

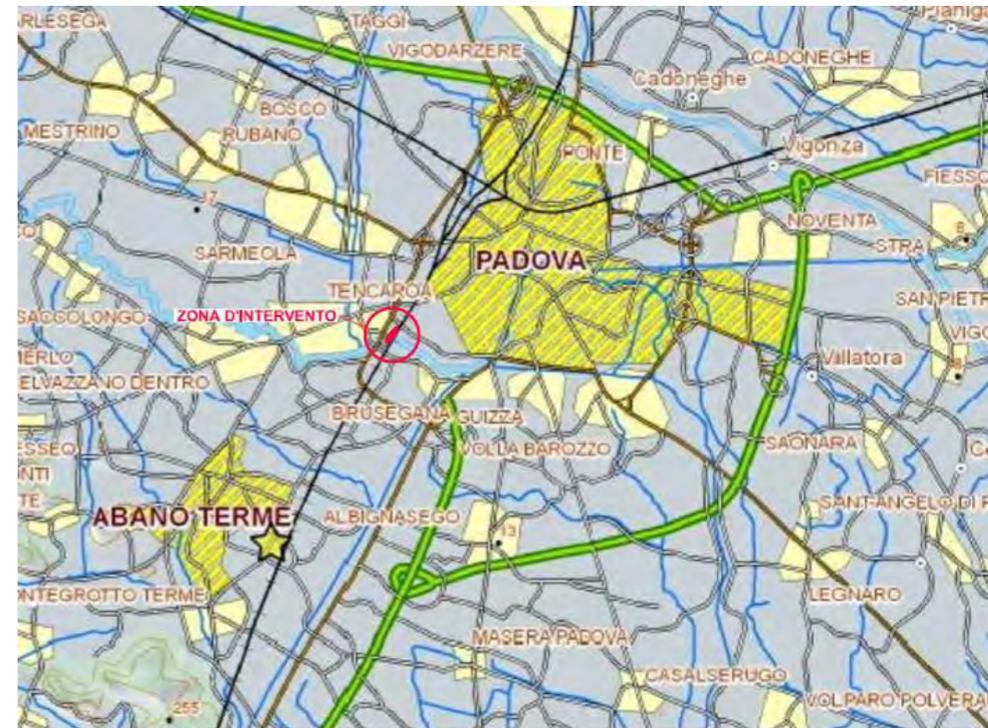
**INTERVENTI DI POTENZIAMENTO INFRASTRUTTURALE
DELLA LINEA BOLOGNA - PADOVA
SEMINARIO CIFI - 05 DICEMBRE 2016**

Aula N, via Marzolo
Università di Padova

*Linea Bologna - Padova – km 117+500/118+063
CONSOLIDAMENTO del RILEVATO con l'utilizzo di TERRE RINFORZATE*

