STUDIO ASSOCIATO GEOLOGICA
Dott. Geol. Daniele Chiuminatto & Corrado Duregon
Sede operativa: Via Chiuminatto n°5, 10080 Cintano (TO)
Cell. 349/2588017- e-mail: info@studiogeologica.it
Partita I.V.A. 01089590077

REGIONE LIGURIA

PROVINCIA DI IMPERIA

COMUNE DI TAGGIA

ITALGAS reti
Progetto di nuovo polo per attivita' tecniche e riqualificazione delle aree esterne, in via Periane n. 45

RELAZIONE GEOLOGICA

CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E SISMICA

RELAZIONE DI COMPATIBILITA' GEOLOGICO-IDRAULICA DELLA VARIANTE URBANISTICA

(D.M. 11.03.1988; D.M 17.01.2018)

Committente:

GIUGIARO ARCHITETTURA s.r.l. per conto di Italgas

Strada Cesare Ferrero di Cambiano, 32
10024 Moncalieri (TO)
P.IVA/C.F. 08749830017



ottobre 2021

INDICE

PREMESSA 3
1. LOCALIZZAZIONE GEOGRAFICA 4
2. RIFERIMENTI NORMATIVI E PRINCIPALI STRUMENTI DI PIANIFICAZIONE 4
2.1. PIANO DI BACINO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO DELLA PROVINCIA DI IMPERIA: BACINO TORRENTE ARGENTINA 4
2.2. PIANO URBANISTICO COMUNALE (PUC) DEL COMUNE DI TAGGIA 6
3. ASPETTI GEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI 8
4. ASPETTI IDROGRAFICI E IDROGEOLOGICI 10
5. ASSETTO LITOSTRATIGRAFICO E INDAGINE PENETROMETRICA 11
5.1. INDAGINE GEOGNOSTICA 14
6. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI 15
7. SISMICITA' E CLASSIFICAZIONE SISMICA 17
8. PARAMETRI SISMICI E CATEGORIA DI SUOLO DI FONDAZIONE 19
9. PROSPEZIONE SISMICA DI TIPO "MASW" (Multichannel Analysis of Surface Waves) 21
10. VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE 25
CONCLUSIONI 28
DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA 30
ALLEGATI 34

PREMESSA

Su incarico della Committenza, è stata condotta un'indagine geologica su di un'area sita in comune di Taggia (IM), in corrispondenza di un lotto di proprietà di Italgas, sito in via Periane 45, sul quale è prevista la realizzazione di un nuovo polo che raccolga le necessità di unificare sul territorio di Taggia le unità tecniche di Imperia e Sanremo.

In dettaglio, sono previsti interventi di demolizione di alcuni edifici e pertinenze in disuso e la realizzazione di un nuovo edificio direzionale.

Lo studio ha avuto per obiettivo:

- **L'accertamento di eventuali rischi geologici gravanti sulla porzione di area interessata dall'intervento;**
- **Il rilievo delle caratteristiche geomorfologiche ed idrogeologiche dei terreni costituenti il sottosuolo;**
- **La ricostruzione dell'assetto litostratigrafico dell'area e la caratterizzazione geotecnica del sottosuolo;**
- **La definizione della pericolosità sismica di base;**
- **La valutazione della compatibilità degli interventi in progetto con il contesto idrogeologico della zona.**

L'indagine è stata svolta mediante una campagna di rilevamento geologico di un intorno significativo del settore in esame. Tale rilievo ha permesso di esaminare le attuali condizioni di stabilità dell'area e di ricostruirne i caratteri geomorfologici, idrogeologici e litostratigrafici.

La valutazione delle caratteristiche geotecniche dei materiali presenti nel sottosuolo è stata sviluppata mediante l'esecuzione di n. 4 prove penetrometriche dinamiche e di un sondaggio geognostico a carotaggio continuo.

E' stata inoltre realizzata un'indagine geofisica di tipo sismico (MASW) per la determinazione della velocità di propagazione delle onde sismiche trasversali nel sottosuolo ($Vs_{,eq}$).

La presente relazione ottempera alle prescrizioni contenute nelle "*Norme tecniche riguardanti le indagini su terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione*", fissate dal D.M. 11/03/88. Essa inoltre ottempera alle "*Norme tecniche per le costruzioni*" contenute nel D.M. 17/01/18.

1. LOCALIZZAZIONE GEOGRAFICA

Il sito in esame ricade in Comune di Taggia, in via Periane 45, a sud del concentrico comunale ***(Fig. 1)***.

L'area in esame si colloca in sponda idrografica destra del Torrente Argentina, nella parte terminale dell'omonima valle, ad una quota topografica di circa 35 m s.l.m. e ricade all'interno della sezione n. 258154 della Carta Tecnica Regionale in scala 1:5.000.



Fig. 1: Inquadramento su foto satellitare dell'area in esame (in rosso)

2. RIFERIMENTI NORMATIVI E PRINCIPALI STRUMENTI DI PIANIFICAZIONE

2.1. PIANO DI BACINO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO DELLA PROVINCIA DI IMPERIA: BACINO TORRENTE ARGENTINA

Con riferimento allo strumento di pianificazione vigente, l'area in oggetto ricade in un areale a pericolosità e suscettività al dissesto molto bassa (Pg0), corrispondente ad "*aree in cui i processi geomorfologici e le caratteristiche fisiche dei terreni non costituiscono, se non occasionalmente, fattori predisponenti al verificarsi di movimenti di massa*" ***(Fig. 2).***

Dal punto di vista normativo nelle aree a suscettività al dissesto molto bassa "*si 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 di dette aree, attraverso indagini specifiche, 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, ad individuare le modalità tecnico-esecutive dell'intervento, nonché ad attestare che gli stessi non aggravino le condizioni di stabilità del versante. […] Nelle classi di suscettività al dissesto si applicano, in ogni caso, le norme generali di carattere idrogeologico per la prevenzione del dissesto di cui all'art. 5*" (Norme di Attuazione del Piano).



Fig. 2: Estratto Tav. 13a "Carta della suscettività al dissesto", Piano di Bacino del Torrente Argentina; in rosso area in esame

Per quanto riguarda la "*Carta del rischio geomorfologico*" del Piano di Bacino, l'area in esame ricade in un settore a rischio lieve o trascurabile ***(Fig. 3)***.

L'area è inoltre esterna alle aree esondabili e non è soggetta a rischio idraulico.

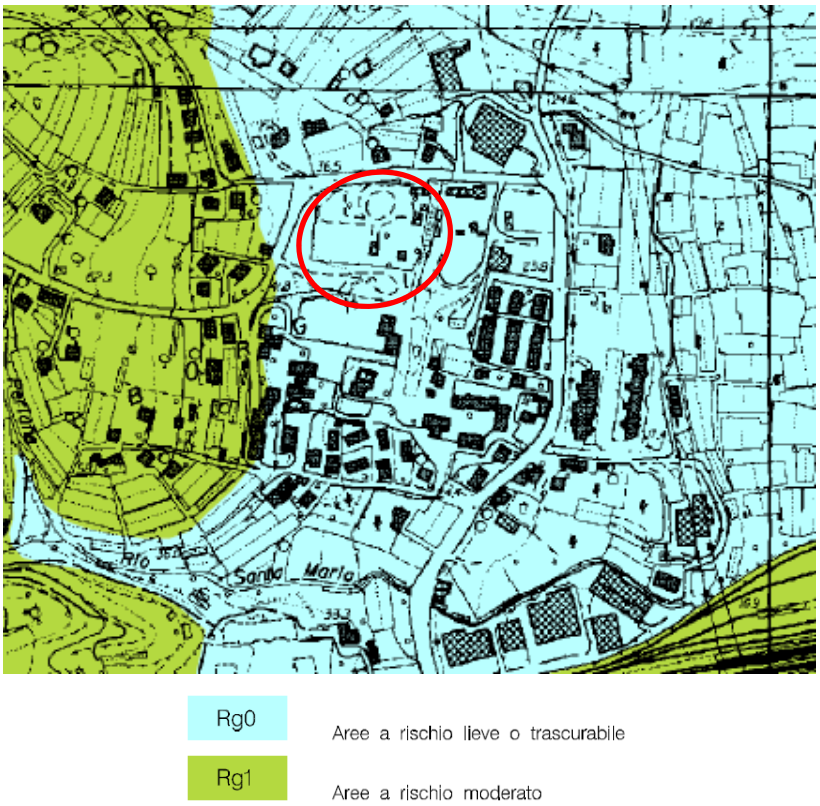


Fig. 3: Estratto Tav. 14a "Carta del rischio geomorfologico", Piano di Bacino del Torrente Argentina

2.2. PIANO URBANISTICO COMUNALE (PUC) DEL COMUNE DI TAGGIA

Sebbene il PUC di Taggia non sia attualmente vigente in quanto non approvato (e risulti decaduta la salvaguardia del preliminare), la documentazione geologico-idraulica prodotta nell'ambito degli studi geologici a corredo del Piano rappresenta il più aggiornato elemento conoscitivo a carattere locale pertanto, nel presente lavoro, si è analizzata la cartografia tematica disponibile sul sito istituzionale comunale Dalla consultazione della "*Carta della suscettività d'uso del territorio*" ***(Fig. 4)***, si evince che l'area in oggetto ricade in **Classe I di suscettività d'uso non condizionata**, in una **Zona di attenzione per liquefazione (C-LI).**

La **Classe I di suscettività** comprende "*aree nelle quali i valori dei parametri descrittivi del territorio (acclività, litologia, uso del suolo, permeabilità, reticolo idrografico, franosità) denotano condizioni di bassa suscettività al dissesto. In queste aree sono pertanto consentiti tutti gli interventi purché corredati da specifici studi geologici e geotecnici […].*

Le Norme geologiche proporrebbero quanto segue:

"In questi ambiti l'applicazione delle indicazioni delle NTC 2008 è mirata essenzialmente a verificare che:

- *l'opera in progetto non alteri l'equilibrio dell'assetto geologico, geomorfologico ed idrogeologico esistente;*
- *nel caso in cui l'intervento sia ubicato sul fondovalle dovranno essere verificati lo spessore delle coperture alluvionali, la composizione granulometrica, la presenza di livelli comprimibili e la profondità della falda idrica;*
- *nel caso vengano interessate zone di captazione idrica dal sottosuolo, occorrerà valutare anche l'impatto, sulla circolazione idrica sotterranea che possono esercitare eventuali opere di consolidamento (pali, ancoraggi);*
- *non vi siano ripercussioni sul comportamento statico o sulla funzionalità degli eventuali manufatti adiacenti;*
- *la presenza di eventuali caratteristiche puntuali, non rilevabili alla scala del PUC, ma interferenti con l'intervento in progetto;*
- *l'opera in progetto non alteri la stabilità del versante interessato;*
- *gli accertamenti dovranno inoltre comprendere studi e considerazioni sulle opere di drenaggio e sulla limitazione delle impermeabilizzazioni secondo quanto prescritto nei criteri generali all'art. 4: Norme di salvaguardia idrogeologica e idraulica"*

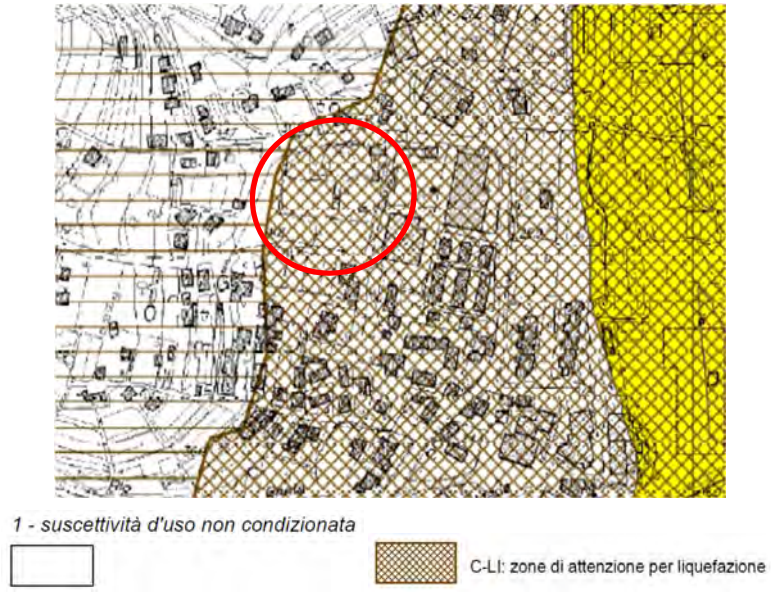


Fig. 4: Estratto Tav. DF.GEO.9 "Carta della suscettività d'uso del territorio", PUC del Comune di Taggia; in rosso area in esame

3. ASPETTI GEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI

Dal punto di vista geologico il comune di Taggia insiste su un triangolo di territorio inserito tra le unità del dominio Delfinese-provenzale ad ovest e del dominio Brianzonese a nord, entrambi appartenenti all'edificio strutturale delle Alpi Liguri.

