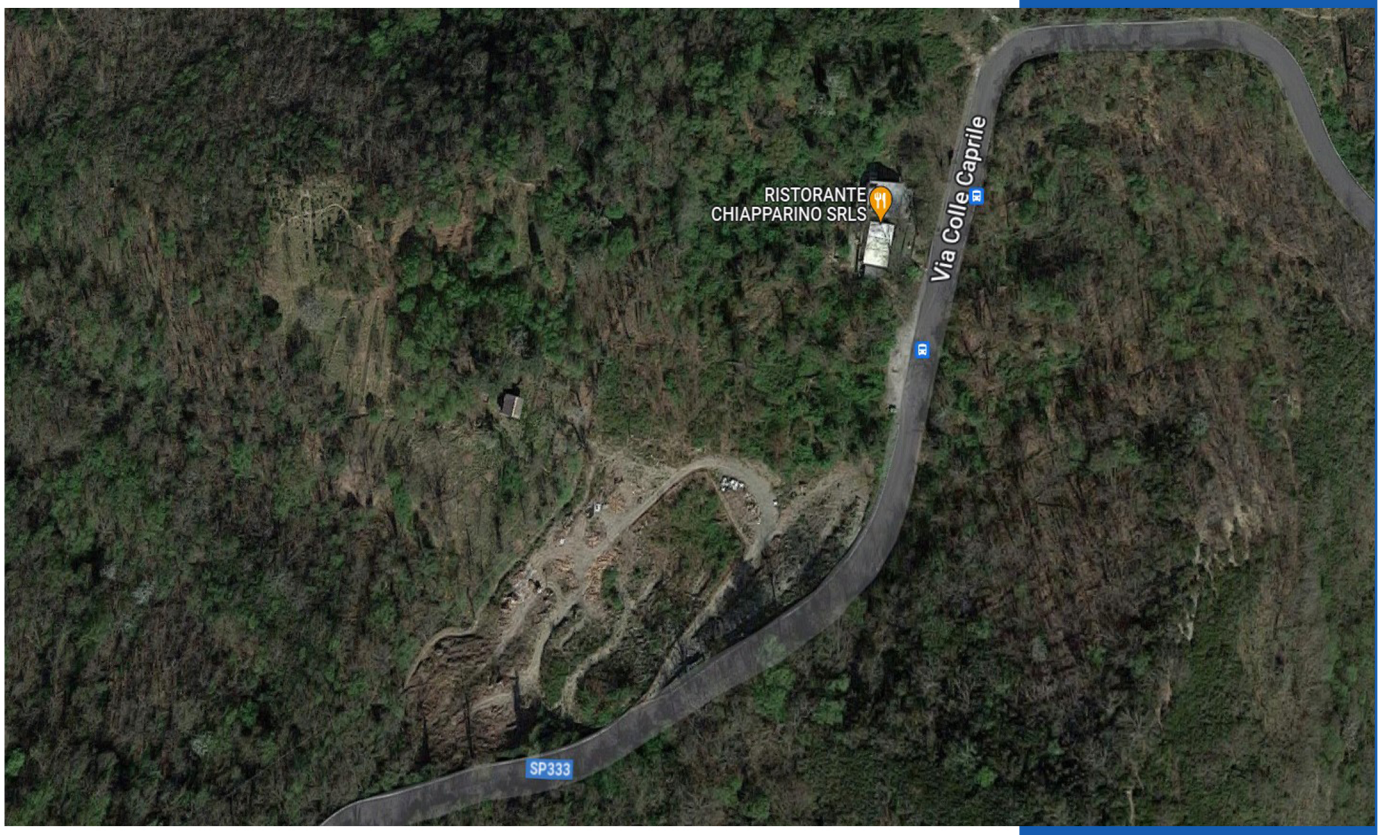
giugno 2022



RAPPORTO PRELIMINARE

D.Min.Infr. 14/01/2008
Circ.Appl.Min.Infr.
02/02/20098

PROGETTO PRELIMINARE PER LA REALIZZAZIONE DI IMPIANTO SPORTIVO "PISTA MINIMOTO" IN LOC. CHIAPPARINO IN ATTUAZIONE DELLE PREVISIONI DEL PUC distretto di Trasformazione TRZ-2b

Località Chiapparino, civ. SNC
16028 USCIO (GE)

RELAZIONE GEOLOGICA

committente: Sig.r Manolo Bracco

Studio di Geologia
Dott. Fabio Tedeschi
Via Romagneno, 87 - 16036 Recco (GE)
tel./fax - 0185.722717
cell. 340.7014174 e-mail: geo_fab@libero.it
C.F. TDSFBA81S17D969F - P.I. 01703260990

SOMMARIO

PREMESSE E DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO **pag. 2**
1. CLASSIFICAZIONE NORMATIVA **pag. 3**
2. INQUADRAMENTO GENERALE DELL'AREA **pag. 4**
2.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO-AMBIENTALE pag. 5
2.2 ASSETTO LITOLOGICO E TETTONICO pag. 5
2.3 CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE pag. 7
2.4 SCHEMA IDROGRAFICO pag. 8
2.5 ASSETTO IDROGEOLOGICO pag. 9
3. INDAGINI IN SITO **pag. 9**
3.1 INDAGINI GEOFISICHE pag.10
3.2 PROVE PENETROMETRICHE pag.10
3.3 RILEVAMENTO GEOMECCANICO-STRUTTURALE pag.11
4. STRATIGRAFIA E DEFINIZIONE DEI PARAMETRI MEDI DEI MATERIALI **pag. 14**
4.1 COPERTURA SCIOLTA pag.15
4.2 SUBSTRATO ROCCIOSO pag.16
5. INQUADRAMENTO SISMICO **pag. 19**
6. INDICAZIONI OPERATIVE **pag. 20**
7. GIUDIZIO DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA E CONCLUSIONI **pag. 22**
RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI **pag. 24**

ALLEGATO 1-FIGURE E TABELLE

Figura n°	Oggetto
1	Inquadramento cartografico
2	Estratti cartografici P.d.B.S. (T. Lavagna) e P.U.C. di Uscio
3	Estratto cartografia C.A.R.G.
4	Carta geologico-geomorfologica con elementi di idrogeologia
5	Planimetria geologico-tecnica
6	Sezione stratigrafica
Tabella n°	**Oggetto**
1	Classificazione geomeccanica di Z.T. Bieniawski (1989)
2	Valori di G.S.I. stimati per Formazioni tipo Flysch

ALLEGATO 2 – INDAGINI GEOFISICHE

ALLEGATO 3 – INDAGINI GEOTECNICHE

Tabella n°	Oggetto
1-5	Istogramma prova penetrometrica
6-10	Andamento dell'angolo di attrito con la profondità
11	Caratteristiche tecniche strumento utilizzato

ALLEGATO 4 – DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA (N.8 FOTO)

PREMESSE E DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

Su incarico della Committenza sono state condotte le indagini geologiche a supporto della progettazione preliminare per la realizzazione di un impianto sportivo "pista di minimoto" in località Chiapparino in attuazione delle previsioni del Piano Urbanistico Comunale distretto di trasformazione TRZ-2b, nel Comune di Uscio (Provincia di Genova).

Il presente documento è redatto in conformità alle normative vigenti e in particolare al Decreto Ministero dei Lavori Pubblici 14.01.2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni" e alla Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 C.S.LL.PP. "Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14.01.2008".

L'area d'intervento è localizzata nel settore nord-occidentale del territorio comunale di Uscio ed è raggiungibile a partire dalla località di Colle Caprile percorrendo per qualche centinaio di metri la S.S. n. 333 in direzione Gattorna (ALL.1-FIGURA 1).

Si tratta di un'area non insediata, contraddistinta da un fondo prativo e da diverse essenze a medio-alto fusto localmente a carattere infestante che si sviluppa in una fascia altitudinale compresa tra 465 m e 485 m s.l.m., a valle della suddetta carrabile, delimitata a ovest dalla pedonale Ciapain-Lagomarsino e a nord e a sud da altre proprietà a carattere prettamente boschivo.

Dal punto di vista morfologico l'ambito d'intervento presenta valori di acclività modesti che tendono ad accentuarsi esclusivamente in prossimità della S.S. n. 333, in ragione della presenza di una scarpata di altezza di circa 8-10 m e pendenza attorno a 30°; l'accessibilità al sito è garantita da una rampa con fondo in terra battuta che si raccorda con la suddetta viabilità in corrispondenza del margine sud-orientale del lotto d'intervento e si sviluppa secondo una direttrice sudovest-nordest.

La proposta progettuale prevede una serie di attività a parziale modifica dello stato dei luoghi finalizzata alla realizzazione di un impianto sportivo per minimoto, studiata in modo da d'integrarsi completamente alla naturale morfologia dell'area in disponibilità e ottimizzare le movimentazioni terra secondo una disposizione che consenta di seguire l'andamento originario del pendio. Nel dettaglio le opere previste comprendono la realizzazione di (ALL.1-FIGURA 5):

- una pista per minimoto di lunghezza di circa 250 m, larghezza di 5 m e uno sviluppo articolato disposto in prevalenza secondo una direttrice trasversale all'andamento del pendio;
- realizzazione di un'area parcheggio al termine della rampa di accesso per una disponibilità complessiva di n.20 posti auto;
- realizzazione di n.2 volumi di servizio di superficie complessiva di 135 m^2.

La proposta progettuale è stata sviluppata cercando di minimizzare le movimentazioni terra e di sfruttare la morfologia originaria del pendio , concentrando le opere a progetto all'interno del settore a medio-bassa acclività che contraddistingue la porzione centro-occidentale del lotto di proprietà.

La necessità di ottenere una superficie subpianeggiante per la realizzazione della pista comporterà un livellamento dell'area per raggiungere la quota di progetto, attraverso riporti sul lato valle di altezza di circa 1.5 m- 2.0 m e uno sbancamento sul lato monte di ordinata generalmente contenuta entro 3-4 m.

1. CLASSIFICAZIONE NORMATIVA

Una volta definita la tipologia progettuale e l'incidenza della stessa sui lineamenti geologici s.l. della porzione di territorio in cui verrà inserita, si è provveduto a verificare la classificazione dell'area d'intervento contenuta negli strumenti di pianificazione vigenti alla scala di bacino e comunale e il regime vincolistico al fine di accertarne la compatibilità normativa.

Per quanto riguarda il Piano di Bacino Stralcio (T. Lavagna) per la tutela del rischio idrogeologico, redatto ai sensi dell'art.1 comma 1 del D.L. 11.06.1998 n.180, convertito in legge 03.08.1998 n.267 e s.m.i., sono stati consultati alcuni elaborati relativi all'ambito di versante che hanno consentito di definire quanto segue (ALL.1-FIGURA 2):

- la carta della rete idrografica non riporta corsi d'acqua entro la distanza d'interesse normativo;
- la carta della franosità reale non indica criticità in atto o potenziali di origine gravitativa e/o indotte dall'azione delle acque correnti in un congruo intorno rispetto all'area d'intervento;
- la carta della suscettività al dissesto classifica la porzione di territorio oggetto d'intervento a pericolosità geomorfologica media (Pg2);
- il sito d'intervento ricade nelle aree sottoposte al regime del vincolo idrogeologico ai sensi del R.D. 30.12.1923 n. 3267 e della L.R. n. 4 del 22.01.1999 e s.m.i.

Dal punto di vista normativo le aree identificate come Pg2 sono disciplinate dall'art.16 comma 4 delle Norme di Attuazione che non fissa vincoli specifici in merito alla fruibilità del territorio e *"demanda ai Comuni, nell'ambito della norma geologica di attuazione degli strumenti urbanistici o in occasione dell'approvazione sotto il profilo urbanistico-edilizio di nuovi interventi insediativi e infrastrutturali, la definizione della disciplina specifica di dette aree, attraverso indagini che tengano conto del relativo grado di suscettività al dissesto. Tali indagini devono essere volte a definire gli elementi che determinano il livello di pericolosità, a individuare le modalità tecnico-esecutive dell'intervento, nonché ad attestare che gli stessi non aggravino le condizioni di stabilità del versante".*

Per quanto riguarda la disciplina a livello comunale, invece, si deve fare riferimento agli studi geologici a corredo del P.U.C. di Uscio (DAMERI, 2013) e in particolare alla carta di zonizzazione geologico-tecnica (ALL.1-FIGURA 2) che inserisce il tratto iniziale della rampa di raccordo con la S.S. n. 333 all'interno di un settore ad ampia suscettività d'uso, privo di limitazioni, rispettivamente in area B (settori stabili dove il condizionamento dei fattori geologici risulta basso e facilmente superabile con interventi di media entità) e C (coltri stabili tra 2 m e 4

m, settori di buona stabilità complessiva localmente interessati da processi geomorfologici naturali prevalentemente superficiali). L'area parcheggio, la pista di minimoto e i fabbricati di servizio, invece, ricadono all'interno di un'area a suscettività d'uso limitata o condizionata, a pericolosità morfologica media o moderata (Fs – frana stabilizzata); in tali ambiti non sussistono limitazioni urbanistiche vere e proprie ma viene applicata a livello comunale una normativa più attenta e precisa, con particolare attenzione alla stabilità dei versanti e dei corpi detritici, anche a lavori eseguiti.

In considerazione dello stato di progettazione (fase preliminare), della tipologia interventuale, della disciplina normativa e del contesto geologico s.l. dell'area in oggetto, la consulenza è stata organizzata nelle seguenti attività:

- sopralluogo preliminare necessario per verificare lo stato dei luoghi e definire la procedura d'indagine adeguata all'intervento;
- ricerca bibliografica e consultazione di risultati di prove in sito eseguite in occasione d'incarichi professionali in settori adiacenti a quello in esame;
- rilevamento di superficie finalizzato alla definizione delle caratteristiche geologico-geomorfologiche, idrografiche e idrogeologiche del sito d'intervento e dell'intorno ritenuto significativo in rapporto alla scala del progetto;
- rilevamento geomeccanico-strutturale in corrispondenza degli affioramenti rocciosi disponibili e test sclerometrici sulla matrice lapidea per consentire la definizione delle principali caratteristiche fisico-meccaniche dell'ammasso roccioso;
- esecuzione di una stesa sismica a rifrazione con strumentazione multicanale a incremento di segnale a elevata risoluzione e interpretazione delle risultanze in chiave sismostratigrafica;
- esecuzione di cinque prove penetrometriche dinamiche condotte con strumentazione medio-leggera tipo "DPM 30-20".

La metodologia adottata ha consentito la redazione del presente documento comprensivo di allegati grafici descrittivi e illustrativo del modello geologico sito specifico in ottemperanza alle normative vigenti in materia (NTC 2008 e Circ.Appl. 916/2009).

2. INQUADRAMENTO GENERALE DELL'AREA

Lo studio è stato organizzato in una prima fase caratterizzata da un approfondito rilevamento di superficie condotto nell'area in esame ed esteso anche nell'immediato intorno. Le informazioni acquisite dalla suddetta attività sono state sintetizzate in una carta geologico-geomorfologica con elementi di idrogeologia, redatta in scala 1:2.500 e commentata nei paragrafi successivi (ALL.1-FIGURA 4). Tale elaborato descrive la condizione di superficie del territorio e dei suoi processi evolutivi in relazione alla natura e distribuzione delle coperture sciolte, allo stato dei versanti in rapporto alla condizione di affioramento o subaffioramento del substrato roccioso

e alla tipologia delle forme e dei processi geomorfologici e antropici. Sono di seguito riassunte tutte le risultanze conseguenti.

2.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO-AMBIENTALE

L'ambito in oggetto si sviluppa lungo la porzione medio-terminale del versante nord-occidentale del M. Serro (581.6 m s.l.m.), in un contesto contraddistinto da una bassissima densità insediativa, limitata ad alcune abitazioni residenziali lungo la S.S. n. 333 e alla struttura di ristorazione "Il Chiapparino", in un contesto prettamente boschivo; tale condizione appare imputabile sia all'orientazione del pendio, esposto verso i quadranti settentrionali sia ai notevoli valori di acclività di buona parte del versante, soprattutto a monte della S.S. n.333 e in direzione sud rispetto all'area d'intervento.

Lungo il pendio a valle della pedonale Ciapain-Lagomarsino sono, infine, individuabili settori regolarizzati a terrazzamenti e alcuni manufatti agricoli a conduzione dei fondi.

Per quanto riguarda gli aspetti meteoclimatici dell'area in esame, la particolare posizione geografica del comprensorio comporta un clima di tipo mediterraneo, con estate calda e inverno molto mite, in cui si manifestano tendenze di transizione al clima submediterraneo quanto più ci si allontana dal mare, ci si eleva in altitudine e muta l'esposizione dei versanti.

In questo settore l'influenza mitigatrice del mare è considerevolmente ridotta e, sui versanti esposti a nord come quello in esame, anche il limitato tempo d'insolazione contribuisce a ridurre la temperatura media atmosferica che, sulla base dei dati registrati presso la stazione climatica più vicina (Colonia Arnaldi), è pari a circa 12.6 °C: i mesi più caldi risultano luglio e agosto (20.6 °C e 20.5 °C) i più freddi gennaio e febbraio (5.4 °C e 5.5 °C).

I dati meteoclimatici e in particolare i valori di precipitazione sono estremamente significativi nel quadro idrologico dei deflussi superficiali e sotterranei, raggiungendo la loro massima intensità in occasione di eventi eccezionali che si verificano preferenzialmente nell'arco di poche ore o giorni, più frequentemente durante i mesi autunnali e in subordine nel tardo inverno e in primavera.

A questo scopo sono stati presi in considerazione i dati pluviometrici registrati presso la stazione di misura di Colonia Arnaldi: l'altezza di precipitazione media annua è pari 1888 mm, il massimo assoluto si verifica nei mesi autunnali (ottobre-novembre) e un minimo assoluto in estate, in particolare nel mese di luglio: gli eventi eccezionali sono concentrati nell'arco di pochi giorni, preferenzialmente nei mesi autunnali con media mensile più elevata 242.1 mm a novembre.

2.2 ASSETTO LITOLOGICO E TETTONICO

Sulla base di quanto osservato sul terreno e in accordo con la cartografia tematica regionale (C.A.R.G. Regione Liguria, 2005 in scala 1:25.000 Tav. 214.3 Bargagli - ALL.1-FIGURA 3) il substrato di riferimento è rappresentato dai litotipi appartenente alla Formazione degli Scisti

Manganesiferi ascrivibile a argilliti scure manganesifere, siltiti e areniti fini in strati gradati medi e spessi; verso l'alto sono individuabili intercalazioni di areniti medie e grossolane a composizione subarcosica e in strati gradati medi (torbiditi ed emipelagiti di ambiente marino profondo).

Il basamento lapideo affiora con una certa continuità lungo la scarpata di controripa della S.S. n. 333 (ALL.4-FOTO 1-2), ricavata presumibilmente a seguito dell'apertura della suddetta carrabile e realizzata incidendo il versante a monte e riportando il materiale a valle, dove in alcuni tratti sono presenti strutture a sbalzo.

Significativi affioramenti sono individuabili anche lungo il versante a monte, prossimo al crinale spartiacque e contraddistinto da valori di acclività molto elevati; il basamento lapideo affiora anche lungo la pedonale Ciapain-Lagomarsino, a partire dall'asta fluviale minore limitrofa al margine sud dell'area di stretto intervento (ALL.4-FOTO 3) e lungo il crinale secondario in prossimità dell'innesto tra tale pedonale e la S.S. n. 333.

Alcune emergenze litoidi sono state individuate anche all'interno dell'area d'intervento nella porzione medio-basale della scarpata su cui è stata ricavata la rampa di accesso; tali emergenze presentano caratteristiche giaciturali compatibili con quelle rilevate lungo la S.S. n.333 sebbene la loro ridotta estensione non consenta un'interpretazione univoca, con particolare riferimento all'appartenenza al substrato roccioso strutturato.

I litotipi affioranti sono contraddistinti, in prevalenza, da successioni di livelli argillitici di potenza pluricentimetrica, fittamente lamellari; lungo la scarpata di monte della S.S. n.333 sono individuabili localmente livelli più potenti di natura arenitica che testimoniano il passaggio stratigrafico con i litotipi appartenenti alla Formazione delle Ardesie di Monte Verzi che costituiscono il substrato di riferimento della culminazione del Monte Serro e affiorano diffusamente lungo il versante settentrionale del M. Rosso (ALL.1-FIGURA 39, ascrivibili a marne, marne calcaree e calcari marnosi in strati gradati da medi a spessi generalmente con base arenitica fine a composizione ibrida, con intercalazioni di peliti non carbonatiche in strati molto sottili.

