

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**

ELABORATI GENERALI

SCALA -

Relazione generale del Progetto Definitivo

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 0

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				
		L. Nani	Ing. Nani	Ing. Granieri	D.T.	D.T.	Ing. Martinelli	Ing. Palazzo
B	Recep. OdS.11	NOV. 18	NOV. 18	NOV. 18				
		L. Nani	Ing. Nani	Ing. Granieri	D.T.	D.T.	Ing. Martinelli	Ing. Palazzo
C	Str. Sottovia Trapani	FEB. 19	FEB. 19	FEB. 19				
		L. Nani	Ing. Nani	Ing. Granieri	D.T.	D.T.	Ing. Martinelli	Ing. Palazzo
D	Recep. Istruttoria	Luglio '19	Luglio '19	Luglio '19				
		L. Nani	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

Sommario

1	Introduzione.....	4
2	Inquadramento e descrizione della linea.....	5
2.1	Descrizione della linea e dello stato di fatto	5
2.2	Interferenze con viabilità e sottoservizi	10
3	Inquadramento geomorfologico.....	14
3.1	Contesto Geologico Locale	14
3.2	Aspetti Geomorfologici e idrogeologici.....	18
4	Inquadramento geotecnico	22
5	Analisi dello stato di fatto	23
5.1	Premesse	23
5.2	Sezione in rilevato	24
5.3	Sezione in trincea	27
5.4	Tratti a mezza costa.....	27
5.5	Imbocchi gallerie	27
5.6	Opere d'arte maggiori (viadotti e gallerie).....	28
5.7	Opere d'arte minori.....	29
6	Soluzioni di progetto	31
6.1	Sezioni in rilevato	31
6.2	Sezioni in trincea	35
6.3	Imbocchi gallerie	38
6.4	Opere d'arte	38
	Viadotto al Km 87+168.....	43
6.4.1	Viadotto al Km 115+660.....	44
7	Stazioni e Fermate	45
7.1	Stazione di Calatafimi	45
7.2	Fermata di Segesta	46
7.3	Stazione di Trapani	46
8	Opere complementari.....	48
8.1	Nuovo sottovia di Segesta	48
8.2	Adeguamento STI delle gallerie.....	50
9	Lavori di armamento.....	51
9.1	Stazione di Calatafimi	51
9.2	Fermata Segesta	51

 <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 - -_00_000_E0001</p>	<p>Relazione generale del progetto definitivo</p>

9.3	Località Bruca	52
9.4	Località Fulgatore	52
9.5	Località Milo	52
9.6	Stazione di Trapani	52
10	Interventi di inserimento paesaggistico ambientale	53
11	Cantierizzazione e Cronoprogramma	55
12	Stima dei costi	57

1 Introduzione

Nell'ambito dell'Accordo Quadro N.341/2016, RFI - Direzione Territoriale Produzione Palermo ha affidato all'ATI costituita Sintagma-Italiana Sistemi, con Contratto Applicativo N. 9/2017, la "**Progettazione definitiva delle opere civili ed armamento per il ripristino della linea Palermo - Trapani via Milo**".

La progettazione definitiva ha, come dato di base, il progetto preliminare redatto da RFI nel 2016. Scopo di quel progetto era il ripristino delle condizioni di circolabilità sulla tratta prevedendo il totale rifacimento della sede ferroviaria per circa 18 km sui totali 47 Km con inserimento di importanti opere di sostegno finalizzate al contenimento delle opere nell'attuale proprietà ferroviaria. Rimanevano esclusi gli eventuali interventi di ristrutturazione, risanamento ed adeguamento delle opere d'arte maggiori, oltre che la progettazione dell'armamento, degli impianti e della sicurezza di linea.

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.

Il tutto sarà meglio descritto nel seguito.

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

La soppressione del passaggio a livello di Trapani è stato stralciato da presente appalto.



2 Inquadramento e descrizione della linea

L'area entro cui ricade la linea oggetto d'intervento è ubicata nella parte settentrionale della Sicilia, nella provincia di Trapani, ed attraversa i territori comunali di:

- CALATAFIMI-SEGESTA
- CASTELLAMMARE DEL GOLFO
- BUSETO PALIZZOLO
- ERICE
- PACECO
- TRAPANI



Inquadramento territoriale della linea oggetto d'intervento

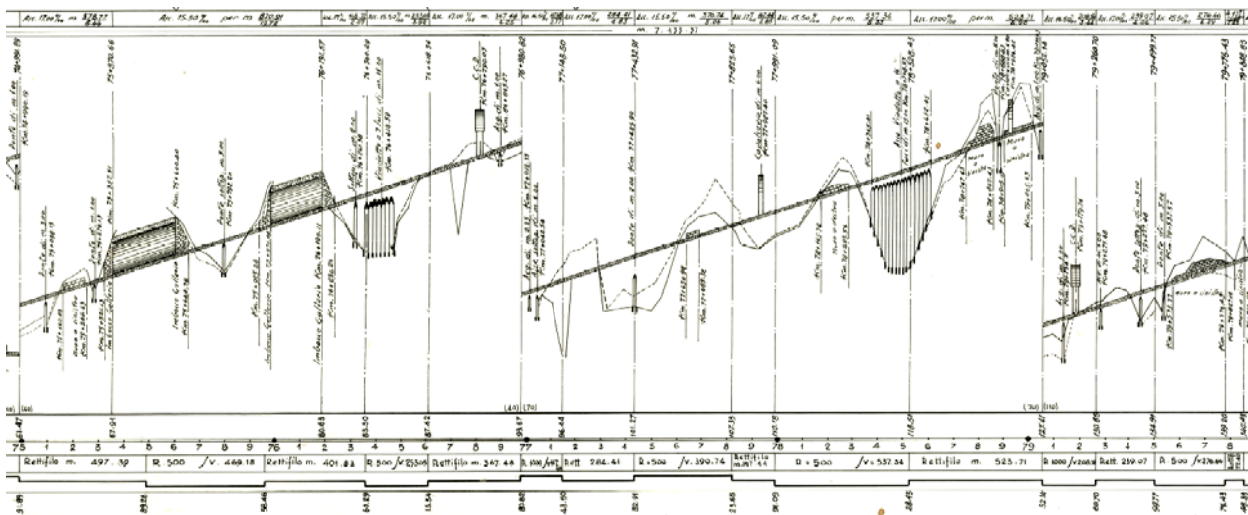
2.1 Descrizione della linea e dello stato di fatto

La linea a semplice binario non elettrificato Piraineto-Trapani via Milo è lunga circa 100 km; la tratta in esame Alcamo D.ne-Trapani è lunga circa 47 km e si sviluppa tra le progressive km 73+230 (Stazione di Alcamo D.ne) e km 120+350 (Stazione di Trapani). Nella tratta in esame sono presenti le stazioni di Calatafimi (81+361), Bruca (90+688), Fulgatore (102+278) e Milo (114+152) e la fermata di Segesta (87+632), nonché le località di Ummari e Dattilo, ex fermate, che oggi costituiscono piena linea.



Percorso ferroviario linea Palermo – Trapani, con indicate progressive, quote, stazioni ferroviarie

La costruzione della linea risale agli inizi del secolo scorso, l'apertura all'esercizio è infatti del 1937. La linea ha profilo longitudinale con pendenza massima del 1.7%, e curve con raggio maggiore o uguale a 500 m, come desumibile dal profilo del progetto originario fornito da RFI, di cui si riporta un estratto nella figura seguente.



Estratto profilo longitudinale del progetto originale – progr. km 74+990 a 79+850

La tratta Alcamo Dir. – Trapani via Milo ha velocità massima di linea in Rango A di 100 km/h e in Rango B di 105 km/h. Il progetto definitivo prevede il mantenimento di tali velocità, il progetto dell'armamento prevede comunque la possibilità di introdurre il Rango C con velocità 110 km/h.

Allo stato l'armamento della linea, tra le stazioni di Alcamo Diramazione e Fulgatore è costituito da traverse in c.a.p. a due caviglie, rotaie E60 costituite in lunga rotaia saldata, mentre tra Fulgatore e Trapani l'armamento è costituito da traverse in legno e rotaie bonificate E60 giuntate (ad eccezione della tratta Milo-Trapani in cui le rotaie sono in l.r.s.). Tutti i deviatori di ingresso alle stazioni sono percorribili sul ramo deviato alla velocità massima di 30 km/h. Gli ultimi rinnovi risalgono al 1989 (tratta Milo-Trapani) ed al 1985 (tratta Fulgatore-Milo).

Attualmente gli impianti sono gestiti mediante apparati ACEI, è presente il Sistema SSC che mostra una affidabilità manutentiva molto bassa. La linea è attualmente gestita in telecomando CTC. Per quanto riguarda la parte di TLC (obsoleta e vetusta dal punto di vista tecnologico) è presente un cavo telefonico distrutto e mancante in più punti; le canalette per la posa dei cavi sono distrutte lungo la maggior parte della linea. Si rammenta che non fanno parte del presente progetto né le tecnologie, né l'elettrificazione della linea.

La linea si sviluppa principalmente in rilevato, con altezze fino a 10 metri, ed in trincea, con altezze più modeste e spesso delimitate da opere di sostegno. Lungo la linea sono presenti numerose opere d'arte:

- n. 11 gallerie

GALLERIE			
nome	inizio	fine	L (m)
6	75+357,51	75+600,40	242,89
7	75+971,48	76+190,11	218,63
7bis	80+360,05	80+411,36	51,31
M.Barbaro	82+525,59	84+150,04	1624,45
9	84+942,51	85+039,71	97,20
10	85+482,13	85+624,45	142,32
11	86+471,06	86+639,88	168,82
11bis	86+957,40	87+033,50	76,10
12	91+355,11	91+836,86	481,75
13	95+739,79	96+045,87	306,08
Canalotto	103+579,92	104+271,30	691,38

- n.13 viadotti ad arco in muratura e calcestruzzo armato

num.	PROGR	OPERA
1	74+659,28	Viadotto a 4 luci di m. 15,00
2	76+418,59	Viadotto a 7 luci di m. 15,00
3	78+528,43	Viadotto a 16 luci di m. 15,00
4	80+570,96	Viadotto a 4 luci di m. 10,00
5	82+309,81	Viadotto a 11 luci
6	84+306,13	Viadotto a 6 luci di m. 15,00
7	84+776,61	Viadotto a 5 luci
8	85+187,63	Viadotto a 5 luci di m. 15,00
9	85+785,43	Viadotto a 5 luci
10	87+167,90	Viadotto a 2 luci
11	97+249,44	Viadotto a 4 luci di m. 15,00
12	97+485,96	Viadotto a 4 luci di m. 15,00
13	99+175,20	Viadotto a 12 luci

- n.1 viadotto in c.a. a travi prefabbricate

num.	PROGR	OPERA
1	115+660,16	Viadotto in CAP a 5 luci



- n.48 opere principali sottobinario (singola campata con luce >3 metri)

num.	PROGR	OPERA
1	75+098,13	Ponte di m. 3,00
2	75+792,20	Ponte di m. 3,00
3	76+308,15	Sottopasso di m. 8,00
4	77+042,54	Sottopasso di m. 6,00
5	77+927,20	Sottopasso di m. 6,00
6	78+888,83	Ponte di m. 8,00
7	79+438,30	Ponte-Sottopasso di m. 3,00
8	9+537,57	Ponte di m. 3,00
9	79+933,73	Tombino obliquo di m. 3,00
10	84+414,61	Ponte di m. 3,00
11	85+348,00	Sottopasso di m. 8,00
12	86+035,23	Ponte obliquo di m. 3,00
13	88+523,15	Ponte sottopasso di m. 6,00
14	89+223,09	Sottopasso di m. 10,00
15	89+820,71	Acquedotto sottopasso di m. 6,00
16	90+334,69	Sottopasso di m. 3,00
17	92+409,28	Acquedotto sottopasso obliquo di m. 3,00
18	92+757,68	Acquedotto sottopasso di m. 3,00
19	94+490,17	Acquedotto di m. 3,00
20	94+730,38	Ponte di m. 10,00
21	95+035,38	Acquedotto sottopasso di m. 3,00
22	96+257,03	Acquedotto sottopasso di m. 3,00
23	96+939,08	Acquedotto sottopasso di m. 3,00
24	98+570,68	Acquedotto di m. 3,00
25	100+082,61	Acquedotto di m. 3,00
26	100+385,47	Acquedotto sottopasso di m. 5,00
27	100+863,40	Acquedotto sottopasso di m. 3,00
28	101+835,34	Sottovia di m. 6,00
29	102+442,46	Sottopasso di m. 3,00
30	102+585,41	Sottopasso a travi incorporate di m. 8,00
31	102+664,05	Ponte di m. 6,00
32	102+739,72	Sottopasso di m. 4,00
33	103+377,38	Sottovia di m. 3,00
34	104+486,92	Acquedotto sottopasso di m. 3,00
35	104+684,86	Acquedotto sottopasso di m. 6,00
36	105+148,16	Acquedotto sottopasso di m. 4,00
37	105+318,58	Ponte sottopasso di m. 4,00
38	106+137,26	Ponte sottopasso di m. 4,00
39	107+914,12	Acquedotto sottopasso di m. 4,00
40	108+197,27	Acquedotto sottopasso di m. 3,00
41	108+776,14	Acquedotto di m. 3,00 a travi gemelle
42	109+658,66	Ponte sottopasso di m. 4,00
43	110+107,55	Ponte sottopasso di m. 4,00
44	110+613,00	Ponte sottopasso di m. 4,00
45	111+032,15	Ponte sottopasso di m. 4,00
46	111+926,37	Sottopasso di m. 3,00
47	112+226,42	Sottopassaggio di m.3,00
48	114+472,24	Acquedotto sottopasso di m. 3,00

- n. 96 tombini, ponticelli e cavalcavia
- PP.LL.AA. ai km 87+723, 115+745 e 116+568
- PP.LL. ai km 118+717 e 119+919

2.2 Interferenze con viabilità e sottoservizi

In questo paragrafo si elencano le principali interferenze rilevate con le viabilità ed i sottoservizi esistenti. La principale infrastruttura interferente col tracciato ferroviario 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, tralasciando l'interferenza in galleria nei pressi di Segesta in quanto non significativa ai fini del progetto.

km	TIPOLOGIA	FOTO
76+500	Viadotto autostradale	
112+330	Viadotto autostradale	

Oltre all'autostrada A29 la linea interferisce con strade di ordine minore, strade provinciali e strade 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

Prog. km	NOME STRADA	LIVELLO	TIPOLOGIA ATTRAVERSAMENTO
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 aerea



prog. km 81+994 – ponte canale



prog. km 112+860 – acquedotto o irriguo




*prog. km 115+175 e 115+185
 ponte tubo e ponte canale*

Sulla base delle interferenze rilevate, si riportano di seguito alcuni aspetti considerati nella progettazione delle opere di progetto di cui al presente progetto definitivo.

- ✓ In corrispondenza dei sovrappassi ferroviari alle progressive km 76+500 e 112+330 con viadotti autostradali della A29, si individuano soluzioni di progetto per cui non si renda necessario l'impiego di macchine perforatrici verticali per l'esecuzione di pali, al fine di eliminare la possibilità di interferenza tra macchina e viadotto autostradale.

 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- -_00_000_E0001	Relazione generale del progetto definitivo

- ✓ Come per il punto precedente, anche in corrispondenza della prog. 75+720, si individuano soluzioni di progetto per cui non si renda necessario l'impiego di macchine perforatrici verticali per l'esecuzione di pali trivellati, al fine di eliminare la possibilità di interferenza tra macchina e linea aerea in tensione.
- ✓ Alla progressiva km 112+860 si prevede il rifacimento dell'attuale tombino utilizzato per l'attraversamento della linea ferroviaria con la condotta in pressione, e quindi il rifacimento dell'attraversamento, prevedendo alloggiamento in apposito tubo camicia in acciaio.

 <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- -_00_000_E0001</p>	<p>Relazione generale del progetto definitivo</p>

3 Inquadramento geomorfologico

3.1 Contesto Geologico Locale

L'area interessata dalla rete ferroviaria si inquadra nel contesto geologico dei **Monti di Trapani**. Questi ultimi rappresentano le estreme porzioni nord-occidentali della Catena Appenninico-Maghrebide che caratterizza da Est ad Ovest la fascia settentrionale della Sicilia, dai Monti di Trapani fino ai Monti Nebrodi. La Catena è composta da un insieme di unità stratigrafico-strutturali carbonatiche e terrigeno-carbonatiche derivanti dalla deformazione di domini paleogeografici diversi, caratterizzate da omogeneità di facies e di comportamento strutturale e sovrapposte tettonicamente con vergenza meridionale.

L'area si è strutturata prevalentemente durante tre fasi:

- Miocene sup. (post Tortoniano medio) - durante questa fase si è avuta la deformazione e la strutturazione delle unità tettoniche Panormidi su quelle Trapanesi e la sovrapposizione delle unità Pre-panormidi sulle precedenti; durante questa fase si generano fronti di sovrascorrimento e strutture plicative orientati N-S e NE-SW;
- Pliocene inf. - si completa la strutturazione della catena ed i **thrust**, orientati E-W e NW-S coinvolgono anche i precedenti depositi messiniani;
- Plio-Pleistocene - si generano faglie trascorrenti orientate NW-SE, E-W e NE-SW che interrompono le precedenti strutture mio-plioceniche creando nuovi fronti di sovrascorrimento e strutture plicative che coinvolgono sia i depositi già deformati che quelli Plio-pleistocenici.

Come si evince dalla carta geologica e dal profilo geologico (vedi elaborati di progetto), la linea ferroviaria si sviluppa principalmente attraverso i terreni argillosi e limo argillosi della formazione del Flysh Numidico e sulle litologie sabbiose, sabbio-limose e ghiaiose delle alluvioni recenti. Nell'area che va all'incirca dalla stazione di Segesta a Bruca, si rinvencono anche i conglomerati della Formazione di Terravecchia, le marne e argille marnose di San Cripello e le calcilutiti scagliose cretache.

In ordine stratigrafico dall'alto verso il basso, la successione litostratigrafica, che caratterizza il tracciato è la seguente:

- **Detrito di versante (dt)-Olocene**


Si tratta di accumuli detritici eterometrici, a volte cementati presenti alla base dei rilievi carbonatici, principalmente alle falde dei rilievi; sono costituiti di frammenti e blocchi lapidei a spigoli vivi di natura prevalentemente carbonatica misti a terre rosse, sabbie e sabbie limose; tali depositi presentano una granulometria alquanto variabile ed un grado di cementazione anch'esso molto variabile, tale da conferire al deposito caratteristiche comprese da quelle di roccia sciolta a quelle di un deposito consistente e ben cementato. Presentano uno spessore dai 10 ai 15 m.