Tale territorio è caratterizzato dall'affioramento di successioni Flyschoidi, tra cui il Flysch ad Elmintoidi dell'Unità di San Remo-M. Saccarello. Lungo l'asse del Torrente Argentina affiorano anche i domini posti tettonicamente al di sotto dei Flysch, rappresentati dal dominio Sub-Brianzonese e dal Delfinese-provenzale ***(Fig. 5)***.

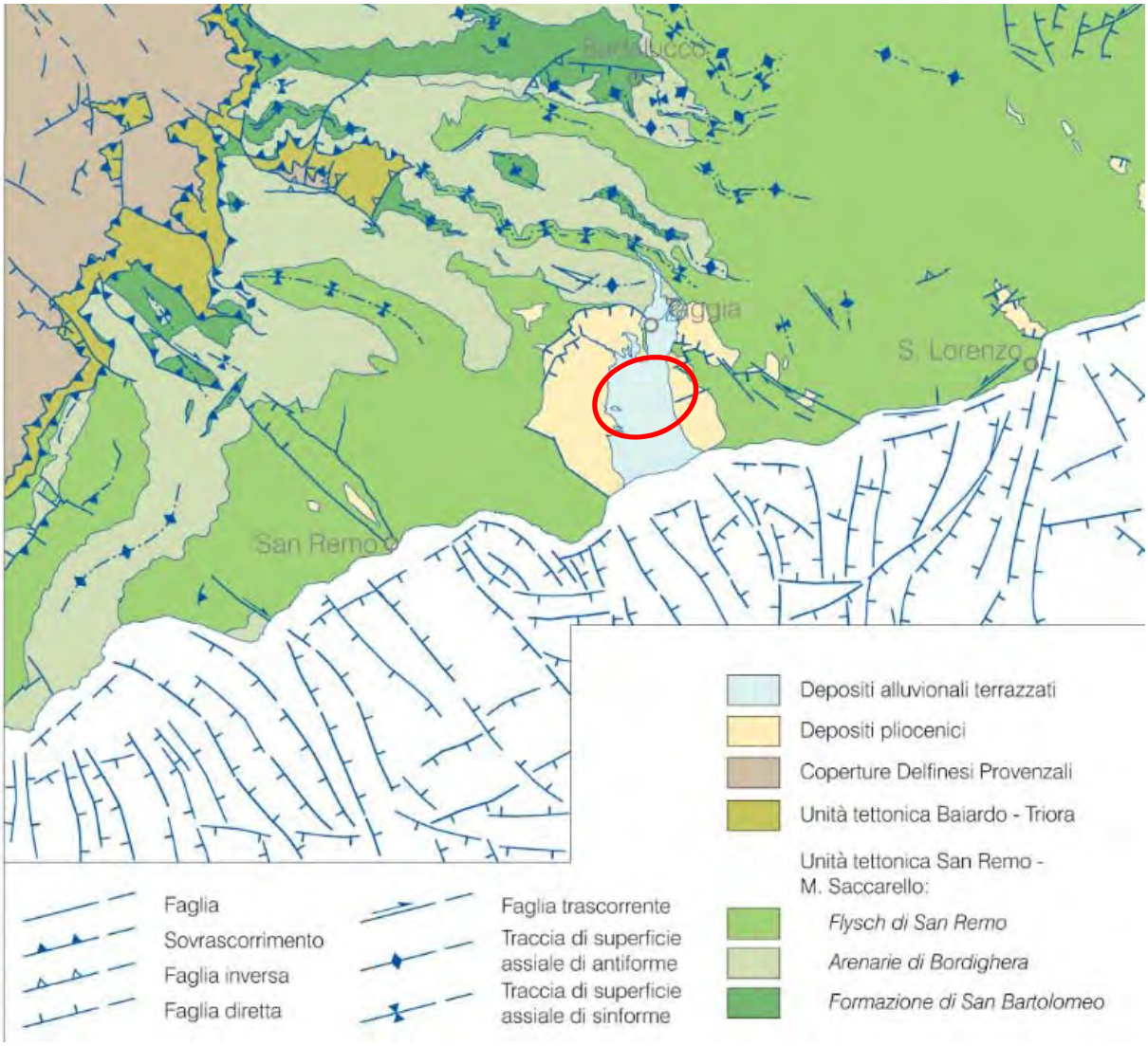
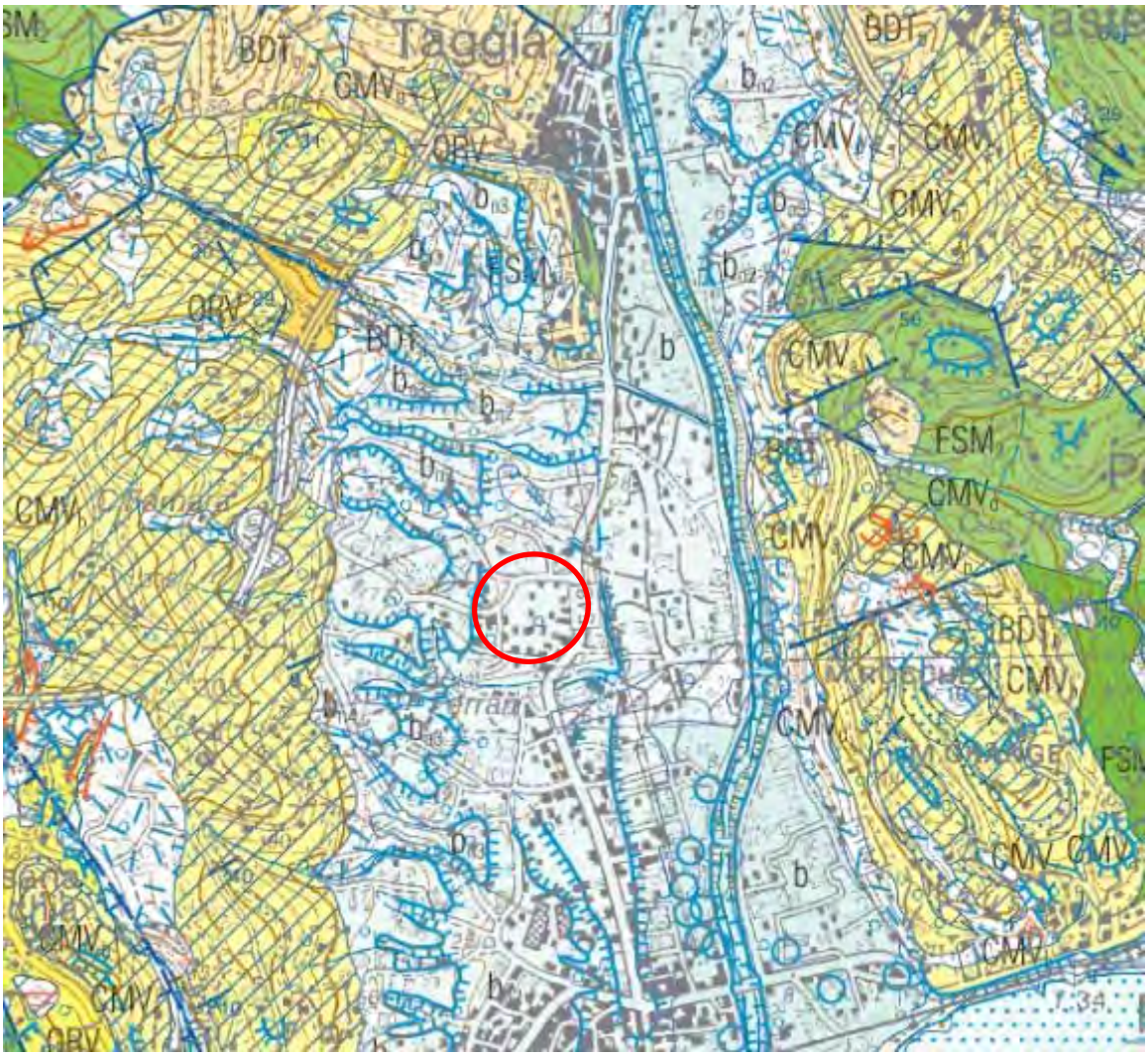


Fig. 5: Estratto Schema Tettonico, Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000; in rosso area in esame

Al di sopra dei terreni flyschoidi, in sponda destra del T. Argentina sono presenti depositi pliocenici e quaternari, che rappresentano la porzione più interna del riempimento di un'ampia depressione originatasi per cause tettoniche nei flysch stessi, tra 6.5 e 5.3 milioni di anni fa.



Depositi alluvionali

b — Coperture detritiche dovute ad alterazione in situ e, in seguito, mobilizzate da processi di versante, costituita da clasti eterometrici di varia litologia in matrice pelitica e/o sabbiosa.
OLOCENE

Depositi alluvionali terrazzati

b_{n1-4} — Depositi ghiaiosi, sabbiosi e limosi. I terrazzi sono numerati in ordine crescente a partire dal più recente (b_{n1}). I depositi dei terrazzi più vecchi (b_{n1} – b_{n4}) presentano una marcata ferretizzazione e un accenno di cementazione.
PLEISTOCENE MEDIO SUP. - OLOCENE?

Fig. 6: Estratto Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000 foglio 258 "Sanremo"; in rosso area in esame

Con riferimento alla Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 (consultabile sul sito dell'ISPRA), Foglio n. 258 "Sanremo", nell'area in esame sono presenti **depositi alluvionali terrazzati, costituiti da materiali ghiaioso-sabbiosi debolmente alterati, ed un accenno di cementazione *(Fig. 6)*.**

Dal punto di vista geomorfologico il territorio di Taggia ricade per la maggior parte nel bacino del T. Argentina, che a partire dal centro abitato dà origine ad un ampio conoide deposizionale, che si allarga e si inspessisce procedendo verso la linea di costa. Numerosi elementi testimoniano che l'evoluzione geomorfologica del bacino è stata caratterizzata da bruschi fenomeni di ringiovanimento ed è ragionevole ipotizzare che tali fenomeni siano connessi a fasi parossistiche di attività tettonica e sismotettonica quaternaria e attuale.

La media valle del T. Argentina è caratterizzata da diversi sistemi di terrazzi relitti, pensili, distribuiti a quote diverse lungo tutta la valle, numerati sulla Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 in ordine crescente procedendo dal più recente (b_{n1}) verso i più antichi (b_{n3}-b_{n4}); l'area in esame insiste sul terrazzo b_{n2} (Pleistocene sup – Olocene).

La Relazione Geologica allegata al PUC di Taggia descrive, nell'ambito dei depositi alluvionali, tre ripiani morfologici riconoscibili, "*separati tra di loro da scarpate di potenza metrica. Il ripiano inferiore è costituito dalle alluvioni recenti del T. Argentina e, lungo la linea di costa, dai depositi marini attuali. Il ripiano intermedio e quello più elevato sono costituiti dalle alluvioni depositate dall'Argentina in epoche più antiche, riconducibili rispettivamente, al Quaternario medio e antico…. Dal punto di vista litologico, i tre ripiani in oggetto sono caratterizzati da depositi clastici simili tra di loro, ma molto diversi sotto il profilo della permeabilità. Infatti le alluvioni più antiche si presentano talora debolmente cementate e sono interessate da una più diffusa presenza di argille, limi e sabbie fini... "*

4. ASPETTI IDROGRAFICI E IDROGEOLOGICI

L'idrografia principale dell'area è rappresentata dal Torrente Argentina, che scorre a circa 700 m di distanza ad est del sito in oggetto: nel suo tratto terminale, tra la foce e l'abitato di Taggia, si sviluppa con andamento circa N-S, per poi proseguire più a nord all'interno dell'omonima valle, con meandri sinuosi incisi tra pareti rocciose.

