

COMMITTENTE:



DIREZIONE INVESTIMENTI PROGETTI PALERMO

SOGGETTO TECNICO:



DIREZIONE TERRITORIALE PRODUZIONE DI PALERMO
S. O. INGEGNERIA DI PALERMO

PROGETTAZIONE:

SINTAGMA S.r.l. - ITALIANA SISTEMI S.r.l.

TIMBRO E FIRMA DEL PROGETTISTA



PROGETTO DEFINITIVO

CONTRATTO APPLICATIVO n.9/2017 - A.Q. n.341/2016 del 29/11/2016

**Progettazione definitiva delle opere civili ed armamento
per il ripristino della linea Palermo - Trapani via Milo**

CORPO STRADALE
STATO DI FATTO

SCALA -

Relazione descrittiva delle criticità lungo linea

Foglio - di -

PROGETTO/ANNO

SOTTOPR.

LIVELLO

NOME DOC.

PROGR.OP.

FASE FUNZ.

NUMERAZ.

3 0 4 8 1 7

S 0 1

P D

T G - -

0 5

0 0 0

E 0 0 0 1

Rev.	Descrizione	Progettista			RFI			
		Redatto	Verificato	Approvato	Verificato Team Ver.	Verificato C.P.	Approvato	Autorizzato
A	Emissione	OTT. 18	OTT. 18	OTT. 18				
		M. De Turzi	Ing. Nani	Ing. Granieri	D.T.	D.T.	Ing. Martinelli	Ing. Palazzo

LINEA

--	--	--	--

SEDE TECN.

--	--	--	--	--	--

NOME DOC.

--	--	--	--

NUMERAZ.

--	--	--	--

Verificato e trasmesso

Data

Convalidato

Data

Archiviato

Data

 <p>RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE Direzione Territoriale Produzione Palermo</p>	<p>CONTRATTO APPLICATIVO n.9/2017 - A.Q. n.341/2016 del 29/11/2016</p> <p>Progettazione definitiva delle opere civili ed armamento per il ripristino della linea Palermo - Trapani via Milo</p>
<p>304817_S01_PD_TG - -_05_000_E0001</p>	<p>STATO DI FATTO Relazione descrittiva delle criticità lungo linea</p>

Sommario

1	Introduzione.....	2
2	Descrizione Tipologica Dei Dissesti.....	3
2.1	Rilevati.....	4
2.1.1	Cedimenti del piano del ferro.....	4
2.1.2	Franamento ed instabilità delle scarpate laterali.....	7
2.3	Tratti In Trincea.....	12
2.4	Tratti a Mezza Costa.....	18
2.5	Imbocchi Delle Gallerie.....	21
2.6	Opere D'arte Minori.....	23
2.6.1	Tombini e ponticelli.....	23
2.6.2	Opere idrauliche.....	27
2.7	OPERE D'ARTE MAGGIORI (VIADOTTI E GALLERIE).....	31
2.7.1	Viadotti.....	31
2.7.2	Gallerie.....	33
3	Stazioni e Fermate Esistenti.....	35
4	Interferenze.....	37
5	Criticità Particolari.....	40

 <p>RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE Direzione Territoriale Produzione Palermo</p>	<p>CONTRATTO APPLICATIVO n.9/2017 - A.Q. n.341/2016 del 29/11/2016</p> <p>Progettazione definitiva delle opere civili ed armamento per il ripristino della linea Palermo - Trapani via Milo</p>
<p>304817_S01_PD_TG- -_05_000_E0001</p>	<p>STATO DI FATTO Relazione descrittiva delle criticità lungo linea</p>

1 Introduzione

Nell'ambito della progettazione preliminare per la riapertura della linea in oggetto erano stati rilevati e censiti i dissesti e le criticità presenti lungo la linea. L'attività era stata svolta dai tecnici della società di ingegneria ITS Srl, dal 23 al 26 novembre 2015, percorrendo a piedi l'intera linea, per un totale di circa 47 km, effettuando un report fotografico esteso e dettagliato dello stato della ferrovia, ed andando a delineare le eventuali problematiche presenti al contorno. In fase di redazione del progetto definitivo la scrivente ha eseguito una serie di nuovi sopralluoghi, soffermandosi sulle tratte maggiormente deteriorate e sulle opere d'arte, rilevando sostanzialmente le stesse criticità messe in evidenza nel preliminare. In generale lo stato di degrado, rispetto al 2015, ha subito un incremento non eccessivamente marcato, a conferma che l'attuale condizione di dissesto della linea non è da correlarsi a fenomeni estesi di franamento, scivolamenti o cedimenti ma, principalmente, alle **scadenti caratteristiche meccaniche dei terreni con cui sono stati realizzati in origine i rilevati e all'insufficiente sistema di raccolta e smaltimento delle acque meteoriche.**

Il progetto definitivo sviluppato, su richiesta della Committenza, si differenzia dal preliminare sotto molti aspetti, tra cui il più saliente è l'adeguamento della piattaforma ferroviaria al manuale di progettazione RFI ed.2016 lungo tutta la linea (ad esclusione delle tratte su opera d'arte). La conseguenza è stata quella di prevedere interventi diffusi di risanamento e risagomatura di rilevati e trincee lungo tutti i 47 km di linea. Al fine di ridurre l'incidenza delle opere di contenimento previste nel preliminare, si è optato per l'acquisizione di nuove aree, ove necessario ed ove possibile nel rispetto delle esistenze circostanti.

Rimane escluso dal progetto il tratto tra le pk 74+695 e 75+358 in quanto oggetto di altro intervento a cura della Committenza.

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE Direzione Territoriale Produzione Palermo	CONTRATTO APPLICATIVO n.9/2017 - A.Q. n.341/2016 del 29/11/2016 Progettazione definitiva delle opere civili ed armamento per il ripristino della linea Palermo - Trapani via Milo
304817_S01_PD_TG- -_05_000_E0001	STATO DI FATTO Relazione descrittiva delle criticità lungo linea

2 Descrizione Tipologica Dei Dissesti

Lo scopo principale della progettazione è quello di definire le opere civili necessarie a risolvere i problemi derivanti dai dissesti evidenziati su tutta la linea (si vedano a proposito gli elaborati relativi allo stato di fatto) e quindi al ripristino funzionale della linea.

I dissesti rilevati sono riconducibili ai seguenti fattori:

- Scarse caratteristiche meccaniche del materiale costituente i rilevati;
- Regimazione delle acque inesistente o, comunque, obsoleta su quasi tutta la tratta.

