

Mitigazione a Verde e Ingegneria Naturalistica nel settore delle Infrastrutture Lineari

24 gennaio 2020 – Regione Lazio

Buone Pratiche

Federico Boccalaro ingegnere ambientale
AIPIN socio docente esperto

Ingegneria Naturalistica in Ferrovia

Generalità

La lunghezza della rete viaria ammonta in Italia a circa 870.000 km, di cui 24.300 km è ferroviaria, 839.100 km è stradale e 6.600 km è autostradale, con una **occupazione di superficie** (mediamente 10 m di fascia laterale) per l'infrastruttura di circa il 3% (8.700 kmq) del territorio nazionale (301.338 kmq).

Risulta quindi evidente l'importanza della **rinaturazione** delle superfici laterali delle infrastrutture per un aumento della diversità biologica, dei corridoi ecologici e della qualità ambientale del territorio attraversato.

SEZIONE ASSONOMETRICA
SCALA 1:20

Figura -linee ferroviarie in Italia (da RFI, 2015)



Ingegneria Naturalistica in Ferrovia

Generalità

Nel settore delle **opere ferroviarie**, mettendo in ogni caso al primo posto la sicurezza dell'esercizio, è possibile in molte situazioni utilizzare tecniche di I.N. negli interventi di **ripristino** o **inserimento ambientale** di nuove infrastrutture (dopo aver comunque garantito con gli studi di compatibilità e di impatto ambientale la scelta del tracciato e delle tipologie costruttive meno dannosi per l'ambiente), nonché negli interventi di **manutenzione** lungo le linee.

Accanto ai suddetti esempi, le tecniche di Ingegneria Naturalistica possono fornire un'alternativa all'uso dei materiali tradizionali nei **casi** di:

- ripristino degli **imbocchi delle gallerie**;
- stabilizzazione di **rilevati e trincee**;
- realizzazione di **barriere antirumore**;
- ripristino della **rete idraulica minore**;
- **sistemazioni idrauliche** per la protezione della linea dall'attività erosiva;
- ripristino delle **cave di prestito** e delle **discariche** dei materiali.

Ingegneria Naturalistica in Ferrovia

Roma - Firenze

Tali tecniche sono state impiegate nella tratta Arezzo-Figline Valdarno della **DD Roma-Firenze** nell'impianto di formazioni arboree autoctone nei rilevati ferroviari, per il consolidamento di scarpate in erosione e nella realizzazione di una barriera visiva vegetale tra DD e Autostrada del Sole (Cornelini e al., 1991, 1992, 1993).

SEZIONE ASSONOMETRICA
SCALA 1:20

Figura - *Bosco termoigrofilo a lato di rilevato ferroviario al km 192 della linea DD Roma - Firenze (da Cornelini, 1991)*



Specie utilizzate

Quercus robur

Populus alba

Salix alba

Acer campestre

Fraxinus ornus

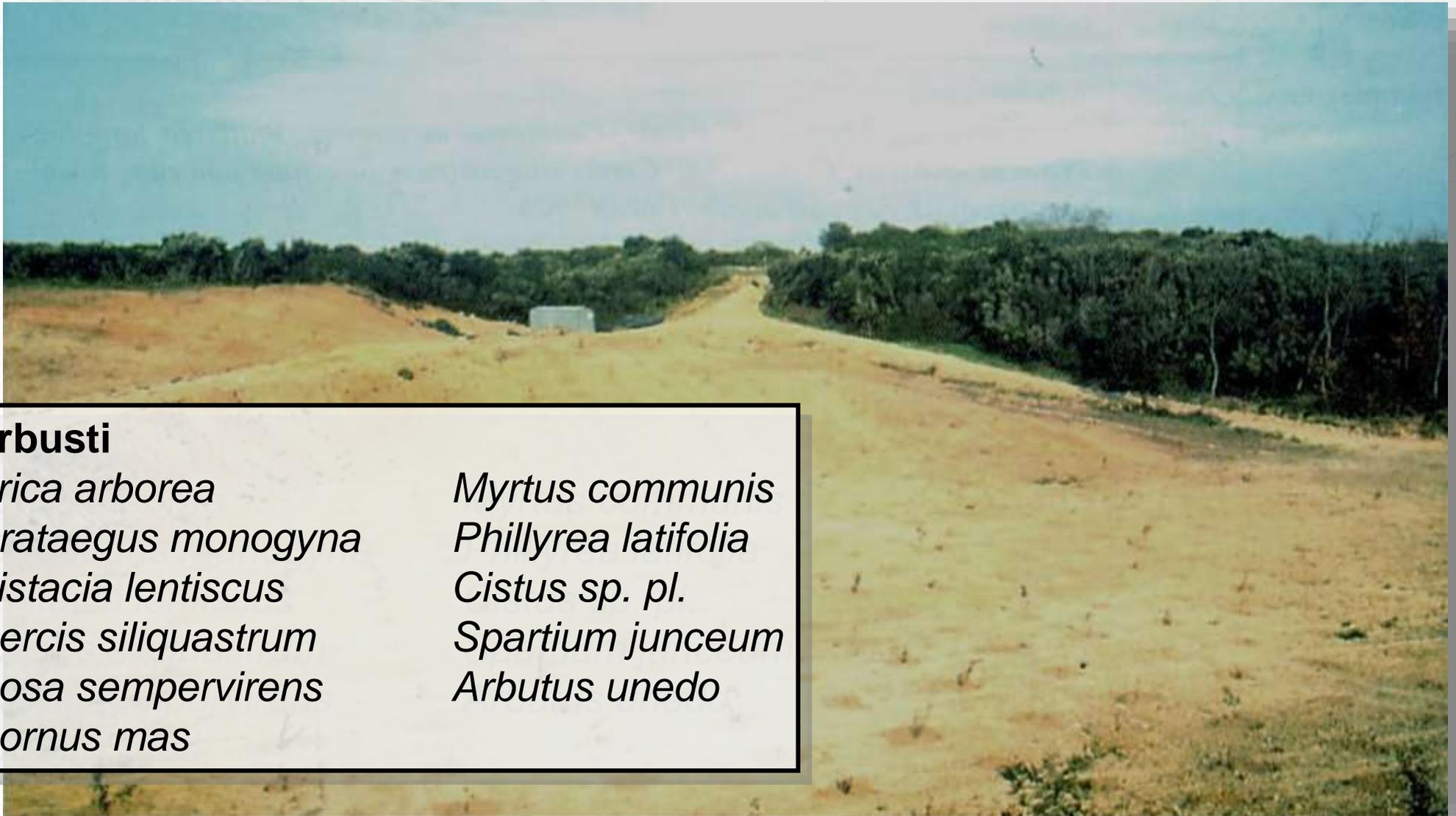
Figura - Bosco termoigrofilo a lato di rilevato ferroviario al km 192 della linea ferroviaria DD Roma-Firenze (da Cornelini, 2002)



Figura - Ricostruzione di fitocenosi mediterranee per ritombamento di galleria a Macchia Grande (RM) sulla linea ferroviaria Roma-Maccarese: bosco termoigrofilo, cespuglieto, boscaglia (da Cornelini, 1987)



Figura - Ricostruzione di fitocenosi mediterranee per ritombamento di galleria a Macchia Grande (RM) sulla linea ferroviaria Roma-Maccarese: bosco termoigrofilo, cespuglieto, boscaglia (da Cornelini, 1988)



Arbusti

Erica arborea

Crataegus monogyna

Pistacia lentiscus

Cercis siliquastrum

Rosa sempervirens

Cornus mas

Myrtus communis

Phillyrea latifolia

Cistus sp. pl.

Spartium junceum

Arbutus unedo

Figura - Ricostruzione di fitocenosi mediterranee per ritombamento di galleria a Macchia Grande (RM) sulla linea ferroviaria Roma-Maccarese: bosco termoigrofilo, cespuglieto, boscaglia (da Cornelini, 1998)



Alberi

Quercus cerris
Acer campestre
Quercus ilex
Fraxinus ornus
Sorbus domestica
Carpinus betulus

Figura - Barriera visiva con siepe sempreverde e alberi autoctoni
(da Cornelini, 1991)



Specie vegetali
Ligustrum japonicum
Prunus laurocerasus

Arbusti

Prunus spinosa *Crataegus monogyna*
Spartium junceum *Cornus sanguinea*

Alberi

Acer campestre *Fraxinus ornus*
Ostrya carpinifolia *Sorbus domestica*



Figura - Rivestimento antierosivo in paglia e rete zincata plasticata al km 201 della linea ferroviaria DD Roma-Firenze (da Cornelini, 1989)



Figura - *Scarpata con copertura a lupinella al km 201 della linea ferroviaria DD Roma-Firenze (da Cornelini, 1990)*



Figura - *Scarpata con copertura erbacea e arbustiva spontanea al km 201 della linea ferroviaria DD Roma-Firenze (da Cornelini, 2002)*



Figura - Scarpata con chiodatura del terreno prima dell'idrosemina lungo la linea ferroviaria DD Roma-Firenze (da RFI, 2001)



Ingegneria Naturalistica in Ferrovia

Udine - Tarvisio

Numerosi interventi di Ingegneria Naturalistica sono stati effettuati per riqualificare il territorio interessato dal raddoppio della **linea ferroviaria Udine-Tarvisio** ("Pontebbana"): lavori di ripristino ambientale all'imbocco nord della galleria Leila e del rio Ponte di Muro, lavori di recupero ambientale e sistemazione idrogeologica diffusi, lavori di rinaturazione del fiume Fella a Piana di Valbruna, ecc. (Sauli e al., 2000).

E' stato un piano di opere di grande impegno, sia per la vastità del territorio coinvolto, sia per il numero e mole di interventi nonché per l'investimento economico profuso (vedi **figure**).

SEZIONE ASSONOMETRICA
SCALA 1:20

Figura - Ripristino ambientale imbocco nord galleria Leila a Tarvisio (da I.C.E., 2000)



Figura - Ripristino ambientale imbocco nord galleria Leila a Tarvisio (da I.C.E., 2000)



Figura - Ripristino ambientale imbocco nord galleria Leila a Tarvisio (da I.C.E., 2000)



SEZIONE ASSONOMETRICA
SCALA 1:20

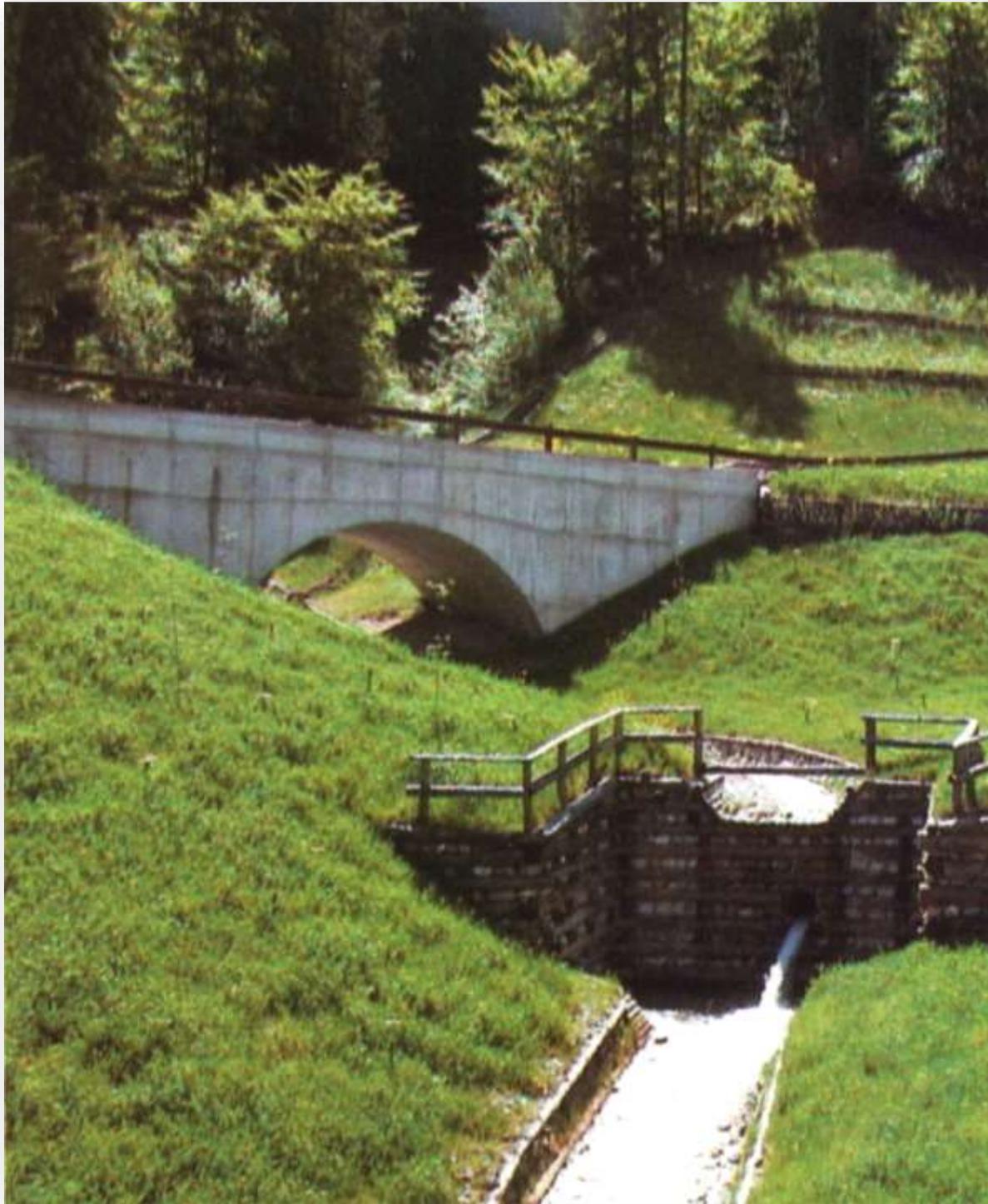
gen. '20

Federico Boccalaro

20

Figura - Ripristino ambientale imbocco nord galleria Leila a Tarvisio (da I.C.E., 2000)





**Figura - Ripristino
ambientale imbocco nord
galleria Leila a Tarvisio
(da I.C.E., 2000)**

Figura - Ripristino ambientale (rimodellamento pendii) su Ponte di Muro a Dogna (da I.C.E., 2000)

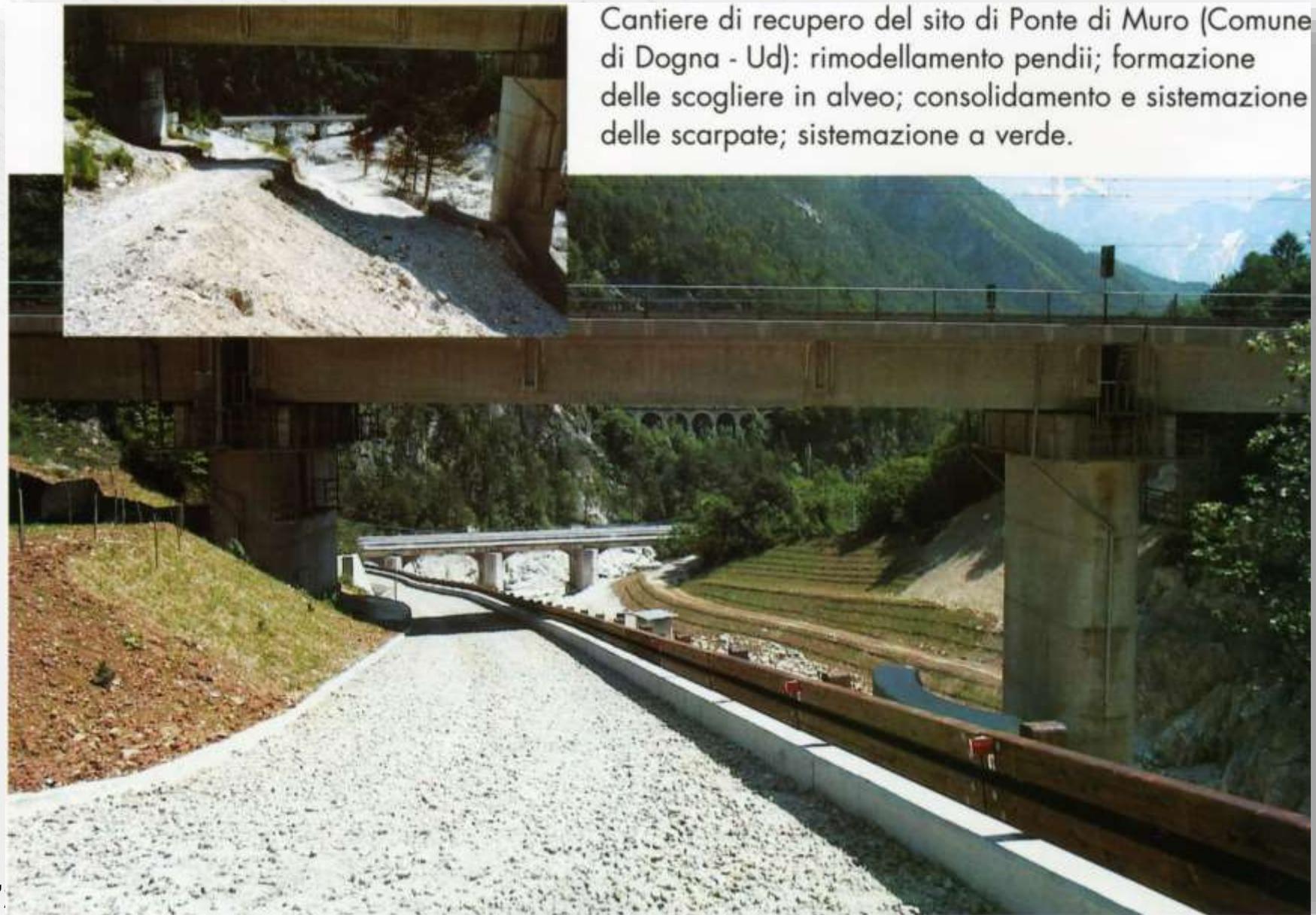


Figura - *Ripristino ambientale (gradonate vive) su Ponte di Muro a Dogna (da I.C.E., 2000)*



