



*Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti*

DIREZIONE GENERALE PER LE INVESTIGAZIONI FERROVIARIE E MARITTIME

**RELAZIONE DI INDAGINE  
SVIO TRENO MERCITALIA RAIL N. 63887  
LINEA FERRARA-PORTOMAGGIORE  
IN DATA 02.07.2018**

26 febbraio 2020

## Indice

<i>Sigle e Acronimi</i> .....	4
<i>Premessa</i> .....	6
<i>1. Sintesi</i> .....	7
1.1. Breve descrizione dell'evento .....	7
1.2. Sintesi delle cause e raccomandazioni principali .....	8
<i>2. Fatti in immediata relazione all'evento</i> .....	12
2.1. Evento .....	12
2.1.1. Descrizione degli eventi e del sito dell'incidente .....	12
2.1.2. Decisione di aprire l'indagine, composizione della squadra investigativa e svolgimento della stessa .....	13
2.2. Circostanze dell'evento .....	15
2.2.1. Personale coinvolto .....	15
2.2.2. Treni e relativa composizione .....	15
2.2.3. Infrastruttura e sistema di segnalamento .....	17
2.2.4. Lavori svolti presso il sito dell'evento .....	18
2.2.5. Attivazione del piano di emergenza ferroviaria e del piano di emergenza dei servizi pubblici di soccorso, della polizia, dei servizi sanitari e relativa catena di eventi .....	23
2.3. Decessi, lesioni, danni materiali .....	24
2.3.1. Passeggeri e terzi, personale .....	24
2.3.2. Infrastruttura e materiale rotabile .....	24
2.4. Circostanze esterne .....	25
<i>3. Resoconto dell'indagine</i> .....	26
3.1. Sintesi delle testimonianze .....	26
3.2. Sistema di gestione della sicurezza .....	26
3.2.1. Quadro organizzativo e modalità di assegnazione ed esecuzione degli incarichi .....	26
3.2.2. Requisiti relativi al personale e garanzia della loro applicazione .....	27
3.2.3. Modalità dei controlli e delle verifiche interni e loro risultati .....	28
3.2.4. Interfaccia fra i diversi soggetti operanti sull'infrastruttura .....	29
3.3. Norme e regolamenti .....	29
3.3.1. Norme pertinenti e regolamenti comunitari e nazionali .....	29
3.3.2. Altre norme (norme di esercizio, istruzioni locali, requisiti per il personale, prescrizioni in materia di manutenzione e standard applicabili) .....	31
3.4. Funzionamento degli impianti tecnici e del materiale rotabile .....	38
3.4.1. Sistema di segnalamento e comando-controllo, registrazione da parte di apparecchi automatici di registrazione .....	38
3.4.2. Infrastruttura .....	38
3.4.3. Apparecchiature di comunicazione .....	44
3.4.4. Materiale rotabile, registrazione da parte di apparecchi automatici di registrazione .....	44
3.5. Documentazione del sistema di esercizio .....	54
3.5.1. Provvedimenti adottati dal personale per il controllo del traffico ed il segnalamento .....	54
3.5.2. Scambio di messaggi verbali in relazione all'evento .....	54
3.5.3. Provvedimenti adottati a tutela e salvaguardia del sito dell'evento .....	55
3.6. Interfaccia uomo-macchina-organizzazione .....	57
3.6.1. Tempo lavorativo del personale coinvolto .....	57
3.6.2. Circostanze personali e mediche che possono aver influenzato l'evento .....	57
3.6.3. Architettura degli impianti aventi un'incidenza sull'interfaccia uomo-macchina-organizzazione .....	57



---

3.7. Eventi precedenti dello stesso tipo .....	58
4. <i>Analisi e conclusioni</i> .....	62
4.1. Resoconto finale della catena di eventi .....	62
4.2. Discussione.....	63
4.2.1. <i>Discussione riguardante la causa diretta dell'evento</i> .....	63
4.2.2. <i>Discussione riguardante le cause indirette dell'evento</i> .....	64
4.3. Conclusioni.....	66
5. <i>Provvedimenti adottati</i> .....	70
6. <i>Raccomandazioni</i> .....	72
7. <i>Riferimenti bibliografici</i> .....	73

## ***Sigle e Acronimi***

<b>AdC</b>	Agente di Condotta
<b>ANSF</b>	Agenzia Nazionale per la Sicurezza delle Ferrovie
<b>BA</b>	sistema di distanziamento in linea Blocco Automatico
<b>BACC</b>	Blocco Automatico a Correnti Codificate
<b>BCA</b>	Sistema di distanziamento in linea Blocco Conta Assi
<b>cap</b>	cemento armato precompresso
<b>cdb</b>	circuito di binario
<b>CER</b>	Comunità delle Ferrovie Europee
<b>CERI</b>	Centro di ricerca, previsione, prevenzione e controllo dei rischi geologici di SAPIENZA Università di Roma
<b>CNR-IRPI</b>	Consiglio Nazionale per le Ricerche – Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica
<b>CUM</b>	Capo Unità Manutentiva
<b>DCO</b>	Dirigente Centrale Operativo
<b>DCCM</b>	Dirigente Centrale Coordinatore Movimento
<b>DDD</b>	Derailment Detection Device
<b>DiGIFeMa</b>	Direzione Generale per le Investigazioni Ferroviarie e Marittime (Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti)
<b>DIS</b>	Drive Information System
<b>DL</b>	Direzione Locale
<b>DM</b>	Dirigente Movimento
<b>DT</b>	Direzione Tecnica
<b>DTP</b>	Direzione Territoriale Produzione
<b>DSR</b>	Direzione Sicurezza di Rete
<b>ETF</b>	Federazione Europea dei Lavoratori dei Trasporti
<b>FER</b>	Ferrovie Emilia Romagna SpA
<b>FL</b>	Fascicolo di Linea
<b>FSI</b>	gruppo Ferrovie dello Stato Italiane
<b>FV</b>	Fabbricato Viaggiatori
<b>GI</b>	Gestore dell'Infrastruttura
<b>GSM-R</b>	Global System for Mobile communication in Railway
<b>IEPL</b>	Istruzione per l'Esercizio dei Passaggi a Livello
<b>IF</b>	Impresa Ferroviaria
<b>IPCL</b>	Istruzioni per il Personale di Condotta delle Locomotive
<b>IoT</b>	Internet of Things
<b>IR</b>	Interruttore extra-Rapido
<b>ISM</b>	Istruzione per il Servizio dei Manovratori
<b>LTE</b>	Linea di alimentazione della Trazione Elettrica
<b>MIR</b>	Mercitalia Rail SpA
<b>MO</b>	Metodologie Operative
<b>NSPL</b>	Norme per il Servizio del Personale di Linea
<b>OdL</b>	Ordine di Lavoro
<b>OF</b>	Operatori Ferroviari
<b>OTIF</b>	Intergovernmental Organisation for International Carriage by Rail
<b>PAI</b>	Piano di Assetto Idrogeologico
<b>PcPL</b>	Pedale di comando del Passaggio a Livello
<b>PEIF</b>	Prescrizione Esercizio Impresa Ferroviaria
<b>PGRA</b>	Piano di Gestione Rischio Alluvione
<b>PL</b>	Passaggio a Livello

---

<b>PolFer</b>	Polizia Ferroviaria
<b>POS</b>	Prefazione all'Orario di Servizio
<b>PS</b>	Punto Singolare
<b>RAMSES</b>	Railway Meteo Security System
<b>RCF</b>	Regolamento per la Circolazione Ferroviaria
<b>RFI</b>	Rete Ferroviaria Italiana SpA
<b>RI</b>	Rapporti Informativi
<b>RUT</b>	Responsabile Unità Territoriale
<b>SCMT</b>	Sistema di Controllo della Marcia del Treno
<b>SGS</b>	Sistema di Gestione della Sicurezza
<b>smt</b>	senso marcia treno
<b>SO</b>	Strutture Operative
<b>SRM</b>	Soggetto Responsabile della Manutenzione
<b>SSC</b>	Sistema di Supporto alla Condotta dei treni
<b>SSB</b>	Sotto-Sistema di Bordo
<b>SST</b>	Sotto-Sistema di Terra
<b>TI</b>	Trenitalia S.p.A.
<b>TPER</b>	Trasporto Passeggeri Emilia Romagna SpA.
<b>TSI</b>	Technical Specification for Interoperability
<b>TSI NOI</b>	Technical Specification for Interoperability of Noise
<b>TSI WAG</b>	Technical Specification for Interoperability of Wagon
<b>TW</b>	TransWaggon GmbH
<b>USTIF</b>	Ufficio Speciale per i Trasporti ad Impianti Fissi (Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti)
<b>ZTE</b>	Zona Techigrafica Elettronica



---

## ***Premessa***

L'indagine della DiGiFeMa è condotta in modo indipendente dall'inchiesta dell'Autorità Giudiziaria. La relativa Relazione descrive l'evento di pericolato o incidentale esponendo gli avvenimenti sulla base di considerazioni tecniche. L'obiettivo del lavoro è esclusivamente di individuare le cause dell'evento e di formulare raccomandazioni agli operatori del settore, indirizzate alla prevenzione e all'incremento del livello di sicurezza dell'esercizio ferroviario. Pertanto i contenuti di questo documento non possono essere utilizzati per attribuire colpe o responsabilità.

## 1. Sintesi

### 1.1. Breve descrizione dell'evento

In data 2 luglio 2018, alle ore 05:49, il quarto asse (nel prosieguo denominato “asse 1”) appartenente al secondo semi-carro del primo carro (smt) in composizione al treno MIR n. 63887 svia in Stazione di Montesanto (Ferrara). Il convoglio continua la marcia sull'intera tratta di linea ferroviaria tra codesta località e la Stazione di Portomaggiore. Ivi, a seguito del transito su una serie di deviatori, sviano altri 5 carri (Fig. 1 e Fig. 2). Il treno proviene da Tarvisio Bosco Verde (Udine) ed è diretto a Fossacesia (Chieti): ha in composizione la locomotiva ad azionamento elettrico della serie E652.062 (posizione di traino) e 15 carri Laadrs vuoti (ognuno formato da due semi-carri pianale, adibiti al trasporto automezzi stradali). La locomotiva ha peso frenato 97%, abilitata al servizio in Rango A, velocità massima 100 km/h, sistema di controllo della marcia del treno (SCMT) attivato ed operativo. Il convoglio non trasporta merci pericolose. La linea ove si è prodotto lo svio congiunge Ferrara a Ravenna: la tratta della linea interessata dall'evento è ad unico binario e si estende tra la Stazione di Montesanto e la Stazione di Portomaggiore: la gestione e la manutenzione della sede ferroviaria è affidata a RFI ed ha come riferimento amministrativo la DTP di Bologna. Il regime di circolazione è regolato da sistema BCA e controllato da DCO. La linea è attrezzata mediante SCMT. Lo svio produce danni di rilievo alla infrastruttura ferroviaria (l'evento è classificato da RFI come “Incidente Significativo”<sup>1</sup> e non come “Incidente Grave”<sup>2</sup>): al binario, agli apparecchiature di binario, alle traverse, alle banchine e alla LTE nella Stazione di Portomaggiore (Fig. 3 e Fig. 4). Al termine della marcia, in Stazione Portomaggiore, il primo carro in composizione al convoglio rimane connesso alla locomotiva ma con assili sviati, mentre risultano completamente distrutti i successivi cinque dei quindici carri pianale vuoti. Nessun danno è causato al personale di Stazione, agli AdC del convoglio ed agli utenti del servizio ferroviario.



*Figura 1 – Stazione di Portomaggiore: la locomotiva E652.062 ed il primo carro pianale vuoto in composizione al treno MIR n. 63887 in stato di fermo a seguito dello svio (Fonte: RFI)*

<sup>1</sup> MIT Decreto 26 giugno 2015.

“Qualsiasi incidente che coinvolge almeno un veicolo ferroviario in movimento e causa almeno un decesso o un ferito grave, oppure danni significativi al materiale rotabile, binari, altri impianti o all'ambiente, oppure una interruzione prolungata del traffico, esclusi incidenti nelle officine, nei magazzini, e nei depositi:

- danno significativo a materiale rotabile, binari, altri impianti o all'ambiente: danni quantificabili in 150000 euro o più;
- interruzione prolungata del traffico: i servizi ferroviari su una linea principale sono sospesi per 6 ore o più;
- lesione grave (persona gravemente ferita): qualsiasi ferito ricoverato in ospedale per più di 24 ore a seguito di un incidente (sono esclusi i tentativi di suicidio).

<sup>2</sup> D. Lgs 162/2007 art. 3 Comma (aa) – e D. Lgs 50/2019 sostitutivo del precedente.

Qualsiasi collisione ferroviaria o deragliamento di treni che causa la morte di almeno una persona o il ferimento grave di cinque o più persone o seri danni al materiale rotabile, all'infrastruttura o all'ambiente e qualsiasi altro incidente analogo avente impatto sulla regolamentazione della sicurezza ferroviaria o sulla gestione della stessa; seri danni il cui costo totale può essere stimato immediatamente dall'organismo investigativo in almeno 2 milioni di euro.



*Figura 2 – Stazione di Portomaggiore: vista dell’ingresso della Stazione e dei primi carri pianale vuoti in composizione al treno MIR n. 63887 coinvolto nell’evento di svio, danni al materiale rotabile (Fonte: RFI)*



*Figura 3 – Stazione di Portomaggiore: uno dei primi cinque carri pianale vuoti in composizione al treno MIR n. 63887 coinvolto nell’evento di svio, danni al materiale rotabile, alle infrastrutture ferroviarie ed alla LTE (Fonte: RFI)*



*Figura 4 – Stazione di Portomaggiore: uno dei primi cinque carri pianale vuoti in composizione al treno MIR n. 63887 coinvolto nell’evento di svio, danni al materiale rotabile, alle infrastrutture ferroviarie e all’ambiente attiguo alla sede ferroviaria (Fonte: RFI)*

## 1.2. Sintesi delle cause e raccomandazioni principali

La causa diretta dello svio è da ipotizzare nell’istaurarsi di irregolari moti di oscillazione verticale e trasversale del quarto assile (“asse n.1”) appartenente al secondo semi-carro del primo carro smt in composizione al convoglio MIR n. 63887, aventi inizio in corrispondenza del FV della Stazione di Montesanto e progressivamente amplificati durante la marcia.

La prima causa indiretta dell'evento è individuabile, con elevata probabilità, nel degrado delle caratteristiche di sostentamento verticale e trasversale (rigidezza e compattazione) della sede ferroviaria (massicciata) incrementato dall'esercizio ferroviario. Tale decadimento strutturale può aver accentuato le caratteristiche geometriche di slineamento verticale delle rotaie binario di corsa nella Stazione di Montesanto durante il transito del treno n. 63887. Più in particolare, il degrado delle caratteristiche geometriche del binario in questa stazione, peraltro segnalate da misure effettuate dai mezzi di diagnostica e da visite in linea da parte del GI, potrebbe essere stato indotto dalle ridotte capacità di smaltimento delle acque piovane, stanziali o risorgive, da parte della massicciata: Quanto esposto può trovare conferma nella presenza di acqua e di fanghiglia argillosa grigia presente nella massicciata ed ai lati della sede ferroviaria (banchine per servizio passeggeri) riscontrata dalla DiGIFeMa. Geologicamente uno strato di fanghiglia argillosa anche di lieve spessore, avrebbe potuto indurre un fenomeno di impermeabilizzazione impedendo la corretta funzionalità di drenaggio. Conseguentemente al transito del convoglio i primi assi avrebbero operato come dispositivi di sovrasollecitazione ("effetto pompaggio") sul binario, liberando la massicciata dall'inquinamento idrico-argilloso, e contemporaneamente modificato le caratteristiche di sostentamento (compattazione e rigidezza verticale della sede ferroviaria). Nell'ambito di questa ipotesi tecnica, gli assi successivi ai primi avrebbero poi subito una eccitazione addizionale ed aperiodica nell'ambito della interazione veicolo-via verticale ed orizzontale imposta da zone del binario a diversa capacità di sostentazione. Si può altresì ipotizzare che tale condizione si interrompa repentinamente durante il transito sul passaggio a raso, posto di fronte al FV della stazione, durante il transito sul deviatoio di uscita dalla stazione ed infine durante il transito sulla struttura stradale del passaggio a livello, procedendo in direzione della Stazione di Portomaggiore. Queste zone singolari avrebbero imposto una interazione verticale ruota-rotaia basata su una rigidezza della fondazione repentinamente maggiore rispetto ad altre zone della sede ferroviaria, comportando una eccitazione aggiuntiva al moto oscillatorio verticale ed orizzontale degli assi. Si noti che la documentazione, relativa alle capacità di misura della Carrozza Diagnostica Talete, evidenzia l'assenza di acquisizioni dello stato strutturale e funzionale della massicciata così come non appare considerata la correlazione difetti geometrici di rotaia e rigidezza verticale della massicciata. L'analisi della documentazione tecnica resa disponibile dal GI non rende evidente un efficace riferimento a problematiche di interazione tra veicolo e via in funzione della variabilità funzionale della massicciata. Conseguentemente questo aspetto, almeno per il caso in esame, pone importanti spunti di ricerca e di verifica, nell'ambito del completamento delle conoscenze del comportamento cinematico e dinamico del sistema veicolo-binario. Allo stato della tecnica nazionale, risulta non esistere la possibilità di una stima automatizzata delle caratteristiche di sostentamento della massicciata mediante mezzi di diagnostica mobile: l'unica soluzione è affidata alla perizia e preparazione degli agenti del GI impegnati nella sorveglianza della sede ferroviaria. Da informazioni fornite alla DiGIFeMa dal GI, la tratta di linea in esame (località Stazione di Montesanto) insiste su un'area di attenzione per quanto riguarda i PAI, mentre risulta essere a pericolosità P2-P3 nell'ambito dei PGRA. Per la sede ferroviaria oggetto di svio, pur essendo classificata PAI e PGRA, si ha evidenza dell'applicazione delle istruzioni e delle procedure del GI che impongono visite in linea ed osservazioni con mezzi d'opera, la compilazione delle parti della "check list" appositamente dedicate alle problematiche del dissesto idrogeologico e l'emissione dei conseguenti OdL. A fronte di tale impegno nella determinazione di non conformità tecniche del binario non risulta evidente una valutazione di commisurata coerenza per le tempistiche di intervento manutentivo.

Inoltre, tecnicamente, poiché lo slineamento del binario può essere anche ricondotto a problemi inerenti alla massicciata, si evidenzia l'opportunità di una verifica della efficacia nel processo di individuazione del decadimento delle caratteristiche di rigidezza verticale della stessa. In tale ambito potrebbe ritrovarsi anche la validità della Nota Ansf emessa dal Settore Ispettorato e Controlli ed indirizzata al GI, in merito alla verifica delle modalità di misura delle caratteristiche

geometriche di binario e di definizione dei relativi limiti. Di fatto le preesistenti irregolarità di binario potrebbero sovrapporsi agli effetti deformativi prodotti, a livello del piano del ferro, da una massicciata degradata, determinando l'amplificazione delle caratteristiche di interazione veicolo-binario descritte come causa diretta.

Il problema della stagnazione dell'acqua e delle difficoltà che si oppongono ad un efficiente drenaggio dalla massicciata è stato affrontato anche da altri GI Europei. Infatti sono in corso di elaborazione processi di ricerca che dovrebbero produrre lo sviluppo di sistemi avanzati di individuazione dei livelli di degrado delle caratteristiche strutturali di sostentamento da parte del binario al transito del rotabile. Ai livelli di degrado possono poi essere correlati livelli di allarme sulla transitabilità [7].

Pertanto come prima causa indiretta, è possibile indicare una carenza nella definizione delle tempistiche di intervento di manutenzione e conseguentemente nella formazione del personale del GI impegnato su tale attività, perché fondamentale nell'attribuzione del livello di rischio di inquinamento idrogeologico della sede ferroviaria anche in funzione delle individuate zone di pericolo (PS).

Lo svio, oggetto della presente relazione, è avvenuto in località Stazione di Montesanto. Con un assile (in ipotesi) marciante sulla massicciata, il treno ha percorso la tratta di binario giungendo in Stazione di Portomaggiore. Durante tale trasferimento la velocità del treno è diminuita di 35 km/h (da circa 90 km/h a circa 55 km/h). La diminuzione di velocità appare non imputabile a resistenze al moto indotte dalla via (livellette, curve), poiché la linea tra le due stazioni è praticamente in piano ed in rettilineo. Assenti sono risultate anche eventuali prescrizioni di rallentamento imposte dal GI. A metà dell'intervallo di tempo utilizzato per percorrere la tratta, la velocità incrementa nuovamente fino a 90 km/h (e tale è rimasta anche in ingresso alla Stazione di Portomaggiore). Le registrazioni di bordo ZTE e DIS indicano che gli AdC non hanno effettuato alcuna azione (almeno così appare dalle informazioni a disposizione della DiGIFeMa) sulla strumentazione di bordo per far riacquisire la velocità iniziale. Anche ipotizzando realizzabile un simile evento in presenza della resistenza all'avanzamento generata da un assile sviato, permane il problema della identificazione della diminuzione di velocità, in immutate condizioni al contorno di trazione e geometria del tracciato, come evento non conforme all'esercizio. Infatti uno sviluppo cinematico di pari natura può indurre ad immaginare problemi di trascinarsi del convoglio. L'attivazione di procedure di controllo dello stato di funzionalità degli organi di rotolamento primario dei rodiggi costituirebbe una logica conseguenza. Sulla base di tali ipotesi il convoglio non avrebbe proseguito fino nella Stazione di Portomaggiore, creando i danni prodotti al materiale rotabile, alla infrastruttura ed alle zone limitrofe alla sede ferroviaria.

Quindi una seconda causa indiretta può essere costituita dalla carenza di formazione al personale di condotta sui possibili eventi che dovrebbero essere controllati nel caso di accadimento di circostanze anomale nelle condizioni di marcia comandate e non modificate, come accaduto in questo caso (velocità in diminuzione senza una motivazione comandata su percorso in rettilineo ed in piano).

Analogie infrastrutturali e di materiale rotabile riscontrate in un evento incidentale simile avvenuto sulla tratta tra la stazione di Galleria Colonna e la Stazione di Zagarolo della Linea Roma-Cassino, pone l'accento su analoghi aspetti tecnici evidenziati nello svio accorso sulla linea Ferrara-Portomaggiore. Il GI, durante gli incontri tecnici, ha evidenziato che il territorio su cui insiste la sede ferroviaria, posta tra la stazione di Galleria Colonna e la Stazione di Zagarolo, non è segnalato nel proprio database come PS soggetto a rischio idrogeologico.

Ne conviene che per tale aspetto, in questo caso, un aggiornamento delle Carte di Rischio Idrogeologico sarebbe opportuno e che comunque torna ad essere valida la causa indiretta definita precedentemente.

D'altra parte è stato evidenziato l'aspetto riguardante l'impossibilità da parte dell'AdC di individuare eventuali problemi di trazione riconducibili a condizioni di marcia di rodiggi con assili

sviati. Risulta allora opportuna la necessità di ipotizzare una assistenza addizionale all'AdC, che possa "sorvegliare" il convoglio durante tutte le fasi del moto. Una possibile soluzione è offerta dalla installazione di dispositivi DDD, per l'utilizzo dei quali in Italia l'IF MIR sta conducendo un progetto di ricerca, che al momento in Europa trova solo pochissimi altri esempi (DB in Germania, SNCF in Francia) e dei quali non è dato conoscere lo stato di avanzamento. In conclusione si deve sottolineare che attualmente sussiste, nell'esecuzione dell'esercizio ferroviario per trasporto merci (e per trasporto passeggeri), l'impossibilità tecnica e tecnologica di fornire un avviso agli AdC dell'avvenuto svio di un assile.

Lo studio documentale, le attività di sopralluogo, l'analisi teorica applicata ai dati disponibili, la definizione della causa diretta, delle cause indirette e delle osservazioni aggiuntive, concorrono ad enunciare le seguenti raccomandazioni:

- **Raccomandazione 1**

Si raccomanda all'Agenzia Nazionale per la Sicurezza delle Ferrovie di considerare l'opportunità che i gestori dell'infrastruttura intraprendano attività di studio e ricerca tese al miglioramento delle modalità e dei dispositivi di valutazione del livello di inquinamento idrogeologico della sede ferroviaria, utili al rafforzamento della sorveglianza nei territori individuati nel proprio database di rischio ed alla verifica dell'efficacia dei provvedimenti correlati alla variabilità delle caratteristiche dell'esercizio ferroviario.

- **Raccomandazione 2**

Si raccomanda all'Agenzia per la Sicurezza delle Ferrovie di adoperarsi affinché i gestori dell'infrastruttura individuino e verifichino periodicamente i territori che, in analogia alla tratta di linea oggetto dello svio, presentano un maggiore rischio idrogeologico e pongano in atto azioni di mitigazione dei fenomeni di degrado delle caratteristiche strutturali e geometriche della sede ferroviaria.

- **Raccomandazione 3**

Si raccomanda all'Agenzia Nazionale per la Sicurezza delle Ferrovie di verificare che i gestori dell'infrastruttura abbiano in essere idonee attività di formazione, audit ed ispezione sul proprio personale, con particolare riferimento alla conoscenza delle istruzioni e delle procedure, da seguire in caso di riscontro di non conformità emerse nel corso delle visite in linea e alla definizione di congruenti tempistiche per l'attivazione delle soluzioni manutentive.

- **Raccomandazione 4**

Si raccomanda all'Agenzia Nazionale per la Sicurezza delle Ferrovie di verificare che le imprese ferroviarie mettano in atto idonee attività di formazione, mantenimento delle competenze e verifica della corretta esecuzione dei compiti per il personale di condotta, richiamando l'attenzione su procedure da porre in atto in caso di non coerente comportamento del rotabile rispetto alle condizioni di marcia preimpostate, per cause non immediatamente evidenziabili dalla strumentazione di bordo (ad esempio, prolungata diminuzione della velocità di un rotabile in assenza di convenzionali resistenze al moto di livelletta o di curva).

- **Raccomandazione 5**

Si raccomanda all'Agenzia per la Sicurezza delle Ferrovie di monitorare le sperimentazioni sui Derailment Detection Devices (DDD) tuttora in atto e, in caso di esiti positivi anche in considerazione dell'evoluzione tecnologica, di valutare, insieme a DiGIFeMa, l'opportunità di riproporne nelle sedi internazionali l'adozione sui veicoli ferroviari.

## **2. Fatti in immediata relazione all'evento**

### **2.1. Evento**

#### *2.1.1. Descrizione degli eventi e del sito dell'incidente*

Il giorno 2 luglio 2018, il treno n. 63887, esegue il trasferimento da Tarvisio Bosco Verde (Udine) verso Fossacesia (Chieti). Il convoglio è composto di 15 carri pianale vuoti serie Laadrs, per una massa totale di 427 t, avente peso frenato pari al 94%, rango A e velocità massima 100 km/h. Il convoglio è trainato da una locomotiva E652.062 e l'IF titolare del servizio e responsabile della trazione è MIR. Il convoglio non trasporta merci pericolose.

Alle ore 5:44 circa, il DCO della linea Ferrara – Ravenna, comandata e controllata dal GI RFI predispone l'itinerario di libero transito sul Binario II della Stazione di Portomaggiore. Alle ore 5:48 circa, con segnale disposto a via libera, il convoglio occupa il segnale di protezione S1 e nel percorrere l'itinerario di transito si arresta per ribaltamento di alcuni carri in composizione. La locomotiva E652.062 supera il deviatoio 3B ed arresta la sua corsa sullo stazionamento (cdb II) della Stazione di Portomaggiore, avendo ancora al traino e sviato il primo carro. Dei successivi 5 carri in composizione, alcuni risultano sviati altri ribaltati ed accatastati sul Binario II. Un ultimo carro ferma la corsa in un giardino limitrofo alla sede ferroviaria. I rimanenti 9 carri rimangono posizionati correttamente sul binario.

La circolazione dei treni viene interrotta nell'ambito della Stazione di Portomaggiore da e per tutte le destinazioni. Il DCC di giurisdizione avvisa il DCCM di Bologna che procede ad estendere gli avvisi alle strutture interessate.

La circolazione sulla linea Ferrara — Ravenna rimane interrotta da Ferrara ad Argenta. Su tale tratta è attivato il “servizio-auto” sostitutivo; risultano interrotti anche gli arrivi e le partenze verso la linea FER, tratta Portomaggiore-Bologna.

Nella Stazione di Portomaggiore gli Agenti del GI costatano significativi danni all'infrastruttura: in particolare alcuni pali della TE appaiono divelti dalla loro sede ed altri piegati; la catenaria di alimentazione elettrica della trazione risulta aver assunto una geometria non più conforme mentre tre deviatori (1B, 3B e 5B) sono seriamente danneggiati. Lo svio ha prodotto danni anche alle banchine centrale e laterale (parzialmente) ed alle apparecchiature di comando e controllo degli instradamenti. L'analisi delle tracce di svio, effettuata sul binario in ingresso alla Stazione di Portomaggiore, induce gli Agenti del GI ad accertare danni al deviatoio di uscita dalla Stazione di Montesanto e quindi ad individuare in questa stazione la progressiva di inizio dello svio.

Per quanto descritto nei RI emessi dal GI, nell'intervallo di tempo in cui si è sviluppato lo svio, non sono in corso lavorazioni sulla sede ferroviaria e non risultano imposti comandi di rallentamento o di modifica del piano di transito dei convogli sulla tratta di linea interessata dall'evento.

I tecnici del GI, a seguito della visita ispettiva sulla tratta di linea che attraversa la Stazione di Montesanto, stimano il punto di inizio dello svio in prossimità della progressiva relativa al FV (km 17+000 circa). Ad iniziare da tale progressiva, sono riscontrabili tracce di urti delle ruote di un assile su dispositivi di collegamento delle rotaie (attacchi e chiavarde), sulle traverse e sulla massicciata del binario di corsa. Nella Stazione di Montesanto e nella Stazione di Portomaggiore, il rodiggio sviato danneggia in sequenza il deviatoio di uscita smt dalla prima, circa 6000 metri di binario (traverse, massicciata, dispositivi di collegamento delle rotaie alle traverse), i deviatori 1B, 3B e 5B e le banchine poste tra il Binario II, il Binario III e in adiacenza all'FV della seconda stazione. L'impatto dell'assile sviato contro l'equipaggio mobile del deviatoio 1B determina l'inizio dello svio degli altri carri (dal secondo al sesto smt, dei quali il secondo sradica un palo della TE ritrovato incastrato nel proprio telaio). I carri dal settimo al quindicesimo in composizione al convoglio restano correttamente sul binario non interessati dalla cinematica dei primi sei carri. L'ultimo carro in composizione risulta mancante della lanterna rossa di segnalamento protezione della coda del treno, poi rinvenuta sulla sede ferroviaria in Stazione di Montesanto.

