

RELAZIONE TECNICA

ATTENUATORE D'URTI POLIDIREZIONALE REALIZZATO CON SACCHE IN TELA, CILINDRI IN POLIETILENE CON ARGILLA ESPANSA E LAME DOPPIA ONDA IN ACCIAIO PER CUSPIDI E PUNTI SINGOLARI

LIVELLO DI PRESTAZIONE 80/1 (Non Redirettivo)

La Società "Autostrade per l'Italia" S.p.A., ha messo a punto un dispositivo di sicurezza stradale **attenuatore d'urti** per cuspidi e punti singolari costituito da sacchi in tela plastificata, opportunamente sagomati e legati tra loro, all'interno dei quali vengono disposti una serie di cilindri in polietilene, di tre altezze, alcuni vuoti ed altri riempiti con argilla espansa; alle spalle dei suddetti elementi il sistema è integrato e completato da una cuspidi piatta composta da due lame a doppia onda in acciaio calandrate; l'insieme realizza un **attenuatore d'urti con livello di prestazione 80/1** (non redirettivo), progettato per ottenere una decelerazione **graduale e controllata** per i veicoli leggeri e medi urtanti; il dispositivo assemblato è riportato in pianta ed in prospetto laterale in Fig. 1 e più in dettaglio nei relativi disegni esecutivi.

Codice Identificativo

Il codice identificativo della dispositivo in oggetto è : **SoftBump120**

Descrizione della Dispositivo

L'attenuatore d'urto è stato progettato per risolvere il problema finora posto da questo tipo di dispositivi, seppure omologati, che hanno una forma molto allungata rispetto alla loro larghezza di circa 100 cm.. Il loro cinematismo di funzionamento presuppone un assorbimento legato alla possibilità di deformarsi a "*fisarmonica*" cioè con elementi che si compenetrano uno dopo l'altro; questo comporta che in pratica riescono ad assorbire l'urto solo se vengono urtati esattamente in direzione del loro asse longitudinale, fatto altamente improbabile. Questo dispositivo invece si compone di una serie di 7 sacchi (di due forme in pianta diverse) realizzati in tessuto "PES HT" ad alta resistenza, poggiati a terra e legati tra loro in modo da formare una superficie frontale praticamente circolare ad ampio diametro (circa 2,5 metri), che in pratica assicura una buona risposta del dispositivo anche per veicoli in svio con angolo d'impatto diversi dai 90° verificati dalle prove di crash. I sacchi sono riempiti con un definito numero di contenitori cilindrici, realizzati in polietilene, di due altezze diverse, che in parte sono lasciati vuoti (non sono tutte riempite per permettere durante l'urto lo sviluppo graduale delle azioni resistenti e quindi delle decelerazioni) ed altri riempiti con inerti composti da granuli di argilla espansa di definita granulometria. I sette sacchi presentano delle strisce o bande provviste di "*borchie*" o anelli metallici fissate lungo gli spigoli verticali e perimetralmente ad altezza di chiusura (vedi esempio in Fig.2 con il sacco a settore circolare); questo consente ai vari secchi di essere collegati tra loro con una serie di legature, sia verticali che orizzontali, realizzate con cordino tipo treccia POL C/S da 6 mm. La Fig. 3 mostra appunto lo schema delle legature.

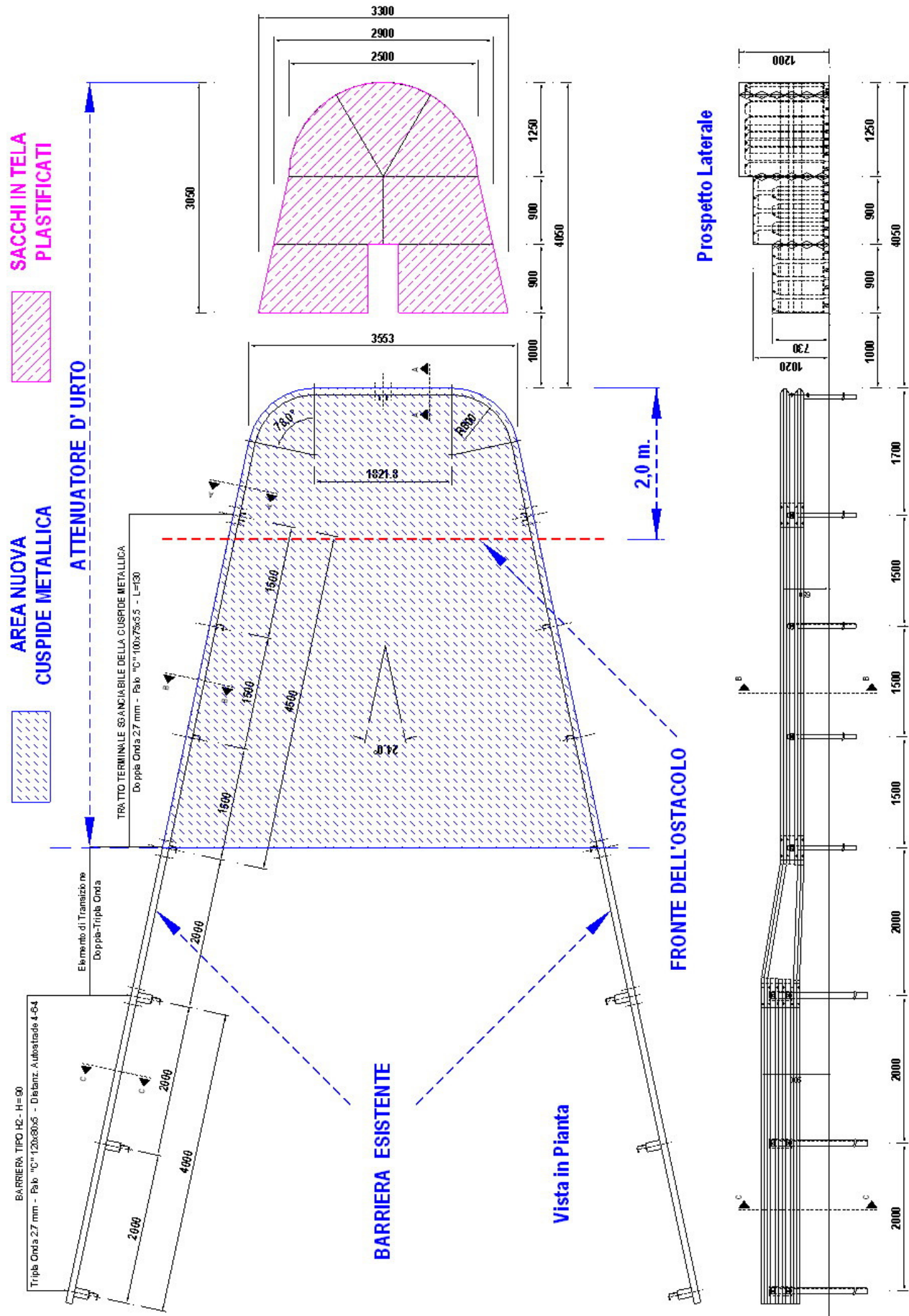


Fig. 1

L'assorbitore d'urto non è costituito dai soli sacchi riempiti dai cilindri con l'argilla espansa, ma è un dispositivo che comprende anche la parte in acciaio che realizza una nuova cuspidi, composta da lame a doppia onda da 2.7 mm., posta ad un metro dai sacchi stessi.