Figura - Ripristino ambientale (gradonate e viminate vive) su Ponte di Muro a Dogna (da I.C.E., 2000)



Figura - Sistemazione di spalla ponte ad arco a Tarvisio (da Boccalaro, 2001)





Figura -
Sistemazione
pendio a
Tarvisio (da
Boccalaro, 2001)

Figura - *Briglie rinverdite a Tarvisio* (da Boccalaro, 2001)



Figura - Briglie rinverdite a Tarvisio (da I.C.E., 2001)



Figura - Canalette rinverdite (da I.C.E., 2000)



gen. '20

SEZIONE A-A
SCALA 1:20

Figura - *Gradonata viva* (da I.C.E., 2000)

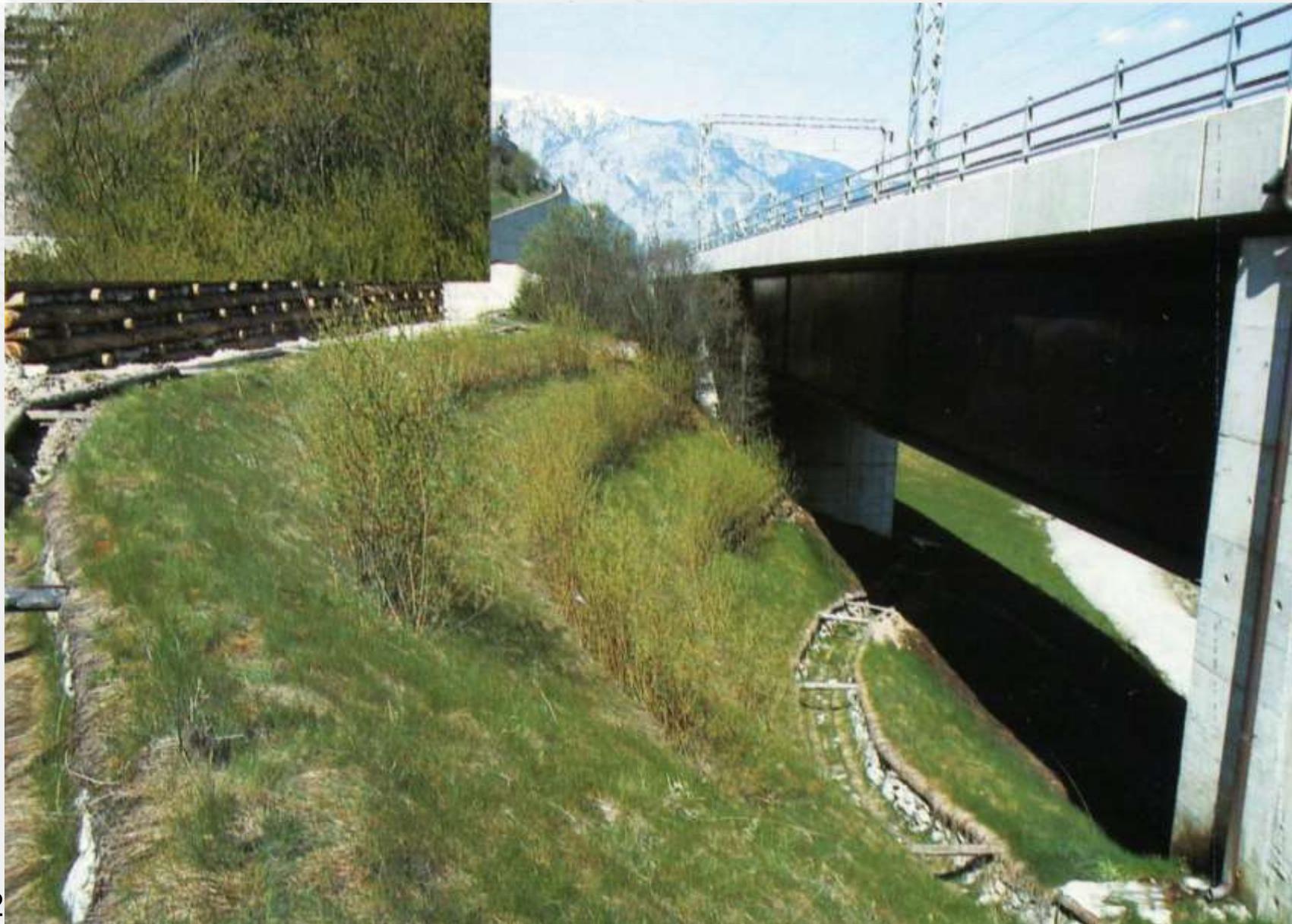


Figura - Palificata e gradonata viva (da I.C.E., 2000)



Figura - *Palificata viva* (da I.C.E., 2000)



Figura - Palificata viva (da I.C.E., 2000)



Figura - Rinaturazione (terra rinforzata) del fiume Fella a Piana di Valbruna in Malborghetto (da I.C.E., 2000)



Figura - *Rinaturazione del fiume Fella a Piana di Valbruna in Malborghetto (da I.C.E., 2000)*



Figura - *Rinaturazione del fiume Fella a Piana di Valbruna in Malborghetto (da I.C.E., 2000)*



Figura - *Rinaturazione del fiume Fella a Piana di Valbruna in Malborghetto (da I.C.E., 2000)*



Ingegneria Naturalistica in Ferrovia

Che cos'è l'Ingegneria Naturalistica

L'Istituto Sperimentale ha anche predisposto un progetto di riutilizzo delle traverse ferroviarie in legno (o calcestruzzo) dismesse unitamente alla terra ed alle piante viventi per la realizzazione di una "palificata viva" da impiegarsi come muro di sottoscarpa dei rilevati (vedi Cornellini, 1992 e **figura**), allo scopo di conseguire alcuni importanti obiettivi ambientali:

- utilizzo come materiale riciclato di traverse che presentano problemi di smaltimento;
- risparmio di cemento, materiale la cui produzione richiede energia e quindi aumento di entropia ed inquinamento;
- creazione di una struttura vivente con nuovi *habitat* per la flora e la fauna.

SEZIONE ASSONOMETRICA
SCALA 1:20

Figura - Muro cellulare con traversine ferroviarie (da Cornelini, 1991)

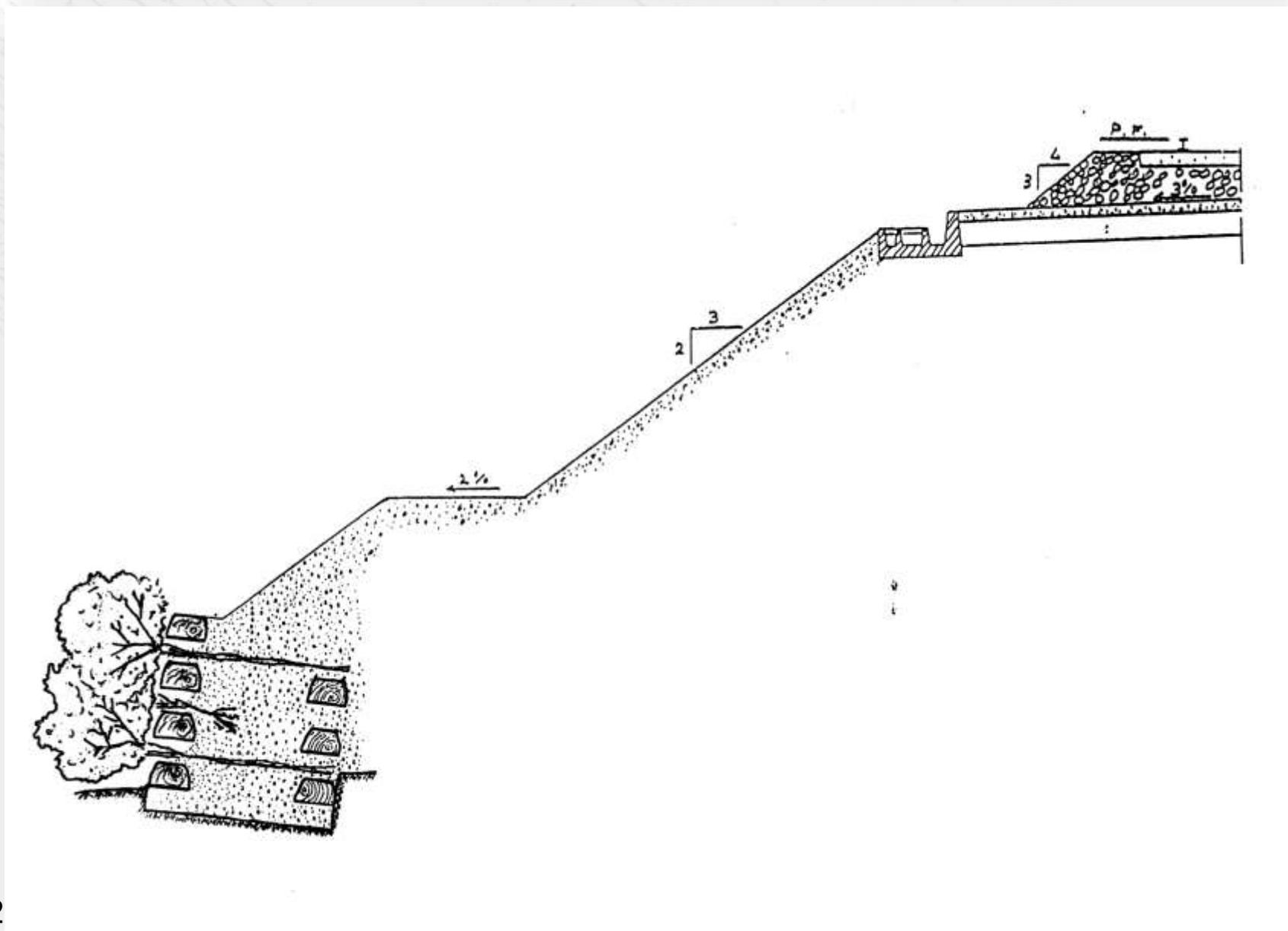


Figura - Muro cellulare con traversine ferroviarie (da Cornelini, 1991)

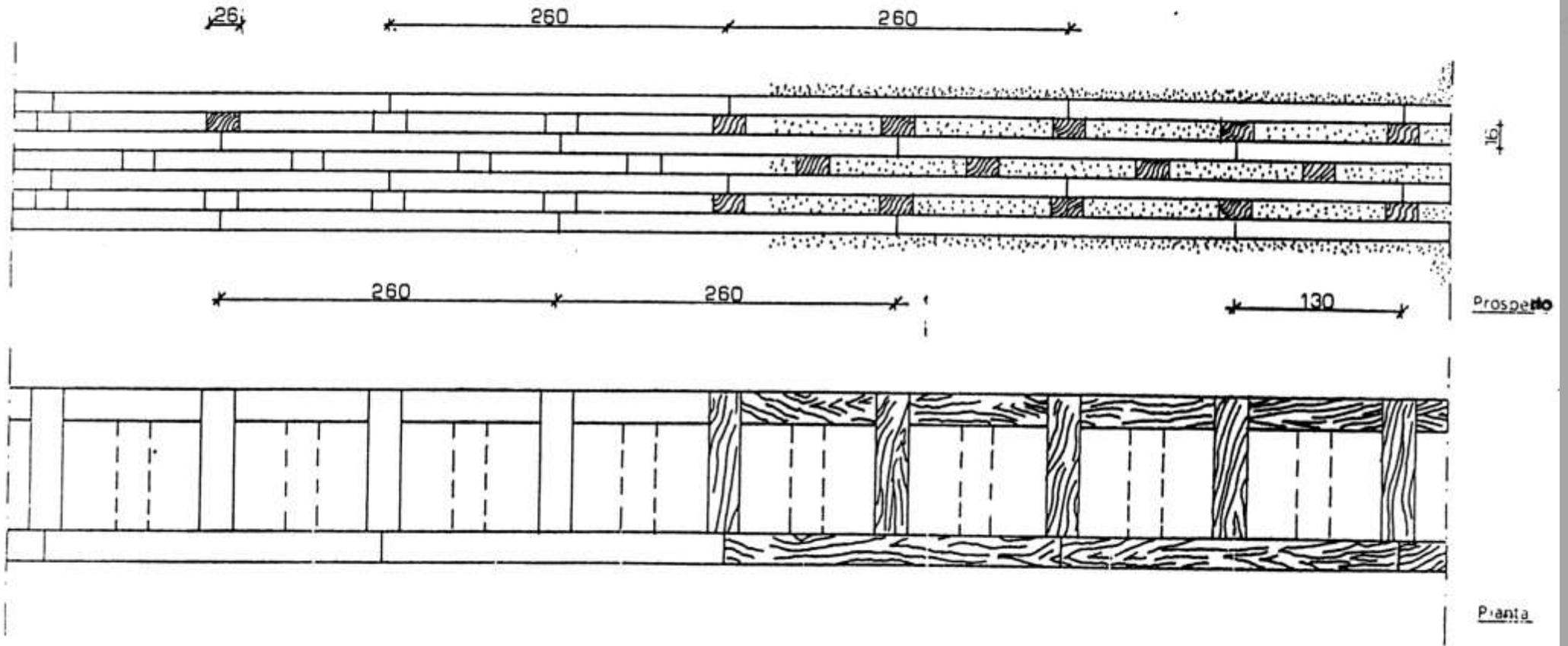


Figura - Muro cellulare con traversine ferroviarie (da Cornelini, 1991)

