



COMUNE DI ASTI

SETTORE LAVORI PUBBLICI ED EDILIZIA PUBBLICA
SERVIZIO SUOLO EXTRAURBANO



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU

PROGETTO:

PNRR - Interventi per la resilienza, la valorizzazione del territorio e l'efficienza energetica dei Comuni – M2C4 – Investimento 2.2

OPERE DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA INFRASTRUTTURE VIABILI SUOLO EXTRAURBANO

SERVIZIO DI PROGETTAZIONE ESECUTIVA DELLE OPERE E DELLE STRUTTURE, DENUNCIA STRUTTURE IN ZONA SISMICA, RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA SONDAGGI E PROVE, DIREZIONE LAVORI E COORDINAMENTO DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE ED ESECUZIONE



PROGETTO ESECUTIVO
ai sensi del D.Lgs 50/2016 e s.m.i.

ALLEGATO N°

16.8

RELAZIONE GEOLOGICA INTERVENTO 6.B

DATA:

Novembre 2022

PROTOCOLLO:

061-2022

SCALA:

PROGETTISTI:

Ing. Giorgio Scioldo Ing.
Roberto Sperandio

GEOLOGO:

Geol. Massimo Castellaro

TIMBRI E FIRME:



REV.:	REDATTO:	VALIDATO:	VERIFICATO:	DATA:	RESPONSABILE PROCEDIMENTO:
1	Massimo Castellaro	Roberto Sperandio	Giorgio Scioldo		



studio associato
INGEOPROJECT

SEDE LEGALE:

Ufficio TORINO
Corso Matteotti, 12 - 10121 Torino
Tel +39 0115 113490
pec: ingeoproject@pec.it

referente:

Ing. Giorgio SCIOLDO

UFFICIO OPERATIVO:

Ufficio CUNEO
Corso Dante, 64 - 12100 Cuneo
tel +39 0171 681817
e-mail: info@ingeoproject.it

referente:

Ing. Roberto SPERANDIO

REGIONE PIEMONTE

PROVINCIA DI ASTI



COMUNE DI ASTI

**OPERE DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA
INFRASTRUTTURE VIABILI SUOLO EXTRAURBANO
SUB INTERVENTO 6.B – FRAZIONE MONTGROSSO CINAGLIO**

RELAZIONE GEOLOGICA

"CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO" AI SENSI
DELL'ART. 6.2.1. DEL D.M. 17/01/2018 "NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI"
– ART. 11 N.T.A. DEL P.R.G.C.

INDAGINI, CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA

AI SENSI DELL'ART. 6.2.2. DEL D.M. 17/01/2018 "NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI"
D.M. 11/03/88 N. 47 E S.M.I.;

Asti, 22 giugno 2022

Il Tecnico incaricato

(Firmato digitalmente)

Dott. Geol. Massimo Castellaro

Iscrizione Albo dei Geologi Professionisti del Piemonte Sez. A n. 573

Via E. Giovanelli, 28 – 14100 ASTI

Tel. e fax: 0141 351106 – Cell. 393 9558998

email: studio.castellaro@libero.it - www.geocontest.eu

1. PREMESSA E LOCALIZZAZIONE DELL'AREA D'INTERVENTO

Su incarico della Committenza, viene redatta la presente **Relazione Geologica, di indagini, caratterizzazione e modellazione Geotecnica**, a completamento ed integrazione degli atti progettuali riguardanti le **opere di manutenzione straordinaria infrastrutture viabili suolo extraurbano, relativamente al subintervento 6.B in Frazione Montegrosso Cinaglio nel Comune di Asti.**

Verranno delineate, per tanto, le principali caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche, geotecniche e sismiche del sito sul quale prevedono le opere al ponte n. 15 (planimetria con indicazione interventi redatta dallo Studio Ingeoproject a cui si rimanda per i dettagli) sul Rio Vallemanina in Strada Montegrosso Cinaglio (Frazione Montegrosso Cinaglio). Si prevede la rimozione della barriera esistente ed il successivo rifacimento del viadotto con la posa di uno scatolare prefabbricato in calcestruzzo e la realizzazione di muri di invito a valle del ponte ed a monte in raccordo col ponte n. 14.



Per quanto concerne gli aspetti di tipo geologico – geotecnici, la presente relazione viene redatta ai sensi dei:

- **D.M. LL. PP. 11/03/1988 n. 47** recante “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione” e relative Istruzioni applicative con Circ. LL.PP. 24/09/1988 n° 30483;
- **D.M. 17/01/2018 “Aggiornamento delle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”**. Si precisa che la presente relazione comprende parte dei contenuti di cui al punto 6.2.2 NTC 2018 e 6.2.2.5 circ. 7/2019 C.S.LL.PP. e non comprende i contenuti di cui ai punti dal 6.2.3 al 6.2.6 delle NTC 2018 (ed in particolare il punto 6.2.4 inerente le “verifiche della sicurezza e delle prestazioni”) ovvero “le analisi per il dimensionamento geotecnico delle opere”; tali punti dovranno essere oggetto d'esame all'interno di apposita relazione da predisporre a cura del progettista strutturale nell'ambito della progettazione geotecnico-strutturale delle opere in progetto;
- **Piano Regolatore Generale – Art. 11** – Aggiornato alla Variante Parziale n°35 approvata con D.C.C. n°89 del 16/12/2009 ed alla Variante Strutturale di adeguamento alla Circolare P.G.R. 8 maggio 1996 n°7 LAP ed al Piano per l'Assetto Idrogeologico;
- **O.P.C.M. n. 3274 del 20/03/2003 e succ. modifiche del 2005**, contenente “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e normative tecniche per la costruzione in zona sismica”;
- **O.P.C.M. n. 3519 del 28/04/2006** riferita all'adozione della mappa di pericolosità a livello nazionale predisposta dall'INGV e aggiornamento della classificazione sismica del territorio della Regione Piemonte di cui alla **D.G.R. del 30 dicembre 2019, n.6-887**.

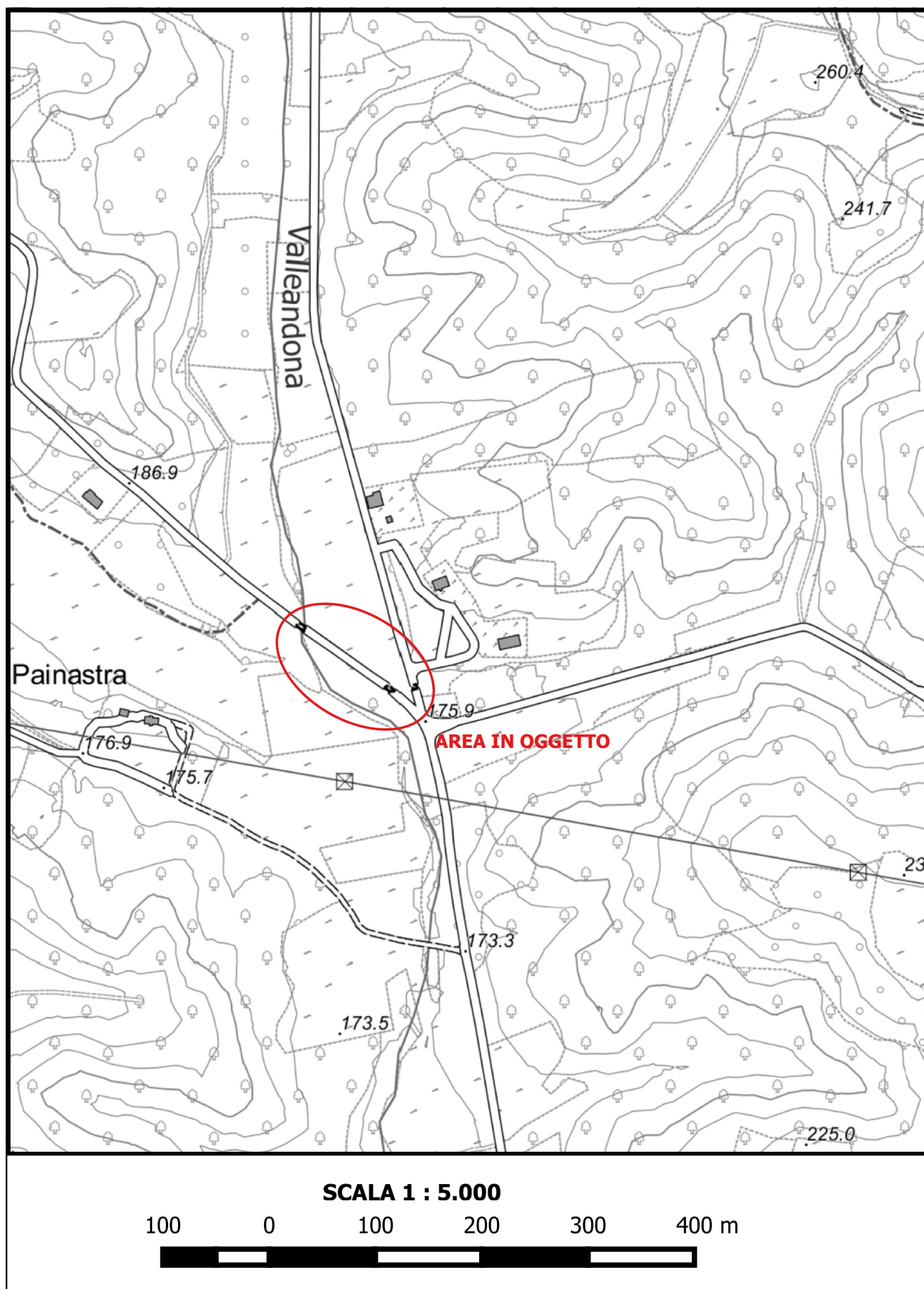
Lo studio di seguito riportato consiste in un prima parte di inquadramenti geologico – geomorfologici dell'area vasta, seguita da una caratterizzazione idrogeologica ed in una parte di aspetti geotecnici, in cui sono esposti i risultati delle indagini geognostiche *svolte in situ*.

