



## Studio sull'evoluzione delle grandezze caratteristiche degli apparecchi del binario: applicazione dei nuovi indirizzi normativi di RFI

### *Experimental study on the evolution of geometric characteristics of switches and crossings: application of the new RFI standard directives*

Prof. Ing. Orazio BAGLIERI<sup>(\*)</sup>

Prof. Ing. Ezio SANTAGATA<sup>(\*)</sup>

Ing. Palma Zaira LATERZA<sup>(\*\*)</sup>

Ing. Stefano LISI<sup>(\*\*\*)</sup>

**Sommario** - L'articolo fornisce un resoconto dei risultati di un progetto di tesi di laurea consistente nell'applicazione del nuovo impianto normativo introdotto da RFI sul controllo delle grandezze caratteristiche degli apparecchi del binario. Detto impianto utilizza la logica dei "livelli di qualità" già adottata per il controllo dei parametri geometrici del binario corrente. L'obiettivo dello studio è stato valutare, su base empirica, l'evoluzione delle quote caratteristiche di differenti tipologie di scambi in termini di componentistica e piani di posa, nonché confrontare i risultati rispetto alle normative ancora vigenti al momento dell'analisi. I risultati ottenuti, pur tenuto conto del campione e del tempo di osservazione, forniscono comunque indicazioni per una manutenzione efficiente basata su frequenze di controllo mirate in considerazione dell'evoluzione dei difetti.

#### 1. Introduzione

Il mantenimento in efficienza dell'infrastruttura ferroviaria necessita del contributo sistemico di diverse componenti quali la conoscenza tecnica dell'interazione con il materiale rotabile e delle cause di degrado, la predisposizione di un adeguato impianto normativo atto a prevenire o limitare tale degrado, il controllo, il monitoraggio e l'analisi dei dati di rilievo e la conseguente pianificazione e progettazione degli interventi di manutenzione del binario.

La manutenzione dei vari elementi che costituiscono la sovrastruttura, in particolare, svolge un ruolo fondamentale per garantire la sicurezza e la regolarità dell'esercizio

**Summary** - The article provides an overview of the results of a thesis about the application of the new regulatory framework introduced by RFI on the control of the geometric characteristics of switches and crossings. This Standard follows the logic of the "quality levels" already adopted for the evaluation of the geometric parameters on the plain line. The aim of the study was to evaluate, by an empirical method, the evolution of the measured values of a wide set of switches and crossings, selected on the base of components and layouts, and to compare the results with the regulations still in use during the analysis. The results obtained, taking into account the sample and the time of observation, still provide useful information for an efficient maintenance policy based on control frequencies depending on the evolution of the defects.

#### 1. Introduction

Efficient preservation of railway tracks can be achieved by means of the contributions of several components which include: technical knowledge of wheel-rail interaction and of deterioration causes; development of standards for the prevention or limitation of such phenomena; surveying, monitoring and analysis of field experimental data; planning and design of track maintenance works.

Maintenance of the various track components is of paramount importance in order to guarantee safe and reliable railway operations. In such a context, special atten-

<sup>(\*)</sup> Politecnico di Torino, DIATI - Dipartimento di Ingegneria dell'Ambiente, del Territorio e delle Infrastrutture.

<sup>(\*\*)</sup> Rete Ferroviaria Italiana S.p.A., Direzione Produzione.

<sup>(\*\*\*)</sup> Rete Ferroviaria Italiana S.p.A., Direzione Tecnica.

<sup>(\*)</sup> Polytechnic University of Turin - Department of Environment, Land and Infrastructure Engineering DIATI.

<sup>(\*\*)</sup> Rete Ferroviaria Italiana S.p.A., Production Department.

<sup>(\*\*\*)</sup> Rete Ferroviaria Italiana S.p.A., Technical Department.

## SCIENZA E TECNICA

ferroviario. A tal riguardo, particolarmente critici per la sicurezza e il comfort degli utenti sono gli apparecchi del binario, in quanto elementi di guida per la realizzazione dei diversi itinerari e sede di spazi critici ("nocivi").

Per il controllo della corretta geometria e funzionalità degli apparecchi del binario sono state definite, dalle norme ferroviarie nazionali ed europee, alcune "quote caratteristiche". Dette quote devono essere monitorate utilizzando strumenti di rilievo idonei e secondo frequenze prestabilite, consone al tipo di degrado ed alle esigenze manutentive, verificando che non superino determinati valori limite.

In tale contesto, la comprensione delle modalità di evoluzione delle grandezze caratteristiche degli apparecchi del binario può costituire un valido strumento a supporto della pianificazione della manutenzione, anche attraverso lo sviluppo di modelli previsionali calibrati su casi reali.

Lo studio riportato nel presente articolo si inserisce in questo ambito, con l'obiettivo di valutare, su base empirica, l'evoluzione delle quote caratteristiche degli apparecchi di binario, definendo nel contempo una metodologia di misura tecnicamente valida e riproducibile. Lo spunto è stato fornito dall'emissione, a livello sperimentale, della nuova Istruzione Tecnica RFI TCAR IT AR 06 011 per il controllo delle grandezze caratteristiche degli apparecchi del binario [1]. Essa recepisce la Norma europea EN 13232-9 "European standard – Railway application – Track – Switches and crossings – Part 9: Layouts" [2].

I principali elementi di novità della suddetta Istruzione Tecnica riguardano l'introduzione di nuovi punti di misura per il controllo, la definizione di un nuovo approccio metodologico per l'analisi dei dati e le verifiche di idoneità, nonché l'utilizzo del calibro "FS 07" per il rilievo delle grandezze caratteristiche [3] in alternativa al dispositivo "FS 69U" [4, 5].

Nel corso delle attività di seguito descritte si è proceduto ad applicare in via sperimentale la nuova Istruzione Tecnica, valutando nel contempo le differenze rispetto alle indicazioni contenute nella Circolare N. 91 6.8 del 1966 [6] ancora in vigore al momento del presente studio. Con riferimento a questo punto, oggetto specifico di analisi sono stati:

- le nuove grandezze caratteristiche di controllo e i valori limite ammessi sugli scambi in esercizio;
- l'impatto conseguente alla loro introduzione in relazione agli aspetti manutentivi.

Dopo una breve disamina della nuova Istruzione Tecnica e del calibro FS 07, nelle parti che seguono vengono presentati i risultati ottenuti nel corso delle indagini con i relativi commenti.

Lo studio descritto è stato intrapreso nell'ambito di un tirocinio curriculare sponsorizzato dal Collegio Ingegneri Ferroviari Italiani (CIFI) e successivamente proseguito nell'ambito di una tesi di laurea magistrale svolta in collaborazione tra il Dipartimento di Ingegneria dell'Am-

*tion should be given to switches and crossings, which appear to be critical elements of the infrastructure due to their guidance function and to the presence of crossing gaps.*

*For the evaluation of the geometry and functionality of switches and crossings, technical standards issued both at the National and European level introduce a number of control parameters. These have to be monitored by means of adequate measuring instruments and at established frequencies in order to verify that the level of deterioration does not exceed pre-defined limiting values.*

*It is clear that a thorough understanding of the evolution of the characteristics of switches and crossings may provide the basis for the development of predictive models, calibrated on case studies, to be used as analytical tools for maintenance management purposes.*

*The study described in this paper addressed the topics outline above, with the following two goals: a) investigate the evolution of the geometric characteristics of a wide set of switches and crossings located on the Italian railway network and b) define a methodology for technically valid and reproducible field measurements. The study was initiated as a result of the release, in provisional form, of the new Standard RFI TCAR IT AR 06 011 for the control of the geometric characteristics of switches and crossings [1], in adoption of EN 13232-9 "European standard – Railway application – Track – Switches and crossings – Part 9: Layouts" [2]. Main innovations provided by the above-mentioned Standard are the introduction of new control measurement points, the definition of a novel approach for data analysis and acceptance verification, and the use of the "FS 07" gauge as a measuring tool [3] in substitution of the "FS 69U" device [4, 5].*

*In the experimental investigation the new provisional Standard was applied, also by comparing its contents and implications to those of Norm N. 91 6.8 [6], issued in 1966 and still in force at the time of the study. With respect to this point, specific tasks of the analysis were:*

- *new control parameters and corresponding limiting values;*
- *assessment of the impact of the introduction of the new Standard in relation to maintenance operations.*

*After a short presentation of the new Standard and of the FS 07 device, in the paper the main outcomes of the study are presented and discussed. Activities were carried out in the framework of an internship sponsored by CIFI (Collegio Ingegneri Ferroviari Italiani), followed by a Masters Thesis project developed in 2014 in cooperation between the Politecnico di Torino (Department of Environment, Land and Infrastructure Engineering, DIATI) and RFI (Direzione Territoriale Produzione, DTP, of Bari).*

## SCIENZA E TECNICA

biente, del Territorio e delle Infrastrutture (DIATI) del Politecnico di Torino e Rete Ferroviaria Italiana (RFI), Direzione Territoriale Produzione (DTP) di Bari nel 2014.

### 2. L'Istruzione Tecnica RFI TCAR IT AR 06 011 e il nuovo calibro FS 07

Seppur la già citata Circolare N. 91 6.8 del 1966 [6] abbia consentito per quasi mezzo secolo un corretto e ormai consolidato processo di mantenimento in efficienza degli apparecchi del binario, Rete Ferroviaria Italiana (RFI) ha inteso introdurre una nuova norma tecnica basata su un approccio più sistematico, strutturato ed efficiente. Tale approccio appare più consono ad una infrastruttura ferroviaria moderna assicurandone elevate prestazioni tecnico-economiche oltre che una omogeneizzazione dei comportamenti manutentivi tra i vari soggetti preposti a tali operazioni.

Vanno altresì considerate le nuove condizioni tecniche e organizzative di RFI rispetto al periodo di emissione della Circolare del 1966: gli attuali Impianti territoriali in cui è suddivisa la Rete hanno una giurisdizione più ampia, un numero ben più elevato di elementi da controllare, personale in numero più ridotto, traffico ferroviario più veloce ed intenso, con conseguente maggior cimento per l'infrastruttura e ridotti tempi di intervento. Di contro, tuttavia, si può disporre di conoscenze tecniche evolute e di strumenti di misura e gestionali più efficienti.

Il nuovo impianto normativo mira non solo alla ridefinizione del processo di controllo degli apparecchi del binario, ma fornisce altresì, sulla base dei dati riscontrati sul campo, indicazioni mirate sugli eventuali provvedimenti da adottare.

