

APPENDICE N
PROGETTO DI RINATURALIZZAZIONE DI CAVA CARPINETI
(DOC. NO. 10-689-H14, REV. 1, LUGLIO 2012)



REC S.r.l.

Milano, Italia

**Impianto Idroelettrico
di Regolazione sul Bacino di
Campolattaro (BN)**

**Rinaturalizzazione
Ambientale di Cava
Carpineti**

REC S.r.l.

Milano, Italia

**Impianto Idroelettrico
di Regolazione sul Bacino di
Campolattaro (BN)**

**Rinaturalizzazione
Ambientale di Cava
Carpineti**

Preparato da	Firma	Data
Francesca Tortello	<u>Francesca Tortello</u>	<u>31 Luglio 2012</u>
Controllato da	Firma	Data
Chiara Valentini	<u>Chiara Valentini</u>	<u>31 Luglio 2012</u>
Marco Compagnino	<u>Marco Compagnino</u>	<u>31 Luglio 2012</u>
Approvato da	Firma	Data
Claudio Mordini	<u>Claudio Mordini</u>	<u>31 Luglio 2012</u>
Sottoscritto da	Firma	Data
Roberto Carpaneto	<u>R. Carpaneto</u>	<u>31 Luglio 2012</u>

Rev.	Descrizione	Preparato da	Controllato da	Approvato da	Sottoscritto da	Data
1	Seconda Emissione	FRT	CHV/MCO	CSM	RC	Luglio 2012
0	Prima Emissione	FRT	CHV/CSM	PAR	RC	Ottobre 2011

INDICE

	<u>Pagina</u>
ELENCO DELLE FIGURE ALLEGATE	III
1 INTRODUZIONE	1
2 INQUADRAMENTO DELL'AREA DI INTERESSE (CAVA CARPINETI)	4
2.1 INQUADRAMENTO PROGRAMMATICO	4
2.1.1 Piano Regionale delle Attività Estrattive (PRAE)	4
2.1.2 Piano Urbanistico Comunale (PUC) di Pontelandolfo	6
2.2 DESCRIZIONE DELL'AREA	7
2.3 INQUADRAMENTO FLORO-VEGETAZIONALE DELL'AREA	9
2.3.1 Querceto Misto	10
2.3.2 Arbusteto Misto	10
2.3.3 Macchia a Spartium Junceum	11
2.3.4 Prateria Arida	11
3 DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI STRUTTURALI DI SISTEMAZIONE DELLA CAVA CARPINETI	12
3.1 DESCRIZIONE DEL METODO DI STOCCAGGIO DEL TERRENO DI SMARINO	12
3.1.1 Metodo di Posa del Terreno	12
3.1.2 Verifica Statica del Rilevato	15
3.2 DISPOSITIVI DI REGIMAZIONE DELLE ACQUE E DI PREVENZIONE DELL'EROSIONE SUPERFICIALE DEL RILEVATO	15
4 INTERVENTI DI RINATURALIZZAZIONE DI CAVA CARPINETI	17
4.1 PRINCIPI GENERALI DEGLI INTERVENTI	17
4.1.1 Rinverdimento Parte Sommitale a Bosco	17
4.1.2 Sistemazione Scarpate a Gradoni	18
4.2 SCELTA DELLE SPECIE DA UTILIZZARE	18
4.2.1 Specie Arboree	19
4.2.2 Specie Arbustive	22
4.2.3 Specie Prative (Scarpate dei Gradoni)	28
4.2.4 Specie Prative (Fronte delle Terre Armate)	30
4.3 NORME TECNICHE PER LA REALIZZAZIONE DELL'IMPIANTO E DELLA RICOSTITUZIONE DELLA COPERTURA VEGETALE	31
4.3.1 Preparazione del Terreno	31
4.3.2 Impianto Aree Boscate ed Arbustive	32
4.3.3 Caratteristiche del Materiale Vegetale Impiegato	34
5 NORME TECNICHE PER LA GESTIONE E LA MANUTENZIONE	36
5.1 SFALCIO MECCANIZZATO DELLE ERBE INFESTANTI	36
5.2 IRRIGAZIONI DI SOCCORSO	36
5.3 PIANO DI GESTIONE ANTINCENDIO	36
6 INSERIMENTO PAESAGGISTICO DELL'INTERVENTO	37
7 VALENZA AMBIENTALE DELL'INTERVENTO	39
RIFERIMENTI	
APPENDICE A: PROGETTO DI SISTEMAZIONE DELLA CAVA CARPINETI	
APPENDICE B: INDAGINE GEOFISICA AREA CAVA CARPINETI	

ELENCO DELLE FIGURE interne al testo

<u>Figura No.</u>	<u>Pagina</u>
Figura 1.a: Inquadramento Territoriale	2
Figura 2.a: Ubicazione Cava Carpineti	4
Figura 2.b: PRAE, Stralcio Tavola dei Litotipi Estraibili	5
Figura 2.c: PRAE, Perimetrazione Cava Carpineti	6
Figura 2.d: PUC di Pontelandolfo, Stralcio Tavola Zonizzazione Generale	7
Figura 2.e: Cava Carpineti, Vista da Sud-Est	7
Figura 2.f: Cava Carpineti, Vista da Nord-Ovest	8
Figura 2.g: Cava Carpineti, Vista da Nord	8
Figura 2.h: Inquadramento della Cava Carpineti	9
Figura 3.a: Sezione Tipo della Sistemazione Strutturale del Rilevato	13
Figura 3.b: Dettaglio Gradonatura in Terra Armata	14
Figura 3.c: Dettaglio Tipico Terra Armata	14
Figura 4.a: Foglie e Ghiande di Cerro (Fonte: www.actaplantarum.org)	20
Figura 4.b: Roverella (Fonte: www.actaplantarum.org)	21
Figura 4.c: Orniello (Fonte: www.actaplantarum.org)	21
Figura 4.d: Acero d'Ungheria (Fonte: www.dipbot.unict.it)	22
Figura 4.e: Ginestra Comune (Fonte: www.actaplantarum.org)	23
Figura 4.f: Prugnolo (Fonte: www.actaplantarum.org)	24
Figura 4.g: Biancospino (Fonte: www.inzino.it)	24
Figura 4.h: Ligustro (Fonte: www.actaplantarum.org)	25
Figura 4.i: Fusaggine (Fonte: www.actaplantarum.org)	26
Figura 4.j: Rosa Canina (Fonte: www.webalice.it)	27
Figura 4.k: Cornetta Dondolina (Fonte: www.actaplantarum.org)	28
Figura 4.l: Forasacco (Fonte: www.lamiaterradisiena.it)	29
Figura 4.m: Paleo Comune (Fonte: www.lucoli.it)	29
Figura 4.n: Elicriso (Fonte: www.elicriso.it)	30
Figura 4.o: Centaurea sp (Fonte: www.lurig.altervista.org)	31
Figura 6.a: Modello 3D Interventi di Rinaturalizzazione Cava Carpineti	37
Figura 7.a: Ubicazione Cava Carpineti e Cantieri di Provenienza delle Terre e Rocce da Scavo Utilizzate	40

ELENCO DELLE FIGURE ALLEGATE

Figura No.

Figura 2.1	Inquadramento al 10,000
Figura 2.2	Inquadramento al 5,000
Figura 2.3	Rilievo Cava Carpineti
Figura 4.1	Progetto Interventi di Rinaturalizzazione
Figura 4.2	Progetto Interventi di Rinaturalizzazione, Sezioni Tipo
Figura 6.1	Fotoinserimento da Nord-Ovest
Figura 6.2	Fotoinserimento da Sud-Est

**RAPPORTO
RINATURALIZZAZIONE AMBIENTALE DI CAVA CARPINETI
IMPIANTO IDROELETTRICO DI REGOLAZIONE SUL BACINO DI
CAMPOLATTARO (BN)**

1 INTRODUZIONE

La società REC S.r.l. ha in progetto la realizzazione di un impianto idroelettrico di regolazione della potenza massima di generazione pari a circa 572 MW da realizzarsi nella Provincia di Benevento con interessamento dei Comuni di Morcone, Pontelandolfo e Campolattaro.

L'intervento prevede l'utilizzo dell'esistente Invaso di Campolattaro quale bacino inferiore ed il suo collegamento, tramite un sistema di gallerie e pozzi in pressione, con un bacino superiore della capacità di invaso di circa 7 milioni di m³ di acqua, individuato nell'area di Monte Alto in una depressione naturale. Tale configurazione fornisce la possibilità di sfruttare un salto geodetico medio analitico di circa 522 m.

Nel bacino superiore e in quello inferiore verranno realizzate opere di presa e restituzione dimensionate in funzione delle portate di esercizio.

La Centrale, costituita da due gruppi reversibili e relativi trasformatori, con predisposizione di spazio per l'installazione di un eventuale terzo gruppo reversibile mantenendo invariata la potenza complessiva installata, sarà situata in caverna tra i due bacini di monte e di valle. L'impianto sarà collegato alla Rete di Trasmissione Nazionale attraverso un elettrodotto per una lunghezza totale di circa 23 km che si collegherà alla Rete Terna 380 kV Benevento II-Foggia.

Nel mese di Maggio 2011 REC S.r.l. ha presentato domanda di pronuncia di compatibilità ambientale per il progetto in esame.

L'impianto in progetto prevede la realizzazione di:

- un bacino superiore attraverso un adeguamento morfologico della depressione naturale di Monte Alto ed impermeabilizzazione dello stesso per un volume utile di invaso pari a circa 7 Mm³;
- opera di presa posta sulla sponda destra dell'invaso esistente di Campolattaro;
- centrale in caverna con alloggiamento di:
 - 2 gruppi reversibili e relativi trasformatori, con predisposizione di spazio per l'installazione di un eventuale terzo gruppo reversibile, mantenendo invariata la potenza complessiva installata,
 - sottostazione elettrica in sotterraneo;
- gallerie per l'alloggiamento delle condotte di adduzione e restituzione dell'acqua e per lo scarico del bacino superiore di Monte Alto e galleria per il by-pass per accesso allo scarico di fondo;

- gallerie per l'accesso agli impianti (Centrale e Camera Valvole) e per un accesso intermedio alla galleria di restituzione di valle;
- linea di connessione elettrica AT da 380 kV.

Nella seguente figura è riportato l'inquadramento territoriale dell'impianto idroelettrico di regolazione.

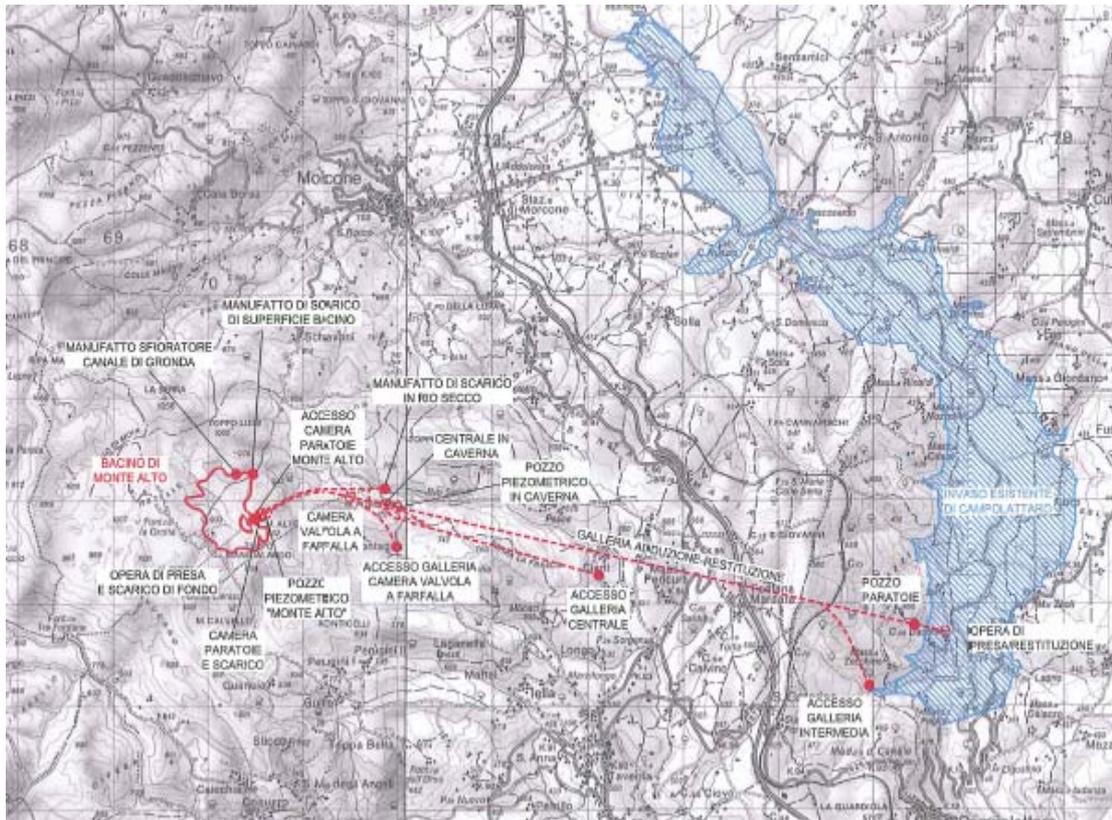


Figura 1.a: Inquadramento Territoriale

Nell'ambito dell'esecuzione dell'impianto in progetto è previsto lo scavo di circa 12 km di gallerie oltre che caverne, pozzi piezometrici, camere paratoie e camera valvole. La realizzazione del progetto prevede quindi la produzione di terre e rocce da scavo costituite principalmente dallo smarino delle gallerie e dallo scotico del bacino superiore, per le quali è stata predisposta una Relazione Tecnica su Terre e Rocce da Scavo (Doc. D'Appolonia No. 10-689-H9, Rev.1, Luglio 2012).

Parte dello smarino delle gallerie e lo scotico del bacino di Monte Alto verrà impiegato nella rinaturalizzazione della Cava Carpineti, di proprietà del Comune di Pontelandolfo, attualmente dismessa e soggetta ad un potenziale progressivo dissesto idrogeologico (REC S.r.l., 2012).

Si evidenzia che per l'utilizzo della Cava Carpineti è stato sottoscritto un accordo tra REC S.r.l. e l'Amministrazione comunale di Pontelandolfo.

Nel mese di Ottobre 2011 è stata presentata una prima proposta del progetto di rinaturalizzazione ambientale di Cava Carpineti, che prevedeva la sistemazione di circa

466,000 m³ di materiale (volume in cumulo), prevalentemente marnoso-argilloso e calcareo-argillitico (Doc. D'Appolonia, 10-689-H14, Rev. 0, Ottobre 2011).

A seguito delle richieste di chiarimento ed integrazione avanzati dalla Regione Campania nell'ambito della procedura di Valutazione di Impatto Ambientale (VIA), è stata effettuata una revisione al progetto con una nuova sistemazione dei fronti attraverso gradonature più ridotte in dimensione al fine di ricostituire il versante in maniera più naturale.

Si evidenzia come la realizzazione del progetto di rinaturalizzazione di Cava Carpineti rappresenti un intervento di riqualificazione ambientale improntato su presupposti di tipo naturalistico al fine di un coerente inserimento dal punto di vista paesaggistico e vegetazionale.

Il presente rapporto costituisce quindi la revisione del progetto di rinaturalizzazione di Cava Carpineti, il quale nella sua versione attuale prevede la messa in posto di circa 482,400 m³ di materiale (volume in cumulo), ed è così organizzato:

- il Capitolo 2 riporta un inquadramento dell'area di Cava Carpineti;
- il Capitolo 3 descrive gli interventi strutturali previsti per la sistemazione della cava;
- il Capitolo 4 riporta la descrizione degli interventi di rinaturalizzazione della Cava Carpineti, fornendone gli indirizzi tecnico-descrittivi;
- il Capitolo 5 riporta le norme tecniche per la gestione e la manutenzione degli interventi di rinaturalizzazione;
- il Capitolo 6 descrive l'inserimento paesaggistico dell'intervento;
- il Capitolo 7 riporta le mitigazioni ambientali riconducibili alla realizzazione del progetto di rinaturalizzazione

In Appendice A è riportato il progetto aggiornato di sistemazione della Cava Carpineti.

In Appendice B è riportato il rapporto tecnico dell'indagine geofisica realizzata nell'area di Cava Carpineti.

2 INQUADRAMENTO DELL'AREA DI INTERESSE (CAVA CARPINETI)

La Cava Carpineti, di proprietà del Comune di Pontelandolfo, è ubicata in località Carpineti, a circa 1.5 km a Nord-Ovest dal centro abitato.

La cava si trova in destra idrografica del Torrente Sorgenza, a circa 850 m a Sud-Ovest dell'imbocco della galleria di accesso alla Centrale, come mostrato nella figura seguente.

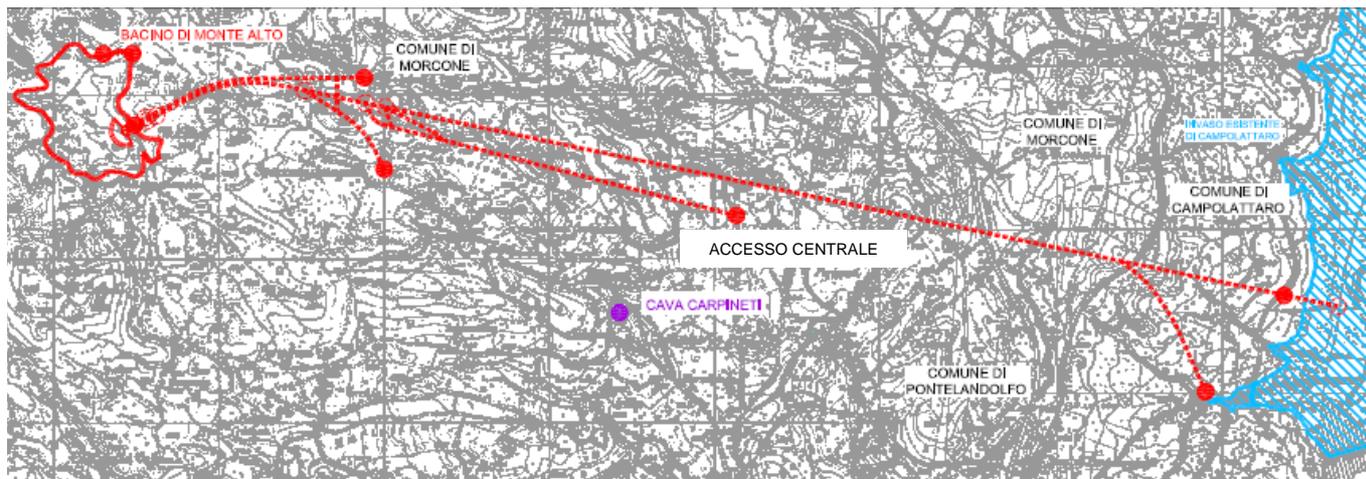


Figura 2.a: Ubicazione Cava Carpineti

Si riportano nelle Figure 2.1 e 2.2. allegate rispettivamente un inquadramento al 10,000 e un inquadramento al 5,000 su ortofoto dell'area di interesse.

2.1 INQUADRAMENTO PROGRAMMATICO

2.1.1 Piano Regionale delle Attività Estrattive (PRAE)

La Regione Campania, con le LLRR No. 54 del 13 Dicembre 1985 e No. 17 del 13 Aprile 1995, ha previsto l'obbligo di dotarsi di un Piano Regionale delle Attività Estrattive (PRAE).

La Giunta Regionale della Campania, con Deliberazione No. 7253 del 27 Dicembre 2001, ha approvato la proposta di PRAE; tale piano, a seguito di successive ulteriori verifiche ed osservazioni, è stato nel seguito soggetto a nuove integrazioni ed aggiornamenti, approvate dalla Giunta Regionale con Delibere No. 3093 del 31 Ottobre 2003 e No. 1544 del 6 Agosto 2004, trasmesse al Consiglio Regionale per l'approvazione definitiva.

Successivamente il PRAE non è però stato approvato dal Consiglio Regionale; di conseguenza con Ordinanza No. 719/2005 del Tribunale Amministrativo Regionale è stato nominato il Commissario ad Acta.

Il PRAE è stato infine approvato dal Commissario ad Acta con propria Ordinanza No. 11 del 7 Giugno 2006. Con successiva Ordinanza del Commissario ad Acta No. 12 del 6 Luglio 2006 è stata rettificata la precedente ordinanza, in quanto si è reso necessario apportare

“delle modifiche ed integrazioni di natura normativa per assicurare maggiore chiarezza ed efficacia alle disposizioni normative in questione”.

Per quanto riguarda l'area di interesse, come evidenziato nello stralcio della Tavola 7 del Piano “Litotipi Estraiibili” (scala 1:200,000) riportato nella figura seguente, i litotipi estraibili presenti sono i calcari.

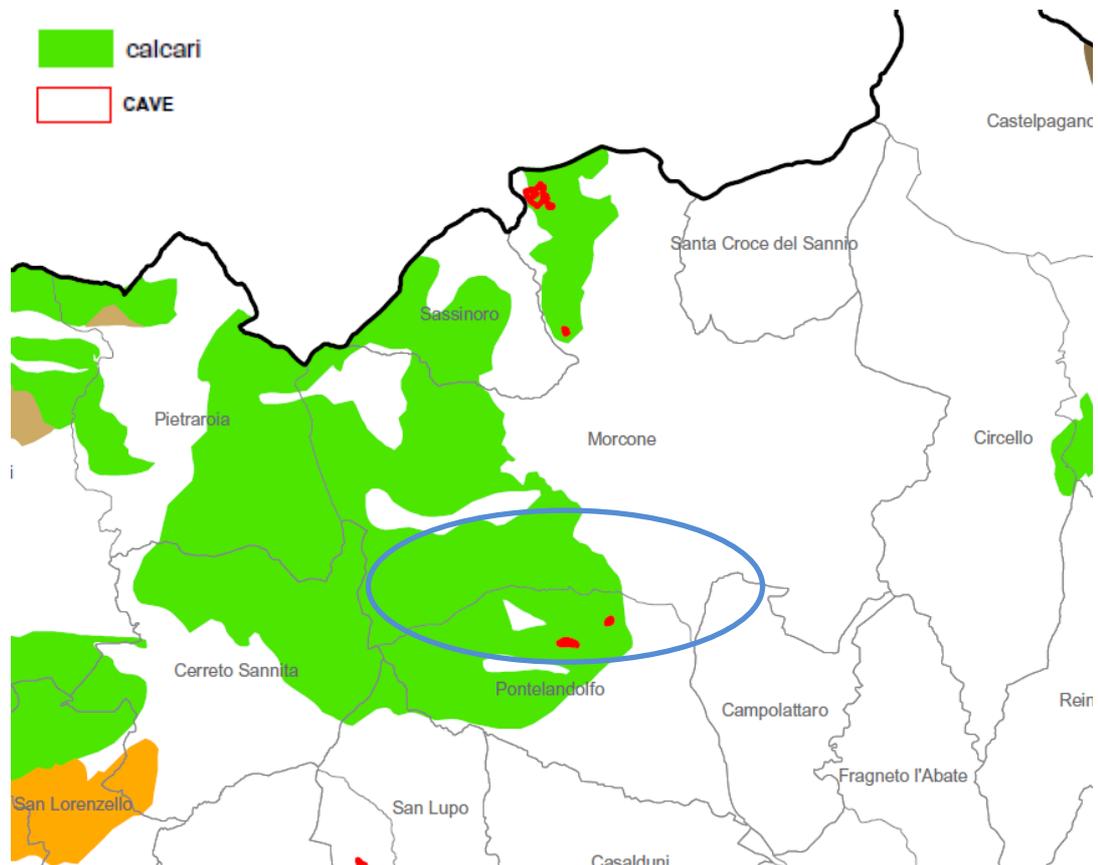


Figura 2.b: PRAE, Stralcio Tavola dei Litotipi Estraiibili

Nella figura seguente è riportato uno stralcio della Carta Tecnica Regionale con la perimetrazione della Cava Carpineti riportata nel PRAE (Codice Cava 62054_01). L'area di cava ricade inoltre all'interno di “aree di riserva”, come individuate nella Tavola 8 del Piano “Aree Perimetrate dal PRAE”.

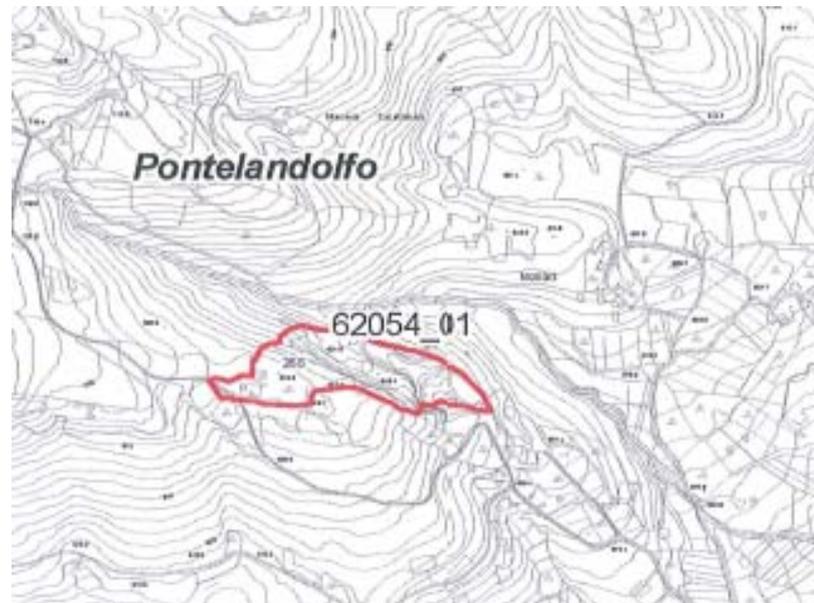


Figura 2.c: PRAE, Perimetrazione Cava Carpineti

2.1.2 Piano Urbanistico Comunale (PUC) di Pontelandolfo

Il PUC del Comune di Pontelandolfo è stato adottato con Delibera del Consiglio Comunale No. 20 del 19 Settembre 2006. Con Delibera di Giunta Provinciale No.719 del 7 Novembre 2007 la Provincia di Benevento ha approvato, ai sensi e per gli effetti dell'Art.24, Comma 11, della LR No.16/2004, il PUC del Comune di Pontelandolfo.

Come evidenziato nello stralcio in figura seguente della Tavola “Zonizzazione Generale, Elaborato P.2.4 No. 14” allegata al PUC di Pontelandolfo, parte della superficie dell'area di Cava Carpineti perimetrata dal PRAE (si veda la precedente Figura 2.c) ricade in Zona D6 “Produttiva Soggetta a Bonifica e Riqualficazione”. In base alla normativa in materia per gli interventi di recupero in tale area possono essere utilizzate le terre e rocce da scavo che presentino caratteristiche chimiche compatibili con il sito di riutilizzo.

