

Tecnologie per il posizionamento del binario.

La base assoluta



Cenni al moto in curva dei veicoli ferroviari

Accelerazione centrifuga

Sappiamo che quando un veicolo ferroviario percorre una curva genera una forza centrifuga che spinge il veicolo verso l'esterno, tale spinta laterale viene poi trasmessa al binario ed al ballast e relativo sub ballast.

La forza centrifuga F_c generata da un veicolo in curva viene definita dalla seguente formula:

$$F_c = m \frac{V^2}{R} = \frac{P}{g} \cdot \frac{V^2}{R}$$

Analizzando i fattori possiamo desumere che:

- All'aumentare della forza Peso vi sarà un aumento della F_c ;
- All'aumentare della Velocità del veicolo vi sarà un aumento esponenziale della F_c ;
- All'aumentare del Raggio di curvatura vi sarà una diminuzione della F_c ;

Quindi l'unico modo per diminuire la F_c è quello di aumentare il raggio di curvatura oppure andando ad agire sulla risultante della F_c facendola scaricare parzialmente su binario attraverso la sopraelevazione.

Cenni al moto in curva dei veicoli ferroviari

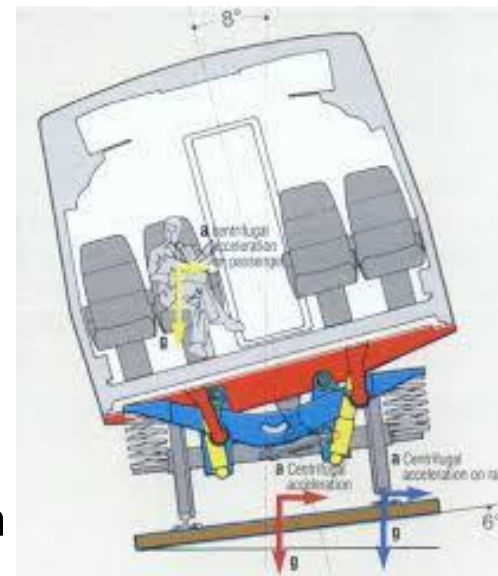
Accelerazione non compensata

Per scelte costruttive, essenzialmente di carattere economico, (*in Italia così come nella maggior parte degli stati europei*) si è scelto di compensare solo parzialmente F_c attraverso la sopraelevazione del binario e di compensare la rimanente risultante attraverso i carrelli ferroviari.

Si vengo quindi ad individuare 4 «Ranghi», in base al tipo di carrelli, caratterizzati dalla capacità di assorbire in una crescente componente orizzontale di F_c (A_{nc}):

- Rango A: mezzi rigidi e/o senza molleggio;
- Rango B: mezzi leggeri a molleggio limitato;
- Rango C: mezzi poco aggressivi ad alta stabilità;
- Rango P: mezzi ad assetto variabile (*es. Pendolino*).

Quindi a parità di tracciato la Velocità massima varia a seconda della tipologia del carrello, andando così a definire le velocità di rango (A,B,C e P), che determinano una Accelerazione non Compensata (A_{nc}) rispettivamente di 0.6, 0.8, 1.0, 1.8 [m/s²].

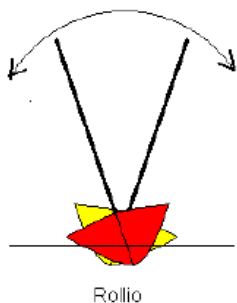


Cenni al moto in curva dei veicoli ferroviari

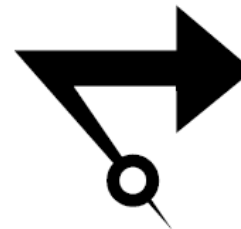
Contraccolpo, Rollio ed inserimento dei raccordi parabolici

L'inserimento della sopraelevazione nelle curve ferroviarie introduce altri 2 parametri cinematici legati al confort di marcia e all'usura dell'infrastruttura ferroviaria:

CONTRACCOLPO: ovvero la variazione dell'accelerazione non compensata nell'unità di tempo.



ROLLIO: ovvero la velocità angolare di rotazione della cassa del mezzo nell'unità di tempo.



Al fine di mitigare questi fenomeni vengono introdotti i **RACCORDI PARABOLICI**.

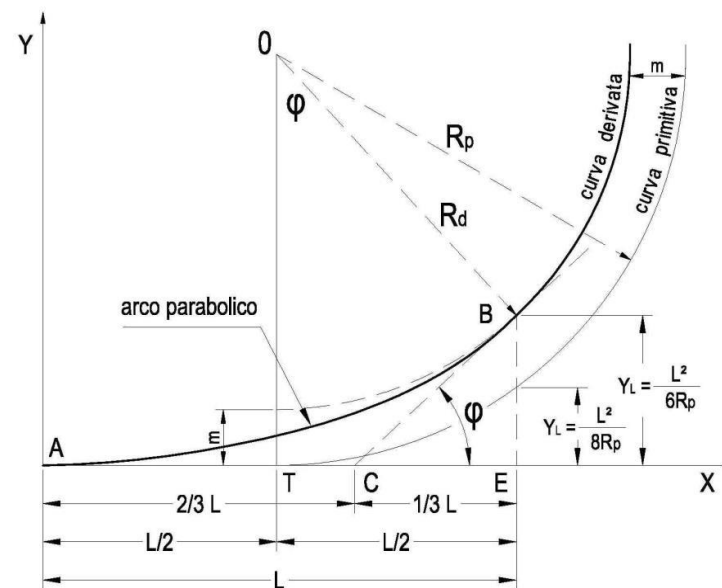
Il Raccordo Parabolico sviluppa, sul piano verticale un

