



## UFFICIO DEL COMMISSARIO STRAORDINARIO DELEGATO

"per la realizzazione degli interventi per la mitigazione del rischio idrogeologico  
nella Regione Siciliana previsti nell'Accordo di Programma siglato il 30.03.2010"  
OPCM10 dicembre 2010 ed ex OPCM 09luglio 2010, n.3886 art.1



# COMUNE DI SINAGRA



## PROGETTO ESECUTIVO

*INTERVENTO APQ ME121 - DRENAGGI E GABBIONI IN CDA MULINAZZO*  
Mitigazione del rischio idrogeologico dell'area in c/da Mulinazzo  
interessata dall'evento alluvionale del 25 - 26 maggio 2001

*RELAZIONE GEOLOGICA*

*ALL.*

*2.a*

*Rapp.*

*DATA*

*PROGETTISTA*  
*(Ing. Francesco Cappotto)*

*CONSULENTE STRUTTURALE*  
*(Ing. Guglielmo Carlo Cardaci)*

*R.U.P*  
*(Ing. Giuseppe La Placa)*



STUDIO DI GEOLOGIA APPLICATA  
"MANCUSO"

COMUNE DI SINAGRA  
PROV. DI MESSINA

STUDIO GEOLOGICO ESECUTIVO

**PROGETTO** : *"Messa in sicurezza dell'area in c/da Mulinazzo interessata dall'alluvione verificatasi nel mese di maggio 2001."*

IL GEOLOGO

Dott.ssa Marzia Rita MANCUSO



Dott.ssa Marzia Rita Mancuso Via 2° Convento, 58 - 98069 Sinagra (Me) Tel.  
0941.594075 - 355.6285802 - 347.9841749 - e-mail/ [marziageo@tiscali.it](mailto:marziageo@tiscali.it)  
P.I.V.A. 02019820832 - C.c.f. mnc nmr 66c 42f 158w

## **Studio di Geologia Applicata**

Dott.ssa Marzia Rita Mancuso

Via II° Convento 76

98069 SINAGRA (ME)

[marziageo@tiscalinet.it](mailto:marziageo@tiscalinet.it)

P.IVA 02019820832

C.f. MNCMZR66C42F158W



TEL.0941/594075- 335/6285802

### ***STUDIO GEOLOGICO SUPPLETIVO***

***(Dissesto franoso relativo agli eventi alluvionali***

***del 2008-2010 in contrada Mulinazzo)***

## **1 PREMESSA**

Nei mesi di ottobre-novembre 2012, su incarico dell'Amministrazione Comunale del Comune di Sinagra (ME) è stato svolto, dalla scrivente, uno studio geologico definitivo a supporto del progetto di: **“Revisione studio geologico propedeutico alla progettazione esecutiva per la realizzazione di drenaggi e gabbioni di contrada da Mulinazzo (Dissesto franoso relativo agli eventi alluvionali del 2008-2010)”**.

In questa fase di studio, sulla continuazione di precedenti studi si è proceduto all'approfondimento delle conoscenze geologiche, idrogeologiche e geomorfologiche di un'area interessata da un evento franoso che si è verificato nell'arco del periodo che va

dal 2008 al 2010 all'intero del bacino idrografico del V.ne Caputo alla quota di circa 150 mt s.l.m.

Gli interventi in progetto, sono finalizzati, alla sistemazione dell'area dissestata e la messa in sicurezza di questo tratto di versante posto nella parte bassa dell'alveo fluviale del V.ne Caputo in corrispondenza della contrada Mulinazzo.

Si rammenta brevemente che il territorio comunale di Sinagra (Me), per la sua conformazione geomorfologica ed idrogeologica, è già stato sede di gravi dissesti di tipo idrogeologico, come l'evento che si è verificato il giorno 26 maggio 2001, che ha coinvolto con ingentissimi danni la stessa contrada Mulinazzo.

Nel presente studio, si sintetizzano i risultati dell'indagine geologica e geognostica, svolte nell'area interessata, le caratteristiche geomorfologiche, litologiche ed idrogeologiche dei terreni, evidenziando le caratteristiche geotecniche, al fine di indirizzare il progettista alle scelte più idonee per la realizzazione degli interventi progettuali.

Per ottenere indicazioni circa le condizioni stratigrafiche dell'area, e per una valutazione qualitativa e quantitativa delle caratteristiche tecniche dei terreni si è proceduto ad una campagna d'accertamenti geognostici, distribuiti nel settore interessato dalle opere previste in progetto.

La Ditta che ha svolto le indagini risulta la SGM srl (Società Geognostica Mediterranea) con sede in Via Umberto 196 Catania.

Lo studio geologico è stato realizzato in ottemperanza alle norme contenute dal D.M. 11.03.1988 e si articola nei seguenti paragrafi:

- *Lineamenti geomorfologici*
- *Inquadramento geologico - strutturale*
- *Litologia dell'area*
- *Caratteri idrogeologici*
- *Sintesi dell'Indagini geognostiche*
- *Caratteristiche geotecniche dei terreni*
- *Considerazioni conclusive e proposte d'intervento*

Lo studio è stato integrato dalla esecuzione di una campagna di accertamenti geognostici di tipo diretto ed indiretto, articolata mediante l'esecuzione di:

- X n° 2 sondaggi geognostici a rotazione e a carotaggio continuo, approfonditi sino alla profondità massima di metri 15 ml dal piano campagna; nel corso dei sondaggi geognostici sono state svolte le seguenti operazioni: n°14 prove di resistenza meccanica (S.P.T.); n°4 prelievi di campioni indisturbati; misurazioni piezometriche della falda idrica e misure inclinometriche (lettura di riferimento o lettura zero).
- X n° 2 profili sismici, eseguiti con il metodo della sismica a rifrazione, ed interpretazione tomografica dei dati sismici.
- X n° 2 prospezioni sismiche Masw.

Le indagini geognostiche hanno consentito sia la determinazione degli spessori delle coperture detritiche, sia la caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni geotecnicamente interessati.

Alla presente relazione si allegano i seguenti elaborati cartografici:

- - Carta geolitologica, in scala 1:2000 ;
- Sezione geostratigrafica interpretativa, in scala 1:200;

## 2. LINEAMENTI GEOMORFOLOGICI

### 2.1 Generalità

La zona oggetto di studio ricade nella Tavoleta denominata “S. Angelo di Brolo” Foglio 252 II quadrante N.E. della cartografia I.G.M.I. edita alla scala 1:25.000. (Tav.1 - Carta corografica allegata).

In generale, per quanto riguarda l'evoluzione morfologica del territorio di questa parte dei Monti Nebrodi, è legata principalmente a :

*-fattori geologici e strutturali (alterazione, fratturazione, erodibilità dei vari litotipi affioranti in relazione al loro diverso grado di tettonizzazione, giacitura degli strati, struttura e presenza di discontinuità dell'ammasso roccioso, ecc.);*

*-fattori climatici (piovosità: intensità e durata delle precipitazioni, fenomeni di crioclastismo, altitudine, ecc.);*

*-fattori morfologici (acclività dei versanti, tipo e grado di gerarchizzazione del reticolo idrografico in relazione alla sua evoluzione ecc.) che hanno un ruolo determinante sull'evoluzione dei fenomeni di modellamento del territorio;*

*-fattori antropici (presenza di tagli o rilevati stradali, tipo di colture presenti sul versante, ecc.) che determinano impulsi sostanziali per processi erosionali sempre più vasti ed accelerati.*

*-sismicità (intensità e durata dei terremoti) del territorio, che può provocare l'instabilità, a scala regionale, di versanti prossimi all'equilibrio limite.*

L'insieme di questi fattori provoca l'instaurarsi di dissesti geomorfologici ed in particolare di quelli idrogeologici nel territorio in esame.

L'aspetto morfologico del territorio è tipico di un paesaggio alto-collinare, ed è strettamente legato alla litologia dei terreni esistenti, che presentano un grado d'erodibilità variabile a seconda della predisposizione della formazione geologica ad essere soggetta all'insieme d'azioni fisiche e chimiche che disgregano ed alterano la roccia; inoltre a queste caratteristiche vanno aggiunte le vicissitudini tettoniche subite dalla roccia al momento della loro formazione.

### Aspetti idrogeologici e geomorfologici del Vallone Caputo

Il Vallone Caputo è un affluente sinistro della Fiumara Naso.

Lungo i versanti destro e sinistro della Fiumara Naso l'idrografia superficiale comprende numerose incisioni di limitata lunghezza (poche centinaia di metri), ma dotate di un notevole potere erosivo, soprattutto in occasione di intense e prolungate precipitazioni.

Il bacino idrografico dei corsi d'acqua presenta un'estensione areali limitata.

Lo sviluppo dei corsi d'acqua risente del diverso grado di erodibilità e permeabilità delle rocce affioranti e delle lineazioni tettoniche (pieghe, faglie, fratture). Gli affluenti possiedono degli andamenti NW-SE ed E-W, coincidenti con l'esposizione dei versanti, dovuta alla presenza dei principali lineamenti neotettonici, orientati NNW-SSE/NW-SE, su cui si è imposta l'asta fluviale principale.

In base allo sviluppo areale dell'idrografia, secondo la classificazione di Panizza (1988) è possibile collocare la rete idrografica nella classe sub-dendridica, e cioè di forma arborescente, con un canale principale che si suddivide in vari rami via via meno importanti procedendo verso monte, tipico di terreni omogenei, poco permeabili.

Diversi fenomeni erosivi si riscontrano lungo gli alvei e sono dovuti all'azione dinamica delle acque incanalate. I versanti si presentano ricoperti di un manto vegetale che riduce notevolmente le azioni erosive; di fatto si osserva che i processi geomorfici in atto sono rappresentati da dissesti superficiali localizzati in settori privi di rivestimento vegetale. L'erosione diffusa, più o meno intensa, si esplica in relazione allo scorrimento delle acque selvagge e consiste in forme di denudamento del pendio per asportazione meccanica di particelle superficiali.

Il letto dei corsi d'acqua presentano caratteri morfologici diversi a seconda della zona considerata.

Nella parte di testata l'alveo, si presenta con forma irregolare, incassato nella roccia e notevolmente condizionato dai fenomeni erosivi che in questa zona risultano prevalenti.

Nella parte mediana, ove ai fenomeni erosivi cominciano a prevalere quelli di trasporto, l'alveo è delimitato da pendii meno acclivi ed è coperto da una coltre alluvionale poco spessa, con ciottoli di grosse dimensioni.

Nella parte terminale si trova un alveo ciottoloso impostato su un conoide di deiezione, solcato da un canale poco inciso. Il conoide si sviluppa realmente nella valle principale della Fiumara di Sinagra. Proprio la zona terminale del Vallone Caputo, nel tratto

compreso tra la vecchia strada provinciale e la nuova strada di fondovalle, presenta un elevato rischio di esondazione.

L'area è soggetta a frequenti dissesti perché le condizioni idrologiche del corso d'acqua sono a carattere spiccatamente torrentizio con notevole capacità erosiva, che si esplica sia nella zona di testata dei bacini che causa spesso locali fenomeni di instabilità nelle coltri detritiche delle rocce superficiali più alterate, e sia nella parte medio-bassa con erosioni laterali, con ingenti trasporti di massa solida e con straripamenti.

In particolare il Vallone Caputo presenta una forte azione erosiva e di trasporto come già osservato nel corso degli anni. Questa forza erosiva si esplica in concomitanza di eventi meteorici intensi che determinano il deflusso di ingenti quantitativi di acqua con elevata energia distruttiva. Questo potere erosivo è legato anche al trasporto di masse solide (detriti) che contribuiscono all'erosione laterale e di fondo del corso d'acqua.

### **Analisi del dissesto nell'asta fluviale del Vallone Caputo**

L'area in esame si colloca lungo l'asta fluviale del Vallone Caputo, nella località Mulinazzo (Comune di Sinagra), poco a monte della vecchia strada provinciale.

Il settore interessato dal dissesto si trova lungo il versante sinistro del Vallone Caputo, dove l'azione erosiva delle acque di scorrimento superficiale e quelle d'infiltrazione hanno determinato il franamento di una parte del rilievo.

Il dissesto franoso, posto nella parte bassa del versante, interessa un fronte di circa 30-40 metri, si è esteso verso monte per una lunghezza di circa 60-70 metri.

La frana si è verificata nel periodo ..... in concomitanza di eventi meteorici (precipitazioni) intensi che hanno saturato i terreni, provocando un dissesto che può essere classificato in scorrimento roto-traslazionale.

Il movimento di massa ha modificato l'assetto dell'area con il crollo dei muri di contenimento dei vari ripiani terrazzati; in superficie sono ben evidenti le superfici di distacco nella parte a monte (nicchia di distacco) e lungo i fianchi; sul corpo di frana si evidenziano superfici di scorrimento secondarie in contropendenza con evidenti ristagni di acqua, tipici delle frane di scorrimento rotazionale.

### 3. CARATTERISTICHE GEOLITOLOGICHE

Per la ricostruzione della situazione geologica dell'area si è proceduto ad un rilievo geologico di superficie, come illustrato nella - *carta geolitologica (scala 1:2.000)* qui di seguito allegata.

Il rilevamento geologico, esteso ad un'area più ampia di quella di stretto interesse per meglio inquadrare la situazione geologica locale, ha permesso di definire la distribuzione areale dei tipi litologici affioranti e la serie litostratigrafica nell'area in esame. Le formazioni geologiche individuate nella fase di rilevamento vengono descritti nella seguente successione litostratigrafica:

#### **Coperture incoerenti:**

Depositi alluvionali recenti ed attuali;

Coltre eluvio-detritica

#### **Substrato litoide metamorfico:**

Filladi

#### **Depositi alluvionali (Recenti e attuali)**

*1) Alluvioni Recenti.* Si indicano con tale termine i depositi fluviali ed alluvionali, ormai sottratti all'azione di rimaneggiamento da parte delle acque, sia per essersi portati ad una quota superiore l'attuale alveo fluviale che per opere di arginatura che hanno impedito alle acque del torrente interessato a dilagare sulle proprie alluvioni.

Nella zona investigata, si rinvengono solo nella parte bassa del torrente, in corrispondenza di antiche anse fluviali abbandonate dal corso d'acqua principale.

Le alluvioni, sono costituite da accumuli caotici di materiale trasportato dal T.Caputo e dagli affluenti minori; anch'essi risultano, costituiti da materiale ciottoloso poligenico di clasti di varie forme e dimensioni, (anche di notevoli dimensioni) di natura arenacea, metamorfica, ben levigati (segno di un trasporto non breve) immersi in matrice limo-sabbiosa; si trovano anche lenti o sacche di modesto spessore di conglomerati e ghiaie intercalati a vari livelli.

Sopra le clastiti alluvionali è presente uno strato di terreno vegetale di spessore variabile.

**2) Alluvionali attuali.** Sono sviluppati in estensione e spessore nell'alveo del V.<sup>ne</sup> Caputo e in minor misura negli affluenti secondari. Vengono separate dalle alluvioni recenti, in quanto l'alveo a tratti è limitato artificialmente mediante argini che costringono il corso d'acqua a defluire in un settore del Torrente. Le dimensioni e la natura degli elementi costituenti i depositi alluvionali sono quanto mai variabili, dai clasti di grosse dimensioni, alla ghiaia, alla sabbia da grossolana a minuta al limo; la compagine è in continua evoluzione ad opera dell'alternarsi delle piene stagionali che operano un perenne rimaneggiamento di tali depositi.

**Coperture detritico-alteritico** si estendono nell'area oggetto di studio. Si tratta dei prodotti di disgregazione ed alterazione, ad opera degli agenti esogeni, delle formazioni geologiche affioranti a monte dell'area in oggetto (Formazione arenaceo-conglomeratica di Capo D'Orlando e Metamorfiti) pertanto da queste n'ereditano sia la composizione petrografica, e sia, in parte la struttura granulometrica.

Detta copertura è costituita da sabbie medio-fini debolmente limose, mediamente addensate, di colore marrone tendente al giallastro o grigio, con elementi eterometrici anche grossolani di natura arenacea o metamorfica. Superiormente tali materiali sono ricoperti, da un livello superficiale di suolo agrario di spessore variabile costituito da ciottoli e residui vegetali immersi in una matrice limosa.

**Substrato litoide metamorfico:** tali termini sono formati da un'insieme di tipi litologici a blando metamorfismo derivanti da depositi sedimentari prevalentemente argillosi o da alternanze argilloso-arenacee. Si tratta di rocce tipicamente scistose a grana fine con prevalenti argillocisti grigi o nerastrì inglobanti sacche di materiale incoerente. Esiste una parte superiore delle metamorfiti che è micaceo-quarzosa e versa in uno stato di alterazione. In profondità il tipo metamorfico cambia in filladi azzurrine micacee, quarzose e cloritiche che assumono maggiore consistenza.

Nell'area in esame, si possono osservare su entrambi i fianchi del V.<sup>ne</sup> Caputo dove caratterizzano la morfologia con superfici notevolmente scoscese.

L'età della formazione viene attribuita dalla letteratura all'Ercinico.

## 4. RILIEVI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE

A supporto dello studio geologico di superficie, è stata eseguita, nei mesi di ottobre-novembre 2012, una campagna di accertamenti geognostici nei terreni interessati dagli interventi progettuali.

*Nel presente paragrafo vengono descritte sinteticamente le indagini geognostiche svolte. Per una visione dettagliata delle indagini si rimanda alla relazione allegata redatta dalla ditta esecutrice SGM srl.*

La campagna di accertamenti geognostici è stata finalizzata alla determinazione della successione stratigrafica, nonché alla definizione delle caratteristiche geotecniche dei tipi litologici presenti nelle aree interessate dagli interventi progettuali.

Per far fronte alle esigenze progettuali sono state programmate ed eseguite le indagini dirette ed indirette, riepilogate sinteticamente qui di seguito:

### 4.1 Sondaggi geognostici

I sondaggi sono stati eseguiti mediante sonda oleodinamica montata su mezzo cingolato, adoperando utensili di perforazione di diametro minimo di mm. 101; la perforazione è stata eseguita a carotaggio continuo, per poter investigare la stratigrafia di dettaglio dell'area, adottando la tecnica della conservazione delle carote estratte per tutto lo spessore indagato, in idonee cassette catalogatrici.

I sondaggi sono stati spinti fino alla profondità massima di metri 15 dal p.c.

Nel corso dei sondaggi sono state eseguite delle prove di resistenza meccanica in foro (S.P.T.), prelevati campioni indisturbati e sottoposti a prove geotecniche di laboratorio e nei fori di sondaggio sono stati inseriti un piezometro ed un inclinometro.

Qui di seguito viene riportata la descrizione della successione stratigrafica di dettaglio ricavata dall'esecuzione dei sondaggi geognostici:

#### **Sondaggio S 1 – (15.00 metri) [foro attrezzato con piezometro]**

<b>Profondità</b>	<b>Descrizione litologica</b>
da m. 0.00 a m. 3.00	Sabbie mediamente addensate di colore bruno giallastro con sparsi elementi litici centimetrici di natura metamorfica.

Profondità	Descrizione litologica
	(orizzonte sismico "A")
da m. 3.00 a m. 7.00	Metamorfiti di basso grado (micascisti) a consistenza argillosa di colore bruno con sparsi noduli litoidi di quarzo. (orizzonte sismico "B")
da m. 7.00 a m. 15.50	Metamorfiti di basso grado (micascisti) a consistenza argillosa di colore grigio azzurro con sparsi noduli litoidi di quarzo. (orizzonte sismico "C")

**Sondaggio S 2 – (15.00 metri) – [foro attrezzato con tubo inclinometrico]**

Profondità	Descrizione litologica
da m. 0.00 a m. 3.10	Sabbie mediamente addensate di colore bruno giallastro con sparsi elementi litici centimetrici di natura metamorfica. (orizzonte sismico "A")
da m. 3.10 a m. 5.20	Metamorfiti di basso grado (micascisti) a consistenza argillosa di colore bruno con sparsi noduli litoidi di quarzo (orizzonte sismico "B")
da m. 5.20 a m. 15.50	Metamorfiti di basso grado (micascisti) a consistenza argillosa di colore grigio azzurro con sparsi noduli litoidi di quarzo (orizzonte sismico "C")

**6.1.1 Prove S.P.T.**

Nel corso dei sondaggi ne sono state eseguite n° 14 secondo le modalità dello *Standard Penetration Test*, mediante dispositivo a sganciamento automatico.

Le prove consistono nella registrazione del numero di colpi necessario per l'avanzamento ogni 15 cm dello scandaglio penetrometrico; il ritmo di percussione è stato mantenuto costantemente pari a 20 colpi al minuto; la volata di circa 30 pollici.

Le prove S.P.T. sono state svolte con la punta aperta (scarpa).

Qui di seguito vengono riassunti i dati emersi dalla esecuzione degli S.P.T.

**Sondaggio S 1 - Prove S.P.T**

Profondità metri	n° colpi	n° SPT	Orizzonte litologico
1.50	10-7-7	14	A
2.70	24-22-22	44	A
4.50	24-26-26	52	B
6.00	18-21-24	45	B
9.00	28-50-R	Rifiuto	C
12.00	26-34-R	Rifiuto	C
15.00	31-30-29	59	C

#### Sondaggio S 2 -Prove S.P.T

Profondità metri	n° colpi	n° SPT	Orizzonte litologico
1.50	11-9-10	19	A
3.00	23-23-25	48	A
4.50	23-25-26	51	B
6.00	20-24-26	50	C
9.00	29-28-R	Rifiuto	C
12.00	27-31-30	61	C
15.00	30-32-34	66	C

#### 4.1.2 Rilievi piezometrici e installazione inclinometro

Nel foro di sondaggio S1 è stato introdotto un piezometro per il rilievo della falda idrica che ha consentito la ricostruzione della situazione idrica nel sottosuolo.

I rilievi consentono di individuare la presenza di una falda idrica ad una profondità di circa 6.00-6.50 metri dal p.c.).

Nel foro di sondaggio S2 è stato introdotto un inclinometro per il rilievo dei movimenti dell'area dissestata all'interno del quale sono state eseguite delle misurazioni inclinometriche. Per il dettaglio del monitoraggio inclinometrico si rimanda integralmente alla relazione delle "Indagini Geognostiche" allegata.

#### 4.1.3 Analisi e Prove di laboratorio

Nei fori di sondaggio S1 e S2 sono stati prelevati n° 4 campioni indisturbati con l'utilizzo di campionatore tipo "Shelby"; i campioni sono stati sottoposti alle seguenti analisi di laboratorio:

- Apertura campioni;
- Contenuto d'acqua;
- Peso di volume;
- Peso specifico dei grani;
- Analisi granulometrica mediante setacciatura;
- Analisi granulometrica mediante setacciatura e sedimentazione.

Per una visione dettagliata delle Anali e Prove di laboratorio si rimanda alla relazione delle “*Indagini Geognostiche*”.

#### 4.2 Prospezioni sismiche (sismica a rifrazione) e interpretazione tomografica

La serie stratigrafica e le condizioni di stabilità sono state verificate arealmente, lungo l'intero settore, mediante prospezione sismica, realizzata con l'esecuzione di n° 2 profili sismici, utilizzando il metodo della sismica a rifrazione.

L'impiego della sismica a rifrazione consente di definire la profondità, velocità sismica e forma delle unità geologiche sepolte.

Qui di seguito vengono riepilogati i risultati delle prospezioni sismiche, sintetizzando le velocità e gli spessori degli orizzonti individuati, nonché le caratteristiche litostratigrafiche salienti:

##### Profilo sismico n° 01 (ml. 33)

Orizzonte	Velocità media (m/s)	Profondità rifrattore (metri)	Descrizione litologica
1 (A)	342	1.30-2.30 Media (1.80)	Coltre detritica da poco a mediamente addensata
2 (B)	1059	4.30-6.30 Media (5.30)	Coltre detritica addensata
3 (C)	1893	--	Substrato litoide in posto

##### Profilo sismico n° 02 (ml. 33)

Orizzonte	Velocità media (m/s)	Profondità rifrattore (metri)	Descrizione litologica
1 (A)	303	1.20-2.20 Media (1.70)	Coltre detritica da poco a mediamente addensata
2 (B)	881	4.50-8.70 Media (6.60)	Coltre detritica addensata
3 (C)	2099	--	Substrato litoide in posto

Le velocità delle onde sismiche riscontrate nel corso delle prospezioni sismiche per l'orizzonte superficiale (A), indicano nel complesso terreni eluvio-detritici da poco a mediamente addensati parzialmente trasformati in terreno vegetale nei livelli più superficiali. Le velocità delle onde sismiche riscontrate per l'orizzonte (B), indicano materiali incoerenti maggiormente addensati e/o con un certo grado di coesione (substrato litoide metamorfico alterato e fratturato).

Le velocità delle onde sismiche riscontrate per l'orizzonte (C), individuano la presenza di un substrato litoide in posto parzialmente alterato e fratturato.

Alla presente nota si allegano le dromocrone e sezione profondità ottenute dall'interpretazione dei profili sismici.

I dati acquisiti con l'indagine sismica risultano ben correlabili con quelli scaturiti dall'esecuzione dei sondaggi geognostici e delle prove penetrometriche dinamiche e continue; difatti è possibile individuare, con entrambi i metodi d'indagine in situ, gli stessi orizzonti litologici sepolti.

I dati della sismica a rifrazione (primi arrivi) sono stati utilizzati per la realizzazione della *Tomografia Sismica* che permette di osservare con maggiore dettaglio le variazioni spaziali delle velocità delle onde sismiche (onde longitudinali) nel sottosuolo preso in esame.

#### 4.3 Prospezioni sismiche (MASW)

Per caratterizzare il suolo in base alla nuova normativa sismica sono state eseguite n° 2 prospezioni sismiche Masw.

L'analisi della dispersione delle onde di Rayleigh a partire da dati di sismica attiva (MASW) ha consentito di determinare il profilo verticale della VS (e del modulo di taglio) e, di conseguenza, del parametro Vs30, risultato per il modello medio pari a 381,5 m/s (considerando come riferimento il piano campagna).

MASW n° 1: Vs30 = 380 m/s

MASW n° 2: Vs30 = 383 m/s

Valore medio Vs30 = 381,5 m/s

Rispetto le norme tecniche per le costruzioni (DM 14 gennaio 2008, ex DM 14/09/2005) il sito in esame rientra quindi nella <CATEGORIA B>

“Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, con spessori superiori a 30 metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di VS30 compresi tra 360 e 800 m/s (ovvero resistenza penetrometrica  $N_{spt30} > 50$  nei terreni a grana grossa, o coesione non drenata  $Cu30 > 250$  kPa nei terreni a grana fina)”.

## 5. ASPETTI GEOLOGICO TECNICI DELL'AREA

### 5.1 Caratteristiche geotecniche dei terreni

La caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni geotecnicamente interessati è stata effettuata sulla scorta delle prove penetrometriche di tipo S.P.T., tenendo anche conto dei dati ottenuti dall'indagine sismica, in relazione alla "Classificazione degli ammassi rocciosi", per i terreni lapidei di substrato.

I terreni geotecnicamente interessati sono dati da:

#### **Terreni incoerenti superficiali, suddivisi in:**

*[Coperture detritiche (Orizzonte A)]*

#### **Terreni litoidi di substrato, suddivisi in:**

*[Metamorfiti (Orizzonte B e C)]*

#### **Materiali incoerenti superficiali: Coperture detritiche (A)**

Si tratta di sedimenti incoerenti con un grado di consistenza complessivo medio-elevato; dal punto di vista geotecnico, si tratta di sedimenti clastici incoerenti, per cui può essere tutto trascurato il valore della coesione. La resistenza al taglio si esplica mediante il valore dell'angolo di attrito interno, valore che è in diretta relazione con il grado di addensamento posseduto dai depositi.

Quest'ultimo subisce un incremento all'aumentare della profondità, in ragione del carico litostatico che tende ad occludere i vuoti presenti tra i singoli elementi.

La definizione del comportamento meccanico degli accumuli incoerenti superficiali, in studio, viene eseguita sulla scorta dei risultati delle Standard Penetration Test (S.P.T.).

La correlazione tra i due tipi d'indagine in sito, e la conseguente caratterizzazione fisico-meccanica si ottiene ponendo:  $N(10) DL030 = N(30) SPT$

I valori di S.P.T. elencati nel paragrafo precedente vengono corretti a causa delle influenze dovute alla pressione litostatica e alla falda idrica.

Allo scopo di rendere le misure omogenee in funzione della pressione litostatica efficace, si adotta la seguente relazione:

$$N1 = Cn \times N1 \quad (\text{GIBBS e HOLTZ})$$

Per gli S.P.T. in falda è stata eseguita un'ulteriore correzione (i valori corretti sono quelli in cui risulta  $N2 > 15$ ):

$$N2 = 15 + 0.5 (N1 - 15) \quad (\text{TERZAGHI e PECK})$$

(cautelativamente la correzione viene calcolata per tutti i valori, in considerazione delle variazioni stagionali della falda idrica all'interno della coltre detritica in frana)

Nella seguente tabella riepilogativa si riportano le correzioni apportate alle prove penetrometriche S.P.T. svolte nel corso degli accertamenti geognostici nell'orizzonte detritico.

**Tabella riepilogativa correzioni Prove S.P.T**

Sondaggio-Profondità	n° SPT	N1	N2	orizzonte
S1 (metri 1.50)	14	11	11	A
S1 (metri 2.70)	44	35	25	A
S1 (metri 4.50)	52	40	30	B
S1 (metri 6.00)	45	34	24	B
S1 (metri 9.00)	R	--	--	C
S1 (metri 12.00)	R	--	--	C
S1 (metri 15.00)	69	48	31	C
S2 (metri 1.50)	19	15	15	A
S2 (metri 3.00)	48	38	26	A
S2 (metri 4.50)	51	39	27	B
S2 (metri 6.00)	50	37	26	C
S2 (metri 9.00)	R	--	--	C
S2 (metri 12.00)	61	42	28	C
S2 (metri 15.00)	66	46	30	C

Ai valori, così corretti, scartando quelli a rifiuto ottenuti in corrispondenza di livelli particolarmente addensati o di trovanti litoidi grossolani, corrispondono i seguenti valori medi:

	Medio (S1 – S2)
Orizzonte A	19,25
Orizzonte B	27
Orizzonte C	28,75

I **depositi detritici (orizzonte A)**, esplicano le caratteristiche di resistenza al taglio mediante i valori dell'angolo di attrito interno; per ricavare il valore medio *dell'angolo*

di attrito interno ( $\varphi$ ) si utilizzano le formule empiriche attualmente utilizzate in Giappone dal Japanese National Railway:

$$\varphi = \sqrt{15 \times N_{spt} + 15} \quad (1a)$$

$$\varphi = 0.3 \times N_{spt} + 27 \quad (1b)$$

Il quadro dei valori dei parametri geotecnici calcolati applicando queste correlazioni, e tenendo conto del valore di  $N_{spt} = 19.25$ , si ottiene:

$$\varphi_{medio} = 31^{\circ}.99 \quad (1a)$$

$$\varphi_{medio} = 32^{\circ}.77 \quad (1b)$$

Le tabelle riepilogative indicano i seguenti valori dell'angolo di attrito per l'orizzonte detritico (A):

$$\varphi = 28^{\circ}.94 - 33^{\circ}.53$$

La descrizione qualitativa dello stato di addensamento dei terreni può essere tradotta in termini di densità relativa tramite la correlazione di Meyerhof (1957):

$$Dr (\%) = 21 \times \sqrt{N_{spt}} / 3.5 \quad (2)$$

Che tiene conto di una tensione verticale efficace dell'ordine di 2.8 Kg/cmq.

Il loro stato di addensamento è definibile *medio*. Nella Tab. 1 si può vedere come ogni descrizione qualitativa dello stato di addensamento corrisponde, secondo Gibbs e Holtz (1957), un intervallo di variazione della densità relativa  $Dr$  %.

Sulla base di questa relazione, i valori di  $Dr = 49,24$  % (2) dei terreni rientrano nel seguente campo:  $Dr = 35-65$  %

**Tab. 1 - DENSITA' RELATIVA**

<i>Terzaghi-Peck</i>	<i>Gibbs-Holtz</i>
Molto sciolta	0-15 %
Sciolta	15-35 %
Media	35-65 %
Densa	65-85 %
molto densa	85-100 %

Il peso di volume, tenendo conto dello stato di addensamento, della porosità e delle variazioni stagionali del contenuto naturale in acqua, rientra nel seguente campo di valori (*dati prove di laboratorio*):

$$\gamma = 16,67 - 20,69 \text{ KN/mc}$$

Il modulo di Young (modulo edometrico Ed), risulta compreso tra i seguenti valori (*dati indagini geognostiche in situ*):

$$Ed = 87,56 - 207,92 \text{ kg/cmq}$$

Le analisi di laboratorio svolte possono essere sintetizzate nella seguente tabella riepilogativa:

Sondaggio Campione Profondità	Orizzonte litologico	Contenuto medio acqua (%)	Peso medio dell'unità di volume (KN/mc)	Peso specifico dei grani (KN/mc)	Analisi granulometrica (AGI 1994)
S1C1 2.40-2.70	A	5,97	16,67	27,125	Sabbia ghiaiosa, limosa e argillosa
S1C2 10.50-10.80	C	9,24	19,60	27,090	Ghiaia con sabbia limosa
S2C1 2.50-2.85	A	11,33	20,69	26,875	Sabbia e ghiaia con limo
S2C2 9.00-9.30	C	12,72	18,44	27,201	Sabbia con limo, ghiaiosa.

Nella seguente tabella vengono riassunti i parametri di taglio dei terreni detritici, ottenuti dalle prove geognostiche in sito ed in laboratorio:

Caratteristiche geotecniche	Coltre detritica [A]
<i>Peso di Volume (<math>\gamma</math>)</i>	<i>16,67 – 20,69 KN/mc</i>
<i>Angolo di attrito interno (<math>\phi'</math>)</i>	<i>26°- 28° (*)</i>
<i>Coesione (<math>C'</math>)</i>	<i>0.0 kg/cmq</i>
<i>Densità relativa (<math>d_r</math> %)</i>	<i>35-65</i>
<i>Modulo Edometrico (Ed)</i>	<i>87,56 - 207,92 kg/cmq</i>

(\*) il valore dell'angolo di attrito viene ulteriormente ridotto a favore della sicurezza

Nella relazione delle indagini geognostiche è possibile visionare una stima dei parametri geotecnici ottenuti dalle prove S.P.T.

In particolare, per ogni singolo S.P.T. si riportano i seguenti parametri:

- Densità relativa
- Angolo di resistenza al taglio (angolo di attrito)
- Modulo edometrico
- Classificazione AGI
- Velocità onde (Vs)
- Liquefazione
- Modulo di reazione Ko
- Resistenza punta penetrometro statico Qc

### **Materiali litoidi di substrato: (metamorfiti: orizzonte B e C)**

Nell'area in esame si rileva ad di sotto delle coperture detritiche la presenza di un substrato litoide omogeneo costituito da metamorfici di medio-basso grado (filladi).

All'interno della formazione metamorfica è possibile distinguere due orizzonti:

#### **Orizzonte B: metamorfiti molto alterate e fratturate**

#### **Orizzonte C: metamorfiti poco alterate e fratturate**

Lo studio della formazione litoide di substrato è stato affrontato con metodologie legate ad accurati rilievi di superficie sugli affioramenti litoidi presenti nell'area e mediante i dati ottenuti dagli accertamenti geognostici e geotecnici.

Per l'orizzonte lapideo, costituito dal substrato litoide fratturato, le prove penetrometriche S.P.T. hanno fatto registrare anche valori di N colpi a rifiuto, per cui la caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni di substrato ci si riferisce anche ai dati emersi dai profili sismici a rifrazione.

I valori ottenuti dai profili sismici possono essere, infatti, utilizzati per una caratterizzazione semi-quantitativa dell'ammasso roccioso utilizzando un indice proposto da ONODERA.

L'indice proposto per la classificazione dell'ammasso roccioso è il rapporto di velocità ( $V_r$ ) definito da:  $(V_r) = (V_f/V_l)$

dove  $V_f$  è la velocità longitudinale di propagazione del suono nell'ammasso roccioso, determinato mediante il metodo sismico;  $V_l$  è la velocità di propagazione longitudinale del suono in un campione di roccia in laboratorio. Sulla base dei valori di ( $V_r$ ) l'ammasso roccioso viene classificato nel modo indicato nella tabella 1.

**Tabella 1 – Classificazione della roccia in situ**

RQD (%)	VR	Descrizione della roccia
0 – 25	0 – 0.20	Molto Scadente
25 – 50	0.20 – 0.40	Scadente
50 – 75	0.40 – 0.60	Discreta
75 – 90	0.60 – 0.80	Buona
90 – 100	0.80 – 1.00	Eccellente

Tenendo conto dei valori di velocità ottenuti per i substrati rocciosi (Orizzonte B) si ottiene un Vf medio, che rapportato ad un V<sub>l</sub> di laboratorio per le rocce in questione, consente di ottenere un valore di Vr e una classificazione come indicato nella seguente tabella riepilogativa:

**Tabella sismica**

Litologie	Vf (m/s)	V <sub>l</sub> (m/s)	Vr	R.Q.D. (%)	Classificazione della roccia in situ
Metamorfiti Orizzonte (B)	970	2500	0.38	25-50	Scadente
Metamorfiti Orizzonte (C)	1996	3500	0.57	50-75	Discreta

La meccanica delle rocce definisce questi terreni come un sistema roccioso caratterizzato da discontinuità, nelle quali le proprietà del “materiale” roccioso non rappresentano le proprietà dell’intero ammasso; queste ultime sono condizionate dalle caratteristiche strutturali del sistema e dalla sua disomogeneità litologica.

Le discontinuità costituiscono delle famiglie, cioè degli insiemi di discontinuità grossomodo perpendicolari tra loro, che separano blocchi di roccia dello spessore all’incirca costante, e venendo così a determinare il valore roccioso unitario, che nel caso specifico è mediamente elevato. L’ammasso roccioso in esame può essere definito come un insieme di blocchi aventi le caratteristiche meccaniche simili e derivabili da quelle della roccia sana, separati tra loro da superfici o zone a minore resistenza costituite da giunti di strato e diaclasi, che ne alterano l’originaria compattezza.

Da quanto sopra emerge che il comportamento geomeccanico di queste rocce è legato anche alle proprietà di attrito mobilizzabili lungo le superfici di discontinuità.

Dalla tabella 1 si nota la correlazione tra l’indice (Vr) con il parametro caratteristico (RQD). Tale parametro consente di risalire alla resistenza a compressione uniassiale

della roccia, in base alla classifica geomeccanica CSIR per gli ammassi rocciosi proposta da (BIENIAWSKY 1979). Da tale parametro è possibile determinare la resistenza al taglio dell'ammasso roccioso, tenendo conto delle condizioni geomeccaniche della roccia (spaziatura dei giunti).

Per tali rocce la resistenza dell'attrito è quella che si mobilita lungo le superfici di discontinuità, condizionanti il comportamento geomeccanico dell'intero ammasso roccioso, qualitativamente inferiore a quello determinabile sul singolo elemento lapideo.

In base alle correlazioni suddette è possibile fornire i seguenti parametri fisico-meccanici per il substrato litoide riscontrato:

Caratteristiche geotecniche	Metamorfiti orizzonte [B]	Metamorfiti orizzonte [C]
<i>Peso di Volume (<math>\gamma</math>)</i>	<i>18,44-19,60 KN/mc</i>	<i>18,44-19,60 KN/mc</i>
<i>Angolo di attrito interno (<math>\varphi'</math>)</i>	<i>30°- 33°</i>	<i>33°- 35°</i>
<i>Coesione (<math>C'</math>)</i>	<i>2-3 kg/cmq</i>	<i>3-6 kg/cmq</i>

## **6. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE E PROPOSTE DI INTERVENTO.**

Il territorio comunale di Sinagra (Me), per la sua conformazione geomorfologica ed idrogeologica, può essere sede di gravi dissesti di tipo idrogeologico, come dimostra l'evento che si è verificato il giorno 26 maggio 2001, che ha coinvolto con ingentissimi danni la contrada Mulinazzo.

Lo studio eseguito nell'area ha permesso di studiare il dissesto geomorfologico che si è verificato lungo la sponda sinistra del Vallone Caputo, affluente sinistro della Fiumara Naso. Il dissesto si localizza nei pressi della contrada Mulinazzo che negli anni passati ha subito ingenti danni a causa delle esondazioni delle acque del Vallone Caputo.

Nel settore in esame sono stati già realizzati alcuni limitati interventi di sistemazione idraulica (argini fluviali con gabbioni) degli impluvi che hanno tamponato solo localmente i processi di dinamica geomorfologica attivi.

La realizzazione del progetto ha come scopo il consolidamento e la sistemazione di un pendio in frana interessato attualmente da processi di dinamica geomorfologica, localizzato nella contrada Mulinazzo.

L'area in esame si sviluppa lungo un pendio acclive, dove determinante, oltre le accentuate pendenze, come fattore d'instabilità geomorfologica, risulta la presenza di formazioni litologiche intensamente alterate e fratturate e acqua di scorrimento superficiale proveniente da monte (dilavante ed incanalata) che defluisce in maniera disordinata lungo il versante.

L'analisi dei caratteri geolitologici e geomorfologici del settore, unitamente ai risultati ottenuti dagli accertamenti geognostici, permette di sviluppare delle considerazioni circa gli interventi di tipo geologico-geotecnico per il consolidamento dell'area in esame.

Si ritiene utile porre in evidenza le seguenti considerazioni che riassumono i temi fondamentali sviluppati nel presente lavoro, indicati secondo le varie tipologie di lavoro da eseguire nell'area interessata dal dissesto franoso.

### **OPERE DI CONSOLIDAMENTO E CONTENIMENTO:**

Le opere dovranno prevedere la realizzazione di alcune strutture di contenimento da realizzare lungo il versante in frana, necessarie per contenere i fronti naturali soggetti a dissesti per le elevate condizioni di acclività.

Nel caso in esame la stabilizzazione dei pendii con ridotto margine di sicurezza può avvenire attraverso l'impiego di elementi strutturali che attraversano i corpi meno stabili e si fondano nella sottostante formazione stabile ed integra.

Per i muri di contenimento in elevazione dovranno essere previsti setti drenanti, atti allo smaltimento delle acque che si venissero ad accumulare a tergo degli stessi, in maniera tale da evitare l'insorgere di sovrappressioni neutre che eserciterebbero una maggiore spinta sulle opere di sostegno. A tergo dei muri deve essere predisposto un materasso drenante costituito da clasti a granulometria medio-grossolana (ghiaie e ciottoli), per tutta l'altezza del muro stesso, al fine di consentire un rapido deflusso delle acque d'infiltrazione.

