

ARST S.p.A.

Interventi di manutenzione delle linee TPL Macomer - Nuoro, Sassari - Alghero e della linea Metropolitana di Sassari

PROGETTO ESECUTIVO

progettista: Ing. Gianni Pirino

Supporto tecnico-operativo
alla progettazione: Ing. Francesca Bianchi
Geom. Paolo Atzori
Geom. Massimo Dettori
Geom. Claudio Pireddu

OPERE DI ARMAMENTO FERROVIARIO

OGGETTO:

Allegato 1: Istruzioni per la realizzazione ed il controllo della
lunga rotaia saldata

NOME-FILE

SCALA:

REV.	MODIFICHE	DATA	ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO
0	EMISSIONE	06/2018	F.BIANCHI		

TAVOLA:

D_900_01

ALLEGATO 1

<p>ISTRUZIONI PER LA REALIZZAZIONE ED IL CONTROLLO DELLA LUNGA ROTAIA SALDATA</p>
--

Edizione settembre 1994
1° aggiorn.to giugno 1996
2° aggiorn.to luglio 1997
3° aggiorn.to marzo 1998
4° aggiorn.to settembre 2008

Premessa

La presente istruzione si riferisce ad un armamento del tipo:

- ROTAIA: 36UNI
- TRAVERSA: biblocco in conglomerato cementizio armato - sistema Vagneux

e con le seguenti caratteristiche della linea:

- ✓ scartamento: normale 950 mm; max 980 mm
- ✓ carico per asse max: 120 kN = 12 t
- ✓ tonnellaggio giornaliero: 60000 kN/g = 6000 t/g
- ✓ velocità massima: 100 km/h
- ✓ escursione termica: min -10°C, max +60°C
- ✓ soprelevazione massima: 110 mm
- ✓ interasse traverse: 660 mm
- ✓ raggio di curvatura minimo: 150 m

1. Generalità

1.1. Effetti delle variazioni di temperatura

Una variazione di temperatura comporta una variazione di dimensione in una rotaia secondo la relazione:

$$L = L_0 (1 + aDt)$$

dove:

L_0 = lunghezza della rotaia alla temperatura t_0 ;

a = coefficiente di dilatazione lineare = $0,0000119 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

Dt = variazione di temperatura $t_0 - t_1$

t_0 = temperatura al tempo 0

t_1 = temperatura al tempo 1

per cui, ovviamente, un aumento di temperatura [$t_1 > t_0$] comporta un allungamento della rotaia e viceversa una diminuzione di temperatura [$t_1 < t_0$] comporta un accorciamento della stessa. Si noti che la variazione $DL = L - L_0$, che si verifica nelle rotaie per effetto di una variazione di temperatura, dipende esclusivamente dalla lunghezza della rotaia stessa e non dalla sua sezione o peso.

Una rotaia lunga 36 m presenta una variazione di lunghezza, per grado Celsius, pari a 0.43 mm.

Il fenomeno descritto prende il nome di dilatazione libera in quanto presuppone che nessuna causa esterna impedisca o modifichi la variazione di lunghezza: la rotaia è libera di dilatarsi. Si può esemplificare con una rotaia poggiante su una serie di rulli che non offrono alcuna resistenza al moto.

1.2. Resistenza alla libera dilatazione delle rotaie

Quando la rotaia è posta in opera la dilatazione libera è impedita da resistenze d'attrito di tipo differente:

- una resistenza che si ha nelle giunzioni tra ganasce e testata di rotaie contigue a causa della pressione esercitata dalle chiavarde;
- una resistenza che si sviluppa tra massicciata e traverse alle quali le rotaie sono vincolate tramite gli organi di attacco.

Inoltre si hanno:

- un impedimento ad una ulteriore dilatazione delle rotaie quando sono chiuse le luci interposte tra le varie rotaie;
- un impedimento ad un ulteriore accorciamento delle rotaie quando si è raggiunta la luce max (14 mm).

Quando la dilatazione libera sia parzialmente o totalmente impedita dai vincoli, si generano delle sollecitazioni interne che sono di compressione, qualora si abbia un aumento di temperatura, di trazione, per una diminuzione di temperatura. Questi stati di sollecitazione, se raggiungono valori particolarmente elevati, danno luogo a slineamenti del binario (rotaia troppo compressa) o a rottura della rotaia (rotaia troppo tesa).

La sollecitazione interna viene espressa dalla relazione:

$$F = aEADt$$

dove:

a = coef. di dilatazione lineare;

E = modulo di elasticità dell'acciaio = 206000 N/mm²;

A = sezione della rotaia;

Dt = variazione di temperatura.

Per una rotaia tipo 36UNI con $A = 4610 \text{ mm}^2$ e con $Dt = \pm 35^\circ\text{C}$, si ha $F = 395.5 \text{ kN}$.

1.3. Resistenza d'attrito opposta dalle giunzioni

La giunzione è normalmente realizzata mediante due ganasce serrate contro i piani di steccatura con quattro chiavarde. Perché la posizione reciproca delle rotaie si alteri occorre che si sviluppi una forza che vinca la resistenza d'attrito e faccia scorrere le rotaie entro le due ganasce. Si può ritenere tale resistenza pari a circa 60 kN (6000 kg) [in condizioni di serraggio delle chiavarde con le normali chiavi e con la lubrificazione prescritta per le superfici di contatto]. Si può anche determinare il salto di temperatura occorrente per vincere la resistenza d'attrito della giunzione con rotaie 36UNI: $Dt = 5.3^\circ\text{C}$.

1.4. Resistenza d'attrito opposta dagli appoggi

La rotaia può muoversi soltanto dopo aver superato, oltre alla resistenza opposta dalle giunzioni anche la resistenza d'attrito che, per effetto degli attacchi, la tiene ancorata alle traverse o che si sviluppa tra traverse e massicciata trascinando con sé, quindi, anche le traverse. Questa resistenza dipende da: numero degli appoggi, tipo di attacchi, tipo di massicciata, stato di assodamento della massicciata, grado di inquinamento della massicciata, ed è valutabile, secondo gli studi eseguiti dalla COOPSETTE (costruttrice, su licenza, delle traverse biblocco sistema Vagneux) pari $0.601 \text{ t/m} = 6 \text{ kN/m} = 600 \text{ kg/m}$. Orientativamente la resistenza allo scorrimento nel punto di mezzzeria di una rotaia 36UNI, lunga 36 m, fissata agli appoggi, ma non collegata alle estremità è pari a $36/2 \times 6 = 108 \text{ kN}$; nei punti di estremità la resistenza è pari a zero. Il salto di temperatura necessario per superare la resistenza degli appoggi è $Dt = 9.6^\circ\text{C}$.

1.5. Ciclo termico della rotaia

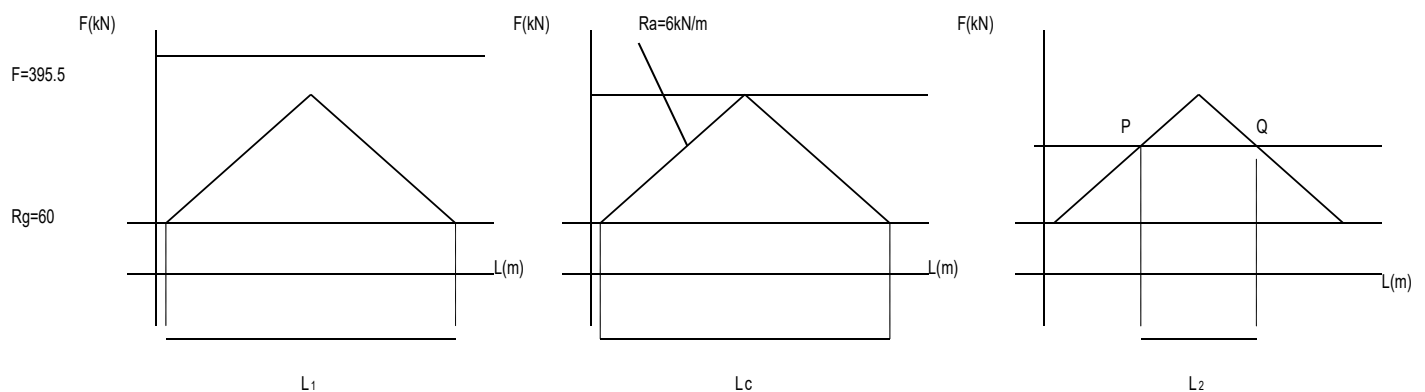
Sulla rotaia si presentano, al variare della temperatura nel tempo e a parità di condizioni, situazioni simili dopo un certo intervallo di tempo: ciclo termico della rotaia. L'effetto che tale ciclo induce sulla rotaia si può distinguere nelle fasi:

- dilatazione parzialmente impedita - si verifica in temperatura crescente o decrescente fino a quando non vengono superate le resistenze opposte dalle giunzioni e dagli appoggi;
- dilatazione libera - si verifica quando, vinte tutte le resistenze, la rotaia si dilata (o si ritira) seguendo la legge della dilatazione libera;
- dilatazione totalmente impedita - quando, in temperatura totalmente decrescente, si raggiunge l'apertura massima delle luci consentita (14 mm), o in temperatura crescente, la chiusura totale delle luci.