In questo capitolo si individuano le tipologie di dissesto più frequenti, che vengono messe in relazione con la tipologia di sezione rilevata (rilevato, trincea, mezzacosta, galleria). Si fornirà inoltre una descrizione delle problematiche rilevate in corrispondenza delle opere d'arte.

Di seguito un tabella riepilogativa dell'estensione delle opere d'arte e delle sezioni tipologiche che costituiscono la linea ferrovia.

Descrizione	Valore	Percentuale [%]
Lunghezza totale dei rilevati	14875 m	31.6%
Lunghezza totale delle trincee	11411 m	24.2%
Lunghezza totale in mezzacosta	6841 m	14.5%
Lunghezza totale a raso piano campagna	8355 m	17.7%
Lunghezza totale dei viadotti	1504 m	3.2%
Numero viadotti	14	-
Lunghezza totale gallerie	4101 m	8.7%
Numero gallerie	11	-

Tabella riassuntiva della distribuzione delle sezioni ferroviarie

2.1 Rilevati

La linea è prevalentemente costituita da tratti in rilevato, 30% della lunghezza totale, che presentano un'altezza variabile da 1m fino a 9÷10m.

I principali dissesti osservati sono:

- il cedimento del piano del ferro
- la presenza di franamenti del materiale sulle scarpate laterali.

Questi problemi sono senz'altro dovuti alle caratteristiche geometriche della sezione del rilevato, alle scarse qualità del materiale costituente il rilevato e del piano di posa, oltre che ad un non adeguato sistema di smaltimento delle acque meteoriche.

2.1.1 Cedimenti del piano del ferro

Sono presenti lungo la tratta svariati punti ove il rilevato presenta dei cedimenti subverticali, questi cedimenti sono spesso molto visibili, evidenziati da variazioni altimetriche repentine dei binari. Spesso si notano dei vuoti o svuotamenti del ballast al di sotto dei binari e delle traversine, dovuti sia a cedimenti verticali del rilevato stesso, sia al fatto di avere una ridotta larghezza utile della fondazione del ballast ferroviario, sia a scarpate laterali spesso molto pendenti, non sono tali da sostenere il piano ferroviario. Sono presenti spesso dei franamenti laterali, con riduzione ulteriore della larghezza utile del piano ferroviario e conseguente caduta del ballast dalla scarpata del rilevato. In passato si è più volte cercato di ovviare a questi cedimenti effettuando dei rinalzi di ballast sotto al binario, fatto evidenziato dalla presenza di pietrisco di natura differente da quello originario. Questi tentativi di rinalzo non sono risultati utili alla risoluzione dei dissesti. Questo tipo di cedimenti si rileva soprattutto su rilevati di altezza considerevole, ma in alcuni casi anche per altezze modeste rispetto al piano campagna.



Esempi di svuotamento e franamento laterale del ballast



Esempi di svuotamento centrale del ballast e predisposizione per il rinalzo



Esempi di cedimento differenziale del piano ferroviario

Il fenomeno è dovuto inoltre allo sprofondamento del materiale litoide, che costituisce il ballast, nel terreno di matrice fina che costituisce il rilevato. Tale fenomeno si amplifica ulteriormente con la presenza d'acqua derivante dalle piogge, che si infila nel ballast e quindi nel rilevato.

S4 - 20 m (Km 87+500) condizionato con piez tubo aperto 2"		
Profondità z [m]	Descrizione	Tipo
0,00 – 2,00	ciottoli subarrotondati ben cerniti. Colore bianco-grigio chiaro	ballast
2,00 – 6,60	limi argillosi con sabbia color nocciola con ghiaia, ciottoli, lenti argillose, resti vegetali	rilevato ferroviario costituito da limi argillosi
6,60 – 8,80	ghiaie e ciottoli subarrotondati in abbondante matrice limoso-sabbiosa color nocciola. Contenuto in fine abbondante fino a 8.5, poi molto scarso.	alluvioni gradate (da fini a grossolane)
8,80 – 9,00	trovante	trovante
9,00 – 10,00	argille limose color nocciola-grigio con ghiaia	antiche alluvioni fini
10,00 – 11,00	argille grigio-scuro con rare scaglie marnose	argille marnose alterate
11,00 – 20,00	argille grigio-scuro con scaglie marnose e livelli sabbiosi, grigio chiaro	argille marnose consolidate

0-5 m



5-10 m



10-15 m



15-20 m



Stratigrafia sondaggio S4 – 20 m – prog. km 87+500

2.1.2 Franamento ed instabilità delle scarpate laterali

I rilevati, soprattutto quelli di altezza elevata, presentano generalmente scarpate laterali con pendenze molto elevate (circa 45°), non adeguate a strutture di questo genere. La natura limosa argillosa del terreno che costituisce i rilevati, assieme alle scarpate di elevata pendenza, provocano fenomeni di instabilità generalizzata.

Si rilevano infatti numerosi franamenti del materiale superficiale, con dei fenomeni gravitativi assimilabili al creep. Questi fenomeni di creep superficiale sono evidenziati spesso dall'inclinazione dei picchetti e dei pali posti a lato ferrovia. Si osservano inoltre numerosi casi di franamento più importante, in cui si nota una nicchia di distacco e una zona di accumulo del materiale alla base.



Fenomeni di creep, cedimento del materiale superficiale



Frane della scarpata laterale del rilevato

Nel passato si è cercato di ovviare a queste frane utilizzando svariate tecniche. La più utilizzata è certamente la realizzazione di paramenti con gabbioni in più file (da 2 a 5) al piede del rilevato. In alcuni casi l'intervento ha risolto la problematica, in altri l'intervento non ha portato al conseguimento degli obiettivi attesi.

In genere, dove questi interventi risultano massivi ed estensivi, con l'utilizzo di 4 o più file di gabbioni, e per sviluppi longitudinali considerevoli (100-200m), e con posa a partire dal piano di posa dei rilevati non si riscontrano cedimenti delle strutture. Dove invece si sono utilizzate solamente 2 o 3 file di gabbioni, e spesso localizzate in punti specifici a metà scarpata, si rilevano generalmente importanti deformazioni degli stessi. In genere questi ultimi sono anche più vecchi rispetto alla tipologia precedente.