RACCORDO DI SOPRAELEVAZIONE

e sul piano orizzontale, una

CURVA DI RAGGIO VARIABILE

Curva primitiva e curva derivata



- A - inizio raccordo parabolico
- B - fine raccordo parabolico
- T - punto di tangenza della circonferenza primitiva

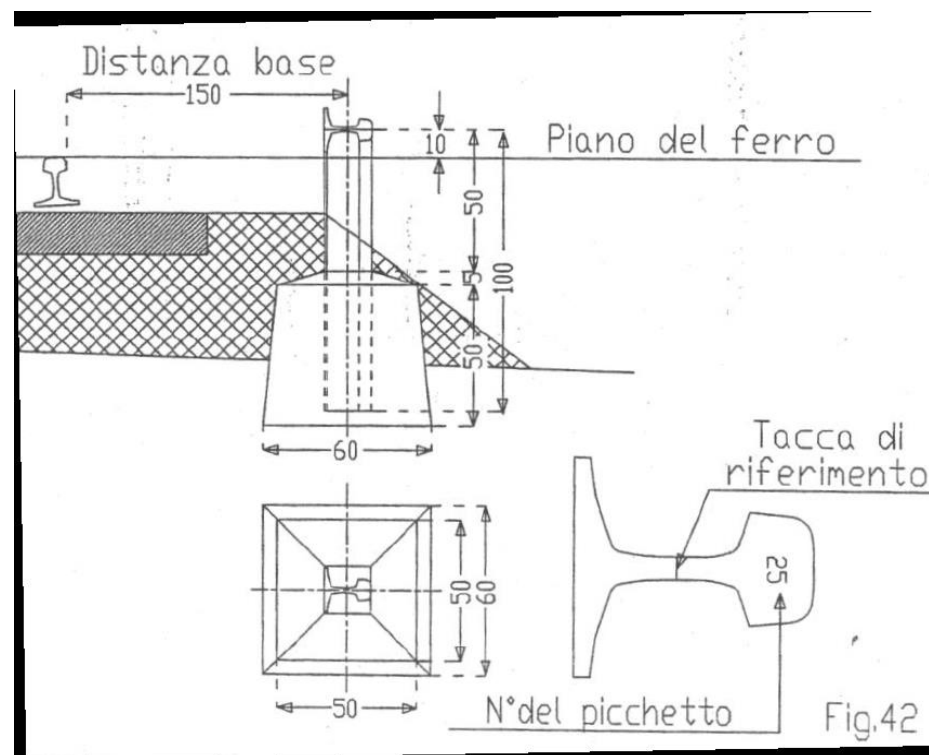
Posizionamento del binario con sistema di picchettazione

I picchetti delle curve



Al fine di controllare il corretto posizionamento planimetrico del binario si procedete ad installare all'esterno di ciascuna curva una serie di picchetti posti a 10 metri l'uno dall'altro ciascuno a 1,5 metri dal bordo interno della più vicina rotaia.

Il manutentore, tramite il controllo della picchettazione in riferimento a dei **Tabellini della curva**, si accerta che non si verificano, degli spostamenti, con variazione del raggio di curvatura o della sopraelevazione che possono comportare problematiche anche rilevanti, sia dal punto di vista delle dinamiche di marcia sia dal punto di vista di termica del binario e di ldc.



Posizionamento del binario con sistema di picchettazione

I tabellini delle curve

Linea: MESTRE - UDINE

Curva n° 48 . P

km. 63+904,32 / 64+042,27 Picchettazione principale riferita al binario PARI

Sviluppo mt. 110,35 Velocità max. { tracciato 150 km/h
orario 140/150/150
pagina 1

Studio eseguito in data: LUGLIO 1989

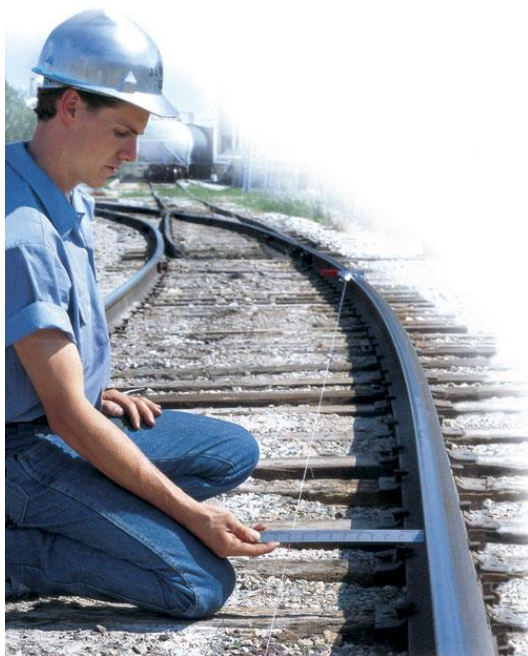
N°	F	D	D _i	h	R RP	Prog.	Sc	Planimetria schematica
INTERVIA m. 220								
0	/	1,500						
1	0							
2	0							
3	0							
4	0 ⁵			0		0 ⁶ .4+036		
5	2 ⁷			7	R.P. = mm. 30,00			
6	5 ⁵			14				
7	8			20		0 ⁶ .7+036		
8	8 ⁵				C.R. = mm. 5882			
9	8 ⁵							
10	8 ⁵							
11	8 ⁴			20				
12	7 ³			14		0 ⁶ .12+071		
13	5 ⁸			7 ⁵				
14	3 ¹			0 ⁵	R.P. = mm. 30,00			
15	0 ⁶					0 ⁶ .15+071		

