


COMUNE DI BARBERINO VAL D'ELSA e POGGIBONSI

Provincia di FIRENZE e SIENA




INTERVENTI DI MIGLIORAMENTO DELLA DIGA DROVE DI CEPPARELLO

Codice Elaborato: DG.05	Nome Elaborato: RELAZIONE GEOLOGICA, GEOLOGICO-TECNICA E SULLE INDAGINI, SISMICA	Scala: -
		Data: Marzo 2017

Settore: 	Sede Firenze Via de Sanctis, 49 Cod. Fiscale e P.I. 06111950488
---	---

Organizzazione dotata di Sistema di Gestione Integrato certificato in conformità alla normativa ISO9001 - ISO14001 - OHSAS18001 - SA8000

PROGETTO: 	INGEGNERE RESPONSABILE DIGA : <i>Dott. Ing. Damasco MORELLI</i>	COLLABORATORI GEOLOGIA: <i>Dott. Geol. Carlo FERRI Dott. Geol. Alessandro AGNELLI</i>
PROGETTISTA: <i>Dott. Ing. David SETTESOLDI</i>	IL GEOLOGO : <i>Dott. Geol. Nicola CEMPINI</i>	INDAGINI GEOLOGICHE: <i>GAIA SERVIZI srl LABORATORIO SIGMA Società Geologica e Geofisica AMBIENTE SC</i>
PROGETTISTA STRUTTURE: <i>Dott. Ing. Cristiano REMORINI</i>	UFFICIO ESPROPRI : <i>Geom. Andrea PATRIARCHI Geom. Marco MENICHINI Per. Agr. Davide MORETTI</i>	COMMESSA I.T. :
COLLABORATORI TECNICI: <i>Dott. Ing. Michele CATELLA Dott. Ing. Roberto PINELLI Dott. Geol. Silvia ANGELINI</i>		COMMESSA COMMITTENTE :

RESPONSABILE COMMESSA I.T. : <i>Dott. Ing. Damasco MORELLI</i>	RESPONSABILE DI COMMESSA : <i>Geom. Alessandro PIOLI</i>
--	--

DIRETTORE TECNICO INGEGNERIE TOSCANE : <i>Dott. Ing. Mario CHIARUGI</i>	COMMITTENTE : <i>Dott. Ing. Roberto CECCHINI</i>
---	--

Rev.	Data	Descrizione / Motivo della revisione	Redatto	Controllato / Approvato
00	Marzo 2017	Emissione Progetto di FATTIBILITA'		Morelli / Chiarugi

PROGETTO DI FATTIBILITA'

INDICE

1	PREMESSA	3
2	PROGETTO DI FATTIBILITA'	4
3	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	7
4	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E GEOMORFOLOGICO	8
5	INQUADRAMENTO GEOLOGICO	10
6	INDAGINI GEOGNOSTICHE	11
6.1	CAMPAGNA GEOGNOSTICA 2005/2006	11
6.2	CAMPAGNA GEOGNOSTICA LUGLIO 2005	11
6.2.1	<i>Risultati delle analisi di laboratorio 2005/2006</i>	13
6.3	CAMPAGNA GEOGNOSTICA LUGLIO 2016	17
6.3.1	<i>RISULTATI DELLE ANALISI DI LABORATORIO</i>	19
6.4	PROSPEZIONE SISMICA	23
6.5	INDAGINE MEDIANTE SISMICA A RIFRAZIONE.....	25
6.5.1	<i>RISULTATI</i>	25
6.6	INDAGINI GEOELETTRICHE	26
7	CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE RIGUARDANTI LA PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI INDAGATI.	31

ELENCO FIGURE

FIGURA 1: COROGRAFIA 1:25.000

FIGURA 1A: COROGRAFIA 1:10.000

FIGURA 2: GEOMORFOLOGIA

FIGURA 2A: GEOMORFOLOGIA PAI

FIGURA 3: GEOLOGIA

FIGURA 4: UBICAZIONE INDAGINI 2005/2006

ELENCO ALLEGATI

ALLEGATO 1: STRATIGRAFIE SONDAGGI (luglio 2005 e ottobre 2006)

ALLEGATO 2: REPORT INDAGINI (febbraio e marzo 2016)

ALLEGATO 3: ANALISI DI LABORATORIO (luglio 2005 e ottobre 2006)

ALLEGATO 4: ANALISI DI LABORATORIO (aprile maggio 2016)

ALLEGATO 5: PROSPEZIONI SISMICHE (Down-Hole e Sismica a Rifrazione)

ALLEGATO 6: PROSPEZIONI GEOELETTRICHE

1 PREMESSA

Il presente documento costituisce la relazione GEOLOGICA a supporto della progettazione preliminare degli interventi di miglioramento della diga di Cepparello ubicata nel Comune di Poggibonsi (Prov. SI) sul Borro di Cepparello.

Le attività condotte nel presente documento riguardano l'esposizione dei risultati delle indagini geologiche, geotecniche e sismiche eseguite sul rilevato e le aree limitrofe che caratterizzano la Diga di Drove di Cepparello.

Nella presente relazione vengono esposti e commentati i risultati dell'indagine geologica e geotecnica relativa al rilevato in terra che costituisce la diga di Drove di Cepparello e le valutazioni geologiche preliminari del progetto di fattibilità generale.

L'intervento in questione si localizza in corrispondenza dell'esistente diga, posta sul lato nord-ovest del lago artificiale di Cepparello, ubicato al confine tra il Comune di Poggibonsi (SI) e il Comune di Barberino Val d'Elsa (FI).

2 PROGETTO DI FATTIBILITA'

Di seguito si riportano degli estratti della relazione illustrativa redatta dall'Ing. Settesoldi.

Gli interventi previsti nel presente progetto ricadono in parte nel Comune di Poggibonsi (Prov. SI) e in parte nel Comune di Barberino Val d'Elsa (Prov. FI).

La planimetria degli interventi di progetto è riportata nell'elaborato EG.02b (Figura 3-1), le sezioni trasversali dello corpo diga di progetto sono rappresentate nell'elaborato EG.04b (Figura 3-2), mentre negli elaborati EG.06b, EG.07b e EG.08b sono riportate le sezioni trasversali di progetto dei canali fuggatori sinistro e destro, nonché della vasca di dissipazione.

Infine negli elaborati EG.15 e EG.16 sono raffigurati i tipologici strutturali e costruttivi delle opere d'arte.

Gli interventi di progetto consistono in interventi di ristrutturazione mediante lavori e opere di trasformazione atti ad aumentare la sicurezza attuale della diga, pur senza raggiungere i livelli richiesti per le nuove costruzioni, così come definito al cap. H.2 del D.M. 26/06/2014.

Il progetto può essere suddiviso in due macro interventi:

- **INTERVENTI DI MIGLIORAMENTO SISMICO**

È necessario procedere ad interventi di miglioramento sismico secondo quanto riportato al cap. H.2.2. del D.M. 26/06/2014, in quanto le verifiche di stabilità, condotte come prescritto ai capp. H.3 e H.4, mostrano il raggiungimento per lo stato attuale di uno SLU (SLV e SLC).

I risultati delle verifiche di stabilità mettono in luce significative criticità nella stabilità del corpo diga alcune delle quali (paramento di valle) già evidenziate nelle verifiche degli studi e dei progetti precedenti, altre (paramento di monte per svaso rapido) emerse alla luce della nuova caratterizzazione geotecnica del terreno del corpo diga a seguito della campagna di indagini del 2016.

Gli interventi volti a garantire la stabilità del corpo diga prevedono un ricarico dei paramenti di monte e di valle, in modo da addolcire il pendio ed appesantire il corpo diga al piede ovvero: paramento di monte: realizzazione di un riporto con pendenza di 1:3 con una banca intermedia alla quota delle soglie sfioranti pari a 183.5 m s.l.m.; paramento di valle: realizzazione di un ricarico fino al coronamento, con banca intermedia alla quota di 178 m s.l.m., per ottenere una pendenza costante di 1:3

CARATTERISTICHE DEI TERRENI DI RINFIANCO

Il terreno utilizzato per il rinfianco della diga deve avere le caratteristiche previste nelle verifiche di stabilità. Il terreno utilizzato per il rinterro è assunto con le stesse caratteristiche di quelle del corpo diga. In particolare, si prevede di utilizzare un terreno che una volta messo in opera possieda un angolo di attrito di almeno 28.7°, un peso insaturo di circa 2.083 t/m³ e un peso saturo di circa 2.094 t/m³ come il materiale del rilevato esistente

- **INTERVENTI DI MIGLIORAMENTO IDRAULICO**

È necessario procedere ad interventi di miglioramento idraulico secondo quanto riportato al cap. H.2.2. del D.M. 26/06/2014, in quanto il tempo di ritorno della portata di piena scaricabile rispettando il franco idraulico indicato al cap. C.1 è inferiore a 1000 anni

▪ **INTERVENTI DI ADEGUAMENTO DELLO SCARICO DI SUPERFICIE**

Gli interventi di adeguamento previsti hanno lo scopo di ripristinare una capacità di smaltimento che migliori sensibilmente il livello di sicurezza rispetto lo stato attuale della diga. sono adottati sfioratori della tipologia a “becco d’anatra”, i quali, attraverso un’opportuna conformazione geometrica, riescono a garantire uno sviluppo del ciglio sfiorante dello stramazzo superficiale sufficiente con una struttura portante contenuta...

In particolare sono previsti i seguenti interventi:

- ✓ *adeguamento dello sfioratore di sinistra mediante la realizzazione di una soglia di sfioro fissa del tipo a “becco d’anatra” lunga complessivamente 38.0 m posta a quota 185.0 m s.l.m. contro i 186.0 m s.l.m. attuali;*
- ✓ *riprofilatura del fondo e delle sezioni trasversali del canale fugatore sinistro nel tratto compreso tra la sezione SX-1 e la sezione SX-14a;*
- ✓ *spostamento verso monte della viabilità in sinistra dello sfioratore per l’accesso alla cabina di manovra dello scarico di fondo;*
- ✓ *sostituzione delle condotte presenti al disotto della suddetta viabilità (condotta di alimentazione della centrale, condotta di troppo pieno, condotta di alimentazione dall’Elsa);*
- ✓ *demolizione e rifacimento delle passerelle di accesso al coronamento e al pozzetto di manovra della diga presenti sullo canale fugatore sinistro;*
- ✓ *adeguamento dello sfioratore di destra tramite la realizzazione di una soglia di sfioro fissa del tipo a “becco d’anatra” lunga complessivamente 28.7 m posta a quota 185.0 m s.l.m. contro i 186.0 m s.l.m. attuali;*
- ✓ *riprofilatura del fondo e delle sezioni trasversali del canale fugatore destro nel tratto compreso tra la sezione DX-1 e la sezione DX-7a;*
- ✓ *adeguamento dei muri della vasca di dissipazione a valle dei canali di scarico;*
- ✓ *realizzazione di blocchi dissipatori sulla platea in calcestruzzo posta a valle della vasca di dissipazione prima della restituzione nell’alveo naturale.*

▪ **INTERVENTI DI ADEGUAMENTO DELLO SCARICO DI FONDO**

Gli interventi necessari all’adeguamento dello scarico di fondo riguardano il rifacimento dell’opera di presa di monte, dell’opera di alloggiamento delle valvole e il ripristino dell’efficienza dell’attuale tubazione di scarico. Si osserva che nello stato di progetto il presidio dello scarico di fondo è pensato a valle e non a monte come nello stato attuale.

▪ **L’OPERA DI PRESA**

L’opera di presa viene arretrata verso l’interno del lago di circa 4.5 m rispetto alla posizione attuale in seguito alla realizzazione del rinfilanco sul paramento di monte. È

prevista la demolizione dell'attuale pozzetto e del tratto iniziale della tubazione costituito dal collo d'oca. La tubazione attuale dello scarico di fondo viene intercettata e prolungata verso monte fino ad immettersi nel nuovo pozzetto. Il nuovo pozzetto ha una pianta quadrata di dimensioni interne 4.0×4.0 m e un'altezza utile interna di 7.0 m con quota dell'estradosso a 172.0 m s.l.m..

3 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Le indagini geologiche ottemperano a quanto previsto dal:

- ✓ D.M. 14 gennaio 2008 “Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni”;
- ✓ C.S.L.P. Istruzioni per l’applicazione delle “Norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 14/01/2008, Circolare del 02/02/2009;
- ✓ Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 3519 del 28/04/06;
- ✓ D.M. 11/03/88; Del.G.R.T. n.431/06 sulla classificazione sismica del territorio regionale;
- ✓ D.Lgs 10/02/2006, n. 152 “Norme in materia di Ambiente”;
- ✓ D.P.G.R. 53/r 2011;
- ✓ L.R. 21/2012;
- ✓ D.P.G.R. 36/r 2009;
- ✓ D.P.C.M. 06/05/2005 (PAI);
- ✓ D.P.C.M. 226 del 05/11/99;
- ✓ ex L. 1497/39 e art. 142 del Dlgs. 42/04;
- ✓ Regio Decreto n° 3267 del 30/12/1923;
- ✓ Regolamento Forestale della Toscana (D.P.G.R. 8 agosto 2003 n.° 48/R);
- ✓ T.U. 25 luglio 1904 n. 523; Regio Decreto n° 3267 del 30/12/1923;

4 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E GEOMORFOLOGICO

L'area in esame (figg. 1-1a-2) sorge in corrispondenza dei territori comunali di Poggibonsi (SI) e Barberino V.E. (FI), ad una distanza di circa 4,2 Km in direzione nord-est dal centro urbano del Capoluogo.

Il comparto di interesse si colloca nella porzione territoriale compresa tra il corso della S.S. n° 429 della Val d'Elsa (a sud), collegante Poggibonsi con l'abitato di Castellina in Chianti e il tracciato della Strada Comunale della Paneretta che, dipartendosi dalla S.S. precedentemente menzionata all'altezza del toponimo Scarpi, conduce all'abitato di Monsanto.

Dal punto di vista morfologico la zona oggetto di studio è ubicata alle immediate falde di Poggio Leccia (a sud) e dei rilievi collinari su cui insistono gli agglomerati di Relle e P. Montignano (rispettivamente a nord e ad est), aventi un'elevazione sul livello del mare compresa tra 180 e 310 m e fianchi con un'acclività media del 15-20 % (classi 3 e 4 di acclività ai sensi della Del. C.R. 94/85).

I rilievi sopra menzionati rappresentano lo spartiacque morfologico del Borro di Cepparello, tributario destro del Torrente Staggia, che con la propria asta fluviale segna il confine tra i territori comunali di Poggibonsi e Barberino V.E..

Riguardo l'uso del suolo nella porzione territoriale di interesse, oltre ad un'abbondante copertura vegetale, si rileva la prevalenza diffusa di boschi e di aree terrazzate per favorire l'impianto delle coltivazioni agricole (principalmente rappresentate da vigneti e oliveti talora in coltura promiscua e, subordinatamente, da seminativi).

Nelle immediate vicinanze del lago artificiale oggetto di studio si segnala l'esistenza di aree boscate e di porzioni adibite a vigneti.

Per quanto riguarda le forme di dissesto, si segnala un movimento gravitativo, chiaramente individuabile nella figura 2, che interessa la sponda sinistra dell'invaso artificiale della diga di Drove di Cepparello, realizzato per usi acquedottistici nella porzione di monte della valle incisa dall'omonimo borro e da alcuni suoi tributari secondari.

Infatti, è stata rilevata la presenza di un vasto accumulo detritico che dalla sommità del rilievo su cui sorge il toponimo Sornano degrada, in direzione N, verso l'invaso artificiale di Cepparello. Tale accumulo detritico mostra alla data odierna dei segni di attività causati da scoscendimenti superficiali del detrito stesso che mal sostiene le piante di più alto fusto. Oltre a detta forma sono stati individuati due episodi di erosione incanalata che si sviluppano internamente all'accumulo detritico sopra menzionato. Circa 250 m a sud di tale corpo detritico è stata inoltre individuata chiaramente la presenza di una estesa corona di frana che sottende una vasta area interessata da soliflusso superficiale.

A tal proposito e come riportato nei precedenti elaborati del giugno-dicembre 2002, si precisa che indizi di una certa instabilità geomorfologica erano stati già individuati a livello della porzione di interesse durante il sopralluogo del 19/05/93 eseguito dai funzionari del Servizio Nazionale Dighe - Ufficio di Firenze – come testimoniato dal relativo verbale depositato agli atti di detto ufficio. Nello stesso verbale il movimento gravitativo in questione fu attribuito all'esecuzione di movimenti di terreno e, in particolar modo, agli sbancamenti eseguiti negli anni '89-'90 (a detta della committenza) per la creazione di una strada, attualmente dissestata dalla frana in oggetto e impraticabile, il cui corso si sviluppava a partire dalla spalla sinistra dell'invaso artificiale.