L'azione termica nel caso a. si traduce parte in un accumulo di stati di sforzo all'interno della rotaia, e parte in variazione delle luci. Nel caso b. si traduce esclusivamente in variazione della luce (lo stato di sforzo rimane costante). Infine, nel caso c., l'azione termica si traduce nel solo accumulo di stato di sforzo internamente alla rotaia (resta costante il valore della luce: zero o 14 mm).

Ricapitolando si ha che al movimento di un binario giuntato si oppongono due forze R_g (resistenza delle giunzioni pari 60 kN) ed R_a (resistenza degli appoggi pari a 6 kN/m).

Riportando su un diagramma: sull'asse delle ascisse le lunghezze e sull'asse delle ordinate sia la forza massima generata dalla variazione di temperatura che R_g ed R_a si può individuare una lunghezza critica: L_c .



$$L_c = 2 \times (F - R_g) / R_a = 111,83 \text{ m} \rightarrow 115 \text{ mt}$$

Si presentano i casi:

- Con L_1 il diagramma delle resistenze si mantiene al di sotto di F , per cui in questo caso la forza esterna supera la resistenza e la rotaia si muove dal centro verso gli estremi.

- Con L_c il valore massimo delle resistenze coincide in mezzeria con quello della forza esterna F , per cui in questo caso la sezione di mezzeria sarà immobile mentre in tutte le altre sezioni si avrà movimento.
- Con L_2 il diagramma delle resistenze è superiore ad F tra P e Q , in questo tratto sarà immobile, mentre i tratti tra le testate ed i punti P e Q saranno soggetti a movimento.

Il valore della lunghezza critica L_c , tipico per ogni armamento, rappresenta la lunghezza oltre la quale la rotaia presenta una parte centrale immobile e due estremità mobili, di conseguenza rotaie aventi almeno tali lunghezze debbono considerarsi Lunghe Rotaie Saldate.

2. Lunga Rotaia Saldata

2.1. Definizioni

Si definisce *binario in Lunga Rotaia Saldata* (L.R.S.) quel binario in cui le dilatazioni (o le contrazioni) delle rotaie, dovute a variazioni di temperatura, si manifestano alle estremità della L.R.S. restando immobile un tratto centrale. Queste variazioni di temperatura inducono nel tratto centrale delle rotaie delle sollecitazioni interne che risultano proporzionali alle variazioni di temperatura.

Si definisce *Temperatura media* T_m la media tra la temperatura massima e quella minima della rotaia: $T_m = (T_{max} + T_{min}) / 2$, dove T_{max} e T_{min} sono le medie delle temperature, rispettivamente max e min della rotaia, rilevate in un certo periodo lungo lo stesso tronco.

Si definisce *Temperatura di regolazione*: T_r quella temperatura per la quale la L.R.S. è priva di sollecitazioni interne (rotaia scarica).

2.2. Generalità sulla L.R.S.

Le lunghe rotaie saldate interessano i binari di corsa di linee principali e possono essere realizzate in occasione di costruzione a nuovo o di rinnovamento di tratti di linea.

I requisiti delle soprastrutture ed i provvedimenti essenziali atti a garantire, per i binari costituiti da L.R.S., la sicurezza dell'esercizio in relazione al tipo di armamento adottato ed al tracciato, sono i seguenti:

1. piattaforme stabili e, quindi, esenti da deformazioni e da rifluimenti argillosi;
2. massicciate permeabili con pietrisco tenace di pezzatura regolare, particolarmente costipate anche nel rinfianco delle traverse;
3. tracciati con curve di raggio non inferiore a 150 m;
4. traverse in c.a. biblocco sistema Vagneux con attacchi indiretti tipo nabla;
5. predisposizione e conservazione di un'accurata rincalzatura e di un perfetto livello longitudinale e trasversale;
6. accurata regolazione iniziale delle tensioni interne, consistente nel liberare le rotaie dai loro attacchi alle traverse, nel lasciarle dilatare liberamente e nel fissarle definitivamente alle traverse ad una temperatura opportuna e determinata, in modo da mantenere nei limiti ammissibili gli sforzi longitudinali nel binario sia nei periodi di forte caldo che di forte freddo.

7. Controllo periodico delle temperature delle rotaie mediante termometri (a massima e minima) e delle tensioni di regolazione mediante appositi traguardi di posizione.

Le L.R.S. vengono costituite nella maggiore lunghezza possibile. Pertanto solo la presenza di curve di raggio inferiore al minimo prescritto (150 m), di scambi e di travate metalliche pone un limite alla loro lunghezza.

Nel caso di ponti senza massicciata e di P.L. in piena linea compresi nelle L.R.S., queste devono spingersi almeno 100 m oltre tali punti singolari.

Alle estremità delle L.R.S. sono previste campate di rotaie di lunghezza normale (36 m) che separano le L.R.S. dalle giunzioni isolate o da quelle estreme degli scambi.

E' opportuno sottolineare come in corrispondenza delle estremità la manutenzione debba essere particolarmente curata.

2.3. Costituzione delle Lunghe Rotaie Saldate

1. La costituzione delle lunghe rotaie saldate va eseguita con rotaie tipo 36UNI approvvigionate in lunghezze da 36 m (o mediante saldatura di due barre da 18 m).
2. Allo scopo di facilitare la saldatura in L.R.S., nella posa delle traverse non devono essere inserite traverse doppie nelle giunzioni.
3. Le rotaie vengono posate in linea in modo che le testate continue risultino, al momento della saldatura distanti tra loro 20÷22 mm, fermo restando che le giunzioni sulle due fughe risultino sfalsate fra loro di 14,4 m e che esse capitino entro lo spartito delle traverse (le stesse testate non devono, comunque, distare meno di 10 cm dalla più vicina traversa). Le giunzioni destinate a diventare giunzioni estreme definitive delle L.R.S. devono essere affacciate a squadro sulle due fughe di rotaie ed essere appoggiate su traverse doppie di legno. Le singole rotaie, in attesa della saldatura, saranno collegate fra loro con morsetti speciali per giunzioni provvisorie e la saldatura dovrà essere realizzata il più presto possibile.
4. La saldatura in linea delle rotaie elementari sarà eseguita contemporaneamente sulle due fughe, con il sistema alluminotermico o a scintillio, possibilmente a temperatura del ferro crescente, e curando che la media delle temperature del ferro, alle quali si eseguono le saldature, risulti compresa fra +10°C e +30°C. Le temperature vanno registrate ed indicate con vernice bianca sulla suola delle rotaie in prossimità delle saldature stesse. Vengono così costituite *sezioni provvisorie* di rotaie, fra loro, contigue lunghe fino a 864 m (24 rotaie da 36 m). Di norma l'ultima delle campate (da 36 m) di ciascuna delle sezioni di cui sopra, non verrà saldata alle precedenti se non nei giorni immediatamente prossimi alla regolazione definitiva, al fine di evitare, su una sola giunzione estrema, il

concentramento degli effetti della dilatazione alle estremità per un lungo periodo e con binari non stabilizzati. Le saldature necessarie per ottenere le dette sezioni provvisorie devono essere eseguite alternativamente, allo scopo di facilitare il più possibile il ritiro del ferro causato dal raffreddamento delle saldature stesse. Va infatti tenuto presente che ogni saldatura provoca un ritiro di 2÷3 mm entro 40÷60 minuti dalla sua esecuzione e pertanto detto ritiro deve distribuirsi almeno su 25 metri di rotaia (circa 40 appoggi a cavallo dei punti di saldatura) libera da attacchi, il serraggio di questi avverrà non prima di un'ora dall'ultimazione della saldatura medesima. Per la corretta esecuzione delle saldature si ha un limite minimo di temperatura pari -5°C per rotaie in acciaio normale tipo Fe 680.