In considerazione delle dimensioni e forma del corpo di frana e in base alle condizioni litostratigrafiche e idrogeologiche presenti nell'area potrebbero essere previsti, oltre agli interventi specifici di consolidamento di tipo rigido (paratie, micropali) per la stabilizzazione del pendio ulteriori interventi di consolidamento di tipo elastico (gabbioni). Queste opere a basso impatto ambientale, disposte su più file lungo il corpo di frana, consentono di ripristinare l'originario assetto topografico del terreno e di drenare rapidamente i terreni consentendone il progressivo consolidamento del corpo di frana.

### **REGIMAZIONE DELLE ACQUE SUPERFICIALI:**

In questi contesti geomorfologici risulta importante attuare specifici interventi di regimazione delle acque di scorrimento superficiale che dilavano ed erodono il pendio e favoriscono i movimenti gravitativi. Infatti, l'area in esame è frequentemente soggetta a dissesti superficiali legati alle acque di scorrimento superficiale (dilavanti e incanalate), per cui sia in fase di progettazione che nel corso dei lavori, particolare attenzione deve essere prestata alla raccolta delle acque di scorrimento superficiale e piovane.

In corrispondenza del dissesto franoso dovranno essere previsti efficaci sistema di raccolta delle acque di scorrimento superficiali che consentano il rapido drenaggio ed allontanamento delle acque verso impluvi naturali. In particolare dovrà essere prevista una raccolta delle acque a monte del corpo di frana con un drenaggio (fosso di guardia) che consenta la captazione delle acque di scorrimento superficiale provenienti da monte.

Utili possono rivelarsi anche sistemi di raccolta delle acque secondari da realizzare direttamente sul corpo di frana.

Tutte le acque dovranno essere raccolte ed allontanate dall'area dissestata da sistemare ed essere convogliate rapidamente verso linee di deflusso naturali; ciò al fine di evitare che la saturazione del terreno possa pregiudicare la stabilità e l'integrità dei manufatti da realizzare.

Per il dimensionamento delle opere previste in progetto si rimanda ai parametri geotecnici indicati nel paragrafo "*Proprietà geotecniche dei terreni*", il calcolo delle opere basato sui suddetti parametri geotecnici consente un dimensionamento a favore della sicurezza.

*Sinagra, Novembre 2012*

*Il Geologo Incaricato: Dott.ssa Marzia Rita Mancuso*



*Il Geologo Collaboratore: dr. Antonino Coletta*

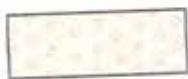
A handwritten signature in black ink, appearing to read "A. Coletta".

## INDICE

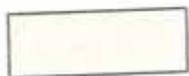
	pag
<i>1. PREMESSA</i> .....	1
<i>2. LINEAMENTI GEOMORFOLOGICI</i> .....	4
<u>2.1 Generalità</u> .....	4
<i>3. CARATTERISTICHE GEOLITOLOGICHE</i> .....	7
<i>4. RILIEVI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE</i> .....	9
<u>4.1 Sondaggi geognostici</u> .....	9
6.1.1 Prove S.P.T. ....	10
4.1.2 Rilievi piezometrici e installazione inclinometro .....	11
4.1.3 Analisi e Prove di laboratorio.....	11
<u>4.2 Prospezioni sismiche (sismica a rifrazione) e interpretazione tomografica</u> .....	12
<i>Profilo sismico n° 01 (ml. 33)</i> .....	12
<i>Profilo sismico n° 02 (ml. 33)</i> .....	12
<u>4.3 Prospezioni sismiche (MASW)</u> .....	13
<i>5. ASPETTI GEOLOGICO TECNICI DELL'AREA</i> .....	14
5.1 Caratteristiche geotecniche dei terreni .....	14
<i>6. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE E PROPOSTE DI INTERVENTO</i> .....	21

# **CARTA GEOLITOLOGICA**

## *Legenda*



Falde di detrito



Alluvioni attuali



Alluvioni terrazzate e recenti



Unità S.Marco: Metamorfiti di basso grado



Conoide di deiezione



Corso d'acqua principale



Corso d'acqua V.Caputo



*limiti geologici*



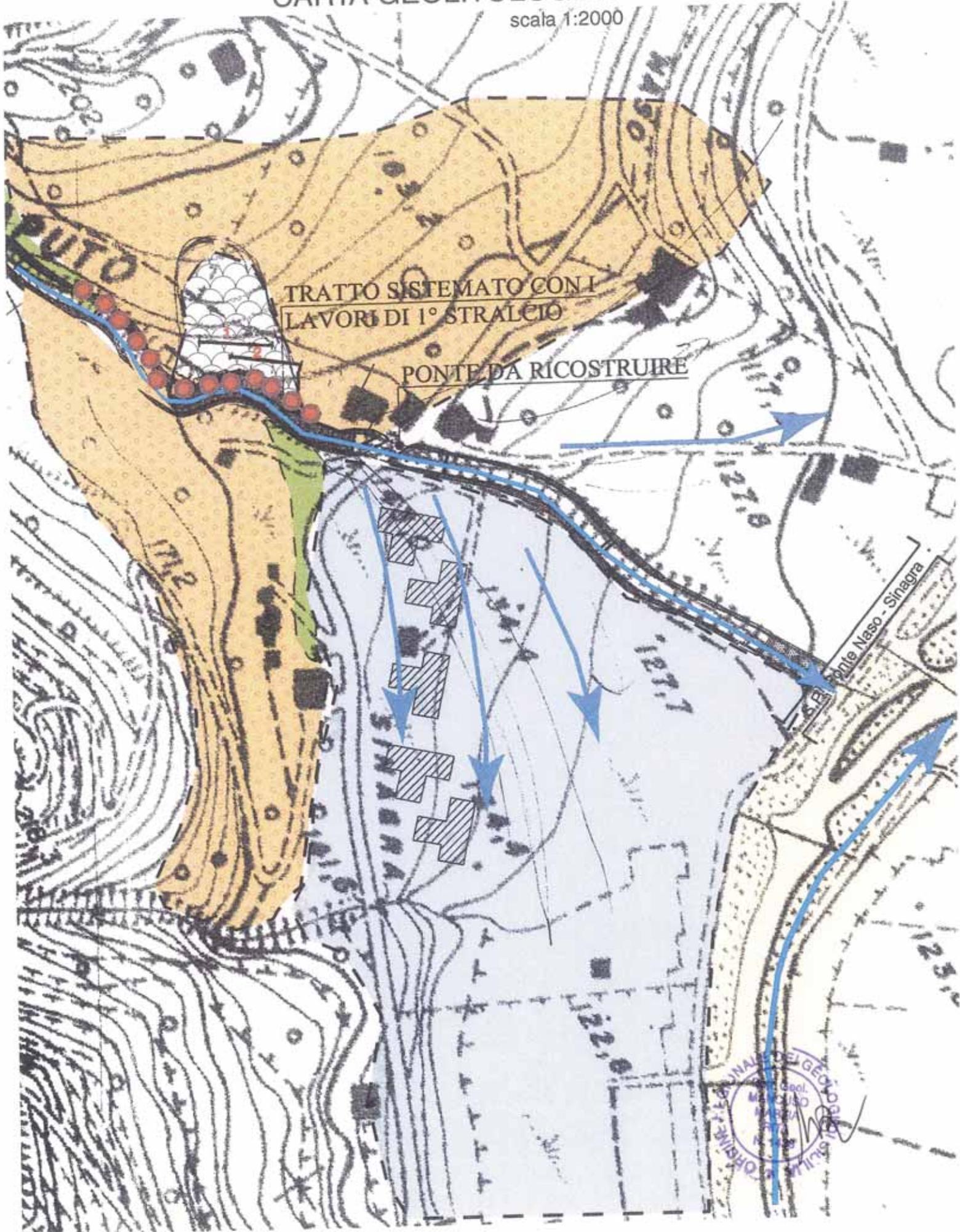
*Settore interessato dal dissesto*



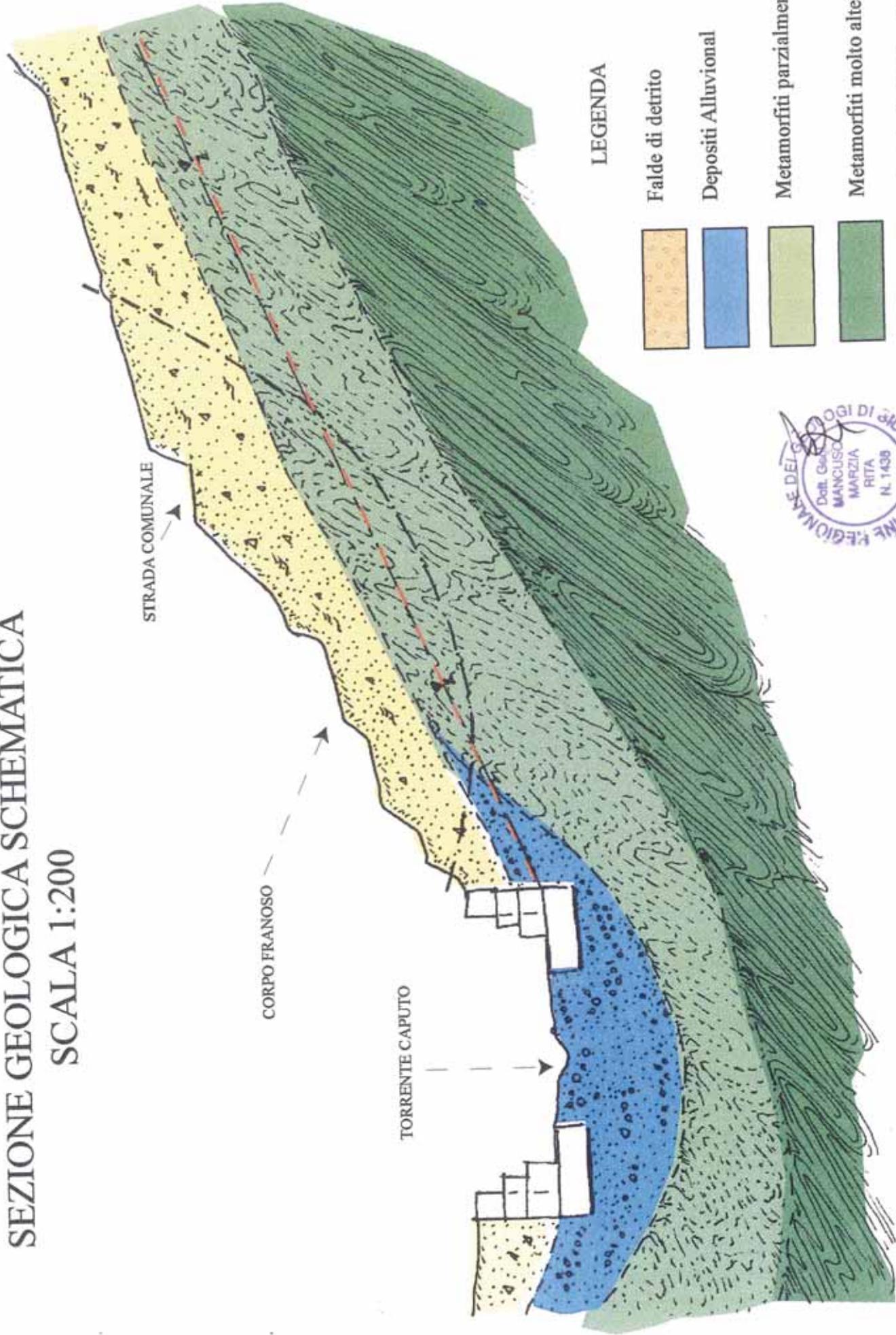
erosione di sponda

# CARTA GEOLITOLOGICA

scala 1:2000



# SEZIONE GEOLOGICA SCHEMATICA SCALA 1:200



## LEGENDA

- Falde di detrito
- Depositi Alluvionali
- Metamorfiti parzialmente alterate
- Metamorfiti molto alterate
- LIVELLO DELLA FALDA
- Superficie di scivolamento presunta



## **Studio di Geologia Applicata**

Dott.ssa Marzia Rita Mancuso

Via II° Convento 76

98069 SINAGRA (ME)

[marziageo@tiscalinet.it](mailto:marziageo@tiscalinet.it)

P.IVA 02019820832

C.f. MNCMZ66C42F158W



TEL.0941/594075- 335/6285802

### **STUDIO GEOLOGICO**

## **1 PREMESSA**

Nei mesi di maggio-luglio 2005, su incarico dell'Amministrazione Comunale del Comune di Sinagra (ME) è stato svolto, dalla scrivente, uno studio geologico definitivo a supporto del progetto di: **“Messa in sicurezza dell'area in c/da Mulinazzo interessata dall'alluvione verificatasi nel mese di maggio 2001 nel Comune di Sinagra (ME)”**.

In questa fase, sulla continuazione di precedenti studi si è proceduto all'approfondimento delle conoscenze geologiche, idrogeologiche e geomorfologiche dell'area in esame, in particolare di tutta l'area interessata dall'evento calamitoso avvenuto nel mese di Maggio 2001, che ha riguardato sia il settore a valle del bacino idrografico del T. Caputo sia a monte del medesimo bacino.

L'evento alluvionale, del 26 maggio 2001, dovuto all'eccezionale piovosità avvenuta tra la mattina del 24 alla mattina del 26, si è manifestato alla confluenza del V.<sup>ne</sup> Caputo e tributari minori di quest'ultimo con la Fiumara di Sinagra.

L'area in questione, data l'aggressività della pioggia, è stata investita da colate detritiche torrentizie denominate "mod *flows*", caratterizzate, da un flusso di materiale sedimentario con elevata velocità e notevole quantità di materiale trasportato (enormi massi, tronchi di alberi, ecc.) con conseguenti danni gravi all'infrastrutture, automobili, all'arteria provinciale con l'annesso ponte e allo scorrimento veloce Sinagra-ponte Naso.

Il presente studio, vuole fornire un quadro di dettaglio delle caratteristiche geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche finalizzato all'individuazione delle problematiche idrogeologiche dell'intero bacino idrografico del V.<sub>ne</sub> Caputo e di come queste condizionano l'evoluzione geomorfologica dell'area e i settori di fondovalle interessati da nuclei abitativi di cui quello di c/da Mulinazzo.

Gli interventi in progetto, sono finalizzati, alla sistemazione dell'asta fluviale del V.<sub>ne</sub> Caputo, (*vedi Aerofotogrammetria allegata*) che confluisce verso la Fiumara di Sinagra attraversando il nucleo abitativo di c/da Mulinazzo e delle zone soggette a dissesti geomorfologici all'interno del bacino, cercando di coniugare gli interessi dell'ambiente con quelli della difesa idraulica dei terreni e dei manufatti presenti nell'area.

Il progetto di messa in sicurezza, interessa anche la parte di testata del corso d'acqua (settore B), dato che i dissesti presenti nelle zone montane (o di testata) provocano degli effetti che si risentono nella zona valliva; risulta valida e necessaria la prosecuzione dell'intervento di sistemazione idraulica, anche nella parte bassa, lungo l'alveo fluviale del V.<sub>ne</sub> Caputo (Settore A).

In questo contesto geomorfologico, la sistemazione del bacino con interventi di natura idraulico-forestale è di notevole importanza per la salvaguardia sia dei versanti interessati da fenomeni di dissesto idrogeologico, sia del nucleo abitativo, potenzialmente soggetto a fenomeni d'esondazioni e d'erosione.

Nel presente studio, si sintetizzano i risultati dell'indagine geologica e geognostica, svolte nell'area interessata, le caratteristiche geomorfologiche, litologiche ed idrogeologiche dei terreni, evidenziando le caratteristiche geotecniche, al fine di indirizzare il progettista alle scelte più idonee per la realizzazione degli interventi progettuali.

Per ottenere indicazioni circa le condizioni stratigrafiche dell'area, e per una valutazione qualitativa e quantitativa delle caratteristiche tecniche dei terreni si è proceduto ad una campagna d'accertamenti geognostici, distribuiti nei settori interessati dalle opere previste in progetto.

Lo studio geologico è stato realizzato in ottemperanza alle norme contenute dal D.M. 11.03.1988 e si articola nei seguenti paragrafi:

- *Lineamenti geomorfologici*
- *Inquadramento geologico - strutturale*
- *Litologia dell'area*
- *Caratteri idrogeologici*
- *Indagini geognostiche*
- *Caratteristiche geotecniche dei terreni*
- *Considerazioni conclusive e proposte d'intervento*

Lo studio è stato integrato dalla esecuzione di una campagna di accertamenti geognostici di tipo diretto ed indiretto, articolata mediante l'esecuzione di:

- ✕ n° 4 sondaggi geognostici a rotazione e a carotaggio continuo, approfonditi sino alla profondità massima di metri 21 ml dal piano campagna; nel corso dei sondaggi geognostici sono state svolte le seguenti operazioni: prove di resistenza meccanica (S.P.T.) prelievo di campioni rimaneggiati; misurazioni piezometriche della falda idrica;
- ✕ n° 14 prove penetrometriche dinamiche e continue, approfondite al limite strumentale;
- ✕ n° 32 profili sismici, eseguiti con il metodo della sismica a rifrazione;
- ✕ n° 12 sondaggi elettrici verticali (S.E.V.).

Le indagini geognostiche hanno consentito sia la determinazione degli spessori delle coperture detritiche, sia la caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni geotecnicamente interessati.

Alla presente relazione si allegano i seguenti elaborati cartografici:

- *Aerofotogrammetria, in scala 1:10.000;*

- *Tav.1 - Corografia, in scala 1:10.000*
- *Tav.2 - Carta geolitologica, in scala 1:10.000 ;*
- *Tav.3 Carta del reticolo idrografico, in scala 1:10.000*
- *Tav.4 -Carta geomorfologica, in scala 1:10.000*
- *Tav.5 -Carta idrogeologica, in scala 1:10.000*
- *Planimetria, in scala 1:2.500, dove risultano evidenziati le ubicazioni delle indagini geognostiche effettuate;*
- *Istogrammi, relativi alle prove penetrometriche dinamiche e continue, evidenzianti l'andamento decimetrico delle prove e le corrispondenti colonne stratigrafiche desunte;*
- *Dromocrone e sezioni profondità, ottenute dall'elaborazione dei dati scaturiti dai singoli profili sismici effettuati.*
- *Curve di resistività e colonne stratigrafiche dei sondaggi elettrici verticali.*
- *Sezioni geostratigrafiche interpretative.*

## 2. LINEAMENTI GEOMORFOLOGICI

### 2.1 Generalità

La zona oggetto di studio ricade nella Tavoletta denominata “S. Angelo di Brolo” Foglio 252 II quadrante N.E. della cartografia I.G.M.I. edita alla scala 1:25.000. (Tav. I - Carta corografica allegata).

In generale, per quanto riguarda l'evoluzione morfologica del territorio di questa parte dei Monti Nebrodi, è legata principalmente a :

*-fattori geologici e strutturali (alterazione, fratturazione, erodibilità dei vari litotipi affioranti in relazione al loro diverso grado di tettonizzazione, giacitura degli strati, struttura e presenza di discontinuità dell'ammasso roccioso, ecc.);*

*-fattori climatici (piovosità: intensità e durata delle precipitazioni, fenomeni di crioclastismo, altitudine, ecc.);*

*-fattori morfologici (acclività dei versanti, tipo e grado di gerarchizzazione del reticolo idrografico in relazione alla sua evoluzione ecc.) che hanno un ruolo determinante sull'evoluzione dei fenomeni di modellamento del territorio;*

*-fattori antropici (presenza di tagli o rilevati stradali, tipo di colture presenti sul versante, ecc.) che determinano impulsi sostanziali per processi erosionali sempre più vasti ed accelerati.*

*-sismicità (intensità e durata dei terremoti) del territorio, che può provocare l'instabilità, a scala regionale, di versanti prossimi all'equilibrio limite.*

L'insieme di questi fattori provoca l'instaurarsi di dissesti geomorfologici ed in particolare di quelli idrogeologici nel territorio in esame.

L'aspetto morfologico del territorio è tipico di un paesaggio alto-collinare, ed è strettamente legato alla litologia dei terreni esistenti, che presentano un grado d'erodibilità variabile a seconda della predisposizione della formazione geologica ad essere soggetta all'insieme d'azioni fisiche e chimiche che disgregano ed alterano la roccia; inoltre a queste caratteristiche vanno aggiunte le vicissitudini tettoniche subite dalla roccia al momento della loro formazione.

## 2.2 Analisi dell'evento calamitoso del 26 maggio 2001 e aspetti climatici dell'area

Una delle varie cause che hanno determinato il dissesto idrogeologico nell'area è proprio da ricercarsi nelle condizioni geologiche poco favorevoli, infatti le nette variazioni di pendenza sono da associare alla variazione litologica fra le rocce più competenti e particolarmente resistenti ai fattori erosivi con morfologia accidentata e i materiali di fondovalle meno coesivi o privi del tutto, molto erodibili.

Inoltre, sia la morfologia del bacino del V.<sup>ne</sup> Caputo risulta del tutto anomala, sia la regimentazione delle acque nella zona di crinale, hanno contribuito nel dissesto del bacino.

I dati pluviometrici raccolti in concomitanza dell'evento calamitoso, riguardano le stazioni pluviometriche vicine all'area interessata e sono: Ficarra (pluviometro registratore posto a quota 541 m.s.m.l.) – Tortorici (pluviometro registratore posto a quota 475 m.s.m.l.) e Capo D'Orlando (pluviometro registratore posto a quota 100 m.s.l.).

I dati pluviometrici complessivi dalle ore 9,00 del giorno 24 maggio alle ore 12,00 del 26 maggio nelle stazioni pluviometriche sono i seguenti:

<i>FICARRA</i>	<i>TORTORICI</i>	<i>CAPO D'ORLANDO</i>
49,4 mm	77 mm	23,8 mm

Tali dati, confrontati con le precipitazioni delle medie mensili di maggio sempre rilevate nelle medesime stazioni, relativi al periodo 1965-1995, indicano l'eccezionalità dell'evento.

Dagli studio preliminari eseguiti subito dopo l'evento alluvionale, a cura di colleghi geologi, e da alcuni sopralluoghi effettuati nei giorni seguenti dalla stessa scrivente, è emerso, un quadro geomorfologico dei dissesti che si sono prodotti nell'area.

Il settore nella quasi totalità, è stata interessata da fenomeni erosivi (erosione idrometeorica) e di dissesto (*mass movements*) nei vari impluvi; con l'evoluzione del ruscellamento diffuso, si è creata una serie di sottili correnti idriche, che concentrandosi, hanno canalizzato entro le incisioni già esistenti o create dalla stessa corrente idrica, delle nuove incisioni lungo particolari linee di deflusso.

L'acqua, in questo caso, più che come agente dinamico, ha agito come <causa provocatrice>, causando la saturazione del terreno, l'erosione al piede del corso d'acqua,

la variazione del livello delle acque sotterranee; pertanto il movimento è stato provocato dalla circolazione dell'acqua, sia superficiale che ipogea.

Le masse rocciose, di cui è stato rotto l'equilibrio, scendendo a valle, sono orientate dalla gravità, che rappresenta la forza direzionale.

Il movimento detritico in massa è avvenuto in alcune zone asportando la vegetazione locale in sito, e creando otturamenti in sezioni di deflusso, dando luogo a sbarramenti artificiali successivamente crollati sotto la spinta di nuovi apporti detritici.

Un esempio è quello a quota 375 metri s.l.m., in corrispondenza di una vecchia strada comunale che collega le contrade S.Venera con Piano Monaci, dove è stato modificato del tutto il passaggio; in questo caso hanno influito le condizioni giaciture delle formazioni litoidi, la fratturazione ed alterazione degli ammassi rocciosi, la pendenza del versante che si attesta quasi alla verticalità, oltre al cambiamento litologico, tra le arenarie (a monte) conglomerati e metamorfiti (a valle).

A valle l'apporto idrico dei vari impluvi ha impresso a tali materiali un ulteriore spinta fino alla zona in cui si è venuta a creare un rapido fluimento di detriti eterogenei, (*mudflow*) lubrificati da un grande quantitativo d'acqua torrenziale. Questi fluimenti hanno un discreto potere erosivo e sono in grado di trasportare grossi blocchi a notevole distanza, come del resto è testimoniato dalla presenza di blocchi enormi nell'area in esame. Allo sbocco vallivo, la colata alluvionale detritica, seguendo la morfologia del conoide ha direttamente investito il nucleo abitativo di c/da Mulinazzo.

### ***2.3 Elementi di morfometria del bacino idrografico del V. Caputo***

Per avere un quadro generale degli elementi morfometrici utili per lo studio del bacino in esame, si è proceduto ad una rilevazione dei vari dati morfometrici, distinguendo le proprietà lineari, areali, e di rilievo.

#### **A) PROPRIETA' LINEARI**

##### **Caratteristiche e delimitazione del bacino del V. Caputo**

Il bacino del V. Caputo, si sviluppa lungo il versante sinistro della Fiumara di Sinagra, con una superficie di circa 1,27 Km<sup>2</sup>, delimitata dalla linea di cresta o di

crinale, che rappresenta il perimetro del bacino, in corrispondenza della quale linea si trova il confine tra il comune di Sinagra e il comune di Castell'Umberto.

Sulla displuviale si individua il “Pv” *punto di vetta* alla quota di 760 m. s.l.m; e il *punto di conca* “Pc” alla quota di circa 125 m. s.l.m. All'interno del bacino idrografico principale del Caputo si distingue la *rete idrografica*, o reticolo fluviale Caputo ed i *versanti nord e sud*. La lunghezza dell'asta principale è di circa 2,24 Km.

La rete idrografica, è intesa come il complesso dei collettori fluviali, o *canali*, che raccolgono i deflussi idrici superficiali, assieme ai deflussi solidi, (particelle di terreno veicolate dalla corrente liquida) e li convogliano fino alla sezione terminale del bacino o punto di conca. Mentre, i versanti, sono costituiti da tutte le superfici laterali ai rami della rete idrica sulle quali si abbattono le precipitazioni, e trovano recapito nella rete idrografica stessa.

In generale, nel territorio comunale, le incisioni torrentizie, presentano valli a “V” strette, con direzione di scorrimento dipendente sia dai tipi litologici attraversati sia dalla tettonica subita. La circolazione idrica generale ancora in fase giovanile, si presenta molto sviluppata in una serie di piccoli e medi impluvi, che incidono i versanti per confluire nella fiumara di Sinagra. Si tratta per lo più di forme d'erosione pluviale con piene durante le precipitazioni e dotate di potere erosivo.

### **Composizione del reticolo idrografico del V. Caputo**

In particolare, il reticolo idrografico del V. Caputo, può essere definito sub-dendridica, e cioè di forma arborescente, (*classificazione Panizza 88*) con un canale principale che si suddivide in vari rami via via meno importanti procedendo verso monte, tipico di terreni omogenei, poco permeabili, precisamente, con un canale principale del 3° ordine, che si suddivide verso monte in segmenti di ordine inferiore (1° e 2° ordine) denominati *sorgenti*, mentre il punto di contatto tra due segmenti è definito *confluenza*.

Il criterio gerarchico utilizzato è quello di *Strahler*, che consiste nell'attribuire il numero d'ordine 1 ai canali naturali di prima formazione cioè quei segmenti non aventi affluenti (*vedi Tav.3 - Carta della codificazione del reticolo idrografico*).

Dalle risultanze, si evince che la forma del bacino mostra una notevole dissimmetria, quest'aspetto, denota, uno sviluppo idrografico legato più alle lineazioni tettoniche che alle litologie affioranti, presentando una netta differenza tra la sinistra e la destra idrografica. La presenza di lineazioni tettoniche è ben evidente nella parte alta del V.<sup>no</sup> Caputo, a monte della Contrada Cicala, dove l'impluvio defluisce incassato lungo una linea di faglia che determina versanti a forte acclività.

Il settore di sinistra si presenta già a partire del 3° ordine fin dalla parte alta del bacino, mostrando una buona densità di drenaggio e determinando l'ordine gerarchico principale.; il settore destro, presenta un numero esiguo di segmenti fluviali che non superano il 2° ordine, fino al settore medio-basso del bacino. Per cui le acque drenate dal settore destro defluiscono in maniera più lineare rispetto a quelle che defluiscono nel settore sinistro, dove il reticolo idrografico risulta più articolato.

Si evidenziano inoltre, anomalie nel reticolo, alcuni segmenti di ordine inferiore confluiscono direttamente in segmenti di ordine maggiore e sono indicati con "A" nella (Tav.3 - Carta allegata del reticolo). In questi casi c'è da attendersi, a lungo termine, il possibile innesco di processi morfoevolutivi nei sottobacini sottesi alle aste.

#### Dati morfometrici relativi al bacino Caputo

<i>Ordine "u"</i>	<i>Nu</i>	<i>Rb</i>
1	11	
2	5	2,2
3	1	5
	<b>Totali Nu 17</b>	<b>Media 3,6</b>

Dalla tabella si evince chiaramente che al crescere dell'ordine "u" decresce il numero dei segmenti "Nu". Mentre "Rb" denominato *rapporto di biforcazione*, si mantiene quasi costante. Il rapporto di biforcazione dei segmenti del 2 ordine è pari a 2,2 ciò significa che in media ciascun segmento del 2 ordine si suddivide per dare origine a 2,2 segmenti del 1 ordine, mentre il Rb del 3 ordine è uguale a 5, ciò significa che in media ciascun segmento del 3 ordine si suddivide per dare origine a 5 segmenti del 2 ordine. Il valore medio calcolato è di 3,6 (Rb medio).

#### **GRANDEZZE MORFOMETRICHE**

**Densità di drenaggio:**

$D_k = (L_t/A_k)$  del bacino è di  $5,466 \text{ Km}^{-1}$ , la densità generalmente, indica valori elevati in corrispondenza di terreni poco permeabili, perchè su di essi il reticolo idrografico si mostra ben ramificato, viceversa valori contenuti nei terreni permeabili; inoltre diminuisce all'aumentare del grado della copertura vegetale del bacino.

**Il Coefficiente di torrenzialità:**  $D_t = N_t/A_k$  è di 8,66 (Puglisi)

**La Frequenza di drenaggio:**  $F_k = N_t/A_k$  è di 13,83

Un ulteriore parametro significativo è costituito **da gradienti di pendio** relativi ai vari ordini gerarchici: si nota infatti che la pendenza delle aste del 2 ordine (50,5%) è, anche se di poco, superiore a quella del 1 ordine (49,2%), questa rappresenta un'anomalia rispetto alla legge dei gradienti, in quanto con l'aumentare dell'ordine gerarchico diminuisce la pendenza media delle aste.

La causa è da ricercare nelle lineazioni tettoniche del bacino, difatti, le aste del 2 ordine sono impostate su di una linea di faglia che decorre in direzione NE-SW, causando in relazione anche alla facile erodibilità del substrato, elevate pendenze nell'alveo fluviale.

Il valore del gradiente di pendio risulta del 43,10%, ci indica una discreta velocità delle acque con conseguente potere erosivo e minore infiltrazione ed evaporazione; per cui elevate portate di deflusso.

**B) PROPRIETA' AREALI**

Per caratterizzare la forma del bacino Caputo è stata utilizzata la formula di Horton confrontata a una forma sferica:

**Indice di forma:**  $R_k = 0,89/\sqrt{A} = 1,67$

Tale valore ottenuto, maggiore dell'unità, ci indica la forma del bacino in esame che si presenta allungata rispetto a quella convenzionale sferica.

**C) PROPRIETA' DEL RILIEVO**

Per avere un quadro completo dei vari parametri morfometrici, è stato necessario stabilire la distribuzione delle aree elementari che compongono il bacino idrografico Caputo, in relazione alla progressione delle curve di livello che delimitano le suddette aree.

In particolare, nella tabella che segue sono riportate le informazioni altimetriche che hanno consentito di determinare l'altitudine media del bacino in questione.

### **Informazioni altimetriche relative al Bacino Caputo**

<i>Intervallo isoipse</i>	<i>A<sub>j</sub></i>	<i>h<sub>j</sub></i>	<i>A<sub>i</sub></i>	<i>h<sub>i</sub></i>	<i>h<sub>i</sub>/h<sub>max</sub></i>	<i>A<sub>i</sub>/A</i>
			20,40	125	0,164	1
125-175	0,50	150	19,90	175	0,230	0,97
175-225	1,50	200	18,40	225	0,296	0,90
225-275	1,00	250	17,40	275	0,361	0,85
275-325	1,50	300	15,90	325	0,427	0,79
325-375	2,50	350	13,40	375	0,493	0,65
375-425	2,00	400	11,40	425	0,559	0,55
425-475	1,50	450	9,90	475	0,625	0,48
475-525	2,50	500	7,40	525	0,690	0,36
525-575	1,50	550	5,90	575	0,756	0,28
575-625	2,00	600	3,90	625	0,822	0,19
625-675	2,00	650	1,90	675	0,888	0,09
675-725	1,40	700	0,50	725	0,953	0,02
725-760	0,50	742	0	760	1	0

**L' altitudine media del bacino (hm) è stata ricavata costruendo la curva ipsografica (vedi grafico allegato) ed è risultata pari a 443,67 m.s.l.; mentre attraverso l'andamento della curva ipsometrica (vedi grafico allegato) si è arrivati ad avere informazioni sul grado di evoluzioni del bacino, che presenta uno stadio giovanile (bacino in fase di erosione).**

## **2.4 Studio Idrogeologico V. Caputo ( aspetti specifici dei SETTORI A e B)**

### **2.4.1 Asta fluviale del Vallone Caputo (SETTORE A)**

L'area interessata dal progetto di messa in sicurezza è posta nella periferia settentrionale dell'abitato di Sinagra, lungo l'alveo del V. Caputo, affluente sinistro della fiumara di Sinagra.

L'idrografia superficiale comprende numerose incisioni di limitata lunghezza (poche centinaia di metri), ma dotate di un notevole potere erosivo, soprattutto in occasione di

intense e prolungate precipitazioni. Il bacino idrografico dei corsi d'acqua presenta un'estensione areale limitata.

Le condizioni idrologiche del corso d'acqua sono a carattere spiccatamente torrentizio; la notevole capacità erosiva, che si esplica soprattutto nella zona di testata dei bacini, causa spesso locali fenomeni di instabilità nelle coltri detritiche delle rocce superficiali più alterate.

Lo sviluppo dei corsi d'acqua risente del diverso grado di erodibilità e permeabilità delle rocce affioranti e delle lineazioni tettoniche (pieghe, faglie, fratture). Gli affluenti possiedono degli andamenti SW-NE, coincidenti con l'esposizione dei versanti, dovuta alla presenza dei principali lineamenti neotettonici, orientati SW-NE, su cui si è impostata l'asta fluviale principale.

Diversi fenomeni erosivi si riscontrano lungo gli alvei e sono dovuti all'azione dinamica delle acque incanalate. I versanti si presentano ricoperti di un manto vegetale che riduce notevolmente le azioni erosive; di fatto si osserva che i processi geomorfici in atto sono rappresentati da dissesti superficiali localizzati in settori privi di rivestimento vegetale.

L'erosione diffusa, più o meno intensa, si esplica in relazione allo scorrimento delle acque selvagge e consiste in forme di denudamento del pendio per asportazione meccanica di particelle superficiali (*foto n°3-4*). Il letto dei corsi d'acqua presentano caratteri morfologici diversi a seconda della zona considerata.

Nella parte di testata l'alveo, si presenta con forma irregolare, incassato nella roccia e notevolmente condizionato dai fenomeni erosivi che in questa zona risultano prevalenti.

Nella parte mediana, ove ai fenomeni erosivi cominciano a prevalere quelli di trasporto, l'alveo è delimitato da pendii meno acclivi ed è coperto da una coltre alluvionale poco spessa, con ciottoli di grosse dimensioni.

Nella parte terminale si trova un alveo ciottoloso impostato su un conoide di deiezione, solcato da un canale poco inciso. Il conoide si sviluppa realmente nella valle principale della Fiumara di Sinagra. Proprio la zona terminale del Vallone Caputo, nel tratto compreso tra la vecchia strada provinciale e la nuova strada di fondovalle, presenta un elevato rischio di esondazione (*Tav.4 – Carta geomorfologica*).

#### **2.4.2 Bacino idrografico : Versanti (SETTORE B)**

L'evoluzione geomorfologica e il grado di instabilità dell'area è strettamente relazionabile con la natura litologica dei terreni affioranti, con le strutture tettoniche presenti nel settore e con gli agenti del modellamento terrestre, che a loro volta dipendono dalle condizioni climatiche locali.

Le litologie affioranti, date in maggioranza da prevalenti arenarie alterate e fratturate nei livelli più superficiali, risultano particolarmente suscettibili di essere sede di fenomeni di instabilità geomorfologica.

A questa successione intrinseca delle sequenze rocciose affioranti si associa la tettonica a carattere passivo, cioè quella intimamente connessa con le masse rocciose stesse, i cui effetti sono rappresentati da un clivaggio rappresentato da diverse generazioni di reticoli di *joints*, che suddividono gli ammassi rocciosi in *microlithons* di varia taglia, ma che non arrivano comunque a pervadere i corpi rocciosi affioranti.

Le deformazioni endogene, quali fattori di instabilità geomorfologica, si esplicano in prevalenza con la neotettonica, che esercita una continua azione deformativa sui terreni.

Così, gli effetti della neotettonica incidono sulle caratteristiche reologiche dei terreni affioranti, contribuendo a farne scadere le caratteristiche fisico-meccaniche, soprattutto negli orizzonti alterati più superficiali.

Così come evidenziato (*Tav. 5 - Carta geomorfologica*), gli elementi morfologici che caratterizzano maggiormente l'area sono quelli legati sia alla dinamica delle acque di scorrimento superficiale che alle elevate pendenze del bacino soprattutto nelle zone altimetricamente più elevate. Infatti, nelle aree di testata, dove è maggiore l'influenza della componente acclività, gli impluvi presentano diffuse zone di ruscellamento concentrato che rapidamente evolvono verso alvei incassati ed in erosione.

In alcuni tratti si rileva un altro fenomeno legato alla dinamica delle acque incanalate, e cioè l'erosione di sponda, che si manifesta nelle zone mediane e di testata dell'asta principale e lungo gli affluenti. I versanti che insistono su questi tratti in erosione coincidono con delle aree di potenziale instabilità per effetto dello scalzamento al piede delle masse rocciose fratturate; queste fenomenologie, quando evolvono, coinvolgono settori sempre più estesi del pendio.

Le aree in dissesto sono state rilevate prevalentemente nella parte alta delle aste fluviali, dove l'insieme regolite-roccia superficiale risulta spesso instabile a seguito della concomitante azione delle acque di scorrimento superficiale su tratti altamente acclivi dei versanti.

Il substrato roccioso nella parte medio-alta del bacino si presenta frequentemente affiorante (o comunque ricoperto da esili spessori di orizzonti pedogenetici); il diverso grado di erodibilità esistente tra le formazioni litologiche di substrato (a luoghi condizionato anche da morfostrutture neotettoniche) determina delle evidenti rotture di pendenze lungo i versanti che spesso sono sede di caduta di detriti (frane di crollo).

Nel complesso, l'andamento delle forme indica uno stadio di giovanile evoluzione morfodinamica, dipendente dalle azioni tettoniche recenti e dal sollevamento rapido di questo settore di catena siciliana. Questo stadio viene espresso anche dall'asprezza dei rilievi, dalla presenza di modeste spianate di abrasione marina dislocate a varie quote, dagli indizi morfoneotettonici riconosciuti e dai parametri morfogenetici del reticolo idrografico.

Il settore B presenta un elevato rischio di dissesti gravitativi e di diffusi dissesti idrogeologici legati allo scorrimento delle acque superficiali. L'alto rischio idrogeologico è da mettere anche in relazione con le elevate acclività dei versanti, e con le condizioni geomeccaniche delle formazioni litoidi, intensamente fratturate e alterate (foto n°3-4).

*Un altro fattore predisponente di dissesto, è dato dalla presenza di numerose scaturigini sorgentizie (sorgenti di contatto) in corrispondenza del contatto tra le sottostanti filladi impermeabili e i sovrastanti conglomerati del Flysch di Capo D'Orlando più fratturati e permeabili, che determina zone con processi di dinamica gravitativa classificabili come "frane di crollo"; è più che presumibile che siano proprio questi ultimi processi a fornire le clastiti alluvionali di grandi dimensioni che si rinvencono diffusamente lungo tutto il conoide di deiezione.*

### 3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO - STRUTTURALE

Prima di effettuare lo studio geologico è stata eseguita una ricerca bibliografica sull'evoluzione geologica generale dell'area.

Le unità geologiche riscontrate sono riferibili all'evoluzione tettonica della parte meridionale dell'Arco Calabro-Peloritano.

Tal evoluzione, si è realizzata attraverso una successione di falde di ricoprimento, che hanno portato i termini più antichi e di più alto grado metamorfico (*Unità dell'Aspromonte*) a sovrascorrere su quelli più giovani e di basso grado (*Unità Fondachelli-Portella Mandrazzi-Unità S.Marco*).

In discordanza sulle unità metamorfiche si rinviene una formazione arenaceo-conglomeratica con intercalazioni siltitico-argillose.

L'età della formazione, nota con il nome di *Flysch di Capo D'Orlando* è Oligocene-Miocene inferiore.

Ad una tettonica prevalentemente traslativa antica che ha condotto, come si è visto, all'accatastamento delle diverse falde di ricoprimento, si è sovrapposta una tettonica postorogena, di tipo prevalentemente epirogenetico, di età plio-pleistocenica ed attuale.

Questa neotettonica, distensiva, è testimoniata tra l'altro da una serie di evidenze morfologiche quali: diversi ordini di terrazzi fluviali, scarpate ad andamento rettilineo, creste, spartiacque ecc.

#### 3.1 Sismicità dell'area

Studi geofisici e neotettonici hanno evidenziato l'elevata attività di alcune di queste strutture, cui è da attribuire la **sismicità dell'area**.

La zona a cavallo tra i Monti Nebrodi e Peloritani, ove si definisce il margine di sovrascorrimento tra il Complesso Calabride e Sicilide ("Linea di Taormina") è un'area sismicamente attiva in accordo con le caratteristiche geologico-strutturali e risente della sismicità del basso Tirreno. Dall'analisi di R. Console e P. Favali (1981) sulla profondità ipocentrale della sismicità italiana dalla Rete Sismica Nazionale dal 1975 al

1980, si nota che la sismicità intermedia e profonda è localizzata solo nella zona del basso Tirreno.

La distribuzione degli epicentri mostra una discreta correlazione con i più importanti sistemi regionali di faglie, in particolare si segnala il confine della classe 1 tra Serra del Re e la costa ionica con direzione NW – SE, che ricalca la “Linea di Taormina”.

