



Fondata nel 1945

*Impresa Pizzarotti & C.*

**PREFABBRICATI  
PIZZAROTTI**

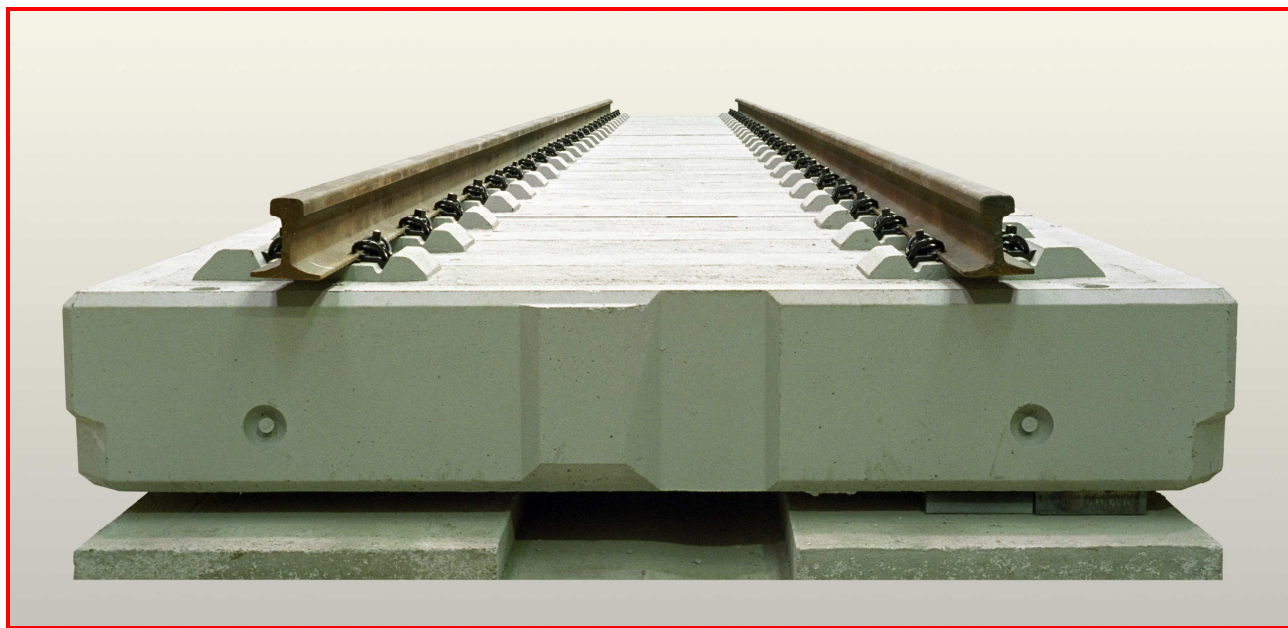
SOCIETA' PER AZIONI – CAPITALE SOCIALE € 70.000.000 I. V.

DIVISIONE PREFABBRICATI  
E ARMAMENTO FERROVIARIO  
43010 Pontetaro di Fontevivo (PR)  
Via Taroni, 4  
Tel. 0521.2021  
Fax 0521.202930

DIREZIONE E UFFICI  
43100 PARMA - Via A. M. Adorni, 1  
Tel. 0521.2021 - Fax 0521.207461

FILIALE DI ROMA  
00185 ROMA  
Via Parigi, 11  
Tel. 06.4819371  
Fax 06.4880362

## SISTEMA DI ARMAMENTO INNOVATIVO SENZA BALLAST PER LINEE METROPOLITANE E FERROVIARIE IN GENERE



PROGETTO CREA SRL – VIA GANDHI 14 REGGIO EMILIA –

### PRESCRIZIONI DI POSA ( GENNAIO 2008 )

Federazione - Federation



a member of IQNet

SEDE LEGALE: 43010 Pontetaro di Noceto (Parma) – Via Emilia, 2 [www.prefabbricatipizzarotti.it](http://www.prefabbricatipizzarotti.it)

STABILIMENTI: Pontetaro (PR) – Tel. 0521.2021 – Fax 0521.202930  
Lucignano (AR) – Tel. 0575.83811 – Fax 0575.836162 / S. Nicola (Pz) – Tel. 0972.78222 – Fax 0972.78205

