

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:

Linee guida per la realizzazione e manutenzione dei binari
su base assoluta con tracciati riferiti a punti fissi in
coordinate topografiche

NOME-FILE

SCALA:

TAVOLA:

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

D_900_05



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

PARTE I

I.1. SCOPO

Le presenti Linee Guida hanno lo scopo di mettere a punto la metodologia che consente:

di progettare il tracciato del binario, sia planimetricamente (riferito al suo asse) che altimetricamente (riferito alla rotaia bassa) in retta e in curva, facendo riferimento a punti fissi in coordinate assolute;

di posizionare il binario sul tracciato di progetto mediante macchine operatrici (rincalzatrici) di tipo “intelligente” (dotate di computer di bordo);

di controllarne gli eventuali spostamenti nel tempo con sistemi informatizzati e attrezzature automatizzate.

L'obiettivo di tale metodologia è quello di:

Migliorare la marcia dei treni e il comfort di viaggio;

Ridurre il degrado della geometria del binario, con conseguente riduzione dei costi e della frequenza della manutenzione;

Tenere sotto controllo le tolleranze di posizione del binario e i margini tra la sagoma del treno e gli ostacoli presenti lungo linea, mediante l'uso di attrezzature automatizzate montate anche su macchine operatrici (rincalzatrici), e di programmi informatici che riducono tempi di rilievo e di elaborazione dati.

Questa nuova metodologia consente, in conclusione, un notevole miglioramento della qualità del sistema treno-infrastruttura a livello di circolabilità rispetto al sistema tradizionale di picchettazione; quest'ultimo prevede controlli a terra mediante spezzoni di rotaia solo delle curve ed esclusivamente con metodi manuali, che sono meno precisi e più onerosi sia in termini di impiego di risorse umane sia per il tempo necessario alla verifica sia perché comporta anche soggezioni all'esercizio ferroviario.

Le presenti Linee Guida hanno inoltre lo scopo di descrivere le metodologie esecutive di tutte le operazioni necessarie per il rilievo e il controllo planoaltimetrico del binario, in coordinate cartesiane riferito ai punti fissi, cioè georeferenziati.

Le metodologie adottate sono:

Operazioni di rilievo topografico, consistente nella progettazione, materializzazione ed esecuzione delle trilaterazione GPS a lati lunghi, della poligonale a lati corti e della livellazione di precisione al fine di ottenere la posizione topografica in coordinate cartesiane del binario riferito a punti fissi;

Controllo della posizione del binario mediante attrezzature automatizzate dotate di sistemi informatizzati per consentire una rapida lettura degli spostamenti, che il binario ha subito rispetto al tracciato di progetto, gestibile da macchine operatrici (rincalzatrici) di tipo “intelligente”. Ciò al fine di ridurre al minimo sia le soggezioni all'esercizio ferroviario sia l'impiego di personale addetto

alla manutenzione;

Riposizionamento del binario sul tracciato di progetto mediante l'uso di macchine operatrici (rincalzatrici) di tipo "intelligenti", cioè dotate di computer di bordo e di idoneo software capaci di ricevere per via informatica i dati degli spostamenti da fornire al binario.

Verifica che il binario è stato posizionato correttamente entro le tolleranze richieste.

I.2. CAMPO DI APPLICAZIONE

Le presenti Linee Guida si applicano sia agli interventi da esguire su binari esistenti in sede di lavori di riqualificazione/manutenzione delle linee TPL o tramviarie in esercizio, sia ad interventi di nuova realizzazione e realizzazione di varianti a linee TPL o tramviarie.

I.3. DEFINIZIONI E ABBREVIAZIONI

I.3.1 DEFINIZIONI

Si definisce "piano del ferro" (PF) il piano di rotolamento passante per i due punti di tangenza ai funghi del binario, individuati nella sezione ortogonale all'asse del binario, e per la generatrice passante per il suddetto punto di tangenza del fungo della rotaia bassa.

Si definisce "quota del piano del ferro" (quota PF) la quota del piano orizzontale passante per la generatrice superiore del fungo della rotaia bassa: essa coincide con il piano di rotolamento delle due rotaie quando la sopraelevazione è nulla.

Si definisce "scartamento" del binario la distanza, tra i due funghi interni della rotaia, misurata 14 mm sotto il "piano del ferro".

Si definisce "sopraelevazione" in una determinata sezione ortogonale all'asse del binario la differenza di quota rilevata sul piano del ferro, nella sezione considerata, tra due punti aventi una distanza convenzionale di 1,01m.

Si definisce "asse planimetrico del tracciato" la proiezione dell'asse del binario sul piano orizzontale.

Si definisce "progressiva del tracciato del binario" quella riferita all'asse del binario.

Convenzionalmente livelletta e profilo altimetrico del binario sono quelle riferite alla rotaia bassa.

Si definisce "quota del PF" o della livelletta o del profilo altimetrico del binario, la quota assoluta della rotaia bassa.

Si definisce "quota dal PF" la distanza verticale di un generico punto riferita alla rotaia bassa presa positiva verso l'alto.

Si definisce "P.M.O. della sagoma" il profilo degli ostacoli calcolato partendo dalla sagoma presa in considerazione che non deve interferire con il "P.M.O. della linea".

Si definisce "P.M.O. della linea" l'involuppo degli ostacoli più vicini al binario nel tratto di linea considerato.

I.3.2 ABBREVIAZIONI

LG	Linee Guida
PF	Piano del ferro
“P”	Punto Fisso
IGM	Istituto Geografico Militare di Firenze
TE	Trazione Elettrica
SIT	Sistema Italiano di Taratura
GPS	Global Position System

PARTE II

II.1. MATERIALIZZAZIONE DEI VERTICI, DEI CAPOSALDI E DEI PUNTI FISSI

II.1.1 MATERIALIZZAZIONE DEI VERTICI E DEI CAPOSALDI.

La materializzazione dei vertici della trilaterazione con sistema GPS, delle poligonalali a lati corti e dei capisaldi delle livellazioni verrà realizzata mediante:

centrini metallici a testa sferica murati su manufatti esistenti o su roccia con numerazione incisa sulla parte metallica;

pilastrini di calcestruzzo $R_{ck} \geq 30 \text{ N/mm}^2$ eseguiti in opera, mediante carotatrice, di diametro minimo di 25cm fondati direttamente nel terreno a profondità non inferiore a 60cm completi di centrini metallici a testa sferica murati con numerazione incisa sulla parte superiore;

E' obbligatorio l'uso dei pilastrini in calcestruzzo quando i vertici da materializzare manchino di manufatti stabili cioè non soggetti a cedimenti nel tempo.

In particolare tutti i vertici e i capisaldi dovranno essere realizzati preferibilmente all'interno della sede ferroviaria sia all'aperto sia in galleria e potranno essere materializzati con centrini posti sulla sede ferroviaria sui basamenti dei pali T.E. (sempreché non si verifichino problemi di lettura dei punti fissi) o su opere murarie purché stabili e non soggetti a cedimento nel tempo.

I capisaldi e i vertici dovranno di norma essere posizionati in modo che da ciascuno di essi sia visibile sia il precedente che il successivo.

I capisaldi e i vertici, quando sono in prossimità del binario, dovranno essere posizionati dalla più vicina rotaia ad una distanza tale da non interessare la massicciata e comunque ad una distanza tale da consentire lo stazionamento dello strumento, anche durante la marcia dei treni

I centrini metallici dovranno essere realizzati in metallo (o lega metallica) anticorrosivo e essere posti in opera al momento del getto di calcestruzzo. Possono essere anche murati su manufatti esistenti con malta di cemento, opportunamente additivata per evitare fessurazioni.

II.1.2. MATERIALIZZAZIONE DEI PUNTI FISSI SU PROFILATI METALLICI O SULLE OPERE D'ARTE

La materializzazione dei punti fissi "P" di riferimento, per la realizzazione del tracciato su base assoluta (e successivamente per il controllo e l'eventuale correzione), andrà eseguita con un passo pari a quello classico della sospensione T.E. (che in genere è compresa tra i 30 e i 60 m).

Detti punti fissi saranno materializzati all'aperto mediante posa in opera di appositi perni su profilati metallici IPE 80 h. 1500 mm provvisti di foro zincati a caldo, annegati in pilastrini di calcestruzzo $R_{ck} \geq 30 \text{ N/mm}^2$ eseguiti in opera, mediante carotatrice, di diametro minimo di 25cm.

Lungo linea, per la presenza di una galleria o di altro manufatto, i Punti Fissi potranno essere fissati sui piedritti o sulla muratura dell'opera d'arte.

Il perno del punto fisso, deve essere fissato stabilmente sui profilati metallici o nella muratura con idoneo tassello.

Il punto fisso è caratterizzato da un perno cilindrico in acciaio inossidabile 18/10 rettificato, del diametro di 12 mm con tolleranze h9 secondo UNI 7218/73.

I perni dei punti fissi dovranno essere provvisti di un adeguato manicotto di protezione asportabile di materiale in gomma morbida di spessore adeguato, ricoperto lateralmente con pellicola catarifrangente per consentirne una facile individuazione.

Il perno andrà posizionato perfettamente orizzontale (altrimenti andrà riposizionato), ad una quota non inferiore a 20 cm (preferibilmente compresa tra 30 e 60 cm) al di sopra della rotaia più vicina.

Il posizionamento verso la quota più bassa è all'aperto, mentre quello verso la quota più alta è previsto in galleria in relazione alla quota del sentiero (che in genere è più alta).

I punti fissi andranno posizionati in modo da non costituire intralcio durante il transito del personale.

Ogni punto fisso andrà individuato mediante apposita numerazione da apporre su targhetta in acciaio inox 18/10 adeguatamente ancorata al profilato metallico sul manufatto. Tale numerazione andrà eseguita secondo il senso delle progressive crescenti indicando il numero progressivo del punto fisso interessante tale tratto di linea e riporterà un codice alfanumerico distintivo per ciascuna tratta.