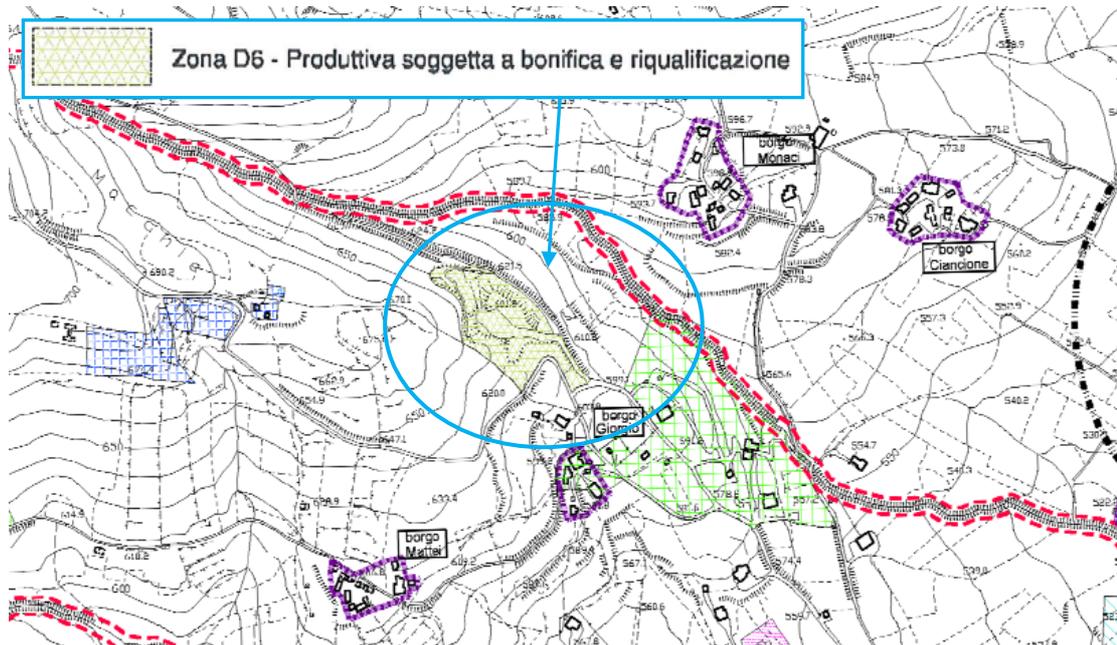


Figura 2.d: PUC di Pontelandolfo, Stralcio Tavola Zonizzazione Generale

2.2 DESCRIZIONE DELL'AREA

Il rilievo dell'area di cava, di proprietà del Comune di Pontelandolfo, è riportato in Figura 2.3. Il perimetro dell'area di cava desunto dal rilievo di dettaglio è stato riportato anche nelle figure di inquadramento territoriale riportate in Figura 2.1 e 2.2.

La Cava Carpineti è attualmente dimessa e risulta parzialmente ricolonizzata da vegetazione spontanea. Si vedano a riguardo le figure seguenti, in cui sono rispettivamente riportate una vista da Sud-Est (Figura 2.e) ed una vista da Nord-Ovest (Figura 2.f) della cava.



Figura 2.e: Cava Carpineti, Vista da Sud-Est



Figura 2.f: Cava Carpineti, Vista da Nord-Ovest

La litologia è di tipo calcareo e la struttura della cava è ad anfiteatro con fronte di coltivazione irregolare e presenta versanti con forti pendenze e affioramenti rocciosi (si veda la figura seguente).



Figura 2.g: Cava Carpineti, Vista da Nord

Come si evince dallo stralcio dell'ortofoto dell'area di interesse riportato nella figura seguente, per quanto riguarda le aree limitrofe alla cava, l'uso dei suoli è prevalentemente boschivo e a prato pascolo.



Figura 2.h: Inquadramento della Cava Carpineti

2.3 INQUADRAMENTO FLORO-VEGETAZIONALE DELL'AREA

La Cava Carpineti si inserisce all'interno del paesaggio vegetazionale tipico dei rilievi appenninici del Sannio. Il territorio, a queste quote, si delinea con una sequenza ripetitiva formata da zone dedicate alle colture soprattutto nei settori meno acclivi che entrano in contatto con le componenti naturali costituite da querceti misti, dominati dal cerro (*Quercus ceris*) in associazione nei comparti più termofili con la roverella (*Quercus pubescens*) e da arbusteti dinamicamente collegati. Altra formazione molto diffusa nel territorio è la prateria arida che si esprime con diverse varianti a seconda del grado di utilizzo (pascolo, sfalcio). L'abbandono delle pratiche colturali in alcune zone ha innescato processi di invasione da parte della componente legnosa. Diffuse sono le macchie di ginestra odorosa (*Spartium junceum*) all'interno delle praterie, indicative di fasi evolutive premantellari della serie dei querceti misti.

L'inquadramento vegetazionale dell'area prende in considerazione le comunità naturali e seminaturali che caratterizzano i rilievi nei pressi della cava. In particolare si fa riferimento alla copertura forestale rappresentata dal querceto misto, alle formazioni arbustive e ai prati aridi.

Si evidenzia che l'area di interesse non è ricompresa all'interno di Aree Naturali Protette o di aree appartenenti alla Rete Natura 2000.

2.3.1 Querceto Misto

La componente forestale che rappresenta il termine di confronto per indirizzare le operazioni di recupero a verde in forma di bosco è il bosco di cerro e le cenosi preforestali ad esso collegate in un rapporto di tipo seriale.

Il bosco di cerro è la formazione forestale più diffusa nell'ambito del territorio studiato, dove nella fascia altitudinale compresa tra i 400 e i 900 m s.l.m. rappresenta la componente forestale matura e stabile (climax). L'inquadramento sintassonomico di questa comunità fa riferimento all'alleanza endemica del centro-sud Italia (Blasi et al., 2004) *Teucrio siculi-Quercion cerridis*. La distribuzione di questa alleanza è soprattutto tirrenica ma in alcuni casi raggiunge il settore appenninico adriatico ed è descrittiva delle cerrete sub-acidofile dell'Italia centro-meridionale negli orizzonti submediterraneo, supramediterraneo e submontano.

Dal punto di vista compositivo la cerreta è dominata nello strato superiore da *Quercus cerris* associato ma con ruolo subordinato da *Fraxinus ornus*, *Carpinus orientalis*, a cui si associano frequentemente i sorbi (*Sorbus domestica*, *S. torminalis*), e talvolta l'acero opalo (*Acer opalus subsp. obtusatum*). Nei settori più termofili entra a far parte dello strato arboreo del consorzio forestale anche *Quercus pubescens* che può diventare codominante con *Q. cerris*.

Il soprassuolo arbustivo è costituito generalmente da specie tipiche del corteggio floristico dei querceti: *Ligustrum vulgare*, *Crataegus monogyna*, *Rosa canina*, *Tamus communis*, *Euonymus europaeus*, *Prunus spinosa*; *Pyrus piraster*, *Cytisus villosus*, *Coronilla emerus*, *Gensita tinctoria*, *Erica arborea*. Nelle esposizioni più fresche compaiono *Corylus avellana*, *Acer campestre*, *Cornus sanguinea*, *Ulmus minor*.

Lo strato basale è composto da *Hedera helix*, *Brachypodium sylvaticum*, *Cyclamen hederifolium*, *Helleborus foetidus*, *Asplenium onopteris*. *Teucrium siculum*, *Echinops sicutus*, *Digitalis micrantha*, *Lathyrus digitatus*.

2.3.2 Arbusteto Misto

La componente mantellare del querceto misto è rappresentata da una boscaglia eterogenea dal punto di vista compositivo. Le specie principali sono: *Crataegus monogyna*, *Prunus spinosa*, *Ligustrum vulgare*, *Rosa canina*, *Euonymus europaeus*. Nei settori più termofili e con buona esposizione entrano nel corteggio anche specie mediterranee come *Erica arborea*, *Asparagus acutifolius*.

Le specie mantellari sono state ampiamente utilizzate nello studio di rinaturalizzazione della cava. In particolare nell'intervento di rinverdimento a bosco di parte del piano superiore del rilevato si è optato per l'inserimento di una struttura a macchie seriali con sequenze alternate di boscaglie preforestali organizzate in comunità chiuse di arbusti e zone con potenzialità strutturali più complessa determinata dalla messa a dimora di specie arboree tipiche del querceto.

Le specie arbustive utilizzate sono quelle che tipicamente formano le comunità di collegamento seriale con il querceto misto garantendo in questo modo un inserimento coerente con la copertura vegetale dei rilievi circostanti la cava.

2.3.3 Macchia a *Spartium Junceum*

Tra gli arbusti la specie più diffusa nell'area di cava è la ginestra odorosa (*Spartium junceum*). Leguminosa dotata di spiccata attitudine a colonizzare ambienti scoperti, di regola forma popolamenti densi e paucispecifici. Non è esclusiva di alcun tipo di substrato, stabilendosi sia su quelli sedimentari, sia vulcanici. La spiccata eliofilia associata alla capacità di vegetare in ambienti tipicamente xerici e alla buona adattabilità a diversi tipi di substrato la rendono una specie con marcate attitudini pioniere di cave e pendii scoperti e franosi. Per tali motivi la ginestra si adatta perfettamente ad essere inserita come arbusto dominante nel rinverdimento della sommità dei muri di contenimento in terra armata.

Tale formazione, in relazione alla sua collocazione territoriale e alla sua ecologia, svolge un ruolo determinante nella serie dinamico-evolutiva delle fitocenosi forestali rappresentate dai querceti misti, molto diffusi in questo territorio.

2.3.4 Prateria Arida

I prati aridi ricoprono i versanti sud-occidentali intorno alla cava, occupando siti con terreni molto primitivi ricchi in scheletro e abbondante roccia affiorante. La permeabilità della roccia carsica e l'esposizione favorevole creano quelle condizioni stagionali ed edafiche idonee all'affermazione di questa componente.

I processi di marginalità territoriale coinvolgono soprattutto questa componente, un tempo sicuramente sottoposta a maggior utilizzo e sfruttamento per il pascolo ovi-caprino. Attualmente presenta evidenti processi dinamici con attivazione di fasi espansive degli arbusti, fenomeno ben evidente anche in settori prativi vicinali alla cava Carpineti. Col tempo tali dinamiche procurano importanti variazioni della struttura e della composizione della comunità indirizzando l'evoluzione verso componenti più complesse.

La fisionomia di queste praterie è generalmente definita dalle alte coperture di *Bromus erectus*.

Al bromo si associano molte specie tipiche dei prati aridi come: *Brachypodium rupestre*, *Teucrium chamaedrys*, *T. montanum*, *Anthyllis vulneraria*, *Sanguisorba minor*, *Helianthemum appenninum*, *Thymus longicaulis*, *Eryngium amethystinum*, *Dactylis hispanica*, *Koeleria splendens*.

Tra gli arbusti quelli che primariamente svolgono un'azione colonizzatrice all'interno dei prati aridi, dove non vengono più praticate le attività gestionali tradizionali, sono: *Spartium junceum*, *Prunus spinosa*, *Crataegus monogyna*, *Ligustrum vulgare*, *Fraxinus ornus*, *Rosa canina*.

Le attività agro-pastorali, gestite con criteri razionali, esercitano un ruolo importante nella conservazione della biodiversità, permettendo il mantenimento di questa comunità che rischia la scomparsa. Inoltre il pascolo rallenta ed ostacola la naturale tendenza alla ricolonizzazione delle aree aperte da parte del bosco.

3 DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI STRUTTURALI DI SISTEMAZIONE DELLA CAVA CARPINETI

Nel presente capitolo è riportato l'aggiornamento della descrizione degli interventi strutturali previsti per la sistemazione della Cava Carpineti a seguito delle richieste di chiarimento della Regione Campania (REC S.r.l., 2012). In particolare si evidenzia che, rispetto al progetto di Ottobre 2011, è stata ridotta l'altezza dei gradoni da 8 m a 3 m (con inserimento di berme di 2 m) e si è resa eventuale l'esecuzione del cordolo in cemento armato alla base del fronte.

La relazione di progetto e le sezioni trasversali e longitudinali previste sono riportati integralmente in Appendice A.

Con riferimento all'area di interesse si evidenzia che sono inoltre stati effettuati rilievi geofisici finalizzati alla definizione delle caratteristiche dei materiali accumulati; si riporta il rapporto tecnico dell'indagine geofisica in Appendice B.

Si evidenzia inoltre che sono stati eseguiti sondaggi a carotaggio continuo per determinare la natura del materiale di riporto. Si rimanda alla Relazione Geologica ed Idrogeologica Integrativa per i dettagli (Doc. REC S.r.l. No. L004-GU-R-D-A-063, Rev. B, 31 Luglio 2012).

3.1 DESCRIZIONE DEL METODO DI STOCCAGGIO DEL TERRENO DI SMARINO

La sistemazione della Cava Carpineti prevede, in linea indicativa, i seguenti interventi:

- la pulizia del fondo attuale della cava, per renderlo adeguato a ricevere l'accumulo di nuovi strati di materiale. In questa fase occorre preservare la naturale capacità drenante del fondo che, allo stato attuale, nonostante la forma marcatamente concava, non è sede di alcun accumulo imbrifero, grazie al sistema di fessure naturali che pervade i calcari del fondo;
- il deposito del materiale a strati successivi, adeguatamente compattati;
- la formazione di un paramento di valle, in terra armata rinverditata;
- la messa in opera di un sistema di raccolta e convogliazione delle acque superficiali allo scopo di evitare ruscellamenti e fenomeni di erosione.

3.1.1 Metodo di Posa del Terreno

Il fondo della cava e le porzioni di pareti interessate dal riporto dello smarino verranno ripulite da tutto il materiale presente, e in particolare sono previsti i seguenti interventi:

- rimozione di tutto il materiale estraneo, da conferire alle pubbliche discariche;
- rimozione dello strato di coltivo e di tutto il terreno vegetale, portando la roccia a vivo;
- stesa di un sistema drenante, costituito da una geogriglia accoppiata con un foglio TNT (tessuto non tessuto) avente lo scopo di impedire che il terreno che verrà depositato (di natura prevalentemente argillosa o marnoso/argillitica) renda inefficace l'attuale sistema di drenaggio naturale del fondo cava;

- eventuale formazione di una fondazione in calcestruzzo armato lungo tutto il fronte di valle, sulla quale poggerà il paramento in terra armata, ad una quota di posa circa 80 cm al di sotto del fosso di guardia e quindi non a vista. Tale intervento non è a rigore necessario laddove si rilevi che le proprietà meccaniche del terreno di fondazione siano sufficientemente buone e omogenee lungo lo sviluppo del fronte in terra armata.

Il terreno che verrà accumulato in cava sarà essenzialmente la frazione dello smarino delle gallerie non riutilizzata per la produzione di inerti. Si tratterà prevalentemente di materiali argillosi o marnoso/argillitici provenienti dallo scavo con fresa puntuale e martellone delle formazioni di flysch attraversate (realizzazione della finestra intermedia della galleria di restituzione, del pozzo paratoie/opera di presa e realizzazione della Centrale).

Si procederà quindi alla formazione del rilevato per strati successivi di 80 cm secondo la metodologia operativa riportata in dettaglio in Appendice A.

Nella Figura 3.a è riportata una sezione tipo della sistemazione del rilevato (le sezioni sono integralmente riportate in Appendice A) ed in Figura 3.b è mostrato un dettaglio di una gradonatura in terra armata, mentre la Figura 3.c mostra un particolare costruttivo tipico di una terra armata.

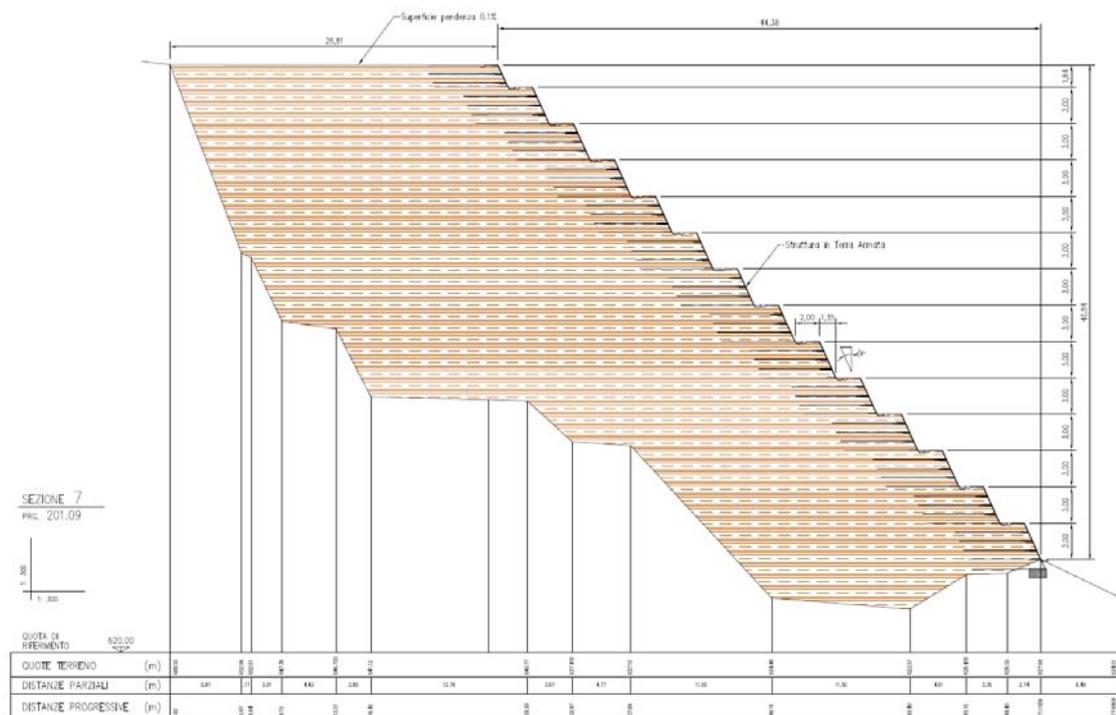


Figura 3.a: Sezione Tipo della Sistemazione Strutturale del Rilevato

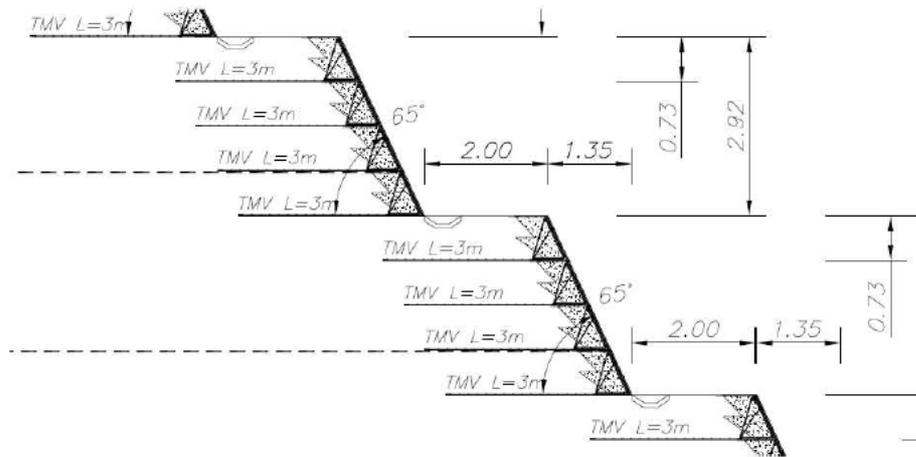


Figura 3.b: Dettaglio Gradonatura in Terra Armata

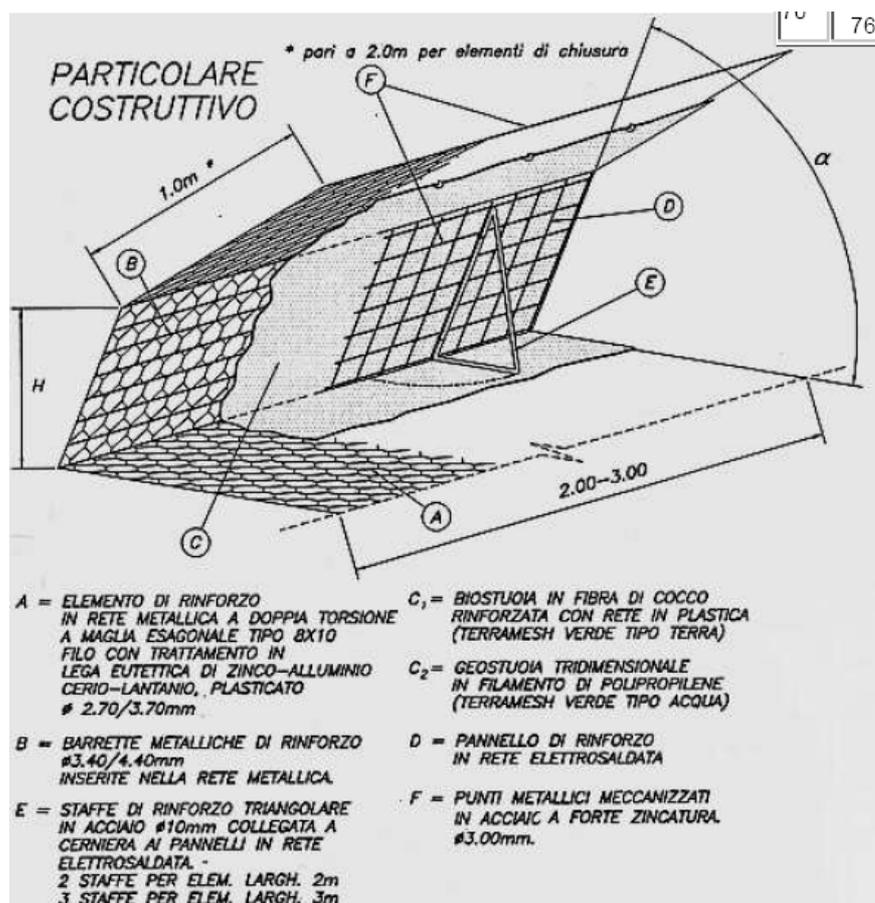


Figura 3.c: Dettaglio Tipico Terra Armata

Le "terre armate" sono strutture impiegate tipicamente per il contenimento o la stabilizzazione di scarpate e rilevati che agiscono mediante la presenza di elementi di rinforzo, come evidenziato nella Figura 3.a. Si riportano di seguito alcuni esempi tipici dell'applicazione dei sistemi per la formazione di muri di consolidamento dei versanti anche ad elevata pendenza.



Figura 3.c: Esempio di Interventi di Consolidamento in Terra Armata (Catalogo Maccaferri e Regione Piemonte, Sito Web)

Per la sistemazione della parte superficiale sommitale e dei gradoni verrà impiegato lo scotico di risulta del bacino di Monte Alto.

3.1.2 Verifica Statica del Rilevato

La stabilità del rilevato è determinata dall'installazione del sistema di terre armate che assicurerà al paramento di valle idonee caratteristiche statiche.

La stabilità è garantita, oltre che dal raggiungimento di idoneo grado di compattezza e adeguate proprietà meccaniche del terreno di riporto, dalla struttura di armatura del paramento di valle, che viene progettata appositamente, sulla base delle caratteristiche meccaniche di uno dei sistemi industriali correntemente in produzione.

Per realizzare l'intervento proposto con terre armate è necessario effettuare il dimensionamento e la verifica di stabilità in condizioni sismiche in ottemperanza al DM 14 Gennaio 2008 "Nuove norme tecniche per le costruzioni".

Il dimensionamento della terra armata è stato effettuato con l'ausilio di software tecnici dedicati (si veda quanto riportato in dettaglio in Appendice A).

3.2 DISPOSITIVI DI REGIMAZIONE DELLE ACQUE E DI PREVENZIONE DELL'EROSIONE SUPERFICIALE DEL RILEVATO

La durabilità della sistemazione dell'area di cava, sia come stabilità sia come sistemazione a verde, ha come preconditione ineludibile la regimazione delle acque piovane.

L'area, una volta sistemata, presenterà infatti:

- una superficie superiore con pendenza variabile potenzialmente sede di ristagni che possono generare vene di infiltrazione, ovvero, nei tratti più pendenti, di fenomeni di erosione superficiale;

- un paramento di valle molto acclive, potenzialmente erodibile in caso di ruscellamenti concentrati.

I dispositivi di regimazione previsti per la superficie superiore del rilevato comprenderanno quindi:

- la profilatura della superficie superiore con pendenza verso valle sufficiente ad evitare ristagni;
- l'esecuzione di un fosso di guardia lungo il perimetro di monte, avente lo scopo di intercettare le acque provenienti dal versante naturale superiore;
- un reticolo drenante, destinato a convogliare le acque piovane di competenza dell'area superiore del rilevato verso il perimetro dell'area stessa;
- rivestimento con geostuoie dei tratti più pendenti.

Lungo il paramento di valle verranno poi realizzati:

- canalette a embrici o tubi drenanti per il convogliamento delle acque lungo il paramento delle singole balze;
- una canala a sezione semicircolare lungo ciascuna berma, profilata con debole pendenza, avente il compito di raccogliere le acque provenienti dalla superficie della balza superiore e quelle della berma e di convogliarle verso i punti di recapito verso valle.

Infine, al piede del rilevato verrà realizzato un fosso di sezione adeguata per la raccolta e il recapito nel reticolo idrografico di superficie, di tutte le acque provenienti dal fronte di valle.

Tutto il reticolo sarà progettato nel dettaglio per evitare che le acque convogliate assumano velocità elevate.

4 INTERVENTI DI RINATURALIZZAZIONE DI CAVA CARPINETI

4.1 PRINCIPI GENERALI DEGLI INTERVENTI

La logica di un intervento di riqualificazione ambientale che sia improntato su presupposti di tipo naturalistico al fine di un coerente inserimento, dal punto di vista paesaggistico e vegetazionale, è quella di favorire la messa a dimora di specie che siano, nel loro insieme, coerenti con la comunità forestale di riferimento e con le fitocenosi successionali serialmente collegate.

Si prevede l'adozione delle seguenti tipologie di intervento (si veda la Figura 4.1):

- rinverdimento della parte sommitale del rilevato, dove le condizioni ambientali sono meno limitative rispetto alla falda armata, ricreando un'area boscata;
- sistemazione frontale delle scarpate a gradoni attraverso rinverdimento delle terre armate e rinverdimento arbustivo delle sommità dei gradoni.

In generale gli strumenti operativi adottati per questa tipologia di inserimento sono:

- utilizzazione di specie delle serie di vegetazione locali: specie autoctone ed ecotipi locali;
- densità e collocazione delle specie sulla base delle coperture dedotte dai rilievi vegetazionali;
- modello di impianto simile a quello naturale;
- proposizione di stadi pionieri della serie, per favorire una evoluzione indipendente e consona con la sequenza naturale con fasce ecotonali di contatto tra aspetti di orlo, mantellari e nemorali.

4.1.1 Rinverdimento Parte Sommitale a Bosco

Per parte della sommità del rilevato si prevede l'intervento di rinverdimento a bosco con l'inserimento di specie sia arboree sia arbustive. La fisionomia dell'impianto sarà a mosaico con alternanza di macchie arbustate e nuclei misti arboreo-arbustivi.