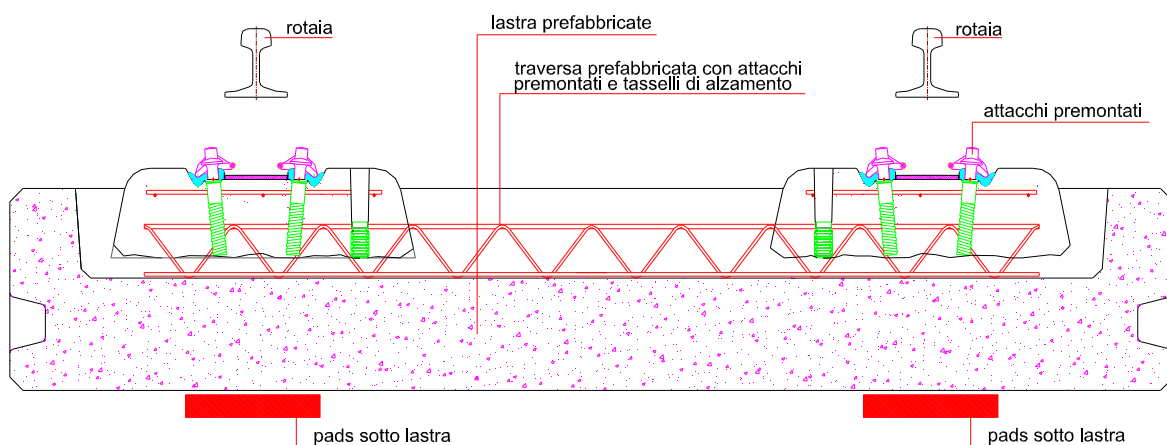
C.C.I.A.A. 43991 – CANC. TRIB. PR 23124 – COD. FISC. 01755470158 – P. IVA 00533290342



Certificati Sistema Qualità n. 92011 e 96119  
Norma UNI EN ISO 9001

## Premessa

Il sistema di armamento antivibrante senza ballast “Pizzarotti” si compone di un insieme di componenti facilmente assemblabili, secondo una sequenza logica di posa.



**Fig.1** -*principali elementi costituenti il sistema di armamento antivibrante senza ballast “Pizzarotti”*

Le lastre prefabbricate, principali componenti costituenti il sistema, hanno caratteristiche geometriche tali da poter essere inserite senza difficoltà nelle normali gallerie delle linee metropolitane sia di tipo pesante che di tipo leggero.

L'insieme delle operazioni di posa del sistema può essere scomposto principalmente in 5 macro fasi:

- 1) Realizzazione del piano di regolamento della galleria (quando non già eseguito dalle imprese dei lavori civili e quindi non ancora presente nella galleria);
- 2) Esecuzione operazioni topografiche preliminari;
- 3) Posa delle lastre in c.a.v. e degli altri componenti del sistema;
- 4) Costruzione e fissaggio del binario;
- 5) Operazioni di ammorsamento dell'armamento ed operazioni di finitura.



Occorre ovviamente tenere presente che tali fasi e le relative modalità operative possono essere soggette a variazioni anche significative in relazione alle condizioni oggettive in cui si opera.

### **1) Realizzazione del piano di regolamento in cls.**

Questa prima fase, necessaria nel caso di assenza di un piano di posa del sistema che abbia le necessarie caratteristiche di livello, di planarità e di portanza comporta due momenti distinti:

- il primo, di preparazione, prevede la predisposizione delle reti di smaltimento acque, degli eventuali pozzetti di raccordo ed ispezione, di polifore per l'impiantistica di servizio e quant'altro debba essere presente in galleria
- ove necessario, la messa in opera della armatura a cui seguirà il getto e la stesa del calcestruzzo del piano di regolamento nonché la sua finitura superficiale sommaria ma correttamente eseguita.

Tutti i materiali occorrenti per la predisposizione di quanto deve far parte (od essere inglobato) del piano di regolamento del fondo della galleria (canalette, pozzetti, tubi ..... ) dovranno essere trasportati sul luogo di utilizzo in via preventiva (con dumpers, autocarri o quant'altro serva allo scopo nelle condizioni date).

Completata la predisposizione di tutto quanto entra a far parte del piano di regolamento entrerà in azione la squadra addetta al getto del calcestruzzo ed alla sua finitura superficiale.

Il risultato finale della operazione dovrà essere una superficie planare di calcestruzzo sottostante la quota del Piano Ferro nella misura fissata in progetto con una tolleranza limite di +0 / -2 cm. da controllare con sistematicità, in particolare sotto i futuri allineamenti delle rotaie (che per altro coincidono con gli allineamenti degli elastomeri di supporto del sistema).