L'idrografia minore è rappresentata dai principali affluenti del T. Argentina, sia in destra sia in sinistra idrografica, tra i quali il rio Settemonti, che scorre con direzione E-W, a circa 60 m a nord del sito in esame.

Come detto, l'area in oggetto non è esposta a rischio idraulico.

Dal punto di vista idrogeologico, la porzione di territorio nota come "Piana di Taggia" è caratterizzata da un acquifero di acqua dolce particolarmente produttivo in prossimità del mare.

I depositi alluvionali rappresentano un complesso idrogeologico permeabile per porosità, mentre i terreni pliocenici e flischoidi mostra un grado di permeabilità da molto scarsa a nulla.

A causa della cementazione, dei fenomeni di alterazione e della copertura fine, le alluvioni che costituiscono i terrazzi più rilevati e antichi presentano talora un comportamento scarsamente permeabile e di conseguenza al loro interno non è ospitata una falda idrica continua. Tuttavia possono ospitare locali falde sospese a carattere temporaneo, che si originano in seguito ad intense e persistenti precipitazioni meteoriche.

Al contrario i depositi alluvionali recenti sono costituiti da depositi sciolti, formati prevalentemente da ciottoli (talora di diametro pluridecimetrico), ghiaie e sabbie per lo più grossolane. In subordine sono presenti limi, limi argillosi ed argille, sia come matrice, sia a costituire degli orizzonti veri e propri, la cui potenza può variare da alcuni metri ad una decina di metri.

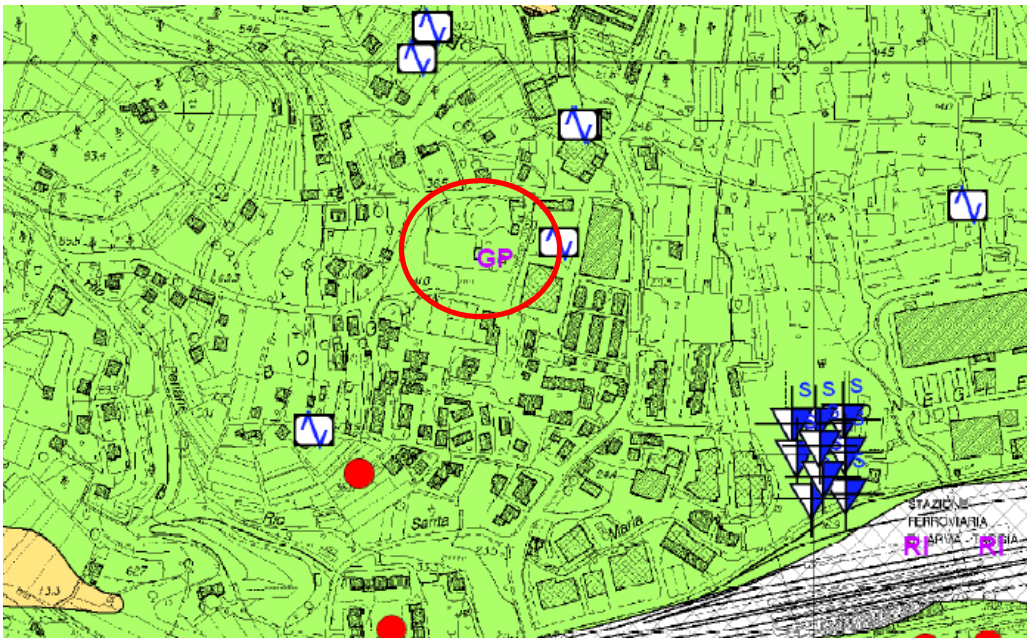
Con riferimento all'area in esame, la soggiacenza della falda misurata in corrispondenza del foro di sondaggio S1, è risultata pari a -11.2 m.

5. ASSETTO LITOSTRATIGRAFICO E INDAGINE PENETROMETRICA

Sulla base dei sopralluoghi effettuati, delle prove penetrometriche e geognostiche eseguite, della bibliografia e degli studi geologico-geotecnici esistenti relativi all'area vasta, è stata effettuata la ricostruzione dell'assetto litostratigrafico del settore, riconducibile ai seguenti orizzonti, a partire dalla superficie:

- Terreno di riporto e coperture sabbiose;
- Depositi alluvionali ghiaioso-sabbiosi con ciottoli;
- Depositi pliocenici.

La "*Carta Geologico-tecnica e delle indagini"* allegata al PUC di Taggia ***(Fig. 7)*** conferma la presenza di depositi ghiaioso-sabbiosi.



GP — Ghiaie pulite con granulometria poco assortita, miscela di ghiaia e sabbia

Stendimento sismico a rifrazione

Stazione microtremore a stazione singola (HVSR)

Fig. 7: Estratto Tav. DF.GEO.6 "Carta geologico-tecnica e delle indagini", allegata al PUC di Taggia; in rosso area in esame

Al fine di accertare le caratteristiche litostratigrafiche, idrogeologiche e geotecniche dei terreni costituenti il sottosuolo del sito in esame sono state eseguite n. 4 prove penetrometriche dinamiche con penetrometro superpesante di tipo TG63-100 EML.C (*per ubicazione vedi* ***Allegato B***) a partire dal piano campagna.

Le prove DIN 1, DIN 2 e DIN 3 sono state effettuate in corrispondenza dell'ingombro planimetrico del nuovo edificio in progetto, mentre la prova DIN 4 è stata realizzata nel settore ovest del lotto di proprietà, al di sopra di un modesto terrazzo morfologico, di circa 2 m.

In sintesi, alla luce delle indagini svolte nei primi 3.4 m circa da p.c. le prime 3 prove hanno mostrato risultati fra loro coerenti, con presenza di depositi sciolti di copertura e riporto seguiti da orizzonti ciottoloso-ghiaioso in matrice sabbiosa, fino al raggiungimento di valori elevati di resistenza alla penetrazione; la prova DIN 4 ha mostrato un andamento diverso con la profondità, evidenziando, al di sotto di un primo orizzonte di riporto grossolano, la presenza di depositi meno addensati, seguiti a profondità più elevate nuovamente da orizzonti più resistenti.

Di seguito viene mostrato l'assetto litostratigrafico desunto dalle prove in situ effettuate:

DIN 1

Da (m)	*a (m)*	*Litotipo*
0.0	*0.4*	*Coperture sabbioso-limose di riporto*
> 0.4		*Ciottoli e ghiaie in matrice sabbiosa*

DIN 2

Da (m)	*a (m)*	*Litotipo*
0.0	*0.6*	*Coperture sabbioso-limose di riporto*
> 0.6		*Ciottoli e ghiaie in matrice sabbiosa*

DIN 3

Da (m)	*a (m)*	*Litotipo*
0.0	*0.6*	*Coperture sabbioso-limose di riporto*
> 0.6		*Ciottoli e ghiaie in matrice sabbiosa*

DIN 4

Da (m)	*a (m)*	*Litotipo*
0.0	*1.2*	*Riporti sabbioso-ghiaiosi*
1.2	*8.0*	*Sabbie limose con ghiaietto*
> 8.0		*Ciottoli e ghiaie in matrice sabbiosa*

Per la caratterizzazione geotecnica del terreno di fondazione, al fine di ottenere la resistenza dinamica alla punta (Rpd) in funzione del numero di colpi N rilevati con le prove penetrometriche, è stata utilizzata la *Formula Olandese*:

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

Dove:

Rpd = resistenza dinamica punta (area A)
e = infissione per colpo = d/N
M = peso massa battente (altezza caduta H)
P = peso totale aste e sistema di battuta

I risultati delle prove sono riportati in allegato (vedi ***Allegato C***).

5.1. INDAGINE GEOGNOSTICA

Al fine di definire la stratigrafia presente nel sottosuolo oggetto di intervento, in corrispondenza dell'area di realizzazione del nuovo edificio in progetto, è stato realizzato n. 1 sondaggio geognostico a carotaggio continuo, eseguito dalla Ditta Carsico srl, spinto fino alla profondità di 20.0 m da p.c.; è stata utilizzata una sonda mod. Comacchio Geo 602, carotando a secco con utilizzo di carotiere semplice in widia diam. 101 mm, rivestimento provvisorio del foro diam.127 mm.

Durante la realizzazione del sondaggio sono state inoltre eseguite prove SPT in foro, a diverse profondità, dalle quali sono stati ottenuti i seguenti valori di Nspt:

Prof. (m)	Nspt
3.00	Rifiuto
4.50	44
6.00	50
9.00	65
15.00	28

Il sondaggio ha evidenziato la presenza, al di sotto del primo metro di profondità costituito da materiali di riporto, di depositi di natura prevalentemente sabbioso-ghiaiosa, con ciottoli prevalentemente arenacei. L'orizzonte che sarà verosimilmente interessato dalle opere di fondazione è costituito da ciottoli e ghiaie in matrice sabbiosa ed alla profondità di 3.0 m la prova SPT in foro ha restituito rifiuto alla penetrazione, confermando l'elevata resistenza alla penetrazione desunta anche dai diagrammi penetrometrici delle prove dinamiche DPSH.

In profondità seguono depositi ghiaioso-sabbiosi sino alla profondità di 10 metri circa, oltre la quale la matrice sabbiosa appare divenire progressivamente preponderante; tra 13.6 e 15.2 m di profondità si registra un orizzonte sabbioso debolmente limoso color nocciola che è stato indagato con prova SPT nella sua porzione basale (15 m) restituendo un valore di N_{SPT} = 28.

Alla profondità di circa 19 metri il carotiere ha ingranato una serie di blocchi arenacei decisamente compatti.

All'interno del foro, all'indomani del completamento della perforazione, è stata rilevata presenza di acqua alla profondità di 11,2 m rispetto al p.c. La stratigrafia di dettaglio è rappresentata in ***Allegato E.***

6. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI

Sulla base delle risultanze dell'indagine penetrometrica condotta in situ, è stata effettuata una caratterizzazione geotecnica dei terreni costituenti il sottosuolo dell'area in esame. Di ciascun livello, sulla base della tipologia di materiale (*granulare, coesivo o granulari-coesivi*), sono stati dedotti i parametri geotecnici di riferimento (*angolo di attrito, densità, coesione, ecc.*) utilizzando formule note di letteratura che li correlano ai valori di Nspt (numero colpi prova SPT).

Sulla base dei dati desunti dalle prove penetrometriche, vengono riportate nel seguito le tabelle riassuntive dei parametri geotecnici rilevati, calcolati per ogni prova per livelli a comportamento omogeneo.