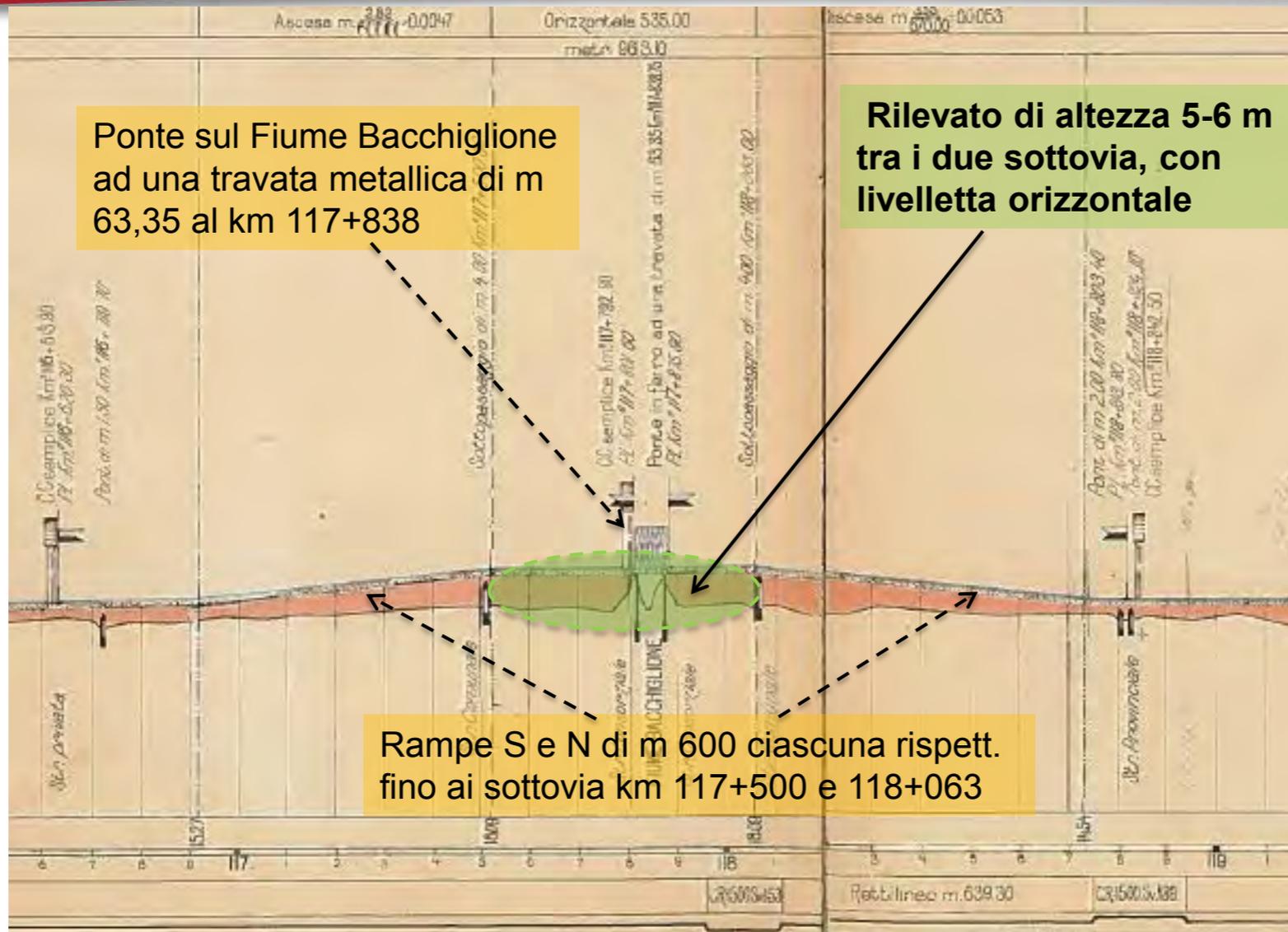
Dott. Mattia Barutti – DTP VE

Ubicazione dell'area di intervento



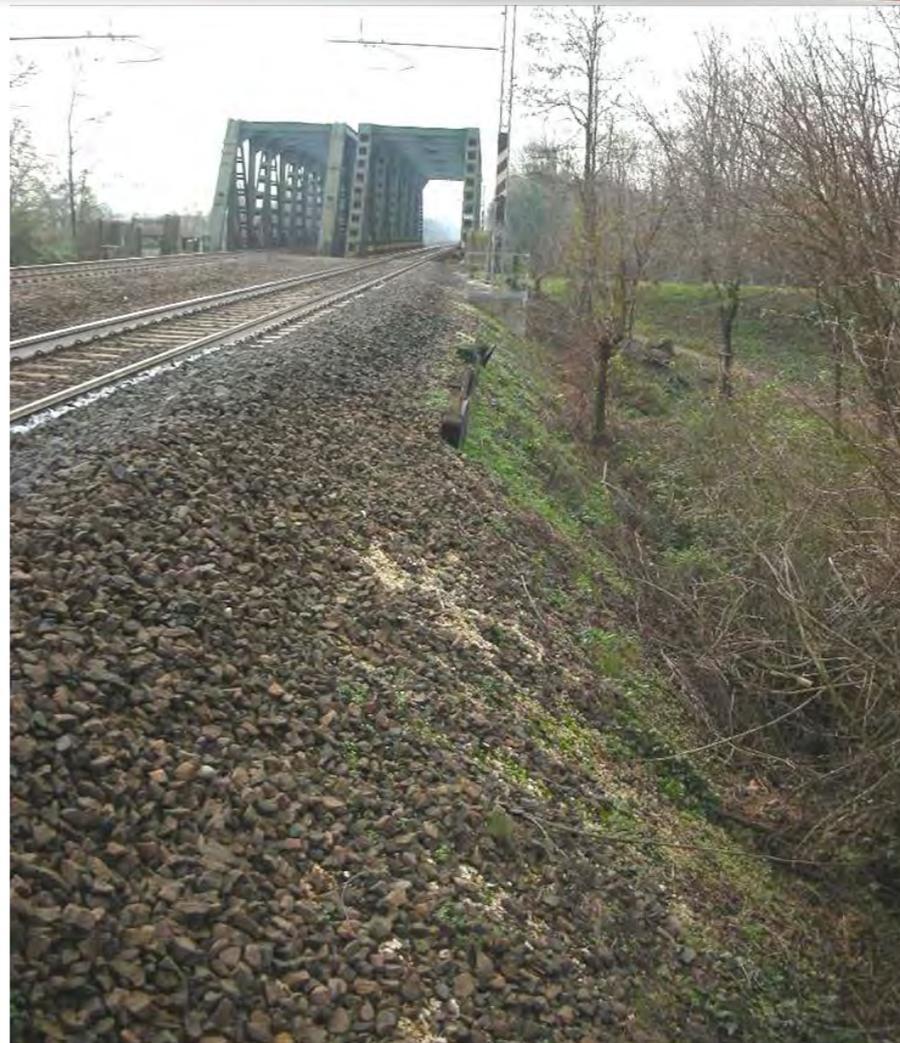
- Linea Bologna – Padova
- Tratta Terme Euganee – Padova C.M.
- La ferrovia supera il Bacchiglione nell'area a SW di Padova ed è strettamente affiancata lato W da Corso Australia

Caratteristiche della sede



Estratto dal Profilo storico della linea Bologna - Padova

Dissesti della sede ferroviaria



- Scarpate ripide e instabili
- Frequenti ricariche di pietrisco
- Cedimento generalizzato del rilevato

Dissesti della sede ferroviaria



- Sezione irregolare della massicciata
- Assenza di banchina e sentiero
- Franamento del pietrisco sulle scarpate
- Precario equilibrio cabine blocco

