



UNIVERSITA' POLITECNICA DELLE MARCHE

FACOLTA' DI INGEGNERIA

Corso di Laurea triennale in Ingegneria Gestionale

**LA MANUTENZIONE FERROVIARIA: NORME, DIAGNOSI E PROCEDURE DI
MISURAZIONE ADOTTATE A GARANZIA DELLA QUALITÀ DEI ROTABILI**

**RAILWAY MAINTENANCE: STANDARDS, DIAGNOSIS AND MEASUREMENT
PROCEDURES ADOPTED TO GUARANTEE THE QUALITY OF ROLLING STOCKS**

Relatore: Chiar.mo/a

Prof. Paone Nicola

Tesi di Laurea di:

Trotti Giulia

A.A. 2022/2023

Indice

Introduzione	1
Abstract	3
La manutenzione ferroviaria	5
1.1 <i>Introduzione alla manutenzione</i>	5
1.2 <i>Tipologie di manutenzione</i>	5
1.3 <i>Tipologie di rotabili ferroviari</i>	6
1.4 <i>Manutenzione di rotabili</i>	10
I soggetti dello scenario ferroviario.....	13
2.1 <i>Impresa ferroviaria</i>	13
2.2 <i>Soggetto Responsabile della Manutenzione</i>	15
2.2.1 <i>Certificazioni</i>	16
2.2.2 <i>Formazione del personale</i>	17
2.2.3 <i>Strumenti di misura</i>	19
2.2.4 <i>Documentazione</i>	20
2.3 <i>Ecoindustria S.r.l: Azienda responsabile della Manutenzione Ferroviaria</i>	22
Manutenzione di Carri Merci	25
3.1 <i>Il processo di revisione di un Carro Merci</i>	25
3.1.1 <i>Check-In e Check-Out</i>	26
3.1.2 <i>Revisione della trazione e repulsione</i>	26
3.1.3 <i>Revisione del carrello</i>	31
3.1.4 <i>Revisione delle sospensioni</i>	33
3.1.5 <i>Revisione dell'impianto pneumatico del freno</i>	38
3.2 <i>Il processo di manutenzione correttiva di un carro merci</i>	45
Manutenzione di Locomotive Elettriche e Carrozze Passeggeri.....	49
4.1 <i>Caratteristiche e processo di manutenzione di Locomotive Elettriche</i>	49
4.1.1 <i>Manutenzioni, Check-In e Check-Out</i>	50
4.1.2 <i>Revisione del rodiggio</i>	50
4.1.3 <i>Revisione delle Colonne Chopper</i>	54
4.1.4 <i>Revisione dell'Impianto Antincendio</i>	55
4.3 <i>Caratteristiche e generalità di manutenzione di una Carrozza Passeggeri</i>	57
Conclusioni	59

Bibliografia e Sitografia	61
Indice delle figure	64

Introduzione

La seguente Tesi descrive il processo di gestione della manutenzione di una flotta di veicoli ferroviari. Alla base di questa c'è il lavoro svolto nel tirocinio curriculare del corso di laurea triennale in Ingegneria Gestionale all'interno dell'azienda *Ecoindustria S.r.l.*, con l'obiettivo di descrivere il processo di manutenzione di un rotabile ferroviario dal check-in alla reimmissione in servizio, e le normative vigenti a garanzia della qualità dei veicoli in circolazione sulle linee italiane.

Le motivazioni che mi hanno spinto ad analizzare tale tema si ricollegano all'aspetto della sicurezza sulla linea ferroviaria, essenziale per i fruitori del servizio di trasporto, per il personale e per i cittadini. Una corretta valutazione delle conformità dei componenti di un rotabile è infatti indispensabile in fase di manutenzione, in quanto comporta non solo meno avarie durante il servizio, ma anche migliori prestazioni dello stesso.

Questo lavoro è dunque volto a sostenere e descrivere l'importanza dei controlli manutentivi di ogni tipo di veicolo in circolazione, ponendo particolare attenzione alle misurazioni svolte in Officina di manutenzione. Si prenderanno inoltre in considerazione le norme vigenti sulla qualità di tale servizio e la struttura interna delle organizzazioni che operano nel ferroviario.

L'elaborato in questione si suddivide in quattro capitoli: il primo capitolo fornisce un'introduzione al processo manutentivo di cui si parlerà nell'intero elaborato, andando dunque a trattare la definizione di Manutenzione secondo le normative vigenti, per poi analizzare le tipologie di veicoli ferroviari e le manutenzioni a cui sono sottoposti gli stessi.

Il secondo capitolo descrive i soggetti dello scenario ferroviario, vale a dire coloro che si occupano di garantire il servizio del trasporto. Interessa quindi la struttura interna degli organi preposti a garanzia della sicurezza su linea, siano queste le agenzie europee (ERA), nazionali (ANSF) o l'Impresa Ferroviaria stessa. Successivamente si presenta la suddivisione interna delle aziende che si occupano del servizio di trasporto (Imprese Ferroviarie) da quelle che forniscono il mantenimento dell'infrastruttura o della flotta. In seguito si analizzano le caratteristiche che il Soggetto Responsabile della Manutenzione attesta di possedere per fornire tale servizio all'Impresa. Queste sono certificazioni, adeguati strumenti di misura, documentazione a garanzia della tracciabilità e formazione del personale. A completare il capitolo vi è una descrizione di un'Azienda responsabile della manutenzione di rotabili ferroviari quale *Ecoindustria S.r.l.*

I capitoli tre e quattro permettono di entrare più nel dettaglio del processo di manutenzione, in quanto analizzano la revisione e la manutenzione correttiva (o a guasto) di carri adibiti al trasporto di merci, locomotive elettriche di trazione e carrozze per il trasporto passeggeri. Vengono descritti i processi di check-in e check-out delle tre tipologie

di rotabili analizzate e per ognuna si delineano le principali verifiche di conformità secondo le modulistiche di riferimento affidate all'Azienda che offre servizio di manutenzione.

Grazie a questa Tesi mi è stato possibile analizzare alcuni processi di misurazione importanti per la corretta reimmissione in servizio dei veicoli, risultati che saranno dettagliati nell'elaborato.

Abstract

Ci sono stati molti casi di incidenti su linea ferroviaria, tra i più noti quello successo a Viareggio il 29 giugno 2009, in cui un convoglio atto al trasporto di GPL sviò causando un'esplosione e un successivo incendio. La ragione di questo svio fu il cedimento di un asse del carrello del primo carro trainato. Ciò portò ad un cambiamento radicale nella manutenzione dei rotabili ferroviari, aumentando i controlli e le verifiche periodiche ai rotabili in circolazione, con particolare attenzione alla tracciabilità di tali ispezioni.

L'obiettivo di questo elaborato è descrivere tali verifiche e l'importanza che queste rivestono nel servizio del trasporto, assicurando una maggiore sicurezza su linea ferroviaria. Il processo di manutenzione, dal check-in del rotabile alla sua reimmissione in servizio, si compone di diverse verifiche, siano queste visive oppure di misurazioni, dettate da moduli e standard europei e nazionali. Grazie a queste rilevazioni le aziende che offrono servizio di manutenzione di una flotta possono attestare il corretto stato di un sistema o un componente, e la conseguente sicurezza per i lavoratori e i fruitori del servizio di trasporto ferroviario.

L'analisi del processo di manutenzione osservato in azienda durante il tirocinio curriculare mostrerà le criticità più ricorrenti per veicoli di tipo carri merci, locomotive elettriche e carrozze per il trasporto passeggeri e il modo per salvaguardare ciascun tipo di rotabile ferroviario. A seconda del veicolo considerato si utilizzeranno moduli e modelli diversi, gestiti dalle Imprese Ferroviarie di riferimento, di cui le più importanti nel territorio nazionale sono Trenitalia per il trasporto passeggeri e Mercitalia Rail per le merci. Si opererà anche un confronto tra le Imprese e le Aziende che offrono servizio di manutenzione della flotta, descrivendone i caratteri per ciascuna e le caratteristiche del servizio offerto.

Analizzando tali temi si comprenderà l'essenzialità delle misurazioni svolte, e la precisione con cui devono essere portate a termine. Inoltre si percepisce l'importanza del continuo miglioramento di tali tecniche di verifica, per far sì che il processo sia più rapido, ma allo stesso tempo il più accurato possibile.

CAPITOLO PRIMO

La manutenzione ferroviaria

1.1 Introduzione alla manutenzione

Manutenzione, dal latino *manutentio -onis*, deriva dalla locuzione *manu tenere*, e definisce l'atto di tenere una cosa in modo tale che rimanga in efficienza nel tempo¹. Oggi rappresenta l'insieme delle operazioni che va ad adeguare e a migliorare, per quanto possibile, i sistemi alle esigenze degli utilizzatori. È quindi un processo fondamentale per la conservazione degli strumenti, lavorativi e non, in quanto ha un impatto notevole sulla sicurezza degli ambienti, delle attrezzature e dei lavoratori. Permette infatti di massimizzare l'efficienza e la produttività dei propri impianti limitando i costi, accrescendo la produttività e la qualità dei sistemi, e massimizzando i tempi di produzione.

Secondo la norma UNI 13306:2018, la manutenzione è *“la combinazione di tutte le azioni tecniche, amministrative e gestionali durante l'intero ciclo di vita di un'entità che sono destinate a mantenere o riportare l'asset in uno stato tale da poter svolgere la funzione richiesta”*².

1.2 Tipologie di manutenzione

La manutenzione è distinta, secondo le norme UNI 10147 e UNI 13306, in quattro tipologie, quali autonoma, preventiva, a guasto (o correttiva) e migliorativa.

La Manutenzione Autonoma include l'insieme delle attività e dei controlli eseguiti dall'operatore, che comprendono semplici ispezioni, pulizia, lubrificazione o piccole regolazioni dei componenti degli asset. È definita manutenzione autonoma o Automanutenzione in quanto può essere effettuata nei parchi dagli stessi operatori e conduttori macchina supportati da manutentori o tecnici.

La Manutenzione Preventiva³ o Programmata, prevede una serie di attività manutentive che consentono di rallentare la degradazione di un componente di un macchinario o di un impianto. Permette quindi di ridurre guasti e fermi macchina grazie ad attività di prevenzione, e perciò rappresenta un vantaggio economico per l'azienda che richiede tale servizio. La manutenzione preventiva si divide a sua volta in tre tipologie:

- Manutenzione Periodica, ossia programmata, eseguita su base temporale e basata su piani di manutenzione, ossia fascicoli con la descrizione degli interventi di

¹ <https://www.treccani.it/vocabolario/manutenzione/>

² UNI 13306:2018

³ <https://www.mainsim.com/academy/manutenzione-preventiva/>

manutenzione relativi ad uno specifico tipo di macchinario o asset, includendovi la periodicità e le modalità con cui devono essere eseguiti;

- Manutenzione su Condizione, basata sul monitoraggio di parametri prefissati, come, ad esempio, il chilometraggio, oltre i quali statisticamente tende ad aumentare la probabilità che si verifichi un guasto. Questa manutenzione permette dunque di intervenire in tempi ottimali al fine di evitare inefficienze del sistema;
- Manutenzione Predittiva, che permette il monitoraggio dello stato del componente o del macchinario in tempo reale e in maniera precisa attraverso l'installazione di sensoristica volta alla trasmissione i dati al sistema di acquisizione.

La Manutenzione a Guasto, o Correttiva, prevede l'intervento solo in caso di guasto (secondo la norma UNI 9910, la *"cessazione della funzione richiesta da parte dell'apparato in questione"*⁴), al fine di ripristinare le funzionalità del componente o del sistema. È considerata la soluzione più costosa poiché può comportare tempistiche maggiori per il suo ripristino.

La Manutenzione Migliorativa invece, a differenza delle altre già descritte, ha l'obiettivo di accrescere il valore di un bene, dunque può portare considerevoli benefici anche in ambito di sicurezza.

Alla base di queste definizioni, la norma UNI 11063:2017 classifica gli interventi in due principali tipi di manutenzione, a seconda dello scopo per cui sono svolte. Vi è la manutenzione ordinaria, che ha l'obiettivo di ristabilire il corretto funzionamento di un componente a seguito di un guasto, senza andarne tuttavia a modificare le prestazioni. Fanno parte di questa categoria le manutenzioni autonoma, correttiva e preventiva, relativamente agli interventi di routine e alle ispezioni. Un ulteriore tipo di manutenzione è quella straordinaria, che coinvolge gli interventi in essere con lo scopo di migliorare il funzionamento di un componente di un macchinario, sia per longevità che per accrescimento di valore. Rientrano in questa macro-area le manutenzioni migliorativa e preventiva che aumentano il valore dei sistemi.

1.3 Tipologie di rotabili ferroviari

In Italia la flotta ferroviaria è gestita in prevalenza dal gruppo Ferrovie dello Stato Italiane, che comprende Trenitalia e Mercitalia Rail. Quest'ultima è la società del Polo Mercitalia che si occupa dal 2017 della gestione del servizio di trasporto e logistica delle merci, mentre Trenitalia dal 2000 è la principale società italiana per il trasporto passeggeri. Tra i rotabili in circolazione appartenenti a tale flotta si distinguono i veicoli auto trainanti, come le

⁴ UNI 9910

locomotive, i veicoli trainati, ossia le carrozze per il trasporto passeggeri e i carri merci, e i mezzi d'opera.

Le locomotive sono veicoli ferroviari motorizzati e dotati di cabina di guida, adibite alla trazione di un convoglio su un binario ferroviario o alla manovra. Si differenziano, in base



Figura 1 Locomotiva a Vapore Fondazione FS

alla tipologia di alimentazione, in locomotive a vapore, diesel, elettriche e ibride. Il primo tipo di locomotive della storia è quello a vapore, che risale ai primi anni del XIX sec e rivoluzionò il sistema di trasporto su rotaia. Questo tipo di locomotiva, ormai ampiamente sostituita dai modelli elettrico e diesel, basava il funzionamento sulla combustione interna del carbone per la produzione di vapore acqueo con cui si alimentava il motore. Questo in seguito, tramite un sistema di leveraggi, consentiva il movimento meccanico delle ruote del rotabile. Ormai completamente superate, oggi rimangono visitabili nei musei tra cui in Italia quelli di Fondazione FS.

Un ulteriore modello, evoluzione della locomotiva a vapore, è quello diesel, la cui principale funzione, a causa dell'elevato consumo di carburante e dell'inquinamento, è quella di manovra nei depositi ferroviari, in cui non sempre è presente una linea elettrificata. Hanno anche funzione di recupero in linea di treni guasti non più in grado di trazione da soli.



Figura 2 Locomotiva Diesel

[Questa foto](#) di Autore sconosciuto è concesso in licenza da [CC BY-SA](#)

Le locomotive elettriche invece, utilizzano l'energia elettrica ad alto voltaggio (3000 V) captata dalla linea ferroviaria per alimentare i motori di trazione. Queste trainano carrozze e carri merci per tutto il sistema ferroviario nazionale e si riconoscono per la denominazione con la lettera E seguita da un codice di riferimento (nel caso del diesel si avrà la D). Da poco sono in circolazione anche locomotive ibride, con un'alimentazione di tipo diesel-elettrico. Queste utilizzano l'energia elettrica prodotta da un motore diesel accoppiato con un generatore di corrente per alimentare i motori di trazione. Differiscono dalle locomotive elettriche perché possono muoversi sempre, ma di contro le elettriche richiedono un minor dispendio di energia a fronte di un'elevata potenza e un minor inquinamento.



Figura 3 Locomotiva elettrica Trenitalia

[Questa foto](#) di Autore sconosciuto è concesso in licenza da [CC BY-ND](#)

Tra i veicoli trainati, le carrozze sono veicoli ferroviari non indipendenti, adibiti all'esclusivo trasporto di persone e inserite in numero variabile nella composizione dei treni. Devono permettere dunque la salita e la discesa, il confort e i servizi, e devono inoltre garantire, in quanto rotabili, la frenatura e la sicurezza anche in caso di avarie e la continuità tra le carrozze. In Italia si contano due tipologie di carrozze ferroviarie, quelle tradizionali e quelle parte di un elettrotreno a composizione bloccata. Le prime sono di tipo Grand Confort,



Figura 4 Carrozza Medie Distanze, Trenitalia

Medie distanze (MD), Doppio Piano, Piano ribassato (PR), UIC-X e UIC-Z1, ma non vengono più costruite a dispetto di quelle del secondo gruppo, parte integrante degli elettrotreni.

Questi ultimi sono particolari tipologie di treni sviluppati in Italia nati con lo scopo di risolvere il problema della bassa velocità dei classici treni di linea, detti in seguito “di materiale ordinario”, senza dover investire per ricostruire le linee ferroviarie italiane che permettevano un basso carico assiale. Oggi in Italia si contano diverse tipologie di elettrotreni a composizione bloccata quali Rock, Pop, Jazz e Swing, i quali differiscono dai classici convogli in quanto presentano una struttura data da due locomotive elettriche, una in testa e l'altra in coda, e un numero fisso di carrozze intermedie.



Figura 6 Elettrotreno a composizione bloccata di tipo Jazz, Trenitalia

Gli elettrotreni più diffusi al giorno d'oggi sono sicuramente quelli ad Alta Velocità (AV), che coprono grandi distanze e possono raggiungere i 350 km/h (in Italia le linee presenti permettono il raggiungimento di velocità non superiori ai 300 km/h). La loro potenza è garantita da una maggiore tensione di linea, pari a 25.000 V, e dalla presenza di motori anche sulle carrozze, diversamente da quanto visto per le carrozze Medie Distanze. I treni AV circolano su 1.400 km di linee costruite appositamente per garantire una marcia ottimale in base alle caratteristiche di tali rotabili, in quanto la complessità di questo tipo di convoglio necessita una tecnologia avanzata caratterizzata da una maggiore attenzione alla curvatura,



Figura 5 Treno AV Trenitalia

binari rinforzati, sottostazioni più frequenti e in generale un controllo maggiore su tutta la linea.

Un'ulteriore tipologia di veicoli trainati è il carro merci, veicolo ferroviario trainato da un locomotore adibito al trasporto esclusivo delle merci sulla rete ferroviaria. Di tecnologia molto semplice, la sua introduzione è precedente all'invenzione della locomotiva, in quanto erano utilizzati carri rudimentali per il trasporto merci su binari già per il lavoro in miniera. Oggi vengono progettati e costruiti in base alla tipologia di merce che devono trasportare, ma hanno tutte caratteristiche simili. Questi carri infatti, sopportando pesi elevati, sono più soggetti ad avarie rispetto a locomotori e carrozze, e devono perciò viaggiare a basse velocità, oltre ad avere una struttura in acciaio in grado di sostenere carichi elevati e una base meccanica semplice che comporta un basso impatto manutentivo.



Figura 7 Carro merci Mercitalia in revisione in Officina

I mezzi d'opera infine sono tutti quei mezzi che consentono di effettuare lavori di manutenzione della linea ferroviaria, sia dei binari ferroviari che della linea aerea elettrica. Sono in parte di proprietà di RFI (Rete Ferroviaria Italiana) e vengono attrezzati in base alle esigenze di manutenzione. Tra le svariate tipologie di mezzi, tra cui autoscale, rinalzatrici e riprofilatrici, le caratteristiche comuni a tutti sono la trazione diesel, le basse velocità e un'elevata potenza, che serve a garantire l'effettiva manutenzione, oltre alla semplicità e all'affidabilità del mezzo.

