati individuando degli indici adeguati alla valutazione delle prestazioni delle altre tipologie di barriere di sicurezza presenti sulle strade, per esempio i New Jersey e i muri in pietrame e calcestruzzo tipici delle strade montane, in modo da realizzare un criterio di ordinamento delle priorità standard e affine a tutti i sistemi di ritenuta presenti sulla rete stradale nazionale.

BIBLIOGRAFIA

- Ministero delle Infrastrutture e della Mobilità Sostenibile; Piano nazionale sicurezza stradale 2030, Indirizzi Generali e Linee Guida di Attuazione, Gennaio 2021;
- Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, Direttiva n. 3065 del 25/08/2004, Criteri di progettazione, installazione, verifica e manutenzione dei dispositivi di ritenuta nelle costruzioni stradali;
- Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, Decreto Ministeriale del 5/11/2001, Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade;
- Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, Decreto Ministeriale del 28/06/2011, Disposizioni sull'uso e l'installazione dei dispositivi di ritenuta stradale;
- Ministro delle Infrastrutture e dei Trasporti, Decreto Ministeriale n.2367 del 21/06/2004, Istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego dei dispositivi di ritenuta nelle costruzioni stradali;
- F. Nicosia; Città Metropolitana di Catania; Quaderno Tecnico n.1, Il Progetto di installazione delle barriere di sicurezza;
- E. Toraldo; Appunti del corso di Progetto di Strade – Lezione 16; Barriere di sicurezza stradali (parte 1); Progettare la sicurezza di un'infrastruttura stradale, A.A. 2020/2021;
- E. Toraldo; Appunti del corso di Progetto di Strade – Lezione 17; Barriere di sicurezza stradali (parte 2); Funzionamento delle barriere di sicurezza e loro prestazioni (marcatura CE), A.A. 2020/2021;
- A. Lenisia, Provincia Autonoma di Bolzano - Servizio strade; Le barriere stradali "tipo PAB": approfondimenti e riflessioni;
- Ministero dei lavori Pubblici, Circolare n. 2337 del 11 luglio 1987;
- Ministero dei lavori Pubblici, Decreto Ministeriale n. 223 del 18/02/1992, Regolamento recante istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza;
- Stratec rt, Sistema per rinforzare la barriere su rilevato, GroundSleeve; Bolzano, <https://astepon.it/wp-content/uploads/2021/07/STRATEC_RT_LESTRADEpdf.pdf>;

- Aisico, Sistema S.C.Re.W.S, Save Crash Reinforcing Weak Soil
<https://www.aisico.it/wpcontent/uploads/2021/07/AISICO_SCRewS_IT_low.pdf >;
- F. Scarpato – Tesi di Laurea; Analisi funzionale delle Linee Guida per la valutazione della sicurezza dei ponti esistenti, confronto con procedure analoghe, introduzione di metodologie avanzate di ispezione e implementazione UML. Politecnico di Torino A.A. 2020-2021;
- ANAS S.p.A. - Quaderni tecnici volume VI; Dispositivi di Ritenuta Stradale, Valutazione dei Dispositivi di ritenuta; Marzo 2019;
- P. Migliorino – Articolo “Strade e Autostrade”; La riqualificazione delle barriere di sicurezza più vetuste, La definizione dei criteri di priorità generali per la sostituzione delle barriere di sicurezza bordo ponte / spartitraffico / bordo laterale; 8 Ottobre 2019.
- TransportNI, S. Bradshaw, Management of Existing Vehicle Restraint Systems, Version 4, Northern Ireland Official Publications Archive; March 2017;
- Uk Roads Liaison Group; Design and Maintenance Guidance for Local Authority Roads, Provision of Road Restraint Systems on Local Authority Roads; Ottobre 2011;
- F. Leone, Margaritelli Ferroviaria SpA; Barriere di Sicurezza stradale; Quadro Normativo Italiano, Impiego delle barriere e progettazione delle installazioni; 18 giugno 2018;

ALLEGATI

ALLEGATO 1 : SCHEDE DIFETTOLOGICHE PER BARRIERE DI SICUREZZA STRADALE

Le schede difettologiche riportate di seguito, sono lo strumento essenziale per procedere alle ispezioni visive sulle **barriere di sicurezza stradale di tipo metallico (guardrail)**. Facilitano e garantiscono l'individuazione di tutti i difetti e indicano le probabili cause che li hanno provocati.

Le schede difettologiche contengono i parametri valutativi da assegnare per ogni singolo difetto nel momento in cui si deve passare dall'individuazione alla valutazione.

Ogni singola scheda consente di arrivare alla determinazione dei difetti attraverso alcune immagini che ne permettono una più facile individuazione.

All'interno di ciascuna scheda sono elencati:

- La descrizione del difetto;
- Le possibili cause che lo producono;
- I possibili interventi di ripristino e/o aumento della durabilità;
- Delle eventuali note sul modo di assegnare i vari parametri del metodo.

Le schede difettologiche sono divise in cinque gruppi con numerazione progressiva e in ciascun gruppo sono raggruppati i difetti legati ad un singolo elemento che compone il sistema di ritenuta stradale.