In linea generale, gli affioramenti esaminati nell'immediato intorno rispetto all'area d'intervento sono contraddistinti da un quadro fessurativo piuttosto pervasivo, con almeno tre famiglie di discontinuità sistematiche e un grado di alterazione piuttosto avanzato indotto sia dall'azione degli agenti esogeni con lo sviluppo di patine di ossidazione lungo le superfici esposte sia dai processi correlati al degrado chimico-fisico di muschi e licheni, particolarmente sviluppati stante l'esposizione e la ridotta insolazione.

Dal confronto con le misure giaciturali condotte sistematicamente lungo i principali affioramenti è stato possibile osservare una significativa variabilità giaciturale della stratificazione, con una direzione d'immersione prevalente verso sud ed evidenti rotazioni verso est e nord, mantenendo angoli d'inclinazione medio-bassi e assumendo un'orientazione da traverpoggio a reggipoggio rispetto all'andamento del pendio.

La suddetta analisi strutturale rapportata alla morfologia dell'area ha consentito di evidenziare un significativo controllo da parte della tettonica recente, con la presenza di almeno due famiglie di discontinuità orientate rispettivamente NW-SE e NE-SW che hanno fortemente

condizionato la disposizione del reticolo idrografico minore, delle linee di crinale e, alla scala locale, la morfologia dell'area di stretto intervento.

2.3 CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE

Il sito in oggetto è inserito all'interno della porzione medio-terminale del versante nord-occidentale del M. Serro contraddistinto, in linea generale, da valori di acclività medio-elevati e da significativi affioramenti del substrato roccioso di natura argillitica.

Il basamento lapideo è associato a un sottile orizzonte sciolto di natura eluviale in corrispondenza delle linee di crinale (principali e secondarie), generato dall'alterazione in posto del substrato roccioso da parte dell'azione degli agenti esogeni e da coperture sciolte di natura eluvio-colluviale di scarsa rilevanza stratigrafica lungo la porzione di versante sottesa dalle linee di displuvio, originate dall'azione degli agenti morfodinamici, quali la gravità e le acque correnti.

La distribuzione degli affioramenti lapidei, i valori di acclività e la collocazione morfologica rispetto allo sviluppo complessivo del versante hanno permesso di accertare la scarsa rappresentatività verticale di tale orizzonte, assimilabile a una copertura residuale a prevalente frazione limoso argillosa con subordinata sabbia e scaglie lapidee.

Differente appare la connotazione morfologica del settore destinato alla realizzazione della pista da minimoto, dell'area parcheggio e dei manufatti di servizio, contraddistinta dall'assenza di affioramenti lapidei e da forme del rilievo decisamente meno accentuate, con bassi valori di acclività. Tale morfologia è rinvenibile percorrendo la pedonale Ciapain-Lagomarsino anche lungo il versante in direzione nord e nel tratto di pendio a monte della S.S. n.333, all'altezza del ristorante "Il Chiapparino".

La suddetta porzione di versante si raccorda alla carrabile attraverso una scarpata a elevata pendenza, almeno in parte ricavata artificialmente, mentre il limite morfologico tra i due ambiti è rappresentato dagli affioramenti dei litotipi argillitici individuabili lungo la scarpata di controripa della S.S. n.333.

Lateralmente l'area morfologicamente ribassata è confinata a sud da un'asta fluviale minore, anch'essa impostata in roccia e a nord da una linea di crinale secondaria; a valle della pedonale Ciapain-Lagomarsino i valori di acclività tendono nuovamente a incrementare e il profilo del pendio appare parzialmente regolarizzato da scarpate non presidiate di chiara origine antropica o confinate da terrazzamenti in pietra a secco.

Durante l'attività di rilevamento di superficie all'interno dell'area d'intervento e nell'immediato intorno non sono stati individuati elementi distintivi di processi erosivi in atto o potenziali riconducibili alla gravità e alle acque correnti, anche grazie all'azione mitigatrice della copertura vegetale e alla sistemazione antropica individuabile nella porzione di versante più a valle; l'analisi morfologica di dettaglio del territorio rapportata al contesto litologico-tettonico e antropico appare coerente con la ricostruzione indicata nella cartografia comunale che indica per tale porzione di versante la presenza di una forma di accumulo di origine gravitativa, relitta e stabilizzata.

2.4 SCHEMA IDROGRAFICO

Il tratto di versante in cui è inserito l'intervento in oggetto è contraddistinto in massima parte da aree boscate disposte secondo il profilo originario del pendio e da valori di acclività medio-elevati, soprattutto nel tratto a monte della S.S. n.333, mentre a valle della stessa si assiste a una sensibile riduzione delle pendenze, associata comunque a una copertura vegetale a medio-alto fusto diffusa e localmente infestante; a valle della pedonale Ciapain-Lagomarsino sono, invece, individuabili, ampi settori a fondo prativo, regolarizzati a terrazzamenti o con scarpate non presidiate con profilo subverticale.

Le superfici impermeabili sono sostanzialmente limitate al tracciato della S.S. n.333 disposta trasversalmente al versante, corredata da una canaletta di monte a cielo aperto in grado di raccogliere, almeno in parte, i deflussi superficiali provenienti da monte e a distribuirli nelle aste fluviali minori intersecate dalla carrabile e superate attraverso tombinature interrate.

In ragione delle suddette caratteristiche di superficie in condizioni di apporti meteorologici ordinari l'azione erosiva delle acque superficiali è limitata grazie alla copertura vegetale a medio-alto fusto che intercetta i contributi idrici e li dilaziona nel corso del tempo; durante le precipitazioni intense o eccezionali, invece, è presumibile la formazione di linee di corrivazione più marcate soprattutto in corrispondenza delle porzioni di versante a maggiore acclività e interessate dal substrato roccioso in condizioni di affioramento, tendenti a scendere lungo il versante seguendo la massima pendenza o linee di deflusso preferenziali quali sentieri, camminamenti e/o lievi depressioni del versante.

Il sistema di drenaggio naturale del settore di versante esaminato è rappresentato da un'asta fluviale di prim'ordine disposta secondo una direttrice SE-NW, localizzata in prossimità del margine sud dell'area d'intervento, caratterizzata da un regime torrentizio e attiva soprattutto nel periodo autunnale; tale solco di corrivazione si origina a monte della S.S. n. 333 e raccoglie parte delle acque intercettate dalla carrabile, è contraddistinto da un alveo poco accennato in corrispondenza della porzione di versante a valle in ragione delle basse pendenze del comparto, mentre a partire dalla pedonale Ciapain-Lagomarsino appare fortemente inciso, con un alveo incassato, sponde naturali che appaiono prive di evidenti processi erosivi, presumibilmente a causa delle portate ridotte associate a un bacino sotteso estremamente poco sviluppato.

In corrispondenza dell'area di stretto intervento è, inoltre, presente un altro solco di corrivazione che drena le acque superficiali richiamate dalla morfologia conformata a impluvio del settore a valle della S.S. n.333; tale linea di deflusso preferenziale è maggiormente evidente a valle della pedonale Ciapain-Lagomarsino dove incide l'orizzonte sciolto superficiale, assumendo la connotazione di un vero e proprio canale di drenaggio d'interconnessione tra i terrazzamenti e le scarpate non presidiate.

2.5 ASSETTO IDROGEOLOGICO

La circolazione idrica sotterranea appare condizionata dall'assetto geomorfologico e stratigrafico descritti ai paragrafi precedenti; nelle porzioni di versante interessate dal substrato roccioso affiorante o subaffiorante e da una copertura sciolta eluviale ed eluvio-colluviale di scarsa rilevanza stratigrafia, l'aliquota di acqua che costituisce l'infiltrazione efficace è controllata essenzialmente da un mezzo da impermeabile a limitatamente permeabile per fratturazione e/o fessurazione secondaria in cui le proprietà idrogeologiche sono condizionate essenzialmente dalle diverse famiglie di discontinuità che costituiscono, infatti, vie di circolazione preferenziali in rapporto al loro assetto strutturale, persistenza, spaziatura, apertura e possono innescare una circolazione idrica da sub-superficiale a profonda.

Relativamente all'area d'intervento, come evidenziato dagli esiti delle indagini in sito, il substrato roccioso è preceduto da un orizzonte sciolto superficiale di rilevanza stratigrafica in cui la circolazione idrica avviene per porosità primaria, con coefficienti di conducibilità idraulica da bassi a medi, in funzione del fuso granulometrico caratteristico.

È presumibile che tale mezzo, in occasione d'eventi pluviometrici eccezionali, possa essere oggetto di temporanei ristagni idrici o di marcata saturazione, favoriti dalla morfologia conformata a impluvio che tende a richiamare contributi superficiali provenienti dai settori limitrofi e dai valori di acclività molto bassi che, associati all'uso del suolo, limitano il ruscellamento diffuso, favorendo l'infiltrazione dei contributi meteorici nel sottosuolo.

Condizioni di saturazione si possono, pertanto, manifestare, sia all'interno dei livelli più superficiali sia lungo l'interfaccia con il sottostante basamento roccioso, in ragione del marcato contrasto di permeabilità tra i due mezzi.

All'atto delle indagini, svolte a seguito di un periodo estremamente siccitoso (marzo 2017-settembre 2017) entro l'area d'intervento non sono stati ravvisati elementi distintivi di una circolazione idrica sotterranea diffusa e permanente entro i primi metri da p.c.

A valle della pedonale Ciapain-Lagomarsino, a circa 70-80 m in direzione nord rispetto al margine settentrionale d'intervento è stata, infine, individuata un'emergenza sorgiva puntuale a carattere perenne.

3. INDAGINI IN SITO

Ultimata l'attività di rilevamento di superficie si è proceduto con l'esecuzione di una campagna d'indagini in sito al fine di consentire la ricostruzione dell'assetto stratigrafico e sismico del comparto d'intervento e la definizione delle principali caratteristiche fisico-meccaniche dei materiali d'interesse progettuale, necessarie per la successiva fase di progettazione geotecnico-strutturale esecutiva. Le indagini svolte sono consistite in (ALL.1-FIGURA 5):

- indagini geofisiche;
- prove penetrometriche dinamiche;
- rilevamento geomeccanico-strutturale e test sclerometrici sui principali affioramenti lapidei.

I suddetti accertamenti in sito hanno permesso d'indagare il sottosuolo per il tratto d'interesse progettuale; le risultanze conseguenti sono esposte nel seguito del presente documento tecnico.

3.1 INDAGINI GEOFISICHE

Al fine di determinare la sismostratigrafia dell'area d'intervento è stata organizzata una campagna geofisica consistita in una stesa sismica a rifrazione della lunghezza complessiva di 57 m, ubicata trasversalmente al pendio in corrispondenza dell'opera di presidio prevista a valle della pista da minimoto, a partire dal settore interessato dai fabbricati di servizio (ALL.1-FIGURA 5). La prospezione sismica è stata condotta utilizzando un sismografo DoReMI 12 CANALI; lo stendimento è stato svolto utilizzando 12 geofoni a interdistanza di 3 m ed eseguendo 7 energizzazioni (shot) con le quali è stato possibile evidenziare le variazioni della morfologia dei rifrattori. In sintesi, la prospezione ha permesso di ricavare la seguente situazione sismo-stratigrafica:

- in superficie è presente un primo orizzonte di spessore compreso tra 3.7 m e 4.9 m, con velocità delle onde sismiche oscillanti tra 500 m/s e 600 m/s, ascrivibile alla copertura sciolta di natura detritica, in condizioni di naturale umidità e poco addensata;
- al di sotto si rileva un livello caratterizzato da velocità più elevate delle onde sismiche, comprese tra 2500 m/s e 2700 m/s, fino a profondità superiori a quelle d'indagine, assimilabile al substrato roccioso, seppure fratturato e degradato negli orizzonti più superficiali, passante in profondità a migliori condizioni di conservazione.

L'indagine sismica ha permesso, inoltre, di acquisire alcune informazioni utili per definire il contenuto d'acqua nel terreno; le basse velocità sismiche registrate nei livelli più superficiali (V_P< 600 m/s), inferiori alla velocità delle stesse in un mezzo saturo, consentono di valutare i terreni asciutti, in condizioni di naturale umidità.

I dettagli della stesa sismica a rifrazione, unitamente al commento dei risultati e ai grafici relativi ai tempi di arrivo letti, quote topografia e rifrattori, velocità, rifrattori e sezione interpretata sono riportati nell'ALLEGATO 2.

3.2 PROVE PENETROMETRICHE

Tali approfondimenti puntuali (denominati PP1-P5; ALL.4-FOTO 3-8), condotti lungo le verticali riportate nell'ALL.1-FIGURA 5, sono stati eseguiti con strumentazione oleodinamica medio-leggera tipo "DPM-30-20", di cui si riportano in allegato le caratteristiche tecniche (ALL.3-TABELLA 11).

Le suddette indagini, in grado di accertare qualitativamente le proprietà geotecniche dei terreni attraversati, sono state eseguite seguendo le indicazioni sugli standard di lavoro per le prove in sito (CESTARI, 1990).

Le prove sono state spinte fino al rifiuto strumentale, ottenuto a una profondità compresa tra 1.1 m (PP1) e 6.8 m (PP4) dal p.c., attraversando un mezzo contraddistinto da una significativa variabilità in termini di resistenza alla penetrazione della punta in accordo con le caratteristiche genetiche dello stesso, ascrivibile a un accumulo detritico di origine essenzialmente gravitativa, stabilizzato.

I valori più bassi della resistenza meccanica sono solitamente concentrati entro il primo metro di profondità (2 m lungo la verticale PP4) in ragione della presenza di un orizzonte di coltivo vegetale e terreno aerato ($0 < N_{10} < 10$), con l'aumentare della profondità è stato accertato lungo tutte le verticali un incremento dei valori imputabile al grado di addensamento crescente e alla presenza di una maggiore percentuale di frazione grossolana ($15 < N_{10} < 35$), associata a blocchi e trovanti lapidei disarticolati ($N_{10} > 35$).

In considerazione degli esiti delle indagini sismiche e della ricostruzione dell'assetto del sottosuolo complessivo dell'area d'intervento si ritiene che il rifiuto strumentale delle prove PP1, PP2 e PP3 sia riconducibile al reperimento di un blocco lapideo disarticolato o di un orizzonte grossolano nell'ambito della copertura detritica, mentre per le prove PP4 e PP5 sia correlabile al reperimento del tetto del substrato roccioso strutturato.

Durante la fase di recupero della batteria di aste non sono stati rilevati elementi caratteristici di una circolazione idrica sotterranea ma sono state osservate esclusivamente condizioni di naturale umidità. Per il dettaglio dei grafici, ottenuti diagrammando il numero di colpi all'avanzamento delle aste con la profondità, si rimanda all'ALL.3-TABELLE 1-5.

3.3 RILEVAMENTO GEOMECCANICO-STRUTTURALE

La caratterizzazione fisico-meccanica dell'ammasso roccioso è stata effettuata attraverso l'esecuzione di un rilevamento strutturale e geomeccanico sui principali affioramenti lapidei individuati nel comparto d'intervento, in particolare, lungo la scarpata della S.S. n.333 e la pedonale Ciapain-Lagomarsino, a partire dall'asta fluviale minore limitrofa al margine sud dell'area di stretto intervento (ALL.4-FOTO 1-3).

La successione litologica osservata si compone di strati di natura argillitica di spessore pluricentimetrico con subordinate bancate arenacee di potenza decimetrica. In ragione dello stato di fratturazione dell'ammasso roccioso sono state riconosciute diverse famiglie sistematiche, contraddistinte dal seguente assetto giaciturale medio:

SISTEMA	**DIR. IMM/INCL**
Stratificazione St	170°/30°
Giunto K1	10°/80°
Giunto K2	310°/85°

La stratificazione (St) presenta una significativa variabilità giaciturale, con una direzione d'immersione prevalente verso sud e ricorrenti rotazioni verso est e nord, mantenendo angoli d'inclinazione medio-bassi e una disposizione da traverpoggio a reggipoggio rispetto al pendio; le famiglie di fratture K1 e K2 sono risultate piuttosto persistenti, tendono a isolare blocchi di forma da tabulare a irregolare e volumetria per lo più inferiore al metro cubo, presentano sempre elevati valori d'inclinazione che, per quanto riguarda la famiglia K2, raggiungono localmente condizioni di verticalità, fino ad assumere direzione d'immersione opposta. Oltre a tali sistemi sono state individuate anche altre discontinuità contraddistinte da una minore sistematicità e persistenza ma che localmente possono presentare una certa rilevanza nel quadro strutturale dell'ammasso.

Per quanto attiene alle caratteristiche geomeccaniche delle discontinuità e dell'ammasso roccioso si è proceduto a un rilevamento dei principali parametri quali spaziatura, persistenza, morfologia a microscala (Joint Roughness Coefficient – J.R.C.), riempimento e stato di conservazione delle pareti delle singole discontinuità, unitamente alla definizione del grado di fratturazione (R.Q.D.) e delle condizioni idrauliche dell'ammasso (BRUSCHI, 2005).

Sono di seguito forniti i valori dei suddetti parametri tenendo presente che, per alcuni di questi, sono state rilevate condizioni disperse: in questi casi, si attribuisce un doppio valore in modo tale da pervenire a un intervallo rappresentativo per la definizione della qualità dell'ammasso.

Resistenza alla compressione monoassiale: è stata ottenuta indirettamente attraverso alcuni test con lo sclerometro tipo 'L' sui medesimi affioramenti oggetto del rilevamento geomeccanico-strutturale (ALL.4 – FOTO 1-3). In particolare sono state scelte cinque superfici caratterizzate da roccia fresca o al più scarsamente alterata. Il valore del rimbalzo R è stato ridotto di 3 punti in ragione dell'angolo formato dallo strumento con l'orizzontale durante la prova (α=0). I risultati, già corretti, sono riportati nella tabella seguente:

Superficie 1	Superficie 2	Superficie 3	Superficie 4	Superficie 5
8	4	4	10	8
6	8	4	8	10
12	4	6	6	10
8	4	4	6	12
10	4	4	10	8
6	4	4	8	8
12	4	6	8	10
6	6	4	8	6
10	4	4	10	10
10	4	4	6	6

Seguendo quanto consigliato dall'ISRM sono state eseguite dieci misure su ciascuna superficie, il valore rappresentativo del rimbalzo è stato calcolato come media aritmetica dei cinque valori maggiori, scartando per ciascuna stazione le cinque misure minori. Il valore della resistenza a compressione monoassiale (in MPa) è stato, infine, ottenuto applicando la seguente correlazione di Irfan e Dearman (BRUSCHI, 2005), valida per tutti i litotipi:

$$\sigma_c = 0{,}775*R+21.3$$

Da cui si ottengono i seguenti risultati:

	Superficie 1	**Superficie 2**	**Superficie 3**	**Superficie 4**	**Superficie 5**
Rimbalzo	10.8	5.2	4.8	9.2	10.4
Res.compr.	30	25	25	28	29

Si evidenzia che in realtà tale strumento misura la resistenza alla compressione apparente o resistenza superficiale e viene comunemente utilizzato per ottenere la resistenza delle pareti delle discontinuità (J.C.S.), tuttavia per le finalità dello studio si ritiene condivisibile considerare tale dato come rappresentativo anche della resistenza alla compressione monoassiale della matrice rocciosa.

R.Q.D.: definisce il recupero percentuale di carotaggio riferito alla somma degli spezzoni di carota con lunghezza maggiore o uguale a 10 cm. In affioramento può essere derivato sulla base di considerazioni qualitative in merito allo stato di fratturazione dell'ammasso; in ragione di quanto osservato si può ritenere valido un range compreso tra 20% e 30%.

Spaziatura discontinuità: comunemente intesa come la distanza fra due discontinuità contigue appartenenti alla stessa famiglia. L'intervallo proposto per la successione a prevalenti livelli marnosi è compreso tra 10 cm e 30 cm, mentre in corrispondenza dei settori interessati da orizzonti argillitici si ritiene valido un range compreso tra 5 cm e 10 cm.

