

LA PULIZIA DEI TUNNEL FERROVIARI

Nuove tecnologie per la depolverizzazione ed il lavaggio di tunnel metropolitani - L'esperienza presso Metronapoli

di **Vincenzo ORAZZO**

Metronapoli - Direttore Esercizio

Ernesto MANCUSI

Tecnofer - Mantova

SOMMARIO

In questo articolo viene illustrata l'attività di cooperazione sviluppata tra un Operatore di gestione dell'esercizio di una importante rete di trasporto metropolitano su ferro e una Azienda specializzata nello sviluppo di tecnologie per il mantenimento in efficienza delle infrastrutture ferroviarie.

In particolare, viene descritta una originale esperienza di successo che ha permesso di evolvere le metodologie della pulizia dei tunnel ferroviari metropolitani conseguendo l'eliminazione delle polveri inquinanti con risultati decisamente superiori rispetto alle tecniche attualmente in uso in tale ambito.

La ventilazione naturale e forzata dei tunnel delle metropolitane, la circolazione intensa e le frequenti attività manutentive al binario - soprattutto molatura delle rotaie - costituiscono fonti di accumulo di polveri che, qualora non eliminate, potrebbero creare rischi per la salute di lavoratori e passeggeri.

Inoltre, tale nocivo accumulo di polveri determina un incremento dei costi di manutenzione dei rotabili e degli impianti tecnologici di linea.

Nell'articolo vengono quindi descritte le nuove tecniche di intervento ed evidenziati i risultati ottenuti.

PREMESSA

Le linee ferroviarie metropolitane nascono per garantire spostamenti rapidi di grandi masse di passeggeri durante un ampio nastro giornaliero di esercizio.

Ad esse è richiesto di mantenere livelli elevatissimi di frequenza ed affidabilità del servizio: tale affidabilità si fonda, oltre che su scelte iniziali di impianti e tecnologie all'avanguardia, anche sulla continua implementazione di sistemi ed attività manutentive efficaci.

L'attività manutentiva deve necessariamente privilegiare la prevenzione visto l'alto costo connesso con l'avaria e il degrado degli impianti di linea e dei rotabili: tale onere va inquadrato, non solo rispetto al costo di eventuali soppressioni o ritardi di treni, ma anche rispetto al costo

di accesso in linea, limitato a poche ore notturne e condizionato da unicità di vincoli esistenti per l'organizzazione della manutenzione.

Tipicamente, le Aziende ferroviarie sono molto attente alla manutenzione degli apparati specialistici (casse di manovra, apparecchi del binario, linea di contatto, sottostazioni, impianti di segnalamento, parti meccaniche/elettriche/elettroniche dei veicoli, ecc.) ed hanno varato piani di mantenimento che coniugano sia le indicazioni fornite dalle Case Costruttrici sia quelle sviluppate con i propri ritorni di esperienza.

Di contro, le medesime Aziende hanno, in generale, minore vocazione rispetto alle tematiche del controllo della pulizia della sede ferroviaria.

PERCHE' PULIRE I TUNNEL FERROVIARI?

All'interno dei tunnel ferroviari si presentano situazioni di criticità derivanti dalla eccessiva presenza di polveri grossolane e sottili. Queste si producono continuamente al passaggio dei convogli per le numerose interazioni da contatto



Fig. 1 - Metropolitana di Napoli, banchina stazione Salvator Rosa

tra ruota e rotaia (frenature e moto in curva) e tra pantografo e linea di contatto; inoltre, in presenza di massciata, l'azione di cimento della stessa durante la marcia dei treni comporta ulteriore formazione di polveri.

Talune operazioni tipiche di manutenzione del binario come la molatura e la riprofilatura delle rotaie, molto frequenti nelle metropolitane, incidono fortemente sul predetto fenomeno di formazione di polveri.