ELEMENTI CARATTERIZZANTI:

- **N°**: numero del picchetto;
- **F**: valore della freccia (*espresso in millimetri*);
- **D**: distanza del picchetto (*espresso in millimetri*);
- **h**: sopraelevazione (*espresso in millimetri*);
- **R-RP**: sviluppo elementi caratteristici della curva;
- **Prog.**: posizionamento tan. elementi curva (N°+ml);
- **Sc**: variazioni dello scartamento;
- **Planimetria schematica**

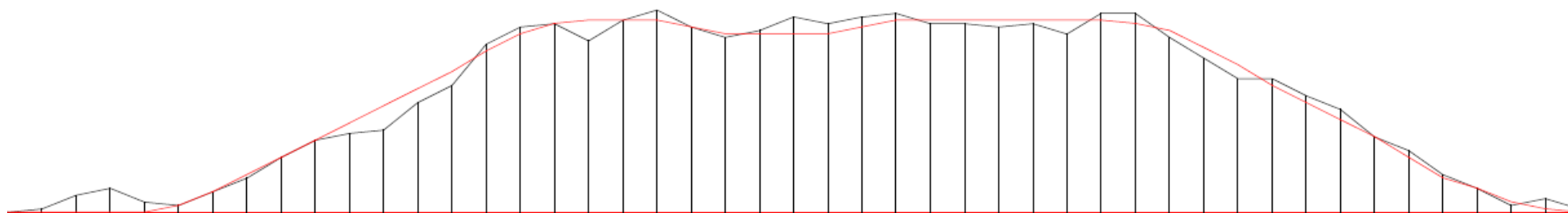
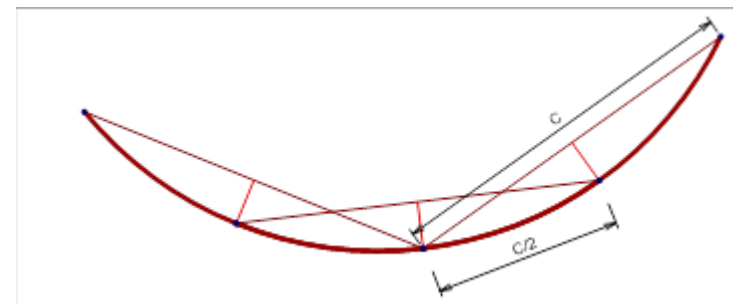
Posizionamento del binario con sistema di picchettazione

Cenni sul metodo Hallade



All'inizio del 1900 l'Ing. Emile Hallade ideò un sistema per controllare e correggere le curve delle linee ferroviarie attraverso la rilevazione delle Freccia di corde di lunghezza 20 ml concatenate ogni 10 ml.

L'algoritmo di correzione di semplice utilizzo, ispirandosi alla meccanica Newtoniana, assimilava le Freccie come forze e la distanza dall'origine della curva come braccio.



Freccie rilevate Freccie di progetto

Posizionamento del binario con sistema di picchettazione

Limiti del sistema e sua evoluzione.