Le distribuzioni epicentrali seguono due direzioni prevalenti: NNE – SSW tra Capo d’Orlando e Serra del Re e NW – SE, che sembra sismicamente più attiva, almeno negli ultimi 200 anni.

### **Pericolosità sismica**

Per la **sismicità** dell'area oggetto di studio, è stata inserita, con Decreto del Ministero in data 23.09.81 nell'elenco delle zone sismiche **di II categoria**. Tale norma, impone un coefficiente sismico pari a **0,07**.

Il livello di sismicità, esprimibile dagli effetti macrosismici registrati in passato nell'area, è valutabile dalle mappe isosismiche ed in particolare, i terremoti considerati ai fini della valutazione sono quelli che hanno fatto registrare nell'area un intensità (*I M.K.S.-64*) pari o superiore a 3 ( valore espresso dalla scala *Medvedev-Sponhauer-Karnik* riferito agli effetti registrati in corrispondenza del territorio in esame e non alle relative intensità epicentrali).

Gli studi hanno dimostrato che l'area nebrodico-peloritana risulta sismicamente attiva.

In particolare, la pericolosità sismica è intesa come la misura dello scuotimento al suolo atteso in un dato sito ed è legata alle caratteristiche sismotettoniche, alle modalità di rilascio dell’energia alla sorgente, alla propagazione delle onde sismiche dalla sorgente al sito ed alla loro interazione con le caratteristiche geologiche locali, nonché, alle caratteristiche del terremoto di progetto, inteso come l’evento sismico caratterizzato dalla massima magnitudo ed intensità, contraddistinto dalla massima accelerazione di picco e relativo contenuto in frequenza, relativamente al periodo di ritorno più prossimo.

In base ai risultati del “Progetto Finalizzato Geodinamica”, che ha classificato tutto il territorio nazionale dal punto di vista sismico, il territorio in esame è stato dichiarato sismico con grado di sismicità **S = 9**, con un coefficiente di accelerazione sismica orizzontale **Kh = 0.07**.

Secondo la nuova normativa tecnica per il progetto, la valutazione e l'adeguamento sismico degli edifici il territorio comunale di Sinagra ricade nella **Zona sismica (2)** con un valore di **ag = 0.25 g** (**ag** = accelerazione orizzontale massima espressa come frazione dell'accelerazione di gravità **g**).

Nel sito in esame, per le caratteristiche descritte in precedenza, tra gli scenari di potenziale pericolosità sismica previsti nella Circolare n° 2222 del 31 gennaio 1995, in caso di sisma si potrebbe verificare: amplificazioni differenziate e cedimenti nelle zone di contatto tra i litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche diverse (contatto tra coltri incoerenti superficiali/substrato roccioso); tale circostanza non si verifica dato che l'area presenta una sostanziale omogeneità litologica che consente di rendere facilmente omogeneo il piano di posa delle fondazioni delle strutture in progetto).

Come consigliato dal Gruppo Nazionale Difesa Terremoti (*GNDT*) del CNR e ripreso nella suddetta circolare, i terreni possono differenziarsi in due classi, in termini di litologia, spessori e velocità delle onde sismiche di taglio (**Vs**).

Secondo questa classificazione i terreni in esame, posti in pianura, afferiscono al tipo **S2**, le cui risposte sismiche sono caratterizzate da: **T<sub>1</sub> = 0.15 – T<sub>0</sub> = 0.8 – R<sub>0</sub> = 2.2**

Mentre i terreni in esame, posti in pendio, afferiscono al tipo **S1**, le cui risposte sismiche sono caratterizzate da: **T<sub>1</sub> = 0.1 – T<sub>0</sub> = 0.35 – R<sub>0</sub> = 2.5**

#### 4. CARATTERISTICHE GEOLITOLOGICHE

Per la ricostruzione della situazione geologica dell'area si è proceduto ad un rilievo geologico di superficie, come illustrato nella *Tav.4 - carta geolitologica (scala 1:10.000)* qui di seguito allegata.

Il rilevamento geologico, esteso ad un'area più ampia di quella di stretto interesse per meglio inquadrare la situazione geologica locale, ha permesso di definire la distribuzione areale dei tipi litologici affioranti e la serie litostratigrafica nell'area in esame.

Le formazioni geologiche individuate nella fase di rilevamento vengono descritti nella seguente successione litostratigrafica:

**a) Metamorfiti:** tali termini sono formati da un'insieme di tipi litologici a blando metamorfismo derivanti da depositi sedimentari prevalentemente argillosi o da alternanze argilloso-arenacee. Si tratta di rocce tipicamente scistose a grana fine con prevalenti argillocisti grigi o nerastrati inglobanti sacche di materiale incoerente.

Esiste una parte superiore delle metamorfiti che è micaceo-quarzosa e versa in uno stato di alterazione. In profondità il tipo metamorfico cambia in filladi azzurrine micacee, quarzose e cloritiche che assumono maggiore consistenza.

Nell'area in esame, si possono osservare su entrambi i fianchi del V.<sup>ne</sup> Caputo dove caratterizzano la morfologia con superfici notevolmente scoscese.

L'età della formazione viene attribuita dalla letteratura all'Ercinico.

#### **b) Flysch di Capo D'Orlando**

Nell'area medio-alta del bacino le rocce affioranti sono le arenarie della formazione del Flysch di Capo D'Orlando; esse risultano molto tettonizzate, e soggette ad un'intensa alterazione chimico-fisica, maggiormente a quota più elevata, dove, sia l'escursione termica fra le ore diurne e notturne sia l'esposizione agli agenti atmosferici è maggiore.

L'area in studio è caratterizzata dall'affioramento di una formazione flyschide denominata in letteratura "*Flysch di Capo D'Orlando*", che rappresenta la continuazione di una sedimentazione a carattere torbiditico iniziata nell'area Calabride

con il Flysch di Frazzanò, ed in seguito interrotta dagli eventi tettonici che hanno causato l'impilamento delle diverse unità calabridi sulle quali essa giace in discordanza.

La successione, di età oligo-miocenica, è composta di un'alternanza di arenarie grigio-giallastre e marne siltose. Alla base e lateralmente si sviluppano potenti lenti conglomeratiche, interpretabili come *debris flow*.

Il conglomerato basale risulta composto da elementi eterogenei, costituito da ciottoli e blocchi di materiale sedimentario e metamorfico sia di basso sia di alto grado, immersi in una matrice sabbiosa ben unita.

Le arenarie, riferibili essenzialmente ad arkose a due feldspati (potassici e sodico-calcici) con abbondanti miche e contenuti in matrice mediamente poco significativi, presentano caratteristiche di resistenza e spessori estremamente variabili.

Nei livelli basali, si distinguono, infatti, strati a volte molto potenti, con accenni di gradazione, in assetto caotico, che procedendo verso l'alto lasciando il posto a strati da sottili a medi a prevalenti laminazioni.

Nel tratto apicale, prevalgono invece strati molto spessi, a volte gradati, poco cementati o addirittura friabili e con locale caoticità dovute all'intercalazione di bande di materiale più grossolano.

Nell'area presa in esame, è presente la porzione medio-bassa della sequenza flyschioide, data da alternanze arenaceo marnose cui s'intercalano lenti composte da grossi banchi arenacei.

In particolare, la formazione risulta alterata e fratturata nei primi metri, di colore ocre, costituita da un'alternanza di livelli arenacei poco cementati e siltitico-argillosi, mentre in profondità le caratteristiche di tale formazione migliorano risultando più integra, e dal colore grigio.

La formazione flyschioide, prima descritta risulta frequentemente ricoperta da spessori variabili di materiale di copertura composta da terreni detritici costituiti da sabbie ghiaiose con clasti eterometrici di varia natura e dai livelli più superficiali fortemente alterati del flysch.

c) **Depositi alluvionali terrazzati:** Si riscontrano lungo una breve fascia alla confluenza del torrente caputo, e presentano caratteristiche granulometriche eterogenee.

Si tratta, di sedimenti clastici, provenienti dall'erosione e dalla degradazione delle rocce affioranti nell'ambito del bacino imbrifero del torrente ed in seguito trasportati e depositati lungo l'alveo.

Il materiale ciottoloso poligenico, è costituito da clasti di varie forme e dimensioni, (a volte con grossi trovanti decimetrici) di natura prevalentemente arenacea e metamorfica più o meno alterati e a spigoli arrotondati immersi in una matrice limo sabbiosa giallo-grigiastra.

#### d) **Depositi alluvionali (Recenti e attuali)**

1) *Alluvioni Recenti.* Si indicano con tale termine i depositi fluviali ed alluvionali, ormai sottratti all'azione di rimaneggiamento da parte delle acque, sia per essersi portati ad una quota superiore l'attuale alveo fluviale che per opere di arginatura che hanno impedito alle acque del torrente interessato a dilagare sulle proprie alluvioni.

Nella zona investigata, si rinvengono solo nella parte bassa del torrente, in corrispondenza di antiche anse fluviali abbandonate dal corso d'acqua principale.

Le alluvioni, sono costituite da accumuli caotici di materiale trasportato dal T.Caputoe dagli affluenti minori; anch'essi risultano, costituiti da materiale ciottoloso poligenico di clasti di varie forme e dimensioni, (anche di notevoli dimensioni) di natura arenacea, metamorfica, ben levigati (segno di un trasporto non breve) immersi in matrice limo-sabbiosa; si trovano anche lenti o sacche di modesto spessore di conglomerati e ghiaie intercalati a vari livelli.

Sopra le clastiti alluvionali è presente uno strato di terreno vegetale di spessore variabile.

2) *Alluvionali attuali.* Sono sviluppati in estensione e spessore nell'alveo del V.<sup>ne</sup> Caputo e in minor misura negli affluenti secondari.

Vengono separate dalle alluvioni recenti, in quanto l'alveo a tratti è limitato artificialmente mediante argini che costringono il corso d'acqua a defluire in un settore del Torrente.

Le dimensioni e la natura degli elementi costituenti i depositi alluvionali sono quanto mai variabili, dai clasti di grosse dimensioni, alla ghiaia, alla sabbia da grossolana a minuta al limo; la compagine è in continua evoluzione ad opera dell'alternarsi delle piene stagionali che operano un perenne rimaneggiamento di tali depositi.

e) **Una copertura di Materiale detritico-alteritico** si estende nell'area oggetto di studio. Si tratta dei prodotti di disgregazione ed alterazione, ad opera degli agenti esogeni, delle formazioni geologiche affioranti a monte dell'area in oggetto (Formazione arenaceo-conglomeratica di Capo D'Orlando e Metamorfiti) pertanto da queste n'ereditano sia la composizione petrografica, e sia, in parte la struttura granulometrica.

Detta copertura è costituita da sabbie medio-fini debolmente limose, mediamente addensate, di colore marrone tendente al giallastro o grigio, con elementi eterometrici anche grossolani di natura arenacea o metamorfica.

Superiormente tali materiali sono ricoperti, da un livello superficiale di suolo agrario di spessore variabile costituito da ciottoli e residui vegetali immersi in una matrice limosa.

## 5. IDROGEOLOGIA

In base alle osservazioni di campagna, ed al reale comportamento delle rocce presenti nell'area in esame, rispetto a quelle di scorrimento sotterraneo, sono state distinte quattro classi di permeabilità (*vedi Tav. 5 – Carta idrogeologica allegata*):

- (a) Terreni a permeabilità primaria elevata
- (b) Terreni a permeabilità variabile
- (c) Terreni a permeabilità per porosità e fessurazione
- (d) Terreni impermeabili

Nella prima classe, rientrano le rocce permeabili per porosità primaria, grazie all'elevato indice di vuoti di dimensioni supercapillari presenti all'interno della componente rocciosa.

Appartengono a questa classe i depositi alluvionali .

I litotipi sono composti da materiale granulare eterogeneo, incoerente e pertanto le infiltrazioni idriche sono esclusivamente legate alla presenza nella roccia di pori, spazi vuoti di dimensioni idonee, i quali formano una rete continua per cui l'acqua "filtra" da un poro all'altro.

Tali depositi, sono sede di una falda idrica di notevole potenzialità denominata falda di sub-alveo, il cui livello spesso si mantiene ad una quota coincidente con quella del letto del corso d'acqua; il livello freatico subisce oscillazioni stagionali dovute alle reciproche relazioni con il deflusso in alveo.

La seconda classe comprende i depositi che costituiscono la coltre detritico-alteritica presente nell'area rilevata. Tale permeabilità varia, in quanto detti terreni sono costituiti da elementi a granulometria assortita.

Pertanto, si fa variare il coefficiente di permeabilità  $K$ , entro un campo piuttosto vasto, assegnando i seguenti valori:

$$10^{-4} \text{ cm/sec} < K < 10^{-1} \text{ cm/sec}$$

Fra gli acquiferi a permeabilità mista, si collocano le arenarie del *flysch di Capo d'Orlando* che litologicamente è dato da un'alternanza ritmica di livelli arenacei e livelli argilloso-pelitici.

I livelli arenacei presentano una permeabilità per *porosità* e per *fessurazione*; la porosità primaria è generalmente medio-bassa, mentre la porosità secondaria, dovuta alla fratturazione della massa rocciosa ed alla sua alterazione è elevata.

L'intensa fratturazione è dovuta alle azioni tettoniche subite dalla formazione. La circolazione idrica sotterranea avviene preferenzialmente nella coltre superficiale alterata, e nei settori maggiormente fratturati, anche in profondità.

La circolazione idrica è condizionata dall'andamento litostratigrafico e dalla situazione giaciturale della roccia, infatti la presenza dei livelli pelitico-argillosi determina degli impermeabili relativi che condizionano il deflusso idrico sotterraneo.

In pratica si tratta di una successione di livelli arenaceo-conglomeratici, di spessore da decimetrico a metrico, intervallati da sottili livelli argillosi.

Questa condizione litostratigrafica dei terreni individua una permeabilità discontinua ed in parte orientata. La permeabilità è condizionata decisamente dallo stato di fratturazione che presentano i livelli arenaceo-conglomeratici presenti nella massa rocciosa.

Infatti varia, oltre che con lo stato di fratturazione, anche in funzione della litologia degli strati, cui si riferisce; nell'ambito della stessa alternanza si riscontrano situazioni estreme rappresentabili dai livelli argillosi poco permeabili od impermeabili e dagli orizzonti arenaceo-conglomeratici permeabili.

Ne consegue che parallelamente alla stratificazione, in corrispondenza di livelli arenacei continui e particolarmente fratturati il coefficiente di permeabilità presenta buoni valori, mentre in corrispondenza dei livelli arenacei poco fratturati od integri si hanno condizioni di bassa o bassissima permeabilità. Inoltre, è da evidenziare che i livelli argillosi costituiscono degli impermeabili relativi che condizionano il deflusso idrico sotterraneo.

Ai fini pratici quanto detto evidenzia che la presenza di serbatoi acquiferi in questi terreni, non è una condizione frequente e continua, ma il risultato di particolari

situazioni litologico-stratigrafiche e strutturali che la rendono un fatto locale e di complessa interpretazione.

Nella quarta classe, sono inclusi i terreni del *basamento metamorfico*, i quali, presentano superficialmente parecchie linee di frattura riconducibili in genere ad azioni termoclastiche e sforzi tettonici.

La presenza di queste discontinuità fisico-meccaniche, favorisce il *weathering* dovuta agli agenti atmosferici in seguito ai quali si originano processi di alterazione chimica sui vari componenti della roccia.

Da ciò deriva, la presenza nei terreni in oggetto, di una copertura d'alterazione superficiale molto degradata, sovrastante un livello poco alterato e molto fratturato poggiante a sua volta su un substrato poco alterato.

Ne consegue, che le caratteristiche di permeabilità sono in funzione dei livelli di roccia alterata e fratturata per cui si determina una permeabilità notevole nella copertura superficiale, che diminuisce in profondità fino a scomparire quasi del tutto nel substrato non alterato.

## 6. RILIEVI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE

A supporto dello studio geologico di superficie, è stata eseguita, nei mesi di maggio-giugno-luglio, una campagna di accertamenti geognostici nei terreni interessati dagli interventi progettuali.

L'area d'intervento, in considerazione della sua vasta ampiezza areale e dei specifici settori d'intervento localizzati lungo l'alveo fluviale e all'interno del bacino idrografico, si suddivide in due sotto-settori, anche per facilitare la lettura dei dati geognostici emersi nel corso dello svolgimento delle indagini in sito:

**Settore A:** questo settore interessa l'area di fondovalle, cioè l'impluvio del Vallone Caputo, interessato da interventi di sistemazione idraulica lungo l'asta fluviale (arginature, soglie e briglie con gabbionate);

**Settore B:** questo settore riguarda tutta l'area medio-alta del bacino idrografico del Vallone Caputo, interessata da specifici interventi di sistemazione idraulico-forestale (canali di gronda, guadi, sistemazioni dei versanti etc.);

Nel presente paragrafo vengono descritte nel dettaglio le indagini geognostiche svolte per la progettazione definitiva del progetto in oggetto.

La campagna di accertamenti geognostici è stata finalizzata alla determinazione della successione stratigrafica, nonché alla definizione delle caratteristiche geotecniche dei tipi litologici presenti nelle aree interessate dagli interventi progettuali.

Per far fronte alle esigenze progettuali sono state programmate ed eseguite le indagini dirette ed indirette, riepilogate sinteticamente qui di seguito:

- n° 4 sondaggi geognostici a rotazione e carotaggio continuo, approfonditi sino alla profondità massima di ml. 21 dal piano campagna; nel corso dei sondaggi sono state svolte prove di resistenza meccanica in foro (S.P.T.) effettuate misurazioni piezometriche della falda idrica;
- n° 14 prove penetrometriche dinamiche e continue eseguite con penetrometro di tipo italiano fino al limite strumentale;
- n° 32 profili sismici con il metodo della sismica a rifrazione, effettuando misure in andata e ritorno;
- n° 12 sondaggi elettrici verticali (S.E.V.);

### 6.1 Sondaggi geognostici

I sondaggi sono stati eseguiti mediante sonda oleodinamica montata su mezzo cingolato, adoperando utensili di perforazione di diametro minimo di mm. 101; la perforazione è stata eseguita a carotaggio continuo, per poter investigare la stratigrafia di dettaglio dell'area, adottando la tecnica della conservazione delle carote estratte per tutto lo spessore indagato, in idonee cassette catalogatrici.

I sondaggi sono stati spinti fino alla profondità massima di metri 21 dal p.c.

Nel corso dei sondaggi sono state eseguite delle prove di resistenza meccanica in foro (S.P.T.), prelevati n° 10 campioni rimaneggiati, per le condizioni granulometriche dei terreni riscontrati non è stato possibile prelevare campioni indisturbati.

Qui di seguito viene riportata la descrizione della successione stratigrafica di dettaglio ricavata dall'esecuzione dei sondaggi geognostici:

#### **SETTORE A: FONDO VALLE (impluvio vallone Caputo)**

##### **Sondaggio n° 1 – (18.50 metri)**

<b>Profondità</b>	<b>Descrizione litologica</b>
da m. 0.00 a m. 4.50	Depositi alluvionali sabbioso-ghiaiosi con clasti fluviali eterometrici
da m. 4.50 a m. 11.00	Depositi alluvionali sabbioso-limosi con livelli di ghiaia e clasti fluviali eterometrici
da m. 11.00 a m. 16.00	Depositi alluvionali sabbioso-ghiaiosi con clasti fluviali eterometrici
da m. 16.00 a m. 18.50	Depositi alluvionali sabbioso-limosi con livelli di ghiaia e clasti fluviali eterometrici

##### **Sondaggio n° 2 – (19.00 metri)**

<b>Profondità</b>	<b>Descrizione litologica</b>
da m. 0.00 a m. 13.80	Depositi alluvionali sabbioso-ghiaiosi con livelli sabbioso-limosi e clasti fluviali eterometrici (decimetrici)
da m. 13.80 a m. 19.00	Substrato (bedrock) costituito da rocce metamorfiche scistose

##### **Sondaggio n° 3 – (21.00 metri)**

<b>Profondità</b>	<b>Descrizione litologica</b>
da m. 0.00 a m. 13.80	Depositi alluvionali sabbioso-ghiaiosi con livelli sabbioso-limosi (2.50-9.50) e clasti fluviali eterometrici (decimetrici)
da m. 13.80 a m. 19.00	Substrato (bedrock) costituito da rocce metamorfiche scistose

#### Sondaggio n° 4 – (16.00 metri)

Profondità	Descrizione litologica
da m. 0.00 a m. 6.00	Depositi alluvionali costituiti da clasti di natura arenacea eterometrici (centimetrici e decimetrici) inglobati in una matrice sabbioso-ghiaiosa
da m. 6.00 a m. 16.00	Substrato (bedrock) costituito da rocce metamorfiche scistose

Per le attuali difficoltà di accesso ai luoghi interessati dal progetto, non è stato possibile effettuare sondaggi geognostici nel **settore d'intervento "B"** (bacino idrografico), che vengono rimandati alla fase esecutiva del progetto.

Nell'area interna del bacino sono state eseguite accurate indagini geofisiche che hanno permesso di ricostruire con un buon dettaglio le condizioni stratigrafiche e definire le condizioni geomeccaniche delle formazioni litologiche affioranti. In particolare le indagini sismiche hanno permesso di caratterizzare le formazioni litoidi in base alle velocità delle onde sismiche.

#### 6.1.1 Prove S.P.T.

Nel corso dei sondaggi ne sono state eseguite n° 21 secondo le modalità dello *Standard Penetration Test*, mediante dispositivo a sganciamento automatico.

Le prove consistono nella registrazione del numero di colpi necessario per l'avanzamento ogni 15 cm dello scandaglio penetrometrico; il ritmo di percussione è stato mantenuto costantemente pari a 20 colpi al minuto; la volata di circa 30 pollici.

L'addensamento dei terreni indagati giustifica l'adozione della punta conica ( $\emptyset$  51 mm., apertura 60 mm.) in luogo della scarpa.

Qui di seguito vengono riassunti i dati emersi dalla esecuzione degli S.P.T.

#### Sondaggio n° 1 -Prove S.P.T

Profondità	n° colpi	n° SPT
Da m. 2.00 a m. 2.45	16-21-23	44
Da m. 5.00 a m. 5.45	14-18-24	42
Da m. 7.50 a m. 7.95	16-18-26	44
Da m. 10.50 a m. 10.95	22-26-30	56
Da m. 12.50 a m. 12.90	32-43-R	R
Da m. 15.50 a m. 15.95	24-28-34	62

#### Sondaggio n° 2 -Prove S.P.T

Profondità	n° colpi	n° SPT
Da m. 1.50 a m. 1.95	20-21-19	40
Da m. 4.00 a m. 4.50	21-22-18	40
Da m. 6.00 a m. 6.45	36-39-46	85
Da m. 10.45 a m. 10.90	26-31-38	69
Da m. 13.00 a m. 13.45	34-33-30	63
Da m. 15.00 a m.15.25	28-R	R (*)

#### Sondaggio n° 3 -Prove S.P.T

Profondità	n° colpi	n° SPT
Da m. 2.00 a m. 2.45	20-26-23	49
Da m. 5.00 a m. 5.45	16-18-17	35
Da m. 8.00 a m. 8.45	18-20-19	39
Da m. 10.00 a m. 10.45	21-29-32	61
Da m. 12.50 a m. 12.90	29-41-R	R (*)

#### Sondaggio n° 4 -Prove S.P.T

Profondità	n° colpi	n° SPT
Da m. 2.00 a m. 2.45	24-28-32	60
Da m. 4.50 a m. 4.85	32-49-R	R
Da m. 7.50 a m. 7.95	18-24-42	66 (*)
Da m. 10.00 a m. 10.20	29-R	R (*)

(R) = Rifiuto; (\*) = in roccia

### 6.1.2 Rilievi piezometrici

L'introduzione di un apposito freatimetro sonoro, sia nei fori di sondaggio che in quelli penetrometrici, ha consentito la ricostruzione della situazione idrica nel sottosuolo.

I rilievi e le indagini consentono di individuare la presenza di falde idriche di sub-alveo lungo il V.<sub>ne</sub> Caputo (sondaggi n° 2 e 3 - profondità di circa 10 metri).

Nell'area interna del bacino idrografico le indagini svolte non hanno evidenziato la presenza di falde idriche superficiali; i rilievi di campagna hanno consentito, comunque di ricostruire le condizioni idrogeologiche dell'area, evidenziando la presenza di numerose emergenze idriche (*sorgenti*) al contatto tra formazioni a differente grado di permeabilità e in corrispondenza di formazioni litoidi particolarmente fessurate.

### 6.2 Prove penetrometriche

In funzione della difficoltà di accesso ai luoghi, sono state eseguite a supporto dello studio prove penetrometriche dinamiche e continue e profili sismici a rifrazione che

hanno consentito di ricostruire nel dettaglio l'andamento litostratigrafico delle aree interessate dalla realizzazione dei manufatti in progetto.

Complessivamente (settore A e B) sono state eseguite n° 14 prove penetrometriche dinamiche e continue, mediante penetrometro dinamico Sunda DL030. Le prove hanno consentito la verifica delle successioni litologiche in una vasta area, interessata dagli insediamenti progettuali; in particolare si sono rivelate utili, unite all'indagine sismica, per la ricostruzione dell'andamento plani-altimetrico del substrato roccioso.

La successione riscontrata nel corso dell'esecuzione delle prove penetrometriche individua essenzialmente gli orizzonti litologici, così sintetizzabili nella seguente tabella riepilogativa:

### **Tablelle riepilogative delle prove penetrometriche**

#### ***SETTORE A: FONDO VALLE***

Prova	Orizzonte	Spessore (metri)	Descrizione litologica
1	TV	0.8-1.0	Terreno vegetale
2			
3	AL	--	Depositi alluvionali costituiti da sabbie debolmente limose con ghiaia e ciottoli eterometrici (centimetrici e decimetrici) di natura prevalentemente arenacea.
4			
5			
5			
7			
8			
9			
10			

#### ***SETTORE B: BACINO IDROGRAFICO***

Prova	Orizzonte	Spessore (metri)	Descrizione litologica
1	CD	2.0-2.6	Coltre eluvio-detritica superficiale costituita da depositi di natura sabbioso-ghiaiosa debolmente limosa.
2			
3	Ar	--	Substrato litoide arenaceo.
4			

Le prove consistono nella registrazione del numero di colpi N necessario per l'infissione decimetrica dello scandaglio penetrometrico; i valori riscontrati sono direttamente proporzionali al grado di addensamento dei terreni investigati che, a sua volta, è relazionabile con la resistenza al taglio e, conseguentemente, con l'angolo di attrito dei litotipi geotecnicamente investigati.

L'andamento delle prove penetrometriche indica per il **settore A, l'orizzonte superficiale alluvionale (Al)** costituito da depositi fluviali incoerenti con diverso grado di addensamento e con granulometria eterogenea. Dal punto di vista granulometrico i depositi sono costituiti da sequenze litostratigrafiche eterogenee formate da livelli sabbioso-ghiaiosi debolmente limosi con clasti eterometrici (decimetrici e centimetrici) tipiche di colate alluvionali di conoide di deiezione.

In alcuni settori si rileva la presenza di terreno vegetale per spessori intorno al metro.

Le prove sono state approfondite sino al limite strumentale, in corrispondenza di livelli particolarmente addensati e/o ciottolosi che non hanno permesso l'ulteriore infissione dello scandaglio penetrometrico.

Per il **settore B** le prove individuano un **orizzonte superficiale detritico (CD)** costituito da livelli con diverso grado di addensamento e con granulometria eterogenea. Si passa dai terreni incoerenti (limi-sabbiosi - sabbie-ghiaiose con clasti lapidei centimetrici) ai terreni a comportamento coesivo (argille, limi argillosi).

Le prove sono state spinte sino al contatto con il **substrato roccioso (Ar)**, che ha fornito valori a rifiuto.

I diagrammi di avanzamento e le relative colonne stratigrafiche di dettaglio sono riportati nei rispettivi allegati, mentre l'ubicazione delle prove si trova nella planimetria allegata.

### ***6.3 Prospezioni sismiche***

La serie stratigrafica e le condizioni di stabilità sono state verificate arealmente, lungo l'intero settore, mediante prospezione sismica, realizzata con l'esecuzione di n° 32 profili sismici, utilizzando il metodo della sismica a rifrazione.

L'impiego della sismica a rifrazione consente di definire la profondità, velocità sismica e forma delle unità geologiche sepolte.

I profili sismici sono ottenuti dalla registrazione delle velocità delle onde sismiche che si propagano, mediante idonea energizzazione dei terreni, con determinate frequenze ed ampiezze in funzione delle proprietà elastiche delle rocce stesse e, conseguentemente, della loro resistenza alla deformazione. Le variazioni delle costanti

elastiche e della densità determinano la rifrazione e la riflessione delle onde in corrispondenza delle discontinuità geologiche.

L'indagine è stata eseguita con sismografo PASI LCM -12, a 12 canali e ad incremento di segnale; sono stati utilizzati stendimenti di ml. 25 . 27, con distanza tra i geofoni di 5-3 metri, che permettono d'investigare fino alla profondità di circa 8 metri dal p.c., le misurazioni sono state effettuate in andata e ritorno per ricostruire l'andamento stratigrafico dei rifrattori nel sottosuolo.

L'elaborazione computerizzata e l'interpretazione dei dati acquisiti in campagna ha consentito, essenzialmente, di individuare la presenza di due orizzonti, caratterizzati da una sostanziale differenza riguardo la velocità di propagazione delle onde sismiche.

Qui di seguito vengono riepilogati i risultati delle prospezioni sismiche, sintetizzando le velocità e gli spessori degli orizzonti individuati, nonché le caratteristiche litostratigrafiche salienti:

### **Tabelle riepilogative delle prospezioni sismiche**

#### **SETTORE A: FONDO VALLE**

##### **Profili sismici: da n° 1A a n° 2A**

	<b>Orizzonte</b>	<b>Velocità (m/s)</b>	<b>Spessore (m.)</b>	<b>Descrizione litologica</b>
	<b>AL1</b>	388-413	(3.00-4.00)	Alluvioni poco addensate (AL1)
	<b>M</b>	1012-1095	--	Substrato litoide (M)

##### **Profili sismici: da n° 3A a n° 8A**

	<b>Orizzonte</b>	<b>Velocità (m/s)</b>	<b>Spessore (m.)</b>	<b>Descrizione litologica</b>
	<b>AL1</b>	374-451	(1.00-6.00)	Alluvioni poco addensate (AL1)
	<b>AL2</b>	759-925	--	Alluvioni mediamente addensate (AL2)

#### **SETTORE B: BACINO IDROGRAFICO**

##### **Profili sismici: da n° 1B a n° 24B**

	<b>Orizzonte</b>	<b>Velocità (m/s)</b>	<b>Spessore (m.)</b>	<b>Descrizione litologica</b>
	<b>CD</b>	321-845	(1.00-4.00)	Coltre eluvio-detritica superficiale costituita da depositi incoerenti eterometrici (CD)
	<b>Ar</b>	850-1934	--	Substrato litoide alterato e parzialmente fratturato di natura arenacea (Ar)

I dati acquisiti con l'indagine sismica risultano ben correlabili con quelli scaturiti dall'esecuzione dei sondaggi geognostici e delle prove penetrometriche dinamiche e continue; difatti è possibile individuare, con entrambi i metodi d'indagine in situ, gli stessi orizzonti litologici sepolti.

In particolare si evidenzia, per ogni singolo orizzonte litologico:

**Orizzonte sismico superficiale (Coltri incoerenti superficiali):**

**Coltre eluvio-detritica [CD]**

I valori di velocità rilevati per questo orizzonte superficiale individuano materiali poco consolidati e cementati, costituiti da una estesa coltre sabbioso-limosa-ghiaiosa proveniente in parte dall'alterazione del sottostante substrato litoide. La coltre è presente in maniera diffusa in tutta l'area con spessori variabili tra 1-4 metri.

I valori di velocità sismica riscontrati per il livello (CD) sono compresi tra 321-845 m/s, con un valore medio di 509 m/s; i valori di velocità più elevati (> 600-700 m/s) possono anche essere riferiti alla sottostante formazione litoide intensamente alterata e fratturata. In alcuni settori la parte più superficiale degli accumuli detritici risulta parzialmente trasformata in suolo agrario.

**Depositi alluvionali [AL (AL1 –AL2)]**

I valori di velocità rilevati per questo orizzonte superficiale individuano materiali incoerenti, costituiti da terreni a granulometria eterogenea da sabbie limose a sabbie ghiaiose con ciottoli anche grossolani (massi ciclopici).

I valori di velocità sismica riscontrati per il livello (AL1) sono compresi tra 374-451 m/s, con un valore medio di 406 m/s; i valori di velocità sismica riscontrati per il livello (AL2) sono compresi tra 759-925 m/s, con un valore medio di 809 m/s;

Questa differenza di velocità tra i due strati è da mettere in relazione al diverso grado di addensamento dei materiali costituenti i depositi e non a diverse condizioni granulometriche. La parte più superficiale dei depositi alluvionali risulta parzialmente trasformata in suolo agrario.

**Orizzonte sismico sub-superficiale (Substrato litoide):**

**Arenarie [Ar]**

Al di sotto dell'orizzonte detritico superficiale le prospezioni sismiche individuano nel settore B, rifrattori ben definiti con velocità sismiche comprese tra 850-1934 m/s, con valori medi di 1311 m/s. Si tratta di materiali litoidi in posto parzialmente alterati e fratturati; i diversi valori di velocità riscontrati individuano un diverso grado di alterazione e fratturazione dell'ammasso roccioso; considerando i valori medi ottenuti per tutto il territorio investigato, appare evidente che le formazioni litoidi di substrato sono interessate da processi di alterazione e di fratturazione nelle porzioni più superficiali, a diretto contatto con la sovrastante coltre di alterazione eluvio-detritica.

In particolare emerge che il substrato arenaceo presente nella parte sinistra del bacino del V. Caputo risulta maggiormente interessato da processi di alterazione e di fratturazione, come emerso anche dai rilievi strutturali eseguiti lungo gli affioramenti litoidi.

### **Metamorfiti:**

#### **Scisti filladici [M]**

Al di sotto delle alluvioni è presente un substrato metamorfico con velocità sismiche comprese tra 1095-1102 m/s, con valori medi di 1098 m/s. Si tratta di materiali litoidi in posto parzialmente alterati e fratturati; considerando i valori ottenuti, appare evidente che le formazioni litoidi di substrato sono interessate da processi di alterazione e di fratturazione nelle porzioni più superficiali.

I profili sismici hanno indicato velocità sismiche riferibili a metamorfiti di basso grado "filladi". Gli scisti filladici, come osservabile in affioramento, sono interessati da diffusi processi di alterazione e di fratturazione nelle porzioni più superficiali, a diretto contatto con la sovrastante coltre di alterazione eluvio-detritica.

L'elaborazione dei dati scaturiti dall'indagine sismica ha consentito di ricostruire l'andamento litostratigrafico dell'area investigata; quanto emerso è riportato nelle "sezioni profondità", allegate alla seguente relazione con le relative dromocrone.

### **6.4 Prospezioni geoelettriche**

Per ottenere i dati stratigrafici e idrogeologici, nell'area è stata realizzata una campagna di prospezione geoelettrica. Il metodo usato per la prospezione geoelettrica è stato quello dei **S.E.V.** (sondaggi elettrici verticali) che permette d'investigare il terreno dal punto di vista della Resistività Apparente. Si ottengono così misure che interessano

volumi di terreno sempre più profondi man mano che si incrementano le distanze interelettrodiche AB. La configurazione elettrodica usata è stata quella quadripolare e simmetrica di Schlumberger con stendimenti massimi AB di 200 metri.

I dati di campagna sono stati rilevati con un geodimetro elettronico della Pasi, mod. E2-DIGIT, in grado di apprezzare resistività comprese tra 0.01 e 9.999 ohm x m con scarti mediamente inferiori all'1%.

Le misure di resistività apparente e  $AB/2$  sono state riportate su grafici bilogaritmici ed interpretate prima con i metodi classici manuali, adoperando gli abachi di curve teoriche a due strati ed applicando il metodo di Hebert; successivamente si è proceduto ad interpretazione mediante specifico programma al computer.

Nell'area (*SETTORE A*) sono stati eseguiti n° 12 S.E.V., ubicati in punti tali da avere una verifica generale dell'andamento della resistività, in funzione della ricostruzione dettagliata degli spessori del materasso alluvionale presente nell'alveo del torrente Caputo; quanto emerso dall'indagine è riportato in specifici elaborati allegati alla presente relazione.

Qui di seguito vengono brevemente sintetizzati e descritti i risultati delle misure dei S.E.V. (sondaggi elettrici verticali):

### **RISULTATI DELLE MISURE**

Dall'interpretazione dei sondaggi, effettuata al computer, è stata evidenziata l'allegata colonna elettrostratigrafica; siamo in presenza di terreni riferibili ad alluvioni a granulometria grossolana sovrastanti terreni di natura litoide (bedrock metamorfico). Precisamente siamo in presenza di alternanze di livelli più consistenti con livelli meno consistenti. Osservando la curva di campagna e i tabulati di calcolo dei s.e.v. si evince che i valori di resistività sono mediamente alti. Tali valori sono riferibili e tipiche di litotipi che contengono un'elevata porosità primaria e secondaria e quindi classificabili come rocce di medio-alta permeabilità e medio-alta circolazione idrica sotterranea.

#### **S.E.V. n° 1**

Il s.e.v. presenta le seguenti caratteristiche: a partire dal piano di campagna vi sono 1.32 metri di terreno alluvionale poco addensato, poi si ha un livello costituito da alluvioni più grossolane (ghiaie, sabbie, ciottoli e blocchi) per 4.72 metri, segue un livello più resistivo costituito dal substrato (presumibilmente filladi) con spessore indefinito che supera i 50 metri; in corrispondenza del contatto con il substrato si presume un livello conduttivo di spessore indefinito.

#### **S.E.V. n° 2**

Il s.e.v. presenta le seguenti caratteristiche: a partire dal piano di campagna vi sono 1.52 metri di terreno alluvionale poco addensato, poi si ha un livello costituito da alluvioni più grossolane (ghiaie, sabbie, ciottoli e blocchi) per 4.56 metri, segue un livello più resistivo costituito dal substrato (presumibilmente filladi) con spessore indefinito che supera i 50 metri; in corrispondenza del contatto con il substrato si presume un livello conduttivo di spessore indefinito.

**S.E.V. n° 3**

Il s.e.v. presenta le seguenti caratteristiche: a partire dal piano di campagna vi sono 1.46 metri di terreno alluvionale poco addensato, poi si ha un livello costituito da alluvioni più grossolane (ghiaie, sabbie, ciottoli e blocchi) per 5.84 metri, segue un livello più resistivo costituito dal substrato (presumibilmente filladi) con spessore indefinito che supera i 50 metri; in corrispondenza del contatto con il substrato si presume un livello conduttivo di spessore indefinito.

**S.E.V. n° 4**

Il s.e.v. presenta le seguenti caratteristiche: a partire dal piano di campagna vi sono 1.29 metri di terreno alluvionale poco addensato, poi si ha un livello costituito da alluvioni più grossolane (ghiaie, sabbie, ciottoli e blocchi) per 6.15 metri, segue un livello più resistivo costituito dal substrato (presumibilmente filladi) con spessore indefinito che supera i 50 metri; in corrispondenza del contatto con il substrato si presume un livello conduttivo di spessore indefinito.

**S.E.V. n° 5**

Il s.e.v. presenta le seguenti caratteristiche: a partire dal piano di campagna vi sono 1.18 metri di terreno alluvionale poco addensato, poi si ha un livello costituito da alluvioni più grossolane (ghiaie, sabbie, ciottoli e blocchi) per 7.23 metri, segue un livello più resistivo costituito dal substrato (presumibilmente filladi) con spessore indefinito che supera i 50 metri; in corrispondenza del contatto con il substrato si presume un livello conduttivo di spessore indefinito.

**S.E.V. n° 6**

Il s.e.v. presenta le seguenti caratteristiche: a partire dal piano di campagna vi sono 1.24 metri di terreno alluvionale poco addensato, poi si ha un livello costituito da alluvioni più grossolane (ghiaie, sabbie, ciottoli e blocchi) per 7.31 metri, segue un livello più resistivo costituito dal substrato (presumibilmente filladi) con spessore indefinito che supera i 50 metri; in corrispondenza del contatto con il substrato si presume un livello conduttivo di spessore indefinito.

**S.E.V. n° 7**

Il s.e.v. presenta le seguenti caratteristiche: a partire dal piano di campagna vi sono 1.13 metri di terreno alluvionale poco addensato, poi si ha un livello costituito da alluvioni più grossolane (ghiaie, sabbie, ciottoli e blocchi) per 7.71 metri, segue un livello più resistivo costituito dal substrato (presumibilmente filladi) con spessore indefinito che supera i 50 metri; in corrispondenza del contatto con il substrato si presume un livello conduttivo di spessore indefinito.

**S.E.V. n° 8**

Il s.e.v. presenta le seguenti caratteristiche: a partire dal piano di campagna vi sono 1.32 metri di terreno alluvionale poco addensato, poi si ha un livello costituito da alluvioni più grossolane (ghiaie, sabbie, ciottoli e blocchi) per 7.54 metri, segue un livello più resistivo costituito dal substrato (presumibilmente filladi) con spessore indefinito che supera i 50 metri; in corrispondenza del contatto con il substrato si presume un livello conduttivo di spessore indefinito.

**S.E.V. n° 9**

Il s.e.v. presenta le seguenti caratteristiche: a partire dal piano di campagna vi sono 1.25 metri di terreno alluvionale poco addensato, poi si ha un livello costituito da alluvioni più grossolane (ghiaie, sabbie, ciottoli e blocchi) per 8.14 metri, segue un livello più resistivo costituito dal substrato (presumibilmente filladi) con spessore indefinito che supera i 50 metri; in corrispondenza del contatto con il substrato si presume un livello conduttivo di spessore indefinito.

**S.E.V. n° 10**

Il s.e.v. presenta le seguenti caratteristiche: a partire dal piano di campagna vi sono 1.17 metri di terreno alluvionale poco addensato, poi si ha un livello costituito da alluvioni più grossolane (ghiaie, sabbie, ciottoli e blocchi) per 8.28 metri, segue un livello più resistivo costituito dal substrato (presumibilmente filladi) con spessore indefinito che supera i 50 metri; in corrispondenza del contatto con il substrato si presume un livello conduttivo di spessore indefinito.

**S.E.V. n° 11**

Il s.e.v. presenta le seguenti caratteristiche: a partire dal piano di campagna vi sono 1.28 metri di terreno alluvionale poco addensato, poi si ha un livello costituito da alluvioni più grossolane (ghiaie, sabbie, ciottoli e blocchi) per 10.47 metri, segue un livello più resistivo costituito dal substrato (presumibilmente filladi) con spessore indefinito che supera i 50 metri; in corrispondenza del contatto con il substrato si presume un livello conduttivo di spessore indefinito.