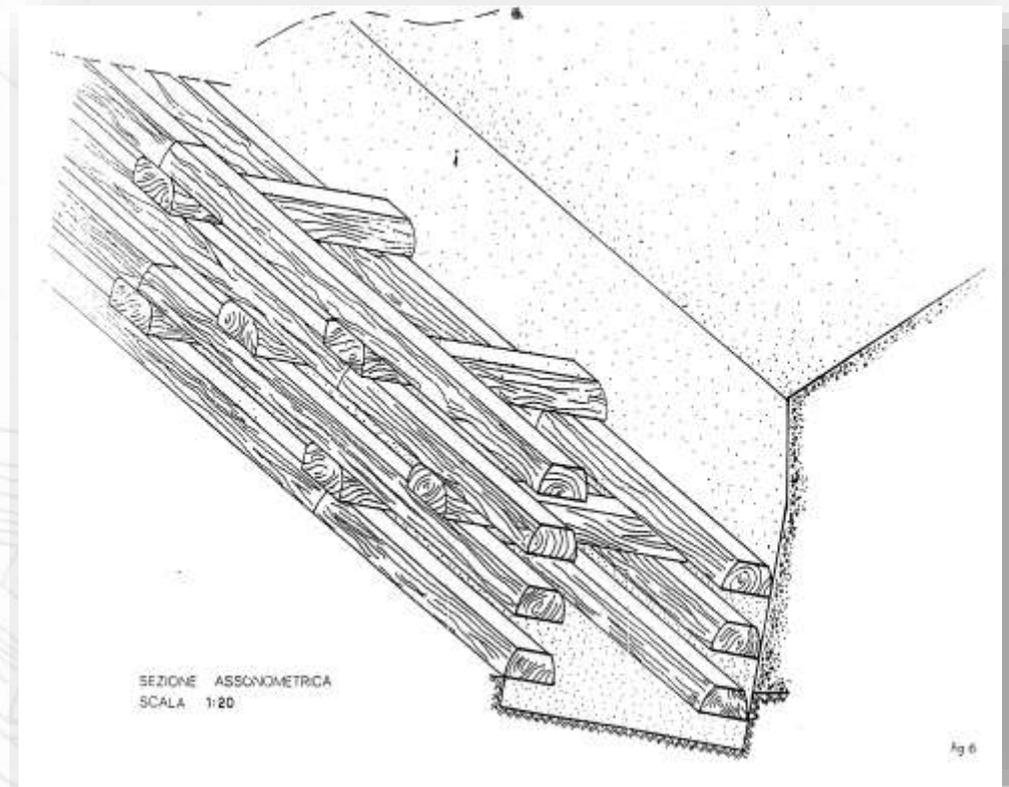
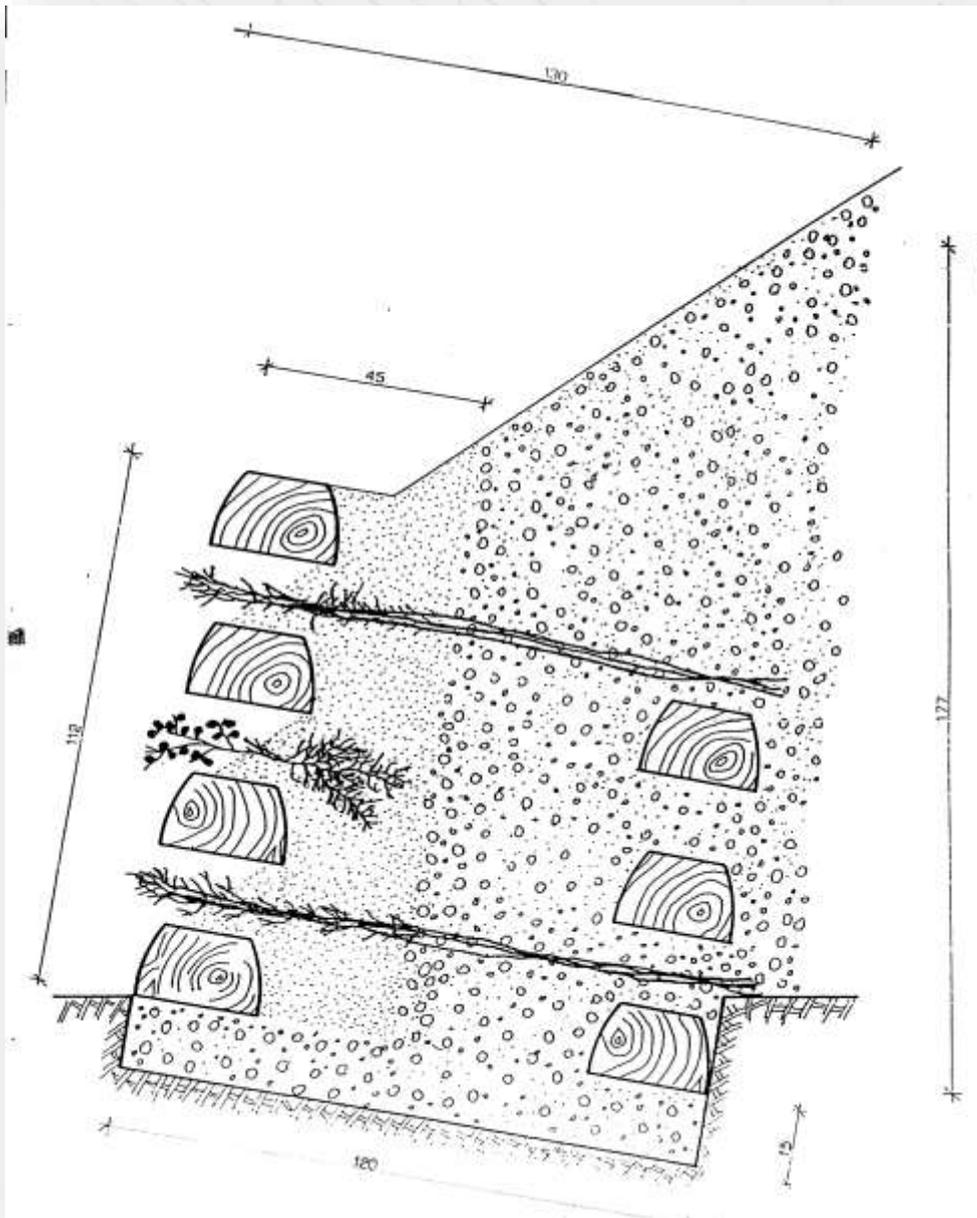


Figura - Muro cellulare con traversine ferroviarie in Val di Casies
(da Boccalaro, 2005)



gen. '20

SEZIONE ASS
SCALA 1:20

Ingegneria Naturalistica in Ferrovia

Interventi su linee lente

Uno dei primi interventi di Ingegneria Naturalistica in Ferrovia è stato realizzato in Liguria, a **Cadibona (SV)**, nella tratta Savona-Torino (via Altare), per il consolidamento di un versante in frana.

Operai addetti alla manutenzione hanno frequentato un corso teorico-pratico di Ingegneria Naturalistica, per apprendere tecniche quali la grata viva, la fascinata viva, la cordonata viva, lo steccato vivo, il rivestimento vegetativo in rete e biofiltro preseminato (Boccalaro e al., 1994).

SEZIONE ASSONOMETRICA
SCALA 1:20

Ingegneria Naturalistica sulla linea lenta SV-TO

L'occasione

Il 22 Settembre 1992 piogge intense e durature si sono riversate nel territorio della provincia di Savona, a ridosso della linea spartiacque compresa tra il Colle di Cadibona e il Passo dei Giovi, provocando **frane diffuse** di terreni superficiali (prevalenti *soil slip*, con concentrazioni areali dei fenomeni sino a 46 per km²) e la fuoriuscita dagli alvei di vari corsi d'acqua (vedi **figura**).

Nell'alto bacino del Lavanestro si sono avute interruzioni lungo la linea ferroviaria Savona-Torino (via Altare) a causa di numerose frane.

In particolare uno **smottamento** si è verificato a monte della ferrovia tra le progressive chilometriche 13+575 - 13+650, presso la vecchia stazione di **Cadibona** (293 s.l.m.).

E' qui che si è deciso di intervenire con il duplice scopo di risanare una situazione instabile e di organizzare un cantiere didattico.

Figura - Carta di raffronto tra la distribuzione areale della densità di dissesto, intesa come numero di frane per km² (n), secondo i vari simboli, e l'andamento delle isoiete relative all'evento del 22 settembre (da CNR, 1993)

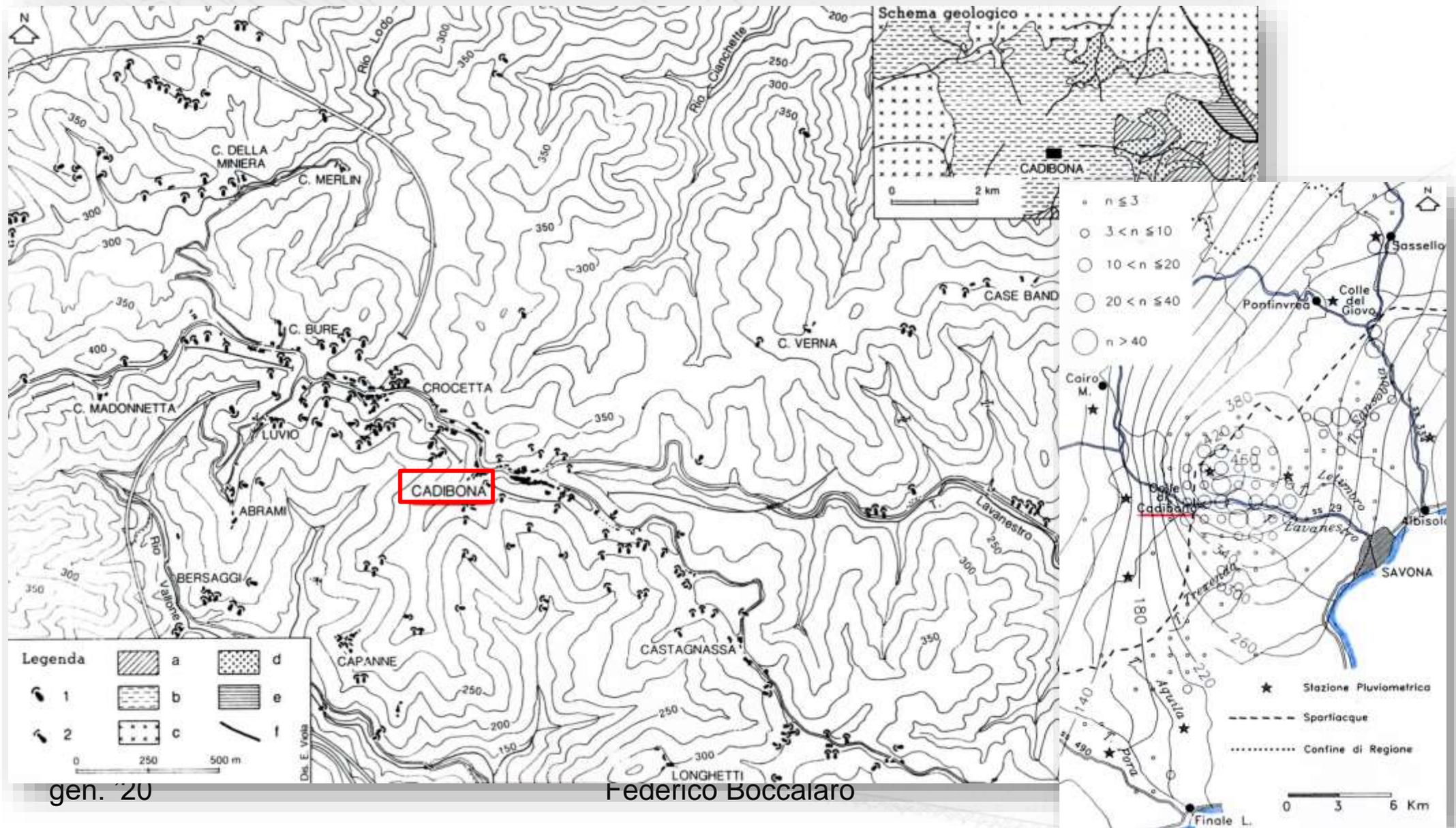


Figura - *Scivolamento di una casa rurale nel bacino del Lavanestro presso il Colle di Cadibona (da Boccalaro, 1994)*



Figura - *Visione d'insieme della frana* (da F. Boccalaro, 1994)



Ingegneria Naturalistica sulla linea lenta SV-TO

Aspetti organizzativi

Il programma del **corso teorico** ha contemplato argomenti come la botanica applicata (attitudine biotecnica delle piante), la geomorfologia applicata (azione degli eventi atmosferici, della gravità, delle acque correnti e marine) ed i metodi dell'Ingegneria Naturalistica (opere di modellamento, di regimazione idraulica, di sostegno, di rinverdimento). L'esposizione è stata integrata da lucidi, diapositive, audiovisivi e da un manuale tecnico elaborato e distribuito dalle Regioni Emilia Romagna e Veneto.

Il **corso pratico** ha comportato la realizzazione di alcuni interventi tipo di Ingegneria Naturalistica adattati alle caratteristiche del luogo e mirati a consolidare il pendio franoso sopra descritto; hanno operato **due squadre**, ciascuna composta mediamente da quattro operai.

SEZIONE ASSONOMETRICA
SCALA 1:20

Ingegneria Naturalistica sulla linea lenta SV-TO

Aspetti organizzativi

Ecco elencate le **tipologie di intervento**:

- grata semplice in legname con talee (sec. *Schiechtl*);
- rivestimento in rete e biofeltro;
- steccato in legname con talee (sec. *Florineth*);
- fascinata viva (sec. *Kraebel*);
- cordonata viva (sec. *Praxl*);
- messa a dimora di specie arbustive e arboree;
- inerbimento con semina a spaglio.

I lavori sono stati preceduti da un **progetto esecutivo** a cura R.F.I. - A.I.P.I.N. costituito da rilievo topografico, disegni, computo metrico-estimativo, analisi di redditività (vedi **figure** e **tavole**) che ha facilitato la promozione, l'approvvigionamento dei materiali e la realizzazione dell'iniziativa nei modi e tempi previsti.

SEZIONE ASSONOMETRICA
SCALA 1:20

Figura - Corografia dell'intervento (da F. Boccalaro, 1994)

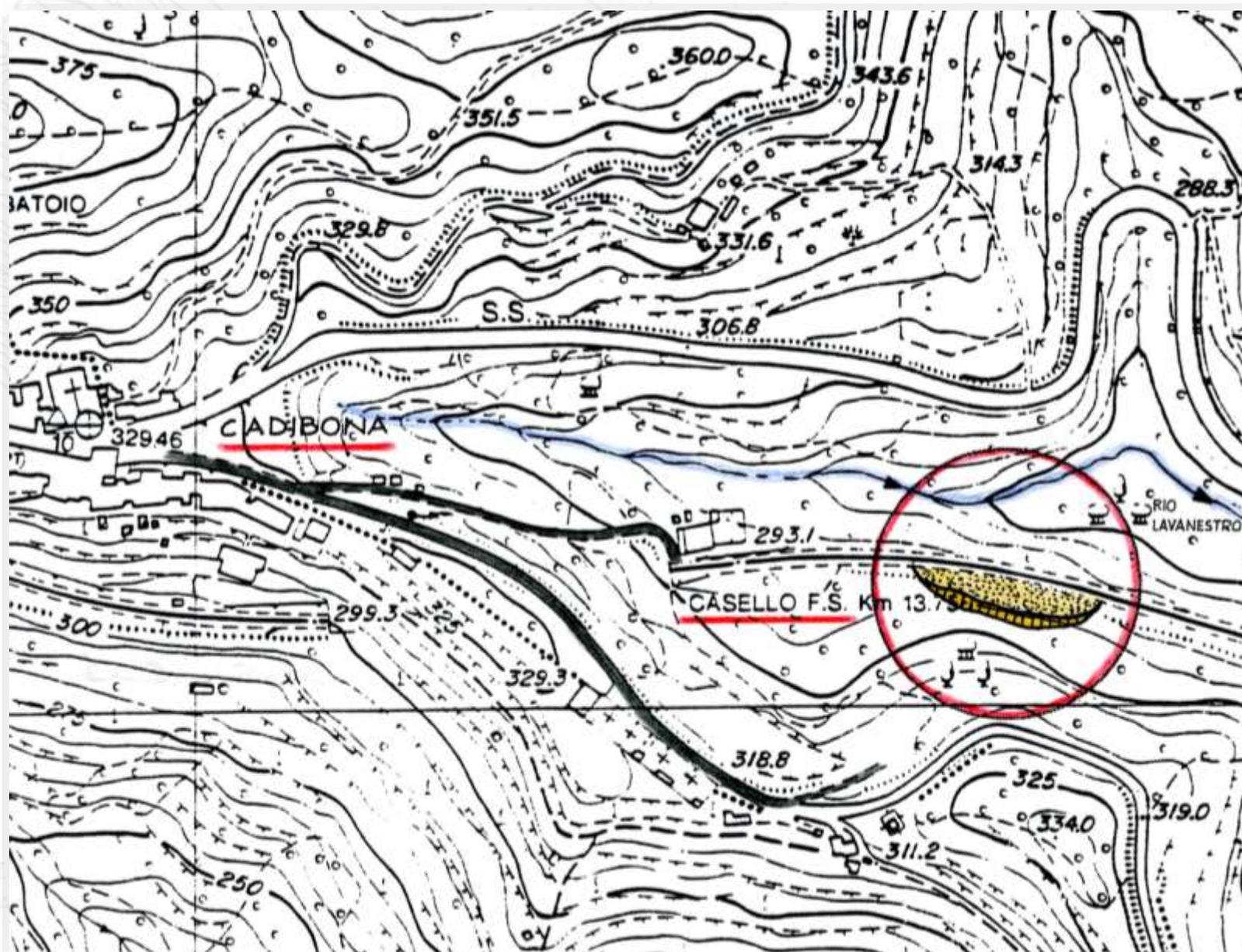


Figura - Pianta e sezioni dell'intervento (da F. Boccalaro, 1994)