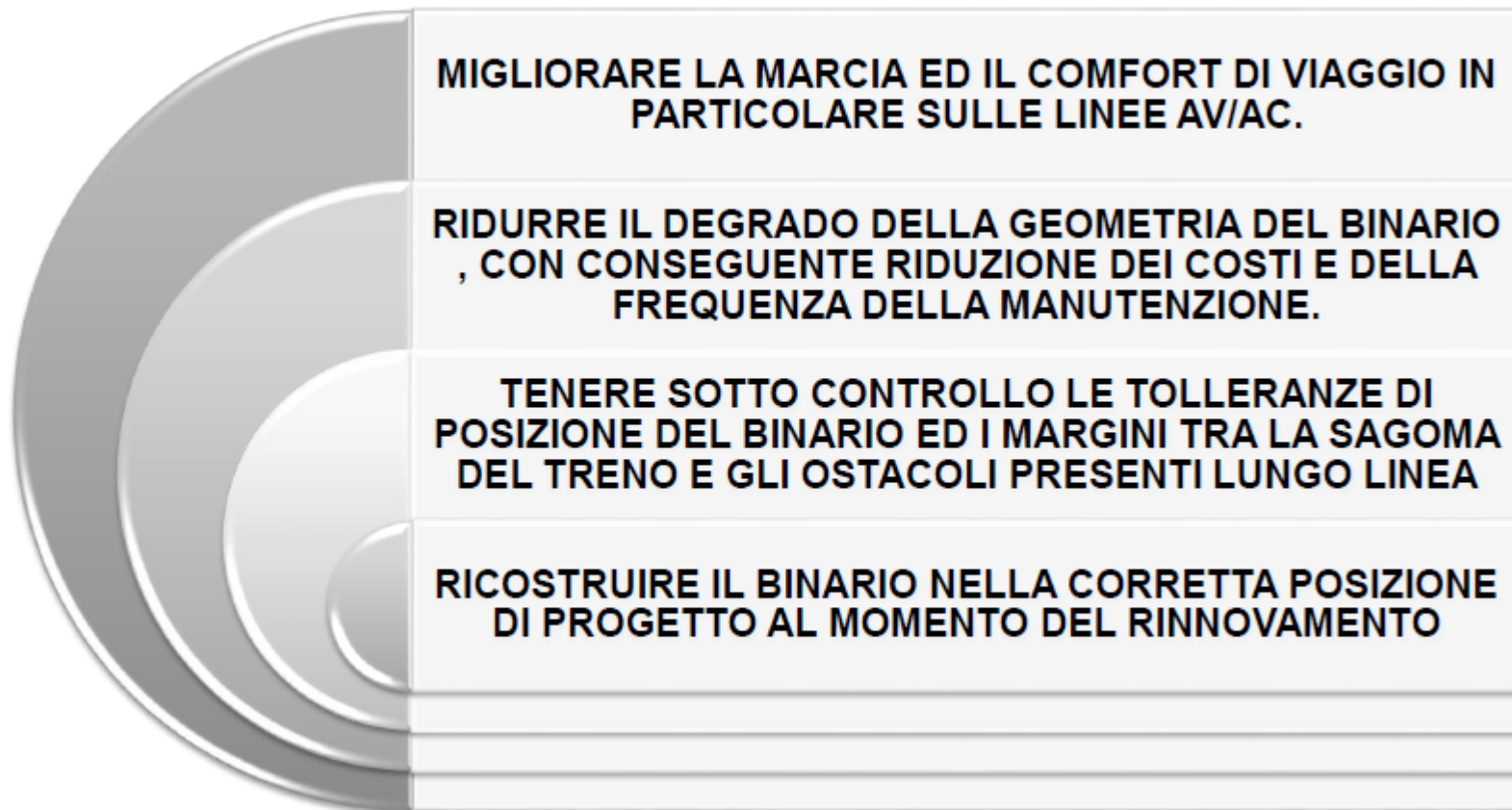
- Riferimenti di difficile realizzazione;
- Sistema di tipo relativo;
- Assenza di riferimenti in retta;
- Assenza di riferimenti altimetrici
- Impossibilità di eseguire «micro varianti» per ripristinare i parametri corretti;
- Sistema manuale più oneroso.

Si necessita quindi qui di sistema **ASSOLUTO** che consenta di superare i limiti del sistema a picchetti.

assoluto *lat.* ABSOLŪTUS *p. p.* di ABSŌL-
 VERE *sciogliere, liberare* (v. *Assolvere, Scio-*
gliere). — Libero, Indipendente, ossia pro-
 sciolto da vincoli, limitazioni, ecc. |
 Deriv. *Assolutamēte; Assolutista; Assolutismo;* §
Assolutòrio-a; Assoluziōne. §

Sistema di controllo del binario su base assoluta

Principi e scopi basilari



Sistema di controllo del binario su base assoluta

Metodologie applicate



OPERAZIONI DI RILIEVO TOPOGRAFICO, PER OTTENERE LA POSIZIONE IN COORDINATE CARTESIANE DEL BINARIO RIFERITO A PUNTI FISSI



PROGETTAZIONE DEL TRACCIATO



CONTROLLO DELLA POSIZIONE DEL BINARIO MEDIANTE ATTREZZATURE AUTOMATIZZATE DOTATE DI SISTEMI INFORMATIZZATI PER CONSENTIRE UNA RAPIDA LETTURA DEGLI SPOSTAMENTI RISPETTO AL TRACCIATO DI PROGETTO



RIPOSIZIONAMENTO DEL BINARIO SUL TRACCIATO DI PROGETTO MEDIANTE L'USO DI MACCHINE OPERATRICI (Rincalzatrici) DI TIPO INTELLIGENTE