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI DIN 1

n°	Prof.(m)		LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
					DR	ø'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00	0.40	Coperture sabbioso-limose di riporto	10	35.0	27.2	268	1.93	1.50	0.63	1.90	33	0.892
2	0.40	1.40	Ciottoli e ghiaie in matr.sabbiosa	31	66.0	36.6	430	2.06	1.70	----	----	----	----

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento δ = 30 cm)

DR % = densità relativa ø' (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI DIN 2

n°	Prof.(m)		LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
					DR	ø'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00	0.60	Coperture sabb./limose di riporto	13	39.5	29.0	292	1.95	1.53	0.81	1.93	30	0.818
2	0.60	2.00	Ciottoli e ghiaie in matr.sabbiosa	27	60.5	35.1	399	2.03	1.66	----	----	----	----

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento δ = 30 cm)

DR % = densità relativa ø' (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI DIN 3

n°	Prof.(m)		LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
					DR	ø'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00	0.60	Coperture sabb./limose di riporto	7	25.0	25.2	245	1.90	1.45	0.44	1.86	36	0.972
2	0.60	3.40	Ciottoli e ghiaie in matr.sabbiosa	28	62.0	35.5	407	2.04	1.67	----	----	----	----

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento δ = 30 cm)

DR % = densità relativa ø' (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI DIN 4

n°	Prof.(m)		LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
					DR	ø'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00	1.20	Riporti sabbioso-ghiaiosi	21	51.5	32.7	353	2.00	1.60	----	----	----	----
2	1.20	8.00	Sabbie limose con ghiaietto	6	21.7	24.5	238	1.89	1.43	0.38	1.85	37	1.000
3	8.00	9.20	Ciottoli e ghiaie in matr.sabbiosa	30	65.0	36.2	423	2.05	1.69	----	----	----	----

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento δ = 30 cm)

DR % = densità relativa ø' (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

Le simulazioni geotecniche, in accordo con quanto previsto dalle N.T.C. dovranno essere condotte utilizzando i valori di progetto X_d, da ricavarsi applicando ai valori caratteristici individuati (X_k) il coefficiente di riduzione γ_m riportato alla tabella 6.2.II par.6.2.4.1.2 D.M. 17/01/2018 nei casi M1 e M2 in funzione dell'approccio progettuale prescelto dal progettista delle opere. Nel seguito si esplicitano i valori di progetto delle variabili geotecniche, così come previsto dalle N.T.C.2018:

Prof. (m)	**Litologia**	**Coefficiente parziale M1**			**Coefficiente parziale M2**			
		tan ϕ'$_d$ (°)	**c'$_d$** (kPa)	**γ$_d$** (kN/m^3)	**tan ϕ'$_d$** (°)	**c'$_d$** (kPa)	**γ$_d$** (kN/m^3)	**γ$_{sat}$** (kN/m^3)
0.0 – 0.4/1.0	*Riporti e coperture sabbioso-limose*	25.9	-	16.5	21.2	-	16.5	19.0
>0.4/1.0	*Ciottoli e ghiaie in matrice sabbiosa*	30.1	-	19.0	24.9	-	19.0	21.0

Per la definizione dei parametri geotecnici del sottosuolo sono stati utilizzati i dati ottenuti dalle verticali di prova DIN 1, DIN 2, e DIN 3, unitamente ai dati desumibili dal sondaggio geognostico eseguito.

La falda non è stata rilevata nel corso delle prove penetrometriche DIN 1, DIN 2 e DIN 3 ed è stata misurata all'interno del foro di sondaggio alla profondità di 11,2 m.

7. SISMICITA' E CLASSIFICAZIONE SISMICA

Il ponente ligure ricade in un areale sismogenetico particolarmente attivo e responsabile di terremoti di elevata magnitudo, come testimoniato anche dalle cronache storiche, che riportano notizie di numerosi eventi sismici che, anche in epoca recente, hanno prodotto significativi effetti sul territorio comunale. Nel seguito si riporta quanto emerge dal Catalogo Parametrico Italiano dei Terremoti (CPTI15), con estrazione della storia sismica di Taggia ***(Fig. 8, Fig. 9)***.

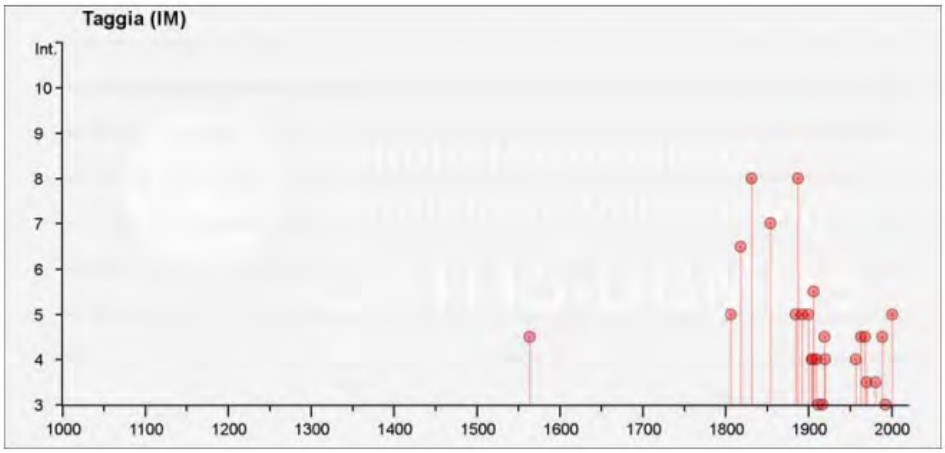


Fig. 8: Diagramma della storia sismica di Taggia, limitatamente ai terremoti con intensità epicentrale uguale o superiore a 3. A. Rovida, M. Locati, R. Camassi, B. Lolli e P. Gasperini (a cura di), 2015. DBMI15, la versione 2015 del Database Macrosismico Italiano. Milano, Bologna, http://emidius.mi.ingv.it/DBMI15

Is	Anno Me Gi Or	Area epicentrale	Studio	nMDP	Io	Mw
8	1887 02 23 05 21 50.00	Liguria occidentale	1511	9	6,27	8
8	1831 05 26 10 30	Liguria occidentale	33	8	5,56	8
7	1854 12 29 01 45	Liguria occidentale	86	7-8	5,72	7
6-7	1818 02 23 18 10	Liguria occidentale	45	7	5,32	6-7
5-6	1906 08 11 09 58	Liguria occidentale	82	5	4,41	5-6
5	1806 03 31	Liguria occidentale	6	5	4,62	5
5	1885 01 24 20	Liguria occidentale	4	5-6	4,4	5
5	1892 05 08	Liguria occidentale	9	4	4,04	5
5	1900 04 22	Liguria occidentale	4	4	3,7	5
5	2001 02 25 18 34 40.69	Mar Ligure	59		4,44	5
4-5	1564 07 20	Lantosque	15	8-9	5,8	4-5
4-5	1919 11 28 21 38	Alpi Marittime	24	5-6	4,92	4-5
4-5	1963 07 19 05 46 01.50	Mar Ligure	412		5,95	4-5
4-5	1968 04 18 19 38 15.00	Liguria occidentale	51	7-8	4,93	4-5
4-5	1989 12 26 19 59 58.42	Mar Ligure	290		4,46	4-5
4	1904 11 15 19 16	Liguria occidentale	17	5	4,16	4
4	1905 05 30 04 55	Cuneese	121	5-6	4,65	4
4	1909 05 27 06 10	Liguria occidentale	51	5-6	4,34	4
4	1920 09 07 05 55 40.00	Garfagnana	750	10	6,53	4
4	1957 03 08 04 13 02.00	Liguria occidentale	17	4	3,81	4

Fig. 9: Elenco dei terremoti più forti risentiti nell'area di Taggia tra il 1000 e il 2014 (A. Rovida, M. Locati, R. Camassi, B. Lolli e P. Gasperini (a cura di), 2015. DBMI15, la versione 2015 del Database Macrosismico Italiano. Milano, Bologna, http://emidius.mi.ingv.it/DBMI15

La nuova zonazione sismogenetica del territorio nazionale, denominata ZS9, prevede l'individuazione di 36 "zone sorgente", i cui limiti sono stati tracciati sulla base di informazioni tettoniche o geologico strutturali e di differenti caratteristiche della sismicità, quali distribuzione spaziale e frequenza degli eventi, massima magnitudo rilasciata, ecc.

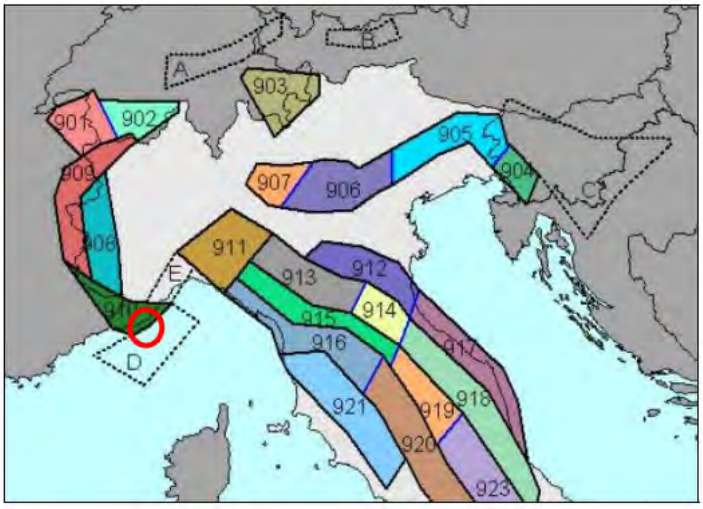


Fig. 10: Zonazione sismogenetica ZS9. da: "Redazione della Mappa di Pericolosità Sismica – Rapporto conclusivo" (INGV - 2004). Il cerchio rosso individua approssimativamente il territorio del Comune di Taggia

Il ponente ligure risente dell'attività sismogenetica della ZS910, denominata "Nizza – Sanremo" e interpretata come l'area di svincolo, che consente l'arretramento dell'arco alpino occidentale.

La maggior parte dei terremoti che si verificano in questa zona, avvengono a profondità comprese tra 8 e 12 km e i valori di magnitudo massima previsti, sulla base dei meccanismi focali, sono pari a M_{wmax} = 6,29. Il meccanismo di fagliazione atteso è di tipo inverso.

8. PARAMETRI SISMICI E CATEGORIA DI SUOLO DI FONDAZIONE

AI sensi della DGR n.216 del 17 marzo 2017, il Comune di Taggia ricade in Zona sismica 2: per il sito in esame l'accelerazione attesa al bedrock in condizioni di campo libero per SLV è pari a 0.153g (interpolazione superficie rigata).

In conformità con il D.M. 17.01.2018 "*Norme tecniche per le costruzioni*", sono infatti stati identificati i parametri sismici del sito sulla base delle coordinate, utilizzando il programma di calcolo Spettri-NTC ver 1.0.3**.**

I dati del reticolo sismico per la determinazione dell'accelerazione al suolo risultano:

Coordinate geografiche (UTM ED50) Longitudine = 7.851123

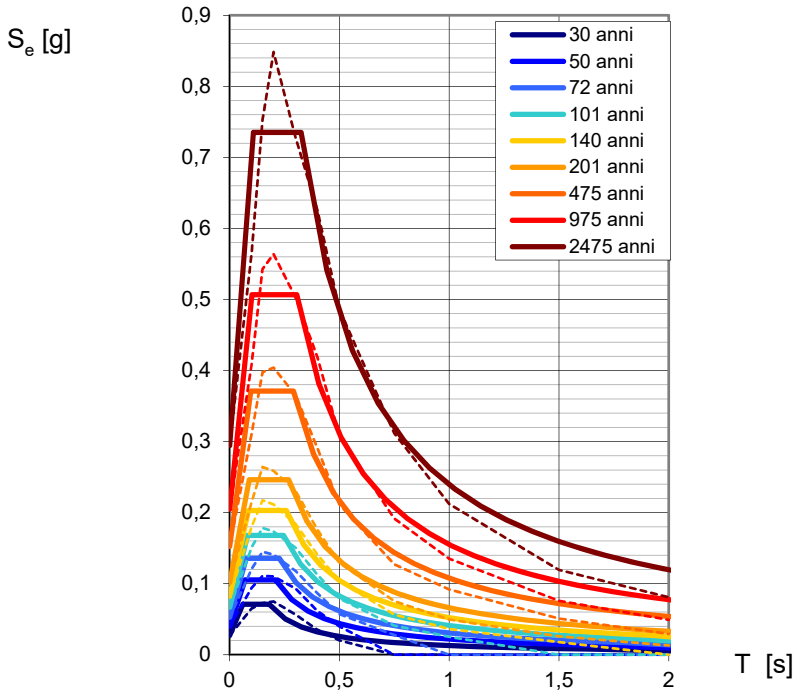
Latitudine = 43.848280

Di seguito si riportano i valori dei parametri sismici ed i relativi spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno T_R di riferimento caratteristici del sito in esame.