### *2.1.2. Decisione di aprire l'indagine, composizione della squadra investigativa e svolgimento della stessa*

La DiGiFeMa ha incaricato un Investigatore per l'accertamento delle cause dell'incidente. Lo svio di rotabili ferroviari è argomento estremamente complesso che impegna conoscenze ed analisi delle caratteristiche costruttive della infrastruttura ferroviaria (binario), del materiale rotabile e dell'esercizio. L'interesse della DiGiFeMa per questo caso specifico risiede nella necessità di investigare sulle cause che possono condurre ad un susseguirsi di eventi tali da coinvolgere, danneggiando grandi estensioni di linea ferroviaria, apparecchi di binario, dispositivi della alimentazione della trazione e materiale rotabile motore e materiale rotabile trainato. Quindi l'analisi del problema, considerata sotto il profilo del sistema ferroviario, coinvolge anche il comportamento del binario durante il transito di materiale rotabile, onde ricercare cause tecnico-normative di impulso alla genesi dell'evento. L'investigatore incaricato dalla DiGiFeMa ha sviluppato l'analisi delle informazioni desunte da documenti ufficiali indicati dal GI, dalla IF e dal Detentore del materiale rotabile trainato. Verifiche ed osservazioni allo stato strutturale e funzionale del sistema veicolo-via sono state condotte sulla tratta tra la Stazione di Montesanto e la Stazione di Portomaggiore e più specificamente sulla sede ferroviaria appartenente alle due stazioni. Il materiale rotabile trainato e non coinvolto nello svio è stato oggetto di ispezione nella Stazione di Ferrara (Deposito Materiale Rotabile) mentre una visita tecnica alla locomotiva E652.062 ed al primo carro in composizione al convoglio è avvenuta in Stazione di Ravenna (Deposito Materiale Rotabile). Tali ispezioni, richieste con comunicazioni ufficiali dalla DiGiFeMa alla Procura della Repubblica di Ferrara, sulla base dell'Accordo Quadro stipulato tra Organismo Investigativo dello Stato e Autorità Giudiziarie Nazionali, sono state autorizzate dall'Ufficio di Magistratura Competente, concordate e coordinate con l'ausilio e professionalità degli Agenti afferenti al Comando PolFer di Ferrara e al Comando PolFer di Ravenna.

Le ispezioni ed i sopralluoghi, utili al reperimento di informazioni ed evidenze necessarie per acquisire conoscenza sull'evento incidentale, sono stati pianificati in attività di indagine.

- *Attività in data giovedì 29 agosto 2018*

Sopralluogo alla sede ferroviaria della linea Ferrara-Ravenna in località Stazione di Montesanto ed ispezione tecnica al materiale rotabile trainato coinvolto direttamente dall'evento di svio (5 carri), mantenuti in stato di sequestro giudiziario presso la Stazione di Portomaggiore; prima visita al materiale rotabile non interessato dagli eventi di svio (9 carri) garato presso il Deposito Materiale Rotabile della Stazione di Ferrara ed anch'esso in stato di sequestro giudiziario.

- *Attività in data venerdì 30 agosto 2018*

Ispezione alla locomotiva E652.062 ed al primo carro in composizione al treno MIR n.63887, entrambi in stato di sequestro giudiziario presso il Deposito Materiale Rotabile della Stazione di Ravenna e seconda visita al materiale rotabile non coinvolto dall'evento di svio (9 carri) presso il Deposito Materiale Rotabile di Ferrara.

- *Attività in data mercoledì 6 febbraio 2019*

In data 6 febbraio 2019 è stata condotta dalla DiGiFeMa l'audizione dei rappresentanti del costruttore TW dei carri Laadrs in composizione al treno MIR n.63887. L'incontro tecnico è stato richiesto dai tecnici TW per esporre le loro ipotesi di sviluppo dell'evento di svio e considerazioni in merito allo stato funzionale ed operativo del proprio materiale rotabile trainato. Durante la riunione sono stati descritti e mostrati riscontri sperimentali (misure su parti del rodiggio dei carri) effettuati dalla società tedesca con l'autorizzazione della Autorità Giudiziaria Competente. Le ipotesi tecniche espresse dai rappresentanti TW, per le evidenze riscontrate durante le ispezioni all'infrastruttura ed al materiale rotabile, risultano in coerenza con quanto appurato dalla DiGiFeMa durante i propri sopralluoghi.

- *Attività in data martedì 12 novembre 2019*

In data 12 novembre 2019, DiGIFeMa ha incontrato i rappresentanti ed il Presidente della Commissione di Indagine del GI, della DT e della DSR oltre agli esperti del settore infrastruttura. DiGIFeMa ha proposto come argomenti di discussione i seguenti temi:

- Discussione sulla verifica delle funzionalità idrogeologiche del sedime ferroviario: test di corretta evacuazione delle piogge da parte nella massicciata.

Il GI ha esposto le modalità e le procedure che pone in essere per il controllo del problema e fissato da direttive interne afferenti all'SGS. Gli incontri tecnici con la DiGIFeMa hanno condotto a verificare che la tratta di linea oggetto di svio è presente nel database del GI come "punto a potenziale rischio idrogeologico" (PS). Dalla discussione con gli esperti del GI emerge che al momento, in merito a tale aspetto, non è possibile applicare processi diversi dalle visite in linea per una valutazione del problema, i cui risultati siano correlabili con le informazioni desunte da rilievi da parte di mezzi diagnostici e con quelle contenute nel database delle aree identificate come a rischio idrogeologico. Il GI ha sottolineato che le procedure di rilievo dei mezzi di diagnostica della geometria del binario non forniscono risultanze sullo stato strutturale ed operativo della massicciata (rigidezza verticale): nel caso dello svio occorso in Montesanto, questo aspetto risulterebbe essere fondamentale. Riguardo a tale aspetto il GI ha sottolineato che la Normativa Europea vigente non fornisce indicazioni: tuttavia e conseguentemente rimane necessario porre una maggiore attenzione allo stato strutturale ed operativo della massicciata mediante visite ispettive.

- Discussione sulla verifica delle estensioni (misurate in km) di binario degradati, a causa di svii non immediatamente rilevati da AdC: stima da parte del GI.

Il GI ha affermato che tale informazione è stata oggetto di analisi e di valutazione interna alla Azienda ma alla data di emissione della Relazione di Indagine, DiGIFeMa non ha ricevuto dati in merito.

- Discussione in merito alla "composizione delle tolleranze di sistema veicolo-binario".

In merito a tale argomento, il GI ha sollevato ipotesi di possibili revisioni e di studi in relazione alla eventualità che funzionalità delle tolleranze geometriche e funzionali dell'armamento ferroviario possano "combinarsi" sfavorevolmente con le relative caratteristiche operative del veicolo, generando eventi incidentali. Il tema, non discusso in maniera esaustiva, probabilmente avrebbe necessità di un opportuno tavolo di confronto che impegni lo stesso GI, le IF ed ANSF.

- Richiesta: evidenza di attività di ispezione alla sede ferroviaria, di monitoraggio e di misura della geometria di binario operata dal GI negli anni precedenti al 2018 sulla tratta di linea comprendente la Stazione di Montesanto;

Nello stesso periodo stagionale degli anni 2016 e 2017, il GI ha avuto necessità di azioni di manutenzione per slineamento e perdita della caratteristica di sghembo nella stessa tratta. Pertanto tale richiesta di informazioni potrebbe costituire un indice di ripetibilità di fenomeni di degrado geologico dei terreni limitrofi alla sede ferroviaria generante non conformità nella geometria del binario. Le informazioni sono state fornite alla DiGIFeMa.

- Richiesta: evidenza di dati o tracciati di ultimo rilievo della geometria di binario operata da materiale rotabile di diagnostica nel periodo del 2018 in riferimento alla data di accadimento dello svio, nella tratta di linea comprendente la Stazione di Montesanto.

Il GI ha fornito a DiGIFeMa le informazioni richieste. DiGIFeMa ha ricevuto informazioni sulle modalità di misura e di ricoloritura e interpretazione dei dati rilevati dalla Carrozza Diagnostica Talete. Dalla documentazione tecnica appare chiaro che il sistema di monitoraggio e dello stato funzionale della struttura del binario, sebbene attivato in base alle indicazioni della normativa TSI, EN e Nazionale, non indica criticità geometriche del piano del ferro riconducibili al degrado della massicciata. Ne consegue che, al momento l'unica procedura adeguata di

monitoraggio della sede ferroviaria è costituita dalla ispezione in linea (regolata peraltro da specifiche istruzioni presenti nell'SGS del GI).

- Richiesta: evidenza di normative (disposizioni, procedure e istruzioni) recepite dal GI nel proprio SGS e emesse da ANSF in merito al problema del controllo idrogeologico nell'intorno (zone limitrofe) della sede ferroviaria.

Il GI ha assicurato DiGIFeMa sulla presenza nell'SGS di procedure e di istruzioni già consolidate e poste in atto con il fine di mitigare problemi di inquinamento idrogeologico della sede ferroviaria. DiGIFeMa ha ricevuto la documentazione relativa alle procedure in merito al correlato intervento. Dalla discussione sulla documentazione in esame è apparsa una discrasia tra processi di individuazione del livello di gravità del problema mediante visite ispettive e tempistiche di intervento, definite nell'SGS del GI. Altresì è risultato necessario un consolidamento delle indicazioni di verifica della sede ferroviaria, effettuabile mediante adatta formazione del personale ed un aggiornamento del database dei territori evidenziati problematiche di dissesto idrogeologico e sede di linee ferroviarie.

- Richiesta: evidenza degli eventi incidentali della stessa tipologia o riconosciuti tali dal GI.

Il GI ha informato DiGIFeMa che, ad esclusione dei due eventi di svio accaduti in località Rapallo (Genova, 25 ottobre 2018) e in località Zagarolo (Roma, 24 marzo 2019), non sono presenti eventi simili per genesi dell'accadimento e per tipologia di materiale rotabile coinvolto. Infine la Commissione di Indagine del GI non ha esplicitato i termini temporali entro i quali possa dare seguito alla emissione della Relazione Tecnica, motivando le tempistiche sulla base della conduzione contemporanea dei tre approfondimenti richiesti da ANSF con Nota emessa dal Settore Ispettorato e Controlli, su altrettanti eventi di svio.

- Richiesta: verifica della esistenza o del recepimento della normativa UE pertinente da parte del GI per l'esercizio di trasporto con l'ausilio di detettori di svio (DDD).

A tale proposito, è stata discussa l'indicazione della IF, coinvolta nell'evento di svio, a formare un tavolo di confronto sull'argomento. DiGIFeMa ha richiesto al GI la possibilità di una partecipazione attiva alla dibattito tecnico, con proposte ed ipotesi di lavoro che siano di ausilio per un eventuale ed auspicabile incremento della sicurezza dell'esercizio ferroviario. Tale proposta è stata accolta positivamente da parte del GI, che tuttavia si è riservata di approfondire il problema preventivamente all'interno della propria società, nel rispetto delle indicazioni fornite nella documentazione di indirizzo specifico della Commissione Europea e dell'OTIF.

Ai sensi dell'art. 2, comma 2, del decreto legislativo 10 agosto 2007, n. 162, ora sostituito dall'art. 22 del D. Lgs. n. 50 del 14 maggio 2019, pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana n. 134 del 10 giugno 2019 ed entrato in vigore in data 16 giugno 2019, l'Investigatore Incaricato dalla DiGIFeMa, al fine di acquisire pareri, opinioni ed osservazioni sull'indagine, ha incontrato i rappresentanti dell'ANSF in data 30/01/2020 e dell'IF e del GI in data 31/01/2020.

## 2.2. Circostanze dell'evento

### 2.2.1. Personale coinvolto

Nello sviluppo dell'evento risultano coinvolti, perché nell'esercizio delle proprie funzioni, gli AdC della locomotiva E652.062, a cui è stato affidato il compito del trasferimento del convoglio MIR n. 63887, dalla Stazione di Tarvisio Bosco Verde (Udine) alla Stazione di Fossacesia (Chieti). I due AdC non hanno subito lesioni a causa dell'evento di svio.

### 2.2.2. Treni e relativa composizione

La locomotiva della serie E652 (Fig. 5) a trazione elettrica è costruita verso la fine degli anni ottanta per le FSI, nell'ottica di un miglioramento delle caratteristiche di trazione e di affidabilità della E632. La E652, analogamente alle E633/E632, è una locomotiva a cassa unica ed ha tre carrelli, dotati di sospensione a molle elicoidali, recanti ciascuno un motore di trazione a corrente continua della serie T910, versione evoluta dei T850A, utilizzati preliminarmente in via sperimentale. Un

motore T910 sviluppa una potenza di circa 2 MW. L'alimentazione e l'azionamento della trazione è assicurato da sei serie di chopper, operativi in coppia per una tensione massima di 2.2 kV. Alcuni dispositivi del complessivo di comando e controllo della trazione, nel corso degli anni, sono stati modificati e, in alcune funzionalità, ridondati. In questa locomotiva viene abbandonato il controllo della trazione a relè, sostituito integralmente da schede elettroniche, la cui architettura permette operazioni di diagnostica e di registrazione degli eventi di bordo. La locomotiva E652 può essere impiegata per trazione, in multipla composizione oppure per comando remoto in composizione con semi-pilota. Le modifiche rispetto alle locomotive delle serie precedenti coinvolgono anche il sistema di compressione dell'aria e di captazione della corrente. In questo ultimo caso è scelto il pantografo della serie 52/92 FS a strisciante piano ed alette aerodinamiche. Le modifiche a livello di complessivi di trazione e di dispositivi di azionamento hanno indotto alla modifica della postazione di guida e del banco di manovra che è stato reso più attuale all'impiego di nuovi dispositivi e maggiormente confortevole per l'AdC. Infine il sistema di frenatura integra il classico complessivo elettromagnetico con un sistema pneumatico a dischi ed a ceppi. La velocità massima, pari a 160 km/h iniziali, negli ultimi anni, è stata limitata a 120 km/h. Non sono note alla DiGiFeMa informazioni sulla vita di servizio della locomotiva E652.062 così come risultano assenti dalla analisi le indicazioni circa il rispetto delle visite manutentive.

Il materiale trainato (Fig. 6) è costituito da carri serie Laadrs (due moduli, i semi-carri, ciascuno a 2 assili). Questi rotabili, aventi come Detentore e Soggetto Responsabile della Manutenzione TW GmbH e TW AG, risultano essere omologati ed entrati in servizio per il primo trasferimento a febbraio 2018, in conformità alle TSI WAG e TSI NOI, con marcatura TEN GE. Costruttivamente ogni carro completo è definito da una massa a tara di 28.7 t, lunghezza tra i respingenti variabile tra i 27 m ed i 32 m circa.

I carri Laadrs in composizione al treno MIR n. 63887 sono stati verificati tecnicamente dall'Autorità Competente della Repubblica Ceca (Výzkumný Ústav Železniční, Novodvorská 1698, 141 02 Praga) ed autorizzati all'esercizio dall'EBA (Eisenbahn-Bundesamt, 53135 Bonn, Germania): VMS-Number 3377575 - EIN-Number DE5320180002.

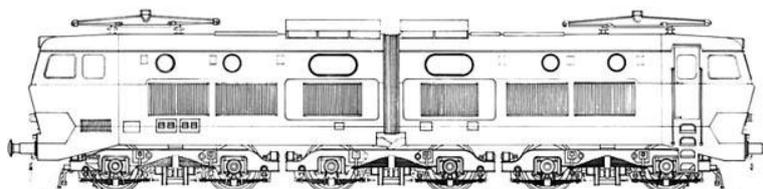


Figura 5 – Locomotiva FS del Gruppo E652 (Fonte: Cifi, Archivio Biblioteca)

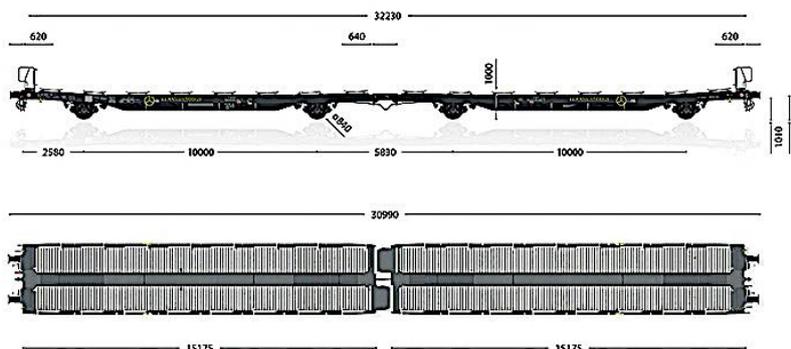


Figura 6 – Un esemplare di carro Laadrs composto da due semi-carri ed adibito al trasporto di autovetture utilizzato in composizione al treno MIR n. 63887 (Fonte: Brochure TW)

### 2.2.3. *Infrastruttura e sistema di segnalamento*

La sede ferroviaria della linea Ferrara-Ravenna, nella tratta tra la Stazione di Montesanto e la Stazione di Portomaggiore, è costituita mediante struttura classica: dal piano di riferimento, l'armamento ferroviario prevede massicciata, traverse in legno o in cap, dispositivi di collegamento (attacchi elastici indiretti) delle rotaie sulle traverse e rotaie. La Stazione di Montesanto svolge anche funzione di nodo di incrocio per treni provenienti da itinerari opposti: in stazione è presente quindi un binario di sosta nella immediatezza del FV ed uno di corsa situato all'esterno del primo, dotato anch'esso di banchina adibita al servizio passeggeri. Le caratteristiche della massicciata devono rispondere a quanto espresso nella specifica tecnica del GI, RFI DTC SICS GE SP IFS 002 A. Il documento descrive i requisiti geometrici del pietrisco (granulometria, forma delle "particelle", resistenza alla frammentazione "Los Angeles", durabilità, massa volumetrica, coefficiente di assorbimento dell'acqua) e focalizza l'attenzione anche sui test di verifica delle caratteristiche enunciate. In generale l'altezza di posa della massicciata varia tra i 0.25 m ed i 0.30 m considerando come limite in altezza la superficie superiore della traversa, che non deve essere ricoperta. Le traverse, annegate nella massicciata sono in cap e rispondono ai requisiti proposti nella specifica tecnica RFI TCAR SF AR 03 002 E. Il documento espone le caratteristiche che le traverse utilizzate da RFI devono soddisfare per essere autorizzate alla posa in esercizio (qualità dei materiali, delle armature in acciaio, sulla sede di applicazione del dispositivo di collegamento delle rotaie, sul processo di fabbricazione) e, come per la massicciata, pone l'attenzione anche sui test ed i controlli di accettazione per una produzione di serie. Il collegamento delle rotaie alle traverse avviene mediante dispositivi caratterizzati in base alla specifica tecnica del GI, RFI TCAR SF AR 05 010 C. Il documento definisce i requisiti dei dispositivi in termini delle prestazioni attese (forma, tolleranze, processo di fabbricazione, verifica delle caratteristiche elastiche delle molle, controllo della rigidezza statica secante delle piastre sotto-rotaia). La parte finale del documento è dedicata alle prove di omologazione del prodotto, alla dichiarazione di conformità, alle prove di laboratorio, alla sperimentazione in linea, prima dell'ottenimento dell'attestato di omologazione. Le rotaie installate a costituire il binario rispondono ai requisiti dimensionali e strutturali definiti nella Normativa europea EN 13674-1/2017. Il documento espone le caratteristiche delle rotaie ferroviarie tipo Vignole da 46 kg/m di massa lineare e maggiori, ad uso di tracciati percorsi da veicoli in utilizzo di binari ferroviari convenzionali e ad alta velocità. Il documento specifica nove tipi di acciaio perlitico che comprendono un intervallo di durezza compreso tra 200 HBW e 440 HBW e che sono refrattari al calore, acciai non legati trattati, acciai non trattati termicamente e acciai non legati trattati termicamente e leghe trattate termicamente, applicabili a 23 profili di rotaia ferroviaria. Nella Stazione di Montesanto sono installate rotaie tipo 60E1, posate con inclinazione verticale di 1/20. Ivi, circa in corrispondenza alla linea d'asse del FV, è stata individuata la progressiva di inizio dello svio (punto di sormonto). Nella stessa località, a lieve distanza da tale progressiva è stata rinvenuta una lanterna rossa di segnalamento e protezione della coda del convoglio MIR n.63887. L'investigatore Incaricato DiGiFeMa, ripercorrendo a ritroso la linea ad iniziare dalla progressiva ipotizzata come punto di inizio dello svio, ha rilevato che il binario (rotaie e dispositivi di collegamento alle traverse) sono stati ripristinati dal GI per l'esercizio. Tuttavia sono state evidenziate marcature dovute agli impatti delle ruote sviate su alcune traverse. In corrispondenza del FV, le banchine di servizio passeggeri sono risultate ancora cospare, in modo consistente, da tracce di fanghiglia grigia e pietrisco, appartenete al binario di corsa. Per quanto evidenziato nella ispezione, è possibile ipotizzare come causa cinematica dell'evento di svio l'istaurarsi di un moto di serpeggio trasversale e di oscillazione verticale dei rotabili. L'eccitazione al moto instabile dei rotabili è fornita dall'iniziale stato di probabile irregolarità nell'allineamento verticale. Questa caratteristica geometrica, sebbene contenuta nei limiti di accettazione, può validamente essere considerata come amplificata dallo stato funzionale della massicciata che, in diverse zone del binario inquinata da acqua ed argilla, ha reagito verticalmente con rigidezza variabile alle sollecitazioni imposte dagli assili del materiale rotabile. La variabilità avrebbe indotto

nei rodiggi del convoglio in transito una cinematica oscillatoria in direzione verticale generando, anche per “effetto pompaggio”, perdita progressiva di compattazione della massicciata in direzione trasversale e longitudinale nell’intorno delle traverse. Il fenomeno poi si sarebbe concretizzato nel contemporaneo ed amplificato slineamento del binario. Infine l’amplificazione del moto di oscillazione instabile del materiale rimorchiato troverebbe conferma nel distacco della lanterna rossa di protezione della coda del convoglio dall’ultimo dei carri in composizione.

#### 2.2.4. *Lavori svolti presso il sito dell’evento*

Le informazioni fornite alla DiGIFeMa evidenziano lo studio dei livelli di dissesto idrogeologico condotti dal GI ed il loro recepimento, in termini di applicazione delle indicazioni contenute nelle procedure e nelle istruzioni dell’SGS relative alle attività di sorveglianza ispettiva (visite in linea), alle modalità di monitoraggio ed alle conseguenti azioni di mitigazione delle non conformità per casi identificati di inquinamento della sede ferroviaria. La tratta di linea oggetto dello svio è identificata come PS “a potenziale inquinamento idrico”. Tale notazione insieme ad una visita ispettiva le cui risultanze evidenzino problematiche effettive di inquinamento idrogeologico, conduce il GI a velocizzare le operazioni di ripristino e ad intensificare il monitoraggio dello stato strutturale e funzionale del binario ed eventualmente a valutare azioni restrittive all’esercizio.

Le informazioni rese a DiGIFeMa dal GI attestano che la linea Ferrara-Ravenna, tratta Montesanto-Portomaggiore il giorno 29 maggio 2018 è stata oggetto di misura dei parametri geometrici del binario da parte della Carrozza Diagnostica “Talete”. In relazione all’evento di svio, RFI ha informato DiGIFeMa in merito alle attività di manutenzione ordinaria eseguite nel periodo 14 giugno 2017 – 02 luglio 2018, nella tratta tra le progressive km 16+00 e km 24+000 della linea Ferrara-Ravenna. Nel periodo in esame è stata eseguita anche attività manutentiva di tipo straordinario mediante ditta appaltatrice. Si noti che (Fig. 7, Fig. 8 e Fig. 9) dalle informazioni rilasciate alla DiGIFeMa dal GI, emergono attività di lavorazione sulla sede ferroviaria su condizione in programmazione nel 2017, attestanti la conoscenza da parte del GI dell’esistenza di non conformità alla geometria del binario in quella tratta di linea.

Nel caso in cui l’OdL sia legato ad avvisi relativi a difetti di geometria del binario (di tipo I1: avarie in atto; di tipo I2: da eliminare in 30 giorni; di tipo V3-V4: da eliminare in periodi variabili fino a 9 mesi in quanto connessi all’indice di qualità della linea) segnalati dalla diagnostica, il numero di avviso viene riportato all’interno dello stesso OdL.

La classificazione dell’OdL identifica la tipologia manutentiva:

- Tipo 100: manutenzione correttiva (legata a segnalazioni di guasto);
- Tipo 211: manutenzione ciclica – visite ed ispezioni (attività con cadenza periodica);
- Tipo 212: manutenzione secondo condizione – ispezioni;
- Tipo 222: manutenzione secondo condizione – diagnostica all’elenco dei lavori effettuati sulla traccia percorsa da convoglio sviato, terminati nei giorni immediatamente precedenti o ancora in esecuzione durante il giorno del sinistro.

Le informazioni desunte dagli estratti degli OdL (da Fig. 10 a Fig. 13) descrivono la programmazione e le tempistiche delle attività di manutenzione da sviluppare sulla sede ferroviaria, nella tratta di linea Ferrara-Portomaggiore, che in base agli studi descritti nei riferimenti bibliografici ([1], [2]) fanno parte del consueto iter di gestione della manutenzione di un binario. L’ultimo OdL (Fig. 14) si riferisce, per ovvie motivazioni, al ripristino della sede ferroviaria in Stazione di Portomaggiore a seguito dello svio.

Una attenzione particolare è richiamata dai contenuti degli OdL e dalla “check list” relativa alla valutazione (visita in linea su mezzo) dello stato strutturale e funzionale del binario. In seguito ai risultati derivati dalle misure della geometria del binario effettuate della Carrozza Diagnostica Talete e avvenute in data 29 maggio 2018 (Fig. 10), sono emessi il 5 giugno 2018 gli OdL (Fig. 11, Fig. 12, Fig. 13) recanti livello di “priorità: programmabile con urgenza” e come operazione da attuare nel primo caso “manutenzione armamento” per la tratta Montesanto-Portomaggiore, nel

secondo caso “manutenzione armamento” nella tratta di binario appartenete alla Stazione di Montesanto ed infine nel terzo caso, “livellamento con mezzo meccanico”. Tali OdL appaiono contestuali al recepimento delle risultanze delle ispezioni in linea e testimoniate dalla compilazione (effettuata in data 6 giugno 2018) della “check list” di riferimento (Fig. 15). Da questo documento è tracciato il rilievo di non conformità per inquinamento idrico-argilloso della sede ferroviaria sulla tratta di linea tra la Stazione di Portomaggiore ed il Bivio Rivana.

Op.	SOP	C. lav.	Div.	Ch. l.	Ch. test	S.	Oper. testo breve	TE	N.	Dur.	UM Lavoro	UM TdA	F.	Co.	Me.	Ot. in. a. p.	Ot. in. a. m.	Ot. fine a. p.	Ot. fine a. m.	ILV	P.	Pto. in.	
0010		LV09	BOM3	PH01		T	montaggio e attivaz. rail. bin. di corsa	1		7,6H	38,0H	MSKNSP	1			22.06.2017 00:00:00	22.06.2017 24:00:00						
0020		RS	B000	PH01		I	Risanamento della massicciata	1		0,0H	0,0H		1			22.06.2017 24:00:00	22.06.2017 24:00:00						
0028	0020	LV09	BOM3	PH01		I	Risanamento massicciata bin. di corsa	1		7,6H	76,0H	MSKNSP	1			22.06.2017 24:00:00	22.06.2017 24:00:00						
0030		LV09	BOM3	PH01			Cessazione rallentamento	7		5,5H	38,5H	MSKNSP	1			24.07.2017 00:00:00	28.07.2017 00:00:00						

Figura 7 – Riepilogo delle lavorazioni svolte sul binario nel giugno 2017, estratto OdL in località Montesanto di risanamento della massicciata generale e di quella relativa al binario di corsa a cui è seguita l’attivazione di Ordine di Rallentamento (Fonte: RFI)

**Visualizzare Preventiva-Secondo Condizione-Diagnostica 71594616: testat**

Ordine: 222 594616 GAIBANELLA-MONTESANTO sghembo 3m(16.45...)

St. s.: CONC CNP CALP DMNC KOMP RSCO

**Pers. respons.**

GrRespPian: / B060 Avviso: 109111200

CLavResp: LV09 / BOM3 BO-UTRO-UMLV3... Tp. att. PM: [ ]

St. imp.: [ ]

**Date**

In. card: 14.06.2017 Priorità: Procrastinabile

Fine card: 14.06.2017

**Oggetto di riferimento**

Sede tecn.: TR4823-BC-BC01 BINARIO UNICO GAIBANELLA- MON...

Equipment: [ ]

**Prima operazione**

Operazione: GAIBANELLA-MONTESANTO sghembo 3m(16.45... CCalc: Calcolo lavoro

CLav/div: LV09 / BOM3 Ch. contr: PH01 Tipo att: MSKNSP [ ] MAP

Vol. lav.: 8,0 H Numero: 2 Dur. oper.: 4,9 H [ ] Demo

Figura 8 – Data 14 giugno 2017, estratto OdL su tratta Gaibanella-Montesanto per avviso di non conformità del binario Tipo 222 – manutenzione secondo condizione per correzione sghembo su base 3 m (Fonte: RFI)

**Visualizzare Manutenzione Correttiva 71637877: testata centrale**

Ordine: 166 / 637877 GAIBANELLA-MONTESANTO riduz. velocita  
 St s: CONC COMP CALP DMNC KOMP RSCD

**Dati test.** Operazioni Componenti Costi Oggetti Dati suppl. Ubicazione Pianif. Controllo Ampliamento

**Pers. respons.**  
 GrRespPlan: / B000 Avviso: 11772246  
 CLavResp: LVU9 / B0M3 BO-UTRO-UMLV3... Tp att PM: ST imp:

**Date**  
 In card: 31.07.2017 Priorità: Programmabile Urgen.  
 Fine card: 31.07.2017

**Oggetto di riferimento**  
 Sede tecn.: TR4023-BC-BC61-MAS-M61 SEGM. DI MASS.  
 Equipment:

**Prima operazione**  
 Operazione: GAIBANELLA-MONTESANTO riduz. velocita CCalc: Calcolo lavoro  
 CLav/div: LVU9 / B0M3 Ch.contr: PM61 Tipo att.: NNONSP  
 Vol.lav.: 15,0 H Numero: 3 Dur.oper.: 5,0 H

Figura 9 – Data 31 luglio 2017, estratto OdL su tratta Gaibanella-Montesanto per avviso di non conformità del binario Tipo 100 – manutenzione correttiva in relazione a segnalazioni di guasto, avente carattere di urgenza ed indicante riduzione di velocità (Fonte: RFI)

**Visualizzare Preventiva-SecondoCondizione-Diagnostica 72223693: testat**

Ordine: 222 / 223693 DIA ARM TALETE01-Allineam - Livell bin.  
 St s: TECC COMP CALP DMNC EDCO KOMP RSCD

**Dati test.** Operazioni Componenti Costi Oggetti Dati suppl. Ubicazione Pianif. Controllo Ampliamento

**Pers. respons.**  
 GrRespPlan: / B000 Avviso: 109129178  
 CLavResp: LVU9 / B0M3 BO-UTRO-UMLV3... Tp att PM: ST imp:

**Date**  
 In card: 29.05.2018 Priorità: Procrastinabile  
 Fine card: 29.05.2018

**Oggetto di riferimento**  
 Sede tecn.: L02282-BC-BC61 BINARIO UNICO  
 Equipment:

**Prima operazione**  
 Operazione: Livellamento con mezzi meccanici CCalc: Agg. manuale  
 CLav/div: ES / B000 Ch.contr: PM61 Tipo att.:  
 Vol.lav.: 0,0 H Numero: 0 Dur.oper.: 3,5 H

Figura 10 – Data 29 maggio 2018, estratto OdL su tratta Ferrara-Portomaggiore per diagnostica armamento su transito di rotabile di misura allineamento e livello binario, OdL tipo 222 con priorità “procrastinabile” (Fonte: RFI)

Ordine 222 223924 MONTES -PORTOMAG:Manute. arm (Ddm69519)

St s TECC COMP CALP KOMP RSCO

Dati test Operazioni Componenti Costi Oggetti Dati suppl. Ubicazione Pianif. Controllo Ampliamento

Pers. respons.  
 GrRespPian / BOGG Avviso 70138484  
 CLavResp LVUR / BOM3 BO-UTRO-UMLV3... Tp att PM  
 St. imp.