Il sito d'indagine è localizzato in area di fondovalle collinare, presso il Rio di Valleandona in Loc. Montegrosso Cinaglio, ad una **quota di circa 175 m s.l.m.** ed è ubicato sulla Carta Tecnica Regionale in scala 1:10.000, (**BDTRE Piemonte**) riportata nella corografia di **Fig. 1**.

Per quanto riguarda gli inquadramenti catastali ed urbanistici, si rimanda alla planimetria generale redatta dal progettista, mentre il presente studio si è basato in particolare:

- sui dati rilevati durante vari sopralluoghi eseguiti sull'area d'intervento e su un suo intorno significativo;
- sulla consultazione di cartografie geologiche e geomorfologiche specifiche riguardanti l'area in esame, nonché sugli elaborati geologici allegati al P.R.G.C. in scala 1:10.000;
- su pubblicazioni scientifiche e dati bibliografici;
- su una indagine geognostica in situ condotta con penetrometro super-pesante Pagani "TG 63-200 kN" e consistita in n°1 prova penetrometrica dinamica S.C.P.T.

Fig. 1 - Corografia su base BDTRE Piemonte



2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

2.1. Assetto geologico

Dal punto di vista geo-litologico locale, anche sulla base delle indicazioni riportate sul Foglio 69 "ASTI" della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000 (seconda edizione, 1970), il lotto in esame ricade entro l'area di affioramento dei depositi alluvionali corrispondenti alle *"Alluvioni prevalentemente argillose, appartenenti in parte alle alluvioni postglaciali, in parte al Fluviale Recente; ove è presente un terrazzo questo separa localmente le prime dal secondo; altrove la distinzione è difficile"*; sono siglate "a¹fl³" sulla C.G.I. (vedi stralcio di **Fig. 2**).

Il territorio comunale di Asti si estende per circa il 50%, su un'area semi-pianeggiante costituita dagli apporti successivi di eventi alluvionali del F. Tanaro e dei suoi affluenti; tali depositi sono costituiti da sedimenti di origine fluviale, successivamente rimodellati, almeno nei livelli più superficiali, dal corso d'acqua principale che attraversa in direzione circa SE-NW il territorio; la restante porzione comunale è rappresentata da sedimenti marini limoso-sabbiosi e sabbioso-argillosi.

L'assetto geologico generale, ricostruito anche dalle numerose indagini svolte nel sottosuolo, è da ricondursi principalmente al **Bacino Terziario Ligure-Piemontese**.

Il **Bacino terziario Ligure Piemontese** strutturalmente si può considerare composto da tre grandi Unità:

- **l'Unità del Basso Monferrato** posta a Nord, costituita da terreni e rocce prevalentemente sedimentari, che formano i rilievi collinari che si estendono da Torino a Casale-Voghera (Collina Torino-Casale);

- **L'Unità della Sinclinale (o Bacino) di Asti**, posta al centro, costituita da una successione di terreni sedimentari marnosi e arenacei nelle formazioni più profonde; argillosi e sabbiosi nelle formazioni più superficiali (Argille Azzurre del Lugagnano e Sabbie di Asti e Villafranchiano);
- **L'Unità delle Langhe**, posta a Sud quindi al margine del Bacino Terziario stesso, costituita da successioni di alternanze di formazioni di materiali sedimentari marnosi e arenaceo-sabbiosi.

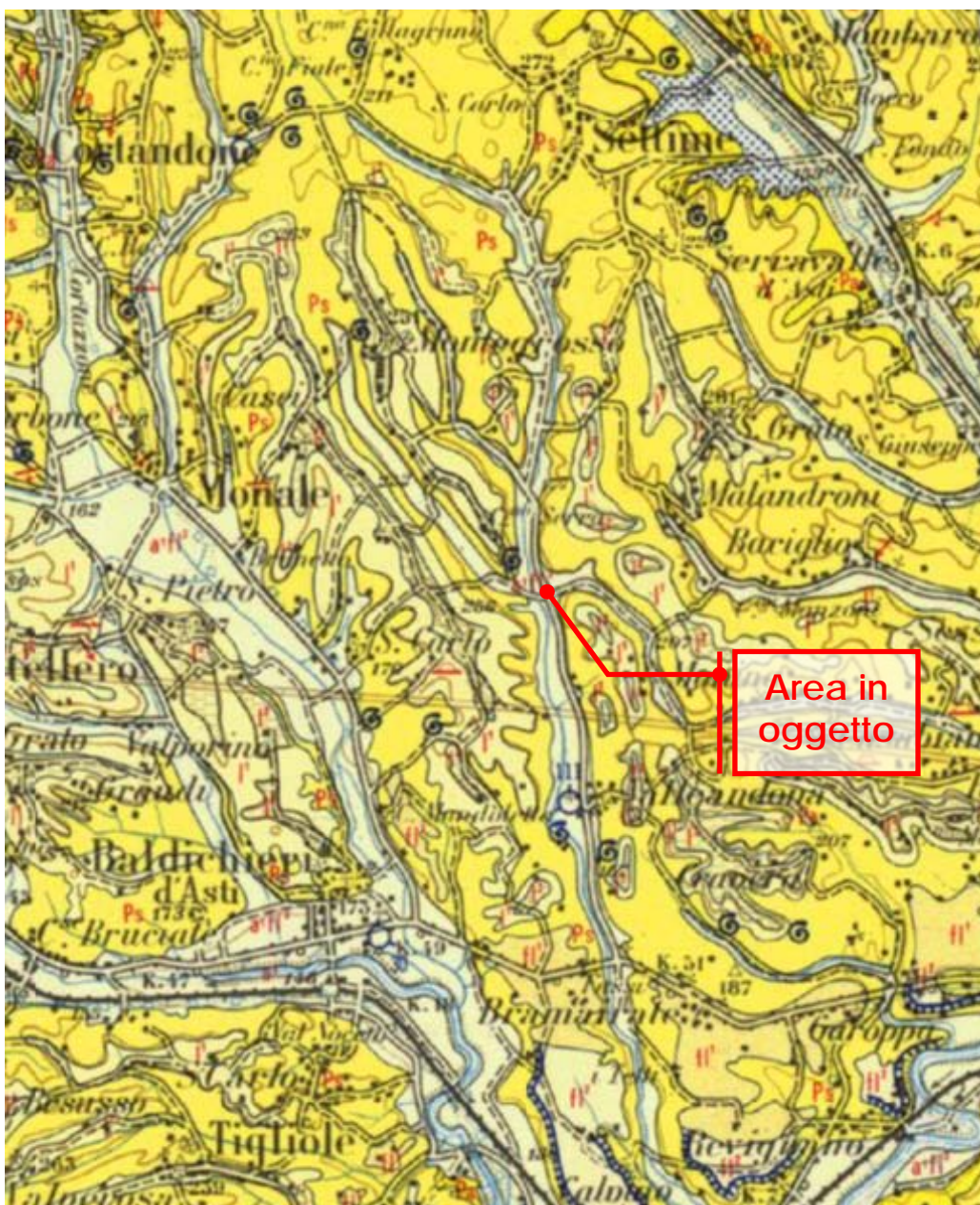


Fig. 2a – Stralcio della Carta Geologica d'Italia Foglio 69 "Asti"