- **Alluvioni recenti ed attuali (a)- Pleistocene Sup.-Olocene**

Le alluvioni sono costituite da litologie prevalentemente ghiaiose, sabbiose e limosi, e si riconducono a depositi di terrazzo fluviale su più ordini che interessano le aree di fondovalle e le aree prefociali dei fiumi. Presentano spessori variabili dai 5 ai 20 m di spessore.

- **Terrazzi marini (Tm)- Tirreniano**

Tutta la fascia costiera del bacino e dell'area territoriale è caratterizzata dalla presenza di depositi di natura prevalentemente calcarenitica e sabbioso-conglomeratica, riferibili ai terrazzi di abrasione marina di epoca tirreniana. Si tratta di calcareniti detritico-organogene con grado di cementazione variabile, di colore giallo

 <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 - _00_000_E0001</p>	<p>Relazione generale del progetto definitivo</p>

chiaro o biancastro, fossilifere, terrazzate in vari ordini a partire dalle quote prossime al livello del mare fino a quote di circa 100 m s.lm. La stratificazione è in grossi banchi, talora incrociata e la giacitura è suborizzontale, con leggera pendenza verso la linea di costa. Le calcareniti, dal punto di vista litologico, sono costituite in prevalenza da frammenti organogeni di natura calcarea e da una matrice anch'essa carbonatica. Presentano un grado di compattezza e cementazione alquanto variabile sia lateralmente che in senso verticale, e si riscontrano rare intercalazioni sabbiose argillose. Alla base è presente, quasi sempre, un livello conglomeratico. I terrazzi marini presentano spessori dai 10-20 m.

- **Formazione di Terravecchia (Tortoniano sup.- Messicano inf.)(TRV1)**

La formazione è caratterizzata, in generale da due litofacies con caratteri litologici differenti: una litofacies pelitica ed una sabbioso-arenaceo-conglomeratica. Nell'area in esame affiorano in prevalenza i termini riferibili alla litofacies pelitica. Tale litofacies è costituita di argille grigio-verdastre e grigie, argille sabbiose bruno-azzurastre, spesso con cristalli di gesso e con sottili livelli sabbiosi che ne marcano la stratificazione, argille verdi, dure a frattura concoide, argille marnose e marne, talora biancastre, con spalmature limonitiche, noduli di ferro manganesiferi e cristalli isolati di gesso. Le argille si presentano giuntate e tettonizzate e i giunti di stratificazione sono talora marcati da sottili livelli sabbiosi.(TRV2)

La litofacies sabbioso-arenaceo-conglomeratica della Fm. Terravecchia è invece costituita, in tutta la sua sequenza, da un intervallo conglomeratico passante verso l'alto ad arenarie, sabbie, molasse calcaree, molasse dolomitiche, quindi ad argille marnose e siltose, ricche di livelli sabbiosi di potenza variabile.(TRV1) I conglomerati rappresentano la parte inferiore della Formazione di Cozzo Terravecchia e costituiscono la copertura dei terreni orogenici settentrionali della Sicilia. Si tratta di conglomerati poligenici con clasti arrotondati di natura arenacea di provenienza flyschioide, carbonatica e metamorfica per lo più di alto grado. Dal punto di vista granulometrico i clasti hanno dimensioni variabili da pochi centimetri fino, talora, a diversi metri. I clasti sono generalmente embriciati, ben arrotondati, spesso disposti in grandi canali. Localmente, la stratificazione è incrociata su larga scala; la matrice sabbiosa del conglomerato, generalmente abbondante, in qualche caso può aumentare, tanto da dar luogo a lenti di arenaria grossolana, con laminazione ben distinta, parallela o incrociata.

Verso la sommità le intercalazioni di sabbia aumentano ed i ciottoli sono sempre più piccoli e meno embriciati, fino a passare ad una zona costituita da arenarie con sporadiche intercalazioni argillose. La porzione sabbioso-arenacea è costituita da una potente serie di arenarie e sabbie debolmente cementate, a granulometria variabile. I clasti si presentano a spigoli arrotondati passando da sabbie grossolane a sabbie fini siltose, con intercalate lenti conglomeratiche. Le sabbie sono costituite in prevalenza di quarzo e sono talora ben cementate. Il cemento è generalmente di natura argillosa e le sabbie passano a vere e proprie molasse. Quando le arenarie sono cementate da silice diventano durissime e passano a vere e proprie quarziti. Tali sabbie presentano in genere laminazioni incrociate piane ed a spina di pesce; l'inclinazione delle lamine è spesso variabile.


In base ai dati disponibili non è stato possibile distinguere le due litofacies della formazione, che pertanto è stata denominata in carta geologica e nel profilo geologico come TRV1 (litologie prevalentemente conglomeratiche con livelli di sabbie e peliti).

La formazione raggiunge spessori fino anche a 300 m.

- **Formazione di San Cripello (Langhiano sup.-Tortoniano inf.)(Mc)**

Si tratta di depositi marnosi e argillo marnosi di colore grigio-verdastro, presentano granuli di glauconite ed una microfauna a Globigerinidi e Orbuline. La formazione ha spessore variabile dai 50 ai 150 m.

- **Flysch Numidico (Oligocene sup. - Miocene inf.) (FLY1)**

 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 - -_00_000_E0001	Relazione generale del progetto definitivo

Tali depositi sono costituiti da prevalenti argille ed argilliti siltose di colore bruno con frequenti intercalazioni di banchi e livelli quarzarenitici e quarzosiltitici, e con inglobati livelli e lenti di breccie calcarenitiche gradate. La formazione arriva a spessori di 200 m.

- **Calculutiti marnose tipo “Scaglia” (Cretaceo sup.-Oligocene) (Sc)**


Si tratta di calculutiti marnose in facies di “Scaglia” di colore biancastro e rosaceo, stratificate in strati di spessore centimetrico e decimetrico, con noduli e liste di selce nera e con intercalazioni di livelli addizionati di breccie calcaree o calcarenitiche. Verso l’alto sono presenti livelli di calcari marnosi e marne grigiastre. Tali depositi raggiungono spessori di 180 m.

Nella tabella seguente si riassumono le caratteristiche geologiche e geomorfologiche del tracciato:

TRATTA	GEOLOGIA	GEOMORFOLOGIA	NOTE
Km 73+227 - 75+800	Formazione di Terravecchia: sabbie, argille, argille sabbiose da giallastre a grigie e marne grigie. Depositi di ambiente deltizio con spessore di svariate decine di metri. A questa formazione di sovrappongono localmente sabbie e calcareniti giallo-arancio del Sintema di Marsala. Locale presenza di colluvio.	Pendenze molto ridotte, in aumento verso Ovest e lungo i fianchi della valle. Presenza di corsi d’acqua circa perpendicolari al tracciato.	Locali evidenze di creep superficiale.
Km 75+800 - 76+ 000	Formazione di Terravecchia: membro costituito da arenarie sabbiose di colore grigio con stratificazione incrociata, alternate localmente a peliti sabbiose. Localmente la formazione è rappresentata da paraconglomerati.	Pendenze di 10-15°, locali orli morfologici non attivi. Morfologia attiva per fenomeni di crollo e ribaltamento 400m a monte, presso galleria.	Alternanza di rocce dalla caratteristiche geotecniche complessivamente buone e siltiti poco competenti.
Km 76+000 - 82+000	Formazione di Terravecchia: membro costituito da arenarie sabbiose di colore grigio con stratificazione incrociata, alternate localmente a peliti sabbiose. Marne ed argille marnose (San Cripello) e alluvioni: argille e argille sabbiose con ciottoli, lenti di sabbie. Ambiente di deposizione fluvio-lacustre.	Pendenze ridotte, in aumento verso Ovest e lungo i fianchi della valle. Presenza di corsi d’acqua circa perpendicolari al tracciato.	Contenuto in fine variabile. Ne consegue una certa variabilità delle caratteristiche geotecniche
Km 82+000 - 84+000	Calculutiti e calcisiltiti marnose a liste e noduli di selce, dal bianco al rossiccio. Frequenti intercalazioni di calcarenite	Morfologia del rilievo molto accentuata, con fenomeni di crollo presso le pareti	Rocce generalmente tenere dal comportamento fragile, fratturate.

	gradata o laminata.	rocciose affioranti. Questa tratta passa in galleria.	
Km 84+000 - 97+000	Alterazioni di peliti siltose color tabacco con livelli lenticolari di conglomerati a base erosiva e di calcareniti e brecciole calcaree con grossi bioclasti. Spessori molto variabili, ambiente deposizionale marino di scarpata.	Morfologia dolce, ondulata. Frequenti smottamenti superficiali.	
Km 97+000 - 106+000	Argille e marne sabbiose con intercalazioni di biocalcareni torbiditiche, arenarie, calciruditi.	Morfologia dolce, ondulata. Evidenze di creep, spinta attiva delle terre e rigonfiamenti delle argille. Assenza di importanti orli morfologici.	Dissesti diffusi ed evidenti legati al carattere rigonfiante delle argille, alla spinta loro attiva ed a creep superficiale (frane in lento movimento)
Km 106+000 - 107+000	Zona di raccordo con la piana argillosa. Argille e marne sabbiose con intercalazioni di biocalcareni torbiditiche, arenarie, calciruditi.	Pendenze dell'ordine di 10°, in rapida diminuzione verso valle. Paesaggio ondulato, assenza di importanti orli morfologici.	Dissesti diffusi ed evidenti legati al carattere rigonfiante delle argille, alla spinta loro attiva ed a creep superficiale (frane in lento movimento)
Km 107+000 - 108+000	Argille e marne sabbiose con intercalazioni di biocalcareni torbiditiche, arenarie, calciruditi.	Morfologia dolce, ondulata. Evidenze di creep, spinta attiva delle terre e rigonfiamenti delle argille. Assenza di importanti orli morfologici.	Dissesti diffusi ed evidenti legati al carattere rigonfiante delle argille, alla spinta loro attiva ed a creep superficiale (frane in lento movimento)
Km 108+000 - 115+000	Detriti fluviali costituiti da ciottoli poligenici in matrice limoso-sabbiosa grigiastra. Locale presenza di depositi colluviali (ghiaie sabbie e limi variamente frammisti)	Morfologia pianeggiante.	Locali dissesti legati a cedimenti differenziali per eterogeneità del detrito.
Km 115+000 - 120+345	Depositi colluviali e argille frammiste a ghiaia e sabbia rimaneggiate. Depositi eterogenei: ciottoli e ghiaie in abbondante matrice argilloso-limosa.	Morfologia pianeggiante.	Locali dissesti legati a cedimenti differenziali per eterogeneità del detrito.

Per maggiori dettagli si rimanda alla carta geologica e al profilo geologico di progetto.

 <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- -_00_000_E0001</p>	<p>Relazione generale del progetto definitivo</p>

3.2 Aspetti Geomorfológicos e idrogeologici

L'area in studio è caratterizzata da terreni di litologia diversa, interessati da un'evoluzione tettonica diversificata che ha determinato l'estrema variabilità delle morfosculture presenti nel paesaggio. La morfologia dell'area, infatti, varia in zone a carattere basso-medio collinare, localizzate nelle aree più interne, in corrispondenza degli affioramenti di natura argilloso-mamosa, e una morfologia di tipo tabulare in presenza dei depositi calcarenitici terrazzati che, per la loro consistenza lapidea, offrono una buona resistenza all'erosione.

Le zone topograficamente più basse, prossime al mare, assumono una conformazione uniforme dovuta al livellamento operato dall'azione erosiva del mare che ha formato, in epoche passate, morfologie subpianeggianti e terrazzate; si ha di conseguenza una scarsa, o pressoché nulla, degradabilità dei versanti ad opera della gravità ed una intensa utilizzazione del suolo per usi agricoli.

L'influenza della litologia sulle caratteristiche morfologiche del paesaggio è determinante a causa della differenza di comportamento rispetto all'erosione dei vari litotipi affioranti.

Il paesaggio che ne risulta è caratterizzato da ampie zone pianeggianti, corrispondenti ai tavolati calcarenitici, con locali blandi rilievi collinari a forme molto addolcite.

Da quanto esposto emerge chiaramente come i caratteri morfologici sono strettamente connessi con le caratteristiche dei terreni affioranti e con le strutture tettoniche e per tale motivo non si hanno, nell'area in esame, particolari strutture morfologiche, se si esclude i massicci carbonatici, nè tantomeno fenomeni geomorfologici particolarmente diffusi, i quali sono rappresentati al più da locali fenomeni di crollo e ribaltamento e da alcuni fenomeni quali soliflusso o erosione accelerata, presenti in corrispondenza di alcune porzioni di versante di natura argillosa e marnosa maggiormente acclivi.

Le caratteristiche del paesaggio dell'area sono legate, dunque, in parte alla resistenza offerta agli agenti esogeni da parte delle formazioni rocciose affioranti, in parte al loro assetto strutturale ed in parte all'azione gravitativa.

L'erosione si esplica maggiormente nei settori a quote superiori, caratterizzate per l'appunto da terreni rocciosi rigidi. Alle quote inferiori le rocce sono invece coperte da una spessa coltre di alterazione e di depositi colluviali - eluviali che le preserva dall'erosione.

Le aree collinari del Dominio Pre-panormide (terreni argillo-marnosi) sono state modellate nel corso del tempo da movimenti franosi, da ruscellamento concentrato e diffuso e da processi fluviali. Sono distinguibili indici di morfologia attiva o quiescente.

Dal rilievo in sito è stato possibile cogliere evidenze di frane quiescenti, attive o inattive. Spesso i fenomeni attivi sono difficilmente distinguibili per via della velocità molto ridotta, altre volte si tratta di colate che evolvono in fenomeni molto veloci e violenti.

I dissesti rilevati presentano caratteristiche ricorrenti, dovute principalmente ai seguenti fattori:

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

Tra i principali dissesti si segnala la presenza di una frana al km 92+850 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.

Il quadro dei dissesti e del rilievo è stato riportato nella **Relazione descrittiva delle criticità lungo linea** del progetto definitivo e nelle relative tavole (**Planimetria criticità della linea**)

Per maggiori dettagli si rimanda anche al capitolo 6 (Valutazione del rischio geomorfologico e idrogeologico) della Relazione Geologica e alla Relazione Geomorfologica di progetto definitivo.

In generale la morfologia si può definire dolce, ondulata, con rari rilievi costituiti da rocce tenere.

Elementi di morfologia attiva si rinvergono presso corsi d'acqua, ed in corrispondenza di zone a maggiore acclività, ove il substrato presenta scarse caratteristiche geotecniche. Sono rari gli orli morfologici.


In generale, sotto il profilo della dinamica geomorfologica, il modellamento che maggiormente influenza e caratterizza un territorio è quello di tipo fluvio-denudazionale, intendendo quello dovuto all'azione delle acque meteoriche in tutti gli aspetti conseguenti allo scorrimento delle acque selvagge e delle acque incanalate.

Il tracciato della linea ferroviaria Palermo - Trapani Via Milo si sviluppa in parte sui seguenti bacini idrografici principali.

- **Fiume Freddo**
- **Fiume Birgi**
- **Fiume Lenzi**
- **Torrente Forgia**

Tenendo conto della complessità del quadro strutturale esistente nel territorio siciliano, caratterizzato dalla sovrapposizione di corpi geologici, talora sradicati dal proprio substrato, è possibile in funzione delle caratteristiche di permeabilità delle rocce, identificare diversi complessi idrogeologici

- **Complessi carbonatici (Trias superiore - Miocene inferiore)** - Affiorano nella parte occidentale, in nuclei discontinui prevalentemente costituiti da rocce dolomitiche e calcaree appartenenti ad unità stratigrafico-strutturali diverse, tra loro tettonicamente sovrapposte.
- **Dominio delle unità Panormidi**- Le rocce di questo dominio affiorano interamente nella parte NordOccidentale dell'isola. Si tratta di calcari, calcari dolomitici, calcareniti, calcilutiti e breccie


 <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- -_00_000_E0001</p>	<p>Relazione generale del progetto definitivo</p>

calcareae che formano un corpo geologico, spesso in alcuni punti un migliaio di metri, tettonicamente sovrapposto alle sottostanti unità Impresi e Trapanasi. Queste rocce molto permeabili per fessurazione e carsismo costituiscono un acquifero di notevole consistenza. Il drenaggio sotterraneo delle acque di infiltrazione si esplica in particolare verso NO e NE dando luogo a numerose sorgenti sottomarine. L'infiltrazione efficace media annua è di 185 mm per valori di piovosità media annua dell'ordine dei 600 mm.

- **Dominio delle unità Trapanasi** - E' presente anch'esso nel settore Nord - occidentale, la sua porzione sepolta è stata raggiunta ed attraversata da alcuni pozzi per ricerche di idrocarburi che hanno messo in evidenza uno spessore di 3000 metri circa. La successione stratigrafica è data da calcari e dolomie triassico-liassiche cui seguono calcari pelagici (Rosso Ammonitico e scaglia) dell'intervallo Giurassico- Eocene, biocalcareni e calcareniti glauconitiche dell'intervallo Oligocene-Burdigaliano (che nell'insieme costituiscono il serbatoio carbonatico), ed infine le marne argillose di età Serravaliano-Tortoniano, che rappresentano insieme alle unità Impresi la copertura impermeabile. I depositi carbonatici di questo dominio sono molto permeabili per fessurazione e carsismo; l'infiltrazione efficace media annua è valutata in 160 mm per precipitazioni medie annue di 700 mm. I numerosi pozzi profondi che raggiungono questo serbatoio carbonatico testimoniano la presenza di acquiferi con salinità elevata (ad eccezione del pozzo Segesta).
- **Complesso argilloso-sabbioso-conglomeratico (Miocene medio-superiore)** - Presente in varie aree della Sicilia, con notevoli spessori (fino a 1000 mt) è costituito dal basso verso l'alto da argille marnose, arenarie, sabbie e conglomerati (Formazione di Terravecchia) sui quali si rinvergono calcari di scogliera passanti lateralmente a marne ed argille marnose. L'idrogeologia di questo dominio è abbastanza complessa data l'esistenza di livelli argillosi impermeabili interposti a quelli permeabili, arenacei conglomeratici e carbonatici.
- **Complesso dei depositi terrigeni e clastico carbonatici (Pliocene medio-Pleistocene)** - E' presente principalmente nel settore occidentale dell' Isola ed in particolare lungo le fasce costiere. In questo dominio si rinvergono depositi detritico-organogeni e terrigeni (calcareniti, conglomerati, sabbie con intercalazioni argillose), lo spessore massimo è a luoghi di circa 700 mt. I livelli detritici più grossolani possono contenere acquiferi di modesto spessore che non sembrano interferire con gli acquiferi carbonatici profondi mesozoici sottostanti. Nell' insieme questo complesso non presenta interesse ai fini idrogeologici.
- **Depositi recenti (Pleistocene)** - Sono rappresentati in prevalenza dai depositi alluvionali recenti, con potenze massime dell'ordine del centinaio di metri. Data l'estrema variabilità granulometria, rappresentano degli acquiferi multifalda, separati da livelli semipermeabili o impermeabili di interesse assai scarso per la ricerca idrogeologica.