Com'è noto la "cuspidi", cioè il raccordo, più o meno curvo, tra due tratti di barriere di sicurezza che si viene a creare in corrispondenza delle varie "uscite" stradali e autostradali (caselli, aree di servizio, parcheggi, ec.) è un elemento non soggetto ad alcuna verifica teorica o sperimentale (crash test); fino ad alcuni anni fa quando le barriere erano composte da lame a doppia onda poste ad altezza massima di 70 cm., la cuspidi che veniva a crearsi era abbastanza deformabile da non creare un ostacolo particolarmente rigido per i veicoli in svio, ma con l'utilizzo delle barriere di nuova generazione, che sono state sì omologate, ma progettate principalmente per resistere ai veicoli pesanti, presentano in pratica lame a tripla onda poste ad altezze fino a 130 cm., sono state di fatto poste su strada una serie di cuspidi, molto più rigide e potenzialmente pericolose.

solli sacchi riempiti dai cilindri con l'argilla

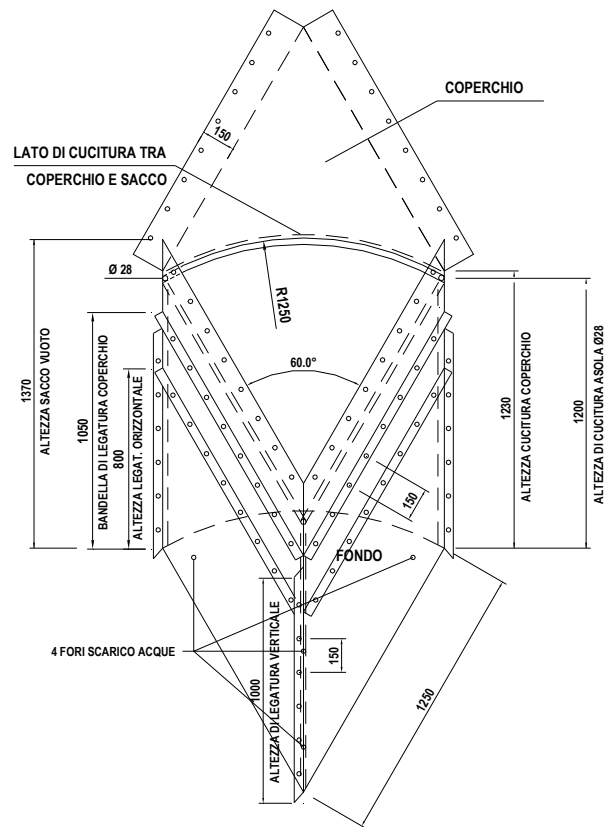


Fig. 2

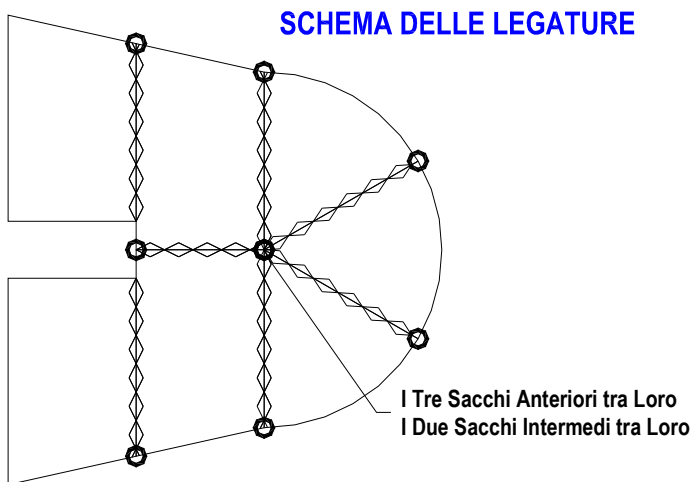


Fig. 3

- LEGATURA "VERTICALE" CON CORDINO NELLE BORCHIE DI SACCHI CONTIGUI
- ◇ LEGATURA "ORIZZONTALE" (anche ad altezze diverse) CON CORDINO NELLE BORCHIE DI SACCHI CONTIGUI

Questa scelta tecnica, seppure ovviamente più onerosa, consente peraltro di semplificare l'iter dell'omologazione del dispositivo che altrimenti, se concepito come composto dai soli sacchi, sarebbe stato vincolato al tipo di cuspidi utilizzato in occasione dei crash.

In definitiva quindi il dispositivo è stato progettato e vuole essere omologato come composto sia dai sacchi che della parte posteriore consistente nella cuspidi a doppia onda metallica; quest'ultima è realizzata unendo due lame curvate

Quindi l'installazione dell'assorbitore d'urto oggetto della presente relazione consente la sostituzione delle cuspidi presenti su strada, che notoriamente sono una diversa dall'altra, non solo per le diverse barriere coinvolte, ma anche per la mancanza di una qualsiasi normativa che regolasse almeno i parametri geometrici fondamentali come il raggio di curvatura minimo.

LAMA DOPPIA ONDA CALANDRATA L=3320

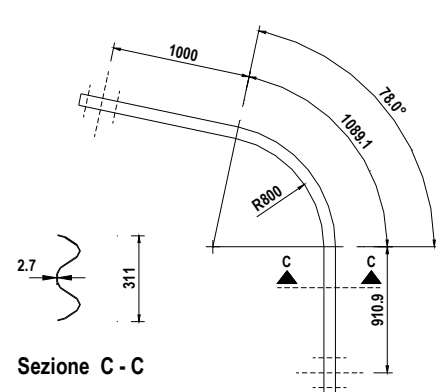


Fig. 4

tramite calandratura con raggio di 800 mm. che presentano un fronte "piatto" largo circa 182 ed una apertura di 12° per parte, cioè 24° complessivi che sono significativi degli angoli di deviazione medi che si riscontrano in autostrada; oltre a questi due elementi calandrati si devono considerare facenti parte del dispositivo anche una lama a doppia onda diritta da 450 cm. per ciascun lato.

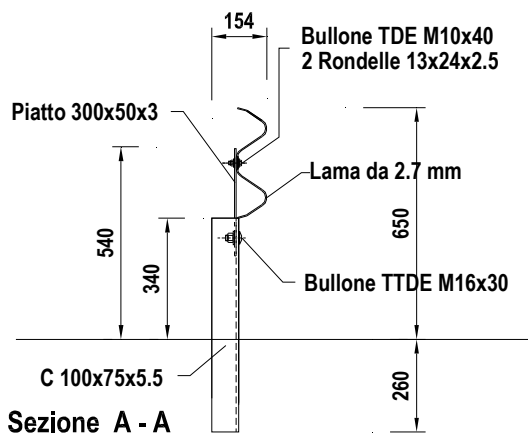


Fig. 5
funzionamento, contrasta lo spostamento della parte posteriore dei sacconi.

Le due doppie onde calandrate e quelle lineari sono invece collegate direttamente ai paletti laterali "C" 100x75x5.5 infissi dal lato "forte" e per 75 cm. in modo tradizionale tramite un normale bullone TDE M16 (vedi sezione B-B in Fig. 6).

Infine, in occasione dei crash, al fine di simulare un raccordo con i due tratti di barriera che si potrebbero avere su strada, le due doppie onde sono collegate, tramite un elemento di raccordo o transizione, ad con una barriera corrente che nel test è una tripla onda verosimilmente di classe H2 (vedi Fig. 7).

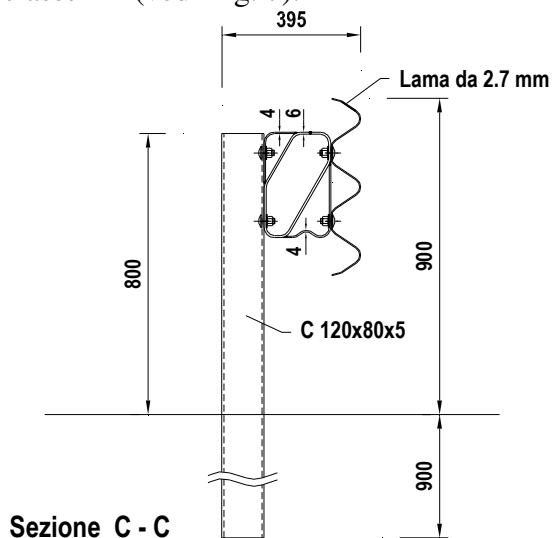


Fig. 7
tipologie e classi di contenimento diverse, purché venga sostituita la cuspide attuale.

In definitiva la cuspide è composta da lame a doppia onda, due calandrate e due lineari, da 2.7 mm. di spessore poste ad altezza massima di 650 mm.; essa è stata concepita per garantire alte deformazioni al sistema sotto la spinta dei sacchi; infatti le 2 doppie onde calandrate non sono collegate direttamente al paletto centrale deformabile ("C" 100x75x5.5 infisso dal lato "debole" e per soli 26 cm.), ma tramite una bandella (piatto 300x50x3) e un bullone TDE M10 volutamente sganciabili (vedi sezione A-A in Fig. 5); questo tipo di collegamento ha la sola funzione di tener alla giusta altezza il nastro a doppia onda che, durante l'ultima fase del cinematismo di

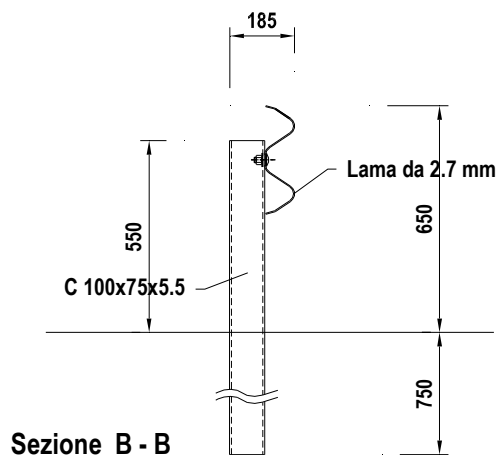


Fig. 6

Ovviamente questi due prolungamenti dei rami della cuspide sono da considerarsi influenti ai fini del comportamento dell'assorbitore d'urto essendo stati inseriti solo per prevenire il dubbio, sempre possibile, che la parte metallica del dispositivo (cuspide) avrebbe avuto un comportamento diverso se lasciata a se stante senza un collegamento con due rami di barriera come avviene in realtà. In pratica nei crash test eseguiti non si sono riscontrate deformazioni né a carico dei due nastri a doppia onda (pur facenti parte del dispositivo), né tanto meno a carico degli elementi di transizione e nelle triple onde successive; quindi questo consentirà la posa in opera dell'assorbitore, composto dai sacchi e dalla cuspide a doppia onda, a protezione di cuspidi attualmente realizzate con