Le modifiche delle condizioni di equilibrio di detta porzione di versante indotte dalla creazione del succitato intervento unitamente agli eventi meteorici eccezionali per intensità e durata che si verificarono nel successivo periodo 1991-1992-1993 sono da ritenere la causa scatenante del movimento gravitativo più vicino al paramento. Detto movimento comunque non presenta caratteristiche volumetriche (detrito superficiale) tali da far preoccupare ai fini della pericolosità dell'invaso. Tale forma comunque necessita di un costante monitoraggio da parte di personale qualificato quanto meno stagionale.

Riguardo al corpo di frana più esteso localizzato sulla sponda sinistra dell'invaso (c/o toponimo "Leccia"), classificabile in precedenza come quiescente, si ritiene che non vi siano allo stato attuale di indagine evidenze di indizi che facciano presumere ad una sua potenziale riattivazione. Detto movimento franoso è stato pertanto classificato, a seguito dell'indagine di dettaglio, come stabilizzato (paleofrana). Poco ad est di detta frana e, in particolar modo, a valle del coronamento esistente sul fianco sinistro dell'impianto facente capo all'invaso in oggetto (a valle di "C. La Querce") è stata evidenziata l'esistenza di un movimento gravitativo di modesta estensione attualmente in fase di quiescenza in quanto privo di evidenti segnali di attività. Infine, riguardo le forme di dissesto imputabili a movimenti gravitativi si segnala l'esistenza di un'area contraddistinta da distacchi isolati di blocchi rocciosi in destra idraulica dell'invaso, poco a nord del paramento oggetto di studio. Si ritiene che le suddette fenomenologie siano imputabili a una concomitanza di fattori quali principalmente la tettonizzazione dell'area, la quale oltre a fratturare la formazione affiorante ha prodotto anche significative dislocazioni all'interno di essa, e l'eventuale erosione al piede del versante prodotta dal torrente stesso.

Nella fattispecie dell'area interessata dagli interventi di adeguamento degli sfioratori, se si esclude la presenza di acclività elevate, non si sono rilevate forme di attività sotto il profilo gravitativo, ed anzi la zona degli sfioratori denota una sostanziale stabilità anche a causa dell'assetto favorevole sotto il profilo strutturale delle formazioni affioranti.

Nella cartografia del Piano Stralcio Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno (Perimetrazione delle aree con pericolosità da fenomeni geomorfologici di versante – Livello di sintesi – scala 1/25.000) l'intero comparto d'intervento ricade all'interno di un'area contraddistinta dalla sigla P.F.1 (aree con pericolosità da fenomeni geomorfologici di versante moderata - "Perimetrazione delle aree con pericolosità da fenomeni geomorfologici di versante" -fig. 2a).

5 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Nell'area di indagine si segnala la presenza di tre distinte unità litologiche riferibili a depositi detritici di recente deposizione, a depositi di origine marina di età pliocenica e una formazione costituita da rocce argillitiche ed arenaceo-calcaree, appartenenti al Paleocene (fig. 3).

Caratteristica dei terreni pliocenici è l'estrema eterogeneità granulometrica a testimoniare le variazioni degli ambienti di sedimentazione che passano, sia da ovest verso est, che dal basso verso l'alto, da un ambiente di piattaforma ad ambienti litorali e sub-litorali con caratteri deltizi. L'unità litologica del Pliocene è stata definita in relazione alla prevalenza granulometrica tra le classi tessiturali delle sabbie.

In considerazione di quanto sopra espresso la successione stratigrafica dell'area in esame viene così ad essere costituita dall'alto verso il basso in ordine geometrico dalle seguenti unità litologiche (fig. 3):

- *Detrito di versante (dt)*
- *Sabbie (Ps) – Pliocene*
- *Pietraforte (Pf) – Paleocene*

Il Detrito di versante (dt) è occasionalmente presente nella sequenza stratigrafica in esame; è un accumulo depositatosi per gravità dovuto al disfacimento ed erosione/deposizione delle unità collocate morfologicamente più a monte. Nei modesti affioramenti rilevati, detto detrito, rappresentato da materiale eterogeneo e caoticizzato, risulta costituito da blocchi lapidei prevalentemente arenacei e quarzoso-calcarei immersi in una matrice prevalentemente sabbiosa e/o limoso-sabbiosa.

L'unità litologica delle Sabbie è caratterizzata da depositi a tessitura sabbioso-limosa di colore giallastro, costituiti da strati spesso alternati di limi e sabbie con spessori variabili tra 0,3 e 0,7 m.

Intercalati a tali depositi si riscontrano dei sottili livelli di limo, da debolmente sabbioso ad argilloso, e rare lenti ghiaiose e ciottolose. Detti terreni, talvolta debolmente cementati, danno luogo a scarpate sub-verticali di altezza variabile.

Le Sabbie affiorano rispettivamente a nord e a sud dell'area in oggetto.

L'unità litologica della Pietraforte è caratterizzata da alternanze di arenarie quarzoso-calcaree e di argilloscisti grigio-scuri. Tale unità affiora estesamente in corrispondenza dell'area in oggetto.

6 INDAGINI GEOGNOSTICHE

Il rilevato della diga in oggetto è stato indagato in diverse fasi successive che possono essere suddivise in due fasi 2005/2006 e 2016.

Le prime indagini sono state di tipo conoscitivo generale ed hanno permesso di caratterizzare il corpo diga.

Le granulometrie presenti nel rilevato sono risultate di difficile campionamento dal punto di vista geotecnico e quindi non è stato possibile recuperare un numero elevato di campioni indisturbati.

Per superare la carenza di dati di laboratorio geotecnico è stata predisposta una seconda campagna geotecnica nel febbraio 2016 il cui scopo era il recupero del maggior numero di campioni indisturbati da poter analizzare in laboratorio.

6.1 CAMPAGNA GEOGNOSTICA 2005/2006

Al fine di ottenere un adeguato quadro conoscitivo della diga stessa e del substrato su cui l'opera idraulica in oggetto insiste sono stati realizzati quattro sondaggi geognostici a carotaggio continuo sul corpo diga [S1-S2 (ottobre 2006) e S1-S2 (luglio 2005)], finalizzati alla precisa ricostruzione stratigrafica e litologica del rilevato s.s. e del sottostante substrato nonché all'idonea parametrizzazione geotecnica degli orizzonti individuati. Le suddette indagini hanno, inoltre, permesso l'esatta definizione della situazione idraulica e idrogeologica all'interno della diga stessa.

Per l'ubicazione dei fori di indagine, posti rispettivamente sul coronamento della diga (quota 189 m s.l.m.) e sul gradone posto a quota 178 m s.l.m. del paramento di valle della stessa, si rimanda alla specifica fig. 4.

I sondaggi geognostici sono stati eseguiti a rotazione, con carotaggio integrale del terreno attraversato, fino alla profondità massima di -30 m dal p.c. di riferimento; il materiale carotato è stato quindi sistemato in apposite cassette catalogatrici e sottoposto a prove di caratterizzazione geotecnica in situ mediante penetrometro tascabile e scissometro (allegato 1).

6.2 CAMPAGNA GEOGNOSTICA LUGLIO 2005

Per l'adeguata caratterizzazione stratigrafica e geotecnica dei terreni costituenti il corpo della diga, durante la recente campagna geognostica, sono stati prelevati alcuni campioni all'interno degli orizzonti ritenuti più significativi. In particolare sono stati prelevati n° 7 campioni, di cui 2 indisturbati (con campionatore Shelby) e 5 semidisturbati, durante la perforazione del sondaggio geognostico a carotaggio continuo S1 e n° 2 campioni (uno indisturbato e l'altro semidisturbato) all'interno del foro di sondaggio S2.

Le analisi eseguite sui suddetti campioni sono osservabili nelle seguenti tabelle riassuntive.

Campione	Profondità Prelievo (m da p.c.)	Analisi granulometrica (1)	Peso di volume Contenuto acqua	Limiti Atterberg (2)	Limite ritiro	Prova Edometrica con determinazione dei coeff. Cv e K (3)	Prova Triassiale e CU	Taglio CD (4)
S1C1	-3,00/-3,50	●	●	●	●	●	●	
S1C2	-6,00/-6,50	●	●	●	●	●	●	
S1Cr3	-9,70/-10,20	●	●	●	●	●		●
S1Cr4	-14,5/-15,00	●	●	●	●	●		●

S1Cr5	-15,0/-15,30	●	●	●	●	●		●
S2C1	-12,0/-12,50	●	●	●	●	●	●	
S2Cr2	-20,4/-20,60	●	●	●	●	●		●

- (1) per setacciatura (via umida) e per sedimentazione (metodo del densimetro)
- (2) limite liquido Wl e limite plastico Wp
- (3) prova edometrica a gradini di carico costante con determinazione del Coefficiente di Consolidazione e di Permeabilità
- (4) prova di taglio consolidato drenato

Le analisi eseguite sui campioni S1Cr6 e S1Cr7 prelevati sono osservabili nella seguente tabella riassuntiva.

Campione	Profondità prelievo (m da p.c.)	Prova di compressione uniassiale (5)	Point Load Test (6)	Parametri fisici (7)
S1Cr6	-25,7/-26,0		●	●
S1Cr7	-26,0/-26,2	●		●

- (5) determinazione di σ a rottura;
- (6) resistenza alla compressione uniassiale esercitata con carico puntuale
- (7) peso di volume.

All'interno del foro di sondaggio S1 gli orizzonti litologicamente significativi ma non campionabili sono stati oggetto di prove Standard Penetration Test in avanzamento, finalizzate a verificare il grado di consistenza dei terreni attraversati. Per le cui profondità di esecuzione e i risultati ottenuti si rimanda alla seguente tabella riassuntiva:

Profondità di esecuzione (in m)	N° colpi misurati su 3 intervalli di 15 cm	Risultati prova SPT eseguita secondo le norme A.G.I. (n° colpi)
S1 (ottobre 2006)		
da - 3,00 a -3,45	6/3/4	7
da - 6,00 a -6,45	6/7/8	15
da - 10,00 a -10,45	8/10/18	28
da -12,00 a -12,45	4/4/8	12
da -15,00 a -15,45	8/8/11	19

da -18,00 a -18,45	8/13/15	28
da -21,00 a -21,45	7/11/15	26

Per la completa visione dei risultati delle analisi di laboratorio si rimanda comunque all'allegato 2 del presente elaborato.

Entrambi i fori di sondaggio sono stati provvisti di piezometro e, in particolare, il sondaggio geognostico S2 è stato attrezzato con Piezometro di Casagrande (per dettagli si rimanda allo specifico capitolo 5).

6.2.1 RISULTATI DELLE ANALISI DI LABORATORIO 2005/2006.

I campioni prelevati sono stati sottoposti alle seguenti determinazioni analitiche:

- a) umidità naturale (W%)
- b) Limiti di Atterberg (limite liquido e plastico, indice di plasticità e di consistenza: LL, LP, IP, IC)
- c) limite di ritiro (WR)
- d) analisi granulometrica per setacciatura: per via umida
- e) analisi granulometrica della frazione fine: metodo del densimetro
- f) prova di taglio
- g) prova triassiale CU.
- h) prova di compressione uniassiale
- i) Point Load Test

Per quanto riguarda il campione S1C1 l'indice di plasticità (24,7 %) classifica il terreno nel campo plastico. Lo stato di consistenza è efficacemente rappresentato dall'indice di consistenza (1,03 %) che colloca il terreno in oggetto in uno stato semisolido. Il limite liquido è pari a 46,7 % mentre il limite di ritiro risulta essere pari a 12,0 %, di molto inferiore al contenuto d'acqua naturale del campione (19,90 %).

Il campione S1C2 è risultato essere nel campo plastico (21,2 %) e, dal punto di vista della consistenza (0,89 %), in uno stato solido-plastico. Il limite liquido è pari a 40,8 % mentre il limite di ritiro risulta essere pari a 12,8 %, di molto inferiore al contenuto d'acqua naturale del campione (20,00 %).

Il campione S1Cr3 è classificabile come plastico (l'indice di plasticità 25,3%) e si trova in uno stato semisolido (indice di consistenza pari a 1,02 %). Il limite liquido è pari a 43,4 % mentre il limite di ritiro risulta essere pari a 14,1 %, inferiore al contenuto d'acqua naturale del campione (19,7%).

Per quanto riguarda il campione S1Cr4 l'indice di plasticità (24,3 %) classifica il terreno nel campo plastico. Lo stato di consistenza è efficacemente rappresentato dall'indice di consistenza (1,23 %) che colloca il terreno in oggetto in uno stato semisolido. Il limite liquido è pari a 43,9 % mentre il limite di ritiro risulta essere pari a 16,1 %, di poco inferiore al contenuto d'acqua naturale del campione (18,9 %).

Il campione S1Cr5 è classificato nel campo plastico (23,5%) e, dal punto di vista della consistenza (1,12%), in uno stato semisolido. Il limite liquido e il limite di ritiro sono rispettivamente pari a 44,1% e 10,8%, quest'ultimo di molto inferiore al contenuto d'acqua naturale del campione (18,9%).

Riguardo al campione S2C1 l'indice di plasticità (32,6 %) classifica il terreno nel campo plastico. Lo stato di consistenza, rappresentato dall'indice di consistenza (1,01 %), colloca il terreno in oggetto in uno stato semisolido. Il limite liquido è pari a 54% mentre il limite di ritiro risulta essere pari a 11,7%, inferiore al contenuto d'acqua naturale del campione (18,4 %).

Il campione S2Cr2 è infine classificabile come plastico (Indice Plastico 20,0%) e semisolido (Indice di consistenza pari a 1,32%). Il limite liquido è pari a 43,2%, il limite di ritiro è pari a 16,5%, mentre il contenuto d'acqua naturale del campione è pari a 17,4%.

Di seguito sono riassunti i risultati delle suddette analisi:

Campione	Umidità Naturale	LL	LP	IP	IC	WR	Classificazione sulla Carta di Casagrande
S1C1	19,90	46,7	21,9	24,7	1,03	12,0	CL
S1C2	20,00	40,8	19,5	21,2	0,89	12,8	CL
S1Cr3	19,70	43,4	18,1	25,3	1,02	14,1	CL
S1Cr4	18,90	43,9	19,6	24,3	1,23	16,1	CL
S1Cr5	19,70	44,1	20,7	23,5	1,12	10,8	CL
S2C1	18,40	54,0	21,7	32,6	1,01	11,7	CH
S1Cr2	17,40	43,2	23,2	20,0	1,32	16,5	CL

Come emerge chiaramente dalla tabella sopra riportata, i campioni di terreno analizzati sono classificabili nella Carta di Casagrande come "argilla inorganica di media plasticità" (CL) ad eccezione del campione S2C1 ricadente nel campo delle "argille inorganiche di alta plasticità" (CH).

Dal punto di vista dello stato di consistenza i terreni in esame sono classificabili come "semisolidi", ad eccezione del campione S1C2 classificabile invece come "solido-plastico".

I valori dei limiti di ritiro determinati si attestano nell'intervallo compreso tra 10,8 e 16,5%.

Le prove di taglio effettuate, simulanti le condizioni a lungo termine, hanno determinato i seguenti parametri geotecnici (certificati di prova n° 1973-2014/2005):

- campione S1Cr3-un valore di coesione pari a 0,010 Kg/cm² ed un angolo di attrito pari a 31,5°;
- campione S1Cr4-un valore di coesione pari a 0,004 Kg/cm² ed un angolo di attrito pari a 26,0°;
- campione S1Cr5-un valore di coesione pari a 0,095 Kg/cm² ed un angolo di attrito pari a 24,6°;
- campione S2Cr2-un valore di coesione pari a 0,270 Kg/cm² ed un angolo di attrito pari a 26,2°.

I risultati delle prove triassiali CU sono schematizzati di seguito:

Campione	Profondità di prelievo (m)		C (Kg/cm ²)	σ' (°)	C' (Kg/cm ²)
S1C1	-3,00/-3,50	16,2	0,223	26,2	0,079
S1C2	-6,00/-6,50	19,4	0,081	28,9	0,045

S2C1	-12,00/-12,50	14,5	0,149	24,4	0,030
-------------	---------------	------	-------	------	-------

ϕ e C : valori di coesione e angolo di attrito determinati in condizioni consolidate-non drenate.

ϕ' e C' : valori di coesione e angolo di attrito effettivi, determinati in condizioni consolidate-drenate.

