

### Evoluzione degli scambi con cuore a punta mobile



Geom. Luigi CURIA<sup>(\*)</sup>

#### Premessa

Alla fine degli anni 1980, l'attesa realizzazione delle tratte AV/AC pose l'esigenza di utilizzare scambi idonei per essere percorsi, sul corretto tracciato, alla velocità di 300 km/h.

Tra le principali innovazioni tecnologiche da apportare agli scambi, da impegnare con circolazione ad Alta Velocità, rientrava l'eliminazione dello spazio nocivo presente nella zona del cuore degli scambi con cuore a punta fissa; tale risultato è stato raggiunto mediante l'inserimento del cuore a punta mobile.

L'innovazione, tanto più necessaria negli scambi a piccola tangente per la notevole lunghezza del loro spazio nocivo<sup>(1)</sup> (v. figura sopra il titolo), evita i dannosi effetti della soluzione di continuità dei piani di rotolamento e di guida e consente di eliminare le controrotaie, notoriamente, sogrette a possibili urti e strisciamenti da parte dei bordini.

Le tipologie degli scambi a punta mobile che, oggi, si utilizzano nelle linee AV/AC sono quelle che permettono, rispettivamente, di percorrere il ramo deviato a 60 km/h oppure a 160 km/h.

Di seguito si descrive la loro evoluzione e si illustrano le loro principali caratteristiche tecniche.

#### Il primo prototipo

Lo scambio S. 60 UNI / 3000 → ∞ / 0,022, con posa su traversoni in c.a.p., progettato dalle Ferrovie dello Stato ed in esercizio sulla linea DD.ma Roma – Firenze nel P.C. di Renacci dal 1992, è il primo scambio con cuore a punta mobile per deviata a 160 km/h impiegato sulla Rete Ferroviaria Italiana.

Tale tipologia di scambio fu oggetto della campagna di prove della primavera 1992 – Sperimentazione A.V.<sup>(2)</sup> - nel corso della quale fu testata alla massima velocità di 300 km/h sul corretto tracciato e di 170 km/h in deviata.

Lo scambio, in quanto a caratteristiche generali, è caratterizzato da un telaio degli aghi (di lunghezza 37 m) composto da rotaie e barre d'ago 60 UNI di acciaio di qualità 900 A, gli aghi sono serrati con attacchi rigidi di tipo "K" su cuscinetti a strisciamento; le piastre di appoggio prevedono la posa verticale degli aghi e dei contragli (figg. 1 e 2).

Nel successivo tratto "delle intermedie", le rotaie 60 UNI sono serrate su piastre con, l'allora, classico attacco rigido di tipo "K", con inclinazione 1/20 (fig. 3).

<sup>(\*)</sup> Italferr S.p.A.

<sup>(1)</sup> Approssimativamente, detta  $g$  l'ampiezza della gola occorrente per il libero passaggio del bordino l'estensione dello spazio nocivo vale  $L = \frac{g}{\operatorname{sen}\alpha} \approx \frac{g}{\operatorname{tan}\alpha}$

<sup>(2)</sup> Vedasi Tecnica Professionale - settembre 1994 "Primi scambi con c.p.m. nelle FS".

## OSSERVATORIO



Fig. 1 – Scambio tg. 0.022 P.C. Renacci - Telaio degli aghi.

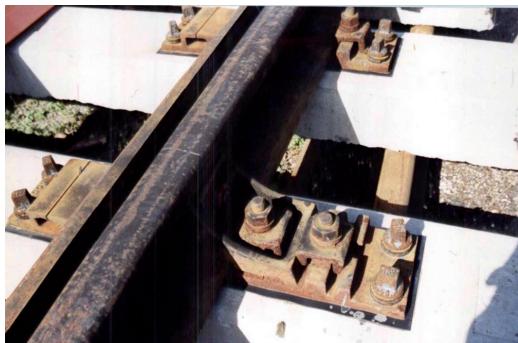


Fig. 2 – Scambio tg. 0.022 P.C. Renacci - Cuscinetto tipo 60 C1U.