Dissesti della sede ferroviaria



- Ostruzione fossati e tombini
- Ristagni alla base del rilevato

Dissesti della sede ferroviaria

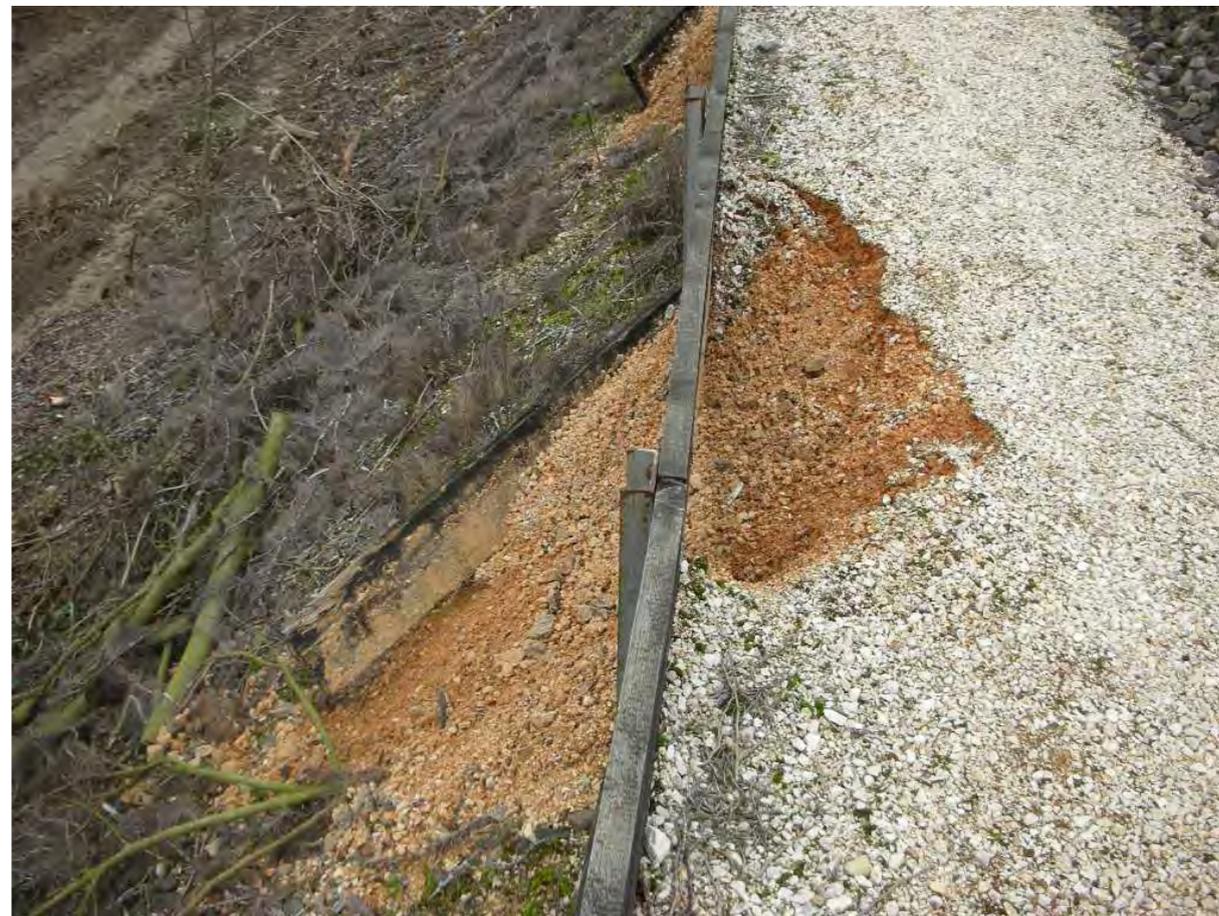


Vegetazione incontrollata



Rifiuti

Dissesti della sede ferroviaria



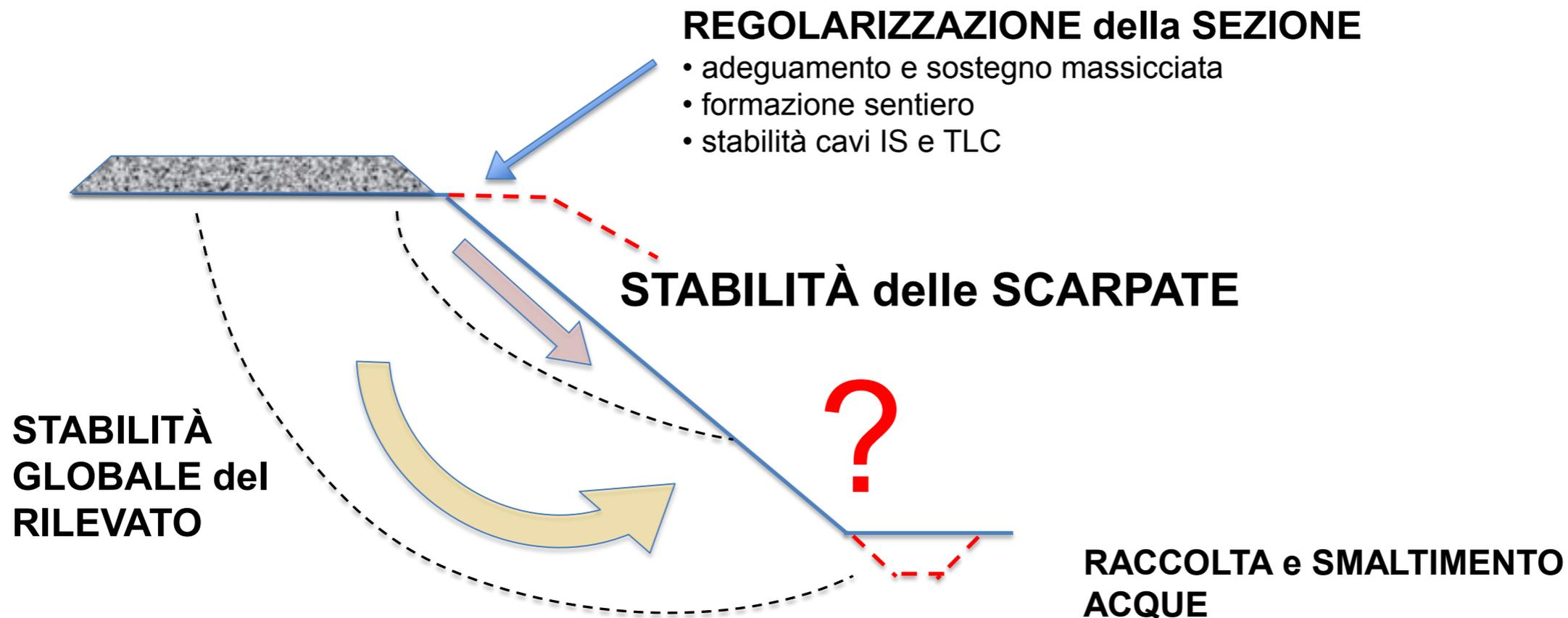
Cedimento del sostegno del sentiero con formazione di pericolose buche

Dissesti della sede ferroviaria



Cavidotto sospeso – scalzamento dei sostegni

Problematiche geotecniche e obiettivi dell'intervento



Indagini geologiche

Nel corso del 2015 sono stati eseguiti nell'area:

- 2 sondaggi a c.c. con prove SPT e di permeabilità in foro
- 5 prove penetrometriche statiche di tipo CPTU
- 3 tomografie elettriche del rilevato
- 2 linee tomografiche MASW alla base del rilevato
- Installazione di piezometri e relative letture
- Prelievo di campioni indisturbati e prove di laboratorio

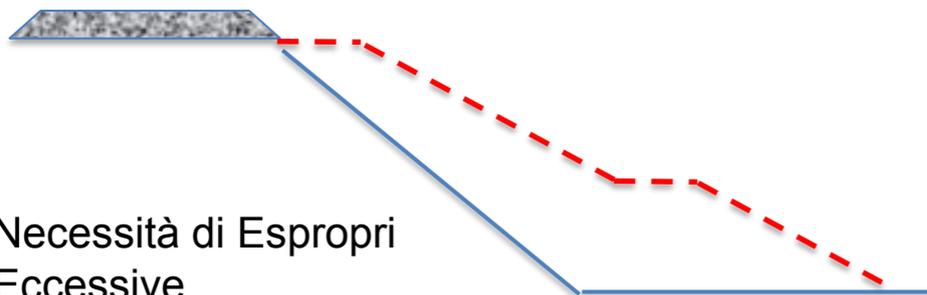
Principali indicazioni:

- Argille e limi in superficie, sabbie medio fini a partire da circa 1 m, passanti a sabbie medio grosse addensate oltre 5-6 m
- Livello statico di falda entro il primo m di profondità, influenzato dal livello idrometrico del Bacchiglione
- Tracce di paleoalvei con associati depositi torbosi
- Segnalazioni di formazione di fontanazzi nell'area durante la piena del 2010