Codici alfanumerici:

A - Sassari – Sorso

B - Sassari - Alghero

B1 - Sassari – Olmedo

B2 - Olmedo - Alghero

C - Monserrato – Isili

C1 - Monserrato - Settimo S. Pietro

C2 - Settimo S. Pietro – Soleminis

C3 - Soleminis – Dolianova

C4 - Dolianova – Donori

C5 - Donori – Barrali

C6 - Barrali – Senorbi

C7 - Senorbi – Suelli

C8 - Suelli – Gesico

C9 - Gesico – Mandas

C10 - Mandas – Serri

C11 - Serri – Isili

D - Macomer - Nuoro

D1 - Macomer – Bortigali

D2 - Bortigali – Silanus

D3 - Silanus – Lei

D4 - Lei – Bolotana

D5 - Bolotana – Tirso

D6 - Tirso – Iscra

D7 - Iscra – Orotelli

D8 - Orotelli – Oniferi

D9 - Oniferi - Prato Sardo

D10 - Prato Sardo – Nuoro

E – Sassari-Nulvi

E1 – Sassari-Osilo

E2 – Osilo-Nulvi

Sul perno andrà posizionato il porta prisma che dovrà essere fornito di una sede di accoppiamento del diametro di 12 mm con tolleranze H9 secondo UNI 7218/73 di dimensioni compatibili con il perno del punto fisso.

Il porta prisma dovrà avere caratteristiche che consentano la visibilità e la manovrabilità del prisma ottico riflettente in modo da consentire il corretto puntamento degli strumenti topografici lungo linea (all'aperto e in galleria).

Inoltre poiché la qualità del riferimento (in termini di misura delle coordinate del punto fisso) dipende dalla stabilità del perno e dalla sua posizione orizzontale, le operazioni di posa in opera devono essere realizzate con molta accuratezza. In particolare, nel caso in il perno si debba posizionare su una muratura la parete dovrà essere esaminata accuratamente, verificando che si trovi in buone condizioni statiche e, ove non sussistano le condizioni si dovrà procedere al riposizionamento del perno.

Nel caso che il perno venga posizionato su muratura, la parete dovrà avere preferibilmente una superficie piana verticale, per un'area circolare non inferiore a 200 cm^2 , in modo da garantire una facile manovrabilità del supporto del prisma ottico e la posa orizzontale del perno.

II.2. OPERAZIONI DI RILIEVO TOPOGRAFICO

II.2.1. OPERAZIONI DI CAMPAGNA E CARATTERISTICHE STRUMENTALI

Il posizionamento di tutti gli strumenti lungo linea dovrà sempre rispettare le distanze di sicurezza dal bordo interno della rotaia come indicato nel paragrafo “Materializzazione dei vertici, dei capisaldi, delle poligonali e delle livellazioni”, anche quando lo strumento viene

posizionato a stazione libera per il rilievo e la verifica della posizione del binario di cui al paragrafo “Rilievo planoaltimetrico del binario riferito ai punti fissi ...”.

Poiché viene richiesta una elevata precisione di misura, devono essere utilizzate strumentazioni automatizzate (elettronici e/o infrarossi) o ricevitori di tipo GPS.

Al termine dei rilievi di campagna dovranno essere consegnati a ARST i files di tutti i dati di misura oggetto della elaborazione con la data del rilevamento ed il programma di trattamento dei dati stessi per renderli leggibili e interpretabili.

II.2.1.1. STRUMENTI PER IL RILIEVO DEI VERTICI E DEI CAPOSALDI.

Gli strumenti utilizzati dovranno avere le seguenti caratteristiche:

La strumentazione di tipo GPS, dovrà avere una precisione orizzontale almeno di +/- (5 mm + 1 p.p.m.) e sarà utilizzata solo per determinare i valori planimetrici, mentre per determinare le quote non si farà riferimento al rilievo GPS ,ma alla livellazione di precisione;

il teodolite elettronico dovrà essere di elevata precisione e tale da garantire una precisione angolare almeno di +/- 3 ^{cc} conforme a norma DIN;

il distanziometro elettronico dovrà avere una precisione almeno di +/- (1 mm + 1 p.p.m.);

le stazioni totali topografiche aventi funzione di teodolite di precisione e di distanziometro elettronico dovranno avere la precisione degli strumenti sopradescritti;

il livello di tipo automatico con micrometro oppure quello elettronico, corredato di stadia invar dovrà consentire una lettura della linea visuale di 0,1 mm e una precisione verticale di +/- 0,9 mm per un chilometro di livellazione doppia.

II.2.1.2 STRUMENTI PER IL RILIEVO DELLA GEOMETRIA DEL BINARIO

Per consentire la lettura della posizione del binario si dovrà utilizzare lo strumento topografico a stazione totale con le precisioni strumentali sopra descritte, da utilizzare fuori binario (off track), corredato di relativo carrellino, o di idoneo supporto, che traguardano le due rotaie e sono dotati di prisma ottico, o di due prismi ottici posti opportunamente a diretto contatto sul piano delle due rotaie atti ad individuare l'asse del binario. Tali prismi dovranno essere letti agevolmente dalla stazione totale. Per quanto riguarda le modalità di rilievo si rimanda all'apposito paragrafo.

Il sistema di rilevamento della posizione del binario potrà essere:

del tipo “manuale” potrà realizzarsi con due prismi ottici posti a diretto contatto sul piano delle due rotaie o con un solo prisma in asse al binario su un supporto che traguarda le due rotaie,

del tipo con carrellino “automatizzato” come appresso specificato che richiede minor tempo di rilevamento.

Il carrellino o il supporto del prisma, dovranno essere adeguatamente isolati elettricamente in

corrispondenza delle ruote e sufficientemente leggeri per essere facilmente deragliabili; di ciò se ne dovrà tenere debitamente conto nel predisporre i piani di sicurezza del personale e per garantire la regolarità e la sicurezza dell'esercizio ferroviario.

II.2.1.2.1 SISTEMA DI RILEVAMENTO DEL BINARIO A STAZIONE TOTALE DI TIPO MANUALE

Quando si esegue il rilievo del binario con il sistema di tipo "manuale" il prisma ottico può non essere posto sull'asse del binario, pertanto, il punto rilevato andrà ricondotto sul piano del ferro in asse al binario mediante calcolo indiretto.

Poiché la quota del P.F. o della livelletta (profilo altimetrico) è riferita alla rotaia bassa, mentre il rilievo del binario come detto è ricondotto al suo asse, si dovrà tener conto, in buona approssimazione, della metà della sopraelevazione, nel calcolo della quota dell'asse.

Si dovrà procedere in modo analogo per determinare la quota della rotaia alta: alla quota della rotaia bassa andrà pertanto sommata la sopraelevazione.

Lo scartamento e la sopraelevazione andranno misurate a parte, le precisioni degli strumenti utilizzati dovranno essere contenute nel mezzo millimetro.

II.2.1.2.2 SISTEMA DI RILEVAMENTO DEL BINARIO A STAZIONE TOTALE CON CARRELLINO DEL TIPO AUTOMATIZZATO

Per rendere più rapida la lettura dei punti fissi e la posizione del binario, il rilevamento potrà essere effettuato con la "stazione totale" anche corredata di idonea strumentazione come elencato nei successivi punti a) e b) oltre a quanto altro necessario per il posizionamento del sistema.

a) La strumentazione della stazione totale topografica dovrà avere le precisioni precedentemente indicate e dovrà essere del tipo elettronico robotizzato; inoltre dovrà avere almeno le seguenti principali caratteristiche:

movimenti servoassistiti;

sistema di autoaggancio al prisma ottico, da misurare o controllare, con errore di puntamento automatico di ± 1 mm come deviazione standard su 200 m;

comunicazione radio per la stazione totale;

Relativamente al punto 2 è possibile ridurre la precisione fino a ± 2 mm come deviazione standard su 200 m a condizione che si riduca la distanza del campo operativo al fine di garantire le tolleranze prescritte nei rilievi da eseguire.

b) Il sistema carrellino "automatizzato", assieme all'Unità di Controllo computerizzata, dovrà eseguire misure riconducibili a quelle indicate nel paragrafo del carrellino di tipo manuale (mediante elaborazioni informatiche); dovrà essere completo di tutti i dispositivi di misura, di controllo e comunicazione, ed essere in grado di operare in condizioni atmosferiche avverse anche eccezionali di temperatura (al di sotto di 0° centigradi o di elevate temperature), di umidità

e di pioggia, o come espressamente specificato da ARST . Il sistema, carrellino e unità di controllo, dovrà garantire la bontà delle misurazioni sia in termini di stabilità che di ripetibilità, in quanto è da considerare l'elemento di interfaccia per il rilevamento dei parametri necessari alla definizione della geometria del binario.

In particolare il carrellino dovrà essere completo di:

certificazione della casa costruttrice,

sistema di ricezione con prisma riflettente,

dispositivo per la misura della sopraelevazione, con la precisione dell'ordine del mezzo millimetro, approvato da ARST previa certificazione di taratura presso l'istituto S.I.T. (Sistema Italiano di Taratura),

dispositivo per la misura e controllo del valore dello scartamento, con la precisione dell'ordine del mezzo millimetro, approvato da ARST previa certificazione di taratura presso l'istituto S.I.T. (Sistema Italiano di Taratura),

alimentazione generale di tutto il sistema che garantisca la continuità del rilievo.

sistema di rilievo automatizzato degli ostacoli lungo linea, montato su carrellino, con le modalità di cui al relativo paragrafo.