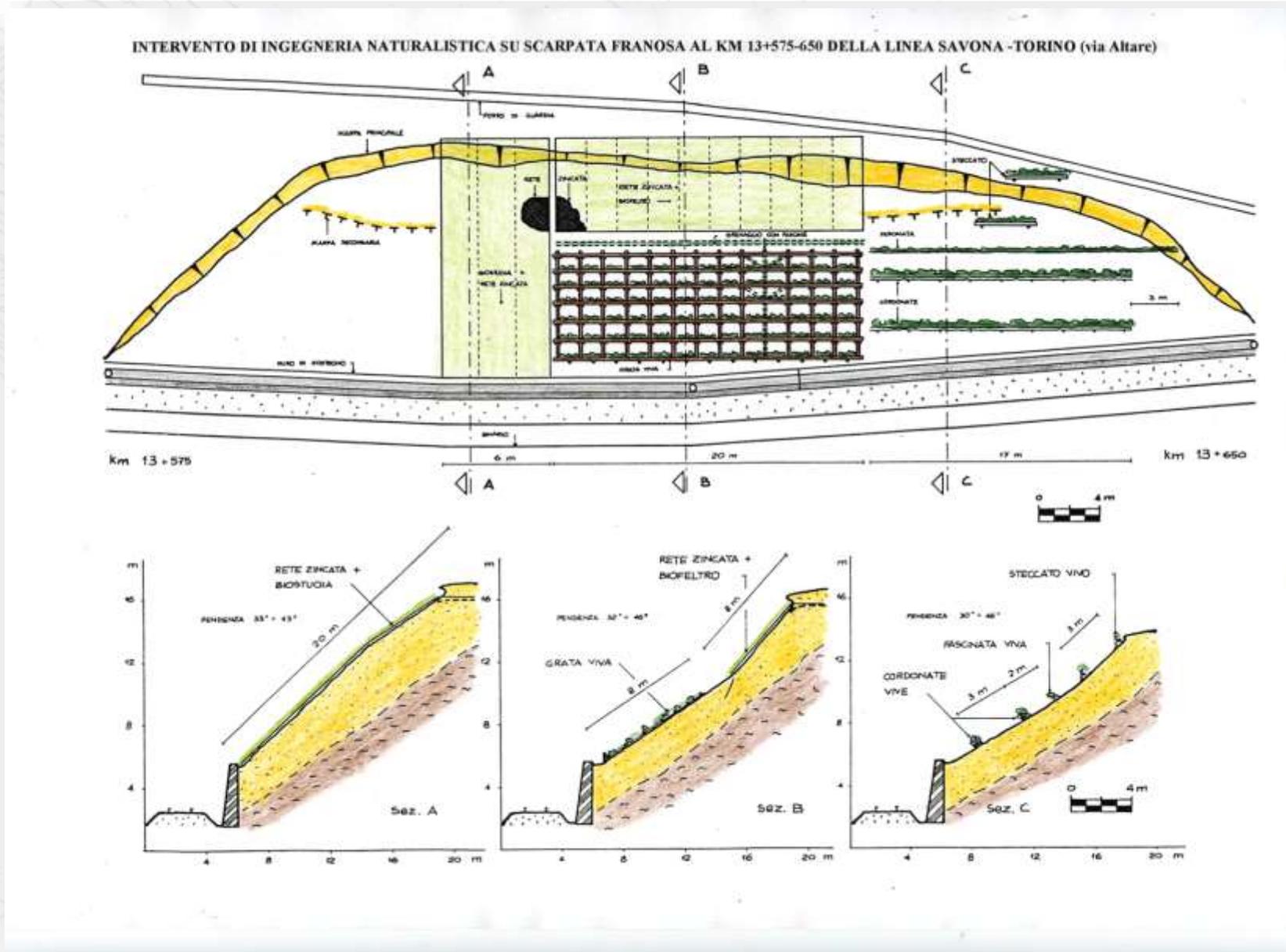


Figura - Visione d'insieme dell'intervento (da F. Boccalaro, 1994)



Figura - *Visione d'insieme dell'intervento* (da F. Boccalaro, 1995)



**Tavola - Specie arboree e arbustive previste nel progetto
esecutivo (da F. Boccalaro, 1994)**

**Piantine forestali concesse per il cantiere di Cadibona (annata
silvana 1994-95)**

Specie (scientifico)	Specie (comune)	Numero
<i>Fraxinus ornus</i>	Orniello	200
<i>Acer campestre</i>	Acero campestre	100
<i>Crataegus monogyna</i>	Biancospino	30
<i>Quercus petraea</i>	Rovere	100
<i>Acer pseudoplatanus</i>	Acero di Monte	50
<i>Cornus sanguinea</i>	Sanguinello	120
<i>Cytisus scoparius</i>	Ginestra dei carbonai	150

Tavola - *Vivaio Forestale "Pian dei Corsi"* - sito nel comune di Rialto, a 855 metri sul livello del mare, ha una superficie di oltre tre ettari (da F. Boccalaro, 1994)



Figura - Grata in legname con talee (da F. Boccalaro, 1994)

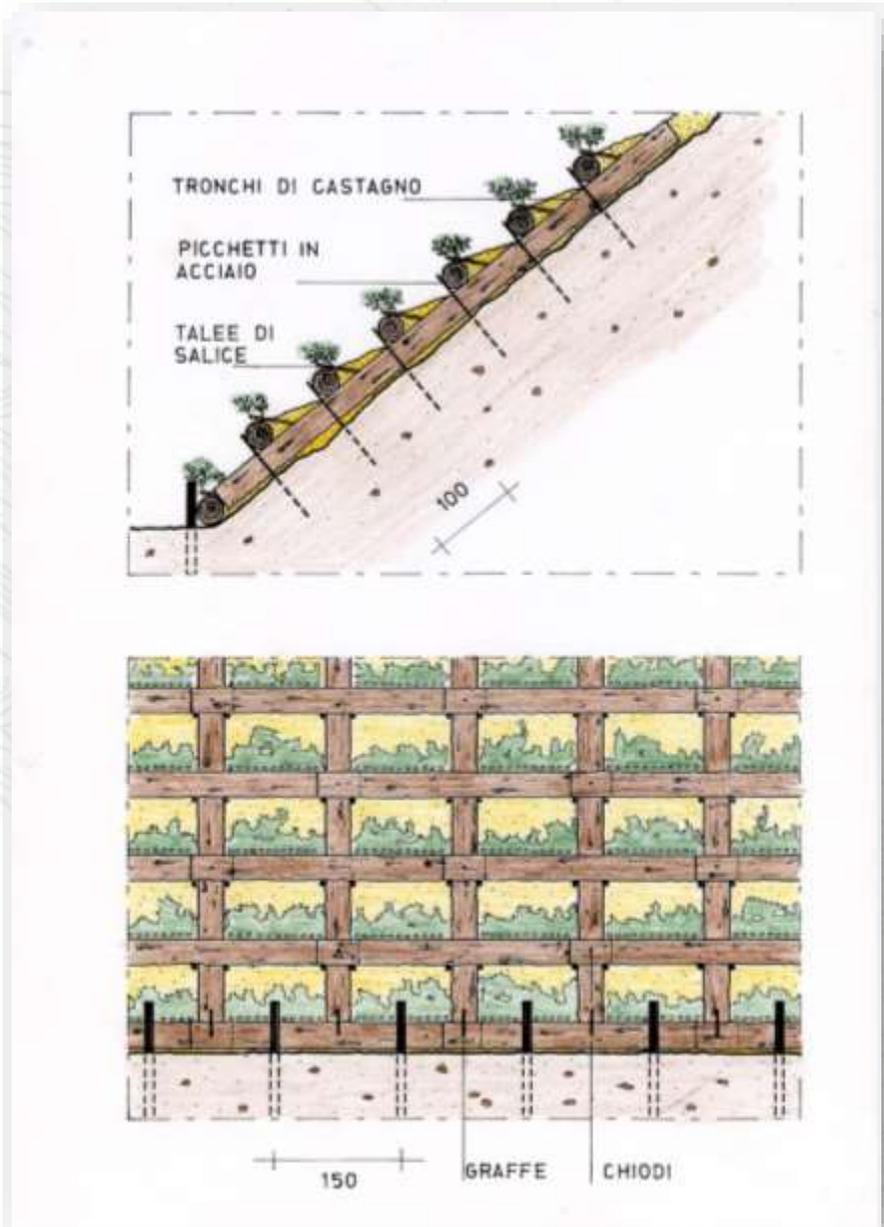


Figura - Grata in legname con talee (da F. Boccalaro, 1994)



Figura - Grata in legname con talee (da F. Boccalaro, 1994)



Figura - *Grata in legname con talee* (da F. Boccalaro, 1994)



Figura - Grata in legname con talee (da F. Boccalaro, 1995)



Figura - *Grata in legname con talee* (da F. Boccalaro, 2007)



Figura - Rivestimento vegetativo in rete e biofeltro (da F. Boccalaro, 1994)

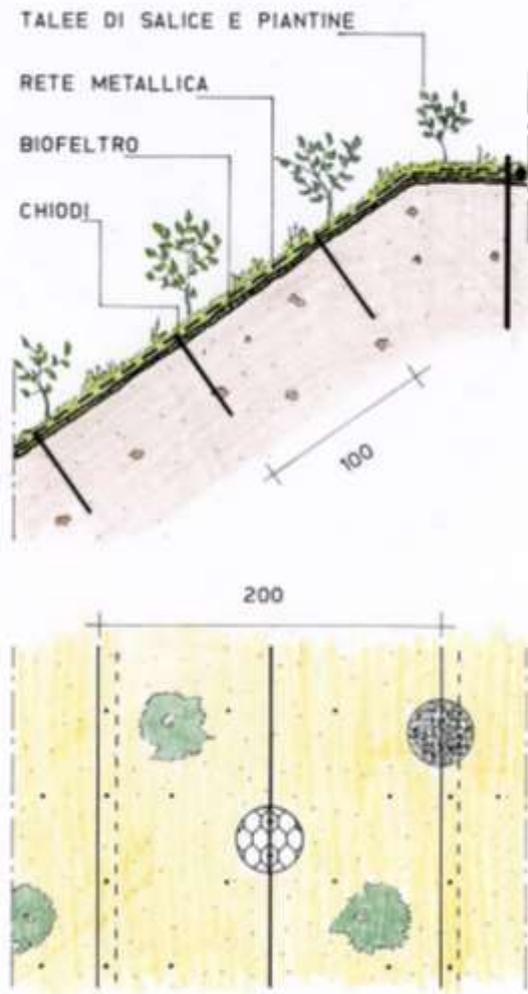


Figura - Rivestimento vegetativo in rete e biofeltro (da F. Boccalaro, 1994)



Figura - *Rivestimento vegetativo in rete e biofeltro* (da F. Boccalaro, 1995)

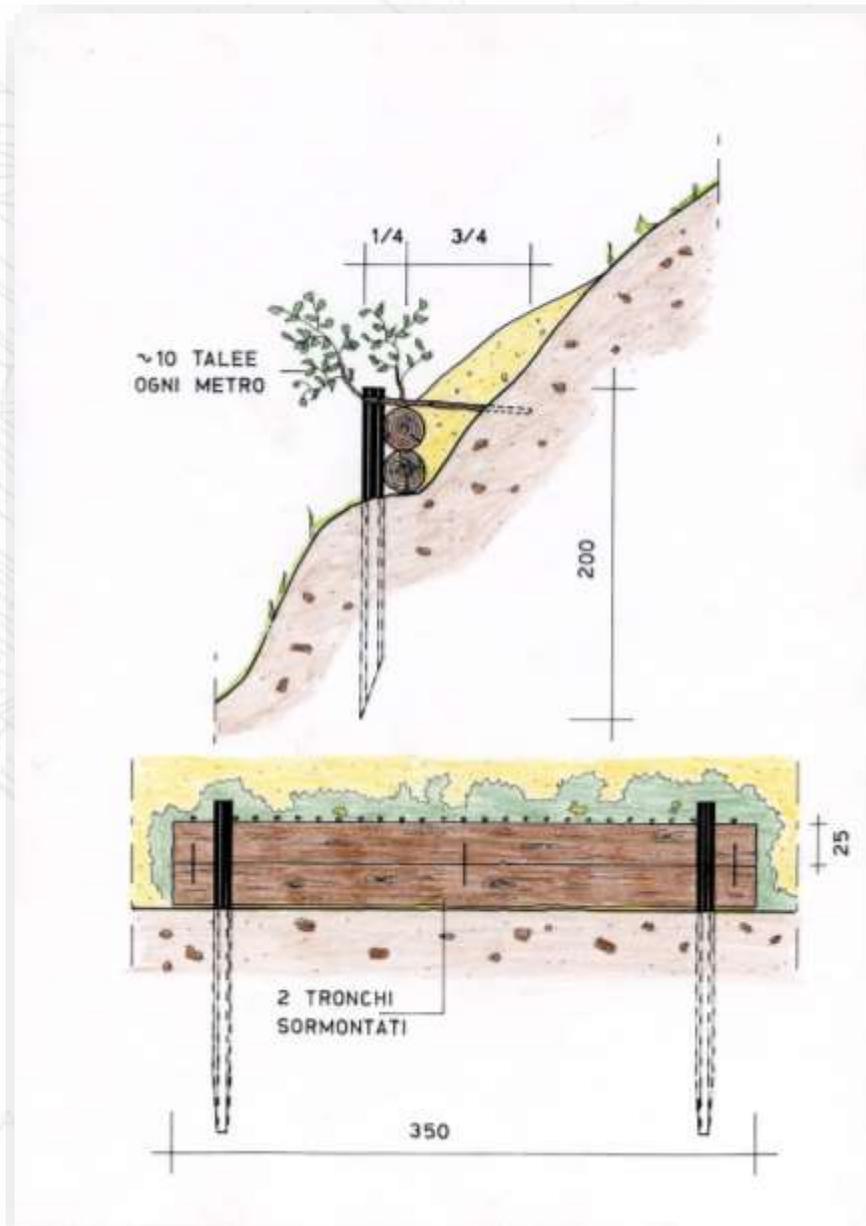


Figura - Rivestimento vegetativo in rete e biofeltro (da F. Boccalaro, 2007)



gen. '20

Figura - Steccato in legname con talee (da F. Boccalaro, 1994)



SEZIONE ASSONOMETRICA
SCALA 1:20

Figura - *Steccato in legname con talee* (da F. Boccalaro, 1994)



Figura - *Steccato in legname con talee* (da F. Boccalaro, 1995)



Figura - *Steccato in legname con talee* (da F. Boccalaro, 2007)



Figura - Fascinata viva (da F. Boccalaro, 1994)