Sistema di controllo del binario su base assoluta

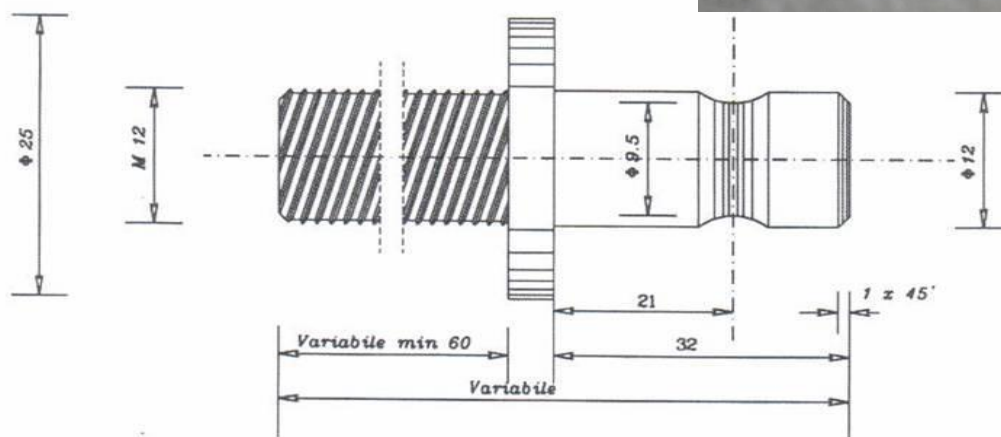
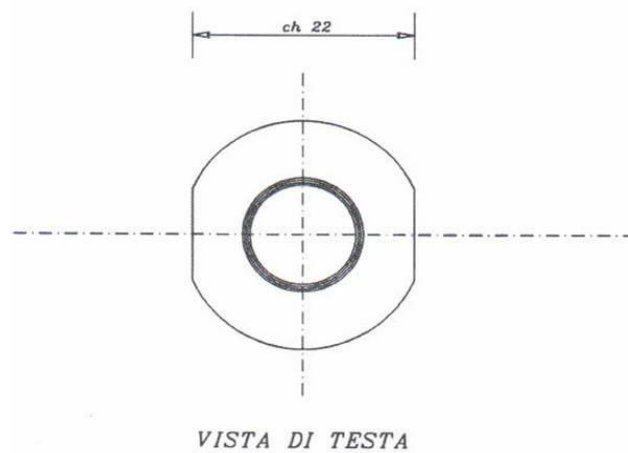
Materializzazione dei vertici e dei caposaldi

- VERTICI POLIGONALI A LATI LUNGHI, TRILATERAZIONI CON SISTEMA GPS, POLIGONALI A LATI CORTI E CAPOSALDI LIVELLAZIONI, SARANNO MATERIALIZZATI A MEZZO CENTRINI METALLICI A TESTA SFERICA.
- I CENTRINI SARANNO MURATI SU MANUFATTI ESISTENTI (Basamenti pali T.E.), ROCCIA O PILASTRINI IN CLS SEZ 0,40X0,40X0,80 E NUMERATI SULLA PARTE METALLICA.
- TUTTI I VERTICI E CAPOSALDI SONO REALIZZATI ALL'INTERNO DELLA SEDE FERROVIARIA E SONO POSIZIONATI IN MODO CHE DA CIASCUNO SIA VISIBILE SIA IL PRECEDENTE CHE IL SUCCESSIVO.
- I VERTICI E I CAPOSALDI CHE SI TROVANO IN PROSSIMITA' DEL BINARIO, SONO POSIZIONATI AD UNA DISTANZA DALLA PIU' VICINA ROTAIA TALE DA NON INTERESSARE LA MASSICCIATA E CONSENTIRE LO STAZIONAMENTO DELLO STRUMENTO ANCHE DURANTE LA MARCIA DEI TRENI, IN CONFORMITA' ALLE VIGENTI NORMATIVE.

Sistema di controllo del binario su base assoluta

Materializzazione dei punti fissi

- Il Punto Fisso (PF) è costituito da un perno in acciaio INOX 18/10 stabilmente fissato su palo T.E. o nella muratura con idoneo tassello o su piastra porta perno in acciaio INOX 18/10.
- I perni sono dotati di manicotti di protezione;
- Sul perno sarà posizionato il porta prisma che avrà caratteristiche tali da garantire la visibilità e manovrabilità del prisma per consentire il corretto puntamento degli strumenti topografici