L'Unità di Controllo dovrà essere completa di:

sistema di comunicazione con il carrello e con la stazione per la gestione dei movimenti automatici quali l'autoricerca, la ricezione, e la gestione dei dati di posizione,

sistema di alimentazione portatile,

computer portatile completo di software in ambiente windows per l'acquisizione, elaborazione e memorizzazione del rilievo della geometria del binario e dell'eventuale rilievo degli ostacoli, nonché per il controllo della posizione del binario esistente rispetto al tracciato di progetto determinandone gli spostamenti,

comando per controllo a distanza dell'orientamento e della posizione della stazione dopo il passaggio di un convoglio.

II.2.1.3 STRUMENTI PER IL RILIEVO PUNTUALE DEL BINARIO IN CORRISPONDENZA DEI PUNTI FISSI

Il rilievo puntuale della geometria del binario in corrispondenza dei punti fissi deve essere fatto con strumenti tali da consentire le misure indicate nel paragrafo "Controllo della posizione del binario" con la precisione di ± 1 mm per quanto riguarda:

la distanza orizzontale dal punto fisso al bordo interno della rotaia più vicina;

la distanza verticale dal punto fisso alla quota della rotaia più vicina o della rotaia bassa;

la distanza orizzontale dei due punti fissi affacciati qualora la linea sia a doppio binario, (eventualmente completo di angolo fra la direzione dei due punti fissi e l'ortogonale all'asse del binario).

II.2.2 RETE DI INQUADRAMENTO

Qualora sia ritenuto necessario l'inquadramento della rete geodetica, si dovrà redigere un grafico in scala 1:25.000 della rete piano altimetrica dove dovranno essere riportati i punti trigonometrici IGM 95 ed i capisaldi delle linee di livellazione IGM esistenti ed utilizzabili, dopo aver provveduto a reperire i relativi elementi geodetici presso l'Istituto Geografico Militare di Firenze in numero non inferiore a 5.

Sono ammessi anche altri punti trigonometrici purché siano nelle medesime tolleranze dei vertici IGM 95 (planimetricamente) o dei capisaldi IGM (altimetricamente).

Dall'esame dei vertici di inquadramento reperiti e ripristinati si dovrà valutare se sono distribuiti in maniera sufficiente per il proseguo delle operazioni topografiche, se così non fosse dovranno essere istituiti dei nuovi punti per raggiungere una corretta densità preferibilmente utilizzando strumentazione GPS con i criteri e le modalità riportate nel paragrafo "Trilaterazione con sistema GPS".

Si deve tener conto che i risultati in termini di coordinate dovranno essere ottenuti su due rappresentazioni "Gauss-Boaga" e "Rettilinee".

Per quanto riguarda quest'ultima rappresentazione volendo adottare la proiezione conforme di Gauss i calcoli dovranno essere condotti con lo scopo di ottenere una minima deformazione totale data dalla combinazione di quella derivante dalla riduzione alla superficie di riferimento per effetto della quota e da quella lineare della rappresentazione; la massima deformazione tollerabile è di 10 mm al Km.

Per limitare queste deformazioni una ovvia soluzione è quella di suddividere la rete di inquadramento in blocchi baricentrici con limitata estensione in longitudine e la scelta di un piano medio che garantisca che non venga superato il valore sopra menzionato.

La rete di inquadramento dovrà essere progettata in maniera tale che le linee di base formino dei poligoni chiusi e la ridondanza delle misure sia superiore a due ed uniformemente distribuita.

Si deve tener presente che è necessario avere fra due blocchi consecutivi una zona di sovrapposizione ove siano presenti almeno due vertici intersvisibili fra loro per eventuali chiusure di poligonal, inoltre al fine di evitare errori è preferibile che la zona di sovrapposizione dei due blocchi sia realizzata dove la linea ferroviaria è in rettilineo e mai nelle zone in presenza di raccordi.

Eventuali deroghe dovranno essere giustificate e preventivamente approvate da ARST, fermo restando la massima deformazione tollerabile sopra indicata.

Gli elaborati di consegna sono quelli indicati al paragrafo "Trilaterazione con sistema GPS", con esclusione del grafico della rete piano-altimetrico, che deve essere redatto in scala 1:25.000 con base cartografica.

La quota altimetrica dei punti di nuova determinazione verrà ricavata con la livellazione di precisione come specificato nell'apposito paragrafo.

I calcoli di compensazione della rete così formata saranno condotti con metodi matematici

rigorosi e tenendo conto della teoria degli errori.

Di seguito vengono riportati sistemi di rilievi del binario, possono essere prese in considerazione altri sistemi migliorativi, purché preventivamente approvati da ARST.

II.2.2.1. INQUADRAMENTO DEL TRACCIATO FERROVIARIO

Per l'inquadramento della rete con rilevamento GPS in cui ricade il tracciato del binario è sufficiente allacciarsi ai punti trigonometrici IGM 95, o a quelli appositamente individuati, mentre per la livellazione si utilizzeranno i capisaldi di livellazione IGM interessanti il tratto di linea della rete di inquadramento, dopo aver provveduto a reperire i relativi elementi geodetici presso l'IGM di Firenze.

Per l'inquadramento del tracciato del binario si procederà secondo il criterio di seguito individuato:

- realizzazione di una rete rilevata con sistema GPS;
- realizzazione di una poligonale a lati corti;
- realizzazione di una livellazione di precisione;
- individuazione delle coordinate dei punti fissi su cui si appoggerà il tracciato stesso.

II.2.3. RETE GPS

Dopo la realizzazione della rete di inquadramento sempre che sia ritenuta necessaria, si procederà all'inquadramento del tracciato del binario di cui sopra partendo dalla trilaterazione con rilevamento satellitare GPS.

Questa ultima dovrà essere eseguita su estese che interessino circa 15-20 Km di linea ferroviaria e devono sovrapporsi in modo adeguato, ai blocchi precedenti di trilaterazioni G.P.S, in modo che:

- almeno due vertici intervisibili siano presenti su entrambi i blocchi contigui,
- il tracciato del binario nella zona di sovrapposizione di due blocchi contigui sia preferibilmente in rettilineo.

La rete GPS sarà eseguita in modo da permettere la realizzazione delle poligonali di raffittimento con la metodologia di poligonazione aperta ad estremi vincolati. Allo scopo i vertici GPS verranno materializzati in coppie di capisaldi, intervisibili tra di loro, tra le quali verranno realizzate le poligonali a lati corti.

I capisaldi della rete principale saranno ubicati in modo tale da consentire la più ampia visuale possibile.

Qualora difficoltà di materializzare sul terreno dei capisaldi comportino di adottare soluzioni alternative, queste dovranno essere preventivamente concordate con ARST.

La trilaterazione con sistema GPS sarà rilevata esclusivamente con minimo 2 (due)

ricevitori GPS a doppia frequenza, in assetto statico, rispettando le seguenti prescrizioni:

Dovrà essere evitata l'ubicazione dei vertici in zone ove siano presenti forti campi elettromagnetici o superfici riflettenti che potrebbero causare disturbi nella ricezione del segnale e fenomeni di "percorsi multipli".

Nel punto di stazione dovrà essere garantita l'assenza di ostacoli alla ricezione del segnale a partire da una elevazione minima di 15°.

I ricevitori dovranno acquisire contemporaneamente dati di codice e di fase provenienti da almeno 5 (cinque) satelliti (costellazione minimale) per un tempo non inferiore a 30 minuti per basi lunghe fino a 5 Km, a 60 minuti per basi lunghe fino a 10 Km, a 90 minuti per basi di lunghezza superiore a 10 Km il segnale potrà essere acquisito quando il satellite avrà raggiunto un angolo d'elevazione non inferiore a 15 gradi sessagesimali e con una velocità di registrazione di 15 secondi, le sessioni statiche devono essere effettuate con l'impiego di Antenna Choke-Ring o equivalente. La scelta delle costellazioni da utilizzare dovrà comunque essere ottimizzata anche in relazione agli ostacoli alla ricezione presenti nel sito. Tale finestra di osservazione dovrà essere preventivamente studiata in modo tale da evitare di eseguire la registrazione dei dati:

durante il passaggio di convogli ferroviari (se i vertici fossero situati sulla piattaforma ferroviaria);

mentre ci sono satelliti che entrano ed escono nel cielo della stazione GPS;

se il GDOP ha un valore superiore a 5 (cinque), valore che potrà essere superato solo in finestre temporali limitate nella sessione di misura, ma mai oltre 8 (otto);

se il rapporto segnale/rumore è inferiore a 40.

Deve essere compilato un idoneo libretto di campagna dove saranno annotati: Nome dell'Operatore, nome del punto, numero della sessione, ora di inizio e fine della misura, satelliti osservati, valori del GDOP e del segnale/rumore di ciascun satellite ogni volta che tali valori si modificano e tutte le problematiche emerse durante le misure.

Tutte le osservazioni che non rispetteranno dette prescrizioni andranno ripetute.

Il primo e l'ultimo vertice della trilaterazione a lati lunghi GPS dovranno essere collegati ai

2 (due) punti trigonometrici della rete IGM 95 più vicini. Le osservazioni di questi vertici principali dovranno essere eseguite sempre con le prescrizioni anzidette, ma con uno stazionamento più prolungato. Al fine di garantire la migliore precisione possibile detti stazionamenti avranno una durata non inferiore alle 2 (due) ore.

I dati rilevati da ciascun vertice saranno archiviati su supporto magnetico in apposite directory denominate NNNNGGGS dove NNNN rappresenta il numero del vertice, GGG è il giorno giuliano ed S è il numero della sessione della misura.

Ad esempio: il rilievo eseguito dal vertice 21 del giorno 20 giugno '98 nella 4^a sessione avrà come directory 00211714.

Al termine di ogni giorno lavorativo dovranno essere effettuate le operazioni di

archiviazione sopra descritte ed un'accurata verifica che i dati acquisiti rispettino le prescrizioni anzidette.