Di fatto, le caratteristiche meccaniche sia del telaio degli aghi che delle intermedie sono simili a quelle dello scambio 60 UNI / 3000 / 0,034 impiegato nei P.C. della DD.ma Roma - Firenze fin dalle prime fasi realizzative (1975).

La novità tecnologica – relativamente alla parte metallica dello scambio – è dunque il cuore.

Esso è formato da due semiculle, di lunghezza 10 m ed 8,8 m, in acciaio fuso al manganese<sup>(3)</sup>, unite da un giunto “inganasciato”, appoggiate e bloccate su piastre con attacchi rigidi di tipo “K”.

All'interno delle culle sono posizionate due barre d'ago (del tipo 60 UNI) opportunamente lavorate in posa verticale (figg. 4,5,6 e 7).

Nella parte estrema della culla, lato tallone dello scambio, sono posizionati blocchi “steccanti” per il serraggio delle barre d'ago e il contenimento delle sollecitazioni provenienti dalla l.r.s. (fig. 8).

Il piano di posa è su traversoni in c.a.p. ad interasse, mediamente, di 60 cm.

La manovra degli aghi è effettuata mediante otto attuatori oleodinamici.

La manovra delle barre d'ago del cuore è effettuata simultaneamente al telaio degli aghi mediante quattro attuatori.

### Lo sviluppo degli scambi 0,022

La realizzazione dell'armamento delle linee A.V. è stata avviata, nel 1998 - 2000 con standard che prevedevano, la posa nei P.C. (posti di comunicazione), P.M. (posti di movimento) (fig. 9) e P.J. (posti di interconnessione), di scambi tg. 0,022 e tg. 0,074 con cuore a punta mobile - posa su traversoni in c.a.p.. Successivamente dopo omologazione di RFI, furono impiegati – per le geometrie suddette - tipi di scambi che, pur mantenendo le caratteristiche geometriche e tecnologiche, presentano interessanti innovazioni rispetto a quelli posti in esercizio sulla RM - FI.



Fig. 3 – Scambio tg. 0.022 P.C. Renacci - Zona delle intermedie con posa inclinata 1/20.

<sup>(3)</sup> La suddivisione in due parti della culla era motivata da esigenze di fusione in officina.