**S.E.V. n° 12**

Il s.e.v. presenta le seguenti caratteristiche: a partire dal piano di campagna vi sono 1.20 metri di terreno alluvionale poco addensato, poi si ha un livello costituito da alluvioni più grossolane (ghiaie, sabbie, ciottoli e blocchi) per 10.61 metri, segue un livello più resistivo costituito dal substrato (presumibilmente filladi) con spessore indefinito che supera i 50 metri; in corrispondenza del contatto con il substrato si presume un livello conduttivo di spessore indefinito

**S.E.V. n° 1 ITERATION NO. 30**

LAYAR NO.	THICKNESS	RESISTIVITY	LITOLOGIA
1	1.32	161.720	Terreno alluvionale poco addensato
2	4.72	466.698	Alluvioni grossolane
3	0.25	23.417	Livello conduttivo presunto
4		689.108	Substrato (filladi)

RMS ERROR = 15.874

**S.E.V. n° 2 ITERATION NO. 30**

LAYAR NO.	THICKNESS	RESISTIVITY	LITOLOGIA
1	1.52	187.927	Terreno alluvionale poco addensato
2	4.56	451.285	Alluvioni grossolane
3	0.11	19.746	Livello conduttivo presunto
4		664.439	Substrato (filladi)

RMS ERROR = 14.614

**S.E.V. n° 3 ITERATION NO. 30**

LAYAR NO.	THICKNESS	RESISTIVITY	LITOLOGIA
1	1.46	173.622	Terreno alluvionale poco addensato
2	5.84	486.150	Alluvioni grossolane
3	0.71	22.507	Livello conduttivo presunto
4		653.892	Substrato (filladi)

RMS ERROR = 15.308

**S.E.V. n° 4 ITERATION NO. 30**

LAYAR NO.	THICKNESS	RESISTIVITY	LITOLOGIA
1	1.29	166.921	Terreno alluvionale poco addensato
2	6.15	472.536	Alluvioni grossolane
3	0.41	20.755	Livello conduttivo presunto
4		649.427	Substrato (filladi)

RMS ERROR = 13.669

**S.E.V. n° 5 ITERATION NO. 30**

LAYAR NO.	THICKNESS	RESISTIVITY	LITOLOGIA
1	1.18	191.296	Terreno alluvionale poco addensato
2	7.23	435.337	Alluvioni grossolane

3	0.34	24.085	Livello conduttivo presunto
4		683.388	Substrato (filladi)

RMS ERROR = 16.048

**S.E.V. n° 6 ITERATION NO. 30**

LAYAR NO.	THICKNESS	RESISTIVITY	LITOLOGIA
1	1.24	151.411	Terreno alluvionale poco addensato
2	7.31	449.497	Alluvioni grossolane
3	0.57	23.616	Livello conduttivo presunto
4		654.342	Substrato (filladi)

RMS ERROR = 14.516

**S.E.V. n° 7 ITERATION NO. 30**

LAYAR NO.	THICKNESS	RESISTIVITY	LITOLOGIA
1	1.13	184.941	Terreno alluvionale poco addensato
2	7.71	453.752	Alluvioni grossolane
3	0.52	21.811	Livello conduttivo presunto
4		637.113	Substrato (filladi)

RMS ERROR = 13.558

**S.E.V. n° 8 ITERATION NO. 30**

LAYAR NO.	THICKNESS	RESISTIVITY	LITOLOGIA
1	1.32	176.061	Terreno alluvionale poco addensato
2	7.54	468.528	Alluvioni grossolane
3	0.89	19.274	Livello conduttivo presunto
4		641.522	Substrato (filladi)

RMS ERROR = 15.740

**S.E.V. n° 9 ITERATION NO. 30**

LAYAR NO.	THICKNESS	RESISTIVITY	LITOLOGIA
1	1.25	188.408	Terreno alluvionale poco addensato
2	8.14	436.165	Alluvioni grossolane
3	0.27	25.634	Livello conduttivo presunto
4		651.825	Substrato (filladi)

RMS ERROR = 16.652

**S.E.V. n° 10 ITERATION NO. 30**

LAYAR NO.	THICKNESS	RESISTIVITY	LITOLOGIA
1	1.17	169.428	Terreno alluvionale poco addensato
2	8.28	454.178	Alluvioni grossolane
3	0.47	21.401	Livello conduttivo presunto
4		670.872	Substrato (filladi)

RMS ERROR = 13.082

**S.E.V. n° 11 ITERATION NO. 30**

LAYAR NO.	THICKNESS	RESISTIVITY	LITOLOGIA
1	1.28	186.473	Terreno alluvionale poco addensato
2	10.47	466.696	Alluvioni grossolane
3	0.45	22.572	Livello conduttivo presunto
4		632.548	Substrato (filladi)

RMS ERROR = 16.473

*S.E.V. n° 12* ITERATION NO. 30

LAYAR NO.	THICKNESS	RESISTIVITY	LITOLOGIA
1	1.20	180.620	Terreno alluvionale poco addensato
2	10.61	478.396	Alluvioni grossolane
3	0.91	18.540	Livello conduttivo presunto
4		668.324	Substrato (filladi)

RMS ERROR = 15.886

## 7. ASPETTI GEOLOGICO TECNICI DELL'AREA

### 7.1 Caratteristiche geotecniche dei terreni

La caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni geotecnicamente interessati è stata effettuata sulla scorta delle prove penetrometriche di tipo S.P.T., delle prove penetrometriche dinamiche continue per i terreni di copertura, tenendo anche conto dei dati ottenuti dall'indagine sismica, in relazione alla "Classificazione degli ammassi rocciosi", per i terreni lapidei di substrato.

I terreni geotecnicamente interessati sono dati da:

#### **Terreni incoerenti superficiali, suddivisi in:**

*[Depositi alluvionali (Orizzonte Al)]*

*[Coperture detritiche (Orizzonte CD)]*

#### **Terreni litoidi di substrato, suddivisi in:**

*[Arenarie e conglomerati (Orizzonte Ar)]*

*[Metamorfiti (Orizzonte M)]*

#### **Materiali incoerenti superficiali:**

#### **(Depositi alluvionali (Al) - Coperture detritiche (CD))**

La definizione del comportamento meccanico degli accumuli incoerenti superficiali, in studio, viene eseguita sulla scorta dei risultati delle Standard Penetration Test (S.P.T.) e delle prove penetrometriche dinamiche e continue.

La correlazione tra i due tipi d'indagine in sito, e la conseguente caratterizzazione fisico-meccanica si ottiene ponendo:

$$N(10) DL030 = N(30) SPT$$

### 7.1.1 Prove S.P.T.

I valori di S.P.T. elencati nel paragrafo precedente vengono corretti a causa dello utilizzo della punta conica, nel corso delle prove, in luogo della scarpa, nonchè a causa delle influenze dovute alla pressione litostatica e alla falda idrica.

I valori di  $N_{spt}$  ottenuti con l'uso della punta conica vengono corretti secondo la relazione:

$$N1 = 0.7 N_{spt} \quad (\text{PALMER e STUART})$$

Allo scopo di rendere le misure omogenee in funzione della pressione litostatica efficace, si adotta la seguente relazione (la correzione viene apportata alle prove eseguite a profondità maggiore di metri 4.00 dal piano campagna):

$$N2 = Cn \times N1 \quad (\text{GIBBS e HOLTZ})$$

Per gli S.P.T. in falda è stata eseguita un'ulteriore correzione (i valori corretti sono quelli in cui risulta  $N2 > 15$ ):

$$N3 = 15 + 0.5 (N2 - 15) \quad (\text{TERZAGHI e PECK})$$

*(cautelativamente la correzione viene calcolata per tutti i valori, in considerazione delle variazioni stagionali della falda idrica all'interno del materasso alluvionale)*

Nella seguente tabella riepilogativa si riportano le correzioni apportate alle prove penetrometriche S.P.T. svolte nel corso degli accertamenti geognostici nell'orizzonte alluvionale.

**Tabella riepilogativa correzioni Prove S.P.T - (Depositi alluvionali)**

Sondaggio-Profondità	n° SPT	N1	N2	N3
S1 (metri 2.00-2.45)	44	30.8	30.8	22.9
S1 (metri 5.00-5.45)	42	29.4	29.4	22.2
S1 (metri 7.50-7.95)	44	30.8	29.26	22.13
S1 (metri 10.50-10.95)	56	39.2	31.36	23.18
S1 (metri 12.50-12.90)	R	--	--	--
S1 (metri 15.50-15.95)	62	43.4	28.21	21.6
S2 (metri 1.50-1.95)	40	28	28	21.5
S2 (metri 4.00-4.45)	40	28	28	21.5
S2 (metri 6.00-6.45)	85	59.5	58.31	36.65
S2 (metri 10.45-10.90)	69	48.3	38.64	26.82
S2 (metri 13.00-13.45)	63	44.1	30.87	22.93
S3 (metri 2.00-2.45)	49	34.3	34.3	24.65
S3 (metri 5.00-5.45)	35	24.5	24.5	19.75
S3 (metri 8.00-8.45)	39	27.3	25.11	20.05
S3 (metri 10.00-10.45)	61	42.7	35.01	25
S4 (metri 2.00-2.45)	60	42	42	28.5
S4 (metri 4.50-4.85)	R	--	--	--

Ai valori, così corretti, scartando quelli a rifiuto ottenuti in corrispondenza di livelli particolarmente addensati o di trovanti litoidi grossolani, corrispondono i seguenti valori medi:

<b>S1</b>	<b>22,40</b>
<b>S2</b>	<b>25,88</b>
<b>S3</b>	<b>22,36</b>
<b>S4</b>	<b>28,50</b>
<b>Valore medio</b>	<b>24,50</b>

### 7.1.2 Prove penetrometriche dinamiche

L'analisi dei diagrammi di avanzamento di ciascun sondaggio penetrometrico ha permesso anche la determinazione dei parametri geotecnici fondamentali dell'orizzonte più superficiale composto dalla coltre detritica.

La caratterizzazione fisico-meccanica si ottiene con le formule empiriche, già utilizzata per le prove S.P.T., dato che tra i due tipi di prove esiste la correlazione **N(10) DL030 = N(30) SPT**

L'andamento dei diagrammi delle prove penetrometriche dinamiche e continue risulta frastagliato con valori minimi intorno a 10-15 colpi nei livelli più limosi, e valori intorno a 30-40 colpi in corrispondenza dei livelli sabbioso-ghiaiosi con ciottoli.

I colpi a rifiuto ( $N > 70$ ) sono riscontrabili a diverse profondità e sono da relazionare con livelli alluvionali costituiti da prevalenti sabbie e ghiaie addensate con clasti eterometrici di dimensioni centimetriche e decimetriche che non permettono l'avanzamento dello scandaglio penetrometrico.

I **depositi alluvioni (orizzonte A1)**, esplicano le caratteristiche di resistenza al taglio mediante i valori dell'angolo di attrito interno; per ricavare il valore medio *dell'angolo di attrito interno* ( $\phi$ ) si utilizzano le formule empiriche attualmente utilizzate in Giappone dal Japanese National Railway:

$$\phi = \sqrt{15 \times N_{spt} + 15} \quad (1a)$$

$$\phi = 0.3 \times N_{spt} + 27 \quad (1b)$$

La descrizione qualitativa dello *stato di addensamento* del deposito alluvionale può essere tradotta in termini di densità relativa tramite la correlazione di Meyerhof (1957):

$$D_r (\%) = 21 \times \sqrt{N_{spt}} / 3.5 \quad (2)$$

Che tiene conto di una tensione verticale efficace dell'ordine di 2.8 Kg/cm<sup>q</sup>.

Il loro stato di addensamento è definibile *medio*. Nella Tab. 1 si può vedere come ogni descrizione qualitativa dello stato di addensamento corrisponde, secondo Gibbs e Holtz (1957), un intervallo di variazione della densità relativa  $Dr$  %.

Sulla base di questa relazione, i valori di  $Dr = 55,56$  % (2) dei terreni rientrano nel seguente campo:  $Dr = 35-65$  %

**Tab. 1 - DENSITA' RELATIVA**

<i>Terzaghi-Peck</i>	<i>Gibbs-Holtz</i>
Molto sciolta	0-15 %
Sciolta	15-35 %
Media	35-65 %
Densa	65-85 %
molto densa	85-100 %

I valori dell'angolo di attrito possono essere calcolati anche in funzione della densità relativa (Schmertmann, 1977):

$$\varphi = 28 + 0.14 \times Dr \quad (3)$$

Il quadro dei valori dei parametri geotecnici calcolati applicando queste correlazioni, e tenendo conto del valore di  $N_{spt} = 24.78$ , si ottiene:

$$\varphi_{\text{medio}} = 34^{\circ}.17 \quad (1a)$$

$$\varphi_{\text{medio}} = 34^{\circ}.35 \quad (1b)$$

Il peso di volume, tenendo conto dello stato di addensamento, della porosità e delle variazioni stagionali del contenuto naturale in acqua, rientra nel seguente campo di valori:

$$\gamma = 1.80 - 1.90 \text{ t/mc}$$

Il modulo di Young (modulo edometrico  $Ed$ ), infine, può essere stimato sulla base della correlazione proposta da D'Apollonia (1970), valida per sabbie e ghiaie normalconsolidate, che risulta definita dalla retta di equazione:

$$Ed \text{ (Kg/cmq)} = 7.5 N_{spt} + 225 \quad (4)$$

Per  $N = 24.5$ , dalla (4) si ottiene:  $Ed = 408 \text{ Kg/cmq}$

Utilizzando, per la valutazione del modulo edometrico ( $Ed$ ), la relazione proposta da DENVER (1982):

$$Ed \text{ (Kg/cmq)} = S1 \times N_{spt} + S2$$

dove per “sabbie e ghiaie”, definizione granulometrica che meglio distingue le alluvioni, i coefficienti S1 ed S2 assumono i seguenti valori:  $S1 = 7.56$  ;  $S2 = 187.5$

sostituendo i valori si ottiene: **Ed = 372 Kg/cm** \* \* \* \* \*

Per i depositi alluvionali analizzando il valore dei colpi necessari per l’avanzamento dello scandaglio penetrometrico dinamico, risultano frequentemente valori medi intorno a 28 colpi, con valori maggiori in corrispondenza di livelli più addensati o con ciottoli e valori inferiori in corrispondenza di livelli meno addensati a maggiore componente limo-sabbiosa; considerando i valori dei colpi in ogni singola prova si ottiene un valore di  $N_{medio} = 28$ , da cui:

Ai valori, così corretti, scartando quelli a rifiuto e quelli più elevati, corrisponde un valore medio pari a:  $N_{spt} = 28$

Tali sedimenti, incoerenti, esplicano le caratteristiche di resistenza al taglio mediante i valori dell’angolo di attrito interno; per ricavare il valore medio dell’angolo di attrito interno ( $\phi$ ) si utilizzano le formule (1), da cui, per  $N_{spt} = 28$ ,

si ottiene:  **$\phi = 35^\circ$**

Si tratta di sedimenti incoerenti con un grado di consistenza complessivo medio-elevato; dal punto di vista geotecnico, si tratta di sedimenti clastici incoerenti, per cui può essere tutto trascurato il valore della coesione. La resistenza al taglio si esplica mediante il valore dell’angolo di attrito interno, valore che è in diretta relazione con il grado di addensamento posseduto dai depositi.

Quest’ultimo subisce un incremento all’aumentare della profondità, in ragione del carico litostatico che tende ad occludere i vuoti presenti tra i singoli elementi.

Nella seguente tabella vengono riassunti i parametri di taglio dei terreni alluvionali, ottenuti dalle prove geognostiche in sito:

Caratteristiche geotecniche	Prove S.P.T.	Prove penetrometriche dinamiche
<b>Depositi alluvionali [AI]</b>		
Peso di Volume ( $\gamma$ )	1.80-1.90 t/mc	1.80-1.90 t/mc
Angolo di attrito interno ( $\phi'$ )	33°- 34°	34°- 35°
Coesione (C')	0.0 kg/cmq	0.0 kg/cmq
Densità relativa (dr %)	50-70	50-70

Modulo Edometrico (Ed)	372 – 408 kg/cmq	400 – 435 kg/cmq
------------------------	------------------	------------------

\* \* \* \* \*

Per la caratterizzazione dell'orizzonte **detritico superficiale (CD)**, ci si riferisce ai dati ottenuti dalle prove penetrometriche dinamiche e in base alle velocità delle onde sismiche che forniscono indicazioni sul grado di addensamento dei livelli superficiali.

Analizzando il valore dei colpi necessari per l'avanzamento dello scandaglio penetrometrico, risultano frequentemente valori intorno a 20-30 colpi, con valori maggiori in corrispondenza di livelli più addensati o con ciottoli e valori inferiori in corrispondenza di livelli meno addensati a maggiore componente limo-sabbiosa; considerando i valori dei colpi nei livelli più superficiali della coltre in ogni singola prova si ottiene un valore di  $N_{medio} = 23$ , da cui:

Ai valori, così corretti, scartando quelli a rifiuto e quelli più elevati ottenuti nel substrato roccioso, corrisponde un valore medio pari a:  $N_{spt} = 23$

Tali sedimenti, incoerenti, esplicano le caratteristiche di resistenza al taglio mediante i valori dell'angolo di attrito interno; per ricavare il valore medio dell'angolo di attrito interno ( $\phi$ ) si utilizzano le formule empiriche utilizzate per le alluvioni (1a-1b):

da cui, per  $N_{spt} = 23$ , si ottiene:

$$\phi_{medio} = 33^{\circ}.57 \text{ (1a)}$$

$$\phi_{medio} = 33^{\circ}.9 \text{ (1b)}$$

Si tratta di sedimenti incoerenti con un grado di consistenza complessivo medio ( $D_r = 53,83 \%$ ).

Per analogia con i dati tabellari forniti dalla letteratura specializzata e con i risultati di precedenti indagini effettuate dallo scrivente su queste litofacies, i parametri rappresentativi da assegnare ai terreni indagati sono i seguenti:

Caratteristiche geotecniche	Prove penetrometriche dinamiche
<b>Coltre detritica [CD]</b>	
Peso di Volume ( $\gamma$ )	1.70-1.80 t/mc
Angolo di attrito interno ( $\phi'$ )	30°-33°
Coesione ( $C'$ )	0.0 t/mq

Densità relativa (dr %)	50-70
Modulo Edometrico (Ed)	350 – 400 kg/cmq

\* \* \* \* \*

### **Materiali litoidi di substrato:**

#### **(arenarie Ar – metamorfici(M))**

Nell'area in esame si rileva ad di sotto delle coperture detritiche la presenza di un substrato litoide omogeneo costituito da arenarie e conglomerati nella parte medio alta del bacino e metamorfici nella parte bassa del bacino (filladi).

Lo studio della formazione litoide di substrato è stato affrontato con metodologie legate ad accurati rilievi di superficie sugli affioramenti litoidi presenti nell'area e mediante i dati ottenuti dagli accertamenti geognostici e geotecnici.

### ***7.2 CLASSIFICA CSIR (RMR, Rock Mass Rating) secondo lo schema di Bieniawski (1979)***

La caratterizzazione degli ammassi rocciosi geotecnicamente interessati è stata ottenuta dal confronto tra i dati scaturiti dalle indagini geognostiche di tipo diretto con quelli ottenuti da un accurato rilievo geostrutturale di dettaglio.

Gli ammassi rocciosi risultano "frazionati" in una serie di blocchi, dal volume unitario molto variabile, da discontinuità molto diffuse, costituite principalmente da litoclasti.

Le caratteristiche fisico-meccaniche dell'ammasso roccioso sono state desunte mediante la "Classificazione CSIR-RMR" secondo lo schema di Bieniawski (1979).

La classifica CSIR tiene conto di 5 parametri principali:

- 1) *la resistenza a compressione uniassiale del materiale intatto;*
- 2) *il valore di RQD;*
- 3) *la spaziatuta dei giunti;*
- 4) *le condizioni dei giunti (scabrezza, alterazione delle pareti, apertura, grado di riempimento);*
- 5) *le condizioni idrauliche (afflusso d'acqua, pressione interstiziale);*

Ciascun parametro viene valutato in modo quantitativo o qualitativo e a ciascuno di essi è assegnato un indice (rating) parziale, secondo lo schema di Bieniawski (1979).

La somma degli indici relativi ai cinque parametri fornisce l'indice globale intrinseco dell'ammasso roccioso. Per la valutazione degli indici numerici (n), ci si avvale di rilevazioni effettuate mediante misurazioni dirette nel corso del rilievo di superficie, comparate con quelle derivate da precedenti indagini geognostiche di tipo diretto.

Gli indici vengono indicati come segue:

- ***n1 = Resistenza del materiale***
- ***n2 = Indice di qualità dello ammasso roccioso (R.Q.D)***
- ***n3 = Spaziatura dei giunti***
- ***n4 = Condizioni dei giunti***
- ***n5 = Condizioni idrauliche***

I terreni metamorfici rappresentano il substrato roccioso riscontrato durante l'esecuzione dei sondaggi, effettuato lungo l'alveo; le arenarie affiorano nella parte medio alta del bacino e risultano ricoperti da terreni eluvio-detritici superficiali costituiti da sabbie limose e frammenti litici di origine metamorfica.

Da quanto rilevato nel corso dei rilievi e delle indagini in situ, l'ammasso risulta "frazionato" in una serie di blocchi di materiale roccioso, dal volume unitario molto variabile, da discontinuità molto diffuse e costituite da numerose diaclasi, variamente orientate, e lineazioni dovute all'intensa azione tettonica subita dalla massa rocciosa.

La classifica geomeccanica CSIR per le arenarie risulta:

**Resistenza del materiale (indice n1)**

Per quanto le arenarie siano dotati di un buon grado di resistenza alla compressione uniassiale, cautelativamente, si considerano i valori fra i più bassi, propri di tale terreno lapideo in condizioni di fratturazione; = 100 - 250 kg/cmq

**n1 = 2**

**R.Q.D (indice n2)**

Per le arenarie mancano i dati relativi all'indice R.Q.D., che è definito come la percentuale di carotaggio recuperato, in carote intatte, di almeno 10 cm di lunghezza. Per ottenere una stima dell'indice di utilizzano i dati dei rilievi diretti su affioramenti naturali e i dati delle prospezioni sismiche; per le arenarie l'indice RQD "stimato", espresso in percentuale, risulta pari a : RQD = 25 %-50%

**n2 = 8**

**Spaziatura dei giunti (indice n3)**

La spaziatura minore fra le discontinuità presenti nell'ammasso roccioso, risulta quella dovuta alle numerose diaclasi. Nel corso delle indagini di superficie la spaziatura è stata riscontrata compresa tra 0.2 e 0.6 m e pertanto, l'indice si assume pari a:

**n3 = 10**

**Condizione dei giunti (indice n4)**

Le condizioni appaiono caratterizzate da superfici scabre, con aperture < 1 mm, pareti roccia alterate, e pertanto:

**n4 = 20**

**Condizioni idrauliche (indice n5)**

Le condizioni dell'ammasso roccioso, per quanto riguarda la situazione idraulica, possono essere considerate "molto umide"; ciò è dovuto alla presenza delle acque d'infiltrazione; a tale situazione corrisponde:

**n5 = 7**

La classifica geomeccanica CSIR per le **metamorfiti** risulta:

**Resistenza del materiale (indice n1)**

Per quanto le filladi siano dotati di un buon grado di resistenza alla compressione uniassiale, cautelativamente, si considerano i valori fra i più bassi, propri di tale terreno lapideo in condizioni di fratturazione; = 100 - 250 kg/cmq

**n1 = 2**

**R.Q.D (indice n2)**

L'indice R.Q.D. è definito come la percentuale di carotaggio recuperato, in carote intatte, di almeno 10 cm di lunghezza. Per ottenere un risultato più attendibile si è proceduto, durante la perforazione, con il doppio carotiere che consente il recupero di carote intatte. Per le metamorfiti l'indice RQD, espresso in percentuale, risulta pari a : RQD < 25 %

**n2 = 3**

**Spaziatura dei giunti (indice n3)**

La spaziatura minore fra le discontinuità presenti nell'ammasso roccioso, risulta quella dovuta alle numerose diaclasi. Nel corso delle indagini di superficie la spaziatura è stata riscontrata compresa tra 0.06 e 0.2 m e pertanto, l'indice si assume pari a:

**n3 = 8**

**Condizione dei giunti (indice n4)**

Le condizioni appaiono caratterizzate da superfici scabre, con aperture < 1 mm, pareti roccia alterate, e pertanto:

**n4 = 20**

**Condizioni idrauliche (indice n5)**

Le condizioni dell'ammasso roccioso, per quanto riguarda la situazione idraulica, possono essere considerate "molto umide"; ciò è dovuto alla presenza delle acque d'infiltrazione; a tale situazione corrisponde:

**n5 = 7**

Le qualità intrinseche dell'ammasso roccioso, in funzione dell'indice RMR, vengono espresse dalla sommatoria dei singoli valori di (n).

Tale sommatoria è pari a : **(n) = 47 (arenarie) e (n) = 36 (metamorfiti)** e ciò consente di classificare la roccia come:

**Arenarie: CLASSE III (DISCRETA)**

**Metamorfiti: CLASSE III (SCADENTE)**

**7.3 Accertamenti geofisici (sismica a rifrazione)**

Per l'orizzonte lapideo, costituito dal substrato litoide fratturato, le prove penetrometriche dinamiche hanno fatto registrare valori di N colpi a rifiuto, per cui la caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni di substrato ci si riferisce anche ai dati emersi dai profili sismici a rifrazione.

I valori ottenuti dai profili sismici possono essere, infatti, utilizzati per una caratterizzazione semi-quantitativa dell'ammasso roccioso utilizzando un indice proposto da ONODERA.

L'indice proposto per la classificazione dell'ammasso roccioso è il rapporto di velocità ( $V_r$ ) definito da:  $(V_r) = (V_f/V_l)$

dove  $V_f$  è la velocità longitudinale di propagazione del suono nell'ammasso roccioso, determinato mediante il metodo sismico;  $V_l$  è la velocità di propagazione longitudinale del suono in un campione di roccia in laboratorio. Sulla base dei valori di ( $V_r$ ) l'ammasso roccioso viene classificato nel modo indicato nella tabella 1.

**Tabella 1 – Classificazione della roccia in situ**

RQD (%)	VR	Descrizione della roccia
0 – 25	0 – 0.20	Molto Scadente
25 – 50	0.20 – 0.40	Scadente
50 – 75	0.40 – 0.60	Discreta
75 – 90	0.60 – 0.80	Buona
90 – 100	0.80 – 1.00	Eccellente

Tenendo conto dei valori di velocità ottenuti per i substrati rocciosi (Orizzonte B) si ottiene un Vf medio, che rapportato ad un VI di laboratorio per le rocce in questione, consente di ottenere un valore di Vr e una classificazione come indicato nella seguente tabella riepilogativa:

**Tabella sismica**

Litologie	Vf (m/s)	VI (m/s)	Vr	R.Q.D. (%)	Classificazione della roccia in situ
Arenarie (Ar)	1311	3000	0.43	50-75	Discreta
Filladi (M)	1098	3000	0.36	25-50	Scadente

La meccanica delle rocce definisce questi terreni come un sistema roccioso caratterizzato da discontinuità, nelle quali le proprietà del “materiale” roccioso non rappresentano le proprietà dell’intero ammasso; queste ultime sono condizionate dalle caratteristiche strutturali del sistema e dalla sua disomogeneità litologica.

Le discontinuità costituiscono delle famiglie, cioè degli insiemi di discontinuità grossomodo perpendicolari tra loro, che separano blocchi di roccia dello spessore all’incirca costante, e venendo così a determinare il valore roccioso unitario, che nel caso specifico è mediamente elevato. L’ammasso roccioso in esame può essere definito come un insieme di blocchi aventi le caratteristiche meccaniche simili e derivabili da quelle della roccia sana, separati tra loro da superfici o zone a minore resistenza costituite da giunti di strato e diaclasi, che ne alterano l’originaria compattezza.

Da quanto sopra emerge che il comportamento geomeccanico di queste rocce è legato anche alle proprietà di attrito mobilizzabili lungo le superfici di discontinuità.

Dalla tabella 1 si nota la correlazione tra l’indice (Vr) con il parametro caratteristico (RQD). Tale parametro consente di risalire alla resistenza a compressione uniassiale

della roccia, in base alla classifica geomeccanica CSIR per gli ammassi rocciosi proposta da (BIENIAWSKY 1979).

Da tale parametro è possibile determinare la resistenza al taglio dell'ammasso roccioso, tenendo conto delle condizioni geomeccaniche della roccia (spaziatura dei giunti).

Per tali rocce la resistenza dell'attrito è quella che si mobilita lungo le superfici di discontinuità, condizionanti il comportamento geomeccanico dell'intero ammasso roccioso, qualitativamente inferiore a quello determinabile sul singolo elemento lapideo e pertanto per i calcari cristallini possono riassumersi i seguenti parametri:

In base alle correlazioni suddette è possibile fornire i seguenti parametri fisico-meccanici per il substrato litoide riscontrato:

<b>Caratteristiche geotecniche</b>	<b>Arenarie [Ar]</b>	<b>Scisti filladici [F]</b>
<i>Peso di Volume (<math>\gamma</math>)</i>	2.3-2.5 t/mc	2.2-2.3 t/mc
<i>Angolo di attrito interno (<math>\varphi'</math>)</i>	35°- 40°	35°- 38°
<i>Coesione (<math>C'</math>)</i>	5-10 kg/cmq	3-8 kg/cmq

## **8. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE E PROPOSTE DI INTERVENTO.**

Il territorio comunale di Sinagra (Me), per la sua conformazione geomorfologica ed idrogeologica, può essere sede di gravi dissesti di tipo idrogeologico, come dimostra l'evento che si è verificato il giorno 26 maggio 2001, che ha coinvolto con ingentissimi danni la contrada Mulinazzo.

I fenomeni di dissesto rientrano negli eventi naturali che non avrebbero conseguenze particolari in aree non urbanizzate e completamente naturali; il settore specifico sta vivendo uno sviluppo economico positivo, grazie alla sua posizione geografica che la colloca in una zona pedemontana di raccordo tra la fascia costiera tirrenica a valenza turistica e i rilievi montuosi interessati dal recente Parco dei Nebrodi.

Questa posizione, contrariamente agli altri insediamenti urbani collinari, non favorisce l'abbandono da parte degli abitanti, che investono nello sviluppo del settore.

Tale sviluppo urbano di Sinagra, come facilmente prevedibile si sta realizzando prevalentemente lungo la vallata della Fiumara di Sinagra; in particolar modo lungo il settore di fondovalle sulla sua sinistra idrografica, dove è presente la nuova strada di collegamento veloce tra la costa e l'entroterra, la cui presenza favorisce lo sviluppo dell'area, con insediamenti industriali e residenziali.

Le uniche aree di sviluppo, si collocano quindi in zone di fondovalle subpianeggianti, spesso nei pressi degli sbocchi vallivi degli affluenti minori della fiumara di Sinagra; si tratta spesso di aree di conoidi di deiezione prodotti dal deposito di materiale alluvionale.

I corsi d'acqua degli affluenti presenti nell'area, con bacini a limitato sviluppo areale presentano per diversi aspetti una notevole forza erosiva e di trasporto a valle di materiale detritico, in corrispondenza di eventi meteorici intensi.

Lo studio svolto ha permesso di sintetizzare alcuni aspetti di carattere generale di cui tener conto per la salvaguardia del territorio comunale di Sinagra da fenomeni di dissesto idrogeologico.

In particolare, il presente studio ha permesso di:

1. Valutare la presenza di fenomeni di dissesto all'interno del bacino idrografico del Vallone Caputo che possono essere interessati da fenomeni erosivi con il conseguente apporto di materiale detritico;
2. Verificare nelle zone di testata del bacino fluviale la situazione idraulico-forestale;
3. Valutare e verificare le dimensioni degli attuali alvei fluviali;
4. Controllare la presenza di discariche che possono essere coinvolte da dissesto idrogeologico.

Dopo questa breve premessa, le considerazioni di seguito esposte riassumono i temi fondamentali sviluppati nel presente lavoro e analizzano le problematiche connesse alla realizzazione degli interventi in progetto.

Sulla scorta dei rilievi e delle indagini effettuate nel corso del presente studio e dalla sintesi dei dati elaborati, emerge una situazione abbastanza chiara delle condizioni morfologiche, litologiche e stratigrafiche dell'area interessata dall'evento calamitoso avvenuto nel mese di Maggio 2001, che ha riguardato sia il settore a valle del bacino idrografico del Vallone Caputo (settore A) sia il settore a monte del medesimo bacino (settore B).

Si ricorda, brevemente che questa circostanza si è verificata nel mese di maggio 2001, in corrispondenza della contrada Mulinazzo, posta nei pressi del Vallone Caputo.

Il dissesto, che rientra in quelli di tipo idrogeologico, è stato provocato dall'ondata di piena che si verificata lungo l'alveo del torrente a seguito delle intense precipitazioni avutesi nell'area nella notte del 25 e la mattinata del 26 maggio.

L'area in questione è stata investita dall'ondata di piena costituita dalle acque di scorrimento superficiale che hanno trascinato a valle ingenti quantitativi di materiale detritico con elevata velocità, (compresi enormi massi ciclopici, tronchi di alberi) e con forte potere distruttivo.

*I danni prodotti da questo processo erosivo sono stati gravi e diffusi, interessando tutta l'asta fluviale fino alla confluenza con il torrente Naso; in particolare i materiali alluvionali hanno raggiunto diverse case del complesso residenziale e altre ancora*

*nell'area, depositando materiale detritico con spessori di circa 3 metri (fino ai balconi del primo piano); danneggiamento delle vie di comunicazione principali e distruzione delle condotte idriche, cavi telefonici ed elettrici. Le colate detritiche e l'acqua hanno interessato inoltre, estese aree coltivate ad agrumeti, depositando ingenti quantitativi di materiale alluvionale.*

*L'evento del 26 maggio non rappresenta un caso isolato occasionale ma è già successo più volte in epoca storica e sicuramente si ripeterà nel futuro prossimo .*

*I rilievi geomorfologici di dettaglio ed in particolare le sequenze stratigrafiche dei depositi alluvionali riscontrati nel corso delle indagini geognostiche in sito hanno evidenziato che allo sbocco vallivo, in corrispondenza della C/da Mulinazzo, i fenomeni di esondazione si sono verificati in diversi periodi in maniera quasi ciclica. Infatti si nota una successione di alluvioni grossolane con clasti ciclopici e di alluvioni medio-fini che evidenziano le diverse fasi di trasporto del corso d'acqua.*

*I livelli grossolani sono stati trasportati dalle ondate di piena con modalità tipiche delle colate che si verificano nelle conoidi alluvionali in clima semi-arido, alimentate da piogge rare ma intense (violenti temporali).*

Per quanto osservato e riepilogato nel corso del presente studio, la scrivente ritiene che gli interventi relativi alla sistemazione idraulico-forestale del Vallone Caputo prevista in progetto, sia lungo l'impluvio (settore A) e sia nei tratti collinari del bacino idrografico (settore B), debbano avere i seguenti scopi :

- di regolazione delle acque superficiali per la difesa del suolo dall'erosione,
- l'attenuazione del trasporto solido da parte dei corsi d'acqua
- la salvaguardia dei terreni della pianura alluvionale potenzialmente interessati da esondazioni fluviali.

Con questo tipo d'intervento si attua, in particolare la salvaguardia degli insediamenti abitati di contrada Mulinazzo posti a valle, allo sbocco vallivo, già interessati da eventi calamitosi di natura alluvionale.

Nel settore in esame sono stati già realizzati alcuni limitati interventi di consolidamento e di sistemazione idraulica degli impluvi che hanno tamponato solo localmente i processi di dinamica geomorfologica attivi.

Gli interventi previsti in progetto prevedono il completamento delle opere di sistemazione idraulico-forestale mediante la realizzazione d'interventi mirati e localizzati nelle aree che sono risultate nel corso degli studi a maggiore rischio idrogeologico.

L'analisi dei caratteri geolitologici e geomorfologici del settore, unitamente ai risultati ottenuti dagli accertamenti geognostici, permette di sviluppare delle considerazioni circa gli interventi progettuali previsti in progetto.

Si ritiene utile porre in evidenza le seguenti considerazioni che riassumono i temi fondamentali sviluppati nel presente lavoro, indicati secondo le varie tipologie di lavoro:

### **SETTORE A: Asta fluviale (Vallone Caputo)**

In questa zona sono da prevedere interventi di difesa dall'erosione laterale e di fondo e un complessivo allargamento dell'alveo fluviale. Si tratta di opere di tipo intensivo, localizzate nell'alveo torrentizio, di natura idraulica che consistono nella sistemazione dell'alveo mediante opere trasversali (soglie e briglie) e opere longitudinali (argini).

#### **Difese di sponda, soglie e briglie**

Il progetto prevede la realizzazione di opere finalizzate a limitare il potere erosivo del corso d'acqua nella parte medio-bassa; gli interventi previsti consentono di limitare l'erosione di fondo operata dalle acque incanalate mediante la realizzazione di briglie e soglie e l'erosione laterale con argini fluviali che hanno anche lo scopo di ridurre i potenziali rischi di esondazione in concomitanza di eventi meteorici di particolare intensità.

- *le fondazioni di tipo diretto delle strutture di sistemazione idraulica (briglie e argini) dell'alveo torrentizio previste dovranno essere ben immorsate nei terreni alluvionali di fondovalle, al fine di evitare cedimenti e fenomeni erosivi da parte delle acque di scorrimento superficiale del corso d'acqua (scalzamento); l'utilizzo di strutture flessibili in gabbioni ben si presta per la*

*realizzazione di opere longitudinali e trasversali nelle aste torrentizie, che uniscono alle doti di flessibilità e di alto potere drenante, anche quello di essere particolarmente indicate per il basso impatto ambientale che le caratterizza.*

Una soluzione recentemente proposta per la realizzazione delle soglie dei torrenti è quella di creare una barriera di massi ciclopici trattenuti da una maglia di pali di acciaio ben infissi nell'aveo torrentizio. Questa soluzione presenta un basso impatto ambientale utilizzando i massi ciclopici presenti nell'alveo torrentizio.

### **Attraversamento SP 146 (Ponte)**

Il progetto prevede la realizzazione di un nuovo ponte sulla strada provinciale n° 146 che consenta l'attraversamento del Vallone Caputo in sostituzione di quello esistente che risulta sottodimensionato rispetto alle caratteristiche idrauliche del corso d'acqua.

- *la presenza di terreni alluvionali incoerenti e di un corso d'acqua a carattere torrentizio consiglia di immergere adeguatamente le strutture di sostegno nel materasso alluvionale, con la realizzazione di fondazioni indirette (pali di fondazione), per le due spalle del ponte per l'attraversamento dell'impluvio; la profondità del substrato litoide di natura metamorfica è di circa 11-13 metri;*
- *per il dimensionamento dei manufatti si deve tenere conto dei risultati relativi alle portate di massima piena del corso d'acqua in cui regime è a carattere tipicamente torrentizio;*
- *per un primo dimensionamento delle opere previste in progetto possono essere utilizzati i parametri geotecnici orientativi indicati nel paragrafo "Proprietà geotecniche dei terreni".*

### **SETTORE B: Bacino Idrografico (Vallone Caputo)**

In questa zona sono da prevedere interventi di difesa dall'erosione delle acque di scorrimento superficiale lungo i versanti posti all'interno del bacino idrografico. Si tratta essenzialmente di opere di tipo estensivo, cioè opere minori di natura idraulica distribuiti all'interno del bacino idrografico (versanti) e nei solchi di ruscellamento concentrato (fossi e burroni) *foto n°5*. Tra questi interventi rientra la sistemazione di

due tratti *di* alveo che sono stati profondamente erosi dall'evento alluvionale del 2001 (foto n°1-2), che ha completamente asportato tratti di strada, creando dei burroni profondi.

Gli interventi previsti sono: **canali di gronda, guadi con soglia, manufatti di scarico, pareti di placcaggio, scarpate con graticciate.**

Per quanto riguarda i guadi con soglia le fondazioni delle strutture murarie di sistemazione idraulica dell'alveo torrentizio previste sia a monte che a valle dell'attraversamento dovranno essere ben immerse nei terreni di substrato, al fine di evitare cedimenti e fenomeni erosivi da parte delle acque di scorrimento superficiale del corso d'acqua;

Il presente studio riveste carattere di studio definitivo, e alcune tematiche affrontate dovranno essere ulteriormente approfondite nel corso dello studio geologico esecutivo.

In particolare nel corso della fase esecutiva dovranno essere eseguite ulteriori indagini geognostiche nel settore montano (Settore B) interessato dagli interventi progettuali più significativi (guadi e pareti di placcaggio) *foto n°6*, atte a determinare l'esatta situazione litostratigrafica locale e a definire i parametri geotecnici dei terreni di fondazione, dati da utilizzare nelle verifiche geotecniche.

*Sinagra, Agosto 2005*

*IL Geologo*

*Dott.ssa Marzia Rita Mancuso*



The image shows a handwritten signature in black ink over a circular purple stamp. The stamp contains the text: "ORDINE REGIONALE DEI GEOLOGI DELLA SICILIA", "Dott. Geol. MARZIA RITA", and "N. 1409".