Sistema di controllo del binario su base assoluta

Tabulato riassuntivo del tracciato ferroviario

PUNTO FISSO		Parziale asse	Parziale Corda	ROTAIA VICINA Centro prisma		Diff. P.F. Rotaia bassa (H)	ROTAIA VICINA Testa bolzone		Diff. P.F. Rotaia bassa (H)	Freccia	Sovrazzo (mm)	Scarta m.	Andamento planimetrico	Andam. curve	Andamento altimetrico	Velocità (Km/h)	
Numero	Progressiva			Dist. (Do)	Disl. (Dv)		Dist. (Do)	Disl. (Dv)								tr.	or
	78+660,000	44,841	44,848	2,240	-0,510		2,301	-0,516		0,000	0	1,435				140	140
	78+665,000	49,841	49,848	2,228	-0,510		2,289	-0,516		0,000	0	1,435					150
	78+670,000	54,841	54,848	2,217	-0,510		2,278	-0,516		0,000	0	1,435					160
	78+675,000	59,841	59,848	2,206	-0,510		2,267	-0,516		0,000	0	1,435					
1070	78+675,134	0,000	59,976	2,205	-0,510	-0,510	2,266	-0,516	-0,516	0,000	0	1,435					
	78+680,000	4,866	4,848	2,235	-0,511		2,296	-0,517		0,000	0	1,435					
	78+685,000	9,866	9,848	2,266	-0,513		2,327	-0,519		0,000	0	1,435					
	78+690,000	14,866	14,848	2,296	-0,514		2,357	-0,520		0,000	0	1,435					
	78+695,000	19,866	19,847	2,327	-0,516		2,388	-0,522		0,000	0	1,435					
	78+700,000	24,866	24,847	2,357	-0,518		2,418	-0,524		0,000	0	1,435					
	78+705,000	29,866	29,847	2,387	-0,519		2,448	-0,525		0,000	0	1,435					
	78+710,000	34,866	34,847	2,418	-0,521		2,479	-0,527		0,000	0	1,435					
	78+712,750	37,616	37,597	2,435	-0,522		2,496	-0,528		0,000	0	1,435					
	78+715,000	39,866	39,847	2,448	-0,521		2,509	-0,527		0,001	2	1,435					
	78+720,000	44,866	44,847	2,479	-0,519		2,540	-0,525		0,002	5	1,435					
	78+725,000	49,866	49,847	2,511	-0,517		2,572	-0,523		0,003	8	1,435					
1068	78+727,959	0,000	52,828	2,531	-0,516	-0,526	2,592	-0,522	-0,532	0,004	10	1,435					
	78+730,000	2,041	1,763	2,687	-0,510		2,748	-0,516		0,005	12	1,435					
	78+735,000	7,041	6,745	3,105	-0,496		3,166	-0,502		0,006	15	1,435					
	78+740,000	12,041	11,728	3,527	-0,483		3,588	-0,489		0,007	18	1,435					
	78+742,750	14,790	14,468	3,760	-0,475		3,821	-0,481		0,008	20	1,435					
	78+745,000	17,041	16,710	3,952	-0,470		4,013	-0,476		0,008	20	1,435					
	78+750,000	22,041	21,691	4,381	-0,460		4,442	-0,466		0,008	20	1,435					
	78+755,000	27,041	26,672	4,814	-0,449		4,875	-0,455		0,008	20	1,435					
	78+760,000	32,041	31,653	5,251	-0,439		5,312	-0,445		0,008	20	1,435					
	78+760,541	32,581	32,192	5,298	-0,437		5,359	-0,443		0,008	20	1,435					
	78+765,000	37,041	36,634	5,692	-0,429		5,753	-0,435		0,008	20	1,435					
	78+770,000	42,041	41,614	6,137	-0,420		6,198	-0,426		0,008	20	1,435					
	78+775,000	47,041	46,594	6,586	-0,413		6,647	-0,419		0,008	20	1,435					
1066	78+776,238	0,000	48,500	6,731	-0,412	-0,432	6,792	-0,418	-0,438	0,008	20	1,435					
	78+780,000	3,762	3,856	6,683	-0,414		6,744	-0,420		0,008	20	1,435					
	78+780,630	4,391	4,486	6,676	-0,414		6,737	-0,420		0,008	20	1,435					
	78+781,590	5,352	5,446	6,664	-0,415		6,725	-0,421		0,008	20	1,435					
	78+785,000	8,762	8,856	6,624	-0,419		6,685	-0,425		0,007	18	1,435					
	78+790,000	13,762	13,856	6,569	-0,425		6,630	-0,431		0,006	14	1,435					
	78+795,000	18,762	18,855	6,516	-0,431		6,577	-0,437		0,004	11	1,435					

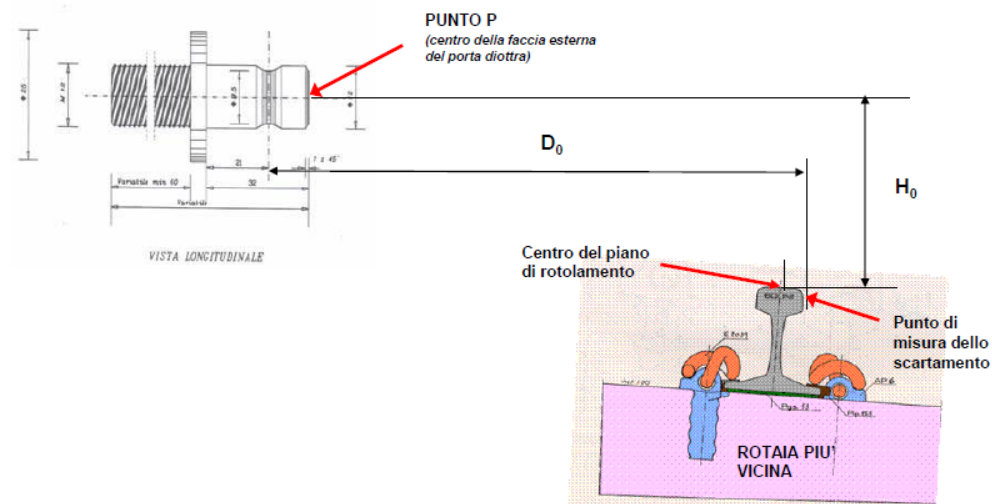
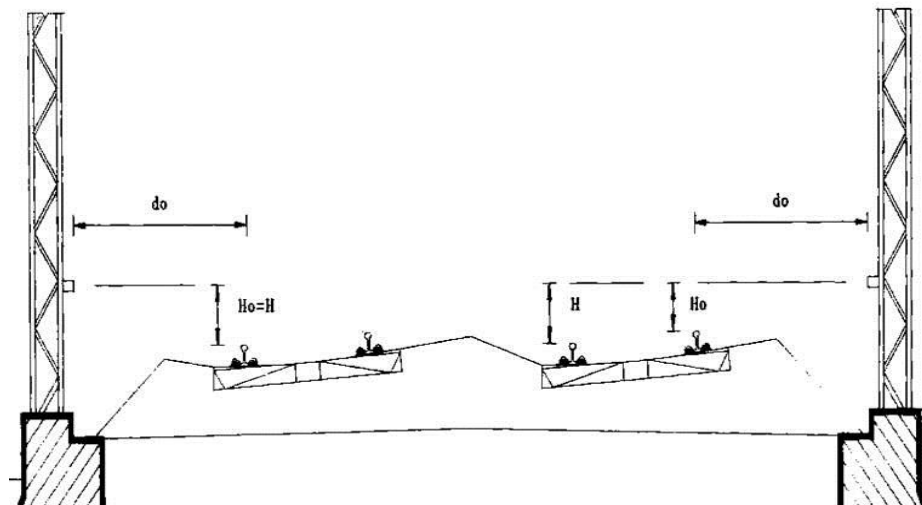
Sistema di controllo del binario su base assoluta