Un sistema di ritenuta stradale di tipo metallico è costituito dall'insieme dei seguenti elementi:

1. Cordolo in cemento armato (*Schede 1.1÷1.5*)
2. Ancoraggi (*schede 2.1÷2.4*)
3. Montanti/Paletti (*schede 3.1÷3.3*)
4. Nastro/Lama (*schede 4.1÷4.2*)
5. Bullonature (*schede 5.1÷5.2*)

L'insieme delle valutazioni degli stati di degrado degli elementi appena elencati consentono di ottenere un *Indice di stato* rappresentativo dello stato di salute della tratta in oggetto.

Con il termine *Tratta* ci si riferisce ad intervalli di lunghezza dei sistemi di ritenuta stradale durante i quali non si hanno interruzioni e si mantengono costanti le caratteristiche geometriche. Per ovviare a qualsiasi errata interpretazione del significato di *tratta*, si riporta di seguito un'immagine esplicativa:



Figura 47 Esempio Trattati di barriera di sicurezza

CALCESTRUZZO AMMALORATO						1.1
G	Estensione K1			Severità K2		
	1	0,5	0,2	1	0,5	0,2
4	Assente o < 10% della tratta	10% ÷ 50% della tratta	>50% della tratta	Superficiale	Oltre lo strato superficiale	Profondo

RACCOLTA FOTOGRAFICA D'ESEMPIO



DESCRIZIONE

Tali fenomeni sono generati dal contatto e dalla percolazione di acque superficiali (ricche di sale disgelante), prevalentemente sulle superfici verticali prive di gocciolatoio. Con il termine “ammalorato” ci si riferisce ai fenomeni di rigonfiamento profondo del cls, scagliamento, distacchi locali, etc...

CAUSE

- Fenomeni di corrosione sulle armature;
- Fenomeni fisici (cicli gelo e disgelo);
- Scarsa resistenza del calcestruzzo (alto rapporto a/c);

INTERVENTI DI RIPRISTINO E/O AUMENTO DI DURABILITA'

- Rimozione del calcestruzzo ammalorato fino ad eliminare le parti in fase di distacco;
- Trattamento armature a vista, dopo la pulizia, con applicazione di malta anticorrosiva passivante;
- Riempimento mediante malta cementizia mono o bicomponente, eventualmente fibrorinforzata, a ritiro compensato, di consistenza adeguata alla modalità di applicazione (a cazzuola o colata in cassero), con forte adesione al supporto, resistente alla penetrazione del CO₂ e dei cloruri (provenienti dai Sali disgelanti);
- Realizzazione cordolo ex-novo, in caso di profondo ammaloramento.

NOTE

Nell'eventualità in cui all'interno dello stesso tratto di barriera sia presente più di una situazione sopra riportate (superficiale, oltre lo strato superficiale e profondo), a favore di sicurezza si dovrà considerare sempre la condizione peggiore.

DISTACCO DEL COPRIFERRO						1.2
G	Estensione K1			Severità K2		
	1	0,5	0,2	1	0,5	0,2
2	Assente o < 10% della tratta	10% ÷ 50% della tratta	>50% della tratta	Superficiale	Oltre lo strato superficiale	Profondo

RACCOLTA FOTOGRAFICA D'ESEMPIO



DESCRIZIONE

Si manifesta inizialmente con lesioni parallele agli spigoli o con rigonfiamento in corrispondenza dell'armatura. Successivamente si giunge al distacco parziale o totale del materiale.

CAUSE

- Spessore insufficiente del copriferro;
- Scarsa qualità del conglomerato (alto rapporto a/c);
- Errata disposizione dell'armatura (interferro insufficiente);
- Carbonatazione;

INTERVENTI DI RIPRISTINO E/O AUMENTO DI DURABILITA'

- Rimozione del calcestruzzo ammalorato fino ad eliminare le parti in fase di distacco;
- Sostituzione/integrazione dell'armatura che presenta riduzione di sezione;
- Trattamento di quelle a vista, dopo la pulizia, con applicazione di malta anticorrosiva passivante;
- Ricostruzione del copri ferro mediante malta cementizia mono o bicomponente, eventualmente fibrorinforzata, a ritiro compensato, di consistenza adeguata alla modalità di applicazione (a cazzuola o colata in cassero), con forte adesione al supporto, resistente alla penetrazione del CO₂ e dei cloruri (provenienti dai Sali disgelanti).

NOTE

Nell'eventualità in cui all'interno dello stesso tratto di barriera sia presente più di una situazione sopra riportate (superficiale, oltre lo strato superficiale e profondo), a favore di sicurezza si dovrà considerare sempre la condizione peggiore.

ARMATURA OSSIDATA/CORROSA						1.3
G	Estensione K1			Severità K2		
	1	0,5	0,2	1	0,5	0,2
5	Assente o < 10% della tratta	10% ÷ 50% della tratta	>50% della tratta	Ossidata	Intaccata la sezione del ferro	Corrosa con diminuzione di sezione

RACCOLTA FOTOGRAFICA D'ESEMPIO



DESCRIZIONE

L'ossidazione/corrosione è una diretta conseguenza dell'insufficienza o totale mancanza del copriferro. L'ossidazione dell'armatura può essere immediatamente visibile se il copri ferro è già distaccato o non visibile quando il copriferro è carbonatato ma ancora in posizione (in questo caso il copriferro è apparentemente intatto, ma il distacco incipiente è rilevabile con battiture locali).