Vengono riproposti i meccanismi dei processi naturali e spontanei: utilizzando poche specie essenziali si creano le condizioni per altre specie dinamicamente correlate. Importante è l'applicazione delle conoscenze sui rapporti dinamici all'interno della serie che ha come comunità di testa o stabile il tipo forestale rappresentato dal querceto misto.

La componente arbustiva sarà costituita da specie tipiche delle formazioni preforestali collegate alla cerreta (si veda a riguardo il successivo Paragrafo 4.2 per l'individuazione delle specie da utilizzare). La ginestra odorosa (*Spartium junceum*) verrà utilizzata per creare macchie monofitiche, strutture vegetazionali molto comuni sui pendii dei rilievi circostanti soprattutto all'interno praterie aride in fase di abbandono culturale.

Lo scopo dell'operazione è quella di creare condizioni di connessione con la copertura vegetazionale del versante in cui è inserita la cava, in modo da costituire nel tempo una continuità fitocenotica che si inserisca coerentemente nel paesaggio vegetale del territorio di riferimento.

4.1.2 Sistemazione Scarpate a Gradoni

La sistemazione del materiale di smarino all'interno della cava viene effettuata per strati con predisposizione di sistemi di terra armata reinverdita che formeranno una scarpata a gradoni nel lato a valle.

Per la sistemazione dei tratti di scarpata si prevede di realizzare un rinverdimento del fronte delle terre armate tramite un intervento di idrosemina, in cui vengono utilizzati semi di piante xeriche autoctone di rupe della fascia collinare (specie casmofitiche come ad esempio *Elicriso* sp P. e *Centaurea* sp).

Per la rivegetazione dei gradoni è inoltre previsto l'inserimento di specie arbustive adatte a ricolonizzare ambienti nudi e collegati dinamicamente alla cerreta.

In particolare vengono utilizzate entità che normalmente sono costitutive di formazioni mantellari e premantellari tipiche del paesaggio vegetale del territorio in cui s'inserisce l'intervento e che rappresentano stadi evolutivi, a diverso grado di maturità, la cui testa di serie è rappresentata dal querceto misto. Nella scelta sono state selezionate le specie arbustive più adatte a colonizzare ambienti che possono determinare esposizioni a condizioni di spinta aridità edafica ed elevata termofilia, in riferimento soprattutto nel periodo estivo.

L'inserimento sulle scarpate prevede un utilizzo dominante di *Spartium junceum* e secondariamente di *Coronilla Emerus*, *Crataegus monogyna*, *Prunus spionosa* e *Rosa canina*. L'utilizzo di arbusti viene integrato da un intervento di idrosemina con sementi di specie tipiche dei prati aridi come *Bromus erectus* e *Brachypodium rupestre*.

Si è scelto di utilizzare soprattutto *Spartium junceum* in quanto è una specie con elevata resistenza alla rottura dell'apparato radicale (Sauli et al., 2006). Inoltre la ginestra ha la capacità di modificare i parametri morfologici dell'apparato radicale a seconda che cresca sulle scarpate o in piano; sulle scarpate è capace di rinforzare l'ancoraggio al suolo con uno sviluppo di radici più ampie e più resistenti (Chiatante, 2005).

4.2 SCELTA DELLE SPECIE DA UTILIZZARE

Per la parte boscata la scelta delle specie fa riferimento alla naturale composizione del querceto misto e delle comunità ad esso collegate, componenti che nel territorio in cui si inserisce la cava Carpineti rappresentano le comunità naturali di tipo forestale e preforestale.

Le specie da utilizzare per l'impianto fanno logicamente riferimento al corteggio floristico del querceto misto con particolare riguardo alla cerreta, desunto dall'analisi vegetazionale effettuata in loco e supportata dalla consultazione di lavori specifici di tipo vegetazionale (Blasi et al., 2004; Pignatti, 1998; Ubaldi et al. 1990).

Nell'utilizzo di specie vegetali nell'ambito progettuale vengono favorite solamente le essenze autoctone compatibilmente con le attitudini biotecnologiche e le possibilità di reperimento. È importante l'impiego di materiale proveniente da zone vicine (provenienza almeno regionale) all'area d'intervento in modo da garantire una più alta probabilità di attecchimento e una maggior resistenza ad attacchi parassitari. Questo comporta anche il mantenimento di biotipi locali e la conservazione del patrimonio genetico locale.

Si evidenzia che la scelta delle specie da utilizzare per gli interventi di rinaturalizzazione di Cava Carpineti risulta coerente con quanto indicato dal Piano Forestale Generale della Campania 2009-2013, in quanto tutte le specie sono presenti negli elenchi previsti dal Piano

con riferimento alla realizzazione di rimboschimenti e piantagioni (Parte Seconda, Capitolo 3, Azione 5).

Nei Paragrafi 4.2.1 e 4.2.2 si riportano le specie di riferimento per le aree di rinverdimento a bosco (porzione della parte sommitale) e solo ad arbusti (scarpate a gradoni).

Le specie prative che vanno ad integrare l'utilizzo di arbusti nelle scarpate a gradoni fanno riferimento alle praterie aride presenti in alcune delle aree contermini. Al Paragrafo 4.2.3 vengono descritte le principali specie che tipicamente svolgono un ruolo costruttivo importante di queste fitocenosi.

Le specie prative utilizzate per il rinverdimento del fronte delle terre armate sono piante xeriche autoctone di rupe della fascia collinare (si veda Paragrafo 4.2.4).

4.2.1 Specie Arboree

4.2.1.1 Cerro (*Quercus cerris*)

Il cerro è una quercia decidua che può raggiungere uno sviluppo verticale di 30-35 m e un diametro di oltre 1 m.

Presenta una distribuzione che si estende principalmente nell'Europa centro-meridionale e orientale, con areale incentrato soprattutto nel bacino inferiore del Danubio, dalla Croazia all'Ungheria sino alla parte meridionale della penisola balcanica (Corti & Pavari, 1955). In Italia è frequente sui rilievi appenninici, raro in Sicilia e assente in Sardegna. Diffuso dalla bassa collina fino agli 800 m di altitudine; in stazioni favorevoli e più termofile può raggiungere anche quote più elevate.

È più comune in tutta la fascia litoranea e collinare del versante tirrenico alternandosi alla tipica vegetazione mediterranea, localizzandosi soprattutto nelle vallate più fresche, nelle pianure e nelle esposizioni più fredde.

Sui terreni argillosi del Sannio l'80% dei boschi dai 600 ai 1200 m s.l.m. sono rappresentati da cerrete.

Non eccessivamente esigente dal punto di vista pedologico, predilige comunque terreni profondi, freschi, a tenore variabile di calcare ma ricchi in basi anche se cresce su suoli blandamente acidi (Gellini & Grossoni, 1997).

Preferisce condizioni ambientali mesofile sia per l'umidità sia per la temperatura: climi temperati e umidità non troppo scarsa. Fattori limitanti per la sua diffusione sono la limitata disponibilità idrica e le temperature troppo basse. È specie relativamente resistente al freddo, sull'Appennino risale fino ad entrare negli aspetti più temperati della faggeta.

Eliofilo, ma in modo più moderato e attenuato rispetto ad altre querce, nelle fasi giovanili cresce molto rapidamente e per tale motivo è considerato una delle specie più produttive nel governo a ceduo.



Figura 4.a: Foglie e Ghiande di Cerro (Fonte: www.actaplantarum.org)

4.2.1.2 Roverella (*Quercus pubescens*)

Specie molto polimorfa la roverella è una quercia caducifolia che può raggiungere uno sviluppo verticale di circa 25 m, assumendo un portamento maestoso. La crescita è tendenzialmente lenta e con notevole capacità pollonifera. Ha una distribuzione che gravita nella parte meridionale del continente europeo. In Italia è presente in tutte le regioni.

Specie eliofila, termofila e xerofila si afferma soprattutto nella fascia supramediterranea, in ambienti diversi grazie alla sua frugalità e plasticità ecologica. Adatta a temperature elevate sopporta anche inverni freddi, tanto che può stabilirsi anche nella sottozona fredda del *Lauretum* entrando in contatto con la fascia del faggio. Predilige comunque pendii caldi e luminosi su terreni diversificati ma con preferenza per suoli calcarei aridi e rocciosi (specie calcicola termica).

I boschi di roverella sono generalmente gestiti a ceduo. Costituisce formazioni forestali molto luminose per la scarsa densità dello strato superiore, dovuta al temperamento eliofilo della specie costruttrice. La presenza di ampi spazi all'interno del bosco permette la presenza di corteggio floristico molto ricco di componenti arbustive ed erbacee.



Figura 4.b: Roverella (Fonte: www.actaplantarum.org)

4.2.1.3 Orniello (*Fraxinus ornus*)

Albero che può sviluppare un'altezza di circa 20m. Specie ad areale sub mediterraneo in Italia è diffuso in tutta la penisola e nelle isole ad eccezione del settore alpino centro occidentale e della pianura padana. Comunissimo nella fascia prealpina dove entra a far parte del corteggio di molti consorzi forestali. Si associa frequentemente al leccio nei boschi dunali litoranei nord-adriatici costituendo una tipica formazione denominata orno-lecceta.

È specie termofila, eliofila e tollera anche condizioni marcatamente xeriche.



Figura 4.c: Orniello (Fonte: www.actaplantarum.org)

4.2.1.4 Acero d'Ungheria (*Acer obtusatum*)

Albero di discrete dimensioni che può raggiungere un'altezza di 20-25 m, con chioma rotondeggiante e ampia.

Presenta un areale che si espande dal Mediterraneo centrale e settentrionale fino all'Asia Minore. In Italia è diffuso in tutta la penisola, soprattutto nel settore centro-meridionale: dalla Toscana alla Sicilia; manca in Sardegna.

Presente in stazioni ecologicamente differenziate, entra preferenzialmente nella composizione dei boschi misti caducifogli, soprattutto querceti ma anche nelle faggete più termofile raggiungendo quote intorno ai 1,300 m slm.

Specie termofila e tendenzialmente eliofila è resistente a condizioni xeriche e resiste anche a basse temperature invernali. Predilige suoli calcarei e profondi.



Figura 4.d: Acero d'Ungheria (Fonte: www.dipbot.unict.it)

4.2.2 Specie Arbustive

4.2.2.1 Ginestra odorosa (*Spartium junceum*)

Arbusto, talvolta anche albero di piccole dimensioni, con altezza variabile da 1 a 4-5m, presenta rami eretti, verdi e giunchiformi. Ha una splendida fioritura con fiori gialli e odorosi riuniti in racemi terminali che la rende specie molto decorativa.

Ha un distribuzione tipicamente mediterranea con penetrazioni fino all'Anatolia. In Italia è molto comune ed è diffusa dai litorali alle colline, fino al limite meridionale delle Alpi.

Leguminosa dotata di spiccata attitudine a colonizzare ambienti scoperti, *Spartium junceum* di regola forma popolamenti densi e paucispecifici.

Specie eliofila e termofila non è esclusiva di alcun tipo di substrato, stabilendosi su terreni di varia natura. Con temperamento tipicamente pioniero è una delle prime specie a colonizzare terreni nudi dove tende a formare dense macchie monofitiche, costituendo comunità premantellari dinamicamente collegate alla serie dei querceti. Ha maggior diffusione nella

fascia supramediterranea, partecipando comunque anche al corteggio della macchia mediterranea.

Per il robusto apparato radicale *Spartium junceum* viene utilizzato con successo nelle opere di consolidamento dei pendii franosi.

Si moltiplica per seme ma anche per via vegetativa tramite talee legnose poste a radicare in serra fredda (Paiero et al., 1996).



Figura 4.e: Ginestra Comune (Fonte: www.actaplantarum.org)

4.2.2.2 Prugnolo (*Prunus spinosa*)

Arbusto spinoso di abito tendenzialmente cespuglioso, il prugnolo raggiunge un'altezza di 2-5m. Ha una struttura molto ramificata con chioma densa e intricata e rami spinescenti. I fiori bianchi, riuniti in gruppi di 4-5, si sviluppano prima delle foglie.

Specie ad areale euroasiatico, rappresenta il pruno più diffuso in Italia dove costituisce uno degli elementi più importanti nella formazione di fitocenosi a struttura mantellare dinamicamente collegati soprattutto ai querceti caducifogli in ambiente temperato.

Specie caratteristica per le tipiche spine derivate dai rami induriti e appuntiti svolge una funzione importante anche dal punto di vista decorativo-ornamentale per la produzione di vistose infiorescenze bianche e di piccole drupe cerose dal caratteristico colore blu scuro.

Eliofilo, resistente alle basse temperature e xerotollerante, presenta un temperamento pioniero di ambienti denudati e aperti. Specie eccellente per l'edificazione delle siepi.



Figura 4.f: Prugnolo (Fonte: www.actaplantarum.org)

4.2.2.3 Biancospino (*Crataegus monogyna*)

Specie a portamento arbustivo con tipica infiorescenza a corimbo di colore bianco-latteo e talora rosea.

Tipico componente delle formazioni premantellari di diversi tipi forestali e delle siepi agresti è molto comune in Italia dalla zona mediterranea al piano montano.

Arbusto longevo adattabile a qualsiasi condizione climatica e di terreno. Eliofilo e moderatamente xerofilo, vive nei boschi luminosi e nelle fasce mantellari. Rappresenta un componente importante degli stadi di ricostruzione dei boschi con dominanza di querce.



Figura 4.g: Biancospino (Fonte: www.inzino.it)

4.2.2.4 Ligustro (*Ligustrum vulgare*)

Specie a portamento eretto che sviluppa un'altezza massima di circa 3m.

Ha una distribuzione di tipo europeo con disgiunzioni in Nord-Africa. In Italia è comune su tutta la penisola, manca nelle isole.

Rappresenta uno degli arbusti più comuni nelle comunità preforestali in contatto con i popolamenti forestali caducifogli di clima temperato.

Il ligustro è tendenzialmente eliofilo che lo rende specie con vocazione pioniera; presenta inoltre una elevata adattabilità a suoli con diversa disponibilità idrica, rifuggendo da stazioni con spiccata aridità.

Si moltiplica per seme, ma di solito si preferisce la moltiplicazione per talea perché consente di ottenere delle piantine molto più rapidamente.



Figura 4.h: Ligustro (Fonte: www.actaplantarum.org)

4.2.2.5 Fusaggine (*Euonymus europaeus*)

Arbusto o alberello eretto molto ramificato, alto 2-4 m, a volte con habitus da alberello. Molto comune in Italia ha una distribuzione euroasiatica. Specie eliofila, la fusaggine è un tipico elemento dei boschi misti di latifoglie, delle siepi campestri e delle formazioni pioniere a carattere mantellare dei climi temperati.

Predilige suoli ricchi in calcare e con buona disponibilità di nutrienti. Tra i nomi vernacolari dati alla specie risalta l'epiteto di "berretta del prete" per la particolare morfologia del frutto.



Figura 4.i: Fusaggine (Fonte: www.actaplantarum.org)

4.2.2.6 Rosa Canina (*Rosa canina*)

Arbusto policormico con rami spinosi e radici forti, ben sviluppate e con spiccata capacità pollonifera, caducifoglio alto 2-3 m a portamento tendenzialmente rampicante e scandente.

Ha un areale molto vasto che va dall'Europa all'Asia spingendosi oltre il circolo polare Artico e ricompare anche nel Nordafrica.

Comune nelle siepi, nelle macchie ai bordi di boschi termofili è specie tipica delle comunità preforestali dei climi temperati e rappresenta una delle componenti principali degli arbusteti pionieri con capacità di colonizzare suoli nudi per l'elevata resistenza all'aridità edafica. È la rosa selvatica più comune in Italia, predilige ambiente soleggiate e suoli ricchi in calcare. I fiori, isolati o in infiorescenze a corimbo, con petali grandi di colore rosa pallido sono molto decorativi.

Si moltiplica per seme ma anche per talea. Le talee (25-30 cm) radicano facilmente e vanno prelevate dai rami laterali non fioriferi più robusti alla fine dell'estate e messe a radicare in cassoni in serra fredda (Paiero et al., 1996).



Figura 4.j: Rosa Canina (Fonte: www.webalice.it)

4.2.2.7 Cornetta Dondolina (*Coronilla Emerus*)

Arbusto caducifoglio, suffruticoso, peloso da giovane poi glabrescente; fusti eretti, legnosi, angolosi, striati e molto ramificati. Altezza da 1 m a 2 m circa.

Le foglie sono alterne, imparipennate, composte da 4-9 foglioline obovato-cuneate ad apice di forma variabile.

I fiori inodori, sono riuniti in infiorescenze pendule, ombrelliformi e peduncolate.

I frutti sono lunghi legumi arcuati muniti di rostro apicale, sono suddivisi in diverse logge monosperme, hanno nella subspecie nominale, una tipica strozzatura tra una loggia e l'altra, contengono semi rossi o nerastri, con tegumenti duri e impermeabili.

Vegeta nelle cerrete e nei boschi di latifoglie decidue più o meno mesofili, nei cespuglieti, negli incolti. È tipica della macchia mediterranea, preferisce un suolo calcareo e raggiunge quote fino a 1,700 m s.l.m.



Figura 4.k: Cornetta Dondolina (Fonte: www.actaplantarum.org)

4.2.3 Specie Prative (Scarpate dei Gradoni)

4.2.3.1 Forasacco eretto (*Bromus erectus*)

Specie nominale di praterie, più o meno aride dei piani collinare e montano, che rientrano nella categoria dei brometi (mesobrometi, xerobrometi a seconda del grado di aridità del suolo) afferibili all'ordine dei *Festuco-Brometalia*, il forasacco è una emicriptofita cespitosa ad areale paleotemperato con diffusione in Europa, Asia, Nord-Africa e naturalizzata nel Nord-America. Comune in Italia settentrionale (sui rilievi) e Italia Centrale, rara in Padania, Italia Meridionale, Sardegna e Corsica.

Predilige terreni calcarei a reazione basica e ben drenati, specie xerotollerante e ben adatta a terreni poveri di nutrienti; molto resistente in caso di persistente deficit idrico durante il periodo estivo. Raggiunge un'altezza di 60 cm; forma fitti e densi cespi che si diffondono raramente mediante stoloni, fiorisce all'inizio dell'estate.



Figura 4.l: Forasacco (Fonte: www.lamiaterradisiena.it)

4.2.3.2 Paleo comune (*Brachypodium rupestre*)

Pianta perenne erbacea, emicriptofita caespitosa, può raggiungere un'altezza di 4-7 dm. Il sistema epigeo è costituito da un rizoma stolonifero lungamente strisciante che permette alla pianta di formare, per via vegetativa, popolazioni a tappeto, estese anche per qualche metro che impedisce l'insediamento di altre specie; per tale motivo il paleo comune deve utilizzato in modo più contenuto rispetto al forasacco eretto. Specie calciofila caratteristica dei prati e pascoli substeppici, dei margini erbacei meso-termofili dei boschi. Predilige suoli calcarei, poveri in sostanza organica; tollera periodi di siccità. Fiorisce da maggio a luglio.

Ha un areale di tipo sud europeo subatlantico, a livello nazionale è presente in tutte le regioni.



Figura 4.m: Paleocomune (Fonte: www.lucoli.it)

4.2.4 Specie Prative (Fronte delle Terre Armate)

4.2.4.1 Elicriso sp (*Helichrysum*)

L'elicriso è provvisto di una modesta radice a fuso e numerose radichette da cui partono vari fusticini ramosi su cui si innestano le foglie lineari di color grigio/cinerino.

I fiori, di forma rotonda e a petali sottili, sono riuniti in capolini di vario colore dal giallo, al rosa, al rosso. Il frutto è un achenio. Le foglie sono oblunghe-lanceolate, sono piatte e pubescenti su entrambe le facce.

È comune nelle zone pietrose e aride, sulle colline calcaree.



Figura 4.n: Elicriso (Fonte: www.elicriso.it)

4.2.4.2 Centaurea sp

Le centauree sono piante erbacee annuali, biennali o perenni, a foglie alterne. I fiori sono disposti in capolini, avvolti da un involucri di brattee.

Nel caso delle centauree, i fiori sono tutti tubulari, quelli della periferia (perlopiù sterili) si aprono in cinque grandi lobi. Il colore va dal rosa, al porpora e il violetto, ma esistono anche specie a fiore giallo.

L'involucro è composto da brattee ineguali su più file, come nel carciofo. Queste brattee sono quasi sempre ciliate ma anche spinose. I frutti sono achenii.



Figura 4.o: Centaurea sp (Fonte: www.lurig.altervista.org)

4.3 NORME TECNICHE PER LA REALIZZAZIONE DELL'IMPIANTO E DELLA RICOSTITUZIONE DELLA COPERTURA VEGETALE

Di seguito si riportano le indicazioni per la realizzazione dell'intervento di rinaturalizzazione previsto per la Cava Carpineti.

In generale i principali criteri che hanno guidato la proposta d'impianto individuata sono i seguenti:

- scelta di specie indigene coerenti con l'ambiente e meglio adatte a ricreare una copertura vegetale in sintonia col paesaggio circostante;
- alternanza per le aree boscate tra alberi ad arbusti con formazione di una struttura orizzontale a mosaico come presente in natura.

I sestri d'impianto per le piantumazioni e in rinverdimento delle aree sono riportati nella Figura 4.1. In Figura 4.2 si riportano le sezioni tipo longitudinali e trasversali dell'intervento.

4.3.1 Preparazione del Terreno

4.3.1.1 Aree Sommitali Rinverdite a Bosco

Per il rinverdimento delle aree sommitali si prevede la stesa di uno strato di terreno vegetale per uno spessore di 120 cm (si veda la Figura 4.2 che riporta le sezione tipo trasversali e longitudinali degli interventi).

Verrà impiegato terreno di scotico derivante dalla sistemazione del bacino di Monte Alto.

Tale materiale dovrà essere prelevato dagli strati superficiali del terreno ed essere arricchito con sostanza organica sottoforma di terriccio ottenuto dalla compostazione aerobica di materiale vegetale.

4.3.1.2 Fronte delle Scarpate

L'intervento di sistemazione delle scarpate verrà eseguito rinverdendo le terre armate con interventi di idrosemina in cui saranno utilizzati semi di piante xeriche autoctone di rupe della fascia collinare.

Verrà inoltre previsto un intervento di rinverdimento del piede delle scarpate attraverso la stesa di uno strato di terreno vegetale per uno spessore fino a circa 80 cm nella fascia di contatto fra pedata ed alzata della scarpata e con granulometria decrescente dal basso verso l'alto, in modo da consentire l'attecchimento di specie arbustive. Sarà impiegato anche nei gradoni terreno di scotico derivante dalla sistemazione del bacino di Monte Alto.

Il terreno vegetale, prima della stesa, sarà migliorato con l'aggiunta di materia organica sottoforma di terriccio ottenuto dalla compostazione aerobica di materiale vegetale.

Si evidenzia che, al fine di evitare l'erosione superficiale da parte delle acque dilavanti provenienti da monte, sebbene regimate, sarebbe opportuno creare strutture di paramento o contenimento del terreno vegetale riportate sui gradoni, ad esempio tramite utilizzo di geogriglie.

4.3.2 **Impianto Aree Boscate ed Arbustive**

4.3.2.1 Tracciamenti e Picchettature

Prima della messa a dimora delle piante e dopo le operazioni di preparazione del terreno, verrà predisposta la picchettatura delle aree di impianto. Verranno delimitate sul terreno aree di 100 m² entro le quali saranno poste a dimora gli alberi e gli arbusti di progetto seguendo la densità e la disposizione casuale richiesta dagli elaborati progettuali.

4.3.2.2 Sesto d'Impianto

Per effettuare gli impianti vengono utilizzate piantine forestali. La densità di impianto è di 25 piante ogni 100 metri quadrati suddivise in 8 piante arboree e 17 piante arbustive. Per la creazione di aree a vegetazione arbustiva si procede con la messa a dimora di macchie di arbusti della stessa specie.

Gli arbusti avranno un'altezza di 0.3-0.5 metri. Gli alberi saranno utilizzati di due misure e così suddivisi (si veda la Figura 4.1 allegata):

- quattro alberi di 3 m di altezza che devono essere riuniti in unità ricolonizzanti;
- quattro alberi di 1 m di altezza distribuite lungo il perimetro dei nuclei.

Il modello prescelto è quello dispersivo per installazione diffusa di alberi e arbusti.

Questa scelta di impianto consente di raggiungere una fisionomia e una struttura naturaliforme tipica di un bosco ceduo matricinato. In questo modo la sutura al paesaggio forestale esistente è ancora più vicina ad una condizione paranaturale anche in termini di sviluppo e dinamica del bosco.

Viene utilizzato un sesto d'impianto elevato in relazione alla finalità naturalistica del progetto: la densità favorisce la competizione degli individui, accelera la crescita in altezza, la copertura e l'ombreggiamento del suolo. I vantaggi di questo criterio sono molteplici: minori costi di manutenzione dopo i primi anni d'impianto, costituzione in tempi brevi di

aree rifugio per la fauna, possibilità di ottenere strutture più articolate e più prossime alla naturalità.

Per le aree a bosco si prevede di porre a dimora le piante in modo casuale evitando gli allineamenti e riunendole in gruppi di alcune unità della stessa specie, in modo che la struttura orizzontale riproponga la distribuzione e l'organizzazione simile a quella in ambito naturale.

In particolare si prevede la realizzazione di macchie di *Spartium junceum* come già in natura sono presenti soprattutto all'interno delle praterie aride. Le macchie di ginestra vanno a ricoprire nel piano superiore le scarpate più acclivi e la falda armata. Così anche per gli arbusti preforestali si prevede di inserirli con formazioni che ripetono forme strutturali dense a boscaglia che si alternano a componenti arboree.

4.3.2.3 Messa a Dimora delle Piante

La messa a dimora delle piantine avviene preferibilmente in giornate con temperatura non troppo rigida e con poco vento, con apertura manuale o meccanica delle buche per la piantagione delle specie vegetali. Queste devono avere le dimensioni più ampie possibili in rapporto alla grandezza delle piante da mettere a dimora. Le buche devono essere scavate in modo che risultino larghe e profonde almeno una volta e mezzo rispetto alle dimensioni dell'apparato radicale.

La messa a dimora degli alberi deve avvenire in relazione alle quote finite, avendo cura che le piante non presentino radici allo scoperto né risultino, una volta assestatosi il terreno, interrate oltre il livello del colletto.

A riempimento ultimato, dopo aver costipato con cura la terra in maniera tale che non rimangano vuoti attorno alla zolla, attorno alle piante dovrà essere formata una conca (tornello) per la ritenzione dell'acqua. Le piante saranno irrigate subito dopo l'impianto per facilitare il costipamento e l'assestamento della terra attorno alle radici e alla zolla. Come evidenziato al successivo Paragrafo 5.1 le irrigazioni di soccorso in No. di 4-8 interventi all'anno (a seconda dell'andamento stagionale e della dimensione delle piante) saranno necessari solamente per i primi tre anni successivi all'impianto. Per ciascun albero è previsto un palo tutore.