Date  
 In. card. 05.06.2018 Priorità Programmabile Urgen.  
 Fine card. 01.03.2019

Oggetto di riferimento  
 Sede tecn. TR4024-BC-BC01 BINARIO UNICO MONTESANTO-POR  
 Equipment

Prima operazione  
 Operazione MONTES -PORTOMAG Manute. arm (Ddm69519) CCalc Calcolo lavoro  
 CLav/div LVUR / BOM3 Ch.contr PHE1 Tipo att. MNQNSP  
 Vol.lav. 22,8 H Numero 3 Dur.oper. 7,8 H

Figura 11 – Data 05 giugno 2018, estratto OdL su tratta Montesanto-Portomaggiore per avviso non conformità del binario Tipo 222 per manutenzione secondo condizione ed avente priorità di urgenza (Fonte: RFI)

Ordine 222 223876 Portomagg Livell. bin con CMA-UTRO

St s TECC COMP CALP DMNC EDCO KOMP RSCO

Dati test Operazioni Componenti Costi Oggetti Dati suppl. Ubicazione Pianif. Controllo Ampliamento

Pers. respons.  
 GrRespPian / BOGG Avviso 70138452  
 CLavResp LVUR / BOM3 BO-UTRO-UMLV3... Tp att PM  
 St. imp.

Date  
 In. card. 05.06.2018 Priorità Programmabile Urgen.  
 Fine card. 01.03.2019

Oggetto di riferimento  
 Sede tecn. LO2262-BC-BC01 BINARIO UNICO  
 Equipment

Prima operazione  
 Operazione Livellamento con mezzi meccanici CCalc Agg. manuale  
 CLav/div PS / BOGG Ch.contr PHE1 Tipo att.  
 Vol.lav. 0,0 H Numero 0 Dur.oper. 3,5 H

Figura 12 – Data 05 giugno 2018, estratto OdL in località Portomaggiore per avviso non conformità del binario Tipo 222 Livello binario per manutenzione secondo condizione avente priorità di urgenza (Fonte: RFI)

**Visualizzare Preventiva-SecondoCondizione-Diagnostica 72223873: testat**

Ordine: 222 / 223873    Montesanto Manut. armam. (DdM6951956)

St. s.: TECC COMP CALP KOMP RSCO

**Pers. respons.**  
 GrRespPlan: / BOGG  
 CLavResp: LVU9 / BOM3 BO-UTRO-UMLV3\_    Avviso: 79138448  
 Tp att. PM:    ST imp:

**Date**  
 In. card: 05.06.2018    Priorità: Programmabile Urgen.  
 Fine card: 01.03.2019

**Oggetto di riferimento**  
 Sede tecn.: L01825-BC-BC61    BINARIO UNICO  
 Equipment:

**Prima operazione**  
 Operazione: Montesanto Manut. armam. (DdM6951956)    CCalc:    Calcolo lavoro:  
 CLav/div: LVU9 / BOM3    Ch.contr: PM61    Tipo att.: MNONSP    MAP  
 Vol.lav: 22,8    H    Numero: 3    Dur. oper.: 7,6    H    Comp.

Figura 13– Data 05 giugno 2018, estratto OdL in località Montesanto per avviso non conformità del binario Tipo 222 Livello binario per manutenzione secondo condizione ed avente priorità di urgenza (Fonte: RFI)

**Visualizzare Manutenzione Correttiva 72289904: testata centrale**

Ordine: 160 / 289964    PORTOMAGGIORE Svio Tr.63887

St. s.: TECC COMP STHP CALP DHNC HOME RSCO

**Pers. respons.**  
 GrRespPlan: / BOGG  
 CLavResp: LVU9 / BOM3 BO-UTRO-UMLV3\_    Avviso: 11889794  
 Tp att. PM:    ST imp:

**Date**  
 In. card: 02.07.2018    Priorità: Programmabile Urgen.  
 Fine card: 02.07.2018

**Oggetto di riferimento**  
 Sede tecn.: L02262-BC-BC61    BINARIO UNICO  
 Equipment:

**Prima operazione**  
 Operazione: PORTOMAGGIORE Svio Tr.63887    CCalc:    Calcolo lavoro:  
 CLav/div: LVU9 / BOM3    Ch.contr: PM61    Tipo att.: MNONSP    MAP  
 Vol.lav: 46,8    H    Numero: 12    Dur. oper.: 3,9    H    Comp.

Figura 14 – Data 02 luglio 2018, estratto OdL in località Portomaggiore per avviso non conformità del binario Tipo 100 – manutenzione correttiva in relazione a segnalazione di svio, avente carattere di urgenza (Fonte: RFI)

ALLEGATO D alla P.O.S. RFI DPR PS IFS 86 C

**RAPPORTO DI VISITA AL BINARIO IN MEZZO D'OPERA**

Pag. 1 di 2

CDI: **LV3 (RA)**      Data effettiva: **06/06/18**      Cat. II  
 Linea: **FE-RA**      Tratto/Località: **PORTOMAGGIORE - B. RIVANA**      Binario: **UNICO**

Condizioni di visita: **Binario in visita interrotta, nessuna soggezione binario attiguo tranne che nelle linee in cui sono espressamente previste limitazioni al binario attiguo**

CHECK-LIST				DIFFORMITA' RILEVATE				
Principale	Dettaglio	Rilevamento di:	Controllato		Codice Sede Tecnica	DESCRIZIONE E PRECISA UBICAZIONE	AZIONE CORRETTIVA	
			X	N			Impedire da programmazione	Intervento urgente
				(X)	(N)			
BINARIO	1 - Segmento di rotaia	1.1 - Difetti di allin. a livello long (Anomalie di marcia per difetti di allineamento, livello longitudinale, sarti)	X		13	LIVELLO: 21+800 / 70 BIN. DI MONTESANTO 70 BIN. DI GABRIELLA / DAL KM 21+440 AL KM 21+445 / 10+700 / LIVELLO + LIVELLO: DAL KM 21+800 AL KM 21+800 / AL KM 21+800 / 21+100 / 10+061 AL 10+200 / DAL 5+500 AL 6+100 / LINEA: 15+050 / 14+200 AL 14+200 / LIVELLO + PIETRISSO 21+500		
		1.2 - Rottura e/o difetti superficiali (Rotture o difetti superficiali visibili)	X					
		1.4 - Diff. giunz. rottura/mancanza componenti (non conformità delle giunzioni provvisorie/incollate per mancanza componenti e/o rotture)	X					
	2 - Segmento di traversa	2.1 - Rottura traversa (Traverse rotte e/o fessurate)	X		5	TRAVERSE ROTTE: KM 6 / 5+100 / 5+700 5+800 / 6+500		
		2.2 - Mancanza/ineff. organi attacco	X					
	3 - Segmento di massicciata	3.1 - Insufficiente rigurmitura	X		2	PIETRISSO: N° 20 / 17+500 C.A		
3.2 - Rifiuti argillosi e inquinamento		X		5	INQUINAMENTI: (L23) AL KM 17+500 / 17+350 / DAL KM 5+500 AL KM 5+302 SERIE DI INQUINAMENTI			
Note e altre osservazioni								
Provvedimenti del Resp. CDI (Azioni manutentive numer. CdL e/o Avvisi di Attività)		IN PROGRAMMA QUE LIVELLAMENTO + SCARICO PIETRISSO SOSTITUZIONE TRAVERSE ROTTE (IN PROGRAMMA RIPARAZIONE TO + RINNOVO A FINE MESE) INVOLTRATA SEGNALAZIONE X CONTROLLO VEGETAZIONE A TGL.						

Fig. 15 – Estratto della “check list” relativa alla visita in linea per controllo delle funzionalità e della struttura della sede ferroviaria per la linea Ferrara-Ravenna, sulla tratta tra Bivio Rivana e la Stazione di Portomaggiore e conseguenti provvedimenti mitigativi delle non conformità rilevate (Fonte: RFI)

2.2.5. Attivazione del piano di emergenza ferroviaria e del piano di emergenza dei servizi pubblici di soccorso, della polizia, dei servizi sanitari e relativa catena di eventi

Come espresso nei paragrafi precedenti, l’evento ha causato danni all’infrastruttura, al materiale rotabile ed in alcune zone adiacenti alla sede ferroviaria in località Stazione di Portomaggiore. La circolazione sulla linea oggetto dello svio è risultata interrotta e sostituita mediante autobus con destinazione da e per Montesanto, Portomaggiore e Argenta. Contestualmente ai tecnici ferroviari, sul luogo sono intervenuti agenti dell’Arma dei Carabinieri, della PolFer ed unità del 118 (ma solo in via precauzionale). I tecnici della IF MIR, nella Stazione di Portomaggiore, hanno eseguito visite

ispettive al materiale rotabile incidentato ed a quello non direttamente coinvolto nello svio, ma ancora in composizione al convoglio. Per questi ultimi, le osservazioni hanno indicato lo stato di idoneità funzionale dei rodiggi (osservazione visiva dello stato strutturale, dei tenditori, degli organi di aggancio e di traino, dei dispositivi di repulsione, degli elementi di rotolamento degli assili). L'Autorità Giudiziaria ha concesso a RFI di procedere, in Stazione di Portomaggiore, al ripristino della LTE, degli impianti di segnalamento, dei componenti strutturali della sede ferroviaria e dell'armamento non più conformi al regolare esercizio. Alle ore 14:00 circa è giunto in Stazione di Portomaggiore il Carro Soccorso della IF TI. Il primo carro del convoglio, sviato ma ancora collegato alla locomotrice è stato rialzato e ricollocato sul binario. Alle ore 17:00 circa, per mezzo di un locomotore Diesel della IF Dinazzano Po sono stati trasferiti in Stazione di Ferrara i nove carri dei quindici in composizione al convoglio, non interessati dallo svio. Poco prima delle 19:00 il Carro Soccorso ha trasferito la locomotiva E652 ed il primo carro del treno MIR n. 63887 nella Stazione di Ravenna. Successivamente, durante le ore serali, con l'ausilio di due gru stradali, sono stati rimossi i resti dei carri (dal secondo al sesto in composizione al convoglio) giudicati in stato di quasi totale distruzione.

### 2.3. Decessi, lesioni, danni materiali

#### 2.3.1. *Passeggeri e terzi, personale*

L'evento non ha causato danni al personale di condotta della locomotiva E652.062, a persone impegnate nell'esercizio ferroviario, a persone terze ed utenti del servizio di trasporto. Due semi-carri in composizione al convoglio, nelle fasi di sviluppo dello svio hanno terminato il loro moto all'interno di un giardino recintato. Per questa particolare conseguenza, non è nota alla DiGiFeMa la quantificazione dei danni materiali stimati. La IF MIR ha informato DiGiFeMa di segnalazioni relative a danni prodotti ad alcuni autoveicoli parcheggiati nelle zone limitrofe alla Stazione di Portomaggiore, investiti probabilmente da pietrisco scagliato dagli impatti del materiale rotabile sviato con la sede ferroviaria. A causa della frammentarietà della informazione, è impossibile una quantificazione economica di tali ultimi effetti.

#### 2.3.2. *Infrastruttura e materiale rotabile*

RFI e precisamente la DTP di Bologna ha effettuato una stima degli interventi necessari per la manutenzione straordinaria volta al ripristino dell'esercizio sulla linea tra le progressive km 17+000 e km 23+490. Il costo di tali interventi ammonta ad euro 3.939.234 e comprende:

- sostituzione di circa 10000 traverse in cap tipo FS V 35P e relativi dispositivi di attacco tipo Pandrol; sostituzione del deviatoio 2, tipo S60U/250/0.12sx, nella Stazione di Montesanto;
- sostituzione del deviatoio 3A, tipo S60U/170/0.12sx, nella Stazione di Portomaggiore;
- sostituzione dei deviatoi 1B, 3B, 5B, 5A, i primi due del tipo S60U/400/0.074dx ed i rimanenti del tipo S60U/400/0.074sx, nella Stazione di Portomaggiore;
- risanamento della massicciata per circa 7400 m e sostituzione di 1080 m di rotaia tipo 60E1 in tronchi da 18 m R260;
- ripristino accessibilità del secondo marciapiede per 240 m nella Stazione di Portomaggiore;
- sostituzione di 1200 m di cunicoli V317/V318 con posa di 5000 m di cavo non armato di varia tipologia;
- sostituzione di 10 boe SCMT e relativi collegamenti;
- sostituzione di 7 disposizioni di riscaldamento elettrico deviatoi;
- sostituzione di 6 casse di manovra per deviatoio tipo P80;
- sostituzione di un segnale con relativa palina, scala, piano di calpestio, parapetto, luci, vele;
- sostituzione di 1590 m di LTE;
- sostituzione di 4 pali LTE: due tipo M30, uno tipo M31D ed uno tipo M29 e relativa tiranteria.

TW ha valutato il valore economico relativo alla distruzione di uno dei sei carri coinvolti nello svio (tale valore deve quindi essere moltiplicato per i 6 carri coinvolti e considerati irrecuperabili) in circa euro 80000. Il detentore dei carri ha inoltre sostenuto costi per i controlli e le riparazioni dei danni trovati sui 9 carri in composizione al treno non interessati da effetti dello svio dei primi 6 carri, quantificabili complessivamente in circa 7000 euro. In totale l'impegno economico del detentore dei carri a causa dello svio è stato stimato in una spesa complessiva di poco più di euro 500000.

MIR è stata interessata dalle spese relativamente alla manutenzione e riattivazione della locomotiva E652.062. In tale ambito sono state effettuate le operazioni di:

- sostituzione di 2 pantografi;
- sostituzione di 2 respingenti (da misure rilevati conformi, ma smontanti su richiesta della DT della IF, per caratterizzazione elastica sotto pressa idraulica come da Standard 375181).
- controllo dei carrelli; esecuzione di misure di scartamento sugli assi diagonali del carrello;
- verifica della cassa.

L'impegno economico di MIR è stato valutato in circa euro 15000.

#### 2.4. Circostanze esterne

Nel periodo di sviluppo dell'evento di svio le condizioni meteorologiche e di visibilità sono compatibili con il regolare esercizio, condizioni di illuminazione naturale normali e temperatura stimata mediamente sulla tratta Montesanto-Portomaggiore in 22°C circa.

### **3. Resoconto dell'indagine**

#### **3.1. Sintesi delle testimonianze**

La DiGiFeMa non ha raccolto, con modalità di colloquio diretto, alcuna testimonianza. Gli AdC hanno comunque rilasciato dichiarazioni alla Commissione di Indagine della IF MIR sullo sviluppo dell'evento. I due Agenti concordano nell'espone che la loro attenzione a problemi di avanzamento del convoglio è stata richiamata in prossimità dell'ingresso nella Stazione di Portomaggiore, ravvisando una accentuata difficoltà a mantenere invariata la velocità di marcia del convoglio ed attivandosi per aumentare la coppia di trazione. Il sollevamento di polvere e detriti nei pressi dei carri sviati ha poi permesso di ipotizzare l'evento di svio, confermato da ispezione sulla sede ferroviaria, con locomotiva in stazionamento. Appurato l'accadimento, gli AdC hanno poi attivato le regolari procedure di emergenza e di soccorso.

#### **3.2. Sistema di gestione della sicurezza**

##### **3.2.1. Quadro organizzativo e modalità di assegnazione ed esecuzione degli incarichi**

Il D. Lgs. n. 50 del 2019 riprende gli indirizzi prescritti dal Decreto Legislativo n.162 del 2007 e indica il Sistema di Gestione della Sicurezza (SGS) come quella "organizzazione ed i provvedimenti messi in atto da un GI o da una IF per assicurare la gestione sicura delle operazioni". In altri termini un SGS risulta come una parte fondamentale di "un sistema aziendale che in materia di sicurezza definisce un processo che consente di individuare e minimizzare i rischi associati con le attività di una organizzazione. Tale sistema si basa sulla esistenza di una specifica struttura organizzativa e sulla pianificazione delle attività, responsabilità, pratiche, procedure, processi e risorse atti a sviluppare, attuare, riesaminare e mantenere la politica per la sicurezza dell'organizzazione stessa". Conseguentemente lo scopo di una organizzazione è [1]:

- di indicare e soddisfare le esigenze e le aspettative dei propri clienti e delle altre parti interessate denominati "stakeholder";
- di ottenere dei vantaggi competitivi in modo efficace ed efficiente;
- di conseguire, conservare e migliorare le prestazioni e le capacità complessive dell'organizzazione.

Quindi l'SGS consente di individuare e minimizzare i rischi legati alla mancata soddisfazione dei propri clienti e delle parti interessate, permettendo la minimizzazione dei rischi attraverso una gestione efficace e sicura delle attività di esercizio. L'architettura documentale di un sistema di gestione della sicurezza deve primariamente fornire una immediata evidenza almeno di documenti che definiscono:

- a) l'organizzazione aziendale, i ruoli e le responsabilità in essa presenti nonché la politica per la sicurezza;
- b) le regole per l'attuazione del ciclo di miglioramento e per l'attuazione di tutti quei requisiti che, seppur non legati direttamente ai processi operativi, l'organizzazione deve comunque assicurare ai portatori di interesse;
- c) l'esecuzione "a regola d'arte" delle attività e dei processi operativi.

Un SGS pertanto deve fare riferimento a una successione consolidata di documenti (tra i quali si riconoscano procedure, standard, linee guida, manuali, organigrammi, istruzioni) che "dimostrino l'adeguatezza dell'organizzazione a soddisfare i requisiti di sicurezza". Tali requisiti sono ben delineati nei Regolamenti UE n.1169 ed UE n.1158 ora sostituiti dal Regolamento delegato UE 762 della Commissione e devono essere verificati da parte di ANSF, prima che avvenga il rilascio di una Autorizzazione di Sicurezza (per l'avvio dell'esercizio di un GI) oppure del Certificato di Sicurezza (per l'avvio dei servizi di una IF) e quindi supervisionati.

Ne deriva che un SGS deve assicurare che ognuna delle componenti di una azienda che prende in carico uno dei tre tipi di documenti [a), b), c)], valuti preventivamente eventuali modifiche o cambiamenti nel "modus operandi" al fine di preservare comunque le prestazioni di sicurezza delle

attività operative. In questa considerazione è possibile condensare il compendio di regole espresse nel Regolamento UE n.402/2013.

### 3.2.2. *Requisiti relativi al personale e garanzia della loro applicazione*

I requisiti di sicurezza esposti nel Regolamento Delegato UE 762 della Commissione, sono considerati da ANSF per valutare le attitudini che un GI o una IF possono garantire nella gestione sicura della propria parte del sistema ferroviario. La valutazione è indirizzata alla analisi processi di sistema ed operativi, evidenziando eventuali carenze, definite “non conformità”. In ausilio al completamento dell’analisi della documentazione di un SGS, le linee guida del Regolamento espongono una serie di criteri che, sostanzialmente uguali negli indirizzi fondamentali (Criteri da A ad S), si diversificano in alcuni requisiti specifici, se riferiti ad un GI oppure ad una Impresa Ferroviaria. Ricordiamo per immediatezza la classificazione dei criteri:

- criteri che richiedono la definizione di una politica per la sicurezza, la descrizione delle modalità di assegnazione dei ruoli e delle responsabilità all’interno dell’organizzazione;
- criteri che definiscono le funzioni che il sistema deve assicurare nel suo complesso a prescindere da come sono stati implementati i processi operativi e le attività di sicurezza elementari (formazione, mantenimento delle competenze, audit);
- criteri che sono riferibili ai processi operativi ed esecutivi (progettazione, gestione della manutenzione).

Il primo tipo di criteri è correlabile alla stesura di documenti che attestano le modalità di gestione degli aspetti organizzativi della azienda ferroviaria; il secondo ed il terzo tipo sono riferibili a documenti che devono descrivere i processi e le attività ed eseguirne il monitoraggio mediante indicatori traggurati da obiettivi. In particolare i documenti del terzo tipo descrivono la “regola d’arte aziendale per l’esecuzione delle attività di sicurezza”: in questa categoria rientrano la quasi totalità delle istruzioni.

Quindi la continuativa verifica della documentazione di un SGS, attraverso l’evidenza di un aggiornamento delle procedure e delle istruzioni, ed il monitoraggio di indici di interesse posti in essere da ANSF, devono essere interpretate come un ausilio alla corretta operatività funzionale di un GI o di una IF. Infatti il perseguimento di queste attività costituiscono garanzia di impegno verso le problematiche della sicurezza dell’esercizio ferroviario. In particolare, per il caso in esame, sono stati vagliati alcuni elementi attraverso i quali il GI RFI e la IF MIR, applicano il loro lavoro indirizzato al conseguimento del massimo livello di sicurezza:

- la definizione di una tempistica realizzativa degli impegni orientati alla sicurezza;
- la definizione di obiettivi come traguardo per il miglioramento o quanto meno il mantenimento del più alto livello di sicurezza;
- la definizione di attività di reperimento delle risorse e della loro relativa formazione;
- la definizione di un sistema di autocontrollo della congruenza tra azioni intraprese e raggiungimento degli obiettivi;
- la definizione di un processo di monitoraggio continuativo delle prestazioni di sicurezza.

L’esistenza della documentazione e dei processi suddetti insieme alla loro analisi di coerenza, sebbene importante per la determinazione dello stato di avanzamento delle attività di prevenzione e quindi di incremento del livello di sicurezza dell’esercizio, viene sviluppata da ANSF e verificata attraverso attività di “audit”. Per tale motivo si reputa che tali verifiche esulino dal compito assegnato dalla Normativa alla DiGiFeMa. Tuttavia sono i risultati effettivamente conseguiti nella soluzione dei singoli problemi che in questa Relazione di Indagine possono essere identificati come argomenti di interesse, sui quali un Organismo Investigativo come DiGiFeMa può porre in atto, in congruenza con l’evento di indagine, controlli e verifiche.

Le informazioni rilasciate a DiGiFeMa conducono ad ipotizzare, un generalizzato mantenimento delle competenze del GI e della IF in merito agli ambiti di specifica appartenenza (gestione e

manutenzione della sede ferroviaria e della circolazione per il GI; gestione e manutenzione del materiale rotabile per la IF – ricordiamo che in questo caso il proprietario “keeper” dei carri non è la IF ma TW, una società diversa che ha fornito ampia documentazione sulla tracciabilità delle attività manutentive e di verifica del materiale rotabile – e sulla acquisizione delle competenze ed il loro mantenimento degli AdC coinvolti nell’incidente). Analoga analisi documentale è stata sviluppata su materiale relativo all’SGS del GI. A tale proposito, sono stati individuate le procedure e le istruzioni da porre in relazione con le problematiche di dissesto idrogeologico e con le attività manutentive.

### *3.2.3. Modalità dei controlli e delle verifiche interni e loro risultati*

I controlli e le verifiche, relative allo stato strutturale della sede ferroviaria, sono state segnalate dalla Nota ANSF Settore Ispettorato e Controlli del 13 maggio 2019, con “Oggetto: Svii di treni in corrispondenza di tratti di linea interessati da fenomeni diffusi di reflusso argilloso o da altre anomalie plano altimetriche”. Il documento, inviato al GI, richiede una maggiore attenzione ad eventi che coinvolgono il decadimento delle caratteristiche funzionali del binario, a causa del possibile degrado idrogeologico del terreno di base e limitrofo. La nota ANSF è conseguenza del ripetersi di eventi quali lo svio occorso sulla tratta Montesanto-Portomaggiore, lo svio accaduto sulla linea Roma-Cassino, tratta Colonna Galleria-Zagarolo ed infine lo svio avvenuto in località Rapallo aventi, con elevata probabilità, origine da dissesto idrogeologico. RFI, recependo tale indirizzo all’interno del Direzione Sicurezza Di Rete E Qualità, con Nota Ferrovie Dello Stato UA12/6/2019 protocollo RFI-SRQ /PEC/P/2019/0000325, avente per oggetto “Svii di treni in corrispondenza di tratti di linea interessati da fenomeni diffusi di reflusso argilloso o da altre anomalie plano altimetriche”, ha comunicato che le attività delle commissioni di indagine in relazione ai tre incidenti di interesse sono in fase di sviluppo “a causa dei tempi necessari per completare gli accertamenti al materiale rotabile interessato posto sotto sequestro”. I rilievi geometrici e funzionali a binario carico effettuati sulle linee interessate dagli eventi di svio “hanno mostrato valori dei parametri geometrici entro i valori ammessi per la velocità di percorrenza del materiale rotabile”. Inoltre nella risposta del GI ed indirizzata ad ANSF è specificato che tali valori ammessi, di cui agli standard di qualità geometrica del binario nazionali, hanno anche fornito risultati coerenti con i limiti imposti dalla Normativa Europea EN13848-1,2,3,4,5.

RFI, nella comunicazione di risposta alla Agenzia, sottolinea anche che zone di binario soggette a reflusso argilloso sono monitorate “attraverso le differenti modalità di espletamento delle visite linea, così come in generale ogni aspetto riguardante lo stato della infrastruttura e dei suoi componenti”. In egual maniera la risposta del GI ribadisce l’impegno ad eseguire o a “programmare” interventi di manutenzione del binario (risanamento della massicciata, regimentazione delle acque per contenere i fenomeni di inquinamento).

Tecnicamente il GI richiama anche l’attenzione alle funzionalità delle sospensioni primarie (od “a singolo stadio”, in due dei tre casi di svio proposti alla attenzione dalla succitata Nota ANSF) e di tipo a balestra utilizzate nei carri sviati. Tali componenti della sospensione sono assimilabili alle molle a comportamento progressivo tipo 9A/10A della Fiche UIC 517, per i carri sviati relativamente al primo evento, e del tipo 9B per i carri interessati nello svio del secondo evento. Tali dispositivi appaiono essere stati già oggetto di analisi nella Nota 5303/17 emessa sempre da ANSF, in recepimento di raccomandazioni emanate dall’Organismo Investigativo Portoghese. Le conclusioni proposte da tale NIB derivano da uno specifico studio sviluppato su una serie di inconvenienti in cui sono stati coinvolti i carri per il trasporto auto della stessa serie letterale (L), similari a quelli coinvolti negli svii avvenuti sulle tratte Montesanto-Portomaggiore e Colonna Galleria-Zagarolo.

RFI infine ricorda che nel terzo svio (località Rapallo, Genova), il materiale coinvolto (carro Cisterna) dotato di carrelli di tipo Y25 barra B18, dai primi accertamenti ha evidenziato criticità nei dispositivi di movimentazione di rotazione (pattini) delle traverse oscillanti. Tale osservazione

appare trovare riscontro nella Nota 0846/16 emessa ancora da ANSF, con la quale è stato emanato un “Safety Alert” che recepisce le raccomandazioni dell’Organismo Investigativo Inglese, derivate dalla analisi di uno svio accaduto su linea Britannica.

In conseguenza dello svio occorso in Stazione di Montesanto ed anche in riferimento all’evento che ha coinvolto materiale rotabile vuoto, la IF MIR ha emesso la PEIF 17/2019 con oggetto la prescrizione di limitazione della velocità a 70 km/h per tutti i convogli aventi in composizione carri delle categorie “L” e “K”, sulla tratta di linea interessata.

#### 3.2.4. *Interfaccia fra i diversi soggetti operanti sull’infrastruttura*

Nella tratta oggetto dello svio, la linea è gestita e mantenuta da RFI che di fatto risulta essere l’unico soggetto autorizzato ad eseguire opere sulla infrastruttura ferroviaria. L’utilizzo della infrastruttura ferroviaria è richiesto da più IF (ad esempio TI e TPER) per il trasporto passeggeri, mentre per il trasporto delle merci, la linea è utilizzata da IF nazionali (quali MIR) ed internazionali. Per tutti gli operatori ferroviari (GI ed IF) l’interfaccia che indirizza verso un corretto e sicuro svolgimento delle attività di trasporto è rappresentata dal recepimento nei propri SGS, dall’osservanza e dalla applicazione del Regolamento per la Circolazione Ferroviaria (Decreto ANSF n. 4/2012 del 9.8.2012) delle Normative in vigore per lo svolgimento dell’esercizio ed emanate RFI, delle TSI relative alla infrastruttura, al comando e controllo della circolazione attraverso utilizzo di dotazioni tecnologiche a bordo dei rotabili e installate sulla sede ferroviaria.

### 3.3. Norme e regolamenti

#### 3.3.1. *Norme pertinenti e regolamenti comunitari e nazionali*

Le norme e i regolamenti comunitari che sono stati oggetto di consultazione per lo sviluppo della relazione di indagine sono i seguenti:

- *Regolamento di esecuzione (UE) N. 402/2013*, della Commissione del 30 aprile 2013 relativo al metodo comune di sicurezza per la determinazione e valutazione dei rischi e che abroga il Regolamento (CE) n. 352/2009.
- *Regolamento di esecuzione (UE) 2015/1136 della Commissione*, del 13 luglio 2015, che modifica il regolamento di esecuzione (UE) n. 402/2013 relativo al metodo comune di sicurezza per la determinazione e valutazione dei rischi (Testo rilevante ai fini del SEE).
- *Direttiva 2004/49/CE del Parlamento europeo e del Consiglio* del 29 aprile 2004 relativa alla sicurezza delle ferrovie comunitarie e recante modifica della direttiva 95/18/CE del Consiglio relativa alle licenze delle imprese ferroviarie e della direttiva 2001/14/CE relativa alla ripartizione della capacità di infrastruttura ferroviaria, all’imposizione dei diritti per l’utilizzo dell’infrastruttura ferroviaria e alla certificazione di sicurezza.
- *Direttiva UE 2016/798 del Parlamento Europeo e del Consiglio* dell’11 maggio 2016 sulla sicurezza delle ferrovie (rifusione).
- *Relazione della commissione al parlamento europeo e al consiglio*, Attuazione della direttiva 2005/47/CE del Consiglio, del 18 luglio 2005, concernente l’accordo tra la Comunità delle ferrovie europee (CER) e la Federazione europea dei lavoratori dei trasporti (ETF) su taluni aspetti delle condizioni di lavoro dei lavoratori mobili che effettuano servizi di interoperabilità transfrontaliera nel settore ferroviario.
- *Direttiva 2012/34/UE del Parlamento Europeo e del Consiglio* del 21 novembre 2012 che istituisce uno spazio ferroviario europeo unico (rifusione).
- *Direttiva 2007/59/CE del Parlamento europeo e del Consiglio*, del 23 ottobre 2007, relativa alla certificazione dei macchinisti addetti alla guida di locomotori e treni sul sistema ferroviario della Comunità.
- *Regolamento di esecuzione (UE) 2018/763 della Commissione*, del 9 aprile 2018, che stabilisce le modalità pratiche per il rilascio dei certificati di sicurezza unici alle imprese

ferroviarie a norma della direttiva (UE) 2016/798 del Parlamento europeo e del Consiglio e che abroga il regolamento (CE) n. 653/2007 della Commissione.

- *Regolamento delegato (UE) 2018/762 della Commissione*, dell'8 marzo 2018, che stabilisce metodi comuni di sicurezza relativi ai requisiti del sistema di gestione della sicurezza a norma della direttiva (UE) 2016/798 del Parlamento europeo e del Consiglio e che abroga i regolamenti della Commissione (UE) n. 1158/2010 e (UE) n. 1169/2010.
- *Regolamento delegato (UE) 2018/761 della Commissione*, del 16 febbraio 2018, che istituisce metodi comuni di sicurezza per la supervisione da parte delle autorità nazionali preposte alla sicurezza in seguito al rilascio di un certificato di sicurezza unico o di un'autorizzazione di sicurezza a norma della direttiva (UE) 2016/798 del Parlamento europeo e del Consiglio e che abroga il regolamento (UE) n. 1077/2012 della Commissione.
- *Decisione delegata (UE) 2017/1474 della Commissione*, dell'8 giugno 2017, che integra la direttiva (UE) 2016/797 del Parlamento europeo e del Consiglio per quanto riguarda gli obiettivi specifici per l'elaborazione, l'adozione e la revisione delle specifiche tecniche di interoperabilità;
- *EN13674-1/2017* "Railway applications - Track - Rail - Part 1: Vignole railway rails 46 kg/m and above".