## OSSERVATORIO

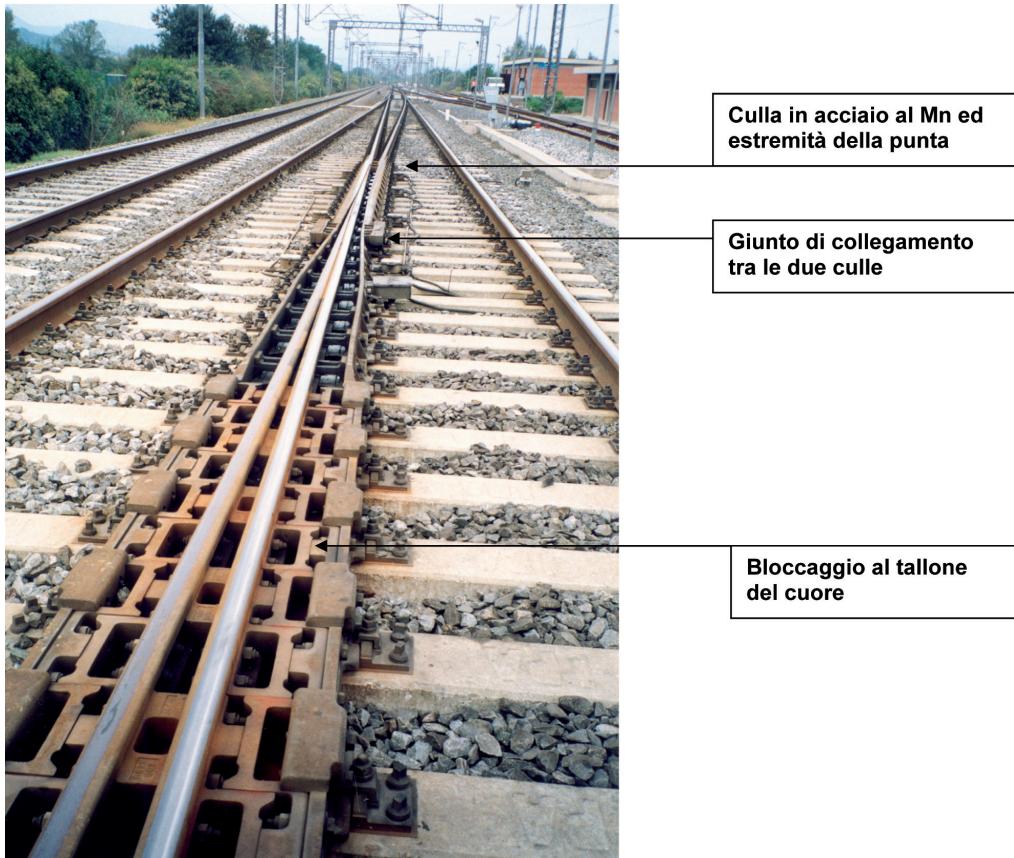


Fig. 4 – Scambio tg. 0.022 P.C. Renacci - Zona del cuore.

In particolare per il telaio degli aghi, come illustrato nelle successive foto è, in questa nuova tipologia, composta da rotaie UIC 60 e barre d'ago del tipo 60D serrate su cuscinetti e piastre mediante attacchi di tipo elastico.

Il contrago è inserito nel cuscinetto di tipo elastico con posa inclinata<sup>(4)</sup> a 1/20 ottenuta in officina mediante la torsione del fungo.

Nella parte esterna del cuscinetto è posta una piastra di "spalleggiamento"<sup>(5)</sup> con una lavorazione a coda di rondine per contrastare le sollecitazioni sia trasversali che longitudinali.

Per migliorare lo scorrimento degli aghi sui piani d'appoggio dei cuscinetti è previsto uno speciale trattamento della superficie (autolubrificazione).

<sup>(4)</sup> L'inclinazione al 1/20 dei piani di rotolamento delle 3 porzioni dello scambio (telaio degli aghi, intermedie e cuore) evita soluzioni di continuità nell'accoppiamento rotaia/cerchione, migliora la conicità equivalente ed evita l'insorgenza di fenomeni di instabilità di marcia.

<sup>(5)</sup> Con questa soluzione l'elemento meccanico che deve garantire la tenuta trasversale è indipendente dal cuscinetto ed ad esso vincolato mediante interposizione di un elemento ad elevata scorrevolezza in teflon- e non risente degli sforzi longitudinali e verticali.

## OSSERVATORIO



Fig. 5 – Scambio tg. 0.022 P.C. Renacci - Vista del cuore a punta mobile.



Fig. 7 – Scambio tg. 0.022 P.C. Renacci - Particolare della punta mobile e delle lavorazioni della culla in acciaio al Mn.



Fig. 6 – Scambio tg. 0.022 P.C. Renacci - Particolare del giunto di collegamento delle culle in Acciaio al Mn.



Fig. 8 – Scambio tg. 0.022 P.C. Renacci - Tallone dello scambio, blocchi di serraggio.

## OSSERVATORIO



Fig. 9 – Linea AV/AC Torino – Novara - Vista dello scambio tg. 0,022 al P.M. di Alice Castello.



Fig. 11 – Scambio tg. 0,022 al P.M. di Alice Linea AV/AC TO- NO Cuscinetto elastico con rulli.



Fig. 12 – Scambio tg. 0,022 al P.M. di Alice Linea AV/AC TO- NO Cuscinetto elastico con guancia di bloccaggio.