5. Le operazioni di cui ai punti 2, 3, 4 devono essere iniziate e completate possibilmente, durante un solo intervallo di interruzione nella circolazione dei treni. Si può tuttavia ammettere che l'esecuzione di qualche saldatura di cui al punto 4. venga rimandata al giorno successivo.

6. Nello stabilire la posizione e la lunghezza delle sezioni provvisorie occorre tenere conto che i punti fissi costituiti da P.L., o da altri punti singolari di ancoraggio del binario, vengano a trovarsi a metà circa delle sezioni provvisorie.

Nella formazione delle sezioni provvisorie la sequenza delle fasi è necessariamente diversa quando il lavoro si svolge su binari in esercizio, per cui le operazioni da eseguirsi nelle varie fasi - dalla fase 3 in poi - vengono così modificate:

3. Le rotaie vengono posate in linea in modo che le testate continue risultino, al momento della saldatura distanti tra loro 20÷22 mm, fermo restando che le giunzioni sulle due fughe risultino sfalsate fra loro di 14,4 m e che esse capitino entro lo spartito delle traverse (le stesse testate non devono, comunque, distare meno di 10 cm dalla più vicina traversa). Le giunzioni destinate a diventare giunzioni estreme definitive delle L.R.S. devono essere affacciate a squadro sulle due fughe di rotaie ed essere appoggiate su traverse doppie di legno. Le singole rotaie, in attesa della saldatura, saranno collegate fra loro con morsetti speciali per giunzioni provvisorie e serrate mediante gli organi di attacco alle traverse.

4. Al momento di eseguire le saldature, per la costituzione del binario in sezioni provvisorie, a cavallo di ogni giunzione da saldare vanno disserrati gli attacchi relativi a 40 traverse. Va infatti tenuto presente che ogni saldatura provoca un ritiro di 2÷3 mm entro 40÷60 minuti dalla sua esecuzione e pertanto detto ritiro deve distribuirsi almeno su 25 metri di rotaia (circa 40 appoggi a cavallo dei punti di saldatura) libera da attacchi, il serraggio di questi avverrà non prima di un'ora dall'ultimazione della saldatura medesima.

5. La saldatura in linea delle rotaie elementari sarà eseguita contemporaneamente sulle due fughe, con il sistema alluminotermico, possibilmente a temperatura del ferro crescente, e curando che la media delle temperature del ferro, alle quali si eseguono le saldature, risulti compresa fra +10°C e +30°C. Vengono così costituite sezioni provvisorie di rotaie, fra loro contigue, lunghe fino a 864 m (24 rotaie da 36 m). Le saldature necessarie per ottenere le dette sezioni provvisorie devono essere eseguite alternativamente, allo scopo di facilitare il più possibile il ritiro del ferro causato dal raffreddamento delle saldature stesse (vedere punto precedente). Per la corretta esecuzione delle saldature si ha un limite minimo di temperatura pari -5°C per rotaie in acciaio normale tipo Fe680 UNI.
6. Le operazioni di saldatura relative ad una stessa sezione provvisoria devono essere iniziate e completate durante un solo intervallo di interruzione nella circolazione dei treni.
7. Nello stabilire la posizione e la lunghezza delle sezioni provvisorie occorre tenere conto che i punti fissi costituiti da P.L., o da altri punti singolari di ancoraggio del binario, vengano a trovarsi a metà circa delle sezioni provvisorie.

2.4. Regolazione delle tensioni interne

La temperatura di regolazione, alla quale si deve realizzare la libera dilatazione delle L.R.S. e, quindi, il serraggio definitivo degli organi di attacco delle rotaie medesime, deve corrispondere alla temperatura media T_m , precedentemente definita, maggiorata di 5°C. Quindi, se ad esempio, tali temperature estreme raggiungono i valori di -10°C e +60°C, detta *temperatura di regolazione* sarà:

$$((60+(-10))/2) + 5 = 30 \text{ [}^\circ\text{C]}$$

Si ammette una tolleranza di $\pm 3^\circ\text{C}$ rispetto al valore così calcolato.

La temperatura effettiva di regolazione deve essere indicata con vernice bianca ad un metro dalle testate delle giunzioni estreme delle L.R.S.

La regolazione deve essere effettuata prima che la temperatura del ferro superi di 30°C la media delle temperature del ferro al momento della esecuzione delle saldature correnti di cui al paragrafo precedente, e, in ogni caso, non superi quella di regolazione delle tensioni interne.

Almeno un giorno prima della regolazione saranno saldate le ultime campate eventualmente lasciate tra le sezioni provvisorie.

La saldatura definitiva, fra le adiacenti sezioni provvisorie per costituire le L.R.S., deve avvenire al momento della regolazione delle tensioni interne.

2.5. Sistemi di regolazione

Di seguito si descrivono i sistemi normalmente da impiegare per l'effettuazione delle operazioni di regolazione.

2.5.1. Sistema con impiego del morsetto tendirotaie

Detto sistema verrà impiegato solo quando, durante il periodo stabilito per l'esecuzione dei lavori di costituzione della L.R.S. non sia possibile raggiungere, con il riscaldamento solare, la temperatura di regolazione con una tolleranza di $\pm 3^{\circ}\text{C}$.

L'uso del morsetto tendirotaie, sia meccanico che idraulico, è ammesso nei limiti dei carichi e delle corse per i quali il morsetto stesso è omologato.

In presenza di curve con raggio minore di 300 m, quando non sia possibile la regolazione con riscaldamento naturale, è ammesso l'uso del morsetto tendirotaie regolando semi sezioni di lunghezza non superiore a 144 m e purché il salto termico ($T_r - T_{\text{effettiva}}$) non superi il valore di $R/25$ dove R è il raggio della curva in metri.

Mediante i morsetti tendirotaia vengono indotti nelle rotaie, libere di dilatarsi ma fissate ad un estremo, allungamenti pari a quelli corrispondenti alla differenza fra la temperatura di regolazione e quella effettiva della rotaia all'atto dell'operazione regolazione; si provoca quindi nelle rotaie uno stato di tensioni tale che, quando la temperatura effettiva di rotaia raggiungerà quella di regolazione, lo stato di tensioni interne sarà nullo, e quindi la L.R.S. regolata.

Nel rimarcare l'importanza di una corretta esecuzione delle operazioni di regolazione con morsetto agli effetti della stabilità del binario, si descrivono le operazioni e le cautele da adottare:

1. l'intervallo di interruzione nella circolazione dei treni deve essere programmato in modo da prevedere una durata di almeno 5 ore in un periodo della giornata con temperatura crescente;
2. le sezioni da regolare devono aver una lunghezza minima di 288 m e non superiore a 864 m e ciò, sia per evitare che, operando su sezioni troppo corte, lievi errori di allungamenti impressi si traducano in apprezzabili imprecisioni di regolazione che per distribuire correttamente gli allungamenti necessari su tutta la sezione in fase di regolazione;
3. togliere i morsetti provvisori, o gli organi di giunzione;
4. allentare gli attacchi delle due traverse ricadenti rispettivamente in corrispondenza dei due punti fissi che delimitano le due mezze sezioni da regolare, avendo cura di liberare perfettamente la rotaia dalla traversa (eliminazione della piastra sotto rotaia) e tracciare sulla suola della rotaia e sull'appoggio i riferimenti di riscontro;
5. allentare progressivamente gli organi di attacco delle rotaie alle traverse, procedendo dalle testate, in corrispondenza dei tagli, verso i punti fissi. E'