Condizioni dei giunti: l'indicazione delle condizioni medie delle discontinuità include valutazioni articolate che comprendono la definizione dei seguenti parametri:

Persistenza: costituisce la lunghezza del giunto che interseca l'affioramento. In ragione della difficoltà di definire compiutamente tale parametro a causa della geometria dei fronti rocciosi è stata cautelativamente attribuita ai giunti una persistenza tra 3 m e 10 m;
Apertura delle discontinuità: definita come la distanza esistente tra le pareti aperte di un giunto. Dal rilevamento condotto emerge una certa dispersione del parametro, con una prevalenza dell'intervallo tra 1 mm e 5 mm;

Rugosità: esprime la scabrezza delle superfici del giunto; anche in questo caso il parametro risulta disperso, in quanto si passa da giunti lisci a leggermente rugosi. Tale caratteristica viene quantificata dal parametro J.R.C. che è stato derivato dal confronto con i profili standard di Barton. Nel caso in esame si è ritenuto ragionevole attribuire un valore compreso tra 4 e 6.
Alterazione: i giunti si presentano generalmente da mediamente alterati a fortemente alterati.
Riempimento: nella maggior parte dei casi è assente.

Condizioni idrauliche: da quanto constatato in sito sono state osservate condizioni di fronti rocciosi asciutti.

4. STRATIGRAFIA E DEFINIZIONE DEI PARAMETRI MEDI DEI MATERIALI

Sulla base del rilevamento sul terreno e degli esiti delle indagini in sito di tipo geofisico e geotecnico è stato possibile procedere alla ricostruzione dell'assetto stratigrafico dell'area d'intervento che prevede la sovrapposizione di una copertura sciolta di natura detritica al substrato roccioso di natura prevalentemente argillitica variamente alterato e fratturato, passante a migliori condizioni di conservazione con la profondità.

Lo spessore della coltre superficiale accertato dalle indagini in sito è piuttosto variabile in funzione della morfologia e della topografia dei luoghi: gli spessori minori, nell'ordine di 2-3 m sono individuabili lungo il margine meridionale dell'area d'intervento, in accordo con gli affioramenti lapidei individuati lungo l'asta fluviale di prim'ordine e la pedonale Ciapain-Lagomarsino, mentre gli spessori maggiori si registrano lungo il margine nord-ovest e nel settore centrale dove raggiungono valori rispettivamente di circa 4-5 m (stesa sismica) e 7 m (prova PP4); le indagini condotte in tali ambiti hanno permesso d'individuare livelli a maggiore frazione grossolana (v. prove PP1, PP2 e PP4), riconducibili a forme relitte dell'originario substrato argillitico in facies litoide.

Tutti gli elementi descritti sono riportati in una sezione stratigrafica complessiva dell'area d'intervento, elaborata sulla base della sezione fornita dal Progettista e preparata al fine di consentire l'immediata comprensione dei rapporti geometrici esistenti tra gli orizzonti descritti (ALL.1-FIGURA 6).

Sono di seguito attribuiti alle unità individuate i principali parametri geotecnici e geomeccanici ricavati dagli esiti delle indagini condotte in sito e dall'attività di rilevamento sui principali affioramenti lapidei, integrati con specifiche osservazioni di superficie lungo spaccati naturali e artificiali e con il confronto con prove di laboratorio su materiali simili.

Si precisa che i valori dei singoli parametri proposti nei paragrafi successivi costituiscono il dataset di base per ricavare i relativi valori caratteristici e di progetto per l'esecuzione delle verifiche geotecniche in ottemperanza al D.M. 14.01.2008 e relativa Circ. Appl. n. 617/2009.

Tali valori potranno comunque essere modificati nell'ambito della progettazione strutturale-geotecnica esecutiva dal Progettista delle Strutture, in sede di redazione della relazione

geotecnica, utilizzando altre correlazioni o approcci metodologici e/o implementando il dataset a disposizione predisponendo ulteriori indagini in sito.

4.1 COPERTURA SCIOLTA

Tale orizzonte è ascrivibile a un mezzo a prevalente frazione limoso-sabbiosa con argilla, ghiaia e scaglie lapidee in percentuale crescente con l'aumentare della profondità.

In considerazione del fuso granulometrico così ampio si ritiene che il comportamento geotecnico del mezzo sia contraddistinto da una resistenza meccanica in prevalenza di tipo attritivo, con una subordinata componente coesiva indotta dalla presenza della frazione fine, ritenuta influente in termini percentuali.

La definizione dell'angolo di resistenza al taglio è stata ricavata dagli esiti delle prove in sito, correlando il valore di N_{10} a quello delle prove S.P.T. (Standard Penetration Test) attraverso la seguente formulazione (VANNELLI E BENASSI, 1983):

1) se $N_{10}<15 \rightarrow N_{10} = N_{SPT}$
2) se $N_{10}>15 \rightarrow N_{10} = 1.2\ N_{SPT.}$

Una volta ricavato il corrispondente valore di N_{spt} si è provveduto ad applicare le seguenti correlazioni valide per sabbie in genere:

Meyerhof : $\varphi=23.7 + 0.57*N_{spt} - 0.006*N^2_{spt}$ (% limo > 5%)
Peck-Hanson & Thornburn: $\varphi=27.2 + 0.28*N_{spt}$

I risultati ottenuti mediando i valori di N_{spt} e di angolo di attrito lungo la singola verticale (ALL.3-TABELLE 5-10) sono riportati nel prospetto sottostante:

Parametro	PP1	PP2	PP3	PP4	PP5
Φ (°) - Mey	30.2	29.6	28.4	29.1	29.5
Φ (°) – PH& T	31.4	30.6	29.8	30.4	30.6

Nel calcolo dei valori medi dei parametri sono stati esclusi gli interlivelli grossolani intercettati lungo le verticali PP2 e PP4 in quanto ritenuti non rappresentativi del comportamento meccanico complessivo della copertura sciolta.

Il range di valori ottenuto (28°-31°) è rappresentativo della variabilità laterale della copertura sciolta; tuttavia esaminando i log penetrometrici è possibile evidenziare anche un trend nel numero di colpi crescente con l'aumentare della profondità (PP2, PP4, PP5); in tali circostanze, è possibile attribuire il limite inferiore del range proposto quale valore rappresentativo degli orizzonti più superficiali e aerati e il limite superiore proprio dei livelli più profondi, contraddistinti da un maggiore grado di addensamento.

Durante l'attività di rilevamento sul terreno sono state individuate diverse scarpate impostate nell'orizzonte sciolto superficiale che hanno mantenuto nel lungo termine angoli d'inclinazione medio-alti, fino ad assumere un profilo sub-verticale che testimoniano, in accordo con il fuso granulometrico identificato in precedenza, un subordinato contributo coesivo in termini di resistenza meccanica, stimata in 5-10 kPa in ragione della tensione litostatica e della natura dell'orizzonte.

Per quanto riguarda gli altri parametri geotecnici, utili ai fini della caratterizzazione fisico-meccanica del materiale, è fatto riferimento a dati bibliografici di comprovata affidabilità (BOWLES J., 1990; LANCELLOTTA R., 1997), basati essenzialmente sulla granulometria: la densità secca è stimata in 16-17 kN/m^3, mentre il peso di volume naturale si ritiene compreso tra 17 kN/m^3 e 18 kN/m^3.

4.2 SUBSTRATO ROCCIOSO

L'indice di qualità dell'ammasso roccioso strutturato è stato ricavato rielaborando i dati acquisiti dal rilevamento geomeccanico-strutturale e dai test sclerometrici, utilizzando il metodo Rock Mass Rating (R.M.R.) di Bieniawski (1989) e il sistema Geological Strenght Index (G.S.I.) nella formulazione proposta da Marinos & Hoek (2000). Il valore R.M.R è dato dalla formula (ALL.1-TABELLA 1):

$$R.M.R._{corretto} = R1+R2+R3+R4+R5+R6$$

dove:

R1: valore derivato dalla resistenza della roccia intatta;
R2: valore derivato dall'indice R.Q.D;
R3: valore derivato dalla spaziatura delle discontinuità;
R4: valore derivato dalle condizioni delle discontinuità;
R5: valore derivato dalle condizioni idrauliche;
R6: valore derivato dall'orientamento delle discontinuità

Sulla base delle osservazioni sul terreno sono stati definiti i seguenti punteggi, mantenendo un doppio valore per i parametri che hanno evidenziato una certa dispersione alla scala dell'affioramento valevole, rispettivamente, per le condizioni medie rappresentative e per quelle peggiori dell'ammasso (BRUSCHI, 2005).

	Parametro	Valori e Punteggi	
R1	Resistenza roccia intatta	25 MPa	30 MPa
	Punteggio	3	4
R2	R.Q.D.	20%	30%
	Punteggio	5	7
R3	Spaziatura dei giunti	5-10 cm	10-30 cm
	Punteggio	6-7	7-9
R4	Condizioni dei giunti		
	Persistenza	3-10 m	3-10 m
	Punteggio	2	2
	Apertura	1-5 mm	1-5 mm
	Punteggio	1	1
	Rugosità	Liscia	Legg.Rugosa
	Punteggio	1	3
	Alterazione	Molto alterate	Mediamente alterate
	Punteggio	1	3
	Riempimento	Assente	Assente
	Punteggio	6	6
R5	Condizioni idrauliche	Asciutto	Asciutto
		15	15
RMR_b	Punteggio	**40-41**	**48-50**

Assegnati i valori a ciascun parametro si ottiene l'indice di classificazione R.M.R. con la seguente relazione:

$$RMR_{base} = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 = 40 – 50$$

Tale risultato è stato, poi, confrontato con i dati ottenuti dalla campagna geofisica, utilizzando la seguente correlazione che lega il Q-index alla velocità delle onde di compressione Vp rilevate (BARTON ET AL., 1992):

$$Q = 10^{(Vp-3500)/1000)}$$

Inserendo un range di Vp compreso tra 2500 m/s e 2700 m/s si ottiene un indice Q tra 0.1 e 0.16 e adottando la correlazione che lega l'indice Q con il RMR di Bieniawski (COPPOLA ET AL., 1994; 1992; CORTEMIGLIA ET AL., 1996):

$$RMR = 9 \log Q + 44$$

si ricava un valore di RMR compreso tra 35 e 37 (classe IV – scadente) del tutto confrontabile con il limite inferiore dell'intervallo ottenuto dal rilevamento geomeccanico-strutturale.

La definizione della qualità dell'ammasso roccioso e i relativi parametri fisico-meccanici sono stati ricavati attraverso l'uso del G.S.I. secondo il concetto sviluppato da Hoek di combinare l'assetto strutturale dell'ammasso con le caratteristiche delle discontinuità che lo separano, in modo da ottenere un indice che permetta una valutazione accurata della resistenza e della deformabilità dell'ammasso roccioso.

Il G.S.I. è correlato al valore del R.M.R. di Bieniawski (1989), introducendo un predeterminato punteggio relativo alle condizioni idrauliche (R_5=15) e all'orientazione dei giunti (R_6=0), secondo la relazione:

$$G.S.I. = R.M.R.-5 = (R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + 15) - 5$$

Inserendo il range di valori del R.M.R. ottenuti combinando le indagini geofisiche (35-37) e il rilevamento geomeccanico-strutturale (40-50) è stato ottenuto un campo valore del G.S.I. compreso tra 30 e 45 che appare sostanzialmente in accordo con quanto riportato dagli Autori per Flysch di tipo C *"strati duttili e strati fragili in ugual misura"* e D *"strati duttili con strati fragili* (ALL.1-TABELLA 2), del tutto confrontabili con le successioni osservate in affioramento. Il peso di volume è stimato tra 25 kN/m^3 e 26 kN/m^3.

In considerazione degli sviluppi progettuali che non prevedono l'apertura di fronti di scavo in roccia di altezza e sviluppo trasversale significativo, unitamente al quadro strutturale dell'ammasso e alla spaziatura delle discontinuità, è stata valutata esclusivamente una direzione di carico verticale, in cui le discontinuità si possono considerare mutuamente vincolate e il comportamento meccanico dell'ammasso roccioso è riconducibile a quello tipico di un mezzo isotropo, rendendo possibile l'applicazione del modello *continuo-equivalente*.

I parametri di resistenza al taglio dell'ammasso roccioso sono stati ricavati utilizzando il programma di calcolo RocLab 1.031 attraverso l'applicazione dell'inviluppo a rottura stabilito con il criterio empirico di Hoek-Brown (HOEK ET AL., 2002), adottando un fattore di disturbo (D)= 0, una costante m_i =7±2 (*siltstones*), un modulus ratio (MR) = 375±25 (HOEK & DIEDERICHS, 2005) e un peso di volume di 26 kN/m^3.

Variando nell'apposito programma di calcolo (ROCLAB 1.031, 2007) il range di G.S.I. (30-45) e di resistenza alla compressione monoassiale (25-30 MPa) riportati in precedenza alla tensione litostatica corrispondente alla profondità in cui si ritrova tale materiale (78 kPa – 182 kPa), si ottengono i seguenti range di valori:

Tens. Lito (kPa)	G.S.I.	Res. Compr. (MPa)	Coesione (kPa)	Angolo di attrito (°)	Modulo elastico (MPa)
78	30	25	66	55	763
	30	30	76	55	916
	45	25	154	57	2097
	45	30	182	58	2516
182	30	25	87	50	763
	30	30	97	51	916
	45	25	174	53	2097
	45	30	202	54	2516
Valori medi			130	54	1573

5. INQUADRAMENTO SISMICO

Con riferimento al calcolo delle azioni sismiche di progetto va tenuto in considerazione che, con l'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008, la stima della pericolosità sismica, intesa come accelerazione massima orizzontale su suolo rigido (V_{s30}>800 m/s), viene definita mediante un approccio *"sito dipendente"* e non più tramite un criterio *"zona dipendente"*.

Secondo quanto riportato nell'allegato A del D.M. 14 gennaio 2008, la stima dei parametri spettrali necessari per la definizione dell'azione sismica di progetto viene effettuata calcolandoli direttamente per il sito in esame, utilizzando le informazioni disponibili nel reticolo di riferimento (riportato nella tabella 1 nell'allegato B del D.M. 14 gennaio 2008). Al fine di ricavare i valori dei suddetti parametri a partire dai nodi del reticolo per un assegnato periodo di ritorno (Tabella 1 - Norme Tecniche), sono di seguito riportate le coordinate ED50 dell'area d'intervento (GEOSTRU-PS, 2009):

- latitudine: 44.319985 N;
- longitudine: 9.37228808 E.

Lo spettro di sito deve, poi, essere modificato considerando le condizioni stratigrafiche e topografiche specifiche dell'area d'intervento. L'influenza del profilo stratigrafico sulla risposta sismica locale può essere valutata, in prima approssimazione, ricavando la velocità equivalente delle onde S nei primi 30 m dal piano di posa fondazionale (Vs_{30}) e riconducendo l'assetto stratigrafico del sito a una delle categorie di sottosuolo definite al PARAGRAFO 3.2.2 delle Nuove Norme Tecniche. In particolare le Vs di ciascun orizzonte sismico sono state ricavate a partire dai dati sulla velocità delle onde di volume ottenute dall'indagine geofisica e mediando il coefficiente di Poisson di ciascun mezzo secondo il seguente schema (NORINELLI, 1996):

Materiale	Coefficiente di Poisson	Vp/Vs	Vp/Vs medio
Rocce	0.2	1.63	1.75
	0.3	1.87	
Sabbie	0.3	1.87	1.975
	0.35	2.08	
Argille	0.4	2.45	3.775
	0.48	5.10	
Nota: Vp determinata su terreni non saturi			

Da cui si ottiene il seguente risultato

Descrizione	Vp (m/s)	Vp/Vs	Vs (m/s)
Copertura detritica	500-600	1.975	253-303
Substrato roccioso strutturato	2500-2700	1.75	1263-1364

La definizione delle Vs_{30} è stabilita a partire dal piano di posa fondazionale; nel caso di specie per tutte le opere attestate sulla copertura sciolta di spessore superiore a 3 m è possibile considerare una categoria di suolo di fondazione di tipo E "*Terreni dei sottosuoli di tipo C (180 m/s < Vs < 360 m/s) o D (Vs < 180 m/s) per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento* (*con Vs > 800 m/s)*", mentre per tutte le opere attestate sul substrato roccioso o a una quota fondazionale con una spessore della copertura sciolta sovrastante inferiore a 3 m è possibile indicare una categoria di suolo di fondazione di tipo A "*Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di* Vs_{30} *superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m".*

Per quanto riguarda gli effetti topografici, ovvero la modifica dell'azione sismica indotta dalla geometria superficiale del terreno, la morfologia del sito d'intervento è stata associata alla categoria T2 (pendii con inclinazione media > 15°) della Tabella 3.2.IV delle Nuove Norme Tecniche.

6. INDICAZIONI OPERATIVE

La realizzazione dell'impianto sportivo avverrà attraverso l'apertura di scavi sul lato monte di ordinata generalmente contenuta entro 3-4 m e riporti sul lato valle di circa 1.5 m-2.0 m in modo da disporre di un'ampia superficie subpianeggiante fruibile per la realizzazione della pista da minimoto, per l'area parcheggio e per i fabbricati accessori, studiata in modo tale da limitare il più possibile le movimentazioni terra.

In via preliminare e senza invadere il campo progettuale, in considerazione del contesto ambientale, si suggerisce l'esecuzione di opere di contenimento e di sostegno in ingegneria naturalistica (i.e palificate di sostegno semplici o a doppia parete), al fine di mitigarne l'impatto estetico; nei tratti più impegnativi si potrà valutare l'opportunità d'impiegare le terre armate o

provvedere alla realizzazione di gabbionate o di una gradonata in massi lapidei, in funzione delle differenti esigenze progettuali, con particolare riferimento agli aspetti geotecnico-strutturali.

L'intervento comporterà la formazione di nuove superfici impermeabili rendendo necessaria e imprescindibile l'esecuzione di specifiche opere di regimazione delle acque a corredo della pista da minimoto, dell'area parcheggio e della rampa di accesso, adeguatamente dimensionate in funzione del grado di permeabilità della pavimentazione adottata, mentre i manufatti di servizio dovranno essere dotati di gronda perimetrale e relativi pluviali; tutti i contributi intercettati dovranno essere adeguatamente raccolti e smaltiti nel sistema di drenaggio naturale della porzione di versante in oggetto.

In funzione della tipologia delle opere descritte in precedenza, anche in rapporto alle caratteristiche geologico-geomorfologiche e stratigrafiche della zona, in via preliminare, sono di seguito riportate alcune indicazioni operative che potranno essere ulteriormente affinate in rapporto allo sviluppo della progettazione geotecnico-strutturale esecutiva:

- le operazioni di scavo dovranno essere condotte rispettando idonei requisiti di sicurezza per le maestranze e assicurando adeguate condizioni di stabilità dei fronti, procedendo attraverso la tecnica *a campioni* di ampiezza contenuta entro 3-4 m nei tratti interessati da scavi superiori a 2.5 m e passando alla fase successiva solo dopo aver completato le opere di contenimento e di sostegno della porzione precedente;
- adeguata sagomatura dei fronti di scavo (angolo di scarpa inferiore a 60°) nei settori impostati nella copertura sciolta di versante per minimizzare il rischio d'instabilità e garantire la sicurezza del personale in attività a ridosso dello sbancamento;
- per quanto riguarda le caratteristiche del materiale da abbancare sul lato valle si conviene sulla necessità di utilizzare terreni ben gradati, ottenuti anche attraverso specifiche operazioni di miscelazione, per migliorarne le caratteristiche geotecniche complessive (i.e. componente granulare complessiva compresa fra il 50% ed il 70% e rimanente frazione fine);
- posa in opera dei materiali da abbancare per strati successivi e previa adeguata compattazione meccanica con l'impiego alla base di un livello drenante costituito da terreno a granulometria media e grossolana (sabbia e ghiaia dominante), al fine di facilitare il drenaggio delle acque di infiltrazione, evitando quindi dannosi fenomeni di ristagno;
- adeguato tamponamento e contenimento dei fronti di scavo e di abbancamento mediante tecniche d'ingegneria naturalistica (i.e palificate di sostegno semplici o a doppia parete) o sistemi tradizionali, in funzione della differente incidenza degli scavi e dei riporti, adeguatamente dimensionate dal punto di vista geotecnico-strutturale;
- realizzazione di fondazioni di tipo continuo (i.e. reticolo di travi o solettone in c.a) per i manufatti accessori al fine di minimizzare eventuali cedimenti differenziali dovuti a una disomogeneità dei terreni di appoggio e/o a una distribuzione non uniforme delle azioni di progetto;
- le opere di contenimento e di presidio, in funzione della differente tipologia, dovranno essere dotate di efficaci sistemi di drenaggio delle acque;

- i contributi idrici intercettati dalla rampa di accesso, dall'area parcheggio e dalla pista da minimoto dovranno essere regolarmente disciplinati attraverso adeguate pendenze delle superfici esterne corredate da un efficace sistema d'intercettazione, adeguatamente dimensionato in funzione dell'effettiva tipologia di pavimentazione (i.e. canalette a cielo, aperto, pozzetti di raccolta, griglie di collegamento) in grado di convogliare le acque verso il sistema naturale esistente;
- adeguato isolamento del piano terra dei manufatti di servizio mediante la posa in opera di vespaio aerato e idonea raccolta dei contributi meteorici dalle coperture dei tetti (canale di gronda e pluviali).