1.4 Manutenzione di rotabili

La manutenzione ferroviaria comprende tutte le attività che vanno a verificare il corretto stato di un rotabile ferroviario, ed eventualmente il ripristino di tale stato. Ogni rotabile infatti, per essere mantenuto in circolazione, ha necessità di essere sottoposto a revisioni periodiche in base a scadenze temporali o chilometriche. Esistono vari tipi di attività manutentive e si differenziano tra loro in base al tipo di intervento e al tipo di livello dell'intervento. In particolare, Trenitalia S.p.A. classifica la manutenzione dei veicoli ferroviari in manutenzione di I livello se comprende interventi di piccola entità effettuati sul

luogo, e interventi effettuati in officina quali smontaggio dei componenti, la loro misurazione ed eventuale sostituzione o riparazione, prove degli impianti pneumatici e controllo iscrizioni e date di scadenza. La manutenzione di II livello invece è un'attività che viene svolta in officine denominate di Grande Riparazione perché attrezzate per svolgere lavori più significativi sia a livello di portata che di tempo. Le manutenzioni di I e II livello si differenziano in base al tipo di intervento in preventiva, corrente e programmata.

La manutenzione preventiva corrisponde alle attività di revisione e include interventi eseguiti in officine specializzate delle aziende ferroviarie o in stabilimenti privati. Fanno parte di questa tipologia le revisioni periodiche, che variano in base al tipo di rotabile preso in considerazione.

La manutenzione corrente comprende piccole riparazioni svolte lungo i binari durante il servizio del rotabile (Riparazione nei Parchi, RP) e include la manutenzione correttiva in occasione di guasti o alterazioni, effettuata nelle Officine specializzate.

La manutenzione programmata infine comprende controlli periodici effettuati in officine accreditate secondo precise scadenze stabilite dal costruttore o dal gestore. Differisce dalla manutenzione preventiva in quanto non è a base temporale o chilometrica, ma segue specifiche linee guida del detentore.

Gli interventi manutentivi si differiscono in base al tipo di rotabile a cui sono effettuati, quali locomotive, carri merci e carrozze per il trasporto passeggeri. In seguito della verifica di conformità del veicolo, sia esso autotrainato o rimorchiato, e alla successiva rimozione di questo dall'esercizio, verrà consegnato al centro di manutenzione, che effettuerà un controllo diverso in base al tipo di rotabile.

Le locomotive sono consegnate alle Officine di Manutenzione per manutenzione corrente, sulla base delle informazioni ricevute dal personale di macchina, oppure per scadenza della revisione periodica. Il PdM delle locomotive è un documento che descrive tutte le operazioni di manutenzione ciclica delle suddette, e richiama sia rispettivi manuali di riferimento, sia le disposizioni mandate da FS e le indagini effettuate da Ingegneria della Manutenzione. Per le locomotive E652 ad esempio, le attività previste nel PdM sono suddivise in base alla scadenza temporale, con periodicità di 6, 12 e 24 mesi, oppure in base a scadenze chilometriche, definendo il Controllo d'Officina (CO), da eseguirsi a intervalli di 15.000km, la Revisione di Turno (RT), effettuata ogni 45.000km e la Revisione d'Officina/Cambio Carrelli (RO/CC), con una periodicità di 90.000km.

Le carrozze passeggeri invece, vengono inviate in Officina di un impianto di manutenzione di Trenitalia a seguito di guasti rilevati durante le operazioni di verifica eseguite nei parchi, o per scadenza delle revisioni periodiche. Anche qui il PdM elenca e descrive le operazioni da effettuare alle carrozze Media Distanza Rimorchiate o Semipilota a 160 Km/h. Tra gli interventi manutentivi si distinguono Visite Preventive (VP), eseguite su binari attrezzati di alimentazioni elettrica e pneumatica, e mirate al mantenimento del confort, del decoro e

dell'affidabilità dell'esercizio; Visita Intermedia (VI) ed Revisione di Turno (RT), due interventi effettuati su fossa di visita atti ad accertare il consumo degli organi di attrito; REV2, una visita ciclica intermedia da effettuarsi con periodicità dipendente dalla RO; e SC, a scadenza chilometrica o temporale; Pre-Estiva e Pre-Invernale, che comprendono lavori stagionali effettuati rispettivamente nei periodi che vanno da marzo a maggio, e da settembre a novembre; e Revisione di Officina (RO), una revisione completa in officina effettuata in seguito alla percorrenza di 1.000.000km o 72 mesi dalla precedente RO.

I carri merce sono inviati alle officine per la presenza di avarie rilevate durante la visita tecnica, oppure a seguito della scadenza temporale della revisione. Le revisioni dei carri merci si classificano in Ridotte, Intermedie e di Officina, di cui le prime due sono classificate di 1° livello, mentre la Revisione di Officina è di 2° livello. La Revisione Ridotta (RR) ha una durata triennale e comprende un controllo meno approfondito del carro. Gli operatori non vanno quindi a smontare il rotabile per controllarne la conformità dei singoli componenti, ma si limitano ad effettuare principalmente un controllo visivo e, in alcuni casi, un controllo dimensionale. La Revisione Intermedia (RI) ha validità di sei anni, viene svolta in alternativa alla RR, ed interessa un controllo più approfondito del rotabile, permette infatti di verificare l'usura di alcuni componenti mentre, per altri, un solo controllo visivo. La Revisione di Officina (RO) invece, ha validità di 6 anni ed è la più completa delle tre, comprende la revisione fuori opera, previo disassemblaggio, di tutti gli apparati del rotabile. Gli operatori in questa sede si occupano della misurazione e del controllo degli organi del carro secondo le direttive del PdM e del Manuale di Manutenzione e Riparazione Carri (MMRC), redatti dal settore Sviluppo Manutenzione Rotabili del detentore, e dell'eventuale ripristino della conformità dei componenti danneggiati o scaduti.

Al contrario della manutenzione ciclica, quella correttiva comprende la stessa procedura per ogni veicolo. A seguito dell'ingresso del rotabile nell'impianto di riparazione, i manutentori ne effettuano il Check-In. In questa fase si verifica, in base alla modulistica d'ingresso, il tipo di avaria presente nel rotabile, e contemporaneamente, si effettua un sopralluogo ai componenti degli Organi di Sicurezza (OdS) di tipo meccanico del veicolo ferroviario. Una volta terminato questo controllo e annotate, se presenti, le ulteriori avarie di cui occuparsi, il Soggetto Responsabile della Manutenzione (SRM) le comunica al detentore che deciderà se autorizzare o meno la manutenzione. Una volta approvata il SRM può iniziare la riparazione del rotabile, al termine della quale effettua un Check-Out (controllo finale) e ne dichiara la reimmissione in servizio.

CAPITOLO SECONDO

I soggetti dello scenario ferroviario

Il sistema ferroviario europeo è gestito e diretto da ERA⁵ (EU Agency for Railways), che si occupa tramite l'emissione di direttive, di garantire l'efficacia e la continuità dello spazio ferroviario tra tutti gli Stati membri. Questi, grazie alle agenzie nazionali, adattano le direttive europee alla realtà del singolo stato. ANSF è l'Agenzia Nazionale Sicurezza Ferroviaria che svolge tale compito.

Ferrovie dello Stato Italiane S.p.A. è una società pubblica che gestisce sia la rete ferroviaria mediante una sua controllata Rete Ferroviaria Italiana (RFI), sia il trasporto pubblico attraverso la società Trenitalia S.p.A., sia il trasporto merci, sviluppato da Mercitalia. RFI gestisce più di 16.000km di linee attive in tutto il territorio nazionale e si occupa anche della manutenzione e della creazione di linee ferroviarie. Particolare importanza negli ultimi anni, la creazione di sempre più chilometri di reti ad alta velocità, una rete caratterizzata da un voltaggio maggiore di linea, con 25000 V in corrente alternata in confronto ai 3000 V in continua delle altre linee. In Italia queste linee raggiungono i 300km/h mentre in altri paesi del mondo la velocità massima raggiunta su binario è di 360km/h. Questo grazie a caratteristiche della linea che facilitano la velocità, come raggi di curvatura minori, la tipologia di armamento e i tipi di controllo presenti.

L'assetto della rete ferroviaria nazionale si compone, ai sensi dell'ordinamento europeo, dalle attività di gestione dell'infrastruttura ferroviaria e di svolgimento del servizio ferroviario, separate all'interno dell'Holding Ferrovie dello Stato Spa. Trenitalia S.p.A. e Mercitalia Rail S.r.l., pur gestendo diversi settori, sono entrambe iscritte tra le Imprese Ferroviarie (IF).

2.1 Impresa ferroviaria

Secondo la Direttiva UE 798 dell'11 maggio 2016, un'impresa ferroviaria *“è qualsiasi altra impresa pubblica o privata la cui attività consiste nella prestazione di servizi di trasporto di merci e/o passeggeri per ferrovia e che garantisce obbligatoriamente la trazione. Sono comprese anche le imprese che forniscono solo la trazione”*⁶.

⁵ https://european-union.europa.eu/institutions-law-budget/institutions-and-bodies/search-all-eu-institutions-and-bodies/european-union-agency-railways-era_it

⁶ Art.3 direttiva (UE) 2016/798 del parlamento europeo e del consiglio dell'11 maggio 2016 sulla sicurezza delle ferrovie

Le Imprese Ferroviarie in quanto tali devono essere in possesso di un certificato di sicurezza rilasciato dall'ANSF, affinché si attesti l'idoneità del sistema di gestione della sicurezza adottato dall'impresa stessa. Inoltre l'impresa deve possedere una licenza di trasporto ferroviario rilasciata dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.

Come già descritte, le principali imprese ferroviarie italiane fanno parte di FSI, e sono RFI S.p.A., Trenitalia S.p.A. e Mercitalia Rail S.r.l. Anche RFI S.p.A. è iscritta nel registro delle IF in quanto ha numerosi mezzi d'opera necessari alla manutenzione delle linee.

Da qui la separazione tra le aziende che forniscono servizi di mantenimento e gestione dell'infrastruttura, da quelle che si occupano del mero esercizio del trasporto, ossia le Imprese Ferroviarie (di cui un esempio è Trenitalia S.p.A.).

L'impresa ferroviaria, tra le attività che svolge, comprende anche le funzioni di:

- Formazione, garantita da un formatore, è l'attività necessaria per la composizione di un treno;
- Verifica, vale a dire l'attività volta al controllo delle condizioni minime affinché un treno possa viaggiare su linea ferroviaria, garantita da una figura professionale specializzata quale il verificatore;
- Condotta, l'attività di conduzione di un veicolo trainante o di un mezzo d'opera, assicurata da un macchinista;
- Scorta, corrisponde alla figura di capotreno, responsabile del servizio a bordo treno, sia in ambito commerciale che di sicurezza di esercizio.

Al fine di assumere tali compiti, l'Impresa ha l'obbligo di garantire un sistema di abilitazioni che generalmente prevede una "licenza" come operatore ferroviario e uno o più "certificati di sicurezza".

Inoltre, un'impresa ferroviaria per essere definita tale, deve essere in possesso di:

- Flotta, vale a dire essere proprietario e aver iscritto nel registro dell'ANSF un certo numero di rotabili;
- Documentazione tecnica, relativa ai rotabili di sua proprietà che consiste nell'insieme delle procedure e dei documenti con i quali l'impresa garantisce la gestione del sistema con riferimento all'esecuzione della manutenzione. Tale documentazione comprende dunque l'elenco dei servizi proposti, la modulistica interna ed esterna necessaria all'espletamento delle attività svolte;
- Ufficio di Ingegneria rotabili, necessario per analizzare, risolvere e redigere variazioni ai documenti tecnici in vigore;
- Officine di manutenzione.

Questa distinzione è riportata nell'articolo 14, comma 3 della direttiva UE 778/2016. Di queste, l'ingegneria, la documentazione e la manutenzione possono essere affidate a soggetti terzi, scelti opportunamente dall'Impresa. Questi si occuperanno di garantire

standard elevati di conformità delle precedenti funzioni all'Impresa Ferroviaria di riferimento.

2.2 Soggetto Responsabile della Manutenzione

La manutenzione ferroviaria, come già visto, è un processo di rilevante importanza per la sicurezza su linea ed è perciò necessario, da parte del soggetto che fornisce il servizio di gestione della manutenzione, di garantire qualità, sicurezza, formazione del personale e supporti consoni all'espletamento del processo indicato. È infatti essenziale per un'Impresa Ferroviaria che le Aziende fornitrici di servizi siano certificate secondo le norme di riferimento e garantiscano quindi un processo produttivo di elevata qualità e sicurezza.

L'esecuzione della manutenzione deve avvenire in officine specializzate ed è assegnata ad un soggetto responsabile registrato nel registro dei veicoli conformemente all'articolo 47 della direttiva (UE) 2016/797. Secondo l'Articolo 14 comma 2 della direttiva (UE) 2016/798, "[...] *il Soggetto Responsabile della Manutenzione (RSM) assicura che i veicoli della cui manutenzione è responsabile siano in condizioni di utilizzo in sicurezza*"⁷. A tal fine il soggetto responsabile della manutenzione, riassumendo tale Articolo, presenta un sistema di manutenzione mediante il quale assicura che i veicoli siano mantenuti in conformità attraverso un piano di manutenzione, secondo le normative e le disposizioni in vigore, tenendo traccia delle attività svolte.

Il SRM, in quanto fornitore del servizio di manutenzione dei rotabili ferroviari, ai sensi del regolamento di esecuzione (UE) 779/2019, assicura all'Impresa Ferroviaria la gestione del veicolo dalla rimozione alla reimmissione in servizio su linea, provvedendo ad un sistema di manutenzione. Durante questo arco temporale il SRM fornisce la gestione, lo sviluppo e l'esecuzione della manutenzione, funzioni trattate nel regolamento sopra citato.

In particolare viene gestita la documentazione relativa alla manutenzione, presentando il Piano di Manutenzione (PdM), un documento che contiene le attività di pianificazione e di opera di un processo manutentivo, oltre a redigere la lista dei materiali e lista delle lavorazioni effettuate. Il SRM inoltre assicura all'Impresa Ferroviaria un'ottima preparazione del personale, formato in base agli Organi di Sicurezza stabiliti nel Decreto ANSF 04/2012. La competenza degli operatori deve inoltre essere affiancata da un ottimo supporto metrologico che comprende strumenti di misura, macchinari e tutte le apparecchiature utilizzate dai tecnici per verificare lo stato di un componente durante il processo manutentivo.

Il SRM assicura inoltre officine di manutenzione congrue secondo i requisiti imposti dal decreto legislativo 14 maggio 2019 n 50 e dal Regolamento di esecuzione (UE) 779/2019. In tali spazi debitamente qualificati è necessario poter effettuare misurazioni e riparazioni, oltre a verificare i fattori di rischio per la sicurezza su linea e in officina stessa.

⁷ Art.14 comma 2 Direttiva (UE) 2016/798

2.2.1 Certificazioni

Le aziende che offrono prodotti e/o servizi sono sempre tenute a garantire standard elevati sui processi, dunque anche il SRM necessita di certificazioni inerenti alla qualità del servizio che offre. A garanzia di tali standard vi è la norma UNI EN ISO 9001:2015, basata sui principi della ISO 9000, relativa alle caratteristiche che il Sistema di Gestione per la Qualità (SGQ) di un'organizzazione deve soddisfare per garantire il livello di qualità del prodotto e/o servizio offerto⁸. È dunque possibile per le Aziende ottenere la certificazione relativa a tale norma, al fine di assicurare al cliente un alto livello di efficienza del processo produttivo, accrescendone la soddisfazione. Tale decisione inoltre risulta strategica poiché ne migliora le prestazioni e la sostenibilità, oltre a garantire maggiore prestigio sul mercato.

La norma in questione è divisa in dieci capitoli, di cui i primi tre di introduzione, dove vengono chiariti lo scopo (1), i riferimenti normativi (2) e le definizioni (3), mentre i restanti propongono un insieme di caratteristiche che l'Azienda che si certifica deve garantire. In essa si affrontano temi relativi al contesto organizzativo (4), vale a dire i requisiti che le Aziende sono tenute a riflettere nel loro SGQ, e inerenti ai compiti della direzione (5). Successivamente si opera un'attenta analisi sul fattore di rischio, trattandone in maniera specifica la pianificazione dei processi in base a tali fattori (6). Inoltre si trattano i supporti e le risorse che le Aziende sono tenute a garantire per il mantenimento dei livelli di qualità adeguati durante il processo produttivo (7) e le attività operative (8) relative alla produzione, sia questa interna o esterna. Infine vengono trattate nello specifico la valutazione delle prestazioni (9) dell'Azienda, il che comprende anche audit ed esami, e i requisiti relativi al miglioramento continuo (10). Dunque la UNI EN ISO 9001:2015 è una normativa che comporta e garantisce miglioramento continuo dell'azienda certificata, ottimizzandone i processi e i servizi e/o prodotti, e corrisponde ad una scelta di strategia di coloro che necessitano un incremento di produzione affiancato da una diminuzione dei costi.

Nella manutenzione ferroviaria, ai sensi della Direttiva (UE) 2016/798, per garantire tale servizio è necessario il possesso di un *“sistema di certificazione dei soggetti responsabili della manutenzione dei veicoli”*⁹. L'ente certificatore assicura che le Aziende che svolgono il ruolo di SRM, siano obbligatoriamente in possesso di un certificato ECM a garanzia dei livelli di qualità, sicurezza, qualità dell'ambiente e di formazione del personale consoni a tali regolamentazioni. Lo stesso ente si occupa di verificare la costante soddisfazione dei requisiti descritti nell'ECM. A tal proposito può revocare il certificato o, in casi meno gravi, definire un piano di miglioramento insieme all'Azienda stessa.

Ulteriori certificazioni possedute dal SRM sono:

- UNI EN ISO 14001:2015, che specifica i requisiti del sistema di gestione ambientale di un'organizzazione, vale a dire riferimenti da seguir per limitare l'impatto che le organizzazioni hanno sull'ambiente durante l'espletamento delle proprie attività. Tale norma aiuta ad identificare i rischi ambientali e a migliorare i processi produttivi

⁸ UNI EN ISO 9001:2015

⁹ Direttiva (UE) 2016/798

al fine di ottenere vantaggi come la riduzione dei costi e l'accrescimento del valore dell'organizzazione sul mercato legato all'uso migliorativo delle risorse a disposizione. Consente dunque alle organizzazioni certificate di lavorare sulle proprie responsabilità nei confronti dell'ambiente favorendo la sostenibilità su ampio raggio;

- UNI ISO 45001:2018, norma sulla Salute e Sicurezza su Lavoro (SSL) che concilia sicurezza in ambito lavorativo e riduzione del rischio, permettendo in tal modo di migliorare la salute e il benessere dei lavoratori. Fornisce alle organizzazioni le linee guida per predisporre luoghi di lavoro sicuri, migliorandone costantemente le prestazioni ed eliminandone, per quanto possibile, pericoli e rischi. Tale norma è adattabile a tutte le organizzazioni e ne riprende il contesto in cui operano, le esigenze e i risultati attesi, al fine di adeguarsi a ciascun caso.

In ambito ferroviario inoltre ha un'importanza essenziale il controllo della conformità degli elementi meccanici saldati. A garanzia della rispondenza della saldatura interviene il CEN (Centro Europeo di Normazione) emanando la UNI EN 15085:2018¹⁰, una norma tecnica che definisce le linee guida relative al processo speciale sopra descritto, ai controlli non distruttivi e al collaudo dei componenti meccanici saldati. Tale norma è indispensabile nel settore ferroviario in quanto garantisce la corretta esecuzione di attività alla base della reimmissione in servizio del rotabile. In caso di rottura di un componente metallico infatti, è opportuno che, previa verifica in officina, si esegua una saldatura per evitare problematiche gravi in servizio.