## INDICE

## pagina

### STUDIO GEOLOGICO DEFINITIVO: Messa in sicurezza Alluvione Mulinazzo

1	PREMESSA .....	1
2.	LINEAMENTI GEOMORFOLOGICI .....	5
2.1	Generalità .....	5
2.2	Analisi dell'evento calamitoso del 26 maggio 2001 e aspetti climatici dell'area .....	6
2.3	Elementi di morfometria del bacino idrografico del V. Caputo .....	7
2.4	Studio Idrogeologico V. Caputo ( aspetti specifici dei SETTORI A e B) .....	11
2.4.1	Asta fluviale del Vallone Caputo (SETTORE A) .....	11
2.4.2	Bacino idrografico : Versanti (SETTORE B) .....	13
3.	INQUADRAMENTO GEOLOGICO - STRUTTURALE .....	15
3.1	Sismicità dell'area .....	15
4.	CARATTERISTICHE GEOLITOLOGICHE .....	18
5.	IDROGEOLOGIA .....	22
6.	RILIEVI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE .....	25
6.1	Sondaggi geognostici .....	26
6.1.1	Prove S.P.T. .....	27
6.1.2	Rilievi piezometrici .....	28
6.2	Prove penetrometriche .....	28
6.3	Prospezioni sismiche .....	30
6.4	Prospezioni geoelettriche .....	33
7.	ASPETTI GEOLOGICO TECNICI DELL'AREA .....	39
7.1	Caratteristiche geotecniche dei terreni .....	39
7.1.1	Prove S.P.T. .....	39
7.1.2	Prove penetrometriche dinamiche .....	41
7.2	CLASSIFICA CSIR (RMR, Rock Mass Rating) secondo lo schema di Bieniawski (1979) .....	45
7.3	Accertamenti geofisici (sismica a rifrazione) .....	48
8.	CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE E PROPOSTE DI INTERVENTO. ....	51

## ALLEGATI

Aerofotogrammetria - Corografia {Tav.1}

Carta geolitologica {Tav.2} - Carta del reticolo idrografico {Tav.3}

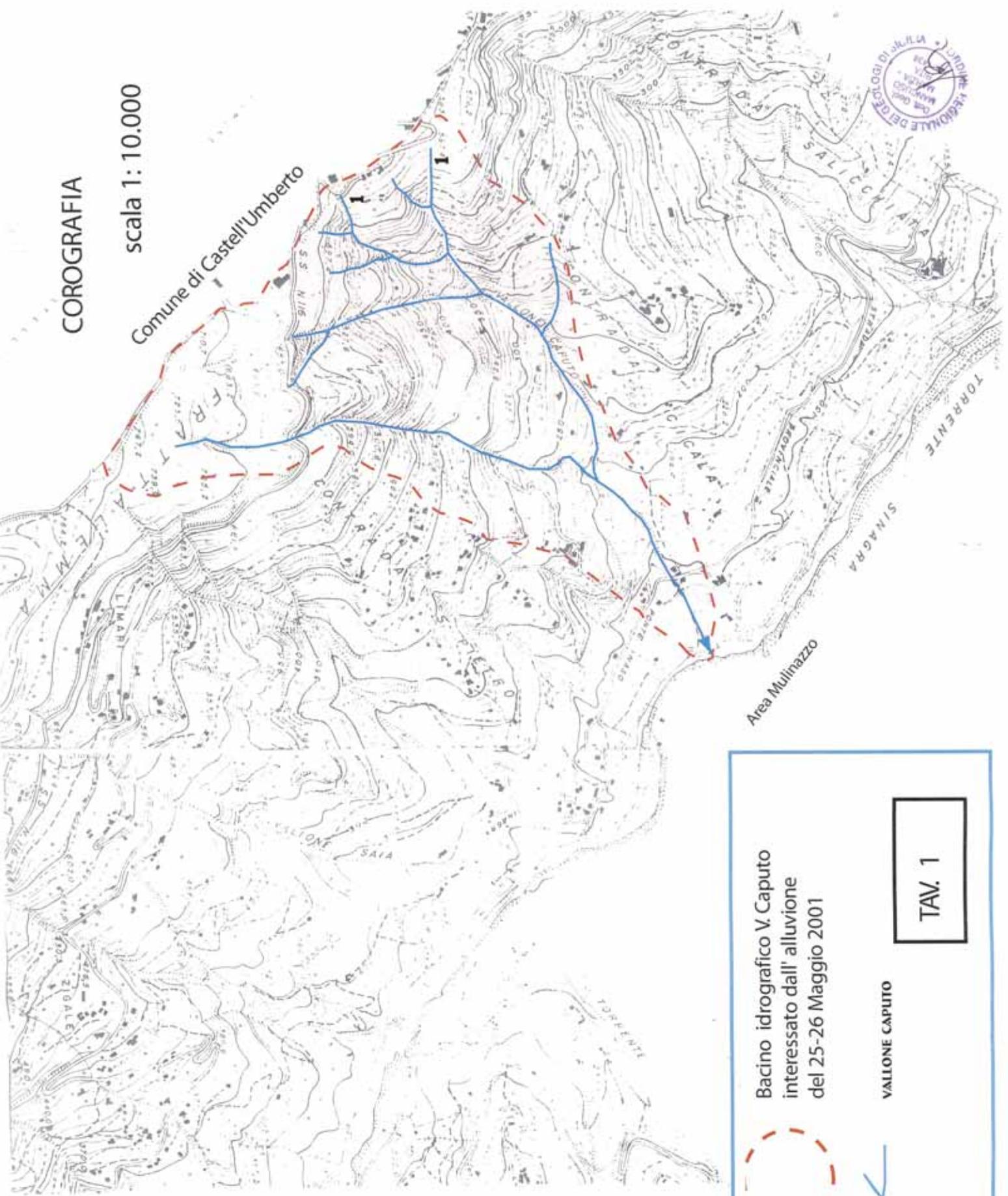
Carta Geomorfologica {Tav.4} - Carta Idrogeologica {Tav.5}

- *Planimetria, in scala 1:2.500, dove risultano ben evidenziate le ubicazioni delle indagini geognostiche effettuate;*
- *Istogrammi, relativi alle prove penetrometriche dinamiche e continue, evidenzianti l'andamento decimetrico delle prove e le corrispondenti colonne stratigrafiche desunte;*
- *Dromocrone e sezioni profondità, ottenute dall'elaborazione dei dati scaturiti dai singoli profili sismici effettuati.*
- *Curve di resistività e colonne stratigrafiche dei sondaggi elettrici verticali.*
- *Sezioni geostratigrafiche interpretative in scala 1:500*

# COROGRAFIA

scala 1: 10.000

Comune di Castell'Umberto



Bacino idrografico V. Caputo  
interessato dall'alluvione  
del 25-26 Maggio 2001

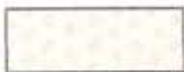


VALLONE CAPUTO

TAV. 1

# CARTA GEOLITOLOGICA

## Legenda



Falde di detrito



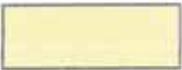
Alluvioni attuali



Alluvioni terrazzate e recenti



Formazione del Flysch di Capo D'Orlando  
(Arenarie Conglomerati (c))



Unità S.Marco: Metamorfiti di basso grado



Conoide di deiezione



Corso d'acqua principale



Corso d'acqua V.Caputo



*limiti geologici*



*spartiacque*

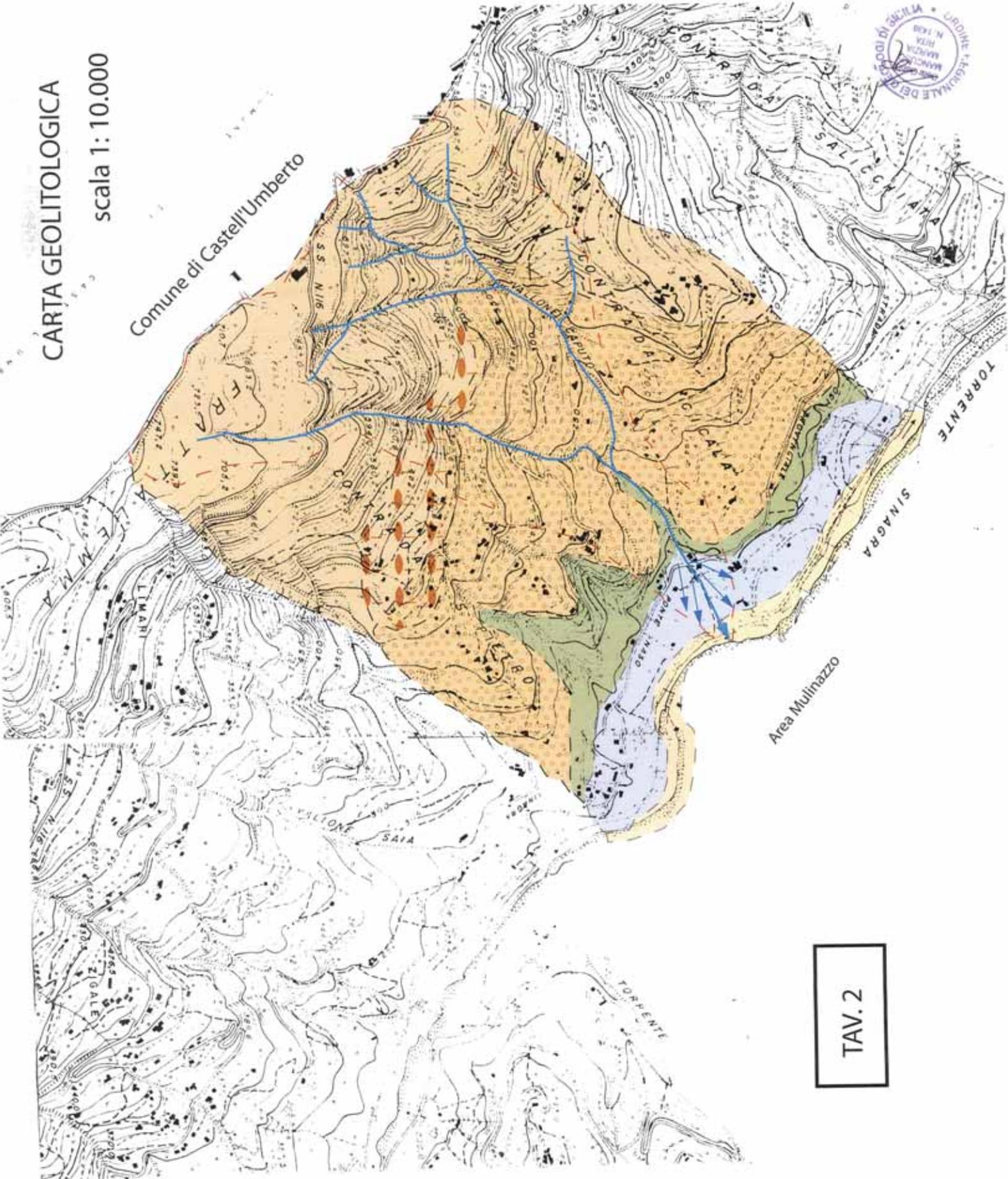


*linea di faglia*

CARTA GEOLITOLÓGICA

scala 1: 10.000

Comune di Castell'Umberto



TAV. 2

# CARTA DEL RETICOLO IDROGRAFICO

scala 1: 10.000

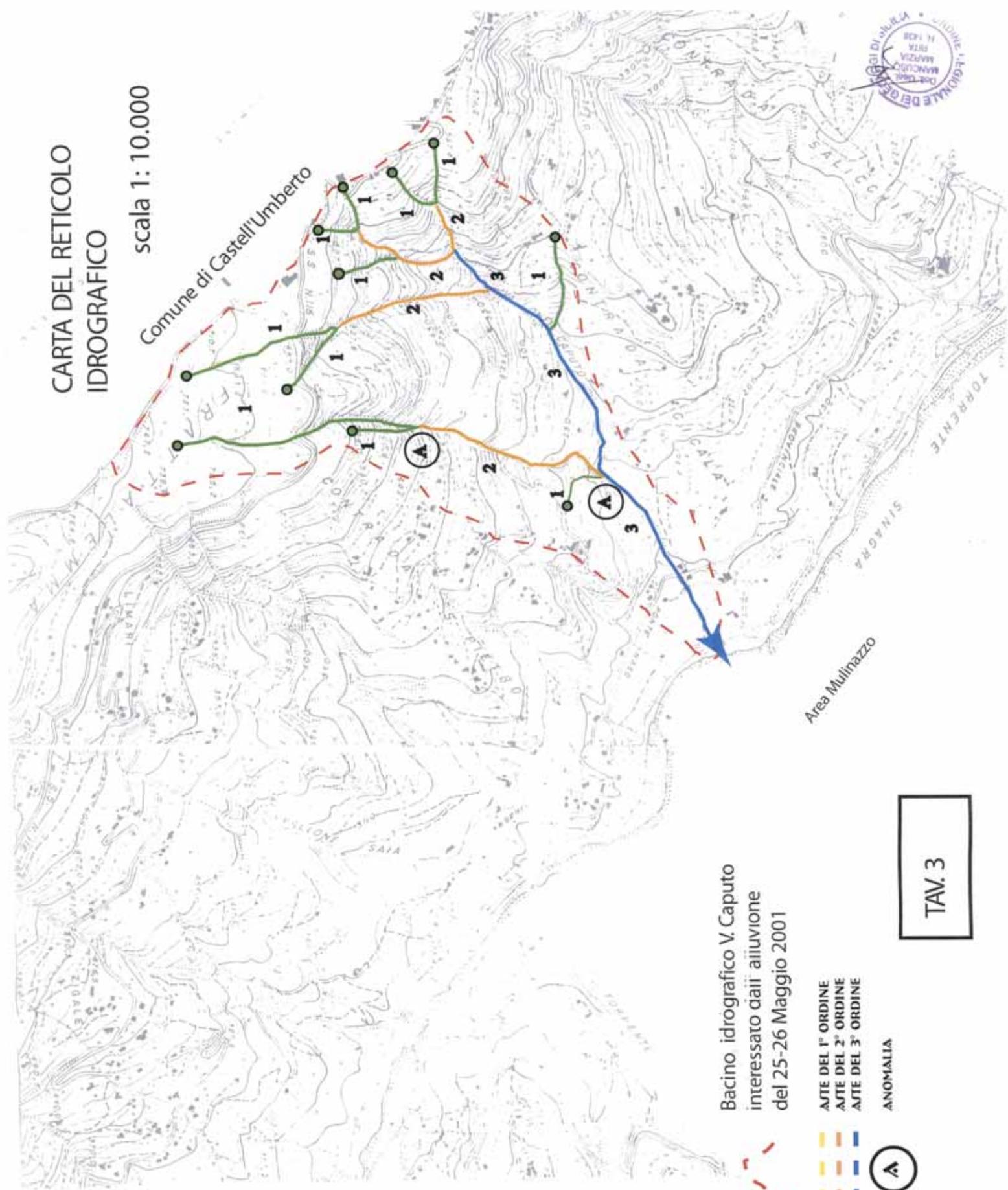
Comune di Castell'Umberto

Bacino idrografico V. Caputo  
interessato dall'alluvione  
del 25-26 Maggio 2001

- AITE DEL 1° ORDINE
- AITE DEL 2° ORDINE
- AITE DEL 3° ORDINE
- ANOMALIA

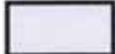


TAV. 3



# CARTA GEOMORFOLOGICA

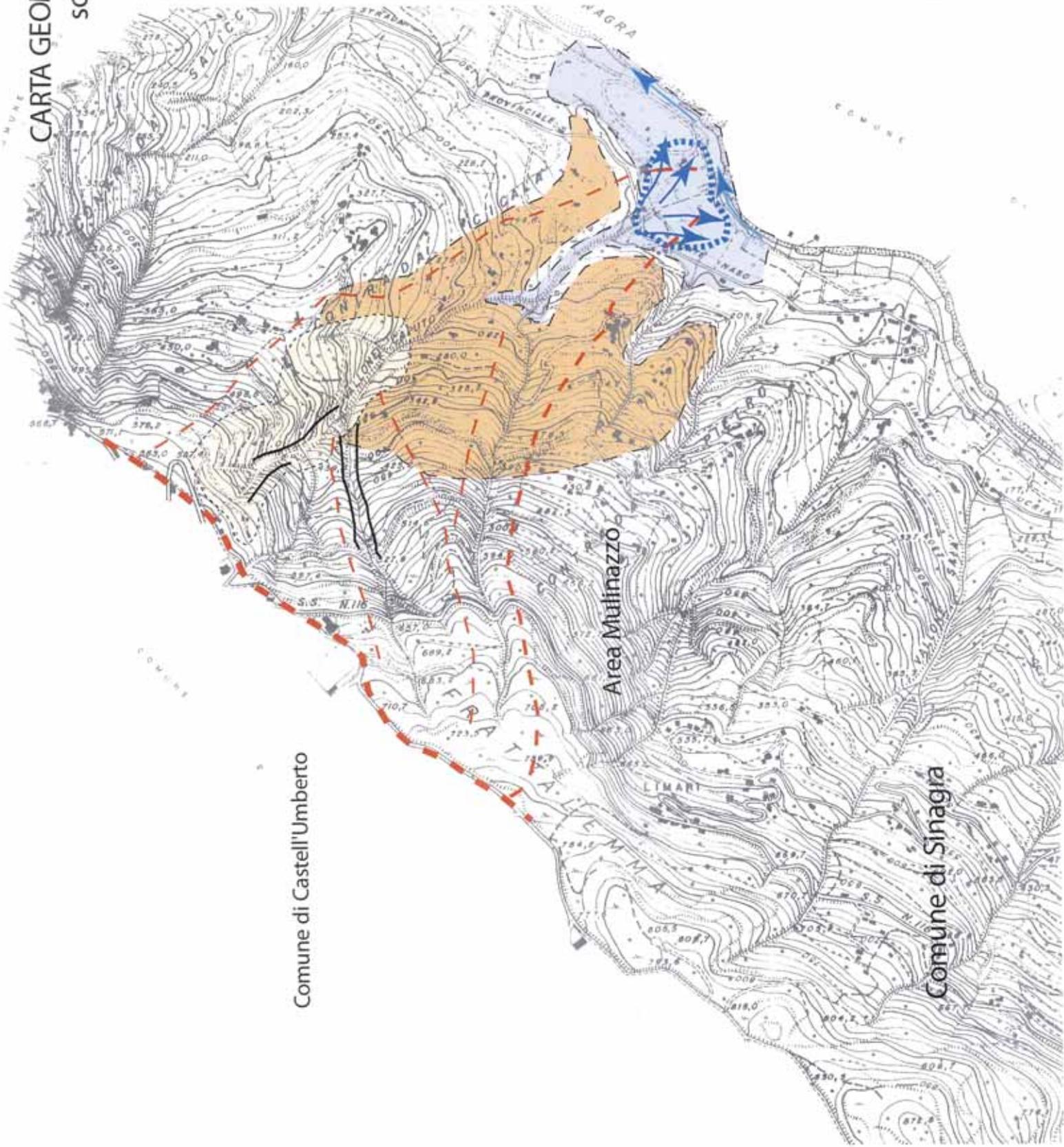
## Legenda

	<i>corso d'acqua principale (Fiumara di Sinagra)</i>		<i>conoide di deiezione</i>
	<i>impluvio V. Caputo</i>		<i>scarpata di erosione torrentizia</i>
	<i>solco di ruscellamento concentrato</i>		
	<i>alveo in erosione</i>		<i>linea di faglia</i>
	<i>formazioni litoidi</i>		
	<i>depositi alluvionali</i>		
	<i>detrito</i>		
	<i>area maggiormente dissestata (forma di erosione torrentizia con caduta di detriti)</i>		
	<i>spartiacque principale (crinale)</i>		
	<i>spartiacque bacino V. Caputo</i>		
	<i>spartiacque secondario interno al bacino Caputo</i>		
	<i>piana di esondazione</i>		

CARTA GEOMORFOLOGICA  
scala 1: 10.000



TAV. 4



# *CARTA IDROGEOLOGICA*

## *Legenda*



*corso d'acqua  
impluvio V. Caputo*



*direzione deflussi idrici*



*corso d'acqua principale  
Fiumara di Sinagra*



*terreni a permeabilità primaria per porosità*



*terreni a permeabilità variabile*



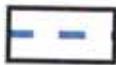
*terreni a permeabilità per porosità e fessurazione*



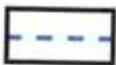
*terreni impermeabili*



*spartiacque principale (crinale)*



*spartiacque Vallone Caputo*



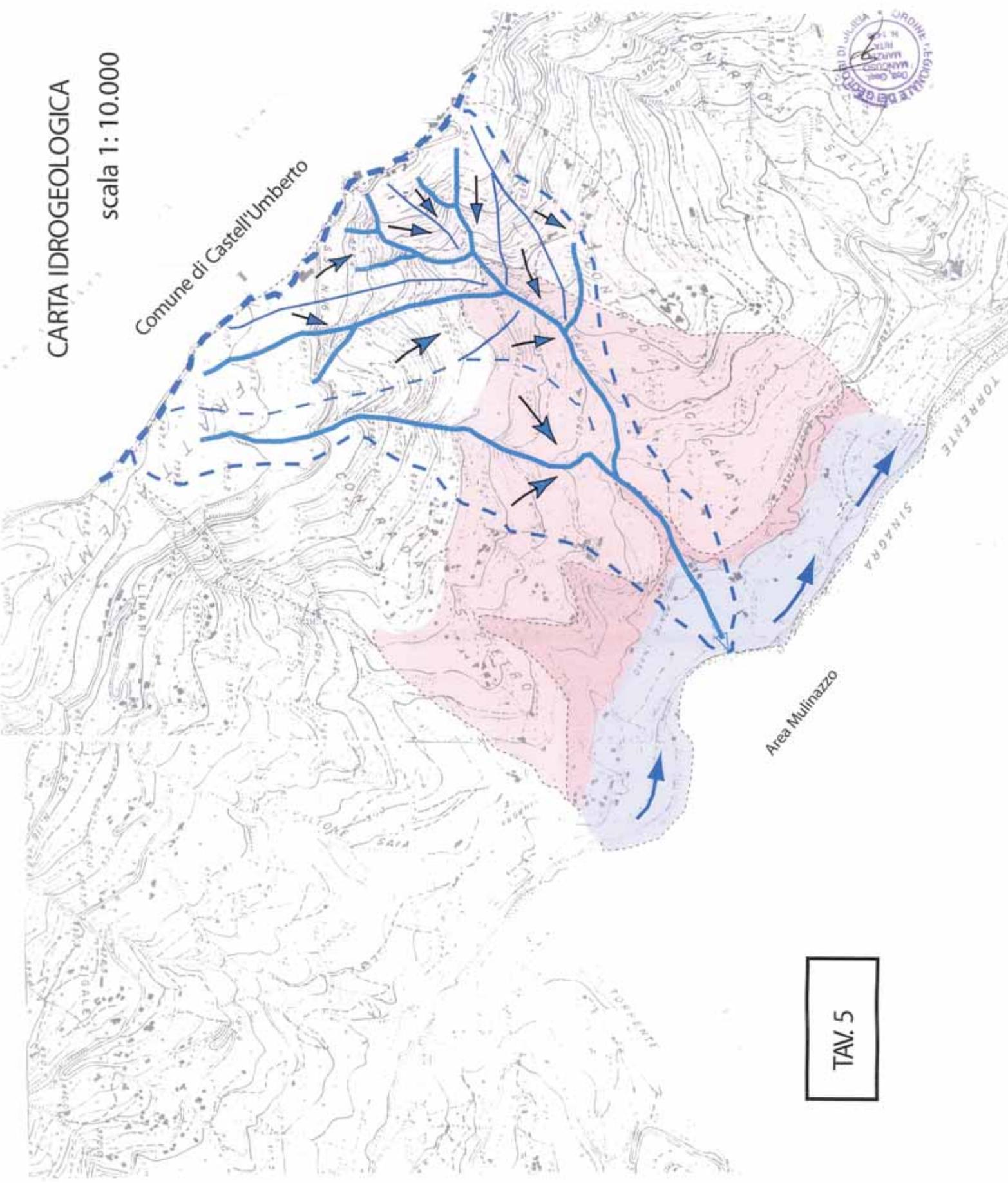
*spartiacque secondario*

CARTA IDROGEOLOGICA

scala 1:10.000



Comune di Castell'Umberto



Area Mulinazzo

TAV. 5

**PLANIMETRIA** (scala 1:2.500)  
Comune di Sinagra (ME)

Progetto: "Messa in sicurezza dell'area in c/da  
Mulinazzo interessata dall'alluvione verificatasi nel  
mese di maggio 2001 nel Comune di Sinagra (ME)".

**UBICAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE**

Sondaggi geognostici

Prove penetrometriche dinamiche

Profili sismici a rifrazione

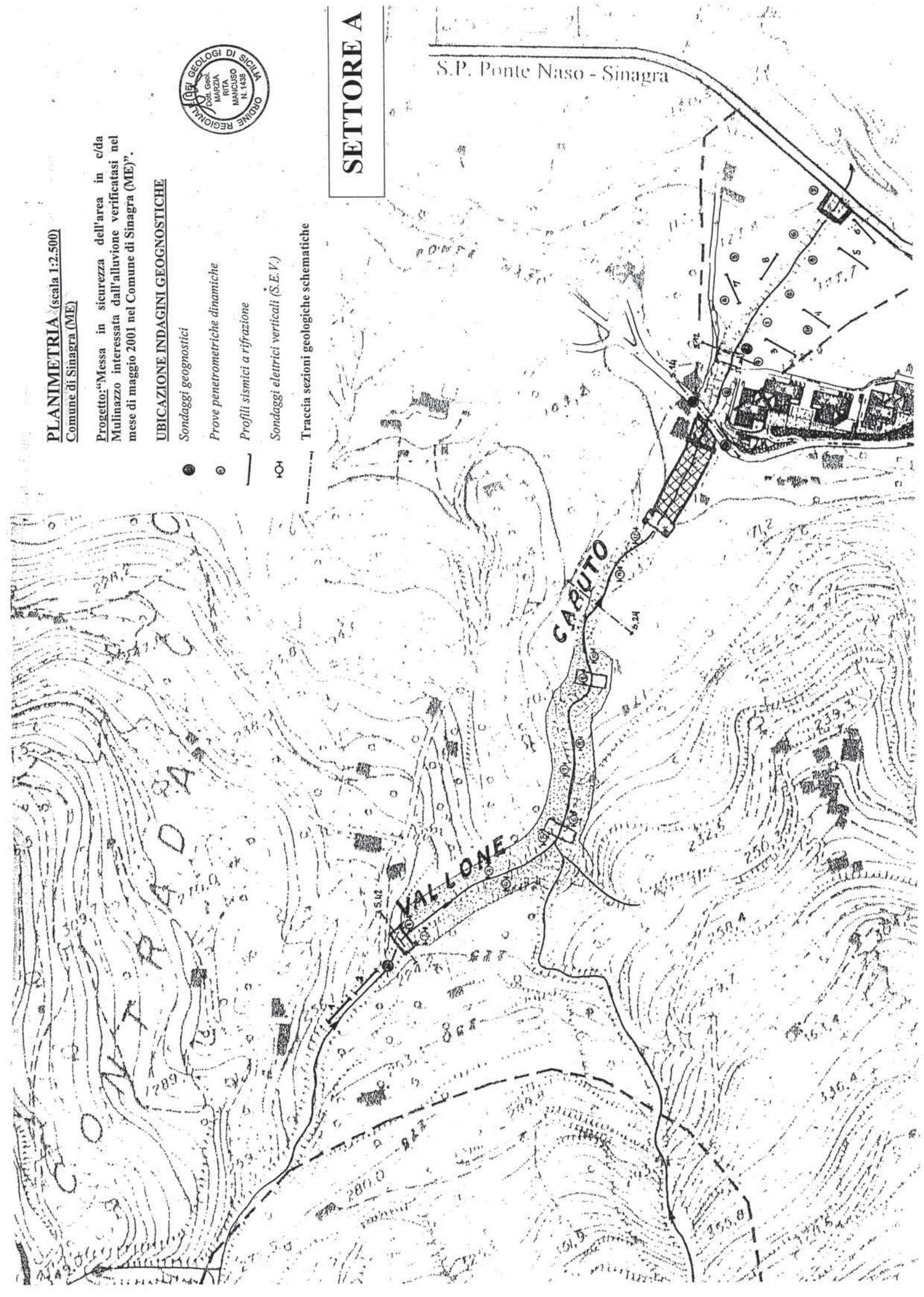
Sondaggi elettrici verticali (S.E.V.)

Traccia sezioni geologiche schematiche



**SETTORE A**

S.P. Ponte Naso - Sinagra



SETTORE B





**SEZIONI GEOLOGICHE SCHEMATICHE**

Progetto: "Messa in sicurezza dell'area in c/da  
Mulinazzo interessata dall'alluvione verificatasi nel  
mese di maggio 2001 nel Comune di Sinagra (ME)".

Scala 1:200

**LEGENDA:**

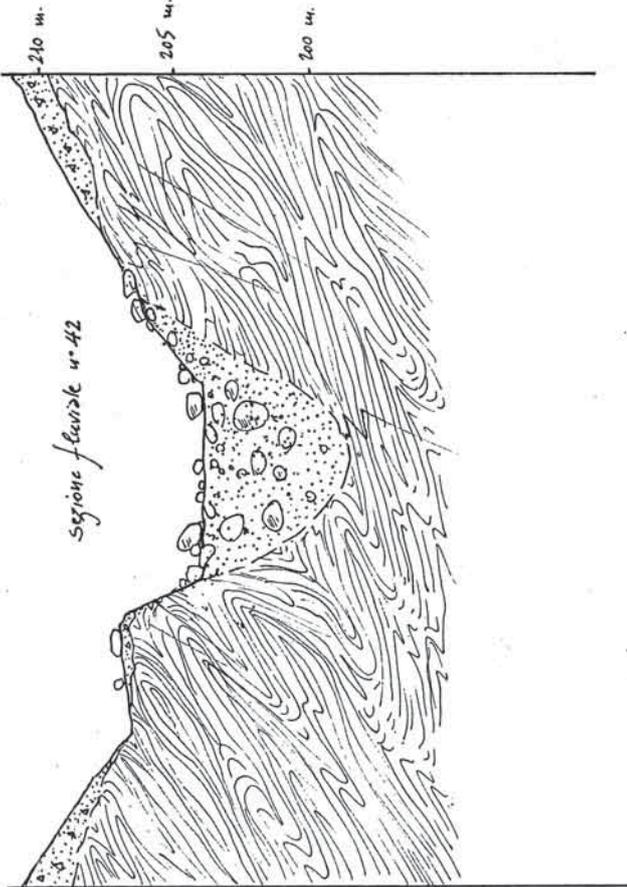
Coltre eluvio-detrifica (CD)



Alluvioni (ALI+ALZ)



Substrato litoide metamorfico (M)



*Sezione fessile ponte sulla S.P. 146*

**SEZIONI GEOLOGICHE SCHEMATICHE**

Progetto: "Messa in sicurezza dell'area in c/da  
Mulinazzo interessata dall'alluvione verificatosi nel  
mese di maggio 2001 nel Comune di Sinagra (ME)".

Scala 1:200

**LEGENDA:**

Coltre eluvio-detritica (CD)



Alluvioni (AL1+AL2)



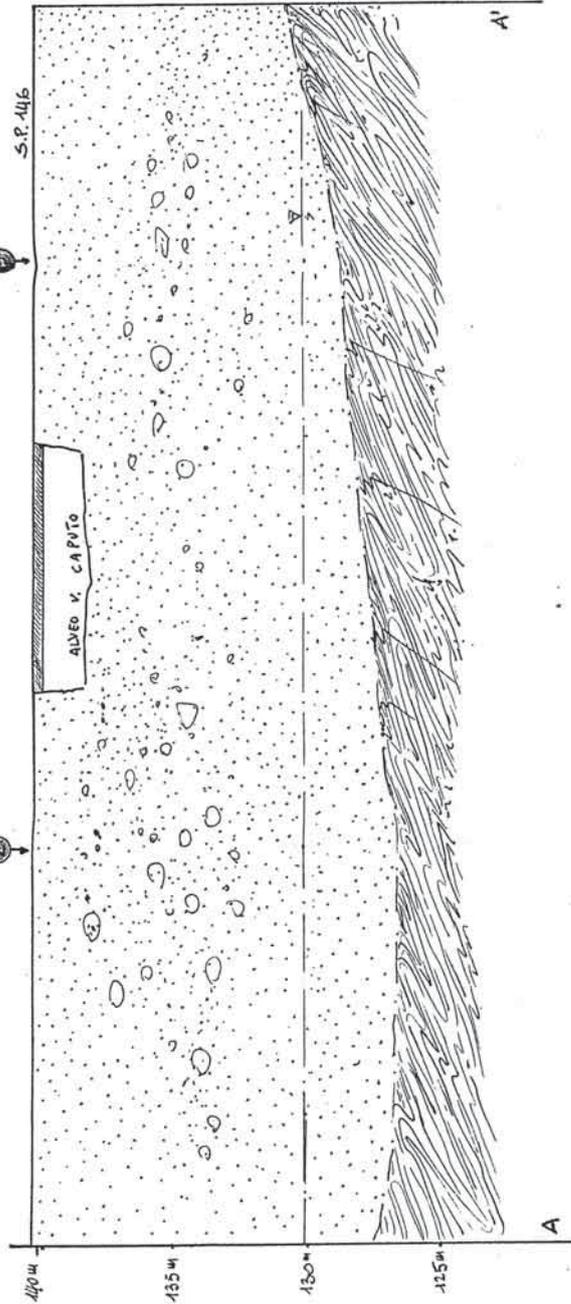
Substrato litoidi metamorfico (M)



Sondaggi geognostici



Falda idrica



*Sezione fessile n° 12*



Profilo Longitudinale Vallone Caputo (SETTORE A)



*regione Solbyra*

*regione Solbyra*

*Cosaide di disegione* → *Alvo incavato*

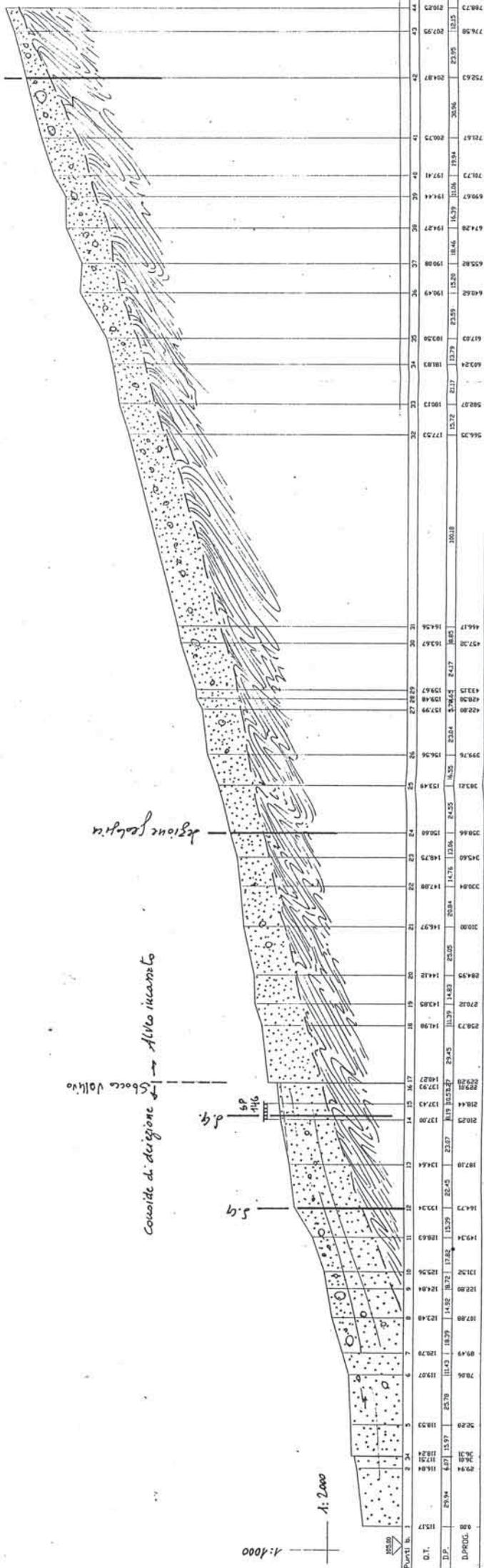
*Sboce Volivo*

*d.g.*

*s.g.*

1:2000

1:1000



0.00	115.17	0.00	115.17
1	115.17	0.00	115.17
2	115.17	0.00	115.17
3	115.17	0.00	115.17
4	115.17	0.00	115.17
5	115.17	0.00	115.17
6	115.17	0.00	115.17
7	115.17	0.00	115.17
8	115.17	0.00	115.17
9	115.17	0.00	115.17
10	115.17	0.00	115.17
11	115.17	0.00	115.17
12	115.17	0.00	115.17
13	115.17	0.00	115.17
14	115.17	0.00	115.17
15	115.17	0.00	115.17
16	115.17	0.00	115.17
17	115.17	0.00	115.17
18	115.17	0.00	115.17
19	115.17	0.00	115.17
20	115.17	0.00	115.17
21	115.17	0.00	115.17
22	115.17	0.00	115.17
23	115.17	0.00	115.17
24	115.17	0.00	115.17
25	115.17	0.00	115.17
26	115.17	0.00	115.17
27	115.17	0.00	115.17
28	115.17	0.00	115.17
29	115.17	0.00	115.17
30	115.17	0.00	115.17
31	115.17	0.00	115.17
32	115.17	0.00	115.17
33	115.17	0.00	115.17
34	115.17	0.00	115.17
35	115.17	0.00	115.17
36	115.17	0.00	115.17
37	115.17	0.00	115.17
38	115.17	0.00	115.17
39	115.17	0.00	115.17
40	115.17	0.00	115.17
41	115.17	0.00	115.17
42	115.17	0.00	115.17
43	115.17	0.00	115.17
44	115.17	0.00	115.17
45	115.17	0.00	115.17
46	115.17	0.00	115.17
47	115.17	0.00	115.17
48	115.17	0.00	115.17
49	115.17	0.00	115.17
50	115.17	0.00	115.17
51	115.17	0.00	115.17
52	115.17	0.00	115.17
53	115.17	0.00	115.17
54	115.17	0.00	115.17
55	115.17	0.00	115.17
56	115.17	0.00	115.17
57	115.17	0.00	115.17
58	115.17	0.00	115.17
59	115.17	0.00	115.17
60	115.17	0.00	115.17
61	115.17	0.00	115.17
62	115.17	0.00	115.17
63	115.17	0.00	115.17
64	115.17	0.00	115.17
65	115.17	0.00	115.17
66	115.17	0.00	115.17
67	115.17	0.00	115.17
68	115.17	0.00	115.17
69	115.17	0.00	115.17
70	115.17	0.00	115.17
71	115.17	0.00	115.17
72	115.17	0.00	115.17
73	115.17	0.00	115.17
74	115.17	0.00	115.17
75	115.17	0.00	115.17
76	115.17	0.00	115.17
77	115.17	0.00	115.17
78	115.17	0.00	115.17
79	115.17	0.00	115.17
80	115.17	0.00	115.17
81	115.17	0.00	115.17
82	115.17	0.00	115.17
83	115.17	0.00	115.17
84	115.17	0.00	115.17
85	115.17	0.00	115.17
86	115.17	0.00	115.17
87	115.17	0.00	115.17
88	115.17	0.00	115.17
89	115.17	0.00	115.17
90	115.17	0.00	115.17
91	115.17	0.00	115.17
92	115.17	0.00	115.17
93	115.17	0.00	115.17
94	115.17	0.00	115.17
95	115.17	0.00	115.17
96	115.17	0.00	115.17
97	115.17	0.00	115.17
98	115.17	0.00	115.17
99	115.17	0.00	115.17
100	115.17	0.00	115.17

Committente. : Comune di Sinagra (Prov. ME)  
 Cantiere..... : Messa in sicurezza area c/da Mulinazzo  
 Indagine ..... : Studio Geologico Definitivo

Sondaggio ... : S1 (Settore A)  
 Quota..... :  
 Data..... : giugno 2005  
 Responsabile : dr. Geologo Marzia Rita Mancuso  
 Operatore..... : Ditta: Geosicilia

Scala	Litologia	Descrizione	Spessore	% di Carotaggio	S.P.T.	P.T. Kg/cmq	V.T.	Campioni	Diam. Foro	Metodo Perforaz.	Metodo di Stabilizz.	Liv. di Falda	Piezometro
1		Depositi alluvionali sabbioso-ghiaiosi con clasti eterometrici	4.50		2.00 PC 16-21-23								
2													
3													
4													
5		Depositi alluvionali sabbioso-limosi con livelli di ghiaia e clasti eterometrici	6.50		5.00 PC 14-18-24								
6													
7													
8													
9													
10													
11		Depositi alluvionali sabbioso-ghiaiosi con clasti eterometrici	5.00		22-26-30 12.50 PC 32-43-R								
12													
13													
14													
15		Depositi alluvionali sabbioso-limosi con livelli ghiaiosi e clasti eterometrici	2.50		15.50 PC 24-28-34								
16													
17													
18									18.50	18.50			
19									(101)	(CS)			
20													
21													



Campioni: S-Pareti Sottili, O-Osterberg, M-Mazier, R-Rimaneggiato, Rg-Rimaneggiato da SPT  
 Piezometro: ATA-Tubo Aperto, CSG-Casagrande  
 Perforazione: CS-Carotiere Semplice, CD-Carotiere Doppio, EC-Elica Continua  
 Stabilizzazione: RM-Rivestimento Metallico, FB-Fanghi Bentonici  
 Prove SPT: PA-Punta Aperta, PC-Punta Chiusa

Committente : Comune di Sinagra (Prov. ME)  
 Cantiere..... : Messa in sicurezza area c/da Mulinazzo  
 Indagine ..... : Studio Geologico Definitivo

Sondaggio ... : S2 (Settore A)  
 Quota..... :  
 Data..... : giugno 2005  
 Responsabile : dr. Geologo Marzia Rita Mancuso  
 Operatore..... : Ditta: Geosicilia

Scala	Litologia	Descrizione	Spessore	% di Carotaggio 0 20 40 60 80 100	S.P.T.	P.T. Kg/cmq	V.T.	Campioni	Diam. Foro	Metodo Perforaz.	Metodo di Stabilizz.	Lv. di Falda	Piezometro			
1		Depositi alluvionali sabbioso-ghiaiosi con livelli sabbioso-limosi e clasti fluviali eterometrici (decimetrici)	13.80		1.50 PC											
2					20-21-19											
3																
4					4.00 PC											
5					21-22-18											
6					6.00 PC											
7					36-39-46											
8																
9																
10															10.00	
11					10.45 PC											
12					26-31-38											
13					13.00 PC											
14		Substrato (bedrock) costituito da rocce metamorfiche scistose	5.20		34-33-30											
15					15.00 PC											
16					28-R											
17																
18																
19																
20														19.00 (CS)		
21																



Campioni: S-Pareti Sottili, O-Osterberg, M-Mazier, R-Rimaneggiato, Rs-Rimaneggiato da SPT  
 Piezometro: ATA-Tubo Aperto, CSG-Casagrande  
 Perforazione: CS-Carotiere Semplice, CD-Carotiere Doppio, EC-Elica Continua  
 Stabilizzazione: RM-Rivestimento Metallico, FB-Fanghi Bentonitici  
 Prove SPT: PA-Punta Aperta, PC-Punta Chiusa

Carotaggio: Completo

Committente : Comune di Sinagra (Prov. ME)  
 Cantiere..... : Messa in sicurezza area c/da Mulinazzo  
 Inchiesta..... : Studio Geologico Definitivo

Sondaggio ... : S3 (Settore A)  
 Quota..... :  
 Data..... : giugno 2005  
 Responsabile : dr. Geologo Marzia Rita Mancuso  
 Operatore..... : Ditta: Geosicilia