In base a queste considerazioni possiamo stabilire dei range di valori di permeabilità per le varie formazioni che si incontrano nell'area di studio:

- **1a classe : Terreni a permeabilità da molto bassa a nulla ($K = 10^{-5} - 10^{-7}$ cm/sec)**
A questa categoria appartengono F.ne del Flysh Numidico, F.ne di San Cipirello, la F.ne di Terravecchia
- **2a classe : Terreni a permeabilità primaria per porosità ($K = 10^{-3} - 10^{-5}$ cm/sec).** Appartengono a questa categoria le alluvioni che vengono alimentate dalle infiltrazioni locali e dai corsi d'acqua che le attraversano e il Detrito di Versante.
- **3a classe :Terreni a permeabilità primaria per porosità e secondaria per fratturazione ($K = 10^{-2} - 10^{-3}$ cm/sec).** Appartengono a questa categoria F.ne di Terravecchia, Calcareniti Marsala, Terrazzi

 <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 - _00_000_E0001</p>	<p>Relazione generale del progetto definitivo</p>

Marini sono caratterizzate da prevalente porosità primaria per porosità e secondariamente per fessurazione.

- 4a classe :Terreni a permeabilità prevalentemente secondaria per fratturazione e carsismo**
(K = 10⁻² - 10⁻³ cm/sec) In questa classe vengono incluse le formazioni calcaree composte da calcari, calcareniti, calcilutiti di varie età che si riscontrano sia in affioramento che nel substrato. I terreni appartenenti a questo tipo di acquifero presentano valori di permeabilità molto discontinui, in relazione oltre che alla variabilità della permeabilità dei singoli livelli, anche dal grado di permeabilità secondaria dell'ammasso roccioso. Infatti in corrispondenza degli allineamenti strutturali principali, con le numerose fratture a scala minore associate ad esse e delle numerose cavità di origine carsica, esistono grandi condizioni di permeabilità, che conferiscono alla circolazione sotterranea un andamento irregolare e discontinuo.

4 Inquadramento geotecnico

Nella ricerca di una rappresentazione sintetica, ma sufficientemente approssimata, della natura e delle caratteristiche del sottosuolo che si rinviene lungo il tracciato ferroviario, si sono definite 2 unità geotecniche distinte, denominate UG1 e UG2. La loro descrizione litologica si è ottenuta semplificando e sintetizzando quella molto dettagliata dei rapporti di perforazione e di laboratorio, sulla base delle osservazioni dirette delle carote e dei campioni, ponendo in evidenza i caratteri essenziali e più facilmente individuabili. Le superfici di separazione dei diversi terreni sono state individuate utilizzando le descrizioni litologiche riportate nei log stratigrafici e la documentazione fotografica delle carote estratte.

Si sottolinea che, dall'esame dei log stratigrafici lungo tutto il tracciato, apparentemente, si rileva la mancanza di una correlazione tra la geologia di superficie e i log stessi, con riferimento alle unità geologiche Mc, Sc, TRV1 e Tm. Tale incongruenza non risulta comunque rilevante in relazione alle finalità del progetto; si ritiene, pertanto, che i dati a disposizione costituiscano una base consistente sulla quale impostare la caratterizzazione geotecnica.

L'Unità Geotecnica 2 rappresenta la porzione più consistente, e profonda, dell'unità geologica del Flysh Numidico (FLY), mentre l'Unità Geotecnica 1 ne rappresenta la parte meno consistente, più superficiale, alla quale sono stati accorpati, da un punto di vista geotecnico, sulla base dei risultati delle prove di identificazione e classificazione e meccaniche, le alluvioni recenti ed attuali. Inoltre, una suddivisione preliminare dei dati sperimentali a disposizione per tratte lungo il tracciato, non ha evidenziato una sostanziale variabilità e, pertanto, la caratterizzazione è stata impostata sulla base della totalità dei dati.

Entrambe le unità presentano una natura limoso – argillosa.

In particolare, i terreni afferenti alla UG1 hanno in prevalenza un limite liquido w_L maggiore del 50% e un contenuto d'acqua prossimo al limite plastico w_p . (l'indice di consistenza è inferiore o di poco superiore all'unità, denotando una consistenza solido – plastica). I terreni appartenenti alla UG2 presentano, invece, un limite liquido compreso tra il 30 % e il 50% e un contenuto d'acqua inferiore al limite plastico (l'indice di consistenza è superiore all'unità denotando una consistenza semisolida – solida).

Il peso dell'unità di volume e le proprietà meccaniche, di resistenza al taglio e deformabilità, impiegate nelle analisi di maggiore influenza nell'impostazione generale del progetto, sono riassunte nella Tabelle seguenti, per le due unità definite sopra.

parametro	valore caratteristico
Peso dell'unità di volume, γ (kN/m ³)	18.5
Angolo di resistenza al taglio, ϕ' (°)	19.0
Coesione efficace, c' (kN/m ²)	22.0
Resistenza al taglio non drenata, c_u (kN/m ²)	110
Modulo di Young, E' (N/mm ²)	60

Tabella 1 – Parametri geotecnici caratteristici UG1.

parametro	valore caratteristico
Peso dell'unità di volume, γ (kN/m ³)	18.0
Angolo di resistenza al taglio, ϕ' (°)	21.0
Coesione efficace, c' (kN/m ²)	20.0
Resistenza al taglio non drenata, c_u (kN/m ²)	150
Modulo di Young, E' (N/mm ²)	75

Tabella 2 – Parametri geotecnici caratteristici UG2.

5 Analisi dello stato di fatto

5.1 Premesse

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.**

A seguito dell'indagine, ed allegati al presente progetto definitivo, sono state prodotte una relazione descrittiva dei dissesti e 24 tavole grafiche riepilogative. Questi documenti sono l'aggiornamento e l'approfondimento degli analoghi redatti in fase di progetto preliminare.


In sintesi, come dettagliatamente descritto nel seguito, i dissesti rilevati sono principalmente 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.

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

 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- -_00_000_E0001	Relazione generale del progetto definitivo

In riferimento alle opere d'arte lungo linea si precisa da subito che le stesse presentano un buono stato conservativo non rilevando particolari problemi strutturali o di cedimenti ma, solamente, degradi localizzati. Il progetto prevede:

- la demolizione e ricostruzione dei tombini idraulici di luce inferiore a tre metri, allo scopo di evitare complessi interventi di prolungamento, per garantire continuità alla sezione tipo della sede ferroviaria rinnovata;
- interventi localizzati di messa in sicurezza delle opere d'arte minori a singola campata con luce maggiore uguale o maggiore di tre metri;
- rilievi geometrici e definizione del piano delle indagini finalizzato alla verifica di vulnerabilità sismica di tutte le opere d'arte sottobinario a singola e pluri-campata con luce uguale o maggiore di tre metri;
- definizione del piano delle indagini finalizzate alla verifica di resistenza al fuoco delle gallerie.

Per una descrizione più dettagliata dei dissesti rilevati e una più approfondita documentazione fotografica si rimanda alla specifica relazione ed alle planimetrie allegate:

304817_S01_PD_TG--_05_000_E0001"Relazione descrittiva delle criticità lungo linea".

5.2 Sezione in rilevato

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


Le tratte in rilevato sono quelle che presentano maggiori ed evidenti stati di dissesto tali da portare alla sospensione dell'esercizio ferroviario. 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 originali della sezione del rilevato, alle scarse qualità del materiale costituente il rilevato stesso, oltre che ad un non adeguato sistema di smaltimento delle acque meteoriche.

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, che non sono in grado di sostenere il piano ferroviario. Sono presenti spesso dei franamenti laterali del corpo del rilevato, 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.

 <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- -_00_000_E0001</p>	<p>Relazione generale del progetto definitivo</p>

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

Franamento ed instabilità delle scarpate laterali

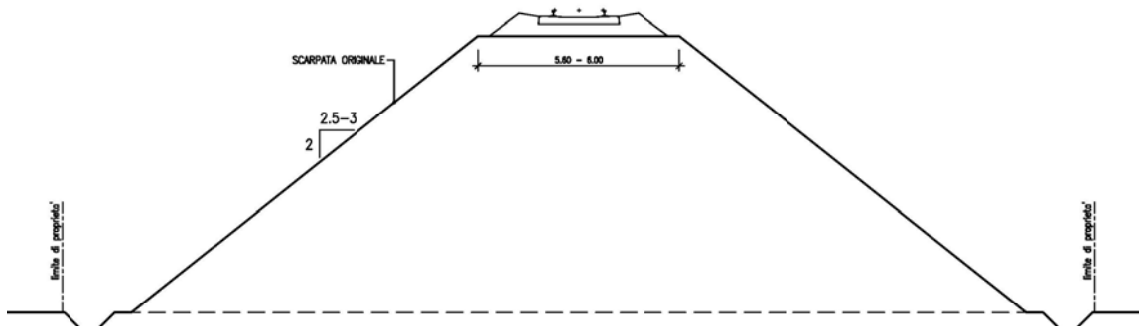
I rilevati, soprattutto quelli di altezza elevata, presentano generalmente scarpate laterali con pendenze molto elevate e senza banche intermedie, non adeguate a strutture di questo genere. La natura limosa argillosa del terreno che costituisce i rilevati, assieme alle scarpate di elevata pendenza, provocano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

Si rilevano infatti numerosi franamenti del materiale superficiale del rilevato, con dei fenomeni gravitativi assimilabili al creep. Questi fenomeni di creep superficiale sono evidenziati spesso dall'inclinazione rispetto alla verticale 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. Questi franamenti interessano tipicamente volumi dell'ordine dei 5-10 metri cubi.

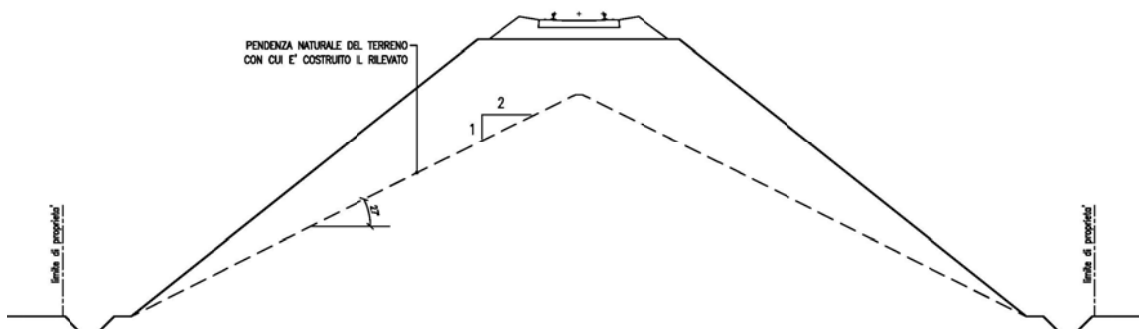
I rilievi geometrici, nonché le numerose indagini svolte sia in fase di progetto preliminare che definitivo a cura della Committenza, hanno permesso di ricostruire il fenomeno di degrado che hanno subito i rilevati nel tempo:

- i rilevati erano stati realizzati in origine con pendenze prossime ai 40 gradi e senza banche intermedie; la larghezza della piattaforma, come consuetudine del tempo, aveva una larghezza di circa 5,50 metri; la piattaforma ferroviaria non era, ovviamente, impermeabilizzata;
- i sondaggi eseguiti dal piano ferro in fase di progetto preliminare hanno evidenziato che i rilevati erano stati costruiti, in origine, con terreni provenienti da scavi limitrofi, quindi con materiali argillosi di scarse caratteristiche geomeccaniche;
- la diretta conseguenza di questi due fatti è stata che, nel tempo e sotto gli effetti degli agenti meteorici, i rilevati si sono andati ad adagiare su una pendenza prossima all'angolo di attrito proprio del terreno (circa 27 gradi) con importanti abbassamenti del piano ferro ed allargamenti del piede del rilevato;
- per contrastare questi due fenomeni il binario è stato più e più volte ricalzato con riporto di ballast (i sondaggi hanno evidenziato fino a 3 metri di spessori di ballast) e, in alcune tratte, con l'inserimento di gabbioni a più livelli al piede;
- il continuo e considerevole apporto di ballast ha provocato lo scivolamento dello stesso lungo le scarpate, con conseguente impoverimento della vegetazione amplificando gli effetti di dilavamento in caso di eventi meteorici;
- in fase di progetto definitivo RFI ha eseguito una serie di saggi con escavatore ai lati dei rilevati di maggiore altezza dai quali è emerso che fino alla profondità di 1.00 - 1.50 metri sono presenti materiali aridi da rilevato; questa stratificazione è legata ad una serie di interventi di riprofilatura dei rilevati eseguiti nel passato con l'intento di sanarli ed adeguare la larghezza della testa che, a causa dei fenomeni di degrado, non erano più sufficienti a contenere l'armamento;
- la sospensione dell'esercizio, con conseguente interruzione delle attività di manutenzione, ha amplificato nel tempo questi fenomeni con scivolamenti superficiali e svuotamenti sotto al binario.

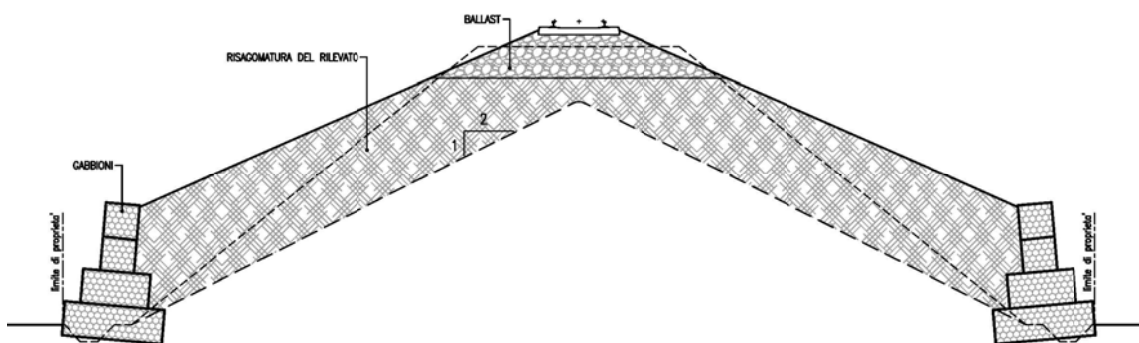
RICOSTRUZIONE DEL RILEVATO ORIGINALE




INDIVIDUAZIONE DELLA PARTE STABILE DEL RILEVATO ORIGINALE IN FUNZIONE DELLE CARATTERISTICHE DEI TERRENI



STATO ATTUALE



 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
304817_S01_PD_TG- -_00_000_E0001	Progettazione definitiva delle opere civili ed armamento per il ripristino della linea Palermo - Trapani via Milo
Relazione generale del progetto definitivo	

5.3 Sezione in trincea

La linea ferroviaria è costituita per circa il 24% da sezione in trincea, in questi tratti sono stati rilevati numerosi dissesti, causati principalmente da scivolamenti 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.

Da progetto originario, lungo la linea sono presenti numerosi muri di sostegno delle scarpate in trincea, realizzati in pietra o calcestruzzo, che risultano ormai quasi sempre inadeguati a contenere lo scivolamento del materiale proveniente dalle scarpate sommitali a pendenza troppo elevata per essere stabili, viste le caratteristiche dei terreni.

Tra i fenomeni rilevati di colata o creep del terreno superficiale, si richiama l'attenzione verso due fenomeni più significativi alla prog. km 92+850 circa ed alla prog. km 104+300, la quale ha prodotto notevole quantità di materiale con completa occupazione della sede ferroviaria, tali da renderne difficile anche il passaggio a piedi.


Un'ulteriore causa indiretta dei franamenti e dei dissesti delle scarpate nei tratti in trincea, è quasi sempre 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 dalla regolamentazione RFI. I coltivi infatti giungono fino al ciglio della scarpata, compromettendo i fossi di guardia e intaccandone la stabilità.

5.4 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. Per la descrizione si rimanda ai paragrafi precedenti nei quali si descrivono i problemi riscontrati sui rilevati e nei tratti in trincea.

5.5 Imbocchi gallerie

All'interno del tratto oggetto di intervento insistono 11 gallerie, per una lunghezza totale di circa 4100 m (quasi il 9% dell'intera tratta), che presentano tutte la stessa tipologia di imbocchi: il rivestimento della galleria è costituito da muratura in mattoni pieni o in blocchi di pietra squadrata, il portale d'imbocco è anch'esso in muratura di pietra squadrata, 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 e dopo l'imbocco. Gli imbocchi presentano alcune criticità, che si 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

 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
304817_S01_PD_TG- -_00_000_E0001	Progettazione definitiva delle opere civili ed armamento per il ripristino della linea Palermo - Trapani via Milo
	Relazione generale del progetto definitivo

ferroviario scavalcando i muri laterali di sostegno. Nel passato, in molti casi, si è cercato di arginare la problematica con delle gabbionate in sommità al portale d'imbocco e ai muri laterali.

Talvolta 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.

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 i portali non presentano generalmente problemi dal punto di vista strutturale, se non dei piccoli cedimenti dei cordoli di coronamento superiore.

5.6 Opere d'arte maggiori (viadotti e gallerie)

Lungo la tratta oggetto della relazione sono presenti numerose gallerie e viadotti; per le prime il progetto prevede, oltre al rinnovamento dell'armamento, l'adeguamento alle attuali STI; per i secondi in progetto sono previsti gli interventi minimi necessari alla riapertura dell'esercizio, rimandando ad altro progetto la verifica di vulnerabilità e gli eventuali interventi di adeguamento sismico.

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 degni sono relativi agli imbocchi, già trattati in apposito paragrafo precedentemente.

Viadotti

Durante il rilievo sono stati percorsi 14 viadotti dei quali 13 in muratura e 1 in calcestruzzo. I viadotti in muratura sono sostenuti da arcate di luce compresa generalmente tra 8 e 15 m, le arcate sono generalmente in calcestruzzo, le pile in pietra squadrata e le velette in mattoni pieni, si rileva comunque una situazione in cui gli archi sono in mattoni pieni.

Tutti viadotti in muratura presentano un buono stato di conservazione, non evidenziando importanti stati fessurativi o cedimenti, a livello di piattaforma ferroviaria non si riscontrano fenomeni di "spanciamento" delle velette, solo i parapetti risultano obsoleti e poco sicuri. I fori per il drenaggio delle acque presenti

 <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 - -_00_000_E0001</p>	<p>Relazione generale del progetto definitivo</p>

all'imposta delle arcate risultano funzionanti, all'intradosso delle arcate non si rilevano tracce di importanti venute di acqua.