2.2.2 Formazione del personale

La formazione del personale atto ad eseguire la manutenzione di veicoli ferroviari è descritta nel Decreto ANSF n.4/2012 del 09 Agosto 2012. Questo stabilisce infatti le *"norme per la qualificazione del personale impiegato in attività di sicurezza della circolazione ferroviaria"*¹¹, definendo tutti i requisiti richiesti dal personale che svolge attività correlate alla sicurezza della circolazione e dell'esercizio di veicoli ferroviari. Si parla dunque di conducenti, macchinisti, ferrovieri, ma anche manutentori. Tutto il personale, per poter svolgere una tra queste attività necessita di abilitazioni correlate alle attività corrispondenti.

I Manutentori, secondo il Decreto ANSF 04/2012, devono possedere sia competenze generali, sia competenze specifiche per attività di I e II livello, e quindi seguire un percorso di formazione gestito da una scuola di formazione riconosciuta da ANSF (Agenzia Nazionale per la Sicurezza delle Ferrovie). Le competenze specifiche per le attività di manutenzione vengono assegnate in base ai nove OdS (Organi di Sicurezza) ed hanno l'obiettivo di far acquisire ai lavoratori le conoscenze, e quindi le abilitazioni, per poter operare su tali organi di appartenenza, quali:

1. Sistema tecnologico di bordo

¹⁰ UNI EN 15085 – Railway application – Welding of railway vehicles and components

¹¹ Decreto ANSF n.4/2012 del 09.08.2012

2. Rodiggio
3. Carrello
4. Trazione e repulsione
5. Telaio Cassa
6. Circuiti elettrici
7. Impianto Pneumatico e freno
8. Porte
9. Impianto Antincendio

Tra gli Organi sopra descritti, il sistema tecnologico di bordo consente la sicurezza di marcia del rotabile e perciò la sua idoneità d'impiego sulle linee ferroviarie.

Il rodiggio invece, è l'organo che garantisce il moto del veicolo ferroviario ed è composto dalla sala montata, composta dall'insieme di due ruote e del corrispondente assile, e dai componenti in grado di trasmettere il movimento a questa.

Il carrello è composto da una serie di componenti, quali ammortizzatori, sospensioni, telaio, ecc. che consentono di garantire il collegamento tra rodiggio e cassa.

L'organo di trazione e repulsione è formato dalle due parti distinte che tuttavia interagiscono costantemente tra loro, e per questo motivo devono essere presenti simultaneamente in ogni veicolo ferroviario. Queste garantiscono rispettivamente il moto del treno e il distanziamento di un veicolo dall'altro sulla linea ferroviaria.

Il Telaio Cassa ha la funzione di assicurare rigidità al rotabile ed è composto da telaio, elementi di collegamento, strutture portanti e accoppiamenti meccanici.

L'OdS Circuiti elettrici garantisce la presenza della rete elettrica nel rotabile (carrozza o locomotiva), captandola dalla linea trasferendola a tutti gli apparati del treno.

L'impianto Pneumatico e Freno è l'insieme dei componenti meccanici atti a rallentare il veicolo ferroviario entro uno spazio limitato. Si estende per tutto il convoglio ed è sotto il controllo della locomotiva.

Il sistema porte garantisce il transito delle persone o il carico della merce nei veicoli.

L'Impianto Antincendio infine, ha la funzione di rilevare ed estinguere i principi di incendio sul convoglio, ed è perciò composto da un impianto rilevazione, uno di comando e uno di erogazione.

La certificazione del dipendente, secondo gli Organi di Sicurezza del materiale rotabile (OdS), avviene tramite un corso che favorisce l'apprendimento teorico e pratico, a cui poi segue un esame. Questo è presidiato da una commissione di Esame composta da almeno tre Esaminatori Riconosciuti dall'ANSF per l'attività corrispondente all'abilitazione da rilasciare, e si compone di una prima prova scritta, una prova orale, ed una terza prova pratica. La prova scritta consiste in un test, il cui superamento garantisce l'accesso alla prova orale, un colloquio di approfondimento sul materiale oggetto del corso, infine la prova pratica, in cui il candidato viene valutato sul campo.

A seguito del superamento dell'esame il manutentore deve completare la formazione con un tirocinio, che consente, grazie all'affiancamento di un manutentore abilitato sull'OdS oggetto di tirocinio, un rapido apprendimento sul campo delle conoscenze già in possesso. Il tirocinio dovrà essere supervisionato da un Istruttore Riconosciuto ANSF che si occupa, terminata l'attività formativa, di esaminare ulteriormente il candidato. Una volta completata l'abilitazione viene emesso il Certificato di Abilitazione relativo a quel particolare OdS indicandone il contesto operativo in oggetto. Ottenuto il certificato, l'Azienda può iscrivere il dipendente all'Albo dei Manutentori, comunicato periodicamente ad ANSF, il che fa di lui un Manutentore Abilitato.

2.2.3 Strumenti di misura

La norma UNI EN ISO 9001:2015 fornisce le indicazioni relative alla metrologia e dunque all'utilizzo degli strumenti di misura per aziende certificate secondo la stessa norma. In particolare nel documento viene affermato che *"quando il monitoraggio o la misurazione sono utilizzati per verificare la conformità dei prodotti e servizi ai requisiti, l'organizzazione deve determinare e mettere a disposizione le risorse necessarie per assicurare risultati validi e affidabili"* ¹².

Un'azienda che si occupa della manutenzione di rotabili ferroviari (SRM) deve dunque disporre delle risorse necessarie per garantire la verifica della conformità di prodotti e servizi secondo i documenti tecnici di riferimento. Ai sensi della norma sopra citata, è di importanza sostanziale che l'Azienda metta a disposizione agli operatori tecnici abilitati le apparecchiature necessarie a garantire la riferibilità delle misurazioni. Gli strumenti di misura devono essere perciò soggetti ad una taratura iniziale e successivamente verificati con periodicità dipendente dalle esigenze dell'azienda stessa. Qualora un'apparecchiatura venisse riscontrata non conforme rispetto ai requisiti di validità, è necessario fare delle valutazioni sulle misurazioni effettuate precedentemente alla verifica periodica. A volte nel ferroviario accade che debbano rientrare i rotabili per ripetere le misurazioni effettuate con strumenti non conformi.

La norma UNI 10127-2 definisce gli intervalli di taratura dei vari strumenti di misura in base a diversi fattori da tenere in considerazione. Tra questi è rilevante considerare, oltre alla tipologia di strumento:

- la frequenza di utilizzo;
- il metodo di conservazione e le condizioni ambientali;
- la precisione nelle misurazioni da effettuare;
- gli eventuali danni derivanti da urti e cadute;
- le indicazioni determinate dal costruttore.

In base a queste caratteristiche, l'Azienda decide la periodicità di verifica che non deve mai superare i tre anni dall'ultimo controllo. La taratura deve essere svolta utilizzando strumenti campione il cui controllo è garantito da un laboratorio accreditato ACCREDIA e può avvenire

¹² UNI EN ISO 9001:2015 pag.15 par. 7.1.5.1

presso centri di taratura esterni o interni all'Azienda stessa. In caso di taratura interna l'Azienda avrà un'istruzione operativa di riferimento nella quale viene descritto il processo di taratura a cui il referente metrologico dovrà attenersi.

Un esempio di taratura interna di un calibro a corsoio viene ritenuta ottimale se l'errore massimo (E_{max}) è minore del limite di accettabilità (LdA). Tale errore è dato dalla seguente formula:

$$E_{max} = k \sqrt{(E_{acc})^2 + (E_{rip})^2 + (E_{camp})^2} < LdA = \frac{1}{5} 0,4mm$$

[IT15 in riferimento alla norma UNI EN ISO 286 1:2010]

in cui E_{acc} rappresenta l'errore di accuratezza, E_{rip} quello di ripetibilità e E_{camp} del campione utilizzato come riferimento per la valutazione. Questi risultati si ottengono con un fattore di copertura $K=2$, che garantisce un livello di confidenza del 95% sulla precisione del valore ottenuto, ovvero il 95% di possibilità che il valore ottenuto in seguito alla misurazione si trovi nel range fornito dallo strumento, il che assicura una taratura accurata.

2.2.4 Documentazione

Il SRM, assicurando la funzione di sviluppo della manutenzione, ai sensi del regolamento di esecuzione (UE) 779/2019, si occupa della gestione della documentazione assicurando la tracciabilità degli interventi svolti.

Alla consegna del rotabile al SRM, il committente provvede anche a recapitare la documentazione relativa alla manutenzione, composta dai manuali di manutenzione, il Piano di Manutenzione e le Liste Operazioni (LO/PRC). In questi documenti sono contenute le informazioni di costruzione e i controlli di manutenzione necessari ad assicurare la corretta verifica dei rotabili in fase di manutenzione preventiva o correttiva.

I manuali di manutenzione descrivono dettagliatamente le operazioni da effettuare per revisionare o mantenere un determinato apparato del veicolo ed è a partire da tali manuali che si redigono il PdM e la LO/PRC, differenti a seconda del tipo di manutenzione che si va ad effettuare. Ad esempio la Lista Operazioni di un carro H32 sottoposto a Revisione d'Officina sarà del tipo evidenziato in Figura 8, diviso in sette sezioni, in ordine rispettivamente carrello completo, rodiggio e sospensioni carri ad assi, telaio/cassa, trazione/repulsione, impianto pneumatico e timoneria del freno sul carro, apparecchiature impianto elettrico e infine attività di manutenzione correttiva.

Sulla base di questi documenti il SRM utilizza dei moduli di misurazione interni in grado di accompagnare il manutentore nello svolgimento del controllo delle conformità. Un esempio di tali moduli è descritto nella Figura 9 dove è possibile denotare le misurazioni da effettuare insieme agli strumenti da utilizzare e i range di appartenenza delle misure. A fronte delle verifiche quindi l'operatore dichiarerà la conformità o la non conformità dell'elemento. Questo processo comporta una maggiore precisione e assicura la

tracciabilità dell'operazione che, una volta effettuata, andrà spuntata sulla LO/PRC di riferimento ed è possibile proseguire con la manutenzione.

			LO / PEC - RR Carri H32 - MIR		Matricola carro		Data inizio intervento		Rif. Piano di Manutenzione		
			Rev. 02 (settembre 2022)						PM-H32A (r. v.)		
OFFICINA:		Odi.:									
Codice WP	RIFERIMENTI	OPERAZIONI DA ESEGUIRE IN RR	Centro di Lavoro	Note - Moduli Misura	Eseguito	Data	Operatore	Fase di controllo		Fase ctr MIR	
								Tipo di contr. Interno	ID e Firma	H/W	
SEZIONE 1: CARRO COMPLETO											
1.10 - Check-in e check-out	0	MMRC-01 TC 1.10.000	Ispezionare (check-in) e accettare in revisione il carro completo	S_000023		SI	NA	(1) (2) (3) (4) (5) (6)			
	100	MMRC-01 TC 1.10.100	Ispezionare (check-out) il carro completo prima della rimessione in servizio	S_000023		SI	NA	(1) (2) (3) (4) (5) (6)			
1.20 - Collaudo e prove finali impianti, complessi ed organi meccanici	104	MMRC-01 TC 1.20.104	Controllare CV la sagoma limite del carro	S_000023		SI	NA	(1) (2) (3) (4) (5) (6)			
	143	MMRC-01 TC 1.20.143	Verificare la presenza di tutti i contrassegni/etichette/marcature	S_000023		SI	NA	(1) (2) (3) (4) (5) (6)			
1.20.02 - Collaudo e prove finali impianto pneumatico, timoneria e freno di stazionamento/freno a mano	203	MMRC-01 TC 1.20.02.203	Collaudo e prove finali impianto pneumatico. Provare il freno pneumatico a veicolo singolo	S_000022		SI	NA	(1) (2) (3) (4) (5) (6)			
	232	MMRC-01 TC 1.20.02.232	Collaudo e prove finali impianto pneumatico. Verificare l'efficienza del dispositivo autocentrante	S_000022	Mod. F (r.v.)	SI	NA	(1) (2) (3) (4) (5) (6)			
	134	MMRC-01 TC 1.20.02.134	Collaudo e prove finali timoneria del freno	S_000022		SI	NA	(1) (2) (3) (4) (5) (6)			
	136	MMRC-01 TC 1.20.02.136	Collaudo e prove finali del freno di stazionamento o del freno a mano	S_000022		SI	NA	(1) (2) (3) (4) (5) (6)			
1.20.04 - Collaudo e prove finali impianti, complessi ed organi meccanici	102	MMRC-01 TC 1.20.04.102	Collaudo e prove finali. Verificare la distanza tra la base di appoggio dei pattini elastici e il piano di contatto dei contrassegni	S_000022	Mod. C (r.v.)	SI	NA	(1) (2) (3) (4) (5) (6)			
	104	MMRC-01 TC 1.20.04.104	Collaudo e prove finali. Verificare l'altezza del piano di carico, dei respingenti, della trazione e controllare CV lo sgombero del telaio	S_000022	Mod. A (r.v.) Mod. B (r.v.) Mod. E5 (r.v.)	SI	NA	(1) (2) (3) (4) (5) (6)			
	161	MMRC-01 TC 1.20.04.161	Collaudo e prove finali. Verificare CA l'efficienza delle manovre di apertura/chiusura e la movimentazione della parete scorrevole	S_000022		SI	NA	(1) (2) (3) (4) (5) (6)			
SEZIONE 2: CARRELLO - RODICGIO E SOSPENSIONE CARRI A ASSI											
A.02 - Sala Montata	210	MMRC-02 TC A.02.210	Misurare CM lo scartamento interno/esterno ed il parallelismo delle ruote	S_000021		SI	NA	(1) (2) (3) (4) (5) (6)			
A.02.03 - Ruote monoblocco	117	MMRC-02 TC A.02.03.117	Controllare il piano di rodimento, l'integrità del cerchio ruota, del mozzo e l'assenza di segni di scorrimento anulare	S_000021		SI	NA	(1) (2) (3) (4) (5) (6)			
	215	MMRC-02 TC A.02.03.215	Misurare CM lo spessore, l'altezza e la quota Qr del bordino	S_000021	Mod. D (r.v.)	SI	NA	(1) (2) (3) (4) (5) (6)			
	116	MMRC-02 TC A.02.03.116	Controllare CV l'integrità della linea di fede delle ruote monoblocco	S_000021		SI	NA	(1) (2) (3) (4) (5) (6)			
	216	MMRC-02 TC A.02.03.216	Misurare CM la larghezza della corona cerchione	S_000021		SI	NA	(1) (2) (3) (4) (5) (6)			
A.03 - Boccola	101	MMRC-02 TC A.03.101	Controllare CV in opera l'integrità del corpo boccola e l'assenza di risalti ed fuoriuscita di grasso	S_000021		SI	NA	(1) (2) (3) (4) (5) (6)			
A.05.01 - Molle e smorzamento	124	MMRC-02 TC A.05.01.124	Controllare CV in opera l'integrità del pacco molle e verificare il dispositivo di smorzamento "LENCOR"	S_000021		SI	NA	(1) (2) (3) (4) (5) (6)			
A.10.06 - Timoneria del freno sul carrello	128	MMRC-02 TC A.10.06.128	Controllare CV in opera l'integrità e verificare CA la libertà di movimento e le usure dei componenti della timoneria. Ingranare	S_000022		SI	NA	(1) (2) (3) (4) (5) (6)			
	121	MMRC-02 TC A.10.06.121	Controllare CV l'integrità e verificare CA il corretto frangimento delle staffe di sicurezza dei tiranti a triangolo	S_000022		SI	NA	(1) (2) (3) (4) (5) (6)			
A.10.08 - Porta ruote-mozzi sul carrello	103	MMRC-02 TC A.10.08.103	Controllare CV il fissaggio del portaruota, l'integrità e le usure delle ruote del freno e dell'innescio codale triangolo-portaruota ogni	S_000020		SI	NA	(1) (2) (3) (4) (5) (6)			
A.14.01 - Pattini elastici e relativi supporti	125	MMRC-02 TC A.14.01.125	Controllare CV l'integrità e verificare l'usura del pattino elastico	S_000020	Mod. C (r.v.)	SI	NA	(1) (2) (3) (4) (5) (6)			
A.14.02 - Rulla	107	MMRC-02 TC A.14.02.107	Controllare CV in opera l'integrità della rulla e del cuscinetto d'usura	S_000020		SI	NA	(1) (2) (3) (4) (5) (6)			
SEZIONE 3: TELAIO / CASSA											
C.01 - Telaio, cassa, accessori esterni e dispositivi di contenimento e assicurazione del carico	144	MMRC-01 TC C.01.144	Controllare CV l'integrità e verificare CF il funzionamento dei dispositivi ed accessori di assicurazione del carico. Lubrificare	S_000023		SI	NA	(1) (2) (3) (4) (5) (6)			

Figura 8 Esempio di LO-PRC per RO di Carri H32

	CARRO N°	tipo intervento	CARRELLI TIPO	SALE da 20 t/asse	ORDINE N°																						
IMPIANTO	31832852471.1	RR	Y25Lss	B46UR/m	100000158872																						
	DATA ESECUZIONE MISURE				Riferimento PRC																						
					LO/PRC - RR Cam Habilss (H32) - MIR																						
ECO-CM-MOD. A1 rev.01 del 31-05-2021 [foglio 1/1]																											
MOD. A1 (Uaeerris) -ONTROLLI TRAZIONE COME DA: LC TR 2207-280/340 (del 01/01/78) - ST 376371 MMRC-03 - Rif. Modulo MIR [Esp. 2 maggio 2021 MIR/DO/MR/SMR]																											
N.B. per le quote (A) = (Y)..... ved. MOD. A	Quota Limite in REV (mm)	testata lato boccole														strum. N°											
Misura spessore sezione anteriore del ganolo (A)	≥ 65	1-2	esito	7-8	esito	9-10	esito	15-16	esito	17-18	esito	23-24	esito	25-26	esito	31-32	esito	33-34	esito	39-40	esito	41-42	esito	47-48	esito		
Misura spessore alloggiamento pemo tenditore (B)	≥ 25		C NC		C NC		C NC		C NC		C NC		C NC		C NC		C NC		C NC		C NC		C NC		C NC		
Misura spessore sezione del ganolo (C)	≥ 52		C NC		C NC		C NC		C NC		C NC		C NC		C NC		C NC		C NC		C NC		C NC		C NC		
Misura spessore sezione del ganolo (C)	≥ 48		C NC		C NC		C NC		C NC		C NC		C NC		C NC		C NC		C NC		C NC		C NC		C NC		
Misura spessore (E)	≥ 28		C NC		C NC		C NC		C NC		C NC		C NC		C NC		C NC		C NC		C NC		C NC		C NC		
Misura diametro pemo di trazione (D)	Ø ≥ 78		C NC		C NC		C NC		C NC		C NC		C NC		C NC		C NC		C NC		C NC		C NC		C NC		
Misura foro piastra di reazione (d)	66 ± Ø = 66,5 ovalizzazione Max R = 40		C NC		C NC		C NC		C NC		C NC		C NC		C NC		C NC		C NC		C NC		C NC		C NC		
Misure della lunghezza del tenditore completo tutto chiuso senza anelli (Y)	UFS1 U-8t ≤ 788		C NC																C NC								
Misura della lunghezza dell'acoppiatore centrale fisso (tenditore speciale) (X)	UFS1 UFS2 U 1,2 MN ≤ 873 ≤ 880					C NC				C NC				C NC				C NC				C NC					
Note: C=Conforme NC=Non Conf.		Barrare la voce interessata		STRUMENTI DI MISURA UTILIZZATI																							
N° pezzi sostituiti:		strum. N°		matricola		Tipo/Modello														scadenza							
		1				FLESSOMETRO																					
		2				CALIBRO CORSIOIO																					
OPERATORE CID:		FIRMA		RDC CID:		FIRMA																					

Figura 9 Esempio di modulo A1 per la misurazione dell'organo di trazione

2.3 Ecoindustria S.r.l.: Azienda responsabile della Manutenzione Ferroviaria

Ecoindustria è un'azienda nata del 1996 inizialmente specializzata nella gestione magazzini, movimentazione materiali, logistica pesante e manutenzione attrezzature di sollevamento nelle principali acciaierie del territorio nazionale. Nel 2008 l'Azienda si è accreditata all'Albo Fornitori di Trenitalia S.p.A. per l'esecuzione di attività relative a revisione e manutenzione corrente di rotabili ferroviari.