La nuova Istruzione Tecnica [1] estende i criteri di verifica già adottati per il controllo dei parametri geometrici e di dinamica di marcia del binario corrente [7] anche alle grandezze da misurare per il controllo degli apparecchi del binario. In particolare, essa prevede la definizione di valori ammessi in base alle fasi del ciclo di vita dello scambio, la suddivisione in "livelli di qualità" durante l'esercizio ferroviario, nonché la programmazione dei controlli in funzione della velocità di evoluzione delle grandezze caratteristiche tenendo conto delle condizioni locali.

Per quel che riguarda i valori ammessi, sono definiti:

- valori ammessi a seguito dei lavori di costruzione, sia ex novo sia di rinnovo;
- valori ammessi a seguito di revisione, ovvero a seguito delle operazioni di ripristino delle grandezze caratteristiche di un apparecchio del binario in esercizio al fine di ricondurne i valori a quelli nominali o, in subordine, all'interno dei limiti ammessi dai relativi "livelli di attenzione";
- valori ammessi in esercizio, entro i quali si svolge la normale vita tecnica dell'apparecchio del binario senza comportare vincoli operativi. A tal riguardo, sono individuati in successione i seguenti livelli di qualità:

### 2. New Standard RFI TCAR IT AR 06 011 and FS07 gauge

*Although application of Norm N.91 6.8 [6] allowed preservation and maintenance of switches and crossings for almost half a century, RFI (Rete Ferroviaria Italiana) introduced new methods and criteria based on a more systematic, well organised and efficient approach. The general goal of such an update was to achieve a superior technical-economic performance and a higher uniformity in maintenance operations carried out by different railway operators.*

*It is noteworthy to highlight some aspects which make the current scenario, in terms of technical and operational conditions, quite different from the one of the times at which the 1966 Norm was released. On one hand, jurisdiction of the various Departments in which the RFI network is organized appears to be significantly wider than in the past. It includes an increased number of track components to be controlled in the presence of faster and more intensive rail circulation, with consequent more severe service conditions for the infrastructure and reduced time for maintenance. On the other hand, superior technical knowledge and advanced measurement tools and management methods are nowadays available.*

*In such a context, the new Standard aims not only to redefine the routine control process of switches and crossings, but also to provide, on the basis of experimental data collected in the field, indications for the more suitable actions to be adopted.*

*According to the new approach of RFI TCAR IT AR 06 011 [1], verification criteria used in the past for the evaluation of geometric and dynamic track parameters [7] are extended to switches and crossings. In particular, it introduces limiting values for each phase of their life cycle, different "quality levels" under traffic, and requires the planning of surveying operations as a function of the deterioration rate of characteristic parameters.*

*Limiting values are established as indicated below:*

- *limiting values admitted after construction or renewal;*
- *limiting values admitted after maintenance works (restoring of geometric characteristics), equal to the nominal ones or within the "Alert" level limits;*
- *limiting values admitted in normal service conditions without constraints to railway operations, based on which the following "quality" levels are defined:*
  - *"Optimal" level, in presence of which regular railway operations are allowed without constraints;*
  - *"Alert" level, in presence of which regular railway operations are allowed without constraints but several actions are required, including the analysis of the state of components of switches and crossings, identification of causes and evolution of deterioration and planning of survey activities at increased frequency;*



## SCIENZA E TECNICA

- livello “ottimale”, in presenza del quale è consentito il normale esercizio ferroviario senza alcun tipo di restrizione;
- livello “di attenzione”, in presenza del quale è consentito il normale esercizio ferroviario senza restrizioni a condizione che venga effettuata un’analisi relativa allo stato dei componenti e delle cause del degrado, la valutazione della velocità di evoluzione delle grandezze caratteristiche e la programmazione di controlli a cadenze più ravvicinate;
- livello “di intervento”, in presenza del quale è consentito ancora il normale esercizio ferroviario senza vincoli a condizione che venga eseguito l’intervento di revisione in tempi ristretti, programmandolo in maniera tale che non avvenga il superamento del massimo valore ammesso per il suddetto livello.
- valori comportanti vincoli all’esercizio, in presenza dei quali sono imposte restrizioni all’esercizio ferroviario che, a seconda della grandezza caratteristica considerata e dell’entità del degrado, possono consistere in rallentamenti o interdizione alla circolazione. In questo caso è necessario effettuare gli interventi di revisione in tempi brevissimi.

La classificazione in “livelli di qualità” dei valori ammessi in esercizio introduce un nuovo approccio manutentivo per gli apparecchi del binario. Quest’ultimo comporta la necessità di un’analisi dell’evoluzione (degrado) delle grandezze caratteristiche che permetta di programmare gli interventi di revisione per il ripristino delle quote in maniera tale che tra il controllo e l’intervento non siano raggiunti valori comportanti “vincoli all’esercizio”. In particolare, le condizioni locali che influenzano la velocità con cui le grandezze caratteristiche evolvono nel tempo comprendono il traffico transitante (tonnellaggio) e la sua tipologia, il numero di instradamenti, le caratteristiche geometriche del tracciato, la tipologia e lo stato dei materiali e dei componenti.

Dal confronto tra i valori ammessi per le varie fasi del ciclo di vita emerge inoltre il concetto di standard di qualità richiesto. Stante il fatto che nel corso dell’esercizio lo standard viene ridotto, esso subisce un incremento a seguito di interventi di revisione e ancor di più nel caso di nuova costruzione.

In ragione dell’esperienza maturata sui punti dello scambio da sottoporre a controllo in relazione all’interazione ruota rotaia, sono state aggiunte, rispetto alla precedente circolare del 1966, ulteriori grandezze caratteristiche in corrispondenza del dispositivo di incrocio, mentre altre grandezze vengono rilevate in posizioni leggermente differenti.

Le grandezze caratteristiche degli apparecchi del binario si suddividono in:

- scartamenti  $S_i$ , rilevati secondo lo schema di fig. 1 (Telaio degli aghi) e fig. 2 (Telaio del cuore);
- quote di passaggio  $QPA_i$  sul telaio degli aghi (fig. 3), quote di protezione  $QP_i$ , quote all’ingresso della con-

– “Intervention” level, in presence of which regular railways operations are allowed without constraints but maintenance operations are required as soon as possible in order to ensure the maximum admitted value not to be exceeded.

- limiting values in presence of which restrictions to railway circulation are imposed. Depending on the type and on the value of the geometric parameter under consideration, restrictions may consist in speed reduction or interdiction of train circulation. In this last case, necessary maintenance operations must be programmed and completed in a very short time.

Classification of geometric characteristics in terms of “quality levels” introduces a new maintenance approach for switches and crossings, with the consequent need of monitoring the evolution of control parameters and of analysing the rate of deterioration as affected by local conditions. These are related to traffic volume and tonnage, number of routings, track geometry, state and type of track and of its components.

Definition of admitted values corresponding to different quality levels implies the concept of “minimum required standard”. Given that in service such a standard is decreased, it is raised following renewal and even more after new construction.

Due to increased knowledge on rail-wheel interactions, in the new Standard novel parameters were introduced and for some of those already indicated by the previous Norm measuring positions were changed.

Parameters to be considered for survey can be grouped as indicated in the following:

- gauges  $S_p$  measured as indicated in fig. 1 (switch panel) and fig. 2 (crossing panel);
- free wheel passages  $QPA_i$  in switch panels (fig. 3), fixed nose protections  $QP_p$ , free wheel passages at check rail entries  $QIC_p$ , free wheel passages at wing rail entries  $QIZ_i$  in common crossing panels (fig. 4) and in obtuse crossing panels (fig. 5);
- free wheel passages/back-to-back distances  $QLP_i$  (figg. 4 and 5);
- flangeway clearances  $A_i$  in switch panels (fig. 3) and crossing panels (fig. 6).

As highlighted in the introduction, the new FS 07 gauge allows direct determination of all control parameters of switches and crossings as required by the Standard; the same parameters can also be measured by means of the FS 69U device (fig. 7).

The main innovative features of the FS 07 device are:

- a) a special removable support that on the obtuse crossing panel guarantees alignment between the crossing nose and the check rail to measure fixed nose protections;

## SCIENZA E TECNICA

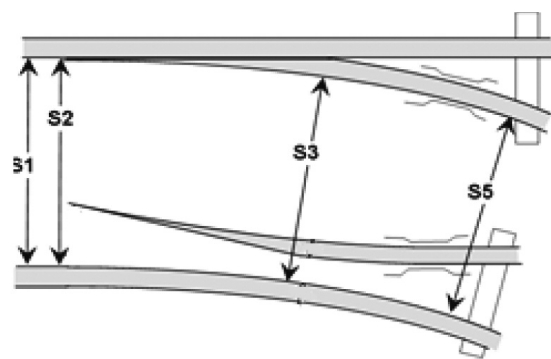
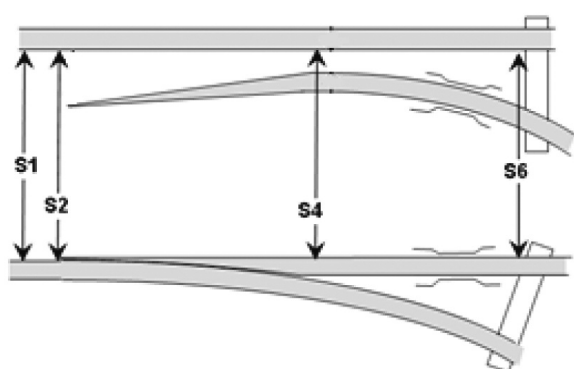


Fig. 1 - Scartamenti sul telaio degli aghi.  
Fig. 1 - Gauges in switch panels.