- opportuno che l'allentamento si arresti 30 traverse prima dei punti fissi suddetti. Inoltre, qualora, il binario a valle (semisezione da regolare successivamente) sia totalmente o parzialmente libera dagli organi di attacco bisognerà serrare gli organi di attacco di tale semisezione per almeno 50 appoggi oltre il relativo punto fisso ottenendo, complessivamente, 80 appoggi serrati a cavallo di detto punto fisso;
6. sollevare, mediante palanchini, le rotaie dagli appoggi a partire dai giunti di regolazione interessando, successivamente, una traversa ogni quindici circa, rimuovere le piastre sotto rotaia esistenti ed introdurre, eventualmente, fra suola ed appoggi (uno ogni quindici traverse) un rullo di scorrimento, badando che sia collocato in posizione perpendicolare all'asse longitudinale della rotaia, per garantire il rotolamento;
 7. accertare che le rotaie siano effettivamente libere e che non vi siano ostacoli fra suola ed appoggi, o traverse fuori squadro, facilitando lo scorrimento delle rotaie sui rulli con paletti di ferro o mazze di legno;
 8. qualora durante le operazioni di progressiva liberazione delle rotaie dagli appoggi, così come successivamente in quella di tiro, la dilatazione delle stesse viene ostacolata dalla chiusura delle luci dei giunti di regolazione, occorre asportare uno o più spessori di rotaia in corrispondenza di una o di entrambe le testate da saldare; alla fine delle operazioni, fra le testate stesse dovrà comunque rimanere la luce richiesta per il tipo di saldatura da eseguire; in linea di massima, lo spessore di rotaia da asportare è dato dalla somma degli allungamenti da realizzare, più la distanza prevista per il tipo di saldatura da eseguire meno l'eventuale luce esistente fra le testate stesse all'inizio del tiro con il morsetto, meno $2 \div 3$ mm per tenere conto del ritiro della saldatura durante il raffreddamento; il taglio dello spessore può essere eseguito anche prima delle operazioni di tiro delle rotaie;
 9. sistemare i morsetti tendirotaie a cavallo dei giunti di regolazione, tenendo presente che, allo scopo di facilitare l'effettiva liberazione delle rotaie dagli appoggi, è bene che i morsetti (uno per ogni fila di rotaie) vengano messi in tiro e di nuovo allentati, prima di procedere alla tracciatura dei punti di riferimento fra suola della rotaia e attacco appresso specificati;
 10. dopo il rilevamento della temperatura delle rotaie, procedere al calcolo degli allungamenti, da ripartire proporzionalmente alla lunghezza dei tratti da regolare, e segnarli alle distanze di $4/4 - 3/4 - 2/4 - 1/4$, dal giunto di regolazione. Per il calcolo degli allungamenti dovrà tenersi conto delle lunghezze delle due semisezioni, cioè della distanza fra i due punti fissi, senza tenere conto dei tratti dove gli attacchi non sono stati allentati;

11. agire sui morsetti per conseguire gli allungamenti calcolati, alternando al tiro brevi riposi, al fine di ottenere un più uniforme allungamento delle rotaie. Durante tale operazione il binario (specie se in curva) va tenuto sotto controllo onde accertare che nulla ostacoli l'allungamento delle rotaie stesse. Occorre pertanto controllare che gli allungamenti avvengano uniformemente su entrambe le semisezioni facenti capo al morsetto, provvedendo a rimuovere le eventuali cause determinanti avanzamenti anticipati dell'estremità di una delle semisezioni rispetto all'altra, mediante un continuo ed efficace scuotimento delle rotaie, ponendo attenzione affinché non vengano spostate le traverse in corrispondenza dei segni di controllo degli allungamenti praticati sulla suola delle rotaie;
12. ove, nonostante gli accorgimenti di cui sopra, in relazione a condizioni particolari di tracciato (come curve interessanti una sola delle semisezioni), l'estremità di una delle semisezioni raggiunga la posizione voluta in anticipo rispetto all'altra, si dovrà provvedere a bloccare tale semisezione, a partire dalla giunzione di regolazione verso il punto fisso per circa 80 appoggi, quindi si riprenderà il tiro fino a realizzare le condizioni volute sull'altra semisezione;
13. alla fine del tiro, e sempre con i morsetti in presa, liberare le rotaie dagli organi di attacco dei 30 appoggi che rimasero serrati in corrispondenza del punto fisso e altri 20 appoggi oltre il punto fisso stesso. L'operazione dovrà essere effettuata solo dal lato della semisezione di binario già regolata in precedenza. Qualora dopo la liberazione degli organi di attacco del succitato tratto, il punto fisso non ricada nell'ambito di ± 2 mm rispetto alla posizione originaria, occorrerà tenerne conto nel senso di riprendere il tiro con il morsetto se il punto fisso è arretrato oppure allentare il morsetto se il punto fisso è avanzato. Per facilitare l'operazione sarà utile eseguire durante il tiro un'energica azione di scuotimento delle rotaie in prossimità del punto fisso in questione;
14. procedere successivamente, andando dalle giunzioni verso i punti fissi, a togliere i rulli di scorrimento, ricollocare in opera le piastre sotto rotaia rimosse e serrare gli organi di attacco. Tale serraggio va iniziato da due punti posti a cavallo delle giunzioni medesime e posti a 20 appoggi da queste, lasciando libere le rotaie in corrispondenza dei 40 appoggi a cavallo delle giunzioni stesse;
15. non appena iniziate le operazioni di cui al precedente punto 14., provvedere a tutte le operazioni occorrenti per eseguire, con i morsetti in presa, le due saldature alluminotermiche;
16. accompagnare il ritiro di ciascuna saldatura, durante il raffreddamento delle stesse, con serraggio del morsetto nel senso atto a comprimere la saldatura stessa. Detto serraggio durerà circa 15 minuti, dopo di che il morsetto potrà

essere rimosso dato che, dopo tale tempo, le saldature medesime sono atte a resistere alle sollecitazioni che nascono nei giunti man mano che procede il raffreddamento degli stessi;

17. alla fine delle operazioni, serrare gli organi di attacco in corrispondenza della traversa utilizzata per individuare il punto fisso di cui al punto 13. E' bene che in tale fase vengano allentati e successivamente rinserrati gli organi di attacco relativi a circa quaranta metri a cavallo dei punti fissi citati, al fine di conseguire un'opportuna regolarizzazione delle tensioni interne delle rotaie.

2.5.2. Sistema con riscaldamento naturale delle rotaie

Si tratta del sistema di regolazione mediante riscaldamento solare delle rotaie, con il quale le rotaie stesse si dilatano naturalmente, dopo essere state liberate dai rispettivi organi di attacco e poste sugli appositi rulli di scorrimento e, quindi, in condizioni di tensioni interne nulle.

Le operazioni da eseguire nell'ordine sono:

1. l'intervallo di interruzione nella circolazione dei treni deve essere programmato in modo da prevedere una durata di almeno 5 ore in un periodo della giornata con temperatura crescente;
2. le sezioni da regolare devono aver una lunghezza non superiore a 864 m;
3. togliere i morsetti provvisori, o gli organi di giunzione;
4. allentare gli attacchi delle due traverse ricadenti rispettivamente in corrispondenza dei due punti fissi che delimitano le due mezze sezioni da regolare, avendo cura di liberare perfettamente la rotaia dalla traversa (eliminazione della piastra sotto rotaia) e tracciare sulla suola della rotaia e sull'appoggio i riferimenti di riscontro;
5. allentare progressivamente gli organi di attacco delle rotaie alle traverse, procedendo dalle testate, in corrispondenza dei tagli, verso i punti fissi. E' opportuno che l'allentamento si arresti 30 traverse prima dei punti fissi suddetti. Inoltre, qualora, il binario a valle (semisezione da regolare successivamente) sia totalmente o parzialmente libera dagli organi di attacco bisognerà serrare gli organi di attacco di tale semisezione per almeno 50 appoggi oltre il relativo punto fisso ottenendo, complessivamente, 80 appoggi serrati a cavallo di detto punto fisso;
6. sollevare, mediante palanchini, le rotaie dagli appoggi a partire dai giunti di regolazione interessando, successivamente, una traversa ogni quindici circa, rimuovere le piastre sotto rotaia esistenti ed introdurre, eventualmente, fra suola ed appoggi (uno ogni quindici traverse) un rullo di scorrimento, badando che sia collocato in posizione perpendicolare all'asse longitudinale della rotaia, per garantire il rotolamento;