Tutte le osservazioni che non soddisfino tali requisiti andranno ripetute.

Al termine delle operazioni di campagna le linee di base andranno calcolate in maniera definitiva con i parametri di default del software di elaborazione dati della stessa casa costruttrice degli strumenti GPS utilizzati per il rilievo o con appropriato software universalmente conosciuto che dovrà evidenziare il valore di quei parametri che la casa costruttrice dei ricevitori pone come vincolo per l'accettabilità della misura e questi dovranno essere evidenziati in maniera esaustiva nella relazione allegata alla consegna.

Ciascuna linea di base, calcolata utilizzando come vertice di riferimento un punto IGM95 (o punto precedentemente calcolato da questo) e come vertice mobile il punto di cui si debbono

determinare le coordinate, sarà salvata solo se il calcolo delle ambiguità ha avuto successo con uno scarto quadratico medio dell'errore non superiore a 1 mm planimetricamente:

file testo nel formato RRRRMMMM.TXT dove RRRR rappresenta il numero del vertice di riferimento ed MMMM è il numero del vertice mobile di cui sono state calcolate le coordinate. Tale file deve contenere oltre ai parametri utilizzati per il calcolo anche tutte le informazioni utili per desumere il buon andamento del calcolo. In genere i programmi di elaborazione dati GPS consentono l'uscita di detto file come "logfile full";

file ASCII nel formato RRRRMMMM.ASC dove RRRR rappresenta il numero del vertice di riferimento ed MMMM è il numero del vertice mobile di cui sono state calcolate le coordinate. Tale file deve contenere oltre al vettore della linea di base anche la matrice di varianza covarianza;

risultato del calcolo nella banca dati del software di elaborazione.

Terminati i calcoli di tutte le linee di base sarà eseguita una compensazione ai minimi quadrati vincolando la trilaterazione a lati lunghi sui vertici IGM95. Da tale compensazione dovrà risultare che:

A) Le ellissi d'errore orizzontale per ciascun vertice, abbiano il semiasse maggiore non superiore a 6 mm altrimenti la misura andrà ripetuta.

B) Per l'errore di quota valgono le disposizioni impartite con la livellazione di precisione, per cui il rilevamento satellitare GPS dovrà essere sostituito con la livellazione di precisione essendo eccessivo l'errore determinato con detto sistema GPS.

La trasformazione dovrà avvenire esclusivamente con la rototraslazione classica a 7 parametri (formule di Molodensky o di Helmert) per il passaggio del sistema WGS84 a Gauss, mentre sarà utilizzata la procedura "interpolare" per il sistema topografico locale.

Il successivo calcolo in coordinate "rettilinee" dovrà tener presenti le indicazioni sopra descritte.

Al termine dei lavori di campagna dovranno essere compilati i seguenti elaborati:

Una relazione che descriva l'andamento delle operazioni di campagna, i problemi avuti durante l'elaborazione dei dati e le scelte seguite. La relazione dovrà essere accompagnata da uno schizzo planimetrico, in scala opportuna, che mostri l'andamento della trilaterazione ed i collegamenti eseguiti ai vertici IGM 95 e quant'altro necessario per una corretta interpretazione degli elaborati forniti;

CD-Rom o Floppy disk con i dati grezzi registrati in campagna i formato originale e interscambio;

Originale e 3 copie delle monografie dei vertici della trilaterazione rilevata con sistema GPS redatte secondo le prescrizioni previste e dei vertici della rete IGM 95 utilizzati sia per l'inquadramento della trilaterazione con sistema GPS sia per i calcoli di trasformazione delle coordinate;

Calcoli delle linee di base (base lines) della trilaterazione GPS su files sia in formato TXT che ASCII;

I calcoli sulla rappresentazione Gauss-Boaga;

Calcoli sulla rappresentazione "rettilinea";

Un grafico in scala idonea concertata con ARST con base cartografica della trilaterazione con sistema GPS;

Tutti gli elaborati andranno consegnati sia su supporto cartaceo in originale che informatico. I files (supporto informatico) se non diversamente concordato con ARST dovranno essere in formato DWG o DXF per rilievi, profili e planimetrie; mentre dovranno essere in formato doc o xls per le relazioni e per i tabulati, in formato JPG per elaborati fotografici.

Come già detto poiché le linee guida riguardano un sistema di rilievo e controllo del binario di tipo innovativo, possono essere prese in considerazione proposte migliorative nelle successive revisioni che devono essere preventivamente approvate da ARST.

II.2.4. POLIGONALE PLANIMETRICA A LATI CORTI

Per la poligonale planimetrica a lati corti, si prescrive che i vertici, (che potranno anche far parte della trilaterazione GPS), siano sempre ubicati sulla banchina della linea ferroviaria esistente salvo diverso avviso di ARST.

La distanza tra i vertici di detta poligonale dovrà essere contenuta entro 250 metri in relazione alla necessità di stabilire la visuale di ogni singolo vertice da quelli contigui e la misurazione dei punti fissi nelle tolleranze stabilite.

Le poligonali a lati corti verranno realizzate con la metodologia della poligonazione aperta ad estremi vincolati ed avranno lunghezza non superiore ai 2000 m. Tale procedimento di rilievo comporta la disponibilità di due punti di coordinate note tra di loro intervisibili ai due estremi della poligonale, in questo modo il primo e l'ultimo vertice della poligonale sono "appoggiati" a vertici trigonometrici noti.

Attraverso le coordinate dei primi due punti noti si calcola l'azimut di partenza, e con la tecnica del trasporto degli azimut si calcolano tutti gli altri azimut della poligonale. L'azimut dell'ultimo lato della poligonale è determinabile sia attraverso le coordinate note sia attraverso il trasporto degli azimut. Se la differenza tra i due valori è inferiore alla tolleranza angolare ammessa $\Delta\alpha$ si procede alla compensazione degli azimut.

Il rilievo angolare e delle distanze della poligonale dovrà essere eseguito con il metodo delle osservazioni a strati e si consiglia di eseguire da ogni stazione almeno 4 strati di lettura in dritto e capovolto.

I vari strati forniranno degli angoli che, per essere mediabili, non dovranno presentare uno scarto superiore a $10''$.

Le osservazioni che superino tale valore andranno ripetute.

La poligonale dovrà essere eseguita con equipaggiamento di poligonazione forzata, sia per la stazione indietro che per quella avanti.

Le tolleranze di chiusura di ciascuna poligonale a lati corti sui rispettivi vertici della rete GPS, devono essere contenute nei seguenti valori, prima di procedere alla eventuale compensazione:

$$\Delta\alpha = \pm 0'',001\sqrt{n}$$

$$\Delta l = 0,00015\sqrt{\sum l} + 0,000005 \sum l + 0,0025$$

dove n è il numero dei vertici, $\sum \alpha$ è espresso in gradi centesimali e l è la lunghezza dei lati espressa in metri.

Le coordinate dei vertici dovranno essere fornite nel doppio sistema: Gauss-Boaga e locale.

Dai vertici della poligonale saranno determinati, per intersezione in avanti, su richiesta di ARST alcuni particolari punti caratteristici all'intorno della linea ferroviaria di cui sarà redatta la relativa monografia.

Ogni tratto di poligonale a lati corti dovrà essere realizzato sempre tra 2 (due) coppie di vertici contigui del rilevamento satellitare GPS, tale poligonale a lati corti dovrà essere compensata in appoggio a detti vertici previa verifica che gli errori di chiusura rientrino nei limiti delle tolleranze ammesse.

Una volta ultimate le operazioni della poligonale di precisione plano-altimetrica a lati corti dovranno essere compilati i seguenti elaborati:

elenco dei vertici della poligonale che, dovrà contenere, per ciascun vertice: coordinate rettilinee e Gauss Boaga; quota dei vertici rilevati con livellazione di precisione; progressiva di linea alla quale è ubicato; lato (DX o SX) al quale si trova rispetto ai binari, e distanza dall'asse;

calcoli della poligonale per la determinazione delle coordinate rettilinee e Gauss Boaga;

calcoli relativi alle chiusure di controllo;

grafico della poligonale in scala 1:2000, con l'indicazione dei collegamenti con i

trigonometrici IGM, dei capisaldi posti in opera, dei limiti e dei numeri delle tavolette entro le quali si sviluppa la poligonale;

prospetto contenente gli elementi della poligonale (distanze, angoli al vertice, angoli di direzione, coordinate e quote con l'indicazione, per i vertici ubicati sulla sede ferroviaria, della quota del piano ferro in corrispondenza dei medesimi);

relazione sui criteri adottati per l'esecuzione dei rilievi, sui criteri usati per i calcoli e per le chiusure di controllo, nonché sulle eventuali difficoltà incontrate e sulle disposizioni impartite per eliminarle o superarle. Detta relazione conterrà anche considerazioni sui risultati raggiunti in modo particolare per quanto riguarda la precisione ottenuta.

Tutti gli elaborati andranno consegnati sia su supporto cartaceo in originale che informatico. I files (supporto informatico) se non diversamente concordato con A R S T dovranno essere in formato DWG o DXF per rilievi, profili e planimetrie; mentre dovranno essere in formato doc o xls per le relazioni e per i tabulati, in formato JPG per elaborati fotografici.

La parte cartacea delle monografie, i calcoli ed il prospetto saranno rilegati a libretto di formato non superiore al formato A4, mentre la parte informatica dovrà essere costituita da schede in formato ACCESS.

II.2.5. LIVELLAZIONE DI PRECISIONE

La livellazione di precisione andrà effettuata partendo dai capisaldi di livellazione IGM i cui elementi geodetici siano stati reperiti dall'I.G.M. di Firenze e previa verifica di affidabilità degli stessi.