Sostegno dei rilevato con gabbioni in molteplici file (4-5 livelli)



Gabbionate meno recenti, ove si evidenziano forti deformazioni dell'opera

Un seconda tipologia di intervento di stabilizzazione e sostegno delle scarpate dei rilevati, di recente esecuzione che si riscontra in diversi tratti della linea, consiste nella realizzazione di una palificata costituita da rotaie infisse nel rilevato in direzione verticale, sulle quali poggiano delle vecchie traversine in direzione longitudinale che fungono da sostegno per il terreno soprastante. Queste strutture sono presenti in una o più file e presentano delle lunghezze variabili dai pochi metri fino a 50-60m. Nella maggior parte dei casi le palificate presentano delle deformazioni, non è chiaro se queste deformazioni siano dovute a cedimenti del rilevato o se siano semplicemente delle irregolarità della loro posa in opera.

Tali opere certamente hanno stabilizzato superficialmente le scarpate in essere, tuttavia non si possono ritenere risolutive dei dissesti.



Esempi di palificate costruite con rotaie e traversine

In pochi casi si è optato per la realizzazione di muri di sostegno in calcestruzzo (presumibilmente poco armato) al piede del rilevato.

Si rileva la presenza di queste strutture di sostegno in corrispondenza di rilevati molto alti, generalmente dove si è dovuto ridurre l'ingombro del rilevato, in relazione alla presenza di strade o interferenze simili.

I muri risultano generalmente in buone condizioni e non presentano evidenti stati di instabilità, tuttavia, per dimensione sono insufficienti a risolvere la problematica su tutt'altezza del rilevato, in quanto non portano alcun beneficio alle scarpate sopra gli stessi, che si mantengono ad elevata pendenza e con instabilità superficiali.



Esempi di muro di sostegno al piede del rilevato

Come già anticipato, i dissesti sono in gran parte dovuti al mancato o comunque errato allontanamento dell'acqua di piattaforma dai rilevati, che si infiltra in questi ultimi, e ne riduce le caratteristiche geotecniche e di portanza.

In alcuni tratti di rilevato in prossimità delle prog. km 99 e 100, sono stati realizzati dei dreni trasversali al rilevato. Dreni costituiti da tubo corrugato di materiale polimerico fessurato, di diametro circa 40cm che attraversano completamente il corpo del rilevato. Lo scopo di questi dreni è quello di abbattere le pressioni interstiziali nel corpo del rilevato, andando quindi ad aumentare le tensioni efficaci del materiale. Da un approfondimento del rilievo dei dissesti, svolto in corrispondenza dei drenaggi, sembra che per taluni vengano ad innescarsi dei moti di filtrazioni tali da esportare il materiale del rilevato, e che comunque in corrispondenza di questi, sul ballast ferroviario ci siano dei svuotamenti più significativi.

Presumibilmente la matrice più fine del terreno viene dilavata e trasportata dall'acqua che drena all'interno dei tubi. In corrispondenza dei dreni si sono quindi creati dei vuoti localizzati, che hanno causato dei cedimenti puntuali del rilevato.



Dreni in materiale polimerico presenti al km 99 e 100

2.3 Tratti In Trincea

La linea ferroviaria è costituita per circa un 25% da sezione in trincea, in questi tratti sono stati rilevati numerosi dissesti, causati principalmente da franamenti di materiale dalle scarpate laterali. Il dissesto più comune in questi tratti è dato dall'instabilità generale del materiale superficiale delle scarpate. Si riscontrano infatti numerosi episodi di colata e creep del materiale argilloso, che spesso arriva ad invadere la sede ferroviaria. Su questo materiale spesso riesce ad attecchire la vegetazione, la quale in certi casi nasconde e sommerge completamente il binario.



Esempi di franamento del materiale superficiale delle scarpate

Da progetto originario, lungo la linea sono presenti numerosi muri di sostegno delle scarpate in trincea, realizzate in pietra o calcestruzzo, quasi sempre insufficienti a contenere lo scivolamento del materiale proveniente dalle scarpate sommitali a pendenza troppo elevata per essere stabili.

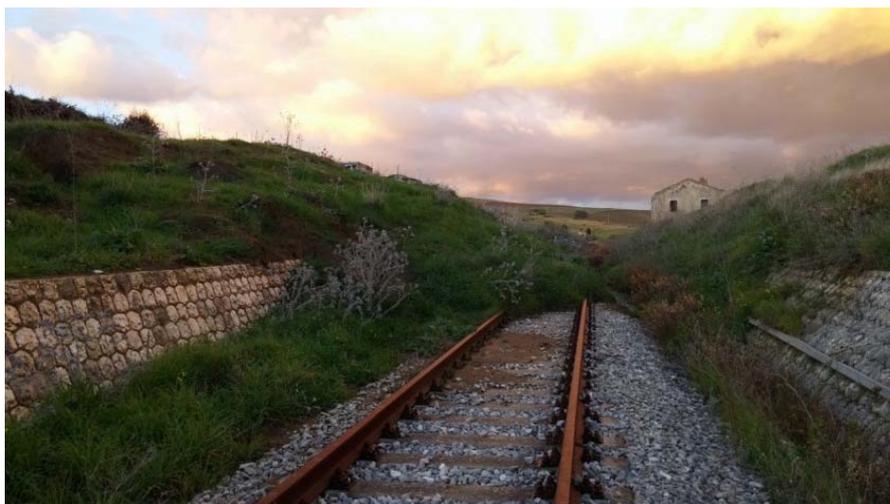
Tra i fenomeni rilevati di colata o creep del terreno superficiale, si richiama l'attenzione verso una frana più significative alla prog. km 92+850 circa, la quale ha prodotto notevole quantità di materiale con completa occupazione della sede ferroviaria. Tale da renderne difficile anche il passaggio a piedi.

La frana ha così prodotto il crollo di un tratto muro e una gabbionata di sostegno. Di seguito si riportano le fotografie del dissesto.



Frana al km 92+850, si riporta anche una foto aerea del dissesto.

Questo tratto in trincea presenta inoltre fenomeni di scivolamento del materiale per tutta la sua lunghezza, dal km 92+800 fino al km 93+100 circa. La frana al km 92+850 è senza dubbio il fenomeno gravitativo più importante dal punto di vista delle dimensioni, ma si riscontrano comunque altri movimenti di materiale che interessano strati con profondità di 1÷2m, di seguito si riportano alcune fotografie di questi dissesti.



Esempio di franamenti presenti lungo la linea ferroviaria.