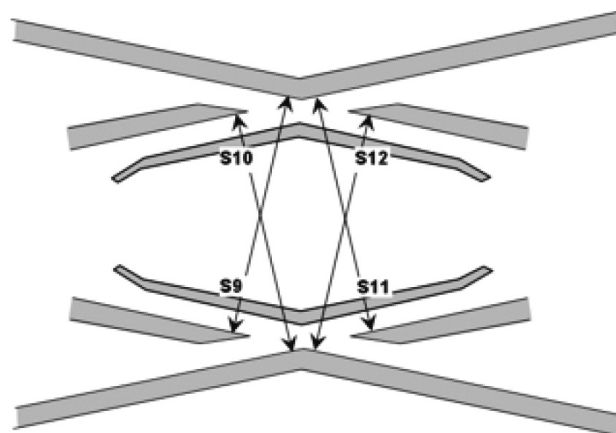
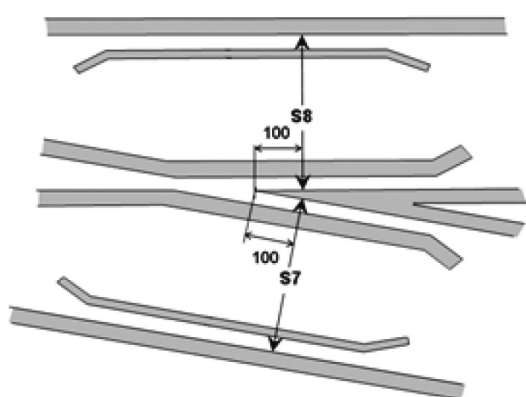


Fig. 2 - Scartamenti sul telaio del cuore semplice e sul telaio dei cuori doppi.  
Fig. 2 - Gauges in crossing panels and in obtuse crossing panels.

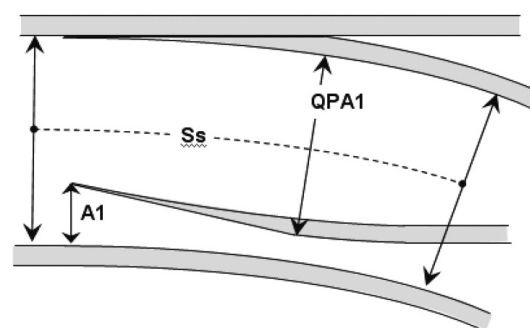
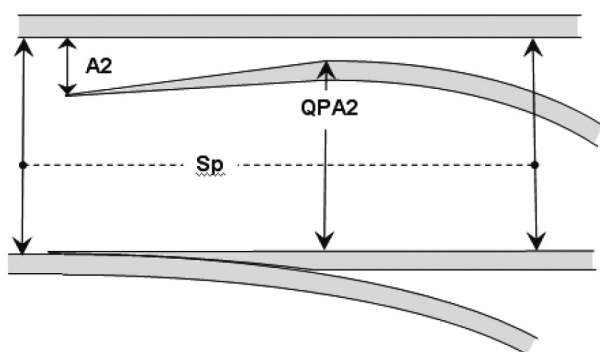


Fig. 3 - Quote di passaggio e apertura gole sul telaio degli aghi.  
Fig. 3 - Free wheel passages and flangeway clearances in switch panels.

trorotaia QIC<sub>i</sub>, quote all'ingresso della zampa di lepre QIZ<sub>i</sub> sul telaio del cuore semplice (fig. 4) e sul telaio dei cuori doppi (fig. 5);

- quote di libero passaggio QLP<sub>i</sub> (secondo le citate figg. 4 e 5);
- apertura gole A<sub>i</sub> sul telaio degli aghi (fig. 3) e sul telaio del cuore (fig. 6).

Come già evidenziato nell'introduzione, il nuovo cali-

- b) a special removable support that guarantees orthogonality between the device and the track axis;
- c) the availability of a verification function to find the minimum distance for the measurement of gauge and fixed nose protection;
- d) an automatic digital reading of measurements with a resolution of one tenth of a millimeter.

## SCIENZA E TECNICA

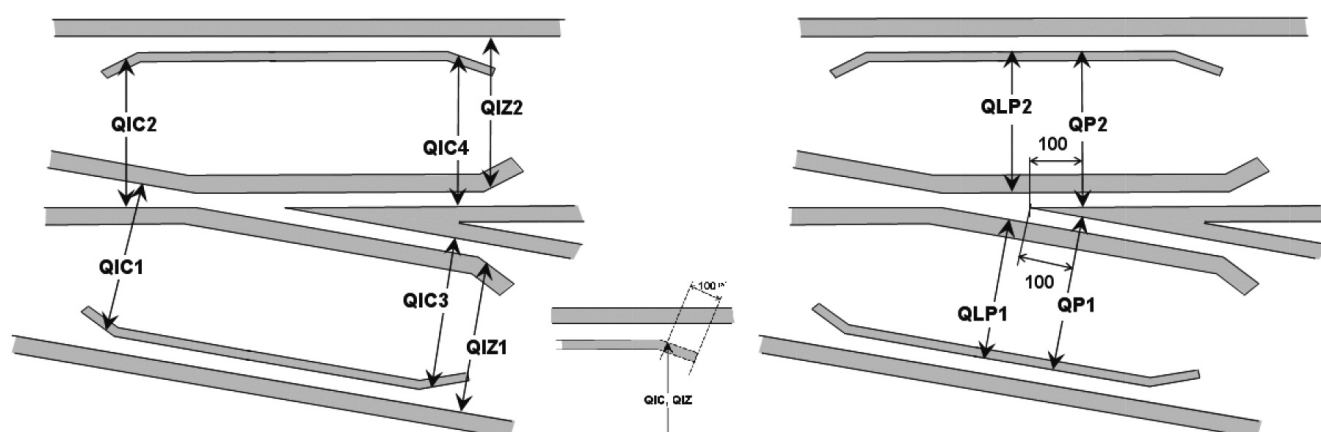


Fig. 4 - Quote di protezione, quote di ingresso alla controrotaia, quote di ingresso alla zampa di lepre e quote di libero passaggio sul telaio del cuore semplice.

*Fig. 4 - Fixed nose protections, free wheel passages at check rail entries, free wheel passages at wing rail entries and back to back distances in crossing panels.*

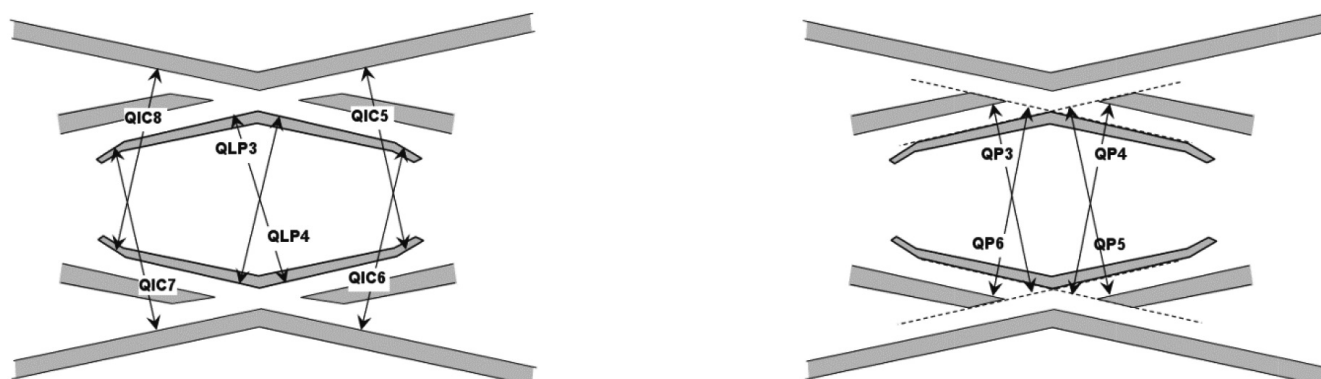


Fig. 5 - Quote di protezione, quote di ingresso alla controrotaia e quote di libero passaggio sul telaio dei cuori doppi.

*Fig. 5 - Fixed nose protections, free wheel passages at check rail entries and back to back distances in obtuse crossing panels.*

bro di misura FS 07 permette il controllo diretto di tutte le grandezze caratteristiche degli apparecchi del binario di cui all'Istruzione Tecnica; le stesse grandezze sono altresì rilevabili con il calibro FS 69U (fig. 7).

I principali caratteri innovativi del calibro FS 07 rispetto al vecchio strumento sono i seguenti:

- presenza di un braccio di appoggio a squadro lungo rimovibile che realizza la funzione di allineamento tra la controrotaia del cuore doppio e la punta del cuore doppio per la misura delle corrispondenti quote di protezione;
- presenza di un braccio a squadro corto rimovibile avente alle estremità due tastatori, che consente di eseguire le misure con lo strumento posto ortogonalmente rispetto all'asse del binario;
- implementazione di una funzione di individuazione della minima distanza per la misura dello scartamento e della quota di protezione;
- rilevazione automatica del dato con lettura digitale e precisione al decimo di millimetro.

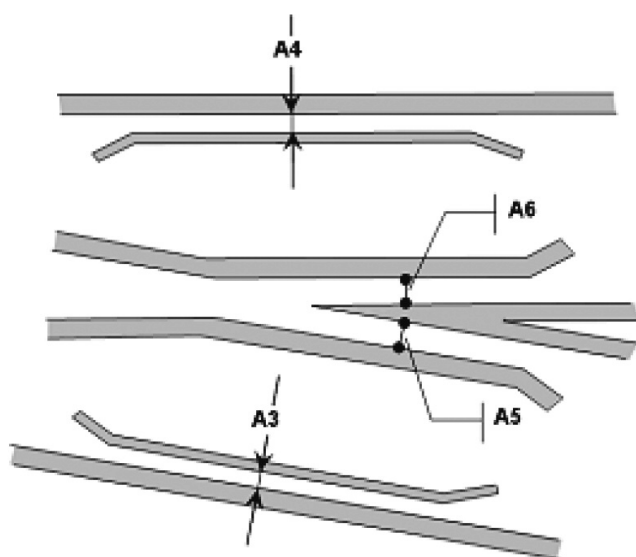


Fig. 6 - Apertura gole sul telaio del cuore semplice.

*Fig. 6 - Flangeway clearances in crossing panels.*



## SCIENZA E TECNICA

Nella presente indagine è stato impiegato uno strumento in dotazione provvisoria alla Direzione Territoriale Produzione (DTP) di Bari.

### 3. Indagine sperimentale

L'oggetto dello studio ha riguardato la valutazione, attraverso un'applicazione sperimentale su impianti facenti parte della rete RFI, dell'impatto della nuova Istruzione Tecnica sia sulle modalità di controllo delle quote caratteristiche dei deviatori sia sulle conseguenti procedure manutentive.

Attraverso campagne di rilievo ripetute, nel tempo disponibile per l'indagine, si è effettuato il monitoraggio delle graduali variazioni dei parametri caratteristici degli apparecchi del binario cercando, contestualmente, di correlare tale evoluzione alle specifiche condizioni locali ed alle caratteristiche fisiche degli apparecchi stessi. Un ulteriore aspetto esaminato è quello legato al confronto tra i calibri FS 07 e FS 69U, al fine di mostrare le differenze operative e, nel contempo, l'equiparabilità delle misure come richiesto dalla nuova Istruzione Tecnica.