7. accertare che le rotaie siano effettivamente libere e che non vi siano ostacoli fra suola ed appoggi, o traverse fuori squadro, facilitando lo scorrimento delle rotaie sui rulli con paletti di ferro o mazze di legno;
8. qualora durante le operazioni di progressiva liberazione delle rotaie dagli appoggi la dilatazione delle stesse viene ostacolata dalla chiusura delle luci dei giunti di regolazione, occorre asportare uno o più spessori di rotaia in corrispondenza di una o di entrambe le testate da saldare; alla fine delle operazioni, fra le testate stesse dovrà comunque rimanere la luce richiesta per il tipo di saldatura da eseguire (meno 2÷3 mm per tenere conto del ritiro della saldatura durante il raffreddamento);
9. non appena raggiunta la temperatura di regolazione prescritta, liberare le rotaie dagli organi di attacco che rimasero fissati nella zona del punto fisso pari a 20 appoggi oltre il punto fisso; provvedere poi, partendo da una distanza di 20 appoggi dai giunti di regolazione e procedendo verso i punti fissi dei due tratti interessati, a togliere i rulli di scorrimento, ricollocare in opera le piastre sotto rotaia precedentemente rimosse ed iniziare il serraggio degli organi di attacco. In particolare iniziare il serraggio in prossimità del giunto di regolazione, circa 40 appoggi a cavallo del giunto, per evitare che al momento della saldatura la luce prevista tra le due testate si riduca sensibilmente a causa della temperatura crescente e del tempo intercorrente tra l'inizio delle operazioni di approntamento e la colata, e successivamente, per accelerare i tempi, una traversa su tre fino ai punti fissi;
10. non appena serrati gli organi di attacco delle traverse di cui sopra dare inizio a tutte le operazioni occorrenti per eseguire le due saldature in corrispondenza dei giunti di regolazione, e continuare nel frattempo, il serraggio degli organi di attacco lasciati lenti in precedenza;
11. dopo la tranciatura della materozza, gli attacchi relativi ai 40 appoggi a cavallo dei giunti dovranno essere disserrati per consentire la distribuzione delle tensioni di ritiro della saldatura; trascorsa circa un'ora riserrare gli attacchi.

2.6. Casi particolari

In linea generale non è necessaria la regolazione delle tensioni interne nei tratti di binario le cui rotaie non sono soggette a mutamenti di temperatura, rispetto a quella di posa, superiori a +30°C.

2.7. Regolazione delle luci in corrispondenza dell'estremità della L.R.S.

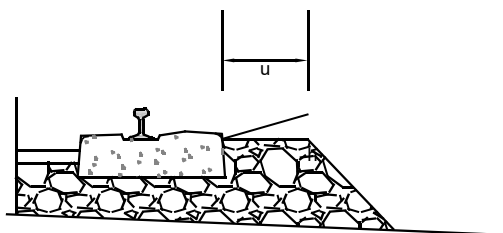
Oltre le estremità della L.R.S. si potrà avere binario a giunzioni con campate di lunghezza normale. Per la formazione delle luci di dilatazione delle giunzioni, così come per il loro controllo, si applicano le norme della Circolare FS n°61 del 24.06.1959 tenendo presente che quando per la regolazione della L.R.S. si impieghi il morsetto tendirotaie occorre prevedere, prima di procedere alla regolazione delle tensioni interne, alla sistemazione delle luci del binario all'estremità della L.R.S. La lunghezza da considerare per il calcolo della luce nel caso di giunzione fra campata polmone ed estremità della L.R.S. è pari a metà della sola campata polmone. Restando inteso che valgono le procedure generali già descritte per l'impiego del morsetto tendirotaie, si evidenzia che:

- le luci in corrispondenza dell'estremità della L.R.S. devono essere protette, prima del tiro con il morsetto, dal serraggio degli organi d'attacco per un tratto di circa 80 appoggi;
- il tratto da prendere in considerazione per il calcolo da realizzare con il morsetto è quello compreso fra il giunto di regolazione e l'estremità della L.R.S.;
- a differenza di quanto prescritto al punto 5 del paragrafo 2.5.1. non dovranno essere allentati gli organi di attacco del tratto fisso di 80 appoggi all'estremità della L.R.S.

2.8. Prescrizioni da adottare con raggi minimi per la costituzione della L.R.S.

Nel caso di curve con raggio inferiore a m. 250 e fino a m. 150 la costituzione della L.R.S. è realizzabile rispettando i seguenti accorgimenti:

- il valore "U" della massicciata (distanza dalla testa della traversa biblocco) non deve risultare inferiore a cm 40, su ambo i lati della linea;
- il ciglio della massicciata deve risultare più alto rispetto al piano superiore della traversa di cm 10, su ambo i lati della linea;
- nelle stazioni è ammessa la l.r.s. per qualsiasi valore del raggio delle curve e con qualunque tipo di traverse, purchè la massicciata sia a livello costante al piano superiore delle traverse o risulti incassata tra i marciapiedi;
- nelle gallerie di lunghezza superiore a m. 150 è ammessa la l.r.s. per qualunque tipo di raggio.



3. Controlli e precauzioni.

3.1. Controllo del comportamento della L.R.S. in esercizio e precauzioni.

Come già visto, nei binari in L.R.S. le variazioni di temperatura comportano variazioni di sollecitazioni assiali delle rotaie e l'equilibrio del sistema è dato dall'efficacia del serraggio degli organi di attacco, dalle resistenze opposte dalla massicciata al movimento, anche trasversale, del telaio di binario (traversa più rotaia) ed è menomato dalle scorrezioni che possono verificarsi in esercizio, fra stato tensionale teorico e reale. Costituisce motivo di possibile instabilità del binario in L.R.S. una cattiva qualità dello stato geometrico del binario in termini di allineamento e livellamento, nonché la presenza di zone con traverse "ballerine" e con massicciata rimossa nei vani. In relazione a ciò occorrerà curare scrupolosamente che:

- non si verifichino situazioni tali da portare ad indebolimento delle resistenze opposte dalla massicciata, come rimaneggiamenti o deconsolidazioni del pietrisco, riduzioni del suo profilo, svanamenti [assenza di pietrisco tra due traverse successive] ed inquinamenti;
- non esistano, per estese apprezzabili, allentamenti o rotture degli organi di attacco nonché fenomeni di scarsa tenuta fra traverse ed attacchi;
- i difetti di geometria del binario siano sempre contenuti nei limiti delle tolleranze ammesse. In particolare, per l'allineamento di tratte in curva, si dovrà considerare che, quando si abbiano spostamenti trasversali superiori a:

Raggio [m]	150	200	250	300	350	400	450	500	550	≥ 600
Spostam. Trasv.le [mm]	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36

il binario potrebbe trovarsi in assetto precario ai fini della stabilità allo slineamento. In tali casi la stabilità del binario andrà controllata con maggiore attenzione per eseguire gli eventuali interventi correttivi.

3.2. Traguardi e rilievi per il controllo delle L.R.S.

Al fine di poter controllare l'esistenza di spostamenti che potrebbero verificarsi sia longitudinalmente che trasversalmente nella L.R.S., specialmente in corrispondenza di tratte particolari della linea:

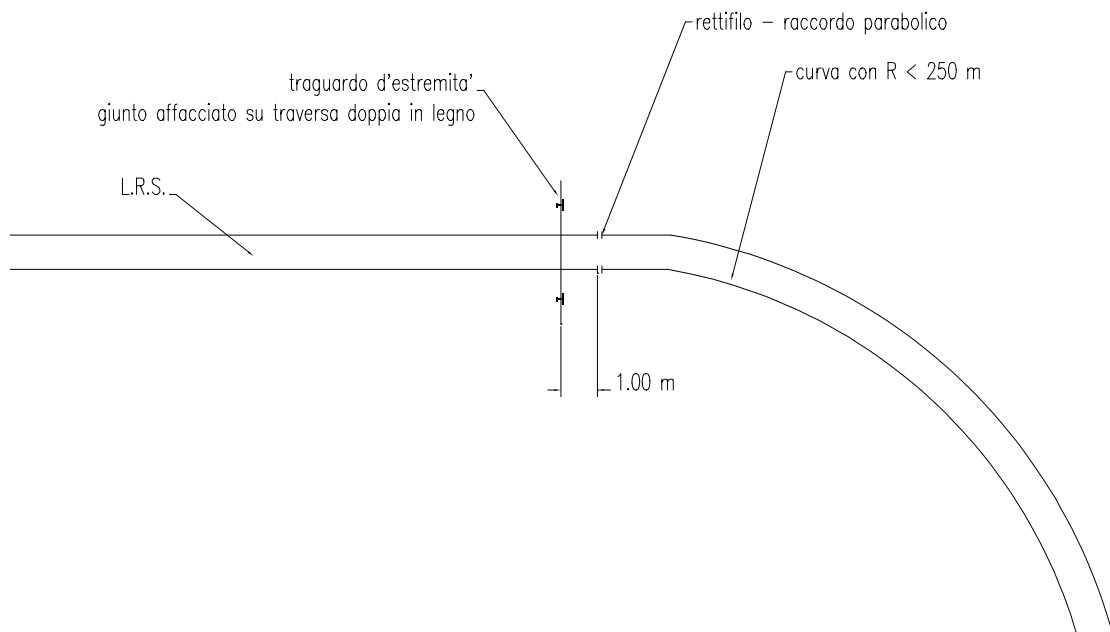
- a) P.L.;
- b) cambiamenti di livelletta;
- c) curve di raggio inferiore a 400 m;
- d) tratti nei quali le rotaie, a breve distanza, si trovino a temperature sensibilmente diverse;

- e) zone in cui si verificano frenature;
- f) presenza di scambi;
- g) travate metalliche;

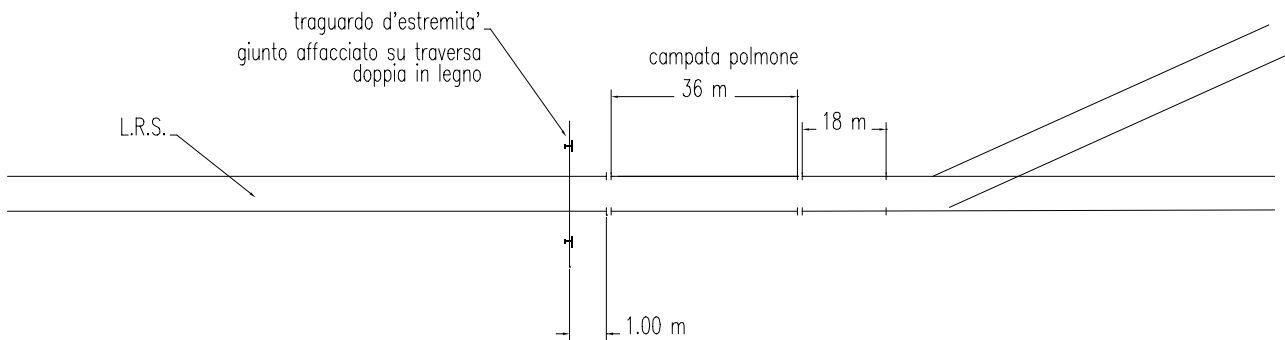
è necessario istituire, qualora non già esistenti (ad esempio picchetti delle curve), due coppie di picchetti di riferimento distanziate di circa 120 m. Una sola coppia di traguardi andrà, invece, appositamente istituita ad un metro da ciascuna estremità della L.R.S. Per traguardo si intende un dispositivo costituito da un filo armonico teso e due picchetti attraverso i quali si stabilisce un'esatta direzione.

Subito dopo le operazioni di regolazione delle tensioni interne, occorrerà eseguire, sia sulla faccia laterale del fungo delle rotaie, esternamente al binario, che sui riferimenti, delle impronte a mezzo di bulino, occorrenti quali traguardi per i successivi rilievi che saranno effettuati mediante l'uso di filo di acciaio armonico o di nylon.

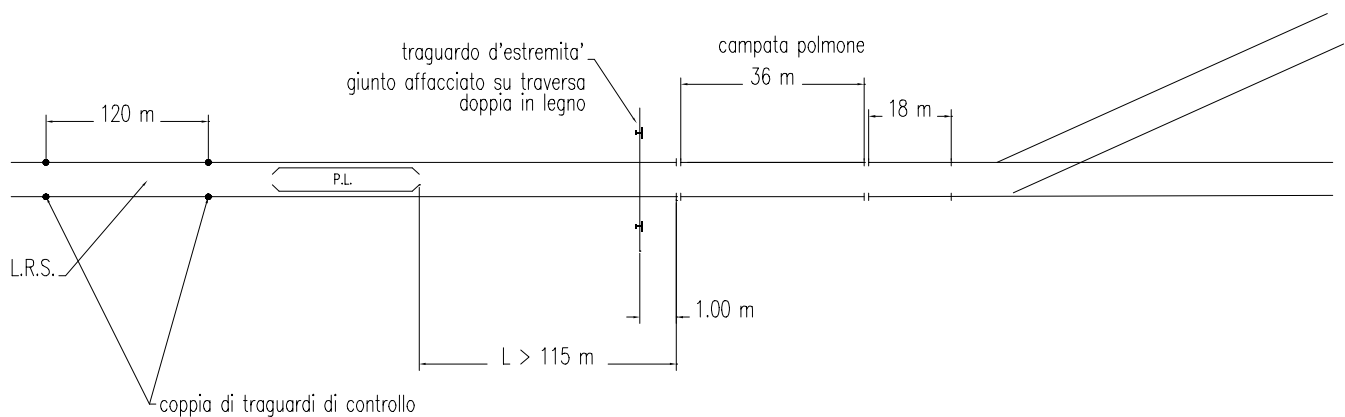
Di seguito si riportano alcuni schemi che definiscono il posizionamento dei traguardi di controllo in corrispondenza delle L.R.S.



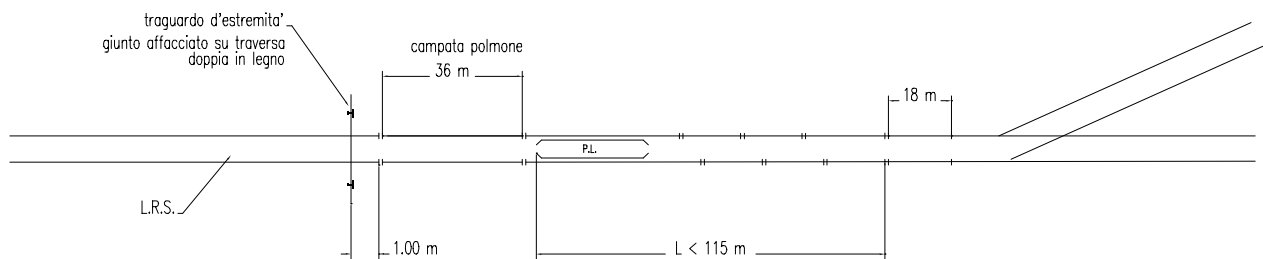
Caso **A**: L.R.S. interrotta in prossimità di una curva



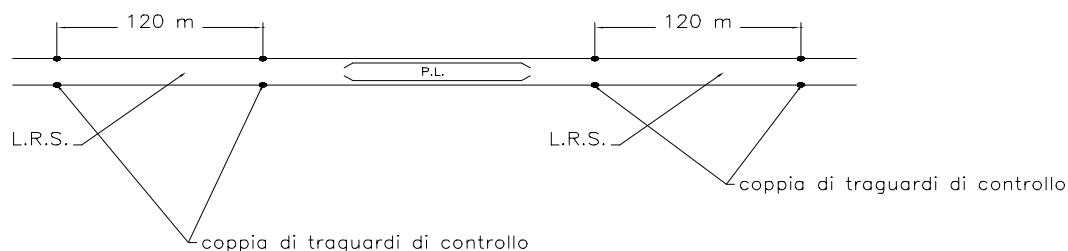
Caso B: L.R.S. interrotta in prossimità di un deviatoio



Caso Ca: L.R.S. in presenza di due punti singolari.



Caso 3b L.R.S. in presenza di due punti singolari.



Caso D: P.L. inserito in L.R.S. passante

I rilievi andranno eseguiti:

- la prima volta in sede di regolazione, subito dopo il serraggio degli organi di attacco;
- frequentemente durante il primo anno di esercizio della L.R.S. e comunque dopo ogni intervento di rincalzatura delle traverse;
- avendo riscontrato, dopo tale periodo, la normalità del comportamento della L.R.S., sarà sufficiente limitare il controllo al periodo primaverile e nei casi di alte e basse temperature delle rotaie.