CAUSE

- L'assenza di copriferro è causata dalla mancanza di distanziatori in fase di getto o dal distacco del copriferro stesso;
- L'ossidazione è causata da un processo elettrolitico in presenza di ossigeno e acqua, favorito dalla depassivazione delle armature a seguito della carbonatazione del calcestruzzo.

INTERVENTI DI RIPRISTINO E/O AUMENTO DI DURABILITA'

- Vedi interventi riportati nella scheda *Distacco del copriferro – 1.2*;

NOTE

Nell'eventualità in cui all'interno dello stesso tratto di barriera sia presente più di una situazione sopra riportate (ossidata, sezione del ferro intaccata e corrosa con diminuzione di sezione), a favore di sicurezza si dovrà considerare sempre la condizione peggiore.

ROTTURA CORDOLO					1.4	
G	Estensione K1			Severità K2		
	1	0,5	0,2	1	0,5	0,2
5	Assente o < 10% della tratta	10% ÷ 50% della tratta	>50% della tratta	Porre sempre K2 = 0,2		

RACCOLTA FOTOGRAFICA D'ESEMPIO



DESCRIZIONE

La rottura del cordolo, con la conseguente espulsione di porzioni di calcestruzzo, porta sia alla perdita del vincolo di incastro del montante e sia alla perdita di continuità strutturale del sistema barriera. In tale situazione la barriera sarebbe in grado di esercitare un'azione di contenimento minore rispetto a quello di progetto.

CAUSE

- Cedimenti del muro di sostegno della strada;
- Scarsa qualità del calcestruzzo;
- Cordolo non armato o debolmente armato (poca resistenza a flessione).

INTERVENTI DI RIPRISTINO E/O AUMENTO DI DURABILITA'

- Rimozione del cls ammalorato fino ad eliminare le parti incoerenti o in fase di distacco;
- Sostituzione / integrazione delle parti di armatura che presentano una significativa riduzione del diametro;
- Ricostruzione della sezione utile del cls;

NOTE

A tale difetto si è deciso di imporre sempre un valore di severità K2 = 0.2, in quanto la continuità strutturale del cordolo è elemento fondamentale per il corretto funzionamento della barriera.

ALTEZZA CORDOLO						1.5
G	Estensione K1			Severità K2		
	1	0,5	0,2	1	0,5	0,2
2	Assente o < 10% della tratta	10% ÷ 50% della tratta	>50% della tratta	$h_{\text{cordolo}} < 5 \text{ cm}$	$h_{\text{cordolo}} = 5 \div 7 \text{ cm}$	$h_{\text{cordolo}} > 7 \text{ cm}$

RACCOLTA FOTOGRAFICA D'ESEMPIO



DESCRIZIONE

Da analisi effettuate al calcolatore e su crash test ripetuti al variare della quota del cordolo, è stato ben evidenziato come questo elemento possa avere un effetto importante sul comportamento della barriera. Infatti se il cordolo avesse un'altezza superiore ai 7 cm (in alcuni casi si accetta come limite 10 cm) la barriera potrebbe anche **non funzionare**.

CAUSE

- Cedimento del pacchetto della pavimentazione in conglomerato bituminoso;
- Errata esecuzione del cordolo;

INTERVENTI DI RIPRISTINO E/O AUMENTO DI DURABILITA'

- Ripristino del pacchetto di pavimentazione in conglomerato bituminoso fino al raggiungimento di un'altezza del cordolo adeguata.

NOTE

Nell'eventualità in cui all'interno dello stesso tratto di barriera sia presente più di un intervallo di altezza sopra riportati, a favore di sicurezza si dovrà considerare sempre la condizione peggiore.

MANCANZA TIRAFONDI						2.1
G	Estensione K1			Severità K2		
	1	0,5	0,2	1	0,5	0,2
5	Assente o < 10% della tratta	10% ÷ 50% della tratta	>50% della tratta	Porre sempre K2 = 0,2		

RACCOLTA FOTOGRAFICA D'ESEMPIO

Inserire immagini

DESCRIZIONE

La mancanza di tirafondi porta ad avere un sistema di ancoraggio in grado di esercitare un momento resistente minore del momento di plasticizzazione della barriera. Pertanto in caso di urto si arriverebbe alla rottura dei restanti ancoraggi senza alcuna dissipazione di energia da parte del sistema barriera.

CAUSE

- Errata installazione;
- Perdita tirafondo in seguito ad eccessiva corrosione.

INTERVENTI DI RIPRISTINO E/O AUMENTO DI DURABILITA'

- Integrazione tirafondi mancanti;
- Rifornitura e posa di nuovi tirafondi.

NOTE

A tale difetto si è deciso di imporre sempre un valore di severità K2 = 0.2, in quanto l'ancoraggio del montante risulta elemento fondamentale per il corretto funzionamento della barriera.