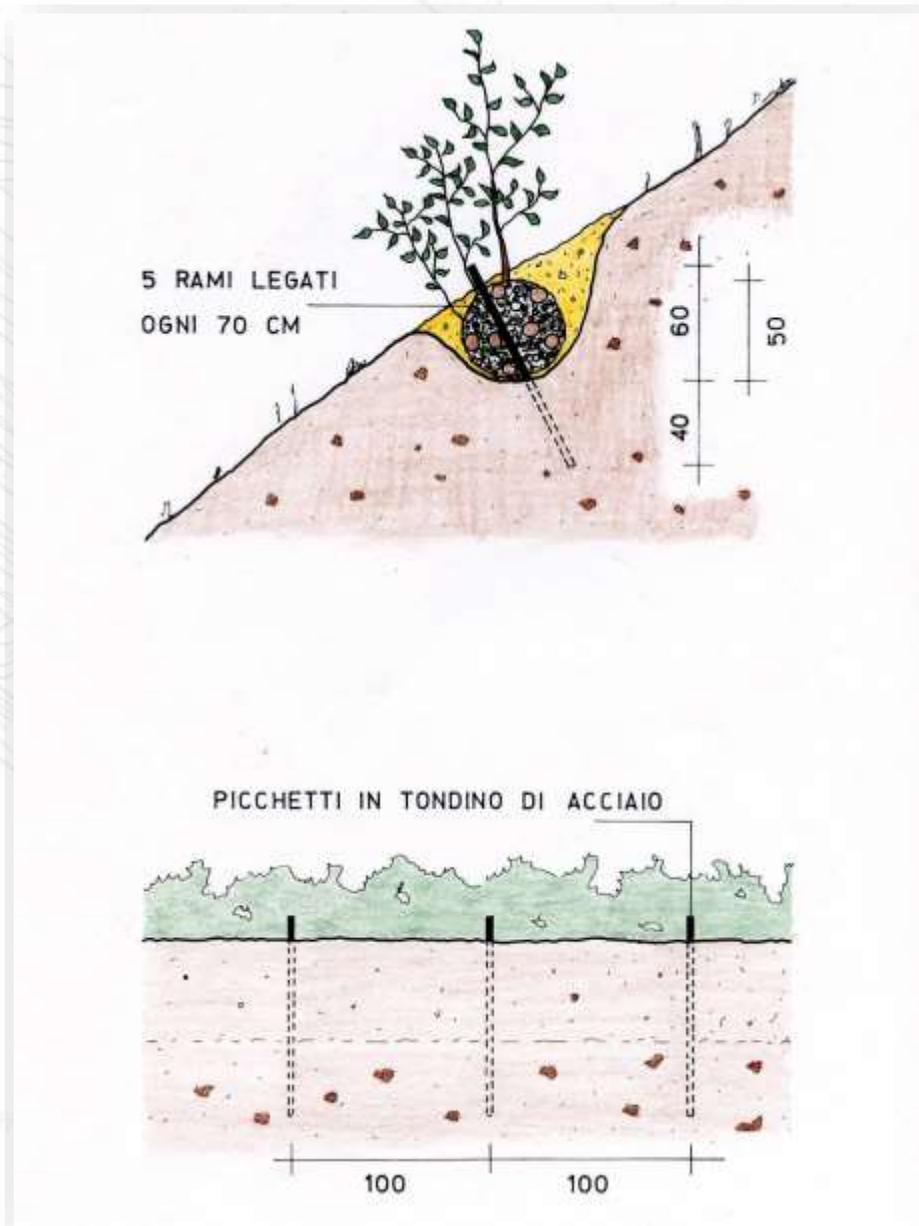


Figura - Fascinata viva (da F. Boccalaro, 1994)



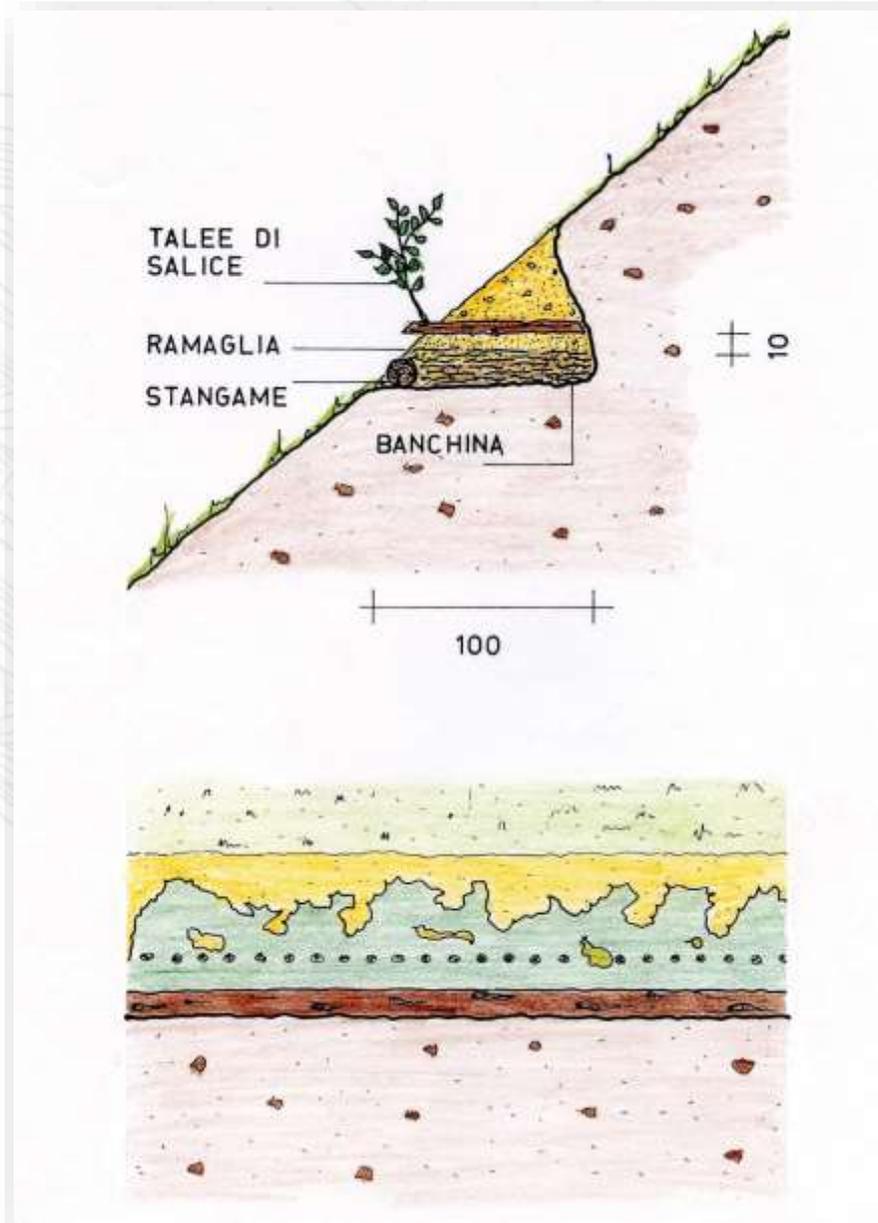
Figura - Fascinata viva (da F. Boccalaro, 1995)



Figura - Fascinata viva (da F. Boccalaro, 2007)



Figura - Cordonata viva (da F. Boccalaro, 1994)



SEZIONE ASSONOMETRICA
SCALA 1:20

Figura - *Cordonata viva* (da F. Boccalaro, 1994)



Figura - *Cordonata viva* (da F. Boccalaro, 1995)



Figura - *Cordonata viva* (da F. Boccalaro, 2007)



Tavola - Riepilogo dei tempi e costi degli interventi (da F. Boccalaro, 1994)

tipologia	sup. (m²)	operai (n°)	tempi u. ('/m²)	tempi (h)	costi u. (K£/m²)	costi (M£)
GRATA VIVA CON TALEE	160	8	150	400	166	26,5
BIOFELTRO E RETE	280	8	26	120	37	10,3
STECCATO (i=2m)	14	8	22	5	63	0,9
FASCINATA VIVA (i=3m)	102	8	18	30	17	1,7
CORDONATA VIVA (i=3m)	102	8	24	40	22	2,2
TOT.	658	8	54	595	63	41,6

Figura - Riepilogo dei tempi e costi degli interventi (da F. Boccalaro, 1994)

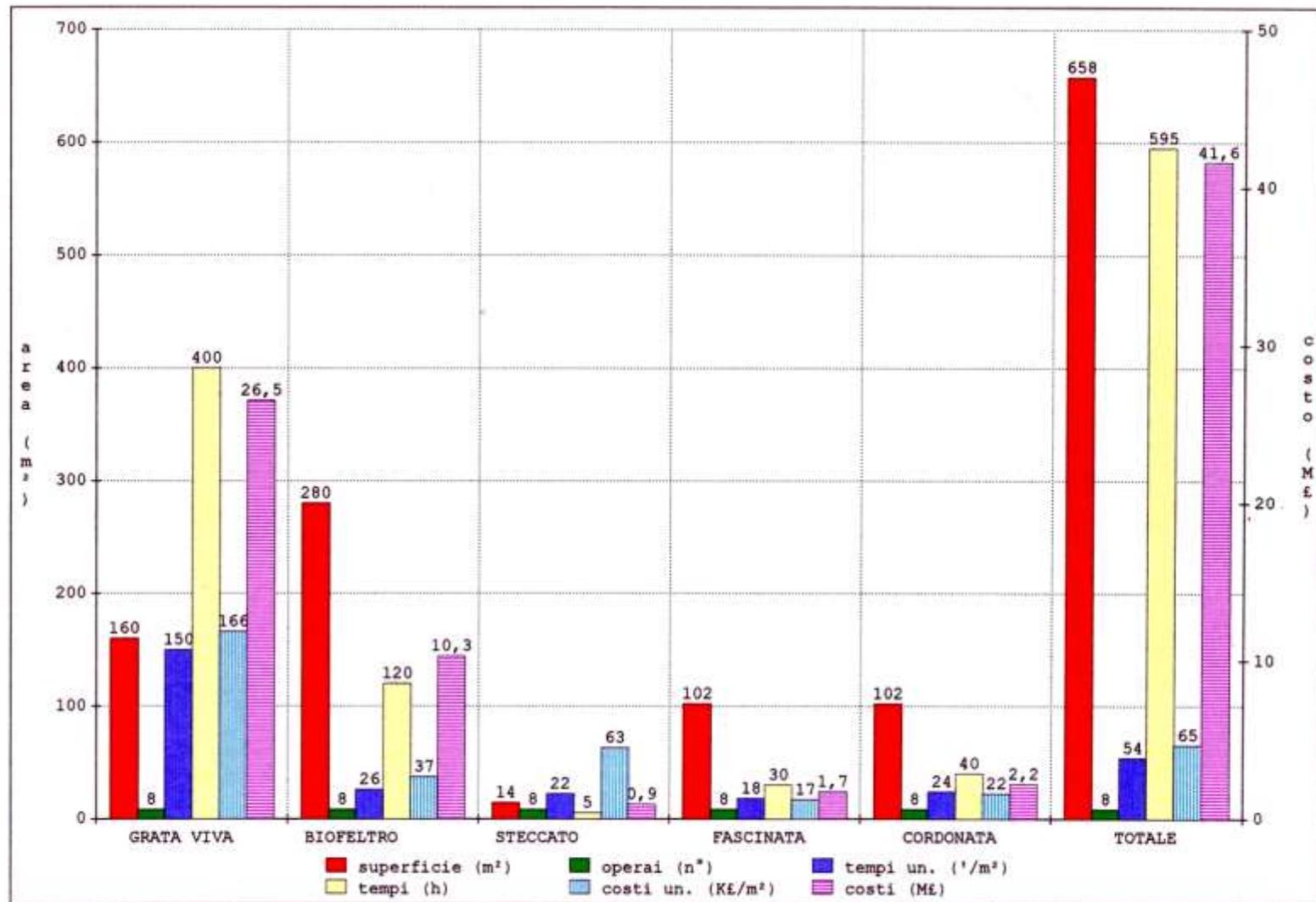


Figura - Intervento dopo 6 mesi (da F. Boccalaro, 1995)



Figura - Intervento dopo 9 mesi (da F. Boccalaro, 1995)



Figura - Intervento dopo 12 anni (da F. Boccalaro, 2007)



gen.

Ingegneria Naturalistica sulla linea veloce RM-NA

Soluzioni tecnico-ambientali nel progetto esecutivo

Al fine di **adattare** il più possibile il **tracciato** alla **morfologia dei luoghi**, pur mantenendo l'efficienza funzionale, in deroga alla specifiche tecniche del progetto AV, in alcuni tratti sono state adottate pendenze della livelletta fino al 21 per mille.

Per ottenere il massimo della **permeabilità visiva** dei **viadotti**, il progetto prevede campate spinte al limite dell'estremo superiore della fascia di convenienza tecnico-economica, e quindi campate di 34 m anziché 25.

Solo per i **fiumi** più importanti si sono adottate luci fino a 55 m, che comportano costi e problemi costruttivi eccezionali.

Per quanto attiene agli **imbocchi delle gallerie** sono previste soluzioni di minimo impatto paesaggistico con sezione a becco di flauto, riconfigurazione morfologica della zona, idrosemina e messa a dimora di specie arbustive autoctone.

Figura - Inserimento di viadotto nel paesaggio (da F. Boccalaro, 2004)



Figura - Viadotto "Liri" a S.Giovanni Incarico (da F. Boccalaro, 2005)



Figura - *Sistemazione di imbocco galleria naturale con biostuoia in paglia* (da F. Boccalaro, 2008)



Ingegneria Naturalistica sulla linea veloce RM-NA

Soluzioni tecnico-ambientali nel progetto esecutivo

Nel caso di **zone boscate** si è previsto il ripristino naturalistico con la ricostruzione della vegetazione tramite la messa a dimora di specie arbustive ed arboree.

Le opere di sistemazione dei **corpi idrici** interessati dal passaggio della linea sono state eseguite con l'utilizzo di **gabbioni e materassi** che garantiscono la ricopertura vegetale.

In casi particolari, dove le caratteristiche ambientali esigono maggiore attenzione progettuale, è stato considerato l'utilizzo di **tecniche di ingegneria naturalistica**, che prevedono la realizzazione di opere di consolidamento, la creazione di quinte e barriere, la rinaturalizzazione di ambienti compromessi, effettuata con l'ausilio di idonee specie vegetali.

Figura - Sistemazione di sponde del fiume Sacco al cavalcavia IV01 di Sgurgola con gabbioni e biostuoie (da F. Boccalaro, 2006)



Figura - Sistemazione di sponde del fiume Sacco al cavalcavia IV01 di Sgurgola con gabbioni e biostuoie (da F. Boccalaro, 2006)



Figura - Sistemazione di sponde del fiume Sacco al cavalcavia IV01 di Sgurgola con gabbioni e biostuoie (da F. Boccalaro, 2006)



Figura - Sistemazione di sponde del fiume Sacco al cavalcavia IV01 di Sgurgola con gabbioni e biostuoie (da F. Boccalaro, 2006)



Figura - Sistemazione di sponde del fiume Sacco al cavalcavia IV01 di Sgurgola con gabbioni e biostuoie (da F. Boccalaro, 2008)



Figura - Sistemazione di sponde del fiume Sacco al cavalcavia IV01 di Sgurgola con gabbioni e biostuoie (da F. Boccalaro, 2006)



Figura - Sistemazione di sponde del fiume Sacco al cavalcavia IV01 di Sgurgola con gabbioni e biostuoie (da F. Boccalaro, 2008)



Ingegneria Naturalistica sulla linea veloce RM-NA

Soluzioni tecnico-ambientali nel progetto esecutivo

Particolare attenzione è rivolta all'**inquinamento acustico**, principale elemento di preoccupazione da parte delle comunità locali interessate.

Per questo aspetto, infatti, le Ferrovie hanno attivato da tempo iniziative di ricerca sia sui rotabili che sull'infrastruttura.

Per quanto riguarda gli interventi sull'**infrastruttura**, essi riguardano essenzialmente l'impiego di **barriere antirumore**.

Le *performance* delle soluzioni tecnologiche, tradizionali o innovative, che sono state via via adottate, sono state oggetto di **monitoraggio** in fase di esercizio, per verificare l'effettivo abbattimento del disturbo acustico.



**Figura - Barriere con
montanti in legno
lamellare e pannello
in pmma o
polimetilmetacrilato
(da F. Boccalaro, 2000)**

Figura - Barriere in legno (da F. Boccalaro, 2000)



Figura - Barriere in metallo e pmma o polimetilmetacrilato (da F. Boccalaro, 2006)



gen. '20

152

Fig 6

Figura - *Barriere in muro cellulare rinverdito* (da F. Boccalaro, 2006)



Ingegneria Naturalistica sulla linea veloce RM-NA

Definizione degli interventi di mitigazione ambientale

Le opere di **mitigazione ambientale**, corrispondenti alla fase D del programma delle attività, sono comprese nelle tipologie di seguito riportate.

- **Rinverdimento scarpate** con palificate o steccati in legno, grate vive, terreno agrario, inerbimento e vegetazione arbustiva.
- **Schermatura pareti verticali** in c.a. con palificate in legno, terreno agrario, inerbimento e vegetazione arbustiva.
- **Consolidamento imbocchi** di gallerie con viminate vive e mantellate in cemento.
- **Schermatura impianti** di manutenzione e di sottostazione elettrica con barriere in legno riempite di terreno agrario, vegetazione arbustiva ed arborea.
- **Schermatura barriere antirumore** con barriere in legno riempite di terreno agrario, vegetazione arbustiva ed arborea.

Ingegneria Naturalistica sulla linea veloce RM-NA

Definizione degli interventi di mitigazione ambientale

- Rinverdimento tracciato con vegetazione arbustiva ed arborea.
- Inerbimento materassi di pietrame con terreno vegetale e idrosemina a spessore.