Scala	Litologia	Descrizione	Spessore	% di Carotaggio		S.P.T.	P.T. Kg/cmq	V.T.	Campioni	Diam. Foro	Metodo Perforaz.	Metodo di Stabilizz.	Liv. di Falda	Piezometro		
				0	20										40	60
1		Depositi alluvionali sabbioso-ghiaiosi con livelli sabbioso-limosi (2.50-9.50) e clasti fluviali eterometrici (decimetrici)	11.50													
2				2.00 PC												
3				20-26-23												
4																
5				5.00 PC												
6				16-18-17												
7																
8				8.00 PC												
9				18-20-19												
10				10.00 PC											10.00	
11				21-29-32												
12		Substrato (bedrock) costituito da rocce metamorfiche scistose	9.50													
13				12.50 PC												
14				29-41-R												
15													15.00 (CS)			
16																
17																
18																
19																
20																
21													21.00			



(101) (CD)

Campioni: S-Pareti Sottili, O-Osterberg, M-Mazier, R-Rimaneggiato, Rs-Rimaneggiato da SPT  
 Piezometro: ATA-Tubo Aperto, CSG-Casagrande  
 Perforazione: CS-Carotiere Semplice, CD-Carotiere Doppio, EC-Elica Continua  
 Stabilizzazione: RM Rivestimento Metallico, FB-Fanghi Bentonici  
 Prove SPT: PA-Punta Aperta, PC-Punta Chiusa

Committente. : Comune di Sinagra (Prov. ME)  
 Cantiere..... : Messa in sicurezza area c/da Mulinazzo  
 Indagine ..... : Studio Geologico Definitivo

Sondaggio ... : S4 (Settore A)  
 Quota..... :  
 Data..... : giugno 2005  
 Responsabile : dr. Geologo Marzia Rita Mancuso  
 Operatore..... : Ditta: Geosicilia

Scala	Litologia	Descrizione	Spessore	% di Carotaggio	S.P.T.	P.T. Kg/cmq	V.T.	Campioni	Diam. Foro	Metodo Perforaz.	Metodo di Stabilizz.	Liv. di Falda	Piezometro			
1		Depositi alluvionali costituiti da clasti di natura arenacea eterometrici (centimetrici e decimetrici) inglobati in una matrice sabbioso-ghiaiosa.	6.00	0 20 40 60 80 100	2.00 PC											
2					24-28-32											
3																
4																
5																
6						Substrato (bedrock) costituito da rocce metamorfiche scistose	10.00	0 20 40 60 80 100	4.50 PC							
7	32-49-R															
8																
9																
10													10.00			
11													(CS)			
12																
13																
14																
15																
16													16.00	16.00		
17									(101)	(CD)						
18																
19																
20																
21																

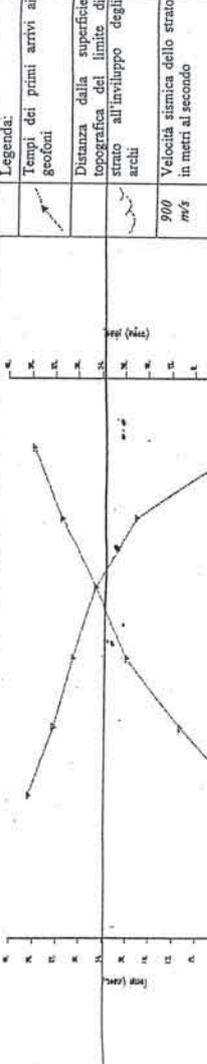


Campioni: S-Pareti Sottili, O-Osterberg, M-Mazier, R-Rimaneggiato, Rs-Rimaneggiato da SPT  
 Piezometro: ATA-Tubo Aperto, CSG-Casagrande  
 Perforazione: CS-Carotiere Semplice, CD-Carotiere Doppio, EC-Elica Continua  
 Stabilizzazione: RM-Rivestimento Metallico, FB-Fanghi Bentonitici  
 Prove SPT: PA-Punta Aperta, PC-Punta Chiusa

Carotaggio Continuo

PROGETTO: "LAVORI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA ED URGENTE PER LA MESSA IN SICUREZZA DELL'AREA INTERESSATA DALL'EVENTO ALLUVIONALE DEL 25-26 MAGGIO 2001 IN C/DA MULINAZZO - COMPLETAMENTO"  
 LOCALITÀ: CONTRADA MULINAZZO (VALLONE CAPUTO) - COMUNE DI SINAGRA (PROV. MESSINA)  
 Committente: Comune di Sinagra (ME)

Profilo Sismico a rifrazione. - Allegato: PS07 (settore A) STUDIO GEOLOGICO DEFINITIVO



Data: giugno 2003

Legenda:

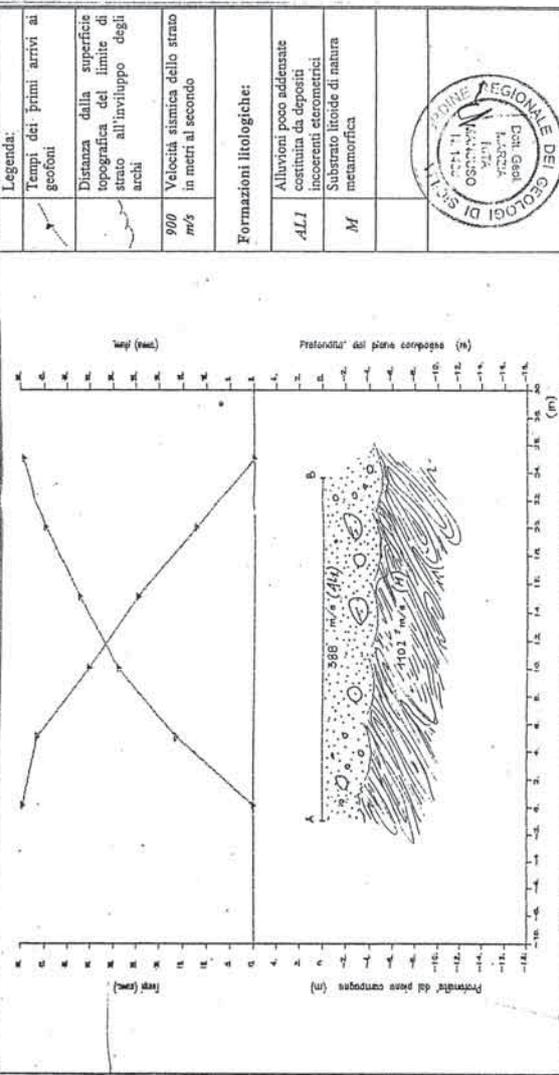
- Tempi dei primi arrivi ai geofoni
- Distanza dalla superficie topografica del limite di strato all'involuppo degli archi
- 900 m/s
- Velocità sismica dello strato in metri al secondo

Formazioni litologiche:

- ALL1 Alluvioni poco addensate costituite da depositi incoerenti eterometrici
- M Substrato litoidale di natura metamorfica

PROGETTO: "LAVORI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA ED URGENTE PER LA MESSA IN SICUREZZA DELL'AREA INTERESSATA DALL'EVENTO ALLUVIONALE DEL 25-26 MAGGIO 2001 IN C/DA MULINAZZO - COMPLETAMENTO"  
 LOCALITÀ: CONTRADA MULINAZZO (VALLONE CAPUTO) - COMUNE DI SINAGRA (PROV. MESSINA)  
 Committente: Comune di Sinagra (ME)

Profilo Sismico a rifrazione. - Allegato: PS02 (settore A) STUDIO GEOLOGICO DEFINITIVO



Data: giugno 2005

Legenda:

- Tempi dei primi arrivi ai geofoni
- Distanza dalla superficie topografica del limite di strato all'involuppo degli archi
- 900 m/s
- Velocità sismica dello strato in metri al secondo

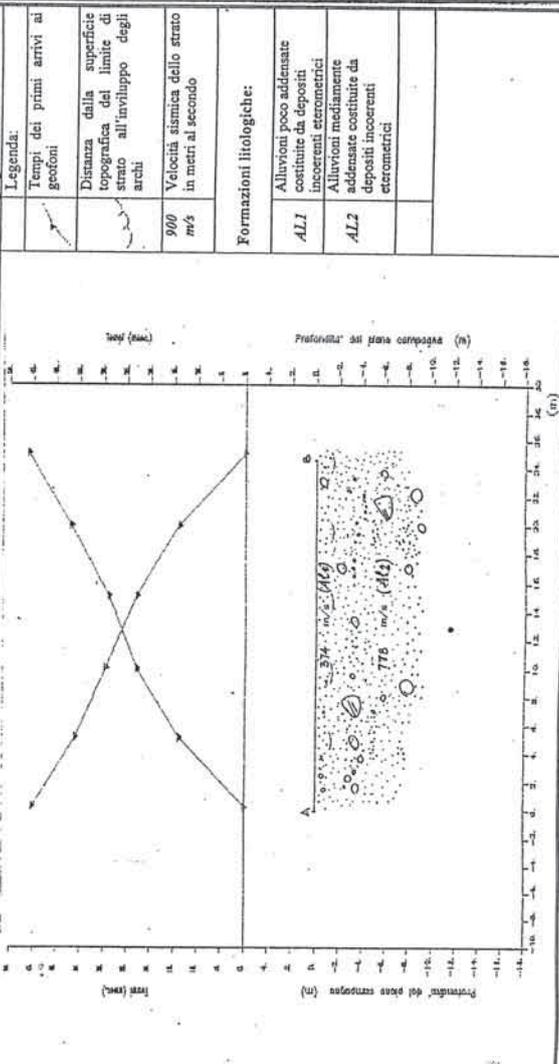
Formazioni litologiche:

- ALL1 Alluvioni poco addensate costituite da depositi incoerenti eterometrici
- M Substrato litoidale di natura metamorfica



PROGETTO: "LAVORI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA ED URGENTE PER LA MESSA IN SICUREZZA DELL'AREA INTERESSATA DALL'EVENTO ALLUVIONALE DEL 25-26 MAGGIO 2001 IN C/DA MULINAZZO - COMPLETAMENTO"  
 LOCALITÀ: CONTRADA MULINAZZO (VALLONE CAPUTO) - COMUNE DI SINAGRA (PROV. MESSINA)  
 Committente: Comune di Sinagra (ME)

Profilo Sismico a rifrazione. - Allegato: PS03 (settore A) STUDIO GEOLOGICO DEFINITIVO



Data: giugno 2005

Legenda:

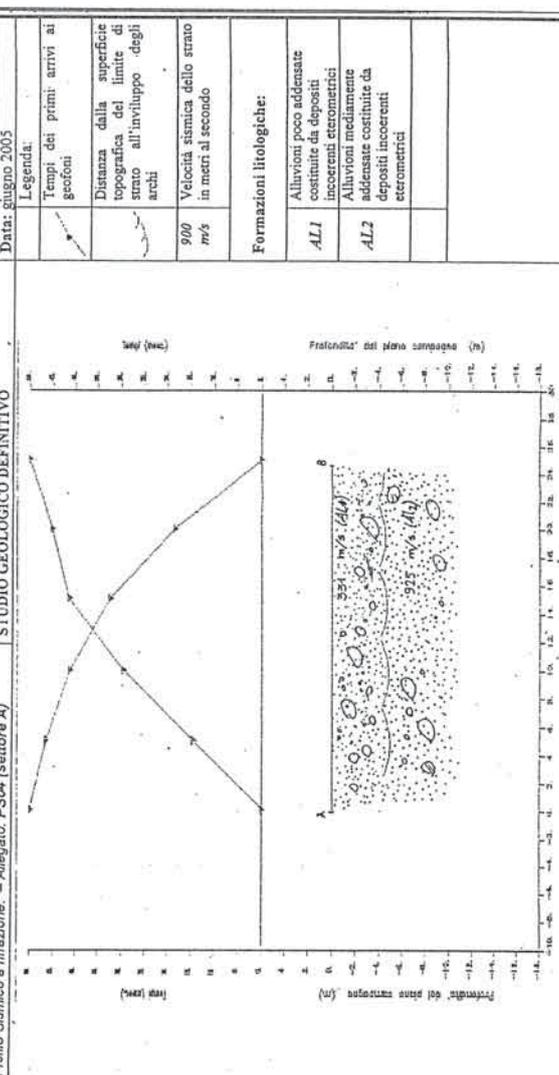
- Tempi dei primi arrivi ai geofoni
- Distanza dalla superficie topografica del limite di strato all'involuppo degli archi
- 900 m/s
- Velocità sismica dello strato in metri al secondo

Formazioni litologiche:

- ALL1 Alluvioni poco addensate costituite da depositi incoerenti eterometrici
- ALL2 Alluvioni mediamente addensate costituite da depositi incoerenti eterometrici

PROGETTO: "LAVORI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA ED URGENTE PER LA MESSA IN SICUREZZA DELL'AREA INTERESSATA DALL'EVENTO ALLUVIONALE DEL 25-26 MAGGIO 2001 IN C/DA MULINAZZO - COMPLETAMENTO"  
 LOCALITÀ: CONTRADA MULINAZZO (VALLONE CAPUTO) - COMUNE DI SINAGRA (PROV. MESSINA)  
 Committente: Comune di Sinagra (ME)

Profilo Sismico a rifrazione. - Allegato: PS04 (settore A) STUDIO GEOLOGICO DEFINITIVO



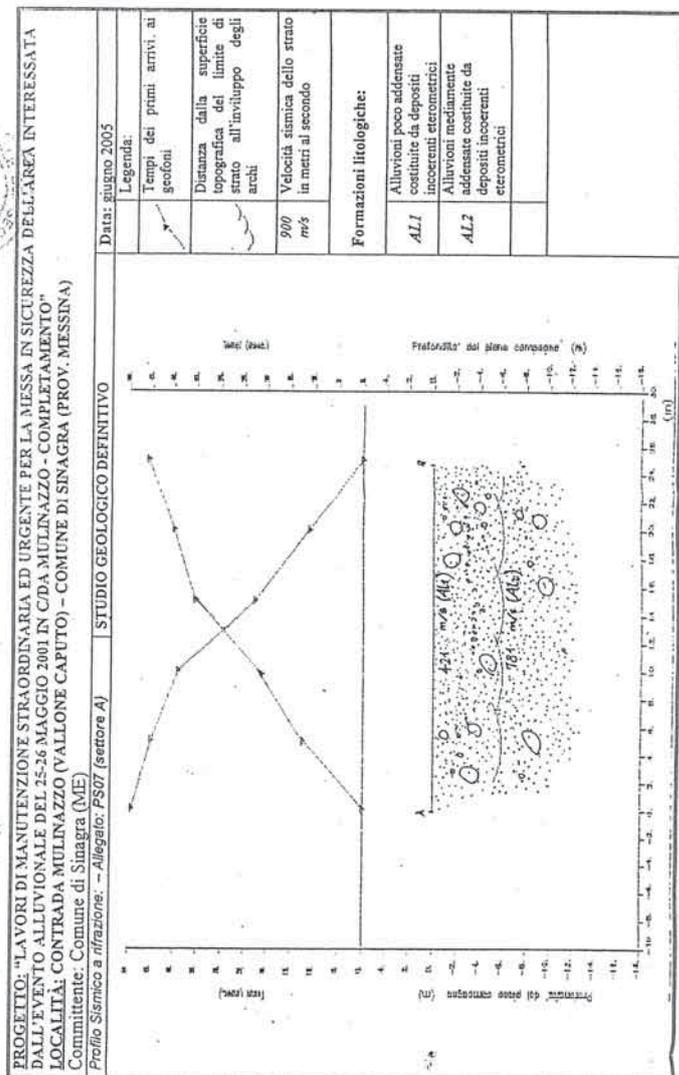
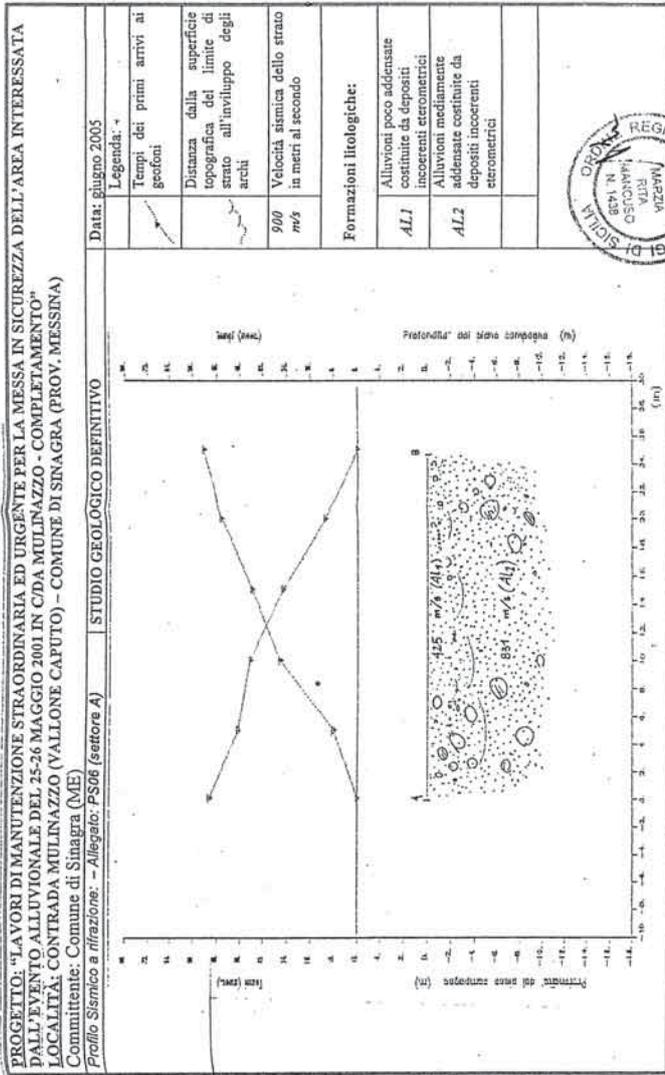
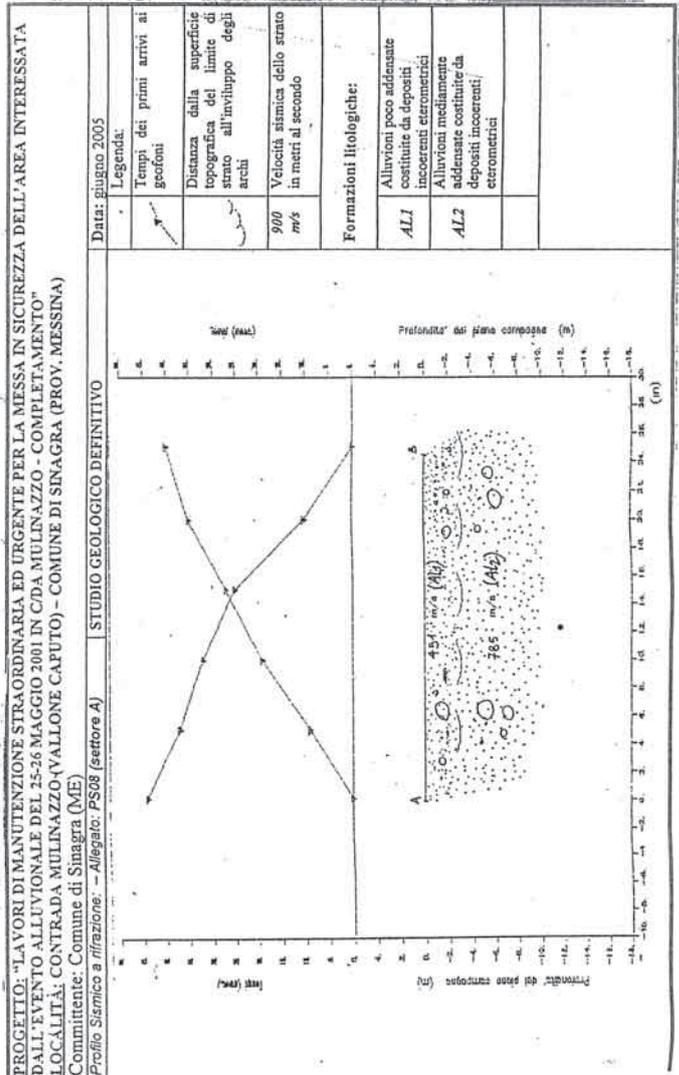
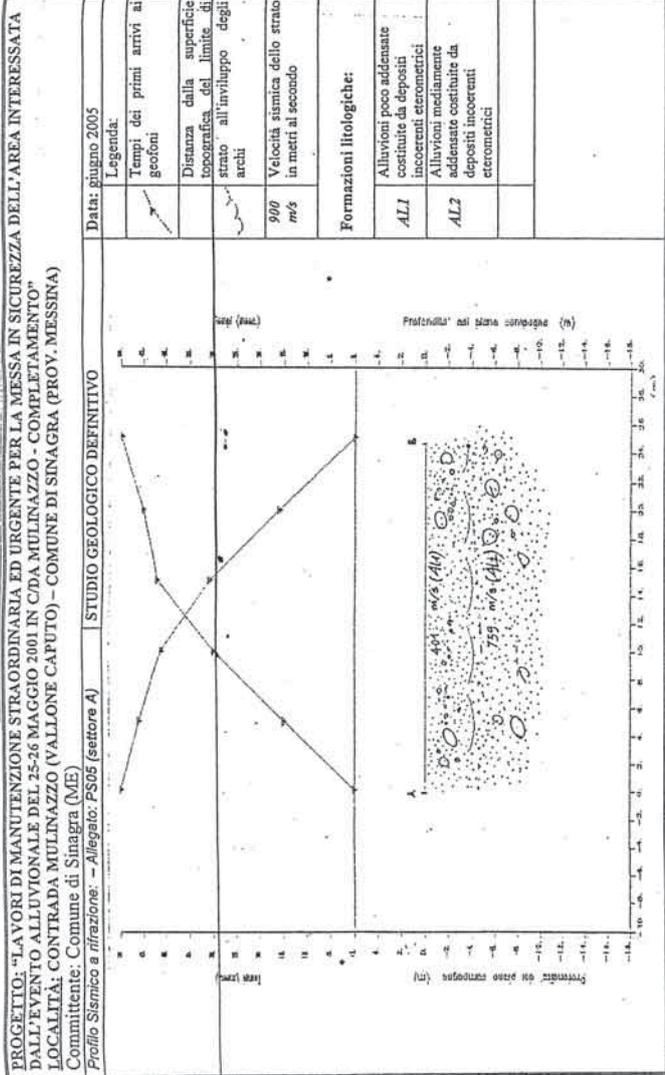
Data: giugno 2005

Legenda:

- Tempi dei primi arrivi ai geofoni
- Distanza dalla superficie topografica del limite di strato all'involuppo degli archi
- 900 m/s
- Velocità sismica dello strato in metri al secondo

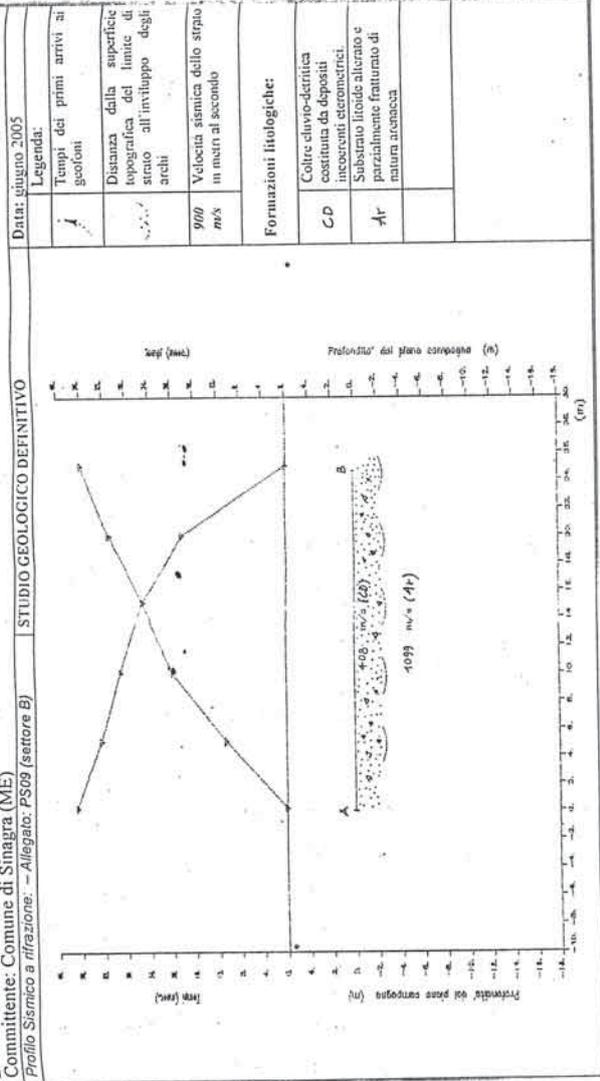
Formazioni litologiche:

- ALL1 Alluvioni poco addensate costituite da depositi incoerenti eterometrici
- ALL2 Alluvioni mediamente addensate costituite da depositi incoerenti eterometrici



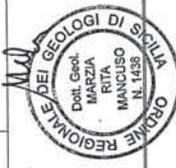
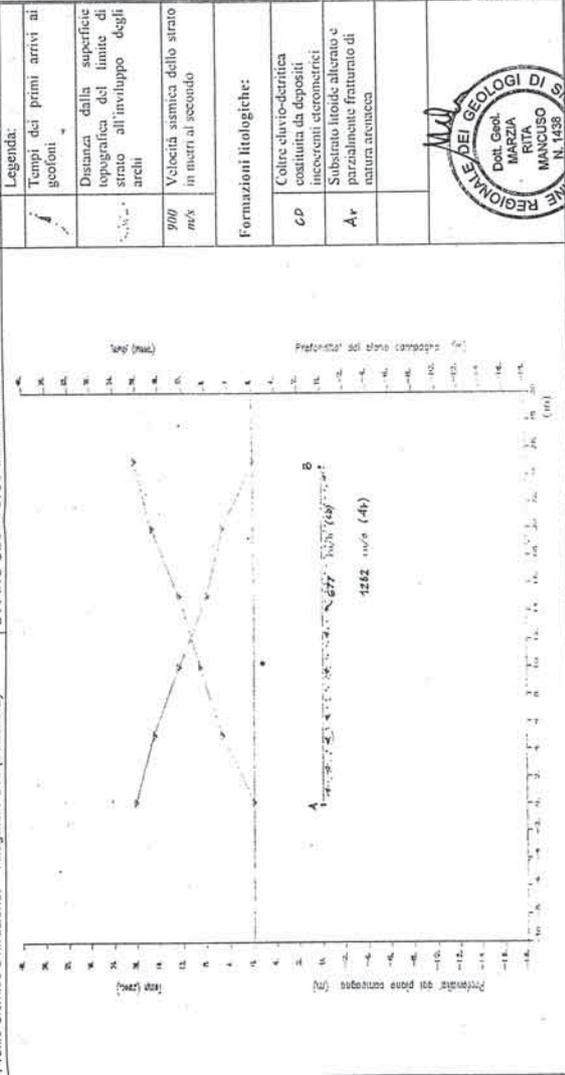
PROGETTO: "LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA DELL'AREA DI C/DA MULINAZZO INTERESSATA DALL'EVENTO ALLUVIONALE DEL 25-26 MAGGIO 2001 - COMPLETAMENTO"  
 LOCALITÀ: CONTRADA MULINAZZO (VALLONE CAPUTO) - COMUNE DI SINAGRA (PROV. MESSINA)  
 Committente: Comune di Sinagra (ME)

Profilo Sismico a rifrazione - Allegato: PS09 (settore B) STUDIO GEOLOGICO DEFINITIVO



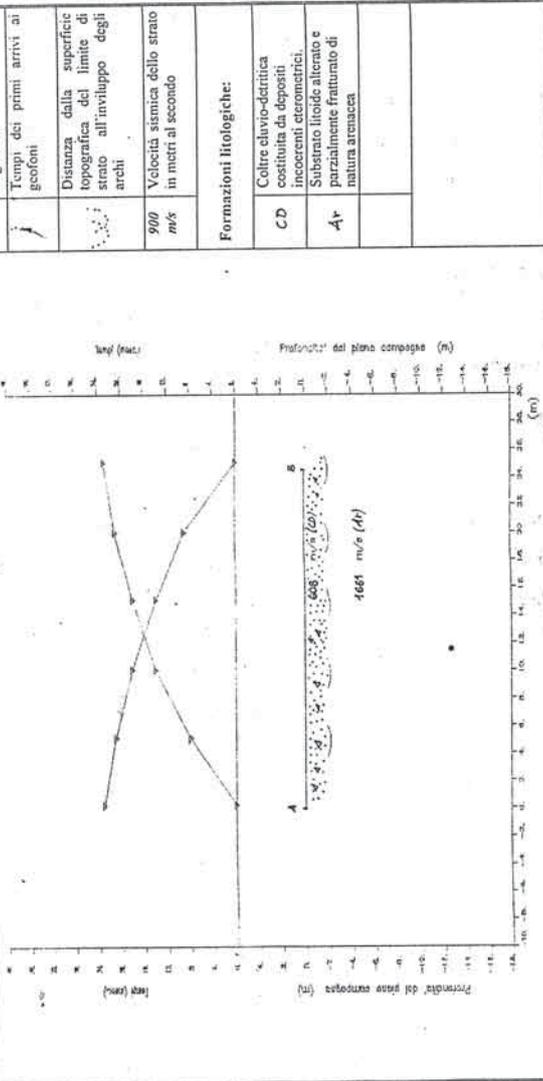
PROGETTO: "LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA DELL'AREA DI C/DA MULINAZZO INTERESSATA DALL'EVENTO ALLUVIONALE DEL 25-26 MAGGIO 2001 - COMPLETAMENTO"  
 LOCALITÀ: CONTRADA MULINAZZO (VALLONE CAPUTO) - COMUNE DI SINAGRA (PROV. MESSINA)  
 Committente: Comune di Sinagra (ME)

Profilo Sismico a rifrazione - Allegato: PS10 (settore B) STUDIO GEOLOGICO DEFINITIVO



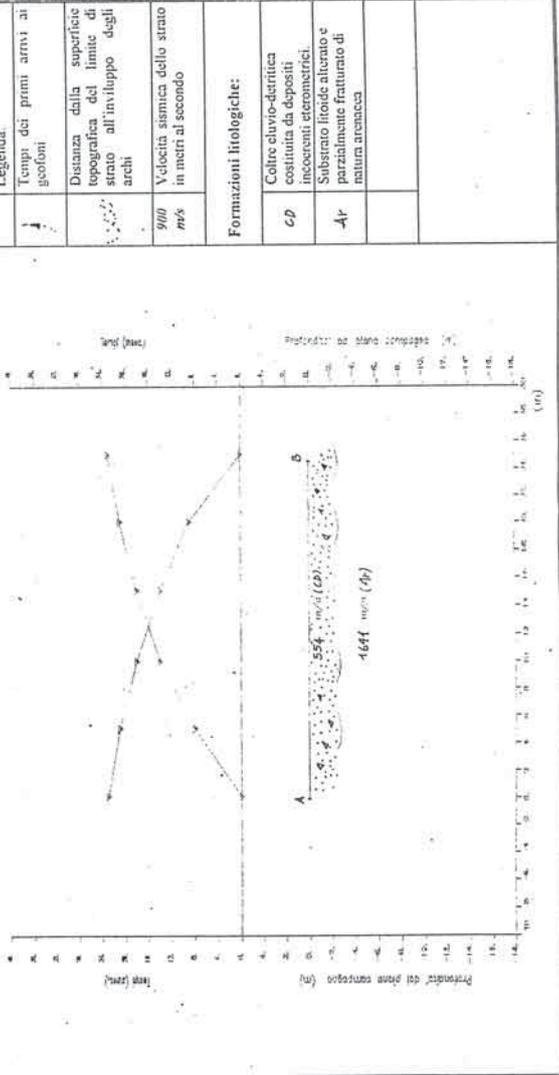
PROGETTO: "LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA DELL'AREA DI C/DA MULINAZZO INTERESSATA DALL'EVENTO ALLUVIONALE DEL 25-26 MAGGIO 2001 - COMPLETAMENTO"  
 LOCALITÀ: CONTRADA MULINAZZO (VALLONE CAPUTO) - COMUNE DI SINAGRA (PROV. MESSINA)  
 Committente: Comune di Sinagra (ME)

Profilo Sismico a rifrazione - Allegato: PS11 (settore B) STUDIO GEOLOGICO DEFINITIVO

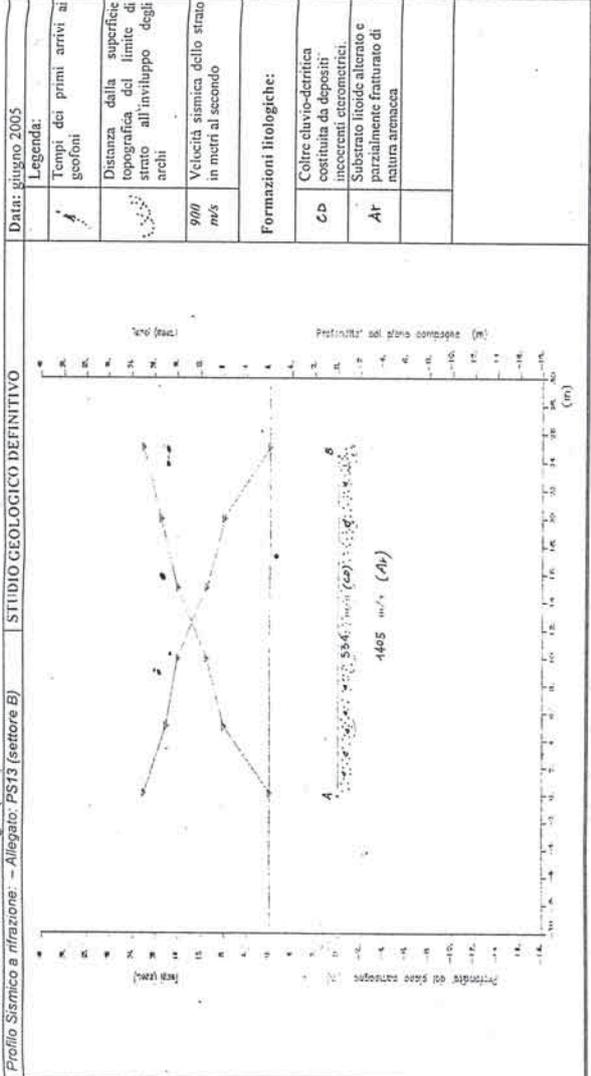


PROGETTO: "LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA DELL'AREA DI C/DA MULINAZZO INTERESSATA DALL'EVENTO ALLUVIONALE DEL 25-26 MAGGIO 2001 - COMPLETAMENTO"  
 LOCALITÀ: CONTRADA MULINAZZO (VALLONE CAPUTO) - COMUNE DI SINAGRA (PROV. MESSINA)  
 Committente: Comune di Sinagra (ME)

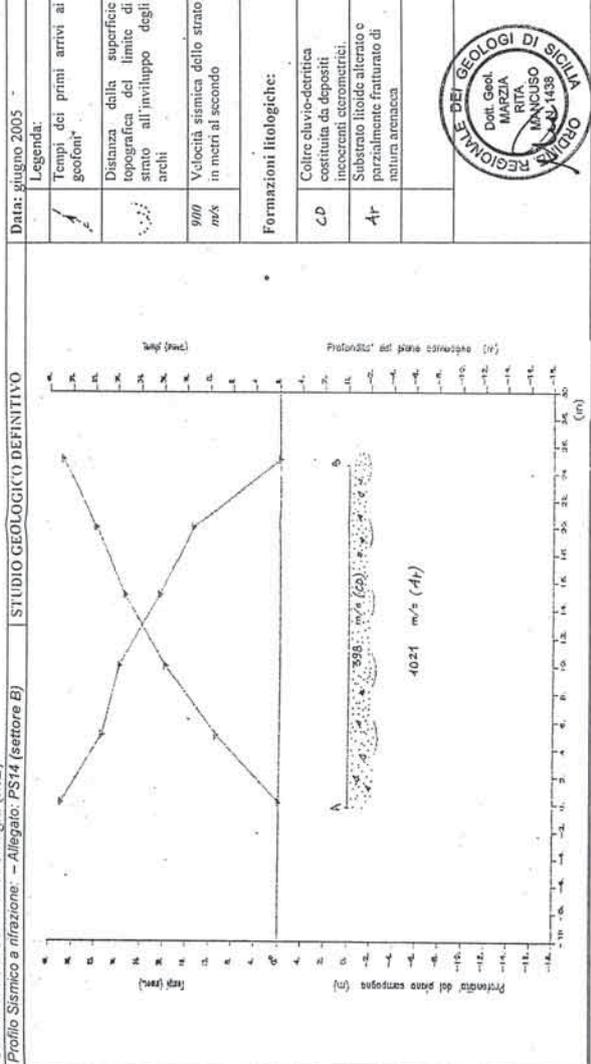
Profilo Sismico a rifrazione - Allegato: PS12 (settore B) STUDIO GEOLOGICO DEFINITIVO



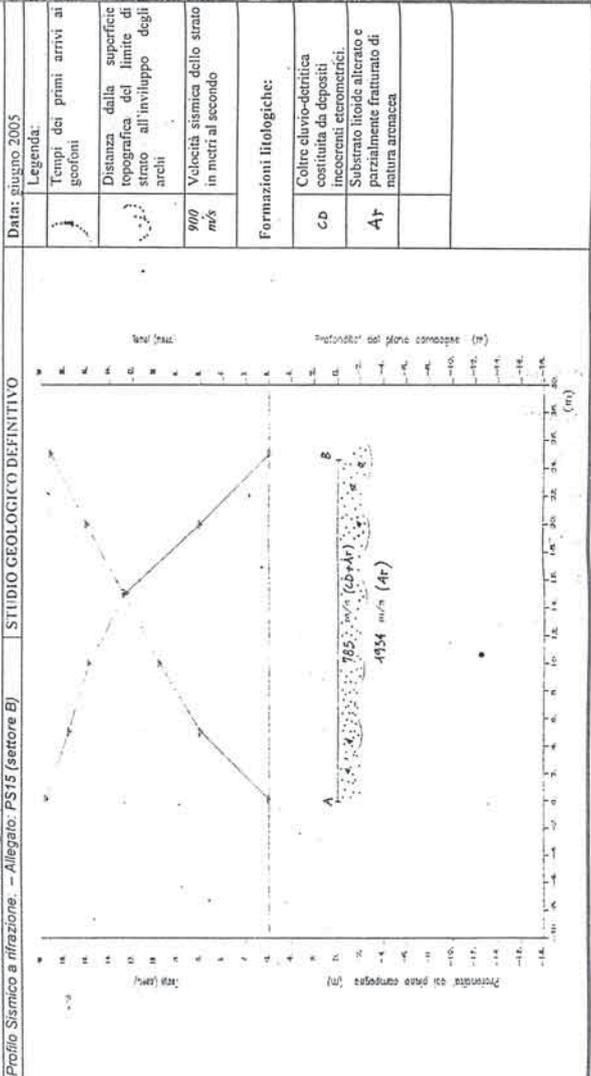
PROGETTO: "LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA DELL'AREA DI C/DA MULINAZZO INTERESSATA DALL'EVENTO ALLUVIONALE DEL 25-26 MAGGIO 2001 - COMPLETAMENTO"  
 LOCALITÀ: CONTRADA MULINAZZO (VALLONE CAPUTO) - COMUNE DI SINAGRA (PROV. MESSINA)  
 Committente: Comune di Sinagra (ME)



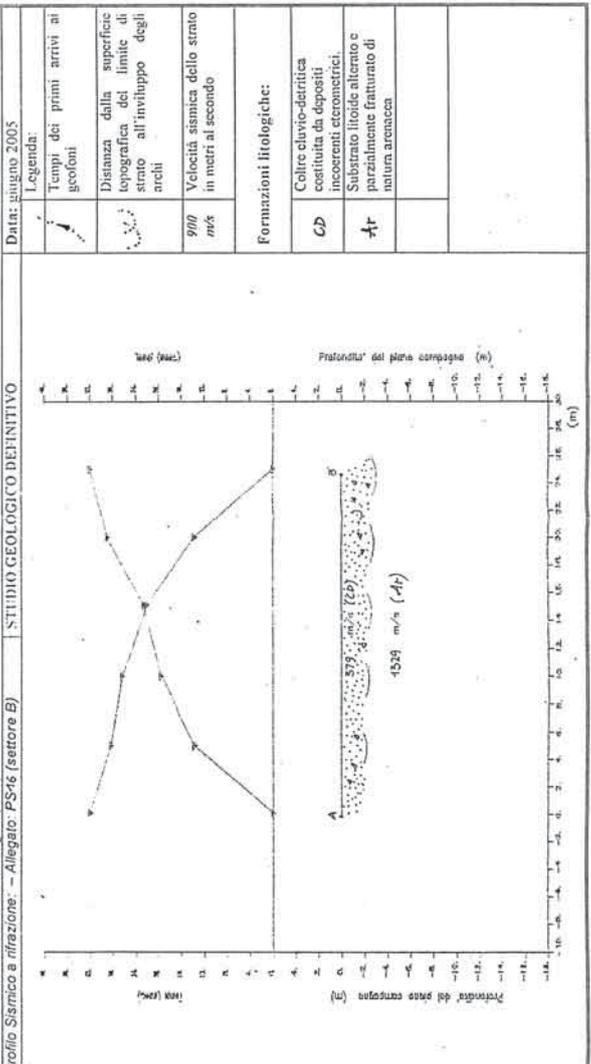
PROGETTO: "LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA DELL'AREA DI C/DA MULINAZZO INTERESSATA DALL'EVENTO ALLUVIONALE DEL 25-26 MAGGIO 2001 - COMPLETAMENTO"  
 LOCALITÀ: CONTRADA MULINAZZO (VALLONE CAPUTO) - COMUNE DI SINAGRA (PROV. MESSINA)  
 Committente: Comune di Sinagra (ME)



PROGETTO: "LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA DELL'AREA DI C/DA MULINAZZO INTERESSATA DALL'EVENTO ALLUVIONALE DEL 25-26 MAGGIO 2001 - COMPLETAMENTO"  
 LOCALITÀ: CONTRADA MULINAZZO (VALLONE CAPUTO) - COMUNE DI SINAGRA (PROV. MESSINA)  
 Committente: Comune di Sinagra (ME)