I rilievi di campo hanno interessato un campione di 54 scambi di differenti tipologie situati in 6 diverse località, come indicato in tabella 1.

Il campione è stato individuato attraverso specifici criteri di selezione, includendo scambi e località soggetti a particolari condizioni di cimento, tali da determinare con maggiore probabilità un più rapido degrado delle quote caratteristiche. Le suddette condizioni sono essenzialmente legate al tipo di traffico transitante (frequenza e carico) ed alle tipologie del tracciato. Sulla totalità degli apparecchi di binario selezionati sono state effettuate almeno due campagne di rilievo, a distanza di due mesi l'una dall'altra, utilizzando il calibro FS 07.

Con riferimento alle posizioni di misura indicate dalla RFI TCAR IT AR 06 011 e precedentemente illustrate nelle figg. 1-6, i parametri rilevati comprendono gli scartamenti  $S_i$ , le quote di passaggio  $QPA_i$ ,  $QP_i$ ,  $QIC_i$ ,  $QIZ_i$  e le quote di libero passaggio  $QLP_i$ . Si è deciso di non rilevare le gole  $A_i$ , in quanto il loro degrado è generalmente molto lento e dunque verosimilmente non apprezzabile nel periodo di osservazione dello studio.

Oltre ai dati di misura raccolti nel corso della sperimentazione, sono stati oggetto di analisi anche i rilievi effettuati in periodi precedenti (secondo la Circolare N. 91 6.8) i cui valori sono stati recuperati consultando materiale d'archivio (Modelli L94). A tal riguardo, per poter operare un confronto diretto tra i rilievi, sul telaio degli aghi sono stati misurati gli scartamenti caratteristici  $S_1$ - $S_6$  di cui alla Circolare N. 91 6.8 [6].

### 4. Analisi dei dati

#### 4.1. Confronto tra le misure rilevate con i calibri FS 07 e FS 69U

Tenuto conto che entrambe le norme tecniche [1, 6]



Fig. 7 - Calibri "FS 07" e "FS 69U".

Fig. 7 - "FS 07" and "FS 69U" devices.

*In the present study, a device temporarily supplied to the DTP (Direzione Territoriale Produzione) of Bari was employed for field testing.*

### 3. Experimental investigation

*As previously mentioned, the experimental study focused on the potential impact of the new Technical Standard on survey procedures and maintenance practices currently adopted for switches and crossings.*

*Experimental data were collected by means of repeated field campaigns conducted in order to monitor the gradual change of geometric parameters and to correlate such an evolution to specific local conditions and to the features of switches and crossings. Another issue addressed in the study was the comparison between the FS 07 and FS 69U gauges, with the purpose of highlighting operative differences and of verifying reproducibility of measurements as required by the new Standard.*

*Experimental investigations involved 54 switches and crossings of different types located in 6 different sites, as shown in table 1. These were selected on the basis of specific criteria related to circulation (frequency and tonnage) and to track layout. For all considered sites, at least two measurement campaigns were carried out by making use of the FS 07 device with a time interval of two months between each other.*

*Referring to the instructions provided by RFI TCAR IT AR 06 011 (figg. 1-6), the parameters involved in measurements were: gauges ( $S_i$ ), passage parameters ( $QPA_i$ ,  $QP_i$ ,  $QIC_i$ ,  $QIZ_i$ ) and back to back distances/free wheel passages ( $QLP_i$ ). Flangeway clearances  $A_i$  were not investigated due to the fact that their deterioration rate was expected to be too low in relation to the period of observation.*

*Results obtained from previous investigations and retrieved from the RFI archive (L94 Models) were also considered in the study. Since these data were collected according to Norm N. 91 6.8, in order to make a direct comparison between results, gauges  $S_1$ - $S_6$  on switch panels were determined according to the old procedure.*

## SCIENZA E TECNICA

TABELLA 1 – TABLE 1

Deviatoi sottoposti a indagine (BC - Binari di corsa, AB - Binari di circolazione, d - scambio intersezione doppio)  
*Switches and crossings subjected to investigation*

Località <i>Sites</i>	Numeri identificativi deviatoi <i>ID S&amp;C number</i>	Tipo deviatoio <i>Type of S&amp;C</i>	Controrotaia e cuore <i>Check rail and Crossing</i>	Tipo binario <i>Type of track</i>	V (ramo deviato) <i>(branch line)</i>	Traversoni <i>Beares</i>
A	1-5-8-9-10	250/0.092	FS Manganese	AB	30	Legno / <i>Timber</i>
D-F	34-45-46	250/0.092	FS Manganese	AB	30	c.a.p. / <i>Concrete</i>
B	24	250/0.092	UIC-33 Manganese	AB	30	c.a.p. / <i>Concrete</i>
A	2-3-4-6-14	250/0.092	FS Manganese	BC	30	Legno / <i>Timber</i>
B	23	250/0.092	UIC-33 Manganese	BC	30	c.a.p. / <i>Concrete</i>
F	48-51	250/0.12	FS Manganese	BC	30	c.a.p. / <i>Concrete</i>
B	25	250/0.12	UIC-33 Manganese	BC	30	c.a.p. / <i>Concrete</i>
B	26	250/0.12	UIC-33 Manganese	BC	30	c.a.p. / <i>Concrete</i>
A-F	7-47	245/0.10	FS Cuore di rotaia / <i>Rail</i>	AB	30	Legno / <i>Timber</i>
E	35	245/0.10	FS Cuore di rotaia / <i>Rail</i>	AB	30	Legno / <i>Timber</i>
A	11	170/0.12	FS Manganese	BC	30	Legno / <i>Timber</i>
A	12-13-1d	170/0.12	FS Manganese	AB	30	Legno / <i>Timber</i>
A	15-16	170/0.12	FS Cuore di rotaia / <i>Rail</i>	AB	30	Legno / <i>Timber</i>
B-F	2d-3d	170/0.12	UIC-33 Manganese	BC	30	c.a.p. / <i>Concrete</i>
B	17-18	400/0.074	UIC-33 Manganese	BC	60	Legno / <i>Timber</i>
B-E	21-22-37-38	400/0.074	UIC-33 Manganese	BC	60	c.a.p. / <i>Concrete</i>
C	27	400/0.074	FS Manganese	AB	60	c.a.p. / <i>Concrete</i>
C-E	28-29-30-36	400/0.074	FS Manganese	BC	60	c.a.p. / <i>Concrete</i>
D	31-32-33	400/0.074	UIC-33 Manganese	BC	60	c.a.p. / <i>Concrete</i>
B	19	400/0.094	UIC-33 Manganese	BC	60	Legno / <i>Timber</i>
F	149-50	400/0.094	UIC-33 Manganese	BC	60	c.a.p. / <i>Concrete</i>
B	20	400/0.094	FS Manganese	AB	60	Legno / <i>Timber</i>
F	40	400/0.094	UIC-33 Manganese	BC	60	Legno / <i>Timber</i>
F	39-41-42-44	400/0.094 Figurati	UIC-33 Manganese	BC	60	Legno / <i>Timber</i>
F	43	400/0.094 Figurati	FS Manganese	BC	60	Legno / <i>Timber</i>



## SCIENZA E TECNICA

riportano tutti i valori ammessi delle grandezze caratteristiche con l'approssimazione al millimetro intero, la medesima approssimazione deve essere evidentemente considerata nelle misure. Pertanto, essendo la risoluzione delle scale graduate del calibro FS 69U pari a 0,5 mm, gli scarti fino a 1 mm tra i due calibri possono essere attribuiti ad errori di stima nella lettura, cioè significativi della reale differenza tra i due strumenti. Scarti superiori sono invece imputabili ad errori commessi nella esecuzione delle misure da parte dell'operatore.

In fig. 8 si riporta, a titolo di esempio, il confronto tra specifiche grandezze caratteristiche rilevate in situ con i due strumenti. Emerge con chiarezza come nella maggior parte dei casi vi sia una sostanziale coincidenza dei valori misurati con i due strumenti, mentre in altri vi siano differenze non trascurabili. Ciò indica che la comparabilità delle misure dipende dal tipo di grandezza esaminata.

In fig. 9 vengono rappresentate in maniera aggregata le differenze tra i risultati ottenuti con i due calibri in termini di scartamenti e quote di protezione. Risulta evidente che le misure effettuate con le due metodologie sono sostanzialmente equiparabili ai fini delle approssimazioni richieste dalla norma. Valori corrispondenti ad una differenza pari o superiore a 2 mm (che si sono riscontrati nel 6,7% e nel 12,5% dei casi, rispettivamente per scartamenti e quote di protezione) sono infatti da attribuirsi a errori nell'utilizzo del calibro FS 69U legati al fattore umano (errore di lettura, errore di posizionamento dello strumento) e, pertanto, di pronta individuazione.

Appurata la coerenza tra i metodi, rimangono da evi-

### 4. Data analysis

#### 4.1. Comparison between measurements carried out with the FS 07 and FS 69U gauges

Since both Technical Standards require values of all parameters to be rounded to the nearest whole millimeter, the same approximation must be adopted during measurements. Due to the fact that resolution of the FS 69U scale is 0.5 mm, measurement differences up to 1 mm between the two devices can be considered as reading errors (i.e. these differences depend upon differences between the two gauges). On the contrary, higher recorded differences can be attributed to errors committed by operators during measurement procedures.

Fig. 8 shows a comparison between parameters determined by means of the two devices. In the majority of cases, results were found to match, while in few cases non negligible differences were observed. This indicates that comparability between measurements depends on the considered parameter.

Experimental data are synthesized in fig. 9 by referring to the differences between the two devices expressed in terms of gauges and nose protections. It can thus be deduced that data yielded by the two methodologies are comparable for the scope set by the Standard. Differences greater than 2 mm (recorded in 6.7% and 12.5% of cases for gauges and nose protections, respectively) are due to operator errors during the use of the FS 69U device (reading and/or positioning error) and can therefore be easily identified.