Valori dei parametri a_g, F_o, T_C^* per i periodi di ritorno T_R di riferimento per il sito in esame:

T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
30	0,027	2,598	0,181
50	0,040	2,643	0,209
72	0,053	2,568	0,227
101	0,067	2,510	0,246
140	0,082	2,467	0,258
201	0,102	2,419	0,269
475	0,153	2,432	0,291
975	0,205	2,474	0,306
2475	0,295	2,496	0,326

Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno T_R di riferimento per il sito in esame:



Noti quindi i parametri correlati alla tipologia di opera in progetto è stato possibile risalire ai parametri sismici per i periodi di ritorno T_R associati a ciascun stato limite.

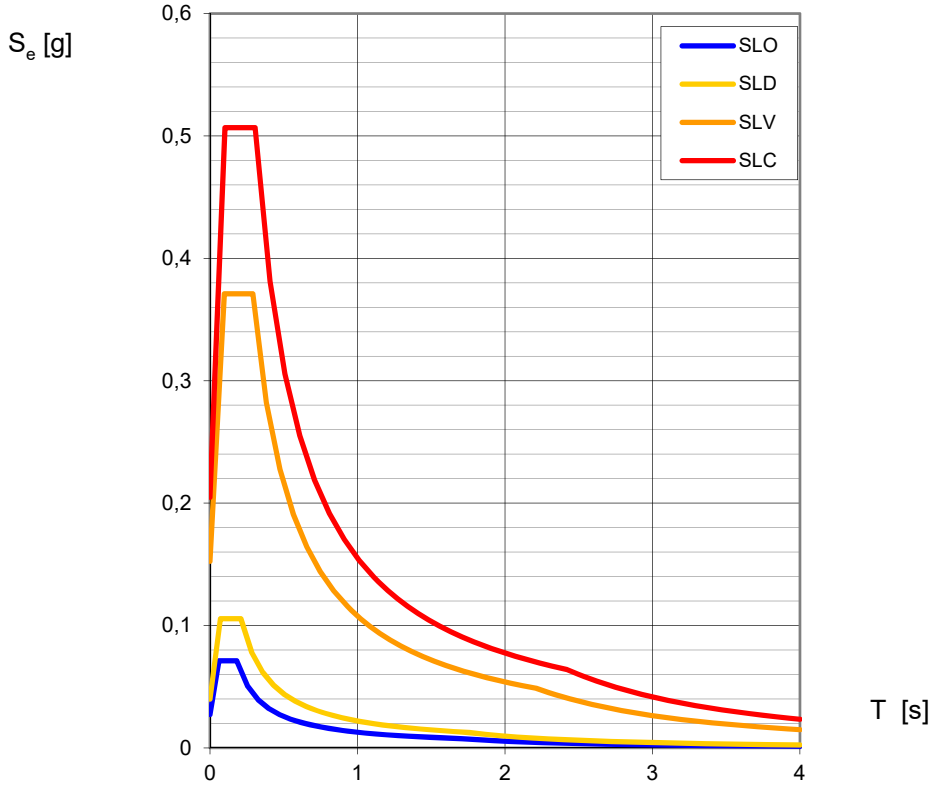
Caratteristiche opere in progetto (da verificare a cura del progettista)

- V_N (opera infrastrutturale di importanza normale) ≥ 50 anni
- Classe d'Uso: II ⇒ coeff. c_u = 1.0
- $V_R = V_N \times c_u$ = 50 anni

Valori dei parametri ag, Fo, TC* per i periodi di ritorno TR associati a ciascuno SL in relazione all'opera in progetto:

STATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	30	0,027	2,599	0,181
SLD	50	0,040	2,642	0,209
SLV	475	0,153	2,432	0,291
SLC	975	0,205	2,474	0,306

Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite in relazione all'opera in progetto:



9. PROSPEZIONE SISMICA DI TIPO "MASW" (Multichannel Analysis of Surface Waves)

Al fine di fornire una caratterizzazione sismica dei depositi costituenti il sottosuolo è stata effettuata una prospezione sismica di tipo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves). Tale tipologia di indagine si propone di individuare il profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs, basandosi sulla misura delle onde superficiali (onde di Rayleigh), che viaggiano con una velocità correlata alla rigidezza della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde stesse. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo (Achenbach, J.D., 1999, Aki, K. and Richards, P.G., 1980) o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione (da "*Caratterizzazione sismica dei suoli con il metodo MASW - Multichannel Analysis of Surface Waves* - Ing. Vitantonio Roma).

La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi danno

informazioni sulla parte più superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano e quindi interessano e caratterizzano gli strati più profondi del suolo ***(Fig. 11).***

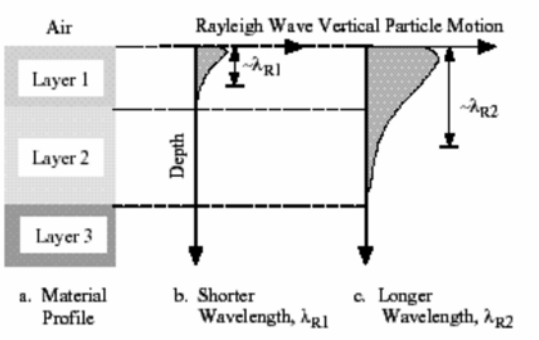


Fig. 11: La profondità investigata dalle onde di Rayleigh dipende dalla lunghezza d'onda, dalla velocità delle onde di taglio Vs e dalla frequenza. (Stokoe II and Santamarina, 2000)

Nel dettaglio nel caso in esame, viste le condizioni morfologiche e di operatività che caratterizzano il sito di indagine, è stata eseguita, in accordo con la Committenza, una campagna di prospezione MASW attiva ***(Fig. 12).***

Lo stendimento è stato costituito da n. 12 geofoni verticali da 4.5 Hz (interasse tra i geofoni pari a 4.0 m) per una lunghezza complessiva di 44.0 m.

Nella figura seguente è riportato lo schema tipo della procedura di campagna seguito per la realizzazione della prospezione MASW attiva.

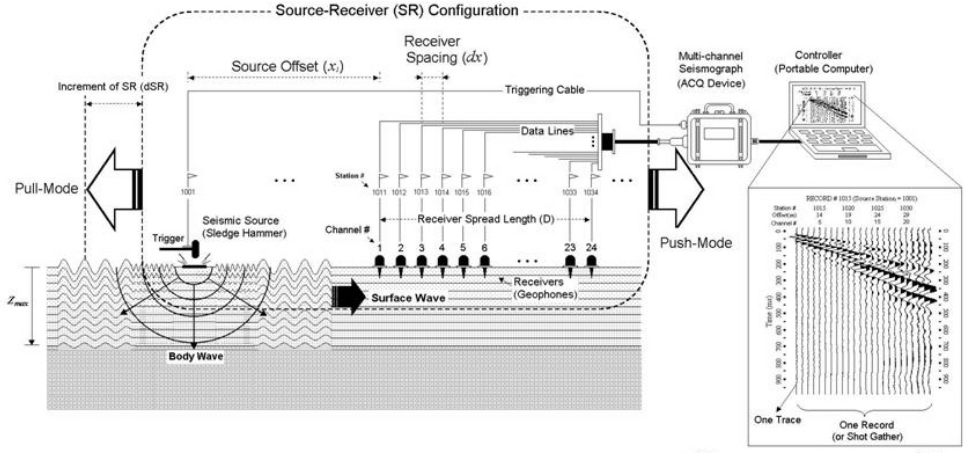


Fig. 12: Schema tipo prospezione sismica "MASW" attiva

L'indagine è consistita nell'acquisizione del segnale prodotto percuotendo con una mazza del peso di circa 8 kg una piastra metallica posta a diretto contatto con il terreno. L'avvio

dell'acquisizione è stato realizzato mediante la posa in prossimità della piastra metallica di battuta di un geofono detto *"di trigger"* o *"starter"*, collegato a sua volta all'apparecchiatura per la registrazione del segnale.

Poiché l'area oggetto di indagine è ubicata in ambito urbano, al fine di limitare l'effetto del rumore sismico di fondo e di conseguenza aumentare il Rapporto S/N (Segnale/Rumore), è stata attivata la procedura di *"vertical stacking"* in corrispondenza di ciascun punto sorgente di onde, che consiste nell'eseguire più scoppi reiterando la misura e sommando i valori registrati di volta in volta.

L'elaborazione dei dati acquisiti è stata effettuata per mezzo del programma *SurfSeis 2.0* elaborato dal Kansas Geological Survey dell'Università del Kansas (U.S.A.).

A partire dai dati registrati in sito con l'acquisizione multicanale attiva il programma ricostruisce l'immagine di dispersione, detta anche "*Overtone*", che indica la distribuzione della velocità di fase (asse delle ordinate) delle onde sismiche rispetto alla frequenza d'onda (asse delle ascisse, *vedi* ***Fig. 13*** *Overtone e curva di dispersione*).

In seguito, per mezzo del processo di inversione il programma ricava l'andamento della velocità delle onde di taglio (*Vs*) dei depositi costituenti il sottosuolo secondo la configurazione correlata alla curva di dispersione teorica che meglio approssima la curva di dispersione ottenuta dai dati misurati in sito. Le velocità delle onde di taglio (*Vs*) che, per convenzione, vengono attribuite al punto medio dello stendimento (*vedi* ***Fig. 14*** *Profilo stratigrafico monodimensionale delle Vs*).