Le norme e i regolamenti nazionali che sono stati oggetto di consultazione per lo sviluppo della relazione di indagine sono i seguenti:

- *Decreto del Presidente della Repubblica 11 luglio 1980 n. 753*, "Nuove norme in materia di polizia, sicurezza e regolarità dell'esercizio delle ferrovie e di altri servizi di trasporto, che ha valenza sull'intero sistema ferroviario nazionale".
- *Decreto Ministero delle infrastrutture e dei trasporti 5 agosto 2005* "Individuazione delle reti ferroviarie e dei criteri relativi alla determinazione dei canoni di accesso ed all'assegnazione della capacità di infrastruttura da adottarsi riguardo alle predette reti, dei criteri relativi alla gestione delle licenze e delle modalità di coordinamento delle funzioni dello Stato e delle Regioni con riguardo alle questioni inerenti alla sicurezza della circolazione ferroviaria (attuativo dell'articolo 1, comma 5, decreto legislativo 8 luglio 2003, n. 188)".
- *Decreto Legislativo 15 luglio 2015, n. 112*, Attuazione della direttiva 2012/34/UE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 21 novembre 2012, che istituisce uno spazio ferroviario europeo unico (Rifusione).
- *Decreto Legislativo, 30 dicembre 2010, n. 247*, Attuazione della direttiva 2007/59/CE relativa alla certificazione dei macchinisti addetti alla guida di locomotori e treni sul sistema ferroviario della Comunità. (11G0013) (GU n.16 del 21-1-2011 - Suppl. Ordinario n. 15)
- *Decreto Legislativo, 27 gennaio 2010, n. 35*, Attuazione della direttiva 2008/68/CE, relativa al trasporto interno di merci pericolose. (10G0049) (GU n.58 del 11-3-2010).
- *Decreto Legislativo, 10 agosto 2007, n. 162*, Attuazione delle direttive 2004/49/CE e 2004/51/CE relative alla sicurezza e allo sviluppo delle ferrovie comunitarie. (GU n.234 del 8-10-2007 - Suppl. Ordinario n. 199). Documento abrogato e sostituito in data 16/06/2019 dal D.Lgs. 14 maggio 2019, n. 50.
- *Decreto Legislativo 14 maggio 2019, n. 50*, Attuazione della direttiva 2016/798 del Parlamento Europeo e del Consiglio, dell'11 maggio 2016, sulla sicurezza delle ferrovie.

3.3.2. *Altre norme (norme di esercizio, istruzioni locali, requisiti per il personale, prescrizioni in materia di manutenzione e standard applicabili)*

- *Report of the 5<sup>th</sup> session of the RID Committee of Experts' working group on derailment detection 2016-A*
- *Guidelines from the European Union Agency for Railways concerning the use of derailment detectors.*
- *Initial review of ERA's 2012 conclusions on the derailment detection in the light of Dr Bing dissertation.*
- *EN 13848-1:2003+A1, Railway applications - Track - Track geometry quality - Part 1: Characterisation of track geometry, July 2008;*
- *EN 13848-2:2006, Railway applications — Track — Track geometry quality - Part 2: Measuring systems — Track recording vehicles, May 2006;*
- *EN 13848-3:2009, Railway applications — Track — Track geometry quality - Part 3: Measuring systems — Track construction and maintenance machines, April 2009;*
- *EN 13848-4:2011, Railway applications — Track — Track geometry quality - Part 4: Measuring systems — Manual and lightweight devices, December 2011;*
- *EN 13848-5:2011, Railway applications - Track - Track geometry quality - Part 5: Geometric quality levels - Plain line, switches and crossings, August 2017;*
- *EN 13848-6:2014, Railway applications — Track — Track geometry quality - Part 6: Characterisation of track geometry quality, March 2014;*
- *Procedura Operativa Subdirezionale, RFI DPR PS IFS 90 C, Rilievi della geometria del binario e relative disposizioni manutentive, 01 marzo 2016;*
- *Specifica dei requisiti funzionali – Sistemi di acquisizione della geometria del binario - RFI DPR-SRD.ING SR AD 02 I 05 A, 10 maggio 2018;*
- *Standard di qualità geometrica del binario e parametri di dinamica di marcia per velocità fino a 300 km/h, RFI TCAR ST AR 01 001 D, 21 novembre 2011;*
- *MRI, PEIF n. 17.1 del 10 giugno 2019 “LIMITAZIONI DI VELOCITÀ PARTICOLARI”;*
- *RFI DTC LGSE 01 1 0 Rev.B “Linee guida per la definizione della graduatoria di priorità dei tratti dell’infrastruttura ferroviaria interessati da fenomeni potenziali di dissesto idrogeologico, in base al valore di rischio ferroviario”;*
- *RFI DTC INC LG IFS 002 D “Procedure e interventi di protezione della sede dai fenomeni di dissesto idrogeologico”;*
- *RFI DPR P SE 06 1 0 “Gestione dei tratti di linea sensibili a fenomeni di dissesto idrogeologico”;*
- *DPR PSE 45 1 0 “Disposizioni Operative di dettaglio per la visita linea ordinaria nei settori “ARMAMENTO e SEDE” e “TE”;*
- *DTC PSE 44 1 1 “Visite di controllo ai ponti, alle gallerie e alle altre opere d’arte dell’infrastruttura ferroviaria”;*
- *RFI DTC SICS GE SP IFS 002 A “Capitolato Generale Tecnico Di Appalto Delle Opere Civili Parte II - Sezione 17 Pietrisco Per Massicciata Ferroviaria”;*
- *RFI TCAR SF AR 03 002 E “Specifica Tecnica di Fornitura - Traverse Marca “Rfi 230”, “Rfi – 240” ed “Rfi – 260” In Calcestruzzo Vibrato, Armato E Precompresso”;*
- *RFI TCAR SF AR 05 010 C “Sistema Di Attacco Completo Per Traverse In Cap”*

A corollario dell’elenco di normative pertinenti, relativamente all’evento di svio in analisi, si è voluto verificare la coerenza dei limiti operativi e di esercizio fissati dalla Normativa UE e recepiti dal GI (Fig. 16) che indica la suddivisione in livelli di qualità della struttura e delle funzionalità del binario ed ai quali è coerentemente applicata una indicazione sulle modalità e tempistiche di intervento manutentivo. A seguire, pertanto, si propongono, in forma grafica alcuni confronti su grandezze (Fig. 17, Fig. 18, Fig. 19) per i limiti di attivazione delle procedure di intervento

manutentivo o di interruzione della circolazione relativamente allo scartamento ed all'allineamento. L'analisi pone in evidenza che per le procedure di intervento fissate da parte del GI e descritte nella Disposizione, i livelli di attenzione (ammissibili) delle grandezze geometriche di interesse atte ad assicurare la corretta operatività di un binario, risultano estremamente più conservative rispetto a quanto proposto in sede di Commissione Europea. È necessario in tale ambito sottolineare una nota dell'ANSF, Settore Ispettorato e Controlli, con "Oggetto: Svii di treni in corrispondenza di tratti di linea interessati da fenomeni diffusi di reflusso argilloso o da altre anomalie piano altimetriche", ricevuta dalla DiGIFeMa in data 13 maggio 2019. ANSF impone al GI di predisporre "opportune simulazioni che tengano conto delle condizioni della sovrastruttura ferroviaria, delle diffuse anomalie piano altimetriche e delle caratteristiche dei veicoli al fine di individuare le reali cause degli incidenti". Inoltre la nota di ANSF suggerisce che a "valle di tali approfondimenti codesto Gestore dovrà valutare quali provvedimenti sia necessario adottare, prevedendo, se necessario, la revisione dei parametri previsti dagli attuali standard di qualità geometrica del binario per velocità fino a 250 km/h".

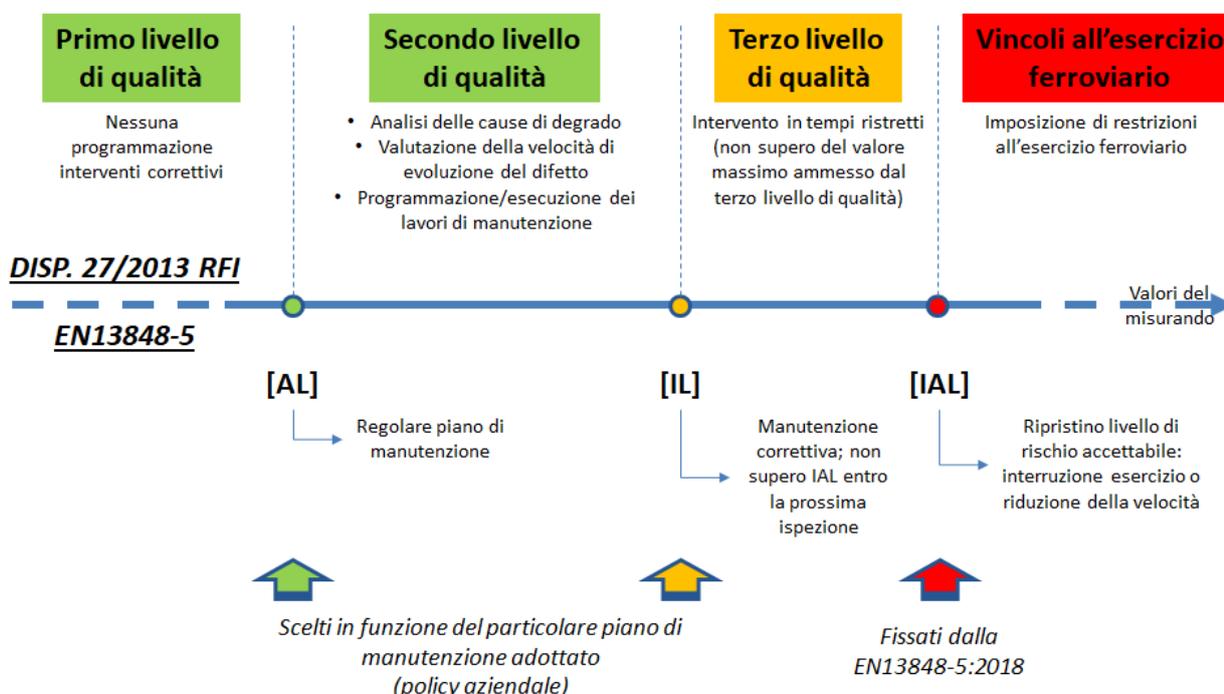


Figura 16 – Parametri geometrici del binario: schema di riepilogo dei limiti per confronto tra Normativa UE e Normativa in vigore sulla RFI per l'analisi di qualità del binario (Fonte: DITS SpinOff SAPIENZA Univ. di Roma ed Elaborazione DiGIFeMa)

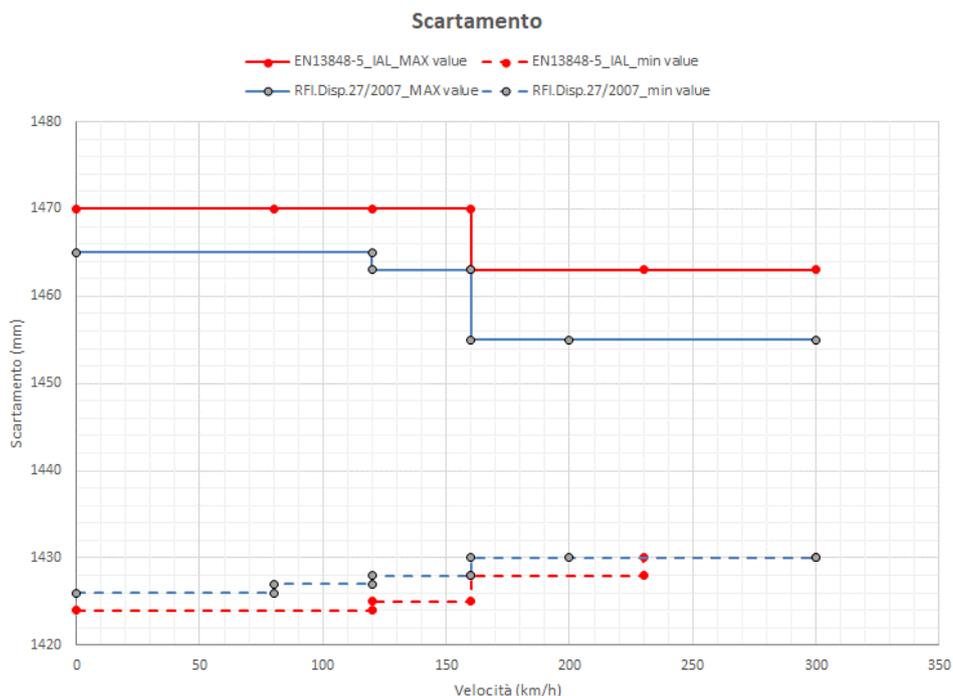


Figura 17 – Parametri geometrici del binario: confronto dei limiti Normativa UE e Normativa in vigore sulla RFI per le caratteristiche di Scartamento (Fonte: DITS SpinOff SAPIENZA Univ. di Roma ed Elaborazione DiGIFeMa)

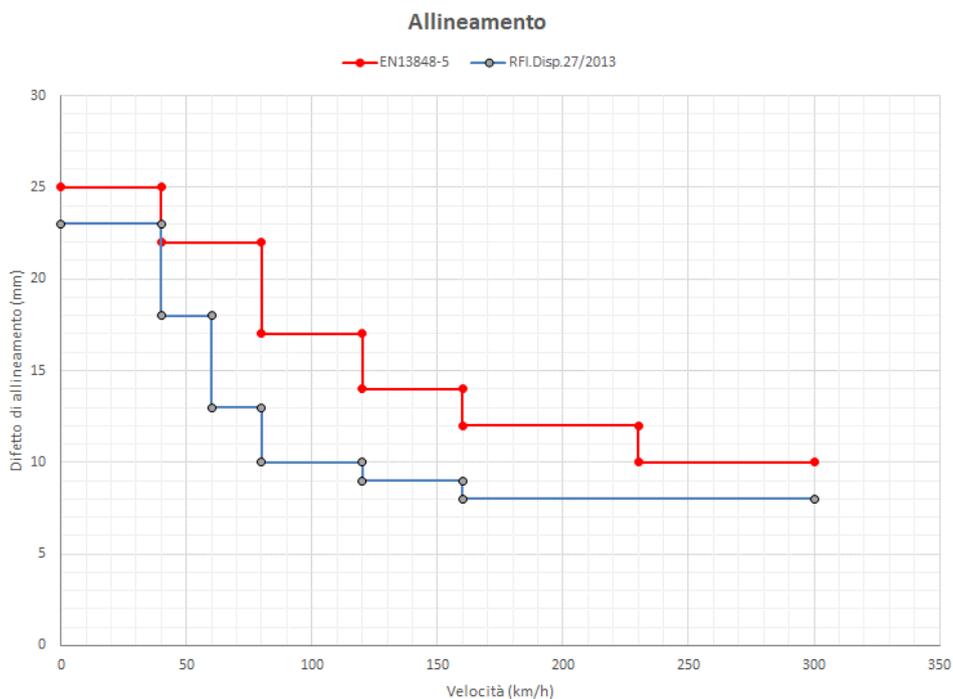
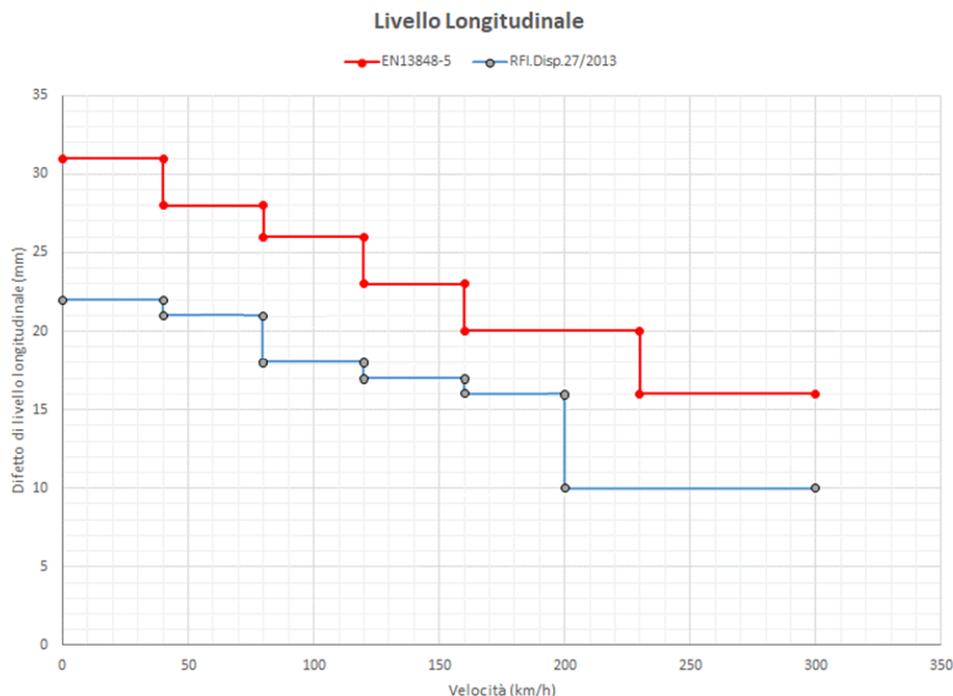


Figura 18 – Parametri geometrici del binario: confronto dei limiti Normativa UE e Normativa in vigore sulla RFI per le caratteristiche di Allineamento (Fonte: DITS SpinOff SAPIENZA Univ. di Roma ed Elaborazione DiGIFeMa)



*Figura 19 – Parametri geometrici del binario: confronto dei limiti Normativa UE e Normativa in vigore sulla RFI per le caratteristiche di Livello longitudinale (Salti) (Fonte: DITS SpinOff SAPIENZA Univ. di Roma ed Elaborazione DiGIFeMa)*

Dagli incontri tecnici avuti con il GI, sono emerse le attività di gestione delle problematiche relative al dissesto idrogeologico condotte, a livello normativo e di interventi in linea, creando mappe di rischio idrogeologico e idrico, proponendo ed applicando indirizzi manutentivi ordinari e straordinari tesi a limitare le conseguenze del fenomeno. I dissesti che coinvolgono l'infrastruttura, sono classificabili come:

- alluvioni;
- frane;
- erosioni fluviali e marine;
- caduta massi;
- cedimenti piattaforma e sprofondamenti.

In particolare, il GI ha avviato la gestione delle problematiche di dissesto riscontrate nel tempo sull'infrastruttura ferroviaria mediante la creazione dei cosiddetti "Punti Singolari" (PS), ovvero tratti di infrastruttura ove era necessaria l'adozione di specifiche politiche manutentive perché soggetti a fenomeni di dissesto geomorfologico, idraulico o geotecnico.

Nello specifico, i tratti di infrastruttura in cui si sono verificati fenomeni di dissesto geomorfologico e/o idraulico o ne è stata riscontrata, a seguito di specifici accertamenti (rilievi, indagini, studi di dettaglio, etc.) da parte di tecnici di RFI, l'effettiva incombenza di accadimento, sono stati definiti PS di tipo FR (frane), CM (caduta massi), ER (erosione) e AL (alluvioni); i tratti, affetti da problematiche di natura geotecnica, confermate dagli accertamenti dei tecnici di RFI, sono stati invece classificati come PS di classe CE (piattaforma cedevole).

Oltre a gestire i fenomeni già noti, RFI ha avviato una completa mappatura dell'infrastruttura nazionale utilizzando come strumento di base le informazioni contenute nei PAI (piani stralcio assetto idrogeologico) delle Autorità di Bacini, nella banca dati IFFI (Inventario Fenomeni Franosi Italiani) di Ispra e, più recentemente le mappe dei PGRA (Piani di Gestione del Rischio Alluvione) dalle Autorità di Distretto Idrografico; tali informazioni sono state integrate con specifici sopralluoghi per accertare le caratteristiche dei fenomeni segnalati. Da questa attività sono stati

individuati circa 1900 km di infrastruttura potenzialmente soggetti a rischio frane e 3700 km a rischio alluvioni.

Tutte le informazioni della mappatura e i successivi specifici accertamenti effettuati dai tecnici di RFI sono state inserite in un apposito portale informativo denominato “Geologia & Idraulica”.

In particolare, a mezzo Nota Tecnica [9], il GI ha evidenziato “... *OMISSIS...una strategia di azione che, da un lato, limita il pericolo e la vulnerabilità dell’infrastruttura mediante interventi infrastrutturali (azione nel tempo differito), mentre dall’altro si attuano delle azioni di contenimento degli effetti delle eventuali problematiche di dissesto mediante l’attivazione della vigilanza straordinaria dell’infrastruttura a seguito di allerta meteo (azione nel tempo reale).*”

*Per attuare la prima strategia, è stato redatto il documento RFI DTC LGSE 01 1 0 Rev.B, parte integrante del SGS aziendale, nel quale è stata definita la priorità degli interventi infrastrutturali sui tratti potenzialmente a rischio utilizzando tecniche rientranti nel campo dell’analisi di rischio... OMISSIS...Si sottolinea che la linea guida in oggetto, prima dell’inserimento nel SGS aziendale, è stata valutata sia dal CERI sia da un Valutatore Indipendente di Sicurezza. Per quanto concerne le azioni che consentono la mitigazione degli effetti nel tempo reale, è stato redatto il documento RFI DTC INC LG IFS 002 D, anch’esso presente nel SGS Aziendale, nel quale sono contenute tutte le azioni di verifica da effettuare sui punti sensibili a problematiche di dissesto idrogeologico a seguito di allerte Meteo emanate dai Centri Funzionali Decentrati del Dipartimento della Protezione Civile. In allegato a tale documento è presente un format per la redazione della “Metodologia operativa per l’attivazione della vigilanza straordinaria in caso di previsione di avverse condizioni meteorologiche o criticità idrogeologiche e idrauliche nelle linee di giurisdizione della DTP” che tutte le Direzioni Territoriali Produzione hanno redatto e inserito nel loro sistema di Gestione della Sicurezza della DTP. In queste MO sono riportati tutti gli elenchi dei punti sensibili ai fenomeni di dissesto idrogeologico sui quali vengono effettuate le vigilanze straordinarie e gli eventuali provvedimenti cautelativi da adottare in caso di evidenti problematiche che potrebbero compromettere la sicurezza dell’esercizio ferroviario. Inoltre, allo scopo di definire le modalità di gestione operativa delle aree dell’infrastruttura ferroviaria sensibili a fenomeni di dissesto idrogeologico, è stata emessa la procedura RFI DPR P SE 06 1 0. In questo documento si definiscono i processi relativi alla:*

- *apertura di un PS,*
- *riclassificazione dello stato del PS,*
- *rivalorizzazione di una intersezione,*

*attraverso l’esecuzione di studi e modellazioni e/o di interventi di mitigazione/risoluzione delle criticità, nonché mediante l’adozione delle ordinarie politiche manutentive attraverso la procedura DPR PSE 45 1 0 e la procedura DTC PSE 44 1 1, in atto presso RFI. Si sottolinea come le checklist prescritte dalla procedura per la visita linea prevedano una sezione appositamente dedicata ai PS in merito ai quali il compilatore è chiamato a riferire. Infine, si evidenzia che è stata sviluppata una prescrizione di esercizio per gestire le anomalie all’infrastruttura ferroviaria rilevate dall’agente di condotta durante la marcia qualora sia presente un PS”.*

In riferimento al caso di svio oggetto della presente relazione e in ottemperanza alle Procedure ed Istruzioni presenti nell’SGS e sopraccitate, il GI ha portato evidenza (Fig. 20) di informazioni derivate dal portale “Geologia & Idraulica”. Su questa tratta sono segnati due PS definiti come “piattaforma cedevole”:

- • CE1 da km 16.986 a Km 17.186;
- • CE2 da Km 17.186 a km 19.000.

Il PL limitrofo alla Stazione di Montesanto non è stato segnalato tra i punti critici dalla DTP di Bologna, poiché ivi sono riferibili solo anomalie di tipo Impiantistico. Nella Nota Tecnica il GI conclude che “*il PL, in particolare, appare su un’area P3 del PGRA. I tecnici di RFI hanno redatto delle schede specialistiche relative a questa tratta (2 intersezione di tipo alluvione) nelle quali,*



---

*tuttavia, il fenomeno viene considerato come “non coinvolgente la sede ferroviaria”. Pertanto, non sono previsti interventi di mitigazione nella graduatoria nazionale sul dissesto idrogeologico.”*

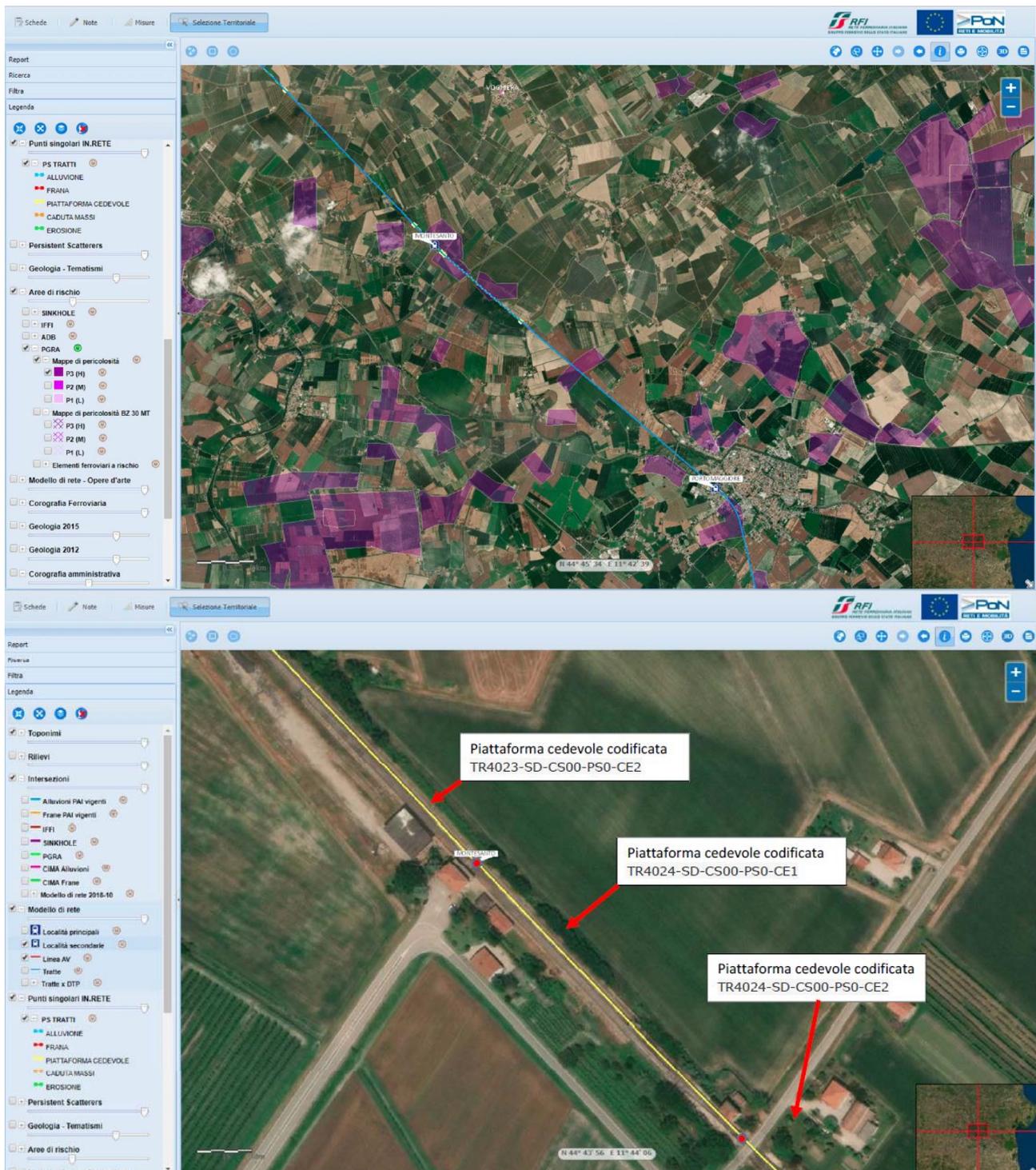


Figura 20 – Estratto dal portale informativo di RFI “Geologia ed Idraulica” della tratta di linea Montesanto-Portomaggiore: in giallo sono evidenziate le aree identificate come soggette a problemi di “PS a piattaforma cedevole” mentre con livelli di colore viola sono segnalate le Aree monitorate in PGRA, a livello P3 nella tratta considerata. Il GI fa presente che tutta l’area visibile è mappata in livello di pericolosità P2 (Fonte: RFI)

### 3.4. Funzionamento degli impianti tecnici e del materiale rotabile

#### 3.4.1. Sistema di segnalamento e comando-controllo, registrazione da parte di apparecchi automatici di registrazione

La tratta di linea che si estende tra la Stazione di Montesanto e la Stazione di Portomaggiore è inserita nella Direttrice Ferrara-Ravenna (Fig. 21) ed è gestita da RFI ad eccezione di alcune interfacce (bivi, intersezioni) con altra rete locale governata dal FER (Vedi ad esempio “Bivio “Rivana”). La linea Linea Ferrara-Ravenna presenta le seguenti caratteristiche:

- linea a semplice binario elettrificata a corrente continua (3kV) attrezzata con boe SCMT;
- esercizio con DCO con sede a Bologna Roveri per la tratta Ferrara-Bivio Rivana (Rete FER) e Bologna C.le per la tratta Bivio Rivana-Ravenna;
- regime di circolazione di tipo blocco elettrico conta assi.

Le informazioni pervenute in DiGIFeMa ed inviate da parte del GI, relativamente al comportamento degli enti di piazzale installati nella Stazione di Portomaggiore (Eventi Diagnostici del giorno 02 luglio 2018) hanno evidenziato un comportamento conforme e in assenza di problemi ai dispositivi di comando e controllo della circolazione, degli instradamenti e di gestione dei passaggi a livello.

#### 3.4.2. Infrastruttura

La tratta di linea che si estende tra la Stazione di Montesanto e la Stazione di Portomaggiore è a binario unico. Il coordinamento della circolazione è subordinato al DCO del GI FER, con sede nella Stazione di Bologna, ad iniziare da Ferrara (progressiva km 000+000) ed a terminare al Bivio “Rivana” (progressiva km 002+460). Proseguendo oltre, da questa località in direzione della Stazione di Portomaggiore (progressiva km 023+410), la tratta, sempre ad unico binario, ha ancora trazione in corrente continua, ma è esercita da DCO del GI RFI, con sede nella Stazione di Bologna (Fig. 22).