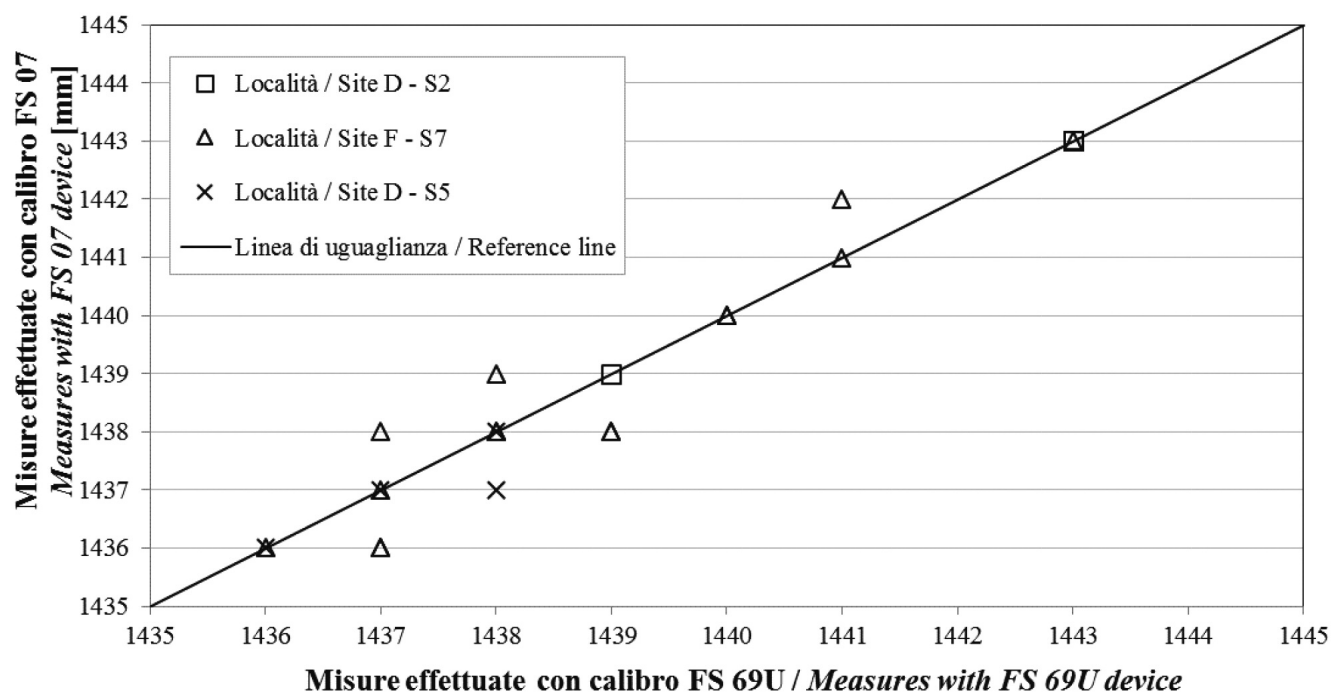


Fig. 8 - Confronto tra le misure effettuate con i calibri FS 07 e FS 69U.

Fig. 8 - Comparison between measurements carried out with the FS 07 and FS 69U gauges.

## SCIENZA E TECNICA

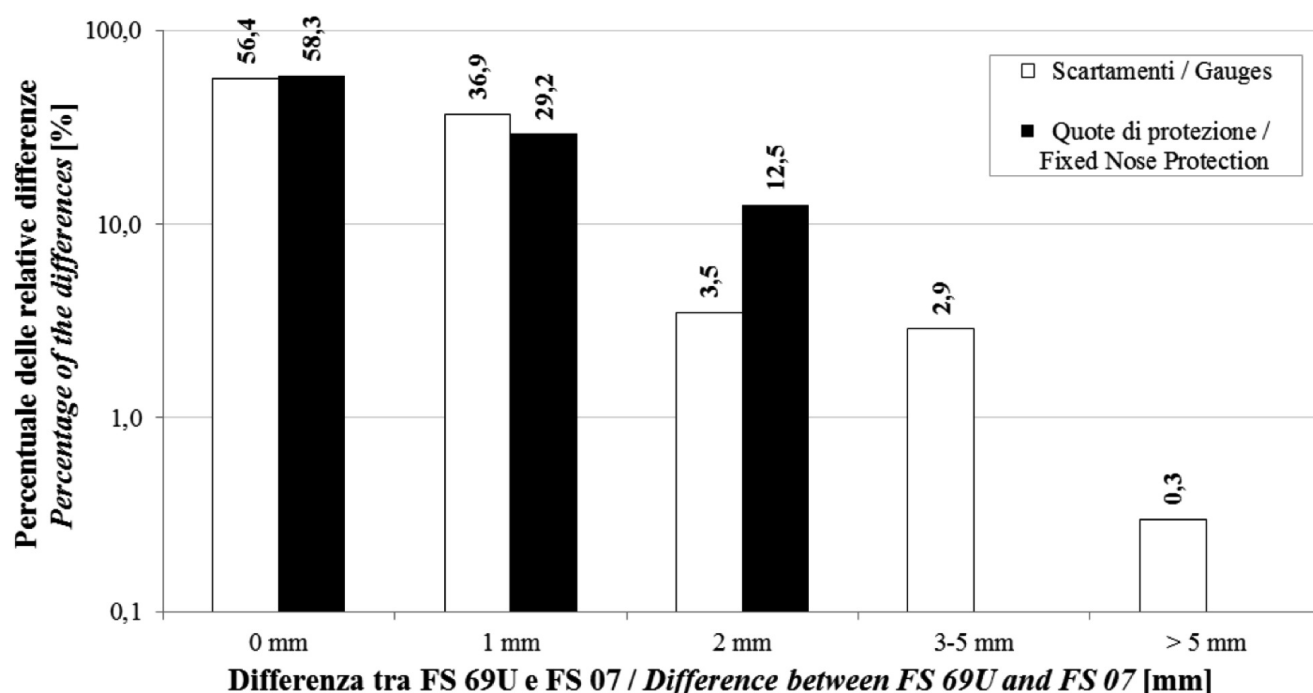


Fig. 9 - Differenze tra le misure effettuate con i calibri FS 07 e FS 69U.

Fig. 9 - Differences between measurements carried out with the FS 07 and FS 69U gauges.

denziare i vantaggi riscontrati nell'applicazione pratica del nuovo strumento. Essi risiedono nell'immediatezza della restituzione del dato, nell'eliminazione dell'errore di lettura (di stima o grossolano), nonché nella possibilità di realizzare l'ortogonalità rispetto al binario sia in modo diretto, con l'utilizzo dei bracci a squadro lungo e a squadro corto, sia in modo indiretto attraverso l'utilizzo della funzione di minimo.

#### 4.2. Tolleranze e livelli di qualità in esercizio

Per comprendere l'impatto che la nuova Istruzione Tecnica potrà avere sia sulla valutazione dello stato attuale dei deviatori sia sui processi manutentivi correntemente adottati, è stato effettuato un confronto tra le tolleranze indicate dalla Circolare del 1966 e i livelli di qualità in esercizio introdotti dalla nuova Istruzione Tecnica, applicandoli ai rilievi effettuati sugli scambi di tipologia più diffusa tra le località considerate.

Tali scambi sono stati suddivisi considerando il raggio di curvatura del ramo deviato e la tangente trigonometrica. Ciò in considerazione del fatto che la Circolare N. 91 6.8 indica le tolleranze rispetto ai valori nominali delle grandezze caratteristiche (cioè in base al tipo di apparecchio del binario) mentre la nuova Istruzione Tecnica riporta i valori ammessi in esercizio (livelli di qualità) in termini assoluti, indipendenti dai valori nominali. Fanno eccezione a quest'ultima regola gli scartamenti sul ramo deviato per scambi aventi su tale ramo allargamento o meno del valore nominale.

Finally, it should be pointed out that use of the FS 07 gauge provides several advantages. These include immediate data display, elimination of reading errors and the possibility of obtaining orthogonality with track axis.

#### 4.2. Tolerances and quality levels in service

In order to assess the impact of new Standard on currently adopted maintenance practices, a comparison was made between "tolerances" indicated in the 1966 Norm and the newly introduced "quality levels". These were applied to the experimental data collected on the selected switches and crossings.

For the purpose of analysis, investigated switches and crossings were classified according to the radius of curvature of the branch line and the trigonometric tangent. This is due to the fact that "tolerances" are related to the nominal values of characteristic (depending on the type of switches and crossing), while "quality levels" are expressed in absolute terms. The only exception is constituted by gauges on the branch line for switches with a possible gauge increase.

According to this rationale, measured values can be classified by considering those progressively closer to those which entail constraints to railway operations, thus allowing the assessment of deterioration evolution and planning of required maintenance works. The same values, according to the old Norm, would have been simply classified as "within or out" of indicated tolerances. An example of the

## SCIENZA E TECNICA

Tale approccio consente di classificare le misure rilevate per valori progressivamente più vicini a quelli comportanti vincoli all'esercizio e quindi di monitorare l'evoluzione dei difetti al fine di programmare per tempo l'eventuale intervento manutentivo. Le medesime misure, applicando la Circolare del 1966, sarebbero invece state classificate meramente "dentro o fuori" le tolleranze indicate. Un confronto tra i due approcci normativi emerge dagli esempi riportati in fig. 10 (si noti che, nel caso specifico, l'Istruzione Tecnica assegna il livello di qualità "in attenzione" ad un intervallo di misure attorno al valore nominale).

Sono state inoltre classificate le misure delle sole nuove grandezze caratteristiche contemplate nell'Istruzione Tecnica secondo i suddetti livelli di qualità al fine di valutare l'impatto che la loro introduzione avrà sulle attività manutentive. I risultati, riassunti in tabella 2, indicano che il riferimento alle nuove quote di passaggio non comporterà, sugli impianti osservati, maggiori oneri in termini di attività manutentive. Come si può infatti osservare nella fig. 11, solo nel 4% dei casi si ricade entro livelli critici (1,3% "in intervento" e 2,7 % "in provvedimento restrittivo"), mentre la restante parte rientra nei livelli "ottimale" o "di attenzione".

### 4.3. Evoluzione delle grandezze caratteristiche

Per quanto concerne la valutazione dell'evoluzione nel tempo delle quote degli apparecchi di binario presi in esame, si è proceduto distinguendo gli scambi posati su tra-

comparison between these two approaches is shown in fig. 10 (for this specific case it is possible to observe that, according to the Standard, the "Alert" level is assigned to measured values which are equal or very close to target value).