La parte del dispositivo composta dai soli sacchi presenta anteriormente un semicerchio di 2500 mm. di diametro ottenuto con tre sacchi; i restanti quattro sacchi posteriori a forma trapezia, posti due per lato, portano l'insieme ad avere una larghezza massima posteriormente di 3300 mm. ed una lunghezza di 3050 mm.. Come già detto i sacchi sono riempiti con dei cilindri in polietilene realizzati di altezze diverse, 73, 102 e 112 cm. come indicato in Fig. 8; hanno diametro di base di 20 cm. e diametro del fusto verticale di 18 cm.. Alcuni di essi (circa due su tre) sono riempiti (fino a 18 cm. dalla sommità) con argilla espansa, mentre gli altri sono lasciati vuoti realizzando così un insieme di sacchi a deformazione calibrata; il dispositivo nel suo complesso (vedi Fig. 9) contiene 169 cilindri di cui 98 da 73 cm. (32 vuoti), 32 da 102 cm. (10 vuoti) e 57 da 112 cm (18 vuoti); i sette sacchi così assemblati hanno una massa complessiva di 1640 Kg..

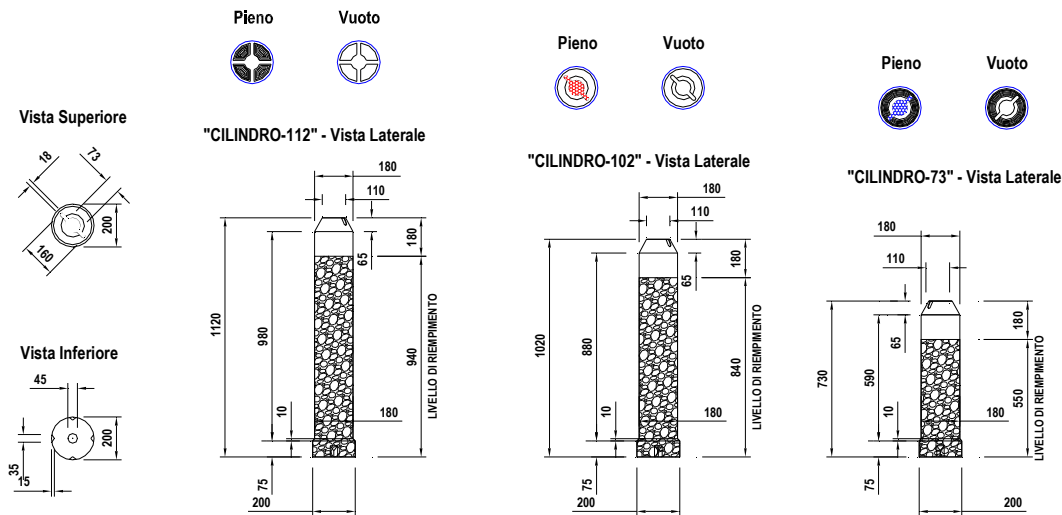
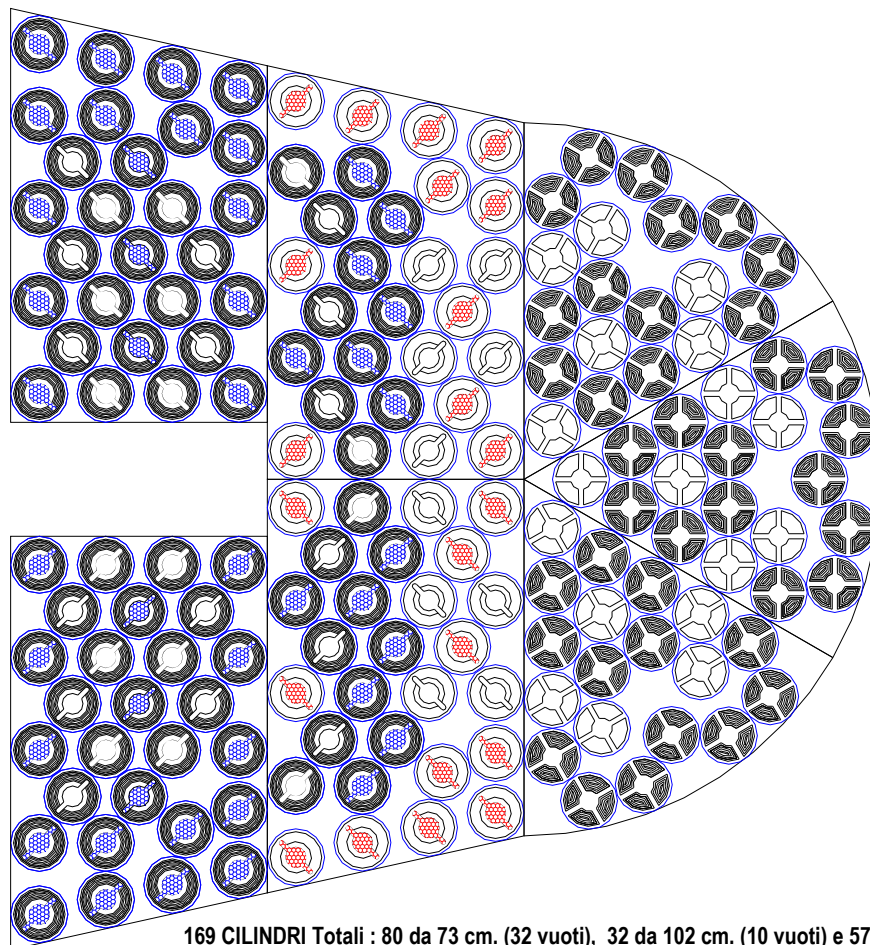


Fig. 8



169 CILINDRI Totali : 80 da 73 cm. (32 vuoti), 32 da 102 cm. (10 vuoti) e 57 da 112 cm. (18 vuoti)
Peso Complessivo del Dispositivo con 7 Sacchi = 1640 Kg

Fig. 9

La scelta di un inerte come l'argilla espansa ha il solo scopo di dare alla parte anteriore del dispositivo, cioè ai sacconi, una certa massa; per le necessità emerse dalle simulazioni e dalle prove di crash sperimentali, è stato scelto un materiale a basso peso specifico che comunque non ha funzioni di resistenza strutturale in quanto se pressato nei cilindri tende ad essere espulso fuori dagli stessi, pur restando contenuto nei sacchi.

Il volume dei singoli sacchi, tutti superiori al materiale di riempimento che contengono, consente, durante la prima fase di impatto del veicolo, consente ai cilindri, sia pieni che vuoti, di muoversi e deformarsi all'interno dei sacchi stessi, permettendo ed assecondando così le necessarie deformazioni del dispositivo assorbitore.

Il rapporto tra il numero dei cilindri da 73, da 102 e quelli da 112 cm. e le percentuali tra quelli vuoti e quelli riempiti con argilla espansa, che determinano le possibili deformazioni e la massa complessiva, sono stati determinati in base all'esperienza maturata su un modello precedente del tutto simile al presente in pianta, ma di altezza dei tre sacchi anteriori di 102 cm. contro i 120 cm. di quello attuale e in base alle risultanze di vari tentativi (in tutto sono state fatte, oltre alle 8 del precedente modello, 7 prove di crash presso il laboratorio AISICO di Anagni) che hanno consentito di individuare, in quella in questione, la soluzione ottimale al fine di limitare e distribuire le decelerazioni sul veicolo durante l'urto ottenendo i valori più bassi dei parametri ASI, THIV e PHD e VCDI previsti dalla normativa.