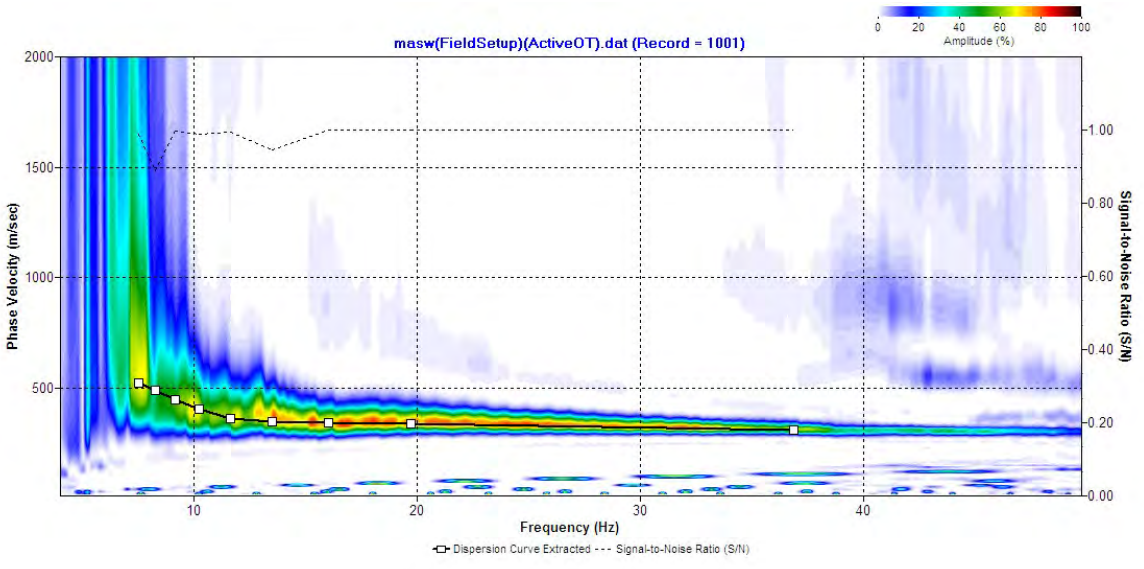


Fig. 13: Overtone e curva di dispersione

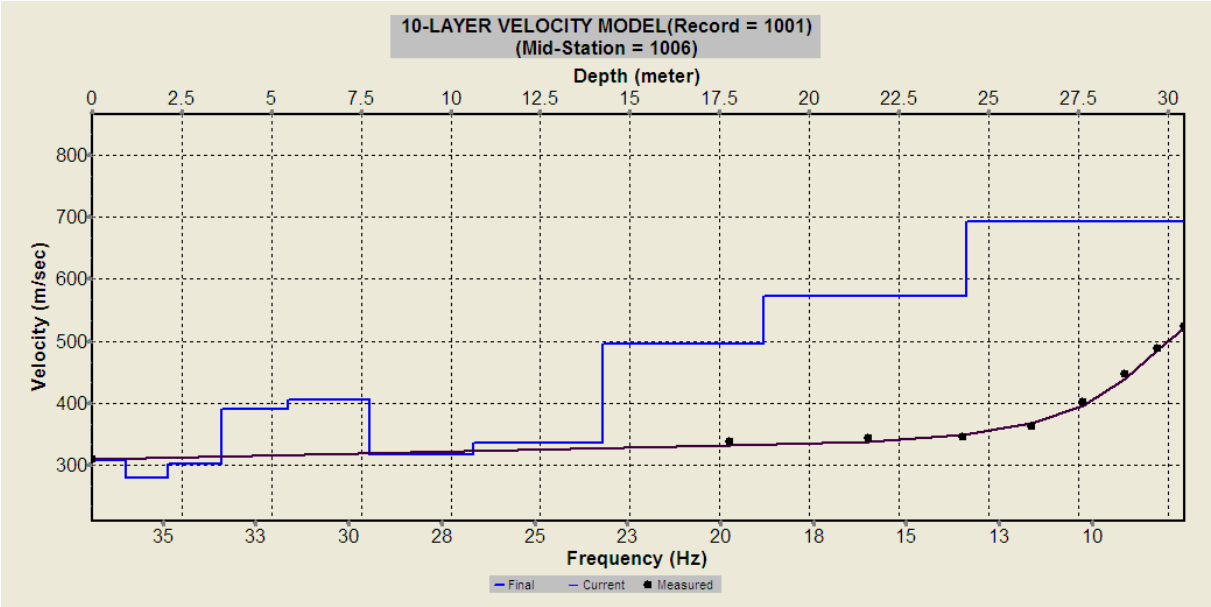


Fig. 14: Profilo stratigrafico monodimensionale delle Vs

Noti quindi i valori di Vs dei vari orizzonti indagati è stato calcolato il **valore di $Vs_{,eq}$,** ossia la velocità media di propagazione delle onde di taglio mediante la relazione di seguito riportata (D.M. 17/01/2018).

$$Vs,eq = \frac{H}{\sum_{i=1}^{N} \frac{h_i}{v_{S,i}}}$$

Dove:

hi [m]:	spessore dello strato i-esimo;
$Vs_{,i}$ [m/s]:	velocità delle onde di taglio dello strato i-esimo;
N :	numero totale di strati;
H :	profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da Vs non inferiore a 800 m/s

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $Vs_{,eq}$ è definita dal parametro Vs_{30}, ottenuto ponendo H=30 m e considerando le profondità degli strati di terreno fino a tale profondità.

Per il sito in esame si è ricavato un valore di **$Vs_{,eq}$ pari a 431,6 m/s corrispondente, con riferimento alle NTC 2018 (Cap. 3, Tab. 3.2.II), a**:

- **suoli di categoria B** "*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*".

Sulla base dei risultati ottenuti dall'indagine sismica condotta e per analogia con i dati litostratigrafici disponibili derivanti da indagini dirette eseguite sull'area o indagini disponibili nell'intorno significativo dell'area in esame, è possibile evidenziare i seguenti sismostrati:

- primo sismostrato con potenza pari a circa 14 m caratterizzato da valori di V_s compresi tra 300 m/s e 400 m/s, corrispondente a depositi mediamente addensati;
- secondo sismostrato tra 14 e 30 m circa di profondità caratterizzato da valori di Vs compresi tra 500 m/s e 700 m/s, corrispondente a depositi molto addensati;

Nell'allegata scheda per il calcolo analitico del valore di V_{seq} (*vedi **Allegato D***) sono indicati con linea rossa tratteggiata i limiti dei suddetti sismostrati. È doveroso ricordare come ogni correlazione sismo-litostratigrafica rivesta carattere puramente indicativo, l'indagine sismica di tipo MASW infatti non permette una ricostruzione affidabile della litostratigrafia di sito, essa fornisce unicamente un'indicazione diretta del grado di addensamento dei depositi indagati.

La categoria topografica applicabile è la T1.

10. VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

Le "*Norme tecniche per le costruzioni*" del 2018 (D.M. 17.01.2018), al § 7.11.3.4, "*Stabilità nei confronti della liquefazione",* forniscono la seguente definizione nei riguardi di tale possibile manifestazione: "*fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, sollecitati da azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni non drenate*".

Ciò avviene quando la pressione dell'acqua nei pori aumenta progressivamente fino ad eguagliare la pressione totale di confinamento e quindi allorché gli sforzi efficaci, da cui dipende la resistenza al taglio, si riducono a zero. In questo contesto, il problema principale che si pone in fase di progettazione è la suscettibilità alla liquefazione quando la falda freatica si trova in prossimità della superficie, ed il terreno di fondazione comprende strati estesi o lenti spesse di sabbie sciolte sotto falda, anche se contenenti una frazione fine limo-argillosa. In riferimento al § 7.11.3.4.2, "*Esclusione della verifica a liquefazione*", della sopracitata normativa, la verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. Accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1 g;
2. Profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. Depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata (N1)60 > 30 oppure qc1N > 180 dove (N1) 60 è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e qc1N è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. Distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura a nel caso di terreni con coefficiente di uniformità Uc < 3,5 ed in Figura b nel caso di terreni con coefficiente di uniformità Uc > 3,5

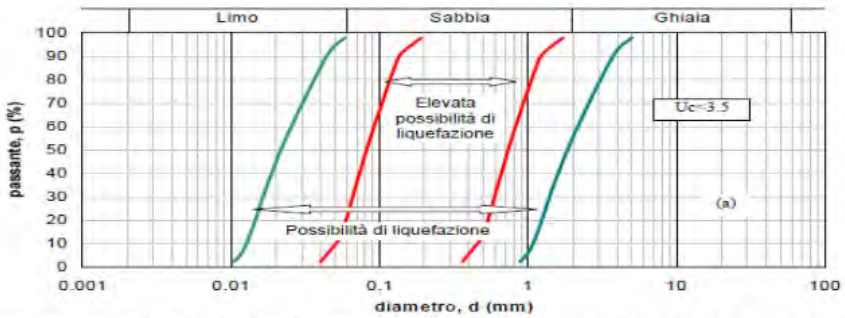


Fig. *a*. Fasce granulometriche per la valutazione preliminare della suscettibilità alla liquefazione di un terreno per i terreni con coefficiente di uniformità Uc < 3,5 (da AGI, 2005).

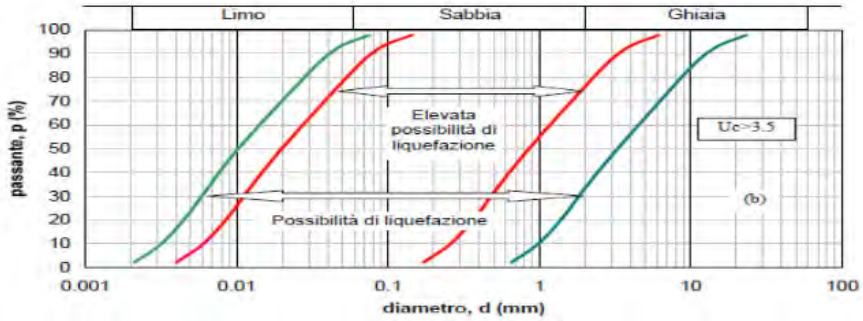


Fig. *b*. Fasce granulometriche per la valutazione preliminare della suscettibilità alla liquefazione di un terreno per i terreni con coefficiente di uniformità Uc > 3,5 (da AGI, 2005).

Fig. 15: Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione

La bibliografia scientifica inoltre ritiene motivi di esclusione dalla verifica a liquefazione alcune situazioni e condizioni in funzione dell'uniformità della distribuzione granulometrica tipo sabbie. In particolare viene esclusa la possibilità di liquefazione in corrispondenza di sismi con magnitudo inferiori a 5.5/6 per coperture di strati superficiali non liquefacibili con spessore maggiore di 3 m, oppure con spessore maggiore di 5 m, ma in corrispondenza di sismi con magnitudo maggiori di 7.

La Relazione Geologica allegata al PUC di Taggia precisa che "*in corrispondenza della conoide del T. Argentina sono state individuate zone di attenzione per liquefazione, a causa della presenza nel sottosuolo di depositi granulari in falda.* ***Tuttavia vista l'eterogeneità dei depositi in questione tale ipotesi appare remota****. Viceversa la possibile occorrenza di fenomeni di liquefazione appare più significativa in corrispondenza della linea di costa, a motivo della presenza nel sottosuolo di strati di depositi sabbiosi saturi".*

Nel caso dell'area in esame non si ritiene possano sussistere le condizioni per il verificarsi del fenomeno di liquefazione, come calcolato analiticamente in Allegato F.

CONCLUSIONI

Nel corso dell'indagine non sono emerse controindicazioni di ordine idro-geologico e geotecnico all'approvazione della variante urbanistica ed alla conseguente realizzazione degli interventi in progetto.

Con riferimento alla vigente pianificazione territoriale, nel Piano di Bacino del Torrente Argentina, l'area in oggetto ricade in un areale a pericolosità e suscettività al dissesto molto bassa (**Pg0**), corrispondente ad "*aree in cui i processi geomorfologici e le caratteristiche fisiche dei terreni non costituiscono, se non occasionalmente, fattori predisponenti al verificarsi di movimenti di massa*".

L'area in esame risulta inoltre ascritta alla **Classe I di suscettività d'uso non condizionata**, e in una **Zona di attenzione per liquefazione (C-LI),** in accordo con quanto riportato nella "*Carta della suscettività d'uso del territorio*" allegata al PUC di Taggia (non approvato, salvaguardia del preliminare decaduta tuttavia elemento conoscitivo aggiornato delle condizioni geologico-idrauliche del territorio comunale).

La **Classe I di suscettività** comprende "*aree nelle quali i valori dei parametri descrittivi del territorio (acclività, litologia, uso del suolo, permeabilità, reticolo idrografico, franosità) denotano condizioni di bassa suscettività al dissesto. In queste aree sono pertanto consentiti tutti gli interventi purché corredati da specifici studi geologici e geotecnici […]".*

Il presente studio geologico, basato su indagini geognostiche e geofisiche in sito, ha permesso di definire la litostratigrafia sito-specifica, rilevando la soggiacenza della falda freatica, calcolare il valore di $Vs_{,eq}$ e conseguentemente individuare la categoria di sottosuolo (NTC2018) ed infine procedere alla caratterizzazione geotecnica degli orizzonti interessati dal volume significativo delle opere in progetto, verificando la suscettibilità a liquefazione; in dettaglio sull'area di prevista costruzione del nuovo fabbricato si è rilevata:

- **Presenza di un orizzonte di materiali di riporto in superficie, di potenza generalmente variabile tra 0.4 e 1.0 m;**
- **Presenza di un orizzonte granulare grossolano, ciottoloso-ghiaioso in matrice sabbiosa, intercalato da orizzonti sabbiosi con ghiaietto e radi ciottoli, posto a profondità compresa tra 1.0 e 3.6 m rispetto al p.c., costituente possibile piano di fondazione del fabbricato in progetto, caratterizzato da elevati valori di resistenza alla penetrazione (prove DP e SPT)**
- **A profondità maggiori presenza di sabbie debolmente cementate con ciottoli e ghiaie, sino a 10 m di profondità valori di resistenza alla penetrazione elevati (N_{SPT}>40);**

- **Presenza tra 10 e 15 m circa di sabbie debolmente limose caratterizzate da riduzione dei valori di resistenza alla penetrazione (N_{SPT}=28 a 15 m di prof.);**
- **Oltre 18.6 m si rilevano ghiaie e ciottoli arenacei molto compatti.**
- **Falda rilevata in foro di sondaggio alla profondità di circa 11 m da p.c., aste delle prove penetrometriche DP estratte asciutte sino alla profondità raggiunta (3.4 m);**
- **La litostratigrafia rilevata nei primi metri di sottosuolo, desunta sia dalle prove DP realizzate sull'impronta planimetrica del fabbricato in progetto (DIN1-2-3) sia dagli esiti del sondaggio a carotaggio (S1), differisce sostanzialmente da quella desumibile dalla prova DIN4 (realizzata all'interno della proprietà Italgas ma nel settore più ad ovest, al di sopra di un terrazzo morfologico rilevato di circa 2 m), quest'ultima maggiormente congruente con le stratigrafie di sondaggio relative ad indagini realizzate in passato più a sud, nei pressi della ferrovia.**
- **Il comune di Taggia, ai sensi della DGR n.216 del 17 marzo 2017, ricade in Zona Sismica 2**
- **La pericolosità sismica di sito risulta: ag = 0,153g per SLV (Tr = 475 anni) in relazione ad un'opera di Classe d'uso "II" con Vn = 50 anni.**
- **La categoria di sottosuolo da utilizzare nell'ambito delle verifiche è la B (NTC2018) con $Vs_{,eq}$ pari a 431,6 m/s;**
- **Categoria topografica T1 (NTC2018).**
- **Nel caso dell'area in esame non si ritiene possano sussistere le condizioni per il verificarsi del fenomeno di liquefazione**

Si raccomanda di progettare ogni intervento sulla scorta delle considerazioni idrogeologiche e geotecniche contenute nel presente lavoro.