Per quanto riguarda le prove edometriche si segnalano i seguenti risultati:

Campione	Cr (indice di ricompressione)	Cc (indice di compressione)	Cs (indice di rigonfiamento)	Cv^(*) (coeff. di consolidazione)	K^(**) (coeff. di permeabilità)
S1C1	0,05953	0,16804	0,03337	4,87x10 ⁻⁴	2,11x10 ⁻⁸
S1C2	0,04880	0,16049	0,03433	8,66x10 ⁻⁴	5,1x10 ⁻⁹
S1Cr3	0,03057	0,16392	0,04110	4,27x10 ⁻⁴	6,2x10 ⁻⁹
S1Cr4	0,09653	0,17141	0,04181	4,82x10 ⁻⁴	5,20x10 ⁻⁹
S1Cr5	0,05130	0,15903	0,02984	1,019x10 ⁻³	9,00x10 ⁻⁹
S2C1	0,05100	0,18090	0,04214	6,31x10 ⁻⁴	6,20x10 ⁻⁹
S2Cr2	0,11177	0,27150	0,05396	1,730x10 ⁻³	1,92x10 ⁻⁸

() valore ottenuto per un campo di pressioni applicato variabile da 49,0 KPa a 98,1 KPa (ad eccezione di quello relativo al campione S1C1 ottenuto per carichi compresi tra 24,5 e 49 KPa), rappresentativo della situazione reale.*

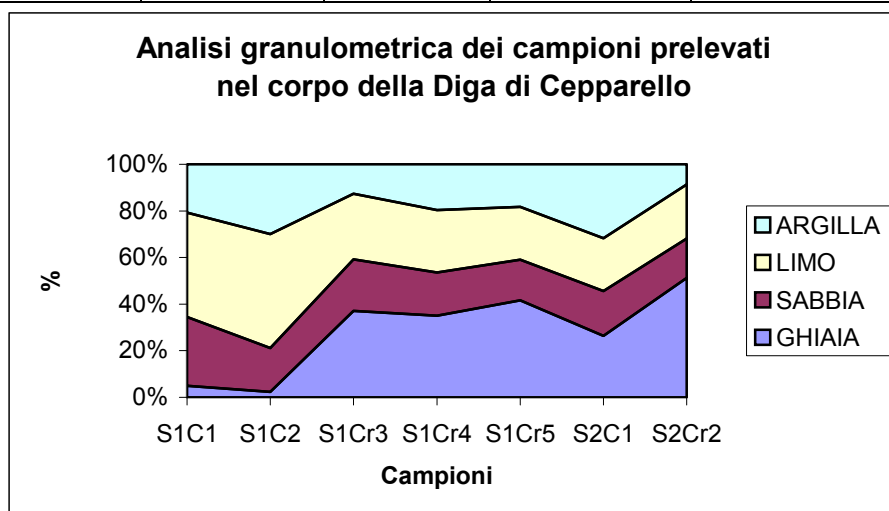
*(**) valore ottenuto per un campo di pressioni applicato variabile da 49,0 KPa a 98,1 KPa (ad eccezione di quello relativo al campione S1C1 ottenuto per carichi compresi tra 24,5 e 49 KPa), rappresentativo della situazione reale.*

Al fine di evidenziare potenziali e pericolosi moti di filtrazione incontrollati all'interno del corpo diga s.s. durante la prova edometrica è stata effettuata anche la determinazione del coefficiente di permeabilità degli orizzonti litologici che lo costituiscono.

Le prove di permeabilità eseguite in cella edometrica hanno fornito, per tutti i campioni analizzati, coefficienti di permeabilità molto bassi/al limite dell'impermeabilità compresi tra 2,11 x10-8 cm/sec e 5,10x10-9 cm/sec (v. precedente tabella).

I campioni prelevati all'interno del corpo diga sono stati sottoposti a specifiche analisi granulometriche. Come chiaramente osservabile nella sottostante tabella riassuntiva e nel relativo diagramma ad area è stata evidenziata una generale predominanza della frazione ghiaiosa (26,4-51,3%) immersa in abbondante matrice limoso-argilloso-sabbiosa.

Campione	Ghiaia (%)	Sabbia (%)	Limo (%)	Argilla (%)	Classificazione A.G.I.
S1C1	5,0	29,5	44,7	20,8	<i>Limo argillosa con sabbia</i>
S1C2	2,3	18,9	48,9	29,9	<i>Limo argillosa con sabbia</i>
S1Cr3	37,1	22,1	28,3	12,6	<i>Ghiaia con limo sabbiosa argillosa</i>
S1Cr4	35,0	18,6	26,8	19,6	<i>Ghiaia con limo argillosa sabbiosa</i>
S1Cr5	41,6	17,4	22,7	18,3	<i>Ghiaia limosa argillosa sabbiosa</i>
S2C1	26,4	19,2	22,8	31,7	<i>Ghiaia con argilla limosa sabbiosa</i>
S2C2	51,3	16,9	23,1	8,7	<i>Ghiaia limosa sabbiosa debolmente argillosa</i>



Sui campioni S1Cr6 (profondità di prelievo tra -25,70 e -26,00 m) e S1Cr7 (profondità di prelievo tra -26,00 e -26,20 m dal p.c.) sono state effettuate, oltre alla determinazione del Peso di volume di ciascuno di essi, un Point Load Strength Index e una prova di compressione uniassiale rispettivamente. Il Point Load Test (S1Cr6) permette in particolare di ottenere, con approssimazione statistica, una stima piuttosto attendibile della resistenza a compressione della roccia, dando una valutazione geomeccanica della litologia testata.

La misura dell'indice di resistenza (Indice di Point load strength), si ottiene con l'ausilio di uno strumento costituito da un martinetto idraulico che comprime il provino, a forma di parallelepipedo opportunamente preparata, contro una struttura di contrasto rappresentata da due punte coniche aventi la stessa dimensione. Sull'apposito manometro viene poi visualizzato il valore di pressione che corrisponde alla rottura del campione.

Dalle dimensioni del provino (rapportate al diametro equivalente D_e) e dal valore del carico applicato si ricava l'indice di resistenza I_s che andrà corretto attraverso un fattore di correzione legato alla forma del provino. Il parametro corretto I_s (50) permette di ottenere il valore di resistenza alla compressione monoassiale, plottando i valori di resistenza al punzonamento.

L'esecuzione della prova di Point Load sul campione S1Cr6 (quattro provini) ha fornito un valore medio di resistenza alla compressione monoassiale pari a $\bar{\sigma}=104,225$ MPa (1062,78 Kg/cm²).

Nelle classificazioni delle rocce proposte da vari autori, valori di $\bar{\sigma}$ compresi tra 100 e 200 MPa indicano rocce molto resistenti (ISRM, 1979).

La prova di compressione uniassiale effettuata sul campione S1Cr7 ha fornito il valore di $\bar{\sigma}=99,1$ MPa (1010,52 Kg/cm²) (v. allegato 2)

Il peso di volume determinato per il litotipo roccioso in questione (calcarenite grigio-scura-nerastra) campioni S1Cr6 e S1Cr7 è risultato pari a 2,68 g/cm³.

6.3 CAMPAGNA GEOGNOSTICA LUGLIO 2016

Per l'adeguata caratterizzazione geotecnica dei terreni costituenti il corpo della diga, durante la campagna geognostica, sono stati eseguiti 5 sondaggi a carotaggio continuo, 3 sul coronamento e 2 sulla balza intermedia di valle.

Considerate le problematiche incontrate dalle precedenti campagne sono stati prelevati campioni appena le operazioni di perforazione lo permettevano

In totale sono stati prelevati 32 campioni indisturbati e 2 campioni rimaneggiati

Le analisi eseguite sui suddetti campioni sono osservabili nelle seguenti tabelle riassuntive.

Campione	Profondità Prelievo (m da p.c.)	Analisi granulomet rica (1)	Peso di volume Contenuto acqua	Limiti Atterberg (2)	Prova E.L.L.	Prova Triassial e UU	Prova Triassial e CIU	Taglio CD (4)
S316C1	-1,50/-1,80	●	●	●		●		●
S316C3	-4,20/-4,70	●	●	●			●	
S316C4	-5,40/-5,85	●	●	●		●		●
S316C5	-7,15/7,65	●	●	●			●	
S316C6	-9,00/-9,50	●	●	●			●	
S316C7	-10,70/-11,20	●	●	●				
S316C8	-12,50/-13,00	●	●	●	●		●	

S316C9	-14,50/-14,80	●	●	●		●		
S316C10R	-17,20/-17,70	●	●	●		●		●
S316C11R	-22,00/-22,50	●	●	●		●		●
S416C1	-1,70/-2,00	●	●	●		●		●
S416C2	-3,00/-3,30	●	●	●			●	
S416C3	-4,10/-4,65	●	●	●		●		●
S416C4	-6,00/-6,50	●	●	●	●		●	
S416C5	-7,60/-8,10	●	●	●	●		●	
S416C6	-9,00/-9,50	●	●	●				●
S416C7	-11,85/-12,25	●	●	●		●		●
S416C8	-14,50/-15,00	●	●	●		●		●
S416C9	-16,00/-16,50	●	●	●		●		●
S516C1	-1,50/-1,80	●	●	●		●		
S516C2	-3,30/-3,80	●	●	●			●	
S516C3	-7,40/-7,90	●	●	●			●	
S516C4	-9,00/-9,50	●	●	●	●		●	
S516C5	-12,00/-12,50	●	●	●				
S516C6	-13,10/-13,50	●	●	●		●		●
S516C7	-14,50/-15,00	●	●	●				
S616C1	-1,10/-1,50	●	●	●		●		
S616C2	-3,20/-3,60	●	●	●				●
S616C3	-5,00/-5,40	●	●	●		●		
S716C1	-1,50/-1,80	●	●	●				
S716C3	-2,80/-3,00	●	●	●	●			
S716C4	-3,00/-3,40	●	●	●	●	●		●
S716C5	-4,10/-4,60	●	●	●				
S716C6	-5,00/-5,35	●	●	●	●	●	●	●

All'interno dei fori di sondaggio i terreni sono stati oggetto di prove Standard Penetration Test in avanzamento, finalizzate a verificare il grado di consistenza dei terreni attraversati. Per le cui profondità di esecuzione e i risultati ottenuti si rimanda alla seguente tabella riassuntiva:

Profondità di esecuzione (in m)	N° colpi misurati su 3 intervalli di 15 cm	Risultati prova SPT eseguita secondo le norme A.G.I. (n° colpi)
S316		
da - 9,50 a -9,95	4-6-7	13
da - 13,00 a -13,45	5-9-15	24
da - 15,90 a -16,35	9-11-8	19
da -19,30 a -19,75	17-14-22	36
da -22,50 a -22,95	10-12-16	36
S416		
da - 9,50 a -9,95	4-8-9	17
da - 12,70 a -13,15	4-12-13	25
da - 17,50 a -17,95	14-33-21	54
da -19,50 a -19,95	11-7-9	16
S516		
da - 9,50 a -9,95	3-2-4	6
da - 12,50 a -12,95	6-10-11	21
da - 16,00 a -16,45	3-6-9	15
da -19,00 a -19,15	26-Rifiuto	Rif

Per la completa visione dei risultati delle analisi di laboratorio si rimanda comunque all'allegato 3 del presente elaborato.

I fori S3/16, S4/16 S5/16 e S6/16 di sondaggio sono stati provvisti di doppio piezometro Casagrande (per dettagli si rimanda all'allegato).

6.3.1 RISULTATI DELLE ANALISI DI LABORATORIO.

I campioni prelevati sono stati sottoposti alle seguenti determinazioni analitiche:

- a) umidità naturale (W%)
- b) Limiti di Atterberg (limite liquido e plastico, indice di plasticità e di consistenza: LL, LP, IP, IC)

- d) analisi granulometrica per setacciatura: per via umida
- e) analisi granulometrica della frazione fine: metodo del densimetro
- f) prova di taglio
- g) prova triassiale CIU.
- h) prova triassiale UU
- i) prova di compressione uniassiale

Chiaramente le prove sopra elencate non è stato possibile eseguirle su tutti campioni a causa del materiale recuperato, seppure indisturbato, che non sempre permette di avere materiale idoneo ad essere preparato per le prove triassiali.

I risultati delle prove triassiali CU sono schematizzati di seguito:

Campione	Profondità di prelievo (m)	ϕ' (°)	C' (Kg/cm²)
S316C3	-4,20/-4,70	23,4	0,27
S316C5	-7,15/-7,65	25,5	0,00
S316C6	-9,00/-9,50	24,3	0,22
S316C8	-12,50/-13,00	22,7	0,30
S416C2	-3,00/-3,30	27,6	0,11
S416C4	-6,00/-6,50	22,5	0,24
S416C5	-7,60/-8,10	26,7	0,10
S516C2	-3,30/-3,80	28,0	0,08
S516C3	-7,40/-7,90	23,7	0,17
S516C4	-9,00/-9,50	22,5	0,24

ϕ' e C' : valori di coesione e angolo di attrito effettivi, determinati in condizioni consolidate-drenate.

I risultati delle prove triassiali UU sono schematizzati di seguito:

Campione	Profondità di prelievo (m)	C (Kg/cm²)
S316C1	-1,50/-1,80	0,43
S316C4	-5,40/-5,85	0,29
S316C9	-14,50/-14,80	1,31
S316C10R	-12,50/-13,00	1,07
S316C11R	-22,00/-22,50	1,05
S416C1	-1,70/-2,00	1,75

S416C3	-4,10/-4,65	0,38
S416C7	-11,85/-12,25	0,57
S416C8	-14,50/-15,00	0,59
S416C9	-16,00/-16,50	0,45
S516C1	-1,50/-1,80	0,72
S516C6	-13,10/-13,50	0,28
S616C1	-1,10/-1,50	1,11
S616C3	-5,00/-5,40	0,41
S716C4	-3,00/-3,40	0,31
S716C5	-5,00/-5,35	0,71

C: valori di coesione determinati in condizioni consolidate-non drenate.

Per quanto riguarda le prove di taglio diretto si segnalano i seguenti risultati:

Campione	Profondità di prelievo (m)	·' (°)	C' (Kg/cm ²)
S316C1	-1,50/-1,80	34,5	0,06
S316C4	-5,40/-5,85	31,5	0,11
S316C10R	-17,20/-17,70	30,9	0,00
S316C11R	-22,00/-22,50	26,7	0,00
S416C1	-1,70/-2,00	33,0	0,00
S416C3	-4,10/-4,65	31,2	0,40
S416C6	-9,00/-9,50	34,0	0,00
S416C7	-11,85/-12,25	30,8	0,00
S416C8	-14,50/-15,00	29,8	0,00
S416C9	-16,00/-16,50	35,7	0,00
S516C6	-13,10/-13,50	29,0	0,00
S616C2	-3,20/-3,60	32,2	0,00
S716C4	-3,00/-3,40	30,9	0,00
S716C6	-5,00/-5,35	31,3	0,00

Al fine di evidenziare potenziali moti di filtrazione incontrollati all'interno del corpo diga s.s. durante le indagini in situ sono state eseguite delle prove Lefranc in foro. Questi risultati sono la conseguenza della forte limitazione d'invaso attuale che non permette l'instaurarsi della linea di filtrazione e quindi durante le prove non sempre si è riusciti a saturare il foro di prova.

I campioni prelevati all'interno del corpo diga sono stati sottoposti a specifiche analisi granulometriche. Come chiaramente osservabile nella sottostante tabella riassuntiva è stata evidenziata una generale predominanza della frazione ghiaiosa (26,4-51,3%) immersa in abbondante matrice limoso-argilloso-sabbiosa.