A fronte di tale accreditamento, negli anni successivi Ecoindustria ha acquisito la gestione della manutenzione di carri merci per conto di Mercitalia Rail S.r.l. negli impianti IM di Orbassano (TO) e Marcanise (CE). Inoltre l'Azienda opera, sempre per Mercitalia Rail S.r.l., nell'officina IM di Verona (VR), dove svolge la manutenzione di locomotive e carri merci. Per incarico di Trenitalia S.p.A. Ecoindustria manutene nell'impianto di IMC Verona (VR) le carrozze adibite al trasporto passeggeri. Da circa due anni ha sviluppato, per conto di Fondazione FS, presso l'impianto di La Spezia (SP), la manutenzione su rotabili storici ed in particolare sulle locomotive a vapore.

Nei suddetti impianti l'Azienda offre servizi di:

- revisioni parziali o complete, e manutenzioni correnti, cicliche o programmate;
- trasformazione e restyling;
- costruzione e saldatura di componenti in acciaio;

- allestimenti di arredi;
- sabbiatura e verniciatura;

La società è certificata ai sensi della norma ISO 9001 (Sistema Gestione Qualità); ISO 14001 (Sistema Gestione Ambientale); ISO 45001 (Sistema Gestione della Salute e Sicurezza dei lavoratori); EN 15085 (Processi di Saldatura in accordo con le linee ANSF); e si avvale di operatori e Manutentori in possesso di abilitazioni alle lavorazioni sui vari Organi di Sicurezza dei rotabili. Dal 2018 si è certificata in base al R.E. 779 del 2019 come Soggetto Responsabile della Manutenzione, ottenendo il prestigio ma anche gli oneri relativi a tale figura.

CAPITOLO TERZO

Manutenzione di Carri Merci

I carri merci sono rotabili ferroviari adibiti al solo trasporto di cose, e perciò sono formati da una struttura meccanica di base essenziale e comune a tutti i tipi di carro. Tuttavia questi si differenziano l'uno dall'altro in base alle caratteristiche meccaniche specifiche che consentono il trasporto ideale della merce caricata. Tra i carri merci della Flotta di Mercitalia Rail S.r.l. che circolano su linea ferroviaria i principali sono carri ad assi a pareti scorrevoli (H22), carri a pareti scorrevoli a carrelli (H32), carri piani a carrelli (R3F-R3D Figura 10), carri per il trasporto ferroso, divisi in trasporto rottami (E27) e trasporto coils (S12/S13) ed altri.



Figura 10 Esempio di carro piano a carrelli (R3F-R3D)

Ogni carro, durante la sua vita utile, è soggetto a manutenzione, attività atta a conservare e mantenere la piena efficienza dei veicoli. I carri possono entrare in Officina o per avaria, e a tal punto si opererà sul guasto attraverso una MC (Manutenzione Correttiva), oppure per scadenza di revisioni periodiche, che variano in base al tipo di carro preso in considerazione (ad es. un carro di tipo H22 è soggetto alle revisioni periodiche RI e RO, mentre un H32 è sottoposto a RR e RO).

3.1 Il processo di revisione di un Carro Merci

La revisione di un carro merci è un processo molto importante, al termine del quale si attesta che il rotabile è in possesso dei requisiti necessari alla reimmissione in servizio su linea ferroviaria.

Tra le revisioni a cui possono essere sottoposti i vari tipi di carri merci, quella di Officina, come detto in precedenza, è la più completa e lunga, poiché interessa il disassemblaggio e la revisione fuori opera di tutti gli apparati che compongono il rotabile. Durante questa manutenzione si controllano sia visivamente che attraverso misurazioni gli organi e, dove necessario, si effettuano operazioni di ripristino o sostituzione degli stessi.

3.1.1 Check-In e Check-Out

Secondo il Manuale di Manutenzione e Riparazione Carri (MMRC), prima di avviare qualsiasi attività di manutenzione ciclica dei veicoli ferroviari, è necessario che un operatore tecnico qualificato effettui il Check-In del rotabile, attività atta a verificare sia le scadenze delle apparecchiature, sia la presenza di eventuali avarie o piccole deformazioni esterne, che andranno a costituire parte degli interventi manutentivi da eseguire per rendere il veicolo atto al servizio. I manutentori in questa fase, dopo aver riportato i dati del carro merci su una scheda tecnica di supporto, ispezionano dall'esterno il carro completo, su fossa di visita se disponibile e ne verificano, per quanto possibile, lo stato dei componenti.

Successivamente operano secondo i Piani di Manutenzione (PdM) e redigono, sulla base delle disposizioni vigenti, una lista delle lavorazioni (LO/PRC) necessarie alla reimmissione in servizio di rotabile, vale a dire, tutte le operazioni di ripristino del carro affinché questo risulti adeguato al servizio sulla linea ferroviaria nazionale. Oltre alle liste delle attività, viene redatta una seconda lista che elenca i materiali necessari all'espletamento di tali lavorazioni. Entrambe le liste andranno compilate man mano che si procede al controllo del rotabile ferroviario e verranno successivamente comunicate al committente, cosicché questo provvederà o meno ad autorizzarne tutte le attività.

A seguito dell'intervento manutentivo l'operatore tecnico specializzato opera il Check-Out del rotabile. Questo non è altro che un controllo finale degli apparati verificati in sede di manutenzione, assicurando il corretto funzionamento dell'intero veicolo prima della reimmissione dello stesso su linea. Entrambi gli operatori che effettuano Check-In e Check-Out andranno a registrare queste ispezioni su apposita modulistica di riferimento, garantendo che il rotabile possiede le piene condizioni per il servizio su linea.

3.1.2 Revisione della trazione e repulsione

Seguendo il PdM, i manutentori effettuano controlli specifici ai componenti, in opera e fuori opera. Questi comprendono sia controlli visivi, sia misurazioni ai vari elementi meccanici e pneumatici.

Tra le misurazioni in fase di RO su un carro merci, significative quelle riferite al sistema di trazione e repulsione. Questo Organo di Sicurezza, visibile in Figura 11, è presente nella parte bassa delle facciate di testa e di coda di ogni rotabile, alla stessa altezza per veicoli dello stesso tipo, e consente la continuità in fase di moto dell'intero convoglio. Nel dettaglio il sistema di trazione è formato da un insieme di elementi di aggancio che assicurano il collegamento dei rotabili successivi, favorendo il trascinarsi di tutto il convoglio dalla locomotiva trainante. Il sistema di repulsione invece ha una doppia funzione: consentire il distanziamento di un carro dall'altro e favorire la frenatura dell'intero convoglio. Entrambe le funzioni sono garantite dalla presenza di almeno quattro respingenti (Figura 12), due in

testa e due in coda. Questi, di forma circolare o quadrata, attraverso un molleggio interno evitano, in fase di frenatura o curvatura, disallineamento del treno stesso. I respingenti sono in contatto tra loro e mantengono questa aderenza per tutto il moto tranne in caso di curvatura, in cui si avrà banalmente due respingenti, dello stesso lato (lato di curvatura), in contatto con quelli del rotabile successivo, e due in assenza di contatto.



Figura 12 Respingente di un carro merci



Figura 11 Sistema trazione e repulsione

In fase di manutenzione ciclica si eseguono, per il sistema di repulsione, in seguito al rimontaggio o alla sostituzione dei respingenti, le valutazioni di altezze e dell'interasse dei respingenti del carro in assetto di circolazione posto su binario livellato e con le sospensioni assestate.

Nel misurare questi valori ci si avvale di un metro a nastro, appartenente alla famiglia dei flessometri. La sua struttura si compone di un nastro flessibile in metallo su cui è riportata la scala in frazione di metri con sensibilità di 1 millimetro e portata tipicamente dai 2 ai 10 metri. Nella prima parte della scala graduata dello strumento sono identificabili, da sinistra verso destra, i dati relativi a lunghezza, numero di identificazione, paese e anno insieme a numero di approvazione, e, per ultima, la classe di precisione, nonché l'errore in percentuale relativo alla misura. Gli strumenti di misura, devono eseguire, ai sensi della norma UNI 9001:2015, una taratura periodica con frequenza dipendente da utilizzo, condizioni ambientali e altri fattori. Il flessometro, secondo questi fattori, viene generalmente tarato ogni anno e il procedimento prevede l'utilizzo di un'asta metrica di lunghezza 3m, pari al campo di validità dello strumento. Durante questo processo si utilizza la formula presente nell'istruzione tecnica di riferimento, che evidenzia l'errore massimo accettabile dallo strumento.

$$E_{max} = k \sqrt{(E_{acc})^2 + (E_{rip})^2 + (E_{camp})^2} < LdA$$

Per la verifica dell'altezza dei respingenti è sufficiente utilizzare un flessometro con portata di 2m e classe di precisione 0,2, che genera quindi un errore sulla misurazione pari a $\pm 0,7$ mm. Con l'ausilio di tale strumento, insieme ad opportuni calcoli matematici, si ottiene la valutazione della distanza del centro del respingente dal piano del ferro (binario). È estremamente importante effettuare la misurazione a partire dal binario, perché con ciò si ha la certezza che questa sia sempre rapportata ad un elemento certificato come stabile e conforme dalle normative Europee di riferimento.

Un operatore quindi valuterà la misura in mm della distanza che intercorre tra la sommità del piatto respingente dal piano del ferro. Successivamente, per riportare questa misura al centro di respingente, in caso questo sia di forma rotonda, occorre sottrarvi il raggio dello stesso. L'operatore dunque registra la misura finale su apposito modulo e li confronta con i limiti ammissibili dalla tavola del carro di riferimento.

Attraverso il flessometro gli operatori provvedono anche a verificare l'interasse tra due respingenti di una stessa testata, misurando la quota "L" tra i centri dei piatti dei respingenti (Figura 14), con procedimento analogo al precedente. Questo controllo si ripete per tutti i carri del treno e va ad assicurare il contatto tra i piatti dei respingenti di testa con quelli dei respingenti di coda del rotabile successivo.

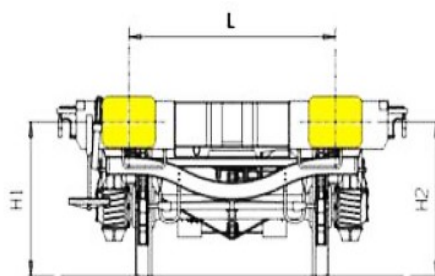


Figura 14 Misure altezza H e interasse L dei respingenti

Un controllo più specifico che va effettuato al sistema di repulsione dei veicoli ferroviari è quello relativo al gruppo elastico interno al respingente, componente sostanziale che va a minimizzare l'usura del sistema. Senza il molleggio infatti, la forza di moto dei rotabili successivi andrebbe tutta ad impattare sul componente anelastico, traducendosi in una rottura di questo. Occorre quindi pressare il sistema respingente (Figura 13) con apposita pressa di idonea capacità in modo tale da togliere il perno-chiavetta che blocca l'asta cava alla custodia del molleggio.

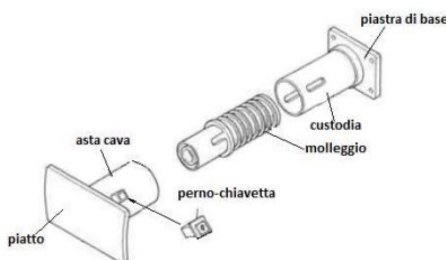


Figura 13 Componenti di un respingente

Esistono diversi tipi di gruppi elastici, diversificati a seconda del tipo di carro. Per i gruppi elastici di tipo TESPAC MINER ad esempio, si opera un controllo visivo iniziale al fine di verificarne l'integrità dei singoli elementi elastici, e successivamente un controllo in opera dell'altezza del gruppo stesso, tramite un flessometro. Se tale altezza risulta conforme allora

si prosegue con una verifica finale, su pressa, delle caratteristiche elastiche statiche a disegno misurate al terzo ciclo di prova.

L'operazione di compressione è effettuata con una pressa idraulica e una cella di carico munita di visualizzatore. La cella di carico è un trasduttore di forza, cioè uno strumento che, grazie a dei sensori al suo interno, chiamati estensimetri, è in grado di misurare la forza applicata ad un oggetto, generalmente un componente meccanico, che transita sopra di esso. Gli estensimetri sono sensori formati da una resistenza, in grado di misurare il segnale elettrico dipendente dalla deformazione che la forza esercita sull'oggetto. Tramite gli estensimetri quindi, le celle di carico rilevano la deformazione di un oggetto leggendone la variazione di voltaggio, poi opportunamente convertita in Newton o in Chilogrammi, in base alle specifiche richieste.

Questo strumento è sottoposto a taratura periodica dipendente, come già evidenziato, dalla decisione del possessore in base a caratteristiche soggettive sull'uso dello strumento. La sua taratura si effettua

Durante questa verifica l'operatore va a disporre il gruppo elastico di tipo MINER sul piano di appoggio della pressa e va a comprimerlo due volte con una velocità pari a 25 mm/min fino al raggiungimento di 100 mm di compressione. Tra le caratteristiche statiche del molleggio infatti, vi sono la forza minima e massima di compressione, insieme al "viaggio" massimo che il componente può avere una fase di pressatura, oltre il quale si rischia la rottura, pari a 105 mm nel caso del gruppo elastico MINER.

Nella terza compressione invece si effettua un controllo più specifico in base alla forza impressa sul gruppo elastico. In particolare, come si può vedere dalla Figura 15, per forze che vanno da 7 a 12 kN è necessario che non si verifichi compressione del gruppo. Aumentando la forza a 20-40 kN il "viaggio" massimo consentito è pari a 25 mm, e così via fino all'ultima misurazione a 450-600 kN in cui la compressione massima deve restare intorno ai 100mm.

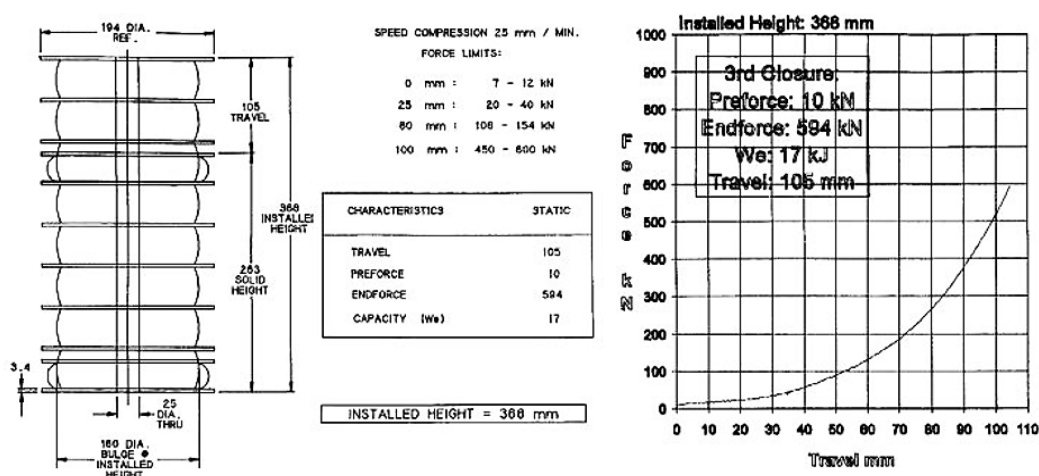


Figura 15 Grafici relativi alla verifica per il gruppo statico di tipo MINER TESPAK

In caso di conformità dei controlli eseguiti si riutilizza il gruppo elastico, altrimenti si sostituisce.

Relativamente al sistema di trazione invece, è importante in fase di RO, misurarne i componenti al fine di verificare se i livelli di usura risultano accettabili o costituiscono



Figura 16 Calibro a corsoio decimale

pericolo per la sicurezza nel moto dell'intero convoglio. Questi valori si rilevano con un calibro a corsoio (Figura 16), strumento appartenente alla famiglia dei calibri che consente di effettuare misure esterne quali la larghezza e la lunghezza di un oggetto, ma anche le misure interne, come ad esempio il diametro interno di un cilindro cavo.

Il calibro è costituito da un'asta metallica fissa e graduata in millimetri, sulla quale scorre un corsoio provvisto di nonio, anch'esso graduato, e di due rotelline che consentono rispettivamente il trascinamento e il bloccaggio del corsoio in fase di misurazione, al fine di evitare la perdita del valore misurato. Il nonio può essere di tipo decimale, ventesimale o cinquantiesimale (una scala decimale è realizzata dividendo in dieci parti nove millimetri della scala principale, mentre una ventesimale divide in venti parti diciannove millimetri) e di conseguenza fornirà una misura più o meno precisa a seconda della scala utilizzata.

Tutti i calibri a corsoio, grazie ai due becchi di dimensione e forma diversi, permettono di calcolare sia misure interne che esterne. In alcuni modelli può essere presente un'ulteriore astina alla base dello strumento che consente di misurare la profondità degli oggetti.

La taratura di questo strumento è periodica e varia in base a numerose caratteristiche, tra cui la frequenza di utilizzo, le condizioni ambientali e le condizioni di stoccaggio. Generalmente gli strumenti appartenenti alla famiglia dei calibri sono soggetti a taratura ogni dodici mesi. Il processo di taratura di un calibro ventesimale consiste nel calcolare la misura di campioni quali ad esempio blocchetti pianparalleli, e valutare la tolleranza in base al confronto tra valore trovato e valore campione. Se questa in fase di taratura supera un certo range, lo strumento non è conforme all'utilizzo e va declassato o addirittura sostituito.

L'organo di trazione di un carro merci è formato da diversi elementi che necessitano un controllo approfondito in fase di revisione. Tra le misure effettuate in questa sede rilevanti quelle relative al calcolo delle quote del gangio di trazione (Figura 17), che consentono di determinare l'usura data dallo sforzo meccanico a cui è sottoposto l'intero organo. Questi

valori calcolati, se al di fuori del range di riferimento, portano a dover sostituire il componente.