Rispetto alle opere di sostegno esistenti lungo la linea, si rileva la presenza di varie tipologie di

- muri di sostegno in muratura (pietra), già previsti nel progetto originale. Muri che si presentano di un'altezza variabile tra 1 e 7÷8 m, ma risultano nella gran parte dei insufficienti a contenere gli

 <p>RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE Direzione Territoriale Produzione Palermo</p>	<p>CONTRATTO APPLICATIVO n.9/2017 - A.Q. n.341/2016 del 29/11/2016</p>
<p>304817_S01_PD_TG - -_05_000_E0001</p>	<p>Progettazione definitiva delle opere civili ed armamento per il ripristino della linea Palermo - Trapani via Milo</p>
<p>STATO DI FATTO Relazione descrittiva delle criticità lungo linea</p>	

scivolamenti superficiali delle scarpate a tergo, realizzate originariamente con pendenza di 45°. Queste strutture inoltre presentano in molti casi delle fessurazioni importanti e in qualche caso si rilevano anche spostamenti del muro rispetto alla posizione originale, sintomo di una instabilità dell'opera (alla rotazione e/o al ribaltamento), o comunque di strutture con funzionamento a gravità e semplicemente appoggiate.



Esempi di muro di sostegno con altezza insufficiente, il materiale ha scavalcato il muro



Esempi di fessurazioni e movimenti nei muri di sostegno

- In alcuni tratti, presumibilmente in tempi successivi alla prima realizzazione della linea, le opere di sostegno originarie sono state integrate con muri in calcestruzzo. Questa seconda tipologia di muri, seppur sottodimensionati per altezza in taluni casi, presentano anch'essi delle fessure ed in qualche caso si riscontrano degli stati di forte degrado del materiale. In alcuni casi questi muri sono stati integrati successivamente in altezza con gabbionate in sommità.



Esempi di muro di sostegno in calcestruzzo armato, anche integrati con gabbioni

- Per stabilizzare le scarpate in sommità ai muri, e ridurre i franamenti superficiali, su alcuni tratti la scarpata è stata rivestita con pietra squadrata, inibendo quasi totalmente i fenomeni di franamento. Questo tipo di sistemazione è stato riscontrato in poche zone e presenta generalmente un'altezza di 4÷5m per lunghezze variabili dai 20 ai 100m.



Rivestimento in pietra delle scarpate

Un problema legato alla natura del suolo, che presenta una matrice prevalentemente fine, è dato dal fatto che esso è facilmente asportabile e trasportabile dall'acqua. In caso di precipitazioni intense infatti il materiale costituente i pendii e le scarpate viene eroso e trasportato fino alle canalette laterali della linea, se l'acqua incontra qui degli ostacoli o un'altimetria che provocano una riduzione della velocità il materiale tende a depositare. Conseguentemente, le opere di smaltimento delle acque di piattaforma e delle scarpate, tendono ad intasarsi di materiale fine, amplificando i fenomeni di instabilità legati alla presenza d'acqua, e creando ammassi su cui con il tempo attecchisce la vegetazione.



Esempi di vegetazione infestante e riempimento delle opere idrauliche da parte del materiale fine

Un'ulteriore causa indiretta dei franamenti e dei dissesti delle scarpate nei tratti in trincea, è la presenza a ridosso delle scarpate di terreno agricolo coltivato.

I terreni agricoli coltivati, soprattutto nel periodo corrispondente e successivo all'aratura, trattengono significativamente le precipitazioni imbibendo gli strati superficiali di terreno con conseguente rammollimento dei terreni, e quindi franamento. Tale fenomeno non è controllato, in quanto in sommità alle scarpate non sono presenti misure di delimitazione e separazione tali da mantenere le distanze di rispetto previste dall'attuale regolamentazione RFI, i coltivi infatti giungono fino al ciglio della scarpata, intaccandone la stabilità.

Manca sempre un sistema di raccolta e smaltimento delle acque meteoriche in sommità della scarpata.



Esempi di piccoli franamenti dovuti all'invasione dei coltivi fino al ciglio delle scarpate

2.4 Tratti a Mezza Costa

Nei tratti a mezza costa si rilevano i dissesti caratteristici per le scarpate dei rilevati e per le trincee. Anche in questo caso i dissesti sono causati principalmente dalle scarse caratteristiche geomeccaniche dei terreni e dall'assenza di un adeguato sistema di smaltimento delle acque meteoriche. Di seguito si riportano alcune fotografie dei dissesti rilevati nei tratti a mezza costa, per la descrizione si rimanda ai paragrafi precedenti nei quali si descrivono i problemi riscontrati sui rilevati e nei tratti in trincea.