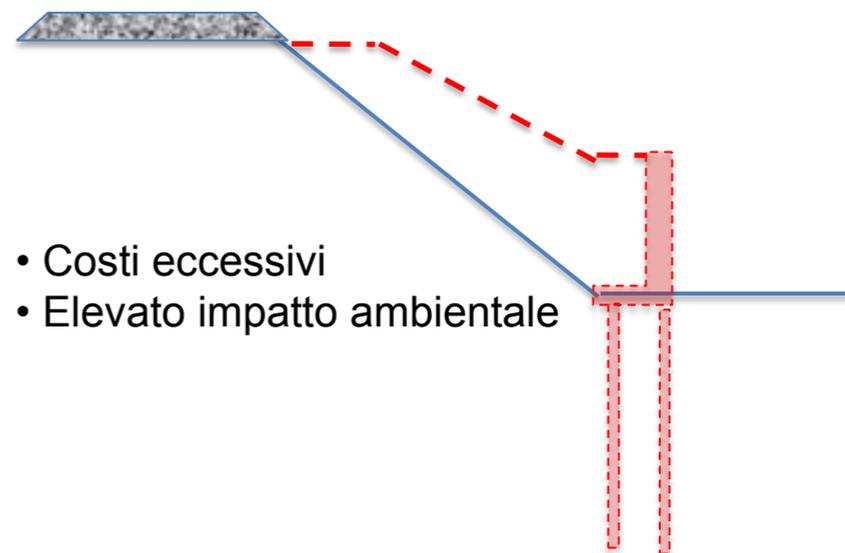
Valutazione ipotesi progettuali

Rinfianco in terra



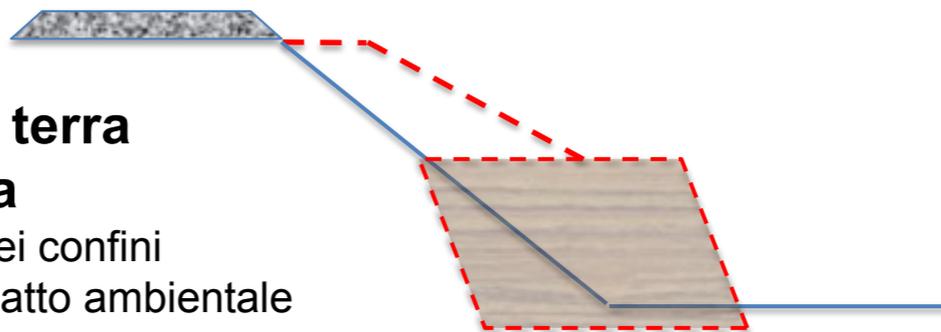
- Necessità di Espropri
- Eccessive movimentazioni di terra

Muro di sostegno



- Costi eccessivi
- Elevato impatto ambientale

Banca in terra rinforzata

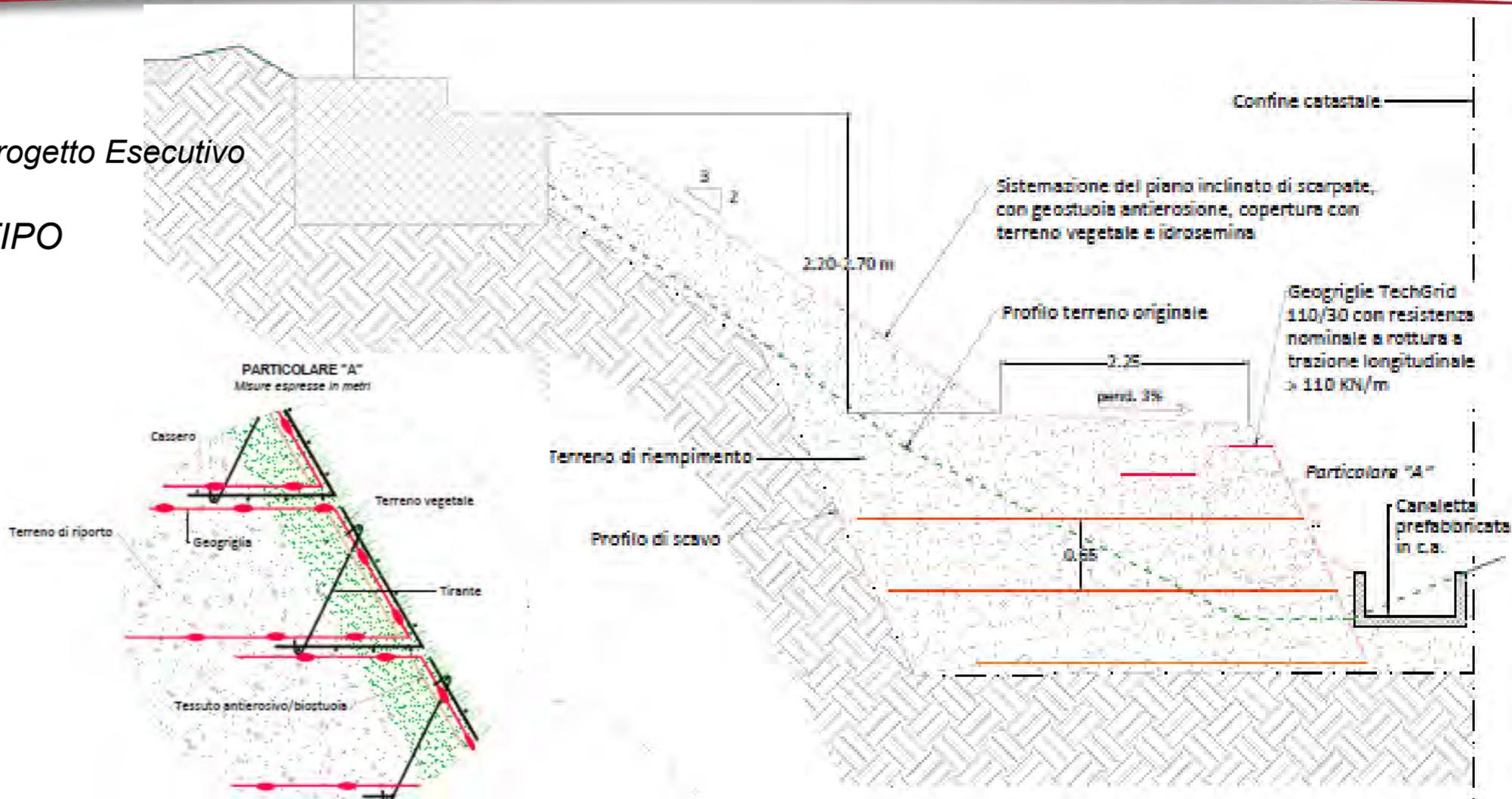


- Rispetto dei confini
- Basso impatto ambientale
- Costi sostenibili

Soluzione progettuale

Estratto da Progetto Esecutivo

SEZIONE TIPO



Soluzione progettuale

Estratto da Progetto
Esecutivo

FASI di
COSTRUZIONE

Fig. 1

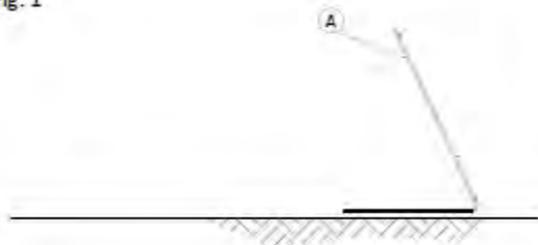


Fig. 2



Fig. 3



Fig. 4



PROCEDURA D'INSTALLAZIONE

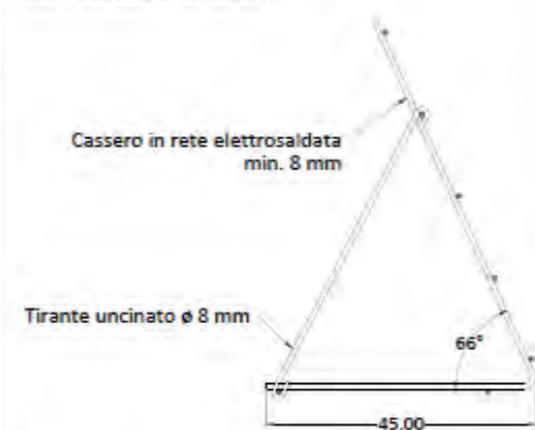
- 1: Livellare e compattare il piano di fondazione.
Posizionare ed allineare i casseri metallici sovrapponendoli per 50 mm (A).
- 2: Posizionare la geogriglia di rinforzo in poliestere TechGrid 110/30 (B).
- 3: Posizionare la stuoia in fibre vegetali (geojuta, biostuoia o biofeltro pre-seminato (C) e fissare il tirante per l'irrigidimento del cassero (D).
- 4: Stendere il terreno sopra le geogriglie in strati dello spessore di max 300 mm.
Livellare e compattare il terreno utilizzando, in prossimità della facciata (per circa 1.00 m) delle piastre vibranti o vibrocostipatori mentre per la parte centrale, utilizzando dei rulli compattatori.
Compattare fino ad ottenere una densità non inferiore al 95% dello Standard di Proctor.