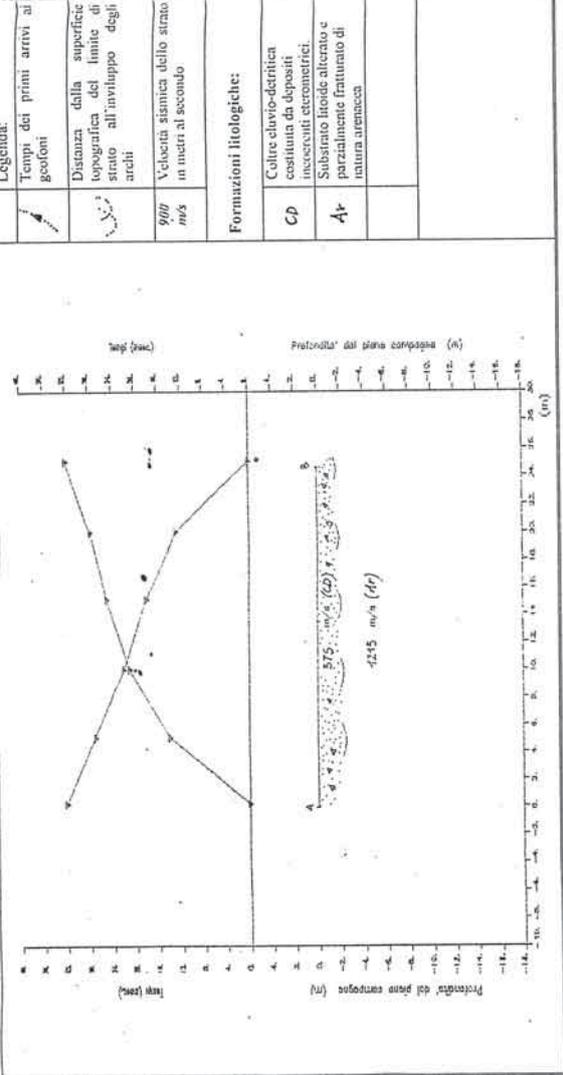


PROGETTO: "LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA DELL'AREA DI C/DA MULINAZZO INTERESSATA DALL'EVENTO ALLUVIONALE DEL 25-26 MAGGIO 2001 - COMPLETAMENTO"  
 LOCALITÀ: CONTRADA MULINAZZO (VALLONE CAPUTO) - COMUNE DI SINAGRA (PROV. MESSINA)  
 Committente: Comune di Sinagra (ME)



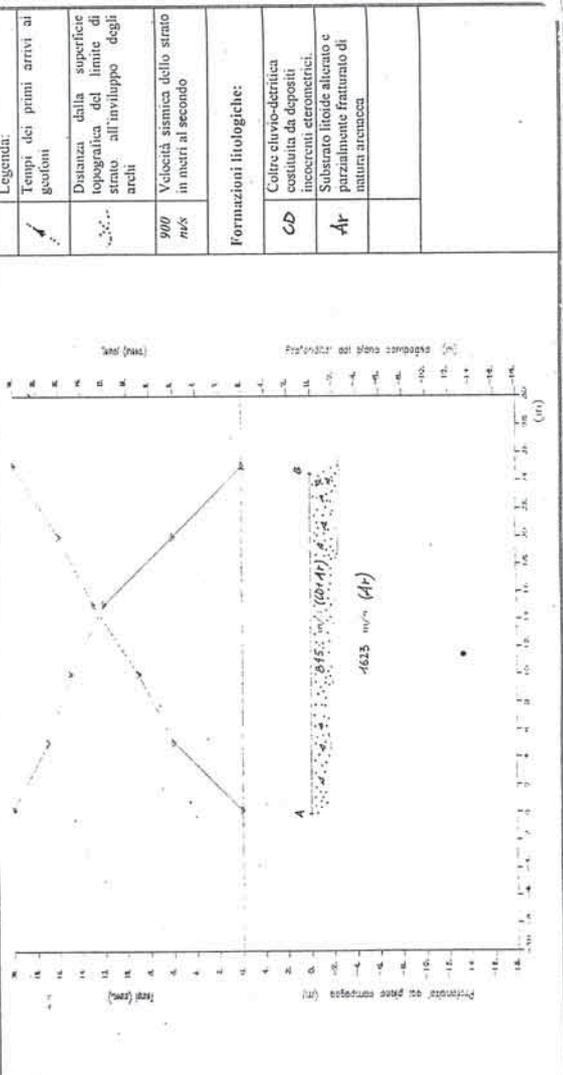
PROGETTO: "LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA DELL'AREA DI C/DA MULINAZZO INTERESSATA DALL'EVENTO ALLUVIONALE DEL 25-26 MAGGIO 2001 - COMPLETAMENTO"  
 LOCALITÀ: CONTRADA MULINAZZO (VALLONE CAPUTO) - COMUNE DI SINAGRA (PROV. MESSINA)  
 Committente: Comune di Sinagra (ME)

Profilo Sismico a rifrazione: - Allegato: PS-17 (settore B)



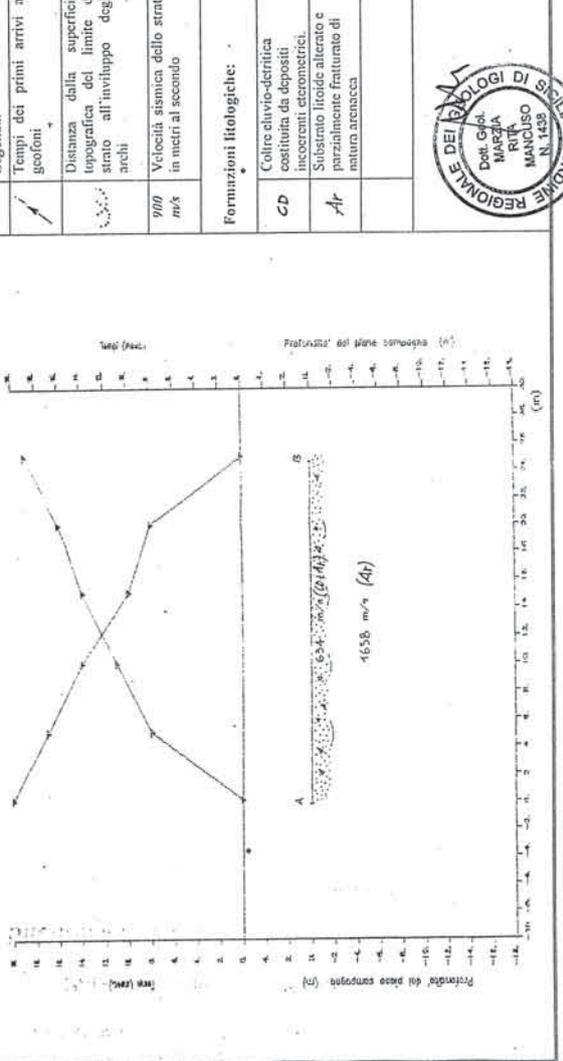
PROGETTO: "LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA DELL'AREA DI C/DA MULINAZZO INTERESSATA DALL'EVENTO ALLUVIONALE DEL 25-26 MAGGIO 2001 - COMPLETAMENTO"  
 LOCALITÀ: CONTRADA MULINAZZO (VALLONE CAPUTO) - COMUNE DI SINAGRA (PROV. MESSINA)  
 Committente: Comune di Sinagra (ME)

Profilo Sismico a rifrazione: - Allegato: PS-19 (settore B)



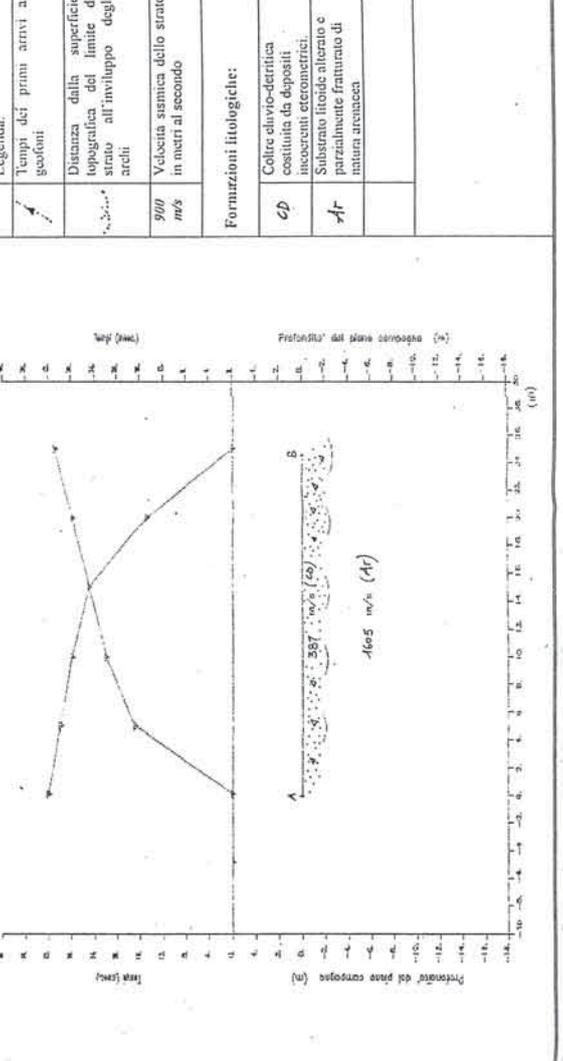
PROGETTO: "LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA DELL'AREA DI C/DA MULINAZZO INTERESSATA DALL'EVENTO ALLUVIONALE DEL 25-26 MAGGIO 2001 - COMPLETAMENTO"  
 LOCALITÀ: CONTRADA MULINAZZO (VALLONE CAPUTO) - COMUNE DI SINAGRA (PROV. MESSINA)  
 Committente: Comune di Sinagra (ME)

Profilo Sismico a rifrazione: - Allegato: PS-18 (settore B)

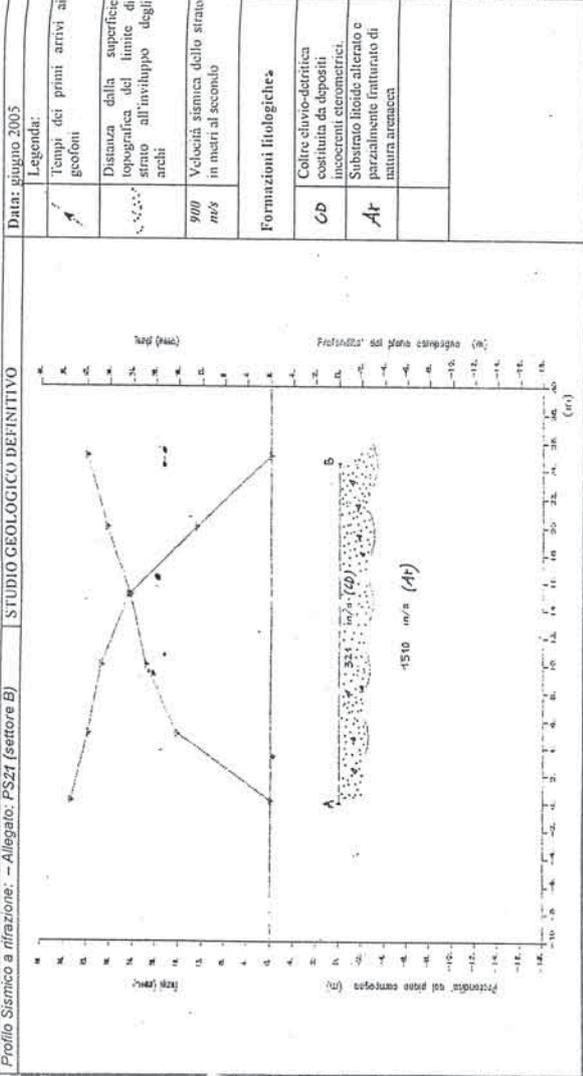


PROGETTO: "LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA DELL'AREA DI C/DA MULINAZZO INTERESSATA DALL'EVENTO ALLUVIONALE DEL 25-26 MAGGIO 2001 - COMPLETAMENTO"  
 LOCALITÀ: CONTRADA MULINAZZO (VALLONE CAPUTO) - COMUNE DI SINAGRA (PROV. MESSINA)  
 Committente: Comune di Sinagra (ME)

Profilo Sismico a rifrazione: - Allegato: PS-20 (settore B)



PROGETTO: "LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA DELL'AREA DI C/DA MULINAZZO INTERESSATA DALL'EVENTO ALLUVIONALE DEL 25-26 MAGGIO 2001 - COMPLETAMENTO"  
 LOCALITÀ: CONTRADA MULINAZZO (VALLONE CAPUTO) - COMUNE DI SINAGRA (PROV. MESSINA)  
 Committente: Comune di Sinagra (ME)



Data: giugno 2005

Legenda:

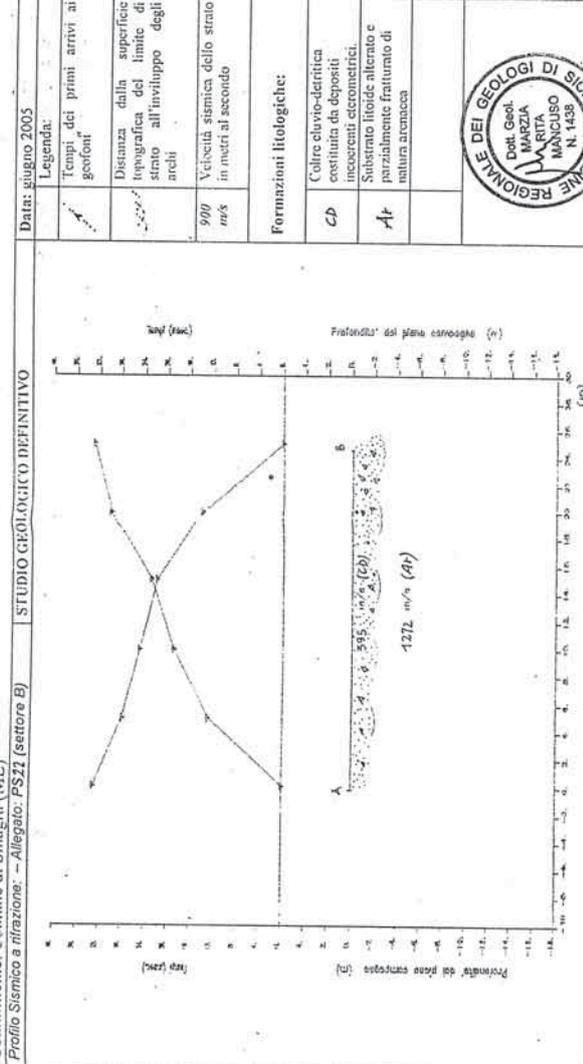
- Tempi dei primi arrivi ai geofoni
- Distanza dalla superficie topografica del limite di strato all'involuppo degli archi
- Velocità sismica dello strato in metri al secondo

Formazioni litologiche:

CD Coltre eluvio-detritica costituita da depositi incoerenti eterometrici.

At Substrato litoido alterato e parzialmente fratturato di natura arenacea

PROGETTO: "LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA DELL'AREA DI C/DA MULINAZZO INTERESSATA DALL'EVENTO ALLUVIONALE DEL 25-26 MAGGIO 2001 - COMPLETAMENTO"  
 LOCALITÀ: CONTRADA MULINAZZO (VALLONE CAPUTO) - COMUNE DI SINAGRA (PROV. MESSINA)  
 Committente: Comune di Sinagra (ME)



Data: giugno 2005

Legenda:

- Tempi dei primi arrivi ai geofoni
- Distanza dalla superficie topografica del limite di strato all'involuppo degli archi
- Velocità sismica dello strato in metri al secondo

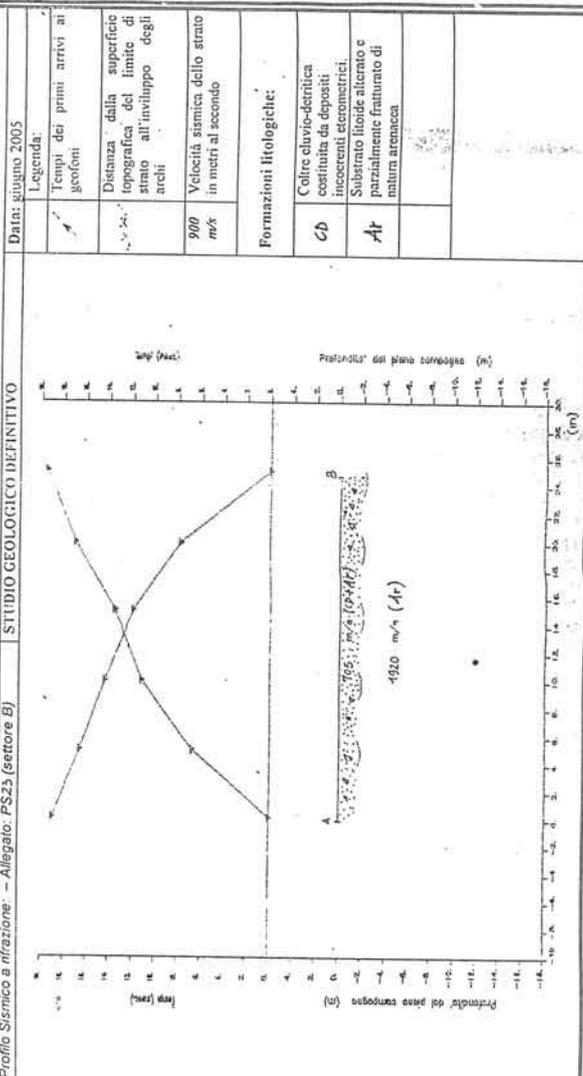
Formazioni litologiche:

CD Coltre eluvio-detritica costituita da depositi incoerenti eterometrici

At Substrato litoido alterato e parzialmente fratturato di natura arenacea



PROGETTO: "LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA DELL'AREA DI C/DA MULINAZZO INTERESSATA DALL'EVENTO ALLUVIONALE DEL 25-26 MAGGIO 2001 - COMPLETAMENTO"  
 LOCALITÀ: CONTRADA MULINAZZO (VALLONE CAPUTO) - COMUNE DI SINAGRA (PROV. MESSINA)  
 Committente: Comune di Sinagra (ME)



Data: giugno 2005

Legenda:

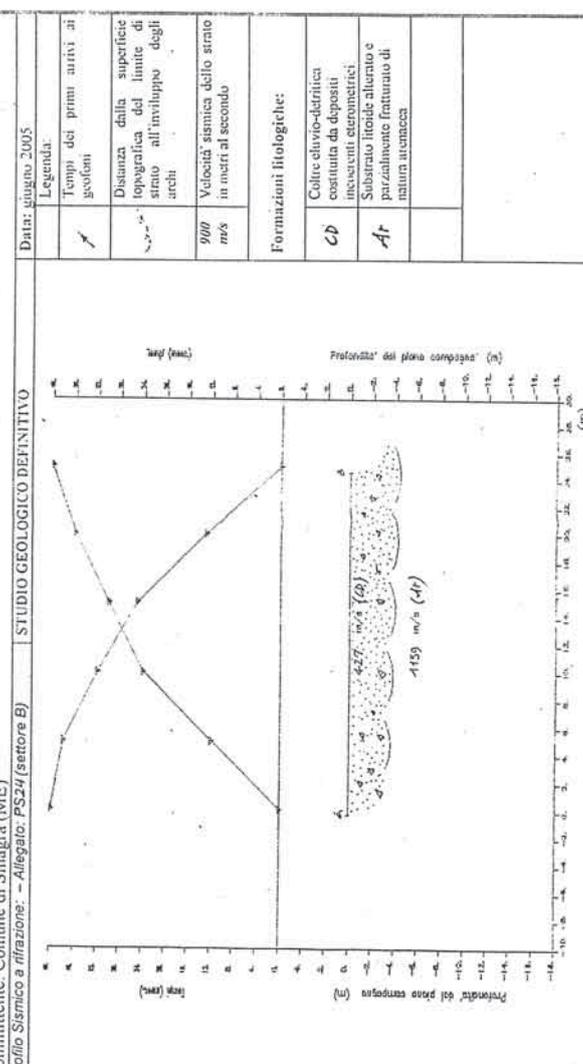
- Tempi dei primi arrivi ai geofoni
- Distanza dalla superficie topografica del limite di strato all'involuppo degli archi
- Velocità sismica dello strato in metri al secondo

Formazioni litologiche:

CD Coltre eluvio-detritica costituita da depositi incoerenti eterometrici

At Substrato litoido alterato e parzialmente fratturato di natura arenacea

PROGETTO: "LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA DELL'AREA DI C/DA MULINAZZO INTERESSATA DALL'EVENTO ALLUVIONALE DEL 25-26 MAGGIO 2001 - COMPLETAMENTO"  
 LOCALITÀ: CONTRADA MULINAZZO (VALLONE CAPUTO) - COMUNE DI SINAGRA (PROV. MESSINA)  
 Committente: Comune di Sinagra (ME)



Data: giugno 2005

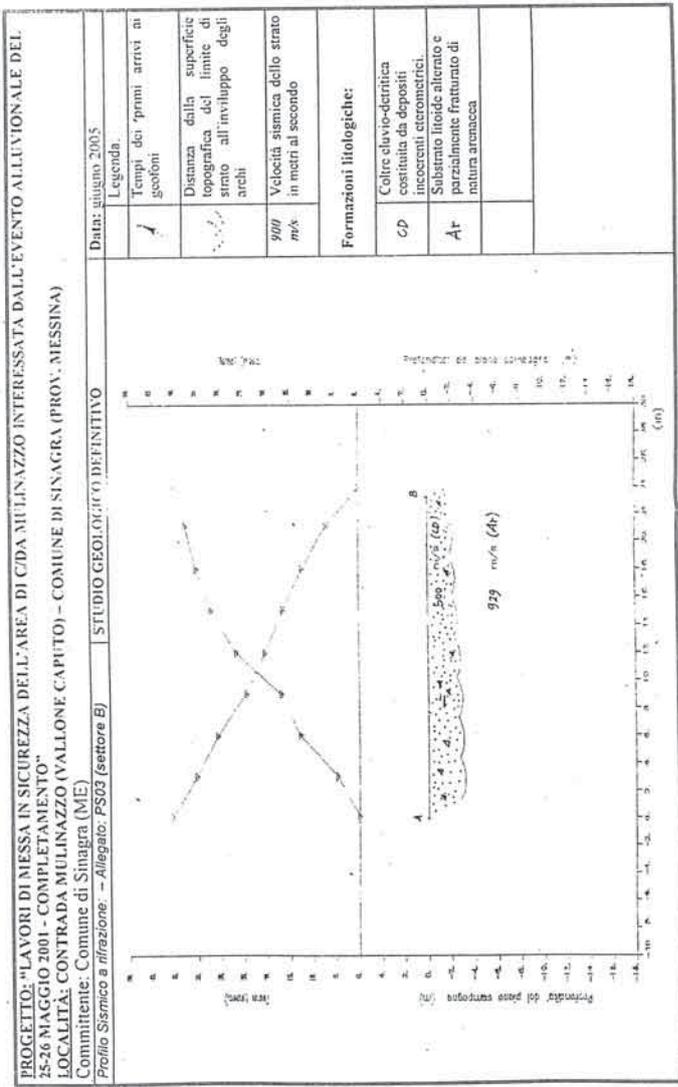
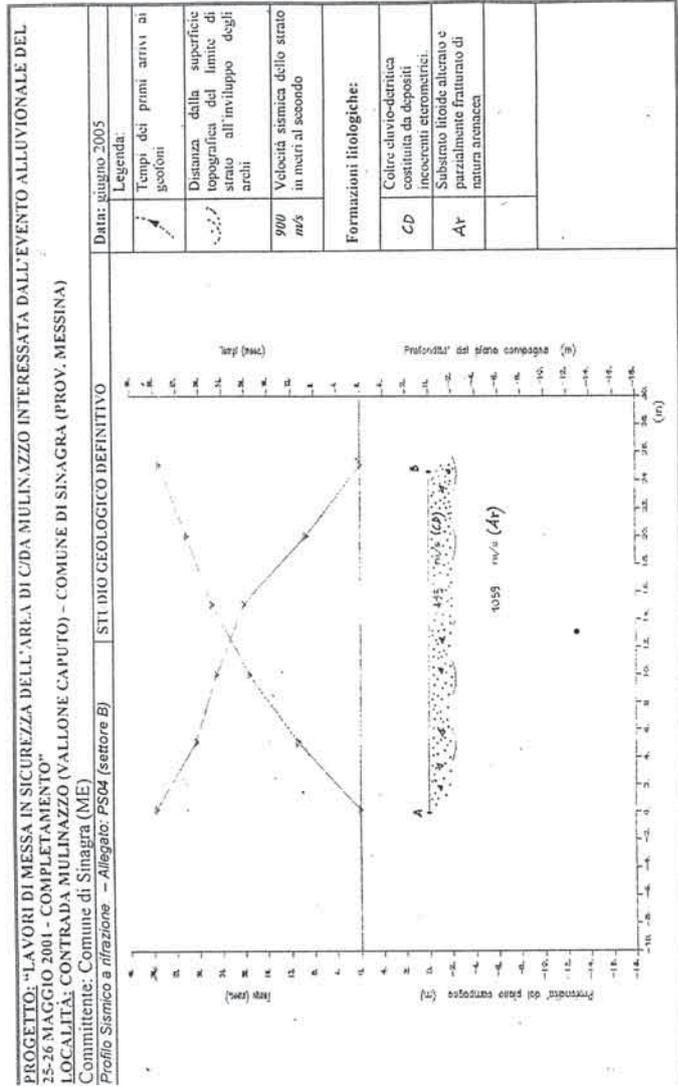
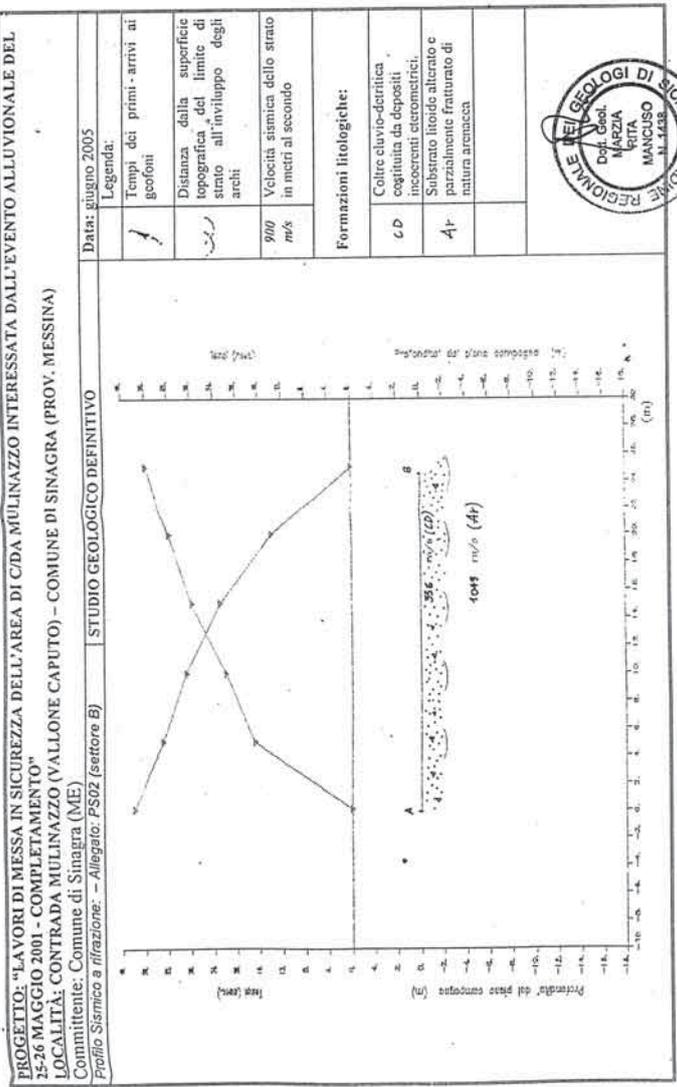
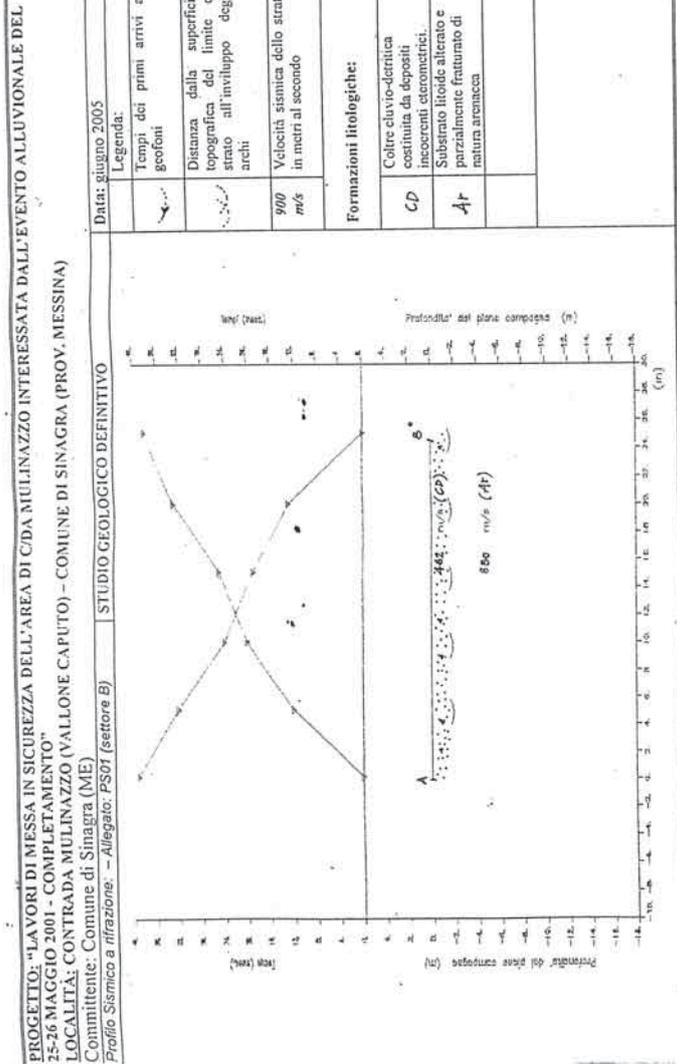
Legenda:

- Tempi dei primi arrivi ai geofoni
- Distanza dalla superficie topografica del limite di strato all'involuppo degli archi
- Velocità sismica dello strato in metri al secondo

Formazioni litologiche:

CD Coltre eluvio-detritica costituita da depositi incoerenti eterometrici

At Substrato litoido alterato e parzialmente fratturato di natura arenacea



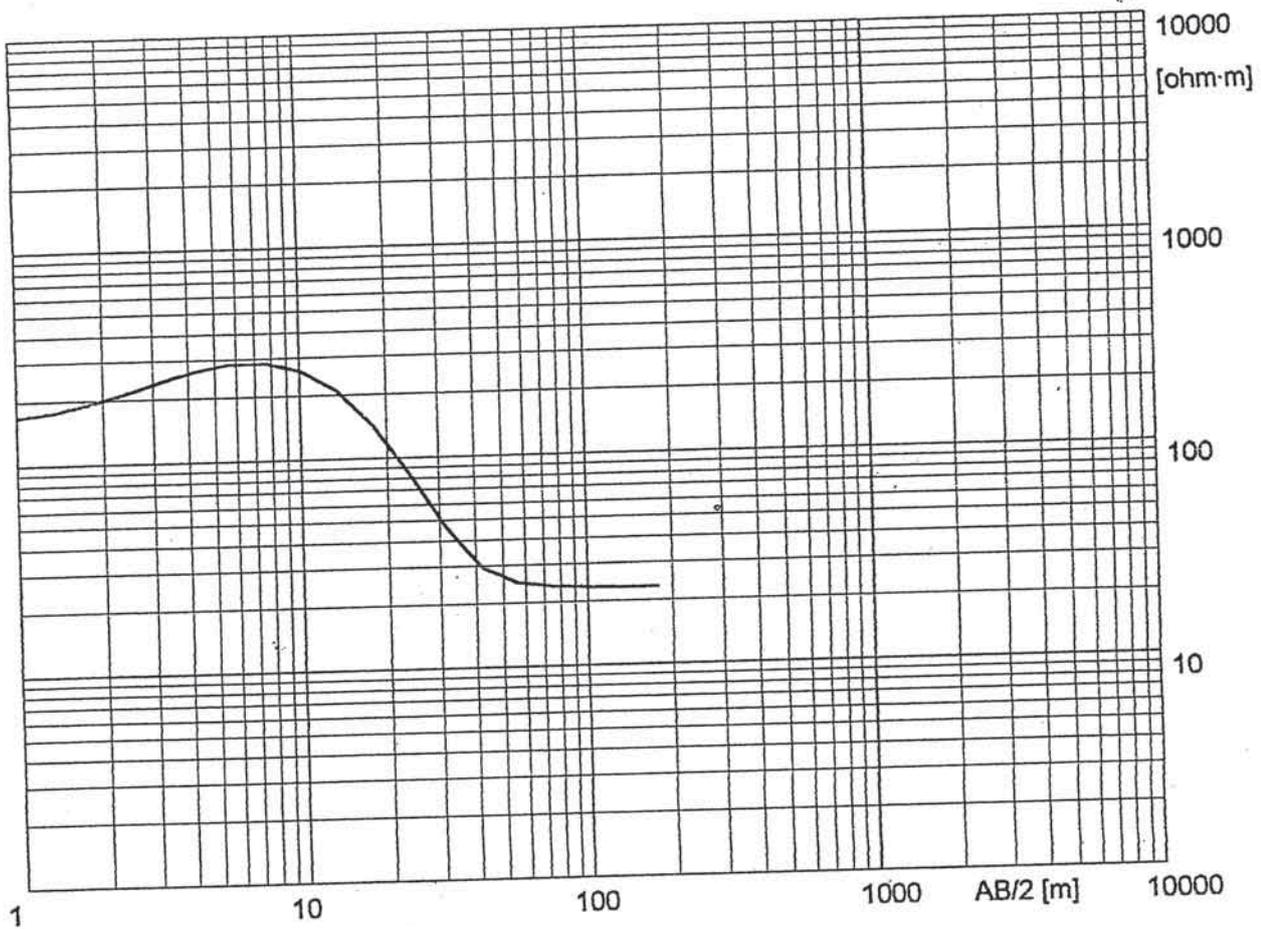
# COLONNA STRATIGRAFICA SEV N° 1

SCALA 1:500

STRATIGRAFIA	DESCRIZIONE	SPESSORE	LIVELLO CONDUTTIVO
	<p>Terreno alluvionale poco addensato</p> <p>Alluvioni grossolane (ghiaie, sabbie, ciottoli e blocchi)</p> <p>Substrato litoide (filladi)</p>	<p>1.32</p> <p>4.72</p> <p>&gt; 50 m.</p>	<p>6.04</p>
10			
20			
30			
40			
50			
60			
70			
80			
90			
100			
110			
120			



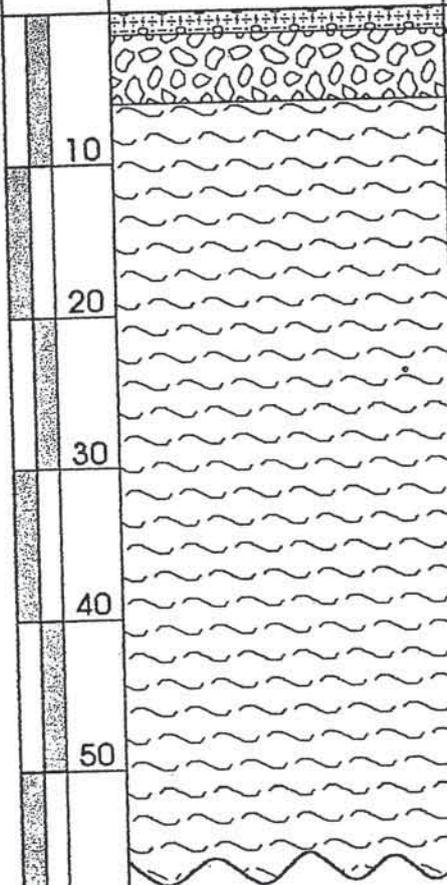
Electrical sounding Schlumberger - sev 1.WS3



Model	Resistivity [ohm·m]	Thickness [m]	Depth [m]
	162	1.3	0
	467	4.7	1.3
	23		6

# COLONNA STRATIGRAFICA SEV N° 2

SCALA 1:500

STRATIGRAFIA	DESCRIZIONE	SPESSORE	LIVELLO CONDUTTIVO
	<p>Terreno alluvionale poco addensato</p> <p>Alluvioni grossolane (ghiaie, sabbie, ciottoli e blocchi)</p>	<p>1.52</p> <p>4.56</p>	<p>6.08</p> 
	Substrato litoide (filladi)	> 50 m.	

10

20

30

40

50

60

70

80

90

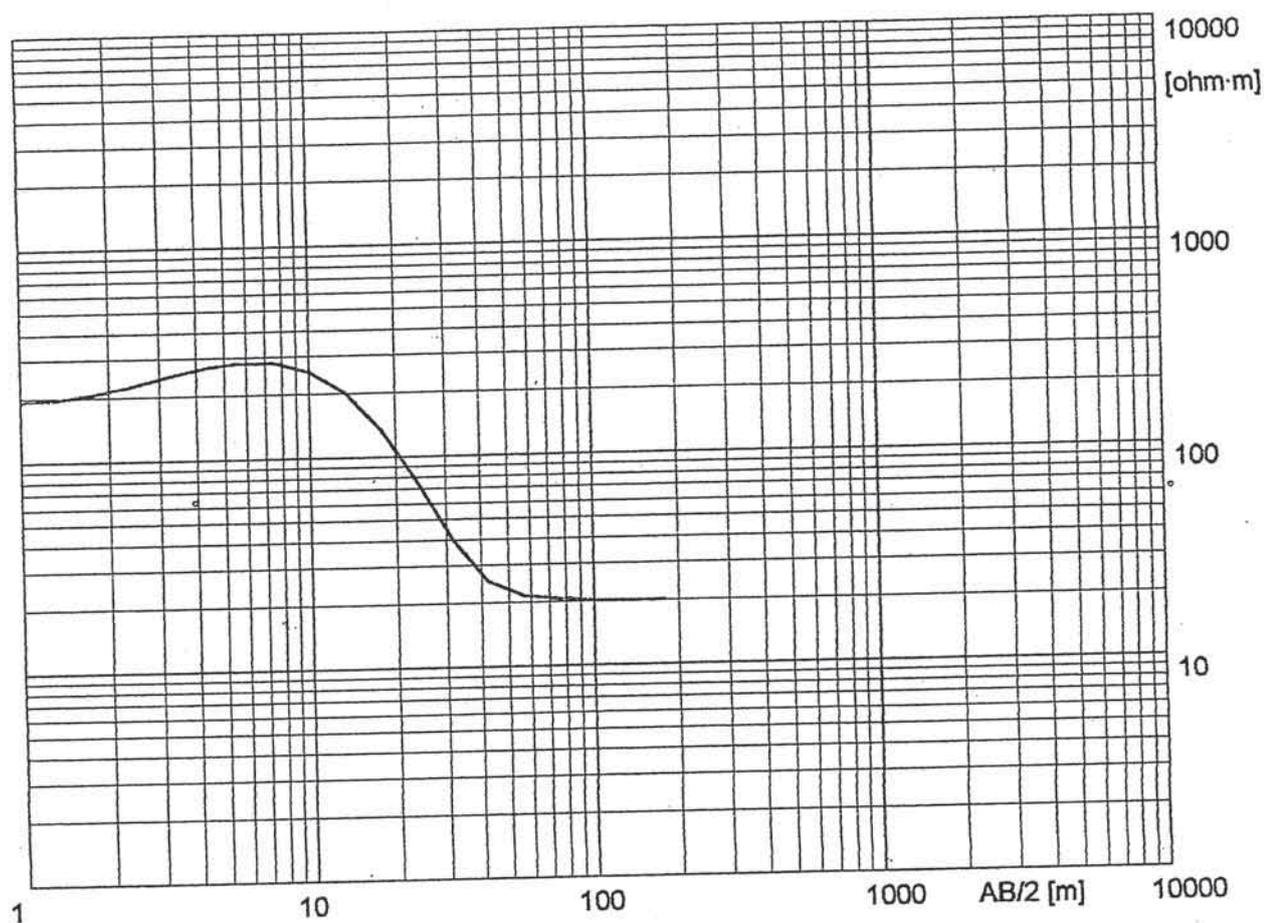
100

110

120



# Electrical sounding Schlumberger - sev 2.WS3



Model	Resistivity [ohm·m]	Thickness [m]	Depth [m]
	188	1.5	0
	451	4.6	1.5
	20		6.1

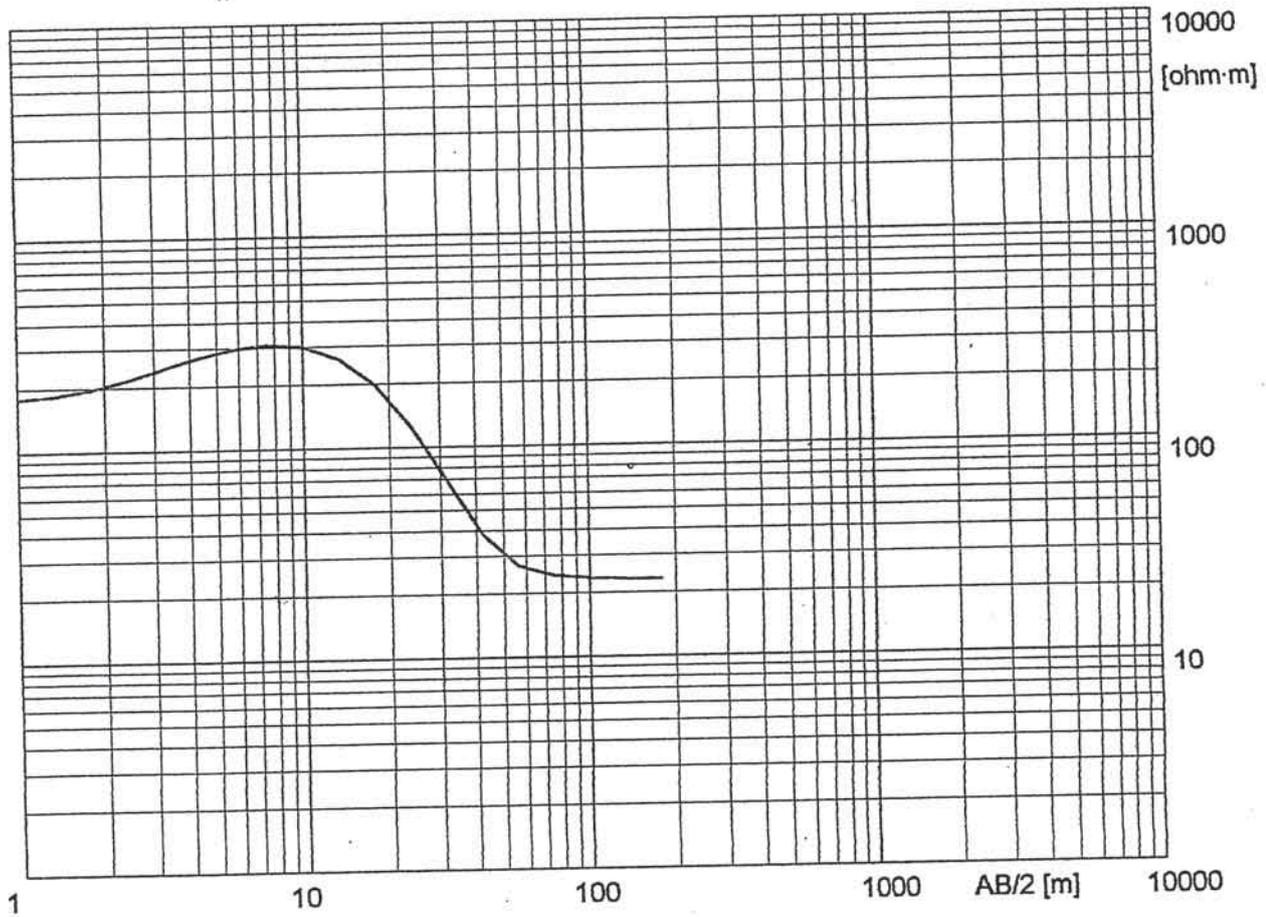
# COLONNA STRATIGRAFICA SEV N° 3

SCALA 1:500

STRATIGRAFIA	DESCRIZIONE	SPESSORE	LIVELLO CONDUTTIVO
	Terreno alluvionale poco addensato	1.46	7.30
10	Alluvioni grossolane (ghiaie, sabbie, ciottoli e blocchi)	5.84	
20	Substrato litoide (filladi)	> 50 m.	
30			
40			
50			
60			
70			
80			
90			
100			
110			
120			