Campione	Ghiaia (%)	Sabbia (%)	Limo (%)	Argilla (%)	Classificazione A.G.I.
S316C1	29,08	26,25	29,73	14,94	<i>Limo con ghiaia e sabbia argillosa</i>
S316C3	4,91	30,76	44,38	19,95	<i>Limo con sabbia argillosa</i>
S316C4	21,15	20,81	34,76	23,29	<i>Limo con ghiaia sabbia e argilla</i>
S316C5	4,98	14,23	39,31	41,47	<i>Argilla con limo sabbioso</i>
S316C6	4,84	21,70	35,95	37,51	<i>Argilla con limo sabbioso</i>
S316C7	28,92	26,54	31,65	12,90	<i>Limo con ghiaia e sabbia argilloso</i>
S316C8	16,16	23,33	40,20	20,31	<i>Limo sabbioso argilloso ghiaioso</i>
S316C9	22,01	42,23	24,72	11,04	<i>Sabbia limosa ghiaiosa argillosa</i>
S316C10R	55,56	20,42	14,32	9,70	<i>Ghiaia sabbiosa limosa debolmente argillosa</i>
S316C11R	51,27	16,12	23,81	8,81	<i>Ghiaia limosa sabbiosa debolmente argillosa</i>
S416C1	32,03	16,65	26,27	25,05	<i>Ghiaia con limo e argilla sabbiosi</i>
S416C2	7,44	23,46	48,90	20,21	<i>Limo sabbioso argilloso debolmente ghiaioso</i>
S416C3	22,77	19,43	35,59	21,21	<i>Limo ghiaioso argilloso sabbioso</i>
S416C4	2,77	24,13	34,24	38,87	<i>Argilla con limo sabbioso</i>
S416C5	9,44	19,13	32,07	39,35	<i>Argilla con limo sabbioso debolmente ghiaioso</i>
S416C6	11,75	24,70	22,49	41,05	<i>Argilla sabbiosa limosa ghiaiosa</i>
S416C7	29,02	18,49	28,75	23,73	<i>Ghiaia con limo argilloso sabbioso</i>
S416C8	47,10	15,95	27,90	9,06	<i>Ghiaia con limo sabbioso debolmente argillosa</i>
S416C9	33,94	19,42	22,31	24,33	<i>Ghiaia argillosa limosa sabbiosa</i>
S516C1	15,86	19,87	28,77	35,5	<i>Argilla con limo sabbioso ghiaioso</i>
S516C2	7,19	25,72	44,93	22,15	<i>Limo con sabbia argillosa debolmente ghiaiosa</i>
S516C3	8,14	20,68	39,70	31,48	<i>Limo con argilla sabbiosa debolmente ghiaiosa</i>
S516C4	9,62	24,60	30,17	35,61	<i>Argilla con limo sabbioso debolmente ghiaiosa</i>
S516C5	38,51	18,43	28,14	14,93	<i>Ghiaia limosa sabbiosa argillosa</i>

S516C6	43,05	15,19	28,40	13,36	<i>Ghiaia con limo sabbiosa argillosa</i>
S516C7	39,73	18,79	28,63	12,85	<i>Ghiaia con limo sabbiosa argillosa</i>
S616C1	36,38	17,85	22,48	23,29	<i>Ghiaia argillosa limosa sabbiosa</i>
S616C2	35,98	15,29	28,11	20,61	<i>Ghiaia con limo argillosa sabbiosa</i>
S616C3	33,76	18,04	33,96	14,24	<i>Limo con ghiaia sabbiosa argillosa</i>
S716C1	61	12,48	17,15	9,37	<i>Ghiaia limosa sabbiosa debolmente argillosa</i>
S716C3	46,79	15,80	20,86	16,55	<i>Ghiaia limosa argillosa sabbiosa</i>
S716C4	55	10,91	20,76	13,34	<i>Ghiaia limosa argillosa sabbiosa</i>
S716C5	49,44	10,82			CARENZA DI MATERIALE
S716C6	33,03	17,71	32,61	16,65	<i>Ghiaia con limo sabbioso argilloso</i>

6.4 PROSPEZIONE SISMICA

L'area in esame è stata oggetto di approfondimenti geognostici mediante indagini geofisiche indirette, finalizzate all'ottenimento della caratterizzazione sismostratigrafica ed al calcolo dei parametri elastico-dinamici dei terreni presenti.

In particolare in detta zona sono state realizzate un'indagine mediante sismica down-hole con onde P ed SH all'interno del foro di sondaggio S1 (coronamento diga) e un'indagine sismica a rifrazione con onde P nella porzione posta a monte della strada di accesso al corpo diga s.s.. L'esatta ubicazione delle suddette indagini è riportata in fig. 4.

Di seguito vengono brevemente trattate le metodologie d'indagine sopra menzionate e i risultati delle stesse.

L'indagine ha messo in evidenza la presenza dei seguenti orizzonti sismici principali:

- a) **1° orizzonte** (da p.c. a -10,00 m di profondità) contraddistinto dalle seguenti velocità delle onde sismiche:

308m/sec V_p <math><745\text{ m/sec}</math>	160 m/sec V_s <math><259\text{ m/sec}</math>
--	---

Detto orizzonte corrisponde a limi argillosi debolmente sabbiosi con clasti arenacei;

- b) **2° orizzonte** (da -10,00 a -21,00 m di profondità) contraddistinto dalle seguenti velocità delle onde sismiche:

914m/sec V_p <math><1553\text{ m/sec}</math>	328m/sec V_s <math><648\text{ m/sec}</math>
---	--

Detto orizzonte corrisponde a limi argillosi debolmente sabbiosi consistenti, con clasti arenacei e ghiaie;

c) **3°orizzonte** (da -21,00 a -23,00 m di profondità) contraddistinto dalle seguenti velocità delle onde sismiche:

$1884\text{m/sec} < V_p < 1897\text{ m/sec}$	$1010\text{ m/sec} < V_s < 1060\text{ m/sec}$
--	---

Detto orizzonte corrisponde a clasti arenacei e marnosi in limo argilloso;

d) **4°orizzonte** (da -23,00 a -24,00 m di profondità) contraddistinto dalle seguenti velocità delle onde sismiche:

$V_p = 2974\text{ m/sec}$	$V_s = 1648\text{ m/sec}$
---------------------------	---------------------------

Detto orizzonte corrisponde al substrato roccioso dell'area.

In ottemperanza alla recente Ordinanza P.C.M. 3274/2003 viene definita la categoria del suolo di fondazione indagato secondo la seguente tabella:

	SUOLO	$V_{S30}\text{ m/s}$
A	Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi	$V_{S30} > 800\text{ m/s}$ (3° e 4° orizzonte)
B	Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti	$360\text{ m/s} > V_{S30} < 800\text{ m/s}$ (2° orizzonte)
C	Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza	$180\text{ m/s} > V_{S30} < 360\text{ m/s}$ (1° orizzonte)
D	Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti	$V_{S30} < 180\text{ m/s}$
E	Profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali	Tra 5 e 20 m $V_{S30} < 360\text{ m/s}$ Substrato $V_{S30} > 800\text{ m/s}$

6.5 INDAGINE MEDIANTE SISMICA A RIFRAZIONE

Al fine di valutare le condizioni di stabilità (viste le pendenze in gioco si è utilizzata l'unica metodica logisticamente possibile) del versante sinistro su cui è previsto l'adeguamento dello sfioratore, sono stati eseguiti n° 5 profili di sismica a rifrazione superficiale (di lunghezza pari a 46 m ciascuno) lungo la strada di accesso al corpo diga, utilizzando una spaziatura di 2 m per un totale di 230 m di rilievo.

Operativamente la prova consiste nello stendimento di cavi sismici nella zona da indagare ai quali vengono collegati i geofoni precedentemente infissi nel terreno alle equidistanze prestabilite. L'energizzazione del terreno per generare onde elastiche si effettua sia mediante massa battente da 5/20 Kg sia tramite l'utilizzo del cannone sismico. L'impatto rende operativo, tramite un accelerometro reso solidale con la fonte di energizzazione (trigger), il sistema di acquisizione dati, permettendo così la registrazione ai geofoni della forma d'onda rappresentativa della velocità di spostamento del suolo.

Al fine di ottenere una migliore risoluzione della sismo-stratigrafia, i punti di energizzazione, detti punti di scoppio (shot points), vengono disposti simmetricamente rispetto al profilo: ai suoi estremi (end), esternamente (offset) ed a distanze variabili entro il profilo stesso (punti di scoppio centrali).

La profondità di investigazione è, in linea teorica direttamente correlata alla lunghezza del profilo, alla distanza degli offset e soprattutto al contrasto di velocità dei mezzi attraversati.

I tempi di arrivo delle onde sismiche nel terreno sono funzione della distanza tra i geofoni, delle caratteristiche meccaniche dei litotipi attraversati e della loro profondità.

La procedura d'elaborazione dati consiste nella lettura dei tempi d'arrivo ai vari geofoni dello stendimento per ciascuna energizzazione effettuata (1° fase) e successiva elaborazione mediante specifici metodi di calcolo (2° fase).

I tempi di primo arrivo delle onde sismiche vengono riportati su diagrammi spazio-tempo (dromocrone) nei quali l'asse dei tempi ha l'origine coincidente con l'istante in cui viene prodotta l'onda sismica (t₀), mentre nelle ascisse si hanno le distanze relative fra i geofoni dello stendimento. Per le specifiche riguardo la metodologia di calcolo e l'elaborazione dei dati si rimanda allo specifico allegato 2.

6.5.1 RISULTATI

Nel suo insieme l'indagine ha messo in evidenza in genere la presenza di tre orizzonti sismici con le seguenti classi di velocità delle onde di compressione P:

$$V1 = 257 - 425 \text{ m/sec.}$$

$$V2 = 737 - 1092 \text{ m/sec.}$$

$$V3 = 1606 - 4029 \text{ m/sec.}$$

Lungo il profilo Ps5 è visibile un quarto orizzonte sismico con velocità $V4 = 2800 \text{ m/sec.}$

Sulla base delle suddette classi di velocità sismiche e dei dati di carattere litostratigrafico in nostro possesso riguardanti l'area in esame sono stati individuati i seguenti orizzonti sismici:

1. orizzonte sismico: terreno naturale areato e a materiali di copertura;
2. orizzonte sismico: substrato alterato o materiali detritici;
3. e 4. orizzonte sismico: substrato roccioso formato da arenarie e siltiti della Formazione della Pietraforte. Per questo orizzonte si possono avere variazioni orizzontali delle velocità sismiche dovute a eventuali variazioni della giacitura degli strati rispetto alla linea sismica, al grado e all'orientazione della fratturazione ed a eventuali variazioni nelle percentuali dei litotipi che costituiscono il substrato (nel caso specifico nel rapporto arenarie/siltiti).

6.6 INDAGINI GEOELETTRICHE

Viste le caratteristiche del rilevato esistente sono state eseguite delle indagini geoelettriche tridimensionali che hanno permesso di caratterizzare l'intero corpo diga.

I risultati completi sono riportati nell'allegato di seguito, qui si riportano i risultati finali dell'indagine.

La prospezione geofisica oggetto del presente studio ha avuto come scopo la creazione di un modello 3D della resistività elettrica del sottosuolo, coincidente con il corpo della diga del Cepparello, nel Comune di Poggibonsi. Dall'analisi del modello elettrotomografico 3D sono emerse alcune peculiarità, esposte di seguito secondo un criterio prettamente geofisico.

Negli elaborati 4718sgg03-04-05 sono riportate varie sezioni del modello elettrico 3D, secondo piani orizzontali e verticali; tali sezioni permettono di analizzare in dettaglio i risultati dell'elaborazione tomografica 3D. In particolare, si evince la presenza di un corpo resistivo (prevalentemente ghiaie), localizzato nella parte centrale e di valle del modello 3D. La porzione superficiale del paramento di monte risulta invece essere caratterizzata da litotipi con caratteristiche conduttive (prevalentemente argille e limi) (Figura 7.1).

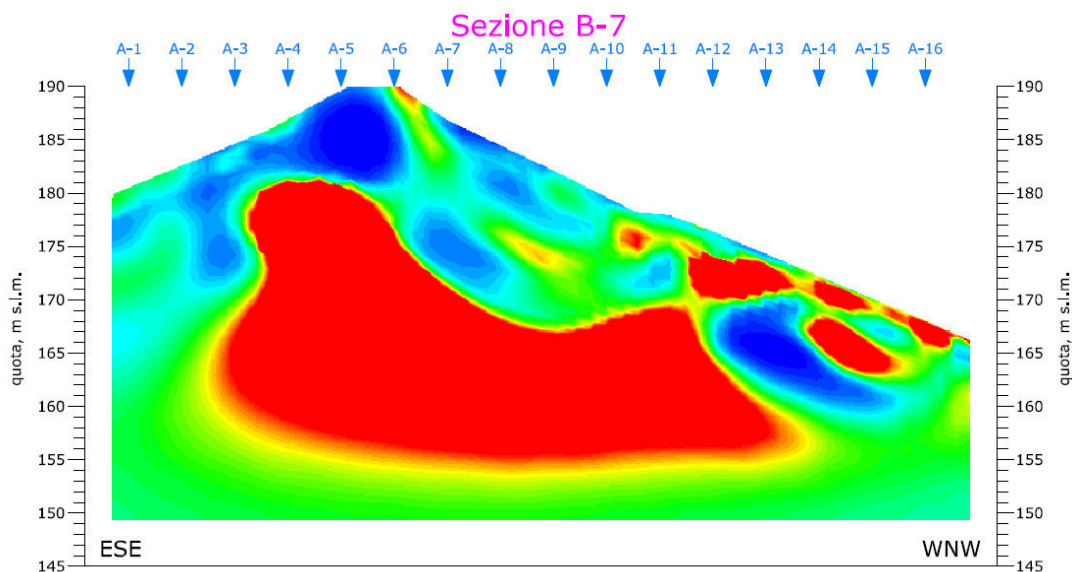


Figura 7.1 estratta dal report indagine geoelettrica– Sezione verticale del modello 3D, condotta da ESE a WNW, in corrispondenza dell'asse mediano della diga del Cepparello.

Il corpo definito resistivo mostra una discreta continuità ed omogeneità, sia verticale che laterale. Tale continuità accenna leggermente a disgregarsi procedendo verso le sponde della diga, mentre è possibile definire una debole immersione del nucleo resistivo della diga verso la sponda sinistra (Figura 7.2).

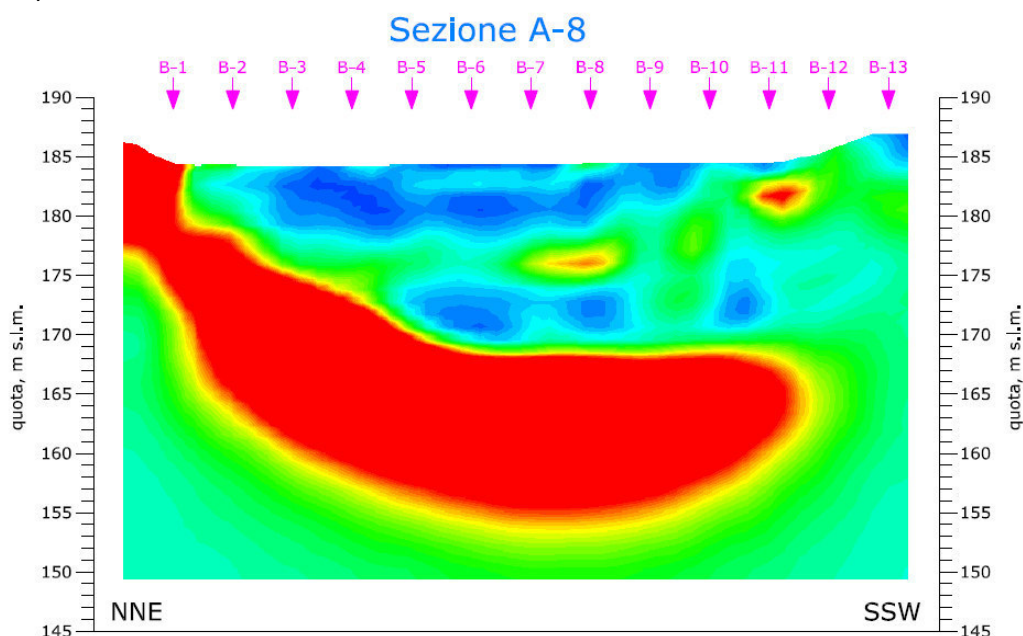


Figura 7.2 estratta dal report indagine geoelettrica – Sezione verticale del modello 3D, condotta da NNE a SSW ortogonalmente all'asse mediano della diga, in corrispondenza della porzione centrale del paramento di valle.

Le sezioni orizzontali eseguite intorno alla quota 166 metri s.l.m. indicano un'interruzione del corpo resistivo ghiaioso (Figura 7.3), imputabile, probabilmente, alla presenza dello scarico di fondo della diga, come si può notare anche sulle sezioni verticali condotte ortogonalmente all'asse mediano, nella zona marginale del paramento di valle della diga (Figura 7.4). La presenza dello scarico di fondo risulta più difficile da riconoscere man mano che le sezioni verticali sul corpo diga procedono verso il coronamento, poiché direttamente aumenta distanza dello scarico dalla superficie.

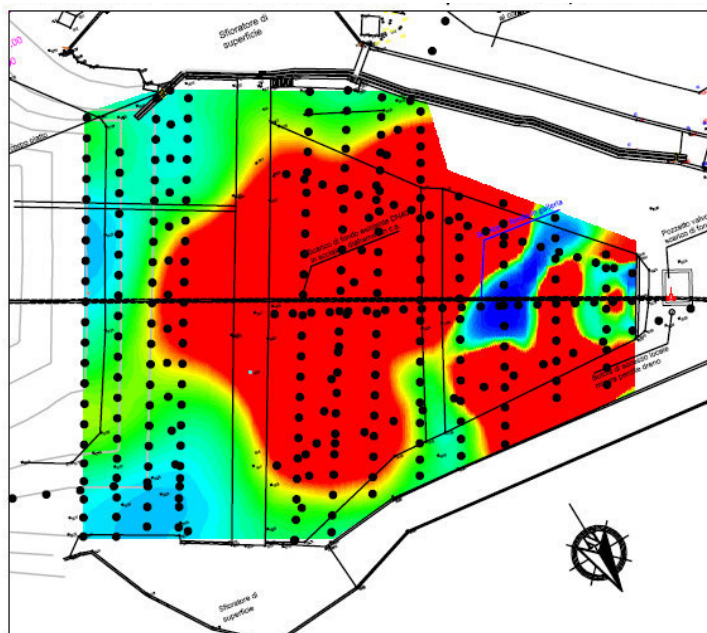


Figura 7.3 estratta dal report indagine geolettrica – Sezione orizzontale del modello 3D, alla quota di 166 metri s.l.m.; si può notare che il corpo resistivo si localizza in modo forte sulla porzione centrale del paramento di valle, con apparente disgregazione sul margine occidentale.