SEZIONE ASSONOMETRICA
SCALA 1:20

Figura - Mitigazione Ambientale EM04 (schermature) ad Anagni (da F. Boccalaro, 2006)



Figura - Mitigazione Ambientale EM04 (schermature) a Sgurgola
(da F. Boccalaro, 2007)



Figura - Mitigazione Ambientale EM04 (schermature) a Morolo (da F. Boccalaro, 2006)



gen. '20

194

Figura - Mitigazione Ambientale EM04 (schermature) a Morolo (da F. Boccalaro, 2008)



Figura - *Mitigazione Ambientale EM01 (palificate) a Lunghezza (da F. Boccalaro, 2005)*



Figura - *Mitigazione Ambientale EM01 (palificate) a Lunghezza (da F. Boccalaro, 2007)*



Figura - *Mitigazione Ambientale EM01 (palificate) a Lunghezza (da F. Boccalaro, 2008)*



Ingegneria Naturalistica sulla linea veloce RM-NA

Ripascimento scarpate per mitigazione ambientale

L'area di intervento più significativa è quella compresa tra l'imbocco sud della galleria GA19 "Sgurgola" e il rilevato RI74 (da km 68+624 a km 68+715). Il tratto è quasi interamente di pertinenza del comune di Sgurgola e di Ferentino.

L'opera prevede un sistema misto di **steccati**, ancorati e tirantati, disposti su due gradoni per il sostegno al piede, sormontati da delle **grate vive** intasate di terreno con biostuoie e talee di salice o da reti metalliche e **geostuoie** pacciamate ed inerbite con *mulch* e terriccio. È presente una schermatura dell'impianto mediante vegetazione arbustiva.

L'estensione dell'intervento è di 160 mq.

SEZIONE ASSONOMETRICA
SCALA 1:20

Figura - Mitigazione Ambientale EM04 a Sgurgola (da F. Boccalaro, 2006)

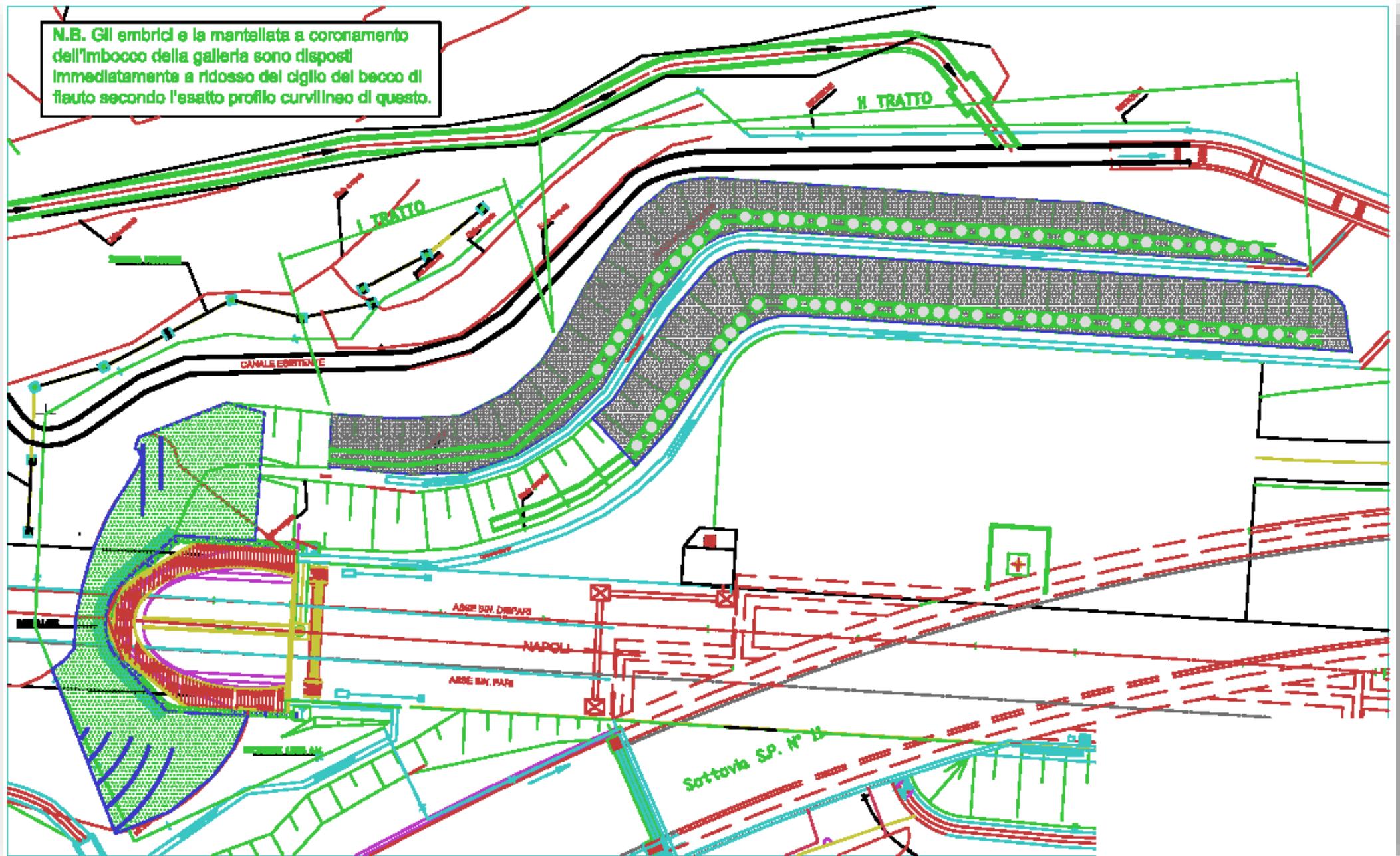


Figura - Mitigazione Ambientale EM04 a Sgurgola (da F. Boccalaro, 2006)

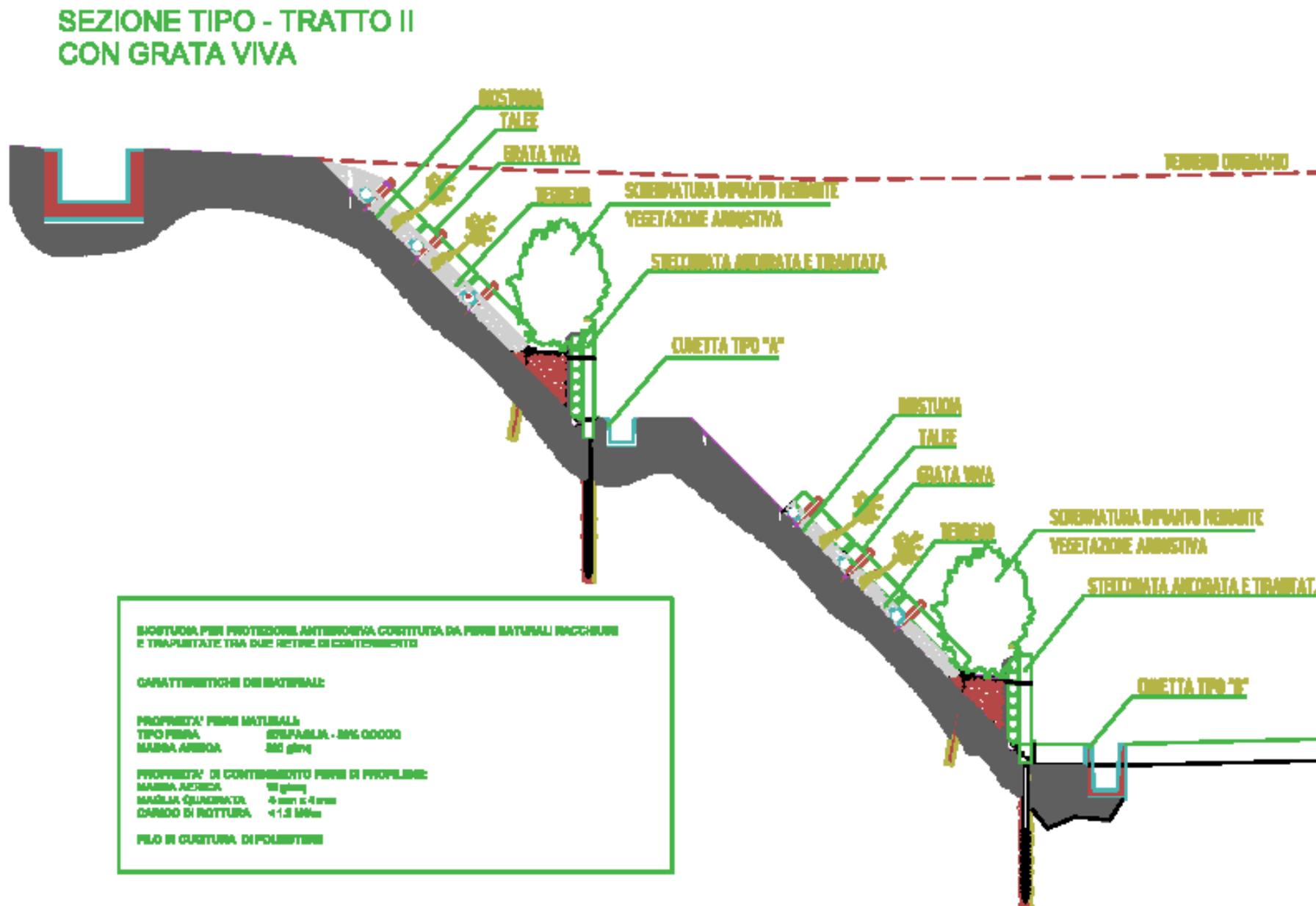


Figura - Mitigazione Ambientale EM04 a Sgurgola (da F. Boccalaro, 2006)

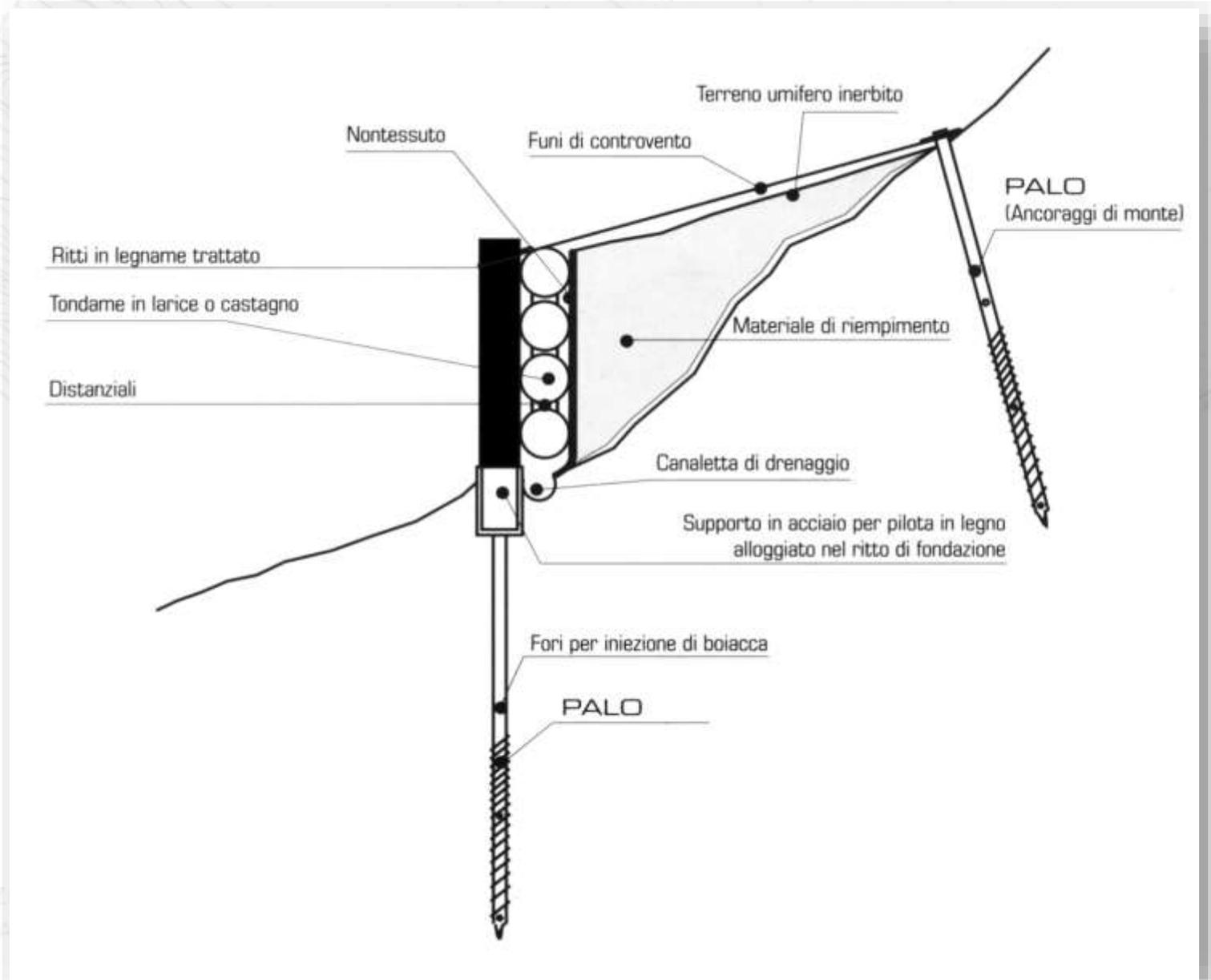


Figura - Mitigazione Ambientale EM04 a Sgurgola (da F. Boccalaro, 2005)

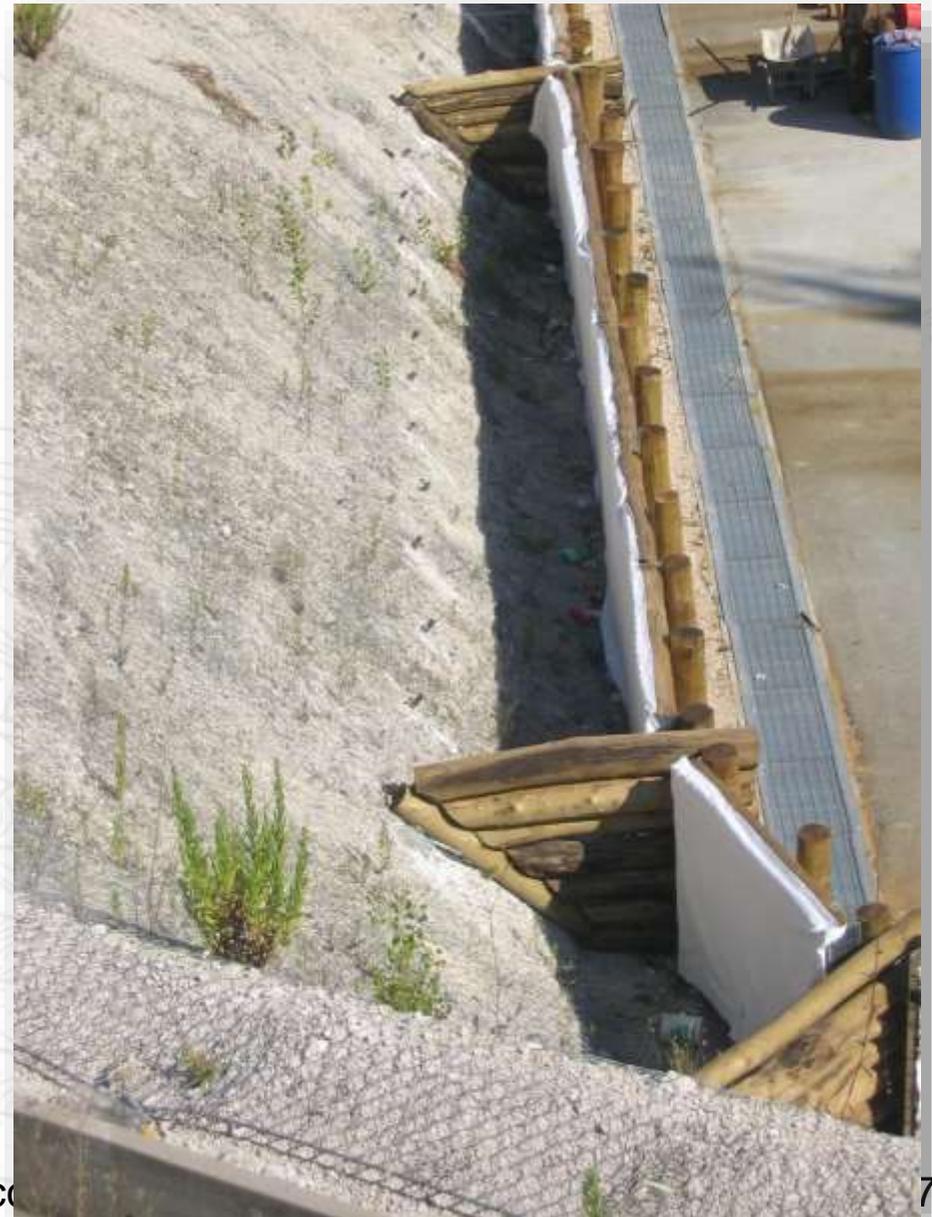


Figura - Mitigazione Ambientale EM04 a Sgurgola (da F. Boccalaro, 2005)