Generalmente le situazioni di degrado più evidenti si riscontrano a tergo delle spalle, non interessando comunque il corpo spalla di imposta della prima arcata ma solamente i muri d'ala, ove presenti. I fenomeni di degrado che riguardano i rilevati (ampiamente discussi) interessano chiaramente anche i rilevati a tergo delle spalle con scivolamento di terreni sopra ai muri d'ala o di fronte alle spalle.

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.

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", sostituito dal nuovo viadotto in calcestruzzo presumibilmente in occasione di lavori di adeguamento e messa in sicurezza del canale stesso. L'opera in calcestruzzo presenta evidenti problemi di degrado, con ampie zone di espulsione del copriferro, in particolare sugli sbalzi laterali della soletta e sulle pile.

5.7 Opere d'arte minori

Lungo la linea sono presenti numerose opere d'arte cosiddette minori, che necessitano di manutenzione ordinaria e in alcuni casi presentano dissesti o degradi importanti.

Si tiene a precisare da subito che, al fine di dare maggiore continuità possibile alla piattaforma ferroviaria rinnovata, tutte le opere sottobinario di luce inferiore a 3 metri vengono demolite e sostituite da nuovi scatolari in c.a. Le opere idrauliche lungo linea, a seguito della scelta di rinnovare ed impermeabilizzare la piattaforma ferroviaria lungo tutta la tratta, vengono tutte rinnovate e, ove possibile, ripulite e risanate.

Le categorie di opere che si vanno di seguito brevemente a descrivere sono le seguenti:

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

Tombini e ponticelli

Gli attraversamenti rilevati presentano tre tipologie principali, secondo le definizioni RFI:

Tombini (L<1.5m): 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.

Ponticelli (1.5<L<3.0m): queste opere di attraversamento presentano una sezione variabile dai 1.5m fino a 3 m circa, e presentano generalmente sezione ad arco in calcestruzzo, l'arco è spesso appoggiato a dei muri laterali in muratura di 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

 <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- -_00_000_E0001</p>	<p>Relazione generale del progetto definitivo</p>

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.

Ponti (L>3.0m): queste opere di attraversamento presentano una sezione variabile superiore ai 3.0 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. 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.


Opere idrauliche di linea

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 le canalette presentano sezione trapezia di circa 0.5 m² e sono costruite in pietra squadrata. In alcuni casi sono presenti delle canalette in calcestruzzo, di dimensioni maggiori rispetto alle precedenti.

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.

 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 - -_00_000_E0001	Relazione generale del progetto definitivo

6 Soluzioni di progetto

La progettazione definitiva ha, come dato di base, il progetto preliminare redatto da RFI nel 2016. A questo progetto si sono poi aggiunte una serie di richieste maturate dalla Committenza durante la fase di studio che hanno, in qualche modo, modificato l'impostazione progettuale (richieste essenzialmente finalizzate ad una maggiore redditività dell'investimento ed efficientamento della linea, anche in vista di una prossima elettrificazione della stessa).

La modifica più saliente è stata indubbiamente la volontà da parte di RFI di adeguare la piattaforma ferroviaria al manuale di progettazione RFI ed.2016 lungo tutta la linea (ad esclusione delle tratte su opera d'arte esistente). La conseguenza è stata quella di prevedere interventi diffusi di risanamento e risagomatura di rilevati e trincee lungo tutti i 47 km di linea. L'intervento, rimanendo all'interno della previsione di spesa del progetto preliminare, è stato possibile grazie ad una maggiore consapevolezza delle motivazioni del degrado e, soprattutto, alla scelta di ridurre l'incidenza delle nuove opere di contenimento in c.a. previste nel preliminare, optando per l'acquisizione di nuove aree, ove necessario ed ove possibile nel rispetto delle preesistenze circostanti. Altro aspetto fondamentale è stato quello di prevedere il riutilizzo della maggior parte del materiale scavato come sottoprodotto, limitando quanto possibile gli apporti da cave di prestito ed il conferimento a discarica. La scelta finale è il frutto di una serie di valutazioni tecniche ed economiche discusse e concordate con la Committenza.

In estrema sintesi il progetto di risanamento della linea prevede:

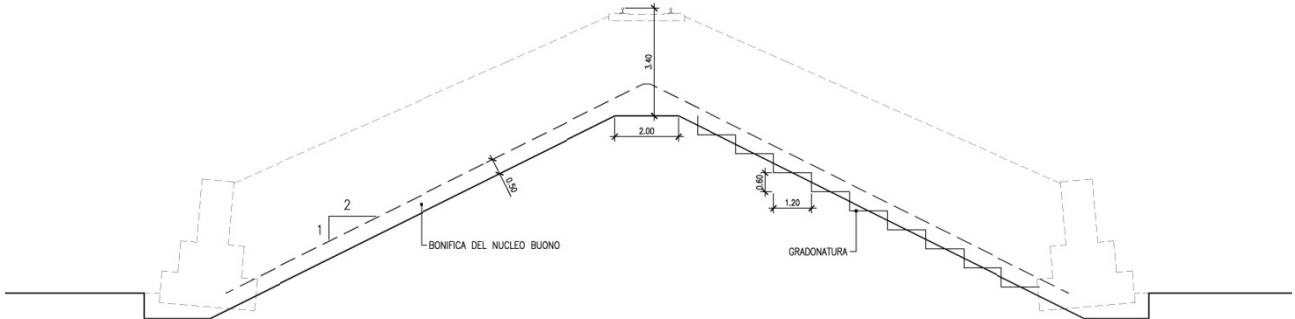
1. la rimozione di tutti i binari;
2. la rimozione del ballast che, non essendo di idonea categoria, non può essere riutilizzato come tale ma verrà trattato come sottoprodotto;
3. la rimozione dei rilevati ammalorati e dei gabbioni provvisori;
4. la demolizione e ricostruzione dei tombini con luce inferiore a tre metri;
5. la riprofilatura e messa in sicurezza delle trincee;
6. la ricostruzione dei rilevati;
7. la ricostruzione della piattaforma ferroviaria;
8. la realizzazione di tutte le opere di regimentazione idraulica;
9. la ricostruzione dell'armamento.

Nel seguito si illustrano le soluzioni adottate per il risanamento ed adeguamento della linea nelle diverse situazioni di degrado riscontrate.

6.1 Sezioni in rilevato

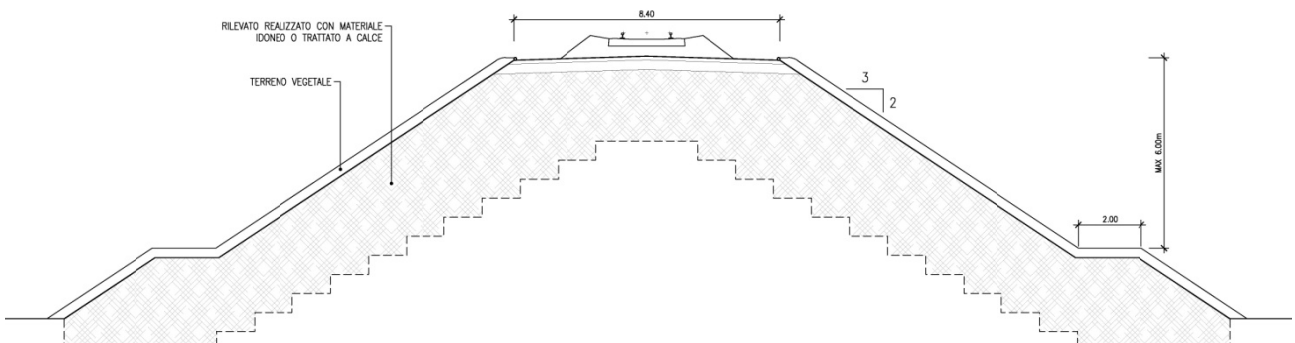
Con riferimento allo stato di degrado documentato si è innanzitutto valutata, mediante apposite simulazioni di calcolo, la capacità portante dei terreni di base dei rilevati, al fine di escludere tra le varie cause del degrado il cedimento del piano di posa. L'esclusione di questa evenienza, insieme alle indagini, rilievi e sopralluoghi, hanno portato alla ipotesi di salvaguardia del così detto "nucleo buono" dei rilevati, ovvero di quella parte più interna del rilevato che nel tempo non ha subito degradi e che, quindi, si trova in idoneo stato di compattazione. Come rappresentato nello schema sottostante si prevede la rimozione di tutta la parte degradata del rilevato, per una profondità di almeno tre metri, e la gradonatura della parte rimanente, per un idoneo ammassamento del nuovo rilevato, realizzato con materiali e procedure rispettose del manuale di progettazione.

INDIVIDUAZIONE DELLA PARTE DI RILEVATO DA PRESERVARE



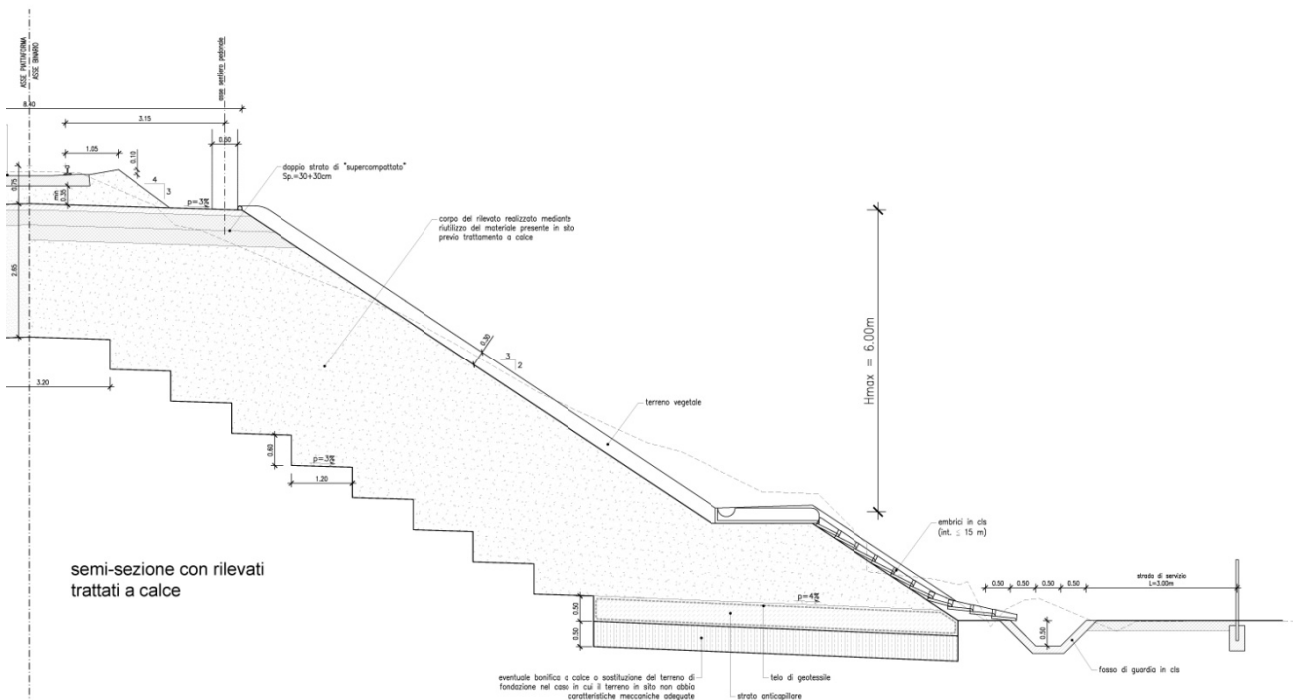
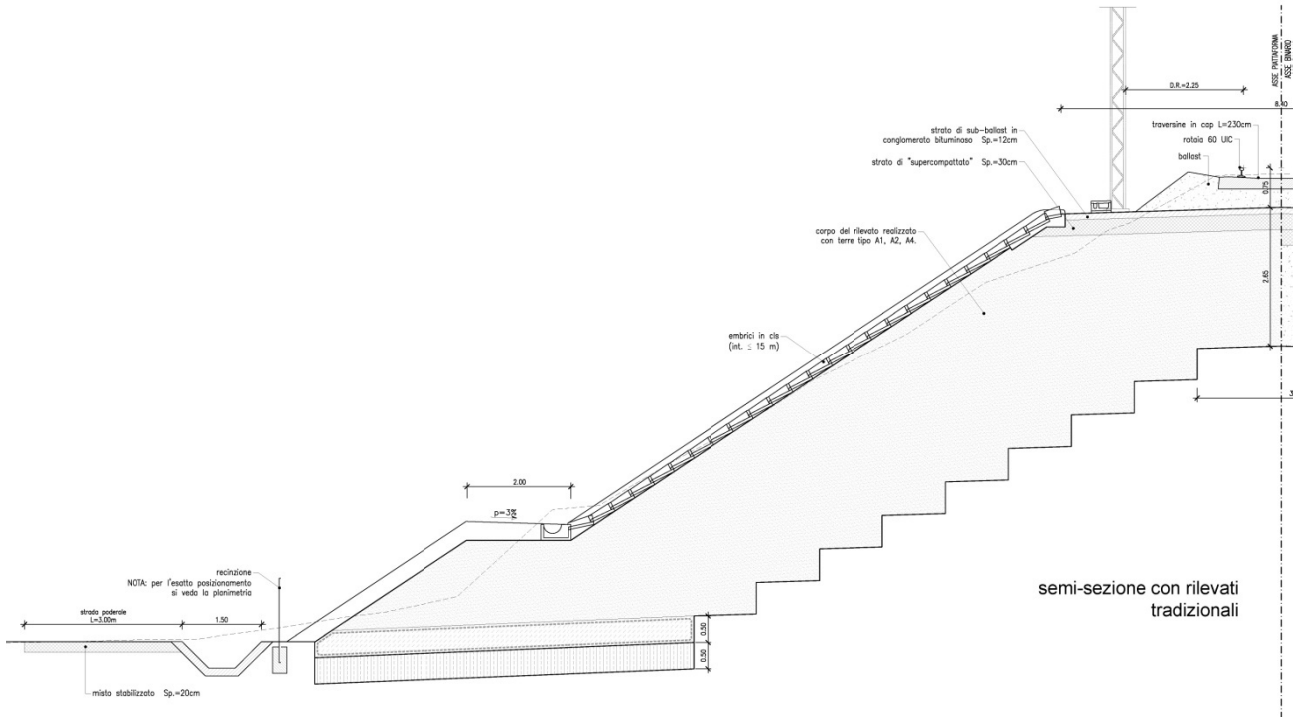
La ricostruzione e riprofilatura dei rilevati viene realizzata utilizzando quanto possibile materiale proveniente dagli scavi.

SEZIONE DI PROGETTO



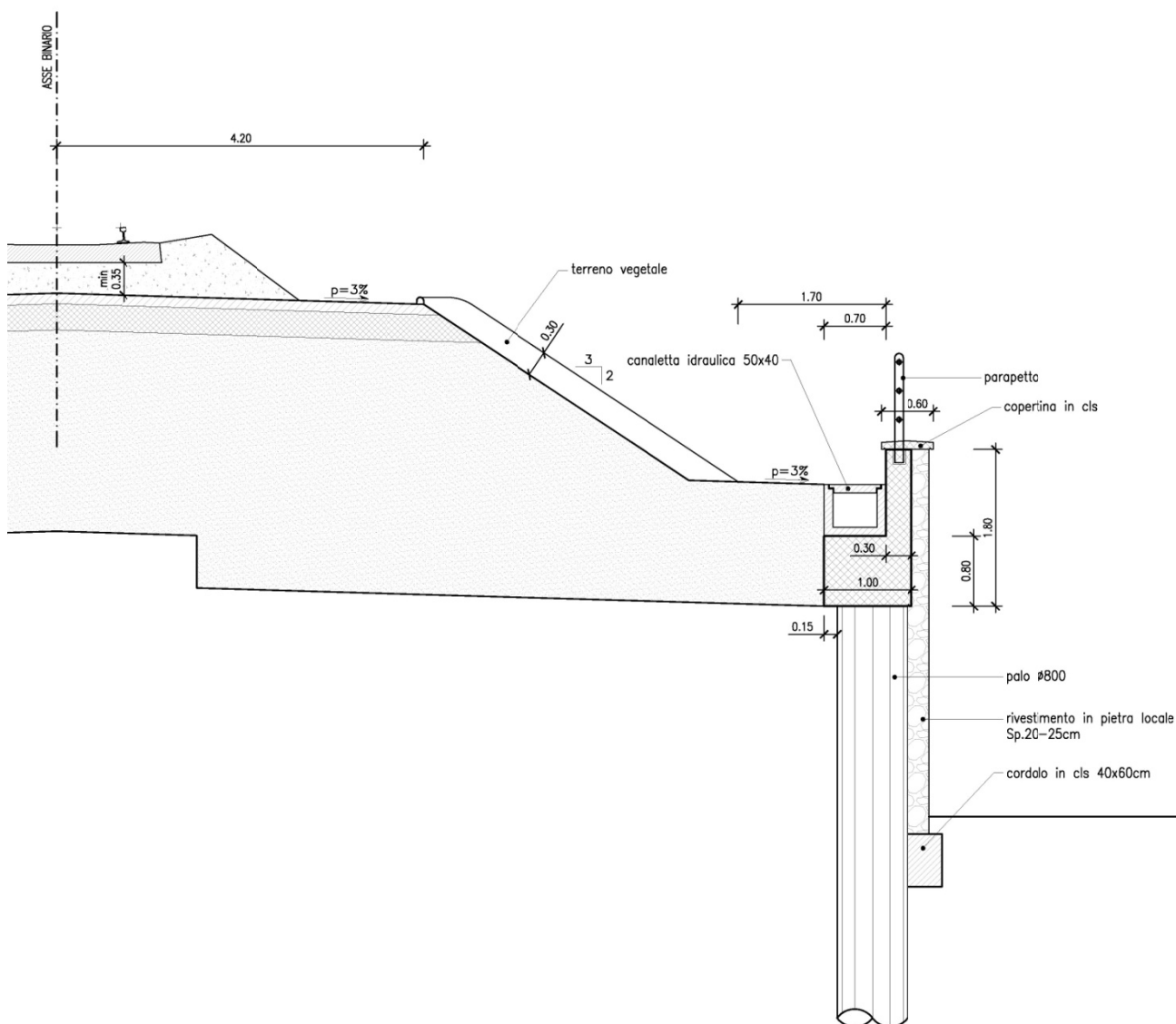
Si possono distinguere per cui due diverse situazioni:

- rilevati realizzati con materiale arido idoneo appartenente ai gruppi A1, A2 e A 3. Parte del materiale scavato è riutilizzabile tal quale, mentre parte dovrà essere sottoposto ad interventi di vagliatura, frantumazione (per il ballast ed il materiale lapideo dei gabbioni) e miscelazione.
- rilevati realizzati con material argilloso trattato a calce (lavorazione da eseguire in una precisa area individuata nel progetto della cantierizzazione e nel rispetto delle procedure di legge rientrando nel trattamento dei rifiuti).