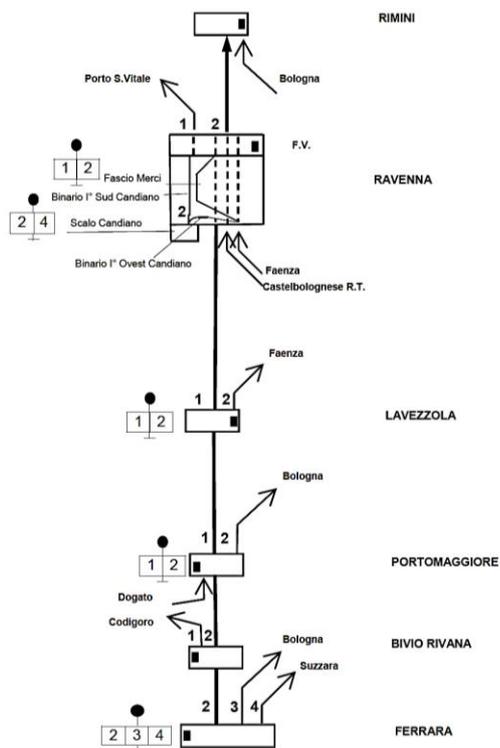


Figura 21 – Estratto del Fascicolo di Linea Ferrara-Ravenna (Fonte: Sezione 6.1.3 RFI FL85)

Grado di prestazione	Ascesa %	Progressive chilometriche	Distanze parziali	LOCALITA' DI SERVIZIO	Posti di blocco	INDICAZIONI DI SERVIZIO E PROTEZIONE P.L.	Numero e capacita' binari	
1	2	0,000		<b>FERRARA</b> <i>(da Padova)</i> <i>(per Bologna)</i>	1		Vari (310-753)	
		2,460	2,460	BIVIO RIVANA (1) <i>(per Codigoro)</i>	1bis		—	
1	2	2,460	2,460	BIVIO RIVANA (1) <i>(per Codigoro)</i>	1bis		—	
		2,666	0,206	P.L.				
		3,140	0,474	P.L.				
		4,000	0,860	Cippo				
		5,311	1,311	P.L.A.				
		5,657	0,346	P.L.A.				
		7,259	1,602	P.L.A.				
		9,145	1,896	P.L.				
		3	9,793	0,648	<b>Gaibanella</b>	2		$\frac{1}{465}$
			10,061	0,268	P.L.			
			12,472	2,411	P.L.A.			
			14,739	2,267	P.L.A.			
			15,311	0,572	P.L.A.			
			16,170	0,869	P.L.			
		3	16,986	0,816	<b>Montesanto</b>	3		$\frac{1}{582}$
			17,199	0,213	P.L.			
		1	19,000	1,801	Cippo			
			23,413	4,413	<b>PORTOMAGGIORE</b>	4		$\frac{1}{534}$
			24,433	1,020	P.L.			
			28,091	3,658	P.L.A.			
			28,991	0,900	P.L.A.			
			28,998	0,007	R.T.B. (3)			
			30,258	1,260	P.L.A.			
			31,100	0,842	P.L.A.			
			33,118	2,018	<b>Argenta</b>	5		$\frac{2}{469-602}$
			33,259	0,141	P.L.			
		34,777	1,518	P.L.A.				
		35,676	0,899	P.L.A.				
6	36,475	0,799	<i>S. Biagio</i>					
	36,576	0,101	P.L.A.					
	37,065	0,489	P.L.A.					
	40,013	2,948	P.L.					
	40,624	0,611	<b>LAVEZZOLA</b> <i>(per Faenza)</i>	6		Vari (494-606)		
	41,066	0,442	P.L.					
41,527	0,461	P.L.						
45,767	4,240	P.L.						
6	45,943	0,276	<b>Voltana</b>	7		—		
	47,479	1,536	P.L.A.					

(1) Località di servizio gestita da D.M. di altro gestore infrastruttura.

(2)  $\nabla 60$  solo se tale velocità e' consentita dall'aspetto dei segnali.

(3) Rilevatore temperatura boccole.

Figura 22 – Estratto del Fascicolo di Linea Ferrara-Ravenna (Fonte: Sezione 6.1.3 RFI FL85)

L'attività di investigazione DiGIFeMa, autorizzata dalla Magistratura Competente ed assistita e coordinata dagli Agenti PolFer del Comando di Ferrara e di Ravenna, è stata orientata ad evidenziare eventuali non conformità tecnico-normative del sistema veicolo-via preesistenti allo svio. Le risultanze ispettive descritte nella presente Relazione derivano da visite al materiale rotabile ed alla sede ferroviaria (Fig. 23 e Fig. 24).



Figura 23 – Tratta della linea Ferrara-Ravenna tra la Stazione di Montesanto e di Portomaggiore interessata dall'evento di svio (Fonte: MIR)

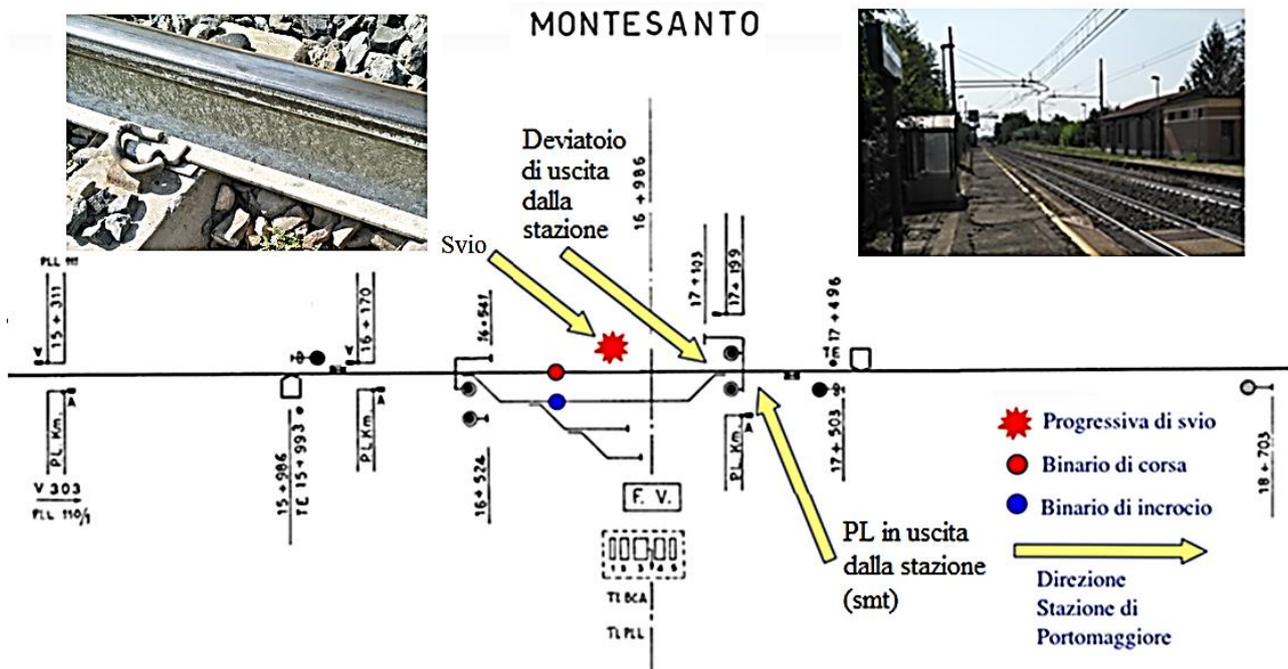
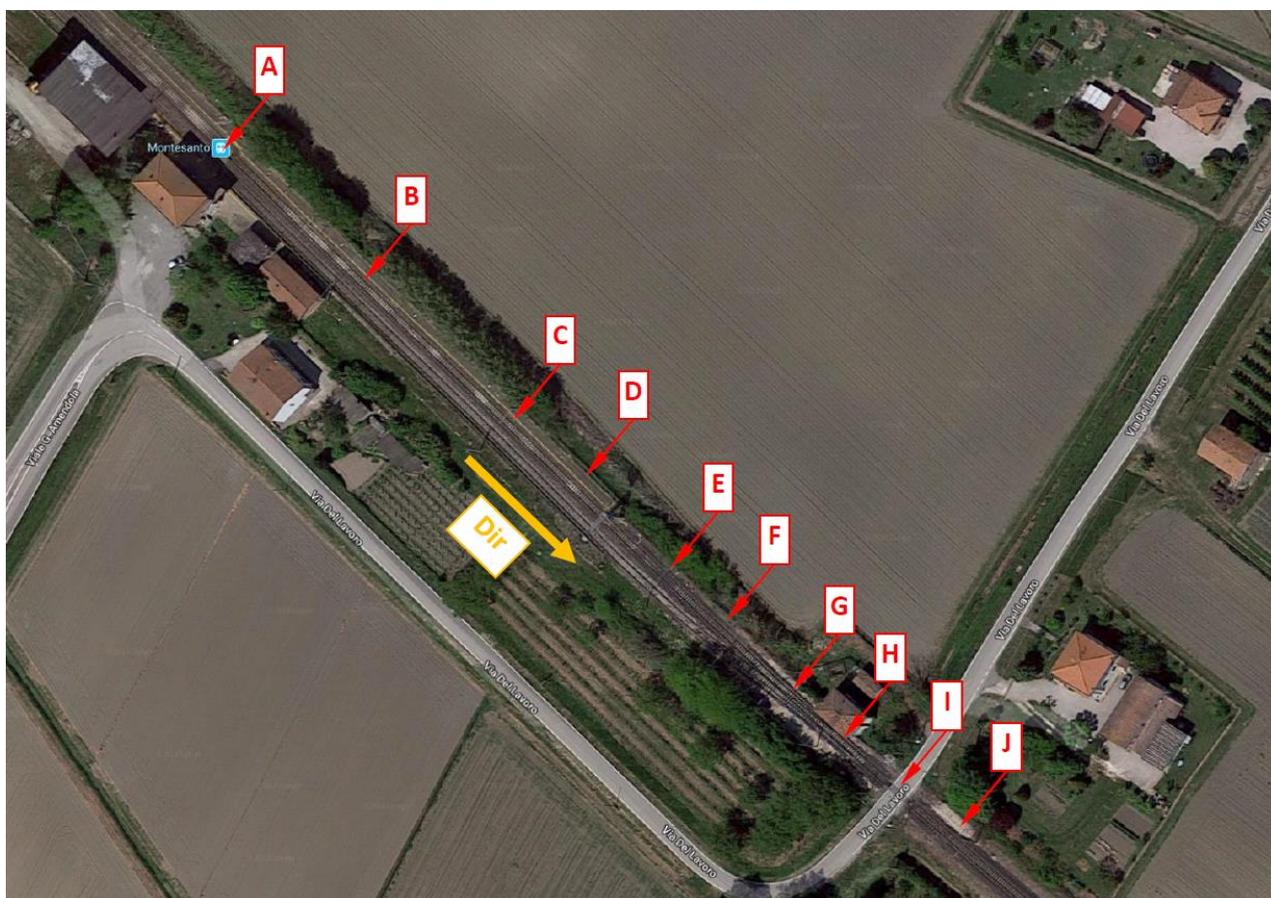


Figura 24 – Stazione di Montesanto: individuazione del “punto” di inizio sormonto della ruota sinistra smt sul lato interno del fungo della rotaia sinistra e vista della tratta di linea in direzione Portomaggiore (Fonte: DiGIFeMa)

La sede ferroviaria del binario di corsa, in Stazione di Montesanto, alla data della ispezione della DiGiFeMa, è apparsa in condizione di recente manutenzione, sebbene siano stati rinvenuti porzioni di elementi costruttivi del binario e marcature dimostranti lo sviluppo di un evento di svio. Sono state riscontrate tracce di sormonto sulla rotaia esterna, scalfitture sulle traverse nella zona interna del binario, alcuni dispositivi di collegamento (attacchi indiretti) di entrambe le rotaie alle traverse assenti oppure recanti ancora evidenti incisioni causate dall'impatto con le ruote dell'assile sviato, tracce di transito non conforme nella zona del telaio mobile del deviatoio, tracce di impatto delle ruote dell'assile sviato contro la struttura autostradale relativa al PL in uscita dalla stazione (in direzione Stazione di Portomaggiore), tracce di continuazione del rotolamento di un assile sul sedime ferroviario (scalfitture su traverse e dispositivi di collegamento della rotaia alla traversa) sul proseguimento della linea, ad iniziare dall'intersezione con il citato PL sempre in direzione della Stazione di Portomaggiore. La fase iniziale dello svio (sormonto della rotaia sinistra, smt) è stata individuata (Fig. 25) in prossimità della progressiva di posizione del FV.



*Figura 25 – La linea Ferrara-Ravenna che attraversa la Stazione di Montesanto: in evidenza in alternanza le zone a diversa colorazione (grigio chiaro – grigio caliginoso) della sede ferroviaria.*

*Legenda: Dir: senso marcia treno; A: progressiva del FV della Stazione; B: binario di corsa (rettifilo); C: progressiva di inizio dello svio; D: progressiva di inizio rinvenimento di pietrisco sulla banchina; E: progressiva di inizio delle tracce di svio sulle traverse; F: progressiva di inizio del danneggiamento dei dispositivi di attacco rotaia-traversa; G: progressiva di inizio della punta degli aghi dello scambio in uscita dalla Stazione in direzione Stazione di Portomaggiore; H: progressiva di inizio tracce di svio sul deviatoio e oltre la zona del cuore; I: progressiva di inizio delle tracce di impatto dell'assile sviato contro la struttura stradale del passaggio a livello; J: progressiva di inizio della tratta di linea congiungente la Stazione di Montesanto e di Portomaggiore (Fonte: TW)*

Evidenti tracce di fanghiglia, di colore grigio, sono state rinvenute sulla banchina del binario di corsa (posta alla sinistra dello stesso, smt) e alternativamente su quasi l'intera estensione della linea afferente alla Stazione di Montesanto. L'alternanza di zone di colore grigio (interessate da flussi idrici misti ad argilla grigia), evidenziate sulla sede ferroviaria del binario di corsa, induce ad ipotizzare una variabilità importante della rigidità verticale della massicciata. La variabilità di rigidità verticale del binario può costituire una forma di eccitazione al comportamento modale verticale del veicolo transitante, creando i presupposti per condizioni di risonanza e di amplificazione vibrazionale delle masse non sospese e quindi di possibile invito alla generazione di una non conformità nell'interazione ruota-rotai (distacco ripetuto del contatto ruota-rotai).

Gli elementi evidenziati quindi conducono ad ipotizzare una azione di degrado del binario che può aver raggiunto la condizione di esercizio nota come "effetto pompaggio" durante il transito del treno MIR n. 63887. Una particolare zona del binario, anch'essa identificabile dal colore grigio chiaro del sedime e posizionata in corrispondenza del FV, è stata oggetto di attenzione da parte della DiGIFeMa: tra due traverse consecutive è stato riscontrato un visibile abbassamento del livello del piano di massicciata con concavità rivolta verso il basso. Ad una ulteriore osservazione, tale condizione è stata riscontrata in corrispondenza anche di altre zone del binario dove si riscontrava una profonda assenza di pietrisco intorno alle traverse. La DiGIFeMa ha verificato anche, a seguito di rimozione di alcuni elementi superficiali della massicciata, la presenza di acqua ristagnante oltre ad un cospicuo inquinamento da argilla grigia (Fig. 26).

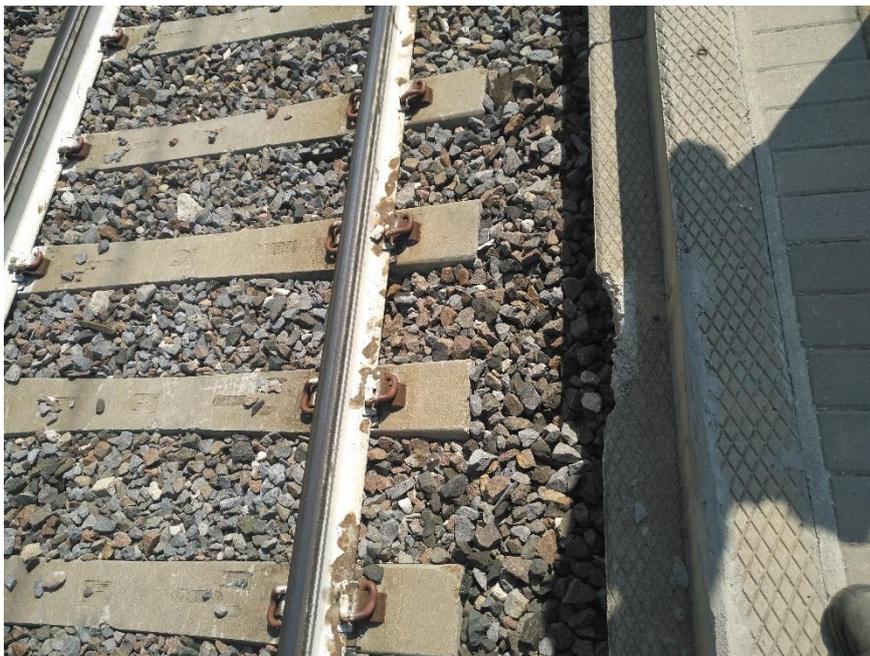


*Figura 26 – Stazione di Montesanto: acqua presente nella massicciata mista a residui argillosi a seguito di rimozione di alcuni elementi di pietrisco (posti temporaneamente sulla traversa), i quali forniscono alla massicciata una colorazione grigio-chiaro; tale condizione è stata rilevata in più zone della linea di transito della stazione (Fonte: DiGIFeMa)*

L'ispezione effettuata nella Stazione di Portomaggiore (Fig. 27) ha evidenziato una condizione di ripristino praticamente ultimato della sede ferroviaria, degli apparecchi di piazzale (deviatoi) e dei supporti strutturali (palificazione) alla LTE. Sul sito sono stati evidenziati segni di urto di uno o più carri, in composizione al treno MIR n. 63887, contro la banchina centrale posta tra il Binario II ed il Binario III (Fig. 28).



*Figura 27 – Stazione di Portomaggiore: linea in ingresso accanto alla banchina centrale tra il Binario II ed il Binario III, percorsa dal treno MIR n.63887 e ripristinata a seguito dell'evento di svio (Fonte: DiGIFeMa)*



*Figura 28 – Stazione di Portomaggiore: segni di urto del materiale rotabile trainato e sviato contro la banchina centrale tra il Binario II ed il Binario III (Fonte: DiGIFeMa)*

Il treno MIR n. 63887 il giorno 2 luglio 2018, durante il suo trasferimento, iniziato dalla Stazione di Ferrara e diretto verso la Stazione di Portomaggiore, sulla base delle prescrizioni tecniche contenute nelle Schede Documenti Treno, transita sui seguenti apparecchi di binario (deviatoi):

- a) località Montesanto, progressiva km 17+199 circa da Ferrara (deviatoio in uscita dalla Stazione e attraversato in corretto tracciato e di calcio);
- b) località Bivio Rivana, progressive km 2+385÷km 3+523 da Ferrara (deviatoio in ingresso in linea da destra s.m.t e in uscita da deposito) superato di calcio ed in corretto tracciato, deviatoio con deviata a sinistra, smt per itinerario Codigoro) superato di punta ed in corretto tracciato;
- c) località Gaibanella, progressive km 9+524÷km 10+061 da Ferrara (deviatoio in ingresso Stazione con deviata a destra smt) superato di punta ed in corretto tracciato, (deviatoio in uscita da Stazione e di immissione in linea con deviata a sinistra smt) superato di calcio ed in corretto tracciato;
- d) località Montesanto, progressive km 16+541÷km 17+199 da Ferrara (deviatoio 1 in ingresso Stazione con deviata a destra smt) superato di punta ed in corretto tracciato, (deviatoio 2 in uscita da Stazione e di immissione in linea con deviata a sinistra smt) superato di calcio ed in corretto tracciato;
- e) località Portomaggiore, progressive km 22+620÷km 23+336 (F.V.) da Ferrara (deviatoi 1B, 3B e 5B), rispettivamente, il primo in itinerario verso Dogato con deviata sinistra sulla linea smt e superato di calcio, il secondo di immissione sul Binario III in itinerario verso Consandolo-Bologna, con deviata destra dalla linea smt e superato di punta, il terzo di immissione sul Binario I con deviata sinistra dalla linea smt e superato di calcio).

Questi dispositivi di variazione dell'itinerario sono risultati danneggiati, o distrutti nelle strutture mobili e di azionamento delle stesse, necessitando di ripristino per manutenzione oppure per completa sostituzione.

#### *3.4.3. Apparecchiature di comunicazione*

Le informazioni relative all'evento di svio sono state diramate dal GI utilizzando dispositivi telefonici portatili, interlacciati alla rete di comunicazione GSM-R. Comunicazioni scritte e documentali, quali ad esempio gli RI, sono state diffuse utilizzando canali interni di messaggistica telefonica e di posta elettronica.

#### *3.4.4. Materiale rotabile, registrazione da parte di apparecchi automatici di registrazione*

La DiGIFeMa ha proceduto, in base a regolare autorizzazione della Magistratura competente, alla ispezione tecnica del materiale rotabile, in composizione al treno MIR 63887 (Fig. 29) incidentato e non interessato da effetti dello svio iniziato nella Stazione di Montesanto e conclusosi nella Stazione di Portomaggiore (Fig. 30).

Il sopralluogo nel Deposito Materiale Rotabile di Ferrara ha permesso l'ispezione dei 9 carri, in composizione al treno MIR n. 63877, non interessati dagli effetti dello svio (Fig. 31). La sequenza di stazionamento dei carri, rilevata in collaborazione con gli Agenti della PolFer di Ferrara, non ha trovato riscontro con quanto descritto nei Documenti Treno. Conseguentemente è risultato non agevole verificare tracce indicanti eventuali sovrapposizioni dei piattelli dei respingenti.

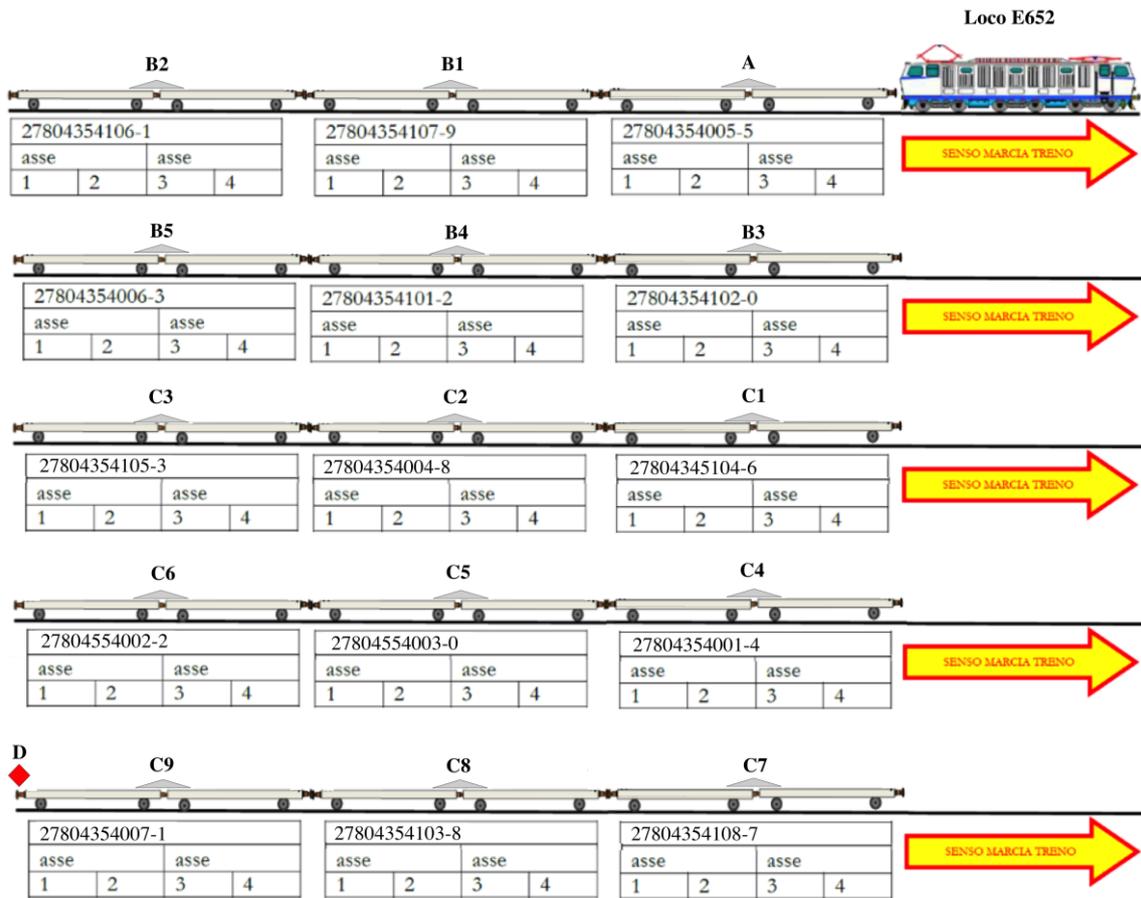


Figura 29 – Materiale rotabile coinvolto nello svio in corretta composizione, descritta nei Documenti Treno; A: carro rimasto collegato alla locomotiva a seguito dello svio; da B1 a B5: carri distrutti nell’evento di svio; da C1 a C9: carri non coinvolti nell’evento di svio; D: posizione della lanterna rossa di segnalamento protezione coda del treno, ritrovata sulla sede ferroviaria nella Stazione di Montesanto (Fonte: MIR ed elaborazione DiGIFeMa)

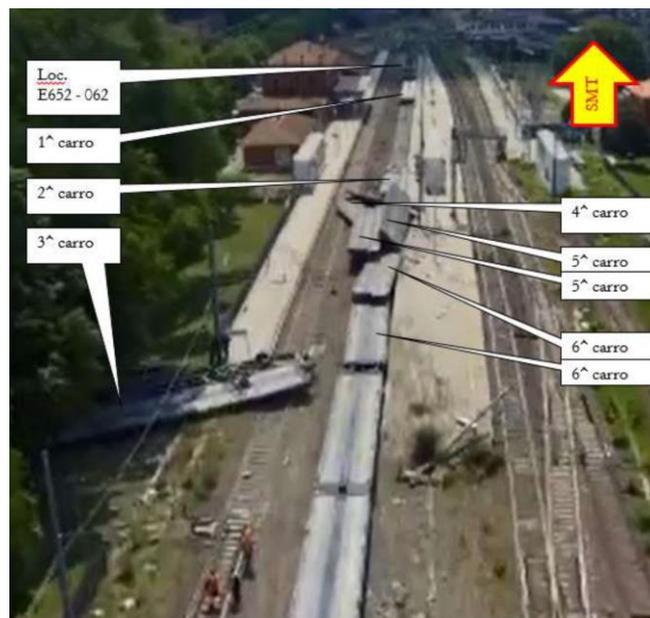


Figura 30 – Stazione di Portomaggiore: posizione del materiale rotabile in composizione al treno MIR n. 63887 al termine della marcia e coinvolto nell’evento di svio (Fonte: MIR)



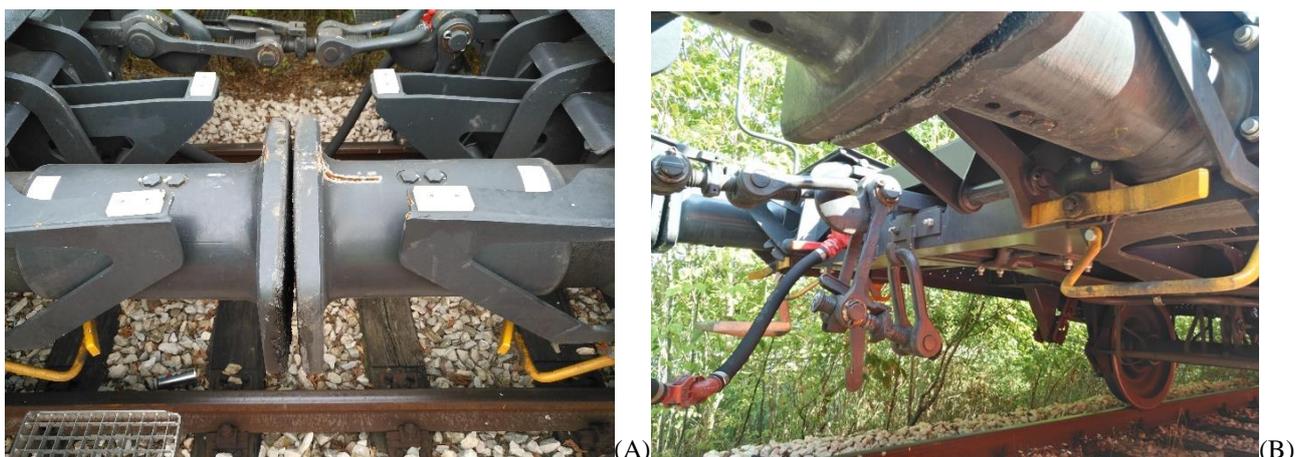
*Figura 31 – Stazione di Ferrara, Deposito Materiale Rotabile: 9 carri in composizione al treno MIR 63877 non interessati dagli effetti dello svio (Fonte: DiGIFeMa)*

Nella maggioranza dei casi alcune tracce sono state evidenziate in forma di abrasioni ossidate esclusivamente sulla parte superiore del cilindro del respingente, non riscontrando alcuna corrispondenza di altre marcature correlabili nella parte inferiore del piattello o del cilindro del dispositivo di repulsione appartenente al carro adiacente. Si può pertanto solo ipotizzare che la sovrapposizione dei dispositivi di repulsione appartenenti a tale materiale rotabile non sia ascrivibile come causa diretta di sviluppo dello svio ma, se avvenuta, come effetto conseguente ad una marcia non perfettamente stabile e peraltro non comprovata poiché i carri sono risultati a posteriori dell'evento di svio, non interessati da alcun danno.

In particolare è possibile riepilogare che tutti i nove carri (n.01, ..., n.09, così denominati in base alla composizione di trasferimento nel deposito della Stazione di Ferrara) e di proprietà della TW, appaiono visivamente in buone condizioni: sospensioni a balestra e carter delle boccole (Fig. 32), cerchi di rotolamento delle ruote, collegamenti di trascinamento e di repulsione tra semi-carri dello stesso carro e tra carri adiacenti (Fig. 33).



*Figura 32 - Stazione di Ferrara, Deposito Materiale Rotabile: stato strutturale delle sospensioni a balestra, dei carter delle boccole e dei cerchi di rotolamento delle ruote di uno dei 9 carri in composizione al treno MIR n. 63877 non interessati dagli effetti dello svio (Fonte: DiGIFeMa)*



*Figura 33 - Stazione di Ferrara, Deposito Materiale Rotabile: abrasioni ossidate sui piattelli e sui cilindri dei respingenti di uno dei 9 carri in composizione al treno MIR n. 63877 non interessati dagli effetti dello svio sulle superfici superiori (A) del dispositivo ma assenti sulle superfici inferiori (B) del dispositivo gemello appartenete a carro adiacente (Fonte: DiGIFeMa)*

Alcune abrasioni sono presenti su due complessi di repulsione tra i carri n.14 e n.15 e tra i carri n.07 e n.08, ma la loro posizione (come già affermato, tutte le abrasioni sono evidenti solo sulla parte superiore del cilindro portante del respingente) non è compatibile con un eventuale sormonto verticale o laterale dei piattelli dei respingenti. Una possibile spiegazione della presenza di tali marcature è indirizzabile al contatto forzato dei dispositivi respingenti con le piastre ribaltabili di attraversamento tra due carri (Fig. 34) per oscillazioni verticali dei rotabili durante il transito nella Stazione di Montesanto. Tutti i carri recavano i dati identificativi su piastrine applicate mediante punzonatura ai longheroni dei telai (Fig. 35): le iscrizioni hanno mostrato la recentissima data di inizio dell'esercizio.