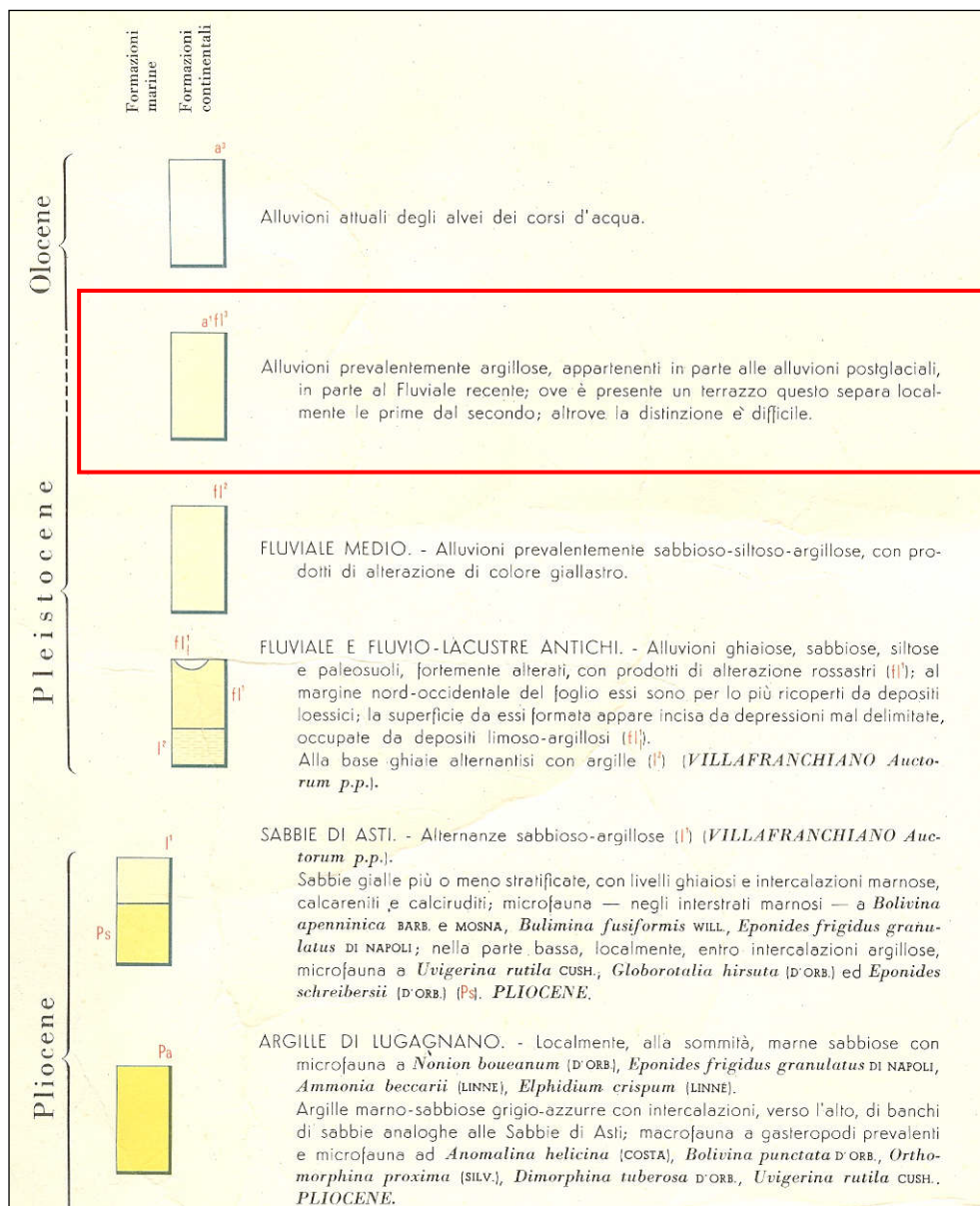


Fig. 2b – Legenda della Carta Geologica d'Italia Foglio 69 "Asti"

Dal punto di vista geologico locale, l'area in questione è caratterizzata da terreni sedimentari appartenenti a formazioni di età pliocenica che costituiscono il nucleo di una sinclinale con asse circa E-W e giaciture pressoché di circa 10°-15°.

Secondo quanto riportato dalla cartografia ufficiale, il settore in studio è caratterizzato dalla presenza, in sequenza dal basso verso l'alto, dei seguenti litotipi:

- **Formazione delle Argille di Lugagnano (Pliocene medio-inferiore):** denominate *Pa* nella C.G.I. "ASTI", rappresentano sedimenti di mare aperto, non troppo profondo di piattaforma continentale; sono argille limoso-marnose grigio-azzurre, a volte debolmente sabbiose, compatte, con abbondanti resti fossili (in prevalenza gasteropodi); la potenza si aggira sui 70-80 m mentre la giacitura è tranquilla con inclinazione degli strati poco accentuate ed immersione verso S;
- **Formazione della Sabbie di Asti (Pliocene medio-superiore):** denominate *Ps* nella C.G.I. "ASTI", affiorano in continuità stratigrafica sulle *Argille di Lugagnano*; si tratta di una formazione costituita prevalentemente da "sabbie gialle più o meno stratificate con livelli ghiaiosi ed intercalazioni marnose, calcareniti e calciruditi (Pliocene)"; questa formazione rappresenterebbe un deposito marino avvenuto a profondità limitate (10 – 40 m) e controllato dalla forte energia idrodinamica del moto ondoso e delle correnti di marea;
- **Complesso Villafranchiano (Pliocene sup.-Pliocene inf.):** denominato *I'* nella C.G.I. "ASTI", rappresentato da un'Unità inferiore prevalentemente sabbioso-limosa con intercalazioni di argille varicolori di ambiente di transizione tra quello marino e quello continentale; l'Unità superiore è costituita invece da alternanze di argille e ghiaie, indici di un ambiente deposizionale continentale fluvio-palustre; recenti studi attribuiscono a tale complesso una ulteriore suddivisione in quattro Unità: quella di Ferrere, di San Martino, di Cascina Gherba e di Maretto.

Depositi alluvionali di fondovalle (denominati a^{1fl3} nella C.G.I. "ASTI") costituiti da materiali prevalentemente sabbioso-siltoso-argillosi (di età pleistocenica) sovrastanti materiali a granulometria prevalentemente argillosa (Pleistocene-Olocene), ricoprono le precedenti Formazioni rappresentanti il substrato. Tale substrato ed i depositi alluvionali risultano parzialmente mascherati da una estesa coltre di copertura di origine eluvio-colluviale, tipicamente di natura limoso-sabbiosa e/o limoso-sabbiosa; la coltre superficiale presenta spessori variabili, che possono raggiungere valori di alcuni metri nelle zone a bassa acclività e di raccordo tra versante e pianura.

2.1.1 Rapporti con gli strumenti urbanistici comunali (P.R.G.C.)

Secondo quanto riporta la "Carta di Sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica, alla scala 1:10.000" (redatta dalla Dott.ssa Geol. Felicita Deriu) allegata alla Variante Strutturale di Adeguamento al Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) del P.R.G.C. (vedi stralcio di **Fig. 3**), i terreni d'interesse ricadono in **Classe IIIa2**; l'art. 11 delle N.T.A. definisce e prevede:

"aree inedificate o parzialmente edificate interessate da fenomeni di esondazione a elevata energia e con altezze idrometriche maggiori di 0,5 m; aree di pertinenza, aree inondabili con intensità del processo da molto elevata (Aree EeA) a elevata (Aree EbA); aree ricomprese in fascia A e fascia B individuate nel PAI per le quali il rischio di natura idraulica è stato considerato ineliminabile, inidonee a nuovi insediamenti.

<p><i>Trattandosi di opera infrastrutturale di carattere pubblico, non altrimenti localizzabile, non sussistono particolari vincoli alla realizzazione del progetto stesso previo il rispetto delle condizioni previste dalle Norme Tecniche di Attuazione.</i></p>

12.3.2 Classe III a2

Questa classe raggruppa le aree a maggior pericolosità del territorio comunale inidonee a nuovi insediamenti:

- aree inedificate o parzialmente edificate interessate da fenomeni d'esondazione a elevata energia e con altezze idrometriche maggiori di 0,5 m, aree inondabili con intensità del processo da molto elevata (Aree Ee_A) a elevata (Aree Eb_A), aree ricomprese in Fascia A e in Fascia B del PAI, per le quali il rischio di natura idraulica è stato considerato ineliminabile;
- aree inondabili e/o soggette ad erosione torrentizia: fasce della larghezza di 25 m lungo le sponde dei corsi d'acqua interessati da processi prevalentemente lineari ad intensità media/moderata "Em_L"; fasce della larghezza di 10 m lungo le sponde dei rii minori (Fasce di rispetto Art.29 L.R. 56/77, R.D. 523/04).

All'interno di queste aree è vietato realizzare nuove costruzioni ed opere di urbanizzazione, sono esclusivamente consentiti:

- interventi di sistemazione idrogeologica e riassetto territoriale;
- manutenzione ordinaria e straordinaria;
- restauro e risanamento conservativo, ristrutturazione edilizia;
- cambi di destinazione d'uso e modesti ampliamenti, nonché piccole pertinenze finalizzati a limitati adeguamenti funzionali delle abitazioni ed insediamenti produttivi esistenti che non comportino un significativo aumento del rischio;
- trivellazione di pozzi per lo sfruttamento di falde acquifere;
- opere di demolizione e i reinterri non funzionali alla successiva attività costruttiva, gli interventi idraulici e quelli di sistemazione ambientale atti a ridurre il rischio idraulico nel rispetto del D.M. 11.03.1988;
- opere infrastrutturali primarie ed impianti tecnici di interesse comunale o sovracomunale di competenza degli Organi Statali, regionali o di altri Enti Territoriali a condizione che non modifichino i fenomeni idraulici naturali che possono manifestarsi all'interno delle aree delimitate, costituendo ostacoli al deflusso naturale delle acque e che non limitino la capacità di invaso delle aree inondabili. Lo studio di compatibilità documentante l'assenza delle interferenze sopradette dovrà essere valutato ed approvato dall'Autorità Idraulica competente;
- gli interventi ammessi nelle fasce di rispetto fluviale di cui all'art. 29 della L.R. 56/77 e s.m. ed i;
- quelli per il funzionamento dei servizi generali quelli finalizzati alla destinazione sportiva e per l'impiego del tempo libero nonché le opere consentite nelle aree a verde privato;

- nuove costruzioni che riguardino in senso stretto edifici per l'attività agricola e residenze rurali connesse alla conduzione aziendale. Gli edifici dovranno risultare non diversamente localizzabili nell'ambito dell'azienda agricola.

Per le parti di territorio ricadenti all'interno delle fasce classificate A e B del PAI, sono vietati e consentiti gli interventi previsti dagli art. 29 e 30 delle N.d.A. dello stesso.

Per le opere pubbliche o di interesse pubblico non altrimenti localizzabili vale quanto previsto all'art.31 della L.R. 56/77 e all'art.38 delle N.d.A. PAI.

La fattibilità degli interventi, che comunque non dovranno aumentare il rischio del contesto in cui interagiscono, dovrà essere verificata e accertata da uno studio geomorfologico, idrogeologico comprensivo di indagini geotecniche ai sensi della normativa vigente (D.M. 11.03.1988); la progettazione dovrà prevedere accorgimenti tecnici mirati alla riduzione e mitigazione del rischio e dei fattori di pericolosità esistenti.

Gli interventi consentiti debbono assicurare il mantenimento o il miglioramento delle condizioni di drenaggio superficiale dell'area, l'assenza di interferenze negative con il regime delle falde freatiche presenti e con la sicurezza delle opere di difesa esistenti.