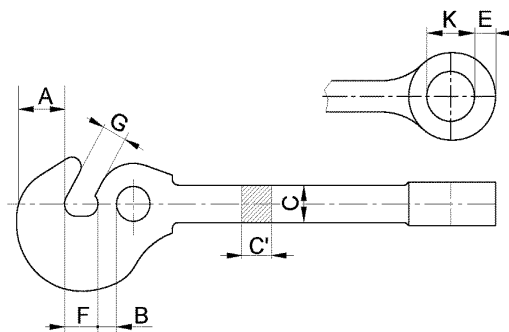


Figura 17 Quote gancio di trazione

3.1.3 Revisione del carrello

Durante il processo di revisione è importante l'ispezione accurata delle diverse parti del carrello per rilevare eventuali avarie, deformazioni e, per quanto possibile, giochi e usure.

Il carrello è descritto come l'insieme dei componenti, posti linearmente sotto il telaio del carro, che consente il collegamento tra il rodiggio e il telaio stesso. Negli anni si è differenziato in base alla funzione di trasporto persone o cose, prediligendo il confort rispetto alla robustezza. Lo scheletro dell'insieme carrello è il telaio, che nei carri merci si presenta come una struttura a forma di "H" in acciaio in cui la traversa centrale è munita di contro-ralla, sede della ralla saldata, che permette l'unione di carrello e telaio del carro. Sulle estremità laterali della struttura sono inoltre presenti i supporti per la sospensione, che favoriscono l'appoggio del carrello sulle sospensioni, poste sulle sale montate.

In questa sede, una misurazione essenziale è quella relativa alla verifica dimensionale del telaio del carrello sul banco di riscontro (Figura 18), un piano livellato in grado di consentire la corretta misurazione di sghembo e squadratura del carrello.



Figura 18 Banco di riscontro

Gli operatori, dopo il completo smontaggio del carrello e il controllo dell'integrità dei suoi componenti, provvedono, con l'ausilio di una gru a ponte, a porre il telaio sul banco di riscontro. Occorre procedere alla verifica dimensionale del telaio del carrello.

Gli strumenti di misura necessari in questa verifica sono il distanziometro laser digitale (Figura 20) e la livella laser (Figura 19) e lo stesso banco di riscontro.

I distanziometri laser sono dispositivi il cui funzionamento si basa sulla presenza di sensori di prossimità. All'interno del distanziometro è presente un emettitore, che emette un laser in direzione di un certo oggetto, del quale si vuole misurare la distanza dal dispositivo in uso. Una volta emesso il laser si fa partire un cronometro, che consente di calcolare il tempo impiegato dal laser per effettuare il percorso, dal momento in cui viene emesso, al momento in cui viene nuovamente rilevato dal sensore. L'equazione alla base di questo calcolo è: $d = v \frac{t}{2}$, in cui d rappresenta la distanza, v la velocità e t il tempo impiegato per raggiungere la superficie e tornare indietro.

La livella laser invece ha principio di funzionamento meno complesso rispetto al distanziometro. Questa banalmente unisce il livellamento tradizionale (con bolla d'aria) alla tecnologia laser. Il fascio luminoso generato viene proiettato su una superficie e funge da riferimento per le misurazioni. La livella in questione ha una base magnetica che ne facilita il posizionamento anche in zone con pendenza.



Figura 20 Distanziometro laser digitale



Figura 19 Livella laser

Una volta posizionato il carrello sul banco di riscontro, e con esso la livella laser, si procede a calcolare la distanza in mm di questo dal piano livellato (piano generato dalla livella) attraverso il distanziometro. I punti del telaio ai quali deve essere fatto riferimento per determinare l'eventuale sghembo sono il piano di appoggio delle quattro molle esterne della sospensione. L'operatore fa dunque coincidere la base del distanziometro alla base del piano livellato e vengono quindi misurate le quattro altezze (h_1 , h_2 , h_3 , h_4) come evidenziato nella Figura 21. Una volta registrati questi quattro valori in un opportuno modulo, seguono una serie di calcoli lineari per giungere ad un risultato in millimetri. La tolleranza ammessa in revisione o a seguito di svio secondo i manuali di manutenzione e riparazione carri, è dettata dalla seguente formula:

$$(h_1+h_4) - (h_2+h_3) \leq 4 \text{ mm}$$

Qualora questo valore fosse superiore ai 4 millimetri, occorre sostituire il componente che verrà successivamente riparato nelle grandi officine di manutenzione.

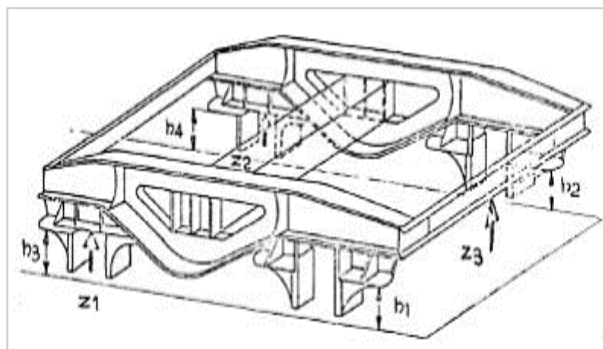


Figura 21 Misurazioni per il calcolo dello sghembo del carrello

Con gli stessi strumenti utilizzati per la misurazione dello sghembo del carrello, è possibile calcolare anche la squadratura di questo.

Per la suddetta misurazione, una volta appoggiato il carrello sul banco di riscontro e creato un piano livellato, come nel caso precedente, si procede, con l'aiuto del distanziometro, alla determinazione dei valori riportati in Figura 22. È importante in questa fase il corretto posizionamento di appositi blocchi per la verifica del centro della misurazione, corrispondente al centro delle due parasale (visibile in figura). Una volta calcolati questi, si fa la differenza rispettivamente di D e $D1$, L e $L1$, ed infine S e $S1$, per poi confrontare le differenze con i valori riportati nel MMRC e valutarne la conformità. Qualora non rispettassero i range prestabiliti, occorre sostituire il carrello con uno nuovo e riparare quello non conforme.

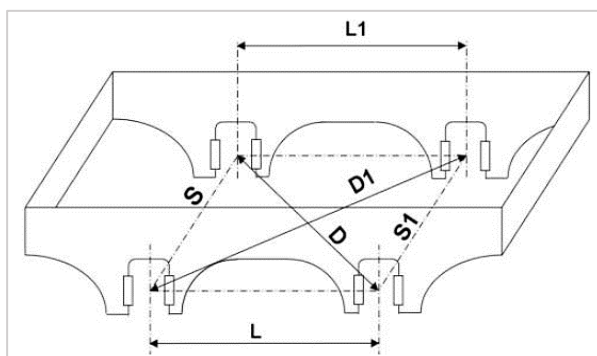


Figura 22 Misurazioni per il calcolo della squadratura del carrello

3.1.4 Revisione delle sospensioni

Durante la revisione operativa i manutentori operano un controllo alle sospensioni del rotabile, così da verificare l'usura e la presenza di eventuali cretti.

Nei rotabili ferroviari le sospensioni si dividono in primarie, presenti in tutti i veicoli ferroviari, e secondarie, presenti solo nelle carrozze passeggeri. Nei carri merci la sospensione (primaria) è garantita dalla presenza di molle di tipo elicoidale per carri a carrelli, o a balestra montate su carri ad assi.

3.1.4.1 Molle elicoidali

Il carro a carrelli è provvisto di quattro gruppi di sospensioni, due per sala, posti ciascuno sulla boccola corrispondente. Le boccole sono i componenti in ghisa o acciaio che sorreggono i cuscinetti e il lubrificante. Tali elementi, grazie ad un corpo boccola contenente le molle ad elica di sospensione, scaricano il peso del carro e le forze di trazione e frenatura sugli assi delle sale. È quindi di notevole importanza controllare periodicamente la conformità delle molle di sospensione. Queste, come già evidenziato, nei carri a carrelli sono di tipo elicoidale e si dividono in esterne, o di tara, e interne, o di carico. Le molle di tara sono più grandi e garantiscono l'allineamento della sospensione sul carrello, mentre quelle di carico, più piccole e resistenti, sopportano il peso del carro a pieno carico. Oltre alla funzionalità, anche il senso di avvolgimento delle molle ha un'importanza sostanziale. Le molle esterne sono dette destrorse in quanto si avvolgono verso destra, mentre quelle interne si avvolgono in senso opposto e sono perciò definite sinistrorse. Tale particolare di costruzione garantisce una maggiore resistenza della sospensione alla forza di spinta del carro, oltre a garantire la sicurezza della molla interna in caso di rottura.

Le molle, siano queste elicoidali o a balestra, vengono controllate visivamente ad ogni ingresso in officina del rotabile. Un controllo più approfondito si effettua sia in manutenzione ciclica, RO, sia in manutenzione correttiva in presenza di avaria sulle sospensioni. In revisione, una volta smontate e denominate in base alla boccola corrispondente, si procede alla verifica della presenza di segni di usura quali cretti o rotture.

Successivamente si effettuano una serie di misurazioni per la verifica dell'elasticità. Nel caso delle molle elicoidali gli operatori misurano l'altezza della molla libera con l'aiuto di un calibro a corsoio di profondità. Questo strumento (Figura 23) ha una struttura a forma di "T" ed è composto, come nel caso del calibro a nonio, da un'asta metallica rigida e graduata in millimetri, e da un corsoio che scorre sull'asta. La funzione del corsoio in questo tipo di calibro è fondamentale. La sua sagoma infatti consente di appoggiare lo strumento sul componente da misurare, solitamente a forma di cilindro cavo, per poi far scivolare l'asta all'interno della cavità, fino a toccarne l'estremità. Anche in questo calibro è presente una rotella che consente il bloccaggio delle componenti meccaniche, il che evita errori in fase di lettura del valore misurato.



Figura 23 Calibro a corsoio di profondità ventesimale

Le molle elicoidali, esterne e interne, si mettono quindi sul banco di riscontro e con questo strumento si misura il valore della profondità interna. Le molle di carico, se non conformi, vengono sostituite in fase di rimontaggio, mentre per quelle di tara, qualora il valore ottenuto fosse inferiore ai regimi tabellati, va effettuata la “caratterizzazione” del componente, vale a dire l’operazione che permette di verificare il grado di elasticità della molla e le sue snervature, sottoponendola a diverse pressioni con l’ausilio di una pressa idraulica e una cella di carico con visualizzatore.

La caratterizzazione si compone di tre fasi di misurazione. La prima con una risultante delle forze che agisce sulla molla pari a zero, controllando che la profondità rientri in un certo range definito dalle specifiche contenute nel MMRC. Successivamente si pressa più volte il componente fino alla forza massima imprimibile (Figura 24), prima che quest’ultima perda la sua proprietà elastica. Una volta ripetute queste compressioni si pressa nuovamente fino a F_m , corrispondente a 4055 daN, e si accerta (CV) l’assenza di contatto tra le spire. A seguire si attua una decompressione fino al valore di F_1 (Figura 24), che corrisponde ad una forza di 883 daN, e si verifica che l’altezza della molla sia entro i limiti ammessi.

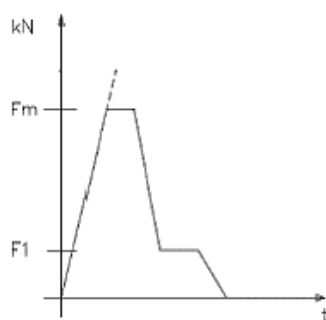


Figura 24 Grafico di pressatura delle molle di tara

Qualora i valori trovati non rientrino nell’intervallo limite, si sostituisce il componente ordinandolo al committente.

A fronte di questo controllo, si va a reinserire le molle nelle boccole. Da MMRC, questa operazione si basa sul calcolo di valori specifici quali la differenza tra l’altezza delle molle di tara di una stessa boccola. Questo valore deve essere da modulistica ≤ 3 mm così da evitare

il gioco in fase di moto e consentire maggiore stabilità del carrello. Per questo si opera un'accortezza, ossia quella di spostare le molle da una boccola all'altra in modo tale da avere una differenza minore possibile.

3.1.4.2 Molle a balestra

I carri ad assi presentano sospensioni diverse rispetto a quelli a carrelli. Tale gruppo sospensorio può essere ad anelli doppi (Figura 25, elemento 2) o semplici, che collegano la molla a balestra (Figura 25, elemento 1) al telaio del carro tramite i manotti (Figura 25, elemento 3), dei componenti saldati al telaio. La molla appoggia su un corpo boccola (Figura 25, elemento 4) tramite il bocciolo della staffa (Figura 25, elemento 9), un elemento che avvolge la molla stessa e la tiene in posizione per consentire il minor gioco possibile sull'asse.

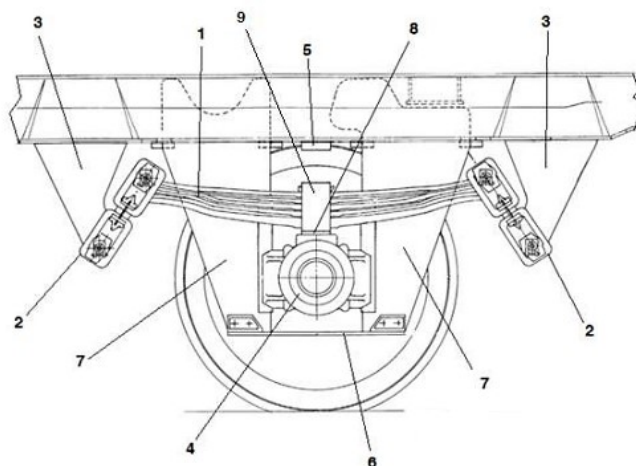


Figura 25 Gruppo sospensorio di un carro ad assi

Durante una Revisione d'Officina, a fronte di un primo controllo visivo in opera, si controlla, tramite misurazioni al gruppo sospensorio montato, che i parametri meccanici che garantiscono il corretto funzionamento della sospensione siano all'interno di un range di conformità stabilito dal MMRC. Successivamente si procede allo smontaggio dei componenti relativi alla sospensione per focalizzarsi sulle dimensioni caratteristiche del molleggio. Allo stato libero, le dimensioni della molla devono essere conformi ai range stabiliti dal MMRC.

Completata la verifica dimensionale con esito conforme, si passa alle prove di elasticità. Si appoggia quindi la molla sul banco di prova con l'utilizzo di due supporti a carrello, che consentono deformazioni assiali senza sfociare in criticità legate alla proprietà elastica. Successivamente si applicano varie forze, grazie alla pressa idraulica e alla cella di carico, e si misurano la flessione sotto carico, la flessibilità, la lunghezza della molla e l'altezza sotto carico, parametri che saranno poi confrontati con i limiti ammissibili dal MMRC per verificare la conformità del componente al suddetto controllo. In riferimento ai manuali dei carri merci, queste misurazioni vanno effettuate con un calibro a nonio.

Per verificare la flessione della molla si esegue dapprima un ciclo di allenamento che consiste nel pressare più volte la molla con forza massima F_m (valore tabellato legato al tipo di molla presente sul carro). Una volta completato il ciclo si applica il carico F_m e si misura la corrispondente altezza H_m con un calibro a nonio, e ne si verifica la conformità su tabelle di riferimento e in caso di divergenza si sostituisce.

La verifica della flessibilità del molleggio si effettua sotto le stesse condizioni. Una volta completato il ciclo di allenamento si applicano i carichi definiti nelle tabelle del MMRC e si misurano con un calibro a nonio le altezze generate per effetto delle forze impresse (generalmente si imprime tre forze), oltre all'altezza generata per effetto della F_m . Una volta ottenuti i parametri si calcola la variabile dipendente C_a , nonché la flessibilità tramite la formula indicata in Equazione 1. Questa andrà poi confrontata con i limiti ammessi nel MMRC e in caso di non conformità verrà scartata la molla.

Equazione 1 Flessibilità sotto carico

$$C_a = \frac{(H_{1c} + H_{1d}) - (H_{2c} + H_{2d})}{2(F_2 - F_1)} \quad (\text{mm / kN})$$

La verifica della lunghezza della molla sotto carico si effettua a parità di condizioni dei controlli precedenti e successivamente al ciclo di allenamento. Il processo prevede che si applichi un carico sufficiente a posizionare la superficie esterna della foglia madre (la più esterna) allo stesso livello del centro degli occhi della molla (Figura 26). A tali condizioni si esegue la misura della lunghezza della molla distesa (L_o) con l'ausilio di un flessometro e si confronta il valore ottenuto con i range prestabiliti nei manuali forniti dal committente, per poi decidere se occorre sostituire il componente.

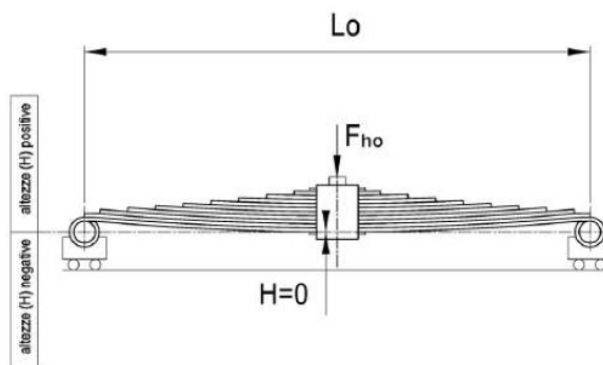


Figura 26 Prova di verifica della lunghezza della molla

Infine si effettua la verifica dell'altezza sotto carico normale, applicando, alle stesse condizioni delle prove precedenti e successivamente al ciclo di allenamento, tre carichi di valore crescente (F_0 , F_b e F_m) per misurare le rispettive altezze con un calibro a nonio e confrontarle con i range ammessi dai manuali di riferimento.

Una volta terminati i controlli di pressatura è necessario un controllo visivo dell'integrità della molla, che comprende la verifica dell'assenza di eventuali cretti e/o deformazioni strutturali agli organi più a rischio. Il manuale, in caso di presenza di tali problematiche, prevede lo scarto del componente e la sostituzione con uno nuovo.

3.1.5 Revisione dell'impianto pneumatico del freno

In Figura 27 è possibile osservare come la forza applicata Q , perpendicolare alla forza peso P , generi la forza F . Questa, chiamata "massa frenata" o "peso frenato", rappresenta l'efficacia frenante di un dato rotabile e tiene conto sia della forza applicata che del coefficiente di attrito radente fra suola e cerchione. Contemporaneamente, fra la ruota e il binario viene generata la forza di aderenza A , data dalla forza peso del rotabile e dal coefficiente di aderenza in moto tra ruota e binario.

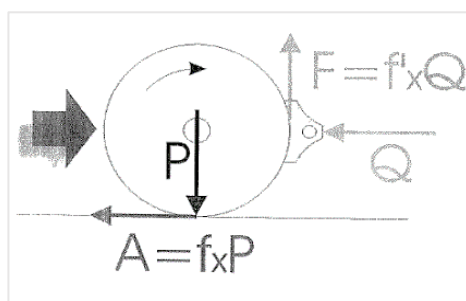


Figura 27 Forze agenti sulla ruota in fase di moto

Le forze F e A , nel normale moto del rotabile si bilanciano e la ruota continua a rotolare senza strisciare. Quando tuttavia la forza di frenatura supera la forza di aderenza si verifica il bloccaggio delle ruote, e quindi il fenomeno del pattinamento. Lo strisciamento della ruota sul binario comporta il formarsi di sfaccettature e altri segni di usura nella sala ed è per questo che, a fronte di un controllo visivo da parte dell'operatore sulla presenza o meno di questi segni di usura, devono seguire, in revisione, controlli e misurazioni specifiche relativamente al sistema pneumatico del freno.