CORROSIONE TIRAFONDI				2.2		
G	Estensione K1			Severità K2		
	1	0,5	0,2	1	0,5	0,2
5	Assente o < 10% della tratta	10% ÷ 50% della tratta	>50% della tratta	Porre sempre K2 = 0,2		

RACCOLTA FOTOGRAFICA D'ESEMPIO



DESCRIZIONE

La corrosione dei tirafondi, con la conseguente riduzione di sezione resistente, porta ad avere un sistema di ancoraggio in grado di esercitare un momento resistente minore del momento di plasticizzazione della barriera di ritenuta. Pertanto in caso di urto si arriverebbe alla rottura degli ancoraggi senza alcuna dissipazione di energia da parte del sistema barriera.

CAUSE

- Contatto prolungato con acqua contaminata dai Sali disgelanti;
- Tiranti di materiale non idoneo in funzione della classe di esposizione;
- Acidità calcestruzzo (o suoi additivi).

INTERVENTI DI RIPRISTINO E/O AUMENTO DURABILITA'

- Ingrassatura del piano di posa nell'intorno dei tasselli (prima di posare la piastra);
- Riempimento con grasso del varco tra bullone e piastra prima del serraggio;
- A serraggio avvenuto ingrassare i bulloni;
- Utilizzo di tasselli in INOX;
- Posa della barriera su piccolo gradino, per evitare il contatto prolungato con l'acqua clorurata;
- Utilizzo di calcestruzzo con certe caratteristiche, in termini di acidità.

NOTE

A tale difetto si è deciso di imporre sempre un valore di severità K2 = 0,2, in quanto la sola ispezione visiva non consente di rilevare lo stato di salute dell'intero tirante ma solo un'estremità. Inoltre l'ancoraggio del montante risulta elemento fondamentale per il corretto funzionamento della barriera.

PERDITA VINCOLO DI INCASTRO NEL CORDOLO					2.3	
G	Estensione K1			Severità K2		
	1	0,5	0,2	1	0,5	0,2
5	Assente o < 10% della tratta	10% ÷ 50% della tratta	>50% della tratta	Porre sempre K2 = 0,2		

RACCOLTA FOTOGRAFICA D'ESEMPIO



DESCRIZIONE

La rottura del cordolo, con la conseguente espulsione di porzioni di calcestruzzo ammalorato, porta alla perdita del vincolo di incastro del montante della barriera. In tale situazione la barriera non sarebbe in grado di esercitare alcun momento resistente e quindi alcuna azione di contenimento.

CAUSE

- Azione da parte dei cicli di gelo e disgelo;
- Insufficiente armatura metallica;
- Scarsa qualità del calcestruzzo (alto rapporto a/c);
- Insufficiente spessore di calcestruzzo tra montante e paramento esterno del cordolo.

INTERVENTI DI RIPRISTINO E/O AUMENTO DURABILITA'

- Realizzazione Nuovo cordolo;

NOTE

A tale difetto si è deciso di imporre sempre un valore di severità K2 = 0.2, in quanto il vincolo di incastro del montante nel cordolo è elemento fondamentale per il corretto funzionamento della barriera.

CORROSIONE PIASTRA DI ANCORAGGIO						2.4
G	Estensione K1			Severità K2		
	1	0,5	0,2	1	0,5	0,2
5	Assente o < 10% della tratta	10% ÷ 50% della tratta	>50% della tratta	Porre sempre K2 = 0,2		

RACCOLTA FOTOGRAFICA D'ESEMPIO



DESCRIZIONE

La corrosione delle piastre di ancoraggio, con la conseguente riduzione della sezione resistente, porta ad una diminuzione delle resistenza a rifollamento e punzonamento nella zona di contatto tra piastra e tirafondo.

CAUSE

- Contatto prolungato con acqua contaminata dai Sali disgelanti;
- Insufficiente spessore di zincatura degli elementi in funzione della loro classe di esposizione (UNI EN ISO 14713);
- Acidità calcestruzzo (o suoi additivi).

INTERVENTI DI RIPRISTINO E/O AUMENTO DURABILITA'

- Eventuali trattamenti protettivi della base del montante mediante verniciatura per es. ± 5 cm a cavallo dell'interfaccia con calcestruzzo, da eseguirsi prima del getto del cordolo;
- Maggiorazione dello spessore di zinco rispetto ai minimi di normativa;
- Posa della barriera su piccolo gradino, per evitare il contatto prolungato con l'acqua clorurata;
- Utilizzo di calcestruzzo con certe caratteristiche, in termini di acidità.

NOTE

A tale difetto si è deciso di imporre sempre un valore di severità K2 = 0,2, in quanto la sola ispezione visiva non consente di rilevare il reale stato di salute dell'elemento (l'eventuale presenza di micro-fessure non è rilevabile ad occhio nudo ma porterebbe ad un rapido degrado dell'elemento e quindi dell'intero sistema barriera).