Tali rilievi andranno, volta per volta, registrati su di un prospetto come in allegato da unire alla cartella relativa a ciascuna L.R.S.

3.3. Valutazione degli spostamenti longitudinali e trasversali della L.R.S.

Per la valutazione dell'effetto degli spostamenti longitudinali eventualmente riscontrati nel corpo della L.R.S. si può ritenere, con buona approssimazione, che ogni millimetro di variazione della distanza tra due impronte poste a cavallo del punto particolare, determina una modifica dello stato tensionale preesistente, ed è equivalente ad un cambiamento localizzato di temperatura pari a: $DT = 83 / L$ °C con L = distanza in metri fra le bulinature.

Qualora si riscontrino, durante il controllo primaverile, avvicinamenti o allontanamenti delle impronte di un valore superiore a 14 mm dovranno essere programmati interventi per la normalizzazione delle tensioni interne della L.R.S. La normalizzazione avviene liberando - quando la temperatura effettiva delle rotaie è più bassa di quella di regolazione - le rotaie dagli organi di attacco per un'estesa opportuna (almeno 400 m a cavallo del tratto interessato).

Allo stesso modo gli spostamenti trasversali, riscontrabili - particolarmente - su curve di raggio stretto, possono essere valutati in °C di modifica della temperatura di regolazione; per ogni centimetro di deformazione generalizzata lungo la curva

circolare, verso l'interno, si ha un abbassamento della temperatura di regolazione di $DT = - 833 / R$ °C con R = raggio della curva in metri. Dovranno essere disposti interventi per la regolazione delle tensioni interne qualora si evidenzino lungo la curva spostamenti radiali superiori a quelli ammessi, riportati al par. 3.1.

Per quanto riguarda i movimenti alle estremità della L.R.S. la valutazione della deformazione è realizzata controllando direttamente l'entità dell'arretramento o dell'avanzamento delle impronte di riscontro; attraverso questo valore possono prevedersi le possibili conseguenze sulla struttura del deviatoio non inserito nella L.R.S., eventualmente contiguo o sulle luci di dilatazione delle giunzioni del binario a campate normali adiacenti alla L.R.S. Si ammette nei periodi di forte freddo un arretramento massimo delle impronte di riscontro pari a 20 mm; oltre tale valore dovrà essere controllata l'integrità strutturale del deviatoio e la verifica della situazione delle giunzioni, nonché della completezza degli organi delle giunzioni stesse e degli attacchi delle rotaie alle traverse.

All'inizio della stagione calda, invece, dovrà essere verificato l'eventuale avanzamento delle impronte di riscontro e se in presenza di un notevole avanzamento si sarà riscontrata anche la chiusura anticipata delle luci delle giunzioni che delimitano la campata polmone, si dovrà provvedere ad una nuova regolarizzazione del tratto estremo della L.R.S. e delle luci della campata polmone o del binario a campate normali.

Per la registrazione dei rilievi, sia al momento della regolazione che durante i controlli, saranno forniti appositi prospetti da unire alla cartella di ciascuna L.R.S.

3.4. Precauzioni e provvedimenti da adottarsi nei periodi di forte caldo e di forte freddo

In particolari condizioni climatiche le escursioni termiche, rispetto alla temperatura di regolazione, inducono nelle rotaie maggiori sforzi di compressione o di trazione e pertanto in tali occasioni saranno da adottare particolari precauzioni.

• Periodi di forte calore

Quando, sulla base delle rilevazioni dei giorni precedenti, oppure in relazione ad evoluzioni climatiche improvvise della giornata, si presume venga raggiunta una temperatura della rotaia pari a $T_{reg} + 25$ °C si procederà ad istituire visite straordinarie della linea.

Qualora la temperatura di cui sopra raggiunga i $T_{reg} + 30$ °C, si prescriverà una riduzione di velocità, limitatamente al periodo più caldo della giornata ed alle sole tratte interessate dal fenomeno che, salvo diversa e valutazione, viene fissata pari a 30 km/h.

Infine, nel caso in cui la temperatura della rotaia sia superiore ai $T_{reg} + 30^{\circ}\text{C}$ si prescriverà il rallentamento semplice (12 km/h) con presenziamento delle tratte interessate.

In quest'ultimo caso, prima del ripristino della velocità normale, il binario andrà accuratamente ispezionato ai fini di ogni eventuale provvedimento.

• *Periodi di forte freddo*

Nei periodi di basse temperature possono aversi sforzi di trazione la cui entità può essere tale da determinare un dissesto geometrico del tracciato del binario nei tratti in curva di raggio limitato. Pertanto qualora si verificassero temperature di rotaia pari a: $(T_{reg} - 40^{\circ}\text{C})$ occorrerà verificare il corretto stato geometrico del binario.

Nel caso in cui, dai rilievi suddetti, si verificasse la presenza di difetti trasversali accompagnati da difetti di allineamento fuori dalle tolleranze ammesse, si dovrà provvedere alla loro eliminazione, previo taglio della LRS e successiva ricostituzione e regolazione della stessa in un periodo stagionale più favorevole. Invece, nel caso in cui, dai rilievi suddetti risultasse la presenza di spostamenti trasversali della curva e dei raccordi parabolici pressoché uniformi, non accompagnati, quindi, da difetti di allineamento, occorrerà procedere alla verifica dello stato geometrico della curva, disponendo per il taglio e la successiva regolazione delle tensioni interne, qualora il tracciato in piena curva circolare evidenziasse spostamenti trasversali verso l'interno, superiori ai valori di cui al paragrafo 3.1, maggiorati di 5 mm per curve di raggio sino a 250 e 10 mm per i restanti.

4. Interventi di manutenzione delle lunghe rotaie saldate

Gli interventi di manutenzione che normalmente vengono effettuati sulle L.R.S. per ripristinare la continuità ed il regime delle tensioni interne, riguardano:

1. dissesti o slineamenti dovuti a diminuita resistenza laterale del binario a causa di lavori in corso, ovvero di eccesso di sollecitazioni orizzontali trasmesse dal materiale rotabile, ovvero di altre cause eccezionali;
2. slineamenti dovuti ad accumuli di tensioni interne;
3. rottura di rotaie con taglio pressoché verticale;
4. rottura di rotaie fuori saldatura o con taglio con andamento non verticale;
5. sostituzione di rotaie logorate in curve di raggio limitato.

I provvedimenti da adottare, per riportare il binario al suo regolare tracciato e nella precedente continuità sono:

4.1. Dissesti o slineamenti dovuti a diminuita resistenza laterale del binario

Qualora per il ripristino dell'assetto del binario siano sufficienti semplici operazioni di allineamento (poiché lo slineamento non ha comportato altri danni alla struttura del binario), su ciascuna delle due file di rotaie, 6 m prima dell'inizio e 6 m dopo la fine della zona deformata, devono essere slacciati gli ancoraggi di una traversa ed apposti sia sulla suola che sull'ancoraggio contrassegni di riscontro. Saranno poi eseguiti dei tagli nelle rotaie al fine di riportare il binario al suo corretto allineamento, immersettando le estremità libere, mediante morsetti di giunzioni provvisorie. Successivamente, una volta eliminate le cause che hanno provocato il dissesto o lo slineamento, si dovrà intervenire inserendo, se necessario, uno spezzone di almeno 6 m, per eliminare le giunzioni provvisorie a mezzo di saldature alluminotermiche e operando in modo che, a lavoro ultimato, i contrassegni di cui sopra risultino a segno. A tal fine potrà essere utilizzato il morsetto tendirotaia, ovvero potrà liberarsi dagli attacchi un tratto sufficientemente esteso di L.R.S. alla temperatura di regolazione per ripristinare la regolazione stessa con i procedimenti illustrati ai punti precedenti.

4.2. Slineamenti dovuti ad accumuli di tensioni interne

Su ciascuna delle due file di rotaie, in corrispondenza della zona deformata, devono essere realizzati opportuni tagli nelle rotaie e, una volta che il binario sia stato sistemato nel suo corretto allineamento, deve essere introdotto uno spezzone di almeno 6 m da collegare alle rotaie esistenti mediante morsetti per giunzioni provvisorie. Successivamente si dovrà eseguire una nuova regolazione del binario,

estendendola ad una tratta convenientemente estesa rispetto a quella interessata dai movimenti di cui sopra, e completandola con la saldatura degli spezzoni introdotti.