Il sistema frenante dei veicoli ferroviari è composto da un insieme di elementi atti a rallentare e/o fermare il veicolo, ed è dunque di vitale importanza in quanto permette di controllare la velocità durante la marcia e garantire le condizioni di sicurezza durante l'esercizio. Questa manovra consente di trasformare l'energia cinetica di un treno in movimento in energia termica generata dall'attrito della suola con il binario, ed è comandata dall'agente di condotta tramite l'azionamento di un insieme di apparecchiature presenti sulla locomotiva, che consentono la frenatura o la sfrenatura del convoglio.

La frenatura di un treno è sempre comandata dal macchinista e può avvenire secondo diverse modalità, in relazione all'effetto che si vuole ottenere. L'agente di condotta può effettuare la manovra di frenatura tramite freno a mano, definito di stazionamento o a molla (presenti nelle locomotive), in caso di veicolo fermo su linea; in modo pneumatico

tramite freno diretto, che agisce direttamente sull'elemento finale della frenatura, per un effetto più rapido; oppure in modo pneumatico tramite freno continuo, azionato dal macchinista tramite rubinetto di comando del freno, presente nella locomotiva.

L'impianto del freno continuo, o freno Westinghouse, brevettato dall'omonimo ingegnere e la cui costituzione di base risulta utilizzata negli impianti moderni, provoca una frenatura graduale di tutti i veicoli che compongono il convoglio, assicurando una manovra fluida e moderabile. Entrambi i sistemi del freno diretto e di quello continuo sono definiti a partire da cinque caratteristiche che descrivono il funzionamento degli impianti montati sui rotabili in circolazione. Il sistema frenante è dunque:

- **Pneumatico**, per via del funzionamento basato sulla presenza di aria compressa;
- **Continuo**, perché comunicante lungo tutto il convoglio, tale da garantire la manovra per tutti i blocchi rotabili del treno;
- **Automatico**, in quanto entra in funzione automaticamente in caso di perdite di pressione importanti, caratteristica fondamentale in merito alla sicurezza;
- **Inesauribile**, perché alla fine di ogni ciclo di frenatura si ricarica ed è possibile effettuare una nuova manovra;
- **Graduale**, in quanto è possibile modulare la frenatura del veicolo.

La frenatura nei rotabili ferroviari è quindi ad aria compressa. Si utilizza l'aria a pressione perché comporta una serie di vantaggi, in particolar modo l'elevata disponibilità, il basso rischio, l'assenza di inquinamento e la comprimibilità, nonché caratteristica più importante. Nella locomotiva per tale motivo sono presenti due compressori con la funzione di comprimere l'aria e caricare ad una pressione di 5 bar i vari elementi dell'impianto pneumatico del freno di ciascun rotabile appartenente al convoglio. All'interno del veicolo trainante si trovano anche due Rubinetti di Comando (RC), chiamati tecnicamente rubinetti del freno, accessori manipolati dal macchinista durante la manovra. Di questi, uno gestisce la frenatura della locomotiva, mentre l'altro va ad agire su tutto il treno.

La struttura base dell'impianto pneumatico è studiata in maniera tale da garantire in modo ottimale la manovra, e presenta elementi principali quali:

- **Condotta Generale (CG)**, un elemento di comando e controllo che attraversa tutto il convoglio, la cui continuità viene assicurata da rubinetti di testata, accoppiatori e tubi flessibili che collegano pneumaticamente un rotabile all'altro. Grazie a questa condotta l'aria compressa raggiunge tutte le unità del convoglio, il che permette la frenatura contemporanea di ogni veicolo del treno;
- **Condotta Principale (CP)**, presente solo nelle locomotive e nelle carrozze passeggeri poiché garantisce l'aria per i servizi. Anch'essa è comunicante lungo tutto il convoglio ed è alimentata a 8 bar;

- Serbatoio di Comando (SC), definibile elemento di memorizzazione e confronto, poiché una volta riempito a pressione di 5 bar, la mantiene costante e favorisce il confronto con la depressione avvenuta in condotta generale;
- Serbatoio Ausiliario (SA), accumula aria dalla condotta a 5 bar e la trasferisce al cilindro freno per provocare la frenatura;
- Distributore, definibile elemento decisionale, confronta le pressioni presenti in CG e SC e decide se effettuare una frenatura o una sfrenatura;
- Valvole unidirezionali, che regolano il passaggio dell'aria compressa in un'unica direzione per evitare che il flusso di aria torni indietro, chiamate anche valvole di non ritorno;
- Valvola Relè, elemento trasduttore di pressione tra SA e CF, aumenta la portata dell'aria verso il cilindro riempiendolo in tempi brevi;
- Cilindro Freno (CF), componente in grado di trasformare l'energia pneumatica in meccanica, ed è perciò definito attuatore o elemento di azionamento. All'interno del corpo del cilindro sono presenti una serie di leve e tiranti, chiamati leveraggio o timoneria del freno, che permettono l'accostamento della suola alla ruota.

La manovra di frenatura con freno continuo si avvia quando l'agente di condotta aziona elettricamente la locomotiva collegandone i pantografi alla linea ferroviaria. Il macchinista dunque accende i compressori che convergono l'aria nelle condotte generale e principale della locomotiva stessa e, tramite i rubinetti di testata, a tutto il convoglio. In caso di treno atto al trasporto merci, una volta raggiunti i 5 bar in CG, il distributore, comunicante con la CG, fa circolare l'aria nei vari serbatoi (SA e SC) di ciascun rotabile del treno (compresa la locomotiva stessa), tramite valvole di non ritorno.

Successivamente, quando tutte le capacità del freno del veicolo sono a regime e in equilibrio, cariche dunque di una pressione predeterminata di 5 bar, il veicolo risulta sfrenato. Andando a variare questo equilibrio agendo sul rubinetto di comando posto sulla locomotiva, diminuisce la pressione all'interno della condotta generale, perciò si crea un disequilibrio di pressione tra la condotta stessa e gli altri apparati che erano stati precedentemente caricati tutti alla stessa pressione (5 bar), quindi inizia una fase di frenatura.

L'agente di condotta quindi attua una prima frenatura meccanica in cabina di guida azionando il rubinetto del freno relativo al convoglio, ciò genera una depressione dipendente dalla posizione del rubinetto. Questo infatti è diviso in 7 posizioni principali che garantiscono la graduabilità della frenatura:

- Posizione neutra o di isolamento, con possibilità di estrazione del manubrio del rubinetto dalla sua sede;
- 1 Posizione: di ricarica
- 2 Posizione: di marcia e di carica della condotta e dei serbatoi ausiliari;
- 3 Posizione: di frenatura ordinaria;

- 4 Posizione: frenatura a fondo;
- 4a Posizione: frenatura massima;
- 5 Posizione: frenatura rapida;

In base alla posizione del rubinetto di comando si ha una depressione più o meno considerevole in condotta generale. Questo si ripercuote nel distributore, l'organo di comunicazione tra CG, SC e SA, come visibile in Figura 28, che ha la funzione di confronto delle pressioni di CG e SC. In esso sono presenti delle camere, quella della condotta generale (A in figura), la camera del serbatoio di comando (B in figura) e la camera del serbatoio ausiliario (C in figura). In condizioni di equilibrio, vale a dire a rotabile sfrenato, le forze attive si contrappongono e mantengono in equilibrio lo stantuffo del motore (V in figura). A fronte di una depressione in condotta invece, la pressione in camera B sarà maggiore di quella presente in camera A e ciò provoca l'innalzamento della valvola V che permette il passaggio dell'aria contenuta nel SA fino al cilindro freno. Qui l'energia cinetica delle particelle di aria viene convertita in movimento meccanico di frenatura tramite la timoneria del freno, che permette l'accostamento del disco alla suola e il successivo rallentamento del convoglio.

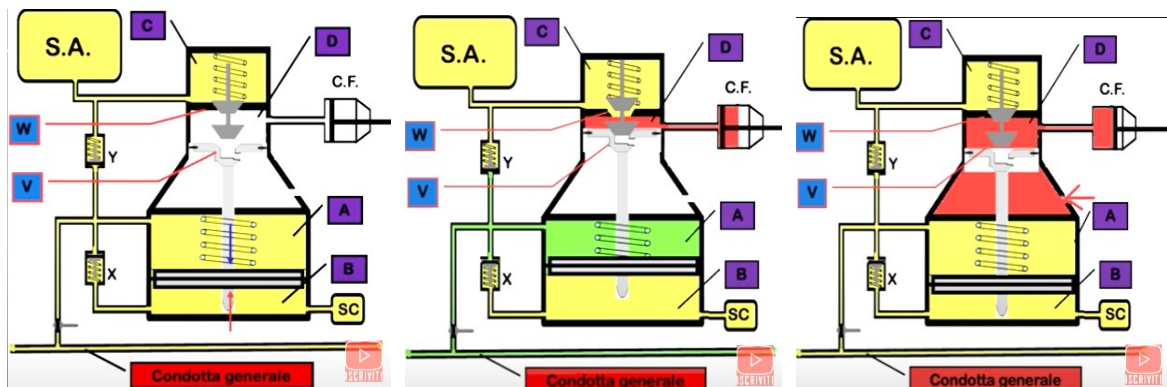


Figura 28 Fasi frenatura rotabile (da <https://www.youtube.com/watch?v=ytyvk-gQQIw>)

Una volta completata l'operazione di frenatura viene ristabilita la pressione in condotta generale e si riequilibrano le forze agenti nelle camere A e B. Grazie a ciò la valvola V si chiude e l'aria contenuta nel distributore viene rilasciata nell'atmosfera.

Durante la revisione dei carri merce è importante il controllo della conformità dell'impianto pneumatico del freno, infatti tale verifica, la prova freno, viene effettuata in tutti i tipi di revisione periodica, vale a dire in RR, in RI e in RO, mentre in caso di manutenzione correttiva si procede ad effettuare la prova freno solo in caso di avaria freno o sfaccettatura e riscaldamento sale.

La prova freno viene effettuata secondo le direttive dell'istruzione tecnica di manutenzione IT 10006/02 che descrive la "procedura per la verifica dell'impianto pneumatico del freno sui rotabili isolati in occasione di manutenzione programmata e/o correttiva". Lo scopo di

tale istruzione è quello di fornire le procedure per le prove minime atte a garantire l'efficienza dell'impianto frenante e per le prove più specifiche previste dal committente.

Le prove relative alla conformità dell'impianto freno di un rotabile si dividono in quattro macro controlli. Le prove di tenuta, atte a verificare l'assenza di perdite all'interno di condotta generale, accessori flessibili, serbatoi e cilindro freno; le prove di verifica dei tempi di frenatura, sfrenatura e frenatura rapida; la prova di verifica della conformità del distributore e, per ultime, le prove relative alla frenatura a vuoto/ carico sulle molle, controllo effettuato solo in presenza del dispositivo freno autocontinuo, apparato che consente di mantenere, entro certi limiti, costante il valore della percentuale del peso frenato del veicolo al variare del carico che sopporta.

Le prove si attuano con uno specifico macchinario che, connettendosi pneumaticamente alla vettura, rileva la pressione all'interno dei serbatoi dell'impianto. L'Apparecchiatura Computerizzata Prova Freno (ACPF) è un sistema computerizzato che, opportunamente interfacciato, permette di effettuare le prove atte a garantire il normale funzionamento dell'impianto. Tale strumento (Figura 29) visualizza le pressioni di condotta generale, serbatoio ausiliario, serbatoio centrale e cilindri freno grazie a dei connettori pneumatici che permettono di rilevare le pressioni dei vari serbatoi tramite trasduttori di pressione.

Questi sensori sono formati da una membrana elastica che, deformandosi a causa della pressione esercitata dal fluido su di essa, genera, per la presenza di estensimetri, elementi resistivi che misurano la deformazione direzionale generata da una forza sul filo estensimetrico di cui sono composti. La misurazione, grazie alla componente elastica della membrana, può essere effettuata più volte affinché si possa verificare la pressione relativa, vale a dire misurata rispetto a quella atmosferica. Attraverso il collegamento degli estensimetri presenti nella membrana con un circuito elettrico, è possibile convertire tale deformazione applicata sul componente in un segnale elettrico in uscita, che verrà poi letto dall'operatore sul display grazie ad un sistema di conversione analogico-digitale interno allo strumento.

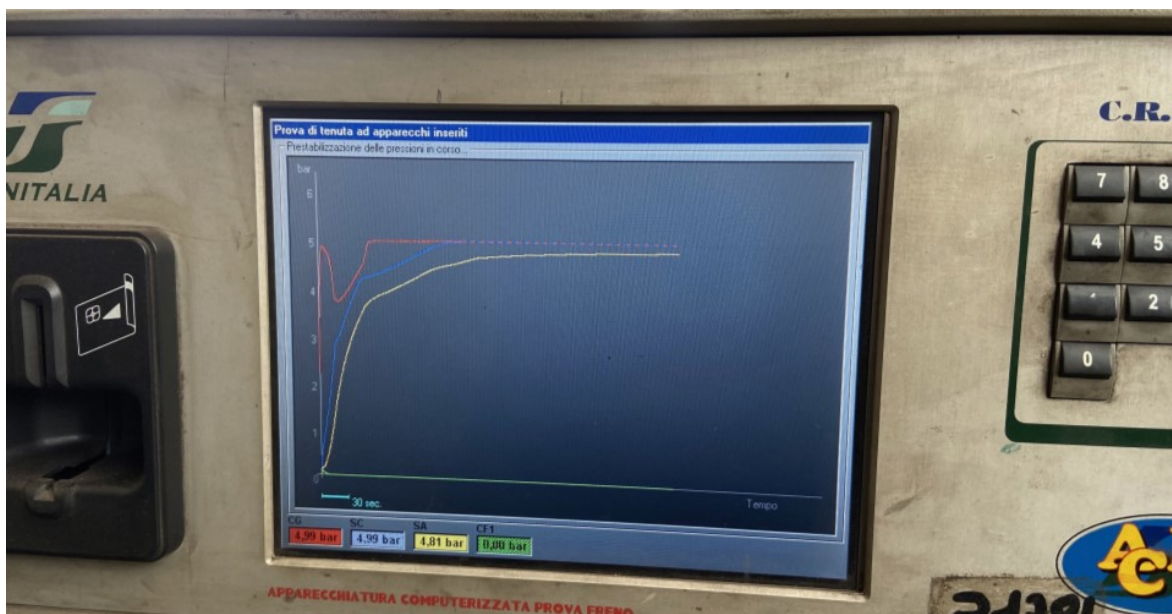


Figura 29 Macchina ACPF

L'ACPF ha una portata generalmente di 10 bar e una risoluzione di 0,01 bar, seguita da una tolleranza ammessa di circa il 10%, il che consente un'elevata accuratezza nelle rilevazioni in seduta di prova. Durante le misurazioni si verificano le pressioni dei serbatoi opportunamente caricati alla pressione impostata (5bar per la CG, 9 bar per la CP) tramite un sistema di elettrovalvole che alimentano i vari apparecchi con aria filtrata ed essiccata.

Le prove del freno con ACPF iniziano con la soffiatura delle condotte a massima pressione, previo smontaggio del distributore, così da eliminare le impurità. Successivamente si portano a pressione i vari serbatoi e, durante le prove di tenuta, si esegue la verifica della conservazione della pressione a rotabile fermo. La prima prova ha una durata di due minuti, si effettua ad apparecchi isolati, ossia isolando il distributore tramite un'apposita valvola, e consiste nel caricare la condotta e gli accoppiamenti flessibili di testata a pressione, per poi verificarne la perdita nell'intervallo di tempo, valore che non deve superare i 0,25 bar.

Se la prima prova ha esito positivo, l'operatore procede con la seconda prova di tenuta, in cui si effettua la stessa verifica ma ad apparecchi inseriti, vale a dire con il distributore in funzione. Questa prova ha una durata di cinque minuti, al termine dei quali la caduta di pressione in condotta generale non deve superare i 0,3 bar.

Infine, se le precedenti prove hanno avuto esito conforme, l'addetto alla prova freno effettua un'ultima verifica di tenuta agli elementi cilindro freno e serbatoio di comando, avviando una frenatura rapida. La durata della prova è di trenta minuti, al termine dei quali si verifica la perdita ammissibile, vale a dire 0,5 bar per il CF e 0,2 bar del SC.

Se in queste prove l'ACPF non segnala gravi perdite di pressione è possibile proseguire con i successivi controlli, altrimenti, in caso di cadute di pressione importanti nei serbatoi, sarà compito dell'operatore verificare il punto esatto di perdita. Ciò grazie all'utilizzo di una

semplice miscela di acqua e sapone che viene spruzzata sugli elementi critici del componente segnalato dall'ACPF, in modo tale da vedere visivamente delle bolle di sapone nella zona in cui fuoriesce l'aria compressa. Una volta individuata la perdita, l'operatore abilitato decide se occorre sostituire l'intero componente o è sufficiente agire sul sistema di collegamento dell'elemento stesso, vale a dire sull'insieme di bulloni, viti e dadi, stringendoli o sostituendoli in corso di prova.

Il secondo macro controllo, sempre effettuato tramite ACPF, riguarda la verifica delle tempistiche di manovra durante la frenatura e la sfrenatura del veicolo, di estrema importanza per verificare che i range ottenuti siano conformi a quelli descritti nella IT 10006/02. Questa prova si effettua per tutti i rotabili, e si suddivide in prove a carico e a vuoto, dove la presenza o assenza del carico viene precedentemente regolata con una valvola di pesatura posta sulle sospensioni del rotabile di riferimento. Durante questi controlli si porta a pressione di 5 bar la CG e quindi tutti i serbatoi dell'impianto, per poi effettuare una frenatura rapida a 3,8 bar (valore che cambia in base al veicolo sottoposto al controllo) nel CF e verificare che il tempo di frenatura e sfrenatura rientri nel limite ammesso dai range descritti nell'IT 10006/02.

Successivamente l'operatore abilitato procede alle prove di sensibilità e insensibilità del distributore, che ne verificano a pieno la conformità dello stesso. Il distributore, come già evidenziato, è l'elemento decisore dell'impianto, e dunque è importante verificare che ad una determinata depressione effettuata in tempi brevi si attivi la frenatura nel cilindro (prova di sensibilità in frenatura), cosa che non deve accadere per tempistiche più lunghe o per depressioni minori (prova di insensibilità in frenatura). Analogamente la sfrenatura deve avvenire in caso di aumento di pressione evidente in tempistiche brevi e non viceversa.

La prova di sensibilità in frenatura consiste nel portare a pressione gli apparati dell'impianto pneumatico del freno e provocare una depressione lineare in condotta generale pari a 0,5 bar in 5s. Si verifica dunque il tempo di intervento, vale a dire entro 3s dall'inizio della riduzione, la pressione nei cilindri del freno deve portarsi ad un valore superiore a 0,05 bar. Successivamente si verifica il tempo di accosto, ossia entro ulteriori 5s questa deve essere superiore a 0,4 bar. Infine, dopo 30s dall'inizio della prova, la pressione deve risultare sempre superiore a 0,4 bar.

Di conseguenza, la prova di insensibilità in frenatura si effettua anch'essa previo carico delle capacità della condotta e l'esecuzione prevede una prima frenatura di 2,5 bar (la pressione in CG deve essere di 3,5 bar), per poi rialimentare la CG con una rampa a gradini ognuno dei quali permetta un incremento non superiore a 0,15 bar ed abbia una durata non inferiore a 10s. L'esito di tale controllo deve generare un decremento nel CF in corrispondenza di ciascuno degli scalini, pari ad un valore $> 0,05$ bar, e una pressione inferiore a 0,4 bar nel CF in corrispondenza dei 4,85 bar raggiunti in CG. Inoltre è necessario mantenere la pressione in CG tra 4,85 e 4,9 bar, e controllare entro 60 s dal raggiungimento

e mantenimento di tale valore di pressione, che i CF siano svuotati completamente e che le pressioni di SC e CG siano allineate e stabilizzate.