Si raccomanda di usare per i primi 300 mm di spessore, rispetto alla facciata, del terreno vegetale, per permettere un rapido e migliore inerbimento.

Ad opera ultimata dovrà essere effettuata un'idrosemina a spessore sulla facciata, oppure inerbire utilizzando piante tappezzanti o talee.

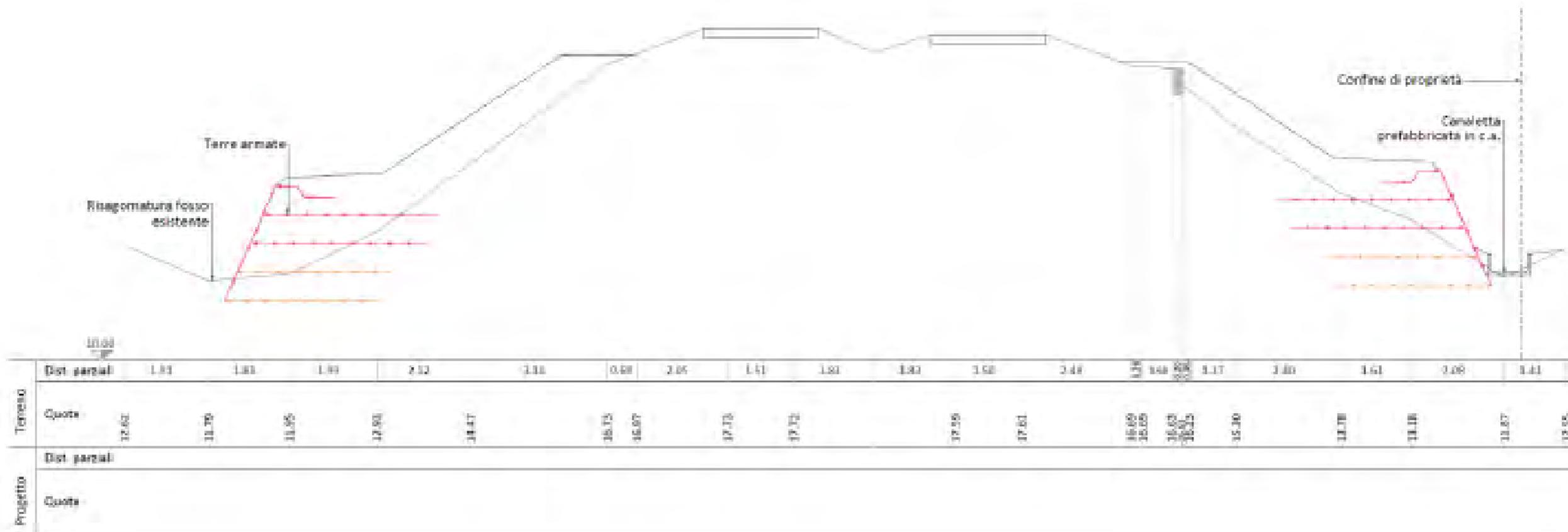
Particolari casseri metallici di guida

Misure espresse in centimetri



Nota: il cassero "tipo" può essere sostituito con un cassero alternativo purchè sia garantita una rigidità sufficiente a consentire la realizzazione dell'opera

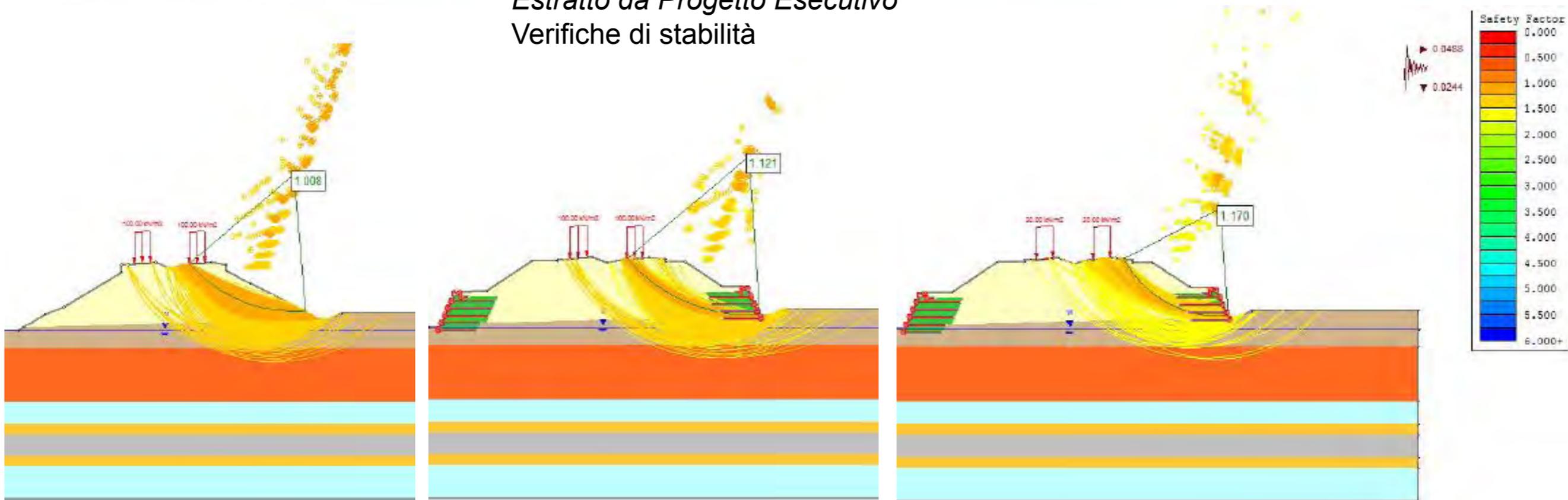
Soluzione progettuale



Estratto da Progetto Esecutivo
Sezione 6 - km 117+654

Soluzione progettuale

Estratto da Progetto Esecutivo
Verifiche di stabilità



Stato di fatto

Condizioni statiche

Condizioni sismiche

Fasi lavorative - Cantierizzazione

- TAGLIO VEGETAZIONE
- PISTE e AREE di STOCCAGGIO
- CANCELLI e RECINZIONI

Poiché l'area di intervento è ubicata a cavallo del Bacchiglione ed interessa entrambi i lati del rilevato, sono occorse **4 aree di cantiere con relativi accessi**