Sulla base di quanto previsto dalle NTC2018, sarà necessario verificare in fase esecutiva, a scavi aperti, la rispondenza del modello geologico e geotecnico definito in fase progettuale e basato su singole verticali di indagine, con le reali condizioni arealmente riscontrabili sull'intera area di intervento.

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA





Foto 1a-b: Prova penetrometrica dinamica DIN1,
si noti la deflessione del tratto terminale della prima asta, a ridosso della punta



Foto 2: Prova penetrometrica dinamica DIN1



Foto 3: Prova penetrometrica dinamica DIN2



Foto 4: Prova penetrometrica dinamica DIN3 e stendimento sismico MASW



Foto 5a-b: cassette catalogatrici sondaggio geognostico a carotaggio, prof. 0.0 – 5.0 m



Foto 6a-b: cassette catalogatrici sondaggio geognostico a carotaggio, prof. 5.0 – 10.0 m



Foto 7a-b: cassette catalogatrici sondaggio geognostico a carotaggio, prof. 10.0 – 15.0 m



Foto 6a-b: cassette catalogatrici sondaggio geognostico a carotaggio, prof. 15.0 – 20.0 m

ALLEGATI

A. ***COROGRAFIA*** ***Scala 1:10000***

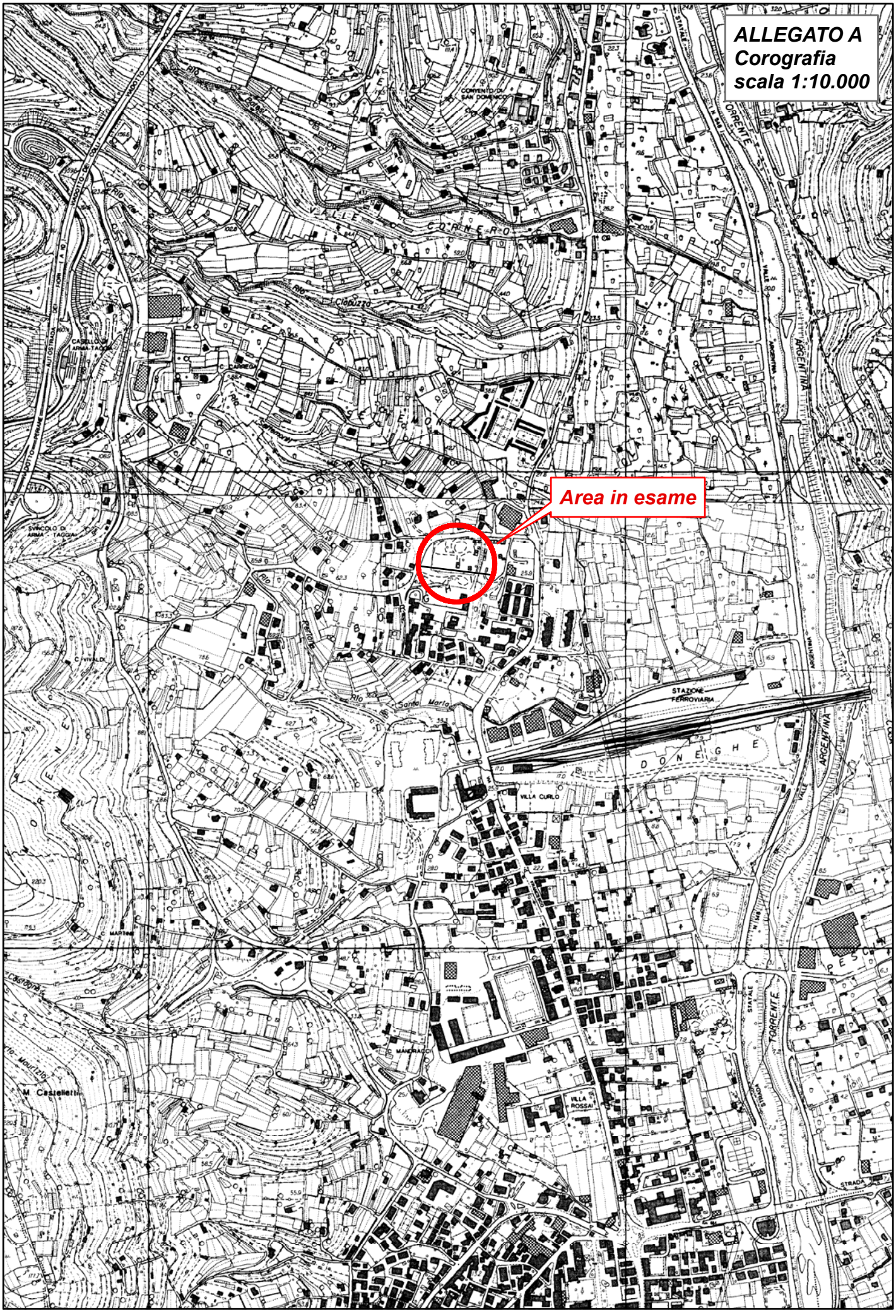
B. ***UBICAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE E SISMICHE***

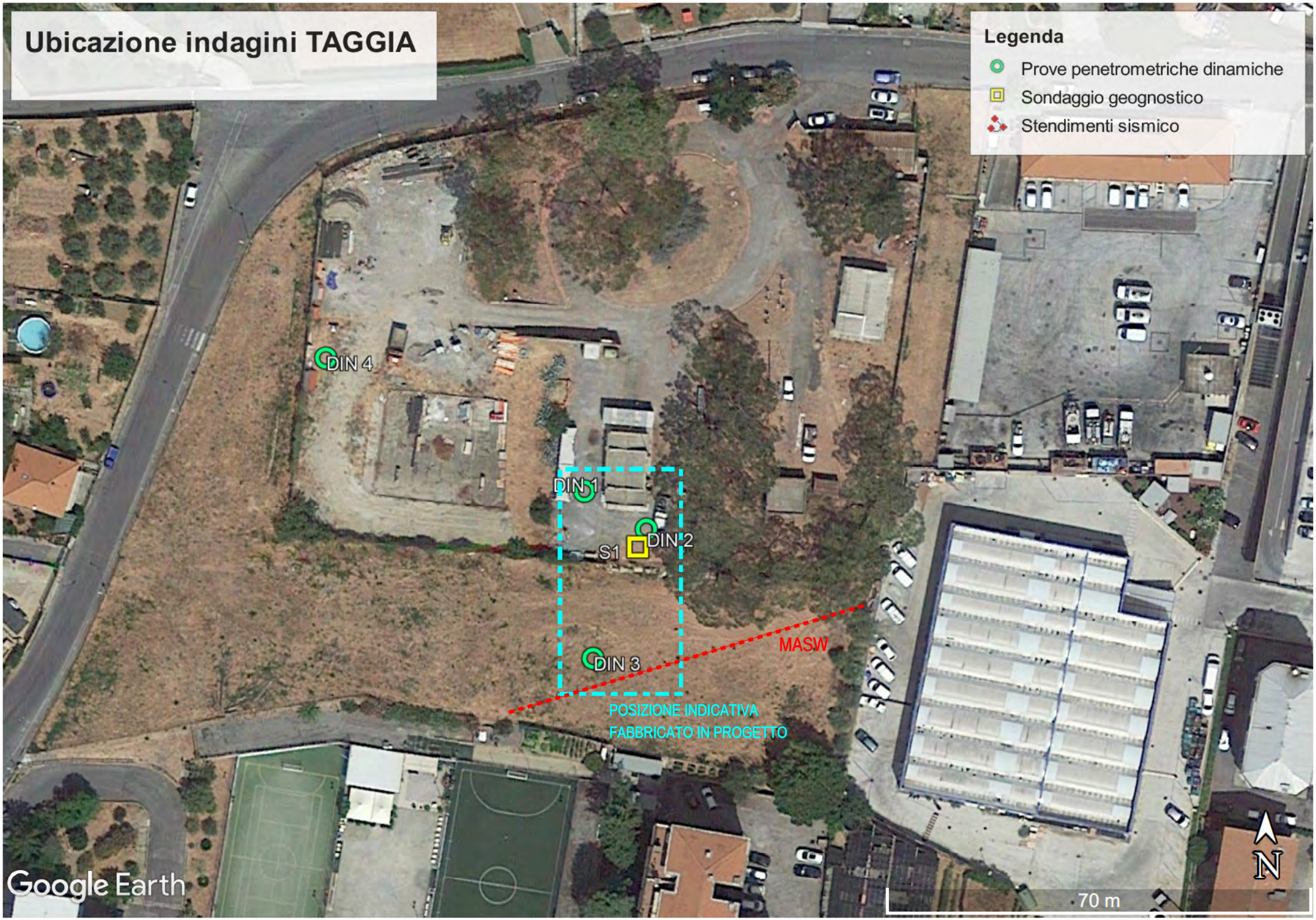
C. ***PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE (Scheda tecnica, diagrammi, interpretazioni)***

D. ***CALCOLO DEL VALORE DI Vs,eq E RELATIVA CATEGORIA DI SOTTOSUOLO***

E. ***STRATIGRAFIA SONDAGGIO GEOGNOSTICO S1***

F. ***VERIFICA A LIQUEFAZIONE***


ALLEGATO A
Corografia
scala 1:10.000
Area in esame
STAZIONE FERROVIARIA
VILLA CURLO
ARGENTINA
TORRENTE
STRADA


Ubicazione indagini TAGGIA
Legenda
Prove penetrometriche dinamiche
Sondaggio geognostico
Stendimenti sismico
DIN 4
DIN 1
DIN 2
S1
DIN 3
MASW
POSIZIONE INDICATIVA
FABBRICATO IN PROGETTO
Google Earth
N
70 m

ALLEGATO C : PENETROMETRO DINAMICO IN USO : **TG 63-100 EML.C**

Classificazione ISSMFE (1988) dei penetrometri dinamici		
TIPO	Sigla Certificato	Peso Massa Battente M (kg)
Leggero	DPL (Light)	$M \leq 10$
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$
Pesante	DPH (Heavy)	$40 \leq M < 60$
Super pesante	DPSH (Super Heavy)	$M \geq 60$