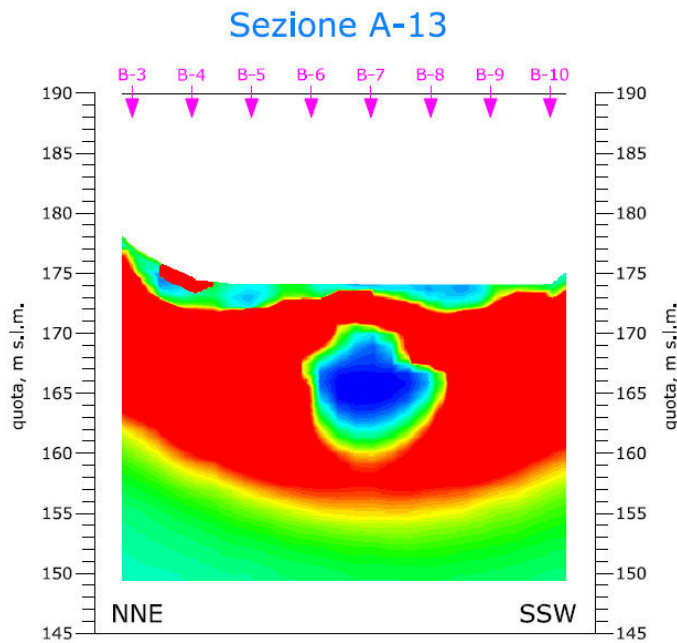


Figura 7.4 estratta dal report indagine geoelettrica – Sezione verticale del modello 3D, condotta da NNE a SSW ortogonalmente all'asse mediano della diga, in corrispondenza del margine occidentale del paramento di valle. L'anomalia conduttiva al centro è riferibile alla presenza dello scarico di fondo.

I profili elettrici e-01, e-02, e-03, acquisiti con passo 5 metri trasversalmente e longitudinalmente al corpo diga, sono stati elaborati anche con software 2D dedicato (Res2Dinv). Dall'analisi delle sezioni elettrotomografiche è emersa, anche in questo caso, la presenza di un corpo resistivo che occupa massivamente la porzione centrale del corpo della diga del Cepparello (Figura 7.5 – 7.6). In prossimità della sponda sinistra, si evince una breve lacuna, dovuta con molta probabile alla presenza di una struttura parallela all'asse (prog. 150m del profilo e-02).

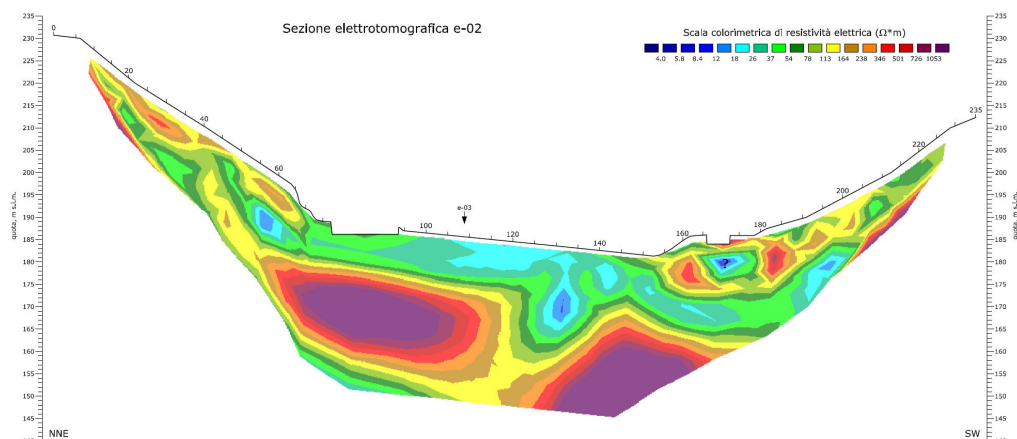


Figura 7.5 estratta dal report indagine geoelettrica – Sezione elettrotomografica e-02, condotta trasversalmente al corpo diga.

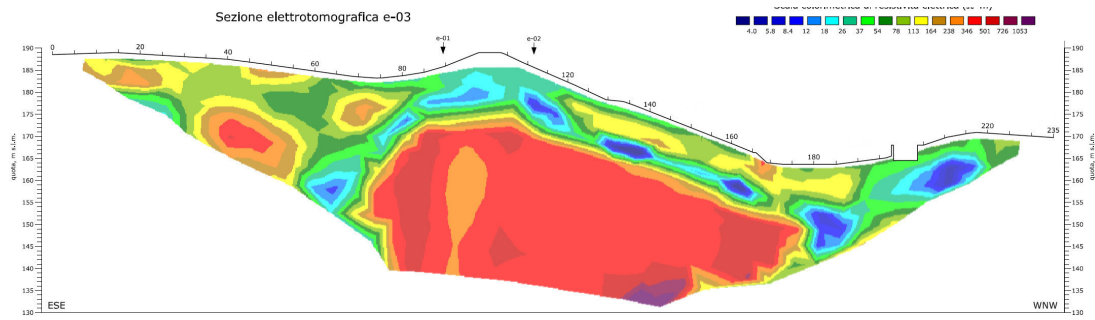


Figura 7.6 estratta dal report indagine geolettrica – Sezione elettrotomografica e-03, condotta longitudinalmente al corpo diga.

I fianchi della diga del Cepparello appaiono costituiti entrambi dallo stesso materiale, che mostra un comportamento elettricamente resistivo e piuttosto caotico (probabilmente litotipi lapidei arenacei con alternanze).

7 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE RIGUARDANTI LA PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI INDAGATI.

Dalle campagne geognostiche portate a termine nell'area d'interesse, costituite da indagini di tipo diretto, indiretto e analisi di laboratorio, è stato possibile effettuare la ricostruzione stratigrafica e geotecnica dei principali orizzonti litologici presenti nell'area.

Dal punto di vista geotecnico lo sbarramento della diga nello stato di progetto, in accordo con il progettista, è suddiviso nelle seguenti unità:

- unità 1 – corpo diga;
- unità 2 – fondazione che rappresenta il substrato roccioso;
- unità 3 – terreno di riporto.

Osservando i valori dei parametri geotecnici dei campioni di terreno riportati nelle tabelle (di seguito riportate ed estratte dall'elaborato DG07 Tabella 2-1; Tabella 2-2; Tabella 2-3; Tabella 2-4; Tabella 2-5), non si evidenzia alcun trend di variazione in funzione della profondità di prelievo.

Profondità di coronamento [m]	Tipologia di campione	Nome campione	N° colpi SPT a punta chiusa	Prova Lefranc	K carico variabile [m/s]	K carico costante [m/s]	Prova	Qu [kPa]	Prova	Ph _l	c [kPa]	W [%]	G _v [kN/m ³]	M _v [Mg/m ³]	G _s [kN/m ³]
ta 1,50me1,80m	indisturbato	S3.16C1	-	-	-	-	TRUU	43	TD CD	345	6	18,54	20,69	2,72	17,46
ta 3,0me3,50m	Fallito a causa di trovante	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ta 4,20me4,70m	indisturbato	S3.16C3	-	-	-	-	-	TROU	234	27	22,63	20,30	2,72	16,57	
ta 5,40me5,95m	indisturbato	S3.16C4	-	Da 5,5 ma 6,00m (impermeabile)	-	-	TRUU	29	TD CD	315	11	22,63	20,20	2,72	16,48
ta 7,15me7,65m	indisturbato	S3.16C5	-	-	-	-	-	TROU	255	0	22,27	19,42	2,75	15,89	
ta 9,00me9,50m	indisturbato	S3.16C6	-	-	-	-	-	TROU	243	22	20,59	19,81	2,72	16,48	
9,50m	-	-	04/06/07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ta 10,70me11,20m	indisturbato	S3.16C7	-	Da 10,5 ma 11,5m - Non si riesce a saturare	-	-	-	-	-	-	-	19,88	21,18	2,72	17,65
ta 12,50me13,00m	indisturbato	S3.16C8	-	-	-	-	ELL	66	TROU	22,7	30	21,18	20,69	2,73	17,06
13,00m	-	-	05/09/15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ta 14,50me14,80m	indisturbato	S3.16C9	-	Da 14,5 ma 14,8m	5,70E-06	4,50E-05	TRUU	131	-	-	14,91	21,58	2,67	18,73	
15,90m	Fallito a causa di trovante	-	09/11/08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ta 17,20me17,70m	Ricostruito	S3.16C10R	-	-	-	-	TRUU	107	TD CD	309	0	22,76	19,42	2,72	15,79
ta 18,00me18,50m	Non tentato a causa di trovanti	-	-	Da 17,80 ma 18,50m	9,30E-09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19,30m	Fallito a causa di trovante	-	17/14/22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21,50m	Non tentato a causa di trovanti	-	-	Da 21,00 ma 21,60m	3,40E-06	1,90E-04	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22,50m	Fallito a causa di trovante	S3.16C11R	10/12/16	-	-	-	TRUU	105	TD CD	267	0	17,85	20,3	2,65	17,26

Tabella 2-1 – Sintesi di risultati indagini sondaggio S3 del 2016 sul coronamento.

Profondità di coronamento [m]	Tipologia di campione	Nome campione	N° colpi SPT a punta chiusa	Prova Lefranc	K carico variabile [m/s]	K carico costante [m/s]	Prova	Qu [kPa]	Prova	Ph _l	c [kPa]	W [%]	G _v [kN/m ³]	M _v [Mg/m ³]	G _s [kN/m ³]
ta 1,50me1,80m	indisturbato	S4.16C1	-	-	-	-	TRUU	175	TD CD	33	0	15,33	20,59	2,74	17,85
ta 3,0me3,30m	indisturbato	S4.16C2	-	-	-	-	-	TROU	276	11	18,02	20,3	2,72	17,16	
ta 4,10me4,65m	indisturbato	S4.16C3	-	-	-	-	TRUU	38	TD CD	31,2	4	21,62	20,2	2,73	16,57
ta 6,00me6,50m	indisturbato	S4.16C4	-	Da 6,0 ma 6,00m	1,10E-08	-	ELL	46	TROU	22,5	24	22,75	20,1	2,71	16,38
ta 7,60me8,10m	indisturbato	S4.16C5	-	-	-	-	ELL	47	TROU	26,7	30	24,21	19,91	2,72	15,99
ta 9,00me9,50m	indisturbato	S4.16C6	-	-	-	-	-	TD CD	34	0	23,24	20,3	2,62	16,48	
9,50m	-	-	04/08/09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11,00m	Fallito a causa di trovante	-	-	Da 10,5 ma 11,0m	9,80E-07	3,30E-05	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ta 11,85me12,25m	indisturbato	S4.16C7	-	-	-	-	TRUU	57	TD CD	308	0	25,33	20,59	2,71	16,48
12,70m	-	-	04/12/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ta 14,60me15,00m	indisturbato	S4.16C8	-	Da 14,5 ma 15,0m	4,50E-06	3,50E-05	TRUU	59	TD CD	298	0	17,36	20,99	2,68	17,85
ta 16,00me16,50m	indisturbato	S4.16C9	-	-	-	-	TRUU	45	TD CD	35,7	0	16,82	21,48	2,74	18,34
17,50m	Fallito a causa di trovante	-	14/03/21	Da 17,5 ma 18,0m	4,00E-06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19,50m	Non tentato a causa di trovanti	-	11/07/09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ta 20,60me20,75m	indisturbato - non eseguibile	S4.16C10	-	Da 20,55 ma 21,10m	-	1,80E-04	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabella 2-2 – Sintesi di risultati indagini sondaggio S4 del 2016 sul coronamento.