Si riportano poi gli schemi di riempimento dei 3 sacchi, diversi per forma e per il numero di cilindri che li riempiono, che concorrono a formare il corpo frontale dell'assorbitore, mentre per i particolari dimensionali si rimanda ai disegni allegati.

n° 3 SACCHE A SETTORE CIRCOLARE ANTERIORI

n° 19 CILINDRI-112 (6 vuoti)

Peso Complessivo del Sacco = 242 Kg

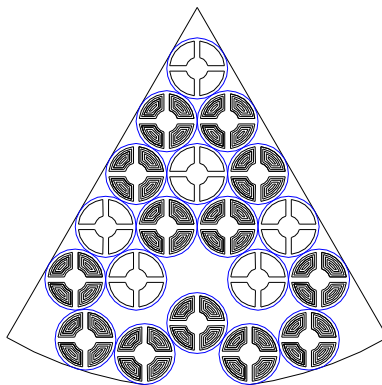
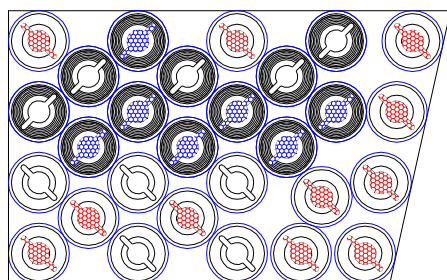


Fig. 10

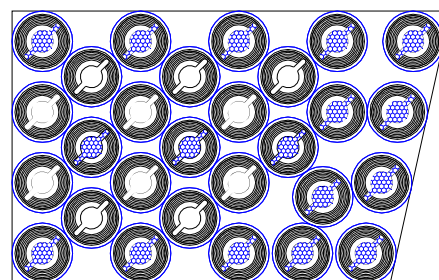
n° 2 SACCHE TRAPEZIE INTERMEDIE
n° 16 CILINDRI-102 (5 vuoti) + n° 12 CILINDRI-73 (5 vuoti)

Peso Complessivo del Sacco = 263 Kg



n° 2 SACCHE TRAPEZIE POSTERIORI
n° 28 CILINDRI-73 (11 vuoti)

Peso Complessivo del Sacco = 194 Kg



Figg. 11-12

Senza alcun contributo di tipo strutturale, ma solo al fine di migliorare l'aspetto estetico dei sacchi, che altrimenti presenterebbero molte "grinze" ed ondulazioni locali, viene predisposta al loro interno una struttura perimetrale composta da tubi in pvc Ø25 mm. e spessore 1.2 mm. inseriti in apposite asole interne ai sacchi e connessi tra di loro da semplici giunzioni o connettori; in questo modo le superfici orizzontali e verticali dei sacchi risultano più tese e spianate; la struttura tubolare viene mostrata in Fig. 13.

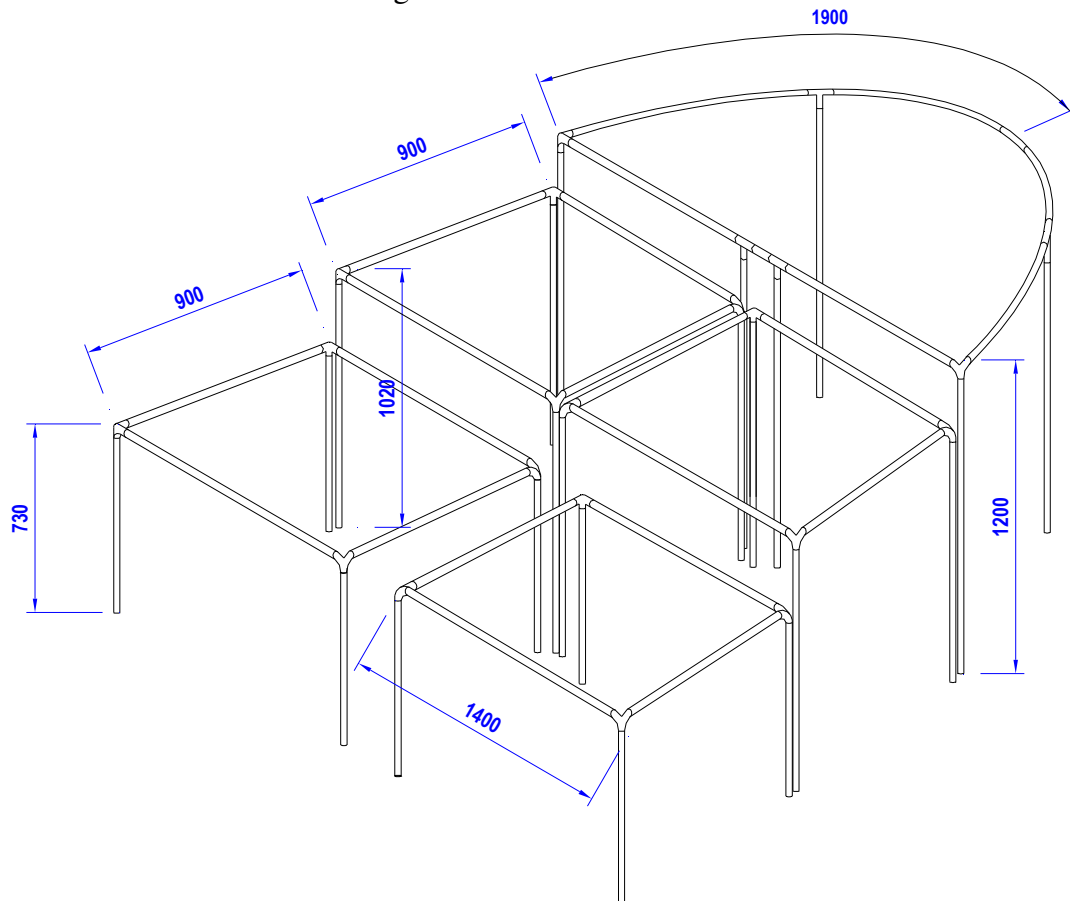


Fig. 13

Progettazione e messa a punto del dispositivo

Riassumendo quanto finora esposto, l'attenuatore d'urto di cui si richiede l'omologazione è costituito da due sistemi operanti in serie evidenziati dai due tratteggi in Fig. 1 (si veda per i dettagli costruttivi i disegni allegati alla richiesta di omologazione o ai report di crash) :

1. un Gruppo di Sacchi (Lungh = 3,05 m - Largh max. = 3,3 m) in tela plastificata, opportunamente sagomati e legati tra loro, all'interno dei quali vengono disposti una serie di cilindri in polietilene, di due altezze, alcuni vuoti ed altri riempiti con argilla espansa;
2. una Cuspide Metallica (Lungh = 6,2 m) specificatamente progettata , composta da due lame a doppia onda da 2.7 mm in acciaio per lato, di cui quelle anteriori calandrate in corrispondenza dei due angoli, formanti un fronte anteriore piatto (posto ad un metro di distanza dai sacchi) e con il paletto centrale anteriore provvisto di dispositivo di sganciamento della lama.

L'assorbitore d'urto quindi non è costituito dai soli sacchi riempiti dai cilindri con l'argilla espansa, ma è un dispositivo complesso che comprende anche la parte in acciaio e che, insieme ad essa, realizza un nuovo sistema di protezione.

Fatta questa necessaria precisazione possiamo esporre il cinematismo di funzionamento del dispositivo è stato progettato per funzionare in tre fasi in cui intervengono, sul veicolo collidente, tre diversi effetti di frenatura, gradualmente crescenti :

- nella **prima fase** il veicolo impatta contro la parte anteriore, composta da sacchi legati tra loro in cui sono inseriti dei tubi di plastica, in parte pieni di argilla espansa e in parte vuoti; lo scopo è quello di creare un “corpo ammortizzante” avente volume elevato e massa/rigidezza controllata, in grado di subire notevoli deformazioni senza collassare: in tale modo è possibile dissipare energia con decelerazioni contenute, nella fase più violenta di urto (a velocità massima);
- nella **seconda fase** il veicolo collidente, dopo aver deformato i sacchi, li trascina con se, spingendoli a contatto della cuspidè metallica; in questo modo si dissipa, in attrito con il terreno, una ulteriore quota parte di energia cinetica (la massa dei sacchi è stata accuratamente tarata anche in relazione alla ricerca di questo effetto);
- nella **terza fase** i sacchi ed il veicolo collidente impegnano la lama a doppia onda della cuspidè metallica, che funge da ultimo dispositivo di contenimento a rigidezza più elevata; per far in modo che la “doppia onda” dissipi le ultime quote di energia con gradual deformazioni, agendo come una “fune” ma senza coricarsi a terra, è stato previsto un dispositivo di “sganciamento” del nastro metallico dal paletto anteriore, che deve operare come un semplice appoggio senza opporsi ai movimenti longitudinali. In aggiunta a ciò il progetto prevede anche un “fronte” della cuspidè metallica completamente “piatto” per evitare fenomeni di instabilità laterale nell’ultima fase di urto.