Essa sarà realizzata sulla rete GPS e sulla poligonale a lati corti (che come detto ha lati contenuti entro 250 m), utilizzandone i vertici che diventeranno capisaldi della livellazione stessa.

Anche la quota dei Punti Fissi dovrà essere determinata mediante livellazione di precisione con collegamento ai capisaldi di livellazione, allo scopo sarà adottata una stadia adeguata per il rilievo di detti punti, per i quali è ammesso un errore di tolleranza massimo verticale di ± 1 mm su un campo di misura contenuto in 250 m interessante due capisaldi contigui.

La livellazione di precisione, sarà condotta con il metodo della livellazione geometrica con battute dal mezzo. In ogni stazione il livello dovrà trovarsi ad uguale distanza dalle due stadie, con approssimazione non superiore al metro, e la distanza tra lo strumento e la stadia non dovrà superare i 50 metri.

La misura del dislivello da caposaldo iniziale a caposaldo finale dovrà essere eseguita in andata e ritorno in ore e giorni diversi. In ogni caso bisognerà evitare le ore calde o di foschia e le visuali radenti.

La discordanza tra il dislivello misurato in andata e quello di ritorno, tra un caposaldo iniziale e finale, non dovrà superare la tolleranza di $\text{mm } 3\sqrt{D}$, dove D è la distanza espressa in km.

Nel caso che detta discordanza risultasse superiore si dovrà ripetere la livellazione.

Qualora lungo il percorso della livellazione si trovassero più capisaldi IGM, la livellazione si svilupperà tra ciascuna coppia di capisaldi.

Comunque, la tolleranza tra caposaldo iniziale e finale di tutta la livellazione, dovrà essere contenuta nel limite anzidetto.

Quando la linea di livellazione si chiude a formare un poligono di D chilometri, l'errore di chiusura (ovvero il risultato che si ottiene sommando le medie tra andata e ritorno dei dislivelli misurati sui tratti successivi della linea) deve essere non superiore a $mm \quad 1,75\sqrt{D}$, dove D è il percorso totale espresso in km.

Prima di collegare la livellazione con un caposaldo dell'IGM è fatto obbligo di assicurarsi che la quota dei caposaldo sia rimasta invariata nel tempo.

I risultati di detti controlli saranno esposti in una breve relazione che verrà inviata a ARST appena terminato il lavoro di campagna.

La livellazione geometrica di precisione può essere eseguita sia per la realizzazione di nuove linee di livellazione sia per la rideterminazione di linee esistenti.

Una volta ultimate le operazioni della livellazione di precisione dovranno essere compilati i seguenti elaborati:

relazione esplicativa sui criteri adottati e la precisione raggiunta;

schema su carta topografica in scala 1:25.000 con l'ubicazione dei capisaldi IGM di attacco e del percorso della linea di livellazione (in due copie) e in scala 1:1000/1:2000 qualora richiesto da ARST per avere elementi di dettaglio;

monografie dei capisaldi IGM ai quali è stata riferita la livellazione nonché di tutti gli altri ricadenti nel tratto interessato dai rilievi;

monografie dei capisaldi di livellazione e di eventuali capisaldi messi in opera lungo il percorso tra caposaldo IGM caposaldo da collegare, eseguite accuratamente come previsto per i vertici della poligonale;

riepilogo di ogni linea di livellazione eseguita, con i dislivelli di campagna (andata, ritorno e media) e le distanze di ogni singola battuta;

calcoli di compensazione per la determinazione della quote;

prospetto con le quote e le coordinate dei vertici della poligonale e dei capisaldi di livellazione nonché compresi i relativi calcoli.

Tutti gli elaborati andranno consegnati sia su supporto cartaceo in originale che informatico. I files (supporto informatico) se non diversamente concordato con ARST dovranno essere in formato DWG o DXF per rilievi, profili e planimetrie; mentre dovranno essere in formato doc o xls per le relazioni e per i tabulati, in formato JPG per elaborati fotografici.

La parte cartacea delle monografie, i calcoli ed il prospetto saranno rilegati a libretto di formato non superiore al formato A4, mentre la parte informatica dovrà essere costituita da schede in

formato ACCESS.

II.2.6. RILIEVO TOPOGRAFICO DEI PUNTI FISSI APPOGGIATI ALLA POLIGONALE A LATI CORTI

Il punto fisso “P” convenzionalmente è individuato dall’intersezione dell’asse del perno, che deve essere necessariamente posto orizzontalmente, e il piano ad esso normale posto a 60,5 mm dalla testa del perno .

Tale punto di intersezione deve coincidere con il punto di misura del prisma che costituisce la mira ottica accoppiata al perno.

Pertanto non sono ammesse mire ottiche i cui prismi abbiano punti di collimazione che non coincidono con il punto fisso (come sopra determinato), al fine di evitare calcoli per rideterminarne la sua posizione.

Premesso quanto sopra il rilievo topografico dei punti fissi dovrà essere eseguito facendo stazione dai vertici della poligonale a lati corti, che costituiscono anche i capisaldi della livellazione di precisione.

Per quanto riguarda il rilievo dei punti fissi di norma si procederà come segue:

ogni punto fisso dovrà essere rilevato almeno da 2 (due) vertici contigui distanti circa 250 m dalla poligonale a lati corti, con strumento topografico a stazione totale;

ogni punto fisso sarà misurato da ogni vertice almeno 2 volte in dritto e capovolto per tutti i valori angolari e di distanza;

andranno rilevati in modo diretto la distanza di due punti fissi affacciati completi dell’angolo del piano normale al tracciato.

Il rilievo altimetrico del punto fisso sarà eseguito come indicato nel paragrafo “livellazione di precisione “.

I punti fissi battuti da due vertici/capisaldi contigui o affacciati nel caso di linee a doppio binario della poligonale a lati corti, dovranno avere scarti quadratici medi inferiori a:

+/- 3 mm sul piano orizzontale nelle direzioni X e Y tra loro ortogonali;

+/- 2 mm nella direzione verticale.

Qualora non si raggiungessero i valori delle tolleranze sopra descritti, o il punto fisso venisse accidentalmente spostato, andando fuori tolleranza, si dovrà procedere a un nuovo rilievo con la procedura precedentemente descritta, e mai a “stazionamento libero” e andranno rielaborati gli elaborati progettuali di cui al punto II.3.

Metodi diversi di rilievo possono essere accettati previa preventiva approvazione di ARST purché vengano rispettate le tolleranze di posizionamento finale del binario.

La materializzazione del punto fisso dovrà essere individuata in coordinate cartesiane oltre che delle coordinate curvilinee.

Esso consente di effettuare:

lo stazionamento libero dello strumento topografico per il rilevamento su base assoluta della geometria del binario (sia per la progettazione che per il controllo del binario;

il rilievo puntuale della posizione del binario relativamente alla sezione trasversale comprendente il punto fisso (limitatamente ad un controllo puntuale del binario;

il rilievo in continuo della posizione del binario con macchine di registrazione operanti direttamente sullo stesso.

II.2.7 RILIEVO PLANOALTIMETRICO DEL BINARIO PER IL PROGETTO DEL TRACCIATO.

II.2.7.1. RILIEVO DELLA GEOMETRIA DEL BINARIO PER LA PROGETTAZIONE DEL TRACCIATO IN OCCASIONE DEI LAVORI DI RIQUALIFICAZIONE.

Tale rilievo andrà eseguito sui binari esistenti oggetto dei lavori di riqualificazione con le modalità appresso specificate.

L'errore di posizionamento della stazione totale deve essere minimo, e per individuare detta posizione, si provvederà con la tecnica dello stazionamento fisso su un caposaldo della poligonale, riguardando i capisaldi adiacenti per la determinazione della quota e dell'azimut.

Una volta determinata la posizione dalla stazione si procederà alla verifica della sua precisione collimando un caposaldo; la differenza tra le coordinate misurate e le coordinate note per il punto non dovrà superare i 3 mm in planimetria e 2 in altimetria.

Durante tale operazione si deve procedere a tracciare un punto fisso ben visibile posto alla maggiore distanza nello schema di rilevamento utilizzato per l'orientamento della direzione.

Su questo punto si regolerà un angolo orizzontale semplice da memorizzare per i controlli successivi.

Dopo ogni passaggio del treno e prima di spostare lo strumento dalla stazione fissa si dovrà verificare che la posizione dello strumento stesso sia rimasta invariata, al fine di garantire il rilievo della posizione del binario nelle tolleranze di posizione prescritte.

Tutte le operazioni eseguite a "stazionamento fisso" andranno registrate.

Per la progettazione del tracciato si dovrà procedere al rilievo della sede ferroviaria come appresso specificato:

- rilievo della geometria del binario attuale:

ogni 10 metri in curva ed in corrispondenza delle gallerie, dei marciapiedi e di altre opere d'arte sulla rotaia bassa e sulla rotaia alta;

ogni 30 metri in retta per entrambe le rotaie;

in corrispondenza dei punti caratteristici dei deviatori (giunzioni di uscita e di ingresso degli scambi);

- rilievo dell'intera sezione trasversale della sede ferroviaria ogni 50 m ed ogni 20 metri in corrispondenza di opere d'arte come gallerie, cavalcavia e opere d'arte minori presenti lungo linea per la verifica della transitabilità delle sagome;

- rilievo topografico particolareggiato in corrispondenza dei PL eseguito al fine di acquisire tutte le informazioni topografiche atte a determinare l'andamento, i limiti della strada, la presenza di canalette e segnali;

- rilievo topografico particolareggiato di stazioni e fermate interessando i binari esterni a quelli di corretto tracciato, marciapiedi, banchine, attraversamenti, pali, paline, fabbricati, quote di accesso agli stessi, pensiline, recinzioni, scale e rampe, parcheggi, tombini ed ogni altro elemento presente rilevante ai fini progettuali.