EROSIONE SCARPATA						2.5
G	Estensione K1			Severità K2		
	1	0,5	0,2	1	0,5	0,2
5	Assente o < 10% della tratta	10% ÷ 50% della tratta	>50% della tratta	Porre sempre K2 = 0,2		

RACCOLTA FOTOGRAFICA D'ESEMPIO



DESCRIZIONE

Il regolare funzionamento di una barriera è garantito dalla corretta interazione tra il montante della stessa e il terreno su cui viene installata. Per poter assicurare questa condizione è necessario che il terreno su cui la barriera è testata e quello su cui viene installata abbiano le stesse caratteristiche. Nella realtà una situazione di questo tipo è difficilmente realizzabile e nella maggior parte dei casi la barriera non è in grado di agire adeguatamente contenendo il veicolo.

CAUSE

- Scarse caratteristiche meccaniche del terreno;
- Erosione scarpa del rilevato come conseguenza del libero ruscellamento delle acque meteoriche;

INTERVENTI DI RIPRISTINO E/O AUMENTO DURABILITA'

- Sostituzione del terreno in cui vengono infissi i montanti;
- Applicazione di un sistema di ancoraggio (tipo S.C.Re.W.S di AISICO) per trasferire i carichi di impatto al sottofondo stradale, aventi caratteristiche meccaniche migliori rispetto a quelle dell'arginello.

NOTE

Si fa notare che la distanza minima dei montanti dalla scarpata ("L") è strettamente correlata al tipo di barriera e nello specifico dal livello di contenimento che si deve garantire per quella strada (H o N). Visto la mancanza di informazioni riguardo sia alla profondità di infissione del montante che alle caratteristiche del terreno, in caso di presenza di tale problema si dovrà imporre sempre un valore di severità K2= 0.2 a favore di sicurezza.

CORROSIONE MONTANTI						3.1
G	Estensione K1			Severità K2		
	1	0,5	0,2	1	0,5	0,2
5	Assente o < 10% della tratta	10% ÷ 50% della tratta	>50% della tratta	Porre sempre K2 = 0,2		

RACCOLTA FOTOGRAFICA D'ESEMPIO



DESCRIZIONE

La corrosione dei montanti, con la conseguente riduzione della sezione resistente, porta ad una riduzione del modulo resistente e quindi del momento di plasticizzazione degli stessi; oltre che ad una minor resistenza a taglio.

CAUSE

- Contatto prolungato con acqua contaminata dai Sali disgelanti;
- Insufficiente spessore di zincatura degli elementi in funzione della loro classe di esposizione (UNI EN ISO 14713);

INTERVENTI DI RIPRISTINO E/O AUMENTO DURABILITA'

- Realizzazione nuovo sistema di ritenuta;
- Sostituzione montante;

NOTE

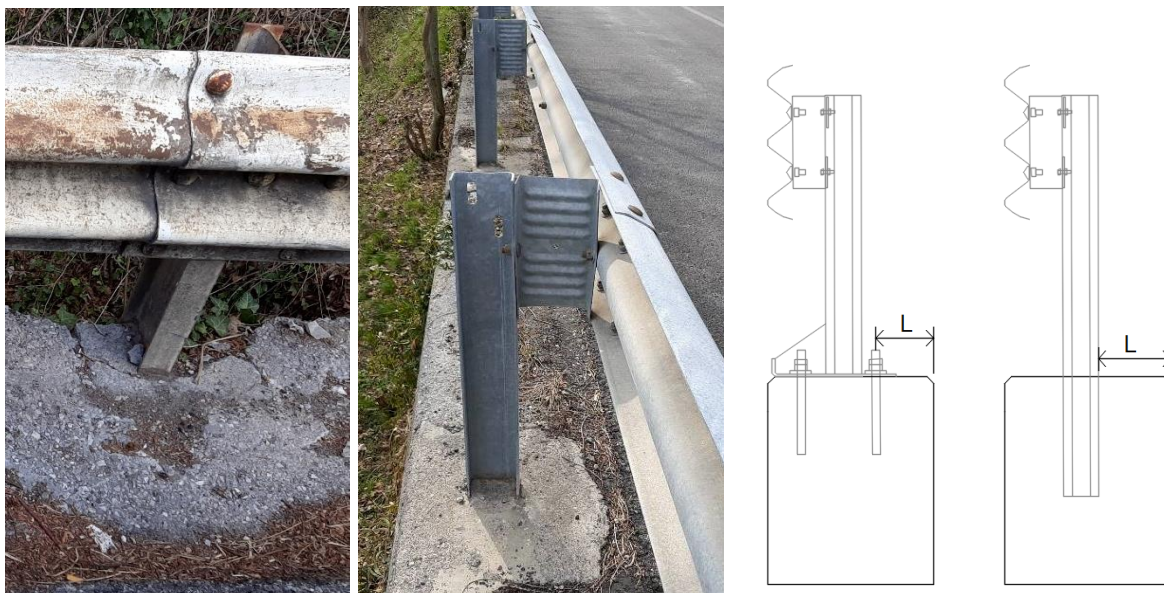
A tale difetto si è deciso di imporre sempre un valore di severità K2 = 0.2, in quanto la sola ispezione visiva non consente di rilevare il reale stato di salute dell'elemento (l'eventuale presenza di micro-fessure non è rilevabile ad occhio nudo ma porterebbe ad un rapido degrado dell'elemento e quindi dell'intero sistema barriera).