La crescita delle erbe spontanee direttamente intorno alle piantine costituisce, nei primi 3-4 anni, il maggiore problema per la buona riuscita dell'impianto; tali erbe sono temibili concorrenti, soprattutto per la sottrazione di risorse idriche del terreno.

Per limitare la crescita delle infestanti nell'immediato intorno delle piantine, dove è più difficile eseguire la sfalcatura meccanica, vengono posizionati dei biodischi pacciamanti costituiti da fibra di cocco, o feltro o altro materiale, del diametro di 40 – 50 cm circa.

I dischi pacciamanti sono dotati di taglio e foro centrale per la messa a dimora, sono in grado di resistere alle intemperie per diversi anni, e migliorano l'efficacia e il mantenimento dell'umidità.

Per quanto riguarda le specie arbustive per il rinverdimento dei piedi delle scarpate, la messa a dimora delle piante viene eseguita manualmente e prevede l'apertura di un foro sulla biostuoia e l'inserimento del pane di terra tra le maglie della rete avendo cura di costipare adeguatamente il terreno.

Sulla scarpata è previsto inoltre un intervento di idrosemina di specie erbacee tipiche dei prati aridi circostanti. La scelta dei miscugli di seme adatti alle caratteristiche ecologiche stazionali è di rilevante importanza per ottenere un risultato ottimale e con elevate probabilità di successo.

Il miscuglio da utilizzare deve contenere una discreta diversità specifica perché garantisce la formazione di una copertura più stabile, resistente e meno vulnerabile rispetto a una comunità mono o paucispecifica. In particolare tra le specie da utilizzare vanno sicuramente prese in considerazione quelle a ciclo perenne come *Bromus erectus* e *Brachypodium rupestre*, a queste vanno aggiunte entità tipiche dei prati aridi (specie casmofitiche) che ben si adattano ad interventi di idrosemina.

Se risulta difficoltoso il reperimento di specie tipiche, è necessario definire un miscuglio standard con elevate capacità biotecniche, ma che sia coerente dal punto di vista ecologico con le condizioni stazionali.

Per proteggere i semi idroseminati dal dilavamento è necessario utilizzare dei collanti all'interno del miscuglio in modo da favorire l'adesione del seme alla biostuoia.

4.3.3 Caratteristiche del Materiale Vegetale Impiegato

Nella scelta del materiale vivaistico due sono gli aspetti che vanno tenuti in massima considerazione: la provenienza del postime e la qualità colturale.

Per quanto riguarda il primo aspetto, si sottolinea che la variabilità genetica di ciascuna specie ha permesso la definizione di materiali con caratteristiche specifiche per ciascuna area geografica, in funzione del particolare ambiente bio-pedo-climatico. E' pertanto necessario scegliere del materiale vivaistico proveniente da aree geografiche simili a quella in cui viene effettuata la piantumazione. Per quanto riguarda il secondo aspetto, si sottolinea che per una buona riuscita dell'impianto non si può prescindere dall'impiego di materiale biologico di ottima qualità, rispondente ai requisiti minimi morfometrici, qualitativi e genetici in grado di assicurare un punto di partenza ottimale per le attività colturali. Nell'impianto in progetto vengono utilizzate piantine provenienti da seme per le piante arboree e arbustive o da talea per le piante arbustive che vengono riprodotte solo agamicamente; si prevede di utilizzare piantine coltivate in fitocella e non a radice nuda per le maggiori garanzie di attecchimento offerte da questo tipo di materiale vegetale. Verrà inoltre prestata particolare attenzione e cura nelle fasi di trasporto e messa a dimora.

Le piante arboree avranno le seguenti caratteristiche: fusto diritto, bel lignificato e senza ramificazioni laterali, con buona dominanza apicale; gemma apicale ben conformata; getto terminale lignificato; dimensioni ottimali e proporzionate; dimensioni di altezza, diametro al colletto, volume dell'apparato radicale adeguate rispetto all'età; apparato radicale sano, sviluppato e vegetante, ricco di radici secondarie e capillari; esenti da ferite e malattie.

Per quanto riguarda le specie a portamento arbustivo, esse avranno le seguenti caratteristiche: di dimensioni ottimali, proporzionate e ben sviluppate, buona lignificazione dei rami, gemme ben conformate, apparato radicale sano, sviluppato e vegetante, ricco di radici secondarie e capillari, esenti da ferite e malattie.

Il processo di ricreazione del manto vegetale vedrà impiegate esclusivamente piantine autoctone; queste sono preferibilmente reperite presso i vivai regionali, qualora s'intenda utilizzare postime di altra derivazione è comunque indispensabile che il materiale vegetale

abbia origine da boschi da seme di aree ecologicamente simili a quelle dell'intervento, e sarà accompagnato da regolare certificato di origine e provenienza.

Per le specie erbacee la reperibilità sul mercato dei semi potrebbe essere difficoltosa, soprattutto se si tratta di sementi di provenienza locale. Il mercato delle sementi fornisce miscugli standard generalmente per prati stabili in cui entrano specie piuttosto esigenti dal punto di vista edafico, mentre la tipicità delle praterie presenti in loco è definita da condizioni ambientali piuttosto xeriche e da substrati calcarei e poveri in sostanza organica. Si può prevedere ad integrare eventuali miscugli reperiti sul mercato con semi locali, recuperati dallo sfalcio, ad esempio, di superfici prative limitrofe all'area d'intervento.

5 NORME TECNICHE PER LA GESTIONE E LA MANUTENZIONE

In sintesi gli interventi da eseguire per una corretta gestione e manutenzione della zona rimboschita sono:

- irrigazioni di soccorso in No. di 4 – 8 interventi/anno a seconda dell'andamento stagionale e della dimensione della piante;
- trinciatura delle infestanti cresciute tra le piante in No. di 3 interventi/anno eseguita manualmente nelle aree più sensibili che presentano un forte rinnovamento.

Tali interventi saranno necessari per i primi tre anni successivi all'impianto.

5.1 SFALCIO MECCANIZZATO DELLE ERBE INFESTANTI

Lo sfalcio delle erbe infestanti spontanee può avvenire con mezzo meccanico idoneo o eseguito manualmente per evitare di danneggiare le piccole piante in accrescimento; laddove sia già presente vegetazione forestale autoctona, è prioritaria la tutela degli esemplari presenti evitando qualsiasi tipo di danneggiamento.

5.2 IRRIGAZIONI DI SOCCORSO

L'irrigazione di soccorso viene effettuata tramite intervento localizzato su ogni pianta a seconda dell'andamento stagionale. Si stima un fabbisogno medio di 0/40 litri per pianta per ogni adacquamento; si ipotizzano necessari da 4 a 8 interventi d'irrigazione a seconda dell'andamento stagionale e della grandezza delle piante.

5.3 PIANO DI GESTIONE ANTINCENDIO

Si evidenzia che, come previsto dal Piano Regionale per la programmazione delle attività di previsione, prevenzione e lotta attiva contro gli incendi boschivi, pubblicato sul Bollettino Ufficiale della Regione Campania nel Settembre 2008, in fase esecutiva verrà predisposto il Piano di Gestione Antincendio Forestale Quinquennale dalla ditta che eseguirà le lavorazioni.

6 INSERIMENTO PAESAGGISTICO DELL'INTERVENTO

Per la valutazione dell'inserimento paesaggistico dell'intervento di rinaturalizzazione della Cava Carpineti è stato elaborato un modello tridimensionale delle sistemazioni in terra armata e del rinverdimento delle aree sommatali e di scarpata.

In particolare è stato elaborato:

- un modello tridimensionale del terreno impiegando la cartografia esistente (Scala 1:5,000) e i rilievi di dettaglio dell'area di cava;
- restituzione tridimensionale del progetto di sistemazione della cava (planimetria e sezioni) realizzata mediante un algoritmo del software 3DSMax (applicativo specifico per modellazione tridimensionale).

Di seguito si riporta una vista del modello 3D realizzato.

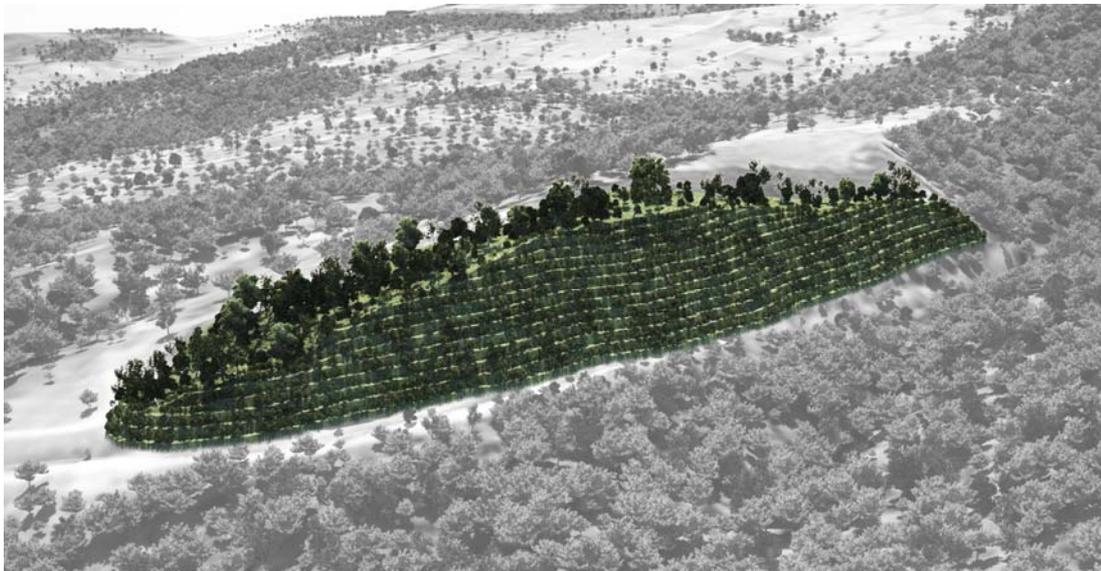


Figura 6.a: Modello 3D Interventi di Rinaturalizzazione Cava Carpineti

Per la valutazione dell'inserimento paesaggistico dell'intervento sono state poi elaborate alcune fotosimulazioni, prendendo a riferimento due punti di vista nell'intorno del sito.

Le fotosimulazioni sono state possibili realizzando i passaggi di seguito descritti:

- realizzazione del modello tridimensionale del terreno;
- individuazione di alcuni punti di ripresa ottimali;
- produzione di materiale fotografico in formato adeguato per la individuazione dei luoghi e per la produzione dei fotomontaggi per un corretto posizionamento dell'intervento in progetto nel contesto;
- posizionamento del modello 3D precedentemente realizzato.

Quanto sopra è reso possibile grazie all'individuazione di alcuni punti notevoli dei modelli 3D e dei relativi punti corrispondenti sulla foto scelta per effettuare il montaggio. Il risultato

dell'operazione è la sovrapposizione degli elementi del modello 3D con i corrispondenti elementi rappresentati nella foto. Raggiunto questo risultato, si può inserire nello schema ottenuto il modello 3D dell'intervento, garantendo un corretto posizionamento degli stessi nella fotografia.

Eseguita la fase di rendering è stata realizzata un'opportuna creazione di “quinte” per consentire il corretto posizionamento dei nuovi interventi. Questa operazione si è conclusa con la produzione di schede di fotomontaggio in cui sono chiaramente indicati i punti di ripresa, la situazione “ante operam” e quella di progetto (si vedano le Figure 6.1 e 6.2).

In base alla morfologia dell'area e ai sopralluoghi effettuati sono stati individuati i seguenti punti per la valutazione dell'inserimento paesaggistico:

- lungo una strada secondaria in prossimità di Mass. Casaldunaro a circa 300 m a Nord-Ovest della Cava Carpineti;
- lungo una strada sterrata a Sud-Est della Cava Carpineti (a circa 150 m) in località Borgo Giorgio.

Nelle Figure 6.1 e 6.2 sono riportati i relativi fotoinserti con l'indicazione esatta dei punti di ripresa fotografica.

7 VALENZA AMBIENTALE DELL'INTERVENTO

L'intervento di rinaturalizzazione di Cava Carpineti consente di utilizzare parte delle terre e rocce da scavo derivanti dall'esecuzione dell'impianto in progetto per realizzare un intervento di riqualificazione ambientale di una cava attualmente dismessa e soggetta ad un potenziale dissesto idrogeologico (REC S.r.l., 2012).

Si specifica che saranno utilizzate le terre e rocce da scavo costituite da (per ulteriori dettagli si rimanda a quanto riportato nella Relazione Tecnica sulle Terre e Rocce da Scavo, Doc. No. 10-689-H9, Rev. 1, Settembre 2012):

- scotico proveniente dal cantiere per la realizzazione del bacino superiore di Monte Alto (Cantiere No. 1);
- argille, marne e arenarie provenienti dal cantiere per la realizzazione della finestra intermedia della galleria di restituzione e del pozzo paratoie/opera di presa (Cantieri No. 5 e 6);
- flysch provenienti dal cantiere per la realizzazione della Centrale (Cantiere No. 4).

Il trasporto dei materiali dai cantieri al sito di riutilizzo avverrà mediante camion. Nella seguente tabella sono riportati i dati di sintesi.

Tabella 7.1 Terre e Rocce da Scavo Riutilizzate per la Rinaturalizzazione di Cava Carpineti

Sito di Utilizzo	Tipologia	Volume [m ³]	Cantiere di Origine	Modalità di Trasporto
Cava Carpineti	Scotico	77,400	Cantiere 1	Camion
	Flysch calcareo	173,000	Cantiere 4	Camion
	Flysch argillitico ed argilloso-arenaceo	200,000	Cantiere 5	Camion ⁽¹⁾
	Flysch argilloso-arenaceo	32,000	Cantiere 6	Camion

Note:

- (1) Il materiale raggiunge il Cantiere 6 tramite nastri trasportatori, dopodichè viene caricato su camion e portato a destinazione.

Nella figura seguente sono riportati l'ubicazione dei cantieri sopracitati, la viabilità di cantiere e la posizione del sito di riutilizzo per le terre e rocce da scavo riportate nella precedente tabelle (Cava Carpineti).

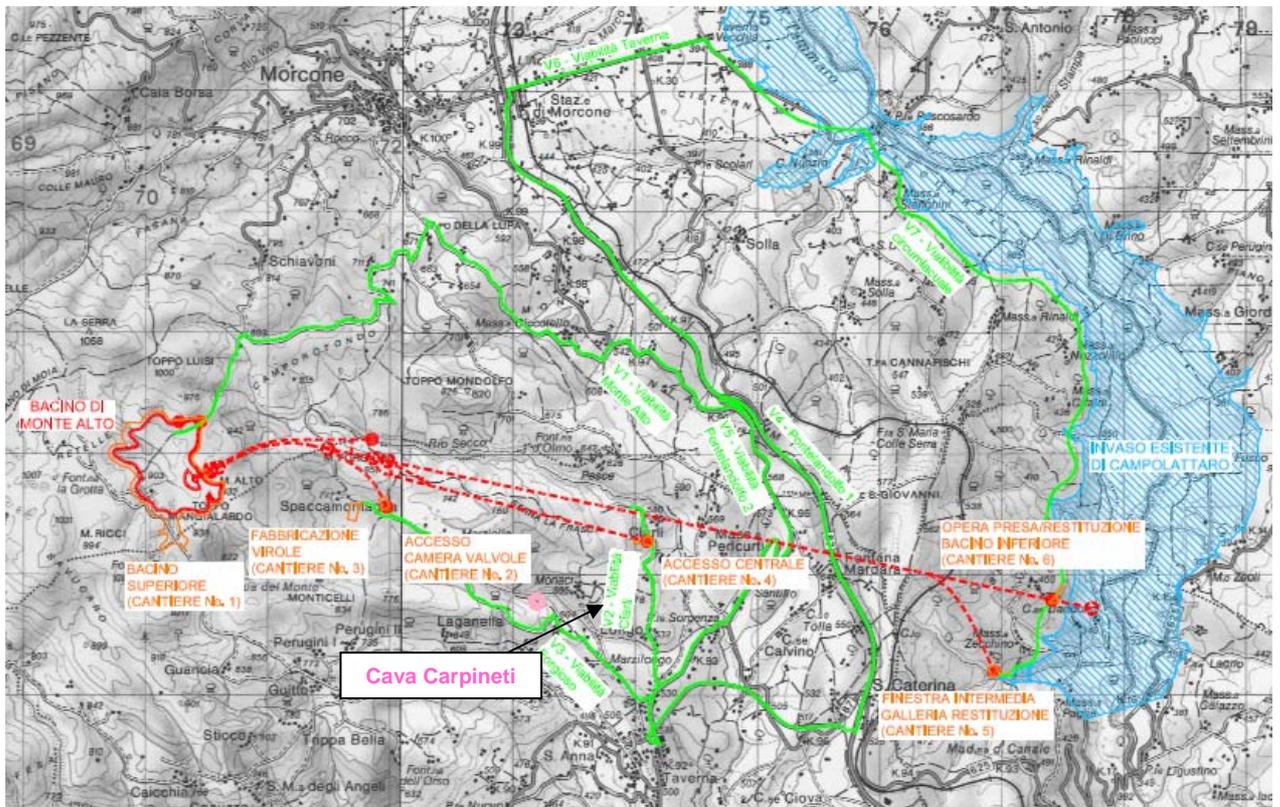


Figura 7.a: Ubicazione Cava Carpineti e Cantieri di Provenienza delle Terre e Rocce da Scavo Utilizzate

Con riferimento ai dati di progetto riassunti si evidenzia che la scelta di utilizzare parte delle terre e rocce da scavo prodotte dalla realizzazione del progetto per la rinaturalizzazione ambientale di Cava Carpineti risulta essere un intervento di mitigazione ambientale in quanto:

- riqualifica naturalisticamente e paesaggisticamente una cava dismessa e soggetta a fenomeni di dissesto idrogeologico;
- permette il riutilizzo di una parte delle terre e rocce da scavo prodotte, altrimenti destinate a soluzioni più gravose dal punto di vista ambientale (per esempio trasferimento in discarica).

La scelta di allocazione di queste terre in un sito in prossimità delle aree oggetto di intervento permette infatti di contenere i traffici di mezzi pesanti annessi alla movimentazione del materiale. Nel particolare questa soluzione progettuale permette di limitare il tragitto dei mezzi dai siti di produzione ad un massimo di circa 15 km (dal Cantiere No. 6 al sito di Cava Carpineti), interessando viabilità di cantiere già asservita al progetto (si veda la Figura 7.a soprastante).

La soluzione alternativa di portare le terre in discarica avrebbe quindi necessariamente delle ricadute ambientali maggiori in relazione a:

- occupazione di grandi volumi (circa 400,000 m³ trascurando le terre di scotico) e superfici utili che sarebbero altrimenti utilizzabili in maniera più ambientalmente proficua con messa a dimora di rifiuti per pari quantità;
- traffici dei mezzi pesanti per il trasporto terre in un raggio più ampio per raggiungere un sito idoneo (discariche nella Provincia di Benevento);
- maggiori emissioni in atmosfera riconducibili ai motori diesel che dovranno compiere tragitti superiori.

Relativamente all'ultimo punto, di seguito si riporta una stima del risparmio di emissioni partendo dai fattori di emissione AQMD per l'anno 2015 in kg/h relativi ad un autocarro ed ipotizzando una velocità media dei mezzi di 40 km/h. Nella tabella seguente si riassumono le stime del risparmio di emissioni calcolato in base ai mezzi necessari per movimentare le terre e rocce da scavo in funzione delle maggiori distanze che si dovrebbero percorrere per raggiungere una discarica.

Tabella 7.2 Emissioni in Atmosfera Risparmiate in Funzione della Distanza

Emissioni in Atmosfera risparmiate in funzione della Distanza				
Km risparmiati	NOx [t]	SOx [t]	PTS [t]	CO [t]
10 km	3.6	0.008	0.1	1.5
20 km	7.3	0.02	0.3	3.1
30 km	10.9	0.02	0.4	4.6
50 km	18.2	0.04	0.6	7.7

FRT/CHV/MCO/CSM/RC:mcs

RIFERIMENTI

REC S.r.l., 2012, Progetto di Impianto Idroelettrico di Regolazione sul Bacino di Campolattaro (BN), Relazione sulla Rinaturalizzazione di Cava Carpineti, Doc. No. 10062-PG-R-D-A-072, Rev. B, 09 Maggio 2012.

Itasca C.G. – FLAC, Fast Lagrangian Analysis of Continua, Rel. 6.0, 2009. Itasca C.G., Minneapolis, Minnesota US.

AA.VV. - Manuale Italiano d'interpretazione degli habitat della Direttiva 92/43/CEE.
<http://vnr.unipg.it/habitat>

Blasi C., Di Pietro R., FILESI L., 2004 – Syntaxonomical revision of *Quercetalia pubescenti* –*petraea* in the Italian Peninsula. *Fitosociologia* 41(1): 87-164

Catalogo Maccaferri, Opere Stradali I Problemi e le Soluzioni, Terre Rinforzate.

Chiatante D., 2005 - Nuove conoscenze sullo sviluppo degli apparati radicali degli alberi. Lettura del 10/2/2005 all'Accademia dei Georgofili

Comunità Europea, 2007 - Interpretation Manual of European Union Habitat, EUR 27.

Paiero P., Semenzato P., URSO T., 1996 – Biologia vegetale applicata alla tutela del territorio. Progetto Padova Ed., Padova

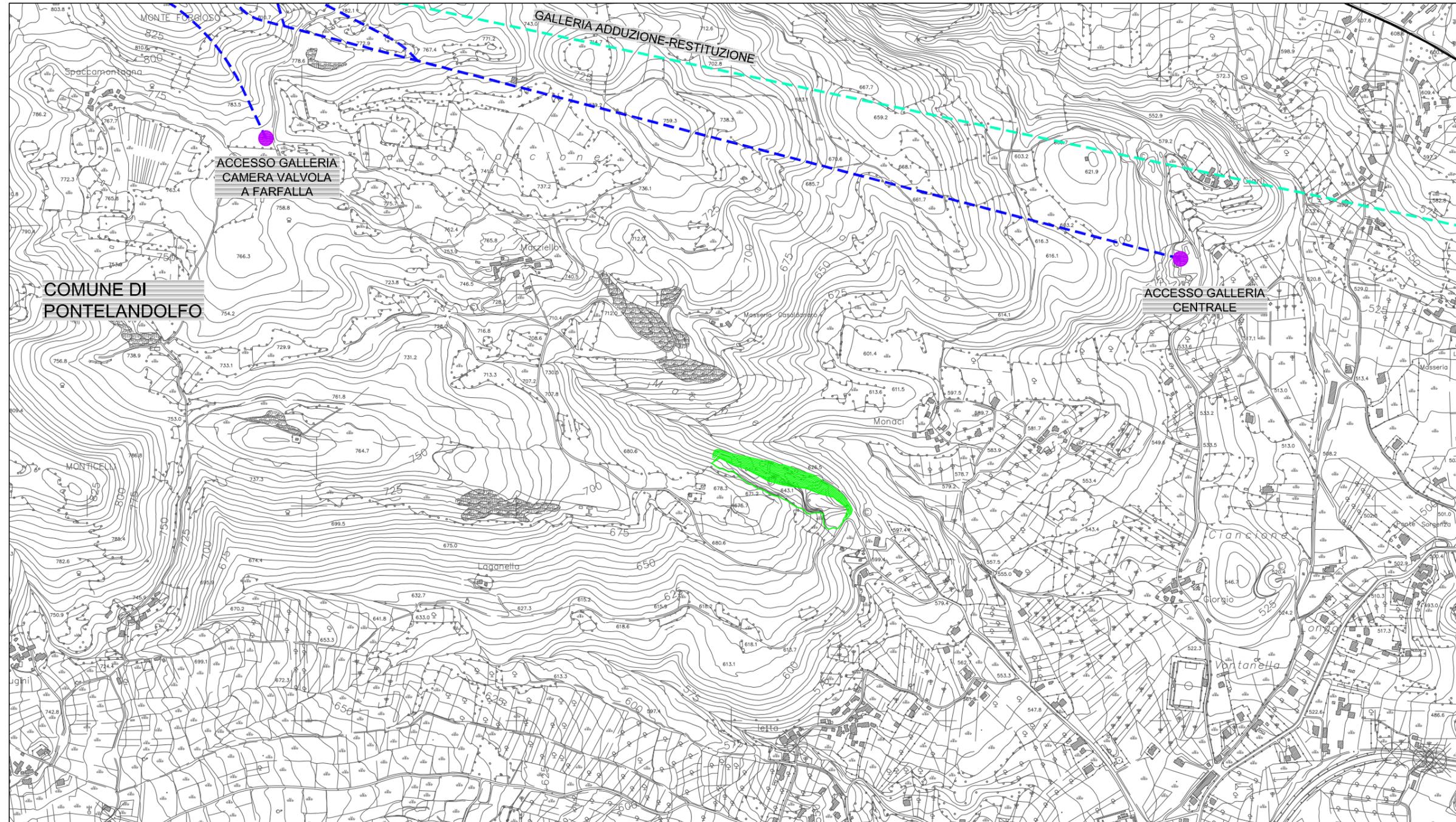
Pignatti S., 1998 – I boschi d'Italia. UTET, Torino

Sauli G., Cornelini P., Preti F., 2006 – Manuale di Ingegneria naturalistica. Vol. III – Sistemazione dei versanti. Regione Lazio

Ubaldi D., Zanotti A.L., Puppi G., Speranza M., Corbetta F., 1990 – Sintassonomia dei Boschi caducifogli mesofili dell'Italia peninsulare. *Not. Fitosoc.* 23: 31-62

SITI WEB

Regione Piemonte, <http://www.regione.piemonte.it>



LEGENDA

-  AREE OGGETTO DI SISTEMAZIONE
-  CONFINI COMUNALI
- OPERE IN SOTTERRANEO
-  GALLERIA DI ACCESSO
-  GALLERIA ADDUZIONE-RESTITUZIONE
- OPERE IN SUPERFICIE
-  ACCESSI E IMPIANTI

