

**INCIDENTE FERROVIARIO DEL 24.01.2009
SULLA LINEA AV/AC ROMA – NAPOLI
PRESSO IL PM ANAGNI**

RELAZIONE CONCLUSIVA

1. Sintesi.

La Commissione ministeriale per l'accertamento delle cause che hanno determinato l'incidente ferroviario al treno ES 9456 del giorno 24.01.2009 presso il Posto di Manovra di Anagni, è stata costituita con Decreto Dirigenziale n° 472 del 26.01.2009 dalla Direzione Generale del Trasporto Ferroviario del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.

La Commissione è composta da:

Ing. Pietro VALLONE Dirigente in servizio presso la Direzione Generale per il Trasporto Ferroviario con funzioni di Presidente;

Ing. Mario VIVALDI Funzionario in servizio presso la Direzione Generale per il Trasporto Ferroviario;

Ing. Paolino Mario NAPOLITANO Funzionario in servizio presso la Direzione Generale per il TPL.

2. Fatti in immediata relazione all'evento.

2.1. Evento:

2.1.1 Descrizione dell'evento

Il giorno 24.01.2009 alle ore 20:33, il treno Eurostar n° ES 9456, proveniente da Napoli Stazione C.le e diretto a Roma Termini, già fermo presso il Posto di Manovra di Anagni per verifiche riguardanti anomalie evidenziate sulla condotta principale (basso livello di pressione), alla ripartenza, dopo alcuni tentativi di depannage, subiva la rottura del tenditore tra la sesta e la settima carrozza, con conseguente spezzamento del treno in due tronconi.

A seguito dello spezzamento i due tronconi in frenatura d'emergenza per la rottura della condotta generale, si arrestavano ad una distanza di pochi metri l'uno dall'altro senza danni alle persone ed all'infrastruttura.

L'evento causava l'interruzione del servizio sulla linea AV/AC Napoli Roma, fino alla rimozione dei due tronconi dell'Eurostar, ricoverati in nottata presso il "Impianto Dinamico Polifunzionale" IDP di Napoli. I 170 viaggiatori sono stati fatti trasbordare affinché potessero continuare il loro viaggio verso Roma.

2.1.2 Apertura dell'indagine ed attività della Commissione:

La Commissione, appena nominata, ha proceduto a richiedere a Trenitalia, con nota prot. 7304 del 26.01.2009, i primi elementi necessari ad inquadrare l'incidente e con cui si predisponessa la visita ispettiva, per il giorno successivo (27.01.2009) presso l'IDP di Napoli in cui era ancora ricoverato il treno Eurostar ES9456.

Successivamente alla visita ispettiva, la Commissione ha formulato ulteriori richieste con la nota n. 9607 del 30.01.2009 con cui si suggeriva che l'impresa ferroviaria Trenitalia svolgesse ulteriori e più approfondite indagini con l'effettuazione di:

- esami meccanici e metallografici sul componente collassato, da affidare a qualificati Enti terzi;
- verifiche strumentali degli effettivi sforzi dinamici cui il tenditore più sollecitato in un convoglio ETR 500 nelle situazioni maggiormente gravose;
- un programma di prove cicliche di tipo distruttivo da effettuare su un componente analogo a quello oggetto di indagine;
- un programma di monitoraggio sullo stato di tutti i tenditori in uso nelle composizioni di convogli ETR 500.

La Commissione ha acquisito in allegato alla nota dell'Agenzia per la sicurezza delle ferrovie n° 1484/09 del 24.03.2009 la documentazione inerente le indagini di cui sopra, eseguite da Trenitalia:

- "ETR 500 PLT - Stima delle forze longitudinali a seguito di uno scarico rapido della condotta generale in coda treno";
- "ETR 500 - Stima delle forze longitudinali a seguito di una attivazione di una frenatura di emergenza sulla loco di coda";
- "Treni regionali con doppia trazione E464 - Stima delle forze longitudinali a seguito di uno scarico rapido della condotta generale in coda treno";
- "EurostarCity - Stima delle forze longitudinali a seguito di uno scarico rapido della condotta generale in coda treno";
- Copia dei verbali dei controlli eseguiti sui tenditori dei rotabili in composizione ai treni ETR 500 effettuati dal 02.10.2008 al 18.02.2009;
- Analisi di rischio spezzamento ETR 500.

La Commissione ha anche acquisito il rapporto tecnico n° RT389-09 commissionato dalla Soc. Trenitalia alla RTM Breda relativo alle verifiche metallografiche sul tenditore di accoppiamento che ha subito la rottura, tra la 6° e 7° carrozza, durante l'inconveniente occorso al treno ES 9456 del 24.01.2009. Documentazione pervenuta dalla Procura delle Repubblica presso il Tribunale di Frosinone con note del

09.04.2009 e del 23.04.2009 acquisite agli atti della Direzione Generale per il Trasporto Ferroviario rispettivamente con protocolli n° 36141 del 10.04.2009 e n° 41574 del 24.04.2009.

È stato inoltre acquisita, con nota dell'Agenzia n° 1484/09 del 24.03.2009, la copia del contratto rubrica n° 24101 del 16.12.2008 sottoscritto tra Trenitalia S.p.A. ed il Consorzio Trevi in merito alla esecuzione di modifiche funzionali sulle locomotive ETR 500 PLT relative alla determinazione dello stato della piastra SottoSistema di Bordo (SSB) dell'unità Slave e per la gestione coordinata del taglio trazione sulle 60 motrici serie 500 e sulle 60+4 motrici serie 600.

Il giorno 27 Gennaio 2009, dalle ore 10.30 circa, si è svolta la visita ispettiva della Commissione al treno Eurostar ES9456. Il treno in oggetto, diviso in due tronconi, era ricoverato presso i capannoni dell'IDP di Napoli, situati poco distanti dalla Stazione di Napoli Centrale, a lato dell'area denominata "traccia fascia alta". L'ispezione si è svolta in accompagnamento ai
<componenti della Commissione interna istituita da Trenitalia, nonché dai componenti della Commissione nominata dall'ANSF.