Parameters introduced by TCAR IT AR 06 011 were also classified according to the previously described "quality levels". Obtained results, summarized in table 2, show that application of the new criteria will not have a significant impact on maintenance activities and related costs. In fact, only 4% of measured values falls within "critical levels" (1,3% of which in "maintenance level" and 2,7% of which in "constrain to railway operation") while the remaining ones correspond to either "optimal" or "Alert" levels (fig. 11).

### 4.3. Evolution of geometric characteristics

For the analysis of the evolution of their geometric characteristics, switches and crossings were grouped on the basis of sleeper type (timber or pre-stressed concrete). A separate group was also introduced for curved turnouts (all laid on timber sleepers in this study), subjected to specific deterioration conditions.

For each site, field measurement campaigns are referred to 4 periods (P1, P2, P3, P4). Data corresponding to periods P1 and P2 were recorded before the present study by means of the FS 69U device with an interval between P1 and P2 equal to 4 months. Measurements corresponding to periods P3 and P4 were conducted with the new FS 07 gauge with

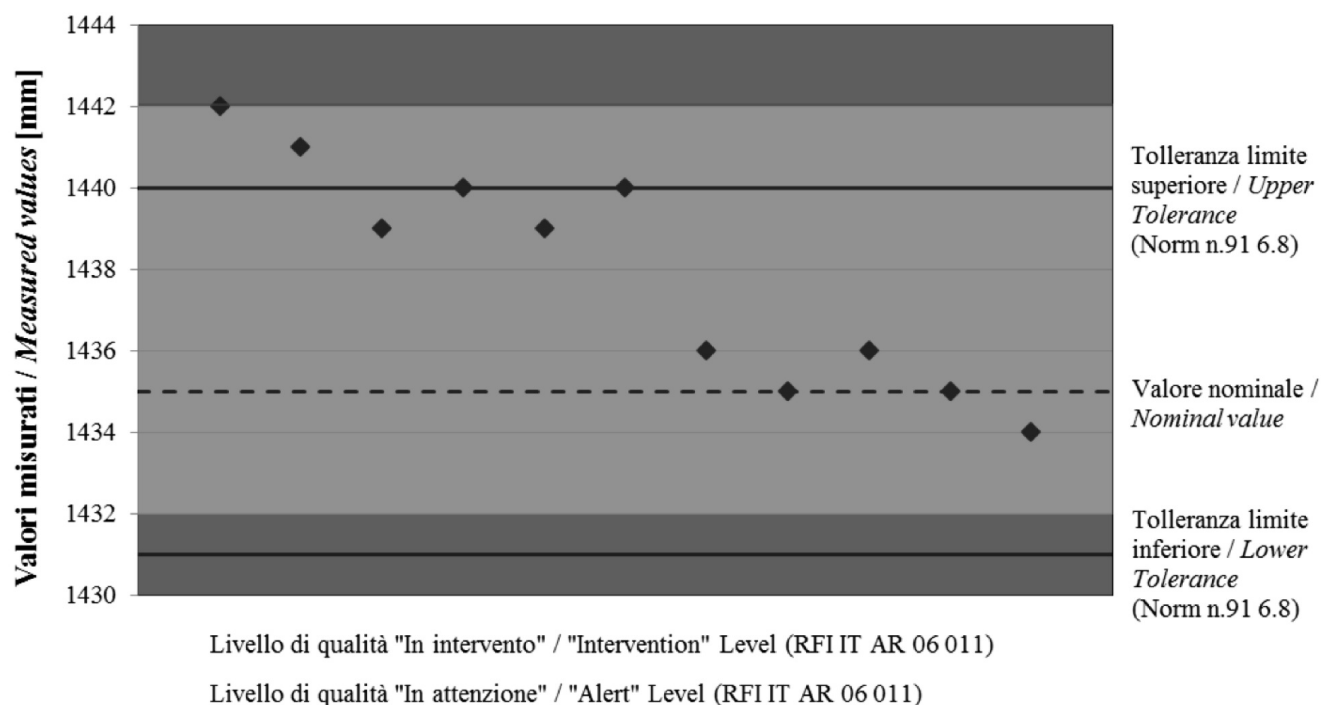


Fig. 10 - Confronto tra "tolleranze" e "livelli di qualità" in esercizio (S8 - 170/0,12).  
Fig. 10 - Comparison between "tolerances" and "quality levels" in service (S8 - 170/0,12).

TABELLA 2 – TABLE 2

Livelli di qualità delle nuove grandezze caratteristiche misurate  
*Quality levels corresponding to the new measured characteristic parameters*

Quote <i>Measures</i>	Misure eseguite <i>Number of measures</i>	Livelli di qualità / <i>Quality levels</i>			
		Ottimale <i>Optimal</i>	Attenzione <i>Alert</i>	Intervento <i>Intervention</i>	Provvedimento restrittivo <i>Limiting value</i>
QIZ <sub>1</sub> QIZ <sub>2</sub>	114	83 (73%)	15 (13%)	10 (9%)	6 (5%)
QIC <sub>1</sub> QIC <sub>2</sub> QIC <sub>3</sub> QIC <sub>4</sub>	228	227 (99%)	0 (0%)	0 (0%)	1 (1%)
QIC <sub>5</sub> QIC <sub>6</sub> QIC <sub>7</sub> QIC <sub>8</sub>	12	7 (59%)	1 (8%)	0 (0%)	4 (33%)
QLP <sub>1</sub> QLP <sub>2</sub>	114	113 (99%)	1 (1%)	0 (0%)	0 (0%)
QPA <sub>1</sub> QPA <sub>2</sub>	124	121 (97%)	1 (1%)	1 (1%)	1 (1%)
QP <sub>3</sub> QP <sub>4</sub> QP <sub>5</sub> QP <sub>6</sub>	12	11 (92%)	0 (0%)	1 (8%)	0 (0%)

verse in legno da quelli su traverse in cemento armato pre-compresso (c.a.p.). Sono stati inoltre considerati separatamente gli scambi posizionati in curva (i cosiddetti “figurati”) in quanto soggetti a specifiche condizioni di degrado.

I rilievi di campo relativi a ciascun apparecchio di binario sottoposto ad indagine si riferiscono a quattro differenti periodi temporali, indicati con le sigle P1, P2, P3 e P4. Le misure corrispondenti ai periodi P1 e P2 sono state effettuate in epoca antecedente al presente studio, a distanza di 4 mesi l'una dall'altra ed entrambe per mezzo del calibro FS 69U. Le misure corrispondenti ai periodi P3 e P4 (facenti parte dello studio) sono state invece eseguite utilizzando il calibro FS 07, con cadenza bimestrale a partire dal periodo P2. In virtù della verifica di equiparabilità di cui al paragrafo 4.1, i dati sperimentali ottenuti con strumenti diversi sono stati analizzati come facenti parte di un'unica serie continua. Nelle figg. 12-14 sono riportati alcuni esempi di grafici ricavati dall'analisi, rappresentativi dell'andamento generale osservato per ciascuna categoria di apparecchio di binario presa in considerazione.

Dall'esame complessivo dei dati di misura si sono ottenute tabelle riepilogative (tabelle 3 e 4) che riportano, per ciascuna tipologia di scambio e di grandezza caratteristica, i valori di massimo incremento, massimo decremento e quelli più ricorrenti. Sono indicati solo gli incrementi e i decrementi di quota superiori a 2 mm, essendo quelli pari a 1 mm, per i motivi anzidetti, influenti ai fini dello studio. La valutazione su base bimestrale (confronti P2-P3 e P3-P4) evidenzia per tutte le grandezze caratteristiche osservate valori ricorrenti di degrado pari a 2 mm, mentre su base quadrimestrale (confronti P1-P2 e P2-P4) tali valori aumentano e risultano com-

a time interval of 2 months starting from P2. Since measurements obtained with the two methods can be considered as equivalent (section 4.1), all experimental data were considered belonging to a single continuous series. Examples of the variation of geometric characteristics with time for different groups of switches and crossings are shown in figg. 12-14.

A summary of results, expressed in terms of maximum increment, maximum decrease and more frequent variation of various characteristic parameters, is reported in tables 3 and 4. Only variations greater than or equal to 2 mm were considered, since the others are not relevant for the purpose of this study. Analyses based on bi-monthly observations (comparisons between periods P2-P3 and P3-P4) indicate, for all considered parameters, frequent deterioration values of 2 mm. In the case of observations referred to four month intervals (comparisons between periods P1-P2 and P2-P4) such values are comprised be-

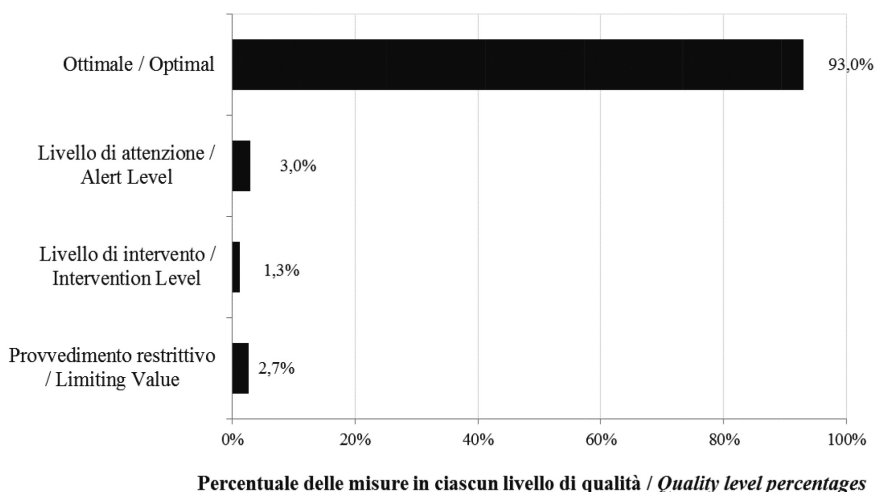


Fig. 11 - Livelli di qualità e corrispondenti percentuali delle nuove misure.  
 Fig. 11 - Quality levels and corresponding percentages of new measurements.