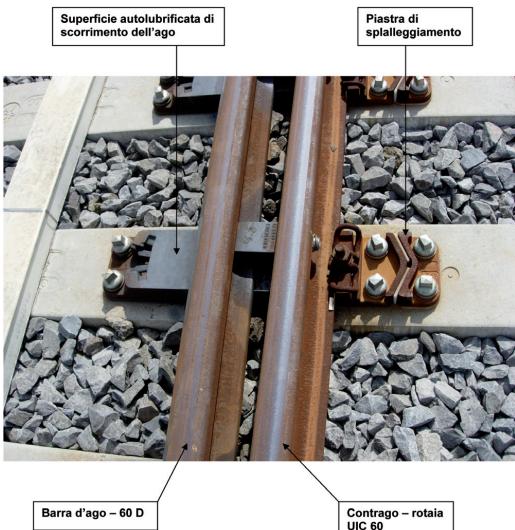


Fig. 10 – Scambio tg. 0,022 al P.M. di Alice Linea AV/AC TO- NO Cuscinetto elastico con inclinazione del c/ago di 1/20.

Inoltre, è inserita una guancia, in prossimità degli attuatori della manovra, che blocca il cuscinetto al contrago. (figg. 10, 11 e 12)

Le "intermedie" sono formate da rotaie UIC 60 serrate su piastre con attacco di tipo elastico SKL 12 – Vossloh, inclinate a 1/20 (fig. 13).

Il cuore è formato da una culla in acciaio fuso al manganese – di lunghezza m. 19,622, che termina con due antenne costituite da rotaie di tipo A74.

Le antenne sono saldate alla culla mediante una speciale saldatura tra acciaio al manganese e acciaio di rotaia; viene effettuata una prima saldatura elettrica a scintillio alla rotaia 60 UIC con uno spezzone di barra in acciaio speciale.

La seconda operazione consiste nel taglio a sega della barra speciale e successiva seconda saldatura elettrica alla culla.