Si è quindi visionata inizialmente la motrice che al momento dell'incidente era in coda al treno e quindi "settata" come "slave". Si sono visionati gli armadi delle piastre SMCT, i quadri interruttori e la cabina di manovra (Sab-Wabco control).

Si è quindi proceduto ad ispezionare i due tronconi del treno. Durante l'ispezione, presso il vestibolo della carrozza motrice di coda (inizio dell'ispezione), lato passeggeri, si è constatato che la leva dell'Allarme Passeggeri era spiombata e presumibilmente azionata durante l'evento. E' stato fatto osservare che la DIGOS ha proceduto a rilevare la presenza di eventuali impronte digitali sulla leva in oggetto.

Durante l'ispezione dei vagoni componenti i due tronconi, si è rilevato che 3 leve per la frenata di emergenza (che direttamente agiscono sulla condotta), leve a disposizione esclusiva del personale viaggiante in quanto disposti all'interno di opportuni armadi di servizio, erano senza i relativi piombi. Tuttavia data la situazione in cui si è presentato il materiale rotabile e senza opportune dichiarazioni scritte dei responsabili, non è possibile appurare se l'assenza dei piombi fosse antecedente all'evento dell'incidente o sia stato necessario operare sugli stessi rubinetti durante le procedure di riavvio (depannage) o di ripristino del materiale stesso.

Si sono visionate le due carrozze interessate dallo spezzamento. Erano evidenti i danni causati dal tranciamento dei cavi delle condotte pneumatiche e delle connessioni elettriche. Si è inoltre rilevato che parte dei tenditori, ancora montati sul treno (in particolare un tenditore del primo tronco e due del secondo tronco, in prossimità della 6-7° carrozza), erano stati allentati e successivamente ritesati (parte della filettatura della vite risultava lucida, indice che la vite fosse stata recentemente azionata). I rappresentanti di Trenitalia hanno giustificato tale evidenza con la necessità di verificare l'efficienza degli organi interessati. Tale rimaneggiamento inficia la possibilità di qualsiasi valutazione del loro stato prima della visita ispettiva.

Si è infine visionata la motrice di testa, dove si è rilevato che i rubinetti relativi ai freni a molla della motrice stessa e quelli relativi alla "sospensione laterale attiva"

fossero in posizione "esclusa". A tale proposito i rappresentanti della Commissione Trenitalia hanno fatto presente che il personale che ha operato il ricovero del convoglio ha necessariamente effettuato alcune manovre di esclusione sulle apparecchiature e sugli impianti, modificandone evidentemente lo stato rispetto la situazione in cui si trovava il materiale al momento dell'incidente.

L'ispezione si è conclusa con l'esame visivo degli elementi componenti il tenditore. Da una prima sommaria analisi è risultato evidente che il collasso del pezzo fosse avvenuto senza apprezzabili deformazioni plastiche, con una superficie di frattura rugosa, caratteristica delle rotture di tipo fragile.

2.2. Circostanze dell'evento:

Treno tipo ETR 500 n° ES 9456 era composta da dodici carrozze in configurazione bloccata e con due testate motrici E.404 identiche poste alle estremità.

Il P.M. (Posto Manovra) di Anagni è disposto al Km 62+000 della linea Roma - Napoli AV/AC; linea elettrificata a doppio binario ed attrezzata con sistema di controllo, comando e segnalamento RBC/ERTMS (Radio Blocking Center/European Rail Traffic Management System) livello 2.

2.3. Decessi, lesioni, danni materiali:

Non sono avvenuti decessi o danni alle persone. Danni materiali si sono verificati unicamente sul materiale rotabile ed in particolare sulla sesta e settima carrozza per rottura degli organi di aggancio.

2.4. Circostanze esterne:

Le condizioni meteorologiche esterne non sono state rilevate in quanto del tutto ininfluenti riguardo alla dinamica dell'incidente.

3. Resoconto dell'indagine.

3.1. Sintesi delle testimonianze:

Sono stati acquisiti agli atti della Commissione le dichiarazioni del personale in servizio sul treno ES9456 del giorno 24 gennaio 2009 ed in particolare:

- dei macchinisti: A e B
- del Capo Treno
- del personale di controlleria:

Il personale di condotta ha dichiarato congiuntamente che la fermata presso il posto di manovra di Anagni era stata concordata con il DCO (Dirigente Centrale Operativo) in quanto il manometro della condotta principale presentava un valore di pressione anormalmente basso (6,2 - 6,4 bar). Mentre il macchinista B insieme al Capo Treno, rimaneva in cabina di guida, il macchinista A percorreva il treno verso il locomotore di coda (unità slave) con lo scopo di individuare le eventuali perdite d'aria. In questa fase di ricerca il macchinista rimasto sulla motrice di testa individuava la perdita sulla sospensione laterale attiva sinistra della motrice stessa e pertanto provvedeva ad isolarla. Successivamente sempre B dava trazione ed il treno avanzava per 3-4 metri per poi arrestarsi di nuovo (nota della

Commissione: il convoglio aveva subito lo spezzamento). Il macchinista **A**, che stava tornando verso la motrice di testa, a seguito dell'arresto del treno, decideva di tornare verso la motrice di coda per comunicare, con il telefono di bordo, con il collega **B** accorgendosi che era stato attivato l'allarme passeggeri. Non riuscendo a comunicare con il telefono di bordo (nota della Commissione: i collegamenti erano interrotti a causa dello spezzamento del convoglio) **A** dichiarava di aver chiuso le porte di comunicazione tra le casse WT1 (che era senza passeggeri) e WT2 per evitare possibili manomissioni da parte dei viaggiatori. Dichiarava infine di essersi diretto verso la motrice di testa riscontrando l'avvenuto spezzamento tra la 6° e la 7° carrozza.

Il personale di macchina dichiarava di aver successivamente provveduto alla messa in sicurezza del treno agendo sui FAM (freni a molla) per la sua immobilizzazione.