Comunque il rilievo del binario con la stazione totale dovrà essere con passo più fitto, a cavallo delle zone di transizione di inizio e fine raccordo o inizio e fine di due curve e nelle zone dei deviatoi, o secondo le disposizioni impartite da ARST qualora ciò fosse ritenuto necessario.

Dovrà essere consegnata a ARST per la successiva progettazione del tracciato una tabella dei rilievi, in coordinate cartesiane su base assoluta, dei rilievi di sede stazioni e PL effettuati e dei punti in asse al binario eseguiti:

- ogni 10 m in curva e sui raccordi, in corrispondenza delle gallerie, dei marciapiedi e di altre opere d'arte (cavalcavia, muri ecc. che si trovano a distanza ridotta dalla rotaia esterna);

- in corrispondenza dei punti geometrici caratteristici dei deviatoi quali il centro geometrico, (rappresentato dal vertice della curva del ramo deviato del deviatoio), e le giunzioni di ingresso e di uscita degli scambi (sia sul corretto tracciato che in deviata), sempre riferiti all'asse del tracciato del binario.

II.2.7.2. RILIEVO DELLA GEOMETRIA DEL BINARIO A “STAZIONAMENTO LIBERO” PER LA OTTIMIZZAZIONE DEL TRACCIATO ESISTENTE.

Tale rilievo andrà eseguito sia su binari esistenti ad esempio prima della rincalzatura, sia su binari nuovi come nel caso di nuove costruzioni o di rinnovamento con le modalità appresso specificate.

Il rilievo planoaltimetrico della geometria del binario su base assoluta, riferito ai punti fissi, deve essere eseguito con stazione totale topografica per mezzo dello “stazionamento libero”.

Ciò consente di progettare il tracciato correttamente mediante apposito programma informatico, minimizzando gli spostamenti della posizione del binario esistente, tenendo conto degli ostacoli presenti lungo linea e dell'intervista di progetto per linee a doppio binario (non inferiore a 2,12 m per linee tradizionali) e nel rispetto delle norme per la corretta progettazione dei tracciati ferroviari.

Qualora la linea sia a doppio binario, tale rilievo andrà eseguito per ciascun binario. Per

“stazionamento libero” si intende la tecnica che individua la posizione dello strumento topografico a stazione totale su base assoluta in coordinate cartesiane, utilizzando le letture angolari e di distanza verso i punti fissi aventi coordinate note.

Come prima operazione si posizionerà la stazione totale fuori del binario rilievo “off track” ponendola baricentrica rispetto ai punti del tracciato da rilevare, i quali non devono essere ad una distanza superiore a 240 m circa, sempreché non ci siano problemi di visibilità, altrimenti va ridotto il campo di misura; quindi si procederà ad individuare la posizione della stazione totale come precedentemente detto, facendo in modo che sia sempre nell’intorno della stessa progressiva con tolleranza di +/- 15 m.

Il passo tra due stazioni libere contigue non deve essere superiore a 400 m circa, fermo restando che tale passo va ridotto qualora si usino strumentazioni meno precise (solo dietro preventiva autorizzazione di ARST), comunque devono sempre garantire le tolleranze di posizione del binario richieste da ARST.

Il tratto di binario rilevato dovrà avere una estensione maggiore rispetto al passo delle stazioni libere pari a 25 m circa in più da ciascuna estremità del tratto interessato da dette stazioni (cioè 450m circa), al fine di garantire la lettura della geometria del binario da due stazioni libere contigue in una zona di sovrapposizione di 50 m circa su 400 m.

L’errore di posizionamento della stazione totale deve essere minimo, e per individuare detta posizione, si provvederà con la tecnica dello “stazionamento libero” collimando almeno sei punti fissi, sui quali saranno posizionati i prismi ottici, escludendo quelli posti a distanza minore di 20m.

Lo “stazionamento libero” avrà una duplice funzione:

- verificare l’affidabilità dei punti fissi;
- calcolare la posizione e l’orientamento della stazione.

Una volta rilevati i punti fissi con la stazione totale si procederà come segue:

In una prima fase andrà eseguito il calcolo delle coordinate dei punti fissi rilevati usando tutte le letture angolari e di distanza in un sistema di riferimento arbitrario; il rilievo verrà quindi traslato in XYZ e ruotato attorno all’asse Z in modo rigido, minimizzando ai minimi quadrati gli scarti delle coordinate rilevate rispetto alle coordinate note.

I punti fissi che presentino scarti in X o Y superiori a 5 mm o in Z superiori a 3 mm andranno scartati.

In seconda fase andrà eseguito il medesimo calcolo utilizzando i soli punti fissi accettabili. Dovranno comunque essere utilizzati almeno quattro punti disposti in modo omogeneo rispetto alla stazione.

La deviazione standard finale non dovrà superare i 3 mm in planimetria e 2 in altimetria.

Durante tale operazione si deve procedere a traguardare un punto fisso ben visibile posto alla maggiore distanza nello schema di rilevamento utilizzato per l’orientamento della direzione.

Su questo punto si regolerà un angolo orizzontale semplice da memorizzare per i controlli successivi.

Dopo ogni passaggio del treno e prima di spostare lo strumento dalla stazione libera si dovrà verificare che la posizione dello strumento stesso sia rimasta invariata, al fine di garantire il rilievo della posizione del binario nelle tolleranze di posizione prescritte.

Tutte le operazioni eseguite a “stazionamento libero” andranno registrate.

Per ottimizzare la posizione del tracciato si dovrà procedere prima al rilievo del binario lungo il suo asse in corrispondenza:

- dei punti fissi (pali e sospensioni T.E., con passo compreso tra i 30 e i 60m.);
- dei punti caratteristici dei deviatori (centro geometrico, individuato dal vertice della curva del ramo deviato, e delle giunzioni di ingresso e di uscita degli scambi sia su corretto tracciato che in deviata);
- ogni 10 m in curva e sui raccordi e in corrispondenza delle gallerie, dei marciapiedi e di altre opere d'arte (cavalcavia , muri ecc.) che si trovano a distanza ridotta dalla rotaia esterna, il passo si riduce a 5 metri se si usa il rilievo anche per correggere il tracciato.

Comunque il rilievo del binario con la stazione totale dovrà essere con passo più fitto, a cavallo delle zone di transizione di inizio e fine raccordo o inizio e fine di due curve e nelle zone dei deviatori, o secondo le disposizioni impartite da ARST qualora ciò fosse ritenuto necessario.

Nella zona di 50 m di sovrapposizione del rilievo del binario su una base di 400 m rilevati, è ammesso, prima di procedere al calcolo della media, un errore di 5 mm in orizzontale e 3 mm in verticale, mentre nel restante tratto di 350 m su 400 m, deve essere garantita la massima precisione di sistema con una deviazione standard non superiore a 3 mm in planimetria e a 2 mm in altimetria.

Le misure dello scartamento, sopraelevazione, interasse e tra i due punti fissi interfacciati per linee a doppio binario, dovranno avere tolleranza massima di 1 mm.

Per le modalità di rilievo ed elaborazione dati si precisa quanto segue:

Per la progettazione del tracciato i rilievi dei Punti Fissi e del binario devono essere eseguiti esclusivamente mediante il sistema della stazione totale (fuori binario) e carrellino o supporto che traguarda le due rotaie o altri supporti come indicato al par. II.2.1.2 (rilievo “off track”), con la tecnica dello stazionamento libero; carrellino e supporti da porre sul binario devono essere facilmente deragliabili.

Dovranno essere consegnati a ARST per ciascun binario (qualora la linea sia a doppio binario) i seguenti elaborati per la successiva progettazione del tracciato:

A.1) Tabella dei rilievi, in coordinate cartesiane su base assoluta, dei punti fissi (pali e sospensioni T.E., con passo compreso tra i 30 e i 60m.);e della distanza tra i due punti fissi affacciati per linee a doppio binario (eventualmente completo di angolo tra la direzione dei due punti

fissi e il piano ortogonale all'asse del binario);

- A.2) Tabella dei rilievi, in coordinate cartesiane su base assoluta, dei punti in asse al binario eseguiti:

- ogni 10 m in curva e sui raccordi, in corrispondenza delle gallerie, dei marciapiedi e di altre opere d'arte (cavalcavia, muri ecc. che si trovano a distanza ridotta dalla rotaia esterna), oppure ogni 5 metri se si usano i rilievi anche per il controllo del binario alle condizioni appresso specificate,
- in corrispondenza dei punti fissi (nella sezione ortogonale al binario),
- in corrispondenza dei punti geometrici caratteristici dei deviatoi quali il centro geometrico, (rappresentato dal vertice della curva del ramo deviato del deviatoio), e le giunzioni di ingresso e di uscita degli scambi (sia sul corretto tracciato che in deviata), sempre riferiti all'asse del tracciato del binario.

Per ogni punto rilevato devono essere riportati nella tabella: i rilievi delle quote della rotaia bassa, della rotaia più vicina al punto fisso e dell'asse del binario (nella sezione ortogonale all'asse binario del punto rilevato), nonché il valore della sopraelevazione, dello scartamento e dell'interasse.

Qualora si intendano utilizzare i rilievi della posizione del binario, con la stazione totale, oltre che per la progettazione, anche per posizionarlo sul tracciato di progetto è fondamentale rispettare le seguenti condizioni:

- Dal momento del rilievo al momento di posizionamento su tracciato di progetto non devono essere accaduti fatti che ne abbiano modificato la posizione altrimenti il rilievo non è assolutamente accettabile e va ripetuto, in relazione a ciò andrà scelto il metodo più idoneo per rilevare il binario se con sistema "on track" oppure "off track" come meglio specificato nei paragrafi seguenti.
- Il rilievo per posizionare il binario su tracciato di progetto va fatto sul binario preesistente se è questo che deve essere corretto come nel caso della rinalzatura, mentre nel caso di rinnovamento del binario, o di nuove costruzioni, tale rilievo va fatto esclusivamente sul nuovo binario posato e mai su quello vecchio che andrà eliminato.