FIGURE

COROGRAFIA GENERALE

SCALA 1:25.000



Legenda

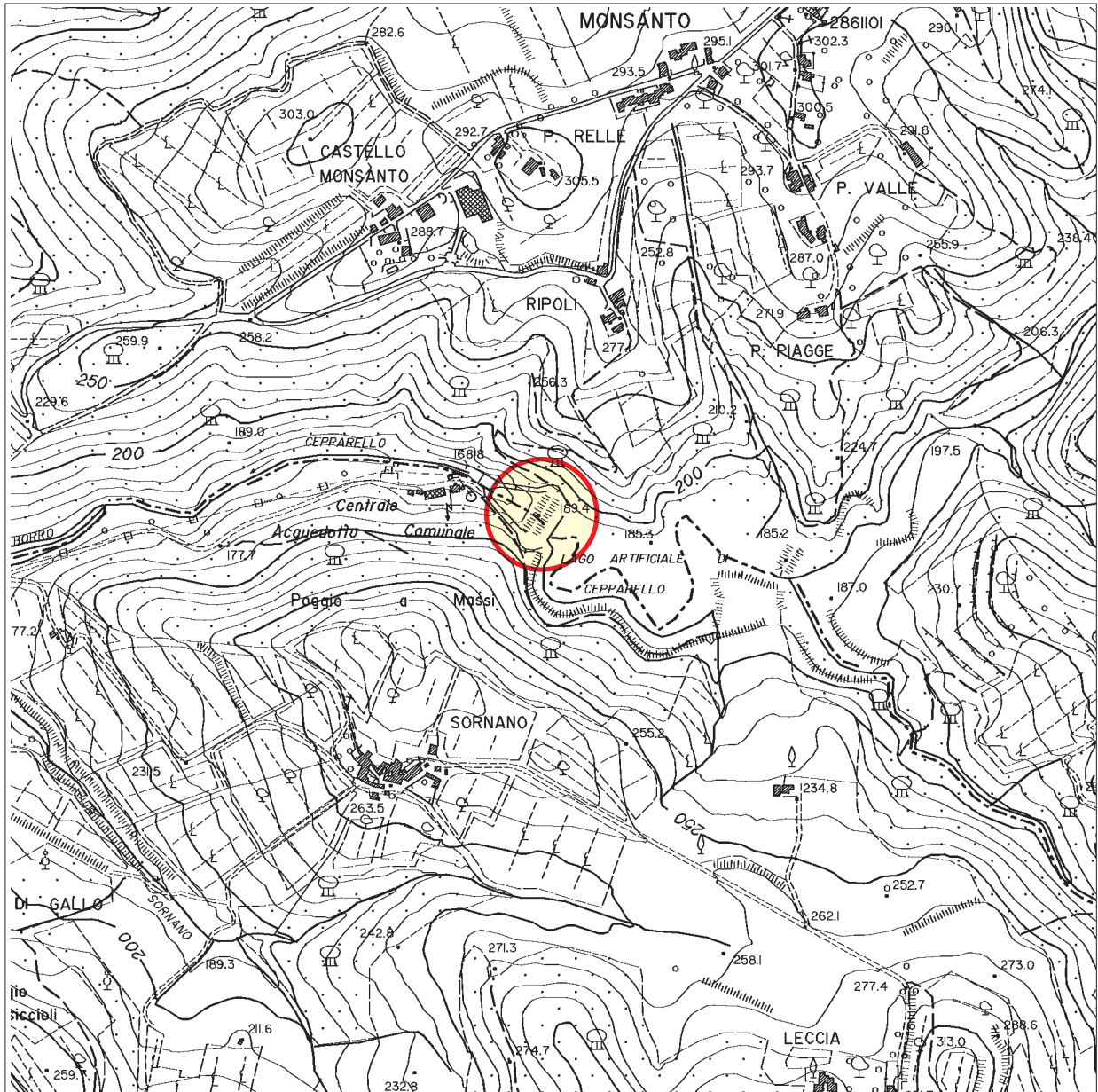


Area in studio

Fig. 1

COROGRAFIA GENERALE

SCALA 1:10.000



Legenda

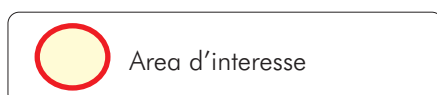
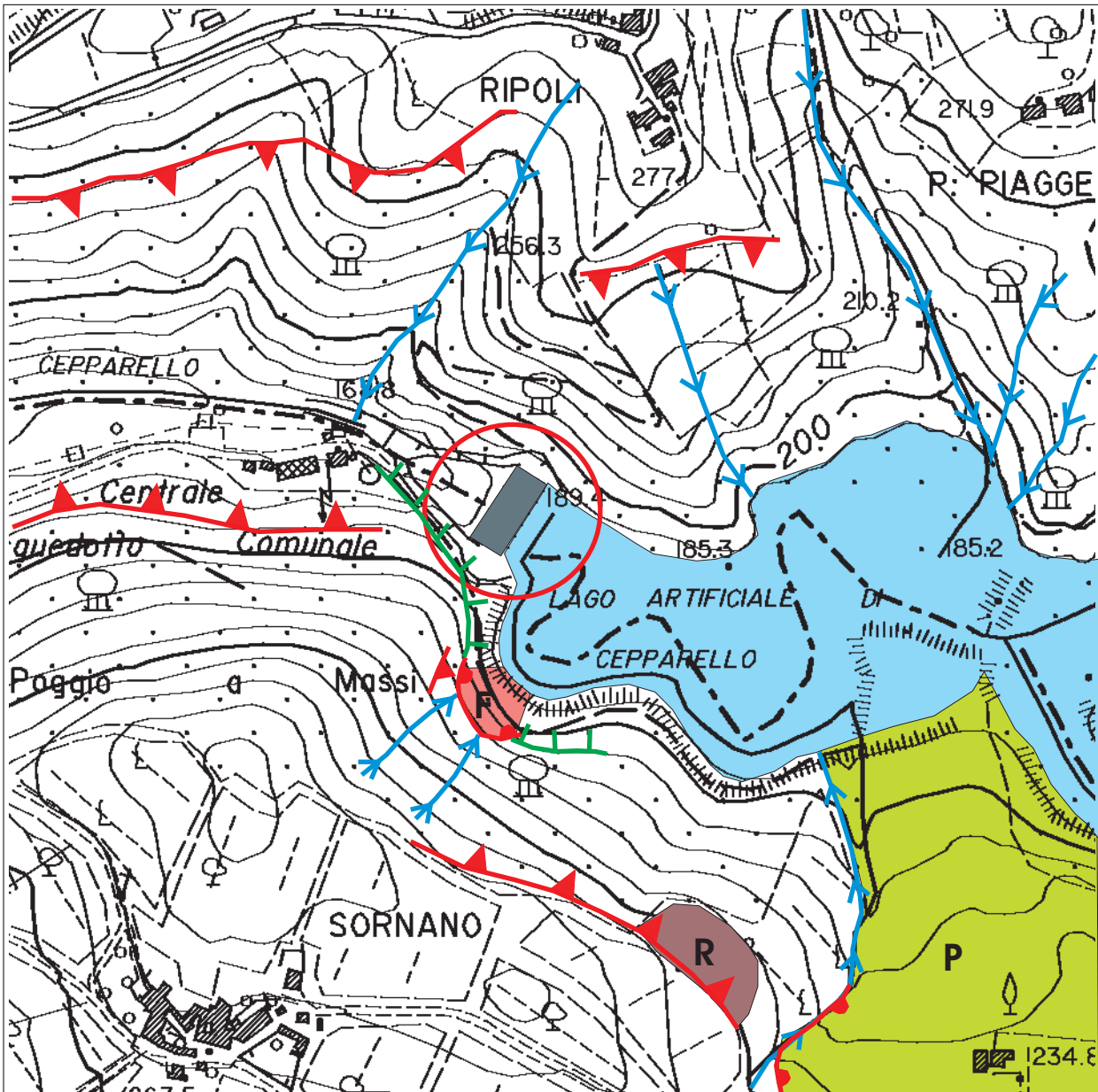


Fig. 1a

CARTA GEOMORFOLOGICA

SCALA 1:5.000



Legenda

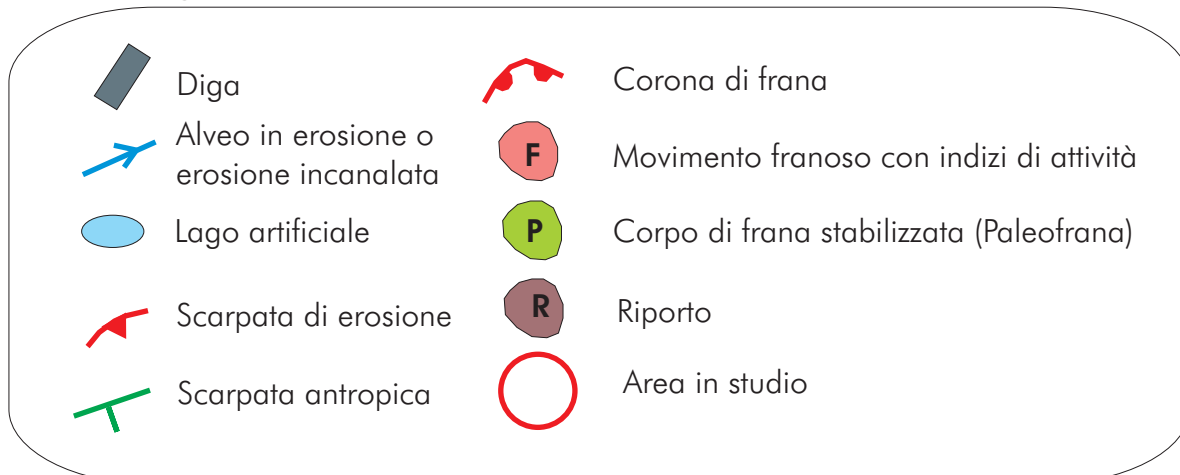
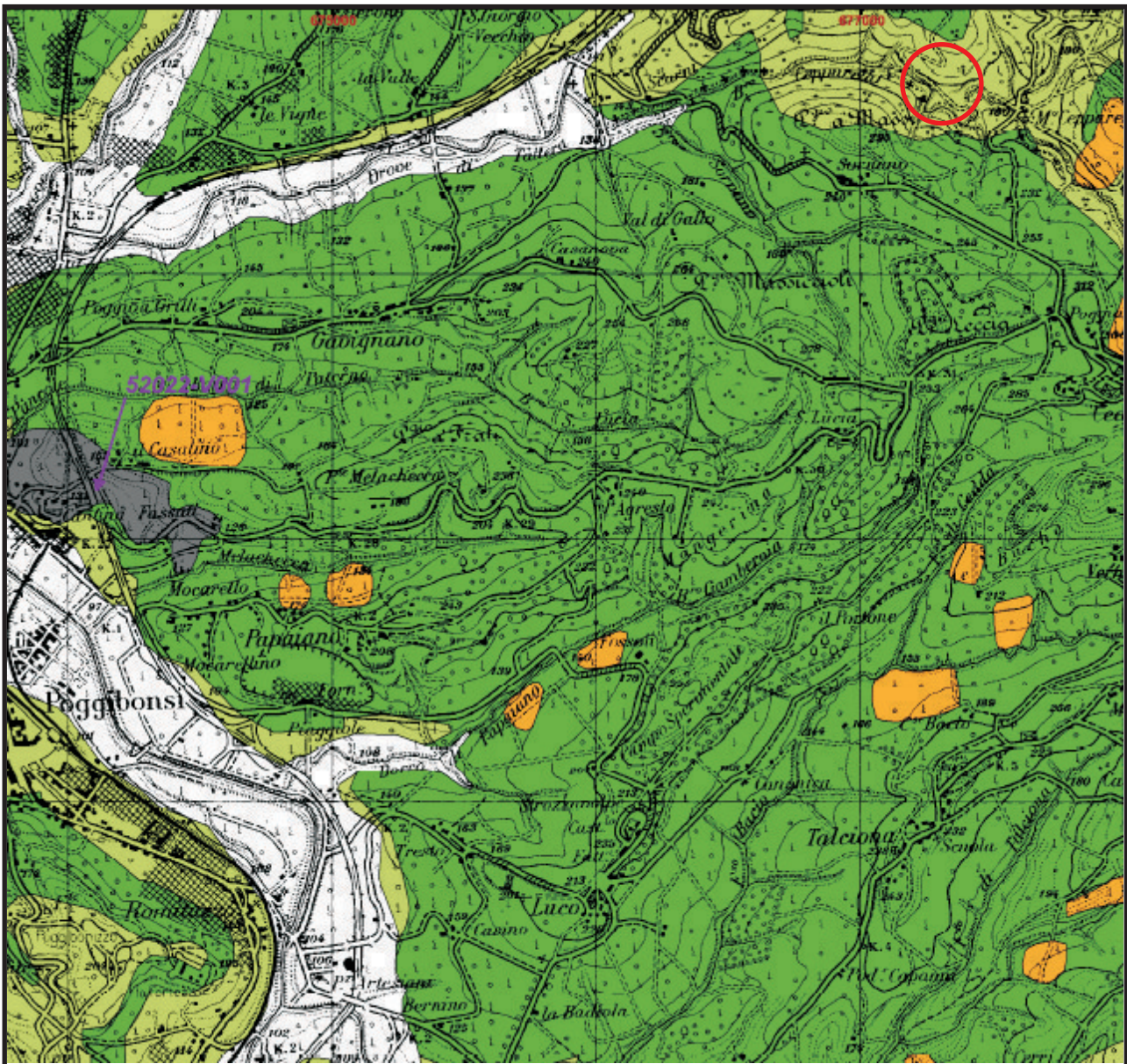


Fig. 2

PIANO STRALCIO ASSETTO IDROGEOLOGICO (P.A.I.) SCALA 1:25.000



Legenda



PF.3 Aree con pericolosità da fenomeni geomorfologici di versante elevata



PF.2 Aree con pericolosità da fenomeni geomorfologici di versante media



PF.1 Aree con pericolosità da fenomeni geomorfologici di versante moderata



Ambito spaziale in cui la pericolosità è individuata su cartografia di sintesi in scala 1:10.000

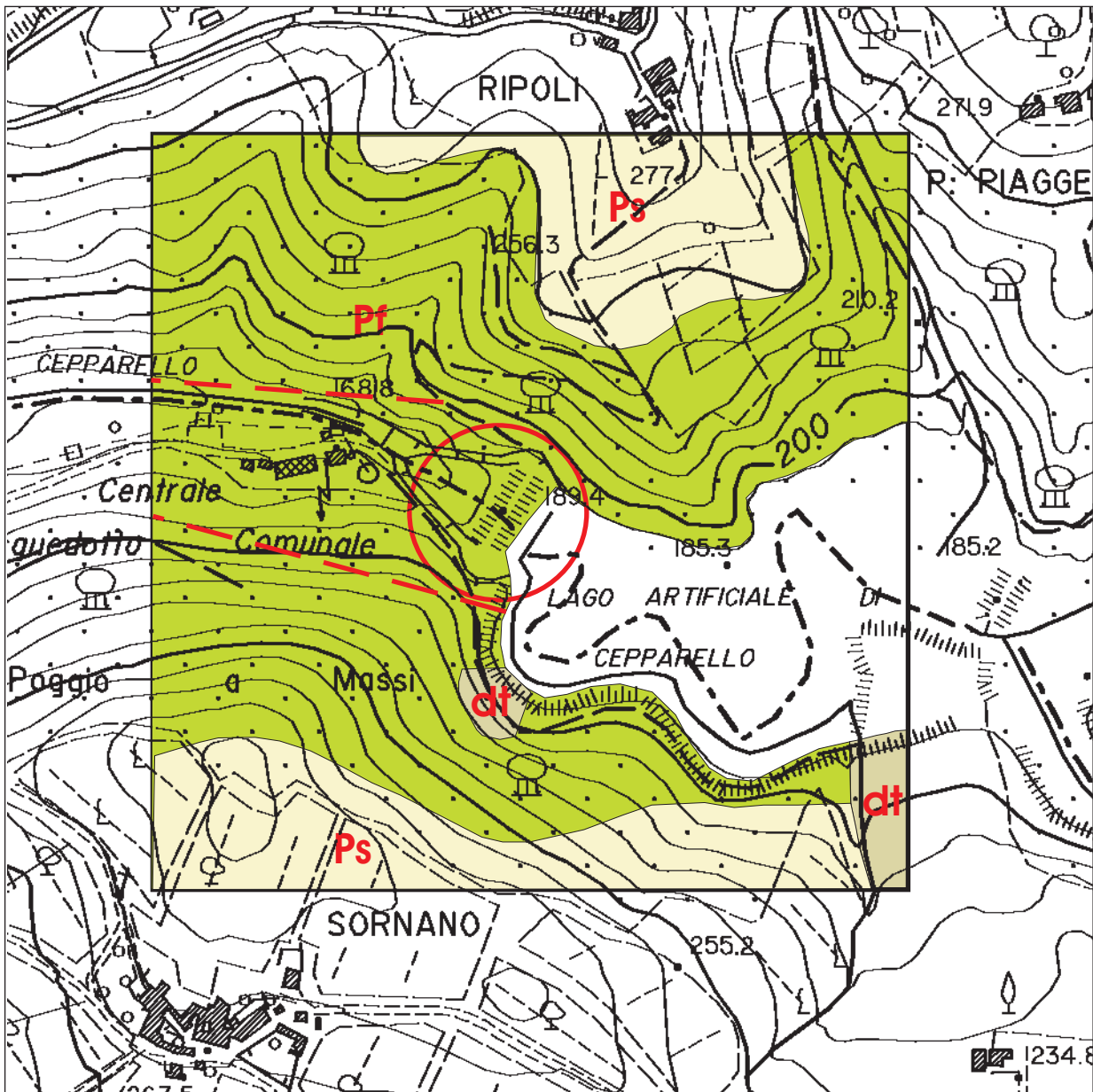


Area in studio

Fig. 2a

CARTA GEOLOGICA

SCALA 1:5.000



Legenda






	Dt	Detrito di versante - Olocene
	Ps	Sabbie - Pliocene
	Pf	Pietraforte - Paleocene
		Faglia presunta (da fotointerpretazione)
		Area in studio