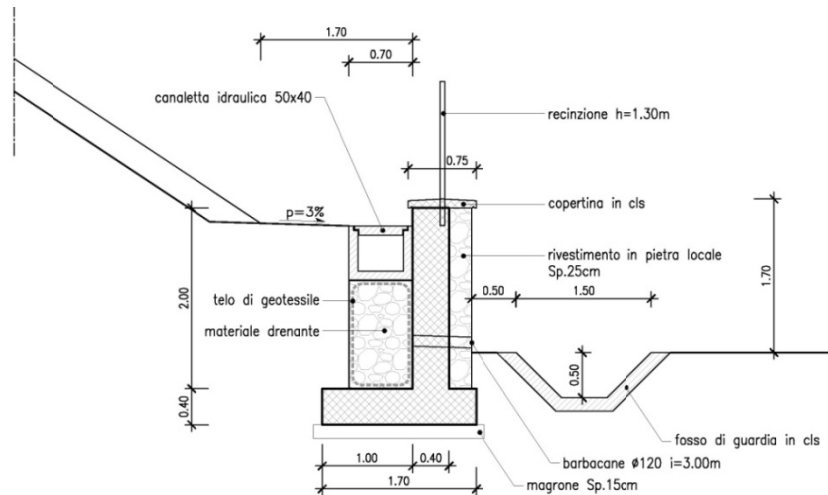


Nel rispetto del Manuale di progettazione, al piede dei rilevati, si realizzano i fossi di guardia e le strade di servizio. Qualora i maggiori spazi per l'inserimento della nuova sezione tipo non sono disponibili per preesistenze (zone edificate o viabilità), si opta per il contenimento del rilevato mediante opere d'arte che, tipicamente e per velocità di cantiere, sono costituite da paratie di pali di medio diametro. Al fine di limitare l'impatto delle opere se ne prevede il rivestimento con muratura di pietra locale.

La scelta di utilizzare paratie piuttosto che muri di sostegno a mensola è legata alla volontà di ridurre gli scavi, che avrebbero un impatto negativo sulle limitrofe viabilità e pertinenze private.



In corrispondenza dei ponti a fondo valle, al fine di proteggere il piede del nuovo rilevato da eventuali ondate di piena e ristagni di acqua, si realizzano dei muri di sottoscampa di altezza massima due metri ed idonea lunghezza. Anche in questo caso il paramento viene rivestito con muratura di pietra locale.



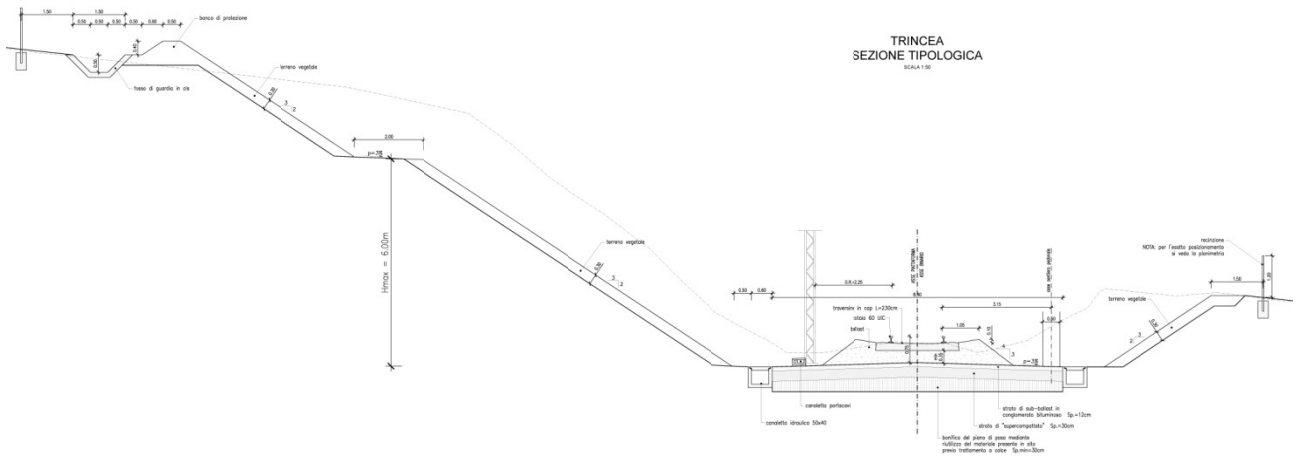
6.2 Sezioni in trincea

L'analisi dello stato di degrado ha evidenziato diffusi fenomeni di franamenti di materiale dalle scarpate laterali dati dall'instabilità generale del terreno, dalle elevate pendenze dello scavo in origine, nonché dalla ormai inesistente regimentazione delle acque a monte delle scarpate.

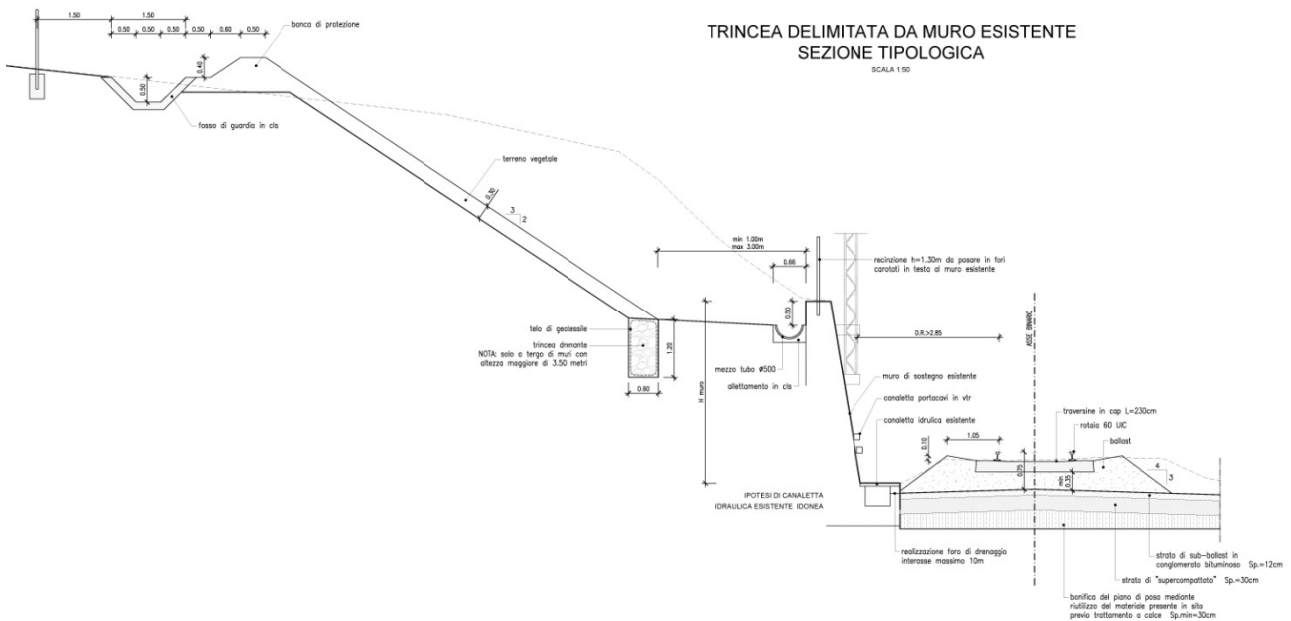
La presenza a ridosso delle scarpate di terreno agricolo coltivato contribuisce sensibilmente allo stato di degrado in quanto i coltivi, in assenza di idonee misure di delimitazione, giungono fino al ciglio della scarpata, intaccandone la stabilità.

Questi presupposti hanno indirizzato la progettazione dell'adeguamento delle trincee al rispetto dei seguenti criteri di base:

- riprofilare le scarpate con minore pendenza, tale da risultare stabile per sua natura;
- proteggere le scarpate con idoneo strato vegetale adeguatamente inerbito e piantumato;
- ricostruire il sistema di regimentazione idraulica a monte delle trincee (fossi rivestiti);
- realizzate, tra fosso e ciglio scarpata, una banca di protezione in terra di altezza circa 40 centimetri in grado di sopperire momentaneamente ad eventuali intasamenti dei fossi;
- installare idonee misure di delimitazione della sede ferroviaria (recinzioni).

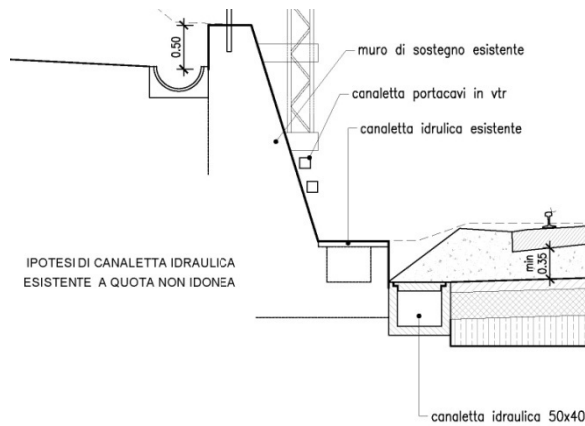


Lungo le trincee sono presenti numerose tratte delimitate da muri di sostegno, tipicamente di limitata altezza, in muratura di pietra squadrata che, nel complesso, presentano un buono stato di conservazione. Tutti i muri, in origine, erano caratterizzati da una canaletta idraulica in pietra a monte di cui nel tempo se ne è persa traccia in quanto quasi sempre sovrastata dai terreni che scivolano lungo le scarpate. Il progetto prevede la salvaguardia di quasi tutte le opere di sostegno; a monte verrà comunque riprofilata la scarpata "svuotando" il muro per almeno 50 cm e prevedendo una banca pianeggiante di larghezza almeno un metro. A ridosso della testa del muro si prevede inoltre la ricostruzione della canaletta idraulica.

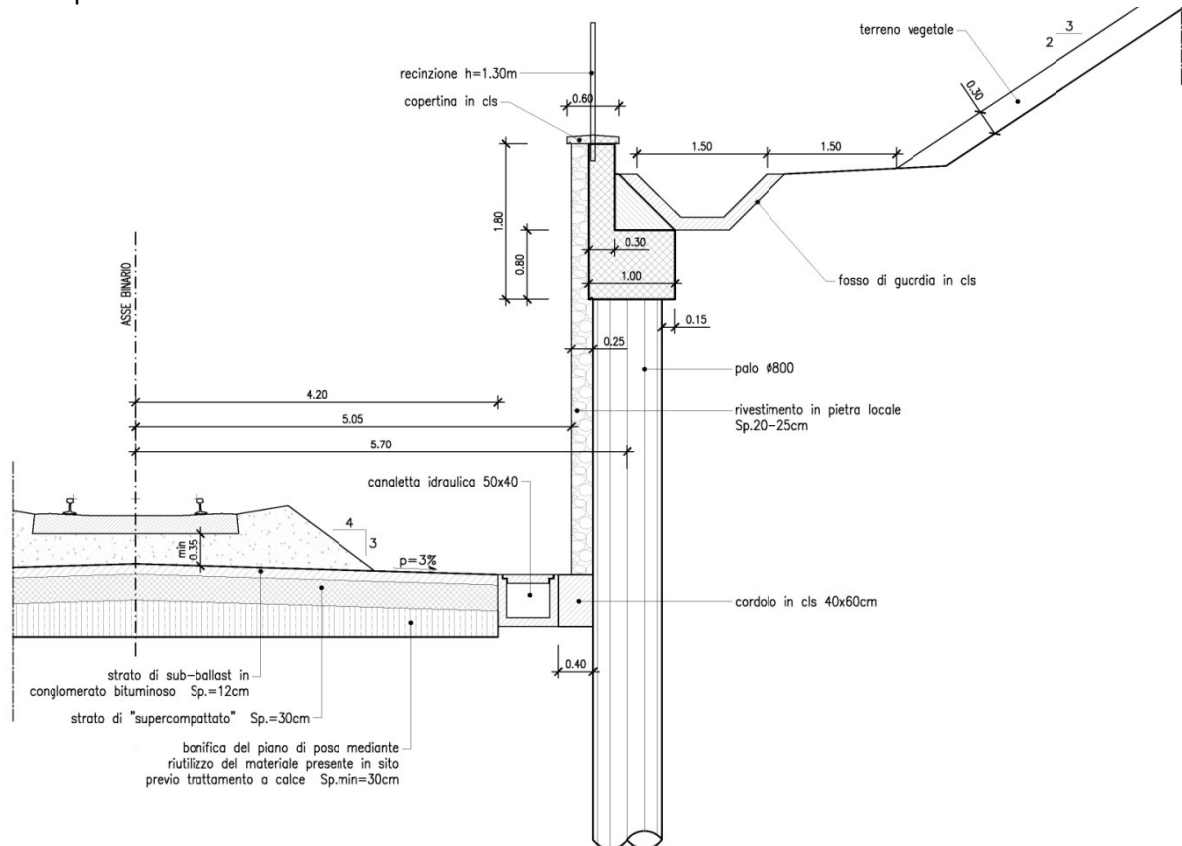


I muri esistenti sono inoltre caratterizzati dalla presenza, al piede, di una canaletta idraulica con pareti in muratura di pietra squadrata e dimensioni interne circa 40x50 cm. Nella quasi totalità dei casi indagati la canaletta si presenta in discrete condizioni di manutenzione, anche se spesso è invasa da terreno e vegetazione. Il progetto prevede, ove possibile, la pulizia ed il mantenimento della canaletta esistente; solo

qualora la quota di scorrimento risultasse troppo alta rispetto alla quota del nuovo sub-ballast si prevede l'inserimento di una nuova canaletta prefabbricata di fronte a quella esistente.

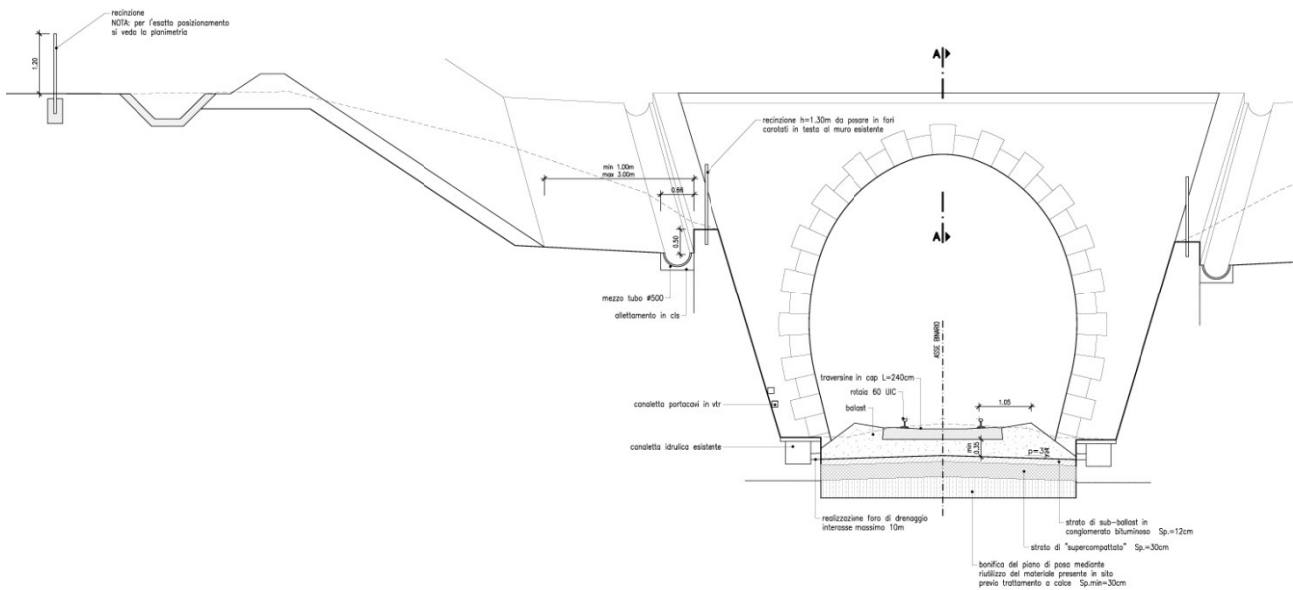


Così come per i rilevati, qualora i maggiori spazi per l'inserimento della nuova sezione tipo non sono disponibili per preesistenze (zone edificate o viabilità), si opta per il contenimento delle trincee mediante opere d'arte che, tipicamente e per velocità di cantiere, sono costituite da paratie di pali di medio diametro, allo scopo di ridurre gli eccessivi scavi che avrebbero un impatto negativo sulle limitrofe viabilità e pertinenze private.



6.3 Imbocchi gallerie

Le problematiche riscontrate agli imbocchi delle gallerie sono essenzialmente le stesse presenti in corrispondenza delle trincee. Conseguentemente anche la soluzione progettuale proposta è del tutto analoga a quella per la messa in sicurezza delle trincee esistenti tra muri. Si prevede per cui la riprofilatura del versante nell'intorno dell'imbocco con idonee pendenze, oltre che ad un abbassamento del terreno a tergo dei muri e la realizzazione di una banca. La testa della nuova scarpata sarà poi protetta da una banca e dal fosso di guardia rivestito.