Premesso quanto sopra il rilievo va implementato prevedendolo ogni 5 metri sia in retta che in curva oltre che negli altri punti indicati precedentemente.

Il sistema di rilievo con stazione totale può essere utilizzato anche per eseguire la "verifica finale" della posizione del binario dopo la correzione del tracciato mediante le macchine operatrici (rinalzatrici), con la consegna degli elaborati precedentemente indicati per il rilievo.

I parametri geometrici del tracciato del binario rilevati con la stazione totale, comprensivi di sopraelevazione, dello scartamento e del rilievo dei punti fissi e della distanza tra due punti fissi affacciati per linee a doppio binario, andranno riportati su appositi tabulati sia su carta che su supporto

informatico in formato ASCII, o altro formato indicato da ARST.

Tale supporto informatico di acquisizione dati deve interfacciarsi con quello dei computer di bordo di macchine operatrici (come rinalzatrici, ecc.) aventi la guida automatica per posizionare il binario sul tracciato di progetto.

II.2.8 RILIEVO DEGLI OSTACOLI LUNGO LINEA PER TRANSITABILITA' DELLE SAGOME.

Il rilievo dell'intera sezione trasversale della sede ferroviaria in presenza di opere d'arte come gallerie, cavalcavia e opere d'arte minori presenti lungo linea, sia a semplice che a doppio binario, dovrà essere eseguito con apparecchiatura di elevata precisione, completo dell'arredo tecnologico (segnali, linea di contatto, ecc.) e della eventuale posizione piano altimetrica della coppia dei punti fissi (per le linee a doppio binario completa della loro distanza reciproca) o del singolo punto fisso (se linee a semplice binario), con tolleranze massime di rilievo rispetto a detti punti fissi di +/- 1 centimetro ad esclusione della posizione del binario nella sezione rilevata (completa di sopraelevazione, scartamento e intervallia) che dovrà avere le tolleranze indicate nel paragrafo **“II.2.7** Rilievo planoaltimetrico del binario ...”. Tale rilievo andrà eseguito con riferimento ad un sistema di assi cartesiani verticali e orizzontali ortogonali all'asse del binario.

E' preferibile che il rilievo degli ostacoli avvenga in continuo secondo le prescrizioni di ARST.

Qualora ciò non sia possibile e non vi siano situazioni particolari dovute alla irregolarità delle sezioni di intradosso delle gallerie o cavalcavia (per cui occorre eseguire rilievi di sezioni raffittite), si possono eseguire rilievi almeno ogni 20-30 metri su tratti di linea in retta riducendoli ad almeno 20 metri per curve con raggi fino a di 2000 m e almeno ogni 10 metri per raggi minori, facendo in modo che vengano rilevate tutte le sezioni in cui sono presenti i punti fissi.

Una volta elaborati i rilievi su un determinato tratto di linea dovrà essere verificata mediante apposito programma, da mettere a disposizione di ARST, la transitabilità del PMO della sagoma o delle sagome che si intendono far transitare sulla linea per evitare interferenze con gli ostacoli rilevati (gallerie, cavalcavia e altre opere d'arte) mettendo in conto anche la tolleranza del rilievo.

Il programma che fornisce la transitabilità della sagoma deve determinare anche i margini o le eventuali interferenze tra il profilo di intradosso delle gallerie o dei cavalcavia e il PMO della sagoma di transito adottata, tenendo conto anche delle tolleranze del rilievo, su entrambi i lati del rivestimento della galleria, sia su supporto magnetico che cartaceo, in forma grafica e numerica stabilita da ARST.

Qualora i rilievi siano discontinui (cioè si eseguono in sezioni puntuali del tracciato anche se con un passo più o meno ampio), è necessario però eseguire la verifica di transitabilità in “continuo” lungo linea con carrelli montanti il PMO della sagoma adottata , maggiorato della tolleranza del rilievo e dei margini per la manutenzione del binario per verificare la compatibilità

con gli ostacoli presenti tra le sezioni rilevate.

Quando si devono eseguire rilievi che riguardano l'intera sezione della sede ferroviaria, come nel caso di gallerie o cavalcavia, il rilievo dovrà interessare l'intero profilo d'intradosso, che nel caso della galleria deve partire dalla base di un piedritto fino ad arrivare alla base del piedritto opposto escludendo la massicciata, comprendendo gli eventuali marciapiedi, la posizione dei punti fissi e del binario con le tolleranze prescritte.

La posizione e l'ingombro di ciascun segnale dovranno essere riportati nella sezione rilevata più prossima al segnale stesso, con l'indicazione della corrispondente progressiva.

Il rilievo della linea di contatto dovrà essere eseguito soltanto nelle sezioni in corrispondenza o in prossimità delle sospensioni.

Il rilievo della sezione di galleria o del cavalcavia deve riportare l'esatta posizione dei binari, completi della sopraelevazione, dello scartamento e, qualora la sede sia a doppio binario, dell'interasse, nonché dei raggi delle curve del tracciato in corrispondenza della sezione stessa.

Tali dati devono essere restituiti su supporto magnetico sia in forma grafica sia in forma numerica secondo il formato che sarà indicato da ARST.

Salvo diverso avviso la restituzione su supporto magnetico deve essere fornita su floppy disk o su cd-rom e avverrà, per tutti gli elaborati grafici, mediante files in formato DXF leggibili da Autocad o secondo le disposizioni di ARST.

Tutti i tipi di restituzione devono essere forniti anche su supporto cartaceo.

In particolare, per quanto riguarda la restituzione del rilievo delle sezioni delle gallerie e dei cavalcavia, ogni file dxf conterrà il rilievo di una sezione in cui verranno riportati, ciascuno su un piano di disegno diverso, i seguenti elementi:

- sezione della galleria o del cavalcavia;
- posizione del binario di riferimento sul quale è stato fatto il rilievo completo di scartamento e sopraelevazione, indicazione del piano ferro e del centro del binario stesso, nonché l'indicazione che trattasi del binario di riferimento su cui è stato eseguito il rilievo;
- posizione del binario adiacente a quello di riferimento completo di scartamento e sopraelevazione, indicazione del piano ferro e del centro del binario stesso, qualora la galleria sia a doppio binario;
- posizione della linea di contatto (solo dove rilevato), per entrambi i binari qualora trattasti di galleria a doppio binario;
- posizione ed ingombro di eventuali segnali riportati nella sezione più vicina ma con la progressiva reale;
- posizioni dei punti fissi individuati con un simbolo se presente nella sezione;
- nome della galleria, numero della sezione, progressiva in metri, numero della coppia dei

punti fissi per gallerie d.b., o dell'eventuale punto fisso per gallerie a s.b., sopraelevazione di ciascun binario, interasse, differenza di quota tra i due binari, raggio di curvatura del tracciato in corrispondenza della sezione. Inoltre i profili delle sezioni e tutti gli altri elementi rilevati dovranno essere rappresentati come se si percorressero tutte le gallerie sempre nella direzione di progressive crescenti, indipendentemente dalla direzione effettivamente seguita all'atto del rilievo stesso.

I dati numerici dovranno essere forniti sia su floppy disk o cd-rom, tramite file in formato ASCII, che su tabulato.

II.3. CONTROLLO DELLA POSIZIONE DEL BINARIO, RIPOSIZIONAMENTO SU TRACCIATO DI PROGETTO E VERIFICA FINALE.

Il controllo della posizione del binario dovrà eseguirsi con periodicità da definire a cura di ARST.

Tale controllo andrà fatto mediante il rilievo planoaltimetrico del binario su base assoluta appoggiato ai punti fissi riferito all'asse del binario per quanto riguarda il rilievo planimetrico e riferito alla rotaia bassa per quanto riguarda il rilievo altimetrico, da eseguirsi per mezzo di idonee attrezzature come appresso specificate.

I rilievi per la correzione del tracciato andranno eseguiti lungo il binario:

- ogni 5 metri;
- in corrispondenza dei punti fissi nella sezione ortogonale al binario;
- in corrispondenza dei punti geometrici caratteristici dei deviatori (centro geometrico e giunzione di ingresso e di uscita degli scambi).

Prima di eseguire i rilievi di controllo del binario devono essere rilevati i punti fissi a mezzo di stazione totale con stazionamento libero, come indicato al paragrafo II.2.7.1, per verificare se sono nelle tolleranze previste. E' consentita anche la verifica dei punti fissi se affacciati su una sede a doppio binario, mediante misura diretta, della loro distanza sempre che sia contenuta in un millimetro di tolleranza.

Confrontando i rilievi eseguiti sul binario esistente con i dati geometrici forniti dal tracciato di progetto ed in particolare dei "Piani delle picchettazioni" in coordinate curvilinee o cartesiane si determineranno le correzioni planimetriche e altimetriche del binario e della sopraelevazione mediante elaborazione di "Piani di correzione del binario" riferiti alle coordinate curvilinee, ovvero riferiti alle coordinate cartesiane.

Quindi in base ai criteri stabiliti da ARST (ad es. di transitabilità di sagoma, interasse, di tipologia della linea ferroviaria ecc.), la stessa deciderà se è necessario intervenire per riposizionare il binario secondo il tracciato di progetto.

Una volta posizionato il binario secondo il tracciato di progetto si procederà alla verifica

finale per constatare se effettivamente lo stesso sia stato posato secondo progetto con le tolleranze ammesse

In conclusione il controllo della posizione del binario dovrà essere eseguito:

- puntualmente in corrispondenza dei Punti Fissi (con passo tra 30 e 60 metri circa), posti affacciati (per linee a doppio binario) sui pali della trazione elettrica
- con passo ogni 5 metri lungo l'asse del binario, o mediante rilievo con stazione totale e target posto sul binario (sistema "off track"), oppure con passo di 5 metri o minore mediante macchine registratrici automotrici (sistema "on track").