4.3. Rottura semplice ad andamento pressoché verticale

Si dovrà applicare un morsetto per giunzione provvisoria e successivamente si dovrà ripristinare la continuità del ferro a mezzo di una saldatura alluminotermica. Quando la rottura interessa una saldatura, dopo aver eliminato a mezzo del cannello il materiale fuso, eccedente il profilo della rotaia, la saldatura può essere rifatta nella stessa posizione, previo avvicinamento, se necessario, delle due estremità.

4.4. Rottura con ramificazioni o ad andamento obliquo

Si deve inserire uno spezzone di 9 m e deve essere osservato quanto prescritto al precedente punto 4.1. in ordine al ripristino della continuità del ferro.

4.5. Sostituzione di rotaie logorate in curva

Nei casi in cui occorra procedere alla sostituzione di rotaie logorate, nei tratti in curva di binari in L.R.S. ed il cui lavoro sia da eseguire con temperatura delle rotaie inferiore a quella di regolazione, al fine di evitare il possibile danneggiamento delle traverse in c.a., occorre effettuare il sezionamento di entrambe le rotaie anche se la sostituzione interessa una sola delle due.

In tali circostanze si procederà come segue:

- allentare gli organi di attacco del tratto di binario interessante la sostituzione delle rotaie;
- montaggio, sulle due file di rotaie, dei morsetti tendirotaie in corrispondenza dell'inizio o della fine del tratto suddetto;
- dopo la messa in tiro dei morsetti, procedere all'esecuzione dei tagli affacciati sulle due file di rotaie, sul tratto all'interno dei morsetti;
- allentare contemporaneamente i morsetti sulle due file di rotaie;
- esecuzione del secondo taglio in corrispondenza della fine del tratto oggetto della lavorazione con rimozione degli organi di attacco;
- sostituzione delle rotaie logorate;
- esecuzione, per ogni rotaia, di una delle due saldature di estremità del tratto interessato.

Per il ripristino della L.R.S., occorre eseguire una nuova regolazione delle tensioni interne alle rotaie sul tratto in questione, secondo le modalità già descritte in precedenza e con uno dei sistemi di regolazione previsti.

5. *Estensione di una tratta in L.R.S.*

Nel caso in cui si provveda al rinnovo di tratte di linea in L.R.S. si procederà nel seguente modo:

5.1 *Caso di tratta terminale*

È il caso di una tratta attigua ad una tratta in L.R.S. già in opera.

Qualora sussistano le condizioni di cui al paragrafo 2.2 si renderà necessario estendere la L.R.S. anche al tratto finale rinnovato, se la lunghezza di esso è superiore a m 400.

In questo caso si provvederà ad una nuova regolazione interessando anche la parte finale della linea attualmente in L.R.S.

Operativamente, si procederà con i sistemi e le modalità di cui indicati nel punto 2.5 interessando la tratta rinnovata, ovviamente, e la parte di tratta in L.R.S. sino al primo punto fisso.

5.2 *Caso di tratta intermedia*

È il caso di una tratta posta tra due tratte in L.R.S. già in opera.

Qualora sussistano le condizioni di cui al paragrafo 2.2 si renderà necessario estendere la L.R.S. anche al tratto intermedio rinnovato.

In questo caso si provvederà ad una nuova regolazione interessando anche le parti finali della linea attualmente in L.R.S.

Operativamente, si procederà con i sistemi e le modalità indicati nel punto 2.5 interessando la parte rinnovata, ovviamente, e le due tratte terminali in L.R.S. spingendosi sino al primo punto fisso di ciascuna.

6. Disposizioni finali

Per quanto non espressamente descritto con la presente istruzione si fa riferimento alle circolari FS:

- n°61 del 24.06.1958 - Istruzioni sulle luci di dilatazione delle rotaie.
- n°S.OC/S/5756/2/63/631/632/60/604 del 19.11.1990 - Istruzione sulla costituzione ed il controllo delle lunghe rotaie saldate.

7. Riferimenti bibliografici

La presente istruzione è stata redatta valendosi del contributo degli studi realizzati dalla società Ferrovie dello Stato SpA attraverso le pubblicazioni:

- Saldatura alluminotermica delle rotaie - Procedimento rapido - Istruzione tecnica - Ed. maggio 1965 circ. n°77/1965.
- Lorenzo CORVINO - La saldatura elettrica ad arco ed alluminotermica per la riparazione e saldatura delle rotaie ed apparecchi del binario - Ed. 1987.
- Spartaco LANNI - La termica del binario - Ed. 1978.
- Quinto PALMIERI - L'esercizio della lunga rotaia saldata - 1^a e 2^a parte estratto da *La Tecnica Professionale* n.12/dicembre 1993 e n.2/febbraio 1994.
- COOPSETTE - SETTORE ARMAMENTO FERROVIARIO - Studio per la determinazione del raggio minimo ammissibile per lunga rotaia saldata.

Sommario

PREMESSA.....	2
1. GENERALITÀ.....	3
1.1. EFFETTI DELLE VARIAZIONI DI TEMPERATURA.....	3
1.2. RESISTENZA ALLA LIBERA DILATAZIONE DELLE ROTAIE.....	3
1.3. RESISTENZA D'ATTRITO OPPOSTA DALLE GIUNZIONI.....	4
1.4. RESISTENZA D'ATTRITO OPPOSTA DAGLI APPOGGI.....	4
1.5. CICLO TERMICO DELLA ROTAIA.....	5
2. LUNGA ROTAIA SALDATA.....	7
2.1. DEFINIZIONI.....	7
2.2. GENERALITÀ SULLA L.R.S.....	7
2.3. COSTITUZIONE DELLE LUNGHE ROTAIE SALDATE.....	8
2.4. REGOLAZIONE DELLE TENSIONI INTERNE.....	10
2.5. SISTEMI DI REGOLAZIONE.....	11
2.5.1. <i>Sistema con impiego del morsetto tendirotaie.....</i>	<i>11</i>
2.5.2. <i>Sistema con riscaldamento naturale delle rotaie.....</i>	<i>14</i>
2.6. CASI PARTICOLARI.....	15
2.7. REGOLAZIONE DELLE LUCI IN CORRISPONDENZA DELL'ESTREMITÀ DELLA L.R.S.....	15
2.8. PRESCRIZIONI DA ADOTTARE CON RAGGI MINIMI PER LA COSTITUZIONE DELLA L.R.S.....	16
3. CONTROLLI E PRECAUZIONI.....	17
3.1. CONTROLLO DEL COMPORTAMENTO DELLA L.R.S. IN ESERCIZIO E PRECAUZIONI.....	17
3.2. TRAGUARDI E RILIEVI PER IL CONTROLLO DELLE L.R.S.....	17
3.3. VALUTAZIONE DEGLI SPOSTAMENTI LONGITUDINALI E TRASVERSALI DELLA L.R.S.....	20
3.4. PRECAUZIONI E PROVVEDIMENTI DA ADOTTARSI NEI PERIODI DI FORTE CALDO E DI FORTE FREDDO.....	21
4. INTERVENTI DI MANUTENZIONE DELLE LUNGHE ROTAIE SALDATE.....	23
4.1. DISSESTI O SLINEAMENTI DOVUTI A DIMINUITA RESISTENZA LATERALE DEL BINARIO.....	23
4.2. SLINEAMENTI DOVUTI AD ACCUMULI DI TENSIONI INTERNE.....	23
4.3. ROTTURA SEMPLICE AD ANDAMENTO PRESSOCHÉ VERTICALE.....	24
4.4. ROTTURA CON RAMIFICAZIONI O AD ANDAMENTO OBLIQUO.....	24
4.5. SOSTITUZIONE DI ROTAIE LOGORATE IN CURVA.....	24
5. ESTENSIONE DI UNA TRATTA IN L.R.S.....	25
5.1. CASO DI TRATTA TERMINALE.....	25
5.2. CASO DI TRATTA INTERMEDIA.....	25
6. DISPOSIZIONI FINALI.....	26
7. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI.....	27
SOMMARIO.....	28