Nel caso in cui il tracciato della linea ferroviaria presentasse curve con raggi e velocità di percorrenza tali da richiedere l'esecuzione di sopraelevazione del binario, l'anzidetto piano di regolamento dovrà essere realizzato con pendenza trasversale uguale a quella della sopraelevazione mantenendo il rispetto delle tolleranze sopra esposte.

Per quanto riguarda l'alimentazione del calcestruzzo al cantiere di getto, questa deve avvenire di preferenza con pompe carrate posizionate all'esterno della galleria in corrispondenza di canne di ventilazione o altre calate.

Ove ciò non fosse possibile, la pompa, preferibilmente del tipo elettrico, verrà posizionata in galleria ed alimentata con autobetoniere da 8 mc. nei tratti di galleria a doppio binario (possibilità di inversione di marcia del mezzo), o con autobetoniere da 3,5 mc. a doppia guida nei tratti a singolo binario (dove non è possibile l'inversione di marcia del mezzo).



Le autobetoniere proverranno dall'esterno galleria, se le distanze ed i tempi di percorrenza lo consentiranno, oppure dovranno essere a loro volta alimentate da pozzi di aerazione o da altre calate.

## 2) Esecuzione operazioni topografiche preliminari.

Per una corretta posa dei binari è necessario avere a disposizione dei picchetti quotati in altezza ed in distanza rispetto alla rotaia più vicina.

I picchetti devono essere materializzati a mezzo di una piastra di acciaio numerata, di spessore circa 4 mm, avente un foro al centro di diametro 8 mm (tolleranze +0; -0,1 mm), posizionata ad una quota compresa tra + 75 cm. e - 10 cm. rispetto al Piano del Ferro (con riferimento alla rotaia più bassa, non necessariamente quella più prossima alla parete) e ad una distanza compresa tra 140 e 150 cm rispetto alla rotaia più vicina.

Saranno posizionati picchetti circa ogni 5 m in curva ed ogni 10 m in rettilineo.

La procedura di rilievo dei picchetti si può così riassumere:

Realizzazione di una rete di vertici di poligonale materializzata con chiodi o borchie in area non soggetta a lavorazioni.

- Lettura di tre o quattro strati di letture angolari e distanze tra ogni vertice di poligonale con stazioni integrali, al secondo centesimale.
- Collimazione di ogni picchetto da due vertici di poligonale con uno strato di osservazioni di ogni vertice.
- Livellazione con stadia INVAR o con livello elettronico per la determinazione delle quote dei picchetti.
- Calcolo coordinate dei picchetti, calcolo della distanza asse binario – picchetto e relativa tabellazione.

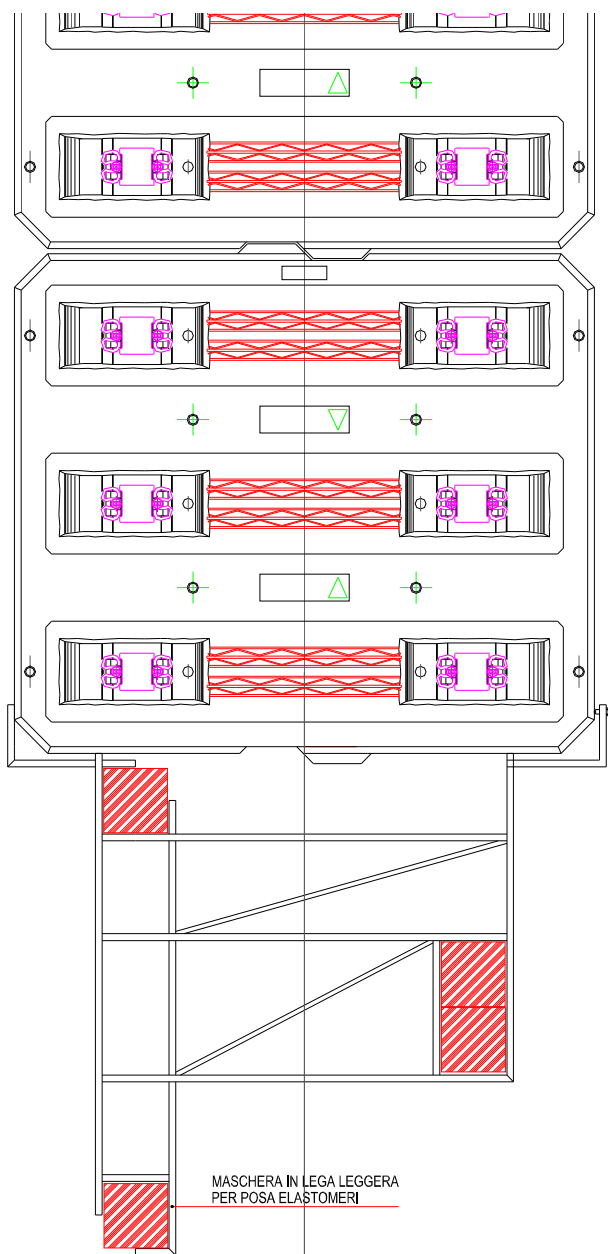
Nell'ambito delle operazioni topografiche preliminari ed al fine di avere certezza delle operazioni da eseguirsi successivamente è opportuna la verifica dei livelli del piano di appoggio del sistema rispetto ai dati di progetto ed alle tolleranze ammesse dal sistema.