Le dichiarazioni resa dal personale di controlleria non aggiungono altri elementi utili di valutazione, fatta eccezione per quanto dichiarato dal Capo Treno.

Quest'ultimo riferisce infatti che prima dell'ultimo tentativo di ripartenza, cui è seguito lo spezzamento del treno, vi sono stati altri due tentativi di partenza, seguiti da arresti bruschi del treno.

3.2. Sistema di gestione della sicurezza:

Il quadro organizzativo e le modalità di assegnazione ed esecuzione degli incarichi è sembrato rispondente alle normative di settore.

L'interfaccia fra i diversi soggetti operanti sono occorse nel rispetto delle regole della circolazione sulla rete AV/AC così come disposte dal Gestore.

3.3. Norma e regolamenti:

- allegato 7: Stralcio del "Manuale di Condotta" (artt. 19 e 44).
- allegato 8: Specifiche di fornitura FS:
TV.101.6/5.4.304/A edizione 05.04.1983 dei "tenditori unificati da 85 tonnellate"
TV.101.6/5.4.300/F edizione febbraio 1983 "maniglioni, tiranti e perni dei tenditori unificati da 85 t"
- allegato 9: Disegno della struttura cassa - trazione e repulsione - sistema tenditore.
- Allegato 10: Disegno n° 104761 della vite del tenditore.

3.4. Funzionamento del materiale rotabile e degli impianti tecnici:

Il funzionamento del materiale rotabile, così come di tutti i sistemi di segnalamento e comando-controllo, compresa la registrazione da parte di apparecchi automatici di registrazione dati, fino a prima del momento dello spezzamento hanno funzionato correttamente rispondendo in conformità alle proprie logiche di funzionamento.

3.5. Documentazione del sistema operativo:

L'arresto presso il PM di Anagni per accertamenti delle anomalie riscontrate durante la marcia è stato concordato con i soggetti deputati alla circolazione nel rispetto delle procedure operative. Si rileva inoltre che anche tutte le successive comunicazioni e i provvedimenti adottati dal personale per il controllo del traffico non sono azioni che possano aver influito sulla dinamica dell'incidente.

3.6. Interfaccia uomo-macchina-organizzazione:

Non si sono rilevati elementi in merito al tempo lavorativo del personale coinvolto, a circostanze personali e/o mediche che possano aver influenzato l'evento, compreso lo stress

fisico e psicologico. Non si rilevano fattori relativi alla architettura degli impianti aventi un'incidenza sull'interfaccia uomo-macchina, sempre in relazione alle cause dell'incidente.

3.7. Eventi precedenti dello stesso tipo.

Non si rilevano eventi di spezzamento occorsi con le stesse modalità. Tuttavia si rileva che si sono verificate altre situazioni di spezzamento di ETR originati dall'errato inserimento della piastra SCMT, lasciata attiva nel locomotore di coda.

4. Analisi e conclusioni.

4.1. Resoconto finale della catena di eventi:

Zona tachigrafica

Schema a blocchi degli eventi (dati rilevati dalle registrazioni)

n°	Orario	Eventi sulla Master E404-559	Eventi sulla Slave E404-513	Eventi sulle cart (annotazioni)
1	20.00.51	Azionata dal macchinista la frenatura pneumatica (massima di servizio)	frenatura pneumatica (massima di servizio)	Velocità del treno 205 Km/h
2	20.04.21	Arresto del Treno		
3	20.07.31	Azionamento del freno di stazionamento		
4	20.10.39	Riarro del freno di stazionamento. Prima applicazione della trazione al treno (primo movimento)	Freno di stazionamento attivo	
5	20.10.43	Viene applicata la frenatura automatica di emergenza	Freno di stazionamento attivo, applicata la frenatura automatica di emergenza	La presenza del freno di stazionamento sulla slave determinò a 4 Km/h per oltre i 5 secondi l'intervento della frenatura automatica d'emergenza. (velocità massima del treno quando è iniziata la decelerazione è stata di 12 Km/h) infatti sia master che la slave passano da traction a coasting per intervento della logica di bordo
6	20.10.48	Il treno si arresta		
7	20.11.52		Viene effettuato il reset dei circuiti di comando	Il personale di condotta si reca sulla slave ed effettua il reset
8	20.12.11	Viene effettuato il reset dei circuiti di comando		Anche dalla master viene effettuato il reset

9	20.13.33		Fine del reset sulla slave	<i>La slave è ancora con il freno di stazionamento inserito ed in Coasting</i>
10	20.14.06	Fine del reset sulla master		<i>La master è con il freno di stazionamento inserito ed in Coasting</i>
11	20.20.09	Il treno arretra di circa 2 metri Intervento automatico del freno di emergenza		<i>A seguito della sfrenatura il treno arretra ed il sistema ERTMS comanda la frenatura d'emergenza</i>
12	20.31.28	Riarmo freno di stazionamento	Freno di stazionamento attivo	
13	20.32.47	Prima applicazione della trazione al treno (primo movimento)	Freno di stazionamento attivo Inizio Trazione	<i>Il treno comincia a muoversi (sulla slave velocità minore di 4Km/h)</i>
14	20.32.52	La master rimane in traction	Taglio trazione (la logica di veicolo comanda il passaggio da trazione a coasting poiché probabilmente la slave sente una depressione in condotta)	<i>La slave inizia a frenare Azione non comandata dalla logica di sistema in quanto velocità e tempi inferiori a quelli previsti per la frenata di emergenza con freno di stazionamento attivo (vedi caso precedente)</i>
15	20.32.54	Apertura IP	Apertura IP	Avvenuto spezzamento <i>La master con il tronco di treno percorre 5 m La slave con il tronco di treno percorre 2 metri Sulla master la frenatura d'emergenza interviene solo ad avvenuto spezzamento del treno</i>
16	20.48.16			<i>Azionamento "allarme passeggeri" sulla carrozza 1</i>

La tabella degli eventi evidenzia che il treno dalla velocità di 205 Km/h inizia una frenatura massima di servizio comandata dal macchinista alle ore 20.00 e 51s in quanto, come riferito dal personale di macchina nelle proprie dichiarazioni, si rendeva opportuno individuare una perdita che causava una bassa pressione nella condotta principale. Il convoglio completava l'arresto alle 20.04 e 21s e dopo circa 3 minuti veniva inserito il freno di stazionamento.