Ogni nuovo intervento dovrà rispettare i criteri di massima definiti al quinto comma del punto e) della Circolare P.G.R. 8 luglio 1999, n. 8/PET¹⁸ che prevedono:

- il divieto di realizzazione dei piani interrati;
- la collocazione degli impianti ad una quota compatibile con la piena di riferimento;
- il modesto innalzamento del piano campagna o la costruzione su pilotis: affinché le superfici abitabili siano realizzate a quote compatibili con la piena di riferimento e non costituiscano un aumento del rischio per gli edifici esistenti;
- l'esclusione della destinazione residenziale al di sotto delle quote compatibili con la piena di riferimento;
- l'eventuale prescrizione di uso di porte a tenuta stagna per i locali posti al di sotto della quota compatibile con la piena di riferimento;
- l'esclusione di depositi di materiali nocivi, pericolosi, insalubri, ecc.

Lungo tutti i corsi d'acqua sono vietate le occlusioni anche parziali, incluse le zone di testata, tramite riporti vari e le coperture mediante tubi o scatolari anche di ampia sezione. Le opere di attraversamento stradale dovranno essere realizzate mediante ponti a piena sezione, in modo tale che la larghezza della sezione di deflusso non vada in alcun modo a ridurre la larghezza dell'alveo "a rive piene" misurata a monte dell'opera; indipendentemente dalle risultanze della verifica delle portate.

¹⁸¹⁸ Circ.P.G.Reg. Piemonte 08-07-1999, n. 8/PET Adeguamento degli strumenti urbanistici comunali al Piano Stralcio delle Fasce Fluviali. (B.U.R. 14-07-1999, n. 28)

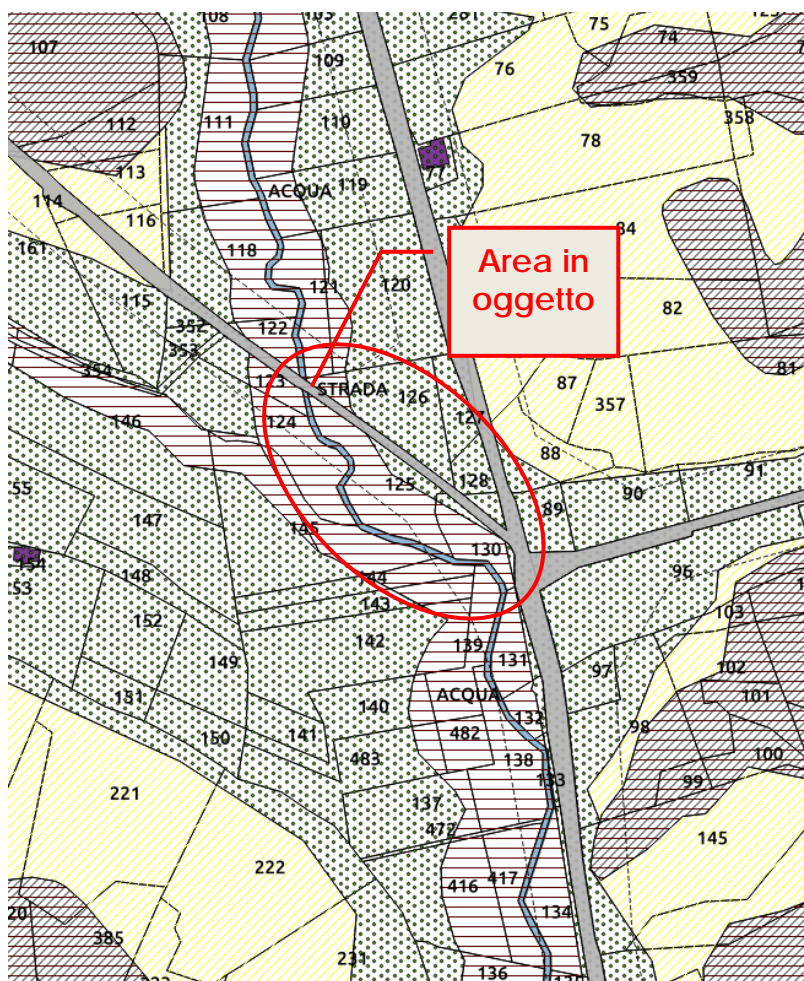


Fig. 3 – Stralcio della Carta di Sintesi e legenda del P.R.G.C.

2.2. Assetto geomorfologico generale e locale

Per quanto riguarda la morfologia generale, la Provincia di Asti si viene a collocare nell'area del Monferrato dove si è sviluppato tutto un susseguirsi di dolci colline incise da valli; le quote vanno dai 121 m del capoluogo ai 759 m del comune di Roccaverano. Tali colline, caratteristiche del Monferrato, presentano una variegata tipologia di terreni che vanno dalle cosiddette "terre bianche" ricche in fossili, alle "terre rosse" ricche di limo ed argilla e alle "terre grasse" tipiche delle aree alluvionali di fondovalle.

Dal punto di vista geomorfologico generale, l'area di studio corrisponde al relitto di un'estesa pianura compresa tra i rilievi della Collina di Torino - Monferrato a N e quelli delle Langhe a S e che rappresentava il

collegamento tra la pianura cuneese e quella alessandrina. Da un substrato terziario si passa ad una sottile, ma diffusa copertura di depositi fluviali prevalentemente limosi, riferibili al Pleistocene medio-superiore. Tracce di un corso d'acqua a meandri con raggio di curvatura chilometrico e direzione di flusso E - W, risultano conservati in maniera estesa. Quest'ultimo, come descritto in dettaglio successivamente, rappresentava il collettore meridionale del bacino piemontese (Forno M.G., 1982).

Nel settore occidentale questa originaria pianura fluviale appare conservata in modo più continuo ed è rappresentata dall'Altopiano di Poirino: è caratterizzato da una superficie debolmente ondulata e modestamente disseccata dal reticolato idrografico sovrainposto.

Nel settore orientale corrispondente ai Rilievi dell'Astigiano, detta pianura fluviale appare sensibilmente obliterata e caratterizzata da una morfologia più accidentata dovuta alla presenza di una notevole densità del reticolato idrografico.

Dal punto di vista geomorfologico locale l'area in oggetto si colloca su di un settore di ampio fondovalle collinare, ad una quota di circa 175 m s.l.m.. L'area si trova in ambito subpianeggiante, interessata dalla dinamica alluvionale del Rio di Valleandona. Si segnala la presenza di fenomeni di erosione e di cedimenti dell'impalcato stradale in corrispondenza dell'attraversamento oggetto di opere di mitigazione del rischio idrogeologico dello stesso.

3. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

In generale il Bacino Terziario Piemontese è contraddistinto da una serie di complessi idrogeologici con differenti caratteristiche.

Dal basso verso l'alto si possono distinguere:

- **Complesso limoso argilloso:** corrispondente alle ARGILLE DI LUGAGNANO, impermeabili, che rappresentano la base del sovrastante Complesso sabbioso.
- **Complesso sabbioso:** corrispondente ai depositi sabbiosi pliocenici (SABBIE DI ASTI), costituiti da alternanze di livelli sabbiosi permeabili, livelli sabbioso limosi e limoso sabbiosi semipermeabili e livelli limoso argillosi impermeabili; si tratta di un sistema acquifero multifalda, in cui i vari livelli acquiferi, con ridotta continuità laterale, possono essere intercomunicanti verticalmente.
- **Complesso delle alternanze (argille, ghiaie, sabbie):** corrispondente alla parte superiore del Villafranchiano inferiore, al VILLAFRANCHIANO SUPERIORE ed ai depositi fluviali del PLEISTOCENE MEDIO SUPERIORE, è costituito da un'alternanza di livelli limoso argillosi impermeabili o semipermeabili e livelli ghiaioso sabbiosi permeabili; si tratta di un sistema acquifero multifalda in cui i vari livelli acquiferi sono tra loro intercomunicanti.
- **Complesso dei depositi alluvionali:** con permeabilità e spessore variabili, sede di una falda libera in equilibrio con il reticolo idrografico.

Nel dettaglio gli interventi in oggetto si localizzeranno nell'areale del sistema acquifero ospitato nei terreni appartenenti al **Complesso dei depositi alluvionali**. Dal punto di vista idrogeologico locale, sia le SABBIE DI ASTI che le ARGILLE DI LUGAGNANO, si caratterizzano per la presenza di orizzonti acquiferi la cui produttività risulta variabile in funzione delle caratteristiche di permeabilità dei depositi e dell'entità e provenienza dell'alimentazione.

Si rammenta che, da dati bibliografici in possesso allo scrivente, unitamente alla *misura piezometrica all'interno della prova S.C.P.T. in situ, la falda acquifera si attesta a - 3,6 m dal locale p.c. e in presenza di formazioni quali le SABBIE DI ASTI, ivi in fondovalle, si colloca talora a profondità di pochi metri dal locale p.c. e pertanto interferenti con le opere fondazionali indirette in progetto.*

4. ASPETTI GEOTECNICI: INDAGINI GEOGNOSTICHE *IN SITU*

La valutazione degli aspetti geotecnici e delle problematiche geotecniche è da ricondursi essenzialmente alla:

- Indagine geognostica *condotta in situ in corrispondenza delle opere in progetto e consistita in n°1 prova penetrometrica dinamica eseguita con penetrometro super-pesante TG 63-200 kN "Pagani"*;
- Ricostruzione dell'assetto stratigrafico locale;
- verifica di stabilità del versante;
- Parametrizzazione geotecnica dei terreni;
- Azione sismica: categoria del suolo.

4.1. Indagine geognostica in situ

Prove Penetrometriche Dinamiche (S.C.P.T.)