Fasi lavorative - Cantierizzazione

- Viabilità urbana difficoltosa (sensi unici, strade strette, sottovia, argini fluviali)
- Utilizzo di movieri per manovre di ingresso/uscita dei mezzi



Fasi lavorative – Banca in terra rinforzata

SCAVO di FONDAZIONE

- con assistenza BOB
- con assistenza archeologica

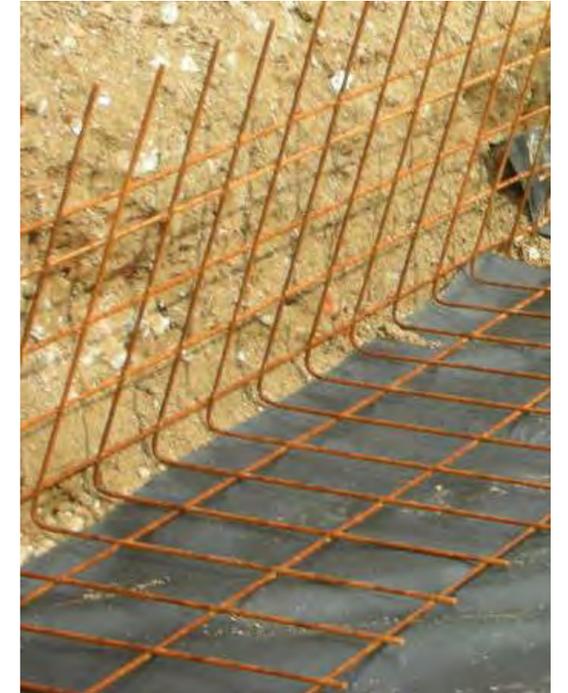
NB: per non compromettere la stabilità del rilevato lo scavo deve essere realizzato per conci e la chiusura (almeno con lo strato di base) deve avvenire nella stessa giornata



Fasi lavorative – Banca in terra rinforzata

GRADONE di BASE

- stesa geosintetico separatore
- posa cassero in rete elettrosaldata
- stesa georete antierosione all'interno del cassero
- stesa geogriglia di rinforzo sul fondo scavo e all'interno del cassero (con risvolto all'esterno)



Fasi lavorative – Banca in terra rinforzata

GRADONE di BASE

- stesa primo strato drenante in ciottoli (35 cm)
- formazione cordolo vegetale esterno



Fasi lavorative – Banca in terra rinforzata

GRADONE di BASE

- rullatura primo strato drenante in ciottoli
- compattazione cordolo vegetale esterno
- ripetizione operazioni per secondo strato
- risvolto della geogriglia



Fasi lavorative – Banca in terra rinforzata

GRADONI SUCCESSIVI

- posa cassero, georete e geogriglia
- stesa del terreno da rilevato (primo strato 35 cm)
- formazione cordolo vegetale
- rullatura primo strato



Fasi lavorative – Banca in terra rinforzata

GRADONI SUCCESSIVI (segue)

- stesa del secondo strato (35 cm)
- rullatura secondo strato
- risvolto della geogriglia



Fasi lavorative – Banca in terra rinforzata

BANCA ULTIMATA

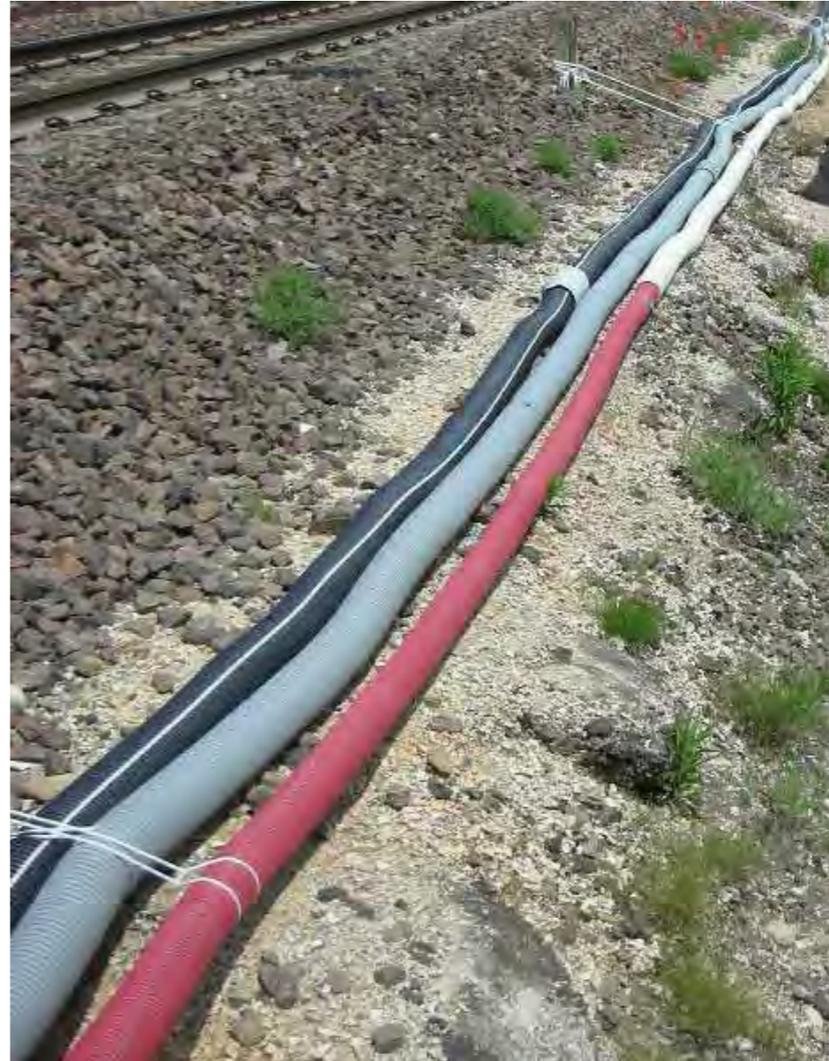
Gradone di fondazione (interrato)
+ 4 gradoni (fuori terra) con pista
sulla sommità della banca
Altezza complessiva circa 3,5 m



Fasi lavorative - Scarpata superiore

INTERVENTI PRELIMINARI

- Rimozione vecchi cavidotti e sistemazione provvisoria dei cavi
- Rimozione tavolati e traverse di sostegno dei sentieri
- Smaltimenti