Alle 20.10 e 39s il macchinista comandava il riarmo del freno per dare trazione al treno (circostanza questa non riferita nella dichiarazione dei macchinisti). Il treno dopo aver

percorso 24 metri effettuava una frenatura automatica d'emergenza in quanto la logica di bordo rilevava che era rimasto attivo il freno a molla sulla motrice di coda (di cui esiste segnalazione sul banco della motrice di testa).

Poco dopo sia sulla motrice di testa (20.11 e 52s) che quella di coda (20.12 e 11s) veniva effettuato il reset dei circuiti di comando che conferma la presenza di un macchinista sulla motrice di coda.

La pendenza della linea provocava un arretramento del convoglio di circa 2 metri (era attivo il freno di stazionamento sui locomotori di testa e di coda) che determinava l'immediato intervento del sistema ERTMS di bordo per incompatibilità del movimento rispetto il senso di marcia.

Il macchinista sul locomotore di testa comandava il riarmo del freno a molla alle 20.31 e 48s (che rimaneva tuttavia attivo sul locomotore di coda) dando nuovamente trazione. Questa volta la velocità non raggiungeva la soglia di velocità di 4 Km/h per 5s (soglia che avrebbe determinato l'intervento della logica di bordo per presenza del freno di stazionamento ancora attivo sulla una delle motrici) e alle 20.32 e 52s le registrazioni sulle due motrici evidenziano lo stato di trazione sulla master contestualmente ad un taglio trazione sulla slave, circostanza questa compatibile con l'azionamento di una frenatura rapida, presumibilmente in prossimità della slave stessa.

La slave ha infatti proceduto, secondo la logica di bordo, al taglio della trazione, avendo evidentemente rilevato in condotta generale una pressione inferiore ai 3,5 bar. Allo stesso tempo, a causa dei tempi di propagazione dell'onda di pressione, la master non faceva altrettanto e quindi rimaneva in trazione.

Un attimo dopo, alle 20.32 e 54s si registrano le aperture degli interruttori principali IP sulla master e sulla slave, registrazioni che attestano l'avvenuto spezzamento del convoglio.

Nella sequenza di eventi sopra descritta non c'è la registrazione dell'azionamento dell'allarme passeggeri, che invece viene riscontrata alle 20.48 e 16s, nei dati della carrozza n° 1, quindi 15 minuti dopo l'avvenuto spezzamento del treno.

4.2. Discussione:

La descrizione degli eventi così come ricostruita sulla base delle registrazioni degli apparati di bordo consentono di:

- **escludere** che sia avvenuto un azionamento automatico della piastra pneumatica SCMT del locomotore di coda, con relativa frenatura di emergenza, (vedi caso rottura degli Eurostar del 14 e 21 luglio 2008) in quanto la diagnostica ha riportato che il sopra citato locomotore è sempre rimasto in configurazione Slave;
- **dedurre** che l'azione frenante sia avvenuta in prossimità o proprio dal locomotore Slave e che il suo azionamento sia stato comandato pneumaticamente, in quanto, dalla diagnostica della Master, la disponibilità della frenatura elettrica e la presenza della trazione (taglio trazione automatico se pressioni inferiori a 3.5) fa ritenere che la depressione in condotta non avesse ancora raggiunto l'unità Master;

- **escludere** che l'intervento dell'Allarme passeggeri possa essere stata la causa dell'incidente, poiché tale azionamento è stato registrato ben 15 minuti circa dopo lo spezzamento del treno stesso. Peraltro tale circostanza trova conferma nel fatto che lo stesso macchinista **B** rimasto in cabina della locomotiva di testa, non ha dichiarato di aver ricevuto sul banco di manovra alcuna segnalazione di attivazione dell'Allarme Passeggeri ed analogamente anche il Capotreno (presente in cabina) non fa alcun cenno in tal senso. Segnalazione certamente importante nella circostanza del momento di cui è impossibile non aver notato l'eventuale accensione, considerato che l'attenzione degli stessi era focalizzata sui segnali riportati sul banco. Successivamente, dopo lo spezzamento del treno, tale segnalazione era chiaramente impossibile da trasmettere sul banco, proprio a causa dell'interruzione fisica del treno stesso. Inoltre l'inserzione dell'Allarme passeggeri, tra l'altro, opera una frenatura massima di servizio su tutto il convoglio, i cui sforzi frenanti sono minori di quelli generati da una frenatura rapida di emergenza (esempio rottura della condotta o azionamento dei rubinetti per la frenatura di emergenza a disposizione del personale di servizio). Infatti il comando agisce su un micro a tre contatti: il 1° contatto collegato al SIB di carrozza si apre e fornisce la segnalazione che la maniglia è stata tirata, il 2° contatto si chiude predisponendo l'eccitazione della EVSA (elettrovalvola allarme) per la possibile neutralizzazione dell'allarme, il 3° contatto va al FT (filo treno) ALLARME PASSEGGERI. Il SIB di carrozza trasmette l'informazione al SIB della locomotiva abilitata che informa la LV (Logica di veicolo) per trasmettere il messaggio di attivazione delle elettrovalvole (EVSA) a ogni SIB di carrozza.

L'azionamento di una maniglia "Allarme Passeggeri" provoca pertanto:

- l'attivazione della segnalazione "ALLARME PASSEGGERI" sul banco di manovra accompagnata per 15 secondi da un segnale acustico;
- l'inizio dello scarico della condotta generale attraverso il gruppo valvolare collegato alla maniglia azionata.

La centralina Wabcotrol, comanda a sua volta la massima frenatura di servizio e contemporaneamente l'eccitazione dell'elettrovalvola di neutralizzazione del gruppo valvolare sul veicolo interessato. In queste condizioni la centralina Wabcotrol, ricevuta la conferma che l'elettrovalvola di neutralizzazione si è correttamente eccitata, intercetta la scarica in C.G.; in tal caso sul banco di manovra si attiva la segnalazione di neutralizzazione avvenuta. In tal caso la frenatura sul treno rimane la massima di servizio pilotata dal rubinetto Wabcotrol.