Fig. 3

UBICAZIONE INDAGINI

SCALA 1:500

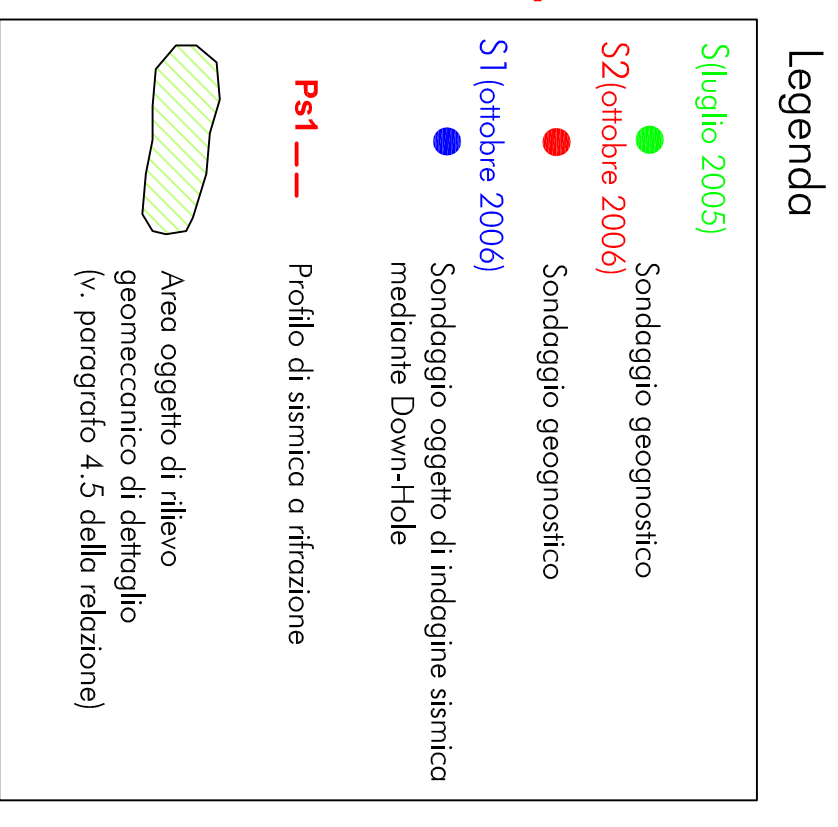
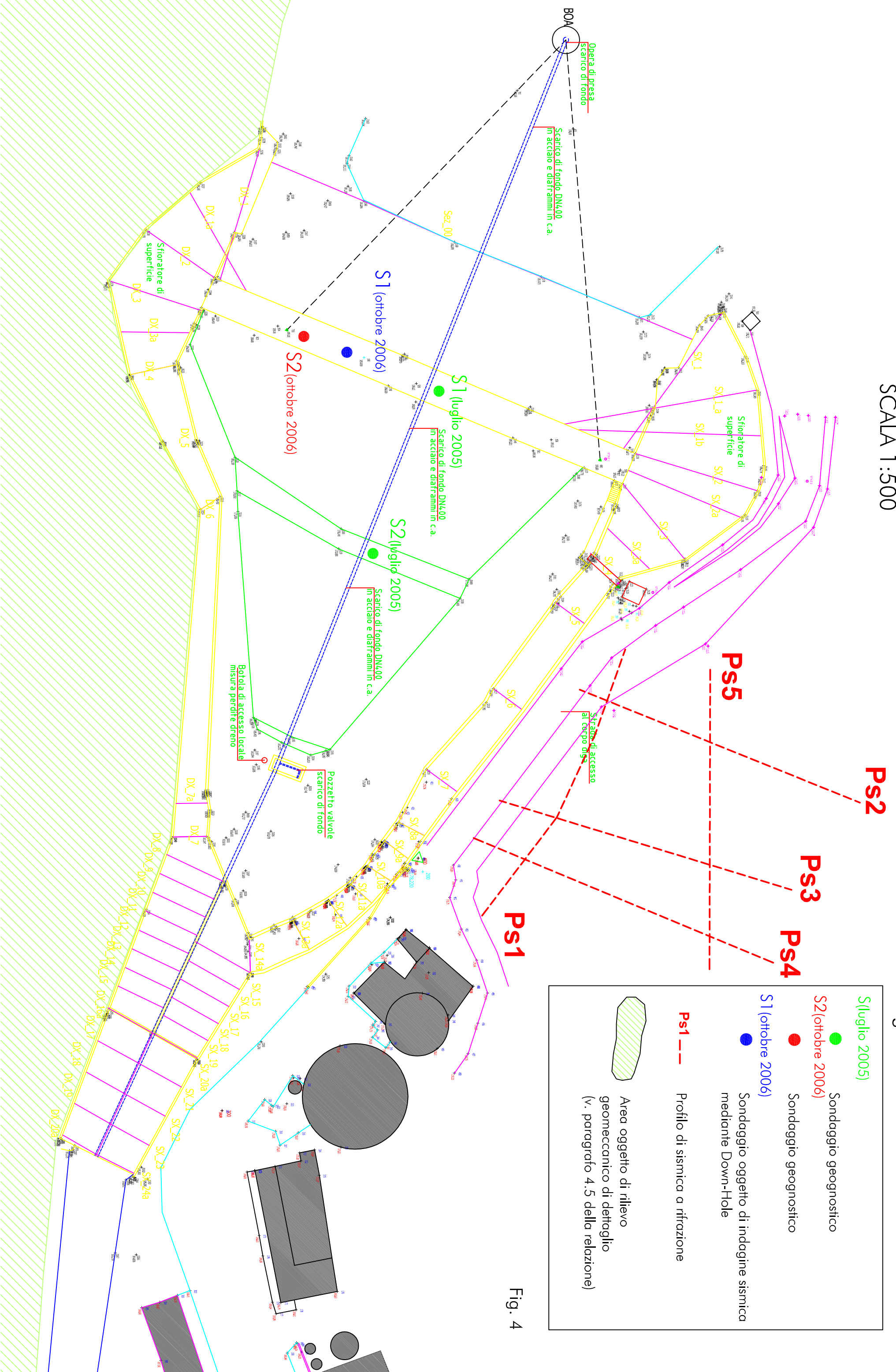


Fig. 4



ALLEGATO 1:
STRATIGRAFIE SONDAGGI (luglio 2005 e ottobre 2006)

SOILTEST S.r.l.

AREZZO - Via A. Grandi, 30 - Tel 0575.323844 - Fax 0575.232330
 info@soiltest.it www.soiltest.it

Sondaggio: S1

Cantiere: Diga di Cepparello - Poggibonsi (SI)

Committente: Acqua Ingegneria

Data inizio perforazione: 20-7-2005

Data fine perforazione: 22-7-2005

D.L.: Dott. Ferri

Lunghezza (m): 30.0

Scala grafica: 1:200

Inclinazione (°): 0.00

Quota sul p.c. Profondità (m)	Litologia	Descrizione litologica	Campioni	S.P.T.	Pocket Penetrometer (KPa)		Pocket Vane Test (KPa)		Piezometro
					200	400	50	150	
0.7		Elementi litoidi eterogenei, Dmax 7 cm in scarsa matrice limoso-argillosa (Massicciata stradale) Argilla con limo e limo con argilla, ghiaiosi, debolm. sabbiosi e sabbiosi, nocciolo, marrone e verdastro, con clasti preval. arenacei e marnosi Dmax 10 cm, a tratti abbond. (clasti 0-40%). (Terreno di riporto)	SPT	3,00 m 2-4-8	190		108		
5					130		76		
10					230		104		
10.5		Argilla con limo, con ghiaia e ghiaiosa, sabbiosa, marrone e nocciolo, clasti eterogenei, Dmax 10 cm (clasti 10-60%). (Terreno di riporto)	ci		170		92		
15					250		140		
15.0		Ghiaia eterometrica con ciottoli, clasti eterogenei, sia angol. che subarrotond., Dmax 10 cm, Dmed 5-7 cm, in abbond. matrice limoso-argillosa, a tratti preval. verdastre e marroni (clasti 40-70%). (Terreno di riporto)	SPT	16,50 m 7-13-15	270		140		
20					330		160		
25					320				
26.3		Argilliti e siltiti, rimaneggiate, grigie e verdastre, con abbond. inclusi litoidi preval. arenacei e marnosi, Dmax 10 cm.	SPT	18,00 m 8-15-19					
29.6									
30		Arenarie fini calcaree, fratturate, grigie.	SPT	20,80 m 33-50 10 cm					

Diametro perforazione (mm): 101

Diametro rivestimenti (mm): 127

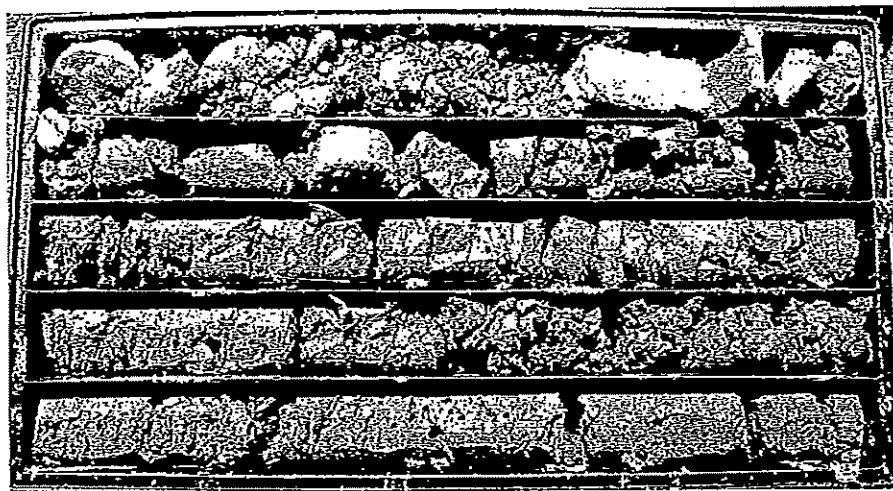
Macchina perforatrice: Puntel px 1200

Metodo di perforazione: a carotaggio continuo con aste e carotiere

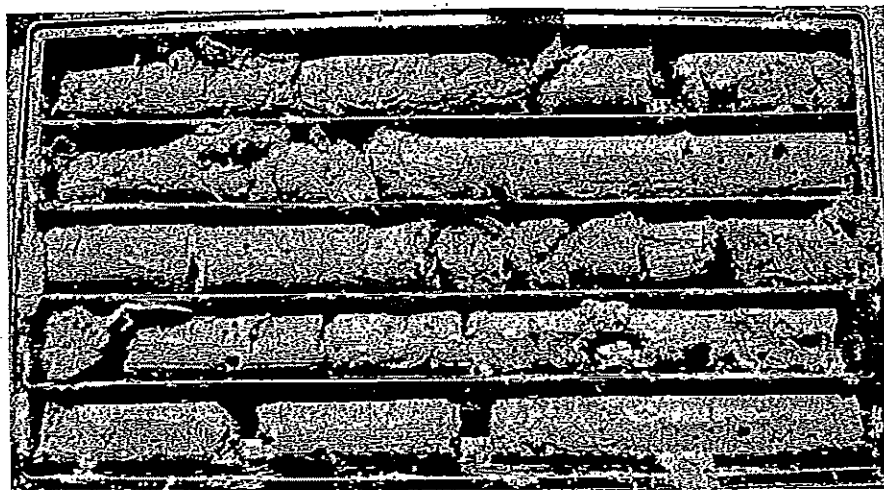
Operatore: Sig. G. Ciocca

Note: al termine della perforazione nel foro di sondaggio sono state inserite n°2 piezometri tipo Casagrande secondo lo schema riportato, protetti pc. da chiusino in ferro.

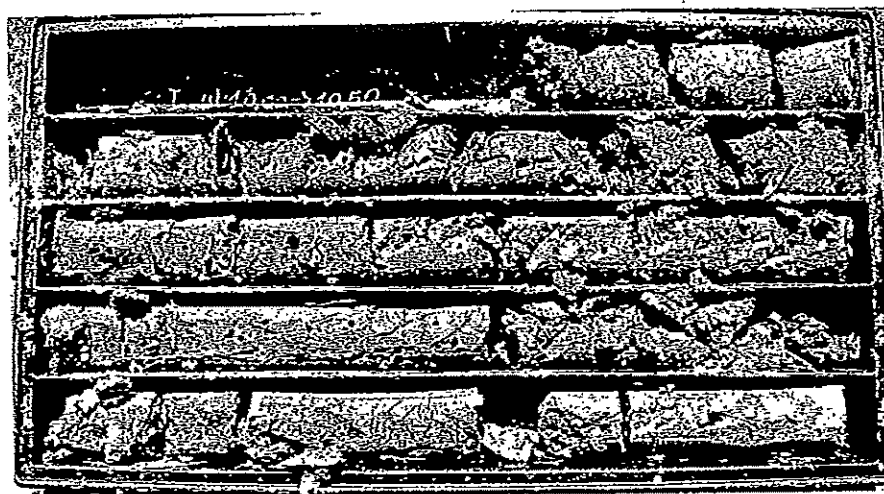
Geologo compilatore: D. Senesi



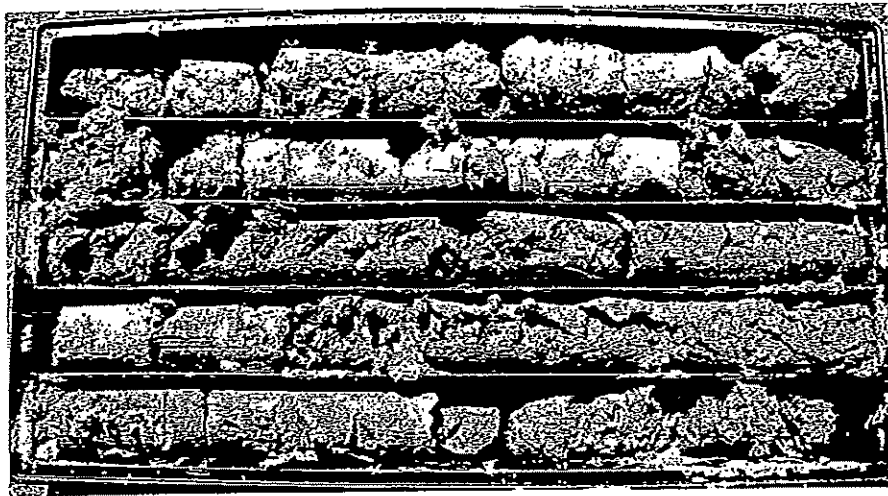
SI c1 p.c. - 5,0 m



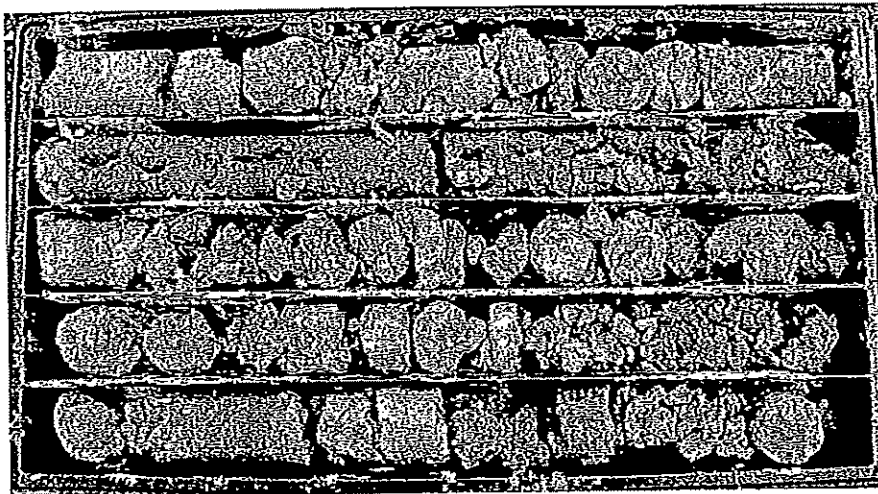
SI c2 5,0 m - 10,0 m



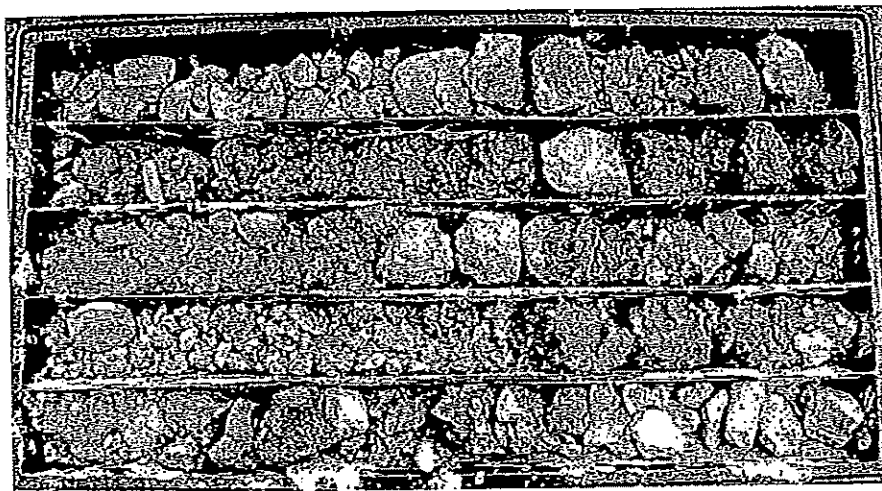
SI c3 10,0 m - 15,0 m



S1 c4 15,0 - 20,0 m



S1 c5 20,0 m - 25,0 m



S1 c6 25,0 m - 30,0 m

SOILTEST s.r.l.

AREZZO - Via A. Grandi, 39 - Tel 0575.323844 - Fax 0575.23230
 info@soiltest.it www.soiltest.it

Sondaggio: S2

Cantiere: Diga di Cepparello - Poggibonsi (SI)

Committente: Acqua Ingegneria

Data inizio perforazione: 25-7-2005

Data fine perforazione: 26-7-2005

D.L.: Dott. Ferri

Lunghezza (m): 17.0

Scala grafica: 1:200

Inclinazione (°): 0.00

Quota sul p.c. Profondità (m)	Litologia	Descrizione litologica	Campioni	S.P.T.	Packet Penetrometer (KPa)		Packet Vane Test (KPa)		Piezometro
					200	400	50	150	
1.0		Elementi litologici eterogenei, Dmax 7 cm in scarsa matrice limoso-argillosa (Terreno di riporto)							
5		Argilla con limo, con ghiaia e ghiaioso, debolm. sabbiosa, marrone e verdastro, con clasti eterogenei, Dmax 10 cm (clasti 10-60%). (Terreno di riporto)	SPT	3.00 m 2-2-2	200	550			
6.4		Ghiaia eterometrica con ciottoli, clasti eterogenei, sia angol. che subarrotond., Dmax 10 cm, Dmed 5-7 cm, in abbond. matrice limoso-argillosa, a tratti preval. verdastro e marrone (clasti 30-80%). (Terreno di riporto)	SPT	6.00 m 3-4-5	400				
13.6		Arenarie fini calcaree, fratturate, grigie e marroni, in strati di spessore sottile e medio.	SPT	12.00 m 16-9-12					

Diametro perforazione (mm): 101 Diametro rivestimenti (mm): 127

Metodo di perforazione: a carotaggio continuo con aste e carotiere

Note: al termine della perforazione nel foro di sondaggio sono state inserite n°2 piezometri tipo Casagrande secondo lo schema riportato, protetti pc. da chiusino in ferro.