Fasi lavorative - Scarpata superiore

RINFIANCO

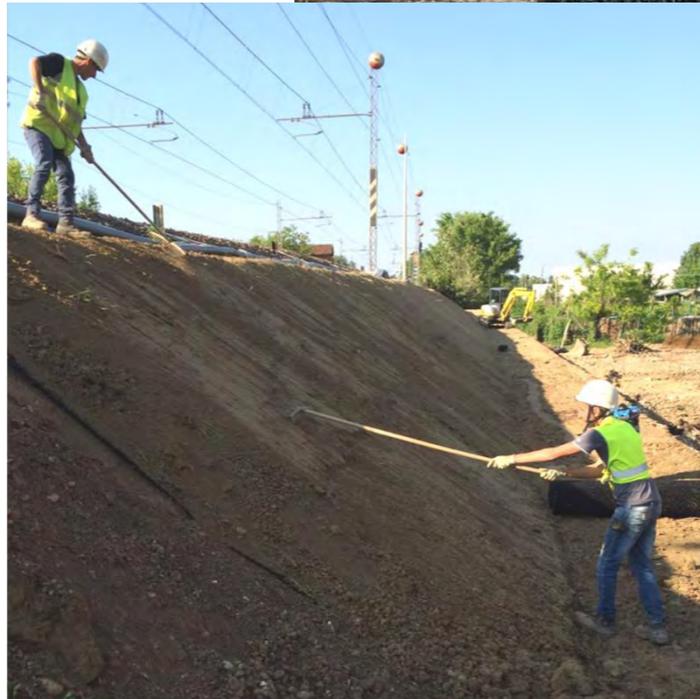
- scavo del rilevato esistente con profilo a gradoni
- posa e compattazione del materiale per strati successivi di 35 cm
- regolarizzazione del profilo finale



Fasi lavorative - Scarpata superiore

RINFIANCO (segue)

- posa di geocomposito tridimensionale con funzione antierosiva
- posa di terreno vegetale sul geocomposito



Fasi lavorative - Scarpata superiore

SEMINA MANUALE o
IDROSEMINA



Fasi lavorative - Scarpata superiore

CONSOLIDAMENTI LOCALI

- in corrispondenza delle cabine di blocco automatico
- sempre con la tecnica delle terre rinforzate



Fasi lavorative – Piste e sentieri

Finitura delle piste alla sommità delle banche e dei sentieri di banchina mediante stesa e compattazione di stabilizzato



Fasi lavorative - Sistemazione cavi IS

- Sistemazione finale dei cavi IS entro cunicoli a doppia gola
- Posa di dreno in ghiaia tra cunicoli e ballast
- Livellamento con stabilizzato per aumentare la larghezza del sentiero



Fasi lavorative – Adattamenti locali

In presenza di particolari vincoli (es. restringimento dei confini di proprietà) o di modifiche della sezione le banche in terra rinforzata e le scarpate possono essere modellate per adattarsi al contesto



Fasi lavorative – Interventi di finitura

CANCELLI e RECINZIONI

- Realizzazione di cancelli agli ingressi delle piste sulle banche
- Adeguamento delle recinzioni
- Rimozione parapetti dai basamenti TE, divenuti inutili ostacoli



Fasi lavorative – Ripristini

RIPRISTINO AREE

PUBBLICHE e PRIVATE

occupate e danneggiate nel
corso dei lavori



Imprevisti

INSUFFICIENTE PORTANZA del TERRENO di FONDAZIONE

Per un'estesa di circa 80 m è stata riscontrata la presenza di **terreni argillosi/torbosi eccessivamente plastici e di insufficiente portanza**



BONIFICA del terreno:

Sostituzione delle argille con ghiaia per circa 60 cm al di sotto del piano di fondazione

(intervento per piccoli conci con immediato rimpiazzo del terreno per non destabilizzare il rilevato)



Imprevisti

RINVENIMENTI ARCHEOLOGICI di ETÀ ROMANA (canalette irrigue, forno, frammenti vari)

- Sospensione locale delle lavorazioni
- Messa in sicurezza provvisoria dei fronti di scavo attigui
- Controllo visivo del binario e del fronte di scavo
- Copertura serale dello scavo e riapertura al mattino seguente



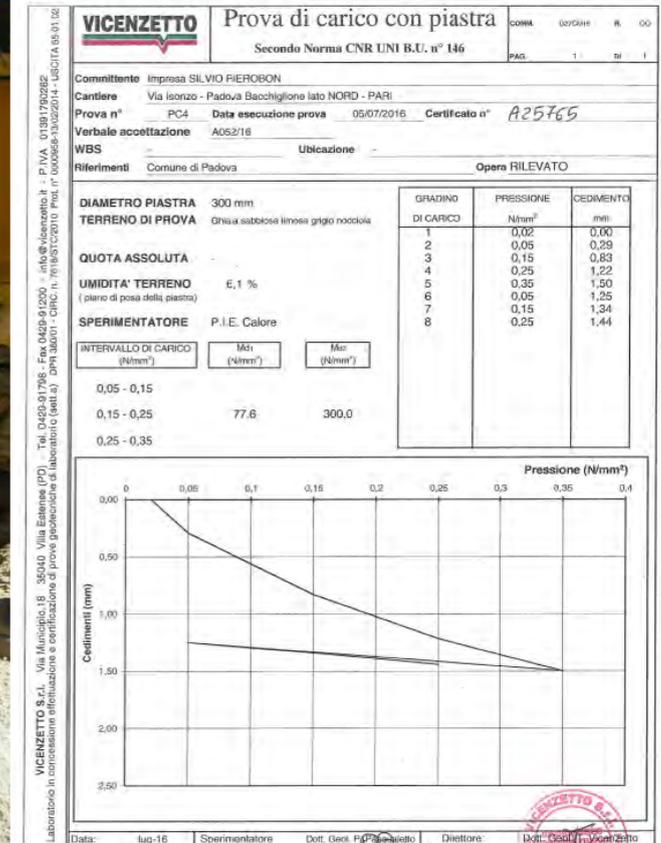
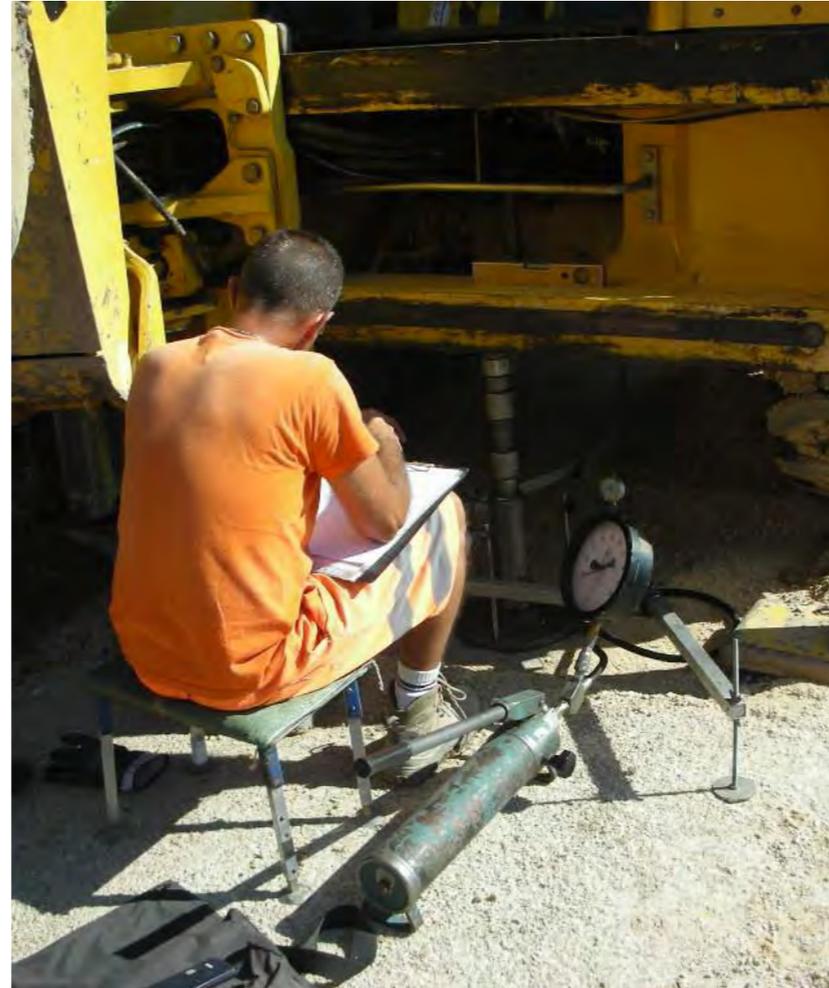
Controlli sul materiale e sugli strati in terra rinforzata