La valutazione delle caratteristiche geotecniche dei terreni è stata ottenuta dal valore di N_{20} (numero dei colpi necessario all'avanzamento di 20 cm), mediante formule di uso comune nella pratica geotecnica. I parametri che si ottengono sono essenzialmente quelli della resistenza dinamica e della densità relativa (D_r), che costituiscono la base di calcolo per l'elaborazione dei valori dell'angolo di resistenza al taglio (ϕ'), della coesione (c') e del peso di volume (γ), indispensabili per eseguire le verifiche della capacità portante dei terreni di fondazioni e il calcolo dei cedimenti, tenendo conto dei sovraccarichi indotti sul terreno di fondazione in seguito all'edificazione in oggetto.

Per l'esecuzione della prova si è utilizzato un Penetrometro Super-Pesante Pagani Tg 63/200 kN le cui caratteristiche sono riassunte nella tabella seguente:

Rif. Norme	DIN 4094	
Peso Massa battente	63,5	Kg
Altezza di caduta libera	0,75	m
Peso sistema di battuta	0,63	Kg
Diametro punta conica	51,00	mm
Area di base punta	20,43	cm ²
Lunghezza delle aste	1	m
Peso aste a metro	6,31	Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,40	m
Avanzamento punta	0,20	m
Numero colpi per punta	N(20)	
Coeff. Correlazione	1,489	
Rivestimento/fanghi	No	
Angolo di apertura punta	90°	

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE
(DYNAMIC PROBING)
DPSH

Note illustrative - Diverse tipologie di penetrometri dinamici

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi δ) misurando il numero di colpi N necessari.

Le Prove Penetrometriche Dinamiche sono molto diffuse ed utilizzate nel territorio da geologi e geotecnici, data la loro semplicità esecutiva, economicità e rapidità di esecuzione.

La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di "catalogare e parametrizzare" il suolo attraversato con un'immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica.

La sonda penetrometrica permette inoltre di riconoscere abbastanza precisamente lo spessore delle coltri sul substrato, la quota di eventuali falde e superfici di rottura sui pendii, e la consistenza in generale del terreno.

L'utilizzo dei dati, ricavati da correlazioni indirette e facendo riferimento a vari autori, dovrà comunque essere trattato con le opportune cautele e, possibilmente, dopo esperienze geologiche acquisite in zona.

Correlazione con Nspt

Poiché la prova penetrometrica standard (SPT) rappresenta, ad oggi, uno dei mezzi più diffusi ed economici per ricavare informazioni dal sottosuolo, la maggior parte delle correlazioni esistenti riguardano i valori del numero di colpi Nspt ottenuto con la suddetta prova, pertanto si presenta la necessità di rapportare il numero di colpi di una prova dinamica con Nspt. Il passaggio viene dato da:

$$Nspt = \beta_t N$$

Dove:

$$\beta_t = \frac{Q}{Q_{SPT}}$$

in cui Q è l'energia specifica per colpo e Qspt è quella riferita alla prova SPT.

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

$$Q = \frac{M^2 \cdot H}{A \cdot \delta \cdot (M + M')}$$

in cui

M = peso massa battente;

M' = peso aste;

H = altezza di caduta;

A = area base punta conica;

δ = passo di avanzamento.

Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd

Formula Olandesi

$$Rpd = \frac{M^2 \cdot H}{[A \cdot e \cdot (M + P)]} = \frac{M^2 \cdot H \cdot N}{[A \cdot \delta \cdot (M + P)]}$$

Rpd = resistenza dinamica punta (area A);

e = infissione media per colpo (δ/ N);

M = peso massa battente (altezza caduta H);

P = peso totale aste e sistema battuta.

Metodologia di Elaborazione.

Le elaborazioni sono state effettuate mediante un programma di calcolo automatico Dynamic Probing della *GeoStru Software*.

Il programma calcola il rapporto delle energie trasmesse (coefficiente di correlazione con SPT) tramite le elaborazioni proposte da Pasqualini 1983 - Meyerhof 1956 - Desai 1968 - Borowczyk-Frankowsky 1981.

Permette inoltre di utilizzare i dati ottenuti dall'effettuazione di prove penetrometriche per estrapolare utili informazioni geotecniche e geologiche.

Una vasta esperienza acquisita, unitamente ad una buona interpretazione e correlazione, permettono spesso di ottenere dati utili alla progettazione e frequentemente dati maggiormente attendibili di tanti dati bibliografici sulle litologie e di dati geotecnici determinati sulle verticali litologiche da poche prove di laboratorio eseguite come rappresentazione generale di una verticale eterogenea disuniforme e/o complessa.

In particolare consente di ottenere informazioni su:

- l'andamento verticale e orizzontale degli intervalli stratigrafici,
- la caratterizzazione litologica delle unità stratigrafiche,
- i parametri geotecnici suggeriti da vari autori in funzione dei valori del numero dei colpi e delle resistenza alla punta.

Valutazioni statistiche e correlazioni

Elaborazione Statistica

Permette l'elaborazione statistica dei dati numerici di Dynamic Probing, utilizzando nel calcolo dei valori

rappresentativi dello strato considerato un valore inferiore o maggiore della media aritmetica dello strato (dato comunque maggiormente utilizzato); i valori possibili in immissione sono :

Media

Media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media minima

Valore statistico inferiore alla media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Massimo

Valore massimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Minimo

Valore minimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Scarto quadratico medio

Valore statistico di scarto dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media deviata

Valore statistico di media deviata dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media + s

Media + scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media - s

Media - scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Pressione ammissibile

Pressione ammissibile specifica sull'interstrato (con effetto di riduzione energia per svergolamento aste o no) calcolata secondo le note elaborazioni proposte da Herminier, applicando un coefficiente di sicurezza (generalmente = 20-22) che corrisponde ad un coefficiente di sicurezza standard delle fondazioni pari a 4, con una geometria fondale standard di larghezza pari a 1 mt. ed immersione $d = 1$ mt..

Correlazioni geotecniche terreni incoerenti

Liquefazione

Permette di calcolare utilizzando dati N_{spt} il potenziale di liquefazione dei suoli (prevalentemente sabbiosi).

Attraverso la relazione di *SHI-MING* (1982), applicabile a terreni sabbiosi, la liquefazione risulta possibile solamente se N_{spt} dello strato considerato risulta inferiore a N_{spt} critico calcolato con l'elaborazione di *SHI-MING*.

Correzione N_{spt} in presenza di falda

$$N_{spt} \text{ corretto} = 15 + 0.5 \times (N_{spt} - 15)$$

N_{spt} è il valore medio nello strato

La correzione viene applicata in presenza di falda solo se il numero di colpi è maggiore di 15 (la correzione viene eseguita se tutto lo strato è in falda) .

Angolo di Attrito

- Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956 - Correlazione valida per terreni non molli a prof. < 5 mt.; correlazione valida per sabbie e ghiaie rappresenta valori medi. - Correlazione storica molto usata, valevole per prof. < 5 mt. per terreni sopra falda e < 8 mt. per terreni in falda (tensioni < 8-10 t/mq)
- Meyerhof 1956 - Correlazioni valide per terreni argillosi ed argillosi-marnosi fessurati, terreni di riporto sciolti e coltri detritiche (da modifica sperimentale di dati).
- Sowers 1961)- Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. < 4 mt. sopra falda e < 7 mt. per terreni in falda) $\sigma > 5$ t/mq.
- De Mello - Correlazione valida per terreni prevalentemente sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi (da modifica sperimentale di dati) con angolo di attrito < 38° .
- Malcev 1964 - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. > 2 m. e per valori di angolo di attrito < 38°).

**Opere di manutenzione straordinaria infrastrutture viabili suolo extraurbano,
relativamente al subintervento 6.B in Frazione Montegrosso Cinaglio nel Comune di Asti.**

Schmertmann 1977- Angolo di attrito (gradi) per vari tipi litologici (valori massimi). N.B. valori spesso troppo ottimistici poiché desunti da correlazioni indirette da D_r %.

Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION) Angolo di attrito in gradi valido per sabbie - sabbie fini o limose e limi siltosi (cond. ottimali per prof. di prova > 8 mt. sopra falda e > 15 mt. per terreni in falda) $\sigma > 15$ t/mq.

Shioi-Fukuni 1982 (JAPANESE NATIONAL RAILWAY) Angolo di attrito valido per sabbie medie e grossolane fino a ghiaiose.

Angolo di attrito in gradi (Owasaki & Iwasaki) valido per sabbie - sabbie medie e grossolane-ghiaiose (cond. ottimali per prof. > 8 mt. sopra falda e > 15 mt. per terreni in falda) $s > 15$ t/mq.

Meyerhof 1965 - Correlazione valida per terreni per sabbie con % di limo $< 5\%$ a profondità < 5 mt. e con % di limo $> 5\%$ a profondità < 3 mt.

Mitchell e Katti (1965) - Correlazione valida per sabbie e ghiaie.

Densità relativa (%)

- Gibbs & Holtz (1957) correlazione valida per qualunque pressione efficace, per ghiaie D_r viene sovrastimato, per limi sottostimato.

Skempton (1986) elaborazione valida per limi e sabbie e sabbie da fini a grossolane NC a qualunque pressione efficace, per ghiaie il valore di D_r % viene sovrastimato, per limi sottostimato.

Meyerhof (1957).

Schultze & Menzenbach (1961) per sabbie fini e ghiaiose NC, metodo valido per qualunque valore di pressione efficace in depositi NC, per ghiaie il valore di D_r % viene sovrastimato, per limi sottostimato.