## SCIENZA E TECNICA

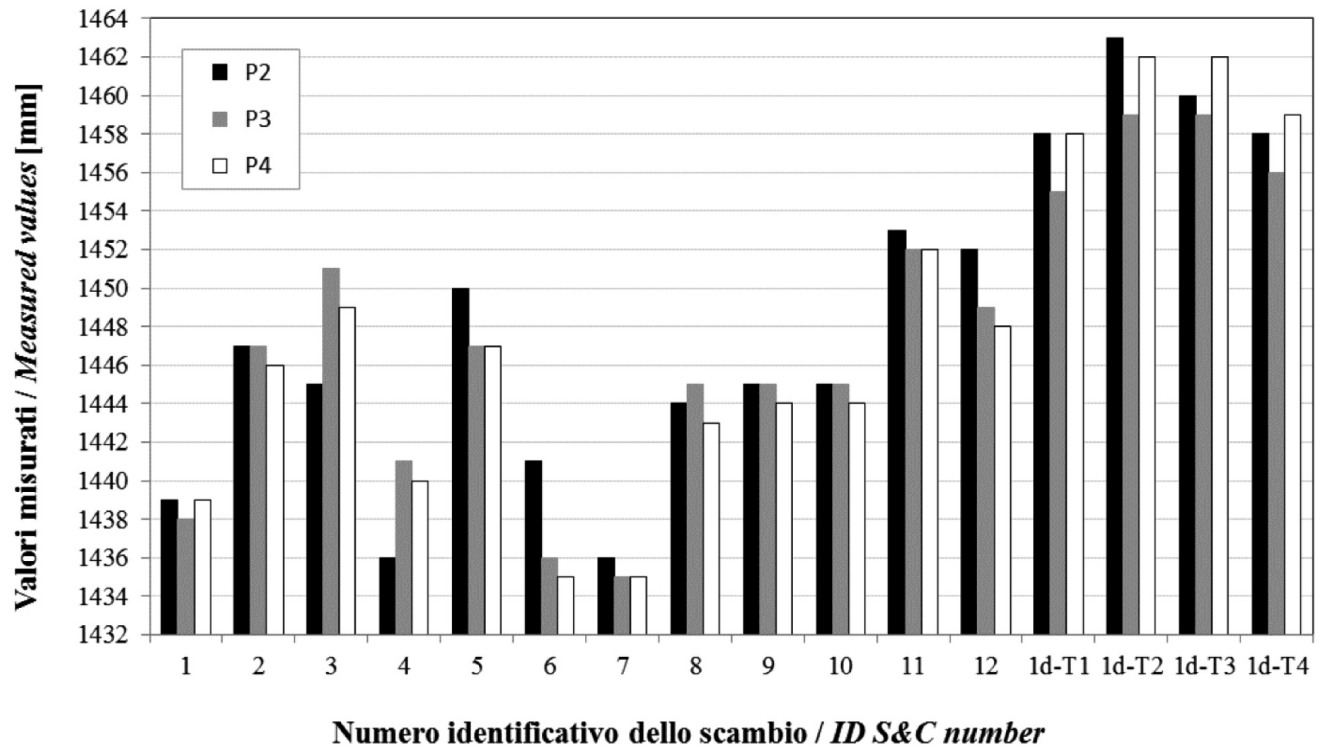


Fig. 12 - Evoluzione delle grandezze caratteristiche (S5) per scambi posati su traverse in legno.  
 Fig. 12 - Evolution of characteristic parameters (S5) for switches laid on timber sleepers.

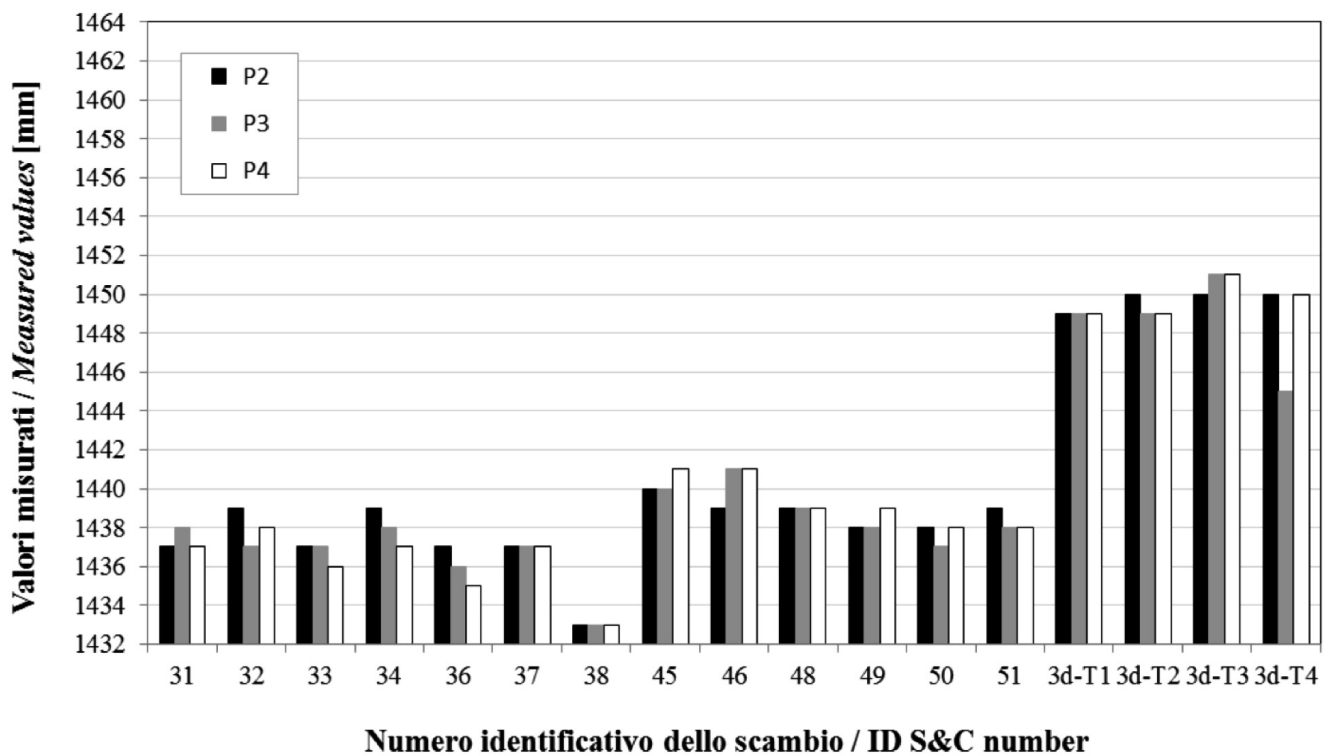


Fig. 13 - Evoluzione delle grandezze caratteristiche (S5) per scambi posati su traverse in c.a.p.  
 Fig. 13 - Evolution of characteristic parameters (S5) for switches laid on pre-stressed concrete sleepers.

## SCIENZA E TECNICA

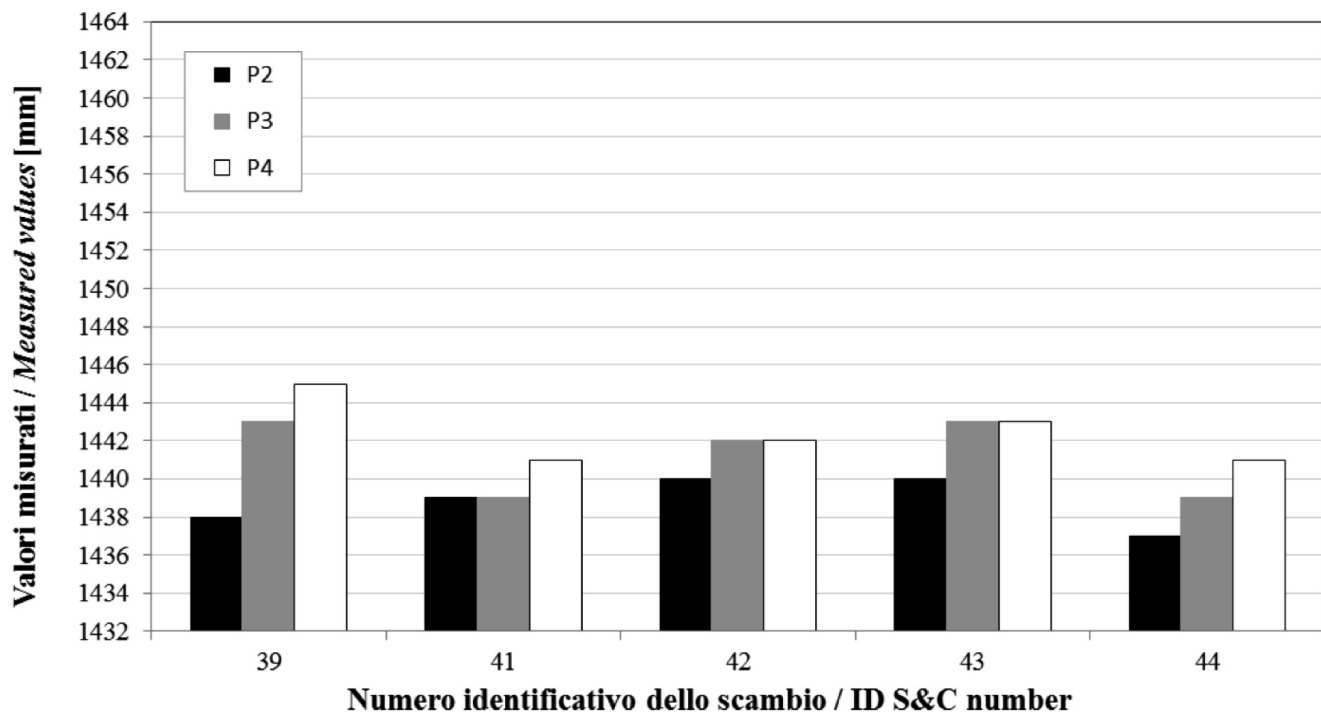


Fig. 14 - Evoluzione delle grandezze caratteristiche (S5) per scambi posati su traverse in legno di tipo figurato.  
 Fig. 14 - Evolution of characteristic parameters (S5) for switches laid in curved turnouts on timber sleepers.

presi tra 2 e 4 mm. Valori che eccedono i limiti sopra indicati sono stati considerati come "singolari".

Dall'analisi emerge altresì che gli scambi in rettilineo posati su legno presentano un degrado superiore a quelli su c.a.p. compreso tra il 60% ed il 100%. Gli scambi su c.a.p. hanno mostrato infatti un comportamento più stabile nel tempo rispetto a quelli su legno, influenzati dalle variazioni stagionali di temperatura e umidità nelle traverse in legno, oltre che dal maggior degrado dei componenti d'armamento.

tween 2 mm and 4 mm. Values exceeding these limits were considered as "unusual".