POSIZIONE MONTANTI

3.2

G	Estensione K1			Severità K2		
	1	0,5	0,2	1	0,5	0,2
5	Assente o < 10% della tratta	10% ÷ 50% della tratta	>50% della tratta	L > 20 cm	L = 12÷20 cm	L < 12 cm

RACCOLTA FOTOGRAFICA D'ESEMPIO



DESCRIZIONE

La rottura del bordo (rottura lato calcestruzzo) si ha quando la distanza del connettore dal bordo del manufatto in cui è inserito è insufficiente, oppure in presenza di calcestruzzo di cattiva qualità; in questo caso la tensione nel materiale supera la resistenza a trazione del calcestruzzo.

CAUSE

- Errato progetto e/o installazione della barriera;
- Bassa qualità del calcestruzzo.

INTERVENTI DI RIPRISTINO E/O AUMENTO DURABILITA'

- Realizzazione nuovo cordolo;

NOTE

Nell'eventualità in cui all'interno dello stesso tratto di barriera sia presente più di un intervallo di distanza sopra riportati, a favore di sicurezza si dovrà considerare sempre la condizione peggiore.

CORROSIONE NASTRO						4.1
G	Estensione K1			Severità K2		
	1	0,5	0,2	1	0,5	0,2
5	Assente o < 10% della tratta	10% ÷ 50% della tratta	>50% della tratta	Ossidata	Intaccata la sezione del ferro	Corrosa con diminuzione di sezione

RACCOLTA FOTOGRAFICA D'ESEMPIO



DESCRIZIONE

La corrosione del nastro, con la conseguente riduzione di sezione resistente, potrebbe portare in caso di urto alla rottura dello stesso prima che questo possa innescare la catena cinematica (requisito fondamentale per il corretto funzionamento del sistema barriera).

CAUSE

- Numerosi Cicli di asciutto e bagnato con acqua clorurata;
- Insufficiente spessore dello strato di zinco;

INTERVENTI DI RIPRISTINO E/O AUMENTO DI DIRABILITA'

- Sostituzione dell'elemento nastro ossidato/corrosivo con uno nuovo , o comunque con uno in condizioni migliori, della stessa tipologia di barriera;

NOTE

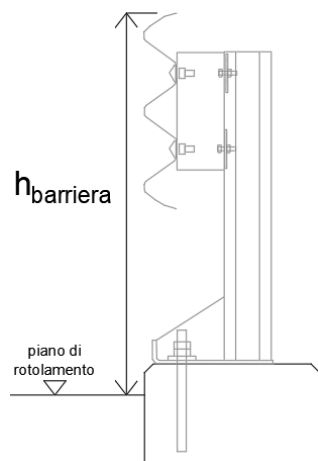
Nell'eventualità in cui all'interno dello stesso tratto di barriera sia presente più di una situazione sopra riportate (ossidata, sezione del ferro intaccata e corrosa con diminuzione di sezione), a favore di sicurezza si dovrà considerare sempre la condizione peggiore.

ALTEZZA ESTRADOSSO NASTRO

4.2

G	Estensione K1			Severità K2		
	1	0,5	0,2	1	0,5	0,2
5	Assente o < 10% della tratta	10% ÷ 50% della tratta	>50% della tratta	H > 70 cm	H = 55÷70 cm	H < 55 cm

RACCOLTA FOTOGRAFICA D'ESEMPIO



DESCRIZIONE

L'altezza del sistema di ritenuta è un elemento fondamentale per evitare il ribaltamento del veicolo durante l'urto. Infatti durante l'evento non più di una ruota del veicolo deve passare completamente sopra o sotto alla barriera di sicurezza.

CAUSE

- Cedimenti del arginello o dei muri di sostegno della strada;
- Errata installazione/esecuzione.




INTERVENTI DI RIPRISTINO E/O AUMENTO DI DURABILITA'

- Aggiungere un ulteriore nastro sopra quello esistente mediante inserimento di montanti intermedi più alti;
- Aggiungere sopra la barriera un corrimano strutturale;
- Realizzazione di un nuovo sistema di ritenuta.




NOTE

Nell'eventualità in cui all'interno dello stesso tratto di barriera sia presente più di un intervallo di altezza sopra riportati, a favore di sicurezza si dovrà considerare sempre la condizione peggiore.

BULLONATURE MANCANTI						5.1
G	Estensione K1			Severità K2		
	1	0,5	0,2	1	0,5	0,2
5	Assente o < 10% della tratta	10% ÷ 50% della tratta	>50% della tratta	Porre sempre K2 = 0,2		

RACCOLTA	FOTOGRAFICA	D'ESEMPIO
		
<p>DESCRIZIONE</p> <p>Le bullonature rivestono un ruolo chiave all'interno del sistema barriera di ritenuta, infatti la continuità strutturale tra i vari elementi garantisce l'instaurazione della catena cinematica e quindi il corretto funzionamento della barriera.</p> <p>CAUSE</p> <ul style="list-style-type: none"> • Errata installazione; • Perdita bullonature in seguito a elevata corrosione. <p>INTERVENTI DI RIPRISTINO E/O AUMENTO DURABILITA'</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reintegro bullonature mancanti; <p>NOTE</p> <p>A tale difetto si è deciso di imporre sempre un valore di severità K2 = 0.2, in quanto la sola ispezione visiva non consente di rilevare il reale stato di salute dell'elemento.</p>		