7. GIUDIZIO DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA E CONCLUSIONI

Il presente documento contiene la modellazione geologica del sito in ottemperanza alle normative vigenti in materia; in particolare, la ricostruzione dei caratteri geografico-ambientali, geologici, geomorfologici, idrografici e idrogeologici del comparto è stata ottenuta attraverso un accurato rilevamento di superficie che ha permesso di accertare l'assenza di episodi di dissesto idrogeologico in atto o potenziale e/o indizi d'instabilità geomorfologica in un congruo intorno rispetto all'area in oggetto.

Tali considerazioni, dedotte dalle osservazioni di superficie, risultano confermate dalle informazioni disponibili con l'interferometria radar satellitare che non segnala la presenza di aree anomale in corrispondenza del sito d'intervento e nell'immediato intorno e dalla cartografia tematica alla scala di bacino e comunale.

Il documento è stato corredato anche da indagini in sito di tipo geotecnico (n.5 prove penetrometriche medio-leggere), sismico (n.1 stesa sismica a rifrazione) e geomeccanico (test sclerometrici e rilevamento geomeccanico-strutturale di superficie) che hanno consentito la ricostruzione stratigrafica, la definizione delle principali caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni d'interesse progettuale e la valutazione dell'amplificazione sismica sito specifica.

Per quanto riguarda l'influenza dell'intervento previsto sui fattori che regolano il vincolo idrogeologico (stabilità del versante, regimazione delle acque e copertura vegetale) si precisa che la progettazione in esame è stata sviluppata cercando di limitare al minimo le movimentazioni terra e assecondando, per quanto possibile, la morfologia del versante. In particolare, sul lato monte sono previsti scavi di ordinata generalmente contenuta entro 3-4 m e riporti sul lato valle di altezza stimata in 1-2 m che verranno realizzati attraverso specifici accorgimenti tecnici in fase di cantiere a tutela dell'equilibrio idro-geomorfologico dell'area (V. PARAGRAFO 6) e saranno contenuti e presidiati da specifiche opere di sostegno, adeguatamente dimensionate. A tal proposito si evidenzia che, in accordo con le normative vigenti, in sede di progettazione geotecnico-strutturale esecutiva verranno prodotte delle specifiche verifiche agli S.L (comprese quelle di stabilità globale) finalizzate al corretto dimensionamento geotecnico delle opere strutturali (fondazioni e opere di sostegno e di contenimento), in modo tale da non determinare

interferenze negative con le condizioni di equilibrio della porzione di versante in cui saranno inserite sia in corso d'opera sia a lavori ultimati.

Per quanto riguarda l'influenza delle opere sullo schema dei deflussi superficiali l'intervento prevede un incremento alle superfici impermeabili attuali connesse essenzialmente alla realizzazione della pista e dei fabbricati di servizio che saranno corredate da uno specifico sistema di raccolta dei contributi meteorici e disciplinamento nel sistema di smaltimento naturale esistente. In merito agli aspetti vegetazionali verranno effettuate specifiche valutazioni agronomiche al fine di valutare le modalità di sostenibilità dell'intervento proposto.

Pertanto, sulla base di quanto riportato nel presente documento, in considerazione della tipologia delle opere previste, degli esiti delle indagini geologiche e degli elementi tematici che hanno determinato la classificazione contenuta negli strumenti di pianificazione del territorio vigenti, per gli aspetti di competenza, si esprime un giudizio positivo in merito alla fattibilità tecnica dell'intervento a progetto in rapporto al modello geologico sito specifico e alla compatibilità normativa delle opere previste con il grado di pericolosità geomorfologica del Piano di Bacino, con la classificazione geologica comunale e con le disposizioni che regolano il vincolo idrogeologico.

Recco, 2 ottobre 2017

Dott.Geol. Fabio Tedeschi

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

BIENIAWSKI Z.T. – 1989 – "*Engineering rock mass classification"*. J. Wiley & Sons

BOWLES J. - 1991- *"Fondazioni - progetto e analisi"*, Mc Graw-Hill Editori.

BRUSCHI A. – 2005 – "*Meccanica delle rocce*". Dario Flaccovio Editore

CESTARI F. – 1990 – *"Prove geotecniche in sito"* ED. Geo-Graph, 401 pp.

DAMERI R. - 2013 - "*Studi geologici connessi al P.U.C. del Comune di Uscio".*

GEOSTRU - 2009 - Geostru PS Parametri Sismici *"Software di calcolo per la definizione della pericolosità sismica"*

HOEK E, CARRANZA-TORRES C. & CORKUM B. – 2002 – "*Hoek-Brown failure criterion - 2002 edition*", Proc. North American Rock Mechanics Society meeting in Toronto in July 2002

HOEK E & DIEDERICHS M.S. – 2005 – "*Empirical estimation of rock mass modulus",* International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences 43 (2006) 203-215

LANCELLOTTA R. – 1997 - *"Geotecnica"*. Ed. Zanichelli, 555 pp

MARINOS P. & HOEK E. – 2000 – *"GSI: a geologically friendly tool for rock mass strenght estimation"*. GeoEng 2000, Melbourne

NORINELLI. - 1996 - "*Elementi di geofisica applicata"*. Padron ED, 312 p.

PASQUALINI E. - 1983 - "*Standard Penetration Test*", Dipartimento di Ingegneria Strutturale del Politecnico di Torino

PROGRAM GEO – 2005 – "*Interpretazione di prove SPT"*. Formula Geo ver. 3

PROVINCIA DI GENOVA, Area 06 Difesa del Suolo, Opere ambientali e Piani di Bacino - "*T. Lavagna Piano di Bacino stralcio D.L. 180/98 e s.m.i."*

REGIONE LIGURIA – 2006 – Ambiente e Territorio -"*Tavoletta 1:25000- Bargagli*"

REGIONE LIGURIA - 2000 – Ambiente e Territorio-*"Database cartografico Progetto IFFI"*

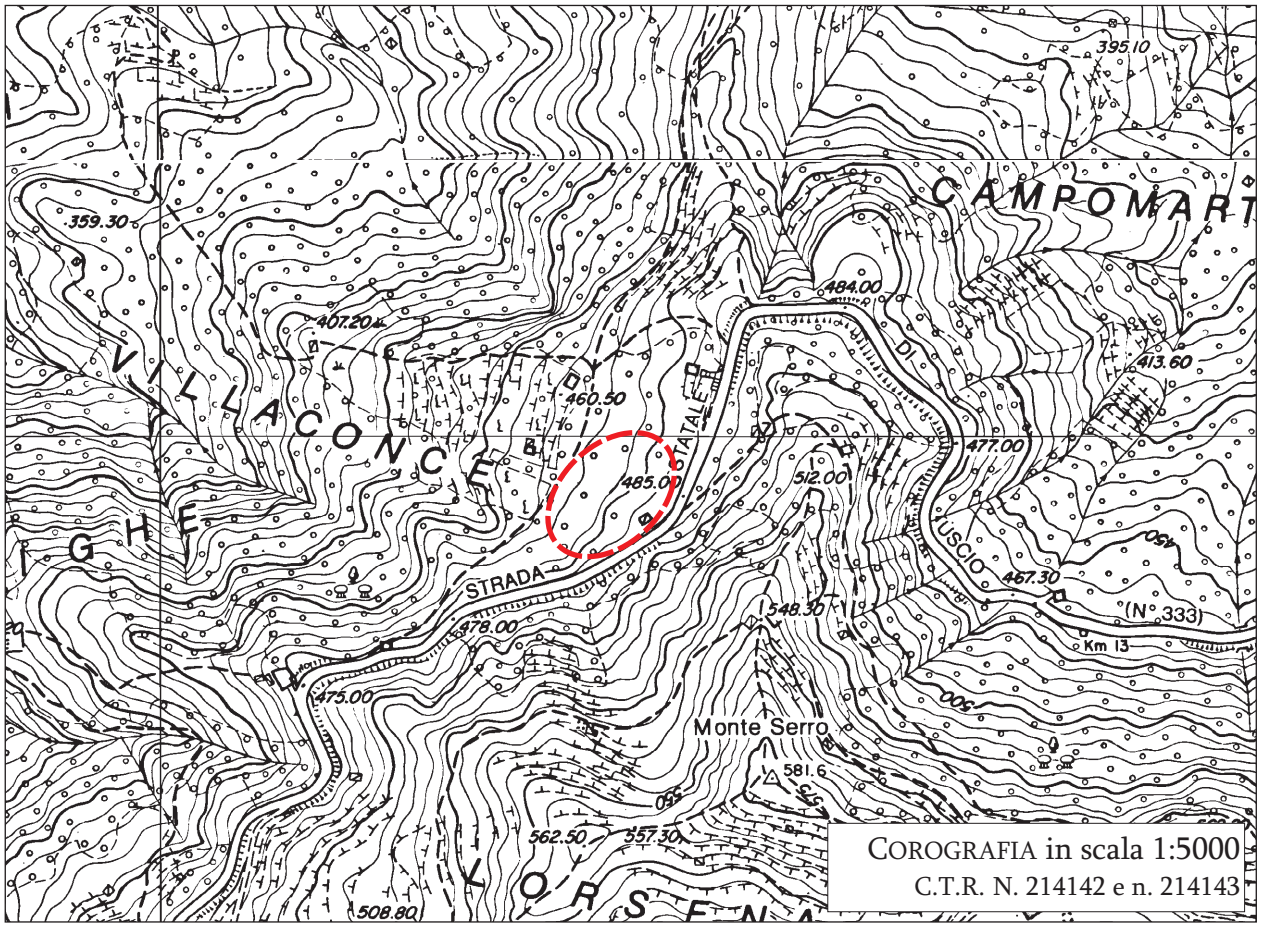
ROCLAB V.1.031 – 2007 – *"Rock mass strenght analysis*" Software freeware distribuito da rockscience inc., Toronto (Can)

SERVIZIO GEOLOGICO ITALIANO (1968) - Carta Geologica d'Italia, in scala 1:100.000, F° 95 "*La Spezia*" 2°ed.

ALLEGATO 1-FIGURE E TABELLE

Figura n°	Oggetto
1	Inquadramento cartografico
2	Estratti cartografici P.d.B.S. (T. Lavagna) e P.U.C. di Uscio
3	Estratto cartografia C.A.R.G.
4	Carta geologico-geomorfologica con elementi di idrogeologia
5	Planimetria geologico-tecnica
6	Sezione stratigrafica

Tabella n°	Oggetto
1	Classificazione geomeccanica di Z.T. Bieniawski (1989)
2	Valori di G.S.I. stimati per Formazioni tipo Flysch



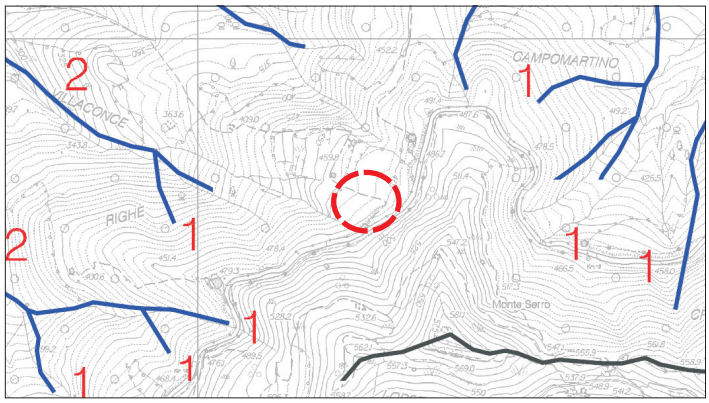
COROGRAFIA in scala 1:5000
C.T.R. N. 214142 e n. 214143



AEROFOTOGRAMMETRICO
Scala Grafica

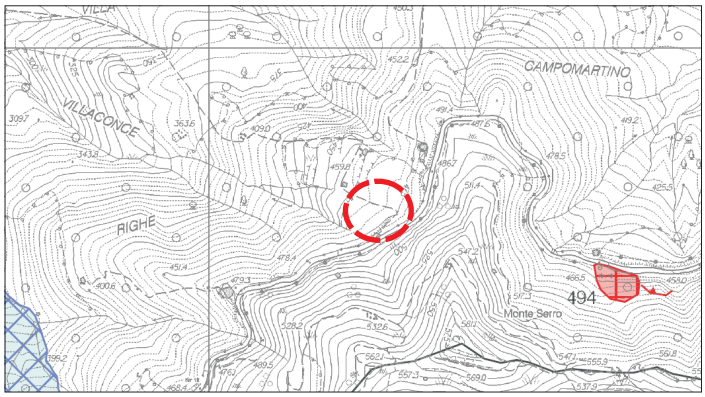
FIGURA:	
1	INQUADRAMENTO CARTOGRAFICO

ESTRATTI PIANO DI BACINO STRALCIO (AMBITO 15)

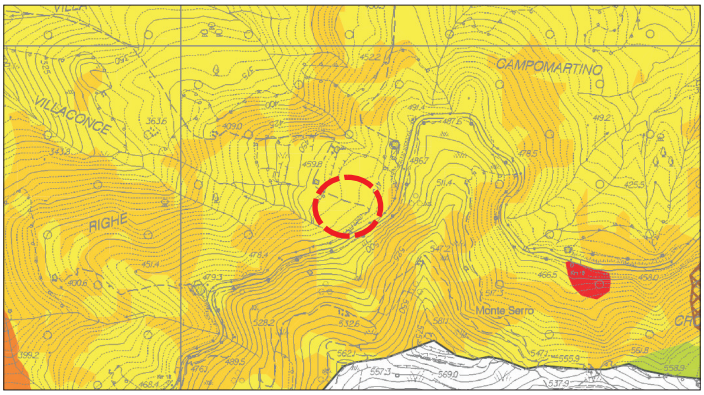


Carta della rete idrografica

Corso d'acqua



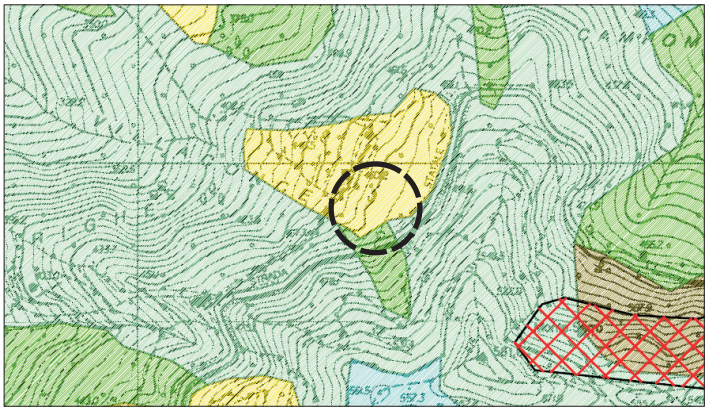
Carta della franosità reale



Carta della suscettività al dissesto

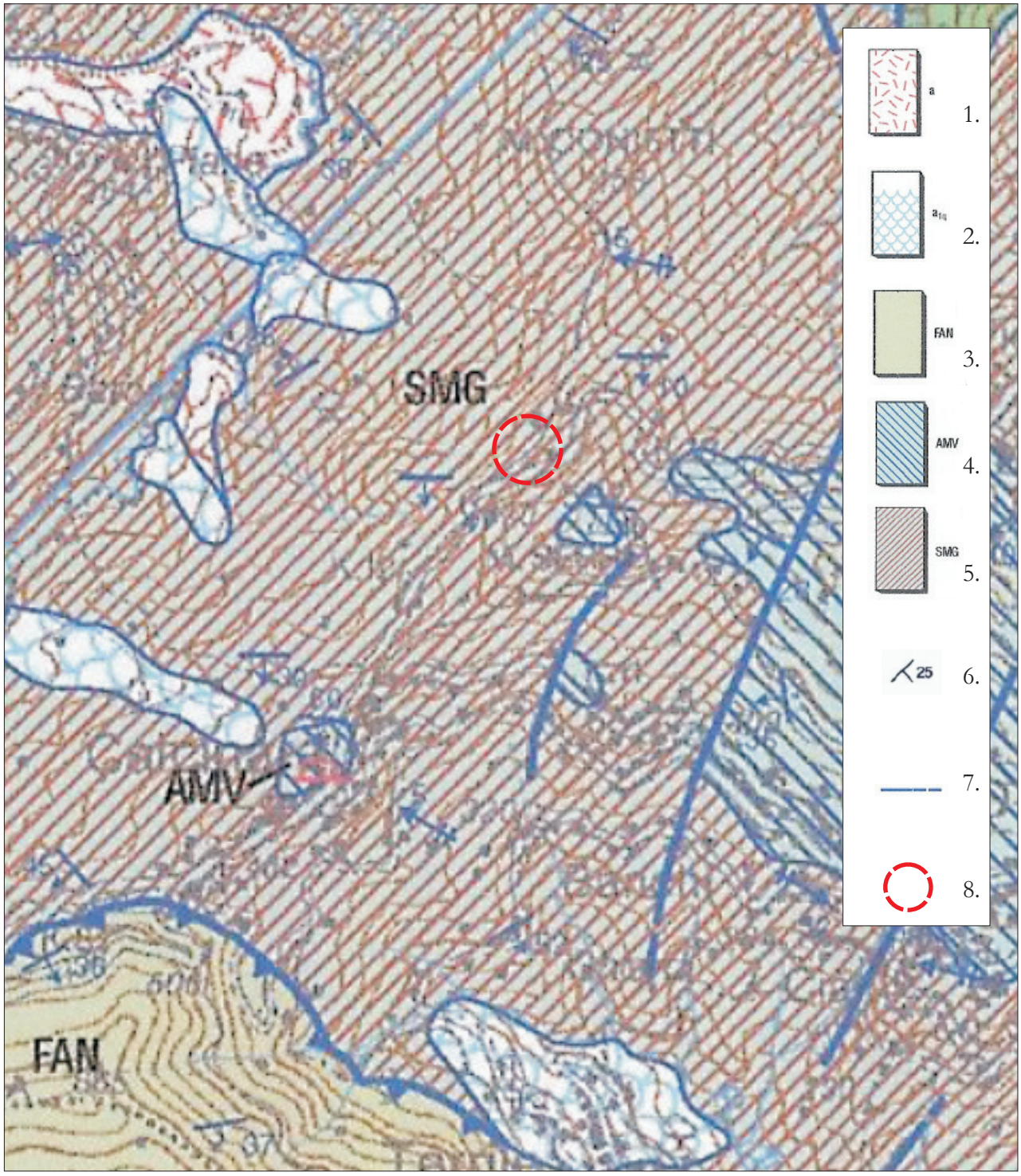
- Frana attiva (Pg 4)
- Suscettività alta (Pg 3b)
- Suscettività media (Pg 2)
- Suscettività bassa (Pg 1)