Rilievo puntuale del binario in corrispondenza dei PF

IL RILIEVO PUNTUALE DELLA GEOMETRIA DEL BINARIO IN CORRISPONDENZA DEI PUNTI FISSI DEVE ESSERE FATTO CONSTRUMENTI IDONEI (Precisione+/-1mm) PER MISURARE:

- La distanza orizzontale dal punto fisso al bordo interno della rotaia più vicina “ d_0 ”;
- La distanza verticale dal punto fisso alla quota della rotaia più vicina o della rotaia bassa “ H_0 ”;

IN MANCANZA DI STRUMENTI TECNOLOGICAMENTE PIU’ AVANZATI POSSONO ESSERE PROFICUAMENTE UTILIZZATI : un’asta con livella, il filo a piombo, metro o rotella metrica.



Sistema di controllo del binario su base assoluta

Controllo della posizione del binario mediante rilievi strumentali



Con stazione totale fuori dal binario e carrellino sul binario
(Sistema off Track)



Con macchine registratrici
automotrici che operano sul
binario con l'ausilio di
strumenti puntuali in
corrispondenza dei punti fissi
(Sistema on Track)

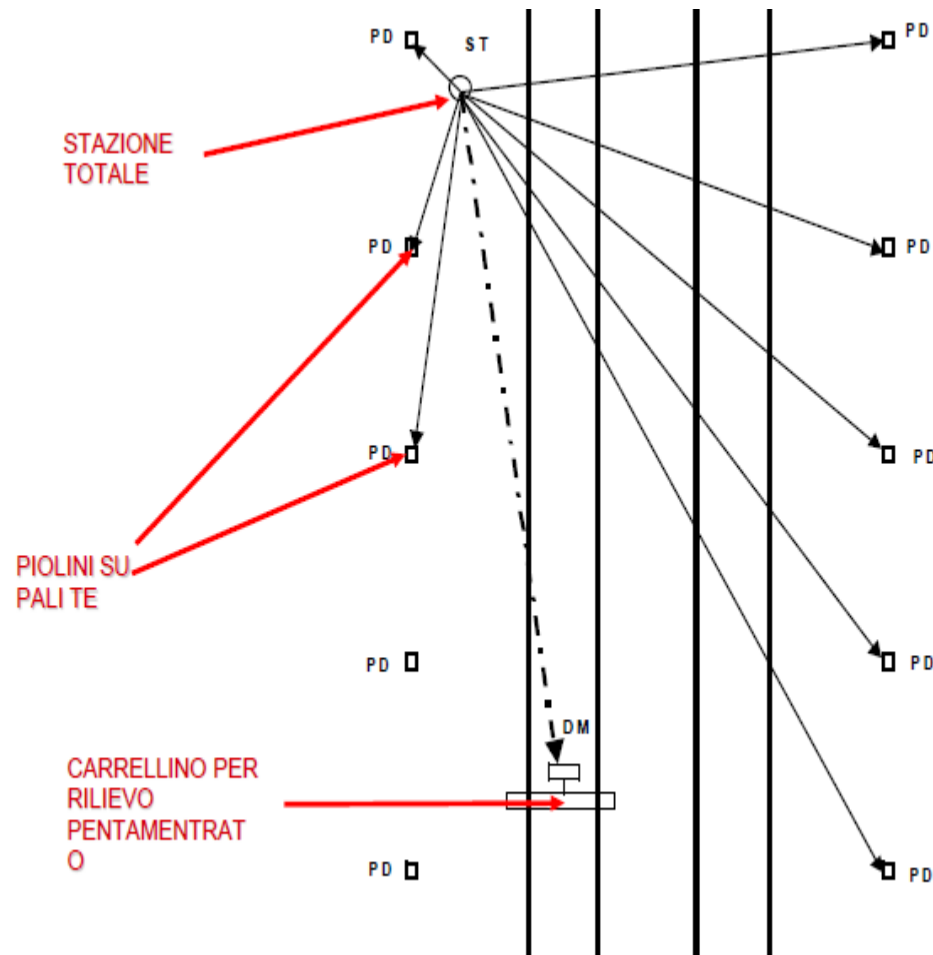


Sistema di controllo del binario su base assoluta

Controllo della posizione del binario mediante rilievi strumentali

SISTEMA OFFTRACK

- IL RILIEVO PLANOALTIMETRICO DELLA GEOMETRIA DEL BINARIO SU BASE ASSOLUTA, RIFERITO AI PUNTI FISSI DEVE ESSERE ESEGUITO CON LA STAZIONE TOTALE TOPOGRAFICA FUORI DAL BINARIO CON STAZIONAMENTO LIBERO;
- I RILIEVI VANNO ESEGUITI CON PASSO MINIMO DI 5 m. SUL BINARIO