Figura - Mitigazione Ambientale EM04 a Sgurgola (da F. Boccalaro, 2005)



Figura - Mitigazione Ambientale EM04 a Sgurgola (da F. Boccalaro, 2006)

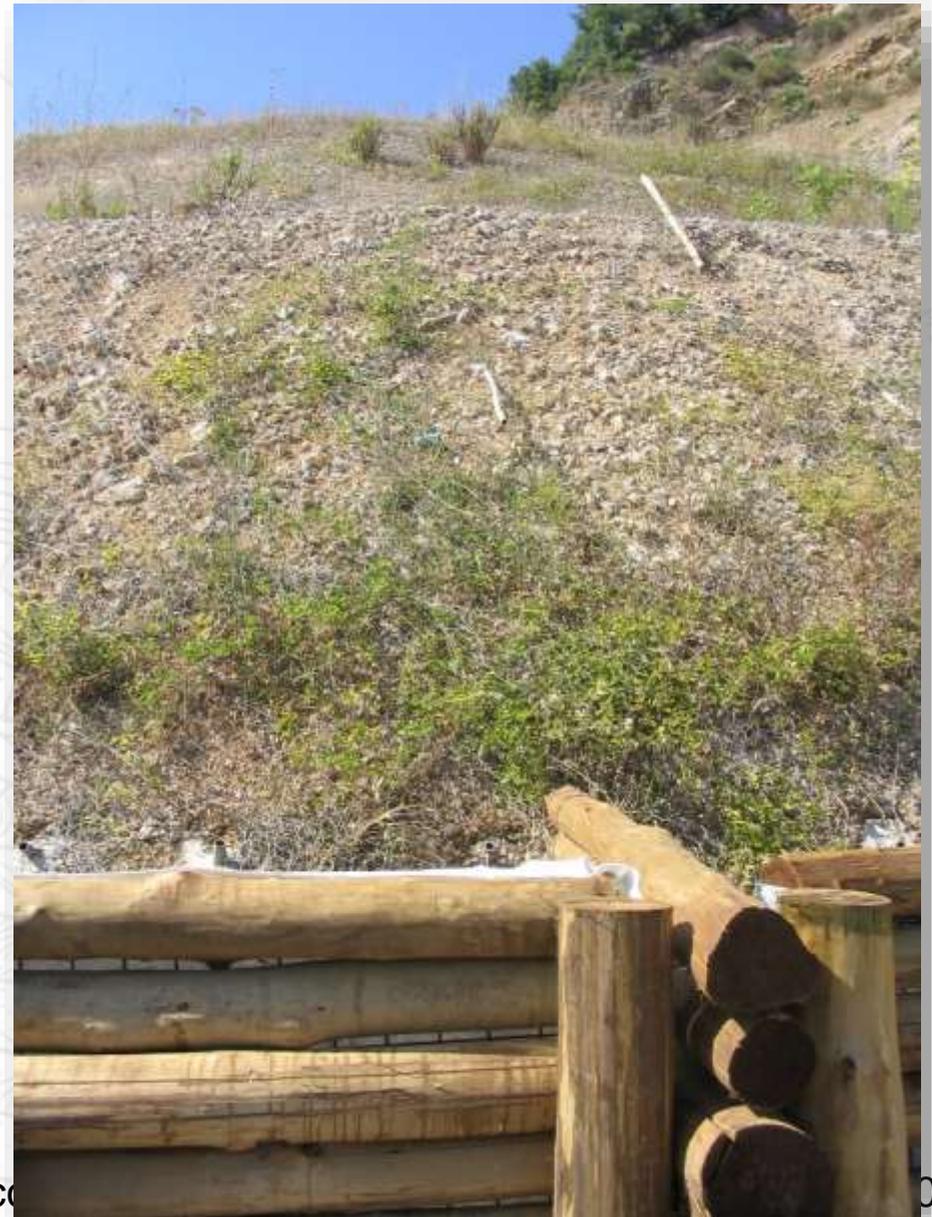


Figura - Mitigazione Ambientale EM04 a Sgurgola (da F. Boccalaro, 2005)



gen. '20

211

Figura - Mitigazione Ambientale EM04 a Sgurgola (da F. Boccalaro, 2005)



gen. '20

212

Figura - Mitigazione Ambientale EM04 a Sgurgola (da F. Boccalaro, 2005)

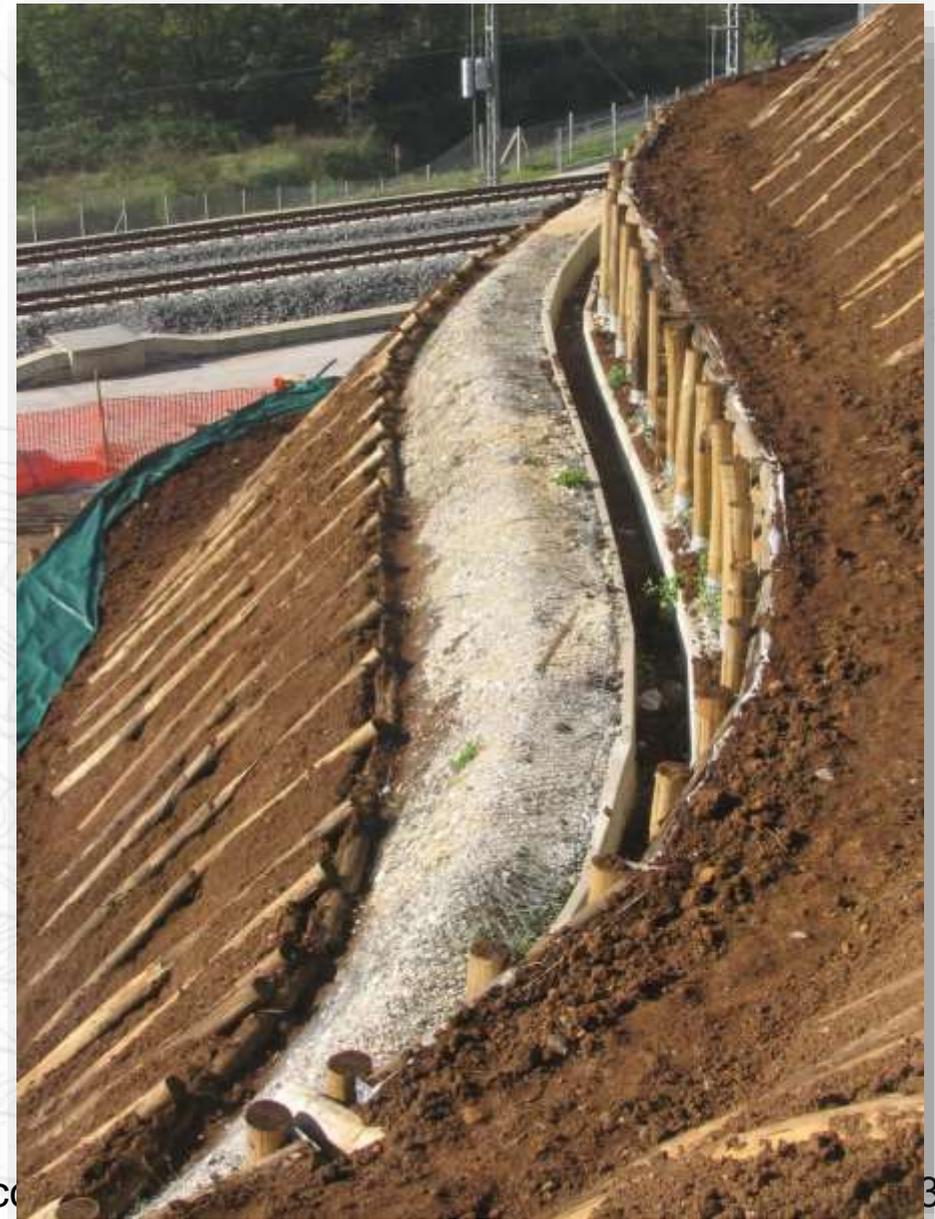


Figura - Mitigazione Ambientale EM04 a Sgurgola (da F. Boccalaro, 2006)



SEZIONE ASSONOMETRICA
SCALA 1:20

gen. '20

Federico Boccalaro

214

Figura - Mitigazione Ambientale EM04 a Sgurgola (da F. Boccalaro, 2006)



gen. '20

215

Figura - Mitigazione Ambientale EM04 a Sgurgola (imbocco sud GA19) (da F. Boccalaro, 2006)



Figura - Mitigazione Ambientale EM04 a Sgurgola (da F. Boccalaro, 2006)



Figura - Mitigazione Ambientale EM04 a Sgurgola (da F. Boccalaro, 2006)



gen. '20

218

Figura - Mitigazione Ambientale EM04 a Sgurgola (da F. Boccalaro, 2008)



gen. '20

219

Figura - Mitigazione Ambientale EM04 a Sgurgola (da F. Boccalaro, 2008)



gen. '20

220

Fig 6

Figura - Mitigazione Ambientale EM04 a Sgurgola (da F. Boccalaro, 2008)

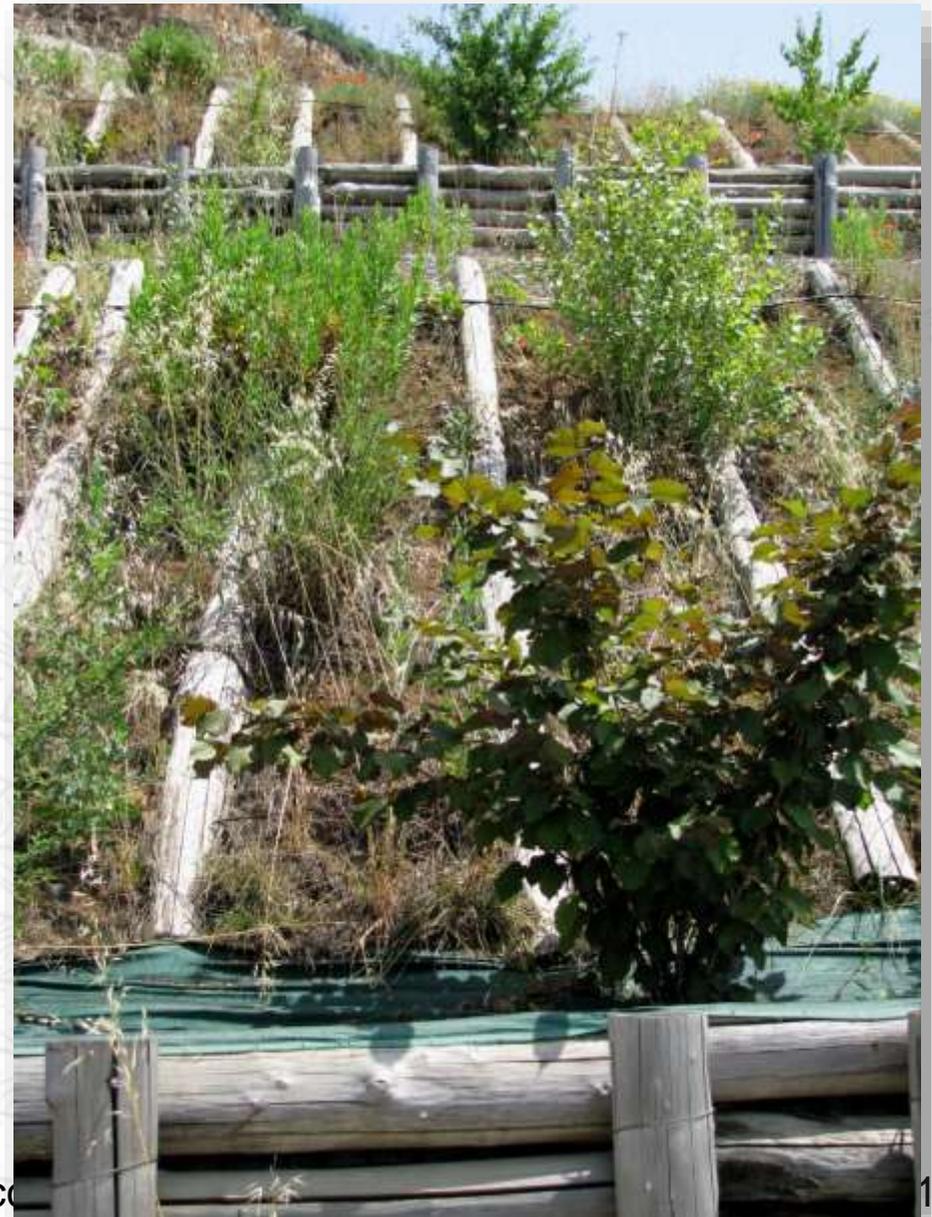


Figura - Mitigazione Ambientale EM04 a Sgurgola (da F. Boccalaro, 2008)



gen. '20

222

Figura - Mitigazione Ambientale EM04 a Sgurgola (da F. Boccalaro, 2014)



Figura - Mitigazione Ambientale EM04 a Sgurgola (da F. Boccalaro, 2014)



Figura - Mitigazione Ambientale EM04 a Sgurgola (da F. Boccalaro, 2014)



Qualche esempio: Milano - Bologna

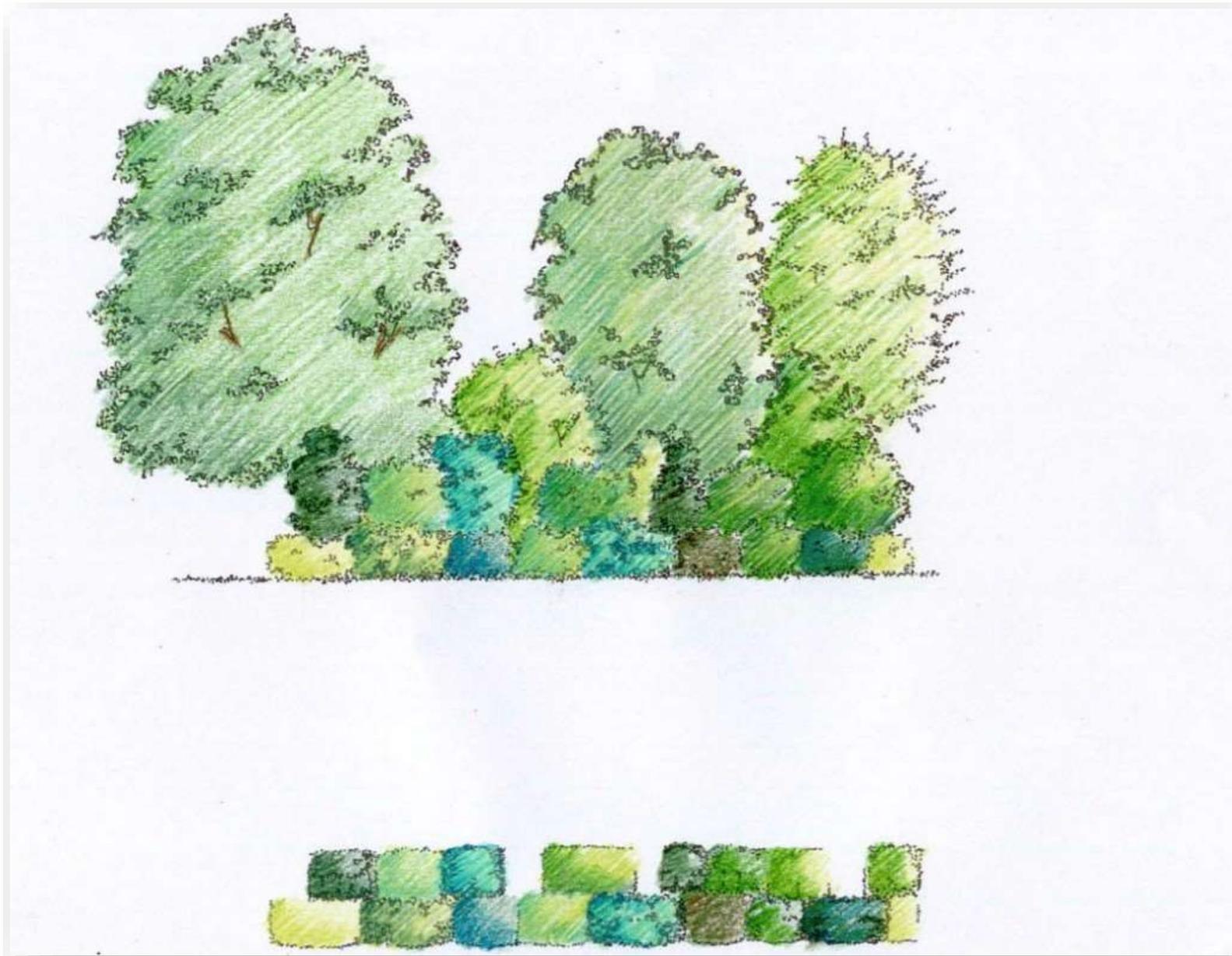
Il progetto di inserimento paesaggistico della ferrovia Alta Velocità in comune di **Modena**, si è proposto di rendere compatibile il tracciato ferroviario con la trama del **paesaggio agrario**, con interventi di inserimento paesaggistico e di mitigazione, in cui la vegetazione viene utilizzata per integrare la linea ferroviaria nel contesto, facendo prevalere la percezione determinata dalla trama del paesaggio agrario, rispetto al nuovo asse ferroviario. Contestualmente il progetto ha definito un nuovo disegno del paesaggio rurale, salvaguardando e potenziando la matrice ambientale esistente.