Il piano di correzione del binario può essere elaborato come detto sia in coordinate curvilinee che i coordinate cartesiane e serve per determinare le correzioni planimetriche, altimetriche e di sopraelevazione da apportare al binario per riposizionarlo secondo progetto.

Facendo riferimento al piano delle correzioni utilizzabile dal personale di linea addetto al controllo o dalle macchine operatrici (rincalzatrici) su questo viene riportato oltre che il piano della picchettazione in coordinate curvilinee altre colonne indicanti:

- il rilievo della distanza orizzontale " d_r " della rotaia vicina da confrontare con quella di progetto " d_o ";
- il rilievo della distanza verticale " H_r " della rotaia bassa da confrontare con quello di progetto " H ";
- il rilievo della sopraelevazione da confrontare con quella di progetto;
- la correzione planimetrica del binario;
- la correzione altimetrica del binario;
- la correzione della sopraelevazione;

Per rilevare le distanze verticali e orizzontali è necessario realizzare una corda laser tra due punti "P" contigui (a 60,5 mm dall'estremità del perno) e quindi con idoneo strumento si prendono tali misure.

Volendo realizzare il piano delle correzioni del binario deve essere riportato oltre il piano di picchettazione in coordinate curvilinee anche altre colonne indicanti:

- il rilievo della distanza orizzontale " d_r " della rotaia vicina da confrontare con quella di progetto " d_o " in corrispondenza solo dei punti fissi "P";
- il rilievo della distanza verticale " H_r " della rotaia bassa da confrontare con quella di progetto " H " in corrispondenza solo dei punti fissi "P";
- il rilievo della freccia planimetrica (orizzontale) misurata sulla corda tesa tra la proiezione dei punti fissi "P" sulla rotaia medesima o in asse binario da confrontare con quella di progetto;
- il rilievo della freccia altimetrica (verticale) misurata sulla corda tesa tra la proiezione

dei punti fissi “P” sulla rotaia bassa in curva o sulla rotaia vicina a “P” in retta, da confrontare con quella di progetto;

- il rilievo della sopraelevazione da confrontare con quella di progetto;
- la correzione planimetrica del binario;
- la correzione altimetrica del binario;
- la correzione della sopraelevazione;

II.3.1. CONTROLLO MANUALE DELLA POSIZIONE DEL BINARIO IN CORRISPONDENZA DEI PUNTI FISSI E DEI PUNTI DI PENTAMETRAZIONE

Il controllo puntuale della posizione del binario in corrispondenza dei punti fissi, si eseguirà con uno strumento che misuri la posizione piano altimetrica del binario, mediante misure di distanze e di quote del binario rispetto a detti punti.

Il rilievo della posizione del binario in corrispondenza dei punti fissi convenzionalmente si misurerà per ciascun binario in un piano ortogonale al binario stesso e si dovrà misurare:

- la distanza orizzontale " d_0 " dal punto fisso al bordo interno della rotaia più vicina, posto a 14 mm sotto il piano del ferro, con la precisione del millimetro, nelle tabelle del “piano delle picchettazioni” deve essere inserito il valore di progetto della distanza, per evitare che chi rileva il binario debba fare dei calcoli;
- la distanza verticale “ H_0 ” tra il punto fisso e la rotaia più vicina e quella “ H ” riferita alla rotaia bassa (prendendo come piano di riferimento quello orizzontale tangente al fungo della rotaia (con la precisione del millimetro), tale misura verticale così effettuata va corretta, se si ricava facendo riferimento alla sopraelevazione,
- lo scartamento e la sopraelevazione del binario, con la precisione del millimetro,
- nel caso di linee a doppio binario l’interasse e la distanza di due punti fissi affacciati, con la precisione del millimetro, (eventualmente l’angolo tra la direzione dei punti fissi e il piano ortogonale al tracciato),

Poiché nel “piano delle picchettazioni” è riportata la posizione del punto fisso rispetto alla pentametrazione in asse al binario, è possibile eseguire manualmente il controllo della posizione del binario nei punti di pentametrazione anche mediante misure di frecce o di distanze della rotaia più vicina ai punti fissi, e confrontare i dati rilevati con quelli riportati nel “piano delle picchettazioni”.

Per una migliore comprensione del sistema innovativo da parte degli agenti addetti al controllo del binario, nella fase di prima applicazione il controllo del binario su base assoluta potrà effettuarsi manualmente mediante:

- misure di frecce su corde fisse, realizzate ad es. con puntatori tipo laser, comprese tra due punti fissi consecutivi posti in genere tra i 30 e i 60 metri con riferimento all’asse del binario, come riportato sul piano delle picchettazioni; tale criterio di lettura di frecce simula quello utilizzato dalle macchine rilevatrici dotate di carrello emettitore laser e carrello

ricevitore, il metodo mentre è efficace per tali macchine lo è meno per gli addetti al controllo che usano sistemi solo manuali,

- misure di distanze orizzontali e verticali della rotaia più vicina e di distanza verticale della rotaia bassa in corrispondenza dei punti fissi (come precedentemente indicato); dei punti di pentametrazione rispetto ad una corda realizzata tra due punti fissi consecutivi (cioè con emettitore e target posti come noto a 60,5 mm dalla testa del perno in asse); tali misure si ricavano anche mediante calcolo utilizzando le misure di posizione del binario in corrispondenza dei punti fissi e le misure delle frecce riferite alle corrispondenti corde fisse riferite all'asse del binario, anche tale metodo è poco pratico se si vogliono eseguire misure continue, ma è particolarmente efficace per avere delle verifiche puntuali, in qualsiasi punto del binario e non solo in corrispondenza dei punti fissi.

Con l'entrata a regime del rilievo del binario con strumenti di precisione automatizzati, resterà solo il rilievo manuale del binario in corrispondenza dei punti fissi, questo integrato con il rilievo delle macchine registratrici consente di effettuare il controllo del binario in continuo su base assoluta e di riposizionarlo sul tracciato di progetto mediante macchine rinalzatrici di tipo "intelligenti".

II.3.2. CONTROLLO DELLA POSIZIONE DEL BINARIO MEDIANTE RILIEVI "OFF TRACK" O "ON TRACK" CON PASSO 5 METRI

Il controllo della posizione del binario con passo almeno ogni 5 metri si può eseguire o con il sistema della stazione totale che opera fuori binario con target posti sul binario (sistema "off track") alle condizioni indicate nel paragrafo II.2.7.1., consegnando i relativi elaborati di correzione del tracciato per ciascun binario.

II.3.2.1. CONTROLLO DELLA POSIZIONE DEL BINARIO CON STAZIONE TOTALE E CARRELLINO (sistema "off track")

Il controllo della posizione del binario con il sistema stazione totale e target posti sul binario si deve effettuare alle condizioni indicate al paragrafo II.2.7.1. "Rilievo della geometria del binario..ecc..", fornendo gli elaborati di correzione del tipo 4.5 e 4.6 mediante rilievi con passo minimo di 5 metri sul binario da confrontare con quelli di progetto e determinando gli spostamenti che occorre dare al binario per riposizionarlo secondo progetto, tali spostamenti vanno forniti alle macchine operatrici (rinalzatrici) secondo un formato files leggibile.

II.3.3. VERIFICA FINALE DELLA POSIZIONE DEL BINARIO

Dopo aver posizionato il binario sul tracciato di progetto, cioè subito a seguire l'ultima operazione di rinalzatura-allineamento, si dovrà procedere alla "verifica finale" della geometria dello stesso, per cui il binario posato dovrà rientrare nelle seguenti tolleranze rispetto al tracciato di

progetto pari a:

- 15 mm nell'80% dei casi e di 20 mm nel 20% planimetricamente (per l'allineamento), riferito all'asse del binario su base assoluta;
- 15 mm altimetricamente (per il livellamento), riferito alla quota della rotaia bassa su base assoluta;
- inoltre, su base relativa la tolleranza deve essere la seguente:
 - 5 mm su base 5 m;
 - 15 mm se base 30 m;
 - 25 mm su base 60 m

Inoltre tutti gli altri parametri geometrici del binario dovranno rientrare nei valori che saranno stabiliti da ARST.

I rilievi minimi da eseguire nella “verifica finale” del binario dopo la sua correzione sono i seguenti:

rilievo puntuale del binario in corrispondenza delle proiezioni dei punti fissi nella sezione ortogonale all'asse del tracciato del binario, nonché dello scartamento, della sopraelevazione dell'interasse e della distanza dei due punti fissi affacciati se la linea è a doppio binario (eventualmente completo di angolo se non contenuti nel piano ortogonale al tracciato);

rilievo continuo con sistema di registrazione dei parametri della geometria del binario, idonea ad eseguire l'analisi dei diagrammi dei parametri registrati e a fornire l'indice di qualità del binario che sarà fornito da ARST;

I dati geometrici del binario sopra rilevati dovranno essere riportati sia su supporto cartaceo che informatico secondo i formati richiesti da ARST.

I dati geometrici del binario sopra rilevati dovranno essere riportati sia su supporto cartaceo che informatico secondo i formati richiesti da ARST.

In particolare i diagrammi dei parametri geometrici del binario dovranno riportare:

- la progressiva chilometrica
- l'allineamento / curvatura;
- il livello longitudinale;
- il livello trasversale (sopraelevazione);
- lo scartamento;
- lo sghembo.

La “verifica finale” del binario (dopo l'ultima rinalzatura del binario), dovrà essere eseguita con le stesse modalità previste nel paragrafo II.4.2 “Controllo della posizione del binario