Tale verifica consentirà di predisporre per tempo ed in condizioni anche economiche migliori gli eventuali interventi di ripristino delle condizioni di livello necessarie alla corretta posa del sistema di armamento.

Tale verifica è maggiormente importante quando il sottofondo sia stato realizzato da Impresa diversa da quella che procederà alla posa del sistema di armamento (ovviamente ai fini di assunzione delle relative responsabilità e dei costi degli eventuali interventi di ripristino).

### 3) Posa lastre in c.a.v.

- 3.1. L'operazione preliminare da compiere nella fase di posa del sistema è quella di posizionare con l'impiego di apposita "maschera", i componenti elastomerici di supporto del sistema previamente portati in galleria e distribuiti lungo linea.



**Fig.2** *posizionamento degli elastomeri di supporto del sistema armamento "Pizzarotti"*

La maschera (sorta di telaio metallico leggero ma indeformabile) ha la funzione di individuare con semplicità e rapidità la posizione degli elastomeri di una nuova lastra da posizionare facendo riferimento alla

lastra posata precedentemente (il sistema facilita ed accelera il lavoro in rettilineo ma richiede opportune correzioni in presenza di curve sulla base di tracciamenti come si dirà più avanti).

La distribuzione degli elastomeri di una singola lastra a formare sostanzialmente un triangolo consente di realizzare “sempre” un piano qualunque sia lo stato del piano di regolamento del fondo e quindi consentire alla lastra prefabbricata condizioni di stabilità.

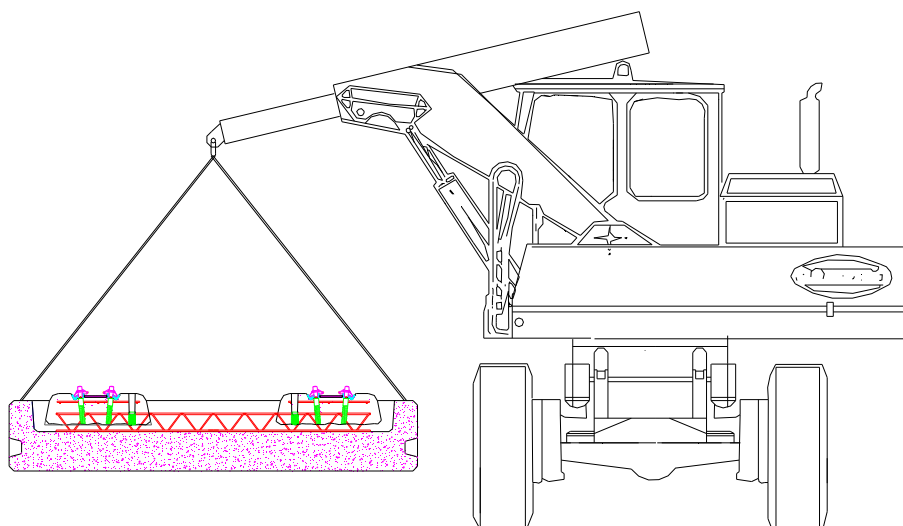
**3.2.** Successivamente alla posa degli elastomeri verrà posizionata la lastra soprastante.