ESTRATTO CARTA DI ZONIZZAZIONE E SUSCETTIVITÀ D'USO P.U.C. DI USCIO



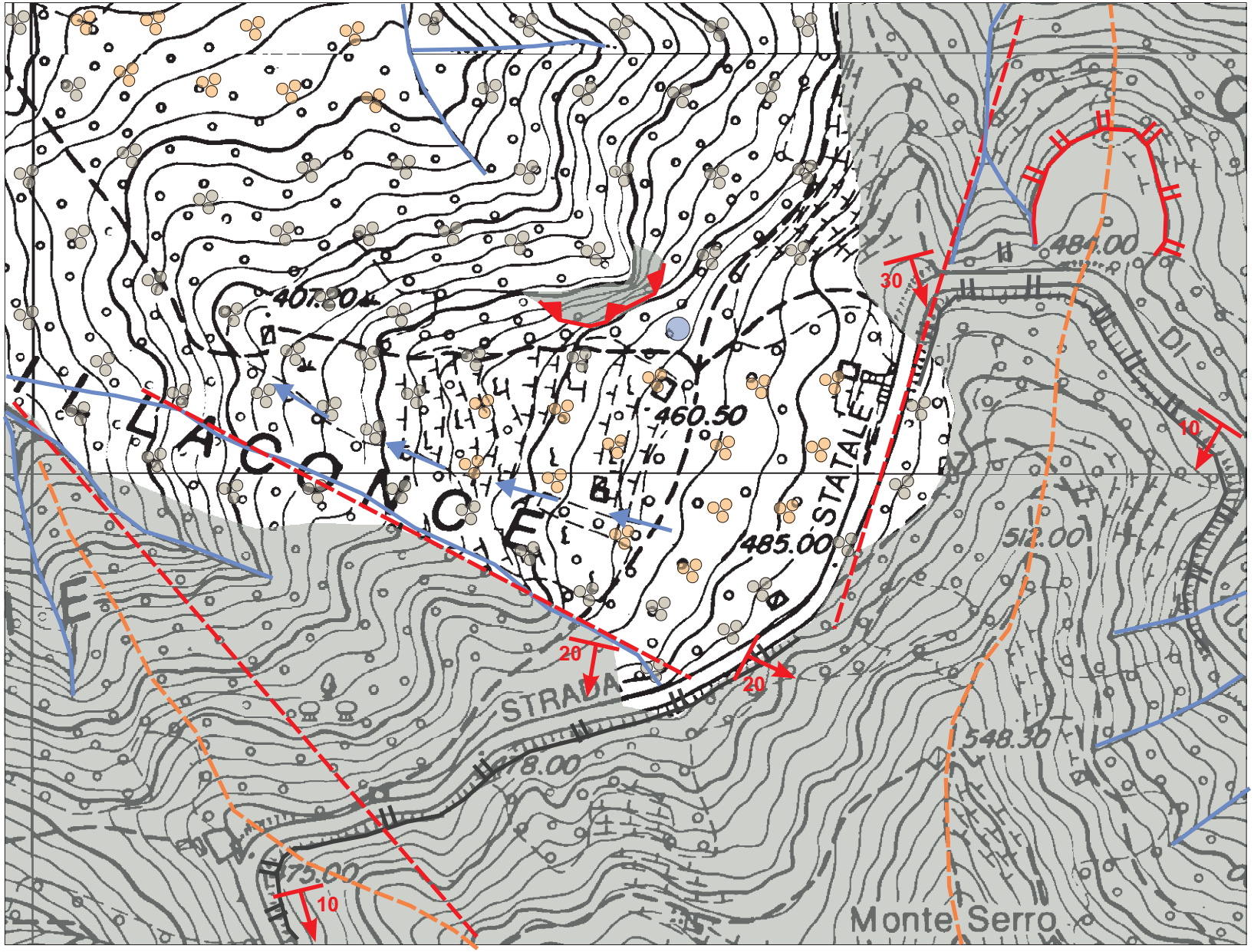
- Area di tipo C
- Area di tipo B
- Area Fs (frana stabilizzata)

FIGURA:	
2	ESTRATTI P.d.B.S. (T. Lavagna) e P.U.C. geologico



C.A.R.G. Tavoletta n. 214.3 "Bargagli" - Legenda: 1. Deposito di versante **2.** Deposito di frana senza indizi di evoluzione **3.** Formazione di Monte Antola **4.** Formazione delle Ardesie di Monte Verzi **5.** Formazione degli Scisti Manganesiferi **6.** Giacitura di strato **7.** Faglia **8**. Area d'intervento

FIGURA:	
3	ESTRATTO CARTOGRAFIA C.A.R.G. (Non in scala)



LEGENDA: 1. Pendio non insediato, ad elevata acclività, contraddistinto dal substrato roccioso affiorante o subaffiorante (Formazione degli Scisti Manganesiferi) con copertura sciolta di natura eluviale ed eluvio-colluviale di spessore inferiore al metro - *Infiltrazione efficace controllata da un mezzo da impermeabile a limitatamente permeabile per fratturazione/fessurazione secondaria* **2.** Pendio non insediato, parzialmente regolarizzato a terrazzamenti contraddistinto da una copertura di natura eluvio-colluviale di spessore generalmente compreso tra 1 m e 3 m, con interposti affioramenti lapidei - *Infiltrazione efficace in un mezzo permeabile per porosità primaria con coefficienti di conducibilità medio-bassi* **3.** Pendio non insediato contraddistinto da una copertura sciolta di natura detritico-colluviale di spessore superiore a 3 m - *Infiltrazione efficace in un mezzo permeabile per porosità primaria con coefficienti di conducibilità medi* **4.** Spianata di origine geomorfologica **5.** Scarpata di origine gravitativa **6.** Linea di displuvio principale o secondaria - *Spartiacque idrografico principale o secomdario* **7.** Corso d'acqua - *Linea di scorrimento preferenziale primaria* **8.** Canale di drenaggio secondario - *Linea di scorrimento preferenziale secondaria* **9.** Sorgente **10.** Discontinuità tettonica presunta **11.** Giacitura di strato **12.** Scarpata di origine antropica

1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10. 20 11. 12.

FIGURA:		SCALA:
4	CARTA GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICA (con elementi di idrogeologia)	1:2500

LEGENDA

- Opere a progetto
- Traccia sezione stratigrafica
- Punto di ripresa fotografico
- Stesa sismica a rifrazione
- Prova penetrometrica dinamica
- Misura sclerometrica
- Principali affioramenti lapidei
- Giacitura di strato
- Linea di scorrimento preferenziale: a) principale; b) secondaria
- Copertura rimaneggiata frammista a riporto
- Copertura sciolta di spessore compreso tra 1 m e 3 m
- Copertura sciolta di spessore superiore a 3 m

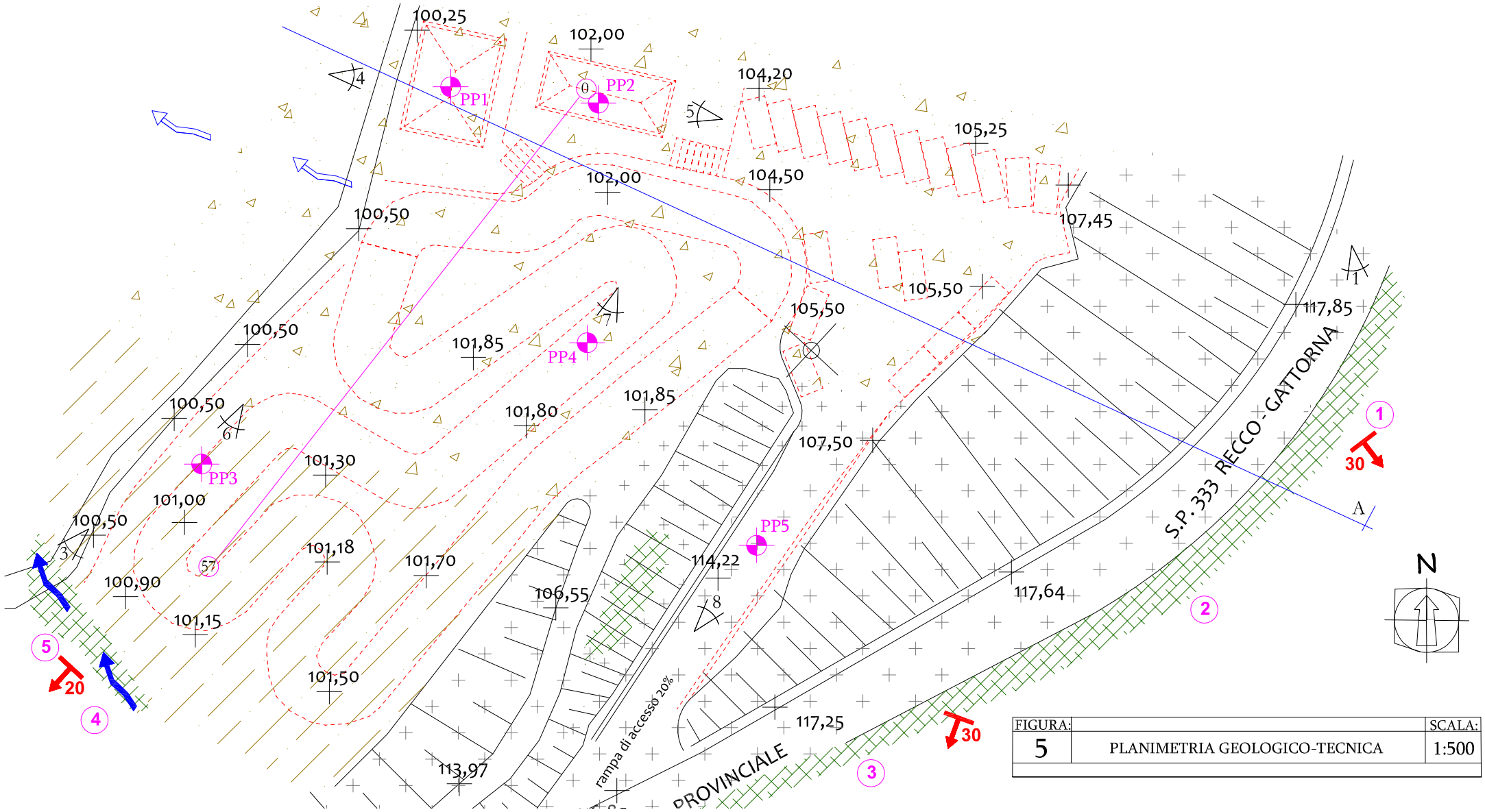
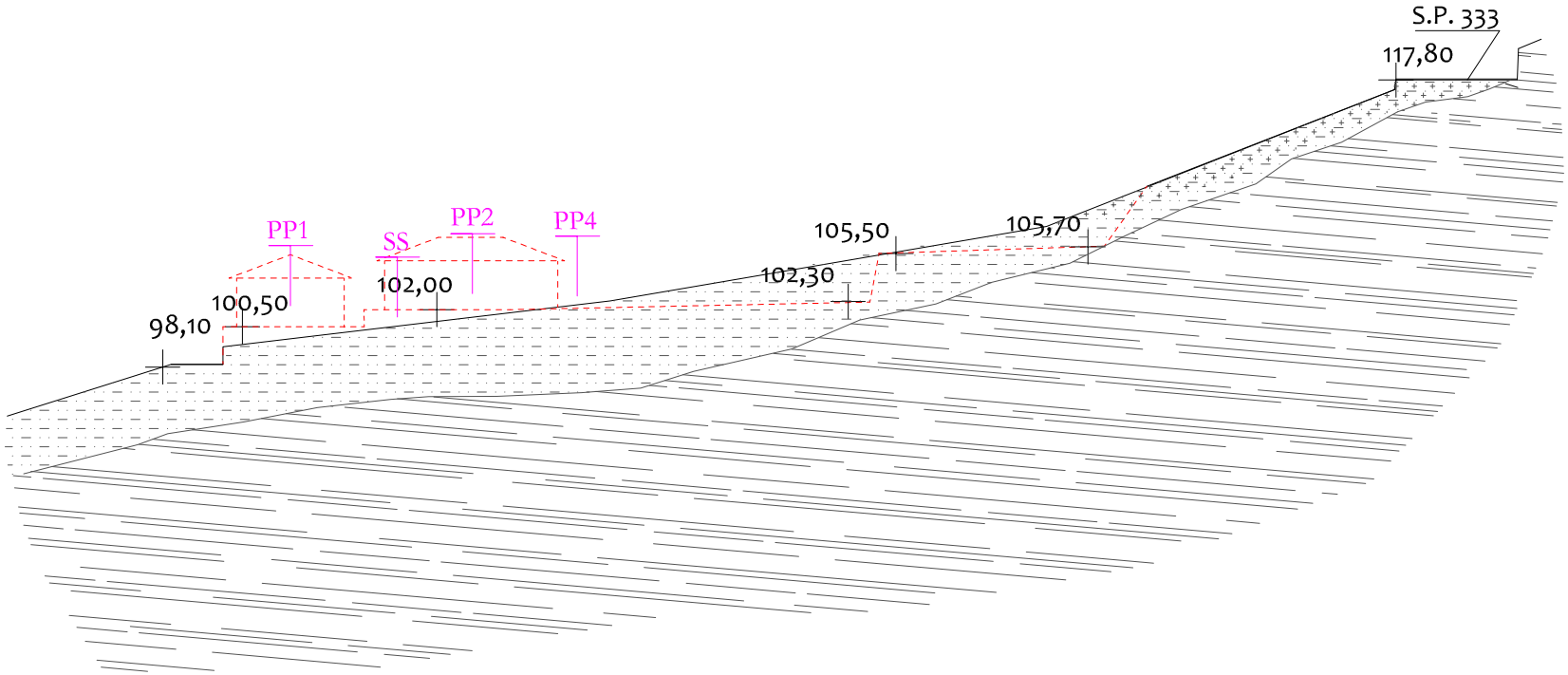


FIGURA:		SCALA:
5	PLANIMETRIA GEOLOGICO-TECNICA	1:500



LEGENDA

Riporto e terreno rimaneggiato antropicamente

Copertura sciolta di versante

Substrato roccioso variamente alterato e fratturato, passante a migliori condizioni di conservazione con l'aumentare della profondità

SS PP1
a) b)

Indagini in sito:
a) stesa sismica a rifrazione; b) prova penetrometrica medio-leggera

Profilo a progetto

FIGURA:		SCALA:
6	SEZIONE STRATIGRAFICA A-A'	1:500

PARAMETRI	INTERVALLI VALORI				
Resist. Compress.	> 250 MPa	100-250 MPa	50-100 MPa	25-50 MPa	5-25 MPa
R1: valori parametro	15	12	7	4	2
R.Q.D. (%)	90-100	75-90	50-75	25-50	<25
R2: valori parametro	20	17	13	8	3
Spaziatura discontinuità	> 2 m	0,6-2,0 m	0,2-0,6 m	0,06-0,2 m	< 0,06 m
R3: valori parametro	20	15	10	8	5
persistenza/continuità	< 1 m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	>20 m
R4: valori parametro	6	4	2	1	0
apertura delle discontinuità	nessuna	<0,1 mm	0,1-1,0 mm	1-5 mm	> 5 mm
R4: valori parametro	6	5	4	1	0
rugosità del giunto	molto rugoso	rugoso	leggerm. rugoso	liscio	levigato
R4: valori parametro	6	5	3	1	0
tipo di riempimento	nessuno	duro < 5 mm	duro > 5 mm	mollo < 5 mm	mollo > 5 mm
R4: valori parametro	6	4	2	2	0
alterazione del giunto	non alterato	leggerm. alterato	moderat. alterato	molto alterato	degradato
R4: valori parametro	6	5	3	1	0
Condizioni idrauliche	asciutto	umido	bagnato	stillicidio	venute d'acqua
R5: valori parametro	15	10	7	4	0
Compensazione (+ R6)	molto fav.	favorevole	mediocre	sfavorevole	molto sfav.
Valori Parametro	0	-5	-25	-50	-60

Classi di ammassi rocciosi (Bieniawski, 1989)

INDICE R.M.R.	100-81	80-61	60-41	40-21	<20
Classe dell'ammasso	I	II	III	IV	V
Descrizioni dell'A.R.	Ottimo	Buono	Discreto	Scadente	Pessimo
Coesione dell'A.R. (kPa)	>400	300-400	200-300	100-200	<100
Angolo di attrito dell'A.R. (°)	>45	35-45	25-35	15-25	<15

TABELLA 1
CLASSIFICAZIONE GEOMECCANICA DI Z.T.BIENIAWSKI (1989)

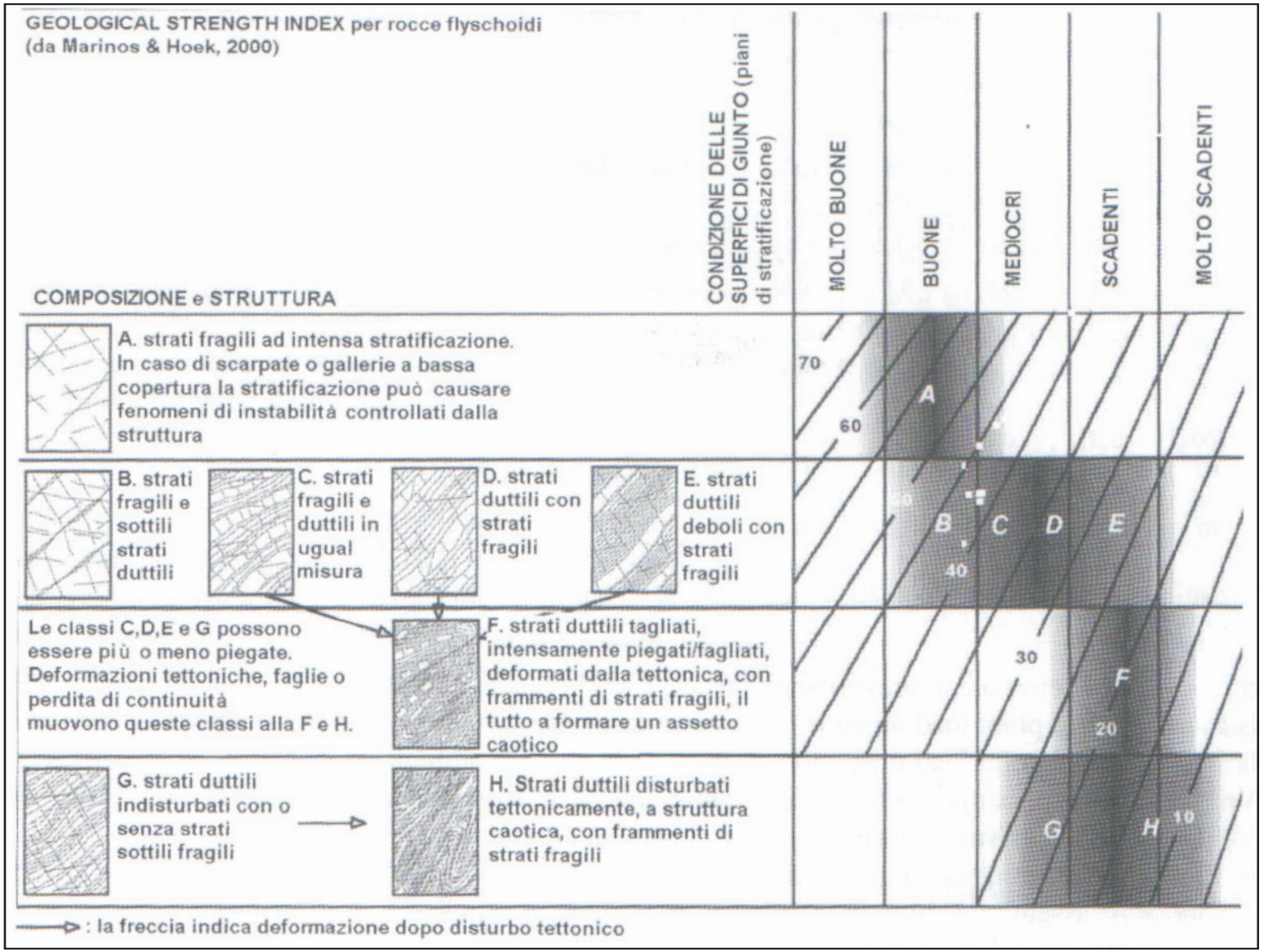


TABELLA 2
VALORI GSI INDICATI PER FORMAZIONI TIPO FLYSCH

ALLEGATO 2 – INDAGINI GEOFISICHE

Geol. Andrea Benedettini
tel./fax:010.8688053 - cell.328.2132896 Via G. De Paoli,13r – 16143 Genova
e-mail: ab_geo@libero.it C.so G.Mameli, 138/1 - 16035 Rapallo

INDAGINE GEOFISICA

COMUNE DI USCIO
GENOVA

SP 333 di Uscio – Colle Caprile

Progetto:

Intervento edilizio a valle della SP 333 di Uscio – località Colle Caprile nel Comune di Uscio (Genova)

Oggetto:

Rapporto indagini eseguite – n.1 prospezione sismica a rifrazione

Revisione: 0
Descrizione: Prima Emissione
Data: **05/09/2017**

Tutti i diritti sono riservati. Nessuna parte di questo documento può essere divulgata a terzi,
per scopi diversi da quelli originali, senza il permesso scritto dell'Autore.

1.0. Premessa *pag.1*

2.0. Modalità d'indagine *pag.1*

2.1. Strumentazione utilizzata *pag.1*

2.2. Indagine di sismica a rifrazione – metodologia di acquisizione *pag.2*

3.0. Modello sismostratigrafico *pag.3*

3.1. Trattamento del segnale *pag.4*

3.2. Interpretazione dei dati *pag.4*

4.0. Conclusioni *pag.5*

1.0. Premessa

Su incarico della Committenza, tramite il responsabile alle indagini geologiche a corredo del progetto edilizio di sistemazione dell'area e realizzazione di un impianto sportivo è stata eseguita una campagna di indagini geofisiche in località Colle Caprile nel Comune di Uscio (Genova).