Il macchinista può comunque:

- 1) portare direttamente il manipolatore in frenatura rapida, scaricando completamente, attraverso quest'ultimo, la C.G.;
- 2) lasciare il manipolatore di comando nella posizione di "marcia" e quindi la centralina elettronica del Wabcotrol mantiene la massima frenatura di servizio;
- 3) eseguire invece, un passaggio con il manipolatore in posizione di "sovraccarico" (1° posizione) della C.G. che verrà rialimentata alla pressione di 5.4 bar e successivamente potrà essere gestita la frenatura graduale per arrestare il treno nel punto più idoneo: il passaggio del manipolatore in "SOVRACCARICO" provoca inoltre la tacitazione del segnale acustico.

Qualora la centralina Wabcontrol non dovesse ricevere la conferma di eccitazione della elettrovalvola EVSA di neutralizzazione della scarica in condotta generale, viene comandata dalla stessa centralina la frenatura rapida;

- **ritenere** lo stato di pressione in condotta generale normale in quanto la logica di bordo ha dato il consenso al riavvio del treno;
- **rilevare** che il macchinista **B** abbia effettuato i tentativi di partenza con il freno di stazionamento inserito, condizione questa che potrebbe far intervenire la frenatura automatica d'emergenza in quanto se il freno di stazionamento non si disarma entro 5s a 4Km/h la logica della locomotiva master comanda la frenatura d'emergenza su tutto il convoglio (come di fatto avvenuto al primo tentativo di ripartenza delle 20.10 e 43s).

4.3. Conclusioni:.

4.3.1. Personale:

La ricostruzione degli eventi e le considerazioni svolte nella analisi critica degli eventi stessi permette di fare alcune considerazioni sul comportamento del personale di condotta nello spezzamento del convoglio.

Al riguardo si evidenzia quanto segue:

- sul convoglio si è presentata una anomala condizione del livello di pressione nella condotta principale. Tale situazione ha imposto al personale di condotta di arrestare il treno per localizzare la perdita d'aria che causava la bassa pressione in condotta. Il personale ha quindi correttamente richiesto alla Dirigenza centrale operativa l'autorizzazione di arrestare la marcia del treno. Per l'individuazione della causa dell'anormalità uno dei macchinisti **A** si portava verso il locomotore di coda mentre l'altro macchinista **B** rimaneva nella cabina del locomotore di testa. Durante questa ricerca il macchinista **B** individuava la causa del problema in una perdita della sospensione laterale attiva sinistra della motrice di testa provvedendo correttamente ad escluderla;
- il conducente **B** ha effettuato vari tentativi di riavviare la marcia del treno,

Il manuale di condotta prevede all'art 44 che il macchinista, con convoglio frenato (depressione in condotta non superiore a 1,5 bar) debba:

- portare il manipolatore del freno in NEUTRA (con manovra rapida e sollevando il perno di blocco);
- comandare la trazione con leva di coppia fino a realizzare lo sforzo necessario per l'avviamento;
- verificare che lo sforzo di trazione si sia affermato ad un valore idoneo atto a non far retrocedere, alla sfrenatura, il treno;

- riportare il manipolatore del freno in posizione di MARCIA per ottenere la rialimentazione della Condotta Generale e la sfrenatura del treno;
- dalla Ricostruzione degli eventi e dalla loro analisi critica emerge che al momento della rottura del tenditore sul convoglio coesistevano due azioni tra loro antitetiche: la locomotiva master (testa treno) in stato di trazione in presenza di una concomitante azione frenante presumibilmente in coda al treno in quanto la depressione in condotta ancora non veniva rilevata dalla logica di bordo della motrice abilitata. La dinamica degli eventi registrati rendono plausibile che l'azione frenante sia stata provocata dall'azionamento del rubinetto freno della motrice di coda in posizione di frenatura rapida o di una leva di scarico rapido della Condotta generale in prossimità della motrice di coda (entrambe accessibili solo dal personale munito di apposita chiave di accesso);
- nella suddetta ipotesi l'azionamento del rubinetto del freno in posizione di "RAPIDA", a norma di quanto disposto nel manuale di condotta all'art. 19, sarebbe dovuto essere comandato solamente in caso di emergenza. Difatti, azionando la "RAPIDA", la Condotta Generale viene messa in comunicazione con l'atmosfera direttamente attraverso il manipolatore ottenendo la massima frenatura pneumatica. Tuttavia, in base agli elementi raccolti da questa Commissione, non si ravvisano le condizioni di emergenza che possano aver giustificato l'attivazione della frenatura rapida. Il treno infatti, a seguito dell'esclusione della sospensione laterale attiva di sinistra da parte del conduttore sulla motrice di testa, stava riavviandosi nella corretta direzione di marcia;
- la maniglia Allarme passeggeri risulta azionata successivamente alla rottura del tenditore ed è quindi estraneo allo spezzamento del convoglio ed inoltre, per stessa dichiarazione del personale di condotta, il vagone dove l'allarme è stato comandato risultava vuoto.

Fatto salvo quanto sopra evidenziato non si ritiene che lo spezzamento del treno sia stato causato da errori o negligenze del personale di condotta che ha operato nell'ambito delle funzionalità delle apparecchiature senza effettuare "forzature" della logica di sistema per poter fare operazioni che il sistema stesso non avrebbe consentito. Anche il fatto che le registrazioni rendono plausibile la possibilità che sia stata comandata una frenatura di tipo rapida, dalla coda del treno, rientra tra le azioni ammesse dalla logica di bordo e quindi tra quelle disponibili al personale di condotta ove a suo giudizio ravvisasse che le circostanze lo richiedano. Il problema dell'avvenuto spezzamento non è pertanto da ricercare nella effettuazione di errori di manovra da parte del personale che, come detto, ha azionato comandi ad esso disponibili, ma nella logica stessa di sistema ed anche nelle caratteristiche tecniche del pezzo che si è rotto.