## OSSERVATORIO

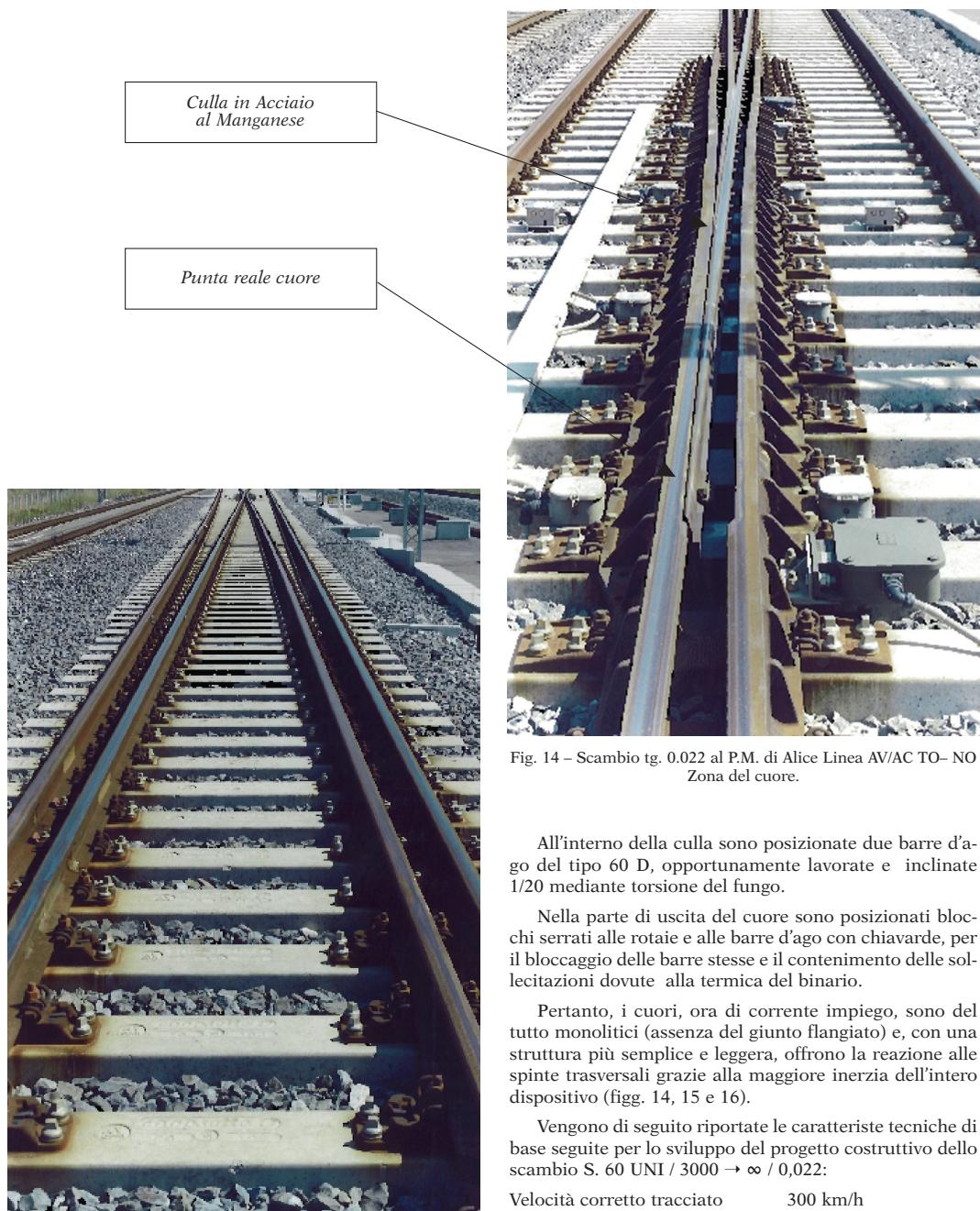


Fig. 13 – Scambio tg. 0,022 al P.M. di Alice Linea AV/AC TO– NO  
Zona delle intermedie con posa inclinata 1/20.

Fig. 14 – Scambio tg. 0,022 al P.M. di Alice Linea AV/AC TO– NO  
Zona del cuore.

All'interno della culla sono posizionate due barre d'ago del tipo 60 D, opportunamente lavorate e inclinate 1/20 mediante torsione del fungo.

Nella parte di uscita del cuore sono posizionati blocchi serrati alle rotaie e alle barre d'ago con chiavarde, per il bloccaggio delle barre stesse e il contenimento delle sollecitazioni dovute alla termica del binario.

Pertanto, i cuori, ora di corrente impiego, sono del tutto monolitici (assenza del giunto flangiato) e, con una struttura più semplice e leggera, offrono la reazione alle spinte trasversali grazie alla maggiore inerzia dell'intero dispositivo (figg. 14, 15 e 16).

Vengono di seguito riportate le caratteristiche tecniche di base seguite per lo sviluppo del progetto costruttivo dello scambio S. 60 UNI / 3000 → ∞ / 0,022:

|                              |                      |
|------------------------------|----------------------|
| Velocità corretto tracciato  | 300 km/h             |
| Velocità ramo deviato        | 160 km/h             |
| Accelerazione non compensata | 0,6 m/s <sup>2</sup> |