SCALA



FIGURA 2.1

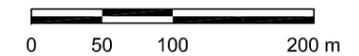
INQUADRAMENTO AL 10,000



LEGENDA

 AREE OGGETTO DI SISTEMAZIONE

SCALA

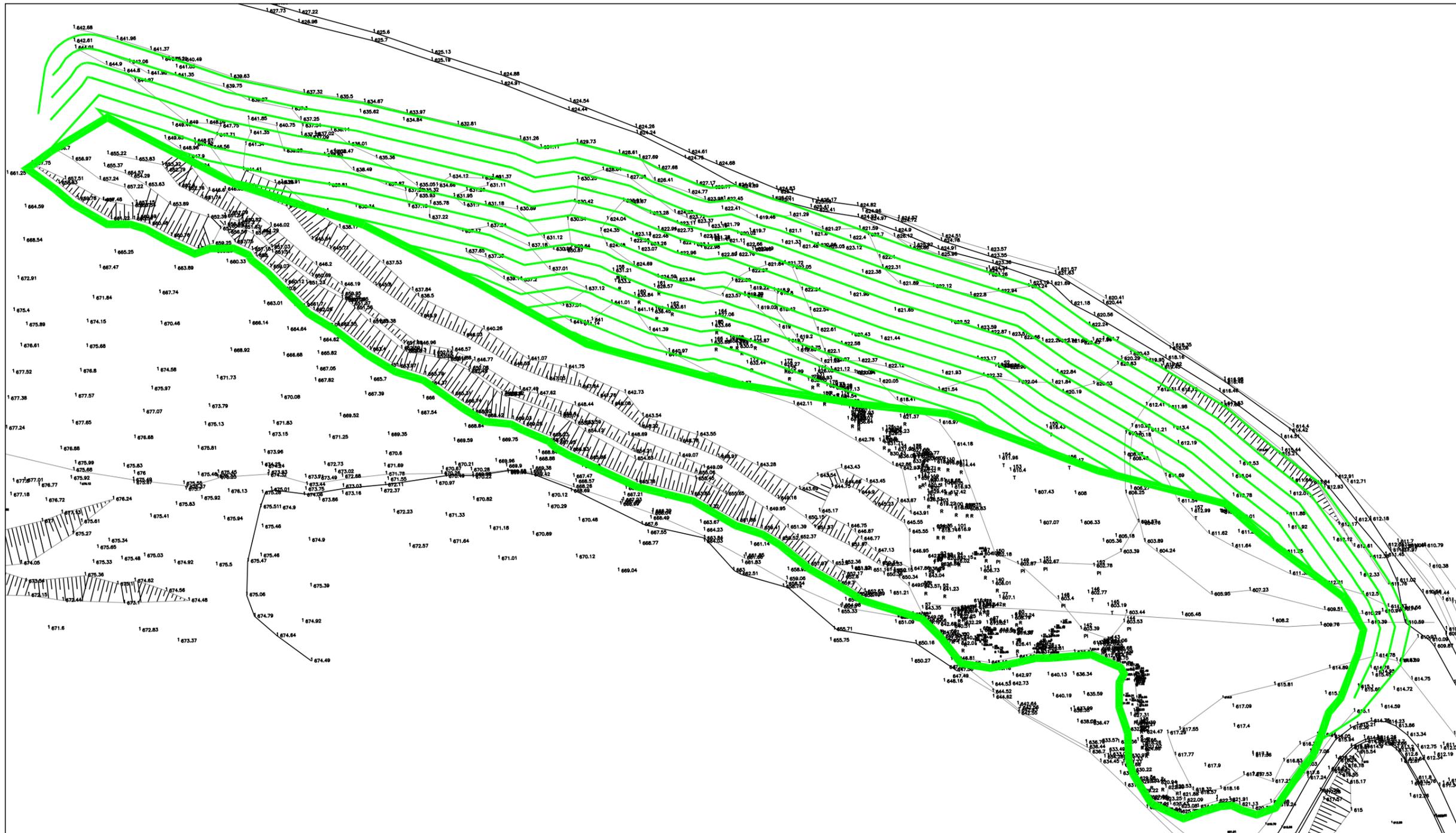


RIFERIMENTO

REGIONE CAMPANIA, ORTOFOTO 2004-2005, SCALA 1:5,000

FIGURA 2.2

INQUADRAMENTO AL 5,000



RIFERIMENTO

COMUNE DI PONTELANDOLFO, 2010, RILIEVO AREA DI CAVA

SCALA

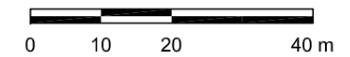
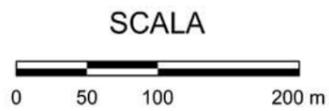


FIGURA 2.3

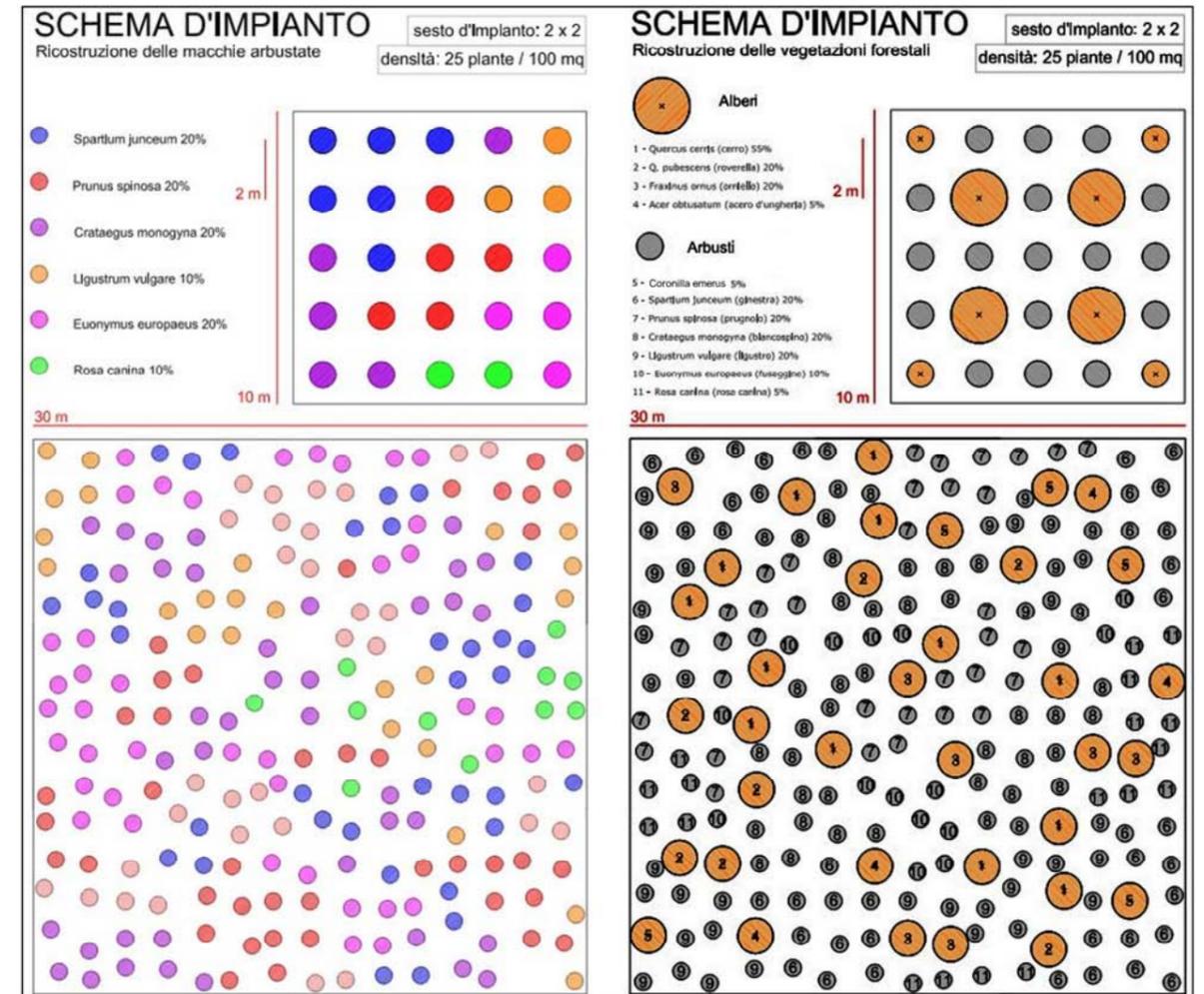
RILIEVO CAVA CARPINETI



LEGENDA

- AREE OGGETTO DI SISTEMAZIONE
- RINVERDIMENTO A BOSCO (TIPO A)
- SISTEMAZIONE SCARPATA (TIPO B)

RINVERDIMENTO A BOSCO (TIPO A)

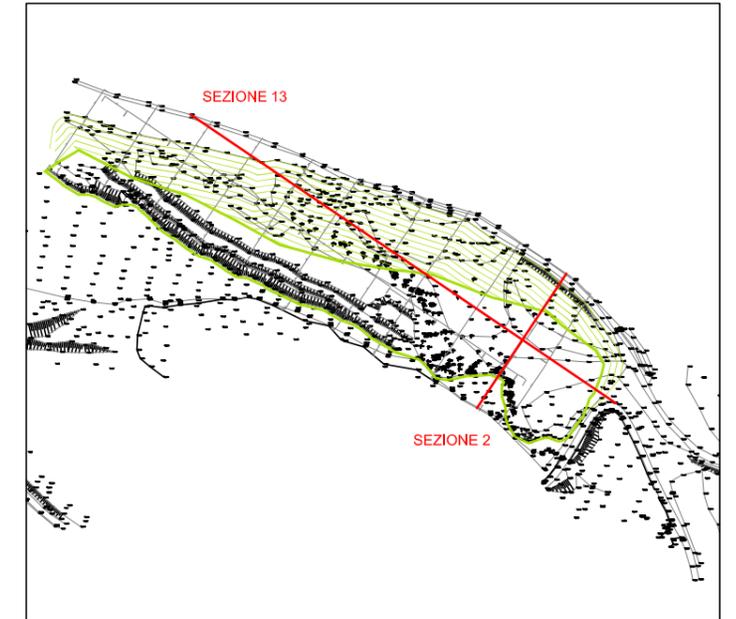
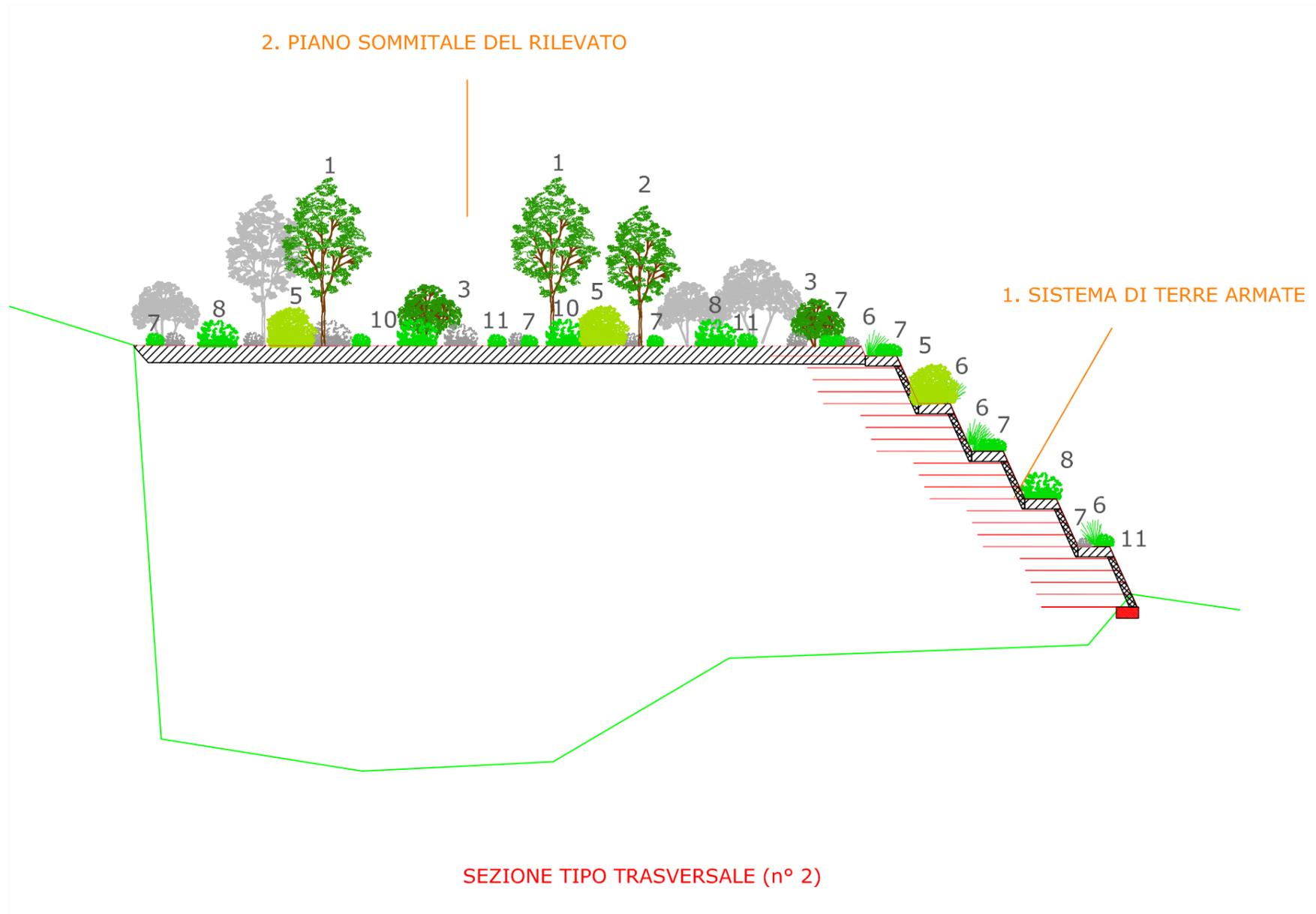


SISTEMAZIONE SCARPATE (TIPO B)

- RINVERDIMENTO TERRE ARMATE (ELICRISO SP E CENTAUREA SP)
E RINVERDIMENTO ARBUSTIVO A MACCHIE:
- SPARTIUM JUNLEUM (GINESTRA) 50%
 - PRUNUS SPINOSA 20%
 - CRATAEGUS MONOGYNA (BIANCOSPINO) 20%
 - ROSA CANINA 10%

FIGURA 4.1

OPERE A VERDE SEZIONE TIPO TRASVERSALE



KEY MAP

SPECIE UTILIZZATE

SPECIE ARBOREE:	SPECIE ARBUSTIVE:
1 - Quercus cerris	5 - Coronilla eremus
2 - Quercus pubescens	6 - Spartium Junceum
3 - Fraxinus ornus	7 - Prunus spinosa
4 - Acer obtusatum	8 - Crataegus monogyna
	9 - Ligustrum vulgare
	10 - Euonymus europaeus
	11 - Rosa canina



Strato di terreno vegetale



Rinverdimento delle scarpate

1. SISTEMA DI TERRE ARMATE

INTERVENTI PROPOSTI:	Inserimento di specie arbustive pioniere di pendii scoperti Idrosemina di specie erbacee di prateria arida
SPECIE UTILIZZATE: (strato arbustivo)	Spartium Junceum (glinestra) 50%, Prunus spinosa 20%, Crataegus monogyna (biancospino) 20%, Rosa canina 10%
SPECIE UTILIZZATE: (strato erbaceo)	Bromus erectus 60%, Brachypodium rupestre 40%

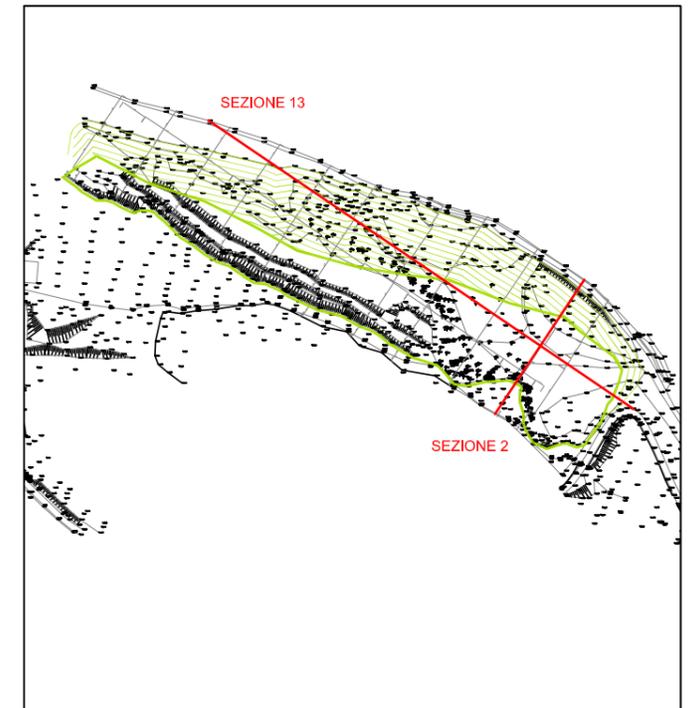
2. PIANO SOMMITALE DEL RILEVATO

INTERVENTI PROPOSTI:	Inserimento di specie legate al bosco di cerro (cerreta)
SPECIE UTILIZZATE: (strato arboreo)	Quercus cerris (cerro) 55%, Q. pubescens (roverella) 20%, Fraxinus ornus (ornello) 20%, Acer obtusatum (acero d'ungheria) 5%, Carpinus orientalis (carpinella) 5%
SPECIE UTILIZZATE: (strato arbustivo)	Spartium Junceum (glinestra) 20%, Rosa canina (rosa canina) 5%, Ligustrum vulgare (ligustro) 20%, Euonymus europaeus (fusaggine) 10%, Crataegus monogyna (biancospino) 20%, Prunus spinosa (prugnolo) 20%, Coronilla eremus 5%

FIGURA 4.2a

PROGETTO INTERVENTI DI RINATURALIZZAZIONE
SEZIONI TIPO

OPERE A VERDE SEZIONE TIPO LONGITUDINALE



KEY MAP

1. SISTEMA DI TERRE ARMATE

INTERVENTI PROPOSTI:	Inserimento di specie arbustive pioniere di pendii scoperti Idrosemina di specie erbacee di prateria arida
SPECIE UTILIZZATE: (strato arbustivo)	Spartium junceum (ginestra) 50%, Prunus spinosa 20%, Crataegus monogyna (biancospino) 20%, Rosa canina 10%
SPECIE UTILIZZATE: (strato erbaceo)	Bromus erectus 60%, Brachypodium rupestre 40%

2. PIANO SOMMITALE DEL RILEVATO

INTERVENTI PROPOSTI:	Inserimento di specie legate al bosco di cerro (cerreta)
SPECIE UTILIZZATE: (strato arboreo)	Quercus cerris (cerro) 55%, Q. pubescens (roverella) 20%, Fraxinus ornus (orniello) 20%, Acer obtusatum (acero d'ungheria) 5%, Carpinus orientalis (carpinella) 5%
SPECIE UTILIZZATE: (strato arbustivo)	Spartium junceum (ginestra) 20%, Rosa canina (rosa canina) 5%, Ligustrum vulgare (ligustro) 20%, Euonymus europaeus (fusaggine) 10%, Crataegus monogyna (biancospino) 20%, Prunus spinosa (prugnolo) 20%, Coronilla emerus 5%

SPECIE UTILIZZATE

SPECIE ARBOREE:	SPECIE ARBUSTIVE:
1 - Quercus cerris	5 - Coronilla emerus
2 - Quercus pubescens	6 - Spartium junceum
3 - Fraxinus ornus	7 - Prunus spinosa
4 - Acer obtusatum	8 - Crataegus monogyna
5 - Carpinus orientalis	9 - Ligustrum vulgare
	10 - Euonymus europaeus
	11 - Rosa canina

-  Strato di terreno vegetale
-  Rinverdimento delle scarpate

FIGURA 4.2b

PROGETTO INTERVENTI DI RINATURALIZZAZIONE SEZIONI TIPO



STATO ATTUALE



KEY MAP



STATO PROGETTO

FIGURA 6.1

FOTOINSERIMENTO DA NORD-OVEST



STATO ATTUALE



KEY MAP



STATO PROGETTO

FIGURA 6.2

FOTOINSERIMENTO DA SUD-EST

APPENDICE A
PROGETTO DI SISTEMAZIONE DELLA CAVA CARPINETI

REC S.p.A.**Impianto di Regolazione di Campolattaro****Relazione statica sul rilevato di materiali di scavo in Cava Carpineti**

					n/a	
					n/a	
					n/a	
2	11mag12	Recepimento oss.ni SIA	Canetta		n/a	
1	24ott11	Emissione	Canetta	Becci	n/a	Canetta
Rev.	Data	Descrizione	Redatto	Verificato	Approvato	RC
Committente: REC S.p.A.			Codice Commessa: 10062			
Descrizione Commessa: Impianto di Regolazione di Campolattaro						
Titolo Elaborato: Relazione statica sul rilevato di materiali di scavo in Cava Carpineti						
Codice documento: PGR-DA-072		N. pag./fogli 29	File: 10062-PGR-DA-072-relazione_Carpineti.doc			

INDICE

1. SCOPO	3
1.1 Nota alla Revisione 2	3
2. RIFERIMENTI	3
2.1 Riferimenti Normativi	3
2.2 Riferimenti bibliografici	3
3. DESCRIZIONE DEL METODO DI STOCCAGGIO DEL TERRENO DI SMARINO IN AREA CAVA CARPINETI	4
3.1 Metodo di posa del terreno	4
3.2 Verifica statica del rilevato	9
3.2.1 Metodo di verifica della stabilità	9
3.3 Manutenzione ed accessibilità al rilevato in terra armata	10
4. DISPOSITIVI DI REGIMAZIONE DELLE ACQUE E DI PREVENZIONE DELL'EROSIONE SUPERFICIALE DEL RILEVATO	10
ALLEGATO 1 – CALCOLO DI STABILITÀ SEZIONE TIPO	11
ALLEGATO 2 – PLANIMETRIA E SEZIONI	29

1. Scopo

Nell'ambito dell'esecuzione dell'impianto in progetto è previsto lo scavo di circa 15 km di gallerie naturali e alcune altre cavità quali caverne, pozzi piezometrici, camere valvole. Si è posto quindi il problema dello stoccaggio del materiale di galleria, per la frazione non idonea alla formazione di aggregati da calcestruzzo o da rilevato stradale. Per tale materiale si è scelto lo stoccaggio in aree di cava abbandonate, le quali attendono un intervento di "rinaturalizzazione".

Scopo del presente documento è illustrare le modalità di stoccaggio di tale materiale nell'area dismessa di Cava Carpineti.

Come detto, l'intervento ha lo scopo, oltre che di dare collocazione a circa 400.000 m³ (in banco) di materiale prevalentemente marnoso - argilloso e calcareo - argillitico, di recuperare e rinaturalizzare l'area di cava abbandonata e soggetta ad un potenziale progressivo dissesto idrogeologico.

1.1 Nota alla Revisione 2

Le modifiche apportate alla presente Revisione 2 del documento sono conseguenza delle osservazioni emerse dall'istruttoria di VIA.

In particolare, è stata ridotta l'altezza dei gradoni di 8m a 3m, con inserimento di berme di 2m e si è resa "eventuale" l'esecuzione del cordolo in c.a. interrato alla base del fronte.

2. Riferimenti

2.1 Riferimenti Normativi

- [1] Legge 5-11-1971 n. 1086. Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso e a struttura metallica
- [2] D.M. 14/01/2008. Norme tecniche per le costruzioni. (G.U. n. 29 del 4 febbraio 2008)
- [3] Circ. Min. Infrastrutture e Trasporti n.617 del 02/02/2009. Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 Gennaio 2008.
- [4] Regione Campania. Decreto del Presidente della Giunta Regionale n° 574 del 22 luglio 2002 - Emanazione Regolamento per l'attuazione degli interventi di Ingegneria naturalistica.

2.2 Riferimenti bibliografici

- [5] MACCAFERRI – MacStars W - Maccaferri stability analysis of reinforced slopes and walls.

3. Descrizione del metodo di stoccaggio del terreno di smarino in area Cava Carpineti

La cava, attualmente dismessa, offre uno spazio ideale per lo stoccaggio del materiale di smarino, mediante il quale si procederà alla “rinaturalizzazione” dell’area.

A grandissime linee, l’intervento prevede:

- la pulizia del fondo attuale della cava, rendendolo adeguato a ricevere l’accumulo di nuovi strati di materiale; occorre in questa fase preservare la naturale capacità drenante del fondo che oggi, non ostante la forma marcatamente concava, non è sede di alcun accumulo imbrifero, grazie al sistema di fessure naturali che pervade i calcari del fondo.
- il deposito del materiale a strati successivi, adeguatamente compattati
- la formazione di un paramento di valle, in terra armata rinverdita
- la messa in opera di un sistema di raccolta e convogliazione delle acque superficiali allo scopo di evitare ruscellamenti e fenomeni di erosione.

3.1 Metodo di posa del terreno

Il fondo della cava e le porzioni di pareti via via interessate dal riporto di materiale verranno ripulite da tutto il materiale presente, e in particolare:

- rimozione di tutto il materiale estraneo, da conferire alle pubbliche discariche
- rimozione dello strato di coltivo e di tutto il terreno vegetale, portando la roccia a vivo
- stesa di un sistema drenante, costituito da una geogriglia accoppiata con un foglio TNT (tessuto non tessuto) avente lo scopo di impedire che il terreno che verrà depositato (di natura prevalentemente argillosa o marnoso/argillitica) renda inefficace l’attuale sistema di drenaggio naturale del fondo cava;
- eventuale formazione di una fondazione in calcestruzzo armato lungo tutto il fronte di valle, sulla quale poggerà il paramento in terra armata, ad una quota di posa circa 80 cm al di sotto del fosso di guardia e **quindi non a vista**. Tale intervento non è a rigore necessario laddove si rilevi che le proprietà meccaniche del terreno di fondazione siano sufficientemente buone e omogenee lungo lo sviluppo del fronte in terra armata.

Il terreno che verrà accumulato in cava sarà essenzialmente il marino di scavo. Si tratterà quindi prevalentemente di materiali argillosi o marnoso / argillitici provenienti dallo scavo con fresa puntuale e martellone delle formazioni di flysch attraversate dalle gallerie (prevalentemente la galleria di restituzione, la galleria di finestra e parte della galleria di accesso alla centrale e la centrale stessa. Si tratta prevalentemente di terre dei gruppi da A-2-4 a A-7-6, secondo la classificazione HRB – CNR UNI 10006 riportata alla figura seguente.

Classificazione generale:	Materiali granulari (passante al vaglio n. 200 $\leq 35\%$)						Limi-Argille (passante al vaglio n. 200: $\geq 35\%$)			
	A-1		A-3	A-2			A-4	A-5	A-6	A-7
Classificazione di gruppo:	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7			A-7-5 A-7-6
Analisi granulometrica; percentuale di passante:										
- al vaglio n. 10 (2 mm):	≤ 50									
- al vaglio n. 40 (0.12 mm):	≤ 30	≤ 50	≤ 51							
- al vaglio n. 200 (0.074 mm):	≤ 15	≤ 25	≤ 10	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≥ 36	≥ 36	≥ 36
Caratteristiche della frazione passante al vaglio n. 40 (0.42 mm):										
- Limite liquido (w_L %):			Non plastico	≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41	≤ 40
- Indice plastico (PI %):	≤ 6		-	≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11	≤ 10	≤ 10	≥ 11
Indice di gruppo (I):	0	0	0				≤ 4	≤ 8	≤ 12	≤ 16
Materiale costituente:	Ghiaia (pietrame) con sabbia		Sabbia	Ghiaia e sabbia limosa o argillosa				Limi		Argille
Materiale come sottofondo:	Da eccellente a buono						Da buono a scarso			

Note: * se: $PI \leq w_L - 30$ Classif. A-7-5
se: $PI \geq w_L - 30$ Classif. A-7-6.