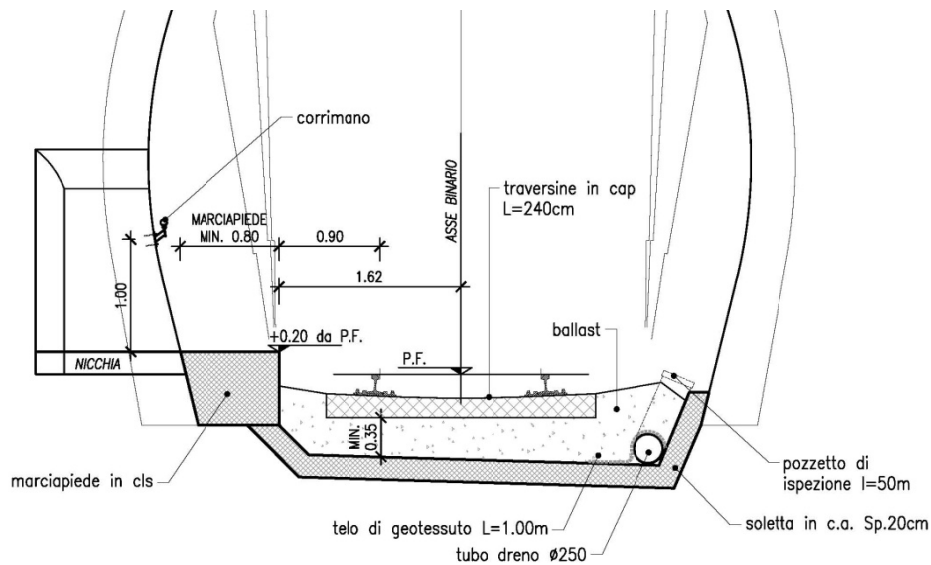
6.4 Opere d'arte

Lungo la linea sono presenti numerose opere d'arte:

- 11 gallerie
- 14 viadotti pluricampata
- 48 opere a singola campata con luce maggiore o uguale di 3 metri
- 70 tombini con luce minore di 3 metri

Gallerie

Le gallerie non presentano particolari condizioni di degrado. Il progetto prevede quindi solamente interventi a livello di armamento finalizzati al ripristino del sistema di smaltimento idraulico ed alla realizzazione di un idoneo camminamento laterale (correlato anche agli interventi per l'adeguamento alle STI). Al fine di evitare il degrado del piano di posa del binario e la nuova formazione di fangaloro si prevede la realizzazione di una soletta di fondo in cls che, oltre a rappresentare il piano di scorrimento delle eventuali acque di infiltrazione, costituisce un contrasto tra i piedritti in assenza di arco rovescio. Il camminamento, costituito da un marciapiede in cls, viene realizzato lato nicchie mentre, sul lato opposto, viene posato un tubo drenante microfessurato con idonei pozzetti di ispezione e pulizia.

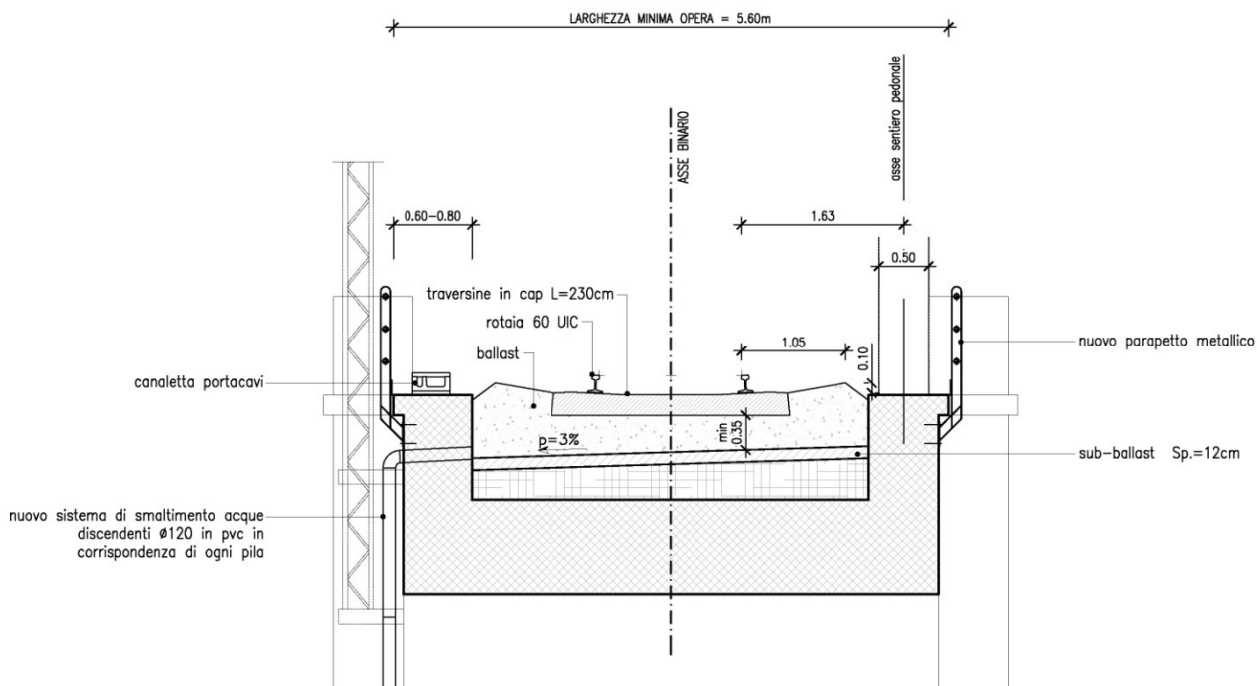


Viadotti pluricampate

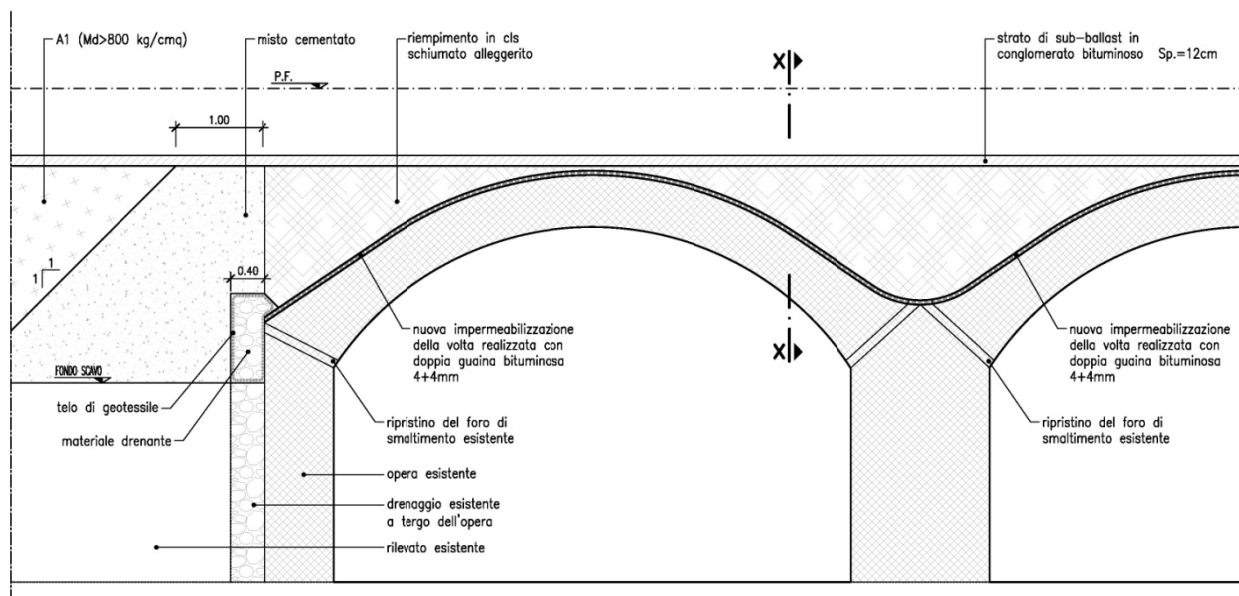
Come già detto i viadotti a più campate si presentano in buone condizioni manutentive. Il progetto di riapertura della linea prevede quindi, per queste opere, solamente interventi a livello di piattaforma ferroviaria rimandando ad altro appalto le eventuali verifiche di vulnerabilità sismica. In questa fase vengono forniti alla Committenza i rilievi geometrici delle opere ed un piano delle indagini.

I viadotti hanno una larghezza a quota piattaforma di circa 5.60 - 5.80 metri, ai due lati in sommità alle velette sono presenti delle lastre in pietra squadrata della larghezza di circa 60 - 70 cm. Gli attuali parapetti presentano invece evidenti problemi di sicurezza.

Il progetto prevede la sostituzione di tutti i parapetti con altrettanti nuovi installati ai lati delle velette, riuscendo così a recuperare dello spazio utile all'inserimento, da un lato del camminamento pedonale, dall'altro della canaletta portacavi.



Rimuovendo tutto l'armamento, si è ritenuto utile e conveniente ricostruire l'impermeabilizzazione dell'intera opera: si prevede per cui lo svuotamento di tutte le arcate, la pulizia della parte interna delle volte, la posa della nuova impermeabilizzazione ed il nuovo riempimento realizzato con calcestruzzo schiumato alleggerito (in questo modo, oltre a ridurre i pesi gravanti sulle arcate, si riducono anche le spinte sui timpani). Al di sopra si prevede infine la realizzazione di nuovo sub-ballast a cui verrà data unica pendenza.

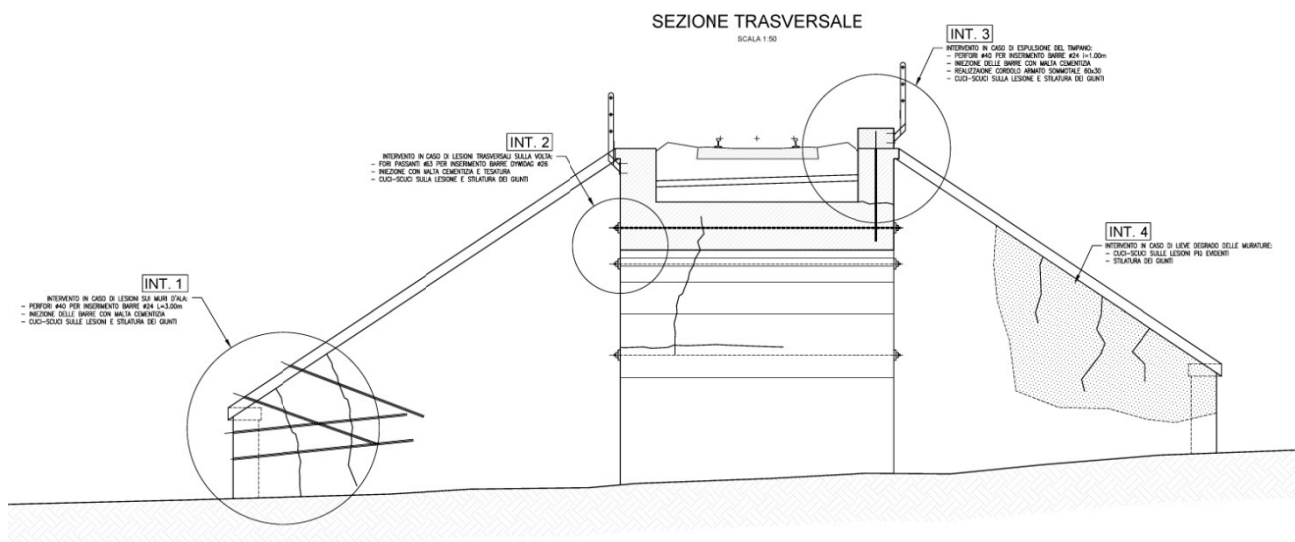


Opere a singola campata

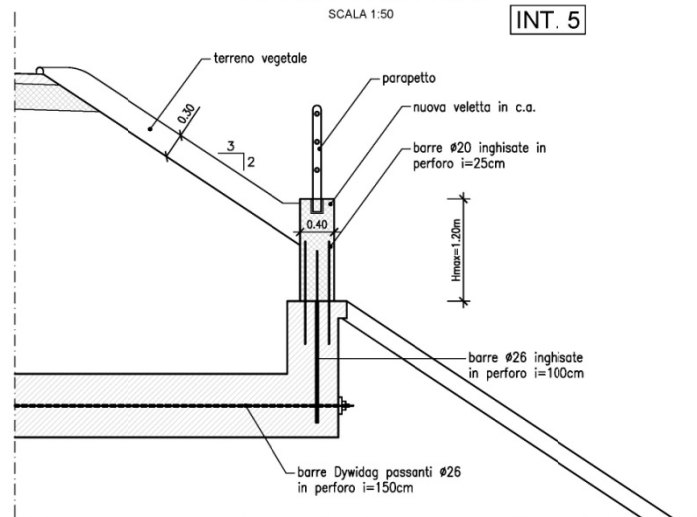
Anche per queste opere valgono le stesse considerazioni fatte per i viadotti a più campate. Gli interventi di rifacimento della piattaforma e di impermeabilizzazione sono del tutto analoghi a quelli già descritti in precedenza.

Alcune di queste opere presentano però situazioni puntuali di degrado in corrispondenza dei muri d'ala o dei timpani, oltre che ad alcune lesioni sulle murature. Sono state individuate una serie di tipologie di interventi, funzione della tipologia di degrado, da applicare a necessità:

- Int. 1 - lesioni sui muri d'ala: intervento di chiodatura mediante barre inserite in perfori iniettati con malta cementizia;
- Int. 2 - lesioni sulla volta: inserimento di barre dywidag passanti sul contorno delle arcate;
- Int. 3 - espulsione del timpano: chiodatura dello stesso alla volta sottostante mediante barre inserite in perfori iniettati con malta cementizia;
- Int. 4 - lievi situazioni di degrado delle murature: interventi di cuci-scuci e ristuccatura;
- Int. 5 - intervento di innalzamento della veletta con lo scopo di meglio contenere la nuova piattaforma ferroviaria.



INTERVENTO DI INNALZAMENTO DELLA VELETTA



Tombini

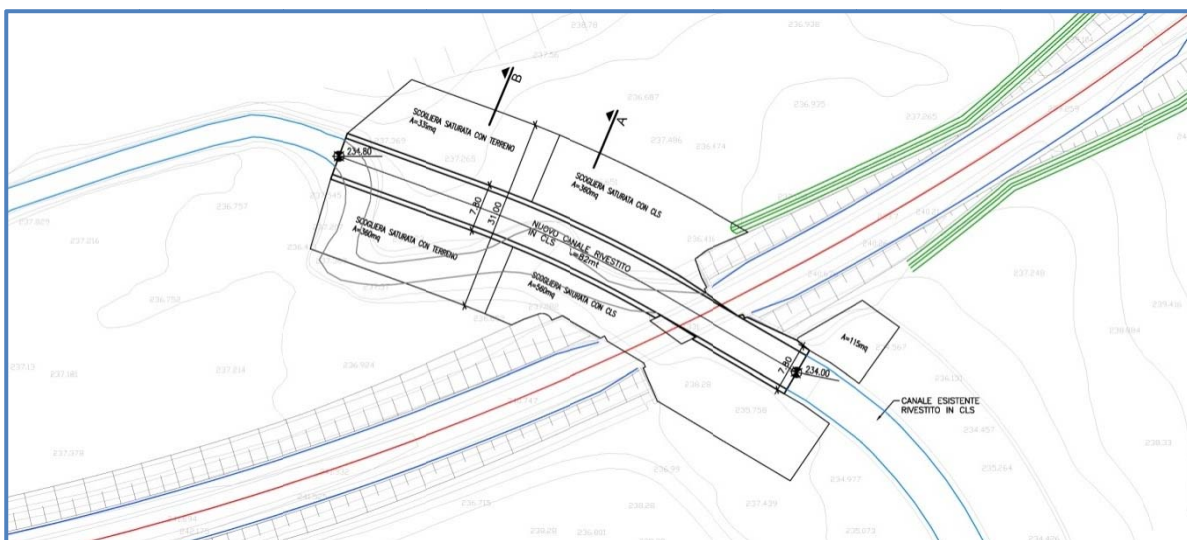
Lungo la tratta sono attualmente presenti circa 70 tombini, la maggior parte di luce un metro, i più grandi di luce 2,50 metri; tutti i tombini sono realizzati in muratura di pietra squadrata e copertura in calcestruzzo. Considerando che il progetto prevede l'adeguamento della piattaforma al manuale di progettazione e che, a seguito dell'intervento di ripristino dei rilevati, la maggior parte dei tombini vengono scoperti, si è optato per la demolizione e ricostruzione di tutti gli attraversamenti idraulici. Questo consente di evitare restringimenti della piattaforma in corrispondenza dei tombini (salvo prevedere complessi interventi di prolungamento degli esistenti), oltre che a migliorare la capacità di smaltimento idraulico, realizzando i nuovi tombini scatolari con dimensioni quanto maggiori possibili.

Viadotto al Km 87+168

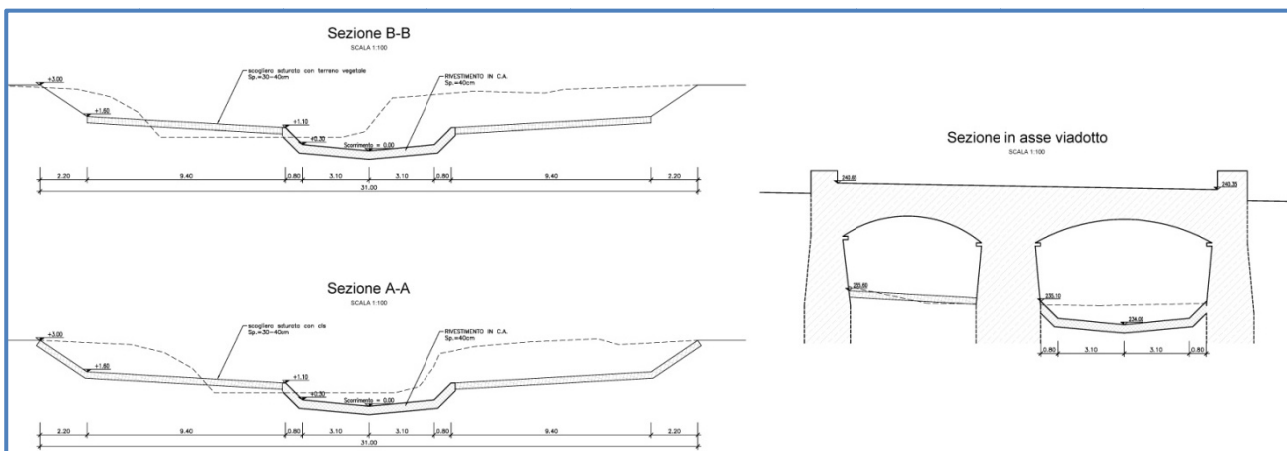
Al km 87+168 è presente un viadotto ad arco a due luci con spalle e pila centrale in muratura di blocchi di pietra squadrata ed arcate in c.a.

In occasione dei lavori di costruzione dell'autostrada A29 la parte di torrente a valle del viadotto è stato bonificato con realizzazione di un fondo alveo in calcestruzzo di larghezza 6,20 metri circa e due zone golenari laterali di larghezza 12 metri circa, questo intervento si interrompe a pochi metri dalla sede ferroviaria. Nel tempo in corrispondenza del fondo alveo rivestito, a seguito delle turbolenze di piena, si è creata una depressione che ha interessato anche le fondazioni del viadotto.

Il presente progetto, per risolvere la problematica ed evitarne il ripresentarsi nel tempo, prevede la prosecuzione dell'intervento realizzato a suo tempo per un tratto di circa 80 metri. Il fondo alveo di magra, per dare continuità a quello già realizzato, viene collocato sulla luce lato Alcamo.