## OSSERVATORIO

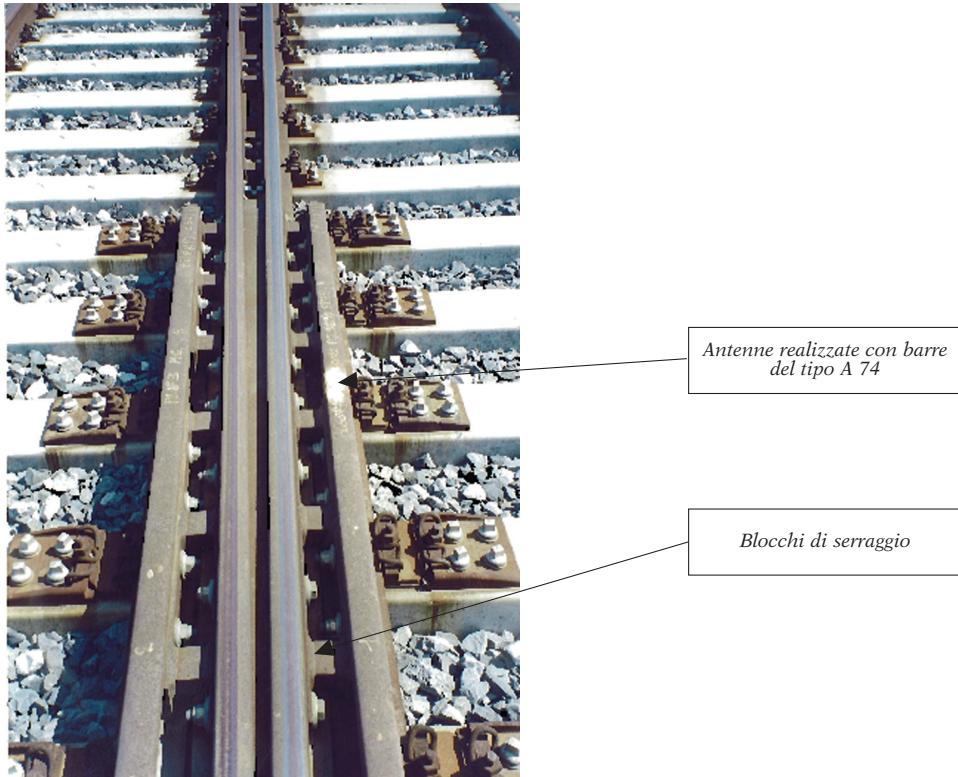


Fig. 15 – Scambio tg. 0.022 al P.M. di Alice Linea AV/AC TO-NO - Tallone dello scambio - blocchi di serraggio.

|                                    |                              |
|------------------------------------|------------------------------|
| Raggio ramo deviato                | 3000 → ∞                     |
| Scartamento                        | 1435 mm                      |
| Interasse ai talloni               | 2000 mm                      |
| Armamento                          | UIC 60                       |
| Cuore                              | A punta mobile               |
| Cassa alloggiamento                | In acciaio fuso al manganese |
| Predisposizione riscaldamento      | Telaio degli aghi e cuore    |
| Traversoni                         | Monoblocco in c.a.p.         |
| Ancoraggio del cuore ai traversoni | Indiretto                    |
| Organo di attacco                  | Elastici Vossloh             |
| Dispositivi di manovra             | Attuatori oleodinamici       |
| Lunghezza dello scambio reale      | 132 m                        |
| Massa totale                       | 140 ton circa                |
| Massa del ferro                    | 46 ton "                     |
| Massa dei traversoni in c.a.p.     | 94 ton "                     |

### Gli scambi 0,074

Nei P.M. (posti di movimento), per la diramazione dal binario di corsa a quello di precedenza, vengono impiegati scambi tg. 0,074 con cuore a punta mobile, che consentono velocità in deviata di 60 km/h.

Per tali dispositivi il telaio degli aghi e le intermedie seguono i criteri dello scambio tg. 0,022 (telaio formato da rotaie UIC 60 e barre d'ago del tipo 60D) serrate su cuscinetti e piastre mediante attacchi di tipo elastico (figg. 17, 18).

Il cuore è formato da una culla in acciaio fuso al manganese alla quale sono saldate rotaie di tipo A74 la cui lunghezza complessiva è di m 11,973.

All'interno della culla sono posizionate due barre d'ago del tipo 60 D, anch'esse inclinate 1/20 mediante torsione del fungo.

Al tallone della barra posta sul ramo deviato è presente un giunto a becco di flauto necessario per alleggerire il

## OSSERVATORIO



Fig. 16 – Scambio tg. 0.022 al P.M. di Alice Linea AV/AC TO– NO  
Particolare della culla del cuore.

momento di inerzia della punta che – per la sua modesta lunghezza - non sarebbe manovrabile con gli sforzi tipici (v. Appendice).

Peraltro, un complesso sistema di blocchi stecchanti consente il trasferimento degli sforzi dovuti all'inserimento dello scambio in l.r.s. (figg. 19 e 20).

La manovra del telaio degli aghi è effettuata mediante due attuatori oleodinamici (figg. 21 e 22).

La manovra delle barre d'ago del cuore è effettuata simultaneamente al telaio degli aghi mediante due attuatori oleodinamici.