4.3.2. materiale rotabile

La Commissione, con nota prot. n° 01484/09 del 24.03.2009 dell'ANSF, ha acquisito la relazione di calcolo elaborata dalla Direzione Ingegneria Sicurezza e

Qualità di Sistema di Trenitalia S.p.A. nella quale viene effettuata la stima delle forze longitudinali a seguito di uno scarico rapido della condotta generale in coda ad un treno ETR 500 PLT (analoghe relazioni sono state elaborate da Trenitalia con riguardo a tali situazioni di scarico rapido della condotta generale per treni Eurostar City e treni regionali con doppia trazione E464). I livelli di sollecitazione cui vengono sottoposti i tenditori nelle tre configurazioni di treni evidenziano che le maggiori sollecitazioni si hanno nel caso dei treni ETR 500, tipologia ove appunto si è verificata la rottura del tenditore.

La relazione sulle stime delle forze longitudinali sul treno politensione ETR500 plt ha individuato i valori di forza longitudinale che si ingenerano:

- a) a seguito dell'intervento di una frenatura rapida attuata dalla locomotiva di coda a diverse velocità iniziali di marcia, ove lo stacco trazione delle locomotive di coda e di testa avviene in tempi successivi per i ritardi connessi alla propagazione dell'onda di pressione in condotta generale;
- b) come sopra, nella ipotesi che lo stacco trazione delle due locomotive sia gestito esclusivamente dalla locomotiva master (anche a seguito dell'intervento del pressostato della locomotiva slave);
- c) nel caso di attivazione sull'ultima carrozza del treno dell'allarme passeggeri.

I risultati di tali simulazioni hanno evidenziato che i valori massimi di sforzo si ingenerano nel primo caso a velocità iniziali basse (5 - 10 Km/h) ove si sono calcolati valori superiori a 880 KN.

Nel caso di una gestione del taglio trazione su entrambe le motrici affidata univocamente alla locomotiva master, tali valori massimi scendono considerevolmente e vengono stimati intorno a 244 - 268 KN.

Infine la simulazione relativa all'attivazione dell'allarme viaggiatori in coda al treno non porta a stimare forze longitudinali di entità significativa, valutate intorno a 118 - 128 KN. Ciò principalmente in relazione alla simultaneità con cui avviene il taglio trazione sulle due locomotive.

Altro elemento da evidenziare è l'importanza del livello di precarico degli elementi tenditori. Infatti i valori sopra indicati sono stati ottenuti assumendo che tutti i respingenti dei veicoli e delle locomotive in composizione si trovassero nella condizione di "piatti in contatto". Questo è confermato dalla simulazione che è stata condotta per analizzare l'influenza del precarico sugli organi di trazione e repulsione rispetto i valori di forza longitudinale massima raggiunta.

Nelle medesime condizioni di calcolo del p.to a) il valore massimo di sforzo al tenditore è passato da più di 880 KN a 477 KN, aumentando la rigidità degli accoppiamenti fra i veicoli con un precarico di 1,0 giri della vite del tenditore. È naturale pensare quindi che, nel caso di tenditori non adeguatamente serrati e tali da non assicurare i respingenti in posizione di "piatti in contatto" (come assunto nel

calcolo indicato al p.to a). le sollecitazioni potrebbero essere anche superiori a 880 KN.

La relazione di Trenitalia omette tuttavia il confronto degli sforzi calcolati rispetto alle capacità di resistenza del tenditore in base al materiale impiegato, alle sezioni resistenti ed ai coefficienti riduttivi di intaglio.

Per fare questo ci si è riferiti alle specifiche di fornitura FS dei "tenditori unificati da 85 tonnellate" e dei "maniglioni, tiranti e perni dei tenditori unificati da 85 t." individuate rispettivamente dai numeri TV.101.6/5.4.304/A edizione 05.04.1983 e TV101.6/5.4.300/F edizione febbraio 1983 nonché al disegno n° 104761 della vite del tenditore.

Le specifiche prescrivono le caratteristiche dell'acciaio da impiegare per la fabbricazione dei pezzi costituenti il tenditore così come le condizioni di accettabilità al collaudo che tali componenti devono garantire. In particolare la specifica prevede che l'acciaio impiegato per la vite debba garantire una resistenza alla rottura per trazione tra 750 – 860 N/mm² e che il tenditore, sottoposto a collaudo con uno sforzo di trazione iniziale di 35.000 N incrementato progressivamente al valore del "carico limite di elasticità" (uguale o superiore a 350.000 N) per almeno 1', non presenti un allungamento residuo, alle condizioni di carico iniziale della prova, superiore allo 0,2 %.

I risultati della relazione di Trenitalia indicano valori (880.000 N) applicati al tenditore decisamente superiori al carico limite di elasticità richiesto dalla specifica, ancorché applicato in modo impulsivo. Inoltre, applicando lo sforzo massimo, così come calcolato nella relazione di Trenitalia (880 KN), alla sezione resistente della vite, così come desunta dal disegno n° 104761, pari a 1451 mm², si può calcolare che lo stato di tensione interno risulta essere di 608 N/mm². Tale valore risulta superiore al limite di elasticità del materiale e molto prossimo al limite di rottura, senza aver peraltro considerato i coefficienti di forma che tengono conto della presenza dell'intaglio del filetto e della qualità della lavorazione.

La Commissione ha anche acquisito agli atti il rapporto tecnico n° RT389-09 del 22.04.2009 "Failure analysis su tenditore a disegno n° 104761 del treno E.S. Alta velocità 9456 del 24.01.2009 sulla tratta Roma-Napoli" della BREDA riguardante specifiche indagini commissionate da Trenitalia volte a stabilire il meccanismo di rottura della vite del tenditore ed a valutare se la rottura sia da ricondurre ad anomalie metallurgiche o alle caratteristiche meccaniche del materiale o infine alle condizioni di esercizio. Il rapporto è stato posto sotto sequestro dalla Procura della Repubblica presso il Tribunale di Frosinone con provvedimento del 03.04.2009, eseguito dalla Polizia di Stato con verbale del 08.04.2009 ed inviato alla Direzione Generale per il Trasporto Ferroviario in allegato alla nota della Procura stessa del 23 aprile 2009.