Il fondo alveo è costituito da una soletta in cls di spessore almeno 40 cm armata con doppia rete elettrosaldata. Le aree golenari, che si attestano sul rilevato ferroviario, vengono invece rivestite con una scogliera saturata con cls proprio allo scopo di proteggere il rilevato ferroviario stesso.



6.4.1 Viadotto al Km 115+660

Nei pressi di Trapani, dove la ferrovia attraversa il canale di Xitta, è presente un viadotto in calcestruzzo armato, di 5 luci lunghe circa 15m, sostenuto da pile in calcestruzzo, in sostituzione dell'originale "viadotto obliquo a tre luci" presente sul profilo storico.

Le 4 pile non presentano alcun tipo di degrado mentre le travi e gli sbalzo sono caratterizzati da locali fenomeni di espulsione del copriferro, più diffusi sugli sbalzi.



Il presente progetto, al fine di salvaguardare la durabilità dell'opera, prevede ove necessario un intervento di ripristino del copriferro con le procedure di seguito descritte.

INTERVENTO DI RIPRISTINO

1. Asportazione del calcestruzzo incoerente mediante scalpellatura meccanica eseguita con demolitori leggeri.
2. Pulizia delle barre di armatura con energica spazzolatura o, se possibile, mediante sabbiatura.
3. Applicazione a pennello sulle barre di armatura di due mani di malta cementizia anticorrosiva bicomponente per la protezione dei ferri tipo MAPEFER o similare.
4. Pulizia e saturazione della superficie con acqua in pressione.
5. Ricostruzione del copriferro mediante malta a ritiro compensato fibrorinforzata tipo MAPEGROUT TISSOTROPICO o similare. Per ottenere 5 cm di copriferro prevedere l'applicazione in due mani di spessore massimo 30mm.
6. Rasatura finale con malta cementizia bicomponente ad alta resistenza tipo MAPEFINISH o similare.

 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- -_00_000_E0001	Relazione generale del progetto definitivo

7 Stazioni e Fermate

Attualmente, lungo la linea oggetti di riapertura, sono presenti le seguenti stazioni:

num.	PROGR	OPERA
1	73+227,16	Stazione di Alcamo Diramazione
2	81+360,53	Stazione di Calatafimi
3	87+476,70	Fermata di Segesta
4	90+687,92	Stazione di Bruca
5	95+147,18	Stazione di Ummari
6	102+278,88	Stazione di Fulgatore
7	106+858,83	Stazione di Erice - Napola
8	114+151,80	Stazione di Milo
9	120+345,00	Stazione di Trapani

Il progetto prevede il mantenimento della sola Stazione di Calatafimi e della fermata di Segesta, oltre che, chiaramente le stazioni di Alcamo Diramazione e Trapani.

Le altre località, ad eccezione di Fulgatore e Milo, vengono convertite in piena linea.

Fulgatore e Milo verranno convertite in posti di servizio con due binari (uno di corsa e uno di precedenza) e con itinerari in deviate a 60 km/h.


7.1 Stazione di Calatafimi

Attualmente sono presenti un binario di corsa (Il binario) e sei binari secondari (precedenza e fascio). In accordo alle nuove esigenze funzionali sviluppate sui possibili modelli di esercizio previsti da Direzione Commerciale Esercizio Rete – Direttrice Tirrenica Sud (nota RFI-DCE-DTS\A0011\2015 del 4/12/2015) la nuova stazione di Calatafimi prevede la presenza di due soli binari con itinerari in deviate a 60 Km/h e con tronchini di indipendenza sul binario di incrocio.

I lavori di armamento previsti sono:

- demolizione di tutti i binari secondari attualmente presenti e di tutti i deviatoi presenti (armamento 50 e traverse in legno);
- costruzione a nuovo dell'attuale binario di corsa;
- costruzione del nuovo binario di precedenza parallelo al binario di corsa ad interasse pari ad $i = 4$ m;
- inserimento tra i due binari a monte e a valle di comunicazione standard ad interasse composte da deviatoi S60/400/0,074;

La nuova stazione sarà invece costituita da due marciapiedi di lunghezza utile 150 metri ed altezza +55 cm da piano ferro. A servizio dei due nuovi marciapiedi viene realizzato un nuovo sottovia pedonale dotato di rampe scale ed ascensore. Il corpo scale e parte delle banchine vengono coperte da una nuova pensilina metallica. Completano il progetto le dotazioni impiantistiche e l'ideale segnaletica per diversamente abili.

 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- -_00_000_E0001	Relazione generale del progetto definitivo

7.2 Fermata di Segesta

È prevista la demolizione dell'armamento esistente e la costruzione del binario costituente il binario di corsa. La banchina sarà alzata (+55), portata d una lunghezza utile di 150 metri ed adeguata al tratto in curva presente lungo essa. Completano il progetto le dotazioni impiantistiche e l'idonea segnaletica per diversamente abili.

7.3 Stazione di Trapani

Nell'ambito della Stazione di Trapani sono previsti interventi di rinnovamento dell'armamento. L'attuale stazione presenta sette binari e un'asta di manovra che porta ai binari di lavaggio e rifornimento carburante.

Il piano del ferro è stato riprogettato in modo da ottenere itinerari in deviata a 60 km/h come previsto dalla nota RFI-DCE-DTS\A0011\2015 del 4/12/2015 e con velocità di linea per i binari di corsa per la linea Alcamo Dir.ne – Trapani via Milo e via Castelvetro.

Gli interventi del piano del ferro prevedono un rightsizing come di seguito descritto:

- demolizioni di tutti i binari e di tutti i deviatoi;
- il I binario risulterà essere di corsa per la via Milo, mentre il II per via Castelvetro (entrambi percorribili alla velocità di linea), il III binario risulterà di precedenza per entrambe le linee;
- variazione degli assetti geometrici degli attuali binari I, II e III per ottimizzare l'attuale posizionamento dei marciapiedi;
- comunicazioni tra i binari di corsa percorribili a 60 km/h mediante comunicazioni tra scambi 60/400/0,074.

Il progetto di rifacimento delle banchine prevede la demolizione degli attuali elementi di bordo con successiva posa di nuovi elementi prefabbricati. Risulta necessario estendere poi le demolizioni a parte della pavimentazione esistente al fine di inserire le polifore ed i relativi pozzetti.

La nuova pavimentazione, in linea con gli ultimi manuali, sarà in gres porcellanato, mentre i percorsi guida e la striscia gialla saranno in piastrelle di quarzo-cemento.

La banchina di servizio degli attuali binari 3 e 4, in virtù della soppressione del binario 4, viene allargata a circa 5 metri utili, previa realizzazione di un nuovo muro di delimitazione della stessa con funzione anche di parapetto.

Sulle pensiline è già presente un impianto di illuminazione, lungo i nuovi tratti di banchina verranno posti in opera nuovi pali di illuminazione della banchina da collegare all'impianto esistente.

In ottemperanza del D.P.R. n. 503 del 24/07/1996 "Regolamento recante norme per l'eliminazione delle barriere architettoniche negli edifici, spazi e servizi pubblici", il progetto di adeguamento della Stazione di Trapani prevede l'istallazione di segnali e percorsi tattili integrati che garantiscano ai disabili visivi un'agevole accessibilità e fruizione di tutte le aree aperte al pubblico.

I Percorsi tattili per disabili visivi sono stati progettati in base alle Linee guida RFI più aggiornate:

- RFI DPR DAMCG LG SVI 010 C emesse nel gennaio 2016 - "Percorsi tattili per disabili visivi nelle stazioni ferroviarie – Elementi per la progettazione (aggiornamento)",

 <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 - -_00_000_E0001</p>	<p>Relazione generale del progetto definitivo</p>

- RFI DPR DAMCG LG SVI 009 B emesse nel dicembre 2015 - "Accessibilità nelle stazioni a persone con disabilità e ridotta mobilità – Elementi per la progettazione".

Il sistema di codici tattili utilizzato è quello denominato "Loges-Vet-Evolution (LVE)", condiviso dalle Associazioni di disabili visivi, che consente alle persone con disabilità visive di muoversi in totale autonomia e sicurezza. L'aspetto più innovativo rispetto al sistema Loges tradizionale, sta nell'attitudine di LVE a fornire, oltre alle indicazioni tattili, anche informazioni vocali mediante la predisposizione di sensori TAG-RFG posti al di sotto delle piastre tattili, percepiti attraverso il contatto con la punta del bastone elettronico (che funge da antenna) il quale, a sua volta, comunica via bluetooth col cellulare del disabile visivo.

Il progetto della Segnaletica a messaggio fisso della nuova Stazione di Trapani è stato redatto sulla base delle normative di settore più aggiornate e nel rispetto delle Linee Guida RFI per la progettazione.

- "Sistema segnaletico, revisione 2013 – Istruzioni per la progettazione e la realizzazione della segnaletica a messaggio fisso nelle stazioni ferroviarie" e s.m.i. del 18/12/2013
- "Linee guida: Progettazione di piccole stazioni e fermate, dimensionamento e dotazione degli elementi funzionali", RFI DPR DAMCG LG SVI 007 B del 28/07/2014

Le tipologie adottate per la segnaletica a messaggio fisso sono quelle previste dal sopracitato Manuale di progettazione, classificabili nelle seguenti tipologie:

- segnaletica di direzione,
- segnaletica di identificazione,
- segnaletica di informazione (bacheche con orari ferroviari ed informazioni varie),
- segnaletica di sicurezza e divieto.

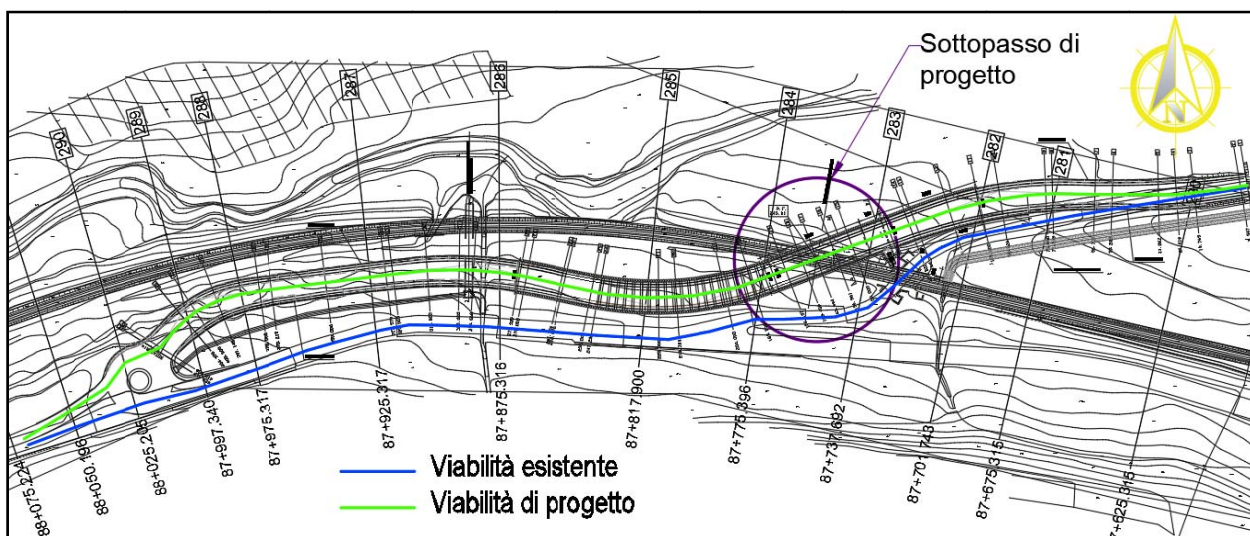
Lungo le banchine sono previsti arredi a servizio dei viaggiatori, in ottemperanza con le seguenti normative:

- Linee Guida RFI DPR TES LG IFS 003 B - "Arredi di stazione - 1^ parte, indicazioni tecnico-funzionali per l'uniformità tipologica" del 23/12/2012,
- Linee Guida RFI DPR TES LG IFS 005 A - "Arredi di stazione - 2^ parte, indicazioni tecnico-funzionali per l'uniformità tipologica di elementi modulari di protezione per l'attesa dei viaggiatori" del 30/05/2011,
- STI PMR (Specifica Tecnica di Interoperabilità concernente le "Persone a mobilità ridotta", Unione Europea, 21/12/2007),
- Regolamento (UE) n. 1300/2014 della Commissione del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per l'accessibilità del sistema ferroviario dell'Unione per le persone con disabilità e le persone a mobilità ridotta.

8 Opere complementari

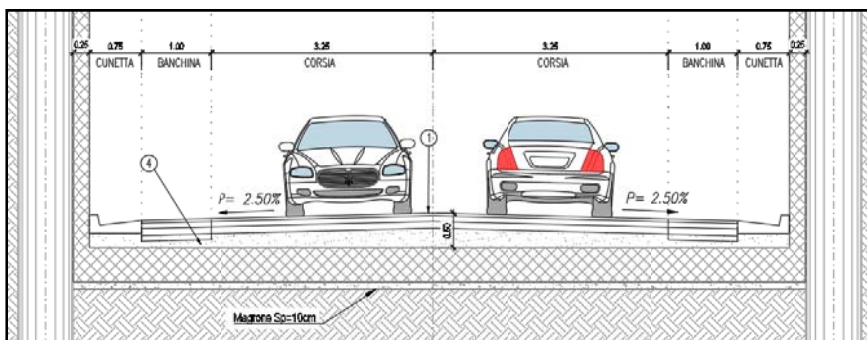
8.1 Nuovo sottovia di Segesta


Nell'ambito del presente progetto è prevista la soppressione del PL esistente alla pk87+723, subito dopo la fermata di Segesta. Quest'ultimo viene sostituito da una nuova viabilità in variante alla SP68 esistente che al momento attraversa a raso la linea ferroviaria. Per eliminare l'interferenza a raso della SP68 con la linea ferroviaria è stata prevista la realizzazione di un sottovia di fianco alla viabilità esistente.



Considerato che la strada esistente è costituita da una carreggiata di larghezza totale di circa 4,00m, quindi, con caratteristiche, sia di velocità di progetto che geometriche, non assimilabile a nessuna categoria riportata nel D.M.5.11.2001 n° 6792 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade"; essendo la lunghezza del tratto di intervento molto modesta (420m); visto l'inserimento sulla SP68 di uno svincolo a raso con rotatoria (percorribile a velocità minori o uguali di 30km/h); essendo il percorso vincolato dal passaggio al di sotto della sede ferroviaria in spazi modesti, è stata adottata una velocità di percorrenza della strada di 30km/h ed una sezione tipologica con la seguente geometria:

- n° 2 corsie (una per ogni senso di marcia) $bc = 3,25\text{ m}$
- n° 2 banchine laterali $bb = 1,00\text{ m}$




 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- -_00_000_E0001	Relazione generale del progetto definitivo

Una sezione tipologica come quella sopra è assimilabile ad una Strada Extraurbana Cat. C (come previsto dal D.M.5.11.2001 n° 6792). Non si prevedono marciapiedi, dato il contesto extraurbano in cui la strada è inserita.

La sovrastruttura stradale risulta così costituita:

- Strato di usura (s = 4 cm) in conglomerato bituminoso chiuso;
- Strato di collegamento (s = 4 cm) in conglomerato bituminoso semiaperto;
- Strato di base (s = 10 cm) in conglomerato bituminoso aperto;
- Strato di fondazione (s = 25 cm) in misto non legato di sabbia, ghiaia e pietrisco.

Lo studio dell'andamento altimetrico è stato fortemente condizionato dai vincoli al contorno, in particolar modo dall'innesto obbligato alla quota del ponticello esistente in corrispondenza dell'inizio del nuovo tracciato, dalla presenza della sede ferroviaria da attraversare senza interferenza e, quindi, l'innesto sulla SP68 lato Trapani.

 <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- -_00_000_E0001</p>	<p>Relazione generale del progetto definitivo</p>

8.2 Adeguamento STI delle gallerie

Nell'ambito del progetto definitivo per il ripristino della linea Palermo - Trapani via Milo è compreso l'adeguamento alle vigenti norme Nazionali e Comunitarie in materia di "sicurezza nelle gallerie ferroviarie".

Su suggerimento della Committenza si è fatto riferimento alla decisione della Commissione Europea in merito all'applicabilità o meno delle STI SRT di cui al Regolamento (EU) n.1303/2014 alle gallerie esistenti, che su specifico quesito sulla richiesta di deroga di alcuni requisiti della STI SRT di cui al Regolamento (EU) n.1303/2014 ha risposto, in data 25/09/2017 con nota che si riporta di seguito, che: *".....Riguardo ai progetti di rinnovo e di ristrutturazione di tunnel già esistenti, la derogazione non è necessaria se sono soddisfatte le condizioni definite alla sezione 7.2 dell'Allegato alla Decisione 2008/163/CE...."*.

In sintesi, le norme da prendere a riferimento nel caso specifico sono:


- la Decisione 2008/163/CE limitata al punto 7.2;
- il Decreto 28 ottobre 2005 - Sicurezza nelle gallerie ferroviarie.

Per le 6 gallerie di lunghezza inferiore a 500 metri si prevede quindi la realizzazione del camminamento e l'istallazione di idonea segnaletica di sicurezza.

Per la galleria Canalotto (lunghezza 691 metri), oltre alle dotazioni indicate in precedenza, si prevede l'istallazione del corrimano e di idonea illuminazione di emergenza. Si precisa che il progetto del sistema GSM-R non è ricompro nel presente contratto, ma verrà sviluppato internamente dalla Committenza stessa.

La galleria Monte Barbaro, con la sua lunghezza di 1624 metri, necessita di interventi anche in corrispondenza degli imbocchi, con realizzazione di piazzali di emergenza ove trovano alloggiamento i necessari fabbricati tecnologici.

Per il dettaglio del progetto di adeguamento a STI si rimanda agli specifici elaborati e relazioni.

 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
304817_S01_PD_TG- -_00_000_E0001	Progettazione definitiva delle opere civili ed armamento per il ripristino della linea Palermo - Trapani via Milo
Relazione generale del progetto definitivo	

9 Lavori di armamento

L'intervento previsto all'armamento per il binario in linea è di costruzione a nuovo a seguito di attività di sistemazione del corpo stradale e, conseguentemente della demolizione dell'armamento esistente.

Altimetricamente si raggiunge una pendenza massima pari a $p = 21,85 \%$ e tra le livellette sono previsti raccordi altimetrici circolari di raggio compreso tra $R_{v,min} = 3500 \text{ m}$ e $R_{v,max} = 35000 \text{ m}$.

La velocità max di tracciato prevista è pari a 100 km/h per i treni che effettuano il solo servizio viaggiatori, non si prevede il passaggio di altre tipologie di treni, ad esclusione dei mezzi necessari per la manutenzione della linea.