Sono questi i meccanismi “controllori” dei tempi di risposta all’urto, tali da diluire nel tempo e nello spazio l’accelerazione negativa (decelerazione) conseguente al medesimo, e che forniscono un **assorbimento progressivo e calibrato** della forza d'urto e **quindi delle decelerazioni trasmesse al veicolo ed ai passeggeri.**

Il dispositivo in pratica svolge la sua funzione di attenuatore grazie al previsto “sacrificio” sia dei sacconi che dei due nastri calandrati della cuspidè metallica che per via delle deformazioni subite dopo il primo urto dovranno essere sostituiti con un nuovo sistema.

Si ricorda che l’attenuatore è sollecitato da un’energia molto elevata infatti nel crash n° 420 si sono avuti ben 317 Kj di energia d’impatto pari cioè a circa 8 volte l’energia sviluppata nell’urto della vettura leggera da 900 Kg. che a 100 Km/h urta le barriere di sicurezza con angolo di 20° nel crash tipo TB11; inoltre e soprattutto tale energia deve essere totalmente assorbita dal dispositivo in quanto la velocità del veicolo si riduce a zero, mentre nelle prove con le barriere di sicurezza spesso il veicolo esce dall’impatto avendo dissipato solo un 5-10% della sua velocità iniziale.

A livello di progetto è stato ipotizzato che il fronte di un eventuale ostacolo da proteggere si dovesse trovare ad almeno 2 m. di distanza dal fronte della cuspidè metallica (vedi linea rossa tratteggiata in Fig. 1); come vedremo tale indicazione è stata verificata in occasione delle prove al vero.

Il meccanismo di funzionamento di progetto è stato confermato dai crash eseguiti sia nel caso dell’autovettura pesante (crash n. 420) sia nel caso della autovettura leggera (crash n. 432), a tal proposito sono particolarmente significative le sequenze di fotogrammi riprese dalla telecamera azimutale e riportate nell’Allegato 4 dei due report.

Materiali impiegati

I sacchi sono realizzati in tessuto di supporto in PES HT di altissima qualità 1100 Dtex ad alta resistenza da 890 g/m², di spessore medio 0,65-0,70 mm. con le seguenti caratteristiche:

Resistenza alla trazione	3200-3800 N/5 cm	UNI 12311/2 A
Resistenza alla lacerazione	500-600 N	UNI 12310/2
Allungamento a rottura	> 25 %	UNI 12311/2 A

I cilindri interni (da 73, da 102 e da 112 cm. di altezza) sono realizzati in materiale tipo "Greenflex" che è un copolimero Etilene Vinil-Acetano (EVA) di spessore medio 1,5 mm. (alla base di 2 mm.) ed hanno le seguenti caratteristiche fisico-chimico-meccaniche:

Densità	900 - 940 Kg/m ³	ASTM D 1505-63
Resistenza a trazione	15 - 20 N/mm ²	UNI 12311/2 B
Allungamento a rottura	> 1000 %	UNI 12311/2 B

I cilindri da 73 cm. vuoti hanno un peso medio di 0,7 Kg., quelli da 102 cm. di 0,9 Kg mentre quelli da 112 cm. hanno un peso medio di 1 Kg.

Gli elementi cilindrici vengono riempiti con inerte di argilla espansa LECA 5-15 strutturale delle seguenti caratteristiche:

Massa volumica in mucchio (uni 7549/4):	$\gamma = 0,65 \pm 0,05 \text{ g/cm}^3$
Massa volumica media del granulo (uni 7549/5):	$\gamma \leq 1,5 \text{ g/cm}^3$
Resistenza dei granuli allo schiacciamento:	$\sigma \geq 35 \text{ daN/cm}^2$

Il fuso granulometrico¹ della argilla espansa LECA 5-15 strutturale è quello standard fornito dalla Ditta Laterlite e precisamente:

Crivelli/Setacci	Passanti %
20	100
15	85 - 100
12.5	70 - 92
10	53 - 85
7.1	12 - 40
5	0 - 10
2	0 - 1

Il peso medio degli elementi cilindrici da 73 cm. riempiti fino a 18 cm. dalla sommità di argilla espansa è di 10,6 Kg., quelli da 102 cm. pesano 15,8 Kg., mentre quelli da 112 cm. hanno un peso medio di 17,6 Kg.

I sacchi contigui vengono collegati tra loro tramite "legatura" attraverso le "borchie" con treccia POL C/S 6 mm. prodotta con filato poliestere a media tenacità lavorato a macchina a 16 fusi di 28 g/m.

Anche la chiusura superiore dei sacchi, dopo riempimento con i cilindri, è ottenuta tramite il serraggio con treccia POL C/S 6 mm. delle "borchie" perimetrali del "coperchio" con quelle orizzontali dei vari sacchi ad altezze diverse; naturalmente non è richiesta una chiusura "stagna"

¹ L'utilizzo dell'argilla espansa è legato alla scelta di un inerte di scarso peso; ovviamente le caratteristiche granulometriche ed anche quelle fisico-meccaniche del materiale non sono influenti in riferimento alla risposta del dispositivo sotto urto.

dei sacchi realizzati in materiale altamente impermeabile, ma i fori posti sul fondo dei sacchi permetterebbero comunque la fuoriuscita di eventuale, anche se improbabile, acqua piovana entrata nonostante la chiusura dei sacchi stessi. Sempre al fine di garantire nel tempo e con le diverse condizioni meteorologiche la invariabilità delle masse in gioco anche gli elementi cilindrici che contengono l'argilla espansa sono opportunamente forati alla base.

Al fine di migliorare l'aspetto estetico dei sacchi, che altrimenti presenterebbero molte "grinze" ed ondulazioni locali, viene predisposta al loro interno una struttura perimetrale composta da tubi in pvc Ø25 mm. e spessore 1.2 mm. inseriti in apposite asole interne ai sacchi e connessi tra di loro da semplici giunzioni o connettori.

Per la realizzazione dei prototipi della parte metallica del dispositivo, cioè cuspidi calandrata e lame a doppia onda laterali, viene qui riportato il dettaglio dei vari componenti ed il tipo d'acciaio impiegato:

- | | |
|---------------------------------|--------------------|
| ▪ Lama a doppia onda calandrata | Fe 360 B (S235JR); |
| ▪ Lama a doppia onda lineare | Fe 360 B (S235JR); |
| ▪ Paletto 100x75x5.5 L=600 | Fe 310 B (S185); |
| ▪ Paletto 100x75x5.5 L=1300 | Fe 310 B (S185); |
| ▪ Piatto 300x50x3 | Fe 310 B (S185). |

Per completezza si riporta il dettaglio della barriera tipo H2 che non fa parte del dispositivo oggetto della presente relazione, ma che furono montate in occasione del crash per collegare comunque il dispositivo stesso a qualcosa di concreto:

- | | |
|--|--------------------|
| ▪ Lama a tripla onda | Fe 360 B (S235JR); |
| ▪ Distanziatore per lama a tripla onda | Fe 430 B (S275JR); |
| ▪ Paletto 120x80x5 | Fe 360 B (S235JR); |
| ▪ Elemento di transizione doppia-tripla onda | Fe 360 B (S235JR). |

Per la bulloneria sono stati impiegati bulloni a testa tonda TTDE M16x30 in acciaio di classe 8.8, per il collegamento delle lame tra loro e per il collegamento tra i paletti di sostegno e le lame a doppia onda calandrate o lineari. Anche per il serraggio del ferro piatto 300x50x3 al paletto centrale si è utilizzato un TTDE M16x30. Per il collegamento centrale delle due lame a doppia onda calandrate con il ferro piatto 300x50x3, è stato utilizzato un bullone a testa esagonale TDE M10x40 in acciaio di classe 8.8 con rondelle 13x24x2.5.

Tutte queste informazioni sono riportate più dettagliatamente nei disegni esecutivi della barriera allegati (gli stessi presentati al Centro Prove di Crash e quindi riportati nei Report di Prova ufficiali). La natura dei materiali dei componenti più significativi è certificata nei documenti emessi da un Laboratorio Ufficiale ed allegati ai report stessi.

Modalità d'installazione

Ipotizzando di dover eseguire i lavori di posa in opera nelle condizioni più critiche, cioè in presenza di traffico, ovviamente prima di procedere alla posa in opera del dispositivo, si dovrà provvedere all'installazione della segnaletica stradale per la riduzione di carreggiata o comunque alla deviazione del traffico in modo da creare un'area di cantiere protetta dal flusso degli automezzi. Nel rispetto delle norme di sicurezza il personale dovrà essere provvisto di idoneo equipaggiamento (tuta, scarpe, guanti ecc.) e quanto altro previsto dalle norme vigenti in materia di sicurezza.