Vengono di seguito riportate le caratteristiche tecniche di base per lo sviluppo del progetto costruttivo dello scambio S. 60 UNI / 400 / 0,074:

|                              |                      |
|------------------------------|----------------------|
| Velocità corretto tracciato  | 300 km/h             |
| Velocità ramo deviato        | 60 km/h              |
| Accelerazione non compensata | 0,6 m/s <sup>2</sup> |

|                                    |                                 |
|------------------------------------|---------------------------------|
| Raggio ramo deviato                | 405418 mm                       |
| Scartamento                        | 1435 mm                         |
| Interasse ai talloni               | 2000 mm                         |
| Armamento                          | UIC 60                          |
| Cuore                              | A punta mobile                  |
| Cassa alloggiamento                | In acciaio fuso<br>al manganese |
| Predisposizione riscaldamento      | Telaio degli aghi e cuore       |
| Traversoni                         | Monoblocco in c.a.p.            |
| Ancoraggio del cuore ai traversoni | Indiretto                       |
| Organo di attacco                  | Elastici Vossloh                |
| Dispositivi di manovra             | Attuatori oleodinamici          |
| Lunghezza dello scambio reale      | 43,252 m                        |
| Massa totale                       | 50 ton circa                    |
| Massa del ferro                    | 20 ton "                        |
| Massa dei traversoni in c.a.p.     | 30 ton "                        |



Fig. 17 – Scambio tg. 0.074 al P.M. di Alice Linea AV/AC TO– NO  
Vista globale dello scambio.

## OSSERVATORIO



Fig. 18 – Scambio tg. 0.074 al P.M. di Alice Linea AV/AC TO- NO  
Zona delle intermedie.

## APPENDICE

### Ricerca di una giustificazione teorica per il sezionamento della barra di contropunta negli scambi corti

Lo schema triangolare ACB rappresenta la struttura della punta mobile dove le aste AC e CB sono la punta e la contropunta: in C è applicata una forza F che provoca lo spostamento della punta. A e B sono le estremità vincolate della punta mobile e la struttura è a tensioni nelle quan-

do CD – per ogni geometria – vale  $m = 50$  mm.  
Sia  $EC = AG = L$  la lunghezza della punta.



Fig. 19 – Scambio tg. 0.074 al P.M. di Alice Linea AV/AC TO- NO – Zona del cuore.