Modulo Di Young (E_y)

- Terzaghi - elaborazione valida per sabbia pulita e sabbia con ghiaia senza considerare la pressione efficace.
- Schmertmann (1978), correlazione valida per vari tipi litologici.
- Schultze-Menzenbach, correlazione valida per vari tipi litologici.
- D'Appollonia ed altri (1970), correlazione valida per sabbia, sabbia SC, sabbia NC e ghiaia.
- Bowles (1982), correlazione valida per sabbia argillosa, sabbia limosa, limo sabbioso, sabbia media, sabbia e ghiaia.

Modulo Edometrico

- Begemann (1974) elaborazione desunta da esperienze in Grecia, correlazione valida per limo con sabbia, sabbia e ghiaia.
- Buisman-Sanglerat, correlazione valida per sabbia e sabbia argillosa.
- Farrent (1963) valida per sabbie, talora anche per sabbie con ghiaia (da modifica sperimentale di dati).
- Menzenbach e Malcev valida per sabbia fine, sabbia ghiaiosa e sabbia e ghiaia.

Stato di consistenza

- Classificazione A.G.I. 1977

Peso di Volume Gamma

- Meyerhof ed altri, valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

Peso di volume saturo

- Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948-1967. Correlazione valida per peso specifico del materiale pari a circa $\gamma = 2,65$ t/mc e per peso di volume secco variabile da 1,33 ($N_{spt} = 0$) a 1,99 ($N_{spt} = 95$)

Modulo di poisson

- Classificazione A.G.I.

Opere di manutenzione straordinaria infrastrutture viabili suolo extraurbano, relativamente al subintervento 6.B in Frazione Montegrosso Cinaglio nel Comune di Asti.

Potenziale di liquefazione (Stress Ratio)

- Seed-Idriss 1978-1981 . Tale correlazione è valida solamente per sabbie, ghiaie e limi sabbiosi, rappresenta il rapporto tra lo sforzo dinamico medio τ e la tensione verticale di consolidazione per la valutazione del potenziale di liquefazione delle sabbie e terreni sabbio-ghiaiosi attraverso grafici degli autori.

Velocità onde di taglio V_s (m/sec)

- Tale correlazione è valida solamente per terreni incoerenti sabbiosi e ghiaiosi.

Modulo di deformazione di taglio (G)

- Ohsaki & Iwasaki – elaborazione valida per sabbie con fine plastico e sabbie pulite.
- Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982) elaborazione valida soprattutto per sabbie e per tensioni litostatiche comprese tra 0,5 - 4,0 kg/cmq.

Modulo di reazione (K_o)

- Navfac 1971-1982 - elaborazione valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso .

Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Q_c)

- Robertson 1983 Q_c

Correlazioni geotecniche terreni coesivi

Coesione non drenata

- Benassi & Vannelli- correlazioni scaturite da esperienze ditta costruttrice Penetrometri SUNDA 1983.
- Terzaghi-Peck (1948-1967), correlazione valida per argille sabbiose-siltose NC con $N_{spt} < 8$, argille limose-siltose mediamente plastiche, argille marnose alterate-fessurate.

Terzaghi-Peck (1948). C_u min-max.

- Sanglerat , da dati Penetr. Statico per terreni coesivi saturi , tale correlazione non è valida per argille sensitive con sensitività > 5 , per argille sovraconsolidate fessurate e per i limi a bassa plasticità.
- Sanglerat , (per argille limose-sabbiose poco coerenti), valori validi per resistenze penetrometriche < 10 colpi, per resistenze penetrometriche > 10 l'elaborazione valida è comunque quella delle "argille plastiche " di Sanglerat.
- (U.S.D.M.S.M.) U.S. Design Manual Soil Mechanics Coesione non drenata per argille limose e argille di bassa media ed alta plasticità , (C_u - N_{spt} -grado di plasticità).

Schmertmann 1975 C_u (Kg/cmq) (valori medi), valida per **argille** e **limi argillosi** con $N_c=20$ e $Q_c/N_{spt}=2$.

Schmertmann 1975 C_u (Kg/cmq) (valori minimi), valida per argille NC .

Fletcher 1965 - (Argilla di Chicago) . Coesione non drenata C_u (Kg/cmq), colonna valori validi per argille a medio-bassa plasticità .

Houston (1960) - argilla di media-alta plasticità.

- Shioi-Fukuni 1982 , valida per suoli poco coerenti e plastici, argilla di media-alta plasticità.
- Begemann.
- De Beer.

Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Q_c)

- Robertson 1983 Q_c

Modulo Edometrico-Confinato (M_o)

- Stroud e Butler (1975) - per litotipi a media plasticità, valida per litotipi argillosi a media-medio-alta plasticità - da esperienze su argille glaciali.
- Stroud e Butler (1975), per litotipi a medio-bassa plasticità ($IP < 20$), valida per litotipi argillosi a medio-bassa plasticità ($IP < 20$) - da esperienze su argille glaciali .
- Vesic (1970) correlazione valida per argille molli (valori minimi e massimi).
- Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner Modulo Confinato - M_o (Eed) (Kg/cmq)-, valida per litotipi argillosi e limosi-argillosi (rapporto $Q_c/N_{spt}=1.5-2.0$).

**Opere di manutenzione straordinaria infrastrutture viabili suolo extraurbano,
relativamente al subintervento 6.B in Frazione Montegrosso Cinaglio nel Comune di Asti.**

- Buisman- Sanglerat, valida per argille compatte (Nspt <30) medie e molli (Nspt <4) e argille sabbiose (Nspt=6-12).

Modulo Di Young (E_y)

Schultze-Menzenbach - (Min. e Max.), correlazione valida per limi coerenti e limi argillosi con I.P. >15
D'Appollonia ed altri (1983) - correlazione valida per argille sature-argille fessurate.

Stato di consistenza

- Classificazione A.G.I. 1977

Peso di Volume Gamma

- Meyerhof ed altri, valida per argille, argille sabbiose e limose prevalentemente coerenti.

Peso di volume saturo

- Correlazione Bowles (1982), Terzaghi-Peck (1948-1967), valida per condizioni specifiche: peso specifico del materiale pari a circa $G=2,70$ (t/mc) e per indici dei vuoti variabili da 1,833 (Nspt=0) a 0,545 (Nspt=28)

PROVA A_1

Strumento utilizzato...DPSH TG 63-200 PAGANI

Prova eseguita in data 17/05/2022

Profondita' prova 6.40 mt

Falda rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0.20	1	0.855	8.98	10.51	0.45	0.53
0.40	1	0.851	8.94	10.51	0.45	0.53
0.60	1	0.847	8.17	9.64	0.41	0.48
0.80	2	0.843	16.27	19.29	0.81	0.96
1.00	1	0.840	8.10	9.64	0.40	0.48
1.20	2	0.836	16.13	19.29	0.81	0.96
1.40	8	0.833	64.25	77.15	3.21	3.86
1.60	9	0.830	66.53	80.20	3.33	4.01
1.80	12	0.826	88.36	106.93	4.42	5.35
2.00	18	0.773	124.01	160.40	6.20	8.02
2.20	11	0.820	80.39	98.02	4.02	4.90
2.40	10	0.817	72.81	89.11	3.64	4.46
2.60	10	0.814	67.43	82.82	3.37	4.14
2.80	8	0.811	53.76	66.25	2.69	3.31
3.00	8	0.809	53.58	66.25	2.68	3.31

*Opere di manutenzione straordinaria infrastrutture viabili suolo extraurbano,
relativamente al subintervento 6.B in Frazione Montegrosso Cinaglio nel Comune di Asti.*

3.20	8	0.806	53.40	66.25	2.67	3.31
3.40	8	0.803	53.23	66.25	2.66	3.31
3.60	7	0.801	43.37	54.15	2.17	2.71
3.80	8	0.798	49.41	61.88	2.47	3.09
4.00	7	0.796	43.10	54.15	2.16	2.71
4.20	9	0.794	55.26	69.62	2.76	3.48
4.40	9	0.791	55.10	69.62	2.75	3.48
4.60	10	0.789	57.27	72.57	2.86	3.63
4.80	10	0.787	57.12	72.57	2.86	3.63
5.00	10	0.785	56.97	72.57	2.85	3.63
5.20	10	0.783	56.82	72.57	2.84	3.63
5.40	12	0.781	68.02	87.08	3.40	4.35
5.60	13	0.729	64.78	88.84	3.24	4.44
5.80	17	0.727	84.50	116.18	4.22	5.81
6.00	18	0.725	89.24	123.01	4.46	6.15
6.20	20	0.724	98.92	136.68	4.95	6.83
6.40	20	0.722	98.69	136.68	4.93	6.83

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Peso unita' di volume (t/m ³)	Peso unita' di volume saturo (t/m ³)	Tensione efficace (Kg/cm ²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
1.2	1.33	13.15	Incoerente	1.4	1.87	0.08	1.46	1.94	Riporto fine
2.6	11.14	99.23	Incoerente	1.92	1.96	0.3	1.47	16.4	Riporto grossolano
5.2	8.62	66.52	Incoerente	1.82	1.94	0.65	1.49	12.84	Sabbie siltose addensate
6.4	16.67	114.75	Incoerente - coesivo	2.12	2.23	0.84	1.5	25.07	Substrato siltoso-sabbioso compatto

Liquefazione Metodo di Shi-Ming (1982)

Strato	VII Nspt critico	VIII Nspt critico	IX Nspt critico	X Nspt critico	Condizione
Strato 1	0	0	0	0	
Strato 2	0	0	0	0	
Strato 3	7.77	12.95	20.72	31.08	Liquefazione possibile al VIII° Mercalli
Strato 4	8.31	13.85	22.16	33.24	Liquefazione possibile al X° Mercalli