Cedimento del piano ferroviario e predisposizione per il rinalzo del ballast



Fenomeni di creep e colata del materiale argilloso superficiale



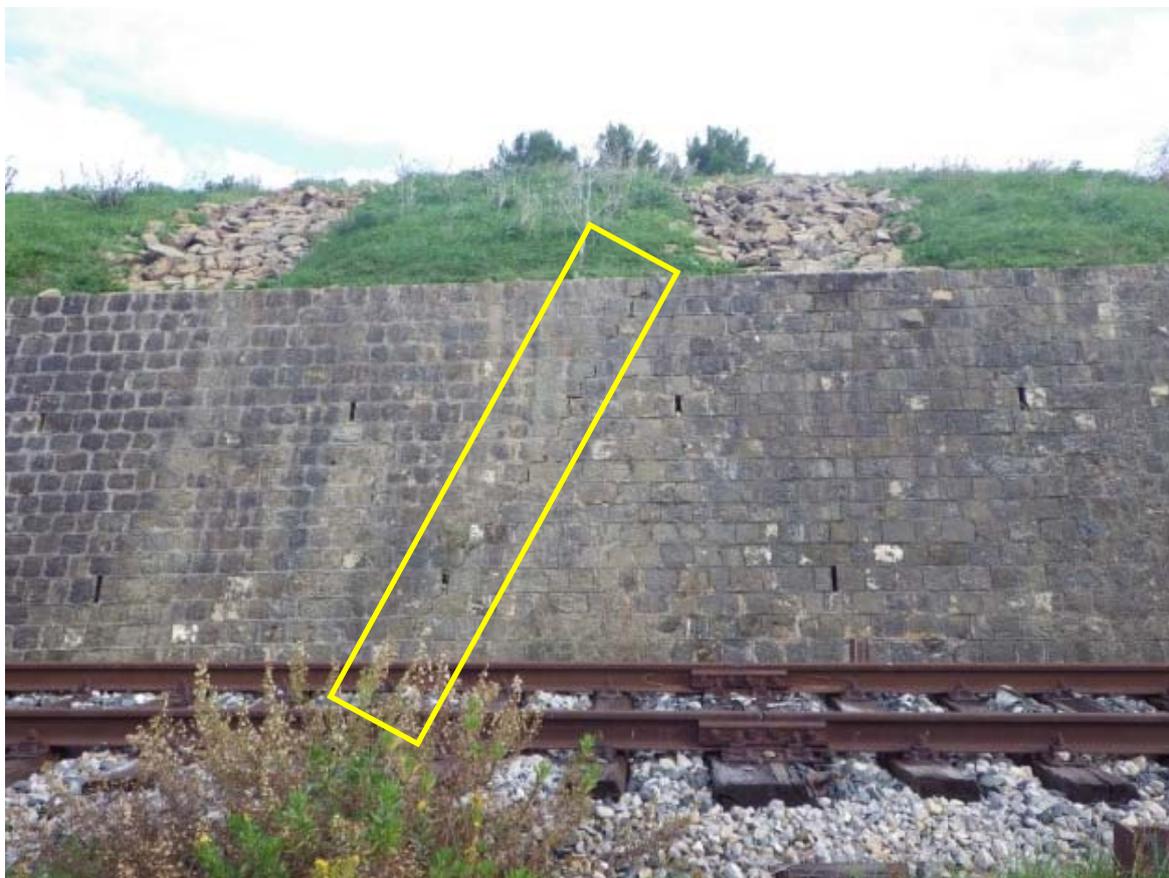
Franamenti di materiale sulla sede ferroviaria, con scavalco dei muri di sostegno esistenti



Fenomeni di trasporto e deposito del materiale fine, anche nei pressi di fondi agricoli coltivati



Interventi di sostegno delle scarpate con gabbionate in più livelli



Muro di sostegno in pietra, con evidente fessurazione

2.5 Imbocchi Delle Gallerie

All'interno del tratto oggetto di intervento insistono 11 gallerie, per una lunghezza totale di 4130 m (quasi il 9% dell'intera tratta), che presentano tutte la stessa tipologia di imbocchi: la sezione utile della galleria è delimitata da un arco in pietra, il portale è anch'esso in muratura, da quest'ultimo partono generalmente dei muri d'ala e di sostegno in direzione longitudinale con lo scopo di sostenere il terreno del tratto in trincea immediatamente prima dell'imbocco. In molti casi questi muri sono stati integrati con delle gabbionate in sommità. Gli imbocchi presentano alcune criticità, che riscontrano nella quasi totalità dei casi, in misura più o meno importante. Come più volte affermato il terreno argilloso autoctono presenta delle caratteristiche meccaniche scadenti, ove le scarpate risultano troppo pendenti questo tende con il tempo a riportarsi nella condizione di equilibrio, ovvero tende a portarsi a pendenze molto più ridotte. Il materiale tende quindi a scivolare e a scavalcare i muri di sostegno, in molti casi si riscontra un movimento di aggiramento del terreno posto al di sopra del portale, il quale poi invade il piano ferroviario scavalcando i muri laterali di sostegno.



Esempi di scivolamento del materiale dalle scarpate soprastanti gli imbocchi delle gallerie

In molti casi il materiale, seppur presentando degli evidenti movimenti, non ostacola il passaggio dei convogli ferroviari, ma potrebbe portare comunque a dissesti più gravi in futuro. In altri casi invece sono stati riscontrati dei fenomeni più significativi, nei quali la possibilità di esercizio è compromessa dall'invasione della sede ferroviaria da parte del materiale terrigeno. In questo caso i muri di sostegno e contenimento risultano assolutamente insufficienti.



Esempi di franamento del materiale con invasione della sede ferroviaria

In molti casi i muri di sostegno sono stati integrati con la posa di gabbionate sulla sommità, in questo modo si è cercato di limitare lo scivolamento del materiale superficiale. In alcuni casi, dove le gabbionate sono di recente realizzazione l'effetto è positivo, mentre in altri casi, dove le sistemazioni risultano meno recenti, si riscontrano gravi deformazioni delle gabbionate che hanno peraltro dimensione decisamente insufficienti.



Esempi di gabbionate recenti e meno recenti

Per alcuni muri di sostegno degli imbocchi sono stati rilevati significativi stati fessurativi e deformativi, e situazioni dove i muri di sostegno originari sono stati ricostruiti in calcestruzzo armato, generalmente aumentando le dimensioni rispetto ai muri originali, presumibilmente per sostituire i precedenti inadatti. Le strutture costituenti il portale non presentano generalmente problemi, se non dei piccoli cedimenti dei cordoli di coronamento superiore.



Evidenti fessurazioni e deformazioni dei muri di sostegno laterali



Cedimento del cordolo di coronamento del portale e muro in calcestruzzo in sostituzione dell'originale

2.6 Opere D'arte Minori

Lungo la linea sono presenti numerose opere d'arte cosiddette minori, che necessitano di manutenzione e in alcuni casi presentano dissesti o degradi importanti. Le categorie di opere che si vanno di seguito a descrivere sono le seguenti:

- Tombini e ponticelli;
- Opere idrauliche;
- Cavalcavia e sottopassi.

2.6.1 Tombini e ponticelli

In tutte le zone ove è necessario prevedere un attraversamento della ferrovia da parte delle acque meteoriche e di scorrimento superficiale sono state riscontrate delle opere apposite. I tombini rilevati presentano tre tipologie principali:

Tombini a sezione piccola: queste opere di attraversamento presentano una sezione variabile dai 50cm fino a 1.5 m circa, e presentano generalmente sezione ad arco in calcestruzzo oppure a trave appoggiata.

Richiedono quasi tutti una manutenzione generale, che comprende la pulizia del materiale terrigeno e l'asportazione della vegetazione infestante, in pochi casi si sono riscontrati dei problemi strutturali dell'impalcato. I muri d'ala invece presentano spesso delle fessurazioni e deformazioni importanti. Un fenomeno ricorrente è quello dello scivolamento di materiale dal coronamento superiore del tombino, contribuendo all'ostruzione della sezione utile.