Analysis showed that switches and crossings on timber sleepers exhibit a deterioration rate greater than that of elements on pre-stressed concrete sleepers (with a difference of the order of 60-100%). This can be explained by considering that timber sleepers are subjected to seasonal fluctuations of temperature and humidity, leading to a pronounced degradation of track components.

TABELLA 3 – TABLE 3

Quadro riepilogativo dei valori di degrado (base bimestrale P2-P3-P4)  
 Summary of degradation values (bi-monthly monitoring P2-P3-P4)

	Legno / Timber				c.a.p. / Concrete				Figurati su legno / Curved timber turnouts			
	Max. incremento Maximum increase (mm)	Max. decremento Maximum decrease (mm)	Incremento ricorrente Recurrent increase (mm)	Decremento ricorrente Recurrent decrease (mm)	Max. incremento Maximum increase (mm)	Max. decremento Maximum decrease (mm)	Incremento ricorrente Recurrent increase (mm)	Decremento ricorrente Recurrent decrease (mm)	Max. incremento Maximum increase (mm)	Max. decremento Maximum decrease (mm)	Incremento ricorrente Recurrent Increase (mm)	Decremento ricorrente Recurrent Decrease (mm)
QP	n.a.	5	n.a.	2	n.a.	3	n.a.	2	n.a.	2	n.a.	2
S cuore nose	6	4	2	2	3	4	2	2/3	3	2	2/3	2
S aghi Switch panel	9	5	2	2	7	7	2	2	5	n.a.	2	n.a.

TABELLA 4 – TABLE 4

Quadro riepilogativo dei valori di degrado (base quadrimestrale P1-P2-P4)  
*Summary of degradation values (monitoring every four months P1-P2-P4)*

	Legno / Timber				c.a.p. / Concrete				Figurati su legno / Curved timber turnouts			
	Max. incremento Maximum increase (mm)	Max. decremento Maximum decrease (mm)	Incremento ricorrente Recurrent increase (mm)	Decremento ricorrente Recurrent decrease (mm)	Max. incremento Maximum increase (mm)	Max. decremento Maximum decrease (mm)	Incremento ricorrente Recurrent increase (mm)	Decremento ricorrente Recurrent decrease (mm)	Max. incremento Maximum increase (mm)	Max. decremento Maximum decrease (mm)	Incremento ricorrente Recurrent increase (mm)	Decremento ricorrente Recurrent decrease (mm)
<b>QP</b>	n.a.	n.d.	n.a.	n.d.	n.a.	n.d.	n.a.	n.d.	n.a.	n.d.	n.a.	n.d.
<b>S cuore nose</b>	8	6	2/3/4	2/3	3	3	2/3	3	8	2	4	2
<b>S aghi Switch panel</b>	10	6	2/4	2/3	6	7	3	2	5	n.a.	2/3	n.a.

I degradi “singolari”, infine, riguardano solo gli scartramenti. Per questi ultimi, i fattori di maggiore incidenza sono il tipo di traverse e i raggi di curvatura; in particolare, gli scambi contraddistinti dal numero maggiore di quote con degrado “singolare” sono quelli su legno e con ramo deviato di raggio fino a 250 metri.

## 5. Conclusioni

Con riferimento al campione di scambi osservati ed al tempo di osservazione dello studio, è stato dimostrato che le misure effettuate con i due calibri FS 07 e FS 69U sono equiparabili ai fini dell'applicazione delle norme contenute nella nuova Istruzione Tecnica RFI TCAR IT AR 06 011. Nel contempo, sono stati posti in evidenza i vantaggi connessi all'utilizzo del calibro FS 07 che consistono nell'immediata restituzione del dato, nell'eliminazione dell'errore di lettura e nella possibilità di realizzare le condizioni di ortogonalità rispetto al binario.

Le analisi eseguite indicano che per gli apparecchi presi in esame l'introduzione della nuova Istruzione Tecnica non comporta significativi oneri aggiuntivi alle attuali attività manutentive.

L'analisi del degrado, basato sull'evoluzione delle quote misurate nel tempo, ha consentito di discriminare le varie tipologie di apparecchio ed i fattori di maggior incidenza. In particolare, gli scambi su legno presentano una più spiccata tendenza a degradarsi rispetto a quelli posati su traverse in c.a.p. Con riferimento ai soli scambi su legno, inoltre, il fenomeno risulta più accentuato per quelli caratterizzati da ridotti raggi di curvatura del ramo deviato.

Si può concludere sottolineando come il nuovo approccio introdotto dall'Istruzione Tecnica consentirà di traghettare criteri e strategie manutentivi a carattere prevalentemente “predittivo”, basati su un monitoraggio programmato e sull'analisi dell'evoluzione dei difetti nel

“Unusual” values of deterioration were recorded only in the case of gauges *S<sub>p</sub>*. Major influencing factors are the type of sleeper and the radius; in particular, switches and crossings showing the higher number of “unusual” deterioration values were those on timber sleepers and characterized by a radius of the branch line smaller than 250 m.

## 5. Conclusions

On the basis of the results of this study, it can be stated that measurements carried out by means of the old FS 69U and the new FS 07 devices are comparable for the purpose of applying Standard RFI TCAR IT AR 06 011. Moreover, the main advantages consequent to the use of FS 07 gauge were highlighted: immediate data display, elimination of reading errors, guaranteed orthogonality with track axis.

It was found that for switches and crossings subjected to analysis, criteria introduced by the new Standard have a limited impact on current practice, with no significant additional needs and costs for maintenance.

The deterioration analysis, based on the evolution of geometric parameters as a function of time, allowed the identification of the main factors which affect the performance of different types of switches and crossings. In particular, those laid on timber sleepers showed a more pronounced tendency to deterioration as compared to those on pre-stressed concrete sleepers. Deterioration phenomena in the case of timber sleepers were found to be particularly severe in the presence of low radii of curvature on the branch line.

It can be concluded that the approach introduced by new Standard will allow the consideration of maintenance criteria and strategies of a predictive character, based on programmed field surveys and on the analysis of deteriora-

## SCIENZA E TECNICA

tempo, con una considerevole razionalizzazione dei costi di intervento.

L'Istruzione Tecnica RFI TCAR IT AR 06 011 è entrata in vigore per applicazione dal 01 Gennaio 2015 assieme alla Procedura Operativa Subdirezionale (POS) [8]. Contestualmente è stata abrogata la Circolare N.91 6.8 del 1966. L'applicazione del nuovo impianto normativo è stata monitorata sull'intera rete di RFI per un periodo di un anno secondo un apposito protocollo.

*tion evolution, which will lead to an optimization of maintenance costs.*

*Standard RFI TCAR IT AR 06 011 was released on January 1<sup>st</sup>, 2015, together with the corresponding POS (Sub-directional operative procedure) [8], thus replacing the old Norm N.91 6.8 of 1966. Application of the new Standard was monitored for one year on the entire RFI network according to an appropriate protocol.*

### BIBLIOGRAFIA - REFERENCES

- [1] Rete Ferroviaria Italiana (RFI), Istruzione Tecnica RFI TCAR IT AR 06 011 "Controllo delle grandezze caratteristiche degli apparecchi del binario".
- [2] EN 13232-9 "Railway applications – Track – Switches and crossings – Part 9: Layouts", 2006.
- [3] Rete Ferroviaria Italiana (RFI), Specifica tecnica di fornitura RFI TCAR SF AR 13 001 D "Calibro manuale e marca FS07 per il controllo dei parametri geometrici del binario e degli apparecchi del binario", 2013.
- [4] Rete Ferroviaria Italiana (RFI), Procedura Operativa SubDirezionale RFI DMA-DTC PS IFS 017 A "Uso e manutenzione del calibro FS 69U per il controllo dei parametri geometrici del binario e degli apparecchi del binario", 2004.
- [5] Rete Ferroviaria Italiana (RFI), "Scambi con controrotaia UIC-33 e relativo nuovo calibro FS 69U per la misura delle grandezze fondamentali del binario e degli scambi", 2004.
- [6] Rete Ferroviaria Italiana (RFI), Circolare N. 91 6.8 "Armamento dei binari: Libretto modello L.94 per il controllo degli apparecchi del binario in opera", 1966.
- [7] Rete Ferroviaria Italiana (RFI), Istruzione Tecnica RFI TCAR ST AR 01 001 D "Standard di qualità geometrica del binario e parametri di dinamica di marcia per velocità fino a 300 km/h", 2013.
- [8] Rete Ferroviaria Italiana (RFI), Procedura Operativa Subdirezionale RFI DPR PS IFS 106 "Controllo delle grandezze caratteristiche degli apparecchi del binario e norme di manutenzione".

### Sommaire

ETUDE SUR L'EVOLUTION DES VALEURS CARACTERISTIQUES DE L'EQUIPEMENT DE VOIE: APPLICATION DES NOUVELLES ORIENTATIONS DES REGLEMENTS DE RFI

L'article rend compte des résultats d'un projet de thèse dans l'application des nouvelles réglementations introduites par RFI sur le contrôle des valeurs caractéristiques de l'équipement de voie. Ce système utilise la logique des «niveaux de qualité» déjà adoptés pour le contrôle des paramètres géométriques de la voie. Le but de l'étude était d'évaluer, sur une base empirique, l'évolution des valeurs de différents types d'échanges en termes de composants et des plans de pose, et comparer les résultats en ce qui concerne les règlements encore en vigueur au moment de l'analyse. Les résultats obtenus, tout en tenant compte de l'échantillon et du temps d'observation, donnent des indications pour un entretien efficace basé sur des fréquences de contrôle ciblées par rapport à l'évolution des défauts.

### Zusammenfassung

ÄNDERUNG VON CHARAKTERISTISCHE MERKMALEN DER WEICHEN UND MEßGERATEN NACH NEUEN RFI RICHTLINIEN

Zahlreiche Resultaten die gewonnen wurde bei Praktikumsstudien und Magisterarbeiten bei der Technischen Hochschule Turin, Abteilung DATI, und Regional Produktionsleitung RFI. Die Arbeit besteht aus einem Vergleich zwischen zwei Richtlinien für Weichenkontrolle, eine still gültig und die andere stanzend aus EN 13232-9, die zukünftig benutzt wird. Eine Weichenmenge von verschiedenen Typen wurde untersucht worden und die Resultieren in der neuen Qualität Niveau Bewertungssystem benutzt. Das gefolgte Verfahren ist empirisch. Die kurze Zeit die zur Verfügung war, hat auf jedem Fall einige Beziehung zwischen Meßwerten, Verkehr und Verschleiß erlaubt.