Tali polveri sono costituite, in larga parte, da derivati del ferro, del rame, dell'alluminio e del silicio e sono quasi del tutto insolubili in acqua. Pertanto, pur costituendo un potenziale rischio per la salute, laddove le concentrazioni nell'aria dovessero superare determinate soglie stabilite dalle leggi di igiene del lavoro, non rappresentano particolare pericolo per l'inquinamento ambientale.

Dal punto di vista dei danni derivanti dall'accumulo di tali polveri nelle gallerie ferroviarie occorre ricordare:

- l'oscuramento della segnaletica;
- l'intasamento di filtri degli impianti di trattamento aria a bordo e a terra (locali tecnologici);
- l'aumento del rischio di malfunzionamento degli impianti di telecomunicazione (diffusione sonora, cavo fessurato, TVcc, centrali telefoniche);
- l'aumento del rischio di malfunzionamento degli impianti di segnalamento (captatori, sale relé, ecc.) (ved. fig. 4);
- l'aggravio delle operazioni di manutenzione (sia degli impianti di bordo treno sia di quelli di terra) per la formazione di morchia (ved. fig. 5); in determinati casi aumentano anche i dispositivi di protezione individuale (DPI) necessari alle squadre di manutenzione;
- la riduzione dell'intensità luminosa dell'illuminazione di galleria;
- l'aumento di "sporco" nelle stazioni sotterranee dovuto all'"effetto stantuffo" determinato dalla marcia dei treni e dell'"effetto camino" causato dalla differenza di quota - e temperatura - tra banchine e superficie;
- l'aggravio delle condizioni di esodo dei passeggeri in caso di emergenza.

Per le ferrovie metropolitane occorre ricordare che talune di queste problematiche sono particolarmente aggravate dalla intensa circolazione convogli (frequenze di passaggio medie inferiori a 5 minuti), dalla accessibilità limitata alla linea durante la sospensione giornaliera della circolazione e dall'elevato numero di passeggeri contemporaneamente imbarcati su treni in galleria.

Inoltre, molti studi, effettuati da ricercatori in diverse parti del mondo¹⁾ relativamente alla qualità dell'aria nelle stazioni sotterranee delle metropolitane, hanno evidenziato un aumento del rischio di reazioni allergiche determinato dalla più facile veicolazione di spore di funghi e batteri, normalmente presenti in ambienti affollati, a causa dell'umidità relativa e delle polveri sottili (*airborne dust PM 0,5*) presenti nelle gallerie.

Tutte queste considerazioni hanno motivato la Direzione



Fig. 2 - Metropolitana di Napoli - Banchina stazione Materdei

Tecnica di Metronapoli ad avviare la ricerca della soluzione più appropriata per la pulizia delle proprie gallerie. Ciò in quanto la metodologia di "tunnelcleaning" in uso era diventata insufficiente a partire dal 2001 quando, con l'inaugurazione della tratta Vanvitelli - Dante, la tratta in galleria fu estesa a 9 km - con 11 stazioni sotterranee - rispetto ai precedenti 3 km. Inoltre, la pulizia dei tunnel per Metronapoli avrebbe potuto raggiungere anche l'obiettivo di salvaguardare dall'azione corrosiva delle polveri sia le stazioni progettate da famose firme dell'architettura contemporanea (ved. figg. 1 e 2) che le opere d'arte in esse presenti (ved. fig. 3).

IL PROCESSO DI SCELTA

La Direzione Tecnica di Metronapoli ha inizialmente considerato lo stato dell'arte delle tecniche utilizzate in alcune principali metro europee.

Dall'indagine è emerso che l'operazione di "tunnelcleaning" rientra tra le attività manutentive pianificate, in via continuativa, dalle Aziende Esercenti.

Le tecnologie adottate sono risultate eterogenee per le differenti scelte di combinazione - e di efficacia - dei processi operativi di seguito elencati:

1. aspirazione del macro sporco (giornali, bottiglie, lattine, etc) dalla sede del binario (ved fig. 6);
2. aspirazione delle polveri sottili e grossolane dalla sede del binario;
3. distacco delle polveri adesivate alle superfici delle pareti delle gallerie;

1) Andrew and Forbes - Examination of the atmosphere of the central London Railway.
Szam, Nikodemusz etc - Airborne microflora found in some stations of the metro in the Hungarian capital Budapest.
Hameed A. Awad - Enviromental study in subway metro stations in Cairo, Egypt.