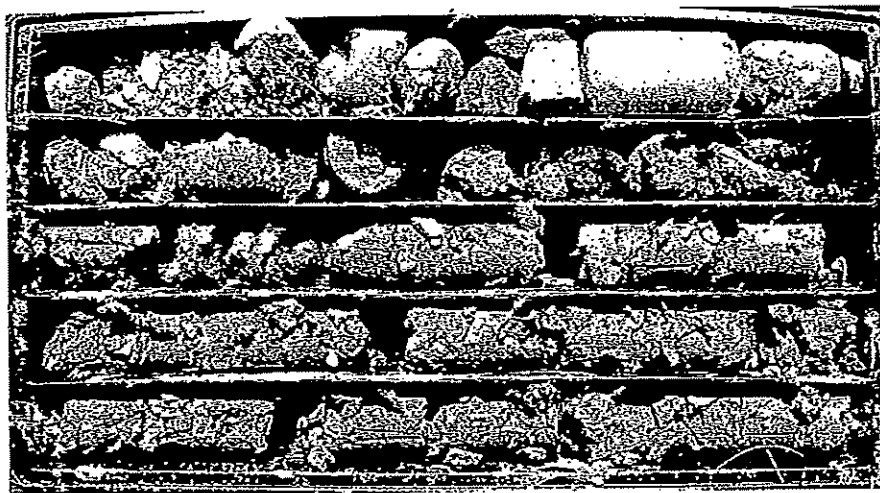
Macchina perforatrice: Puntel px 1200

Operatore: Sig. G. Ciocca

Geologo compilatore: D. Senesi

SOIL TEST^{s.r.l.}

Cantiere: Diga di Cepparello - Poggibonsi (SI)
Committente: Acqua Ingegneria



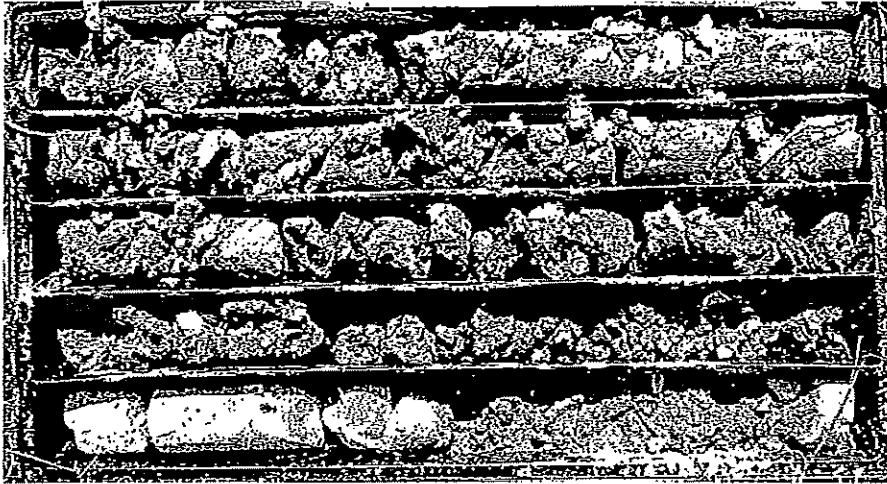
S2 c1 p.c. - 5.0 m



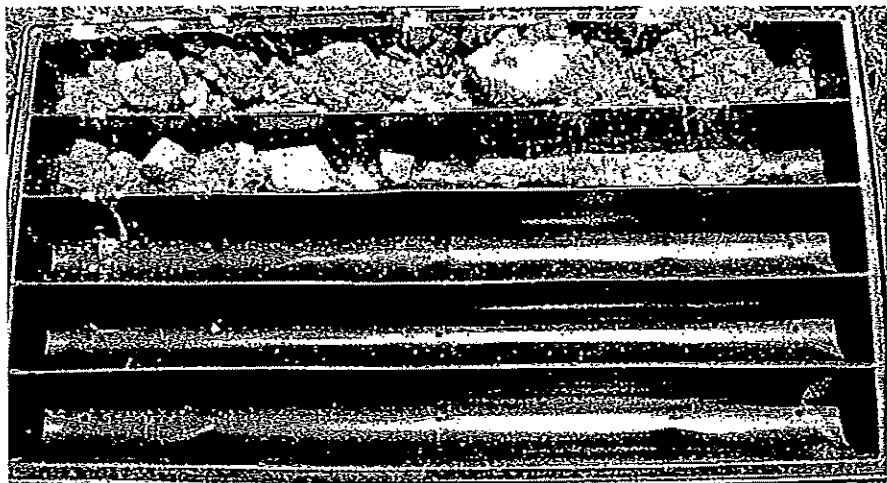
S2 c2 5.0 m - 10.0 m

SOILTEST^{s.r.l.}

Cantiere: Diga di Cepparello - Poggibonsi (SI)
Committente: Acqua Ingegneria



S2 c3 10.0 m - 15.0 m



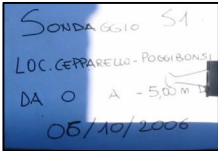

S2 c4 15.0 m - 17.0 m

Data: Ottobre 2006

Metodo perforazione: Carotaggio continuo a rotazione

Cantiere: Poggibonsi Loc. "Cepparello"

Sondaggio: S1

Prof.	Strat.	Pocket	Vane	Descrizione	Osservazioni
0 m -0,20 m				Soletta	
					<p>S1 da 0 m a 5 m Campione indisturbato S1C11 da -3.00 m a -3.50 m</p>  
			3.0		
			5.0	0.8	
			3.5	0.7	
			3.0	0.7	
-3,00 m			2.5	0.6	
			3.0		
			2.5	0.3	
			1.0	0.2	
			1.0	0.2	

Limo argilloso con abbondanti elementi litici e frammenti di laterizi (colore marrone grigio-verdastro)

S1C11
 $\phi = 26,2^\circ$
 $C = 0,079 \text{ Kg/cm}^2$

SPT
6-3-4


Segue

Data: Ottobre 2006

Metodo perforazione: Carotaggio continuo a rotazione

Cantiere: Poggibonsi Loc. "Cepparello"

Sondaggio: S1

Prof.	Strat.	Pocket	Vane	Descrizione	Osservazioni
-5,00 m				Limo argilloso con abbondanti elementi litici e frammenti di laterizi (colore marrone grigio-verdastro)	<p>S1 da 5 m a 10 m Campione indisturbato S1CI2 da -6.00 m a -6.50 m Campione rimaneggiato S1CR3 da 9.70 m a -10.20 m</p>
-6,00 m		2.0	0.4		
-6,50 m		4.0	0.7		
-6,50 m		1.0	0.3	Limo argilloso con sporadici elementi litici (colore marrone oliva chiaro)	
-6,50 m		1.0	0.2		
-7,80 m		2.0	0.2		
-7,80 m		4.0	0.6		
-9,50 m		3.0	0.6	Limo argilloso consistente grigio-marrone debolmente sabbioso (presenza di clasti arenacei e marnosi di dimensioni decimetriche)	
-9,70 m				Limo sabbioso argilloso con abbondanti elementi litici (colore grigio verdastro - grigio verdastro scuro)	
-10,00 m		1.0	0.1		

Segue

Data: Ottobre 2006

Metodo perforazione: Carotaggio continuo a rotazione

Cantiere: Poggibonsi Loc. "Cepparello"

Sondaggio: S1

Prof.	Strat.	Pocket	Vane	Descrizione	Osservazioni
-10,00 m	S1CR3 SPT				
-10,20 m	8-10-18			Limo sabbioso argilloso con abbondanti elementi litici (colore grigio verdastro - grigio verdastro scuro)	S1 da 10 m a 15 m Campione rimaneggiato S1CR4 da 14.50 m a -15.00 m
-12,00 m	SPT 4-4-8				
		1.0	0.3		
		1.0-2.0	0.5	Limo argilloso sabbioso con abbondanti elementi litici (colore grigio oliva - marrone oliva chiaro)	
		1.0	0.0		
		3.0	0.8		
-14,50 m		4.0	0.9		
	S1CR4 $\gamma = 26,0^*$ $G = 0,004 \text{ Kg/cm}^3$	1.0-2.0	0.2		
-15,00 m					

Segue



Data: Ottobre 2006

Metodo perforazione: Carotaggio continuo a rotazione

Cantiere: Poggibonsi Loc. "Cepparello"

Sondaggio: S1

Prof.	Strat.	Pocket	Vane	Descrizione	Osservazioni
-15,00 m	S1CR5 $\gamma = 24,6\%$ $c = 0,095 \text{ Kg/cm}^2$				<p>S1 da 15 m a 20 m Campione rimaneggiato S1CR5 da 15.00 m a -15.30 m</p>
-15,30 m	SPT 8-8-11	1.0- 2.0	0.2		
		1.0	0.0		
		3.0	0.5		
		5.0	0.6		
		2.0	0.4		
		3.0	0.6	Limo argilloso sabbioso con abbondanti elementi litici (colore grigio oliva - grigio verdastro scuro)	
		4.0	0.7		
-18,00 m	SPT 8-13-15	2.0			
		3.0			
		4.0	0.4		
		4.0- 5.0	0.6		
-20,00 m		3.0	0.3		

SONDAGGIO S1
Loc. CEPPARELLO - POGGIBONSI
DA -15 A -20 m
09/10/2006



Segue

Data: Ottobre 2006

Metodo perforazione: Carotaggio continuo a rotazione

Cantiere: Poggibonsi Loc. "Cepparello"

Sondaggio: S1

Prof.	Strat.	Pocket	Vane	Descrizione	Osservazioni
-20,00 m				Limo argilloso sabbioso con abbondanti elementi litici (colore grigio oliva - grigio verdastro scuro)	S1 da 20 m a 25 m
-21,00 m		3.0	0.3		
		4.0	0.5	Orizzonte di clasti arenacei e marnosi in matrice limoso-argillosa di colore grigio (dimensioni da centimetriche a decimetriche)	
-23,20 m					
		RQD = 0.30		Alternanza di siltiti rimaneggiate di colore verde e marrone ed arenarie calcaree fratturate di colore grigio (presenza di vene di calcite)	
		RQD = 0.44			
-25,00 m					



Segue

Data: Ottobre 2006

Metodo perforazione: Carotaggio continuo a rotazione

Cantiere: Poggibonsi Loc. "Cepparello"

Sondaggio: S1

Prof.	Strat.		Descrizione	Osservazioni
-25,00 m				S1 da 25 m a 27 m Campione rimaneggiato
-25,60 m				S1CR6
-25,70 m		RQD = 0.50	Profondità della falda	da -25.70 m a -26.00 m Campione rimaneggiato
			Calcarenite grigio scura - nerastra con parti alterate color marroncino con fratture di calcite ricristallizzata	S1CR7
-26,00 m				da -26.00 m a -26.20 m
-26,20 m		RQD = 0.44		
-27,00 m				



Data: Ottobre 2006

Metodo perforazione: Carotaggio continuo a rotazione

Cantiere: Poggibonsi Loc. "Cepparello"

Sondaggio: S2

Prof.	Strat.	Pocket	Vane	Descrizione	Osservazioni
-5,00 m		2.0	0.4	Limo argilloso consistente marrone debolmente sabbioso (presenza di clasti arenacei e marnosi di dimensioni centimetriche)	S2 da 5 m a 10 m
-6,00 m		4.0	0.7		
		1.0	0.3	Limo argilloso e limo sabbioso poco consistente marrone debolmente sabbioso (presenza di clasti arenacei e marnosi di dimensioni centimetriche)	Sondaggio realizzato a distruzione di nucleo fino alla profondità di -10,00 m dal p.c.
		1.0	0.2		
		2.0	0.2		
-7,50 m				Orizzonte di ghiaie e clasti arenacei e marnosi in matrice limoso-sabbiosa di colore marrone (dimensioni centimetriche)	
-10,00 m					


Segue

Data: Ottobre 2006

Metodo perforazione: Carotaggio continuo a rotazione

Cantiere: Poggibonsi Loc. "Cepparello"

Sondaggio: S2

Prof.	Strat.	Pocket	Vane	Descrizione	Osservazioni
10,00 m					
		1.0	0.3		<p>S2 da 10 m a 15 m Campione indisturbato S2C11 da -12.00 m a -12.50 m</p>
		1.0-2.0	0.5		
		1.0			
-12,00 m		3.0	0.8		
		4.0	0.9	Argilla limosa sabbiosa con abbondanti elementi litici (a tratti sporadici) colore grigio oliva - grigio verdastro	
-12,50 m		1.0-2.0	0.2		
		1.0	0.1		
		3.0	0.3		
		3.0	0.4		
		3.0-4.0	0.5		
-15,00 m		4.0			

Segue

Data: Ottobre 2006

Metodo perforazione: Carotaggio continuo a rotazione

Cantiere: Poggibonsi Loc. "Cepparello"

Sondaggio: S2

Prof.	Strat.	Pocket	Vane	Descrizione	Osservazioni
-15,00 m				Limo argilloso consistente grigio-marrone debolmente sabbioso (presenza di clasti arenacei e marnosi di dimensioni centimetriche)	S2 da 15 m a 20 m
		3.0	0.4		
		3.0	0.3		
		3.0	0.4		
		3.0-4.0	0.5		
		3.0	0.3		
		3.0	0.5		
-18,00 m					
-18,70 m				Cella di Casagrande	
		2.0	0.1	Orizzonte di clasti arenacei e marnosi in matrice limoso-argillosa di colore grigio (dimensioni da centimetriche a decimetriche)	
-20,00 m					




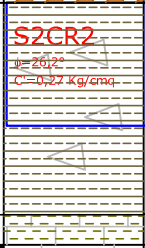

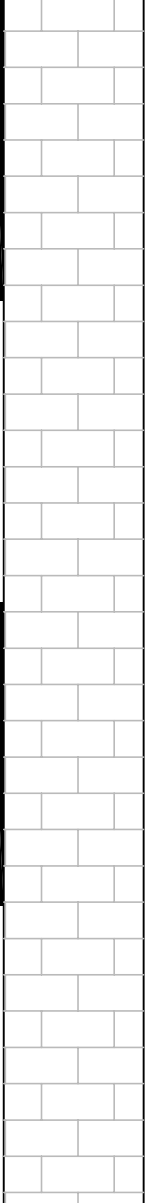
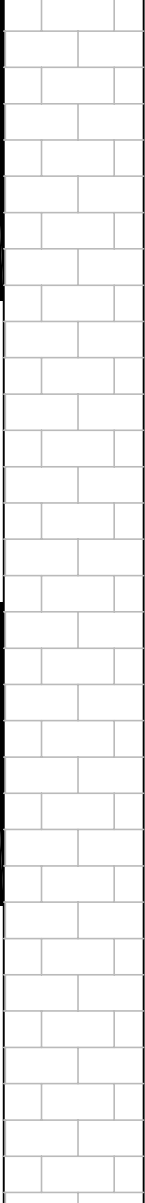
Segue

Data: Ottobre 2006

Metodo perforazione: Carotaggio continuo a rotazione

Cantiere: Poggibonsi Loc. "Cepparello"

Sondaggio: S2

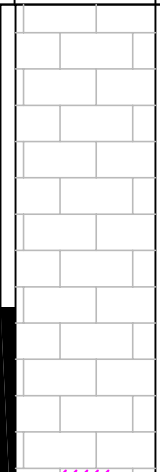

Prof.	Strat.	Pocket	Vane	Descrizione	Osservazioni
-20,00 m -20,20 m				Orizzonte di clasti arenacei e marnosi in matrice limoso-argillosa di colore grigio (dimensioni da centimetriche a decimetriche)	
-20,60 m		3.0	0.5	Limo sabbioso-argilloso consistente con clasti arenacei e marnosi di dimensioni centimetriche di colore grigio-marrone.	S2 da 20 m a 25 m Campione rimaneggiato S2CR2 da -20.20 m a -20.60 m
-20,90 m				Alternanza di siltiti rimaneggiate di colore verde e marrone e arenarie calcaree fratturate di colore grigio (presenza di vene di calcite)	
-21,00 m				Arenarie calcaree fratturate di colore grigio (presenza di vene di calcite)	Sondaggio realizzato a distruzione di nucleo dalla profondità di -21,00 m dal p.c. fino a -27,00 m dal p.c.
-25,00 m					

Data: Ottobre 2006

Metodo perforazione: Carotaggio continuo a rotazione

Cantiere: Poggibonsi Loc. "Cepparello"

Sondaggio: S2

Prof.	Strat.	Pocket	Vane	Descrizione	Osservazioni
-25,00 m				Arenarie calcaree fratturate di colore grigio (presenza di vene di calcite)	<p>S2 da 25 m a 27 m</p> <p>Sondaggio realizzato a distruzione di nucleo dalla profondità di -21,00 m dal p.c. fino a -27,00 m dal p.c.</p>
-26,70 m				Cella di Casagrande	
-27,00 m	