Utilizzo di **Materiale riciclato** proveniente da demolizioni



Rispetto del Capitolato Generale Tecnico di Appalto delle Opere Civili – parte II sezione 18
“Utilizzo di aggregati riciclati e trattamenti con calce per opere in terra”

- Qualifica del produttore
- Qualifica del materiale (Test di cessione, granulometria, ecc.)
- **Prove di carico su piastra** (valore medio $Md = 65,6 \text{ N/mm}^2$, valore di riferimento per strati di rilevato 40 N/mm^2)
- Granulometria
- Densità in sito



Linea Bologna - Padova – km 117+500/118+063 – Consolidamento del rilevato con l'utilizzo di terre rinforzate

Confronto ante/post intervento



Linea Bologna - Padova – km 117+500/118+063 – Consolidamento del rilevato con l'utilizzo di terre rinforzate

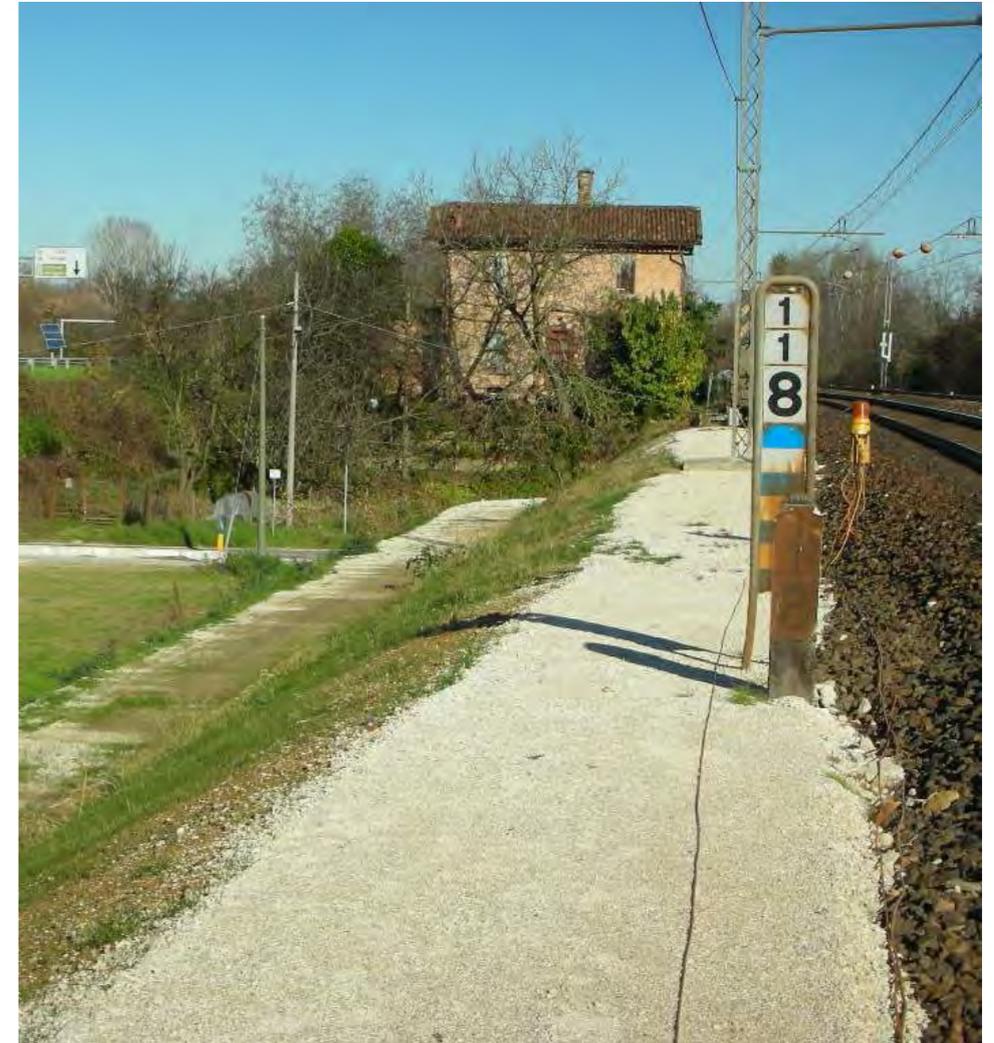
Confronto ante/post intervento



Confronto ante/post intervento



Confronto ante/post intervento



Linea Bologna - Padova – km 117+500/118+063 – Consolidamento del rilevato con l'utilizzo di terre rinforzate

Confronto ante/post intervento



Linea Bologna - Padova – km 117+500/118+063 – Consolidamento del rilevato con l'utilizzo di terre rinforzate

Confronto ante/post intervento



Figure – Tempi - Costi

Ref. Progetto: DTP VE – Ing. **Giuseppe Albanese**
S.T.: S.O. Ingegneria VE – Ing. **Nicolantonio Di Turi**

D.L.: **dott. Mattia Barutti**
C.S.E. : **ing. Alessandro Verzolla**
A.L.: **geom. Thomas Carraro**

Progettazione esecutiva: **Studio Colleselli**
Ditta Appaltatrice: **Impresa Silvio Pierobon s.r.l**

Inizio lavori: **aprile 2016**
Fine lavori prevista: **maggio 2017**
Importo pianificato: **€ 1.036.000,00**
Importo presunto lavori: **€ 908.000,00**
Avanzamento lavori a dicembre 2016: **80%**



GRAZIE per l'ATTENZIONE