*Figura 34 - Stazione di Ferrara, Deposito Materiale Rotabile: stato strutturale della zona di contatto tra i dispositivi di repulsione e le piastre di attraversamento tra due carri di uno dei 9 carri in composizione al treno MIR n. 63877 non interessati dagli effetti dello svio (Fonte: DiGIFeMa)*

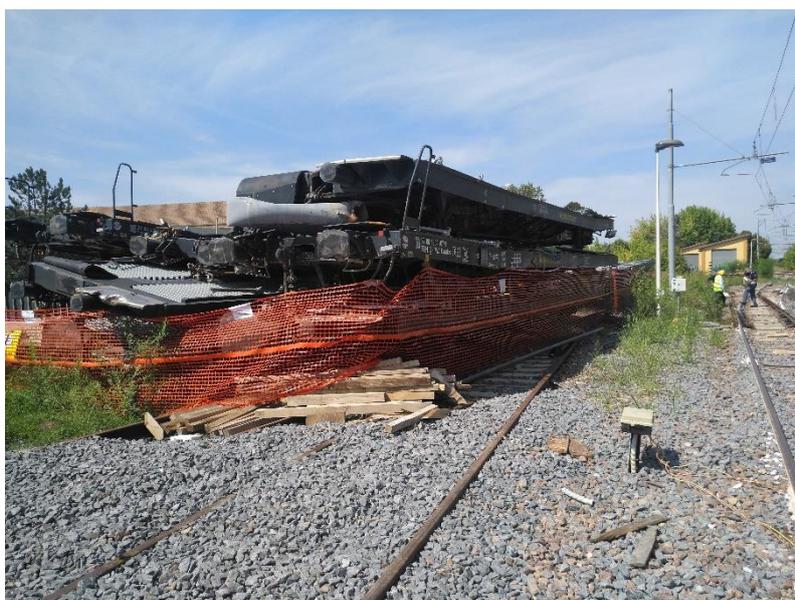


*Figura 35 - Stazione di Ferrara, Deposito Materiale Rotabile: dati identificativi su piastrine applicate mediante punzonatura ai longheroni dei telai di uno dei 9 carri in composizione al treno MIR n. 63877 non interessati dagli effetti dello svio (Fonte: DiGIFeMa)*

La sequenza dei carri rilevata durante il sopralluogo è la seguente:

- Carro n.01, ma in composizione treno MIR n. 63887 n.12;
- Carro n.02, ma in composizione treno MIR n. 63887 n.13;
- Carro n.03, ma in composizione treno MIR n. 63887 n.14;
- Carro n.04, ma in composizione treno MIR n. 63887 n.15;
- Carro n.05, ma in composizione treno MIR n. 63887 n.07;
- Carro n.06, ma in composizione treno MIR n. 63887 n.08;
- Carro n.07, ma in composizione treno MIR n. 63887 n.09;
- Carro n.08, ma in composizione treno MIR n. 63887 n.10;
- Carro n.09, ma in composizione treno MIR n. 63887 n.11.

I carri interessati dallo svio sono stati oggetto di ispezione nella Stazione di Portomaggiore. A causa dello stato di distruzione e di conservazione (costipati e ammassati in pila) di questo materiale rotabile la DiGIFeMa ha potuto evidenziare solo modesti elementi utili alla analisi del problema (Fig. 36).



*Figura 36 – Stazione di Portomaggiore: stato di conservazione del materiale rotabile trainato (5 carri) ed interessato dall'evento di svio in composizione al treno MIR 63887 (Fonte: DiGIFeMa)*

L'ultima ispezione, effettuata nel Deposito Materiale Rotabile della Stazione di Ravenna, è stata indirizzata ad appurare lo stato strutturale e funzionale della locomotiva E652.062 e del primo carro in composizione al treno. Sulla locomotiva, risulta immediata l'evidenza del distacco del secondo pantografo smt (Fig. 37) e della conseguente sua caduta con strisciamento sulla parte alta e terminale della locomotiva.

Sul primo semi-carro i respingenti presentano alcune tracce di abrasione e rigature ossidate sui cilindri e di lieve inflessione dei piattelli sulle superfici inferiori (Fig. 38), che potrebbero indicare una eventuale sovrapposizione (accavallamento) di tali parti con gli omologhi dispositivi appartenenti alla parte terminale della locomotiva, a seguito del moto irregolare (non più sul binario) del rotabile trainato durante l'ingresso nella Stazione di Portomaggiore.

Altre tracce, abrasioni e martellamenti, sono state rilevate sui respingenti del primo carro, secondo semi-carro, sulla superficie inferiore del cilindro e sul piattello. La eventualità di una sovrapposizione tra i respingenti (Fig. 39) del secondo semi-carro appartenente al primo carro, marciante con l'"asse 1" sviato (quarto assile, smt), con i corrispondenti dispositivi del primo semi-carro appartenente al secondo carro (smt), sono risultate altresì impossibili da verificare poiché proprio il secondo carro è rimasto praticamente distrutto nell'evolversi degli sviluppi cinematici di svio nella stazione di Portomaggiore.



*Figura 37 – Stazione di Ravenna, Deposito Materiale Rotabile: locomotiva E652.062 062, tracce del distacco del pantografo e della caduta della linea aerea TE sul frontale del rotabile (Fonte: DiGIFeMa)*

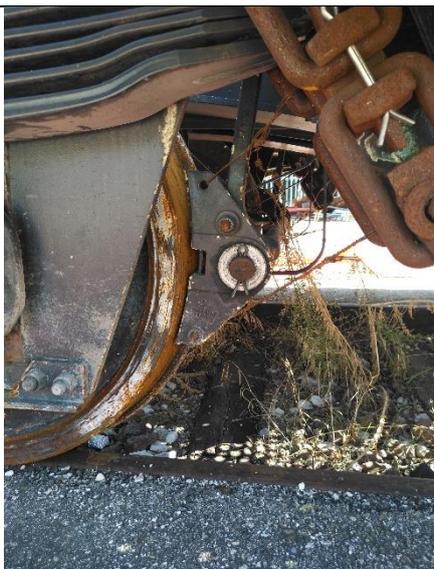


*Figura 38 – Stazione di Ravenna, Deposito Materiale Rotabile: abrasioni ossidate sulle parti superiori dei piattelli e dei cilindri dei respingenti anteriori del primo carro (primo semi-carro) in composizione al treno, direttamente collegato alla locomotiva (Fonte: DiGIFeMa)*



*Figura 39 – Stazione di Ravenna, Deposito Materiale Rotabile: abrasioni ed zone esposte ad azione di martellamento ossidate sulle parti inferiori dei piattelli e dei cilindri dei respingenti del primo carro in composizione al treno MIR n. 63877 (Fonte: DiGIFeMa)*

L'osservazione delle parti del rodiggio del primo carro ("asse 1" ed "asse 2") ha evidenziato segni di marcia sulla massicciata di entità maggiore rispetto a quelli riscontrabili sulle ruote relative all'"asse 3" ed all'"asse 4". Il livello più marcato di degrado delle superfici di rotolamento delle ruote dell'"asse 1", con estrema probabilità, è riconducibile al prolungato continuativo urto contro le traverse, i dispositivi di collegamento con le rotaie, le strutture stradali dei PL ed i deviatori della Stazione di Montesanto e della Stazione di Portomaggiore. Anche questa evidenza tenderebbe ad indicare l'"asse 1", avente ruote con fasce di rotolamento maggiormente deteriorate, come il primo assile ad essere sviato nella Stazione di Montesanto (Fig. 40).



*Figura 40 – Stazione di Ravenna, Deposito Materiale Rotabile: ispezione tecnica al secondo semi-carro; i cerchi ruota del quarto assile risultano completamente degradati da urti e martellamenti continui sviluppati durante la marcia non più sul binario ma sulla massicciata; il moto non regolare deforma anche le lamine della sospensione (Fonte: DiGIFeMa).*

In corrispondenza dell'”asse 1” e precisamente sul lato sinistro (smt), si notano alcuni elementi a lamina delle sospensioni (sospensioni ad unico stadio “a balestra”), leggermente inflessi in modo non conforme. Sulla parte inferiore di questa sospensione, la boccola relativa alla ruota sinistra (smt) presenta sul piattello di chiusura delle rigature, probabilmente, generate durante l’ingresso nella Stazione di Portomaggiore da urti contro la banchina posta tra il Binario II ed il Binario III (Fig. 41). Tali considerazioni possono essere ipotizzate per la presenza di evidenti inflessioni permanenti delle travi longitudinali (longheroni) della strutturale portante (Fig. 42) del secondo semi-carro sul lato sinistro (smt), probabilmente dovute ad impatti contro strutture portanti della LTE od altre infrastrutture adiacenti al binario.



*Figura 41 – Stazione di Ravenna, Deposito Materiale Rotabile: ispezione tecnica al secondo semi-carro; boccola relativa alla ruota destra dell'”asse 1” recante sul piattello di chiusura segni di urti e rigature, probabilmente, generati durante l’ingresso nella Stazione di Portomaggiore e precisamente contro la banchina posta tra il Binario II ed il Binario III (Fonte: DiGIFeMa).*

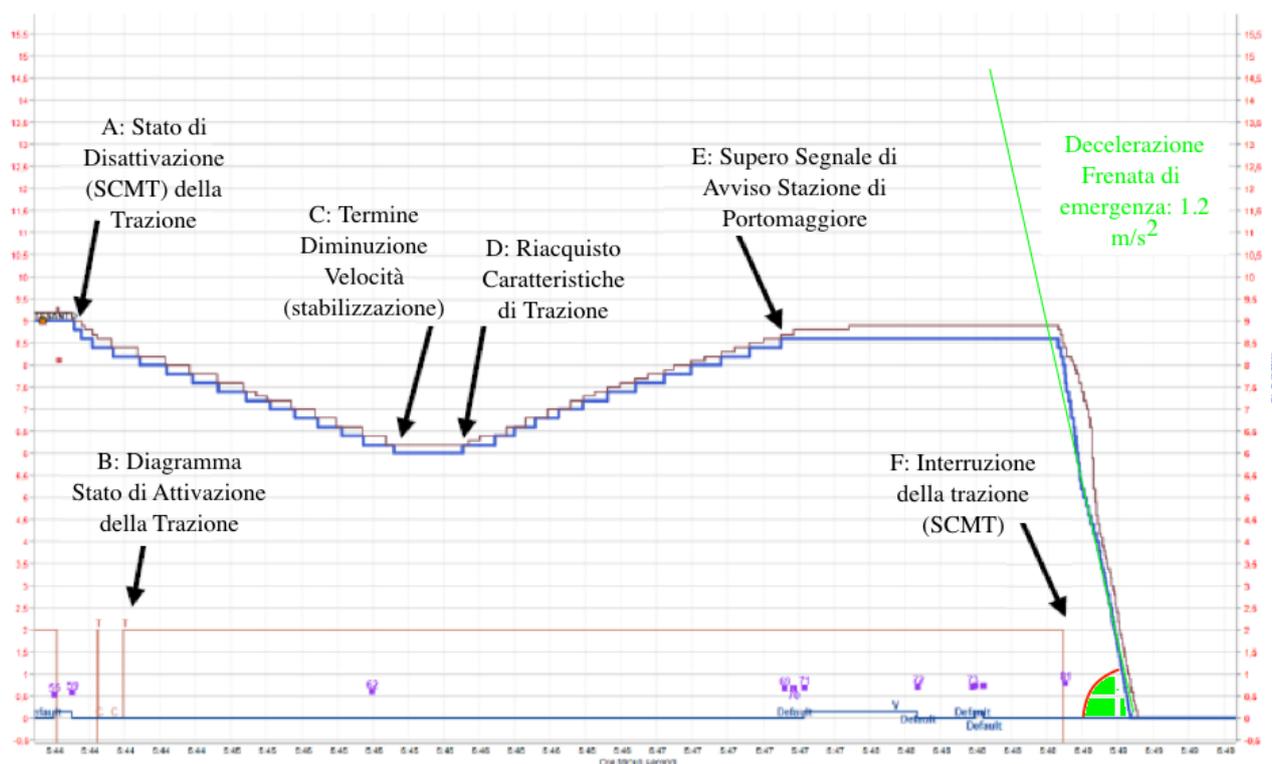


*Figura 42 – Stazione di Ravenna, Deposito Materiale Rotabile; ispezione al primo carro in composizione al treno MIR 63887: inflessioni delle travi longitudinali (longheroni) presenti sulla strutturale portante del secondo semi-carro sul lato sinistro (Fonte: DiGIFeMa)*

DiGIFeMa ha ricevuto informazione che, a seguito di autorizzazione da parte della Autorità Giudiziaria Competente, misurazioni delle grandezze geometriche fondamentali dei profili delle ruote sono state effettuate da tecnici della IF e del Detentore dei carri TW: i rilievi non hanno evidenziato non conformità.

Le registrazioni della ZTE e del DIS, in relazione al comportamento cinematico del convoglio sono state fornite alla DiGIFeMa dalla IF MIR. L'analisi dei tracciati (Fig. 43) è stata condotta in modo estremamente puntuale, evidenziando differenze tra i dati registrati dalla ZTE e dal DIS e verificandone l'interpretazione fornita dagli stessi tecnici della IF. Il percorso del treno MIR n. 63887 si è sviluppato in modo regolare, con partenza dalla Stazione di Ferrara (ore 5:26) fino al raggiungimento della velocità di circa 90 km/h nel transito in corrispondenza del segnale di avviso della Stazione di Montesanto (ore 5:42 circa) con aspetto a via libera. In questo intervallo di tempo la leva della trazione (T sul diagramma ZTE) è sempre stata impostata sulla posizione LC. Il convoglio attraversa la Stazione di Montesanto mantenendo la velocità di circa 90 km/h e superando il PL 55, collegato al segnale di partenza della stazione, anch'esso disposto a via libera. Contestualmente è registrato un supero di velocità che porta il sistema SCMT ad inserire la frenatura automatica, con conseguente "taglio della trazione" (ore 5:44 circa) e diminuzione progressiva della velocità fino a circa 85 km/h. Il personale di condotta annulla tali effetti dopo circa 22 secondi ed il convoglio ritorna con la locomotiva in trazione. Nonostante il ripristino delle condizioni di marcia originarie e precedenti all'intervento del SCMT, il treno continua a diminuire la sua velocità, transitando circa alla metà della distanza tra la Stazione di Montesanto e la Stazione di Portomaggiore con una velocità di 30÷35 km/h inferiore a quella comandata. Ad iniziare da tale istante, in assenza di alcun intervento dell'AdC, il treno inizia a riacquisire la velocità iniziale di 90 km/h. Alla velocità di 86 km/h, il convoglio supera (ore 5:47) il PL71 correlato al segnale di avviso della Stazione di Portomaggiore, proponente aspetto a via libera e sette minuti più tardi, a velocità invariata, viene attraversato il PL 74, connesso al segnale di protezione della stazione di Portomaggiore, anch'esso disposto a via libera. L'interpretazione dei tecnici della IF MIR fa notare che esistono lievi differenze tra le registrazioni della ZTE e del DIS, che comunque non comportano difficoltà o contrasti nella ricostruzione degli avvenimenti. Il treno MIR n.63887 entra in Stazione di Portomaggiore (ore 5:49 circa). Durante il transito sui deviatori di ingresso (1B, 3B, 5B), il convoglio diminuisce repentinamente la velocità e lo stato della trazione passa in "Non Valido", per

la contemporanea presenza della leva LC di trazione in posizione diversa da “0”. Probabilmente lo spezzamento del convoglio (e della condotta principale) blocca il moto dei carri trainati, in parte distrutti e in parte rimasti sul binario e non coinvolti dagli effetti dello svio. La locomotiva termina la marcia per azionamento della frenatura elettrica, comandata da parte dell’AdC. Il treno (ore 5:50 circa) risulta fermo, dopo aver percorso circa 300 m con una decelerazione media di  $1.1 \div 1.2 \text{ m/s}^2$ . È bene precisare che dalla lettura della ZTE è possibile rilevare solo due stati della leva LC, coincidenti con la posizione “0” e con una posizione diversa da “0”, non è quindi possibile rilevare le posizioni intermedie per poter risalire all’entità della corrente richiesta per la trazione e quindi alla coppia erogata alle ruote.



*Figura 43 - Estratto della registrazione tachigrafica (ZTE) e su dispositivo DIS installati sulla locomotiva 652.062: continuazione della marcia per l'intervallo di tempo impiegato a raggiungere e a percorrere circa 300 m all'interno della Stazione di Portomaggiore prima di terminare il moto con una decelerazione (di emergenza) di circa  $1.1 \div 1.2 \text{ m/s}^2$  (Fonte: MIR ed elaborazione DiGIFeMa)*

Considerando l'andamento rettilineo e praticamente orizzontale della linea (così come emerge dalla descrizione del FL85: linea con ascesa in diminuzione ad iniziare in località Gaibanella, dal valore 4‰ al valore compreso tra 3‰ e 1‰ nella Stazione di Portomaggiore), la lettura della ZTE non permette l'emergere di elementi oggettivi (modifica dello sforzo di trazione applicato o rimozione delle resistenze al moto) per motivare una riacquistata capacità all'aumento della velocità. Esistendo un evento cinematico che produce una resistenza addizionale all'avanzamento (in questo caso, l'“asse 1” marciante sulla massicciata e soggetto ad una continuativa condizione di urto ripetuto contro elementi della sede ferroviaria), le cause dell'incremento della velocità fino a circa 90 km/h (velocità di ingresso nella Stazione di Portomaggiore), sono difficilmente realizzabili, a meno di non ipotizzare un improbabile recupero della corretta posizione sul binario da parte dell'assile sviato oppure una estrema e non controllabile dilazione temporale nella erogazione della potenza di trazione della locomotiva E652.062 (peraltro ripristinata da parte del AdC a seguito dell'intervento dell'SCMT dopo il transito nella Stazione di Montesanto).

Un riepilogo delle fasi fondamentali della cinematica dello svio può essere sintetizzato in forma tabellare (Tab. 1).

Punto individuato	Descrizione	tempo [hh:mm:ss]	Velocità sensori DIS [km/h]	Velocità presentata al PdM [km/h]	Spazio percorso dall'attivazione SCMT [m]
6	Supero del PI 55 collegato al segnale di partenza della stazione di Montesanto di aspetto verde	05:44:10,00	90	93	17121
7	supero della velocità di Allerta con attivazione taglio trazione e frenatura elettrica	05:44:11,00	90	93	17140
8	Inizio decelerazione	05:44:15,70	88	90	17261
9	SCMT disattiva la frenatura elettrica	05:44:16,00	88	90	17267
10	L'agente di condotta ripropone la trazione	05:44:29,80	82	84	17601
11	La velocità smette di diminuire e si stabilizza con locomotiva in trazione	05:45:45,80	60	62	19135
12	La velocità inizia ad aumentare	05:46:05,40	62	62	19467
13	velocità si stabilizza	05:47:35,00	86	87	21344
14	Supero PI 71, segnale avviso di Portomaggiore di aspetto verde	05:47:41,50	86	88	21501
15	Supero PI 74 segnale protezione di Portomaggiore di aspetto verde	05:48:29,80	86	89	22688
16	Inizio decelerazione	05:48:53,10	84	88	23261
17	Attivazione della frenatura da parte dell'agente di condotta	05:48:54,70	80	85	23302
18a	Treno fermo secondo la velocità DIS	05:49:13,70	0	7	23541
18b	Treno fermo secondo la velocità presentata al PdM	05:49:15,60	0	0	23541

Tabella 1 – Riepilogo degli eventi (Fonte: MIR)

### 3.5. Documentazione del sistema di esercizio

#### 3.5.1. Provvedimenti adottati dal personale per il controllo del traffico ed il segnalamento

Così come descritto nel Rapporto Informativo di RFI, a seguito dello svio, il DCO della linea ha sospeso la circolazione dei treni in ambito Portomaggiore, da e per tutte le destinazioni ed ha avvisato dell'accaduto il DCCM di Bologna.

Questo ha provveduto ad estendere gli avvisi alle strutture interessate. La circolazione sulla linea Ferrara-Ravenna è rimasta interrotta sulle tratte tra la Stazione di Ferrara e la Stazione di Argenta così come gli arrivi e le partenze verso la linea FER Portomaggiore-Bologna, fino al ripristino completo della infrastruttura nella Stazione di Montesanto e di Portomaggiore.

#### 3.5.2. Scambio di messaggi verbali in relazione all'evento

L'analisi della Documentazione Treno (Scheda Treno, Modulo M40 ed allegati) non evidenzia prescrizioni di rallentamento sulla tratta di linea interessata dallo svio, tra la Stazione di Montesanto e la Stazione di Portomaggiore.

Alle ore 5:50 circa, il treno MIR n. 63887 entra nella Stazione di Portomaggiore ove conclude la sua marcia a causa di 6 carri sviati. La prima comunicazione dell'evento è emessa dall'AdC dello stesso treno. Degli sviluppi è informato, mediante messaggio telefonico il DCO della linea, al quale viene opportunamente indicato di sospendere la circolazione dei treni. Con medesime modalità sono stati estesi gli avvisi dell'accaduto al DCCM di Bologna e alle SO interessate alla manutenzione ed al ripristino dell'esercizio, appartenenti alla IF ed al GI. In seguito alla diramazione degli avvisi,

sono intervenuti sul luogo dell'incidente il Direttore della DTP di Bologna, il RUT e i tre CUM di giurisdizione.

### 3.5.3. *Provvedimenti adottati a tutela e salvaguardia del sito dell'evento*

A causa dello svio, la circolazione è stata interrotta e sono stati attivati servizi sostitutivi con autobus tra la Stazione di Montesanto, la Stazione di Portomaggiore e la Stazione di Argenta.

La tutela e la salvaguardia del luogo, dove hanno terminato la corsa i carri coinvolti nello svio, sono state assicurate da Carabinieri, da PolFer e dall'Unità 118 (allertata dai Carabinieri in via precauzionale).

I tecnici dell'IF hanno ispezionato il materiale rotabile incidentato ed i veicoli trainati non coinvolti nell'evento. A conclusione di tali verifiche è stata suggerita l' idoneità alla circolazione dei carri non sviati. Per tutti i carri in composizione al convoglio, quindi anche sul materiale incidentato che ne permetteva l'ispezione, è stata verificata la presenza di grasso sui piattelli dei respingenti e sui dispositivi di compressione e repulsione longitudinale (tenditori). Per i carri non sviati, sebbene in modo esclusivamente visivo, è stata stimata la conformità delle fasce di rotolamento delle ruote e delle aste di traino.

L'Autorità Giudiziaria presente in tutte le fasi delle verifiche tecniche, ha autorizzato il GI alle attività di rimozione del binario danneggiato dai veicoli sviati, con lo scopo di ripristinare in tempi rapidi la linea di alimentazione elettrica della trazione, gli impianti di segnalamento della Stazione di Portomaggiore ed i dispositivi di variazione degli itinerari (deviatoi). Con l'ausilio dei tecnici della IF TI, sono stati "rialzati" ed assicurati gli assili sviati del primo carro rimasto in composizione alla locomotiva. Un carro soccorso, sempre della IF TI, ha provveduto alla rimozione ed al traghettamento della locomotiva E652.062 e del primo carro in composizione al treno nel Deposito Materiale Rotabile della Stazione di Ravenna, ove sono stati posti in stato di sequestro giudiziario per accertamenti tecnici. Un mezzo di trazione Diesel della IF Dinazzano Po ha provveduto allo spostamento dei nove carri non coinvolti nello svio nel Deposito della Stazione di Ferrara, sottoposti anch'essi a custodia giudiziaria. Al termine della giornata, due gru stradali sono state utilizzate per la rimozione ed accatastamento dei resti del materiale trainato incidentato (dal secondo carro al sesto carro in composizione al treno) in zona protetta. Anche questo materiale rotabile incidentato è stato posto in stato di sequestro giudiziario per accertamenti tecnici. Nella Stazione di Portomaggiore è stata quindi avviata e completata l'attività manutentiva e di ripristino della sede ferroviaria da parte dei tecnici del GI. Le evidenze rilevate sul binario proveniente dalla Stazione di Montesanto, hanno condotto i tecnici del GI e della IF ad identificare la progressiva di inizio dello svio. I colloqui intercorsi con i tecnici del GI hanno permesso alla DiGIFeMa di comprendere che in Stazione di Montesanto, per una estensione in lunghezza della linea di circa 2000 m, il rilievo delle grandezze geometriche fondamentali del binario, effettuato dalla Carrozza Diagnostica Talete in data 29 maggio 2018 (Fig. 44), precisa tracce di slineamento verticale delle rotaie per almeno due progressive di misura. Tali tracce sono identificabili in corrispondenza del FV della Stazione, quindi proprio ove si è identificata la progressiva di inizio dello svio. Si deve comunque osservare che le misure di geometria del binario, a parere dei tecnici del GI, non appaiono definire un superamento dei limiti di conformità del livello verticale per entrambe le rotaie (18 mm circa di dislivello verticale del pdf). Tali misure sono state ripetute (Fig. 45) con mezzo d'opera in data 3 luglio 2018. A seguito di tali evidenze il GI ha attivato le consolidate procedure di manutenzione e di ripristino della regolare geometria del binario.

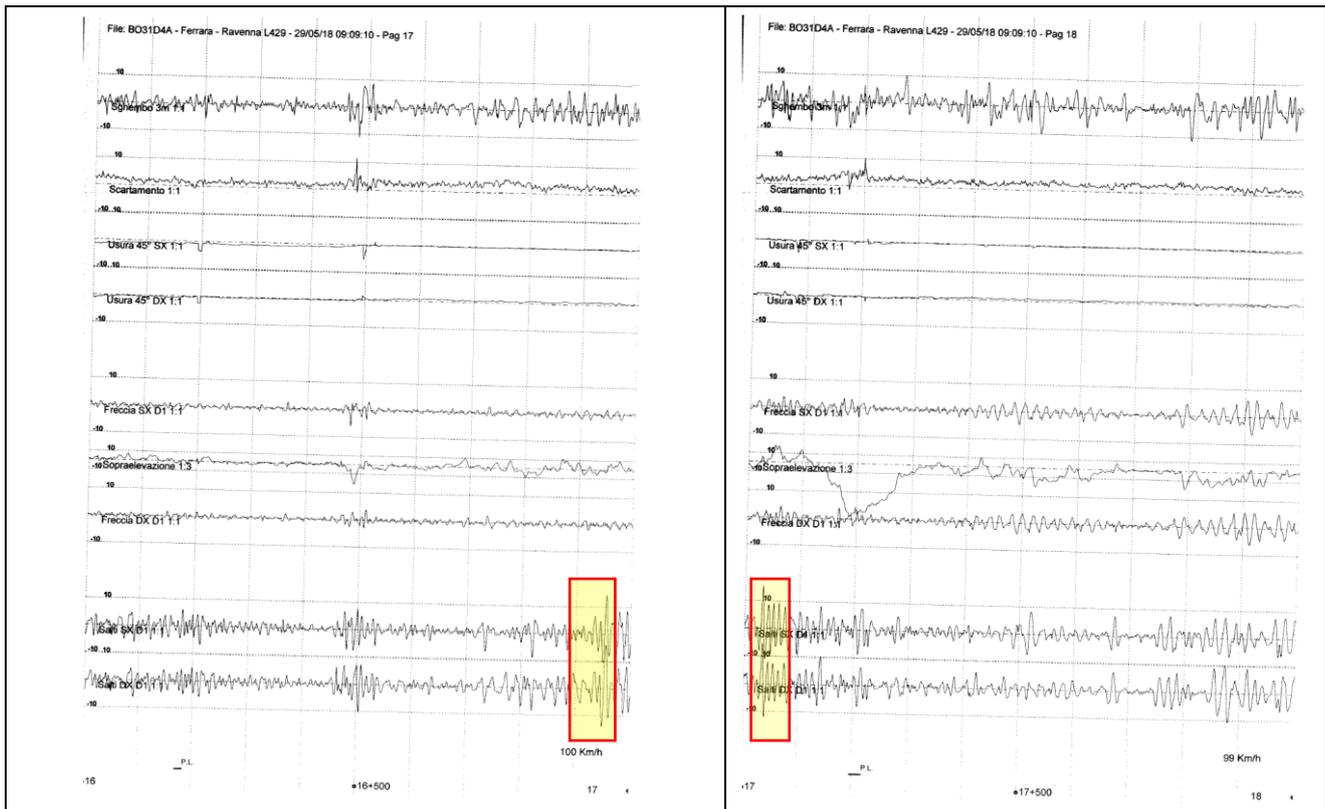


Figura 44 – Misure di geometria del binario in località Stazione di Montesanto effettuate con carrozza di Misura Diagnostica Talete (ad una velocità di rilievo di 100 km/h) il 29 maggio 2018: in evidenza zone di slineamento verticale (Fonte: RFI)

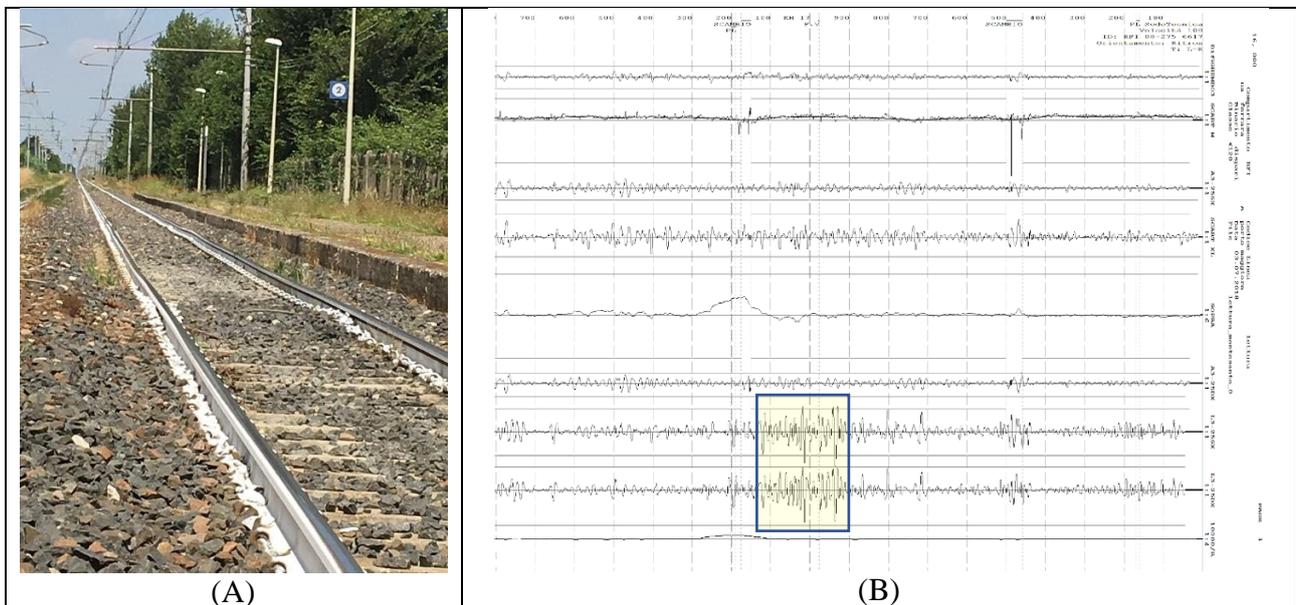


Figura 45 – Stato della geometria del binario alla data seguente (03 luglio 2018) a quella dello svio, prima delle attività di manutenzione (A) e misure di geometria del binario (B) in località Stazione di Montesanto effettuate con carro di manutenzione (mezzo d'opera) il (Fonte: RFI)

### 3.6. Interfaccia uomo-macchina-organizzazione

#### 3.6.1. Tempo lavorativo del personale coinvolto

Le informazioni rese dalla IF MIR alla DiGiFeMa attestano che i due AdC hanno mantenuto una tempistica di lavoro (alternanza di periodi di riposo e periodi di impiego in condotta convogli) coerente con le direttive e le normative prefissate, sulla base delle indicazioni contenute nella “Relazione della Commissione al Parlamento Europeo e al Consiglio, Attuazione della Direttiva 2005/47/ce del Consiglio, del 18 luglio 2005, concernente l’accordo tra CER ed ETF su taluni aspetti delle condizioni di lavoro dei lavoratori mobili che effettuano servizi di interoperabilità transfrontaliera nel settore ferroviario”. Si deve notare che dal registro di occupazione lavorativa emergono anche le giornate informative e di mantenimento delle competenze, sviluppate anche nella mensilità precedente al periodo di accadimento dell’evento incidentale.