Tenendo conto che, per le caratteristiche del dispositivo, la sua installazione presuppone due fasi ben distinte:

- a) Smontaggio della vecchia cuspidi metallica e sua sostituzione con lame a doppia onda calandrate e lineari costituenti la parte metallica del dispositivo assorbitore oggetto della presente relazione;
- b) Montaggio dei sacconi riempiti dai cilindri con l'argilla espansa.

Si rende comunque necessario un progetto specifico dal quale l'installatore possa ricavare le necessarie informazioni relative all'estensione dello smontaggio della vecchia cuspidi e al posizionamento planimetrico sia della nuova parte metallica che dei sacconi; l'ingombro di questi ultimi dovrà comunque essere contenuto all'interno dell'area "zebrata", normalmente tracciata a terra da idonea segnaletica, rispettando al contorno almeno lo stesso "franco libero" garantito nei due rami della cuspidi stessa.

Relativamente alla fase a) si dovrà procedere rispettando le seguenti operazioni:

- a.1) smontaggio su entrambi i rami della cuspidi, secondo l'estensione prevista in progetto, tramite idonei avvitatori pneumatici delle lame, degli eventuali distanziatori, correnti di base, tiranti posteriori e quant'altro facente parte della tipologia di barriera costituente la vecchia cuspidi;
- a.2) estrazione, tramite aggancio con battipalo o gru, dei paletti della vecchia cuspidi;
- a.3) eventuale compattazione e risistemazione del terreno rifluito dopo l'estrazione dei paletti;
- a.4) tracciamento di una o più linee o tesatura di idonei fili per l'allineamento dei paletti e dei nastri di barriera per il corretto posizionamento delle lame a doppia onda calandrate e lineari, costituenti la parte metallica del dispositivo;
- a.5) scarico e posizionamento a terra dei nastri a doppia onda lungo il tracciato tenendo presente il senso di marcia del traffico; si tenga presente che le sovrapposizioni dei nastri debbono essere predisposte, su entrambi i rami della cuspidi rispetto al rispettivo senso di marcia, in modo che lo spessore a vista non sia rivolto verso il traffico che sopraggiunge e così non sia offerto nessun appiglio o aggancio al veicolo in svio che deve poter "scivolare" via;
- a.6) infissione dei paletti (tramite idoneo battipalo) nel terreno di supporto in corrispondenza della asolatura dei nastri allineati a terra; per i due nastri curvi calandrati si tratta di un paletto 100x75x5.5 L=600 (profondità di infissione 260 mm.) posto in corrispondenza della giunzione centrale, mentre ai due estremi si infiggerà un paletto 100x75x5.5 L=1300 (profondità di infissione 750 mm.); lo stesso paletto si utilizza per le due lame a doppia onda lineari secondo l'interasse richiesto di 150 cm. Questa operazione deve essere eseguita curando e controllando l'allineamento, la loro distanza reciproca, la verticalità degli stessi e la loro distanza dalla pavimentazione secondo le quote previste nel disegno di progetto (finito il montaggio la lama dovrà essere allineata con il "filo" della pavimentazione);
- a.7) fissaggio al paletto centrale delle due lame calandrate dell'elemento di supporto piatto 300x50x3 tramite bullone TTDE M16x30 a testa tonda classe 8.8;
- a.8) collegamento² dei nastri a doppia onda calandrati, precedentemente disposti sul terreno, all'elemento di supporto piatto 300x50x3 e fra loro, utilizzando un bullone TDE M10 in acciaio 8.8 e lunghezza 40, con due rondelle 13x24x2.5; fissaggio delle stesse lame ai paletti laterali tramite bullone TTDE M16x30 a testa tonda classe 8.8;
- a.9) collegamento dei nastri a doppia onda dritti, precedentemente disposti sul terreno, ai paletti e fra loro, utilizzando un bullone TTDE M16x30 a testa tonda classe 8.8;

² Al fine di facilitare le operazioni di posa in opera dei vari componenti, tutta la bulloneria di questa fase e quella necessaria alle successive fasi a.9) e a.10) dovrà essere installata in due fasi; nella prima si darà un serraggio minimo atto a realizzare il mutuo collegamento delle parti consentendo un certo adattamento dei vari elementi che facilita il montaggio, mentre nella seconda (vedi a.11)) sarà assicurato il serraggio definitivo.

- a.10) completamento delle giunzioni dei nastri a doppia onda sovrapposti tramite n°8 bulloni TTDE M16x30 a testa tonda classe 8.8;
- a.11) procedere tramite idonei avvitatori pneumatici tarati o chiave dinamometrica al serraggio definitivo della bulloneria necessaria al mutuo collegamento degli vari elementi come da voci a.8) a a.10) previo controllo di tutte le quote e dell'allineamento dei nastri in funzione dei disegni di progetto e dell'andamento plano-altimetrico della strada.

Per ciò che concerne il corretto serraggio dei bulloni TTDE M16 a testa tonda in classe 8.8 si dovrà rispettare un valore della coppia da applicare di 80 Nm; il bullone TDE M10 in acciaio 8.8 dovrà essere serrato con una coppia di 10 Nm.

Ovviamente, a seconda della tipologia di barriere inizialmente installate sulla vecchia cuspid e quindi nei due rami adiacenti, potrà essere opportuno e/o necessario inserire elementi di transizione o di raccordo tra le nuove doppie onde e le eventuali triple onde preesistenti (che comunque non fanno parte del dispositivo di cui si richiede l'omologazione), il tutto in conformità ai disegni di progetto.

Relativamente alla fase b) si dovrà procedere rispettando le seguenti operazioni:

- b.1) Tracciamento di una o più linee o tesatura di idonei fili per il posizionamento a terra dei sacchi, tenendo conto della distanza di 100 cm. tra il fronte piatto della nuova cuspid e il lato posteriore dei sacchi stessi, si dovrà tracciare inoltre l'asse di simmetria del dispositivo per verificare, durante le varie operazioni successive, l'allineamento e l'orientamento dei sacchi nel rispetto delle geometrie previste in progetto;
- b.2) inserimento nei sacchi vuoti della struttura perimetrale composta da tubi in pvc Ø25 mm. e spessore 1.2 mm. inseriti in apposite asole interne ai sacchi e connessi tra di loro da semplici giunzioni o connettori;
- b.3) in base allo schema delle legature di Fig. 3, si dovrà inizialmente legare i tre sacchi anteriori, a settore circolare, unendo i tre spigoli posteriori. La tecnica di legatura, da eseguirsi con treccia POL C/S 6 mm., prevede di iniziare dalla borchia o anello inferiore dei tre sacchi che saranno uniti tramite un semplice nodo centrale che lascerà due spezzoni di cordino che dovranno avere lunghezza tale da poter, risalendo verso l'alto e procedendo alternando i due spezzoni da destra a sinistra e viceversa (per intendersi si procede a "zig-zag" tra le "borchie"), legare i sacchi per l'intera altezza. Ogni due "borchie" (30 cm.) si dovrà effettuare un nodo tra i due spezzoni³;
- b.4) con la stessa tecnica indicata in b.3) effettuare le due legature verticali anteriori per il collegamento dei tre sacchi anteriori, a settore circolare;
- b.5) in base allo schema di Fig. 10 o Fig. 9, inserire nei tre sacchi a settore circolare i cilindri di altezza 112 cm. riempiti o meno di argilla espansa, curando il posizionamento e l'orientamento generale del dispositivo;
- b.6) provvedere alla chiusura superiore di ciascuno dei tre sacchi anteriori con treccia POL C/S 6 mm., ripiegando inizialmente i due lembi dei lati rettilinei e iniziando dalle borchie o anelli posti presso il vertice dei sacchi tramite un semplice nodo centrale che lascerà due spezzoni di cordino che dovranno avere lunghezza tale da poter, risalendo verso la parte curva anteriore e procedendo alternando i due spezzoni da destra a sinistra e viceversa (per intendersi si procede a "zig-zag" tra le

³ Queste legature "verticali" (come peraltro quelle "orizzontali") non devono essere "tirate", ma sufficientemente lente da mantenere l'altezza originale dei sacchi, senza restringerli verso terra; le legature devono chiamare a collaborare i sacchi tra loro durante l'urto, ma trattandosi di un assorbitore d'urto non ha senso bloccare totalmente certi mutui spostamenti, che invece sono auspicabili.