BULLONATURE CORROSE						5.2
G	Estensione K1			Severità K2		
	1	0,5	0,2	1	0,5	0,2
5	Assente o < 10% della tratta	10% ÷ 50% della tratta	>50% della tratta	Porre sempre K2 = 0,2		

RACCOLTA	FOTOGRAFICA	D'ESEMPIO
		
<p>DESCRIZIONE</p> <p>Le bullonature rivestono un ruolo chiave all'interno del sistema barriera di ritenuta, infatti la continuità strutturale tra i vari elementi garantisce l'instaurazione della catena cinematica e quindi il corretto funzionamento della barriera.</p>		
<p>CAUSE</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cicli asciutto - bagnato con acqua clorurata (ricca di sali disgelanti); 		
<p>INTERVENTI DI RIPRISTINO E/O AUMENTO DURABILITA'</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sostituzione bullonature corrose con nuove bullonature a norma, possibilmente appartenenti alla stessa tipologia di barriera; 		
<p>NOTE</p> <p>A tale difetto si è deciso di imporre sempre un valore di intensità K2 = 0.2, in quanto la sola ispezione visiva non consente di rilevare il reale stato di salute dell'elemento.</p>		

ALLEGATO 2 : IPG BARRIERA PRE-INTERVENTO

CRITERIO ORDINAMENTO PRIORITA' DI INTERVENTO			
Generalità			
Operatore	Vedovati Kevin		
Data Ispezione	07/06/2022		
Strada	S.P. 46		
Comune	Oneta	Loc.	Scullera
Chilometrica iniziale	33+600.00	Km	
Chilometrica finale	33+700.00	Km	







Indice di Posizione	
Velocità di progetto massima della tratta	50 km/h
anno di installazione	prima del 1992
indice esposizione	est
indice traffico	TGM > 1000 e veicoli con massa >3,5 t <= 5%
indice vulnerabilità	presenza di ferrovie/strade/edifici/manufatti <5 m e dislivello < 10 m
indice ubicazione	tratto di barriera esterno curva

Indice di stato			SEVERITA'
Scheda	DIFETTI	ESTENSIONE	
1.1	Cordolo - Calcestruzzo ammalorato	> 50% della tratta	Profondo
1.2	Cordolo - Distacco copriferro	Assente o < 10% della tratta	
1.3	Cordolo - Armatura ossidata/corrosiva	> 50% della tratta	Corrosa con diminuzione di sezione o assente
1.4	Rottura cordolo	> 50% della tratta	
1.5	Altezza cordolo	Assente o < 10% della tratta	
2.1	Ancoraggio - Mancanza tirafondi	Assente o < 10% della tratta	
2.2	Ancoraggio - Corrosione tirafondi	Assente o < 10% della tratta	
2.3	Perdita vincolo di incastro nel cordolo	10% + 50% della tratta	
2.4	Corrosione piastra di ancoraggio	Assente o < 10% della tratta	
2.5	Erosione scarpata del rilevato	Assente o < 10% della tratta	
3.1	Corrosione montanti	Assente o < 10% della tratta	
3.2	Posizione montanti rispetto al cordolo	> 50% della tratta	L = 12±20 cm
4.1	Corrosione nastro	> 50% della tratta	Ossidata
4.2	Altezza estradosso nastro	> 50% della tratta	Hbarriera = 55±70 cm
5.1	Bullonature mancanti	Assente o < 10% della tratta	
5.2	Bullonature corrose	> 50% della tratta	

Tabella Riassuntiva				
Indici			Pesi	
Y_p	Velocità	0.29	α_p	0.15
Y_c	installazione	0.25	α_c	0.06
Y_e	esposizione	0.20	α_e	0.04
Y_v	vulnerabilità	0.30	α_v	0.10
Y_u	ubicazione	0.30	α_u	0.08
Y_t	traffico	0.75	α_t	0.12
Y_s	stato barriera	0.52	α_s	0.45

INDICE PRESTAZIONE GENERALE [IPG]	0.45
--	-------------

CLASSI DI PRESTAZIONE GENERALE	
$0.7 \leq IPG < 1$	
$0.5 \leq IPG < 0.7$	
$0.3 \leq IPG < 0.5$	
$IPG < 0.3$	

ALLEGATO 3 : IPG BARRIERA POST-INTERVENTO

CRITERIO ORDINAMENTO PRIORITA' DI INTERVENTO			
Generalità			
Operatore	Vedovati Kevin		
Data Ispezione	07/06/2022		
Strada	S.P. 46		
Comune	Oneta	Loc.	Scullera
Chilometrica iniziale	33+600.00	Km	
Chilometrica finale	33+700.00	Km	