Questa, con le traverse già inserite nelle rispettive sedi (**fig. 3**), verrà trasportate in galleria sul fronte di posa, di norma, con mezzi gommati semoventi.

Il successivo scarico dai mezzi e la posa in opera sugli elementi elastomerici sottolastra avviene utilizzando caricatori ferroviari, eventualmente con braccio modificato in modo da poterne eventualmente garantire la rotazione con lastra appesa al gancio di sollevamento anche nelle gallerie a semplice binario.

La posizione delle lastre è opportuno che venga determinata preventivamente con strumenti topografici attraverso il tracciamento, in estradosso del piano di regolamento, di due vertici opposti delle stesse lastre.

La distanza teorica di progetto, tra le lastre in rettilo, è di 20 mm. e su tale dimensione è ammessa una tolleranza di posa di  $\pm 5$  mm.



**Fig. 3-** *movimentazione e trasporto lastre del sistema con le traverse inserite*

In senso trasversale al binario il posizionamento delle lastre è guidato dall'incastro maschio - femmina delle lastre; tuttavia resta opportuno fare riferimento ai tracciati preventivi del posizionamento delle lastre.

Anche nella direzione trasversale al binario la tolleranza di posizionamento è di  $\pm 5$  mm

La distanza teorica di 20 mm in asse binario tra le lastre susseguenti (per tracciati rettilinei costante per tutta la larghezza della lastra) nel caso di lastre rettangolari standard posate in curva risulta variabile in funzione del raggio di curvatura.

Il criterio adottato per lo studio del posizionamento delle lastre in curva e per la individuazione del raggio minimo delle curve in cui posizionare le lastre standard prevede:

- L'azzeramento della distanza minima tra le lastre susseguenti, lato interno curva.
- Il mantenimento della distanza standard tra le lastre susseguenti nella zona del maschio femmina – tale condizione mantiene il modulo di 2.250 mm. del sistema in asse binario

In tali condizioni teoriche di posizionamento il raggio minimo di applicazione delle lastre standard è risultato essere di circa 140 ml.

Il sistema di armamento senza ballast antivibrante "Pizzarotti" è comunque applicabile anche in tracciati che presentano raggi di curvatura al di sotto dei 140 ml. utilizzando in alternativa:

- Un posizionamento fuori standard alterando il modulo di 2250 mm. in asse binario (in aumento) ed ammettendo quindi una distanza tra le lastre, lato esterno curva, superiore ai 4 cm.
- Lastre speciali di forma trapezoidale più o meno accentuata a seconda del raggio di curvatura in cui occorre posizionare il sistema.

Esistono infine sul tracciato dei punti "particolari" nei quali la normale sequenza di posa viene variata.

Tali punti sono rappresentati dalle cosiddette "zone di transizione", tratti di linea nei quali si deve realizzare il "raccordo" fra due tipi di armamento con deformabilità diverse (ad esempio sistema Pizzarotti - sistema a ballast).

Tale "raccordo" o variazione graduale di deformabilità del sistema viene ottenuta, di norma, attrezzando le ultime 5 lastre con un numero crescente di elastomeri sottolastra (sulla base di una analisi specifica condotta in sede progettuale si può arrivare dallo standard di 4 pezzi sino a 14 pezzi per lastra) disposti su due file sotto ciascuna rotaia.

Un risultato analogo lo si può ottenere riducendo lo spessore degli elastomeri dai 50 mm. sino a 12 mm., sempre sulle ultime 5 lastre (in tal caso occorrerà spessore con materiale rigido sotto i pads per mantenere costante il livello delle lastre).

- 3.3.** A posa delle lastre avvenute (e sempre prima del bloccaggio del binario all'interno delle vasche con il calcestruzzo) si procede al posizionamento ed al fissaggio degli stoppers laterali.

In rettilineo ed in curve con raggio di curvatura superiore ai 500 ml. gli stoppers saranno posizionati uno ogni due lastre sia da un lato che dall'altro lato del binario (con sfalsamento).

Nelle curve con raggio di curvatura inferiore ai 500 ml. gli stoppers saranno posizionati in corrispondenza di tutti i giunti delle lastre lato esterno curva e sempre ogni due lastre lato interno curva.

Posizionato il componente stopper in corrispondenza del giunto tra le lastre si procede alla formazione dei fori (con carotaggio o con trapano) per l'inserimento dei bulloni tirafondo di ancoraggio dello stesso stopper con ancorante chimico.