- “*borchie*”); la chiusura viene ultimata poggiando il coperchio ed effettuando due legature orizzontali tra i lembi del coperchio e le relative strisce o bandelle poste sulle facce laterali ad altezza 105 cm.;
- b.7) con la stessa tecnica indicata in b.3) effettuare le due legature orizzontali per il collegamento dei tre sacchi anteriori a settore circolare tra le contigue strisce o bandelle poste sulle facce laterali ad altezza 80 cm., iniziando con un nodo tra le due “*borchie*” esterne e procedendo con la legatura verso l’interno del dispositivo;
 - b.8) con la stessa tecnica indicata in b.3) effettuare le due legature verticali per il collegamento centrale dei due sacchi trapezi intermedi; procedere quindi alle due legature verticali per il collegamento laterale degli spigoli posteriori esterni dei due sacchi a settore circolare con gli spigoli anteriori esterni dei due sacchi trapezi intermedi;
 - b.9) con la stessa tecnica indicata in b.7) effettuare le due legature orizzontali per il collegamento tra il lato posteriori dei due sacchi a settore circolare con il lato anteriore dei due sacchi trapezi intermedi;
 - b.10) in base allo schema di Fig. 11 o Fig. 9, inserire nei due sacchi trapezi intermedi i cilindri di altezza 73 o 102 cm. riempiti o meno di argilla espansa, curando il posizionamento e l’orientamento del dispositivo;
 - b.11) provvedere alla chiusura superiore di ciascuno dei due sacchi intermedi con treccia POL C/S 6 mm., ripiegando inizialmente i tre lembi laterali e posteriore e iniziando dalle *borchie* o anelli posti presso gli spigoli posteriori tramite un semplice nodo centrale che lascerà due spezzoni di cordino (in ciascuno dei due angoli posteriori) che dovranno avere lunghezza tale da poter, risalendo verso il lato anteriore e procedendo alternando i due spezzoni da destra a sinistra e viceversa (per intendersi si procede a “*zig-zag*” tra le “*borchie*”); la chiusura viene ultimata poggiando il coperchio ed effettuando un’unica legatura orizzontale lungo i tre lembi del coperchio stesso e le relative strisce o bandelle poste sulle facce laterali ad altezza 85 cm.;
 - b.12) effettuare la legatura orizzontale per il collegamento dei due sacchi intermedi tra le contigue strisce o bandelle poste sulle facce laterali ad altezza 85 cm. (le stesse utilizzate per la chiusura del coperchio), iniziando con un nodo dal lato anteriore e procedendo con la legatura verso l’interno del dispositivo intrecciando il cordino con quello già presente;
 - b.13) con la stessa tecnica indicata in b.3) effettuare le due legature verticali per il collegamento laterale degli spigoli posteriori esterni dei due sacchi trapezi intermedi con gli spigoli anteriori esterni dei due sacchi trapezi posteriori; procedere quindi alla legatura verticale per il collegamento centrale dei due sacchi trapezi posteriori che, essendo questi distanti 40 cm., sarà più “*rada*” rispetto alle altre dove si univano lembi adiacenti;
 - b.14) con la stessa tecnica indicata in b.7) effettuare le due legature orizzontali per il collegamento tra il lato posteriori dei due sacchi trapezi intermedi con il lato anteriore dei due sacchi trapezi posteriori;
 - b.15) in base allo schema di Fig. 12 o Fig. 9, inserire nei due sacchi trapezi posteriori i cilindri di altezza 73 cm. riempiti o meno di argilla espansa, curando il posizionamento e l’orientamento del dispositivo;
 - b.16) provvedere alla chiusura superiore di ciascuno dei due sacchi posteriori con treccia POL C/S 6 mm., ripiegando inizialmente i tre lembi laterali e posteriore e iniziando dalle *borchie* o anelli posti presso gli spigoli posteriori tramite un semplice nodo centrale che lascerà due spezzoni di cordino (in ciascuno dei due angoli posteriori) che dovranno avere lunghezza tale da poter, risalendo verso il lato anteriore e procedendo alternando i due spezzoni da destra a sinistra e viceversa (per intendersi

si procede a “zig-zag” tra le “borchie”); la chiusura viene ultimata poggiando il coperchio ed effettuando un'unica legatura orizzontale lungo i tre lembi del coperchio stesso e le relative strisce o bandelle poste sulle facce laterali ad altezza 58 cm..

Per ciò che concerne il corretto serraggio, si farà riferimento alla seguente tabella:

Tipo elemento	Coppia di serraggio (Nm)
Bulloni TTDE M16, classe 8.8	80 ± 15
Bulloni TE M10, classe 8.8	10 (+5 o -2)

Tolleranze geometriche

In fase di produzione degli elementi della barriera le tolleranze da rispettare sono quelle riprese nella norma UNI ISO 22768-1 – classe c.

Gli spessori saranno verificati applicando le tolleranze riportate nella normativa UNI EN 10051-2000 per lamiere e nastri laminati a caldo in continuo e UNI EN 10058-2004 per barre di acciaio piano laminato a caldo.

In fase di montaggio, sono tollerate piccole variazioni, nei limiti delle tolleranze riportate nella Fig.14:

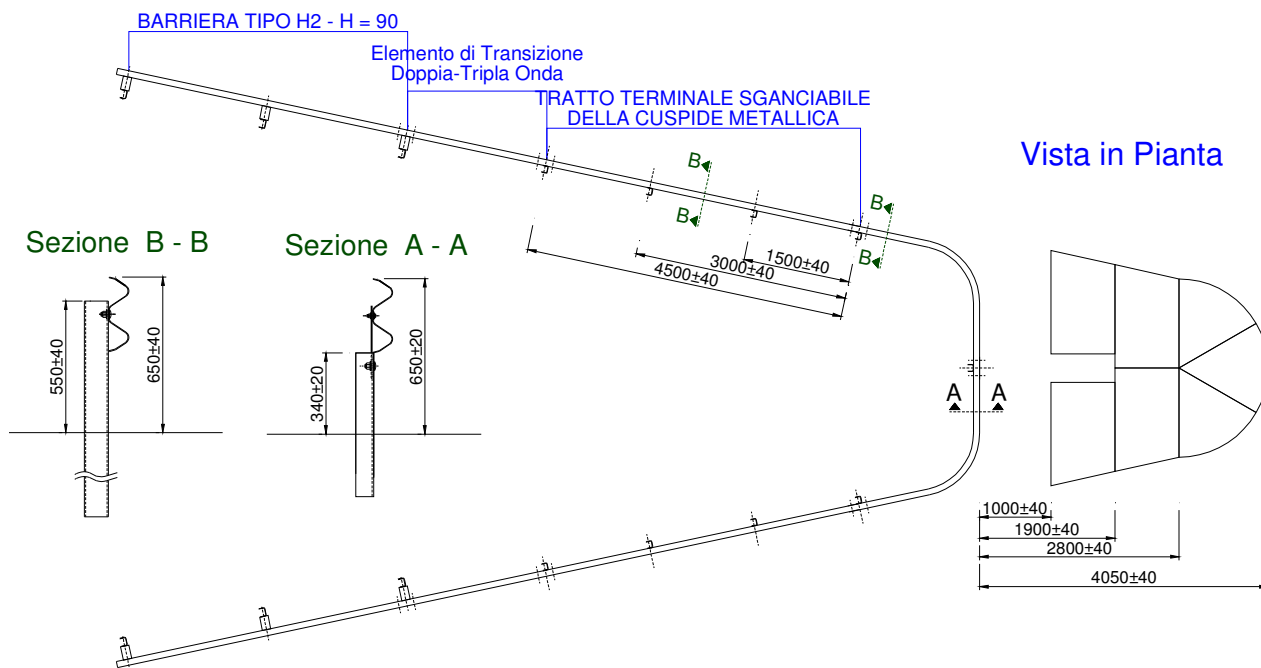


Fig.14

Risultati delle prove in scala reale

La Società "Autostrade per l'Italia" S.p.A., per mettere a punto l'attenuatore d'urto con **livello di prestazione 80/1** (non redirettivo), oggetto della presente Relazione Tecnica, ha portato avanti una serie di crash test, su diversi prototipi (per numero di sacchi componenti e/o tipo di elementi cilindrici e massa del loro riempimento) di assorbitore; per la precisione sono stati fatti 7 crash, 3 autovetture pesanti da 1300 Kg. e 4 con autovetture da 900 Kg. disassate (altri 8 crash furono fatti inoltre con il precedente dispositivo simile) presso la pista di AISICO di Anagni.