## OSSERVATORIO

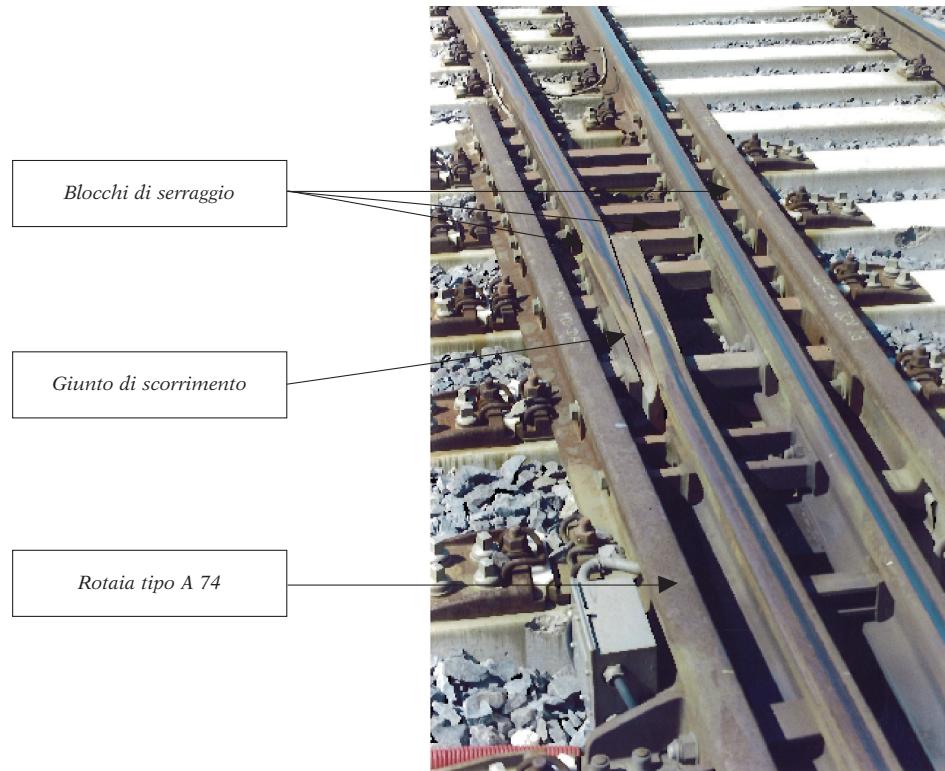


Fig. 20 – Scambio tg. 0.074 al P.M. di Alice Linea AV/AC TO-NO – Tallone del cuore.

L'angolo ACB è pari a  $\alpha$ , essendo  $\operatorname{tg} \alpha$  la tangente dello scambio.

La distanza  $AE = EC \operatorname{tg} \alpha/2$ : allora la distanza delle barre all'incastro vale

$$t = 2AE = 2L \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$$

Sotto una forza in  $F$ , in  $C$ , la punta si sposta da  $C$  a  $D$ : sia  $CD = m$ .

Il momento flettente al tallone della punta, dovuto alla forza  $F$ , vale  $M = F L$ .

Per la piccolezza degli angoli, si può considerare che l'asta AC sia sollecitata da una trazione

$$T = \frac{M}{t} = \frac{F}{2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}}$$

Ugualmente l'asta BC sarà sollecitata da una pari compressione.

Pertanto, l'allungamento  $\Delta$  dell'asta AC (ed il pari accorciamento dell'asta BC) saranno dati da<sup>(6)</sup>

$$\Delta \approx \frac{TL}{eS}$$

Allora deve essere<sup>(7)</sup>

$$m = \frac{\Delta}{\operatorname{sen} \frac{\alpha}{2}} \approx \frac{\Delta}{\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}}$$

Quindi, si ha

$$m = \frac{FL}{2 \operatorname{tg}^2 \frac{\alpha}{2}} \frac{1}{eS}$$

<sup>(6)</sup>  $e$  = modulo di Young;  $S$  = sezione retta dell'asta ipotizzata costante lungo il suo sviluppo.

<sup>(7)</sup> Si ottiene dalla proiezione retta dell'estremo, dell'asta AC allungata, al punto D.

## OSSERVATORIO



Fig. 21 – Scambio tg. 0,074 al P.M. di Alice Linea AV/AC TO-NO  
Particolare della manovra.

Attuatore

Tirante di irrigidimento

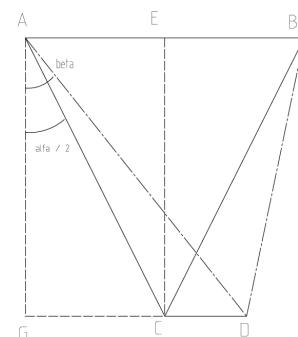


Fig. 22 – Scambio tg. 0,074 al P.M. di Alice Linea AV/AC TO-NO  
Cuscinetto con rulli.

Otteniamo, dunque,

$$F = 2 m e S \frac{\tan^2 \alpha}{2}$$

Ne consegue che per movimentare la punta di una corsa  $m$ , lo sforzo deve essere proporzionale alla seconda potenza della tangente diviso  $L$ .

Nei due casi si ha

|           | scambio 0,022 | scambio 0,074 |
|-----------|---------------|---------------|
| L mm      | <b>12890</b>  | <b>6075</b>   |
| tg alfa/2 | 0.011175752   | 0.036924587   |

$$\text{Pertanto, } \frac{F_{0,074}}{F_{0,022}} = 23.162$$

Quindi, per lo scambio 0,074 – qualora non si provvedesse al taglio della barra di contropunta - detto sforzo dovrebbe essere dell'ordine di 20 volte rispetto a quello dello scambio 0,022.