Esempi di tombino di piccole dimensioni, si evidenzia lo scivolamento di materiale e la presenza di vegetazione



Tombini a sezione rettangolare, presenza di vegetazione e degrado delle strutture



Degrado dell'impalcato del tombino, situazione non frequente



Fessurazioni e deformazioni dei muri d'ala, situazione abbastanza frequente

Tombini a sezione media: queste opere di attraversamento presentano una sezione variabile dai 2m fino a 4 m circa, e presentano generalmente sezione ad arco in calcestruzzo, l'arco è spesso appoggiato a dei muri laterali in pietra. In molti casi questi tombini-ponticelli fungono anche da passaggio per i mezzi agricoli o per raggiungere alcune case isolate. Queste opere risultano generalmente pulite e non si rileva la presenza di vegetazione infestante, ed in pochi casi è presente del materiale sul fondo, che comunque non compromette mai la funzionalità dell'opera. Non si riscontrano problemi strutturali dell'impalcato, i muri d'ala invece presentano spesso delle fessurazioni e deformazioni importanti. Un fenomeno ricorrente è quello dello scivolamento di materiale dal coronamento superiore del tombino, contribuendo all'ostruzione della sezione utile, in alcuni casi si è ovviato a questo problema posizionando dei gabbioni in sommità ai muri di coronamento.



Esempi di tombini a sezione media



Degrado del cordolo superiore e scivolamento di materiale sul coronamento del portale



Sistemazione del cordolo con gabbionate e rottura dei muri d'ala



Fessurazioni nei muri d'ala e situazione di completa rottura degli stessi (caso isolato)

Tombini a sezione grande: queste opere di attraversamento presentano una sezione variabile superiore ai 4 m, e presentano generalmente sezione ad arco in calcestruzzo, l'arco è appoggiato a dei muri laterali in pietra o in calcestruzzo. Queste opere sono costruite generalmente nei rilevati di grandi dimensioni e permettono l'attraversamento del rilevato di acque derivanti dallo scolo di aree più vaste rispetto ai tombini piccoli e medi. Queste opere risultano generalmente pulite e non si rileva la presenza di vegetazione infestante, in pochi casi è presente del materiale sul fondo, che comunque non compromette mai la funzionalità dell'opera, si rilevato talvolta ristagni d'acqua nella sezione del ponte. Non si riscontrano

problemi strutturali dell'impalcato, i muri d'ala invece presentano in alcuni casi delle fessurazioni, importanti sono in un caso. Un fenomeno ricorrente è quello dello scivolamento di materiale dal coronamento superiore del tombino, contribuendo all'ostruzione della sezione utile, in alcuni casi si è ovviato a questo problema posizionando dei gabbioni in sommità ai muri di coronamento.



Esempi di tombino di grandi dimensioni



Fessurazione dei muri d'ala e di coronamento (caso isolato)

2.6.2 Opere idrauliche

Canalette

Come affermato più volte uno dei maggiori problemi è dato dall'inefficiente sistema di raccolta e smaltimento delle acque meteoriche provenienti dal piano ferroviario e dalle aree limitrofe alla linea. Durante il rilievo si è riscontrata la presenza di canalette laterali su gran parte della linea, queste risultano però intasate e riempite di materiale terroso, sul quale ha spesso attecchito la vegetazione. Queste opere hanno quindi perso completamente la loro efficacia. Generalmente queste canalette presentano sezione trapezia di circa 0.5 m² e sono costruite in pietra squadrata. In alcuni casi si sono invece rilevate delle canalette in calcestruzzo, di dimensioni maggiori rispetto alle precedenti. Queste ultime sono spesso invase da vegetazione infestante, e presentano importanti fessurazioni e deformazioni.



Canalette riempite di materiale terroso e ballast ferroviario



Canalette riempite di vegetazione e materiale terroso



Canalette in calcestruzzo, intasate e fortemente degradate

Gli imbocchi e gli sbocchi dei tombini sono generalmente opere in calcestruzzo (talvolta in pietra) che presentano spesso importanti intasamenti da parte del materiale terroso. Spesso presentano anche importanti stati fessurativi delle opere in calcestruzzo, con vistose deformazioni degli stessi. In rari casi si osservano allo sbocco dei fenomeni erosivi importanti.



Fenomeni di intasamento e di fessurazione delle opere di imbocco dei tombini



Opere di imbocco in calcestruzzo intasate e degradate



Fenomeni erosivi a valle delle opere di sbocco (situazione poco frequente)

Su alcuni rilevati si sono riscontrati dei dispositivi di drenaggio in materiale polimerico, accompagnati da embrici per lo smaltimento dell'acqua raccolta per evitare ulteriori erosioni del rilevato. Come descritto nel paragrafo relativo ai rilevati si riscontrano delle problematiche relative all'utilizzo dei tubi drenanti nel materiale a grana fine costituente il rilevato.



Esempio di tubo drenante all'interno del rilevato ed embrici in calcestruzzo per lo smaltimento delle acque

Cavalcavia e sottopassi

Lungo la linea oggetto della relazione si sono riscontrati numerose intersezioni con strade di diversa importanza, dalla stradina ad uso agricolo alle strade statali. I cavalcavia presentano sempre una sezione ad arco in calcestruzzo che poggia su muri laterali in pietra. L'arco in c.a. presenta generalmente delle fessurazioni longitudinali in chiave e lateralmente, in un caso sono presenti dei vetrini per il monitoraggio dello stato fessurativo dell'opera. Si rilevano situazioni nelle quali anche i muri laterali del cavalcavia presentano evidenti fessure. In alcuni cavalcavia si rilevano delle nicchie nei muri laterali, delle quali non si conosce lo scopo o la causa.

I sottopassi presentano due tipi di sezione, una ad arco analoga a quella dei cavalcavia ed una con trave orizzontale appoggiata sui muri laterali. Nelle sezioni ad arco si riscontrano gli stessi problemi rilevati per i sottopassi, in quelle a trave orizzontale in calcestruzzo armato si riscontrano in alcuni casi degli importanti degradi del materiale, con assenza del copriferro e corrosione degli elementi in acciaio.



Esempio di sottopasso e fessurazione longitudinale dell'arco



Fessurazione longitudinale dell'arco e nicchia scavata nel muro laterale



Fessurazione dei muri di sostegno della strada e degrado dell'impalcato del sottopasso

2.7 OPERE D'ARTE MAGGIORI (VIADOTTI E GALLERIE)

Lungo la tratta oggetto della relazione sono presenti numerose gallerie e viadotti, pur non rientrando nelle competenze del progetto si riporta una breve descrizione delle opere e delle loro condizioni.