4. aspirazione delle polveri sottili dalle pareti della galleria e dai manufatti a latere (banchine di emergenza, corrimano, quadri elettrici, corpi illuminanti, ecc.);
5. lavaggio a bassa pressione delle pareti della galleria con tensioattivi in soluzione acquosa e successivo risciacquo.

Si è constatato che i processi sopraelencati non sono contemporaneamente utilizzati e che la meccanizzazione dei processi scelti era stata implementata con la costruzione di "veicoli prototipi" in esemplari unici, a misura del Committente specifico.

In particolare, quasi sempre, l'aspirazione delle polveri dalla sede viene realizzata con veicoli capaci di soffiare e di aspirare in successione: l'aria aspirata, dopo il passaggio attraverso opportuni filtri, viene separata dalle polveri che restano stoccate a bordo del veicolo.

Questo sistema, non riesce ad eliminare le polveri sottili adesivate alle pareti della galleria nonché quelle presenti sulle banchine di emergenza e sui manufatti a latere del binario. Inoltre le particelle sabbiose, per l'elevato peso specifico, non possono essere aspirate, né tanto meno si riescono a distaccare le polveri fini legate alla volta della galleria.

In genere alle operazioni di aspirazione sopracitate fa seguito un intervento di lavaggio sulle pareti e sulla sede con poca acqua a bassa pressione.

In qualche caso, con l'obiettivo di evitare l'uso dell'acqua, il veicolo - munito di un sistema di controllo remoto - è stato robotizzato e dotato di spazzole per favorire il preventivo distacco delle polveri adesivate alle pareti della galleria ed ai manufatti a latere. Successivamente, il veicolo, sfruttando il principio della soffiatura/aspirazione, rimuove le polveri dalla sede. Quest'ultimo sistema lascia comunque irrisolte molte delle problematiche esposte per la precedente metodologia creando anzi una nuova problematica legata alle *nuvole di polvere* che vengono prodotte dalla spazzolatura a secco delle pareti. Quindi, la soluzione con l'utilizzo di un robot comandato a distanza, diventa impegnativa sotto il profilo finanziario senza apportare grandi migliorie al servizio.

La pulizia delle gallerie con i sistemi sopradescritti non garantisce una rimozione profonda delle polveri pur se reiterata più volte nell'arco di un anno.

Dopo aver effettuato un'analisi di costi e benefici di queste metodologie, si è presa in considerazione la soluzione di "tunnelcleaning" attuata sulla rete ferroviaria gestita da RFI.



Fig. 3 - Alcune opere d'arte presenti nelle stazioni della metropolitana di Napoli.



Fig. 4 - Sala relè con polveri presenti sul pavimento

Questo sistema (ved. fig. 7), ideato e costruito dalla Soc. Tecnofer di Mantova, era stato dimensionato per la pulizia delle gallerie ferroviarie delle linee nazionali che hanno la sagoma limite superiore rispetto a quella delle linee metropolitane.

Visti i risultati del “*sistema Tecnofer*”, si è intrapreso una collaborazione tra Metronapoli e la società predetta per la messa a punto di un analogo sistema che, utilizzando gli stessi processi adottati per la pulizia dei tunnel di RFI, potesse essere compatibile con la sagoma limite della linea metropolitana di Napoli.

“SISTEMA TECNOFER” DI PULIZIA

Il “*Sistema Tecnofer*” per la pulizia dei tunnel tiene conto delle caratteristiche chimico-fisiche della polvere e della sua differente concentrazione sulle diverse superfici su cui si trova depositata.