Al fine di garantire una valida solidarizzazione fra lo stopper ed il solettone, si procederà all'esecuzione di prove di estrazione dei bulloni nel numero di 1 ogni 500 pezzi.

L'installazione dei bulloni tirafondo si potrà considerare riuscita nel caso in cui, applicando un sforzo di trazione di 3000 Kg alla testa dei medesimi, non si evidenzino movimenti del bullone o sollevamenti del calcestruzzo intorno al foro carotato.

#### **4) Posa binari.**

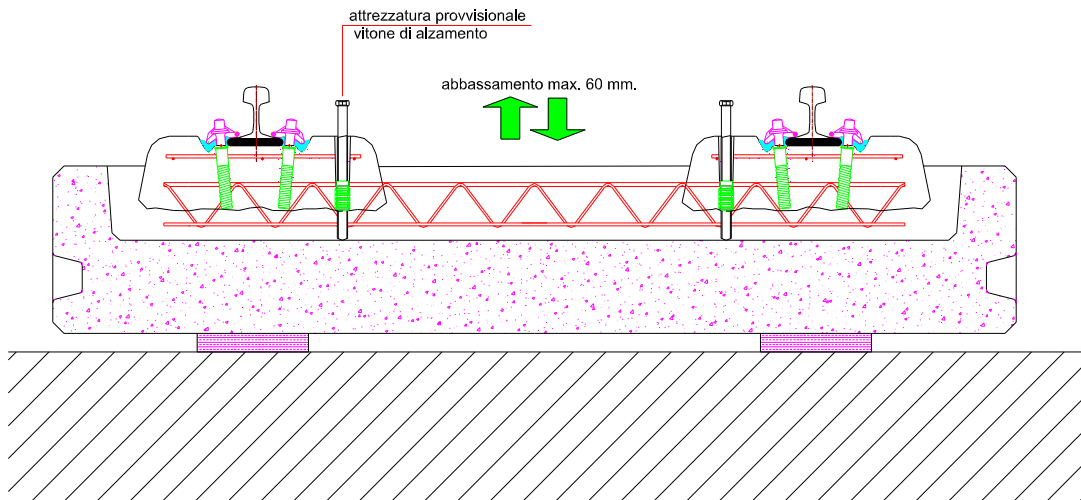
Terminata la posa delle vasche in c.a.v. e degli stoppers, si procede alla costruzione del binario con il fissaggio delle rotaie alle traverse (le rotaie saranno state portate in galleria e posizionate lungi i lati dopo la fase di realizzazione del piano di regolamento e dunque prima di iniziare i lavori di posa)

Per la movimentazione delle rotaie è di norma previsto l'utilizzo di attrezzature manuali, quali cavalletti ad argano di semplice e rapida collocazione oppure, quando l'Impresa lo ritenga utile ed opportuno anche con mezzi meccanici.

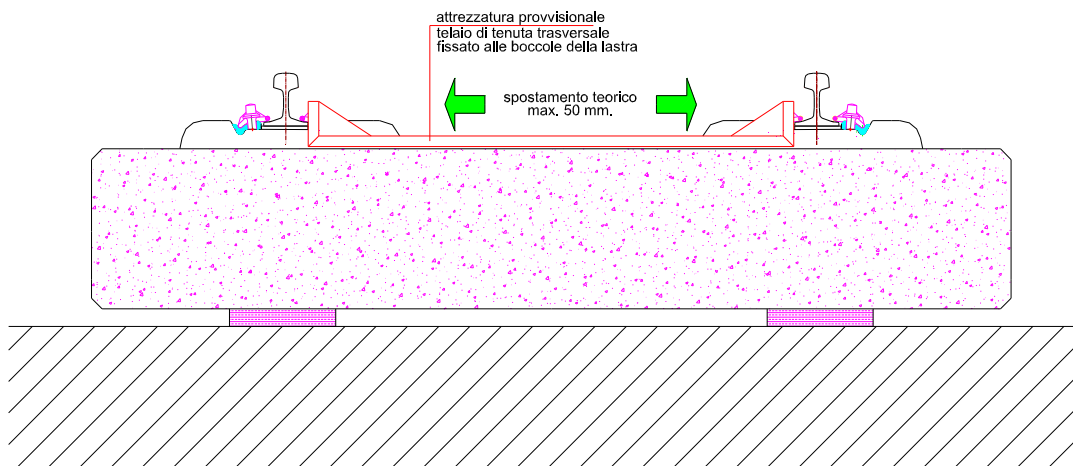
La costruzione del binario avviene attraverso il posizionamento definitivo ed il serraggio degli organi di attacco e, tramite attrezzature provvionali



appositamente realizzate, con la messa in allineamento e in quota del binario (fig. 4-5).