In particolare, in corrispondenza del ripiano a valle della SP 333 di Uscio, è stato svolto uno stendimento sismico a rifrazione con l'obiettivo di determinare la risposta dinamica del sottosuolo e individuare le principali unità sismostratigrafiche con le relative proprietà meccanico elastiche.

2.0. Modalità d'indagine

Verificati gli spazi disponibili e le condizioni dell'area, in funzione degli obiettivi richiesti per la ricostruzione del modello geofisico del sito in esame è stata eseguita una prospezione sismica superficiale a rifrazione con la tecnica delle onde di compressione V_p come di seguito descritto.

2.1. Strumentazione utilizzata

Il sistema di energizzazione del terreno per il rilievo delle onde P è rappresentato da una mazza del peso di 10 Kg battente verticalmente su una piastra circolare del diametro di 25 cm posta a diretto contatto con la superficie del terreno; tale sistema di energizzazione consente di generare prevalentemente onde di compressione P e

secondariamente onde trasversali SV, in grado di produrre treni di onde elastiche ad alta frequenza ricche di energia, con forme d'onda ripetibili e direzionali.

Il sistema di ricezione è costituito da n.12 geofoni verticali monocomponente di tipo elettromagnetico a bobina mobile a massa sospesa con frequenza propria di 4.5 Hz, adatti sia per indagini a rifrazione sia per indagini di tipo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves). I geofoni sono dei trasduttori di velocità in grado di tradurre in segnale elettrico la velocità con cui il suolo registra il passaggio delle onde sismiche longitudinali e trasversali prodotte dalla sorgente.

Il sistema di acquisizione del segnale è rappresentato da un sismografo multicanale Doremi che incorpora e distribuisce nel cavo sismico tutto l'hardware e la strumentazione necessaria per l'acquisizione dati sia per sismica attiva sia passiva.

Le specifiche tecniche sono descritte in allegato, il sistema di acquisizione consente fino a 155 dB di dinamica (con uso del PGA) a qualsiasi frequenza di campionamento, riduzione massima del disturbo con registrazione dei dati in digitale, zero diafonia (crosstalk), profondità di memoria fino 30 mila campioni, campionamenti da 2 millisecondi fino a 50 microsecondi (da 500Hz a 20000Hz), connessione fino a 255 canali per singolo cavo.

La strumentazione in uso consente inoltre l'esecuzione di indagini di superficie tipo MASW, REMI, rifrazione, riflessione e prove in foro.

In ultimo il sistema di trigger (geofono starter) che consiste in un circuito elettrico che viene chiuso nell'istante in cui la massa energizzante colpisce la base di battuta, scaricando la carica elettrica accumulata precedentemente da un condensatore e aprendo quindi la finestra di acquisizione dati, in questo modo è possibile individuare con precisione l'istante esatto in cui la sorgente viene attivata e fissare l'inizio della registrazione.

2.2. Indagine di sismica a rifrazione – metodologia di acquisizione

In dettaglio è stato svolto n.1 stendimento della lunghezza complessiva di 57 m, ubicato in corrispondenza del ripiano intermedio, come specificato nella seguente tabella:

Profilo	Tipo	Lg [m]	Lt [m]	Geof.	Int.g [m]	Shot
1	Rifrazione	33	57	12	3	7

dove $\boldsymbol{L_g}$ lunghezza della stesa coperta dai geofoni - $\boldsymbol{L_t}$ lunghezza complessiva della stesa compresi gli shot esterni - ***Geof.*** numero di canali (geofoni) utilizzati - $\boldsymbol{Int_g}$ spaziatura tra i geofoni - ***Shot*** numero delle energizzazioni effettuate.

Lo stendimento sismico è stato svolto con n.12 geofoni ed interdistanza di 3.0 m; il terreno è stato energizzato mediante l'utilizzo di una mazza battente di 10 Kg su piastra metallica, posizionata in punti precisi rispetto alla geometria dei ricevitori:

- n.2 scoppi simmetrici (off-shots) esterni allo stendimento ad una distanza di 12 m;
- n.2 scoppi simmetrici (end-shots) esterni allo stendimento ad una distanza di 3 m;
- n.5 scoppi (mid-shot) interni alla stesa alle progressive 19.5, 28.5 e 37.5 m.

Al fine di ridurre l'influenza del rumore antropico e ambientale, ovvero allo scopo di aumentare il rapporto segnale-disturbo, sono state effettuate 2 energizzazioni per ciascuna base (shot point) ed i segnali corrispondenti sono stati sommati (tecnica di stacking), ottenendo così un'unica storia temporale per ciascun ricevitore.

La geometria della stesa ed i parametri di acquisizione sono stati scelti tenendo conto dei seguenti fattori:

- buon dettaglio nella definizione degli orizzonti superficiali;
- adeguata lunghezza per indagare a sufficiente profondità;
- spazio realmente a disposizione.

L'ubicazione del profilo sismico è riportata in forma schematica in allegato; la traccia della stesa è rappresentativa della lunghezza complessiva dello stendimento sismico (L_t) orientata secondo le progressive metriche crescenti, sono inoltre indicati gli shot eseguiti e la distanza coperta con i geofoni di acquisizione (L_g).

3.0. Modello sismostratigrafico

Il metodo sismico a rifrazione si basa sul concetto della bi-rifrazione delle onde elastiche a seguito del fronte d'onda conico. Data una sorgente di onde elastiche e uno stendimento di geofoni lungo un profilo, giungeranno in superficie ai geofoni onde dirette, onde riflesse ed onde coniche o birifratte (head wave).

Le onde analizzate sono quelle birifratte, cioè quelle che giungono sulla superficie di separazione con un angolo d'incidenza critico secondo la Legge di Snell e che quindi vengono rifratte con un angolo di 90° propagandosi parallellamente alla superficie rifrangente e venendo nuovamente rifratte verso la superficie con lo stesso angolo d'incidenza.

I contrasti di proprietà possono essere legati a cause stratigrafiche, strutturali, idrogeologiche; il modello interpretativo del mezzo investigato e di tipo elastico, omogeneo, continuo ed isotropo, mentre la profondità d'indagine (Z_{max}) varia in funzione della rigidezza del suolo, della lunghezza della stesa e dell'energizzatore impiegato. Una stima approssimativa può essere ottenuta come:

$$Z_{max} = L_g/m$$

dove L_g indica la lunghezza della linea dei geofoni - m è una variabile compresa tra 2 e 4.

3.1. Trattamento del segnale

L'elaborazione dei sismogrammi è stata effettuata mediante software dedicato (SeisImager 2D) che consente la rappresentazione dei tempi di arrivo relativi ad ogni shot (dromocrone) e l'individuazione delle variazioni verticali di velocità dei diversi sismostrati.

L'interpretazione dei segnali sismici acquisiti e la conseguente stima del profilo sismostratigrafico di velocità delle onde P è stata articolata nelle seguenti fasi:

- applicazione in fase di acquisizione di filtri high pass, band pass e band reject utili per depurare il segnale sismico da frequenza spurie contaminanti (eventuali rumori di fondo) e filtri di guadagno automatico per amplificare o deamplificare in modo corretto ogni singolo canale di riferimento geofonico;
- individuazione dei primi arrivi attraverso procedure di picking automatico e osservazione diretta dei sismogrammi con confronto tra le diverse tracce acquisite;
- ricostruzione delle dromocrone delle onde P e scelta del modello stratigrafico di riferimento (due, tre o più strati);
- linearizzazione delle dromocrone e calcolo delle velocità di propagazione delle onde elastiche analizzate e dei relativi tempi di intercetta;
- ricostruzione del modello sismostratigrafico con calcolo degli spessori e delle profondità dei singoli orizzonti omogenei, continui ed isotropi.

E' importante sottolineare che il passaggio da un'unità sismica all'altra ha un significato strettamente sismico, essendo il passaggio stesso una superficie di rifrazione separante verticalmente zone caratterizzate da diverse velocità di propagazione dell'impulso sismico.

3.2. Interpretazione dei dati

Le tracce sono risultate di buona qualità, con tempi di arrivo delle onde sismiche in prevalenza ben leggibili.

In alcuni casi tuttavia il segnale sismico è stato di difficile riconoscimento a causa della presenza sui sismogrammi di un picco di primo arrivo poco energetico.

Grazie alla sovrabbondanza di dati e basandosi sulle regole fisiche che intercorrono fra le dromocrone dei vari shot, è stato comunque possibile riconoscere ed eliminare eventuali dati anomali, ottenendo alla fine un insieme coerente di tempi letti.

Le dromocrone mostrano in generale un andamento irregolare, che indica la presenza di variazioni laterali delle caratteristiche (velocità e/o profondità) degli strati sismici. In tali situazioni, l'individuazione dei punti di cambio strato sulle dromocrone risulta non immediata e deve basarsi prevalentemente sul confronto fra le dromocrone relative ai vari shot.

Da un'attenta analisi delle dromocrone è possibile riconoscere una situazione a due strati, con un cambio di pendenza sulle dromocrone stesse:

- in superficie è presente un primo orizzonte di spessore compreso tra 4.9 m a inizio stesa fino a 3.6 m a fine stesa, con velocità delle onde sismiche oscillanti tra 500 m/s e 600 m/s, ascrivibile alla copertura sciolta di natura detritica in condizioni di naturale umidità e poco addensata;
- al di sotto si rileva un livello caratterizzato da velocità più elevate delle onde sismiche, comprese tra 2500 m/s e 2700 m/s, fino a profondità superiori a quelle d'indagine; l'orizzonte è assimilabile al substrato roccioso, seppure fratturato e degradato negli orizzonti superficiali, passante in profondità a migliori condizioni di conservazione.

L'indagine sismica ha permesso inoltre di acquisire alcune informazioni utili per definire il contenuto d'acqua nel terreno; le basse velocità sismiche registrate nei livelli più superficiali (Vp<600 m/s), inferiori alla velocità delle stesse in un mezzo saturo, consentono di valutare i terreni asciutti, in condizioni di naturale umidità.

I dati identificativi ed i parametri di acquisizione, oltre ai risultati in forma grafica delle prospezioni geofisiche eseguite, sono raccolti in allegato.

4.0. Conclusioni

Il report presenta i risultati delle indagini condotte per la determinazione della sismo-stratigrafia a corredo delle indagini geologiche per il progetto di sistemazione dell'area e realizzazione di un impianto sportivo in località Colle Caprile nel Comune di Uscio (Genova).

A tal scopo, è stato eseguito un profilo sismico investigativo impiegando la tecnica della sismica a rifrazione.

A seguito dei risultati ottenuti è possibile definire per l'area d'indagine un modello geofisico interpretativo costituito da n.2 unità sismo-stratigrafiche principali:

- Unità 1 – copertura sciolta con velocità delle onde sismiche oscillanti tra 500 m/s e 600 m/s fino a profondità variabili intorno a 3.7-4.9 m da p.c.;
- Unità 2 –basamento rigido con velocità delle onde sismiche oscillanti tra 2500 m/s e 2700 m/s fino a profondità superiori a quelle d'indagine.

Genova, 5 settembre 2017

Geol. Andrea Benedettini



Elenco allegati f.t.

Figura 1: inquadramento cartografico

Figura 2: ubicazione stesa simica

Figura 3: caratteristiche strumentazione

Figura 4: dati generali stesa

Figura 5: dromocrone e sezione sismostratigrafica



Estratto CTR n.214142 Uscio n.214141 Lumarzo

1	Inquadramento cartografico
n.	figura
5000	
scala	



2	Ubicazione stesa sismica
n.	figura
1000	
scala	

Sismografo DoReMi
Caratteristiche tecniche

Architettura
Classe strumentale: sismografo multicanale per geofisica
Topologia: rete differenziale RS485 half-duplex multipoint
Lunghezza massima della rete: 1200 metri senza ripetitori (virtualmente illimitata con ripetitori)
Numero massimo di canali per tratta: 255
Dimensioni dell'elemento (esculso il cavo): 80x55x18 mm
Peso: 250 g (un elemento con lunghezza cavo 5 metri)
Cavo: 4 conduttori, 2 coppie ritorte, robotico resistente a torsioni,
flesso-torsioni, abrasioni ed agenti chimici

Campionamento
Memoria: 64 kByte (>30000 campioni)
Frequenze in *Hz*: 200,300,400,500,800,1000,2000,3000,4000, 8000,10000,20000
pari ad intervalli in *ms* di: 5, 3.33, 2.5, 2, 1,25, 1, 0.5, 0.33, 0.25, 0.125, 0.1, 0.05
Esempi di utilizzo della memoria: ReMi: 500Hz, t-max 60 secondi
MASW: 4000Hz, t-max 7.5 secondi
Riflessione: 20000Hz, t-max 1.5 secondi

Dinamica del sistema
Risoluzione con guadagno 10x: 7.600 µV
Risoluzione con guadagno 1000x: 0.076 µV
Dinamica di base: 96dB (16 bit)
Dinamica massima del preamplificatore: 80dB
Signal to Noise Ratio RMS fra 0.5 e 30Hz: >90dB
Full range a 10x: 0.5V p-p
Risoluzione RMS a 1000x e 4000SPS: 0.0000002V p-p
Dinamica totale teorica: 155dB
Dinamica totale senza postprocessing: > 127dB (a qualsiasi frequenza di campionamento)
Dinamica totale in postprocessing: >140dB

Convertitore A/D
Tipologia: SAR - Risoluzione: 16 bit - Dinamica: 96 dB

Preamplificatore
Tipologia: ultra-low noise con ingresso differenziale
Filtri: 3Hz passa alto 1 polo, 200Hz passa basso 4 poli
Guadagni: da 10x a 8000x
Reiezione di modo comune: >80dB
Diafonia (crosstalk): non applicabile (elementi singoli a trasmissione digitale)
Impedenza d'ingresso: >100kΩ•

3	Caratt. della strumentazione
n.	figura
//	
scala	

SISMICA A RIFRAZIONE: STESA N.01

DATI GENERALI DELLA STESA

Data: 05/09/2017
Località: SP 333 di Uscio Colle Caprile
Comune: Uscio (GE)

Lunghezza della stesa: 33.0
Lunghezza complessiva: 57.0
Numero geofoni: 12
Distanza intergeofonica: 3.0
Numero energizzazioni: 7

PARAMETRI DI ACQUISIZIONE

Strumentazione: DOREMI
Passo di campionamento: 0.1 ms
Durata di una traccia: 100 ms
Delay time: 0 ms
Sorgente: mazza 10 kg

ELEMENTI DELLA STESA

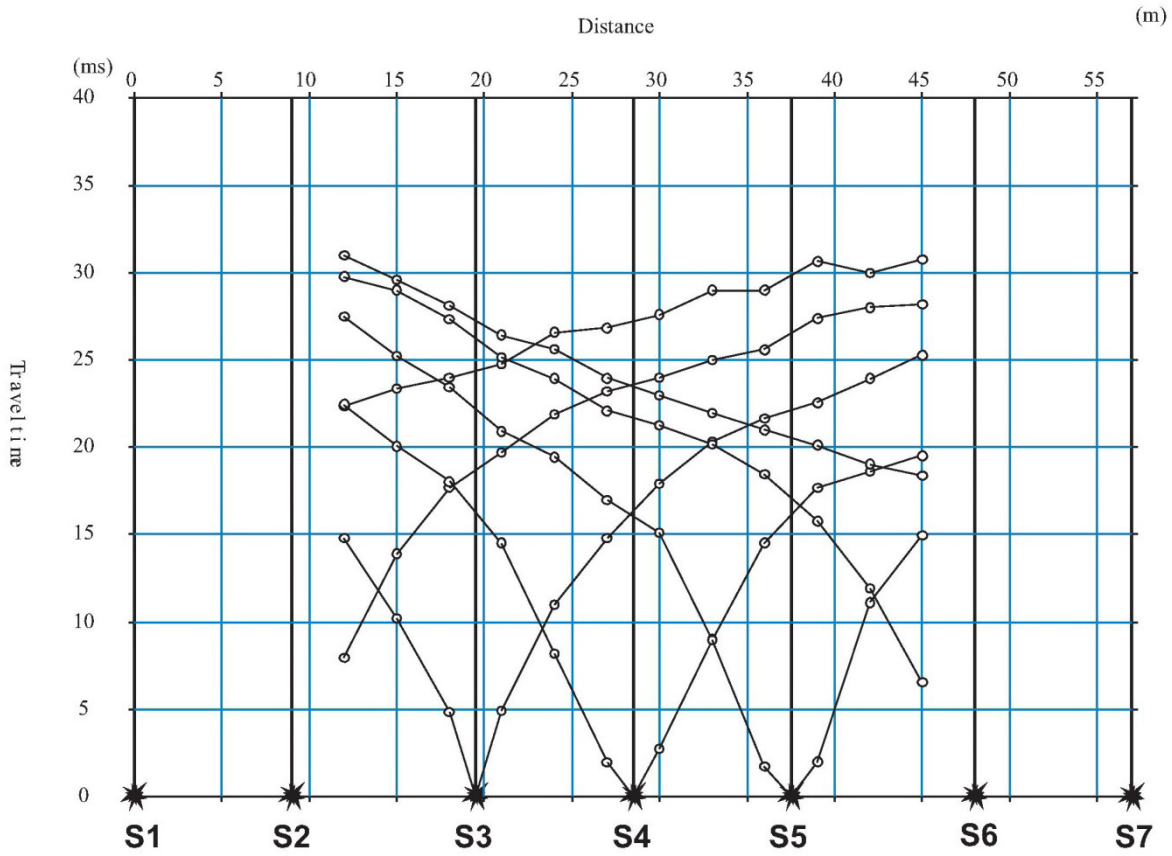
SHOT= posizione in m

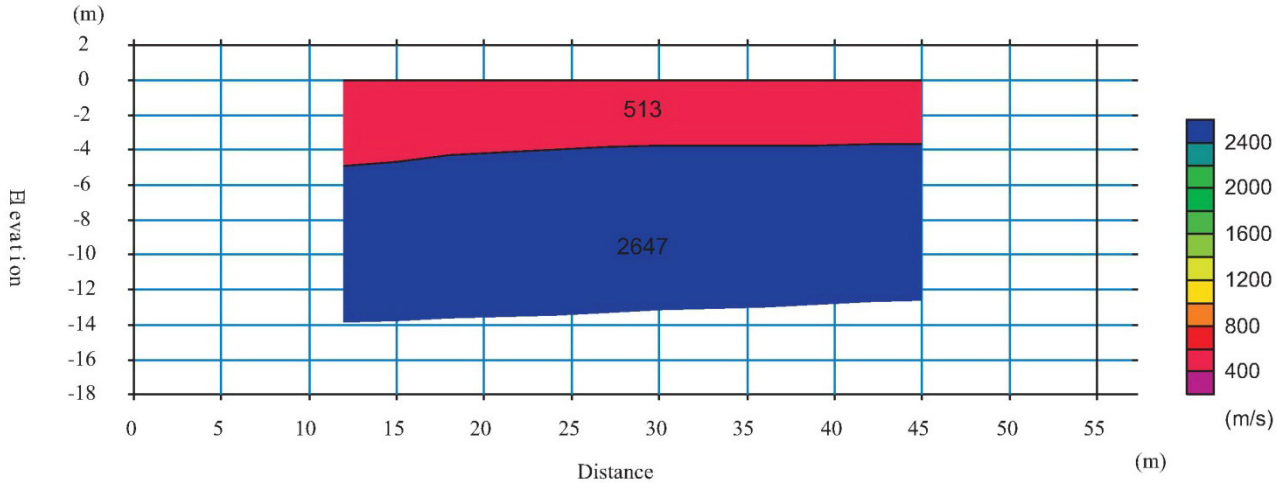
nome	y	x
shot 01	0.0	0.0
shot 02	0.0	9.0
shot 03	0.0	19.5
shot 04	0.0	28.5
shot 05	0.0	37.5
shot 06	0.0	48.0
shot 07	0.0	57.0

GEOFONI=posizione in m - tempi di arrivo in ms

nome	y	x	shot 01	shot 02	shot 03	shot 04	shot 05	shot 06	shot 07
G1	0.0	12.0	22.4	8.0	14.8	22.5	27.5	29.8	31.0
G2	0.0	15.0	23.4	13.9	10.2	20.1	25.3	29.0	29.6
G3	0.0	18.0	24.0	17.7	4.8	18.1	23.4	27.3	28.2
G4	0.0	21.0	24.8	19.7	5.0	14.6	21.0	25.2	26.5
G5	0.0	24.0	26.6	21.9	11.0	8.2	19.5	23.9	25.6
G6	0.0	27.0	26.9	23.2	14.8	2.0	17.0	22.1	24.0
G7	0.0	30.0	27.6	24.0	17.9	2.8	15.1	21.3	23.0
G8	0.0	33.0	29.0	25.0	20.4	9.0	9.0	20.2	22.0
G9	0.0	36.0	29.0	25.6	21.7	14.6	1.7	18.5	21.0
G10	0.0	39.0	30.7	27.4	22.6	17.7	2.0	15.8	20.1
G11	0.0	42.0	30.0	28.0	24.0	18.6	11.1	11.9	19.1
G12	0.0	45.0	30.8	28.2	25.3	19.5	15.0	6.6	18.4