Nel rimandare alla predetta relazione per gli aspetti di dettaglio preme, in questa sede, evidenziare alcune considerazioni conclusive di tipo generale riferibili cioè all'intera famiglia di pezzi.

La relazione precisa infatti che "l'evidenza di un innesco e propagazione per fatica meccanica su un componente dimensionato a vita infinita porta a supporre inadeguato il dimensionamento della vite in relazione ai carichi di esercizio." A tal riguardo si rileva che il pezzo risponde ad una specifica FS del 1983, quando erano in uso altre tipologie di convogli per i quali le sollecitazioni ipotizzabili al gancio erano certamente diverse da quelle presenti in convogli più prestazionali come gli ETR 500. Inoltre "la limitata propagazione per fatica, che interessa meno del 4% della sezione resistente prima della rottura finale di schianto, indica oltre all'occasionale presenza di sovraccarichi (strappo duttile all'interno della propagazione di fatica), l'elevata fragilità del materiale utilizzato". Tale circostanza è molto importante se si tiene conto, come sopra circostanziato, degli elevati carichi di tipo impulsivo come desunti dalla relazione di Trenitalia (>880 KN) e dei risultati emersi dal rapporto della Breda nelle prove di resilienza che hanno fornito valori inferiori al limite prescritto dalla specifica TV.101.6/5.4.300/F sia a temperatura ambiente che alle varie temperature di prova (tra 0°C e 45°C).

Alle suddette conclusioni occorre inoltre porre in evidenza la "scarsa qualità delle lavorazioni meccaniche del filetto, sia per fattori geometrici (irregolarità del profilo) che per solcature d'utensile a fondo filetto; fattori potenzialmente in grado di innescare sotto applicazione di carico la rottura per fatica". La cattiva qualità delle lavorazioni peraltro rende maggiormente importante la valutazione di opportuni coefficienti di forma di cui si è fatto cenno sopra in relazione al reale stato tensionale del materiale.

Infine la circostanza rilevata dal rapporto tecnico della Breda sull'esame frattografico che ha permesso di valutare la rottura per propagazione per fatica avvenuta in un numero effettivo compreso nell'intervallo 2000-4000 di cicli, induce a ritenere che il pezzo è stato ripetutamente sottoposto a sollecitazioni analoghe a quella che per ultima ne ha determinato il collasso e che analoga situazione (di un fenomeno di fatica attualmente in atto) può ritenersi presente nella flotta di tenditori in uso nelle composizioni di treni tipo ETR 500.

4.3.3 logica di sistema

Nell'esame della dinamica dello spezzamento del convoglio, come è stato accennato, la Commissione ha rilevato, oltre alle criticità relative al pezzo che ha subito la rottura, alcune criticità che possono riferirsi alla logica del sistema.

La relazione stessa dell'impresa ferroviaria Trenitalia S.p.A. esamina il caso in cui lo stacco trazione delle due locomotive sia gestito esclusivamente dalla locomotiva master anche a seguito dell'intervento del pressostato della locomotiva slave, ottenendo livelli di forza massima raggiunti a seguito della frenatura circa 3,5 volte inferiori di quella che si ingenera nella attuale architettura di sistema (244-268 KN invece di 882 KN).

In effetti l'attuale logica prevede che lo scarico rapido della condotta generale in coda al treno, attraverso il rubinetto freno in cabina di guida della locomotiva slave, determina l'immediato stacco della trazione della locomotiva di coda (in quanto il relativo pressostato rileva immediatamente la depressione in condotta) e

l'intervento della frenatura rapida mentre la locomotiva in testa al treno rimane in posizione di trazione fintanto il relativo pressostato non rilevi una caduta di pressione pari ad almeno 1,5 bar.

La relazione stima in 0,5 s il ritardo di intervento dello stacco trazione da parte della locomotiva di coda dal momento dell'attivazione dello scarico rapido e di circa 7,5 s il ritardo della motrice di testa. In tali condizioni coesistono sulle due motrici le azioni tra loro antitetiche di trazione e di frenatura che sono causa di istantanei elevati sforzi applicati ai ganci.

Tale criticità della logica di sistema era ben nota a Trenitalia, come si desume dalla copia del contratto che Trenitalia stessa ha sottoscritto in data 16.12.2008 (rubricato con n° 24101) con il Consorzio Trevi per l'esecuzione di modifiche funzionali sulle locomotive ETR 500 Plt presumibilmente per risolvere le criticità emerse nei precedenti spezzamenti del 14 e 22 luglio 2008, presso la stazione di Milano C.le sulla medesima tipologia di treni. Copia acquisita in allegato alla nota dell'Agenzia nazionale per la sicurezza delle ferrovie prot. n° 1484/09 del 24.03.2009.

Il contratto prevede, tra l'altro, la modifica della gestione del taglio trazione per intervento del pressostato di stacco trazione della locomotiva slave (art. 4 del contratto). La modifica comporta che, "con telecomando TCN attivo, la transizione da ON a OFF del pressostato di stacco trazione della locomotiva Slave (pressione in condotta generale che scende sotto i 3,5 bar) non deve causare un taglio trazione locale immediato e non deve comportare l'attivazione della frenatura elettrica. Lo stato del pressostato della locomotiva Slave deve essere inviato via telecomando TCN alla Master, la quale deve applicare un taglio trazione per tutto il treno quando lo stato del pressostato della Slave passa da ON a OFF (rampa di discesa non inferiore a 2 s dal valore di sforzo massimo a zero)". Inoltre "se non precedentemente comandato dalla Master, la locomotiva slave attuerà il taglio trazione locale dopo un tempo di 3 s dall'intervento del pressostato locale, anche nel caso in cui il telecomando TCN divenga indisponibile dopo l'intervento del pressostato locale".