Figura 3-1 - Classificazione HBR - CNR UNI 10006

Si procederà alla formazione del rilevato per strati successivi di 80cm secondo il metodo seguente:

- 1) predisposizione della rete di terra armata nella fascia lato valle e relativo risvolto; trattandosi di prodotti industriali, per la posa si farà riferimento alle specifiche istruzioni del produttore del sistema adottato
- 2) stesa del terreno in due strati successivi di 45 - 50 cm, che verranno compattati con cilindro vibrante di adeguate caratteristiche; questa operazione dovrà ridurre almeno del 10-15% il volume del terreno in cumulo e fornire al terreno del riporto idonee caratteristiche meccaniche; si verrà così a formare un rilevato di 80 cm di spessore;
- 3) posa del successivo foglio di rete del sistema terra armata nella fascia lato valle e relativo risvolto, seguendo le istruzioni del produttore, e successivo nuovo riporto di 80 cm, analogamente a quanto descritto ai punti 1) e 2);
- 4) ripetizione delle operazioni precedenti fino alla formazione di un gradone di 3m di spessore (6-8 strati), dando al paramento di valle una pendenza di circa 24° rispetto alla verticale;
- 5) formazione di una berma suborizzontale (pendenza tale da consentire il drenaggio di superficie) di 2,0m di ampiezza
- 6) formazione di successivo gradone di 3m con la medesima procedura, ecc.
- 7) messa in opera dei dispositivi di regimazione delle acque e delle opere a verde.

Uno dei sistemi più diffusi per la formazione di un muro in terra, di elevata pendenza, e suscettibile di rinverdimento è quello illustrato nella figura 2, mentre la figura 3 mostra un tipico risultato dell'applicazione di questi sistemi



Figura 3-4 - Esempio di terra armata rinverdita o con paramento in pietra a vista

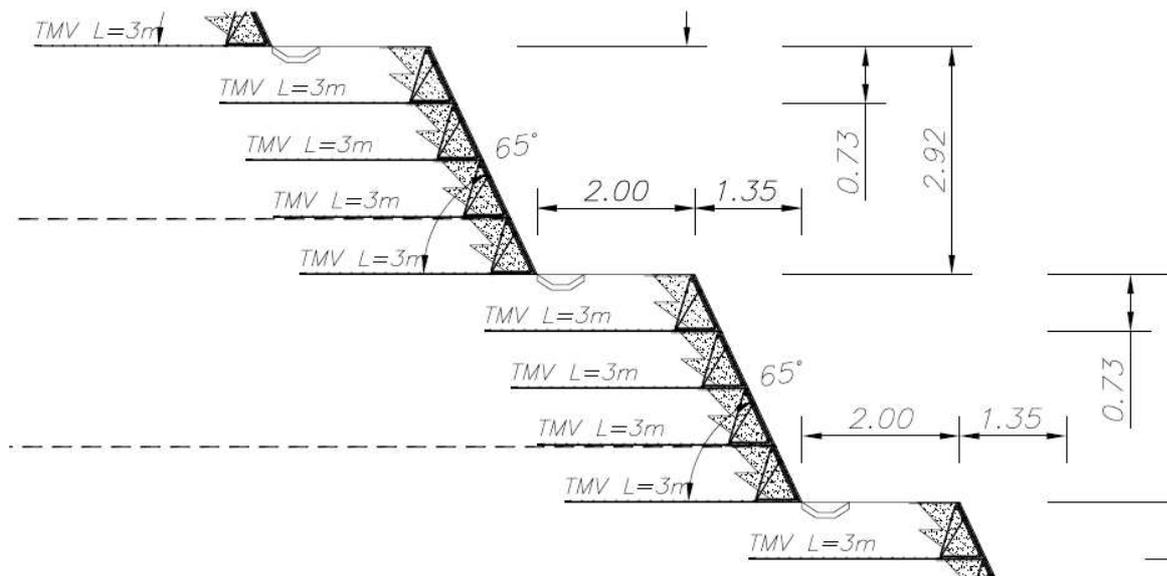


Figura 3-5 - Dettaglio gradonatura in terra armata

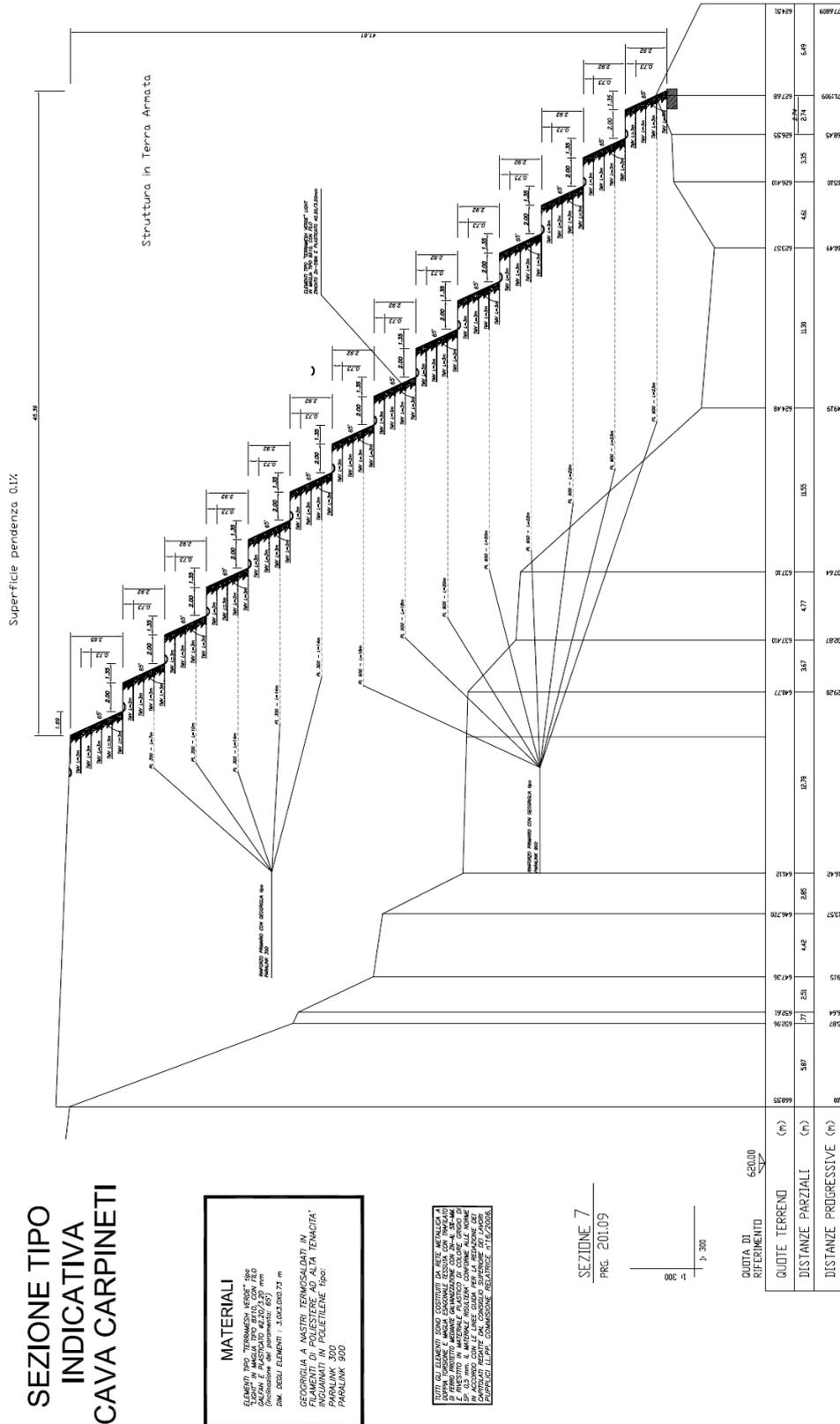


Figura 3-6 - Sezione tipo

3.2 Verifica statica del rilevato

La stabilità del rilevato è determinata dall'installazione del sistema di terre armate che assicurerà al paramento di valle idonee caratteristiche statiche.

La stabilità è garantita, oltre che dal raggiungimento di idoneo grado di compattezza e adeguate proprietà meccaniche del terreno di riporto, dalla struttura di armatura del paramento di valle, che viene progettata appositamente, sulla base delle caratteristiche meccaniche di uno dei sistemi industriali correntemente in produzione.

3.2.1 Metodo di verifica della stabilità

Per realizzare l'intervento proposto con terre armate è necessario effettuare il dimensionamento e la verifica di stabilità in condizioni sismiche in ottemperanza al DM 14 Gennaio 2008 "Nuove norme tecniche per le costruzioni".

Il dimensionamento di una terra armata è effettuato con l'ausilio di software tecnici dedicati. I dati di input necessari sono:

- le caratteristiche geomeccaniche del terreno di riempimento, del terreno a tergo e del terreno di fondazione,
- le condizioni idrauliche reali o presunte,
- la distribuzione e l'entità dei carichi applicati in superficie,
- l'altezza dell'intervento,
- la geometria del pendio a monte ed a valle del manufatto,
- la geometria del rilevato.
- Le resistenze nominali ed i fattori di riduzione delle geogriglie di rinforzo come definiti dai certificati di prodotto.

L'output del software di calcolo fornirà i seguenti risultati:

- lunghezza di ancoraggio della geogriglia di rinforzo per ciascun strato di terra rinforzata;
- resistenza a trazione (ammissibile) della geogriglia di rinforzo per ciascuno strato di cui è composta la terra rinforzata;
- fattore di sicurezza della stabilità interna, globale o composita dell'opera in condizioni sismiche.

La figura seguente illustra lo schema statico tipico per la verifica dell'equilibrio del rilevato, della quale si riporta il calcolo completo, per la sezione tipo, nell' Allegato 1, rif. [5].

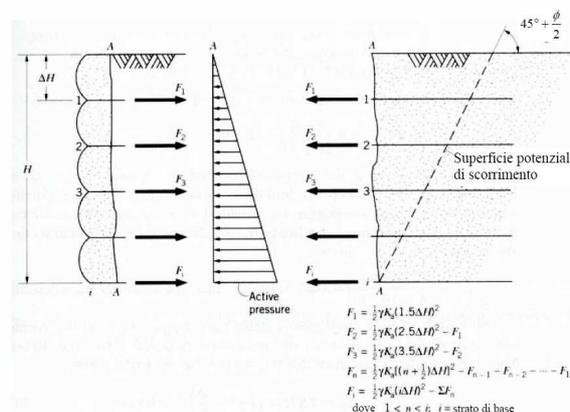


Figura 3-7 - Calcolo tipico della stabilità del versante in terra armata

3.3 Manutenzione ed accessibilità al rilevato in terra armata

4. Dispositivi di regimazione delle acque e di prevenzione dell'erosione superficiale del rilevato

La durabilità della sistemazione dell'area di cava, sia come stabilità che come sistemazione a verde ha come preconditione ineludibile la regimazione delle acque piovane.

L'area, una volta sistemata, infatti presenterà:

- 1) una superficie superiore con pendenza variabile potenzialmente sede di ristagni che possono generare vene di infiltrazione, ovvero, nei tratti più pendenti, di fenomeni di erosione superficiale;
- 2) un paramento di valle molto acclive, potenzialmente erodibile in caso di ruscellamenti concentrati.

I dispositivi di regimazione previsti per la superficie superiore del rilevato comprenderanno quindi:

- la profilatura della superficie superiore con pendenza verso valle sufficiente ad evitare ristagni;
- l'esecuzione di un fosso di guardia lungo il perimetro di monte, avente lo scopo di intercettare le acque provenienti dal versante naturale superiore;
- un reticolo drenante, destinato a convogliare le acque piovane di competenza dell'area superiore del rilevato verso il perimetro dell'area stessa;
- rivestimento con geostuoie dei tratti più pendenti.

Lungo il paramento di valle verranno poi realizzati:

- canalette a embrici o tubi drenanti per il convogliamento delle acque lungo il paramento delle singole balze;
- una canala a sezione semicircolare lungo ciascuna berma, profilata con debole pendenza, avente il compito di raccogliere le acque provenienti dalla superficie della balza superiore e quelle della berma e di convogliarle verso i punti di recapito verso valle.

Infine, al piede del rilevato verrà realizzato un fosso di sezione adeguata per la raccolta e il recapito nel reticolo idrografico di superficie, di tutte le acque provenienti dal fronte di valle.

Tutto il reticolo sarà progettato nel dettaglio per evitare che le acque convogliate assumano velocità elevate.

Allegato 1 – Calcolo di stabilità sezione tipo

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI

Terreno : T	Descrizione : Terreno da rilevato
Classe coesione.....	: Coeff. Parziale - Coesione efficace
Coesione.....[kN/m ²]	: 0.00
Classe d'attrito.....	: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
Angolo d'attrito.....[°]	: 30.00
Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....	: 0.00
Classe di peso.....	: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - sfavorevole
Peso specifico sopra falda.....[kN/m ³]	: 19.00
Peso specifico in falda.....[kN/m ³]	: 20.00
Modulo elastico.....[kN/m ²]	: 0.00
Coefficiente di Poisson.....	: 0.30

Terreno : TI	Descrizione : Substrato in roccia compatta calcarea
Classe coesione.....	: Coeff. Parziale - Coesione efficace
Coesione.....[kN/m ²]	: 25000.00
Classe d'attrito.....	: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
Angolo d'attrito.....[°]	: 40.00
Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....	: 0.00
Classe di peso.....	: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
Peso specifico sopra falda.....[kN/m ³]	: 25.00
Peso specifico in falda.....[kN/m ³]	: 25.00
Modulo elastico.....[kN/m ²]	: 0.00
Coefficiente di Poisson.....	: 0.30

Terreno : TS

Descrizione : Terreno strutturale

Classe coesione.....: Coeff. Parziale - Coesione efficace
 Coesione.....[kN/m²].....: 0.00
 Classe d'attrito.....: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
 Angolo d'attrito.....[°].....: 30.00
 Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....: 0.00
 Classe di peso.....: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
 Peso specifico sopra falda.....[kN/m³].....: 19.00
 Peso specifico in falda.....[kN/m³].....: 20.00

 Modulo elastico.....[kN/m²].....: 0.00
 Coefficiente di Poisson.....: 0.30

PROFILI STRATIGRAFICI

Strato: S

Descrizione: Substrato roccioso

Terreno : TI

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]							
0.00	67.80	0.01	66.85	5.87	51.26	6.64	50.91
9.15	45.66	13.57	45.02	16.42	39.42	29.20	39.07
32.87	35.71	37.64	35.71	49.19	22.78	60.49	21.87
65.10	24.71	68.45	24.85	70.25	25.18	71.55	25.18
72.78	25.20	94.59	14.55				

BLOCCHI RINFORZATI

Blocco : TMV1

Dati principali.....[m].....: Larghezza.....= 23.00 Altezza.....= 2.92
 Coordinate Origine.....[m].....: Ascissa.....= 71.55 Ordinata.....= 25.18
 Inclinazione paramento...[°].....: 25.00

Rilevato strutturale - materiale tipo.....: Argilla
 Rilevato strutturale.....: TS
 Terreno di riempimento a tergo.....: T
 Terreno di copertura.....: T
 Terreno di fondazione.....: T

Rinforzi :

Maccaferri - Green Terramesh - 65° - 8/2.2P - 0.73

Lunghezza.....[m]..... = 3.00
 Interasse.....[m]..... = 0.73
 Risvolto.....[m]..... = 0.65

Linear Composites - ParaLink - 900_Seismic

Lunghezza.....[m]..... = 23.00
 Interasse verticale.....[m]..... = 0.00
 Offset.....[m]..... = 0.73

Blocco : TMV2

Dati principali.....[m].....: Larghezza..... = 23.00 Altezza..... = 2.92
 Arretramento.....[m]..... = 2.00 da TMV1
 Inclinazione paramento...[°].....: 25.00

Rilevato strutturale - materiale tipo.....: Argilla
 Rilevato strutturale.....: TS
 Terreno di riempimento a tergo.....: T
 Terreno di copertura.....: T
 Terreno di fondazione.....: T

Rinforzi :

Maccaferri - Green Terramesh - 65° - 8/2.2P - 0.73

Lunghezza.....[m]..... = 3.00
 Interasse.....[m]..... = 0.73
 Risvolto.....[m]..... = 0.65

Linear Composites - ParaLink - 900_Seismic

Lunghezza.....[m]..... = 23.00
 Interasse verticale.....[m]..... = 0.00
 Offset.....[m]..... = 0.73

Blocco : TMV3

Dati principali.....[m].....: Larghezza..... = 22.00 Altezza..... = 2.92
 Arretramento.....[m]..... = 2.00 da TMV2
 Inclinazione paramento...[°].....: 25.00

Rilevato strutturale - materiale tipo.....: Argilla
 Rilevato strutturale.....: TS
 Terreno di riempimento a tergo.....: T
 Terreno di copertura.....: T
 Terreno di fondazione.....: T

Rinforzi :

Maccaferri - Green Terramesh - 65° - 8/2.2P - 0.73

Lunghezza.....[m]..... = 3.00
 Interasse.....[m]..... = 0.73
 Risvolto.....[m]..... = 0.65

Linear Composites - ParaLink - 900_Seismic

Lunghezza.....[m]..... = 22.00
 Interasse verticale.....[m]..... = 0.00
 Offset.....[m]..... = 0.73

Blocco : TMV4

Dati principali.....[m].....: Larghezza..... = 22.00 Altezza..... = 2.92
 Arretramento.....[m]..... = 2.00 da TMV3
 Inclinazione paramento...[°].....: 25.00

Rilevato strutturale - materiale tipo.....: Argilla
 Rilevato strutturale.....: TS
 Terreno di riempimento a tergo.....: T
 Terreno di copertura.....: T
 Terreno di fondazione.....: T

Rinforzi :

Maccaferri - Green Terramesh - 65° - 8/2.2P - 0.73

Lunghezza.....[m]..... = 3.00
 Interasse.....[m]..... = 0.73
 Risvolto.....[m]..... = 0.65

Linear Composites - ParaLink - 900_Seismic

Lunghezza.....[m]..... = 22.00
 Interasse verticale.....[m]..... = 0.00
 Offset.....[m]..... = 0.73

Blocco : TMV5

Dati principali.....[m].....: Larghezza..... = 20.00 Altezza..... = 2.92
 Arretramento.....[m]..... = 2.00 da TMV4
 Inclinazione paramento...[°].....: 25.00

Rilevato strutturale - materiale tipo.....: Argilla
 Rilevato strutturale.....: TS
 Terreno di riempimento a tergo.....: T
 Terreno di copertura.....: T
 Terreno di fondazione.....: T

Rinforzi :

Maccaferri - Green Terramesh - 65° - 8/2.2P - 0.73

Lunghezza.....[m]..... = 3.00
 Interasse.....[m]..... = 0.73
 Risvolto.....[m]..... = 0.65

Linear Composites - ParaLink - 900_Seismic

Lunghezza.....[m]..... = 20.00
 Interasse verticale.....[m]..... = 0.00
 Offset.....[m]..... = 0.73

Blocco : TMV6

Dati principali.....[m].....: Larghezza..... = 20.00 Altezza..... = 2.92
 Arretramento.....[m]..... = 2.00 da TMV5
 Inclinazione paramento...[°].....: 25.00

Rilevato strutturale - materiale tipo.....: Argilla
 Rilevato strutturale.....: TS
 Terreno di riempimento a tergo.....: T
 Terreno di copertura.....: T
 Terreno di fondazione.....: T

Rinforzi :

Maccaferri - Green Terramesh - 65° - 8/2.2P - 0.73

Lunghezza.....[m]..... = 3.00
 Interasse.....[m]..... = 0.73
 Risvolto.....[m]..... = 0.65

Linear Composites - ParaLink - 900_Seismic

Lunghezza.....[m]..... = 20.00
 Interasse verticale.....[m]..... = 0.00
 Offset.....[m]..... = 0.73

Blocco : TMV7

Dati principali.....[m].....: Larghezza..... = 18.00 Altezza..... = 2.92
 Arretramento.....[m]..... = 2.00 da TMV6
 Inclinazione paramento...[°].....: 25.00

Rilevato strutturale - materiale tipo.....: Argilla
 Rilevato strutturale.....: TS
 Terreno di riempimento a tergo.....: T
 Terreno di copertura.....: T
 Terreno di fondazione.....: T

Rinforzi :

Maccaferri - Green Terramesh - 65° - 8/2.2P - 0.73

Lunghezza.....[m]..... = 3.00
 Interasse.....[m]..... = 0.73
 Risvolto.....[m]..... = 0.65

Linear Composites - ParaLink - 900_Seismic

Lunghezza.....[m]..... = 18.00
 Interasse verticale.....[m]..... = 0.00
 Offset.....[m]..... = 0.73

Blocco : TMV8

Dati principali.....[m].....: Larghezza..... = 18.00 Altezza..... = 2.92
 Arretramento.....[m]..... = 2.00 da TMV7
 Inclinazione paramento...[°].....: 25.00

Rilevato strutturale - materiale tipo.....: Argilla
 Rilevato strutturale.....: TS
 Terreno di riempimento a tergo.....: T
 Terreno di copertura.....: T
 Terreno di fondazione.....: T

Rinforzi :

Maccaferri - Green Terramesh - 65° - 8/2.2P - 0.73

Lunghezza.....[m]..... = 3.00
 Interasse.....[m]..... = 0.73
 Risvolto.....[m]..... = 0.65

Linear Composites - ParaLink - 900_Seismic

Lunghezza.....[m]..... = 18.00
 Interasse verticale.....[m]..... = 0.00
 Offset.....[m]..... = 0.73

Blocco : TMV9

Dati principali.....[m].....: Larghezza..... = 14.00 Altezza..... = 2.92
 Arretramento.....[m]..... = 2.00 da TMV8
 Inclinazione paramento...[°].....: 25.00

Rilevato strutturale - materiale tipo.....: Argilla
 Rilevato strutturale.....: TS
 Terreno di riempimento a tergo.....: T
 Terreno di copertura.....: T
 Terreno di fondazione.....: T

Rinforzi :

Maccaferri - Green Terramesh - 65° - 8/2.2P - 0.73

Lunghezza.....[m]..... = 3.00
 Interasse.....[m]..... = 0.73
 Risvolto.....[m]..... = 0.65

Linear Composites - ParaLink - 300_Seismic

Lunghezza.....[m]..... = 14.00
 Interasse verticale.....[m]..... = 0.00
 Offset.....[m]..... = 0.73

Blocco : TMV10

Dati principali.....[m].....: Larghezza..... = 14.00 Altezza..... = 2.92
 Arretramento.....[m]..... = 2.00 da TMV9
 Inclinazione paramento...[°].....: 25.00

Rilevato strutturale - materiale tipo.....: Argilla
 Rilevato strutturale.....: TS
 Terreno di riempimento a tergo.....: T
 Terreno di copertura.....: T
 Terreno di fondazione.....: T

Rinforzi :

Maccaferri - Green Terramesh - 65° - 8/2.2P - 0.73

Lunghezza.....[m]..... = 3.00
 Interasse.....[m]..... = 0.73
 Risvolto.....[m]..... = 0.65

Linear Composites - ParaLink - 300_Seismic

Lunghezza.....[m]..... = 14.00
 Interasse verticale.....[m]..... = 0.00
 Offset.....[m]..... = 0.73

Blocco : TMV11

Dati principali.....[m].....: Larghezza..... = 14.00 Altezza..... = 2.92
 Arretramento.....[m]..... = 2.00 da TMV10
 Inclinazione paramento...[°].....: 25.00

Rilevato strutturale - materiale tipo.....: Argilla
 Rilevato strutturale.....: TS
 Terreno di riempimento a tergo.....: T
 Terreno di copertura.....: T
 Terreno di fondazione.....: T

Rinforzi :

Maccaferri - Green Terramesh - 65° - 8/2.2P - 0.73

Lunghezza.....[m]..... = 3.00
 Interasse.....[m]..... = 0.73
 Risvolto.....[m]..... = 0.65

Linear Composites - ParaLink - 300_Seismic

Lunghezza.....[m]..... = 14.00
 Interasse verticale.....[m]..... = 0.00
 Offset.....[m]..... = 0.73

Blocco : TMV12

Dati principali.....[m].....: Larghezza..... = 10.00 Altezza..... = 2.92
 Arretramento.....[m]..... = 2.00 da TMV11
 Inclinazione paramento...[°].....: 25.00

Rilevato strutturale - materiale tipo.....: Argilla
 Rilevato strutturale.....: TS
 Terreno di riempimento a tergo.....: T
 Terreno di copertura.....: T
 Terreno di fondazione.....: T

Rinforzi :

Maccaferri - Green Terramesh - 65° - 8/2.2P - 0.73

Lunghezza.....[m]..... = 3.00
 Interasse.....[m]..... = 0.73
 Risvolto.....[m]..... = 0.65

Linear Composites - ParaLink - 300_Seismic

Lunghezza.....[m]..... = 10.00
 Interasse verticale.....[m]..... = 0.00
 Offset.....[m]..... = 0.73

Blocco : TMV13

Dati principali.....[m].....: Larghezza..... = 7.00 Altezza..... = 2.92
 Arretramento.....[m]..... = 2.00 da TMV12
 Inclinazione paramento...[°].....: 25.00

Rilevato strutturale - materiale tipo.....: Argilla
 Rilevato strutturale.....: TS
 Terreno di riempimento a tergo.....: T
 Terreno di copertura.....: T
 Terreno di fondazione.....: T

Rinforzi :

Maccaferri - Green Terramesh - 65° - 8/2.2P - 0.73

Lunghezza.....[m]..... = 3.00
 Interasse.....[m]..... = 0.73
 Risvolto.....[m]..... = 0.65

Linear Composites - ParaLink - 300_Seismic

Lunghezza.....[m]..... = 7.00
 Interasse verticale.....[m]..... = 0.00
 Offset.....[m]..... = 0.73

Blocco : TMV14

Dati principali.....[m].....: Larghezza..... = 3.00 Altezza..... = 3.65
 Arretramento.....[m]..... = 2.00 da TMV13
 Inclinazione paramento...[°].....: 25.00

Rilevato strutturale - materiale tipo.....: Argilla
 Rilevato strutturale.....: TS
 Terreno di riempimento a tergo.....: T
 Terreno di copertura.....: T
 Terreno di fondazione.....: T

Rinforzi :

Maccaferri - Green Terramesh - 65° - 8/2.2P - 0.73

Lunghezza.....[m]..... = 3.00

Interasse.....[m]..... = 0.73

Risvolto.....[m]..... = 0.65

Profilo di ricopertura:

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
26.50	1.01						

CARICHI

Sisma :

Classe : Sisma

Accelerazione.....[m/s²]..... : Orizzontale..... = 0.94 Verticale..... = -0.47

PROPRIETA' DEI RINFORZI UTILIZZATI

Linear Composites - ParaLink - 300_Seismic

Carico di rottura Nominale.....[kN/m]..... :	300.00
Rapporto di Scorrimento plastico..... :	0.00
Coefficiente di Scorrimento elastico.....[m ³ /kN]..... :	1.10e-04
Rigidezza estensionale.....[kN/m]..... :	2500.00
Lunghezza minima di ancoraggio.....[m]..... :	0.15
Coefficiente di sicurezza alla rottura (ghiaia)..... :	1.14
Coefficiente di sicurezza al Pull-out..... :	1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (sabbia)..... :	1.10
Coefficiente di sicurezza al Pull-out..... :	1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (limo)..... :	1.10
Coefficiente di sicurezza al Pull-out..... :	1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (argilla)..... :	1.10
Coefficiente di sicurezza al Pull-out..... :	1.00