Sulla sede è presente principalmente polvere grossolana mentre sulle pareti e sulla volta si trova polvere sottile tenacemente legata alle superfici attraverso forti legami elettrostatici. La differenza tra le polveri è anche di tipo chimico: sulla sede domina la presenza di sabbia e derivati del ferro e del rame, mentre su pareti e volta prevalgono alluminati, grafite e silicati.

Seppure il rapporto ponderale dello sporco tra sede e pareti sia superiore a 10, la polvere legata alle pareti, pur in quantità minore, crea notevoli problemi poiché, essendo sottile, risulta essere molto coprente.

Lo “sporco” presente sulla sede, a causa della sua granulometria e del suo elevato peso specifico apparente, è difficilmente aspirabile se questa operazione non viene accompagnata da una simultanea azione di scopatura meccanica.

Parimenti, le polveri sottili adesivate alle pareti, non sono facilmente aspirabili se non rimosse anch’esse da una spazzolatura meccanica (ved. sistema robotizzato nel precedente capitolo).



Fig. 5 - Il motore di un veicolo di trazione con incrostazioni

Tenendo conto delle considerazioni analitiche sopra esposte, il “*sistema Tecnofer*” per la pulizia dei tunnel, si sviluppa attraverso i seguenti tre differenti tipi di intervento.

1 - Aspirazione

Si articola in due fasi. La prima consiste nell’eliminazione del macrosporco (giornali, bottiglie di pvc, lattine, ecc.) eseguita con un automezzo strada/rotaia munito di impianto di aspirazione. La seconda consiste nell’asportazione del mini e microsporco (polveri grossolane e polveri sottili), attraverso l’utilizzo di un motocarrello attrezzato con spazzole che rimuovono le polveri legate alla sede ferroviaria e le convogliano ad un adeguato impianto di aspirazione, di filtraggio e di stoccaggio.

2 - Lavaggio

Si sviluppa in tre differenti fasi operative.

La **prima** prevede l’impiego di un automezzo strada/rotaia, munito di cisternetta e di impianto di prelavaggio ad alta pressione, che provvede ad un trattamento delle pareti e delle strutture tecnologiche con l’impiego di un tensioattivo biodegradabile e naftofago, necessario a rompere i legami elettrostatici tra sporco e superficie.

La **seconda** prevede l’impiego di un convoglio semovente denominato “*Salt Pony*” composto da un motocarrel-



Fig. 6 - Macro sporco presente prima dell’intervento sotto la platea del binario



Fig. 7 - Il sistema automatizzato per il lavaggio dei tunnel ("salt 400") utilizzato nella rete RFI



Fig. 8 - Il sistema Tecnofer "Salt Pony" predisposto per la pulizia delle gallerie di Metronapoli

lo attrezzato con spazzole e impianto di *abbattimento ad acqua* delle polveri prodotte (ved. figg. 8 e 9), per la spazzolatura meccanica delle pareti, della segnaletica e di parte della volta,

La *terza* prevede l'utilizzo di un carro attrezzato con una serie di ugelli che irrorano acqua a pressione sia per la pulizia di volta, cavi elettrici e mensole portacavi, sia per una *scopatura idrica* di pareti, marciapiedi, sede ferroviaria e segnaletica, utilizzando abbondante acqua in pressione, in grado di veicolare nei pozzetti di decantazione le piccole quantità di sporco residuo all'aspirazione (ved. fig. 10).

3 - Igienizzazione ambientale

Questo servizio viene eseguito con l'impiego di un automezzo strada/rotaia, munito di cisternetta e appositi ugelli micronizzatori capaci di bagnare le superfici del tunnel con una miscela acquosa di un formulato biocida che agisce

contro batteri (gram + e gran -), funghi, protozoi, muffe, lieviti, ecc..

INTERVENTO E RISULTATI

La ditta Tecnofer ha accettato la richiesta di Metronapoli ed ha costruito un apposito sistema (ved. fig. 8) in grado di sviluppare la metodologia operativa precedentemente descritta. Per la messa a punto delle attrezzature sono state affrontate e risolte problematiche legate sia alla linea (conformazione della sagoma, elevata pendenza e ridotti raggi di curvatura) sia al controllo dei fumi di scarico di numerosi motori a combustione interna contemporaneamente attivi durante l'intervento di pulizia.