2.7.1 Viadotti

Durante il rilievo si sono percorsi 13 viadotti dei quali 12 in muratura e 1 in calcestruzzo. I viadotti in muratura sono sostenuti da arcate di luce compresa generalmente tra i 10 e i 15 m, le arcate sono generalmente in calcestruzzo, si rileva comunque una situazione in cui gli archi sono in mattoni pieni. Generalmente i viadotti sono collegati agli altri tratti della ferrovia tramite dei rilevati in terra sostenuti in parte anche da muri d'ala in pietra. Le spalle risultano essere i punti critici di queste strutture, presentando spesso cedimenti e franamenti laterali, sono stati rilevati dei muri d'ala compromessi da gravi fessurazioni e deformazioni. Le pile generalmente non presentano criticità, solamente in un caso si rileva un'importante stato di erosione che ha scoperto la fondazione di una pila di un viadotto.



Esempi tipici dei viadotti presenti sulla linea Alcamo Diramazione – Trapani Via Milo



Arco in muratura e fessurazione di un muro d'ala sulla spalla del ponte



Esempi di dissesto in prossimità delle spalle del ponte



Cedimento sulla spalla del ponte e scalzamento di una pila di ponte

Nei pressi di Trapani, dove la ferrovia attraversa il canale di Xitta, è stato rilevato un viadotto in calcestruzzo armato, di 5 luci lunghe circa 15m, sostenuto da pile in calcestruzzo. Nel progetto originale è riportato un "viadotto obliquo a tre luci", questo è stato sostituito successivamente da questo viadotto in calcestruzzo. Presenta degradi importanti, con assenza di copriferrì, in particolare sugli sbalzi laterali e sugli spigoli.



Viadotto in calcestruzzo sul canale di Xitta, in evidenza la mancanza del copriferrò

2.7.2 Gallerie

Lungo la linea sono presenti 11 gallerie, di cui tre di lunghezza inferiore a 100 metri e due di lunghezza superiore a 500 metri (galleria Canalotto L=692 metri e galleria Monte Barbaro L=1624 metri); tutte le gallerie sono a singolo binario con classica forma a ferro di cavallo e rivestimento in muratura di mattoni pieni o di pietra squadrata; raramente si individuano tratti di calotta in calcestruzzo. Si sono osservate diverse combinazioni tra muratura e calcestruzzo anche all'interno di una singola galleria. Lungo tutte le gallerie sono presenti, come consuetudine costruttiva del tempo, nicchie di ricovero a passo circa 30-35 metri. Dai profili storici risulta che solamente la galleria Canalotto è stata costruita con arco rovescio.

Le gallerie presentano internamente tutte delle buone condizioni, osservando comunque concrezioni calcaree, infiltrazioni d'acqua e leggero degrado della muratura che non compromettono comunque la funzionalità delle opere. Sono evidenti fenomeni di ristagno di acqua agli imbocchi, fenomeno sicuramente attribuibile alla perdita di funzionalità dell'originario sistema di smaltimento idraulico. In quasi tutte le gallerie è presente, a ridosso del piedritto lato nicchie e posato sopra al ballast, un elemento prefabbricato

in cls (poco stabile) con funzione di camminamento. I maggiori degradi sono relativi agli imbocchi, già trattati in apposito paragrafo precedentemente.



Esempi di galleria della linea Alcamo – Trapani via Milo



Degradi nella muratura in galleria

3 Stazioni e Fermate Esistenti

Presso le stazioni e fermate esistenti non presentano criticità e/o dissesti come la linea. Gli interventi da prevedere dovranno riguardare prevalentemente la manutenzione ordinaria da vegetazione infestante, il rifacimento/manutenzione dell'armamento, nonché le opere civili necessarie alla funzionalità delle ex-stazioni da mantenere in esercizio. In progetto infatti è previsto di mantenere:

- stazione di Calatafimi
- fermata di Segesta tempio
- posto di movimento di Fulgatore e Milo

Mentre le altre stazioni di Bruca, Ummari ed Erica-Napola-Dattilo verranno soppresse.



Stazioni di Alcamo



Stazione di Calatafimi



Fermata di Segesta



Stazione di Bruca



Stazioni Ummari

P.M. di Fulgatore



Stazioni Erice-Napola-Dattilo

Stazione di Milo

4 Interferenze

In questo paragrafo si elencano le principale interferenze rilevate tra linea ferroviaria e sottoservizi, linee e viabilità esistente.

L'approfondimento di quanto in essere ed elencato dovrà essere eventualmente approfondito nella fase di progettazione definitiva.

Una delle principali infrastrutture interferenti è l'Autostrada A29 che collega Palermo a Trapani. Di seguito si riportano i punti di interferenza dell'opera con la ferrovia oggetto della relazione.

km	TIPOLOGIA	FOTO
76+500	Viadotto autostraale	
84+600	Galleria autostradale (in rosso si riporta il tracciato della ferrovia)	
112+330	Viadotto autostradale	

Oltre all'autostrada A29 la linea interferisce con strade di ordine minore, strade provinciali e statali. Si riporta di seguito una tabella riassuntiva delle interferenze riscontrate con la viabilità.

Prog. km	NOME STRADA	LIVELLO	TIPOLOGIA ATTRAVERSAMENTO
73+630	SS113	Statale	Sottopasso
75+550	SS113	Statale	Sopra galleria
76+261	SP2	Provinciale	Sottopasso
77+042	-	Locale	Sottopasso
77+927	SP2	Provinciale	Sottopasso
78+380	SP2	Provinciale	Sottopasso
78+926	-	Locale	Cavalcavia
79+450	-	Locale	Sottopasso
80+019	SS113	Statale	Cavalcavia
80+560	-	Locale	Sottopasso
81+971	SS113	Statale	Cavalcavia
84+270	-	Locale	Sottopasso
85+380	SP68	Provinciale	Sottopasso
86+990	SP68	Provinciale	Sopra galleria
87+720	SP68	Provinciale	Passaggio a livello
88+523	SP68	Provinciale	Sottopasso
90+334	SP44	Provinciale	Sottopasso
94+490	-	Locale	Sottopasso
99+260	SP35	Provinciale	Sottopasso
100+385	-	Locale	Sottopasso
101+249	Via Vincenzo Fazio	Locale	Sottopasso
101+835	Via Pace	Locale	Sottopasso
102+580	SS113	Statale	Sottopasso
102+739	-	Locale	Sottopasso
104+684	Via Garibaldi	Provinciale	Sottopasso
105+392	-	Locale	Cavalcavia
107+110	SP07	Provinciale	Cavalcavia
107+914	-	Locale	Sottopasso
108+197	-	Locale	Sottopasso
108+776	Via Emilio Rocche	Locale	Sottopasso
109+354	-	Locale	Cavalcavia
110+100	-	Locale	Sottopasso
111+032	-	Locale	Sottopasso
112+226	-	Locale	Sottopasso
112+769	-	Locale	Cavalcavia
113+477	-	Locale	Cavalcavia
114+474	-	Locale	Sottopasso
115+212	Via Salemi	Provinciale	Cavalcavia
115+245	Via Citrolo	Provinciale	Cavalcavia
115+750	Strada Ponte Salemi	Locale	Passaggio a Livello