#### 3.6.2. Circostanze personali e mediche che possono aver influenzato l’evento

DiGiFeMa non ha notizie in merito a circostanze personali o mediche, riferibili a tutto il personale afferente al GI oppure alla IF che, a vario titolo coinvolto, abbia avuto parte nella genesi delle cause dell’evento di svio. Per le informazioni inviate dalla IF MIR, è confermato che dal giorno 1 gennaio 2017 non sono stati avviati procedimenti disciplinari nei confronti degli AdC in servizio sul treno MIR n. 63887. In particolare gli AdC sono risultati conformi ai test psico-fisico-attitudinali, ricevendo l’idoneità alla mansione della condotta ferroviaria di convogli (Operatore Condotta Mezzi tipo F) in trazione anche con locomotive tipo E652.

#### 3.6.3. Architettura degli impianti aventi un’incidenza sull’interfaccia uomo-macchina-organizzazione

La Linea Ferrara – Ravenna, interessata dall’evento di svio, nella tratta tra la Stazione di Montesanto e la Stazione di Portomaggiore, presenta le seguenti caratteristiche:

- semplice binario, elettrificata a corrente continua (3kV), attrezzata con “boe” SCMT;
- esercizio con DCO in sede a Bologna Roveri per la tratta Ferrara-Bivio Rivana (Rete FER);
- esercizio con DCO in sede a Bologna C.le per la tratta Bivio Rivana-Ravenna (Rete RFI);
- regime di circolazione di tipo blocco elettrico conta assi.

Il convoglio MIR n. 63887 reca le seguenti caratteristiche (Documenti Schede Treno):

- velocità massima: 100 km/h;
- % massa frenata: 94%;
- massa rimorchiata: 427 t;
- lunghezza: 501 m;
- freno: tipo P;
- rango di velocità: tipo A;
- movimentazione: locomotiva E652.062, in posizione di traino
- in composizione: 15 veicoli Laadrs (09L) vuoti
- SSB tipo SCMT: congruente con il SST.

L’interfaccia uomo-macchina è rappresentata dal sistema di visualizzazione dello stato funzionale di comando e controllo del SSB relativo all’SCMT. Gli SSB e SST relativi all’SCMT, durante il periodo di genesi dell’evento di svio, sono risultati attivati ed operativi. Lo stato di funzionalità dei sottosistemi è derivato dalla elaborazione a bordo del rotabile di trazione dei segnali trasmessi dalle “boe” di controllo poste sulla sede ferroviaria e dal memorizzato intervento in marcia presso la Stazione di Montesanto. Le “boe” di emissione dei segnali sono ubicate sulla linea e fissate nella mezzera delle traverse. I segnali ricevuti ed elaborati dal SSB della locomotiva E652 sono visualizzati in cabina di guida su video e in caso di eventi particolari anche in modalità di emissione acustica di allarme. I pannelli video sono ubicati sul banco di comando e controllo della marcia del rotabile, in posizione adatta ad una visione efficace da parte dell’AdC e le comunicazioni utili alla condotta sono costituite da valori, indicazioni luminose a colore variabile oppure da veri e propri

messaggi, indirizzati ad una quanto più immediata risposta decisionale da parte dell'AdC. Per le informazioni poste a conoscenza della DiGIFeMa dalla IF MIR, questo tipo di interfaccia uomo-macchina non è predisposta ad evidenziare un evento di svio nella sua condizione iniziale oppure gli sviluppi distruttivi della marcia non conforme dei carri effettuata sul sedime ferroviario e non sul binario. La funzionalità dell'interfaccia di comando e controllo dell'SSB è apparsa operativa poiché come risposta all'intervento di frenatura comandato dall'SCMT, descritto in precedenza, è seguita l'immediata segnalazione all'AdC in cabina e l'attività di ripristino delle iniziali condizioni di trazione. Tuttavia, sebbene non necessariamente manifesta di una condizione di svio, la registrazione dei dispositivi ZTE e DIS traccia una diminuzione di velocità durante la marcia nella tratta tra la Stazione di Montesanto e la Stazione di Portomaggiore. Poiché la tratta di linea non presenta variazioni consistenti di livelletta o curve di raggio modesto, tali da generare decadimenti di energia cinetica, la diminuzione progressiva della velocità non può che essere interpretata come prodotta da causa esterna alla condotta (reazione al moto di trazione) generabile ad esempio da una sala sviata, in rotolamento anomalo sulla massicciata e soggetta ad urti periodici contro traverse oppure altri enti di linea (deviatoi, intersezioni stradali di passaggi a livello), oppure da incontrollato e non comandato serraggio di un dispositivo di frenatura. A tale proposito risulta estremamente indicativo, della difficoltà di individuare problemi cinematici dei rotabili in marcia, il fatto che gli AdC abbiano acquisito contezza dell'evento di svio solo in ingresso nella Stazione di Portomaggiore. Per le ipotesi e le relative considerazioni fin qui esposte nell'ambito dell'interfaccia uomo-macchina risulterebbe carente la modalità di segnalazione in cabina di guida agli AdC di un potenziale problema di marcia e più specificatamente alla detezione della condizione di svio. Un avviso di tale genere, inserito nel sistema di interfaccia uomo-macchina, con elevata probabilità avrebbe impedito al convoglio la continuazione del moto oltre la Stazione di Montesanto, mitigando i danni all'infrastruttura e al materiale rotabile.

Al binomio uomo-macchina finora analizzato si aggiunge l'organizzazione della sicurezza di esercizio: questa è fondamentalmente regolamentata dall'osservanza dell'SGS (documenti di Primo Livello, di Secondo Livello ed in particolare di Terzo Livello quali Procedure ed Istruzioni) propri delle IF e del GI. Adeguate misure di salvaguardia dell'esercizio ferroviario, delle persone e dell'ambiente, coinvolti nell'evento incidentale, sono previste e sono state poste in essere nel caso specifico nella Stazione di Portomaggiore e lungo tutta la linea interessata dallo svio. In generale nel periodo post-svio sulla linea Ferrara-Ravenna, l'interfaccia uomo-macchina-organizzazione è apparsa efficace nell'utilizzo di dispositivi di soccorso, di trasferimento dei messaggi, di attuazione delle procedure e delle istruzioni di soccorso e di attivazione della manutenzione. Di contro, i complessi fenomeni che sono alla base della meccanica dello svio, allorquando prodotti da alterazioni della struttura o della geometria della via, sono difficilmente evidenziabili con la necessaria tempestività e in minor misura indirizzabili alla generazione di dispositivi utili allo scopo. Ne consegue che allo stato della tecnica, una efficace ed efficiente opera di monitoraggio delle condizioni geometriche e funzionali della sede ferroviaria da parte del GI rimane l'unica metodologia applicabile per la prevenzione di eventi di svio come quello accaduto nella Stazione di Montesanto.

### 3.7. Eventi precedenti dello stesso tipo

Il GI ha informato DiGIFeMa che non risultano casi di incidente o pericolato precedenti all'evento di svio occorso sulla tratta Montesanto-Portomaggiore, similari per ipotizzate cause e per materiale rotabile coinvolto e per tipologia di linea. Tuttavia, in data 24 marzo 2019 il treno MIR n. 47003 è sviato in località Zagarolo (linea Roma-Cassino), sulla tratta tra la Stazione di Colonna Galleria e la Stazione di Zagarolo. La progressiva di svio è stata individuata circa presso il km 29+100 (Fig. 46).



*Figura 46 – Linea Roma-Cassino, tratta la Stazione di Colonna Galleria e la Stazione di Zagarolo (progressiva approssimativa di svio: km 29+100): tracce di sormonto sul fungo della rotaia prodotte dal rotolamento del bordino ruota in condizione di svio incipiente (Fonte: MIR).*

La linea è attrezzata per la trazione elettrica, a binario doppio. La circolazione è esercita mediante sistema BACC, comandata e controllata da DL. Il treno MIR n. 47003 ha in composizione carri adibiti al trasporto auto (carri “bisarca”). Il controllo della marcia del treno è assicurato mediante installazione sulla sede ferroviaria di boe SCMT. La IF MIR ed il GI RFI hanno considerato i danni prodotti dall’evento di svio. Lo svio non ha prodotto il ribaltamento di carri in composizione al treno. La IF MIR ha stimato un ammontare di costi per la manutenzione del materiale rotabile incidentato di poco inferiore a 150000 euro. Il GI ha stimato i danni alla sede ferroviaria, ad enti di linea ed al binario variabile fino a 2 milioni di euro. L’evento non ha prodotto lesioni all’AdC od a persone terze.

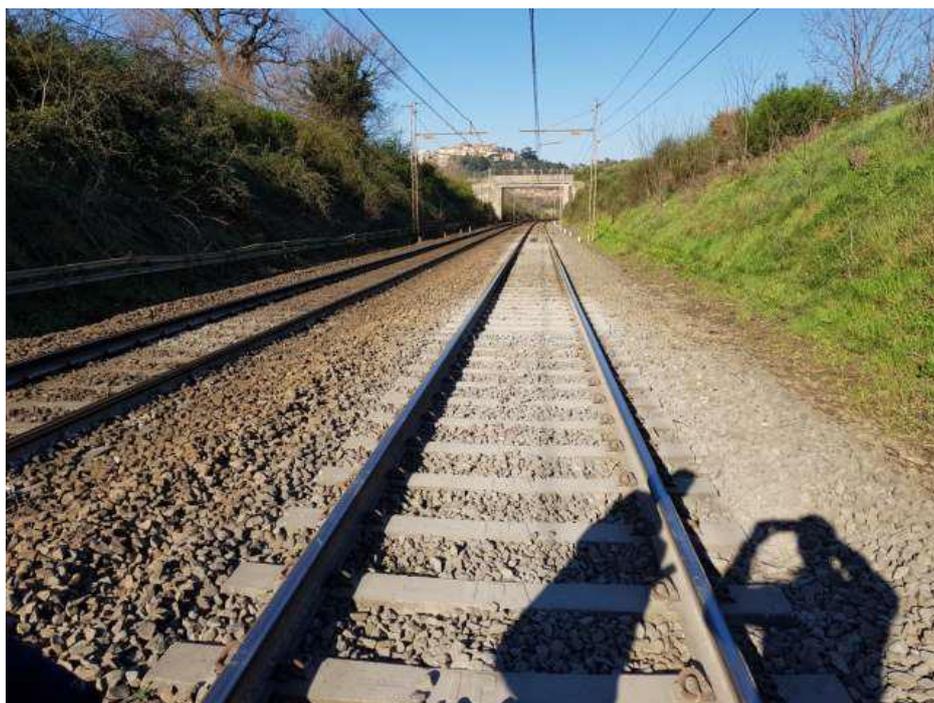
Dalla lettura del RI emesso dal GI emergono le operazioni di esercizio ed un riepilogo degli eventi relativi alla marcia del convoglio. Il treno inizia il trasferimento il giorno 23 marzo da Chiasso, avente destinazione Piedimonte: una locomotiva elettrica del gruppo E652 è posta al traino di una composizione di 19 veicoli adibiti al trasporto auto vuoti (massa trainata 448 t, lunghezza treno 517 m, massa frenata 74%). Alle ore 4:25 circa il convoglio transita sul binario dispari della Stazione di Zagarolo, alla velocità di 88 km/h. L’AdC avverte un contraccolpo (istantanea resistenza all’avanzamento) a cui segue l’apertura del dispositivo IR per assenza di alimentazione e comanda la frenatura rapida che induce all’arresto del treno. L’AdC è contattato dal DM di Zagarolo che comunica di stationare il treno per controlli. Alle ore 4:28 viene inviato il segnale di “prudenza generalizzato” da parte dell’AdC che chiede il blocco della circolazione sulla tratta per poter ispezionare il convoglio. L’AdC evidenzia lo svio degli ultimi due carri in composizione. Alle ore 4:40 circa, il DM è avvisato dell’evento e informato che parte dei due carri sviati occupano la sagoma del binario pari della linea. Il convoglio estende la sua composizione fino al km 36,00 circa. Ivi un palo della LTE risulta piegato dall’urto contro i due carri di coda sviati. La progressiva dello svio è stata successivamente identificata in un tratto rettilineo, posta circa al km 29+100, dove il treno è transitato alle ore 4:21 alla velocità di 88/90 km/h. Un primo sopralluogo effettuato da Funzionari DiGiFeMa ed il confronto tecnico con personale del GI e della IF ha permesso di ipotizzare un primo svio del carro ubicato in coda (tipo Laekks, codifica NEV 438342543701,

prossima scadenza di manutenzione programmata nel 2022), avente Detentore/SRM SITFA. Il RI ipotizza che al transito nella Stazione di Zagarolo, sia sviato anche il penultimo carro (tipo Laekks, codifica NEV 438342543180, prossima scadenza manutenzione programmata nel 2022), avente Detentore SRM SITFA. Il moto scomposto sulla massicciata ha prodotto l'urto contro il palo della LTE, provocando il successivo arresto del convoglio.

Sempre dalla lettura del RI si evince che, ad una prima ispezione, non sono stati rilevati cedimenti strutturali negli elementi dei rodiggi appartenenti agli ultimi due carri in composizione, ma marcature e segni riconducibili ad effetti dello svio e non a cause. A seguito dell'incidente il GI ha adottato Provvedimenti di Circolazione atti a sospendere l'esercizio sulla tratta ed a sostituire il trasporto passeggeri su rotaia con un servizio stradale fra la Stazione di Ciampino e la Stazione di Colferro. Un mezzo di soccorso è intervenuto sul sito dell'evento, circa alle ore 3:00 del 25 marzo ed il convoglio (comprensivo dei carri sviati) è stato ricoverato in località Stazione di Valmontone.

I Funzionari DiGIFeMa, intervenuti sul luogo dello svio hanno evidenziato una alternanza di zone a diversa colorazione (grigio chiaro) della massicciata. In tali zone (Fig. 47) sono stati riscontrati stati di contrazione verticale del livello della massicciata ed in alcuni casi, l'assenza di pietrisco nelle zone di contatto con le traverse.

Tale fenomeno risulta indicativo di stagnazione e di reflussi idrici misti ad argilla grigia. Alla contrazione verticale degli strati superficiali della massicciata si deve aggiungere (Fig. 48) un fenomeno di escavazione prodotto dalla traversa sulla massicciata, probabilmente generato dal moto irregolare verticale e trasversale dei carri in composizione al convoglio.



*Figura 47 – Linea Roma-Cassino, tratta Colonna Galleria-Zagarolo: in evidenza zone della massicciata a diversa colorazione (Fonte: MIR)*

Le evidenze ispettive della DiGIFeMa appaiono indicare che durante il transito del treno MIR n. 47003 nella tratta tra la Stazione di Colonna Galleria e la Stazione di Zagarolo si sia stabilita una condizione di abbondante afflusso di acqua mescolata ad argilla grigia sulla sede ferroviaria e negli strati sottostanti di posa della massicciata. L'evacuazione dei fluidi ristagnanti, probabilmente per "effetto pompaggio" dovuto al transito della locomotiva, ha prodotto zone ad alternata e diversa rigidità verticale della massicciata. È allora possibile ipotizzare che al successivo transito dei carri "bisarca" tale l'alternanza può aver generato una fonte di eccitazione al moto verticale e trasversale

dei rodiggi con l'instaurarsi di una condizione di risonanza sulle sospensioni dei veicoli e quindi di amplificazione dei moti oscillatori verticali. Quindi il moto verticale del sistema ruota-rotaia, divenuto instabile, può aver prodotto le condizioni di invito al sormonto della rotaia da parte di una ruota di un assile, producendo lo svio.



*Figura 48 – Line Roma-Cassino, Tratta Colonna Galleria-Zagarolo: in evidenza nelle zone della massicciata a diversa colorazione (grigio chiaro) la escavazione prodotta sui primi strati del sedime ferroviario all'intorno delle traverse e relativa contrazione dello strato superficiale della massicciata e disassamento della stessa traversa (Fonte: MIR)*

Gli approfondimenti tecnici richiesti dall'Agenzia al GI, menzionati nella sezione della normativa pertinente e correlati a quanto descritto sullo svio tra la Stazione di Galleria Colonna e la Stazione di Zagarolo, appaiono in accordo con le considerazioni e le conclusioni emerse dalla indagine tecnica della DiGIFeMa in merito alla sicurezza di esercizio, intesa come continuativo processo di miglioramento nelle politiche di manutenzione del binario e nell'analisi dei relativi parametri funzionali. Tuttavia, un evento di svio non necessariamente deve sempre essere riconducibile a non conformità del binario. Nella succitata comunicazione dell'Agenzia, non si trova alcun suggerimento per le IF, che indirizzi allo studio o all'applicazione di procedure o di dispositivi di mitigazione degli effetti collaterali arrecati da uno svio (eventuale applicazione di dispositivi DDD sui rotabili ferroviari, da aggiungere ai processi di monitoraggio e di ispezione della geometria del binario). Questa considerazione discende dalle informazioni relative alla stima dell'entità dei danni prodotti dalla marcia dei rotabili con assili sviati sullo stesso materiale rotabile, sulla massicciata, su apparecchi di binario, in piena linea e in stazione. Ne consegue la necessità di non sottovalutare la possibilità di ricongiungere i due aspetti tecnici ora evidenziati in un unico scopo: definire il massimo livello di sicurezza d'esercizio per il sistema veicolo-via, mediante dispositivi di ausilio e monitoraggio installati a bordo dei rotabili e mediante il controllo continuo e monitorato della geometria della via.

## 4. Analisi e conclusioni

### 4.1. Resoconto finale della catena di eventi

Il giorno 2 luglio 2018, alle ore 5:44 il treno MIR n. 63887 (partito da Tarvisio e diretto a Fossacesia, trainato da locomotiva del gruppo E652.062 ed avente in composizione 15 carri Laadrs vuoti, massa rimorchiata 427 t, lunghezza 501 m) durante il transito alla velocità di 90 km/h circa nella Stazione di Montesanto, in un tratto rettilineo del binario di corsa e poco prima della linea d'asse relativa al FV, svia con un assile (presumibilmente il quarto smt denominato "asse 1"), appartenente al secondo semi-carro del primo carro in composizione (codifica NEV 278043540055).

Il treno non arresta la marcia e alle ore 5:49, mentre percorre alla velocità di 85 km/h il Binario II di corretto tracciato in ingresso nella Stazione di Portomaggiore incontra una serie di deviatori, danneggiandone i dispositivi mobili e gli azionamenti.

Nel moto all'interno della Stazione sono stati urtati i pali di sostegno della LTE, tranciandoli e provocandone la caduta (con distacco del pantografo in presa della locomotiva). Il primo carro in composizione al convoglio rimane collegato alla locomotiva. Cinque carri (dal secondo al sesto) sviano dal binario ed urtano violentemente, danneggiandola, la banchina fra i binari II e III della stazione.

Il secondo carro in composizione al convoglio diviene un ostacolo al moto dei carri successivi.

Nella dinamica dell'evento, il terzo carro abbandona dalla sede ferroviaria, si distacca dal convoglio disponendosi ortogonalmente alla linea, si divide nei suoi due semi-carri e termina la corsa in un giardino (Parco Molinari) posto in adiacenza al FV della Stazione. Infine il quarto, il quinto ed il sesto carro si sovrappongono al secondo carro (cfr. Fig. 30).

In base delle ispezioni condotte dalla DiGIFeMa sulla infrastruttura ed al materiale rotabile, è possibile ipotizzare che lo svio, avvenuto nella Stazione di Montesanto, sia stato causato da un irregolare moto oscillatorio verticale ed orizzontale del materiale rotabile trainato, amplificato da una disomogeneità della massicciata. In seguito, l'assile sviato ha incontrato, danneggiandolo, il deviatoio di uscita dalla Stazione di Montesanto (Fig. 49) e procedendo in direzione della Stazione di Portomaggiore ha impattato contro la successiva pavimentazione stradale del PL.

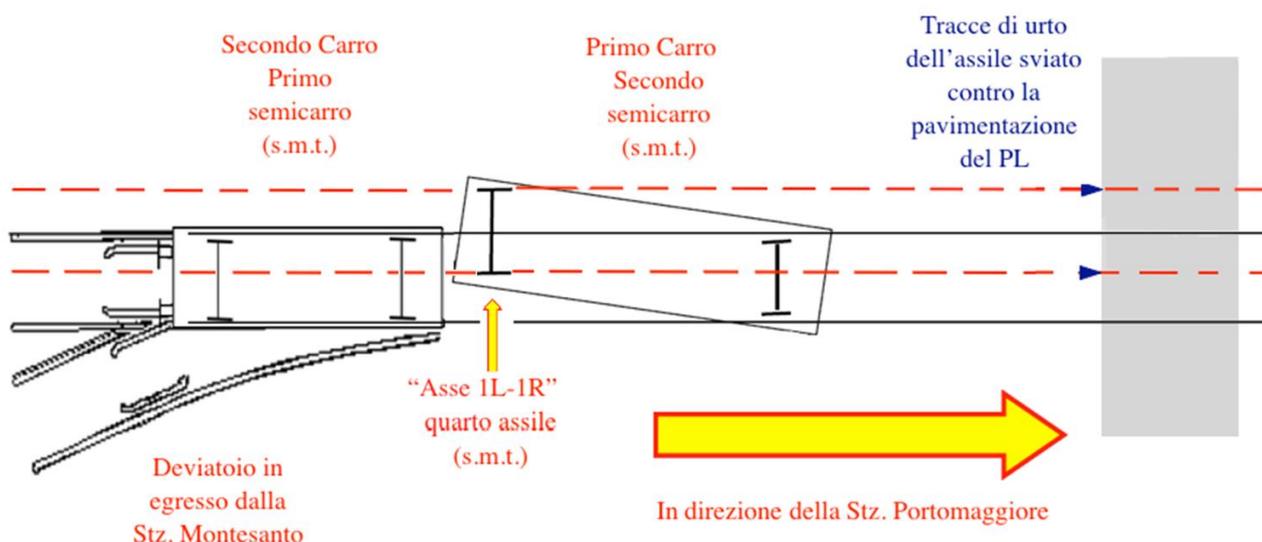


Figura 49 – Stazione di Montesanto: uscita del treno MIR n.63887, posizione dell'assile sviato ed in marcia verso la Stazione dopo aver superato il deviatoio di termine della Stazione di Montesanto (Fonte: MIR ed elaborazione DiGIFeMa)

All'ingresso nella Stazione di Portomaggiore l'assile transita sul deviatoio 1B avendo la ruota sinistra marciante all'esterno della rotaia sinistra e la ruota destra in rotolamento all'interno del binario (smt). Tale considerazione appare confermata dalle tracce rinvenute sulla sede ferroviaria nella tratta tra la Stazione di Montesanto e la Stazione di Portomaggiore. Ivi l'assile sviato disancora l'equipaggio mobile (telaio degli aghi) e contemporaneamente viene spinto ad invertire la sua posizione di svio: la ruota sinistra passa dall'esterno sinistro del binario all'interno e conseguentemente la ruota destra si porta all'esterno lato destro. Tale aspetto cinematico, con estrema probabilità, si riflette sul primo assile ("asse 4") del primo semi-carro appartenente al secondo carro in composizione smt, il quale svia a sua volta. I due assili in moto sulla massicciata travolgono il deviatoio 3B (diramazione dal binario di corsa verso il III binario) ed in sequenza il deviatoio 5B ed il deviatoio 5A. La nuova posizione di svio assunta dal quarto assile ("asse 1") del secondo semi-carro appartenente al primo carro, opposta a quella di inizio dello svio sembrerebbe confermata dai segni di urto presenti sulla fiancata e sul carter della boccola della ruota destra e recanti residui cementizi, probabilmente distaccatisi dalla banchina sita tra il Binario II ed il Binario II.

Sempre nella stessa condizione di svio il pianale del primo semi-carro appartenente al secondo carro distacca dalla sua sede il primo palo della LTE, trasportandolo incastrato al di sotto del primo assile ("asse 4") fino al termine del moto. Infine e quasi contemporaneamente si verifica l'intervento della frenatura d'emergenza dell'AdC. Durante la fase di rallentamento i carri ancora dotati di inerzia distruggono altri pali della LTE, altre zone della banchina posta tra il Binario II ed il Binario III

È opportuno in questa sede riportare le conclusioni della Commissione di Indagine della IF MIR. *"...Omissis... Lo svio del quarto asse smt del primo carro nel percorrere il tratto rettilineo alla velocità di 90 km/h nella Stazione di Montesanto, nella ipotesi di assenza di cedimenti strutturali dei veicoli, associato alla perdita di una lanterna di coda (ad una distanza di circa 400 metri dalla individuata progressiva di svio), conduce a classificare l'evento nel SGS di MIR con Codice Incidente: 21.2 "Svio di rotabili in composizione treno"; Pericolo: 75 "Anormalità inerenti lo stato dell'infrastruttura - Binari, deviatoi, sede viaria" e Causa Primaria: ES "Esterna al sistema MIR" ...Omissis..."*. Purtroppo non è possibile proporre le conclusioni della Commissione di Indagine del GI RFI, poiché alla data di emissione della presente Relazione, non sono ancora note alla DiGIFeMa.

## 4.2. Discussione

### 4.2.1. Discussione riguardante la causa diretta dell'evento

La causa diretta dello svio è da ipotizzare nell'istaurarsi di un irregolare moto di oscillazione verticale e di serpeggio del quarto assile ("asse n.1") appartenente al secondo semi-carro del primo carro smt in composizione al convoglio MIR n. 63887, aventi inizio in corrispondenza del FV della Stazione di Montesanto e progressivamente amplificatosi durante la marcia. Ivi, infatti, sul fianco interno del fungo della rotaia sinistra (smt) inizia la presenza di segni di usura prodotti da un continuativo contatto con il bordino di una ruota sinistra. Questa evidenza non è rilevabile nei metri successivi al passaggio a raso, posto in corrispondenza del FV, ed il bordino della ruota lascia tracce discontinue sulla tavola di rotolamento della medesima rotaia. Le tracce suddette infine scompaiono con la definitiva perdita di contatto ruota-rotaia e lo svio della sala che conduce la ruota sinistra a ricadere sulla parte esterna della relativa rotaia e la ruota destra a scendere all'interno del binario di corsa: questa ultima evidenza è stata riscontrata dalla DiGIFeMa solo in modo parziale, per l'avvenuto ripristino della struttura del binario da parte del GI. Segni evidenti della posizione acquisita dalla sala sviata rispetto al binario sono stati notati sul bordo della ricopertura stradale del passaggio a livello posto in uscita dalla Stazione di Montesanto in direzione della Stazione di Portomaggiore. Porzioni di rotaia "slineata" verticalmente sono state evidenziate, durante il sopralluogo della DiGIFeMa, anche sull'itinerario (binario) di incrocio e di stazionamento,

adiacente alla banchina del FV della stazione di Montesanto: tale aspetto è stato immediatamente segnalato dagli Agenti PolFer alla Direzione RFI competente.

#### 4.2.2. *Discussione riguardante le cause indirette dell'evento*

La prima causa indiretta dell'evento è individuabile, con elevata probabilità, nel degrado delle caratteristiche di sostentamento verticale e trasversale (rigidezza e compattazione) della sede ferroviaria (massicciata) incrementato dall'esercizio ferroviario. Tale decadimento strutturale può aver accentuato le caratteristiche geometriche di slineamento verticale delle rotaie binario di corsa nella Stazione di Montesanto durante il transito del treno n. 63887. Più in particolare, il degrado delle caratteristiche geometriche del binario in questa stazione, peraltro segnalate da misure effettuate dai mezzi di diagnostica e da visite in linea da parte del GI, potrebbe essere stato indotto dalle ridotte capacità di smaltimento delle acque piovane, stanziali o risorgive, da parte della massicciata: Quanto esposto può trovare conferma nella presenza di acqua e di fanghiglia argillosa grigia presente nella massicciata ed ai lati della sede ferroviaria (banchine per servizio passeggeri) riscontrata dalla DiGIFeMa. Geologicamente uno strato di fanghiglia argillosa anche di lieve spessore, avrebbe potuto indurre un fenomeno di impermeabilizzazione impedendo la corretta funzionalità di drenaggio. Conseguentemente al transito del convoglio i primi assili avrebbero operato come dispositivi di sovrassollecitazione ("effetto pompaggio") sul binario, liberando la massicciata dall'inquinamento idrico-argilloso, e contemporaneamente modificato le caratteristiche di sostentamento (compattazione e rigidezza verticale della sede ferroviaria). Nell'ambito di questa ipotesi tecnica, gli assi successivi ai primi avrebbero poi sofferto di una interazione veicolo-via verticale ed orizzontale alternata imposta da zone del binario a diversa capacità di sostentazione. Si può altresì ipotizzare che tale condizione si interrompa repentinamente durante il transito sul passaggio a raso, posto di fronte al FV della stazione, durante il transito sul deviatore di uscita dalla stazione ed infine durante il transito sulla struttura stradale del passaggio a livello, procedendo in direzione della Stazione di Portomaggiore. Queste zone singolari avrebbero imposto una interazione verticale ruota-rotaia basata su una rigidezza della fondazione repentinamente maggiore rispetto ad altre zone della sede ferroviaria, comportando una eccitazione aggiuntiva al moto oscillatorio verticale ed orizzontale degli assili.

Si noti che la documentazione, relativa alle capacità di misura della Carrozza Diagnostica Talete, evidenzia l'assenza di acquisizioni dello stato strutturale e funzionale della massicciata così come non appare considerata la correlazione difetti geometrici di rotaia e rigidezza verticale della massicciata. L'analisi della documentazione tecnica resa disponibile dal GI non rende evidente un efficace riferimento a problematiche di interazione tra veicolo e via in funzione della variabilità funzionale della massicciata. Conseguentemente questo aspetto, almeno per il caso in esame, pone importanti spunti di ricerca e di verifica, nell'ambito del completamento delle conoscenze del comportamento cinematico e dinamico del sistema veicolo-binario. Allo stato della tecnica nazionale, risulta non esistere la possibilità di una stima automatizzata delle caratteristiche di sostentamento della massicciata mediante mezzi di diagnostica mobile: l'unica soluzione è affidata alla perizia e preparazione degli agenti del GI impegnati nella sorveglianza della sede ferroviaria.

Da informazioni fornite alla DiGIFeMa dal GI, la tratta di linea in esame (località Stazione di Montesanto) insiste su un'area di attenzione per quanto riguarda i PAI, mentre risulta essere a pericolosità P2-P3 nell'ambito dei PGRA. Per la sede ferroviaria oggetto di svio, pur essendo classificata PAI e PGRA, si ha evidenza dell'applicazione delle istruzioni e delle procedure del GI che impongono visite in linea ed osservazioni con mezzi d'opera, la compilazione delle parti della "check list" appositamente dedicate alle problematiche del dissesto idrogeologico e l'emissione dei conseguenti OdL. A fronte di tale impegno nella determinazione di non conformità tecniche del binario non risulta evidente una valutazione di commisurata coerenza per le tempistiche di intervento manutentivo.