4 — Dati generali della stesa
n. — figura
// — scala



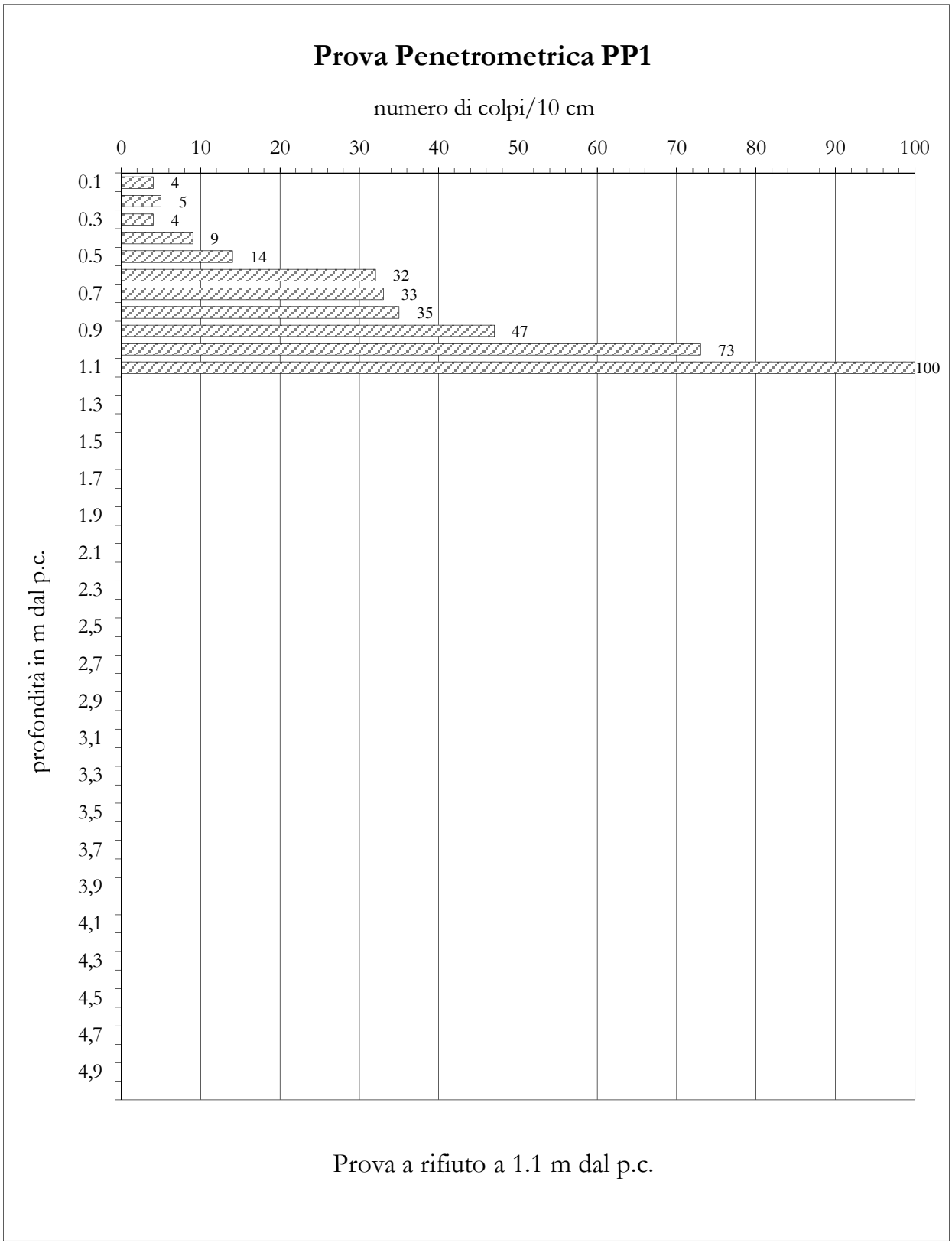


5	Dromocrone e sez. sismostrat.
n.	figura
//	
scala	

ALLEGATO 3 – INDAGINI GEOTECNICHE

Tabella n°	Oggetto
1-5	Istogramma prova penetrometrica
6-10	Andamento dell'angolo di attrito con la profondità
11	Caratteristiche tecniche strumento utilizzato

Data: 22.09.2017
Intervento: Realizzazione di impianto sportivo "pista da minimoto"
Località: Chiapparino
Comune: Uscio (GE)



Prova a rifiuto a 1.1 m dal p.c.

TABELLA 1
PROVA PENETROMETRICA PP1

Data: 22.09.2017
Intervento: Realizzazione di impianto sportivo "pista da minimoto"
Località: Chiapparino
Comune: Uscio (GE)

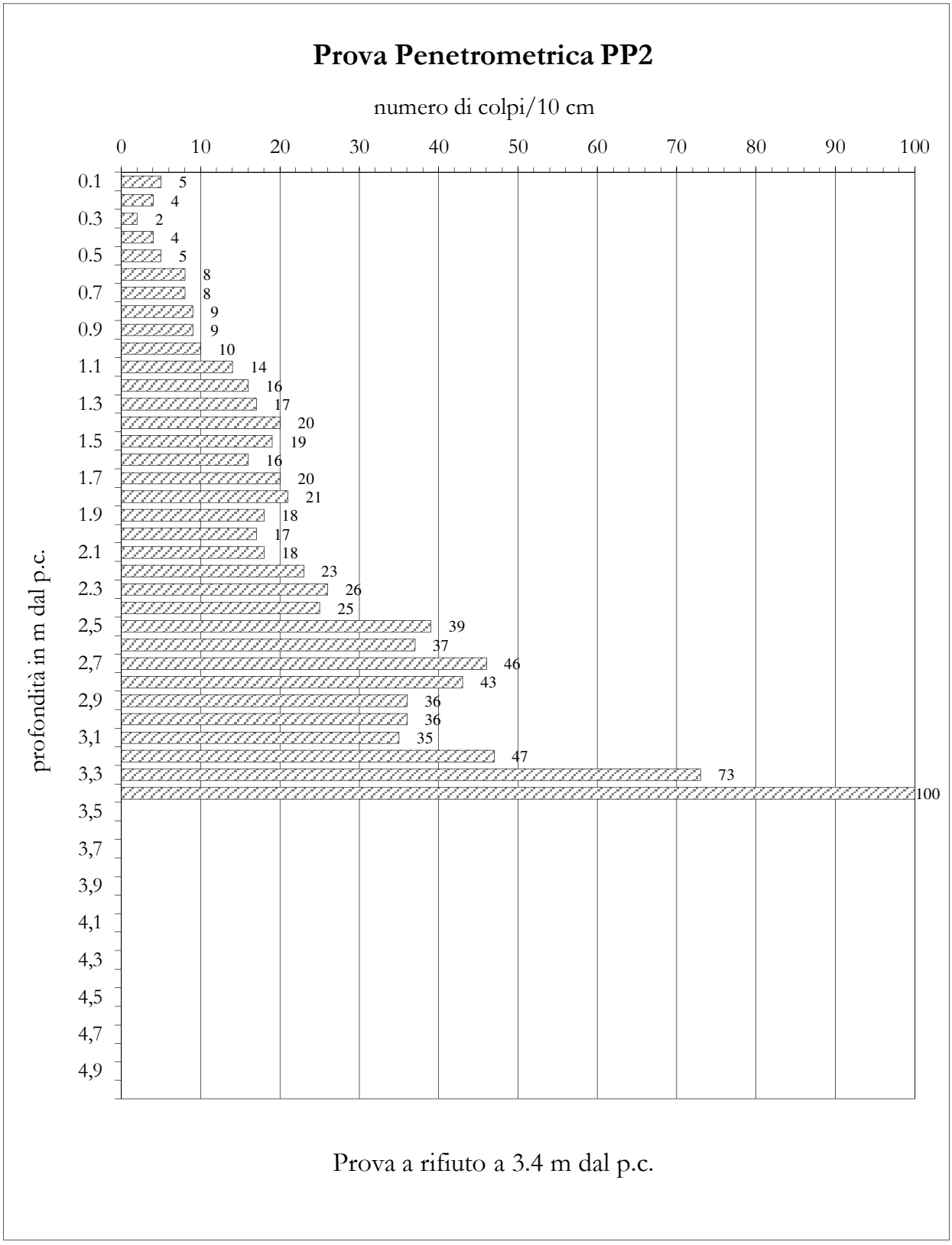
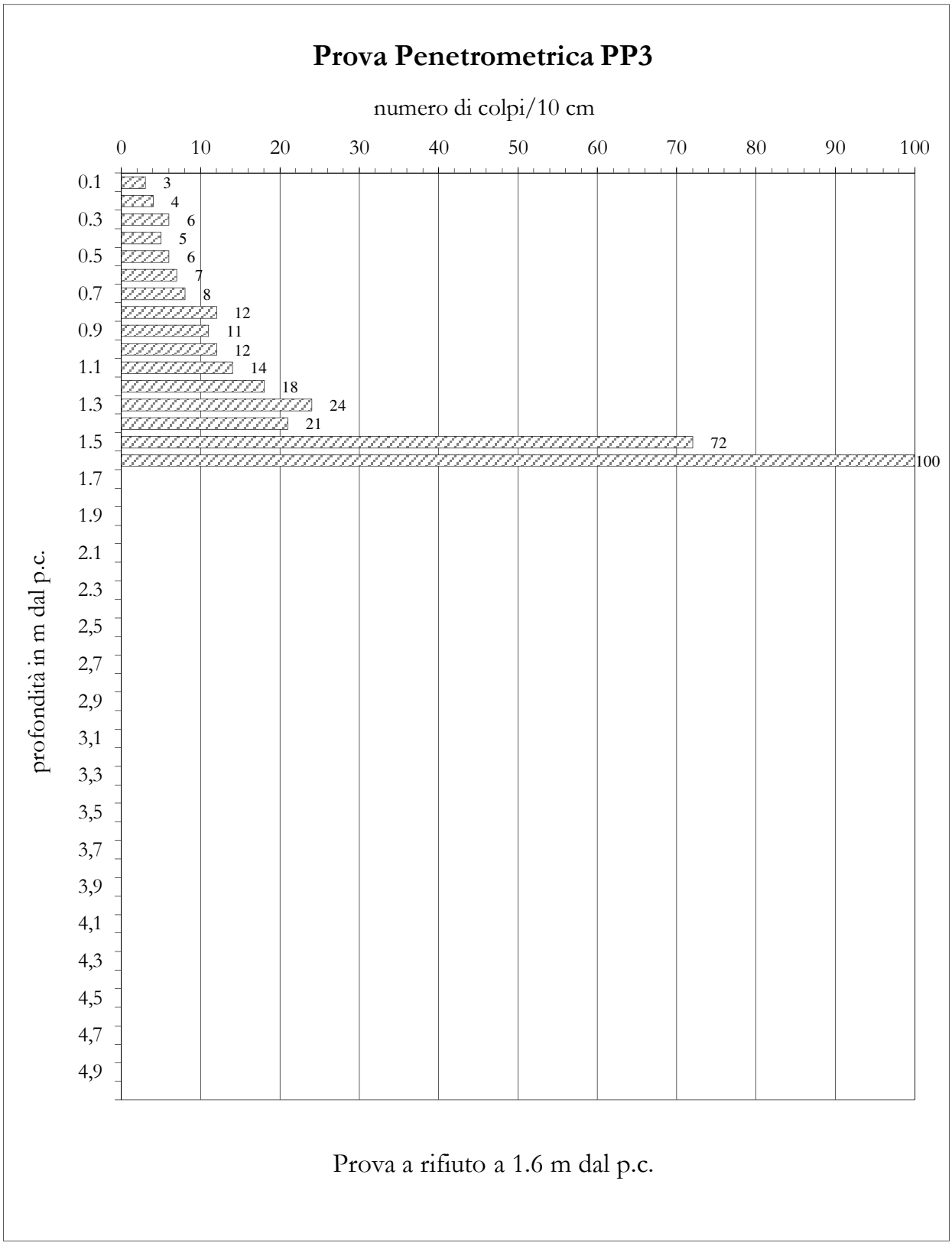


TABELLA 2
PROVA PENETROMETRICA PP2

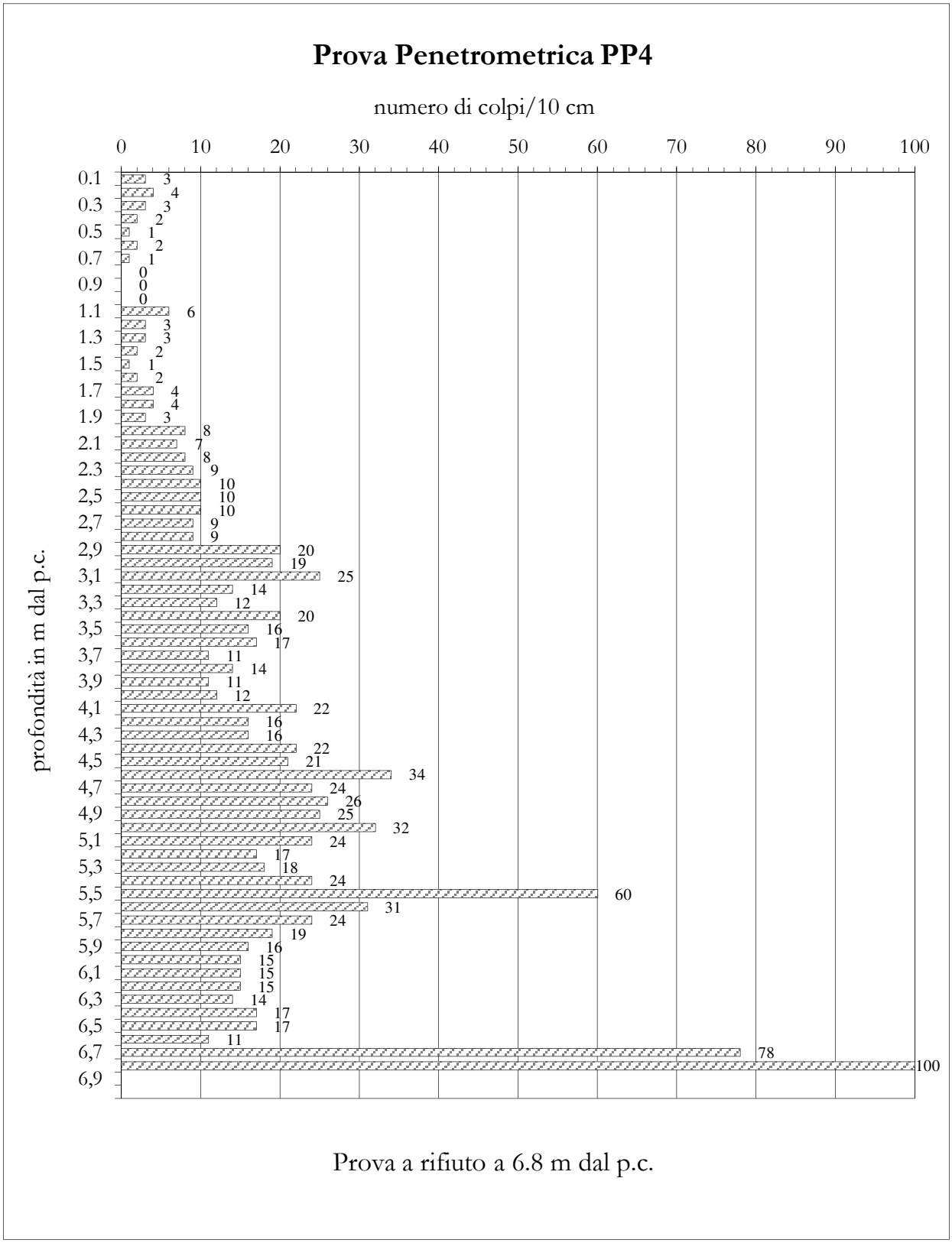
Data: 22.09.2017
Intervento: Realizzazione di impianto sportivo "pista da minimoto"
Località: Chiapparino
Comune: Uscio (GE)



Prova a rifiuto a 1.6 m dal p.c.

TABELLA 3
PROVA PENETROMETRICA PP3

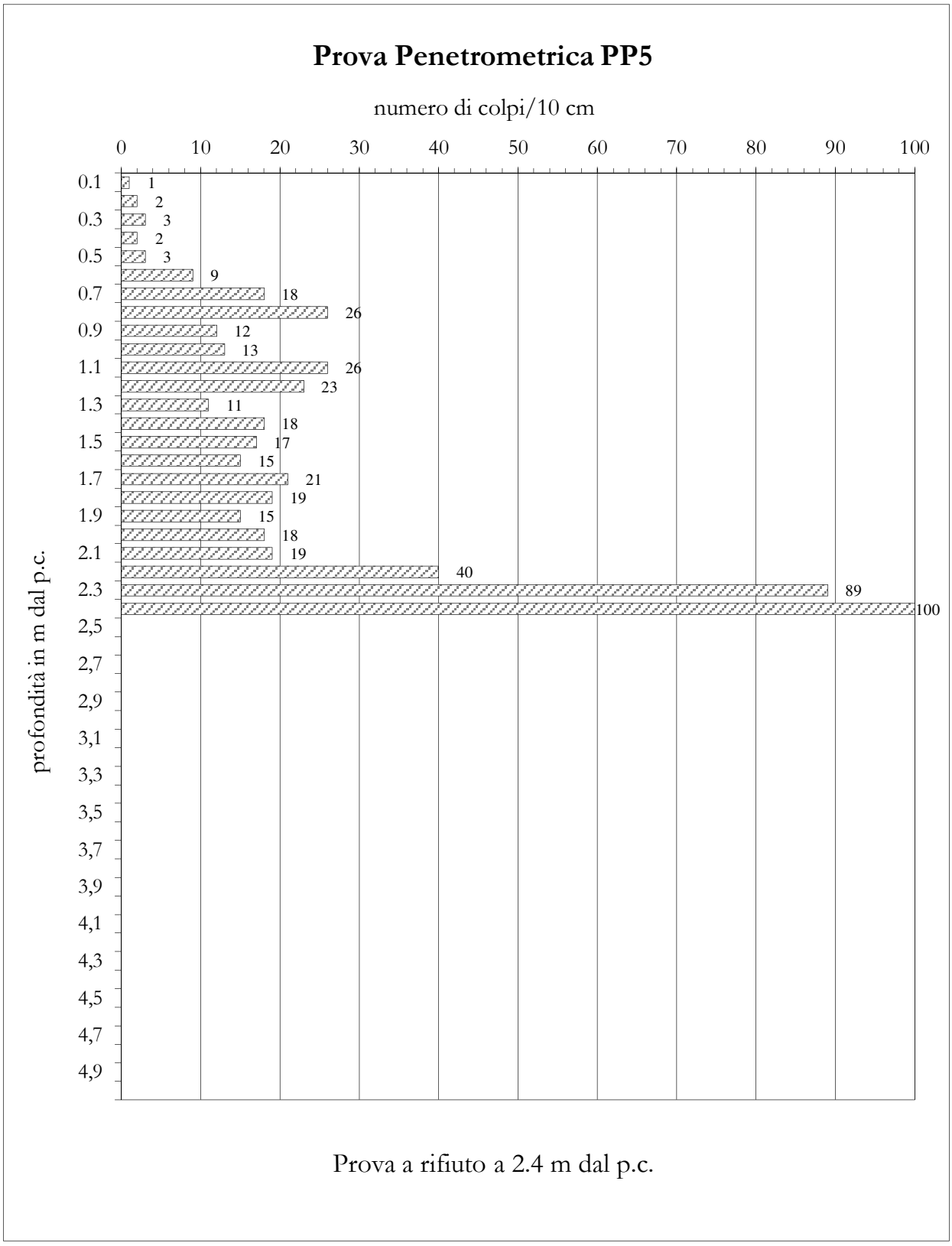
Data: 22.09.2017
Intervento: Realizzazione di impianto sportivo "pista da minimoto"
Località: Chiapparino
Comune: Uscio (GE)



Prova a rifiuto a 6.8 m dal p.c.