Le esigenze di mitigazione visiva e di riqualificazione ambientale hanno portato ad individuare alcuni **schemi tipologici di vegetazione** (siepi, siepi alberate, filari, fasce boscate, bosco), utilizzate nelle diverse situazioni. Le piante scelte, nelle loro consociazioni, rappresentano la fase *climax* nell'ambiente padano.

MILANO – BOLOGNA *Mitigazione Ambientale a Modena*



MILANO – BOLOGNA *Mitigazione Ambientale a Modena*



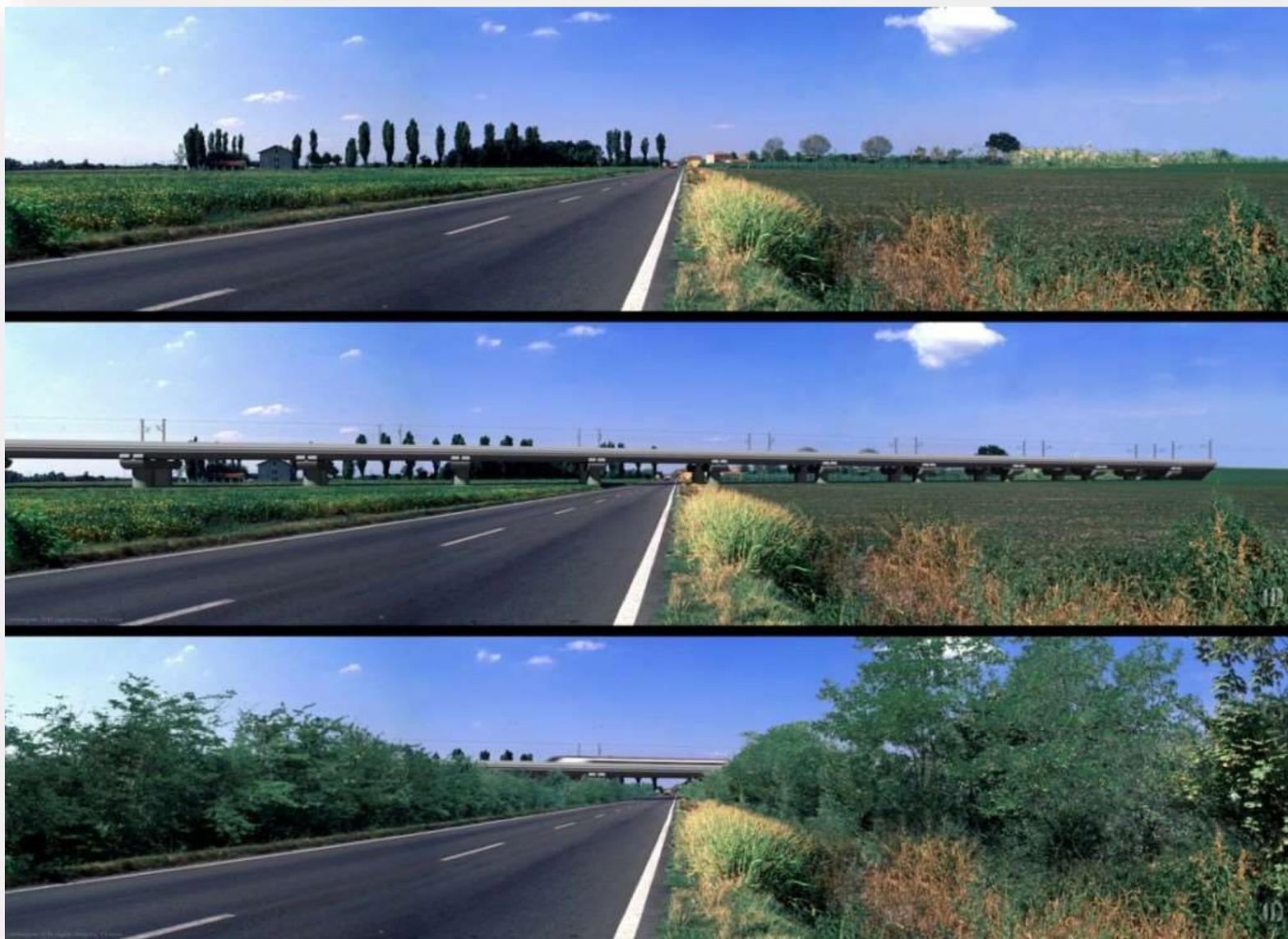
MILANO – BOLOGNA *Mitigazione Ambientale a Modena*



MILANO – BOLOGNA *Mitigazione Ambientale a Modena*



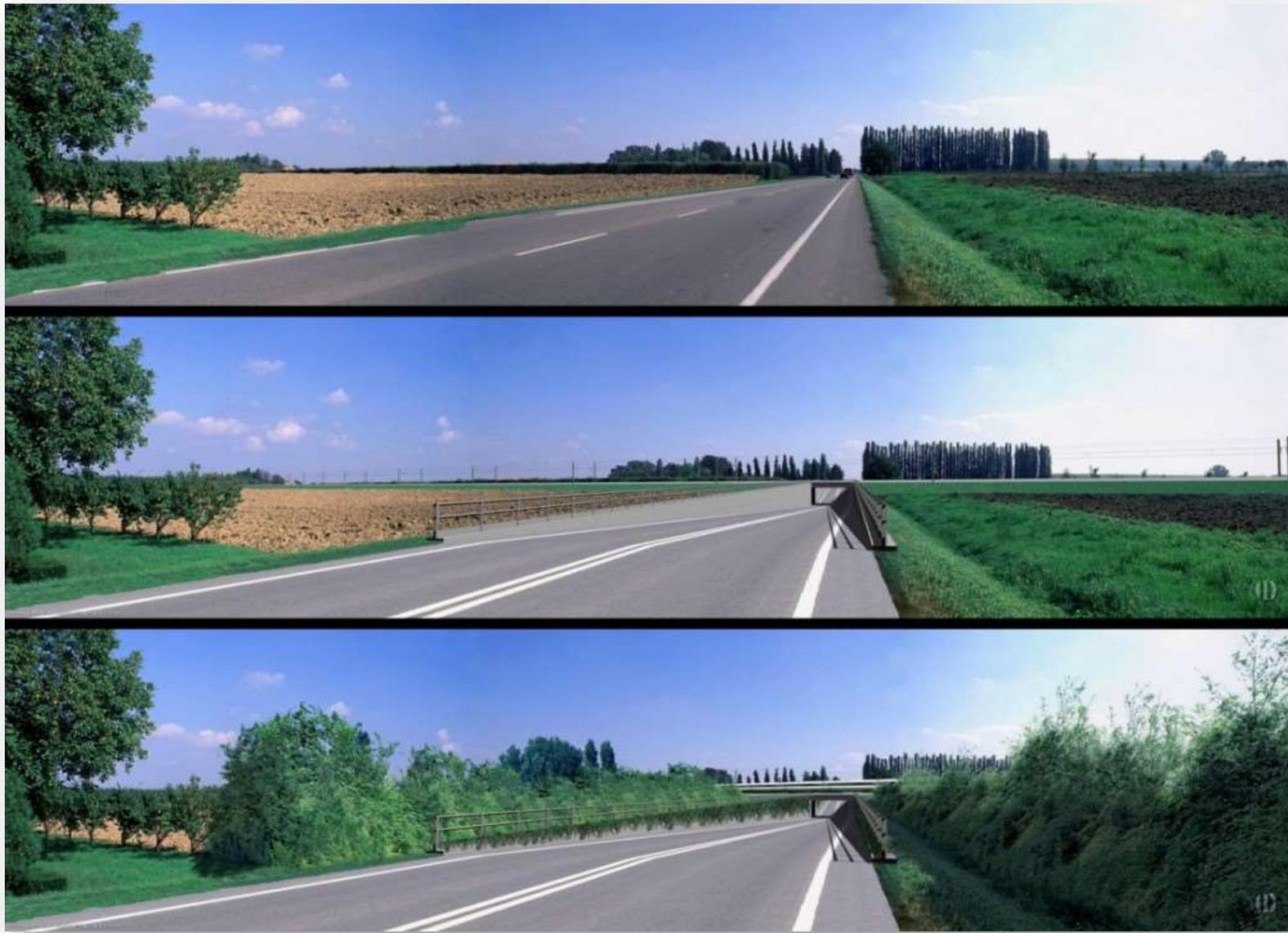
MILANO – BOLOGNA *Mitigazione Ambientale a Modena*



MILANO – BOLOGNA *Mitigazione Ambientale a Modena*



MILANO – BOLOGNA *Mitigazione Ambientale a Modena*



Qualche esempio: Torino - Milano

Il cantiere della nuova ferrovia è stato attivo, al massimo del suo sviluppo, su una lunghezza complessiva di oltre 85 chilometri. Lungo gran parte del rilevato, in corrispondenza degli attraversamenti dei corsi d'acqua e dei parchi fluviali e anche in alcune aree urbane sono stati realizzati inerbimenti, rimboschimenti di diverse tipologie di bosco e giardini, parchi urbani e quinte alberate.

Si è trattato indubbiamente di una delle maggiori realizzazioni di opere a verde e sistemazione ambientale e naturalistica in Europa degli ultimi anni.

L'Osservatorio Ambientale ha verificato i progetti esecutivi e gli adattamenti proposti nonché la qualità degli interventi e gli attecchimenti delle piante messe a dimora, prescrivendo eventuali modifiche dettate dalle condizioni locali, il risarcimento di fallanze in caso di impianti non eseguiti a regola d'arte o la sostituzione di esemplari di specie non previste in progetto.

TORINO - MILANO *Mitigazione Ambientale a Brandizzo*



TORINO - MILANO *Mitigazione Ambientale su torrente Agogna*



Qualche esempio: Torino - Milano

Per mitigare l'effetto cesura dell'infrastruttura, nelle aree particolarmente sensibili, sono stati previsti interventi di **deframmentazione** atti a ripristinare la continuità ecologica.

Lungo i corsi d'acqua interferiti, sono state **potenziate le fasce di vegetazione igrofila**, nelle aree di interesse faunistico sono stati inseriti, in corrispondenza dei flussi biotici principali, **attraversamenti faunistici** che consentono, in affiancamento al tombino idraulico, il transito degli animali selvatici.

TORINO - MILANO *Elementi di connettività ecologica*



TORINO - MILANO *Connettività ecologica: passaggio faunistico*



Qualche esempio: Torino - Milano

Nel **Parco del Ticino**, le azioni di mitigazione dell'impatto esercitato dall'attraversamento della linea ferroviaria sono state indirizzate alla creazione di zone pregiate (**core**) e tampone (**buffer**) e **corridoi ecologici** con l'intento di potenziare la rete ecologica di un ecosistema così delicato come quello del parco.

Un consistente corridoio ecologico che corre parallelamente alla linea, è stato realizzato introducendo **specie arboreo-arbustive**, mesofile o igrofile, in modo da connettere la cenosi sia con formazioni boschive autoctone marginali, sia con la fitta rete di corsi d'acqua.

In questo caso è evidente l'intento di congiungere recupero ambientale e paesaggistico, esaltando la **funzionalità del corridoio** a mitigare anche l'impatto visivo dell'opera infrastrutturale.

TORINO - MILANO *Corridoio ecologico del Parco del Ticino*

CORRIDOIO ECOLOGICO
DEL PARCO DEL TICINO



► Parco del Ticino – Interventi di mitigazione ambientale ed inserimento paesaggistico della Linea ferroviaria AV.

TORINO - MILANO *Corridoio ecologico del Parco del Ticino*



CORRIDOIO ECOLOGICO
DEL PARCO DEL TICINO



- Creazione di laghetti naturaliformi con funzione di drenaggio delle acque di piattaforma ferroviaria.

Qualche esempio: Torino - Milano

Le cave a fosso di S. Pietro Mosezzo sono state adibite a laghetti artificiali per attività di pesca sportiva. In questo caso, in aggiunta alle **funzionalità ambientali**, l'approccio progettuale ha consentito di assolvere anche a **funzionalità sociali**.

Il recupero delle cave dismesse ha contemplato, oltre alla realizzazione dell'impianto di stabulazione per l'**allevamento del pesce**, anche l'esecuzione di una **viabilità anulare**, la realizzazione di parcheggi, l'arredo funzionale alla sosta nelle **aree verdi**.

Il recupero paesaggistico è avvenuto attraverso una serie di opere realizzate nel rispetto sia delle caratteristiche ambientali e fitogeografiche del territorio, sia della fruizione ludico-sportiva dell'area recuperata.

TORINO - MILANO *Ripristino della cava dismessa di S. Pietro Mosezzo (MO)*

Le cave a fosso di S. Pietro Mosezzo sono state adibite a laghetti artificiali per attività di pesca sportiva. In questo caso, in aggiunta alle funzionalità ambientali, l'approccio progettuale ha consentito di assolvere anche a funzionalità sociali. Il recupero delle cave dismesse ha contemplato, oltre alla realizzazione dell'impianto di stabulazione per l'allevamento del pesce, anche l'esecuzione di una viabilità anulare, la realizzazione di parcheggi, l'arredo funzionale alla sosta nelle aree verdi. Il recupero paesaggistico è avvenuto attraverso una serie di opere realizzate nel rispetto sia delle caratteristiche ambientali e fitogeografiche del territorio, sia della fruizione ludico-sportiva dell'area recuperata.



RIPRISTINO DELLA CAVA
DISMESSA DI
S. PIETRO MOSEZZO (NO)

► Planimetria con gli interventi di ricicatura ambientale e di riqualificazione dell'area con la formazione dei collegamenti per le nuove modalità di fruizione.

TORINO - MILANO *Ripristino della cava dismessa di S. Pietro Mosezzo (MO)*

RIPRISTINO DELLA CAVA
DISMESSA DI
S. PIETRO MOSEZZO (NO)

▼ Profilo longitudinale con la differenziazione delle masse arboree in funzione della valorizzazione paesaggistica ed ambientale.



TORINO - MILANO *Ripristino della cava dismessa di S. Pietro Mosezzo (MO)*



RIPRISTINO DELLA CAVA DISMESSA DI SEDRIANO (MI)

► Planimetria con gli interventi di ripristino ambientale : formazione di area umida e masse arboree con funzione di filtro.



► Caratterizzazione paesaggistica lungo le sponde dell'area umida con la creazione di vegetazione igrofila.

TORINO - MILANO *Ripristino della cava dismessa di S. Pietro Mosezzo (MO)*



RIPRISTINO DELLA CAVA
DISMESSA DI
SEDRIANO (MI)



► Formazione di area umida e rinaturalizzazione delle aree interferite.

GRAZIE PER L'ATTENZIONE

24 gennaio 2020 – Roma

Ingegneria Naturalistica Infrastrutturale

Federico Boccalaro ingegnere ambientale