**Fig. 4 – posizionamento a livello mediante vitoni di alzamento – sezione trasversale al binario**



**Fig. 5 – allineamento del binario mediante telaio fissato alle lastre – sezione trasversale al binario**

Per lo scartamento in curva valgono le norme di cui alle tabelle UNI 7836 od altre in vigore presso l'Esercente la linea che si sta realizzando.

L'eventuale raccordo tra lo scartamento di retta e lo scartamento di curva (se aumentato secondo le norme in materia e le richieste della Committenza) sarà realizzato lungo il raccordo clotoidale con variazioni

lineari tramite la opportuna variazione dei piastrini di scartamento degli organi di attacco.

L'allineamento del binario, su corde da 10 metri, avrà tolleranze di  $\pm 5$  mm. mentre il livello trasversale  $\pm 2$  mm.

Per tutte le altre questioni relative alla posa del binario valgono le norme di cui alla tabella UNI 7836 con tutti i relativi valori di tolleranza con le eventuali eccezioni che saranno dettate dalla Committenza.

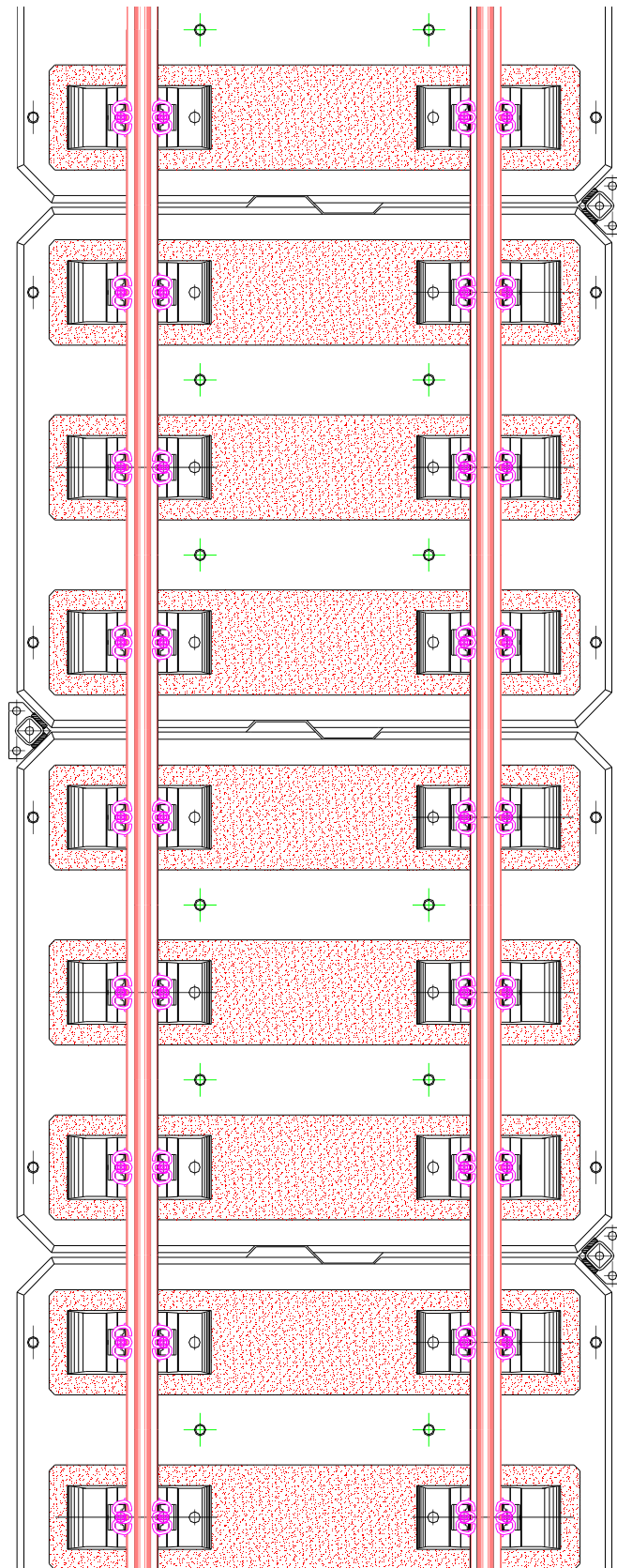
Su richiesta della Committenza ed in base a specifiche esigenze nelle curve con raggio ridotto ( $R <$  di 300 m.) la rotaia di corsa lato interno curva può essere affiancata da controrotaia "di sicurezza".