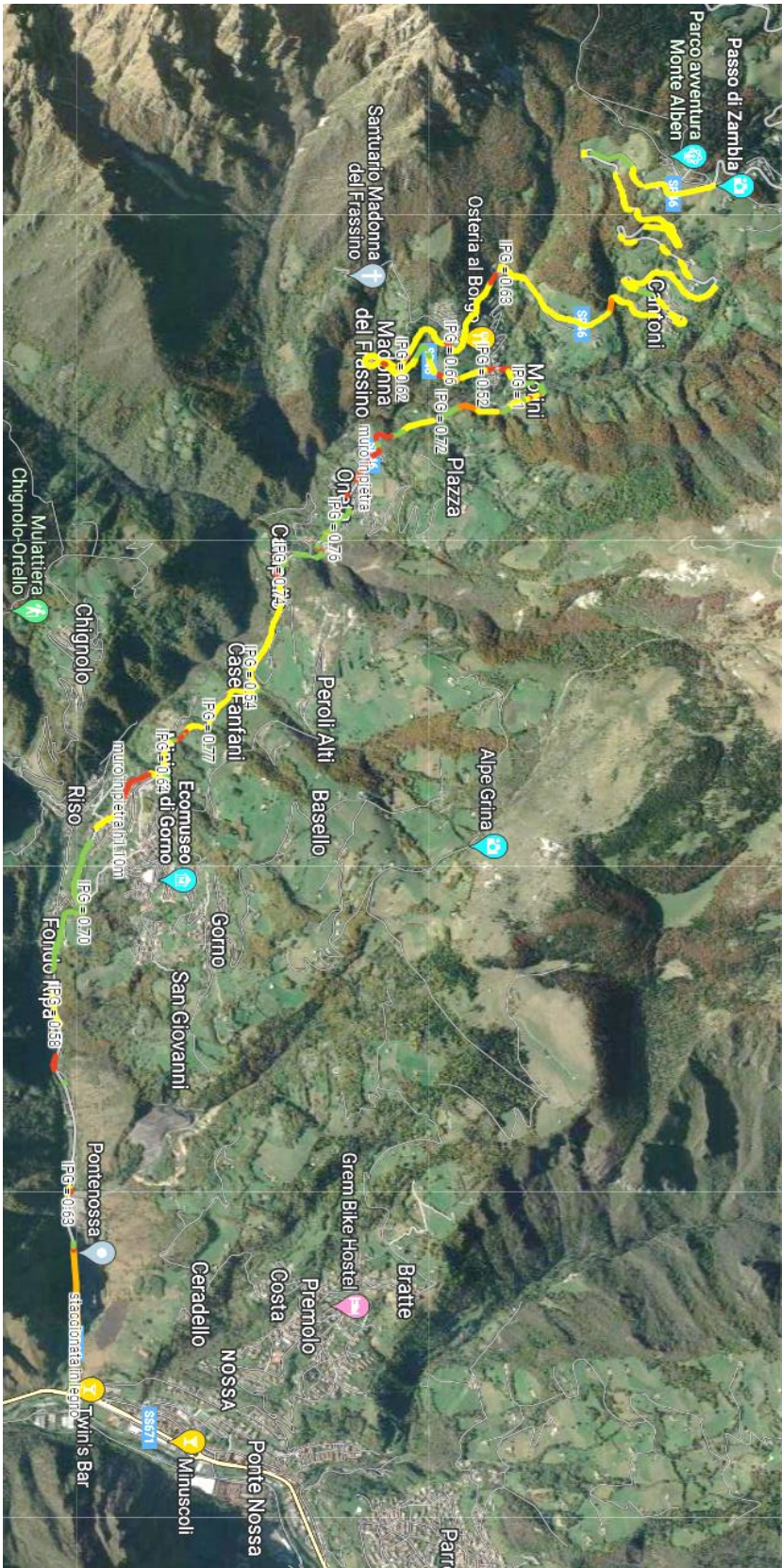
Indice di Posizione	
Velocità di progetto massima della tratta	50 km/h
anno di installazione	dopo il 2011 con certificati
indice esposizione	est
indice traffico	TGM > 1000 e veicoli con massa >3,5 t <= 5%
indice vulnerabilità	presenza di ferrovie/strade/edifici/manufatti <5 m e dislivello < 10 m
indice ubicazione	tratto di barriera esterno curva

Tabella Riassuntiva				
Indici			Pesi	
γ_p	Velocità	0.29	α_p	0.15
γ_c	installazione	1.00	α_c	0.06
γ_e	esposizione	0.20	α_e	0.04
γ_v	vulnerabilità	0.30	α_v	0.10
γ_u	ubicazione	0.30	α_u	0.08
γ_t	traffico	0.75	α_t	0.12
γ_s	stato barriera	1.00	α_s	0.45

INDICE PRESTAZIONE GENERALE [IPG]	1.00
--	-------------

CLASSI DI PRESTAZIONE GENERALE	
0.7 <= IPG < 1	
0.5 <= IPG < 0.7	
0.3 <= IPG < 0.5	
IPG < 0.3	

ALLEGATO 4 : MAPPATURA BARRIERE S.P.46



ALLEGATO 5 : CATASTO BARRIERE DI SICUREZZA PROVINCIA DI BERGAMO



Figura 48 Catasto barriere di sicurezza Provincia di Bergamo