I controlli di sensibilità e insensibilità in sfrenatura sono analoghi ai precedenti, con la differenza che le prove si effettuano a partire da una condizione iniziale di frenatura, fino al raggiungimento di valori di pressione iniziali (5 bar). Permettono di ottenere delle valutazioni sulla conformità del distributore in merito alle “decisioni prese” e, qualora insufficiente, procedere a sostituirlo e ripetere la prova.

L'ultimo macro controllo riguarda le prove di verifica di frenatura a vuoto/ carico del dispositivo autocontinuo, esame che permette il controllo delle sospensioni in opera insieme alle tempistiche di frenatura. Consiste nel caricare i serbatoi a pressione stabilita, per poi effettuare una frenatura controllata tramite ACPF e visualizzare su display le tempistiche per il completamento di tale processo, vale a dire il tempo entro il quale il cilindro si sarà svuotato dell'aria immagazzinata per effettuare la manovra. Tali tempistiche andranno poi confrontate con i range di riferimento e andrà quindi valutata la conformità del dispositivo autocontinuo.

Una volta effettuata questa prova, con esito positivo, si definisce compiuto il controllo dell'impianto pneumatico del freno ed è possibile certificare la conformità del rotabile prima della reimmissione di questo in servizio, procedura denominata Check-Out. È importante presentare insieme al Check-Out la lista di materiali utilizzati durante la revisione e la lista dei controlli effettuati durante tutta la manutenzione periodica, da inviare al committente in sede di restituzione del veicolo ferroviario.

3.2 Il processo di manutenzione correttiva di un carro merci

La manutenzione correttiva, a differenza di quella programmata (revisione), comprende tutti i controlli effettuati in caso di rilevazioni di avarie in occasione di verifica lungo la linea ferroviaria.

In presenza di un carro con avaria su linea, questo sarà tolto dal servizio e mandato in officina di manutenzione, insieme ai relativi documenti attestanti la problematica presente e le precedenti revisioni a cui è stato sottoposto il rotabile. Entrato in officina, un operatore tecnico abilitato constaterà, con la relativa documentazione, la gravità dell'avaria contemporaneamente a un primo controllo generale, chiamato Check-In. Il Check-In, analogamente a quello effettuato per revisione, comprende verifiche al rotabile in opera su binario o su fossa di visita e permette al manutentore di avere un riscontro su ulteriori problematiche di cui occuparsi. Il modulo del Check-In/Out (Figura 30) è diviso in due parti. La prima presenta informazioni relative al tipo di manutenzione da effettuare (MC o RP) e i dati di consegna del carro con annessa l'ultima revisione. L'operatore tecnico abilitato quindi scrive l'impianto in cui viene effettuata la manutenzione e procede di conseguenza

con i controlli obbligatori. In questa fase si verifica la conformità di organi quali trazione e repulsione, carrello e sospensioni, telaio e cassa, rodiggio e infine la parte meccanica del freno, come visibile nel modulo sottostante. La seconda parte del modulo Check-In/Out (Figura 31) invece, comprende le operazioni da effettuare in sede di manutenzione con relativo codice di identificazione. Allegati a tale modulo troviamo anche il modulo relativo alle lavorazioni aggiuntive e quello dei materiali montati durante la MC che, come nel caso delle revisioni, devono essere presentati al committente per la richiesta di autorizzazione.

A fronte del check in, la manutenzione correttiva si andrà a concentrare solo sui guasti rilevati nelle precedenti fasi ed è dunque un processo generalmente più veloce della revisione. Tuttavia la manutenzione correttiva comprende anche la fase di ricerca guasto, che spesso può comportare operazioni più lunghe, soprattutto in caso di avarie agli organi elettrici dei rotabili adibiti a trasporto persone, carrozze passeggeri o locomotive.

La verifica e la riparazione dei componenti del carro in seguito ad avarie è descritta nel Manuale di Manutenzione e Riparazione Carri (MMRC) e comprende dunque procedimenti analoghi a quelli descritti per la revisione. Ogni operazione richiamata in fase di Check-In/Out avrà un collegamento con l'istruzione tecnica di riferimento. Anche in MC, in caso di sostituzione del componente meccanico, questo potrà essere inviato nelle grandi officine di riparazione che si occuperanno della rimessa a nuovo dell'elemento, oppure del riuso del materiale.

		Modello check-in/out lavorazioni Manutenzione Corrente con Reimmissione in Servizio		ECOSRLDinOutMC.05-30.03.2022_Modello Check In - Check out MC		Pag. 1 di 2	
☒ MC		MATRICOLA CARRO 318347892354		ORDINATIVO 100000151444			
		Data Consegna Odm: 18/05/2022		Tipo oggetto Shmms - S12			
☐ RP		Ultim. REV RO		Data: 12/02/2021		Impianto Ultima REV TOO	
		Piano di Manutenzione (PM) PM-S12.A					
Impianto:		Allegati: ☐ Modello Avarie codici GCU		Numero codici avarie GCU		☐ Modello M40	
		1.8.1.2				Numero modelli M40	
		☒ INTERVENTO SVOLTO SU		☒ FOSSA		☐ BINARIO	
		CHECK-IN				CHECK-OUT	
		Codici AIL 9 GCU		Controlli Obbligatori (in base all'INT43 r.v. e all'ALLEGATO 10 GCU)		ESITO	
						ESITO	
Rodiggio				Controllo visivo Assili (All. 10 GCU Appendice 3 - EVIC) - CONTROLLO SVOLTO CON MODELLO G (Sempre allegato)		OK NON OK N.A.	
		1		Rodiggio (necessità di prova freno PFI in ingresso) SI ☒ NO ☐		OK NON OK N.A.	
		1		Difetti al piano di rotolamento		OK NON OK N.A.	
		1		Cerchione Riportato		OK NON OK N.A.	
		1 8 1		Boccola		OK NON OK N.A.	
				Esito Prova Freno in ingresso (Se da Eseguire)		OK NON OK N.A.	
Carrello e sospensioni		2		Sospensioni		OK NON OK N.A.	
		2		*Molle: ☒ Elloidali ☐ Balestra Trapezoidali ☐ Balestra Paraboliche		OK NON OK N.A.	
		4		Telaio del carrello Ispezione Fiancate		OK NON OK N.A.	
		4		*Telaio del carrello Ispezione Sottocassa		OK NON OK N.A.	
		4 8		Pattino, Molle Pattino		OK NON OK N.A.	
Trazione e repulsione		5		*Organi di Trazione e Repulsione (molleggi sottocassa)		OK NON OK N.A.	
		5 1		Respingenti		OK NON OK N.A.	
		5 2		Piatti Respingenti		OK NON OK N.A.	
						OK NON OK N.A.	
Freno		3 1		*Parte meccanica (timoneria)		OK NON OK N.A.	
		3 2		Suole del freno		OK NON OK N.A.	
		3 3 2		Semi-accoppiamento		OK NON OK N.A.	
		3		Portasuole		OK NON OK N.A.	
		3		Necessità di prova freno SI ☒ NO ☐		OK NON OK N.A.	
Telaio e Cassa		4		*Telaio del carro (ispezione sottocassa)		OK NON OK N.A.	
		6 1 1		Iscrizioni e pittogrammi		OK NON OK N.A.	
		6 1 5		Pavimento		OK NON OK N.A.	
		6 1 6		Porte e pareti scorrevoli		OK NON OK N.A.	
		6 7		Caviglie		OK NON OK N.A.	
Altre avarie di scarto						OK NON OK N.A.	
						OK NON OK N.A.	
						OK NON OK N.A.	
						OK NON OK N.A.	
Note							
Legenda		* controlli obbligatori da svolgere solo in fossa - RP=Riparazione negli scali/parchi - MC=Manutenzione corrente					

Figura 30 Modulo Check-In/Out per Manutenzione Correttiva (Pag. 1/2)

CAPITOLO QUARTO

Manutenzione di Locomotive Elettriche e Carrozze Passeggeri

Le locomotive sono veicoli ferroviari adibiti ad uso di trazione e sono perciò presenti in ogni tipo di treno in circolazione su linea. Si dividono in base al carburante utilizzato, corrente elettrica, diesel o carbone, e in base a ciò che trazionano, persone o merci. La differenziazione in base all'oggetto trasportato deriva dal detentore del rotabile, Mercitalia Rail è possessore della flotta di locomotive elettriche adibite al solo trasporto di merci mentre Trenitalia detiene la flotta di locomotive atte al trasporto di passeggeri su linea.

Le locomotive hanno una struttura complessa in quanto devono garantire il moto di tutto il treno su binario e per tale motivo la loro manutenzione prevede dei controlli più approfonditi. Questi possono essere a scadenza temporale o chilometrica e le verifiche che si effettuano prevedono un'attenzione anche al sistema tecnologico di bordo, ai circuiti elettrici e all'impianto antincendio, elementi non presenti nei carri merci.

Le carrozze passeggeri invece sono veicoli trainati dalle locomotive adibiti al trasporto di persone. La loro struttura è più semplice delle locomotive e più complessa dei carri merci, poiché non hanno motore, ma hanno i servizi a garanzia del confort del passeggero ed è proprio per questi servizi che necessitano di un controllo approfondito agli organi dei circuiti elettrici e dell'impianto antincendio.

4.1 Caratteristiche e processo di manutenzione di Locomotive Elettriche

Le locomotive elettriche in circolazione sono provviste di pantografi, elementi in grado di captare la tensione della linea ferroviaria (3000 V), collegati ad appositi circuiti per il trasferimento della tensione a tutti gli elementi elettrici del veicolo, tra cui il motore stesso. La struttura meccanica delle locomotive può essere definita analoga a quella dei carri merci, composta da un telaio che poggia su carrelli (o assi). Ogni carrello presenta un motore a corrente continua per provvedere alla trazione e si collega al rodiggio tramite un sistema di sospensioni in grado di sorreggere il carico dell'intero veicolo.

All'interno del vagone sono presenti due cabine di guida (A e B) provviste di tutti i comandi per la conduzione del veicolo da parte del macchinista e collegate tra di loro da un corridoio di servizio. Tramite questo corridoio si accede a diverse zone in cui troviamo un primo comparto con i motocompressori e le bombole antincendio, elementi importanti rispettivamente per la frenatura, ormai di tipo combinato elettrica e pneumatica, e per la sicurezza del convoglio. Successivamente dal corridoio si accede ad un secondo comparto di alta tensione, in cui si trovano variatori di tensione ed elementi circuitali che consentono di alimentare i motori di trazione, mentre nell'ultimo comparto i gruppi statici forniscono

potenza alla locomotiva in fase di accensione e generano la media tensione (380 V), poi trasformata tramite appositi elementi in bassa.

4.1.1 Manutenzioni, Check-In e Check-Out

La manutenzione periodica (revisione) di una locomotiva si effettua a scadenza, sia questa temporale o chilometrica, e prevede controlli sia alla componente meccanica, già analizzata per i carri merci, che per quella elettrica e antincendio, presenti anche nelle carrozze per il trasporto passeggeri. È importante sottolineare che tutti i controlli vanno eseguiti in assenza di corrente elettrica su binario di appartenenza al fine di garantire la sicurezza dell'operatore.

La manutenzione correttiva delle locomotive invece, esattamente come nel caso dei carri merci, prevede controlli agli organi danneggiati e verifiche esterne agli apparati più sensibili a urti e deformazioni, come descritto nelle istruzioni tecniche. Il veicolo viene sottoposto a visita tecnica su linea a vengono comunicati gli eventuali guasti all'Officina di manutenzione di riferimento, che si occuperà di effettuare i controlli e le riparazioni necessarie alla corretta reimmissione in servizio del rotabile.

A partire dalla consegna della locomotiva in Officina di manutenzione viene eseguito il Check-In per verificare i componenti esterni, le scadenze e le iscrizioni, oltre a verificare la dimensione del danno. Una volta completato, gli operatori si occupano di eseguire i lavori di manutenzione assicurando la tracciabilità e comunicando le eventuali lavorazioni aggiuntive insieme al materiale necessario per tali lavorazioni all'ente committente (MIR o Trenitalia).

4.1.2 Revisione del rodiggio

Il rodiggio di un veicolo ferroviario è l'insieme di componenti quali ruote, cerchioni, assi, boccole e cuscinetti, vale a dire tutti gli elementi compresi tra il binario e le sospensioni. È un elemento presente in tutti i tipi di veicoli e perciò comporta gli stessi controlli per ogni rotabile, indipendentemente dalla funzione del veicolo stesso. Tra le unità appartenenti al rodiggio, una misurazione rilevante in fase di revisione è quella relativa al controllo delle sale montate (Figura 32), formate da ruota, cerchione e asse. Questo è uno dei principali organi sottoposti all'usura, oltre ad essere un componente critico per la sicurezza dell'esercizio ferroviario. Ciò a causa del peso che il sistema sopporta durante il movimento del veicolo, e delle forze di attrito che vi agiscono durante il movimento del rotabile, sia esso trainato o mezzo di trazione.

Per questa ragione devono essere effettuati i controlli previsti, siano essi a vista in ogni occasione di rientro del veicolo in impianto, o con appositi strumenti, in occasione di interventi di manutenzione a scadenza. Le procedure per il controllo delle sale montate dei mezzi di trazione e relativi trazionati sono descritte nell'istruzione tecnica di manutenzione

IT 10009/01 fornita alle Aziende manutentive da Trenitalia S.p.A. In essa si descrivono le disposizioni vigenti, le scadenze e le caratteristiche degli strumenti di misura necessari per il corretto mantenimento delle sale montate di mezzi di trazione elettrica o diesel, elettrotreni, elettromotrici e relative rimorciate.

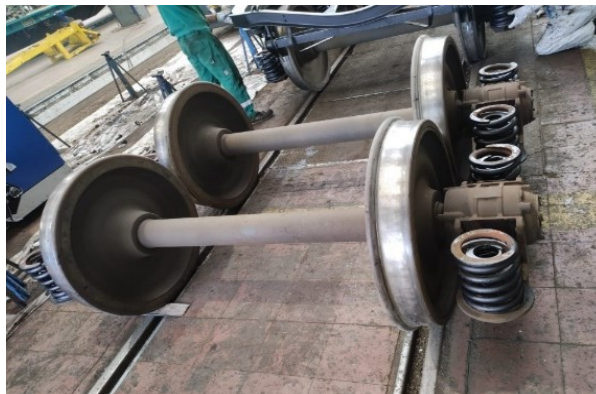


Figura 32 Esempio sala montata di un carro merci

I principali controlli effettuati in officina di manutenzione sono la verifica dell'integrità dei cerchioni e delle ruote, le condizioni dei bordini, le misurazioni relative allo scartamento interno e al diametro della sala e infine il rifollamento, se presente, del piano di rotolamento. Per questi controlli metrologici generalmente gli operatori si avvalgono di un modulo di misurazione specifico provvisto di range e disegni, così da facilitare il processo di verifica.

La misura dello scartamento interno delle sale è definita come la distanza fra le facce interne dei cerchioni o delle corone delle ruote monoblocco e deve essere eseguita con il calibro speciale per lo scartamento interno delle sale (Figura 33). Questo strumento appartiene alla famiglia dei calibri ed è essenzialmente composto da un'asta rigida che presenta una vite interna in grado di ampliarne o restringerne il campo di misura. In esso è anche presente una scala graduata in millimetri, con sensibilità generalmente di 0,1 mm, che permette la lettura del valore della distanza interna tra piani paralleli. Il calibro per scartamento può essere tarato internamente o esternamente, tramite dei dispositivi industriali come il trimos orizzontale, un banco di misura in grado di generare una grandezza campione misurabile tramite strumenti meccanici. Successivamente si effettua il confronto tra campione e valore misurato, e si verifica la corretta taratura sulla base dello scostamento ammesso durante le misurazioni.

Tale strumento si utilizza in Officina accostandone un'estremità alla ruota e si svita fino a toccare con l'altra estremità la ruota opposta. In tal modo l'operatore viene a conoscenza della distanza interna tra una ruota e l'altra.

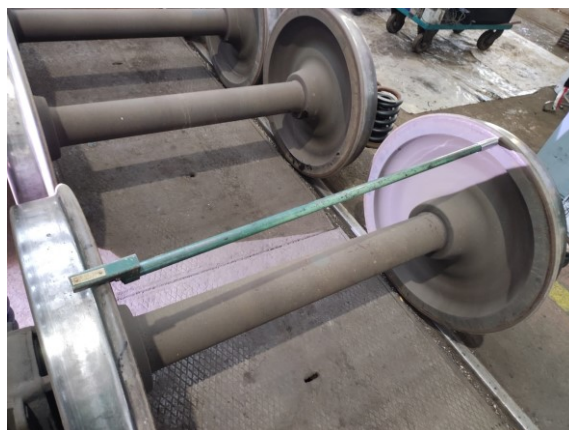


Figura 33 Calibro per scartamento interno delle sale usato su sala di un carro merci

La rilevazione dello scartamento è una misura cardine del controllo delle sale, in quanto se non conforme la sala slitterebbe dal binario, causando gravi problematiche in fase di moto. Un valore di scartamento troppo grande potrebbe causare cedimento della sala e il deragliamento dell'intero convoglio. È necessario perciò che questa misura sia molto precisa. Per tale ragione si effettuano 3 rilevazioni successive a 120° fra loro in prossimità del piano del ferro con la sala montata in opera e fuori opera, e successivamente si confrontano le misure ottenute con i range ammessi nell'IT di riferimento.

Oltre allo scartamento interno, in fase di revisione del rodiggio è fondamentale il controllo del bordino della sala, poiché è uno degli elementi più importanti per il moto dei rotabili. Ha la funzione di mantenere la ruota a contatto con il piano del ferro, garantendo alcuni millimetri di gioco per consentire al veicolo di curvare sul binario.

Il controllo delle condizioni del bordino va effettuato in ogni occasione utile di manutenzione per avaria, in quanto è importante che questo sia visivamente sempre idoneo all'esercizio e, in caso contrario, occorre procedere ad eliminare attraverso tornitura gli eventuali difetti presenti, come spigoli vivi e/o sbavature. Questa lavorazione si effettua fuori opera utilizzando un tornio, ma può svolgersi anche in opera attraverso l'utilizzo di un tornio in fossa, presente in alcune officine di Trenitalia S.p.A., che permette la riprofilatura della sala una volta posizionato il rotabile sopra ad esso.

In fase di manutenzione periodica il controllo relativo al bordino è più specifico. Si calcolano infatti le quote di altezza, quota Q_r e larghezza, al fine di verificare l'assenza di non conformità secondo le misurazioni descritte nell'IT 10009/01. Il controllo dimensionale delle quote del bordino si misura con il calibro a bordino per sale (Figura 35), strumento meccanico che esegue taratura periodica secondo le necessità e preferenze dell'Azienda in possesso, ai sensi della norma ISO 9001.