Inoltre, tecnicamente, poiché lo slineamento del binario può essere anche ricondotto a problemi inerenti alla massicciata, si evidenzia l'opportunità di una verifica della efficacia nel processo di individuazione del decadimento delle caratteristiche di rigidità verticale della stessa. In tale ambito potrebbe ritrovarsi anche la validità della Nota Ansf emessa dal Settore Ispettorato e Controlli ed indirizzata al GI, in merito alla verifica delle modalità di misura delle caratteristiche geometriche di binario e di definizione dei relativi limiti. Di fatto le preesistenti irregolarità di binario potrebbero sovrapporsi agli effetti deformativi prodotti, a livello del piano del ferro, da una massicciata degradata, determinando l'amplificazione delle caratteristiche di interazione veicolo-binario descritte come causa diretta.

Il problema della stagnazione dell'acqua e delle difficoltà che si oppongono ad un efficiente drenaggio dalla massicciata è stato affrontato anche da altri GI Europei. Infatti sono in corso di elaborazione processi di ricerca che dovrebbero produrre lo sviluppo di sistemi avanzati di individuazione dei livelli di degrado delle caratteristiche strutturali di sostentamento da parte del binario al transito del rotabile. Ai livelli di degrado possono poi essere correlati livelli di allarme sulla transitabilità [7].

Pertanto come prima causa indiretta, è possibile indicare una carenza nella definizione delle tempistiche di intervento di manutenzione e conseguentemente nella formazione del personale del GI impegnato su tale attività, perché fondamentale nell'attribuzione del livello di rischio di inquinamento idrogeologico della sede ferroviaria anche in funzione delle individuate zone di pericolo (PS).

Lo svio, oggetto della presente relazione, è avvenuto in località Stazione di Montesanto. Con un assile (in ipotesi) marciante sulla massicciata, il treno ha percorso la tratta di binario giungendo in Stazione di Portomaggiore. Durante tale trasferimento la velocità del treno è diminuita di 35 km/h (da circa 90 km/h a circa 55 km/h). La diminuzione di velocità appare non imputabile a resistenze al moto indotte dalla via (livellette, curve), poiché la linea tra le due stazioni è praticamente in piano ed in rettilineo. Assenti sono risultate anche eventuali prescrizioni di rallentamento imposte dal GI. A metà dell'intervallo di tempo utilizzato per percorrere la tratta, la velocità incrementa nuovamente fino a 90 km/h (e tale è rimasta anche in ingresso alla Stazione di Portomaggiore). Le registrazioni di bordo ZTE e DIS indicano che gli AdC non hanno effettuato alcuna azione (almeno così appare dalle informazioni a disposizione della DiGiFeMa) sulla strumentazione di bordo per far riacquisire la velocità iniziale. Anche ipotizzando realizzabile un simile evento in presenza della resistenza all'avanzamento generata da un assile sviato, permane il problema della identificazione della diminuzione di velocità, in immutate condizioni al contorno di trazione e geometria del tracciato, come evento non conforme all'esercizio. Infatti uno sviluppo cinematico di pari natura può indurre ad immaginare problemi di trascinarsi del convoglio. L'attivazione di procedure di controllo dello stato di funzionalità degli organi di rotolamento primario dei rodiggio costituirebbe una logica conseguenza. Sulla base di tali ipotesi il convoglio non avrebbe proseguito fino nella Stazione di Portomaggiore, creando i danni prodotti al materiale rotabile, alla infrastruttura ed alle zone limitrofe alla sede ferroviaria.

Quindi una seconda causa indiretta può essere costituita dalla carenza di formazione al personale di condotta sui possibili eventi che dovrebbero essere controllati nel caso di accadimento di circostanze anomale nelle condizioni di marcia comandate e non modificate, come accaduto in questo caso (velocità in diminuzione senza una motivazione comandata su percorso in rettilineo ed in piano).

Analogie infrastrutturali e di materiale rotabile riscontrate in un evento incidentale simile avvenuto sulla tratta tra la stazione di Galleria Colonna e la Stazione di Zagarolo della Linea Roma-Cassino, pone l'accento su analoghi aspetti tecnici evidenziati nello svio accorso sulla linea Ferrara-Portomaggiore. Il GI, durante gli incontri tecnici, ha evidenziato che il territorio su cui insiste la sede ferroviaria, posta tra la stazione di Galleria Colonna e la Stazione di Zagarolo, non è segnalato nel proprio database come PS soggetto a rischio idrogeologico.

Ne conviene che per tale aspetto, in questo caso, un aggiornamento delle Carte di Rischio Idrogeologico sarebbe opportuno e che comunque torna ad essere valida la causa indiretta definita precedentemente.

D'altra parte è stato evidenziato l'aspetto riguardante l'impossibilità da parte dell'AdC di individuare eventuali problemi di trazione riconducibili a condizioni di marcia di rodiggi con assili sviati. Risulta allora opportuna la necessità di ipotizzare una assistenza addizionale all'AdC, che possa "sorvegliare" il convoglio durante tutte le fasi del moto. Una possibile soluzione è offerta dalla installazione di dispositivi DDD, per l'utilizzo dei quali in Italia l'IF MIR sta conducendo un progetto di ricerca, che al momento in Europa trova solo pochissimi altri esempi (DB in Germania, SNCF in Francia) e dei quali non è dato conoscere lo stato di avanzamento. In conclusione si deve sottolineare che attualmente sussiste, nell'esecuzione dell'esercizio ferroviario per trasporto merci (e per trasporto passeggeri), l'impossibilità tecnica e tecnologica di fornire un avviso agli AdC dell'avvenuto svio di un assile.

### 4.3. Conclusioni

Le cause dirette ed indirette dello svio appaiono fornire una elevata connessione tra stato di funzionalità geometrica e strutturale della sede ferroviaria ed interazione meccanica con il materiale rotabile in transito, per fissate condizioni cinematiche e dinamiche. A tale riguardo, a conclusione della presente Relazione di Indagine, si è inteso esporre una ipotesi teorica interpretativa della genesi dell'evento, motivata dai risultati derivati da studi specialistici di settore.

L'investigatore incaricato ha avuto evidenza circa le modalità di misura della geometria del binario effettuata dalla Carrozza Diagnostica Talete. Si ricorda che una verifica dei valori limite alle irregolarità della geometria del binario è stata comunque indicata dalla nota ANSF, Settore Ispettorato e Controlli del 13 maggio 2019, richiamata nella sezione relativa alla normativa pertinente in questa Relazione di Indagine.

Tuttavia, per quanto appurato nei sopralluoghi e dedotto dai dati e dalla documentazione forniti dal GI, DiGIFeMa ha inteso ipotizzare una ricostruzione teorica dell'evento di svio che pone l'accento sulla eventualità di revisione tecnica dei limiti relativi ai valori delle caratteristiche geometriche del binario, anche riferendo il problema alle caratteristiche di rigidità verticale della massicciata. Il rilievo è stato effettuato sul binario di corsa della Stazione di Montesanto alla velocità di 100 km/h (cfr. Fig. 44) il giorno 29 maggio 2018. Il GI ha reso noto che il massimo valore del difetto di livello longitudinale misurato è stato di 17.8 mm in abbassamento del piano del ferro.

L'analisi di confronto tra Normativa UE e Disposizione Nazionale (cfr. Fig. 19) permette di stimare un prudente contenimento dei limiti Nazionali rispetto a quelli proposti dalla Commissione UE su tutte le grandezze geometriche di interesse per la qualità del binario. In particolare, verificando sul diagramma relativo al difetto di livello longitudinale il valore fornito dal GI, si trova che il rilievo diagnostico risulta approssimarsi al limite di accettabilità (18.0 mm), in riferimento alla velocità dichiarata durante la misura.

In via del tutto generale ed in riferimento a tale misura sono state ipotizzate, teoricamente, quali condizioni strutturali del binario siano da correlare al valore di difetto di allineamento dichiarato dal GI. Si consideri allora (Tab. 2) quanto proposto in merito alla qualità del binario ([2], [6]).

<i>Caratteristica del binario</i>	<b>Simbolo ed unità di misura</b>	<b>Qualità "Degradata" del binario</b>	<b>Qualità "Buona" del binario</b>
<i>Modulo di rigidità volumico</i>	C [N/mm <sup>3</sup> ]	0.02	0.20
<i>Rigidità verticale concentrata</i>	c [N/mm]	5.5 10 <sup>3</sup>	55.0 10 <sup>3</sup>
<i>Rigidità verticale distribuita per unità di lunghezza</i>	k [N/mm l/mm]	9.0	90.0
<i>Lunghezza caratteristica di inflessione del piano del ferro (rotaia 60E1)</i>	L [m]	1.3	0.7

*Tabella 2 – Ordine di grandezza delle caratteristiche di rigidezza del binario (Fonte: [2] e [6])*

Nella tabella, L rappresenta la lunghezza caratteristica di inflessione del piano del ferro (o lunghezza di Winkler), avendo supposto la geometria del difetto assimilabile ad una funzione sinusoidale. Il parametro L risulta espresso in m e calcolabile mediante la relazione:

$$L = \sqrt[4]{\frac{4 E_Y I_{yy}}{k}} \quad (:1)$$

Ipotizzando fissati i limiti di rigidezza verticale k della struttura dell'armamento per i due casi di qualità (qualità "Degradata" e qualità "Buona"), il valore della lunghezza di inflessione risulta variabile in funzione delle caratteristiche geometriche ( $I_{yy}$ ) e strutturali ( $E_Y$ ) della rotaia (in questo caso di tipo 60E1). Dai dati in bibliografia questi due parametri sono reperibili e forniscono rispettivamente due valori per la lunghezza L di inflessione proposti.

Il massimo cedimento verticale  $w_{max}$ , misurato in m, del piano del ferro è esprimibile con la relazione

$$w_{max} = \frac{Q_{ruota} L^3}{8 E_Y I_{yy}} \quad (:2)$$

dove:

- $Q_{ruota}$  è la sollecitazione verticale imposta dalla ruota sulla rotaia (per la locomotiva E652 pari a 87 kN, mentre per un carro Laadrs pari a 34 kN);
- $E_Y$  è il modulo di Young per l'acciaio costituente la rotaia tipo 60E1 (per acciaio comune pari a circa  $0.21 \cdot 10^{12}$  N/m<sup>2</sup>);
- $I_{yy}$  è il momento di inerzia sull'asse trasversale y della sezione piana della rotaia (per la tipologia 60E1, pari a  $3055 \cdot 10^{-8}$  m<sup>4</sup>).

Per quanto appurato nel sopralluogo effettuato nella Stazione di Montesanto, è possibile ipotizzare il transito del convoglio MIR n. 63887 su un binario in condizione di inquinamento idrico ed argilloso della massicciata: ne consegue la determinazione di una qualità del binario "Degradata". I primi assili della locomotiva E652 producono un cedimento verticale del piano del ferro  $w_{E652}$  pari a  $2.2 \cdot 10^{-3}$  m; ogni assile di un carro Laadrs genera un cedimento dinamico  $w_{LAADR}$  pari a  $0.9 \cdot 10^{-3}$  m. Per le condizioni degradate del binario, il transito degli assili della locomotiva e dei primi assili del primo carro Laadrs producono una estrazione forzata dell'inquinante (acqua ed argilla) dalla massicciata, al quale fenomeno si aggiunge il distacco e la proiezione di elementi di pietrisco (così come rilevato sulle banchine durante il sopralluogo nella Stazione di Montesanto). Questo aspetto meccanico, noto anche come "effetto pompaggio", degrada ulteriormente le caratteristiche di rigidezza del binario che tende a non riacquisire la sua configurazione geometrica iniziale. Ne consegue che gli assili dei carri al traino della locomotiva E652 successivi ai primi transitano su un difetto che è somma del difetto misurato dalla Carrozza Diagnostica Talete e di quello prodotto dinamicamente dagli assili della locomotiva:  $w_{max} = 17.8 \cdot 10^{-3} + 2.2 \cdot 10^{-3} + 0.9 \cdot 10^{-3} = 20.9 \cdot 10^{-3}$  m. I carri Laadrs sono vuoti ed applicano una sollecitazione verticale al binario circa tre volte inferiore rispetto a quella della locomotiva: di conseguenza tendono maggiormente a subire le irregolarità del piano del ferro durante la marcia. È possibile anche stimare (per eccesso) l'estensione longitudinale dell'irregolarità di rotaia relativa al massimo difetto verticale prodotto dal transito dei primi assili del convoglio:  $S_{max} = 2 \times 3\pi L / 4 = 6.1$  m circa. In funzione della geometria del difetto e della velocità di transito, la ruota di un carro può acquisire una traiettoria parabolica durante la marcia. È possibile stimare, in tale condizione, la velocità di transito, denominata "critica", oltre la quale si può verificare il distacco della ruota dalla rotaia:

$$v_{crit} = \frac{S_{max}}{2\pi} \sqrt{\frac{Q_{ruota}}{w_{max}} \frac{1}{m_{osc}}} \quad (:3)$$

dove la massa oscillante ( $m_{osc}$ ) è costituita dalla massa della rotaia di estensione pari a  $S_{max}$  (per complessivi  $6.1 \times 60 = 370$  kg) posata su un numero di metà-traverse pari a  $6.1/0.6=10$  (per complessivi  $10 \times 240 \text{ kg}/2 = 1200$  kg) e dalla metà della massa di un assile di un carro Laadrs (circa

500 kg). Il valore di  $v_{crit}$  risulta di 27 m/s equivalenti a circa 100 km/h: a tale proposito si ricorda che il convoglio MIR n.63887 è transitato nella Stazione di Montesanto alla velocità di poco superiore ai 90 km/h. Concludendo questa breve considerazione teorica, risulta comunque evidente che se esiste inquinamento idrogeologico in zone diverse ma ravvicinate dell'armamento ferroviario di una linea, un convoglio può incontrare una alternanza nella capacità di sustentazione da parte della massicciata, risultando una ripetizione del fenomeno descritto per tutti gli assili in transito ad esclusione dei primi. Per tali ipotesi, all'avanzare del convoglio, gli assili di questi rotabili verrebbero indotti a moti verticali oscillatori proprio dalla alternanza delle rigidità verticali della massicciata amplificate da irregolarità preesistenti. Tale considerazione troverebbe riscontro da quanto evidenziato durante l'ispezione all'infrastruttura nella Stazione di Montesanto da parte della DiGIFeMa: un abbassamento del livello superficiale della stessa massicciata tra due traverse consecutive oppure una evidente attività di escavazione prodotta dalle traverse in direzione longitudinale all'asse del binario (cfr. Fig. 26 e Fig. 48). Quindi non è improbabile teoricamente che l'istaurarsi di una siffatta interazione tra veicolo e via si sia trasformata in una accentuazione dello slineamento generando un invito al sormonto della rotaia esterna da parte di una ruota. Questa considerazione rende compatibile l'ipotesi che una oscillazione verticale, nell'intorno della frequenza propria delle masse sospese dei carri, con caratteristiche di amplificazione, abbia provocato il distacco della lanterna rossa di protezione della coda del treno posta sull'ultimo carro. Di fatto considerando l'armamento ferroviario ancora come un sistema vibrante verticalmente di rigidità concentrata  $c$  (presente sotto la singola traversa e pari a  $5.5 \cdot 10^3$  N/mm) e massa pari alla aliquota della rotaia ( $0.6 \times 60 = 36$  kg) collegata a metà traversa (120 kg) su cui agisce l'inerzia di metà assile di un carro (500 kg), in riferimento ad una qualità "degradata" dell'armamento, si trova una frequenza di 15 Hz circa, valore compatibile con le frequenze proprie di oscillazione (Fig. 50) delle masse sospese del primo livello ("Bogie 20-5 Hz") di un rotabile (ricordiamo che il carro Laadrs ha un solo livello di sospensione con "molla di flessione o a balestra").

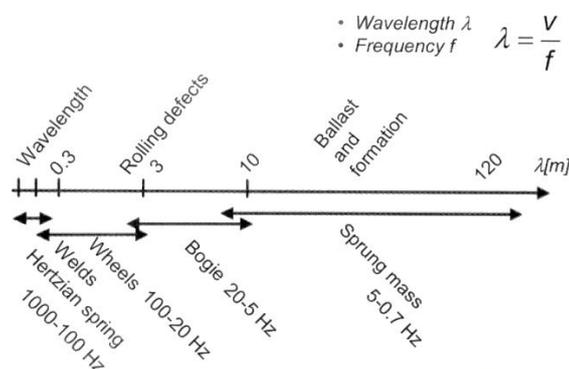


Figura 50 – Caratterizzazione delle frequenze di vibrazione del veicolo ferroviario in funzione della lunghezza d'onda delle irregolarità di binario (Fonte: [2])

Analogie infrastrutturali e di materiale rotabile riscontrate in un evento incidentale similare avvenuto sulla tratta tra la stazione di Galleria Colonna e la Stazione di Zagarolo della Linea Roma-Cassino, pone l'accento su analoghi aspetti tecnici evidenziati nello svio accorso sulla linea Ferrara-Portomaggiore. Il GI, durante gli incontri tecnici, ha evidenziato che la zona di posa della sede ferroviaria che ha visto lo svio nella tratta tra la stazione di Galleria Colonna e la Stazione di Zagarolo non è segnalato nel proprio database come PS soggetto a rischio idrogeologico. Ne conviene che per tale aspetto in questo caso un aggiornamento delle Carte di Rischio Idrogeologico sarebbe opportuno e che comunque torna ad essere valida la causa indiretta definita precedentemente. D'altra parte è stato evidenziato l'aspetto riguardante l'impossibilità da parte dell'AdC di individuare eventuali problemi di trazione riconducibili a condizioni di marcia di rodiggio con assili sviati. Risulta allora opportuna la necessità di ipotizzare una assistenza

---

addizionale all'AdC, che possa "sorvegliare" il convoglio durante tutte le fasi del moto. Una possibile soluzione è offerta dalla installazione di dispositivi DDD, per l'utilizzo dei quali in Italia l'IF MIR sta conducendo un progetto di ricerca, che al momento in Europa trova solo pochissimi altri esempi (DB in Germania, SNCF in Francia) e dei quali non è dato conoscere lo stato di avanzamento. In conclusione si deve sottolineare che attualmente sussiste, nell'esecuzione dell'esercizio ferroviario per trasporto merci (e per trasporto passeggeri), l'impossibilità tecnica e tecnologica di fornire un avviso agli AdC dell'avvenuto svio di un assile.

## 5. *Provvedimenti adottati*

Gli incontri tecnici con il GI hanno permesso di evidenziare problemi relativi alla correlazione tra risultati derivanti da attività di monitoraggio della sede ferroviaria operate con mezzi diagnostici, lo stato funzionale dell'armamento ferroviario (inquinamento idrico-argilloso) oggettivamente rilevabile mediante visite ispettive in linea e database dei territori, sede di linea ferroviaria, a potenziale rischio idrogeologico. Sebbene tale correlazione sia oggetto di procedure ed istruzioni delineate nell'SGS e sia stata evidenziata una non conformità nella valutazione del livello di degrado della massicciata, il GI si è impegnato perseguire una azione di aggiornamento e di formazione adeguata del proprio personale di visita in linea. Si ha informazione che, per quanto è di rilievo sullo svio occorso in località Colonna Galleria (Zagarolo, linea Roma-Cassino) e riconducibile a problemi di inquinamento idrogeologico della massicciata, il GI sta provvedendo ad inserire tale tratta di linea nel proprio database come "punto a rischio idrogeologico", definizione questa che permetterà l'attivazione di una serie di processi manutentivi e di circolazione adeguati.

Da informazioni ricevute dalla IF MIR, la DiGIFeMa è stata posta a conoscenza che sulla linea oggetto dello svio, l'esercizio per trasporto di carri merci è stato degradato, dalla velocità definita dal FL (Rango A) alla velocità di transito di 70 km/h. Tale provvedimento, descritto nella PEIF 17.1 del 10 giugno 2019 "Limitazioni Di Velocità Particolari", è motivato dalla necessità di mitigare gli effetti di una interazione verticale via-veicolo per condizioni di risonanza eccitate da irregolarità di binario o da aleatorio degrado delle caratteristiche strutturali di sustentazione della massicciata, riproducibili nell'intorno della velocità di 90 km/h.

L'assenza di un documento ufficiale di indagine (Relazione) emesso dal GI, condiziona la possibilità di sviluppare un completo confronto tecnico basato sulla conoscenza degli aggiornamenti ai provvedimenti adottati in merito all'evento di svio ed agli eventi similari correlabili. Ne consegue che non si ha conoscenza dell'avanzamento delle attività di recepimento della nota ANSF, emessa dal Settore Ispettorato e controlli. Tale impossibilità può indebolire l'indirizzo che tutti gli operatori ferroviari e la DiGIFeMa si prefiggono: conseguire nei tempi più rapidi e con azioni tecnico-normative il miglioramento del livello di sicurezza dell'esercizio. Le informazioni rese disponibili alla DiGIFeMa delineano gli interventi di ripristino della sede ferroviaria e quindi di attenzione posta alla causa diretta, indiretta dell'evento, ma restano insolte le problematiche e le eventuali analisi o iter di mitigazione del problema dovuto alla stagnazione ed alle infiltrazioni idriche all'interno della massicciata ed di sotto della sede ferroviaria così come da evidenza pratica riscontrata durante l'ispezione DiGIFeMa in Stazione di Montesanto (acqua separata e mista ad argilla grigia). Tale fenomeno che impegna la conservazione in assenza di non conformità dello stato funzionale della struttura del binario, dovrebbe essere posto nella necessaria attenzione dagli interventi del GI, poiché ne deriva strettamente la capacità di portanza verticale del binario durante il transito del materiale rotabile. RFI, in collaborazione con L'Istituto ISPRA ha predisposto studi sulla gestione delle criticità idrogeologiche ed idrauliche mediante attività di vigilanza [8] della sede ferroviaria. In particolare si trovano predisposizioni per l'individuazione delle tratte di linea potenzialmente a rischio idrogeologico sulla base del censimento dei "Punti Singolari", in cui si sono manifestati dissesti e delle tratte comprese nelle aree perimetrate a rischio nei PAI dalle Autorità di Bacino. Si evidenzia che nell'ultima revisione della documentazione sono state considerate nella analisi anche Mappature PGRA. A tale documentazione si affiancano le verifiche di campo, finalizzate alla validazione dei risultati di pericolosità emersi dal confronto tra documentazione PAI e documentazione PGRA: il database delle determinazioni è memorizzato su piattaforma Web-Gis. La definizione della graduatoria sulle priorità di intervento si basa su analisi del rischio che considera i livelli di pericolosità dei fenomeni di dissesto e dell'entità del danno (in funzione della velocità di esercizio, della frequenza di transito e della capacità della linea). La gestione delle criticità idrogeologiche in tempo reale ha condotto le DTP ad emanare MO per l'attivazione della vigilanza straordinaria dell'infrastruttura ferroviaria anche in funzione delle eventuali avverse condizione meteorologiche. Sistemi innovativi di supporto alla gestione delle

criticità idrogeologiche è dedicata la piattaforma per allerta meteo RAMSES sviluppata in collaborazione con il CNR-IRPI di Cosenza. Questa piattaforma costituisce un processo di individuazione della formazione di “celle temporalesche” localizzate su piccoli bacini sulla base della scansione di immagini radar e pluviometri. Il miglioramento della conoscenza del problema infine introduce un approccio multidisciplinare per l’individuazione delle aree soggette a fenomeni di dissesto idrogeologico con l’ausilio di rilievo termografico mediante droni. Il problema della stagnazione dell’acqua e delle difficoltà che si propongono ad un efficiente drenaggio dalla massicciata è stato affrontato anche da altri GI in ambito UE. Infatti sono in corso di elaborazione processi di ricerca che producano lo sviluppo di sistemi avanzati di individuazione dei livelli di degrado delle caratteristiche strutturali di sostentamento da parte del binario al transito del rotabile. Ai livelli di degrado possono poi essere correlati livelli di allarme sulla transitabilità.

Nel Regno Unito [7] solo negli ultimi anni il problema del corretto drenaggio di acqua dalla massicciata è stato individuato come un “asset” di manutenzione. Di fatto le Ferrovie Britanniche hanno evidenziato come tale problematica si rifletta su tutti gli aspetti dell’esercizio ferroviario: disgregazione della massicciata, compromissione della geometria di posa delle traverse e quindi della geometria del binario, ritardi nella circolazione, elevati costi dovuti al monitoraggio per mezzo dei convenzionali mezzi di diagnostica ed al ripristino della corretta architettura del binario. Le informazioni a disposizione della DiGiFeMa non riflettono da parte di RFI un immediato inserimento, negli standard di verifica dello stato funzionale del binario, di nuovi processi o dispositivi che permettano il controllo generalizzato del fenomeno di stagnazione dell’acqua. Rimane comunque la considerazione che questi effetti possono sconfinare infine nel rinnovo totale della sede ferroviaria, ad esempio nei casi peggiori nei quali la geometria del binario al transito del veicolo venga compromessa a tal punto da causare pericoli o incidenti come accaduto per l’evento in esame. In base a queste considerazioni, nel Regno Unito sono state poste in osservazione particolare alcune regioni del territorio, dove è stata riscontrata una diffusione più elevata del fenomeno. I dati sono stati oggetto di analisi tecnica per determinare quale indirizzo seguire per sviluppare sistemi di monitoraggio in tempo reale, che possa anche definire una politica predittiva della manutenzione del binario. Una soluzione, chiamata TrackWater, è stata proposta ed è attualmente in fase di sperimentazione da parte di un consorzio composto da GI, Università ed aziende operanti nell’ambito della manutenzione della sede ferroviaria. Il principio operativo è costituito da un sistema autodiagnostico che ha l’obiettivo di monitorare la quantità di acqua presente nei terreni immediatamente adiacenti alla massicciata ed il relativo flusso. Il sistema diagnostico consta quindi di un pozzetto (ricavato nel terreno a ridosso della massicciata) nel quale sono installati un dispositivo per la misura della quantità ed un dispositivo per la misura del flusso di acqua. La sensoristica, del tipo IoT, consta conseguentemente di un sensore di stagnazione e di un flussimetro: i dati misurati sono poi in tempo reale monitorati, fornendo le informazioni desiderate sullo stato effettivo di presenza di acqua nei terreni adiacenti alla ferrovia producendo livelli di allerta per impossibilità di smaltimento idrico e quindi al correlato e corretto drenaggio dell’acqua dalla massicciata. Per quanto esposto dai ricercatori britannici, ad una diminuzione del flusso, in condizioni di elevata quantità di acqua nel pozzetto, corrisponderebbe l’impossibilità allo smaltimento idrico della massicciata, poiché il terreno risulterebbe saturato. Per tale condizione in funzione della quantità di acqua si attiverebbero procedure di riduzione della velocità o per condizioni molto critiche, l’interruzione della circolazione. I primi risultati, pubblicati sull’argomento, sembrerebbero confermare l’utilità del dispositivo e del principio operativo. Dalla letteratura correlata risulta ancora incerta ed in corso di verifica la relazione tra valori misurati, definizione dei limiti di allerta e conseguenti procedure da attivare nell’esercizio ferroviario.

## **6. Raccomandazioni**

Lo studio documentale, le attività di sopralluogo, l'analisi teorica applicata ai dati disponibili, la definizione della causa diretta, delle cause indirette e delle osservazioni aggiuntive, concorrono ad enunciare le seguenti raccomandazioni:

- **Raccomandazione 1**

Si raccomanda all'Agenzia Nazionale per la Sicurezza delle Ferrovie di considerare l'opportunità che i gestori dell'infrastruttura intraprendano attività di studio e ricerca tese al miglioramento delle modalità e dei dispositivi di valutazione del livello di inquinamento idrogeologico della sede ferroviaria, utili al rafforzamento della sorveglianza nei territori individuati nel proprio database di rischio ed alla verifica dell'efficacia dei provvedimenti correlati alla variabilità delle caratteristiche dell'esercizio ferroviario.

- **Raccomandazione 2**

Si raccomanda all'Agenzia per la Sicurezza delle Ferrovie di adoperarsi affinché i gestori dell'infrastruttura individuino e verifichino periodicamente i territori che, in analogia alla tratta di linea oggetto dello svio, presentano un maggiore rischio idrogeologico e pongano in atto azioni di mitigazione dei fenomeni di degrado delle caratteristiche strutturali e geometriche della sede ferroviaria.

- **Raccomandazione 3**

Si raccomanda all'Agenzia Nazionale per la Sicurezza delle Ferrovie di verificare che i gestori dell'infrastruttura abbiano in essere idonee attività di formazione, audit ed ispezione sul proprio personale, con particolare riferimento alla conoscenza delle istruzioni e delle procedure, da seguire in caso di riscontro di non conformità emerse nel corso delle visite in linea e alla definizione di congruenti tempistiche per l'attivazione delle soluzioni manutentive.

- **Raccomandazione 4**

Si raccomanda all'Agenzia Nazionale per la Sicurezza delle Ferrovie di verificare che le imprese ferroviarie mettano in atto idonee attività di formazione, mantenimento delle competenze e verifica della corretta esecuzione dei compiti per il personale di condotta, richiamando l'attenzione su procedure da porre in atto in caso di non coerente comportamento del rotabile rispetto alle condizioni di marcia preimpostate, per cause non immediatamente evidenziabili dalla strumentazione di bordo (ad esempio, prolungata diminuzione della velocità di un rotabile in assenza di convenzionali resistenze al moto di livelletta o di curva).

- **Raccomandazione 5**

Si raccomanda all'Agenzia per la Sicurezza delle Ferrovie di monitorare le sperimentazioni sui Derailment Detection Devices (DDD) tuttora in atto e, in caso di esiti positivi anche in considerazione dell'evoluzione tecnologica, di valutare, insieme a DiGIFeMa, l'opportunità di riproporne nelle sedi internazionali l'adozione sui veicoli ferroviari.

---

## 7. **Riferimenti bibliografici**

- [1] G. Acquaro, “I sistemi di gestione della sicurezza nel trasporto ferroviario”, Edizioni CIFI, Roma, 2016
- [2] C Esveld, “Modern Railway Track”, Seconda Edizione, MRT Production The Netherlands, TU Delft, 2001
- [3] S. Iwnicki. “Handbook of Railway Vehicle Dynamics”, CRC Press Taylor & Francis Group, Boca Raton, FL 33487-2742, 2006
- [4] K. Knote, “Gleisdynamik”, Ernst & Sohn, Vch Verlagsgesellschaft Mbh, Berlino, 2001
- [5] H.L. Krugmann, “Lauf der Schienenfahrzeuge im Gleis – Eine Einfuhrung”, Oldenbourg Verlag GmbH, Monaco, 1982
- [6] B. Lichtberger, “Track Compendium”, Eurail Press (English Version), DVV Media Group GmbH, Amburgo 2011
- [7] “Trackwater: optimising railway drainage maintenance using IoT sensor”, O. Devian, The Journal Permanent Way Institution – The Institution for Rail Infrastructure Engineers, Luglio 2019, vol. 137, Parte 3
- [8] Rete Ferroviaria Italiana SpA, Nota Tecnica, “La mitigazione del Rischio Idrogeologico in RFI”, Roma 03 febbraio 2020
- [9] Rete Ferroviaria Italiana SpA, Nota Tecnica, “RFI e la gestione del dissesto idrogeologico”, Roma, 03 febbraio 2020

L'Investigatore Incaricato  
Dr. Ing. Massimiliano Bruner