TABELLA 4
PROVA PENETROMETRICA PP4

Data: 22.09.2017
Intervento: Realizzazione di impianto sportivo "pista da minimoto"
Località: Chiapparino
Comune: Uscio (GE)



Prova a rifiuto a 2.4 m dal p.c.

TABELLA 5
PROVA PENETROMETRICA PP5

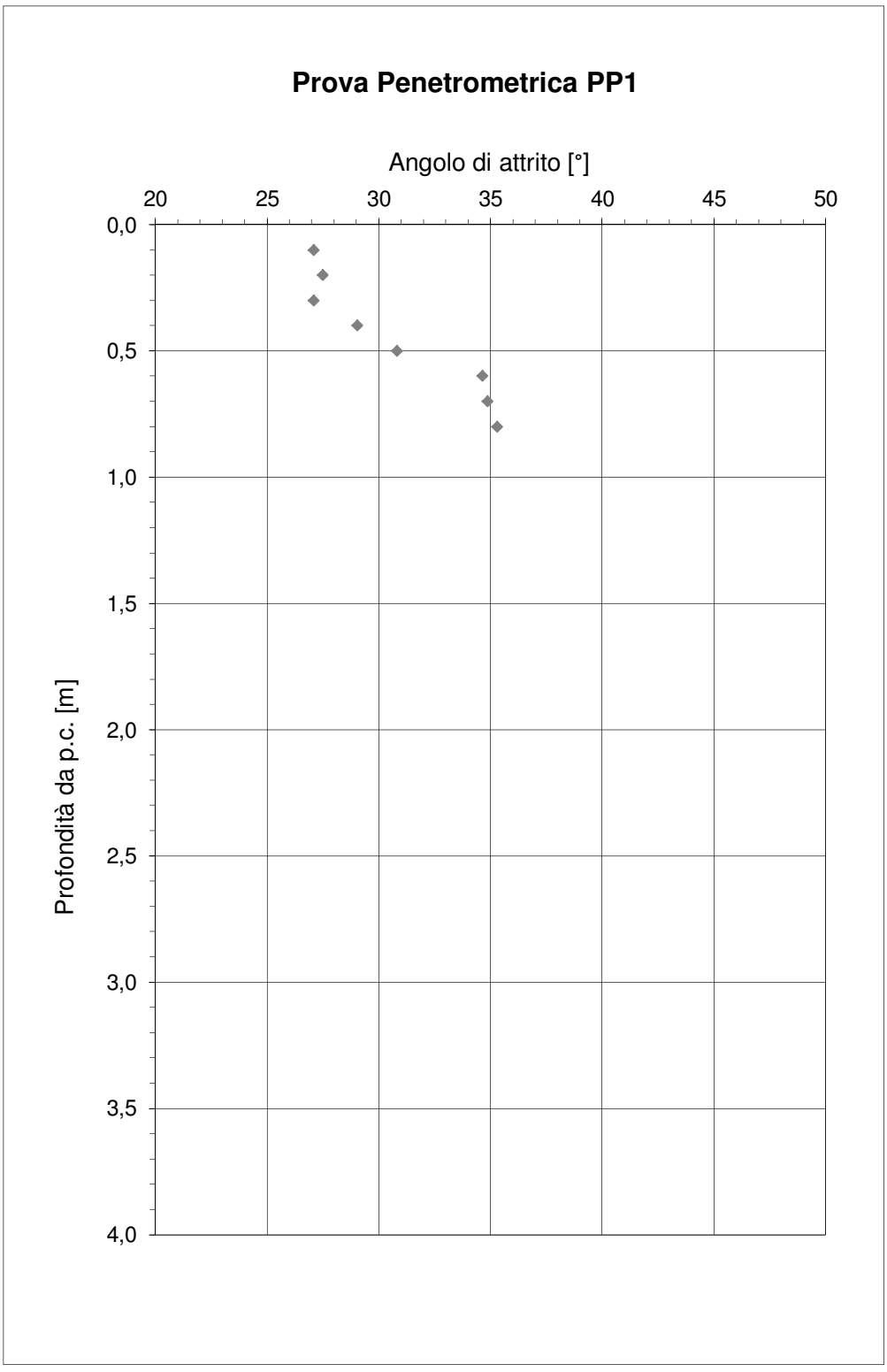


TABELLA 6
ANDAMENTO DELL'ANGOLO DI ATTRITO CON LA PROFONDITA'

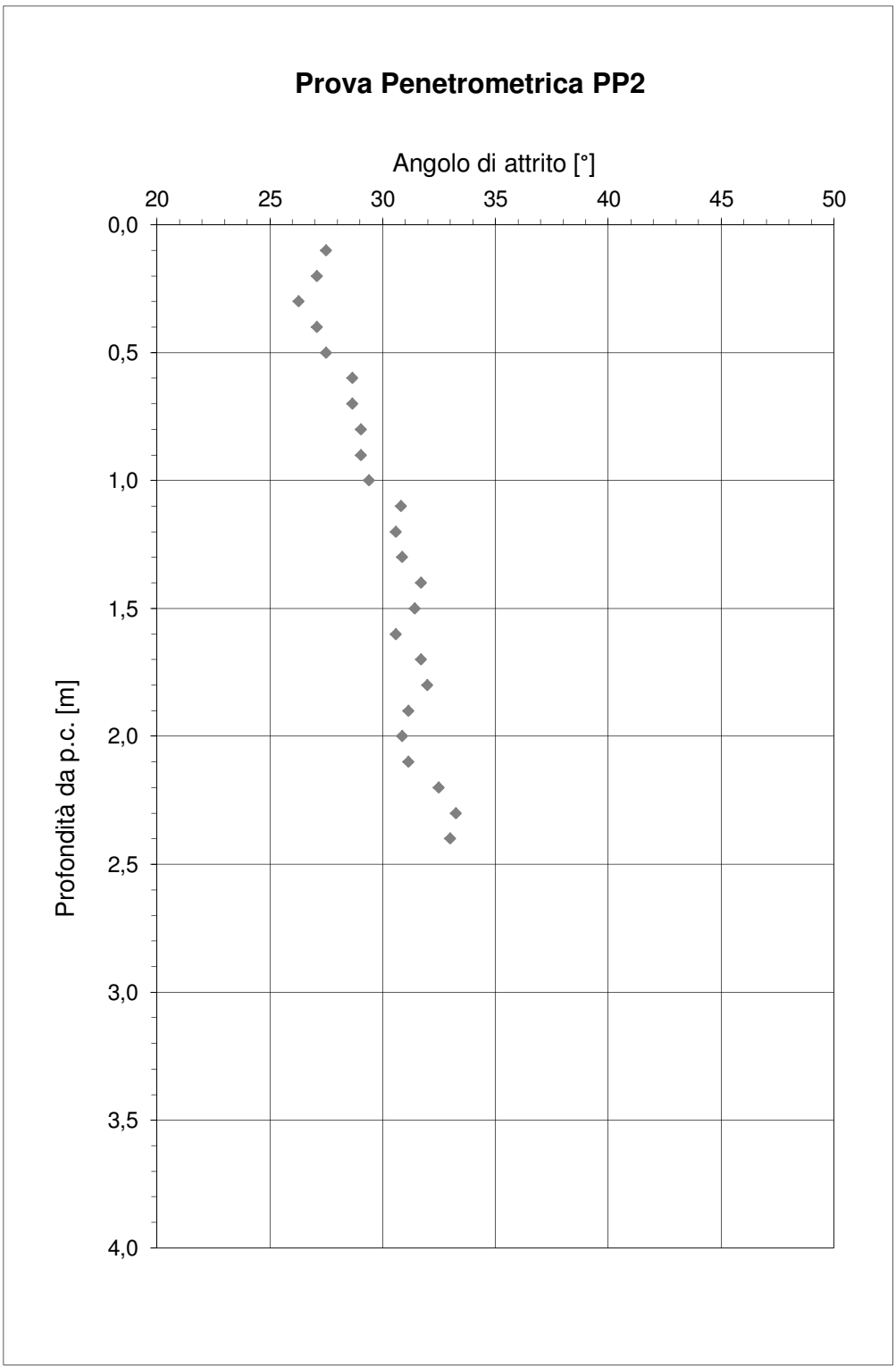


TABELLA 7
ANDAMENTO DELL'ANGOLO DI ATTRITO CON LA PROFONDITA'

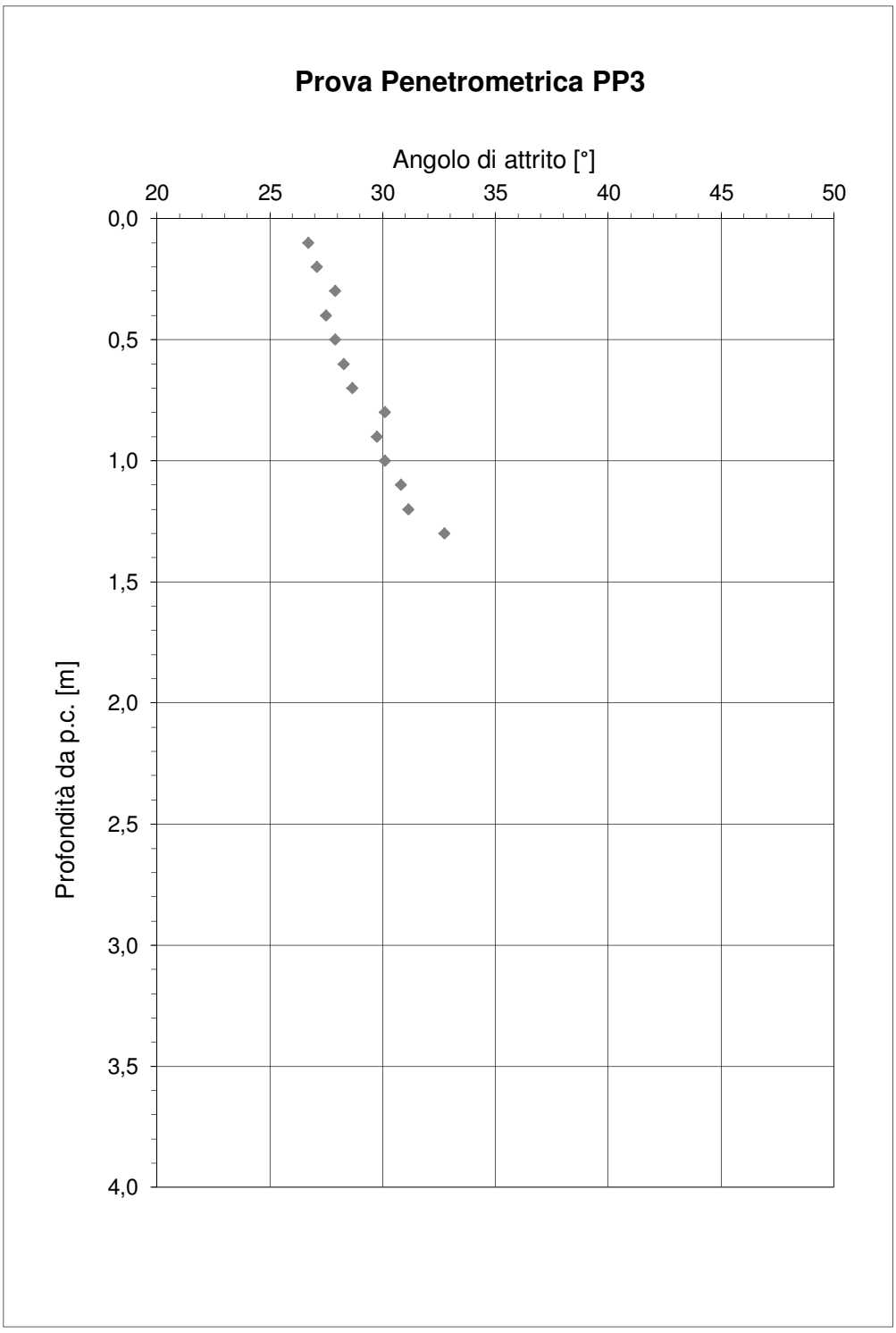


TABELLA 8
ANDAMENTO DELL'ANGOLO DI ATTRITO CON LA PROFONDITA'

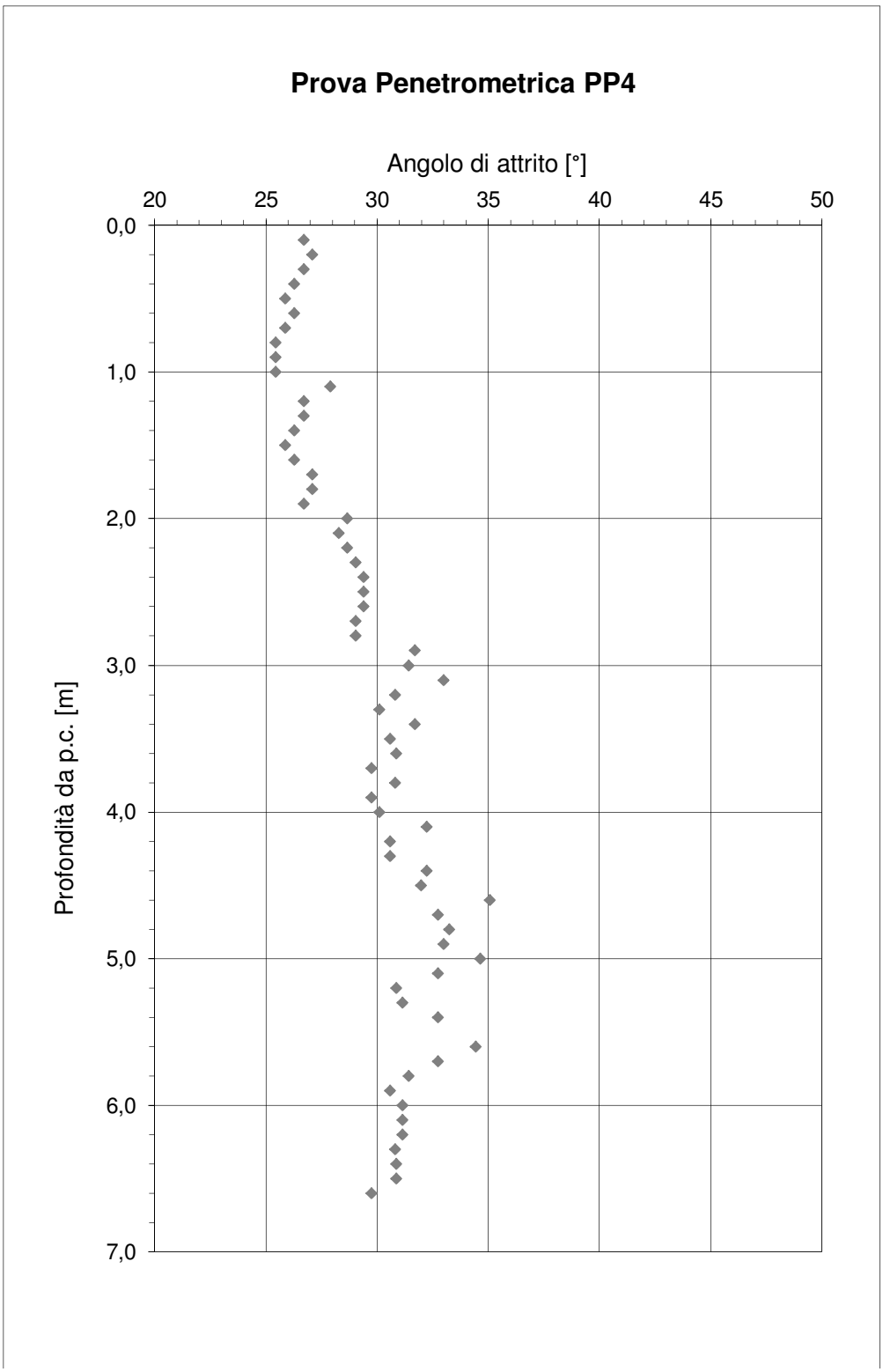


TABELLA 9
ANDAMENTO DELL'ANGOLO DI ATTRITO CON LA PROFONDITA'

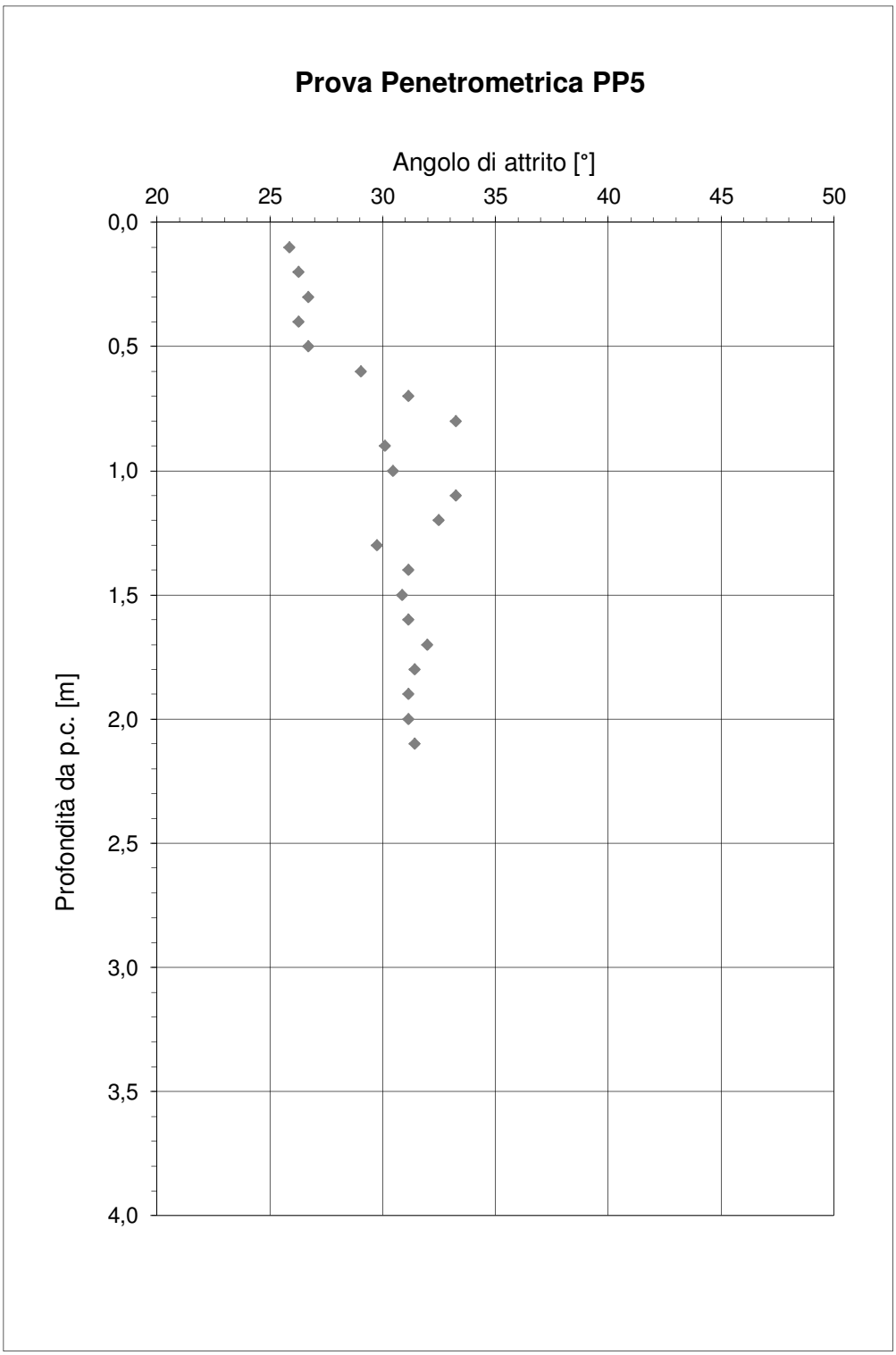


TABELLA 10
ANDAMENTO DELL'ANGOLO DI ATTRITO CON LA PROFONDITA'

ALLEGATO 4 – DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA (N.8 FOTO)



FOTO 1: Affioramento lapideo lungo la strada S.S. N.333



FOTO 2: Affioramento lapideo lungo la strada S.S. N.333



FOTO 3: Affioramento lapideo lungo il margine sud dell'area d'intervento



FOTO 4: Esecuzione della prova penetrometrica medio-leggera PP1



FOTO 5: Esecuzione della prova penetrometrica PP2



FOTO 6: Esecuzione della prova penetrometrica PP3



FOTO 7: Esecuzione della prova penetrometrica PP4



FOTO 8: Esecuzione della prova penetrometrica PP5