Coefficiente di interazione rinforzo-rinforzo	:	0.27
Coefficiente di sfilamento rinforzo-ghiaia.....	:	0.90
Coefficiente di sfilamento rinforzo-sabbia.....	:	0.90
Coefficiente di sfilamento rinforzo-limo.....	:	0.70
Coefficiente di sfilamento rinforzo-argilla.....	:	0.40

Linear Composites - ParaLink - 900_Seismic

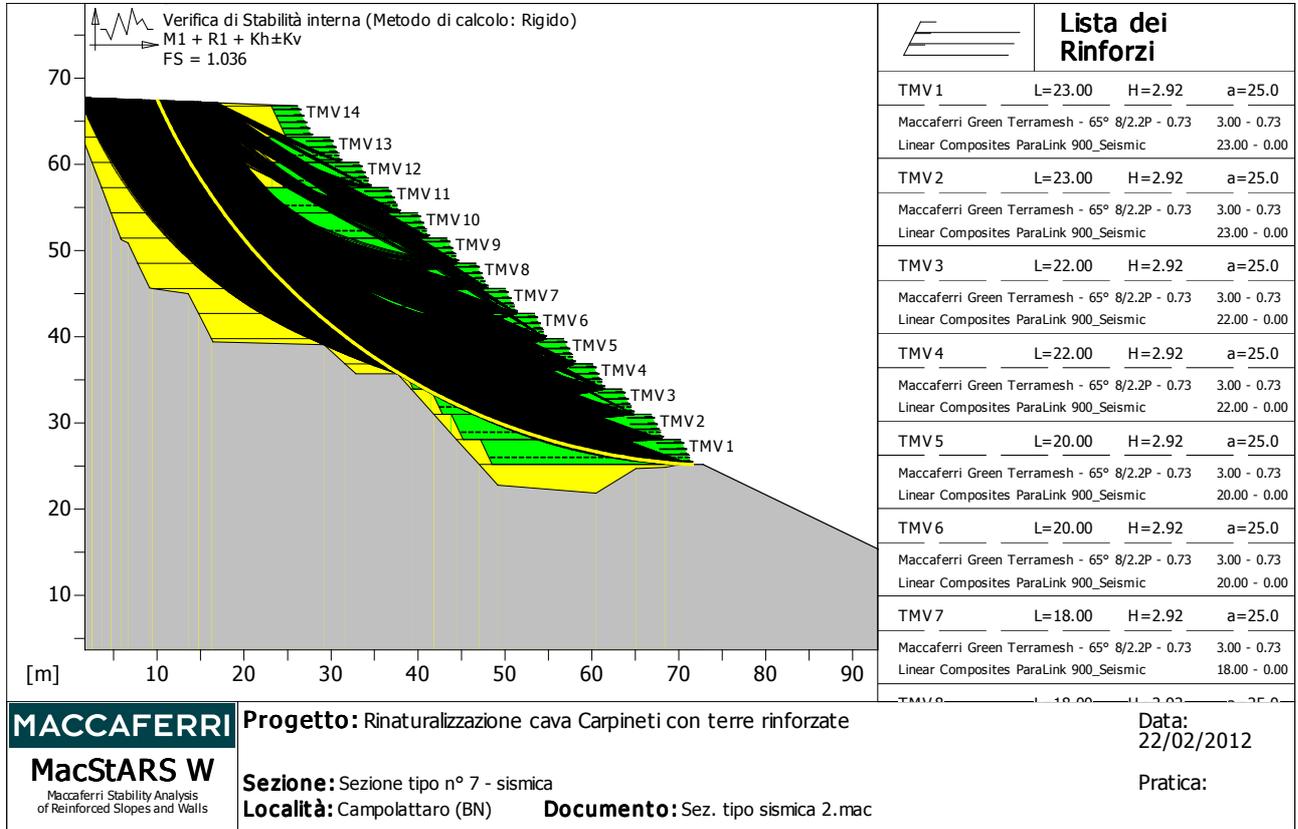
Carico di rottura Nominale.....[kN/m]	:	900.00
Rapporto di Scorrimento plastico.....	:	0.00
Coefficiente di Scorrimento elastico.....[m ³ /kN]	:	1.10e-04
Rigidezza estensionale.....[kN/m]	:	7500.00
Lunghezza minima di ancoraggio.....[m]	:	0.15
Coefficiente di sicurezza alla rottura (ghiaia).....	:	1.10
Coefficiente di sicurezza al Pull-out.....	:	1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (sabbia).....	:	1.09
Coefficiente di sicurezza al Pull-out.....	:	1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (limo).....	:	1.09
Coefficiente di sicurezza al Pull-out	:	1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (argilla).....	:	1.09
Coefficiente di sicurezza al Pull-out.....	:	1.00
Coefficiente di interazione rinforzo-rinforzo	:	0.30
Coefficiente di sfilamento rinforzo-ghiaia.....	:	0.90
Coefficiente di sfilamento rinforzo-sabbia.....	:	0.90
Coefficiente di sfilamento rinforzo-limo.....	:	0.70
Coefficiente di sfilamento rinforzo-argilla.....	:	0.40

Maccaferri - Green Terramesh - 65° - 8/2.2P - 0.73

Carico di rottura Nominale.....[kN/m]	:	37.09
Rapporto di Scorrimento plastico.....	:	2.00
Coefficiente di Scorrimento elastico.....[m ³ /kN]	:	1.10e-04
Rigidezza estensionale.....[kN/m]	:	330.00
Lunghezza minima di ancoraggio.....[m]	:	0.15
Coefficiente di sicurezza alla rottura (ghiaia).....	:	1.44
Coefficiente di sicurezza al Pull-out.....	:	1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (sabbia).....	:	1.30
Coefficiente di sicurezza al Pull-out.....	:	1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (limo).....	:	1.30
Coefficiente di sicurezza al Pull-out	:	1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (argilla).....	:	1.30

Coefficiente di sicurezza al Pull-out.....	:	1.00
Coefficiente di interazione rinforzo-rinforzo	:	0.30
Coefficiente di sfilamento rinforzo-ghiaia.....	:	0.90
Coefficiente di sfilamento rinforzo-sabbia.....	:	0.65
Coefficiente di sfilamento rinforzo-limo.....	:	0.50
Coefficiente di sfilamento rinforzo-argilla.....	:	0.30

VERIFICHE



Verifica di stabilità interna :

Combinazione di carico : M1 + R1 + Kh±Kv

Calcolo delle forze nei rinforzi col metodo rigido

Ricerca delle superfici critiche col metodo di Bishop

Coefficiente di sicurezza minimo calcolato.....: 1.036

Intervallo di ricerca delle superfici

Blocco	Segmento di arrivo, ascisse [m]	
TMV1	Primo punto	Secondo punto
	17.00	1.00

Numero punti avvio superfici sul segmento di partenza.....: 1

Numero totale superfici di prova.....: 2000

Lunghezza segmenti delle superfici..... [m].....: 1.00

Angolo limite orario..... [°].....: 0.00

Angolo limite antiorario..... [°].....: 0.00

Blocco : TMV1

Linear Composites - ParaLink - 900_Seismic

Rapporto forza/resistenza nei rinforzi

Y [m]	Fmax
0.73	0.223

Blocco : TMV2

Linear Composites - ParaLink - 900_Seismic

Rapporto forza/resistenza nei rinforzi

Y [m]	Fmax
0.73	0.917

Blocco : TMV3

Linear Composites - ParaLink - 900_Seismic

Rapporto forza/resistenza nei rinforzi

Y [m]	Fmax
0.73	0.502

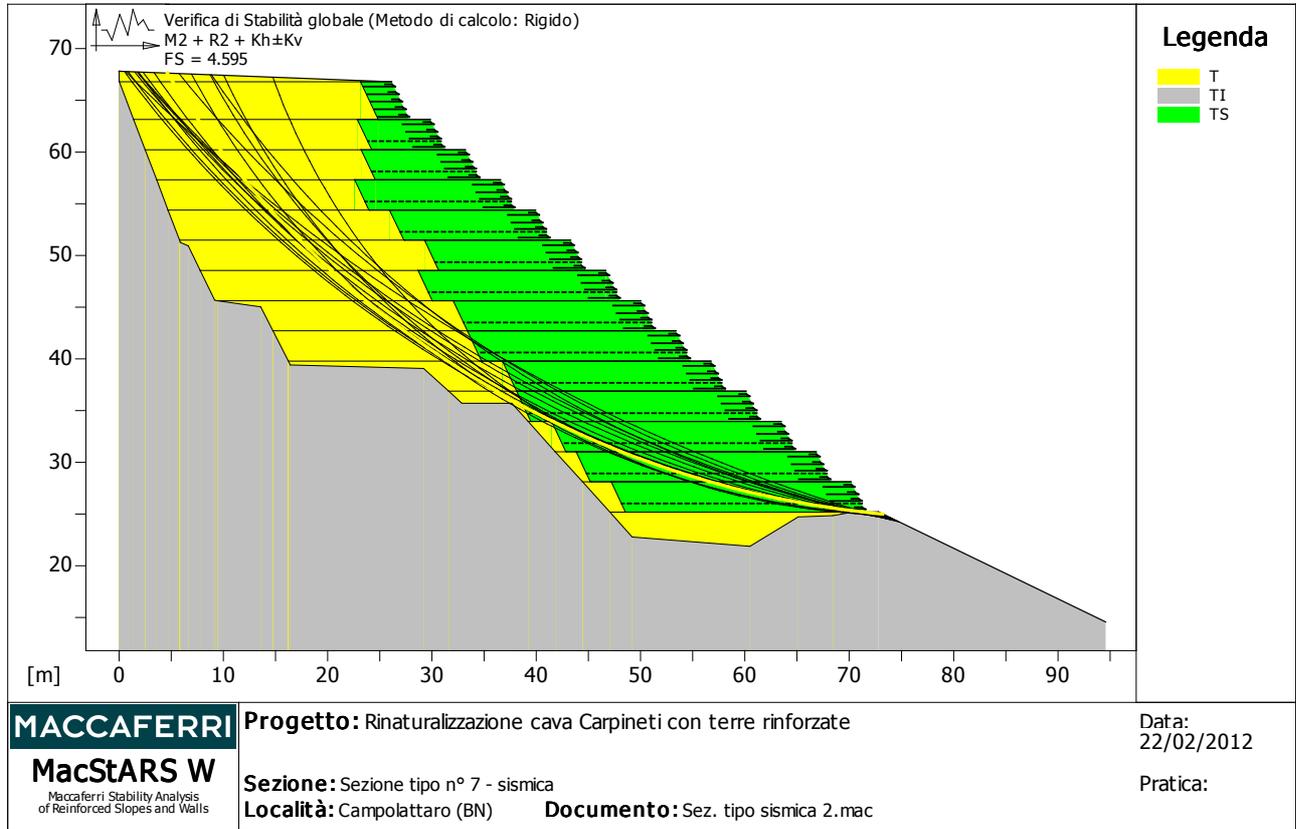
Blocco : TMV4

Linear Composites - ParaLink - 900_Seismic

Rapporto forza/resistenza nei rinforzi

Y [m]	Fmax
0.73	0.106

Fattore	Classe
1.00	Sisma
1.00	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.00	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - sfavorevole
1.00	Fs Rottura Rinforzi
1.00	Fs Sfilamento Rinforzi
1.00	Coeff. Parziale R - Stabilità



Verifica di stabilità globale :

Combinazione di carico : M2 + R2 + Kh±Kv

Calcolo delle forze nei rinforzi col metodo rigido

Ricerca delle superfici critiche col metodo di Bishop

Coefficiente di sicurezza minimo calcolato.....: 4.595

Intervallo di ricerca delle superfici

Segmento di partenza, ascisse [m]		Segmento di arrivo, ascisse [m]	
Primo punto	Secondo punto	Primo punto	Secondo punto
73.00	93.00	0.50	15.00
Numero punti avvio superfici sul segmento di partenza.....:		200	
Numero totale superfici di prova.....:		2000	
Lunghezza segmenti delle superfici..... [m].....:		1.00	
Angolo limite orario..... [°].....:		0.00	
Angolo limite antiorario..... [°].....:		0.00	

Blocco : TMV1

Maccaferri - Green Terramesh - 65° - 8/2.2P - 0.73

Rapporto forza/resistenza nei rinforzi

Y [m]	Fmax
0.00	0.768

Blocco : TMV1

Linear Composites - ParaLink - 900_Seismic

Rapporto forza/resistenza nei rinforzi

Y [m]	Fmax
0.73	0.136

Blocco : TMV2

Linear Composites - ParaLink - 900_Seismic

Rapporto forza/resistenza nei rinforzi

Y [m]	Fmax
0.73	0.841

Blocco : TMV3

Linear Composites - ParaLink - 900_Seismic

Rapporto forza/resistenza nei rinforzi

Y [m]	Fmax
0.73	0.684

Blocco : TMV4

Linear Composites - ParaLink - 900_Seismic

Rapporto forza/resistenza nei rinforzi

Y [m]	Fmax
0.73	0.202

Fattore	Classe
1.00	Sisma
1.25	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.25	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - sfavorevole

1.00	Fs Rottura Rinforzi
1.00	Fs Sfilamento Rinforzi
1.10	Coeff. Parziale R - Stabilità

Allegato 2 – Planimetria e sezioni

**APPENDICE B
INDAGINE GEOFISICA AREA CAVA CARPINETI**



Via Uberti 37-20129 Milano

Area Cava Carpineti – Pontelandolfo (BN)

Indagine geofisica

RAPPORTO TECNICO



PREMESSA

Vengono riassunti i risultati dei rilievi geofisici eseguiti nella Cava Carpineti di Pontelandolfo (BN), finalizzati alla definizione delle caratteristiche dei materiali accumulati.

Sono stati registrati:

- Rilievo elettromagnetico a maglia regolare 4x2m
- Profili tomografici elettrici

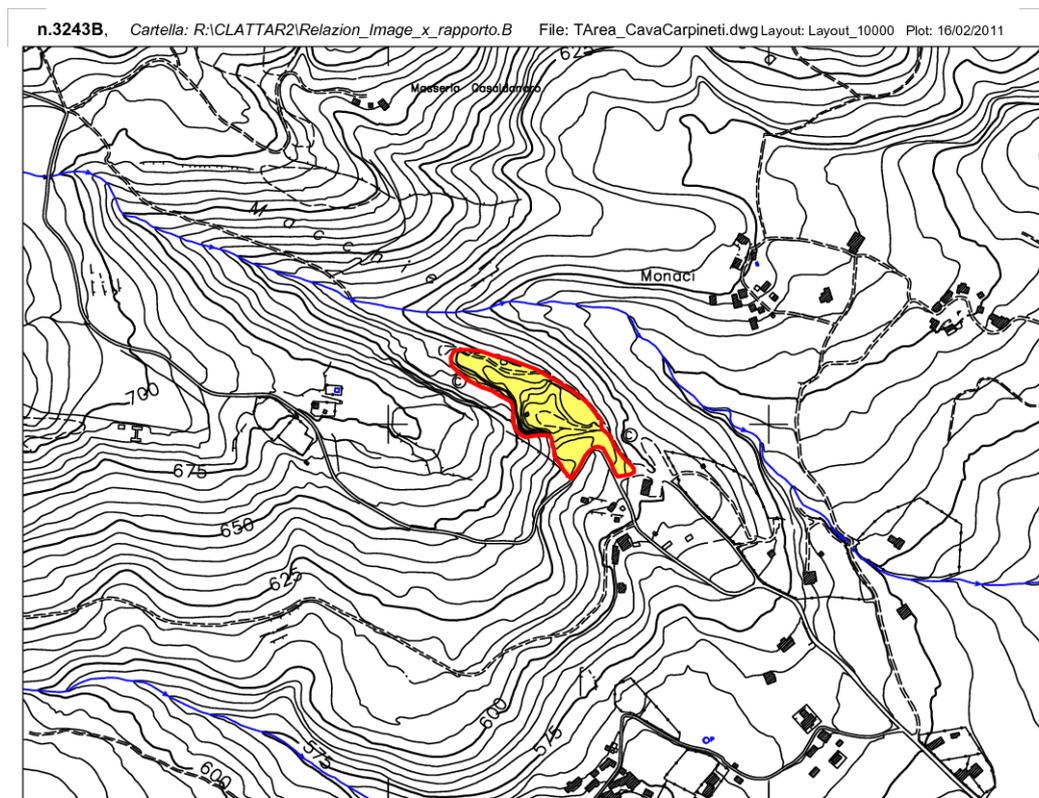


Fig. 1 – Area Cava Carpineti – scala 1:10.000

METODOLOGIE GEOFISICHE APPLICATE

Si riportano di seguito i dettagli tecnico-operativi relativi alle metodologie geofisiche applicate.

1. RILIEVO ELETTROMAGNETICO

Il rilievo elettromagnetico rappresenta attualmente una delle tecniche di prospezione più risolutive per le indagini non distruttive finalizzate alla ricerca di materiali inquinanti, quali: rifiuti, melme, ecc. e per la localizzazione di oggetti metallici (fusti, bidoni, ecc.) sepolti nel sottosuolo. Con il rilievo elettromagnetico, infatti, non avendo la necessità di creare contatti fisici di elettrodi con il terreno, può essere realizzata un'esplorazione veloce e nello stesso tempo dettagliata e specifica anche di vaste aree. In tal modo è possibile ottenere, con una prospezione sistematica a maglie regolari, uno "screening" accurato del sottosuolo, con la capacità di individuare e delimitare con precisione i trend e gli andamenti degli elementi strutturali presenti. Lo strumento utilizzato, "GEONICS EM31", è costituito da un sistema ad induzione elettromagnetica "low induction number" a frequenza di 9,8 KHz. Portatile, alimentato a batterie, è costituito da due sensori: un trasmettitore e un ricevitore, posizionati a distanza fissa di 3,66m su un supporto rigido solidale all'apparecchiatura (Figura 2).

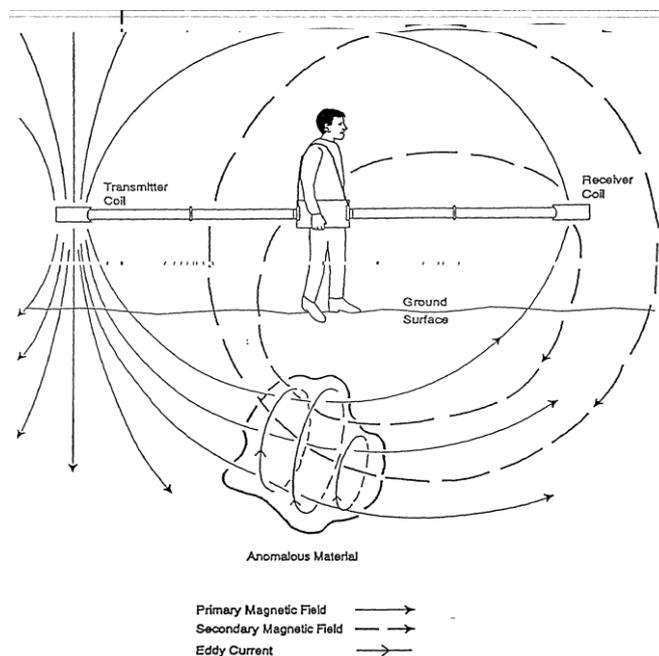


Figura 2 – Principio funzionamento strumentazione

PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO DEL SISTEMA

Il sistema utilizzato sfrutta il fenomeno fisico dell'induzione elettromagnetica che si verifica nei corpi conduttori di elettricità quando un'onda elettromagnetica (EM), propagandosi nello spazio, attraversa tale corpo.

In particolare, si può determinare la presenza del corpo conduttore nel sottosuolo eseguendo misure in superficie con vari dispositivi; quello in questione opera secondo lo schema seguente:

- un apparato trasmittente (Tx) invia nello spazio circostante, tramite un'antenna alloggiata ad una estremità del dispositivo di misura, un segnale a frequenza costante e di ampiezza uniforme (campo primario);
- un apparato ricevente (Rx) posto all'altra estremità del dispositivo, ad una distanza di 3.6m, riceve un segnale EM (campo secondario) propagatosi nello spazio compreso tra i due dispositivi, che è quindi influenzato dalle caratteristiche fisiche del materiale costituente il sottosuolo.

Il segnale ricevuto tramite l'antenna risulterà, in assenza di conduttori nella zona circostante gli apparati, perfettamente in fase ed attenuato per la quantità dipendente dalla distanza, rispetto a quello trasmesso direttamente; nella realtà, invece, i fenomeni di induzione nei terreni conduttivi presenti nel sottosuolo provocano una maggiore alterazione del segnale ricevuto (Figura 3).

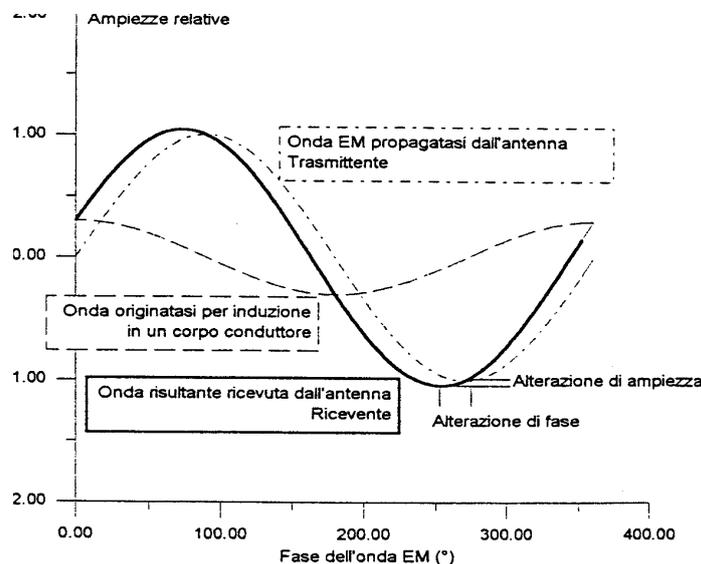


Figura 3 – Caratteristiche segnale EM

L'analisi dell'alterazione del segnale porta alla determinazione del valore di conducibilità del sottosuolo della zona in esame, in quanto il semispazio al di sopra della superficie si comporta praticamente come un isolante. La misura utilizza quindi il fenomeno dell'induzione elettromagnetica che genera un campo elettromagnetico secondario nel terreno la cui intensità è funzione delle caratteristiche fisiche del terreno stesso.

Il valore risultante viene convenzionalmente riferito al sottosuolo nel punto di stazione, tuttavia è necessario tener presente che il risultato è dipendente anche dalla posizione reciproca del Trasmettitore e del Ricevitore e dalla forma dell'oggetto anomalo. Infatti, mentre nel caso di situazioni di anomalie molto estese la variazione reciproca delle posizioni dei due apparati non comporta variazioni significative dei risultati delle misure, nel caso di anomalie molto ristrette (dimensioni inferiori al dispositivo) e sviluppate secondo una direzione preferenziale, i valori possono essere molto differenti tra un caso e l'altro. Anche al variare dell'angolo tra la linea del dispositivo e la linea di allungamento dell'oggetto è opportuno valutare i risultati non solo in base all'entità dei valori, ma anche in funzione delle dimensioni e delle caratteristiche delle situazioni anomale.

ACQUISIZIONE DATI

Il dispositivo ricevente rileva sia la componente in fase che in quadratura di fase del campo secondario (indotto) rispetto a quello primario. Dai valori in "**quadratura di fase**" si risale automaticamente ai valori di conducibilità elettrica (misura in millimhos/m), mentre dai valori "**in fase**" (misurati in percentuale rispetto al campo elettromagnetico primario) si possono ricavare e memorizzare analogicamente sul display dell'apparecchiatura e memorizzate in un "datalogger" collegato allo strumento.

I dati registrati, riversati su calcolatore e opportunamente elaborati, sono rappresentati graficamente in modo da evidenziare la distribuzione e la geometria delle eventuali anomalie riscontrate.

Sono stati acquisiti dati a maglia regolare 4x2 metri, l'allegata **Planimetria di riferimento** (ALL. 1) evidenzia l'estensione dell'area indagata e localizza i punti di misura.

2. TOMOGRAFIA ELETTRICA

La metodologia generalmente definita "geoelettrica" rappresenta uno dei metodi geofisici più utilizzati per la caratterizzazione dei materiali e in particolare del sottosuolo. I recenti sviluppi della miniaturizzazione elettronica e delle procedure di acquisizione dati gestite "via" software, hanno consentito di applicare questa metodologia, un tempo lenta e laboriosa, ai più disparati settori dello studio del sottosuolo con tempistica e dettaglio un tempo impensabili.

Il parametro di base è la resistività elettrica, proprietà fisica che esprime la "resistenza" che i materiali offrono al passaggio della corrente.

Le misure geoelettriche consentono quindi, studiando le deformazioni del flusso di corrente causate dalle diverse strutture presenti nel sottosuolo, di caratterizzare le strutture stesse e ricostruirne la distribuzione spaziale.

La resistività delle diverse formazioni geolitologiche è determinata essenzialmente dai seguenti fattori:

- Porosità; forma, dimensione e continuità dei pori;
- Percentuale di contenuto d'acqua dei pori;
- Salinità del liquido di saturazione dei pori;
- Presenza di matrice a granulometria fine;
- Conducibilità intrinseca dei minerali di base;

E' quindi evidente che i materiali più addensati e grossolani presentano i valori di resistività più elevati, mentre i materiali più disaggregati se associati a matrice argillosa o presenza d'acqua di saturazione hanno resistività inferiore.

MODALITA' DI MISURA

Come accennato la misura del valore di resistività elettrica dei materiali si realizza creando un campo elettrico artificiale nel mezzo da indagare e studiandone la distribuzione nel sottosuolo.

Il dispositivo di misura classico è costituito quindi da due coppie di elettrodi metallici infissi nel terreno a distanze opportune (dispositivo quadripolare). Generalmente i dispositivi utilizzati sono simmetrici rispetto ad un punto centrale O al quale si riferisce il valore misurato.

$$A1 \text{-----} A1 \text{---} M \text{---} O \text{---} N \text{-----} B1 \text{-----} B2$$

Dispositivo Schlumberger

$$A1 \text{---} M1 \text{---} O \text{---} N1 \text{---} B1 \Rightarrow An \text{---} Mn \text{---} O \text{---} Nn \text{---} Bn$$

Dispositivo Wenner

$$A1 \text{---} B1 \text{---} O \text{---} M1 \text{---} N1 \Rightarrow An \text{---} Bn \text{---} O \text{---} Mn \text{---} Nn$$

Dispositivo Dipolo-Dipolo

La coppia (A-B) costituisce il circuito con il quale s'immette corrente nel terreno, la coppia (M-N) è il circuito di misura della differenza di potenziale generata nel terreno stesso dal passaggio della corrente.