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA A_1

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
Strato (4) Substrato siltoso- sabbioso compatto	25.07	5.20-6.40	Terzaghi-Peck	1.69

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
Strato (4) Substrato siltoso- sabbioso compatto	25.07	5.20-6.40	Robertson (1983)	50.14

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato (4) Substrato siltoso- sabbioso compatto	25.07	5.20-6.40	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	257.49

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm ²)
Strato (4) Substrato siltoso- sabbioso compatto	25.07	5.20-6.40	Apollonia	250.70

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato (4) Substrato siltoso- sabbioso compatto	25.07	5.20-6.40	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE

Peso unita' di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume (t/m ³)
Strato (4) Substrato siltoso- sabbioso compatto	25.07	5.20-6.40	Meyerhof	2.12

Peso unita' di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume saturo (t/m³)
Strato (4) Substrato siltoso-sabbioso compatto	25.07	5.20-6.40	Meyerhof	2.23

Velocita' onde di taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocita' onde di taglio (m/s)
Strato (4) Substrato siltoso-sabbioso compatto	25.07	5.20-6.40	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	161.31

TERRENI INCOERENTI

Densita' relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densita' relativa (%)
Strato (1) Riporto fine	1.94	0.00-1.20	1.94	Meyerhof 1957	33.03
Strato (2) Riporto grossolano	16.40	1.20-2.60	16.40	Meyerhof 1957	84.94
Strato (3) Sabbie siltose addensate	12.84	2.60-5.20	12.84	Meyerhof 1957	64.84
Strato (4) Substrato siltoso-sabbioso compatto	25.07	5.20-6.40	20.04	Meyerhof 1957	75.67

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1) Riporto fine	1.94	0.00-1.20	1.94	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	20.39
Strato (2) Riporto	16.40	1.20-2.60	16.40	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE)	30.68

grossolano				SPECIFICATION)	
Strato (3) Sabbie siltose addensate	12.84	2.60-5.20	12.84	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	28.88
Strato (4) Substrato siltoso-sabbioso compatto	25.07	5.20-6.40	20.04	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	32.34

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm ²)
Strato (1) Riporto fine	1.94	0.00-1.20	1.94	Schmertmann (1978) (Sabbie)	15.52
Strato (2) Riporto grossolano	16.40	1.20-2.60	16.40	Schmertmann (1978) (Sabbie)	131.20
Strato (3) Sabbie siltose addensate	12.84	2.60-5.20	12.84	Schmertmann (1978) (Sabbie)	102.72
Strato (4) Substrato siltoso-sabbioso compatto	25.07	5.20-6.40	20.04	Schmertmann (1978) (Sabbie)	160.28

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
Strato (1) Riporto fine	1.94	0.00-1.20	1.94	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)	46.65
Strato (2) Riporto grossolano	16.40	1.20-2.60	16.40	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)	111.14
Strato (3) Sabbie siltose addensate	12.84	2.60-5.20	12.84	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)	95.27
Strato (4) Substrato siltoso-sabbioso compatto	25.07	5.20-6.40	20.04	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)	127.36

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (1) Riporto fine	1.94	0.00-1.20	1.94	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
Strato (2) Riporto grossolano	16.40	1.20-2.60	16.40	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato (3) Sabbie siltose addensate	12.84	2.60-5.20	12.84	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato (4) Substrato siltoso-sabbioso compatto	25.07	5.20-6.40	20.04	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO

Peso unita' di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unita' di Volume (t/m ³)
Strato (1) Riporto fine	1.94	0.00-1.20	1.94	Meyerhof et al.	1.40
Strato (2) Riporto grossolano	16.40	1.20-2.60	16.40	Meyerhof et al.	1.92
Strato (3) Sabbie siltose addensate	12.84	2.60-5.20	12.84	Meyerhof et al.	1.82
Strato (4) Substrato siltoso-sabbioso compatto	25.07	5.20-6.40	20.04	Meyerhof et al.	1.99

Peso unita' di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unita' Volume Saturo (t/m ³)
Strato (1) Riporto fine	1.94	0.00-1.20	1.94	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.87
Strato (2) Riporto grossolano	16.40	1.20-2.60	16.40	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.96
Strato (3) Sabbie siltose addensate	12.84	2.60-5.20	12.84	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.94

**Opere di manutenzione straordinaria infrastrutture viabili suolo extraurbano,
relativamente al subintervento 6.B in Frazione Montegrosso Cinaglio nel Comune di Asti.**

Strato (4) Substrato siltoso-sabbioso compatto	25.07	5.20-6.40	20.04	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.99
---	-------	-----------	-------	----------------------------	------

Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
Strato (1) Riporto fine	1.94	0.00-1.20	1.94	(A.G.I.)	0.35
Strato (2) Riporto grossolano	16.40	1.20-2.60	16.40	(A.G.I.)	0.32
Strato (3) Sabbie siltose addensate	12.84	2.60-5.20	12.84	(A.G.I.)	0.33
Strato (4) Substrato siltoso-sabbioso compatto	25.07	5.20-6.40	20.04	(A.G.I.)	0.31

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	G (Kg/cm ²)
Strato (1) Riporto fine	1.94	0.00-1.20	1.94	Ohsaki (Sabbie pulite)	121.18
Strato (2) Riporto grossolano	16.40	1.20-2.60	16.40	Ohsaki (Sabbie pulite)	901.29
Strato (3) Sabbie siltose addensate	12.84	2.60-5.20	12.84	Ohsaki (Sabbie pulite)	716.08
Strato (4) Substrato siltoso-sabbioso compatto	25.07	5.20-6.40	20.04	Ohsaki (Sabbie pulite)	1087.92

Velocita' onde di taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Velocita' onde di taglio (m/s)
Strato (1) Riporto fine	1.94	0.00-1.20	1.94	Ohta & Goto (1978) Limi	69.52
Strato (2) Riporto	16.40	1.20-2.60	16.40	Ohta & Goto (1978) Limi	125.63

**Opere di manutenzione straordinaria infrastrutture viabili suolo extraurbano,
relativamente al subintervento 6.B in Frazione Montegrosso Cinaglio nel Comune di Asti.**

grossolano					
Strato (3) Sabbie siltose addensate	12.84	2.60-5.20	12.84	Ohta & Goto (1978) Limi	138.35
Strato (4) Substrato siltoso-sabbioso compatto	25.07	5.20-6.40	20.04	Ohta & Goto (1978) Limi	161.31

Liquefazione

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Fs liquefazione
Strato (1) Riporto fine	1.94	0.00-1.20	1.94	Seed e Idriss (1971)	--
Strato (2) Riporto grossolano	16.40	1.20-2.60	16.40	Seed e Idriss (1971)	--
Strato (3) Sabbie siltose addensate	12.84	2.60-5.20	12.84	Seed e Idriss (1971)	6.003
Strato (4) Substrato siltoso-sabbioso compatto	25.07	5.20-6.40	20.04	Seed e Idriss (1971)	>10

Coefficiente spinta a Riposo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	K0
Strato (1) Riporto fine	1.94	0.00-1.20	1.94	Navfac 1971- 1982	0.25
Strato (2) Riporto grossolano	16.40	1.20-2.60	16.40	Navfac 1971- 1982	3.39
Strato (3) Sabbie siltose addensate	12.84	2.60-5.20	12.84	Navfac 1971- 1982	2.69
Strato (4) Substrato siltoso-sabbioso compatto	25.07	5.20-6.40	20.04	Navfac 1971- 1982	4.05

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
Strato (1) Riporto fine	1.94	0.00-1.20	1.94	Robertson 1983	3.88
Strato (2) Riporto	16.40	1.20-2.60	16.40	Robertson 1983	32.80

grossolano					
Strato (3) Sabbie siltose addensate	12.84	2.60-5.20	12.84	Robertson 1983	25.68
Strato (4) Substrato siltoso-sabbioso compatto	25.07	5.20-6.40	20.04	Robertson 1983	40.07

4.2. Azione sismica: categoria del suolo di fondazione

Ai sensi dell'O.P.C.M. n. 3274 del 20/03/2003 e succ. modifiche (aggiornamento 15/01/2005) e dell'O.P.C.M. n. 3519 del 20/04/2006 con nuova classificazione sismica del territorio della Regione Piemonte con **D.G.R. del 30 dicembre 2019, n.6-887**, il numero di zone sismiche è fissato pari a 4, corrispondenti ai 4 valori di accelerazione orizzontale (a_g / g) di ancoraggio dello spettro di risposta elastico. Il **Comune di Asti** ricade in **zona sismica 4** a cui corrisponde un'accelerazione sismica orizzontale **g** inferiore **a 0,05**, con probabilità di superamento non maggiore del 10% in 50 anni, che si traduce in un'accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico pari a **0,05 (a_g / g)**.

L' O.P.C.M. n. 3274 del 20/03/2003 e s.m.i. prevede ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto la definizione della categoria di profilo stratigrafico del suolo di fondazione, basata sulla velocità delle onde sismiche di taglio V_s . Ma la grande novità delle N.T.C. 2018 (Art. 3.2.2.) è l'introduzione della V_{seq} , che costituisce un parametro correlato alla velocità delle onde di taglio V_s degli strati di terreno, ivi nei primi 30 m di sottosuolo al di sotto del piano di posa delle fondazioni; V_{seq} , che rappresenta una velocità equivalente, è espressa dalla seguente formula:

$$V_{s,eq} = H / \sum_{i=1,N} (h_i/V_{s,i}) \quad (1)$$

dove H risulta essere la profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s.