- IL RILIEVO DEVE ESSERE CONFRONTATO CON IL PROGETTO E DEVE ESSERE ELABORATO UNO STUDIO DI CORREZIONE CHE DETERMINI GLI SPOSTAMENTI E GLI ALZAMENTI NECESSARI PER RIPOSIZIONARE IL BINARIO SECONDO IL TRACCIATO OTTIMALE.

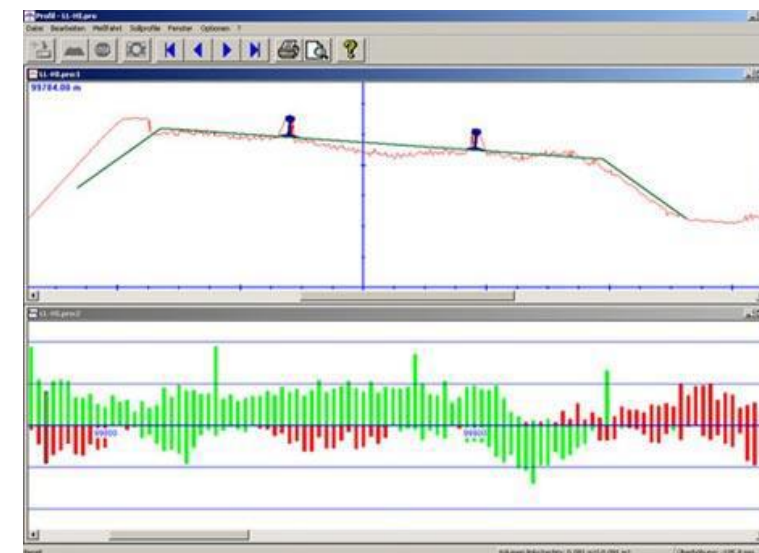
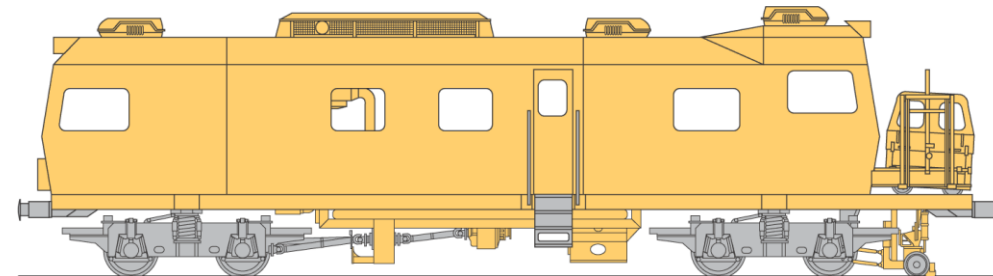


Sistema di controllo del binario su base assoluta

Controllo della posizione del binario mediante rilievi strumentali

SISTEMA ONTRACK

- IL CONTROLLO VIENE ESEGUITO CON MACCHINE REGISTRATRICI AUTOMOTRICI CHE OPERANO SUL BINARIO SU BASE ASSOLUTA, DOTATE DI IDONEI SISTEMI PER RILEVARE LA POSIZIONE DEL BINARIO ED ELABORARE I DATI DEI RILIEVI CONFRONTANDOLI CON I DATI DI PROGETTO PER DETERMINARE GLI SPOSTAMENTI DA OPERARE AL BINARIO PER RIPOSIZIONARLO SUL TRACCIATO DI PROGETTO.;
- LE MACCHINE REGISTRATRICI POSSONO ESSERE AUTONOME CON CARRELLO SATELLITE A PUNTAMENTO LASER SU CORDE TRA DUE PUNTI FISSI CONTIGUI O INCORPORATE NELLE MACCHINE OPERATRICI (RINCALZATRICI).



Bibliografia:

Elementi tracciati ferroviari vol. 3– *Autori vari*

British Railway Track – Design- *Cope, G*

Rectificarea si retrasarea curbelor de cale ferata - *Radu, C*

Riferimenti normativi:

LINEE GUIDA PER LA REALIZZAZIONE E MANUTENZIONE DEI BINARI SU BASE ASSOLUTA CON TRACCIAMENTI RIFERITI A PUNTI FISSI IN COORDINATE TOPOGRAFICHE –

RFI TCAR ST AR 01 002 A