117+436	SS115	Statale	Cavalcavia
117+890	Scorrimento Villa Rosina	Statale	Cavalcavia
118+680	Via Francesco Sieli	-	Passaggio a Livello
119+870	Via Giovanni Matera	-	Passaggio a Livello

Oltre alle strade si rileva la presenza di interferenze con sottoservizi, condotte, canalizzazioni e linee aeree presenti.

- prog. km 75+720 linea elettrica aerea
- prog. km 81+994 ponte canale
- prog. km 112+860 acquedotto
- prog. km 115+175 ponte tubo
- prog. km 115+185 ponte canale



prog. km 75+720 – linea ereaprog. km 81+994 – ponte canale



prog. km 112+860 – acquedotto o irriguo

prog. km 115+175 e 115+185

ponte tubo e ponte canale

5 Criticità Particolari

Di seguito vengono elencati e descritti i dissesti che meritano una trattazione particolare

- **prog. km 78+888 - Erosione dell'alveo**

Alla progressiva km 78+888, in corrispondenza di un ponticello di attraversamento di un corso d'acqua, in destra idrografica si rileva un piccolo pendio in frana, il piede di questo pendio viene eroso dal corso d'acqua provocando ripetuti scivolamenti. Questa situazione di non equilibrio ha portato a fenomeni di erosione dell'alveo anche a monte del ponticello, le fondazioni delle pile sono quindi a rischio di venire scalzate dal corso d'acqua.



In evidenza l'area in frana (rosso) e il fenomeno erosivo in atto

- **prog. km 80+540 - Erosione fondazione pila viadotto**

In questo punto della tratta è presente un viadotto in muratura a 3 arcate, sotto le quali passano un corso d'acqua e una stradina privata. Il corso d'acqua ha eroso il fondo dell'alveo, andando a scoprire la fondazione di una pila, per la quale si ravvisa la possibilità di un futuro scalzamento.



Cedimento sulla spalla del ponte e erosione inizio di scalzamento della fondazione della pila

- **prog. km 81+971 - Cavalcavia alla S.S.113**

Alla prog. km 81+971 è presente il cavalcavia a due campate della S.S. 113, con struttura ad arco in calcestruzzo, poggiato su muri in pietra e con muri laterali in pietra. Sia l'arco attraversato dalla ferrovia, sia il muro laterale (lato Trapani) presentano un grave stato fessurativo. Sulla volta dell'arco si osserva la presenza di vetrini per il monitoraggio dello stato fessurativo dell'opera.



Cavalcavia al km81+974, in evidenza il posizionamento dei vetrini sulla volta dell'arco



Fessure sull'arco e sul muro laterale



Fessurazioni importanti sul muro lato Trapani del cavalcavia

- **prog. km 92+850- Frana**

Alla km. 92+850 si rileva una frana di dimensioni significative in destra, in corrispondenza della quale una notevole quantità di materiale ha invaso la sede ferroviaria.

Di seguito si riportano le fotografie del dissesto. Il tratto in trincea presenta inoltre fenomeni di scivolamento del materiale per tutta la sua lunghezza, dal km 92+800 fino al km 93+100 circa.



Frana al km 92+850, si riporta anche una foto aerea del dissesto.

- **prog. km 104+600 – sollevamento binario e instabilità versante**

Al km 104+600, in corrispondenza di un tratto in trincea, con scarpate alte dai 6 ai 10m, si rileva un sollevamento puntuale del binario dell'ordine del metro di altezza, dovuto a sottospinte nel piano di posa della ferrovia, sintomo di una instabilità complessiva del versante in destra. In questo tratto la ferrovia non è praticabile.



Sollevamento del binario al km 104+600

- **prog. km 112+200 – erosione al piede del rilevato**

In questo tratto è presente un rilevato molto alto, di circa 7-8m, alla cui sinistra corre un canale di scolo che porta le acque meteoriche fino al successivo sottopasso. La scarpata di sinistra del rilevato è franata, per una lunghezza di circa 15m, causando l'ostruzione del suddetto canale. L'acqua in arrivo da monte, non trovando più una via ben definita ha eroso il terreno sulla sinistra, creando un fosso profondo circa un metro. Si è così generato un importante trasporto solido che ha inciso il piede le rilevato e indotto instabilità e franamenti agli strati superficiali delle scarpate.



In evidenza la frana del rilevato e il fenomeno erosivo in atto

 <p>RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE Direzione Territoriale Produzione Palermo</p>	<p>CONTRATTO APPLICATIVO n.9/2017 - A.Q. n.341/2016 del 29/11/2016</p> <p>Progettazione definitiva delle opere civili ed armamento per il ripristino della linea Palermo - Trapani via Milo</p>
<p>304817_S01_PD_TG - -_05_000_E0001</p>	<p>STATO DI FATTO Relazione descrittiva delle criticità lungo linea</p>

- **prog. km 115+212 e 115+250 - cavalcavia al 115+250**

Al km 115+212 è presente il cavalcavia di Via Salemi, costruito in muratura e sostenuto da un arco in calcestruzzo. Sul lato destro del muro lato Trapani si rileva un'importante fessurazione dello stesso, che compromette la stabilità della strada soprastante e la sicurezza della ferrovia.

Al km 115+250 è presente il cavalcavia di Via Citrolo, più moderno del precedente, costruito in calcestruzzo armato. Nella pila sul lato destro si rileva una fessura subverticale nel plinto di calcestruzzo armato.



Fessurazione della muratura d'ala – cavalcavia di via Salemi



Fessurazione verticale spalla – cavalcavia via Citrolo