Per la descrizione e l'analisi completa dei risultati delle prove si rimanda ai Rapporti di Prova ufficiali preparati dal Centro prove AISICO di Anagni, operante in qualità certificata UNI CEI EN ISO / IEC 17025, nel quale sono avvenuti i crash test definitivi, in base alle prescrizioni delle normative D.M. 21.6.2004 e UNI EN 1317-1 e 1317-3); ci limitiamo qui a fare brevemente un sunto e un commento sull'esito delle prove di crash in base alle quali chiediamo l'omologazione della barriera:

Prova n. 420 del 26 aprile 2007 (Autovettura Alfa 75)

Prova di Accettazione :	TC 1.2.80	(Urto frontale in asse)
Peso del veicolo :	1252.4 Kg	
Velocità di prova :	81	Km/h
Angolo d'impatto :	90°	
Livello di contenimento Lc :	317	kJ
Valore Indice ASI :	1.3 ≤ 1.4	
Valore Indice THIV :	44 ≤ 44 Km/h	
Valore Indice PHD :	7 ≤ 20g	
Indice V.C.D.I. :	FS 0000000	
Rispetto del BOX CEN :	SI	
Attraversamento della barriera :	NO	
Ribaltamento del veicolo :	NO	

Tutti i parametri di prova previsti dalla normativa sono quindi stati rispettati; ad avvalorare l'ottimo comportamento del veicolo "*pesante*" durante l'urto, oltre al basso valore dell'indice ASI, è il valore dell'indice V.C.D.I. che evidenzia come non ci sia stata in pratica nessuna deformazione a carico dell'abitacolo a garanzia della sicurezza dei passeggeri; anche i parametri THIV e PHD, sono a norma.

I danni sul veicolo sono concentrati nella zona del paraurti anteriore e del cofano, mentre non si verificano danni al parabrezza anche perché la testa del manichino non lo colpisce; il veicolo dopo l'urto mantiene perfettamente l'allineamento con il dispositivo.

Nell'urto sono coinvolti tutti i 7 sacconi che risultano deformati insieme ai cilindri interni, e quindi trascinati verso la cuspide metallica secondo il previsto cinematismo di funzionamento; anche la parte piatta e calandrata della cuspide si è sganciata dai paletti deformandosi come preventivato e voluto contribuendo alla dissipazione d'energia; non si sono avute deformazioni dei due rami rettilinei della cuspide che non sono parte del dispositivo. Non si sono avuti distacchi di pezzi del dispositivo.

Prova n. 432 del 13 giugno 2007 (Fiat UNO 5p)

Prova di Accettazione :	TC 2.1.80	(Urto frontale disassato ¼ largh.za veicolo)
Peso del veicolo :	873.3	Kg
Velocità di prova :	80,1	Km/h
Angolo d'impatto :	90°	
Livello di contenimento Lc :	216	kJ
Valore Indice ASI :	1.4 ≤ 1.4	
Valore Indice THIV :	44 ≤ 44 Km/h	

Valore Indice PHD :	$19 \leq 20g$
Indice V.C.D.I. :	FS 0000000
Rispetto del BOX CEN :	SI
Attraversamento della barriera :	NO
Ribaltamento del veicolo :	NO

Anche in questo caso tutti i parametri di prova previsti dalla vigente normativa sono stati rispettati; ad avvalorare l'ottimo comportamento del veicolo "leggero" durante l'urto è il valore dell'indice V.C.D.I. che evidenzia come, anche in questa prova, non ci sia stata in pratica nessuna deformazione a carico dell'abitacolo a garanzia della sicurezza dei passeggeri.

I danni sul veicolo, inferiori a quelli della prova n°298, sono peraltro simili: concentrati nella zona del paraurti anteriore e del cofano, mentre non si verificano danni al parabrezza; il veicolo dopo l'urto, nonostante il disassamento, non subisce alcuna rotazione rispetto all'allineamento originario, fatto che usualmente si verifica in casi analoghi a dimostrazione che la sua forma circolare si presta a garantire l'assorbimento richiesto anche se il dispositivo non viene colpito in asse.

Ovviamente, anche in questa prova, non si sono avute deformazioni dei due rami rettilinei della cuspidi che non sono parte del dispositivo. Non si sono avuti distacchi di pezzi del dispositivo.

Considerazioni Finali

In definitiva possiamo sicuramente affermare che il meccanismo di funzionamento di progetto, descritto al paragrafo "Progettazione e messa a punto del dispositivo" è stato confermato dai crash eseguiti sia nel caso dell'autovettura pesante (crash n. 420) sia nel caso della autovettura leggera (crash n. 432), a tal proposito sono particolarmente significative, oltre ovviamente ai filmati allegati, le sequenze di fotogrammi riprese dalla telecamera azimutale e riportate nell'Allegato 4 dei due report.

Per entrambe le prove effettuate valgono le seguenti osservazioni positive:

- l'assetto è rimasto composto senza accenni di rollio, imbardata o virata;
- i dati dei parametri accelerometrici ASI, THIV e PHD rispettano i limiti imposti dalla normativa vigente;
- la deformazione subita dell'abitacolo del veicolo è stata decisamente ridotta (VCDI = FS0000000), anche la parte del cofano motore ha subito deformazioni contenute in rapporto a quanto si verifica usualmente in questo tipo di impatti frontali;
- non è stato superato l'assorbitore che, come si ricorda, non è composto dai soli sacchi ma anche dalla retrostante struttura metallica a doppia onda;
- non è stata raggiunta la linea (riga rossa tratteggiata di Figg. 1 e 14), posta a 2 metri dal fronte della cuspidi metallica, che delimita la zona in cui potrebbero trovarsi ostacoli, come riportato nell'Allegato n°8 dei report di prova che riporta lo spostamento permanente del lato posteriore del dispositivo pari rispettivamente a 1.98 m. (crash n° 420 con auto "pesante") e a 0,45 m. (crash n° 432 con auto "leggera" disassata).

A supporto di quanto sopra descritto si consideri che, come riportato nel già citato Allegato n°8 dei report di prova che riporta le due misure Za e Zd per la determinazione della classe Z del dispositivo (dimensioni della zona di rinvio), si è avuto rispettivamente $Za = 0$ e $Zd = 0$ m. (crash n° 420 con auto "pesante") e $Za = 0,75$ e $Zd = 0$ m. (crash n° 432 con auto "leggera" disassata), per cui, per quanto concerne le dimensioni della zona di rinvio, l'assorbitore è classificabile in classe Z1.

Risultano anche molto contenute le due misure D_a e D_d relative allo spostamento laterale permanente dell'attenuatore d'urto che sono tutte inferiori a 0,5 m. tranne la $D_a = 0,68$ relativa al crash n° 432 con auto "leggera" disassata; quindi il dispositivo è classificabile in classe D2.

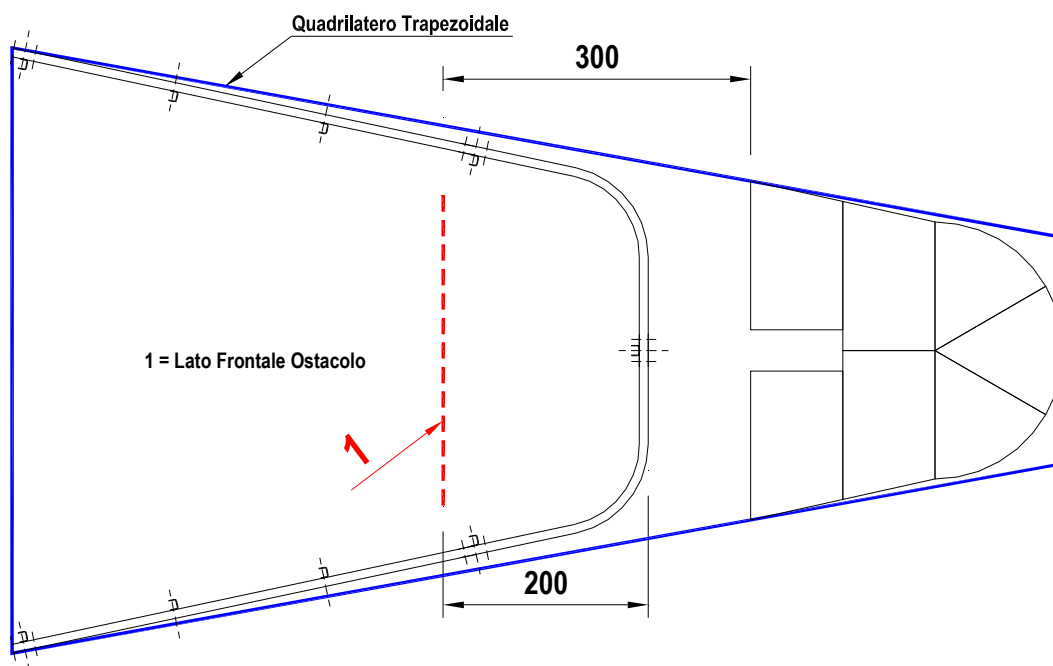


Fig. 14

Il Progettista
 ing. Massimo Giulio Fornaci

Roma, 15 Novembre 2010