Il montaggio di queste controrotaie comporta:

- l'utilizzo di traverse appositamente studiate per ricevere gli organi di attacco sia per la rotaia che per la controrotaia.
- oppure in alternativa il fissaggio delle controrotaie mediante attacchi indiretti a piastra nelle nervature delle lastre tra una traversa e l'altra (mediante carotaggio del calcestruzzo della lastra prefabbricata e fissaggio chimico dei relativi bulloni tirafondo con massello di resina sottostante le piastre per recuperare le differenze di livello tra le lastre)

Controllata la regolare geometria del binario costruito con particolare attenzione, si procede all'esecuzione dei getti di sigillatura e solidarizzazione delle traverse alle lastre (fig. 6) con malta espansiva avente le seguenti caratteristiche:

- ✓ *Resistenza caratteristica cubica a 28 gg.  $\geq 35$  N/mm<sup>2</sup>*
- ✓ *Coefficiente di ritiro (non considerando l'effetto dell'agente espansivo)  $\epsilon_{\infty} = 480 \times 10^{-6}$*
- ✓ *Granulometria e tipo inerte : gli inerti naturali o di frantumazione devono essere costituiti da elementi non gelivi e non friabili, privi di sostanze organiche, limose ed argillose, di gesso in proporzioni nocive all'indurimento del conglomerato. Tali inerti dovranno rispondere ai requisiti fissati dalla norma UNI 8520 per la classe A ed avere D max. 12 mm.*
- ✓ *Cemento ad alta resistenza (resistenza a compressione 28 gg  $> 42.5$  N/mm<sup>2</sup>) con dosaggio minimo 350 Kg/m<sup>3</sup>*
- ✓ *Rapporto acqua/cemento minore di 0.5*



**Fig. 6** – *vista di insieme del binario a lavoro finito*



Il getto di ammorsamento delle traverse deve essere eseguito con cura in modo da garantire il perfetto intasamento della loro base di appoggio. Il raccordo bordo lastra / parete laterale traversa verrà eseguito mantenendo come riferimento di livello del bordo lastra.

Alla fine del getto di ammorsamento è sempre opportuno un controllo di verifica dei parametri geometrici del binario ad evitare che qualche movimento del binario stesso durante la fase di getto (causato dalla presenza di macchine operatrici) non abbia provocato alterazione ai parametri stessi non più correggibile nel seguito.

## 5) Operazioni di completamento e finitura.

Ad avvenuta maturazione del getto di sigillatura si procede:

- alla pulizia del binario realizzato e dell'insieme della linea
- alla formazione di LRS con maestranze specializzate e seguendo le specifiche norme in materia senza variazioni.
- alla posa, se previsto dal progetto, di eventuali elementi integrativi di pedonabilità e/o carrabilità laterale o di intervista
- al completamento delle opere accessorie secondo progetto (banchine, marciapiedi ecc..) compresa la realizzazione di eventuali pozzetti di ispezione degli stoppers laterali con relativi coperchi.

□

## 6) Utilizzazione delle sole traverse del sistema per la formazione di binario senza ballast (con conseguente modesto taglio delle vibrazioni).

Le traverse del tipo PZ facenti parte del sistema di armamento senza ballast antivibrante "Pizzarotti" possono essere utilizzate anche per la realizzazione di un armamento (senza ballast) su piattaforma di fondazione in cemento.

La procedura di posa di un tale armamento non differisce da quella innanzi esposta salvo il fatto ovvio che non sarà necessario posare elastomeri, lastre e stoppers

La costruzione del binario (traverse, rotaie ed attacchi) sarà del tutto analoga mentre il posizionamento del binario stesso ed il suo mantenimento in sito farà affidamento su attrezzature provvisorie studiate ad hoc in ragione delle condizioni specifiche del cantiere di lavoro.

Il calcestruzzo di ammorsamento del binario sarà di norma non armato salvo che in sede di progettazione non venga valutata la necessità di armatura a contrasto di prevedibili fenomeni termici interessanti il binario.