Il tracciato è stato verificato con riferimento alla Norma RFI: RFI TCAR IT AR 01 001 A - Norme Tecniche per la Progettazione dei Tracciati Ferroviari.

L'armamento sarà realizzato con rotaie non forate alle estremità del tipo 60 E1 (ex 60 UNI), di acciaio qualità R260. I binari saranno armati su traverse monoblocco in c.a.p. tipo RFI-240, posate su massiciata di pietrisco granitico o basaltico. Le rotaie saranno saldate in lunga rotaia saldata (l.r.s.) senza regolazione delle tensioni interne per il tratto che si sviluppa in galleria (temperatura oscillante tra 10 e 25 °C).

La distanza assiale degli appoggi del binario (modulo) sarà di cm 60 ed il ballast avrà uno spessore minimo di 50 cm sotto il piano inferiore della traversa (35 cm sottotraversa). Lo scartamento in rettilineo e nelle curve di raggio sarà di $s = 1435 \text{ mm}$, essendo sempre le curve di raggio $R > 275 \text{ m}$. Il raccordo tra lo scartamento in retta e quello in curva sarà realizzato lungo il raccordo parabolico con variazione lineare. Per la movimentazione in Stazione si adopereranno Scambi Semplici S. 60E1/400/0.074 dx e sx S. 60E1/170/0,12 dx e sx.

Per il sostegno del binario è previsto l'utilizzo di pietrisco proveniente dalla frantumazione di pietra viva estratta da strati di roccia idonea di natura granitica, basaltica o diabasica con elevato coefficiente di attrito di pezzatura compresa tra 31,5 e 50 mm. Il coefficiente di abrasione risultante dalle prove Los Angeles (LARB) dovrà essere non maggiore del 16% (Pietrisco di 1° Categoria).

9.1 Stazione di Calatafimi


Attualmente sono presenti un binario di corsa (Il binario) e sei binari secondari (precedenza e fascio). In accordo alle nuove esigenze funzionali sviluppate sui possibili modelli di esercizio previsti da Direzione Commerciale Esercizio Rete – Direttrice Tirrenica Sud (nota RFI-DCE-DTS\A0011\2015 del 4/12/2015) la nuova stazione di Calatafimi prevede la presenza di due soli binari con itinerari in deviata a 60 Km/h e con tronchini di indipendenza sul binario di incrocio.

I lavori di armamento previsti sono:

- demolizione di tutti i binari secondari attualmente presenti e di tutti i deviatoi presenti (armamento 50 e traverse in legno);
- costruzione a nuovo dell'attuale binario di corsa;
- costruzione del nuovo binario di precedenza parallelo al binario di corsa ad interasse $i = 4 \text{ m}$;
- inserimento tra i due binari a monte e a valle di comunicazione standard ad interasse composte da deviatoi S60/400/0,074;

9.2 Fermata Segesta

È prevista la demolizione dell'armamento esistente e la costruzione del binario costituente il binario di corsa. La banchina sarà alzata (+55) ed adeguata al tratto in curva presente lungo essa.

 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- -_00_000_E0001	Relazione generale del progetto definitivo

9.3 Località Bruca

L'attuale stazione di Bruca presenta un binario di corsa, uno di precedenza e due tronchini. Tale località di servizio diventerà un posto di servizio con due binari (uno di corsa e uno di precedenza) e con itinerari in deviata a 60 km/h.

In virtù di ciò sono previsti i seguenti interventi:

- demolizione degli attuali binari secondari presenti e di tutti i deviatoi presenti;
- costruzione a nuovo dell'attuale binario di corsa;
- costruzione del nuovo binario di precedenza con interasse $i = 4$ m, parallelo al binario di corsa;
- inserimento a monte ed a valle di comunicazione standard interasse m 4.00 S60/400/0,074.

9.4 Località Fulgatore

L'attuale stazione di Fulgatore presenta un binario di corsa e tre binari secondari. Tale località di servizio diventerà un posto di servizio con due binari (uno di corsa e uno di precedenza) e con itinerari in deviata a 60 km/h, inoltre è stato inserito un tronchino per il ricovero dei mezzi d'opera.

In virtù di ciò sono previsti i seguenti interventi:

- demolizione degli attuali binari secondari presenti e di tutti i deviatoi presenti;
- costruzione a nuovo dell'attuale binario di corsa;
- costruzione del nuovo binario di precedenza con interasse $i = 4,00$ m, parallelo al binario di corsa;
- inserimento a monte ed a valle di comunicazione standard interasse $i = 4,00$ m S60/400/0,074.
- costruzione del nuovo tronchino ad interasse $i = 4,00$ m ed inserimento di un deviatoio S60/170/0,12

9.5 Località Milo

L'attuale stazione di Milo presenta un binario di corsa e tre binari secondari. Tale località di servizio diventerà piena linea.

In virtù di ciò sono previsti i seguenti interventi:

- demolizione degli attuali binari secondari presenti e di tutti i deviatoi presenti;
- costruzione a nuovo dell'attuale binario di corsa;

9.6 Stazione di Trapani

L'attuale stazione presenta sette binari e un'asta di manovra che porta ai binari di lavaggio e rifornimento carburante.

Il piano del ferro è stato riprogettato in modo da ottenere itinerari in deviata a 60 km/h come previsto dalla nota RFI-DCE-DTS\A0011\2015 del 4/12/2015 e con velocità di linea per i binari di corsa per la linea Alcamo Dir.ne – Trapani via Milo e via Castelvetrano.

Gli interventi del piano del ferro prevedono un rightsizing come di seguito descritto:

- demolizioni di tutti i binari e di tutti i deviatoi;
- il I binario risulterà essere di corsa per la via Milo, mentre il II per via Castelvetrano (entrambi percorribili alla velocità di linea), il III binario risulterà di precedenza per entrambe le linee;
- variazione degli assetti geometrici degli attuali binari I, II e III per ottimizzare l'attuale posizionamento dei marciapiedi;
- comunicazioni tra i binari di corsa percorribili a 60 km/h mediante comunicazioni tra scambi 60/400/0,074.

10 Interventi di inserimento paesaggistico ambientale

Gli interventi di mitigazione ambientale previsti per la tratta ferroviaria di progetto non saranno avulsi dal contesto territoriale, ne saranno senza soluzione di continuità con il paesaggio agrario circostante al fine di determinare un disegno del paesaggio che punti alla sua valorizzazione e alla sua salvaguardia.

Il sistema del verde così progettato garantirà quindi la continuità storico-paesaggistica del sistema progettato con l'esistente, valorizzando nel contempo le potenzialità biologiche ed ecosistemiche del sito di nuova progettazione.

L'insieme dei diversi sistemi verdi di progetto intende costituire un arricchimento in termini di biodiversità in relazione alla matrice agraria e alla rete ecologica del territorio.

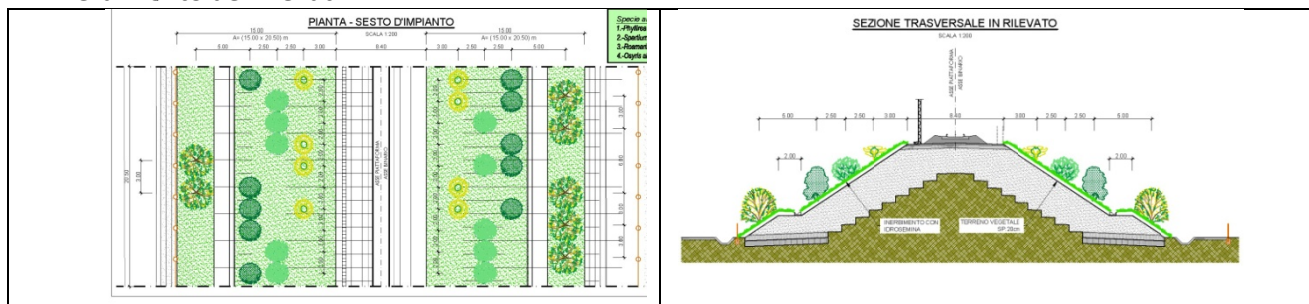
Le linee guida progettuali, riassunte graficamente negli elaborati grafici di progetto, su cui si è basata la progettazione definitiva, si possono riassumere sinteticamente nei punti seguenti:

- Appartenenza al gruppo delle specie autoctone dell'area di progetto
- Valore estetico e paesaggistico
- Aumento della biodiversità
- Funzione di filtro per il contenimento di polveri e rumori
- Bassa manutenzione
- Facilità di attecchimento
- Miglioramento ambientale
- Aumento della fertilità del terreno
- Funzione di recupero della stabilità dei terreni.

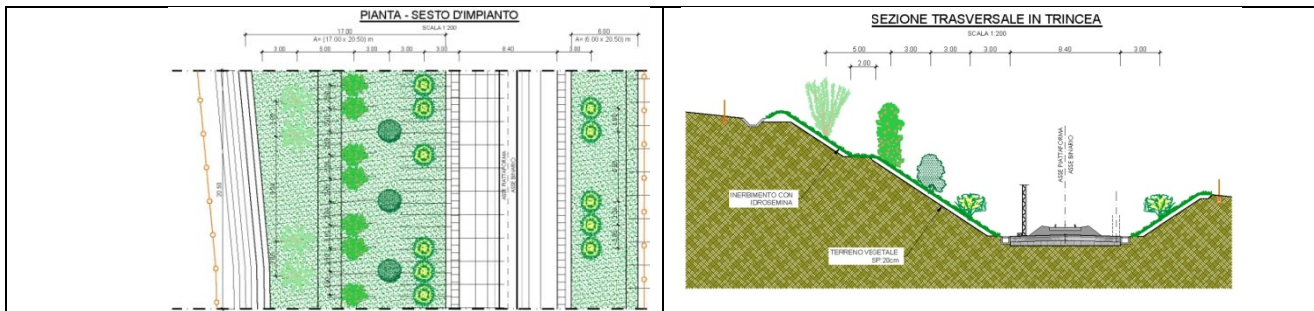
Nell'area di progetto è prevista la messa a dimora di arbusti autoctoni e di prati tramite varie tipologie di idrosemina con sementi appartenenti alle famiglie delle Graminacee e delle Leguminosae.

Nelle tabelle sottostanti vengono riportate le varie tipologie di vegetazione in relazione alle tipologie di intervento.

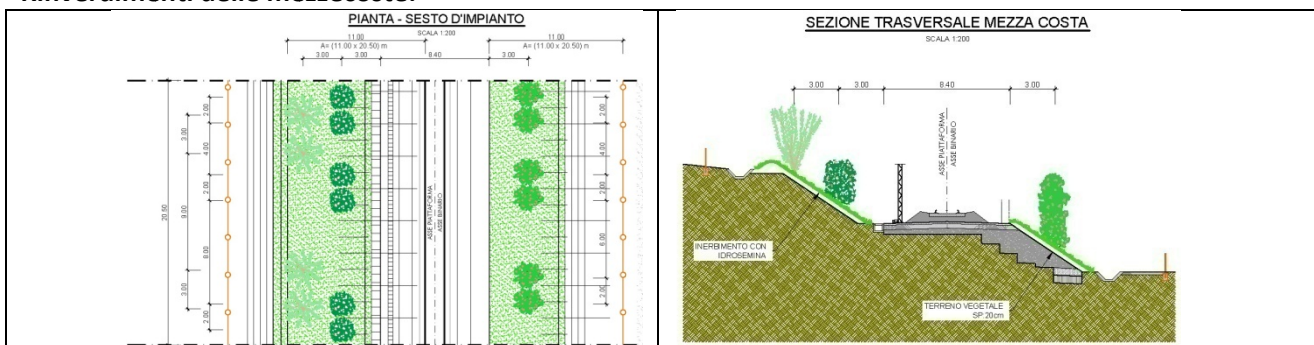
Rinverdimento dei rilevati:



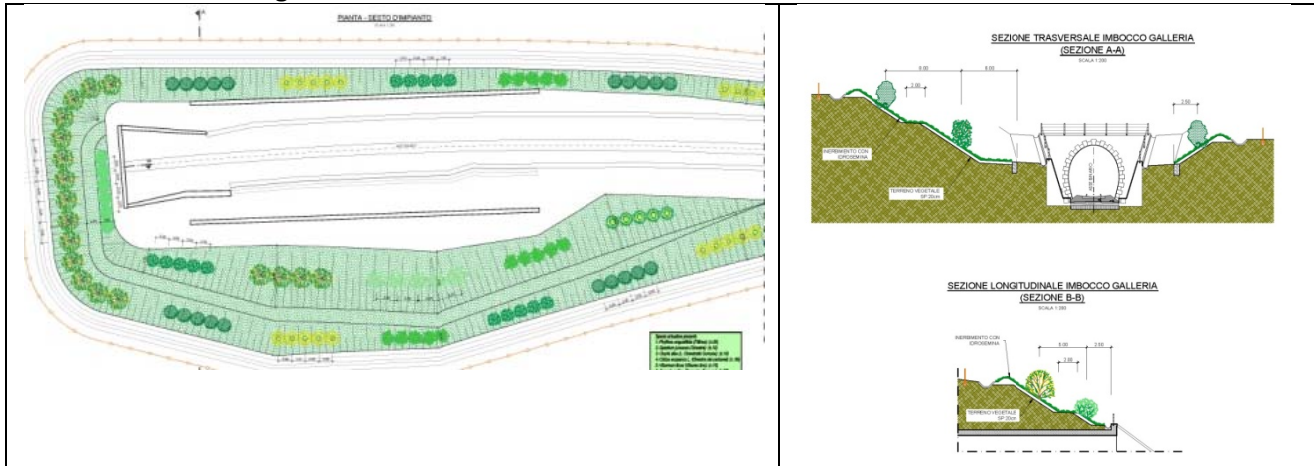
Rinverdimento delle trincee:



Rinverdimenti delle mezzecoste:



Rinverdimento delle gallerie:



11 Cantierizzazione e Cronoprogramma

Per la realizzazione dell'intera opera si prevede l'istallazione di un cantiere logistico base in zona baricentrica, in località Ummari alla progressiva Km. 95+147, e 7 cantieri operativi:

1. Km. 81+360 in prossimità della stazione di Calatafimi
2. Km. 88+024 in prossimità della stazione di Segesta
3. Km. 90+687 in prossimità della stazione di Bruca
4. Km. 95+147 in prossimità della stazione di Ummari
5. Km. 102+279 in prossimità della stazione di Fulgatore
6. Km. 106+858 in prossimità della stazione di Erice Napula
7. Km. 114+151 in prossimità della stazione di Milo

Le aree dei cantieri, per quanto possibile, insistono su proprietà ferroviarie, fanno eccezione il cantiere logistico di Ummari ed i cantieri per il sottopasso di Segesta.

Il campo base si sviluppa per una superficie di 20.000 mq e l'accesso allo stesso avviene dalla strada Statale n°.113 Via Domingo. Il campo logistico base è un vero e proprio villaggio dimensionato per circa 170 persone, atto ai servizi logistici ed assistenziali per le maestranze addette ai lavori, concepiti per essere indipendenti dalle strutture socio-economiche locali. All'interno di tali aree è prevista l'istallazione delle seguenti strutture e dei seguenti impianti:

- Locali uffici per la direzione del Cantiere e dei lavori;
- Locali mensa;
- Locali spogliatoi;
- Locali servizi e magazzini ;
- Locali infermeria e pronto soccorso ;
- Alloggi impiegati ed operai;
- Mensa con tutti i locali accessori;
- Parcheggi.



Le costruzioni sono di tipo prevalentemente prefabbricato e l'abitabilità interna degli ambienti deve garantire un buon grado di confort: principale obiettivo è il mantenimento di una temperatura costante all'interno delle strutture. Tutte le aree saranno completamente recintate e dotate di un cancello carrabile per l'ingresso/uscite dei mezzi; le aree esterne saranno pavimentate con asfalto in corrispondenza delle

 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 - -_00_000_E0001	Relazione generale del progetto definitivo

viabilità e dei parcheggi mentre il resto della superficie verrà sistemata con materiale arido ed uno strato di graniglia ben compattata e comunque impermeabile.

L'area, al termine delle operazioni di cantiere, sarà liberata completamente previo lo smontaggio delle dotazioni di cantiere, verranno demolite tutte le fondazioni e le infrastrutture comprese le pavimentazioni con conferimento dei materiali di risulta presso siti autorizzati allo smaltimento degli stessi e sarà riambientata la superficie dell'area mediante l'utilizzo del terreno vegetale precedentemente scoticato.

Per quanto riguarda le caratteristiche dei cantieri operativi si rimanda agli specifici elaborati di cantierizzazione.


Si fa presente che il quantitativo del materiale da muovere è di circa 1.297.000 mc e che circa 760.000 mc vengono riutilizzati, i restanti 537.000 mc saranno smaltiti presso discariche e centri autorizzati per il recupero dei rifiuti.

Considerato che i campi operativi hanno una capacità di stoccaggio di un quantitativo complessivo pari a 228.300 mc, il cantiere è stato concepito su più fronti operativi d'attuare contemporaneamente ed ogni fronte organizzato in più sub-fronti. Per ciascuno di essi verranno eseguite tutte le operazioni di scavo e di riprofilatura della piattaforma ferroviaria, al fine di stabilire una rotazione per il materiale da stoccare per essere lavorato e successivamente riutilizzato.

Per lo spostamento dei materiali inerti lungo la sede e per la movimentazione degli stessi tra i cantieri e le aree operative, sarà utilizzata la rete viaria immediatamente adiacente alla zona dei lavori, studiando eventuali interventi di miglioramento sulla viabilità pubblica che potranno essere concordati con gli Enti locali e ove possibile l'attuale sede ferroviaria come viabilità interna del cantiere.

La pista di cantiere lungo linea sarà preparata in modo tale da consentire il transito agevole di mezzi pesanti per il raggiungimento delle aree di lavoro, contenendo l'impatto ambientale nelle zone più densamente popolate e urbanizzate.

Il cronoprogramma dei lavori prevede un totale di 1096 giorni naturali e consecutivi. Il completamento dei lavori in questo tempo è fattibile prevedendo la contemporaneità di lavoro su almeno 4 tratte (considerando la linea divisa in 8 tratte separate dalle stazioni intermedie) con più fronti di lavoro ed una presenza media di circa 120-140 uomini, con picchi di 170.

 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- -_00_000_E0001	Relazione generale del progetto definitivo

12 Stima dei costi

L'importo complessivo dei lavori è stato stimato in circa 92 milioni, di cui circa 3,165 milioni di oneri per la sicurezza. A questo importo si sommano le forniture dei materiali a catalogo RFI pari a circa 6 milioni. Il costo totale dell'intervento (lavori + somme a disposizione) si attesta al di sotto dei 118 milioni di euro.