La modifica, di cui non si ha notizie in merito al grado di approntamento, contribuirebbe ad abbassare notevolmente i livelli di sollecitazione al gancio in caso di intervento del freno di emergenza comandata dalla coda del treno, sincronizzando l'azionamento del taglio trazione e della frenatura elettrica tra la master e la slave.

Altro elemento emerso dalla analisi dei dati di bordo è la mancanza della registrazione della pressione in condotta generale. Infatti la mancanza di tale informazione comporta la necessità di desumere l'intervento della frenatura dalla registrazione di altri dati. Si ritiene importante la registrazione di tale parametro in corrispondenza dei locomotori di testa e di coda ed opportuna analogia registrazione dei livelli di pressione nelle altre condotte.

4.4. Osservazioni aggiuntive: carenze rilevate durante l'indagine, ma non pertinenti ai fini della determinazione delle cause.

Il treno Eurostar n. ES9456 è stato ampiamente rimaneggiato, sia per il ricovero presso l'IDP di Napoli, sia nei giorni antecedenti la visita ispettiva stessa. La mancanza sia di procedure concordate che di attestazioni scritte o dichiarazioni del personale dell'impresa ferroviaria, atte a "fotografare" la situazione del treno subito dopo l'evento incidentale (vedi, ad esempio, se i tenditori fossero realmente tesati e le carrozze accostate fra di loro nella giusta maniera e posizione degli organi di manovra) rendono più difficile la comprensione delle possibili cause dell'incidente.

Per il futuro sarà quindi opportuno, qualora non sia possibile per vari motivi procedere alla immediata verifica della situazione da parte dei competenti organi ispettivi, che siano definite specifiche procedure atte a registrare lo stato in cui versa il materiale rotabile e la posizione degli organi di controllo, subito dopo l'incidente.

5. Provvedimenti adottati Resoconto dei provvedimenti già presi o adottati successivamente all'evento.

La Direzione Generale per il Trasporto Ferroviario con nota n° 44446 del 04.05.2009 ha informato l'Agenzia nazionale per la sicurezza delle ferrovie dei risultati emersi dal rapporto tecnico della Soc. Breda, l'Agenzia con propria nota n° ANSF 02902/09 del 04.06.2009 ha prescritto, in via cautelativa, a Trenitalia S.p.A. di sostituire entro il mese di dicembre 2009 tutti i tenditori dell'intera flotta ETR 500.

6. Raccomandazioni.

Da quanto esposto nei precedenti punti, una modifica della gestione del taglio trazione per intervento del pressostato di stacco trazione della locomotiva slave, contribuirebbe sicuramente ad abbassare notevolmente i livelli di sollecitazione al gancio in caso di intervento del freno di emergenza comandata dalla coda del treno, sincronizzando l'azionamento del taglio trazione e della frenatura elettrica tra la master e la slave.

Si fa rilevare inoltre che una più opportuna manutenzione degli organi di connessione fra i vagoni del convoglio a composizione bloccata, così anche la verifica del corretto accostamento fra gli elementi del treno, manterrebbe i valori di sforzo negli elementi interessati entro i limiti di progettazione, limitando la "esaltazione" dei fenomeni di stress per le azioni dinamiche che si instaurano durante le frenate del convoglio.

Altro elemento emerso dalla analisi dei dati di bordo è la mancanza della registrazione della pressione in condotta generale. Infatti la mancanza di tale informazione comporta la necessità di desumere l'intervento della frenatura dalla registrazione di altri dati. Si ritiene importante la registrazione di tale parametro in corrispondenza dei locomotori di testa e di coda ed opportuna analoga registrazione dei livelli di pressione nelle altre condotte.

ALLEGATI

1. Decreto di nomina della Commissione d'inchiesta.
2. Relazioni di calcolo sviluppate da Trenitalia S.p.A.:
 - 2.1. "ETR 500 PLT - Stima delle forze longitudinali a seguito di uno scarico rapido della condotta generale in coda treno";

- 2.2. "ETR 500 - Stima delle forze longitudinali a seguito di una attivazione di una frenatura di emergenza sulla loco di coda";
- 2.3. "Treni regionali con doppia trazione E464 - Stima delle forze longitudinali a seguito di uno scarico rapido della condotta generale in coda treno";
- 2.4. "EurostarCity - Stima delle forze longitudinali a seguito di uno scarico rapido della condotta generale in coda treno";
- 2.5. Copia dei verbali dei controlli eseguiti sui tenditori dei rotabili in composizione ai treni ETR 500 effettuati dal 02.10.2008 al 18.02.2009;
- 2.6. Analisi di rischio spezzamento ETR 500.
3. Rapporto tecnico n° RT389-09 del 22.04.2009 redatto dalla società RTM BREDA.
4. Copia del contratto tra Trenitalia S.p.A. e Consorzio Trevi: rubrica n° 24101 del 26.12.2008.
5. Dichiarazioni del personale in servizio sul treno ES 9456:
 - 5.1. macchinisti:
 - 5.2. Capo Treno:
 - 5.3. personale di controlleria:
6. Grafici GDB (Gestione dati di bordo).
7. Stralcio del "Manuale di Condotta" (artt. 19 e 44).
8. Specifiche di fornitura FS:
 - 8.1. TV.101.6/5.4.304/A edizione 05.04.1983 dei "tenditori unificati da 85 tonnellate" e dei
 - 8.2. TV.101.6/5.4.300/F edizione febbraio 1983 "maniglioni, tiranti e perni dei tenditori unificati da 85 t".
9. Disegno della struttura cassa - trazione e repulsione – sistema tenditore.
10. Disegno del complessivo tenditore.
11. Disegno n° 104761 della vite del tenditore.
12. Provvedimento n° ANSF 02902/09 del 04.06.2009 di sostituzione di tutti i tenditori sull'intera flotta di ETR500.
13. Foto (su CD).

Roma, 09.10.2009

La Commissione

Ing. Pietro Vallone

Ing. Mario Vivaldi

Ing. Paolino Mario Napolitano