Si misurano così le variazioni del campo elettrico, indotte dalle eterogeneità litologiche presenti nel sottosuolo: queste variazioni sono più o meno marcate in funzione del contrasto di resistività elettrica esistente fra mezzi con caratteristiche differenti. La distribuzione della corrente in profondità e quindi la profondità dell'esplorazione è essenzialmente legata alla distanza tra i due elettrodi A e B e alle caratteristiche intrinseche del mezzo esplorato. La scelta del dispositivo più opportuno è legata alle condizioni dell'area da indagare, sia in termini strutturali sia di rapporto segnale-rumore (S/N).

Dalla misura dell'intensità di corrente che fluisce tra gli elettrodi A-B e della differenza di potenziale tra gli elettrodi M-N è possibile quindi calcolare la resistività apparente e riferirla generalmente al centro del quadripolo ad una profondità che è funzione della

distanza AB. L'acquisizione tomografica consiste quindi nella misura dei valori di resistività in corrispondenza di un elevato numero di punti lungo la sezione d'indagine (Figura 4).

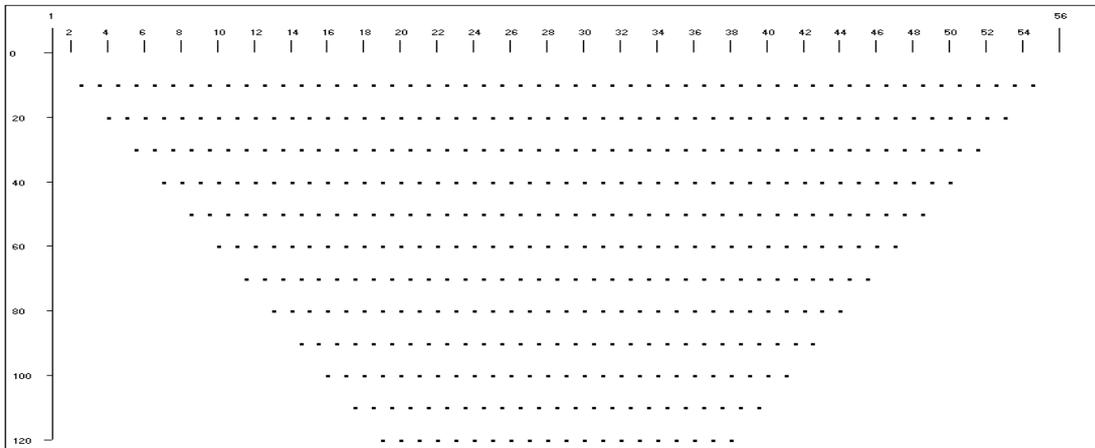


Figura 4 – Tomografia elettrica – Schema misure

La densità dei punti consente quindi di ricostruire con estremo dettaglio, anche tramite l'applicazione di algoritmi di calcolo bidimensionali, la sezione definendo in particolare gli effetti delle "variazioni laterali" e quindi restituendo una rappresentazione finale maggiormente corrispondente alla situazione reale.

ACQUISIZIONE DATI

L'acquisizione dei dati è stata condotta con l'utilizzo della seguente strumentazione:

- Georesistivimetro digitale AGI-SUPERSTING R1 IP (Fig. 5)
- Elettrodi dotati di elettronica interna (Fig. 6)
intervallo fra gli elettrodi= 5 metri
- Picchetti in acciaio

La principale innovazione introdotta dalla strumentazione utilizzata è rappresentata dalla gestione totalmente automatizzata delle misure, realizzata tramite un georesistivimetro multicanale di ultima generazione, con il quale è possibile l'acquisizione in tempi brevi di un elevato numero di punti, sfruttando la tecnologia dei cosiddetti "elettrodi intelligenti" (smart electrodes) che consente ad ogni elettrodo, dotato di un'elettronica interna, di essere utilizzato sia per l'invio della corrente sia per la misura del potenziale.

Lo strumento è in grado, infatti, di gestire fino a 254 elettrodi contemporaneamente collegati. A loro volta gli elettrodi sono a contatto con il terreno tramite adeguati picchetti metallici.

Il resistivimetro gestisce tramite software tutte le operazioni relative al controllo di qualità dei dati acquisiti attraverso le seguenti fasi:

- controllo del dispositivo di misura tramite verifica della resistenza di contatto degli elettrodi;

- azzeramento dei potenziali spontanei;
- iniezione di corrente in quantità, periodo e sequenza opportune;
- misura della differenza di potenziale e verifica della qualità del dato tramite il calcolo della “deviazione standard”;
- memorizzazione di tutti i dati relativi all’acquisizione



Figura 5 – Georesistivometro “Supersting R1 IP”



Figura 6 – Particolare “Smart Electrode”

L'acquisizione automatica dei dati garantisce, come accennato, un'elevata velocità di esecuzione. In tale situazione per la miglior qualità dei dati è di fondamentale importanza un "layout" ottimale della linea degli elettrodi. In particolare è necessario verificare la "resistenza di contatto" tra gli elettrodi e il terreno, ed eventualmente adottare le adeguate procedure di riduzione di tale parametro prima dell'inizio del processo di acquisizione.

Il lavoro di campagna ha comportato la registrazione di n. 2 profili con distanza elettrodica di 3 metri, l'allegata **Planimetria di riferimento** (All. 1) evidenzia il posizionamento dei profili realizzati.

Prima dell'avvio delle misure, tramite la stessa strumentazione, si è proceduto alla verifica dei valori di resistenza di contatto che sono registrati per il successivo controllo di qualità.

Una volta verificato il layout e iniziata la serie di misure, che procede automaticamente, è stato possibile proseguire con il successivo layout di elettrodi lungo il profilo in modo tale da realizzare l'acquisizione in continuo secondo la procedura definita del "roll-along".

I dati relativi al presente lavoro sono stati acquisiti secondo una configurazione elettrodica Schlumberger, ritenuta adeguata per il dettaglio e la profondità richiesti dal lavoro, su basi variabili costituite da stese di lunghezza variabile.

Ogni misura è stata effettuata con ripetizione del ciclo "+ - + -". Per ogni misura è stata inoltre calcolata la deviazione standard necessaria per il **controllo di qualità**.

PROCEDURE DI ELABORAZIONE DATI

I dati acquisiti sono stati elaborati tramite la seguente serie di passaggi:

1. conversione dal formato originale .stg in formato .dat adeguato all'inversione successiva. Durante questo passaggio i dati subiscono un opportuno "editing" realizzato allo scopo di eliminare le eventuali misure non corrette (misure negative e/o con un valore di "deviazione standard" elevato);
2. inserimento dei dati relativi alla topografia;
3. elaborazione matematica con programma d'inversione 2D denominato RES2DINV utilizzando il metodo di calcolo degli elementi finiti a due dimensioni
4. La procedura di calcolo d'inversione trasforma i dati di resistività apparente in resistività reale, minimizzando l'errore fra i dati acquisiti.

Nel caso specifico la dimensione unitaria delle celle è stata pari alla distanza elettrodica in X e pari ad un incremento del 10% per ogni singolo "livello" a partire dal livello iniziale di misura per Y. In sostanza le due sezioni sono state calcolate su un totale di celle circa uguale al numero di punti disponibili.

La procedura ha inizio con il calcolo di un modello diretto “agli elementi finiti isoparametrici” e prosegue con una inversione bidimensionale ai “minimi quadrati” basata su un algoritmo di regolarizzazione “smoot” tipo Occam.

La correlazione grafica dei valori calcolati, rappresentativi di ogni singola cella, necessaria per la ricostruzione finale delle sezioni allegate è stata realizzata tramite l’applicazione di appositi algoritmi di “gridding” e “countouring”.

ANALISI DEI DATI

Come accennato la presentazione finale dei risultati dei rilievi è costituita dagli elaborati grafici allegati che sono stati prodotti come di seguito descritto.

Negli Allegati 2a e 2b sono rappresentati i risultati dei rilievi elettromagnetici espressi secondo i parametri definiti “*in quadratura di fase*” e “*in fase*”.

Il valore misurato “*in quadratura di fase*” esprime, in altre parole la conducibilità elettrica (millimhos.m) che consente quindi di discriminare le diverse tipologie di materiali costituenti il sottosuolo dell’area.

Graficamente i valori sono stati suddivisi in classi di colore passando da materiali **conduttivi** evidenziati con il colore **blu**, a materiali **conduttivi** definiti con il colore **arancione**. La scala di valori passa da valori di 1-2 millimhos.m a valori dell’ordine di 50 millimhos.m; tra tali estremi rientrano ovviamente i termini relativi a materiali caratterizzati da comportamenti intermedi.

Nell’ambito di tale caratterizzazione e classificazione è quindi possibile trarre conclusioni sulla reale natura dei terreni interessati dall’indagine:

- i terreni naturali valutati attraverso profili di taratura si attestano su valori di 2-5 millimhos.m (poco conduttivi/molto resistivi);
- i terreni accumulati passano da valori dell’ordine di 15-20 millimhos.m per i riporti grossolani a valori fino a 50 millimhos.m per i riporti più fini

Si evidenzia una discreta omogeneità dei materiali riportati caratterizzati prevalentemente da materiali inerti di varia pezzatura. Locali anomalie sono riferibili agli accumuli superficiali di elementi di varia natura.

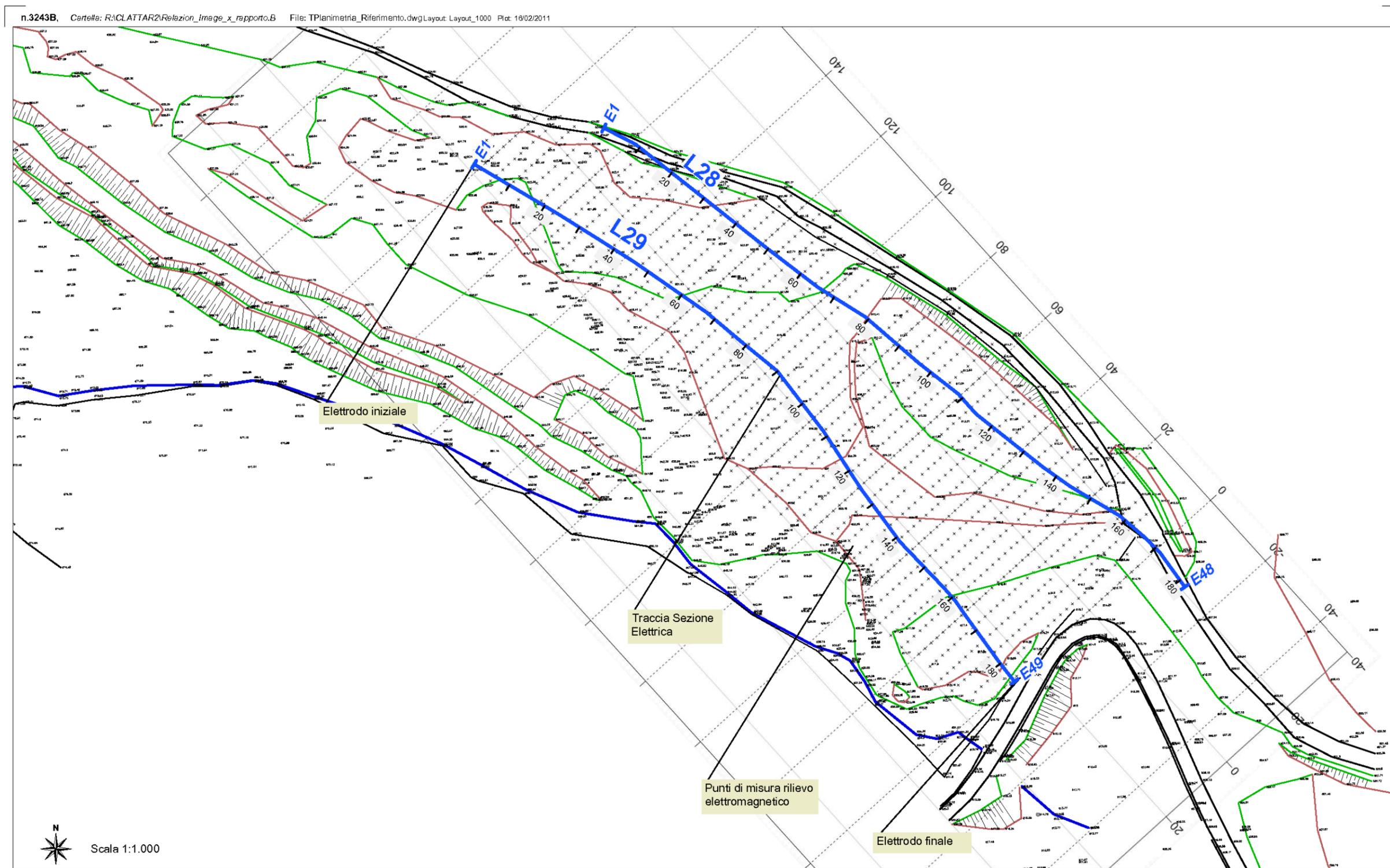
I dati relativi al rilievo “*in fase*” (All. 2b) non esprimono direttamente il valore di un parametro fisico del materiale, ma indicano la potenziale presenza di particolari concentrazioni di materiali metallici e quindi, in situazioni analoghe alla presente, corpi o ammassi metallici in senso stretto.

Relativamente alla natura dei materiali di riempimento non sono stati registrati significativi accumuli di materiali metallici, salvo in qualche posizione specifica correlabili ai materiali in superficie. Relativamente alla profondità indagata si fa riferimento ai **profili tomografici elettrici** di All. 3.

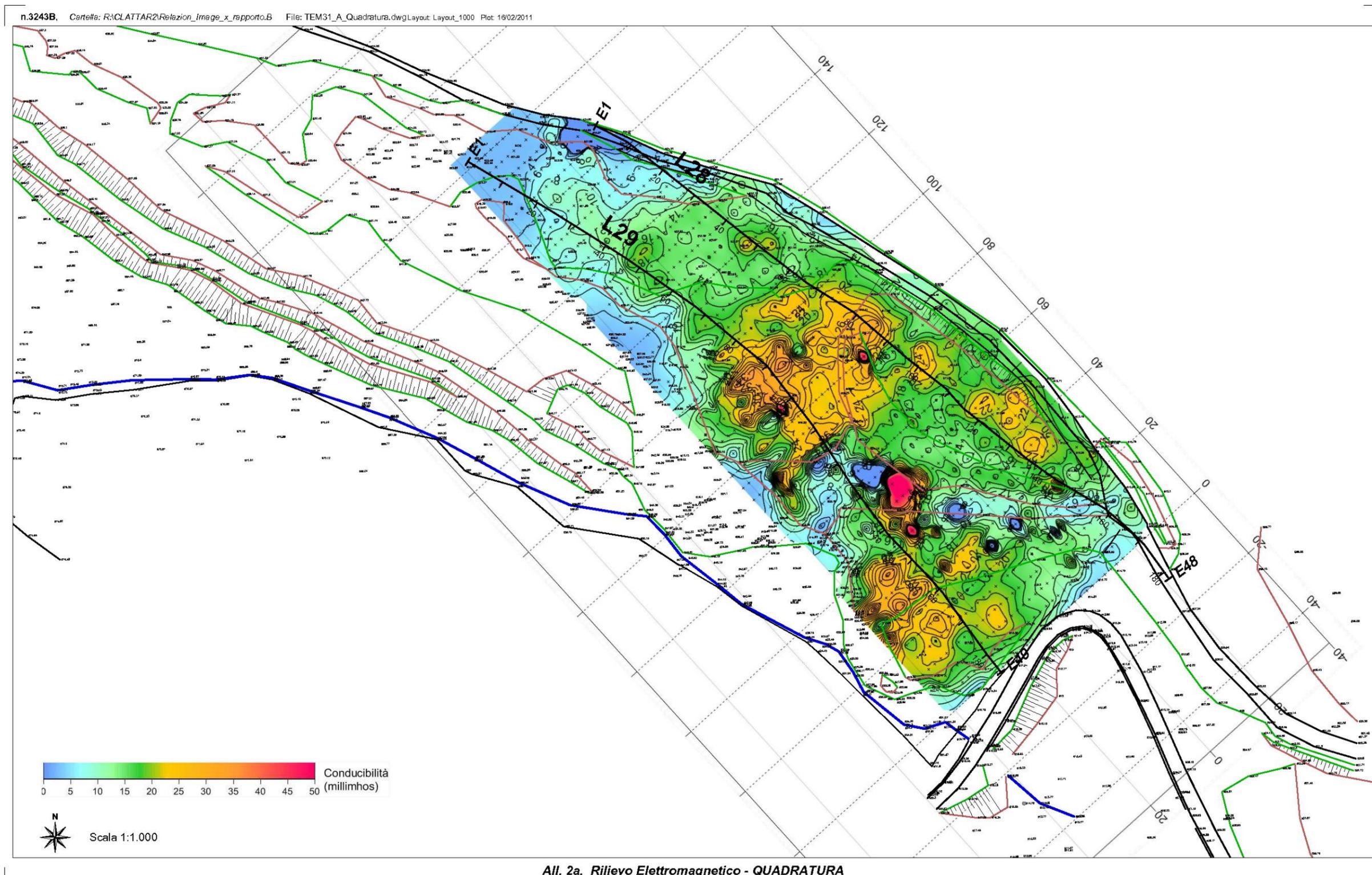
I materiali riportati sono relativi alle unità con valori di resistività inferiori a 120-150 ohm.m, mentre il substrato calcareo presenta valori dell’ordine di 1500/2000 ohm.m.

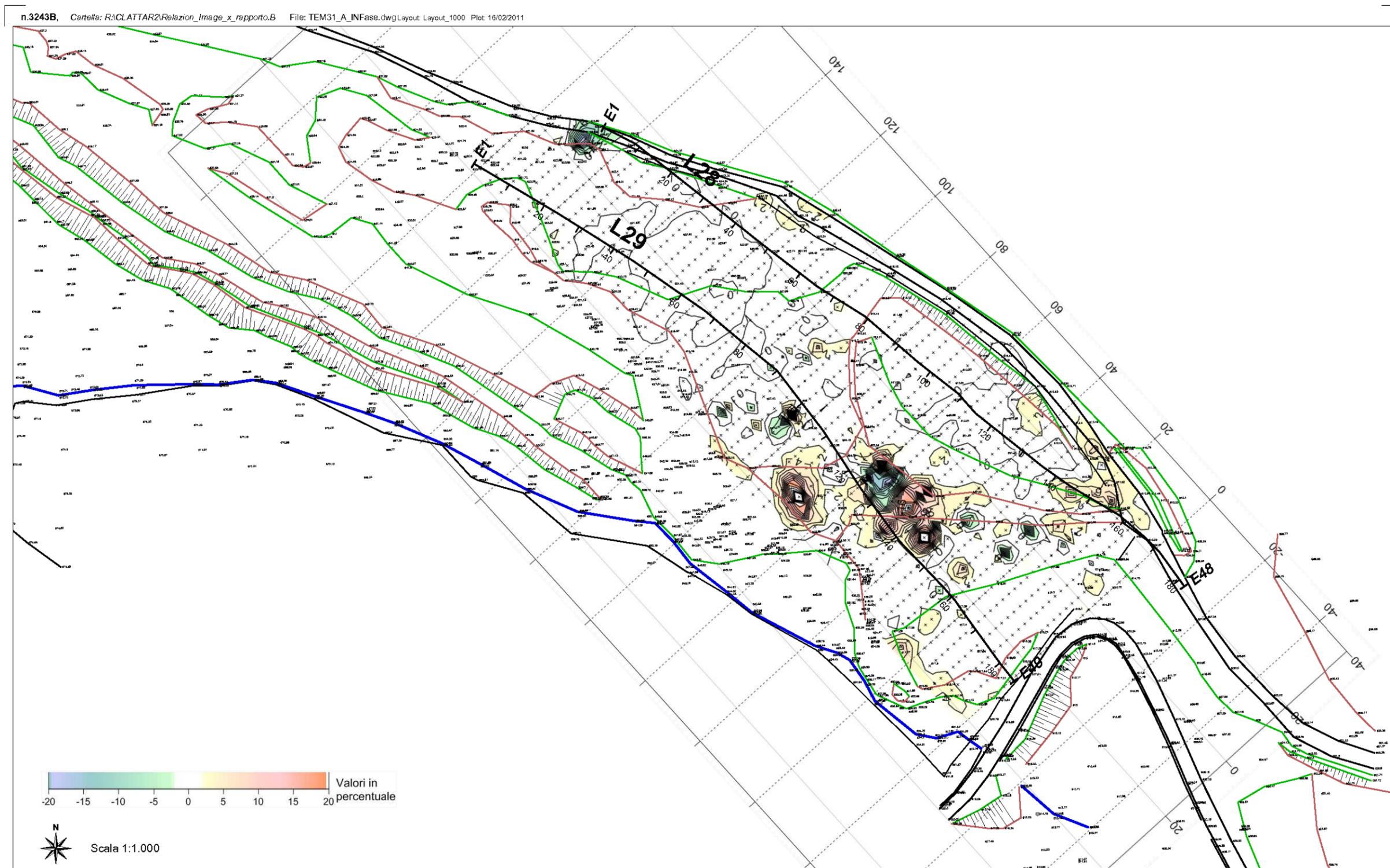
I maggiori spessori si registrano:

- per il profilo L28 – spessori dell’ordine di 7/8 metri (progressiva 140)
- per il profilo L29 – dell’ordine della decina di metri alla progressiva 160.
In questo profilo si descrivono i due corpi di riporti indagati (progressiva 115/150 e progressiva 135-170)



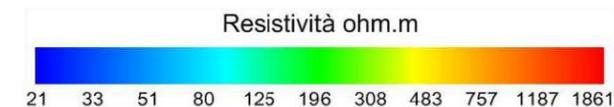
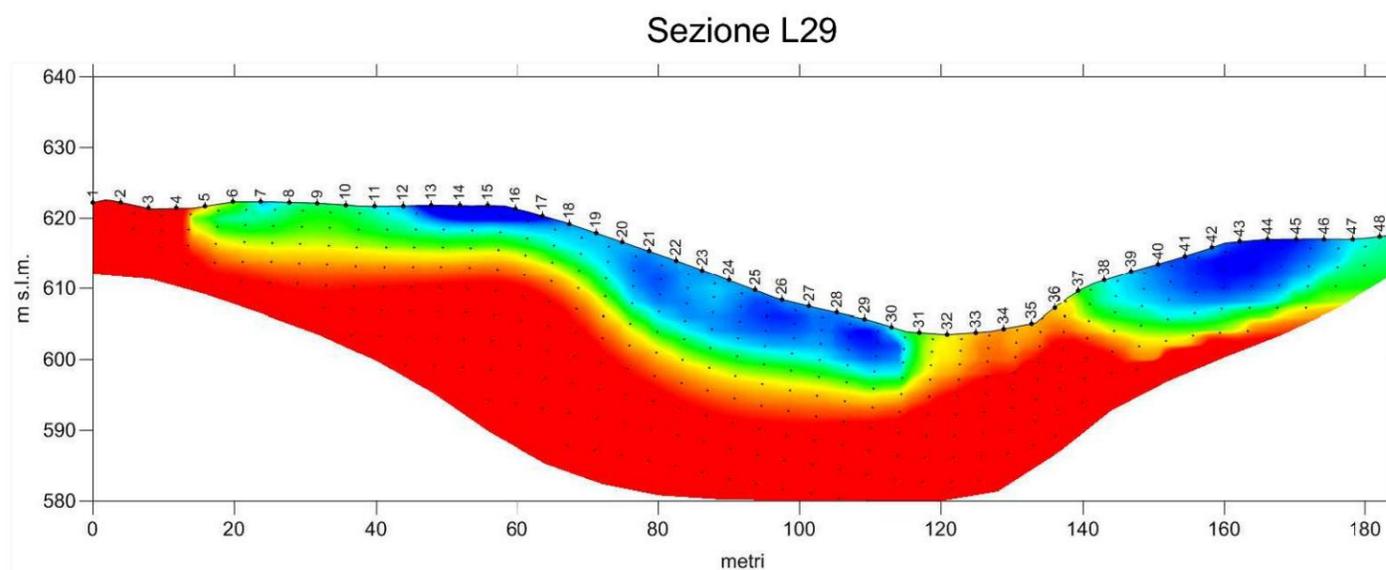
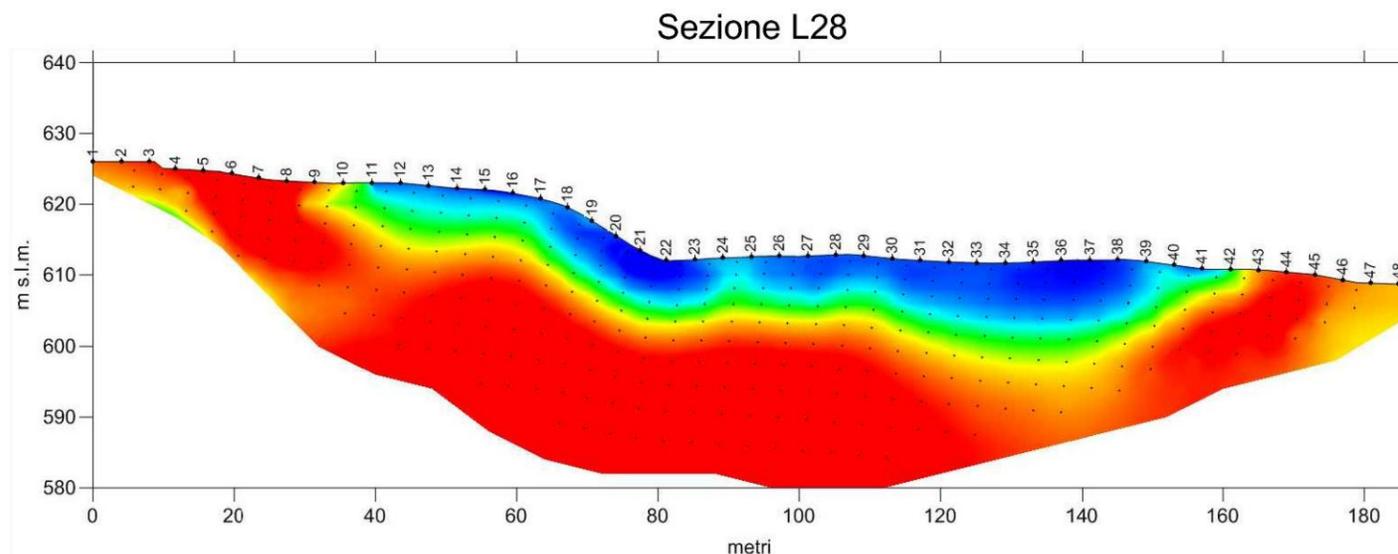
All. 1, Planimetria di riferimento





AII. 2b, Rilievo Elettromagnetico - IN FASE

n.3243B, Cartella: R:\\CLATTAR2\\Relazion_image_x_rapporto.B File: TTomEle_L28-L29.dwg Layout: Layout_1000 Plot: 16/02/2011



Scala 1:1.000

All. 3, Tomografia Elettrica