# Electrical sounding Schlumberger - sev 3.WS3



Model	Resistivity [ohm·m]	Thickness [m]	Depth [m]
1	174	1.5	0
2	486	5.8	1.5
3	23		7.3

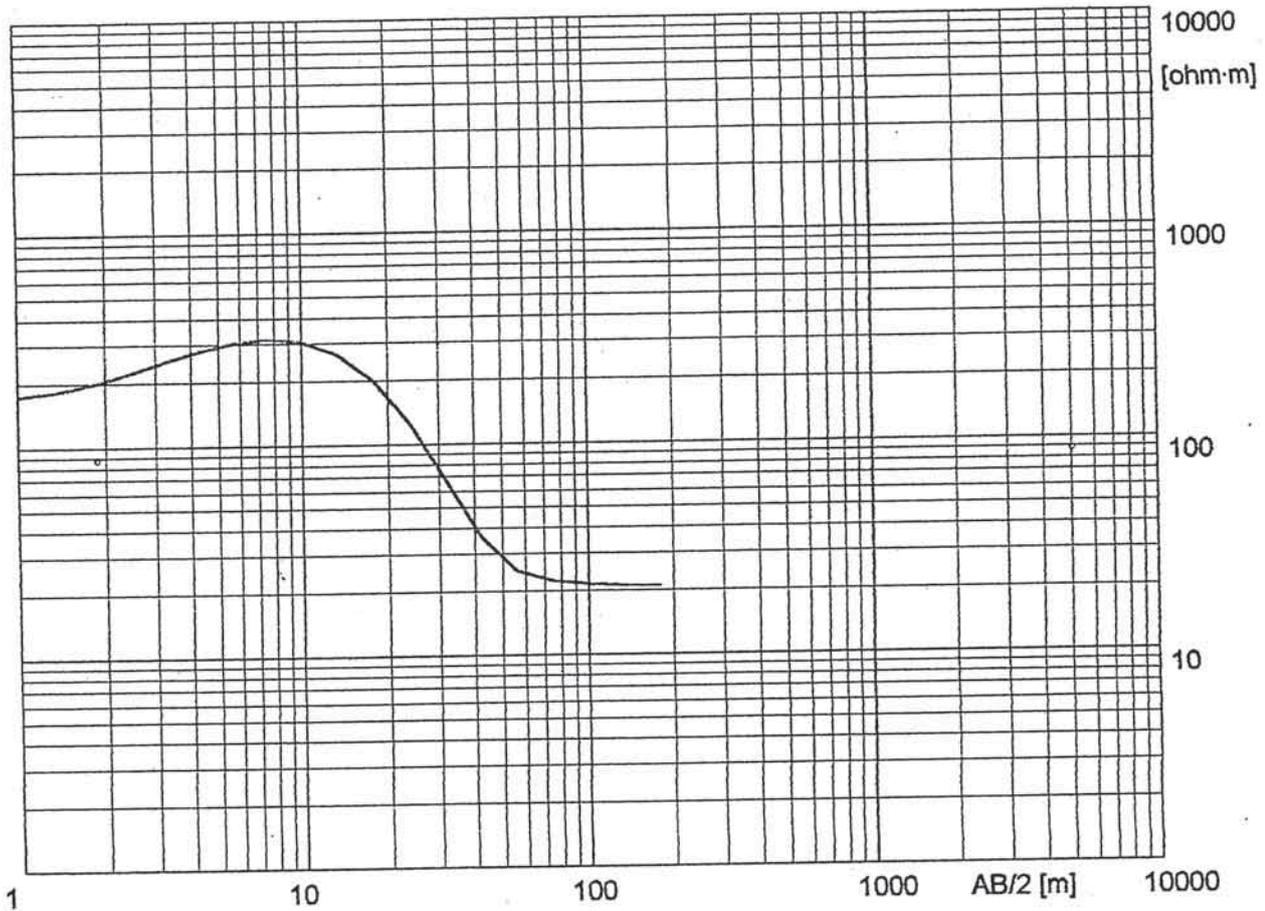
# COLONNA STRATIGRAFICA SEV N° 4

SCALA 1:500

STRATIGRAFIA	DESCRIZIONE	SPESSORE	LIVELLO CONDUTTIVO
0 - 10	Terreno alluvionale poco addensato	1.29	7.44
10 - 20	Alluvioni grossolane (ghiaie, sabbie, ciottoli e blocchi)	6.15	
20 - 30	Substrato litoide (filladi)	> 50 m.	
30 - 40			
40 - 50			
50 - 60			
60 - 70			
70 - 80			
80 - 90			
90 - 100			
100 - 110			
110 - 120			



# Electrical sounding Schlumberger - sev 4.WS3



Model	Resistivity [ohm·m]	Thickness [m]	Depth [m]
	167	1.3	0
	473	6.2	1.3
	21		7.5

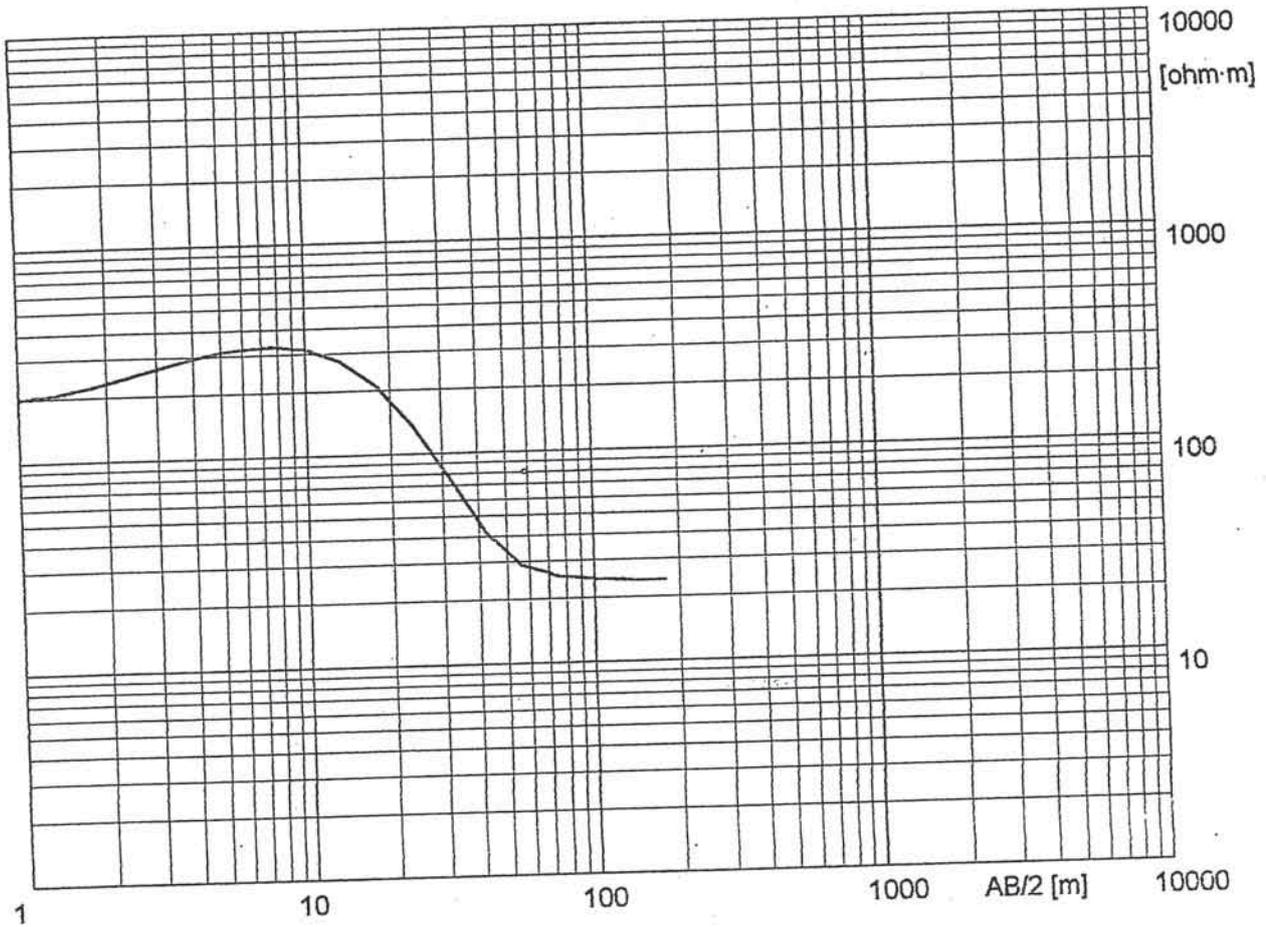
# COLONNA STRATIGRAFICA SEV N° 5

SCALA 1:500

STRATIGRAFIA	DESCRIZIONE	SPESSORE	LIVELLO CONDUTTIVO
10	Terreno alluvionale poco addensato	1.18	8.41
20	Alluvioni grossolane (ghiaie, sabbie, ciottoli e blocchi)	7.23	
30	Substrato litoide (filladi)	> 50 m.	
40			
50			
60			
70			
80			
90			
100			
110			
120			



# Electrical sounding Schlumberger - sev 5.WS3



Model	Resistivity [ohm·m]	Thickness [m]	Depth [m]
	191	1.2	0
	435	7.2	1.2
	24		8.4

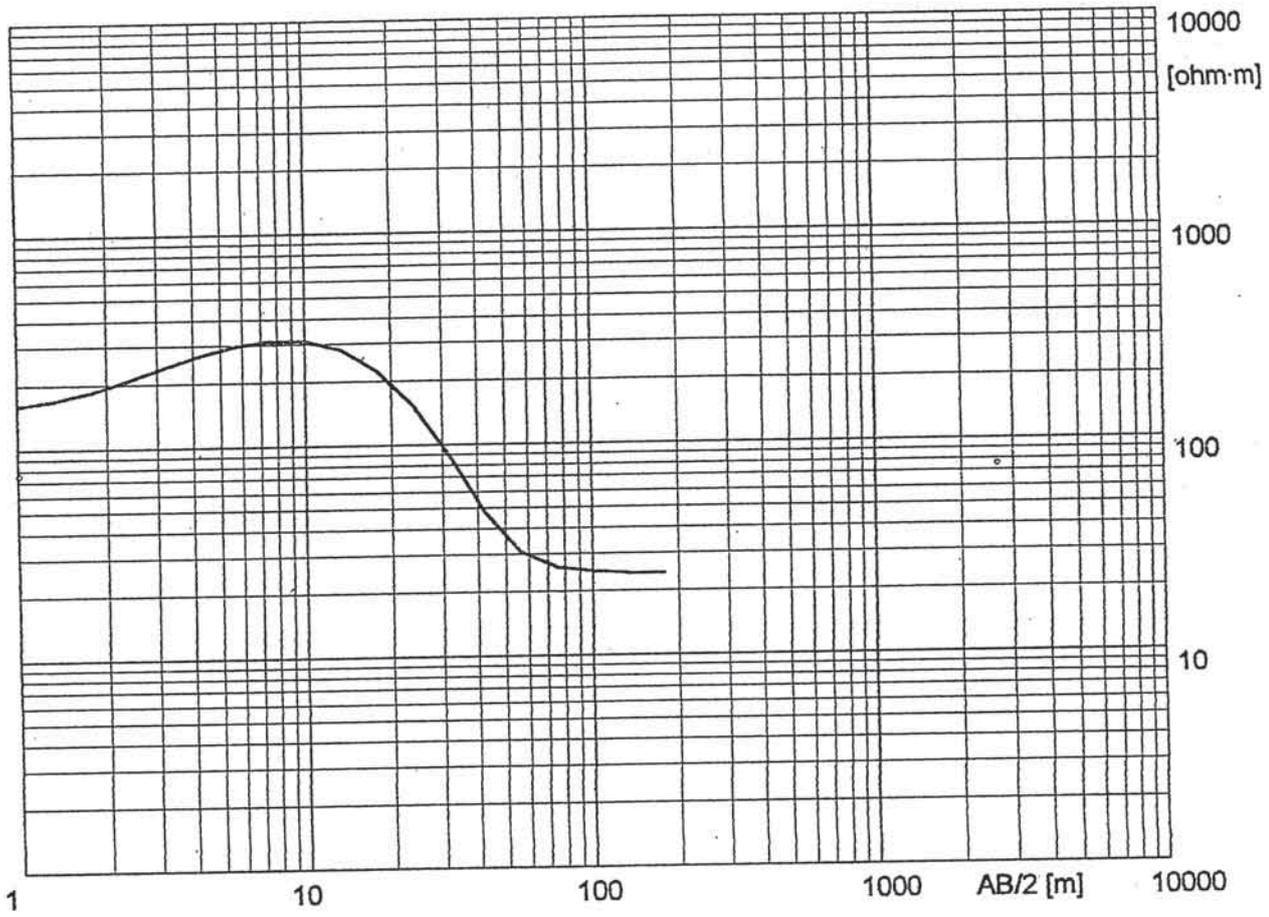
# COLONNA STRATIGRAFICA SEV N° 6

SCALA 1:500

STRATIGRAFIA	DESCRIZIONE	SPESSORE	LIVELLO CONDUTTIVO
0 - 10	Terreno alluvionale poco addensato	1.24	8.55
10 - 20	Alluvioni grossolane (ghiaie, sabbie, ciottoli e blocchi)	7.31	
20 - 30	Substrato litoide (filladi)	> 50 m.	
30 - 40			
40 - 50			
50 - 60			
60 - 70			
70 - 80			
80 - 90			
90 - 100			
100 - 110			
110 - 120			



# Electrical sounding Schlumberger - sev 6.WS3



Model	Resistivity [ohm·m]	Thickness [m]	Depth [m]
	151	1.2	0
	449	7.3	1.2
	24		8.5

# COLONNA STRATIGRAFICA SEV N° 7

SCALA 1:500

STRATIGRAFIA	DESCRIZIONE	SPESSORE	LIVELLO CONDUTTIVO
0 - 1.13	Terreno alluvionale poco addensato	1.13	
1.13 - 8.84	Alluvioni grossolane (ghiaie, sabbie, ciottoli e blocchi)	7.71	8.84
8.84 - > 50 m.	Substrato litoide (filladi)	> 50 m.	

10

20

30

40

50

60

70

80

90

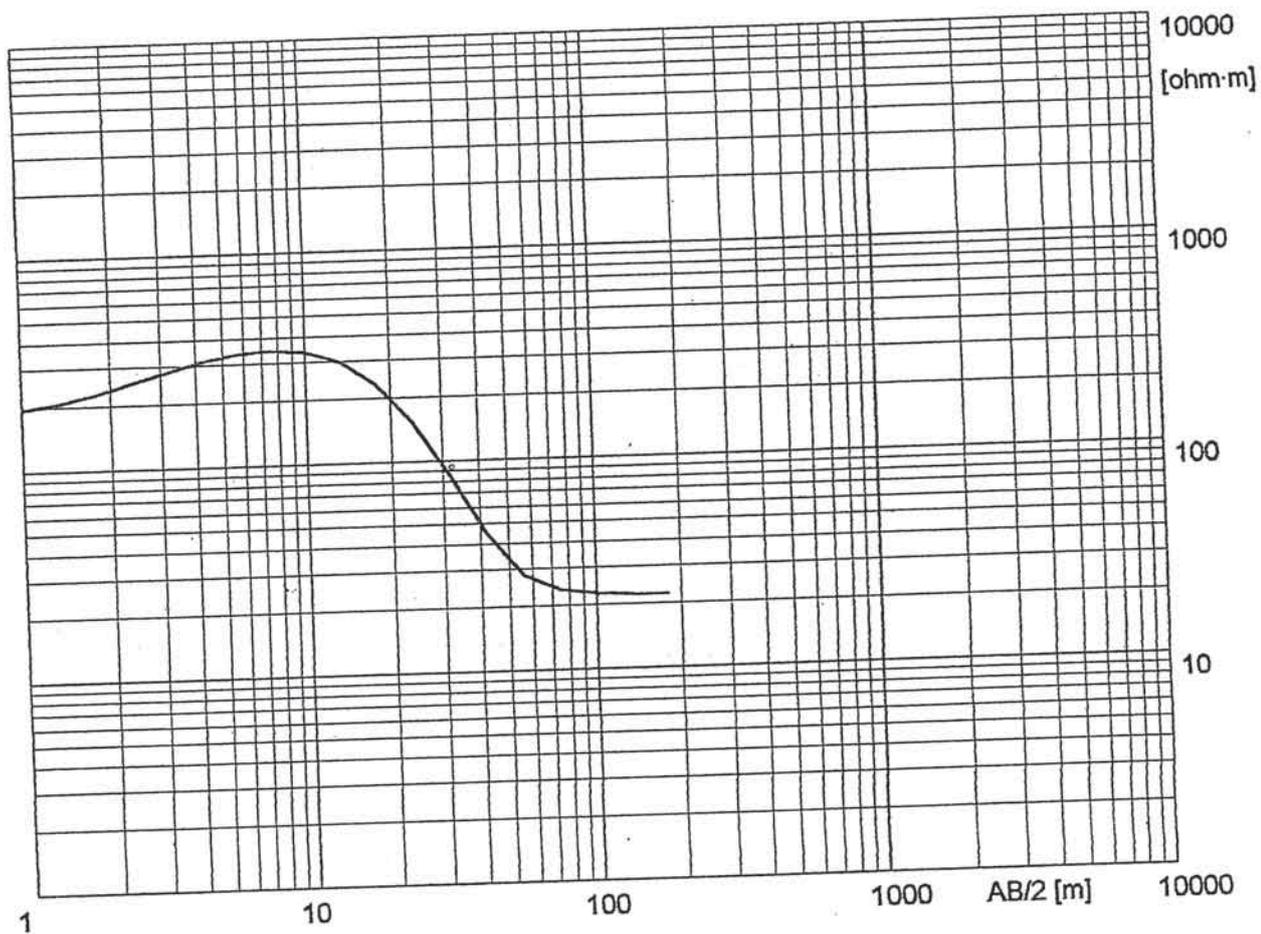
100

110

120



# Electrical sounding Schlumberger - sev 7.WS3



Model	Resistivity [ohm·m]	Thickness [m]	Depth [m]
1	185	1.1	0
2	454	7.7	1.1
3	22		8.8

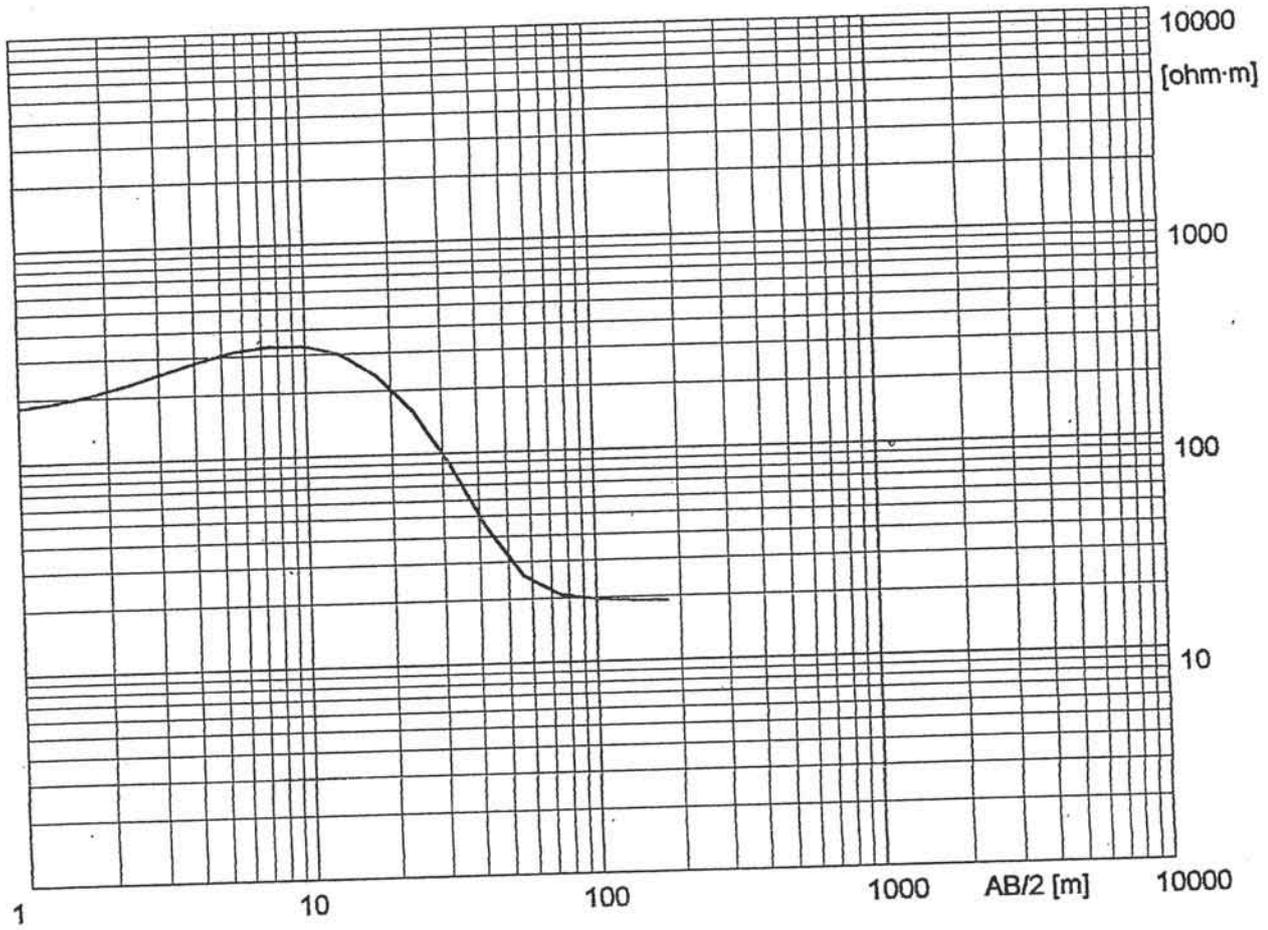
# COLONNA STRATIGRAFICA SEV N° 8

SCALA 1:500

STRATIGRAFIA	DESCRIZIONE	SPESSORE	LIVELLO CONDUTTIVO
10	Terreno alluvionale poco addensato	1.32	8.86
20	Alluvioni grossolane (ghiaie, sabbie, ciottoli e blocchi)	7.54	
30	Substrato litoide (filladi)	> 50 m.	
40			
50			
60			
70			
80			
90			
100			
110			
120			



# Electrical sounding Schlumberger - sev 8.WS3



Model	Resistivity [ohm·m]	Thickness [m]	Depth [m]
	176	1.3	0
	469	7.5	1.3
	-19		8.8

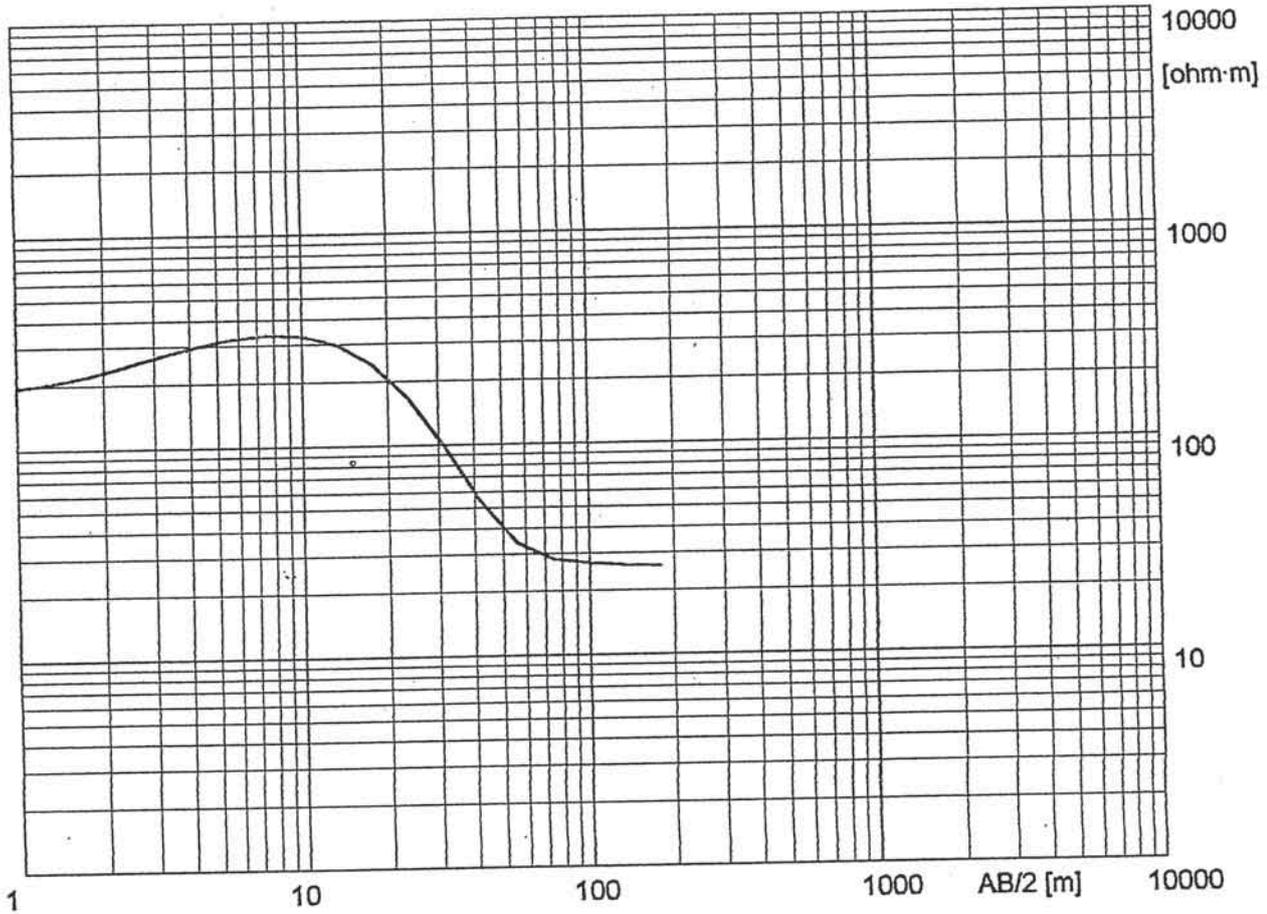
# COLONNA STRATIGRAFICA SEV N° 9

SCALA 1:500

STRATIGRAFIA	DESCRIZIONE	SPESSORE	LIVELLO CONDUTTIVO
0 - 10	Terreno alluvionale poco addensato	1.25	
10 - 20	Alluvioni grossolane (ghiaie, sabbie, ciottoli e blocchi)	8.14	9.39
20 - 30	Substrato litoide (filladi)	> 50 m.	
30 - 40			
40 - 50			
50 - 60			
60 - 70			
70 - 80			
80 - 90			
90 - 100			
100 - 110			
110 - 120			



# Electrical sounding Schlumberger - sev 9.WS3



Model		
Resistivity [ohm·m]	Thickness [m]	Depth [m]
188	1.2	0
436	8.1	1.2
26		9.3

# COLONNA STRATIGRAFICA SEV N° 10

SCALA 1:500

STRATIGRAFIA	DESCRIZIONE	SPESSORE	LIVELLO CONDUTTIVO
0 - 1.17	Terreno alluvionale poco addensato	1.17	
1.17 - 9.45	Alluvioni grossolane (ghiaie, sabbie, ciottoli e blocchi)	8.28	9.45
9.45 - > 50 m.	Substrato litoide (filladi)	> 50 m.	

10

20

30

40

50

60

70

80

90

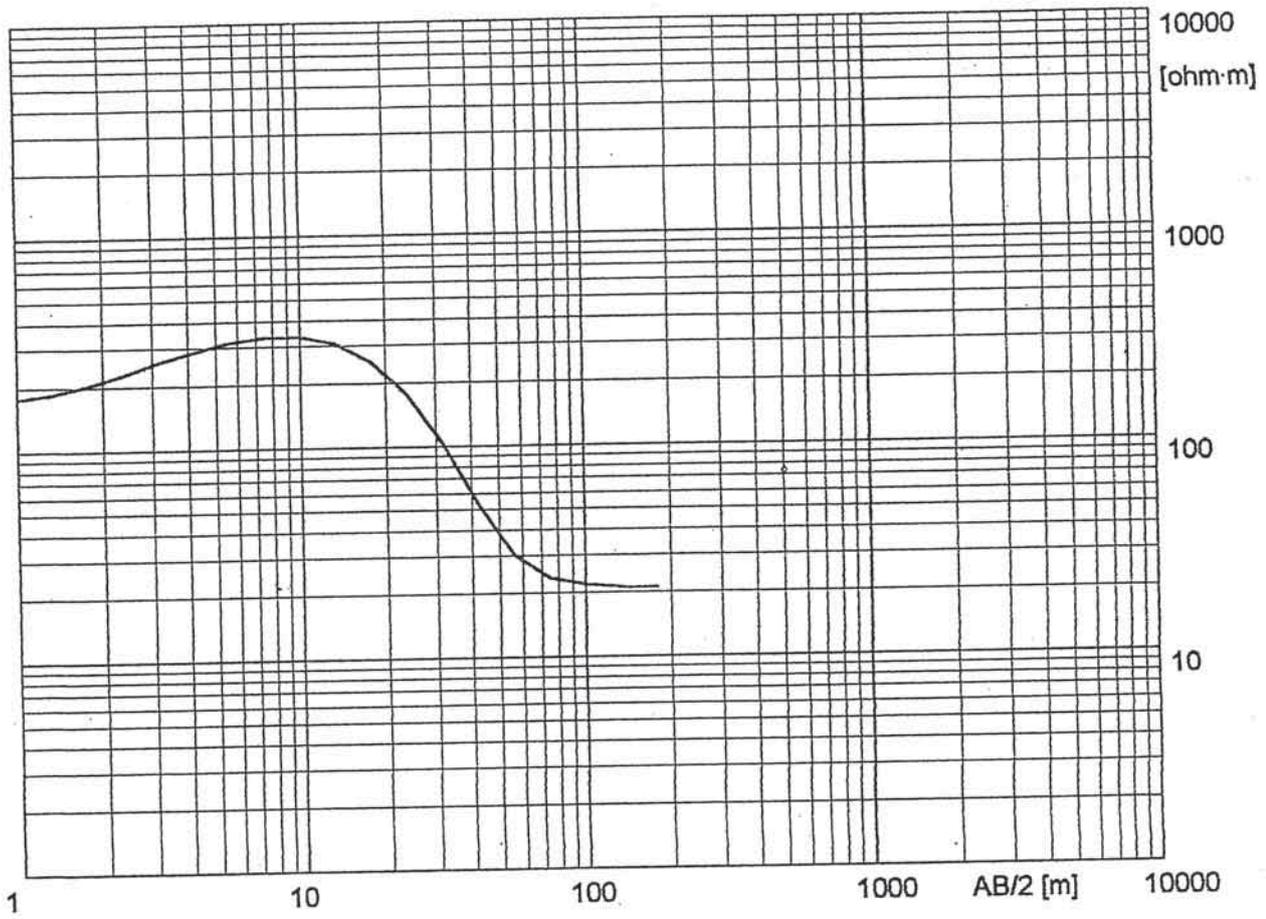
100

110

120



# Electrical sounding Schlumberger - sev 10.WS3



Model	Resistivity [ohm·m]	Thickness [m]	Depth [m]
1	169	1.2	0
2	454	8.3	1.2
3	21		9.5

# COLONNA STRATIGRAFICA SEV N° 11

SCALA 1:500

STRATIGRAFIA	DESCRIZIONE	SPESSORE	LIVELLO CONDUTTIVO
0 - 1.28	Terreno alluvionale poco addensato	1.28	
1.28 - 11.75	Alluvioni grossolane (ghiaie, sabbie, ciottoli e blocchi)	10.47	11.75
11.75 - > 50 m.	Substrato litoide (filladi)	> 50 m.	

10

20

30

40

50

60

70

80

90

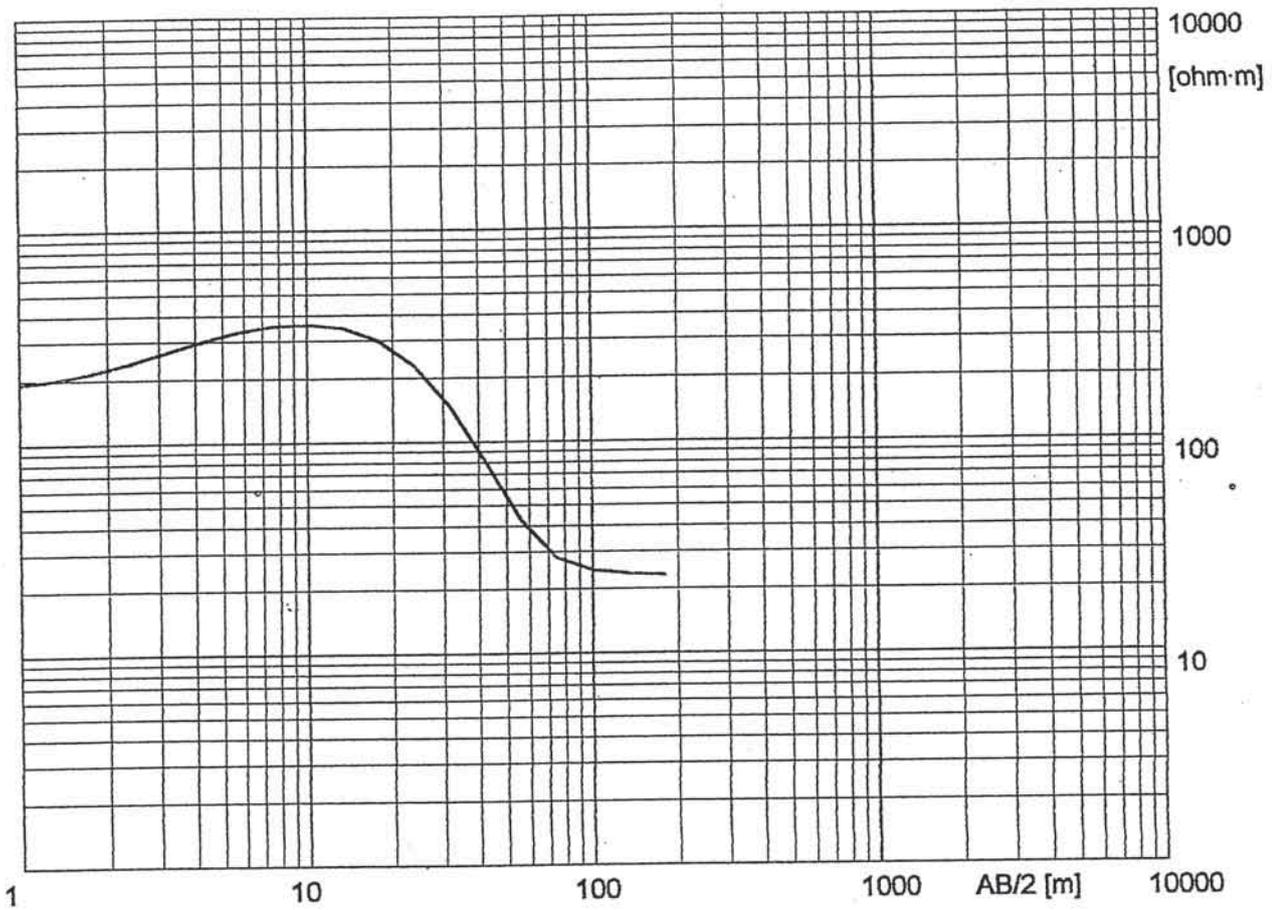
100

110

120



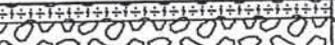
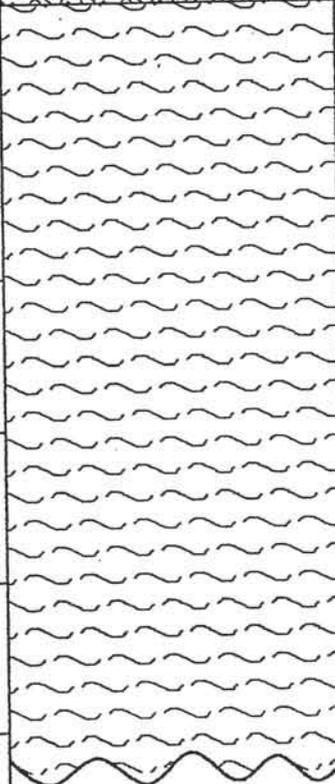
# Electrical sounding Schlumberger - sev 11.WS3



Model	Resistivity	Thickness	Depth
	[ohm·m]	[m]	[m]
	186	1.3	0
	467	10	1.3
	23		11

# COLONNA STRATIGRAFICA SEV N° 12

SCALA 1:500

STRATIGRAFIA	DESCRIZIONE	SPESSORE	LIVELLO CONDUTTIVO
	Terreno alluvionale poco addensato	1.20	
	Alluvioni grossolane (ghiaie, sabbie, ciottoli e blocchi)	10.61	11.81
	Substrato litoide (filladi)	> 50 m.	

10

20

30

40

50

60

70

80

90

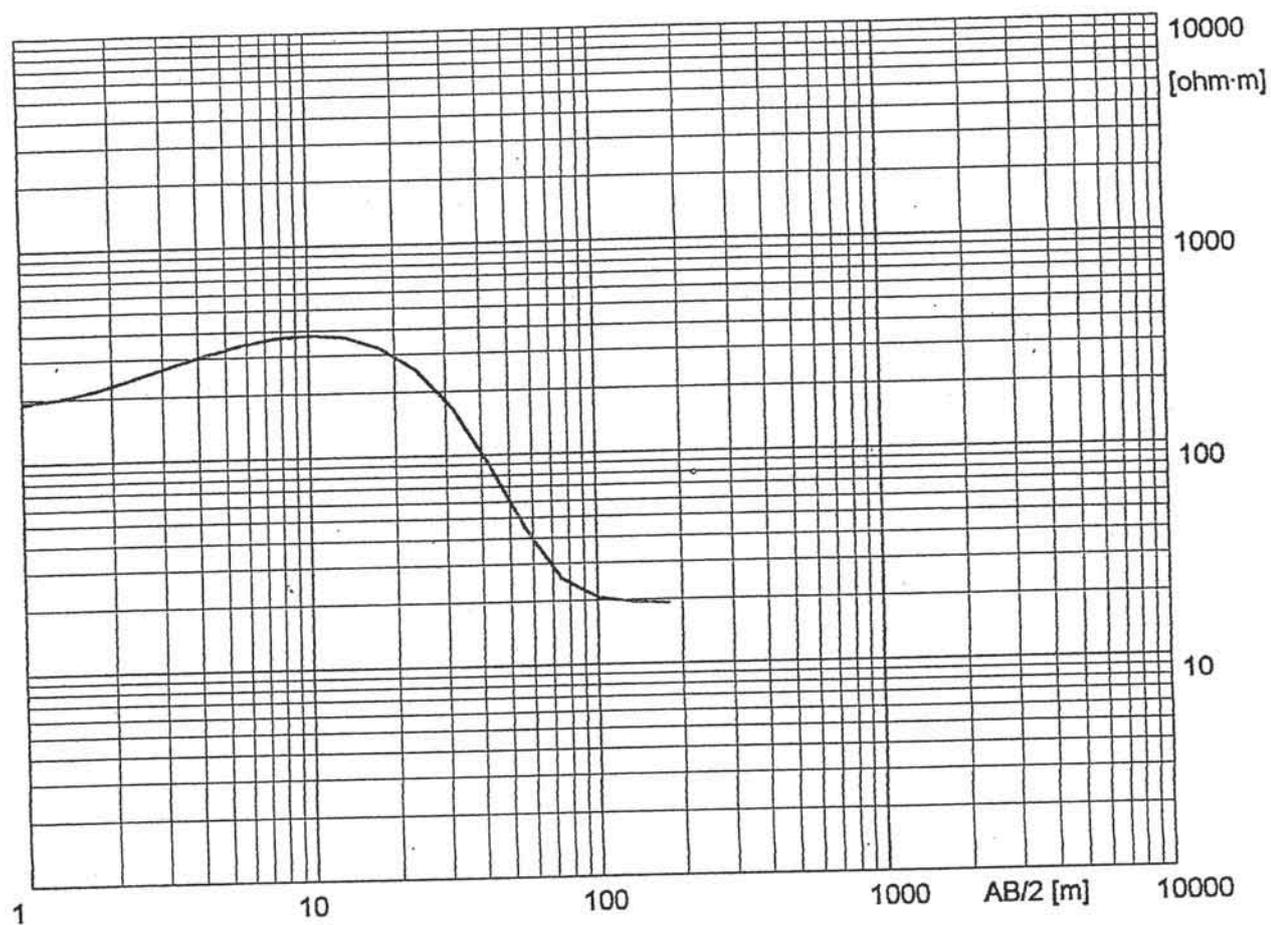
100

110

120



# Electrical sounding Schlumberger - sev 12.WS3



Model	Resistivity [ohm·m]	Thickness [m]	Depth [m]
1	181	1.2	0
2	478	11	1.2
3	19		12