Dopo la messa a punto di tutti gli impianti, si è passati alla fase operativa di "*tunnelcleaning*" delle gallerie Metronapoli.

I risultati ottenuti hanno confermato l'efficacia del

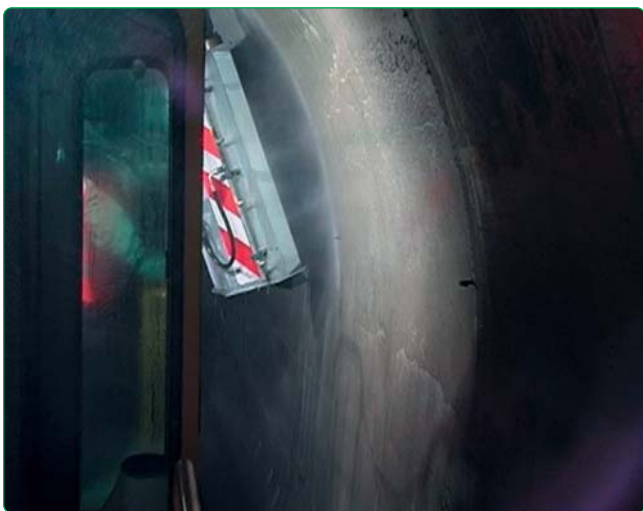


Fig. 9 - Fase di spazzolatura con abbattimento ad acqua delle polveri prodotte



Fig. 10 - Fase di scopatura idrica a 360° del tunnel mediante abbondante acqua a pressione



Fig. 11 - Lo stato del tunnel: a) prima dell'intervento b) dopo l'intervento

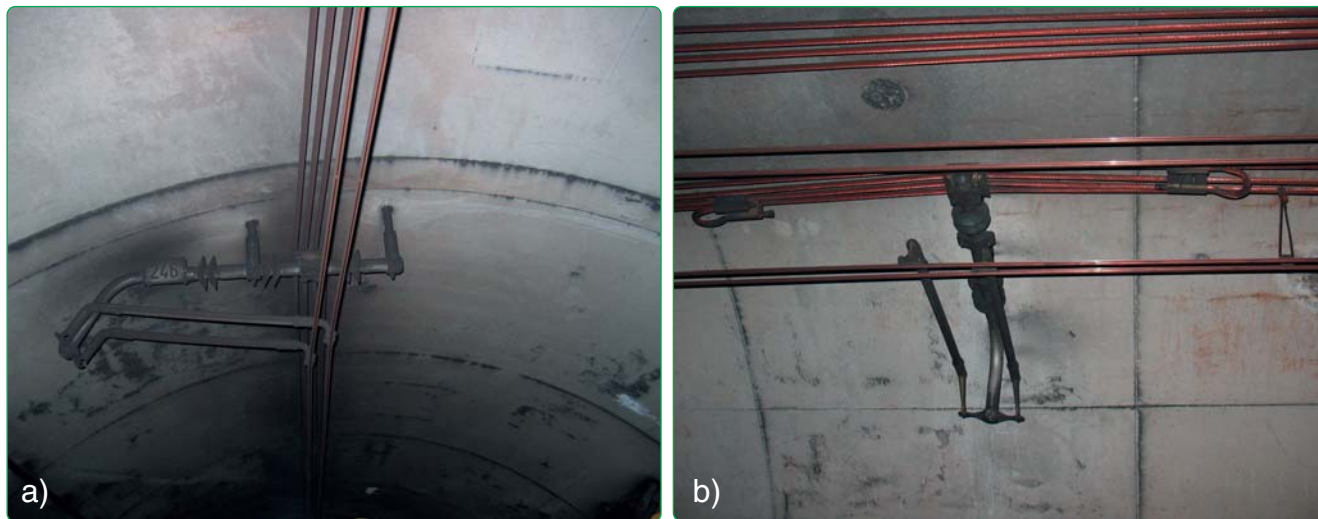


Fig. 12 - Le attrezzature TE: a) prima dell'intervento b) dopo l'intervento

“Sistema Tecnofer” raggiungendo pienamente gli obiettivi prefissati.