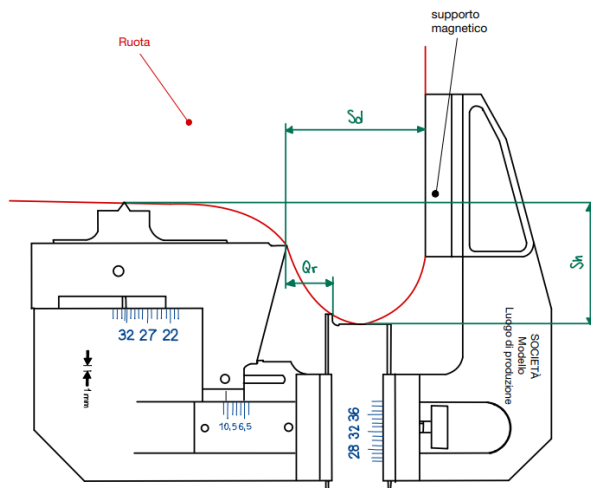


Figura 35 Calibro per la misura del bordino

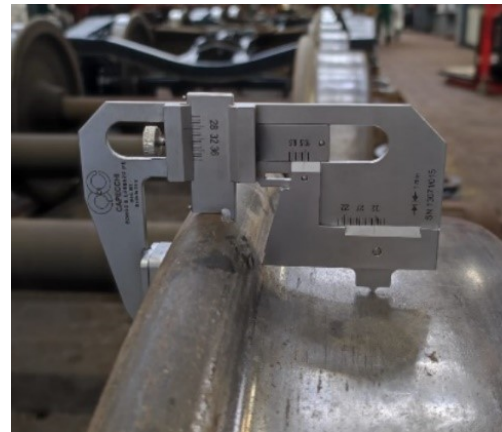


Figura 34 Calibro a bordino su ruota di un carro merci

Questo calibro, grazie al supporto magnetico di cui dispone, si sorregge sulla ruota del rotabile e consente una misurazione precisa dei valori delle quote. Il funzionamento si può definire ad incastro in quanto l'operatore va ad appoggiare il calibro alla ruota e questo ne prende la forma. È importante in questa fase che non vi siano giochi dello strumento sul componente da misurare. Una volta appurata l'assenza di gioco tra il calibro e la ruota, l'operatore stringe le rotelle dei cursori mobili e legge i valori ottenuti sulle aste graduate, per poi confrontarli con i range ammessi sull'IT 10009/01 e valutare la conformità del componente. In presenza di difformità tra i valori è opportuno eliminare i difetti presenti o, se non possibile, procedere a sostituire l'intero componente.

Ulteriore verifica rilevante per l'organo rodiggio è la misura del diametro della sala. Per tale misurazione l'operatore si avvale del Calibro Speciale per Sale (Figura 36), strumento in grado di rilevare meccanicamente il diametro della ruota. Il valore misurato varia dal tipo di sala montata e questo strumento permette infatti di definire un range iniziale in cui si dovrebbe trovare la misura del diametro. Ad esempio per sale di grandi dimensioni il range iniziale sarà più ampio e in base a ciò l'operatore dovrà regolare il calibro nel range, prima di procedere alla misurazione. Una volta posizionato lo strumento nell'esatto diametro della sala, per ottenere un valore preciso, a meno di una tolleranza data dall'errore umano, occorre prendere più misurazioni. Questo controllo permette di constatare l'usura della sala a fronte delle riprofilature a cui è andata incontro, o semplicemente del consumo a causa dell'uso. Se la sala rispecchia i range stabiliti nell'IT è possibile rimontarla in fase di riassettaggio del rotabile, mentre in caso contrario sarà opportuno sostituirla con un nuovo elemento e inviare il danneggiato ai grandi magazzini di riparazione. Qui si verificherà se aggiustare il componente con delle lavorazioni meccaniche o riutilizzare il materiale per la produzione di altri elementi meccanici.



Figura 36 Calibro speciale per sale su sala di un carro merci

4.1.3 Revisione delle Colonne Chopper

Durante la revisione della locomotiva è essenziale il controllo dell'alimentazione dei motori posti sui carrelli, infatti il manutentore opera delle verifiche specifiche al comparto di alta tensione (AT). In questa zona si trovano le colonne chopper (Figura 37), apparecchi i quali, data una tensione in ingresso continua, consentono di variarne il valore in uscita da zero a un valore massimo, chiamati anche frazionatori. Nel dettaglio nel chopper è presente un interruttore che viene aperto e chiuso dallo stesso, consentendo il passaggio di tensione a intervalli regolari (intervalli di conduzione). In tal modo viene generato un valore medio di tensione minore rispetto alla tensione di ingresso, e ciò permette all'apparecchiatura di alimentare i motori di trazione a corrente continua delle locomotive. Generalmente nelle locomotive sono presenti tre colonne chopper che alimentano ciascuno un singolo motore.

In sede di revisione gli operatori tecnici si occupano di operare un controllo di integrità delle colonne, che comprende il fissaggio dei componenti AT, la pulizia e una verifica del valore misurato sulle resistenze delle colonne, tramite ohmetro opportunamente tarato, o in alternativa, un multimetro. Tale strumento è composto da due connettori che permettono il collegamento in serie al circuito e la misura, tramite campo elettromagnetico, del valore della resistenza. Il manutentore effettua una misurazione di tutti gli elementi resistivi del chopper in considerazione, annotandone il valore sul relativo modulo e verificando che sia nel range di appartenenza. Tale range varia in base all'elemento misurato, e consente all'operatore di verificare che la resistenza sia conforme alle linee guida. La non conformità di tale elemento circuitale può comportare sbalzi termici e il danneggiamento dell'impianto.

Ulteriormente alle resistenze, in questa sessione si verifica anche la capacità del condensatore dei chopper, elemento circuitale indispensabile in quanto accumulatore di corrente, consente di eliminare gli sbalzi di tensione e garantisce la corretta alimentazione dei motori di trazione. Per tale verifica si utilizza un capacimetro, strumento in grado di

captare, sempre grazie al collegamento dei terminali ai poli del condensatore, la capacità che percorre l'elemento della colonna di riferimento.

Questi controlli sono essenziali a garantire l'assenza di difetti del condensatore, da sempre elemento che presenta un rischio rilevante nei circuiti elettrici causato dalla maggiore usura, soprattutto se alimentato a voltaggio elevato, come nel caso dei chopper. Un condensatore malfunzionante infatti comporta seri danni al circuito e, conseguentemente, all'intero impianto. Per tale motivo è necessaria una verifica approfondita che si svolge in assenza di tensione, garantita da una serie di provvedimenti adottati dall'operatore ancor prima di operare nel comparto Alta Tensione.



Figura 37 Colonne Chopper in comparto AT

4.1.4 Revisione dell'Impianto Antincendio

La revisione della locomotiva, sia essa adibita al trasporto persone o cose, comprende controlli all'impianto antincendio, posto nel comparto adiacente alla cabina di guida A che

contiene anche i motocompressori, elementi in grado di alimentare l'impianto pneumatico dell'intero convoglio.

La verifica della conformità dell'impianto antincendio è estremamente importante per la salvaguardia del macchinista e dei viaggiatori in quanto l'impianto della locomotiva è comunicante con quello delle carrozze stesse. È presente infatti in ogni carrozza un sistema di tubazioni ed erogatori che consente la rapida estinzione dell'incendio in corso direttamente dalla locomotiva. Ciò garantisce una maggiore sicurezza in fase di moto, poiché, in caso di incendio, è lo stesso agente di condotta che controlla l'innesco del gas nell'impianto.

Tale impianto comprende due bombole da 80kg precaricate dall'ente fornitore, contenenti generalmente trifluorometano gassoso e poste nel comparto antincendio, insieme a due estintori, uno per cabina di guida. In fase di revisione si operano controlli alle suddette bombole e ai relativi apparati flessibili, con particolare attenzione alle date di scadenza e al peso rilevato.

Gli estintori hanno durata di 36 mesi dalla data di collaudo, mentre le bombole nel comparto antincendio scadono dopo 10 anni dal collaudo. L'operatore, una volta segnata la matricola di ciascuna bombola, verifica queste scadenze oltre alle date di fabbricazione, collaudo e prossima scadenza, opportunamente segnate in un modulo tale da garantire la tracciabilità del processo manutentivo.

Successivamente l'operatore opera la pesatura delle bombole tramite una bilancia a gancio (Figura 38), grazie a cui è possibile sollevare la bombola e verificarne in sicurezza la massa. Lo strumento in questione è un dinamometro, ossia un rilevatore di forza. È in grado di rilevare tramite una molla interna la forza applicata su di esso, in tal caso forza peso, e la converte in massa tramite la relazione con la costante gravitazionale.



Figura 38 Metodo di pesatura delle bombole antincendio

A fronte di questa pesatura il personale tecnico abilitato confronta il valore trovato con quello stabilito dal fornitore, ciò a verificare che il gas contenuto all'interno delle bombole sia nei range stabiliti dalla legge.

4.3 Caratteristiche e generalità di manutenzione di una Carrozza Passeggeri

Le carrozze atte al trasporto di passeggeri sono veicoli ferroviari che viaggiano su linea trainati da una locomotiva. Esistono diverse tipologie di carrozze, quali parte di un elettrotreno, motorizzate, o di convogli tradizionali, in cui non ci sono motori di trazione. La loro struttura comprende tutti gli elementi già descritti per i carri merci e le locomotive, oltre ai servizi e ai confort indispensabili al passeggero che usufruisce del trasporto ferroviario. Proprio per la loro funzione, la caratteristica principale di tali veicoli è la presenza di sedili ai lati di un corridoio centrale.

La manutenzione correttiva di questi rotabili si svolge come per gli altri già descritti e comprende una prima fase di verifica su linea, in cui, a seguito della segnalazione di un problema, si attesta la gravità di questo. Successivamente il veicolo viene inviato all'Officina di Manutenzione e qui si eseguiranno controlli specifici agli organi più sensibili a danneggiamento, affiancati da un'accurata stesura della modulistica a garanzia della tracciabilità dell'intervento.

In caso di manutenzione programmata invece si ha, come già descritto, un controllo più approfondito del rotabile, in base al tipo di revisione a cui deve essere sottoposto. Il manutentore opera verifiche anche alla parte elettrica, che nelle carrozze è di bassa e media tensione, e all'impianto antincendio. Quest'ultimo è composto da estintori azionabili dai passeggeri in caso di emergenza e un insieme di tubature che consentono il trasporto del gas estinguente direttamente dalla locomotiva, garantendo due possibili soluzioni allo scoppio di un incendio. A tal proposito è inoltre presente un dispositivo atto a consentire la comunicazione tra macchinista e passeggeri della carrozza, in modo tale da gestire in maniera ottimale l'eventuale emergenza.

Al termine dei due tipi di manutenzione si effettua, come da programma, il check-out e la riconsegna del rotabile, analogamente alle casistiche già descritte.

Conclusioni

L'analisi del processo di manutenzione ha permesso di descrivere le principali misurazioni e verifiche da effettuare a garanzia della qualità di un rotabile ferroviario, con particolare concentrazione sull'importanza di tali controlli.

È stato inoltre presentato il servizio offerto dalle Aziende responsabili della manutenzione di una flotta di rotabili, delineandone gli organi di cui sono composte e le caratteristiche del loro sistema di gestione della qualità, necessario a garantire il processo descritto.

Il presente elaborato dunque descrive le linee guida per la corretta manutenzione di un rotabile ferroviario delle Imprese Ferroviarie Trenitalia e Mercitalia Rail, responsabili di garantire all'Azienda che offre servizio di manutenzione, modelli e documenti in grado di assistere tale organizzazione nella stesura del piano di manutenzione di ciascun veicolo ispezionato.

È importante sottolineare come le misurazioni e i controlli previsti siano stati fatti con strumenti certificati secondo le norme in vigore, la maggior parte dei quali di natura meccanica, in cui è presente una componente di errore umano. Per minimizzare questo errore è possibile utilizzare strumenti digitali che forniscono un'accuratezza maggiore e una riduzione delle tempistiche di ispezione.

In riferimento ai controlli precedentemente esposti, sono in fase di studio soluzioni che consentono di verificare in tempo reale (su linea) il deterioramento degli asset e, grazie allo sviluppo delle tecnologie, nei prossimi anni sarà possibile descrivere controlli di ispezione totalmente innovativi, in grado di rilevare informazioni precise ai rotabili.

Bibliografia e Sitografia

UNI EN ISO 9001:2015 - Qualità delle aziende

UNI 9910:1991 - Definizione di guasto

UNI EN 13306:2018 - Definizione di manutenzione

UNI 11063:2017 – Tipologie di manutenzione

UNI 10147 - Tipologie di manutenzione

Decreto ANSF del 4 dicembre 2019 “Il Soggetto Responsabile della manutenzione (SRM): ruolo, responsabilità ed organizzazione”

Direttiva (UE) 2016/797 del parlamento europeo e del consiglio dell'11 maggio 2016 relativa all'interoperabilità del sistema ferroviario dell'Unione europea (rifusione)

Direttiva (UE) 2016/798 del parlamento europeo e del consiglio dell'11 maggio 2016 sulla sicurezza delle ferrovie (rifusione)

Regolamento (UE) N. 445/2011 della commissione del 10 maggio 2011 relativo ad un sistema di certificazione dei soggetti responsabili della manutenzione di carri merci e che modifica il regolamento (CE) n. 653/2007

Regolamento di esecuzione (UE) 2019/779 della Commissione del 16 maggio 2019 che stabilisce disposizioni dettagliate su un sistema di certificazione dei soggetti responsabili della manutenzione dei veicoli a norma della direttiva (UE) 2016/798 del Parlamento europeo e del Consiglio e che abroga il regolamento (UE) n. 445/2011 della Commissione

Regolamento (UE) n. 445/2011 della commissione del 10 maggio 2011 relativo ad un sistema di certificazione dei soggetti responsabili della manutenzione di carri merci e che modifica il regolamento (CE) n. 653/2007

Decreto ANSF n.4/2012 del 9 agosto 2012: Norme per la qualificazione del personale impiegato in attività di sicurezza della circolazione ferroviaria

Istruzione Tecnica di Manutenzione IT 10009/01 Ediz. Luglio 2012: procedure per il controllo delle sale montate dei mezzi di trazione elettrici e diesel (da treni e da manovra), ETR, Ale, ALn e relative rimorciate

Istruzione Tecnica di Manutenzione IT 10006/02 Ediz. Febbraio 2009: procedura per la verifica dell'impianto pneumatico del freno sui rotabili isolati in occasione di manutenzione programmata e/o correttiva

Siti consultati:

<https://www.mainsim.com/academy/manutenzione-preventiva/>

<https://www.mainsim.com/academy/tipi-di-manutenzione/>

<https://www.certifico.com/normazione/173-documenti-riservati-normazione/documenti-estratti-norme/3135-manutenzione-tutte-le-definizioni-delle-norme-di-riferimento>

<https://www.treccani.it/vocabolario/manutenzione/>

https://european-union.europa.eu/institutions-law-budget/institutions-and-bodies/search-all-eu-institutions-and-bodies/european-union-agency-railways-era_it

https://temi.camera.it/leg18/temi/tl18_il_sistema_ferroviano.html

<https://www.certifer.fr/it/certificazione-ecm>

<https://www.ansfisa.gov.it/linee-guida-in-vigore>

<https://www.ansfisa.gov.it/documents/20142/386119/SRM+-+ruolo%2C+responsabilit%C3%A0+e+organizzazione+%28Cammarata%29.pdf/c4981058-7315-4466-cc48-7fbb811d87eb#:~:text=Il%20Soggetto%20Responsabile%20della%20Manutenzione%20assicura%20che%20i%20veicoli%20della,condizioni%20sicure%20per%20la%20circolazione.>

<https://www.accredia.it/servizi-accreditati/tarature/>

<https://www.ansfisa.gov.it/organismo-di-certificazione-dei-soggetti-responsabili-della-manutenzione-dei-veicoli-ferroviari-oc->

<https://condivisionext.rfi.it/QuadroRiferimento/Docs/utilities/istruzioni/verificatecnica2.pdf>

https://www.mercitaliarail.it/content/dam/mercitalia-rail/allegati/gare/mir-gpn-585_2021-mi-del-26-11-2021/MIR-GPN-585_2021-MI%20-%20Allegato%201.pdf

<https://advisera.com/9001academy/it/cose-la-iso-9001/#:~:text=Come%20affermato%20sopra%2C%20la%20ISO,setteore%2C%20nonch%C3%A9%20da%20qualsiasi%20azienda>

<https://www.ansfisa.gov.it/documents/20142/1109220/Norme+tecniche+e+standard+di+sicurezza+applicabili+alle+reti+funzionalmente+isolate+dal+resto+del+sistema+ferroviario%2C+nonch%C3%A9+ai+gestori+del+servizio+che+operano+su+tali+reti.pdf/ea1570b9-c24a-9f25-bc2f-dd36420de801?version=1.0&download=true>

https://www.ansfisa.gov.it/documents/20142/177517/Prot.0051572015_LineeguidaANSFinerentiladocumentazionerelativaallamanutenzionedeiveicoli_REV.A_23062015.pdf/69770f57-0187-5c3d-cb1f-b650c89fd6e5?download=true

Indice delle figure

Figura 1 Locomotiva a Vapore Fondazione FS	7
Figura 2 Locomotiva Diesel	7
Figura 3 Locomotiva elettrica Trenitalia	8
Figura 4 Carrozza Medie Distanze, Trenitalia	8
Figura 5 Treno AV Trenitalia	9
Figura 6 Elettrotreno a composizione bloccata di tipo Jazz, Trenitalia	9
Figura 7 Carro merci Mercitalia in revisione in Officina	10
Figura 8 Esempio di LO-PRC per RO di Carri H32	21
Figura 9 Esempio di modulo A1 per la misurazione dell'organo di trazione	22
Figura 10 Esempio di carro piano a carrelli (R3F-R3D)	25
Figura 11 Sistema trazione e repulsione	27
Figura 12 Respingente di un carro merci	27
Figura 13 Componenti di un respingente	28
Figura 14 Misure altezza H e interasse L dei respingenti	28
Figura 15 Grafici relativi alla verifica per il gruppo statico di tipo MINER TESPAK	29
Figura 16 Calibro a corsoio decimale	30
Figura 17 Quote gancio di trazione	31
Figura 18 Banco di riscontro	31
Figura 19 Livella laser	32
Figura 20 Distanziometro laser digitale	32
Figura 21 Misurazioni per il calcolo dello sghembo del carrello	33
Figura 22 Misurazioni per il calcolo della squadratura del carrello	33
Figura 23 Calibro a corsoio di profondità ventesimale	35
Figura 24 Grafico di pressatura delle molle di tara	35
Figura 25 Gruppo sospensorio di un carro ad assi	36
Figura 26 Prova di verifica della lunghezza della molla	37
Figura 27 Forze agenti sulla ruota in fase di moto	38
Figura 28 Fasi frenatura rotabile (da https://www.youtube.com/watch?v=ytvyk-gQQlw)	41
Figura 29 Macchina ACPF	43
Figura 30 Modulo Check-In/Out per Manutenzione Correttiva (Pag. 1/2)	47
Figura 31 Modulo del Check-In/Out per Manutenzione Correttiva (Pag.2/2)	48
Figura 32 Esempio sala montata di un carro merci	51
Figura 33 Calibro per scartamento interno delle sale usato su sala di un carro merci	52
Figura 34 Calibro a bordino su ruota di un carro merci	53
Figura 35 Calibro per la misura del bordino	53
Figura 36 Calibro speciale per sale su sala di un carro merci	54
Figura 37 Colonne Chopper in comparto AT	55
Figura 38 Metodo di pesatura delle bombole antincendio	56