Sulla base di quanto esposto, si è proceduto alla ricostruzione del profilo stratigrafico correlando i dati ricavati dai sondaggi, dalle prove penetrometriche e dalle conoscenze geologiche bibliografiche.

Attraverso un'indagine geofisica pregressa è stato possibile definire dati sulle velocità delle onde di taglio V_S .

Di seguito viene inoltre proposto di ricavare i parametri geofisici attraverso la correlazione con i valori di N_{SPT} , pur riconoscendo i limiti di tali procedimenti.

STIMA DELLE V_S ATTRAVERSO PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE (SPT)

Esistono in letteratura molte formule empiriche che consentono di correlare il valore di N_{SPT} (numero di colpi per 30 cm di avanzamento) con la velocità delle onde S nel terreno. In questo contesto si è ricorsi alla formula di OTHA & GOTO (1978), valida per terreni con frazione dominante costituita da sabbie da fini a grossolane fino a ghiaiose. Quest'ultima, che tiene conto sia dell'età del deposito sia della sua granulometria dominante, ha la seguente espressione:

$$V_S = 68 \cdot (N_{SPT})_{60}^{0,17} \cdot z^{0,2} \cdot f_A \cdot f_G \quad (2)$$

V_S velocità delle onde di taglio

$(N_{SPT})_{60}$ numero di colpi corretto per un'energia pari al 60% di quella teorica e per la pressione litostatica del terreno sovrastante dovuto alla profondità della prova

z profondità media dello strato dal piano campagna espressa in m

f_A fattore che tiene conto dell'età del deposito

f_G coefficiente funzione della granulometria dominante dello strato

Età del deposito	Fattore f_A
Olocene	1.0
Pleistocene	1.3

Granulometria dominante	Coefficiente f_G
Argilla	1,00
Sabbia fine	1,09
Sabbia media	1,07
Sabbia grossa	1,14
Sabbia ghiaiosa	1,15
Ghiaia	1,45

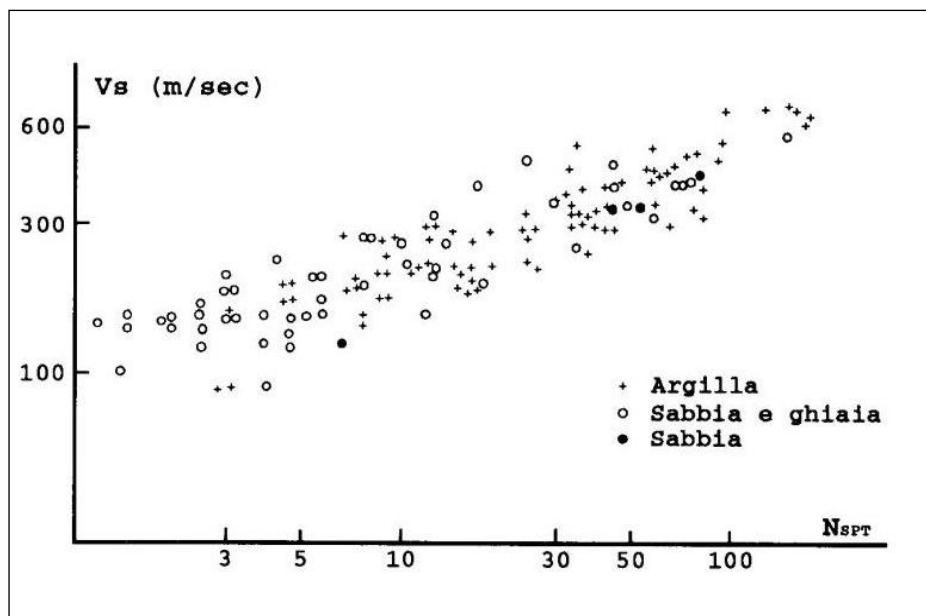
Considerando, dunque, i 30 m dal piano di fondazione e dall'applicazione della (1), la V_{s30} equivalente corrisponde a 400 m/s.

Ai sensi del § 3.1 dell'Allegato n. 2, "Norme tecniche per il progetto, la valutazione e l'adeguamento sismico degli edifici", all' O.P.C.M. n. 3274 del 20/03/2003 nonché N.T.C. 2018 e sulla base dell'indagine, del rilevamento e dei calcoli eseguiti, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si può definire, per l'insieme dei depositi compresi nei primi 30 m litotipi presenti nell'area in esame, il seguente profilo stratigrafico del suolo di fondazione:

Categoria "B" di suolo di fondazione così definita:

"Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s."

I valori delle velocità delle onde di taglio V_s sono stati anche confrontati graficamente con le relazioni sperimentali tra V_s e N_{SPT} per argille, sabbie e ghiaie di MAI & YOSHIMURA (1975). Il grafico conforta i calcoli sopra effettuati.



Relazioni sperimentali tra V_s e N_{SPT} per argille, sabbie e ghiaie (Mai & Yoshimura, 1975)

In riferimento al D.M. 17/01/2018 "N.T.C." i parametri sismici di riferimento per l'area in oggetto sono i seguenti:

Sito in esame

latitudine: 44,929148
longitudine: 8,111231
Classe: 2
Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1	ID: 14464	Lat: 44,9116	Lon: 8,0554	Distanza: 4806,934
Sito 2	ID: 14465	Lat: 44,9148	Lon: 8,1258	Distanza: 1968,044
Sito 3	ID: 14243	Lat: 44,9647	Lon: 8,1213	Distanza: 4028,101
Sito 4	ID: 14242	Lat: 44,9615	Lon: 8,0510	Distanza: 5952,163

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: B
Categoria topografica: T1
Periodo di riferimento: 50anni
Coefficiente c_u : 1

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 %
Tr: 30 [anni]
ag: 0,017 g

Fo: 2,624
Tc*: 0,161 [s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %
Tr: 50 [anni]
ag: 0,021 g
Fo: 2,605
Tc*: 0,184 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 %
Tr: 475 [anni]
ag: 0,041 g
Fo: 2,707
Tc*: 0,288 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento: 5 %
Tr: 975 [anni]
ag: 0,049 g
Fo: 2,768
Tc*: 0,304 [s]

Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

SLO:

Ss: 1,200
Cc: 1,580
St: 1,000
Kh: 0,004
Kv: 0,002
Amax: 0,202
Beta: 0,200

SLD:

Ss: 1,200
Cc: 1,540
St: 1,000
Kh: 0,005
Kv: 0,003
Amax: 0,246
Beta: 0,200

SLV:

Ss: 1,200

Cc: 1,410
St: 1,000
Kh: 0,010
Kv: 0,005
Amax: 0,483
Beta: 0,200
SLC:
Ss: 1,200
Cc: 1,400
St: 1,000
Kh: 0,012
Kv: 0,006
Amax: 0,574
Beta: 0,200

Le coordinate espresse in questo file sono in ED50
Coordinate WGS84
latitudine: 44.928190 - longitudine: 8.110158

5. CONCLUSIONI E PRESCRIZIONI

Nel corso dell'indagine sono state descritte le caratteristiche **geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche del sito** ed è stata ricostruita la **caratterizzazione geotecnica del terreno**. Tale caratterizzazione si è basata principalmente sui risultati di n°1 Prova Penetrometrica Dinamica (S.C.P.T.) condotta in corrispondenza delle opere in progetto. L'indagine geognostica ha permesso di definire un modello geologico e geotecnico del sottosuolo (Cap. 6.2.2 delle N.T.C.) composto da quattro strati, con falda libera a -3,6 m dal locale p.c.: si prescrive la realizzazione di micropali di fondazione da immorsarsi adeguatamente nel locale substrato sabbioso e pertanto con lunghezze non inferiori a 6,0-9,0 m dal locale p.c.

Si rimanda agli elaborati a firma del progettista ing. Roberto Sperandio per i dettagli e particolari d'interesse.

Si consiglia in fase esecutiva:

- di adottare delle opere di impermeabilizzazione, di drenaggio e di allontanamento delle acque, onde evitare infiltrazioni ed eccessive spinte idrauliche a tergo dei muri;
- di porre particolare attenzione durante gli scavi ed i lavori, soprattutto in caso di forti precipitazioni, che potrebbero causare temporanei rigonfiamenti e problemi di stabilità di eventuali fronti di scavo; si raccomandano, dunque, le più attente cautele nella esecuzione di scavi e sbancamenti; sarà sicuramente necessario proteggere le pareti di scavo con **adeguate opere di sostegno**; si raccomanda, inoltre, di non basare carichi provvisori, silos, gru, depositi e accumuli di materiali a meno di tre metri del bordo degli scavi per non provocarne crolli.

Sulla base di quanto sopra espresso, in relazione ai disposti previsti dalla normativa di cui al *D.M. LL.PP. 11/03/1988 n. 47* e relative istruzioni applicative emanate con *Circolari LL.PP. 24/09/88 n. 30483* si ritiene che le opere realizzate, così come anche dagli elaborati progettuali analizzati, non inducono modificazioni al preesistente assetto geologico ed idrogeologico del sito e del suo immediato contorno; pertanto se ne attesta la compatibilità geologica, geomorfologica e geotecnica in ottemperanza di quanto previsto dalla normativa vigente.

Asti, 22 giugno 2022

Il Geologo incaricato
Dr. Geol. Massimo Castellaro
(firmato digitalmente)

SOMMARIO

1. Premessa e localizzazione dell'area d'intervento	2
2. Inquadramento geologico e geomorfologico	5
3. Inquadramento idrogeologico	13
4. Aspetti geotecnici: indagini geognostiche <i>IN SITU</i>	15
5. Conclusioni e prescrizioni	34

AREA IN OGGETTO ED UBICAZIONE PROVA PENETROMETRICA



<https://www.google.com/maps/>