Estrema soddisfazione è stata espressa anche dagli operatori della manutenzione e dai macchinisti.

Nelle figure 11 e 12 vengono presentate delle immagini prima e dopo l'intervento che evidenziano i risultati ottenuti.

A valle dell'esecuzione del primo intervento radicale di “tunnelcleaning” si è avuta la conferma che tale servizio deve essere inserito tra le attività di manutenzione periodica della linea.

Ci si è posto dunque il problema di valutare la frequenza più opportuna di esecuzione che possa garantire un rapporto ottimale costi-benefici, per cui è stato stimato il tempo di accumulo e la qualità dello “sporco”, quasi tutto di origine antropica.

In primo luogo, si è osservato che l'abbandono nelle stazioni - ed il successivo trascinarsi in linea - di quotidiani “free press”, di bottiglie in plastica ed altro materiale concorre a far aumentare rapidamente il carico di incendio in galleria oltre a costituire materiale in grado di ostruire i percorsi di scarico delle acque.

L'osservazione ha inoltre evidenziato che già dopo due/tre mesi la presenza del macrosporco raggiunge valori critici.

Inoltre, come descritto in precedenza, la circolazione intensa dei treni, la manutenzione del binario e la ventilazione forzata delle gallerie producono continuamente polveri grossolane e sottili.

Le polveri grossolane si depositano rapidamente sulle superfici orizzontali mentre quelle sottili, man mano che si producono, si muovono all'interno del tunnel fino a legarsi a tutte le superfici che investono nei momenti di *calma di vento* (assenza di circolazione).

In questo caso, si ritiene consigliabile effettuare la rimozione delle polveri dopo 12/24 mesi; si sceglierà il momento più opportuno verificando il grado di ricoprimento della segnaletica di linea.

Dall'esame della letteratura si evince che molte metropolitane eseguono la depolverizzazione ed il lavaggio 2 volte all'anno mentre effettuano la rimozione del macro sporco e la depolverizzazione a secco 4/5 volte all'anno.

Riteniamo che il “sistema Tecnofer” possa consentire interventi meno frequenti e, più precisamente, considerando la genesi dello sporco sopra descritta, ci permette di ipotizzare la seguente programmazione:

- a) interventi trimestrali per l'eliminazione del macrosporco e delle polveri presenti sul corpo stradale;
- b) interventi con frequenza media a 18 mesi per il “tunnelcleaning” completo.

CONCLUSIONI

La pulizia dei tunnel è una attività manutentiva eseguita presso tutte le linee di metropolitane e consente di controllare innumerevoli fattori di rischio. Tale attività, in termini di frequenza di intervento, è legata sia al sistema di “tunnelcleaning” utilizzato, sia alle caratteristiche dell'infrastruttura (altimetria del tracciato, tipologia del binario e della sede, presenza o meno di umidità, tipologia della ventilazione, ecc.).

Il “sistema Tecnofer”, scelto da Metronapoli, è in grado di operare a 360° sulle superfici della galleria riuscendo quindi a pulire anche la volta, le mensole e la linea aerea di contatto. Inoltre, essendo tale sistema radicale nella sua azione, riesce a garantire il risultato richiesto con una minore frequenza di interventi rispetto ai sistemi che operano prevalentemente a secco e/o a basso volume di acqua, ottimizzando quindi il rapporto costo/qualità dell'intervento stesso.

Seppure già precedentemente espresso, si ritiene opportuno ribadire che la pulizia profonda dei tunnel è indispensabile, non solo per motivi di sicurezza legati alla circolazione ed all'ambiente di lavoro, ma anche perché da questa deriva una sensibile riduzione dei costi delle altre attività manutentive. ■