CARATTERISTICHE TECNICHE : TG 63-100 EML.C

PESO MASSA BATTENTE	M	= 63.50 kg
ALTEZZA CADUTA LIBERA	H	= 0.75 m
PESO SISTEMA BATTUTA	Ms	= 0.63 kg
DIAMETRO PUNTA CONICA	D	= 51.00 mm
AREA BASE PUNTA CONICA	A	= 20.43 cm²
ANGOLO APERTURA PUNTA	α	= 60 °
LUNGHEZZA DELLE ASTE	La	= 1.00 m
PESO ASTE PER METRO	Ma	= 6.31 kg
PROF. GIUNZIONE 1ª ASTA	P1	= 0.40 m
AVANZAMENTO PUNTA	δ	= 0.20 m
NUMERO DI COLPI PUNTA	N	= N(20) $\Rightarrow$ Relativo ad un avanzamento di 20 cm
RIVESTIMENTO / FANGHI	NO	
ENERGIA SPECIFICA x COLPO	Q	= (MH)/(Aδ) = 11.66 kg/cm²(prova SPT : Qspt = 7.83 kg/cm²)
COEFF.TEORICO DI ENERGIA	βt	= Q/Qspt = 1.489 (teoricamente : Nspt = βt N)

Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd [funzione del numero di colpi N] (FORMULA OLANDESE) :

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

Rpd = resistenza dinamica punta [area A]
e = infissione per colpo = δ / N
M = peso massa battente (altezza caduta H)
P = peso totale aste e sistema battuta

UNITA' di MISURA (conversioni)
1 kg/cm² = 0.098067 MPa =~ 0,1 MPa 1 MPa = 1 MN/m² = 10.197 kg/cm² 1 bar = 1.0197 kg/cm² = 0.1 MPa 1 kN = 0.001 MN = 101.97 kg

STUDIO ASSOCIATO GEOLOGICA
Via Chiuminatto, 5
10080 Cintano (TO)

Certificato: 211022

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIN 1
TABELLE VALORI DI RESISTENZA

- cantiere : Italgas
- lavoro : Taggia (IM)
- località :

- data prova : 17/09/2021
- quota inizio : Piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- data emiss. : 13/10/2021

- note :

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	asta
0.00 - 0.20	8	84.1	1	0.80 - 1.00	16	154.3	2
0.20 - 0.40	7	73.6	1	1.00 - 1.20	26	250.7	2
0.40 - 0.60	24	231.4	2	1.20 - 1.40	44	424.3	2
0.60 - 0.80	17	163.9	2				

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63-100 EML.C**
- M (massa battente)= **63.50** kg - H (altezza caduta)= **0.75** m - A (area punta)= **20.43** cm² - D(diam. punta)= **51.00 mm**
- Numero Colpi Punta N = N(**20**) [δ = 20 cm] - Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

STUDIO ASSOCIATO GEOLOGICA
Via Chiuminatto, 5
10080 Cintano (TO)

Certificato: 211022

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIN 2
TABELLE VALORI DI RESISTENZA

- cantiere : Italgas
- lavoro : Taggia (IM)
- località :

- data prova : 17/09/2021
- quota inizio : Piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- data emiss. : 13/10/2021

- note :

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	asta
0.00 - 0.20	8	84.1	1	1.00 - 1.20	17	163.9	2
0.20 - 0.40	13	136.6	1	1.20 - 1.40	12	115.7	2
0.40 - 0.60	10	96.4	2	1.40 - 1.60	12	106.9	3
0.60 - 0.80	18	173.6	2	1.60 - 1.80	13	115.8	3
0.80 - 1.00	23	221.8	2	1.80 - 2.00	66	588.1	3

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63-100 EML.C**
- M (massa battente)= **63.50** kg - H (altezza caduta)= **0.75** m - A (area punta)= **20.43** cm² - D(diam. punta)= **51.00 mm**
- Numero Colpi Punta N = N(**20**) [δ = 20 cm] - Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

STUDIO ASSOCIATO GEOLOGICA
Via Chiuminatto, 5
10080 Cintano (TO)

Certificato: 211022

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIN 3
TABELLE VALORI DI RESISTENZA

- cantiere : Italgas
- lavoro : Taggia (IM)
- località :

- data prova : 17/09/2021
- quota inizio : Piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- data emiss. : 13/10/2021

- note :

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	asta
0.00 - 0.20	5	52.5	1	1.80 - 2.00	27	240.6	3
0.20 - 0.40	4	42.0	1	2.00 - 2.20	25	222.8	3
0.40 - 0.60	9	86.8	2	2.20 - 2.40	26	231.7	3
0.60 - 0.80	24	231.4	2	2.40 - 2.60	40	331.3	4
0.80 - 1.00	26	250.7	2	2.60 - 2.80	22	182.2	4
1.00 - 1.20	14	135.0	2	2.80 - 3.00	30	248.5	4
1.20 - 1.40	29	279.7	2	3.00 - 3.20	25	207.0	4
1.40 - 1.60	15	133.7	3	3.20 - 3.40	27	223.6	4
1.60 - 1.80	18	160.4	3				

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63-100 EML.C**
- M (massa battente)= **63.50** kg - H (altezza caduta)= **0.75** m - A (area punta)= **20.43** cm² - D(diam. punta)= **51.00 mm**
- Numero Colpi Punta N = N(**20**) [δ = 20 cm] - Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

STUDIO ASSOCIATO GEOLOGICA
Via Chiuminatto, 5
10080 Cintano (TO)

Certificato: 211022

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIN 4
TABELLE VALORI DI RESISTENZA

- cantiere : Italgas
- lavoro : Taggia (IM)
- località :

- data prova : 17/09/2021
- quota inizio : Piano campagna
- prof. falda : 8.50 m da quota inizio
- data emiss. : 13/10/2021

- note :

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	asta
0.00 - 0.20	12	126.1	1	4.60 - 4.80	4	29.0	6
0.20 - 0.40	15	157.6	1	4.80 - 5.00	4	29.0	6
0.40 - 0.60	23	221.8	2	5.00 - 5.20	3	21.8	6
0.60 - 0.80	24	231.4	2	5.20 - 5.40	3	21.8	6
0.80 - 1.00	12	115.7	2	5.40 - 5.60	4	27.3	7
1.00 - 1.20	13	125.4	2	5.60 - 5.80	4	27.3	7
1.20 - 1.40	7	67.5	2	5.80 - 6.00	3	20.5	7
1.40 - 1.60	5	44.6	3	6.00 - 6.20	4	27.3	7
1.60 - 1.80	6	53.5	3	6.20 - 6.40	4	27.3	7
1.80 - 2.00	5	44.6	3	6.40 - 6.60	3	19.4	8
2.00 - 2.20	5	44.6	3	6.60 - 6.80	7	45.2	8
2.20 - 2.40	4	35.6	3	6.80 - 7.00	6	38.7	8
2.40 - 2.60	5	41.4	4	7.00 - 7.20	6	38.7	8
2.60 - 2.80	7	58.0	4	7.20 - 7.40	4	25.8	8
2.80 - 3.00	10	82.8	4	7.40 - 7.60	4	24.5	9
3.00 - 3.20	7	58.0	4	7.60 - 7.80	5	30.6	9
3.20 - 3.40	5	41.4	4	7.80 - 8.00	6	36.7	9
3.40 - 3.60	5	38.7	5	8.00 - 8.20	13	79.6	9
3.60 - 3.80	4	30.9	5	8.20 - 8.40	32	195.9	9
3.80 - 4.00	4	30.9	5	8.40 - 8.60	17	98.9	10
4.00 - 4.20	3	23.2	5	8.60 - 8.80	13	75.6	10
4.20 - 4.40	3	23.2	5	8.80 - 9.00	17	98.9	10
4.40 - 4.60	3	21.8	6	9.00 - 9.20	66	383.9	10

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63-100 EML.C**
- M (massa battente)= **63.50** kg - H (altezza caduta)= **0.75** m - A (area punta)= **20.43** cm² - D(diam. punta)= **51.00 mm**
- Numero Colpi Punta N = N(**20**) [δ = 20 cm] - Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

STUDIO ASSOCIATO GEOLOGICA
Via Chiuminatto, 5
10080 Cintano (TO)

Certificato: 211022

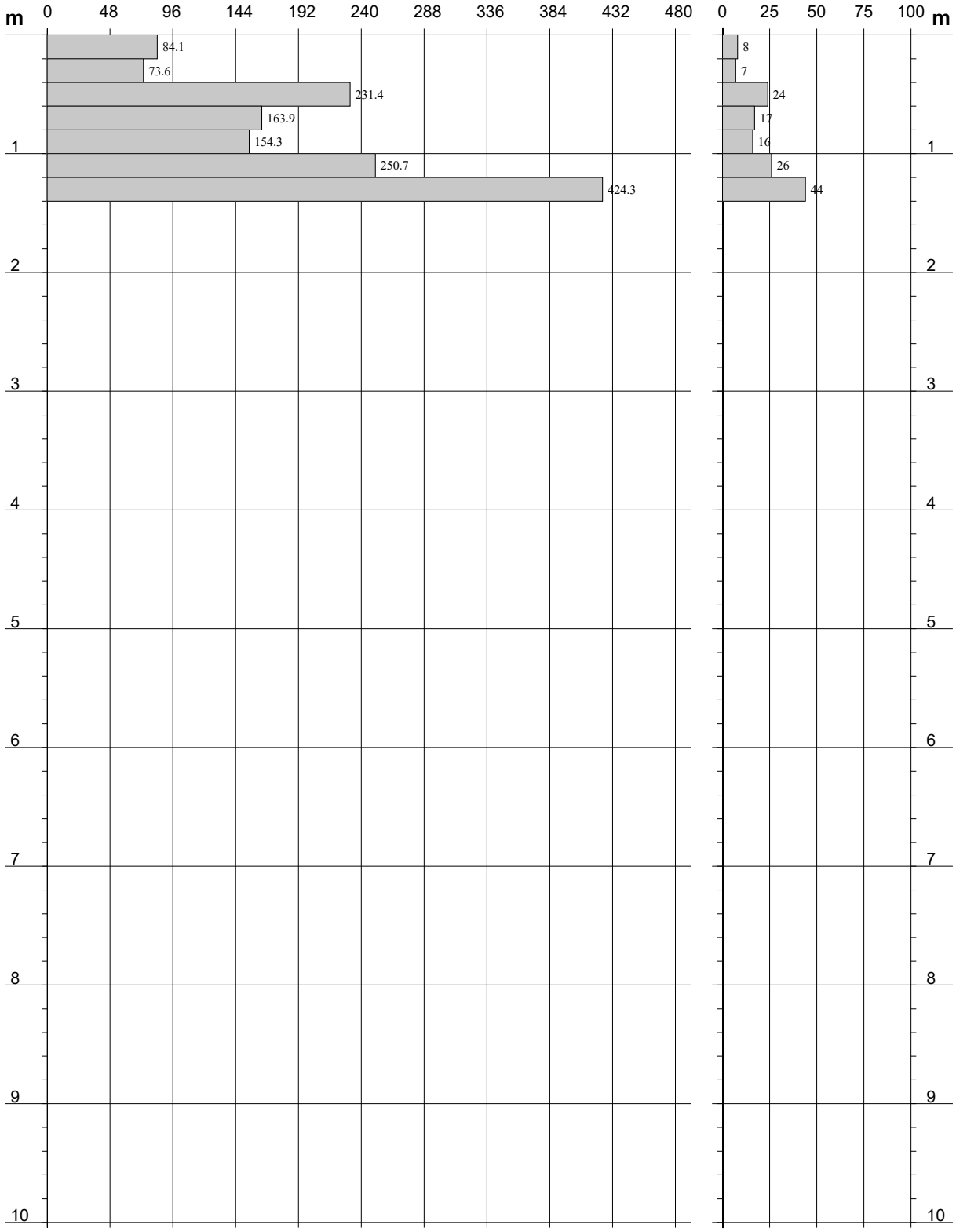
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIN 1
DIAGRAMMA RESISTENZA DINAMICA PUNTA

Scala 1: 50

- cantiere : Italgas
- lavoro : Taggia (IM)
- località :

- data prova : 17/09/2021
- quota inizio : Piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- data emiss. : 13/10/2021

Rpd (kg/cm²) Resistenza dinamica alla punta, formula "Olandese" **N = N(20) n° colpi δ = 20**



STUDIO ASSOCIATO GEOLOGICA
Via Chiuminatto, 5
10080 Cintano (TO)

Certificato: 211022

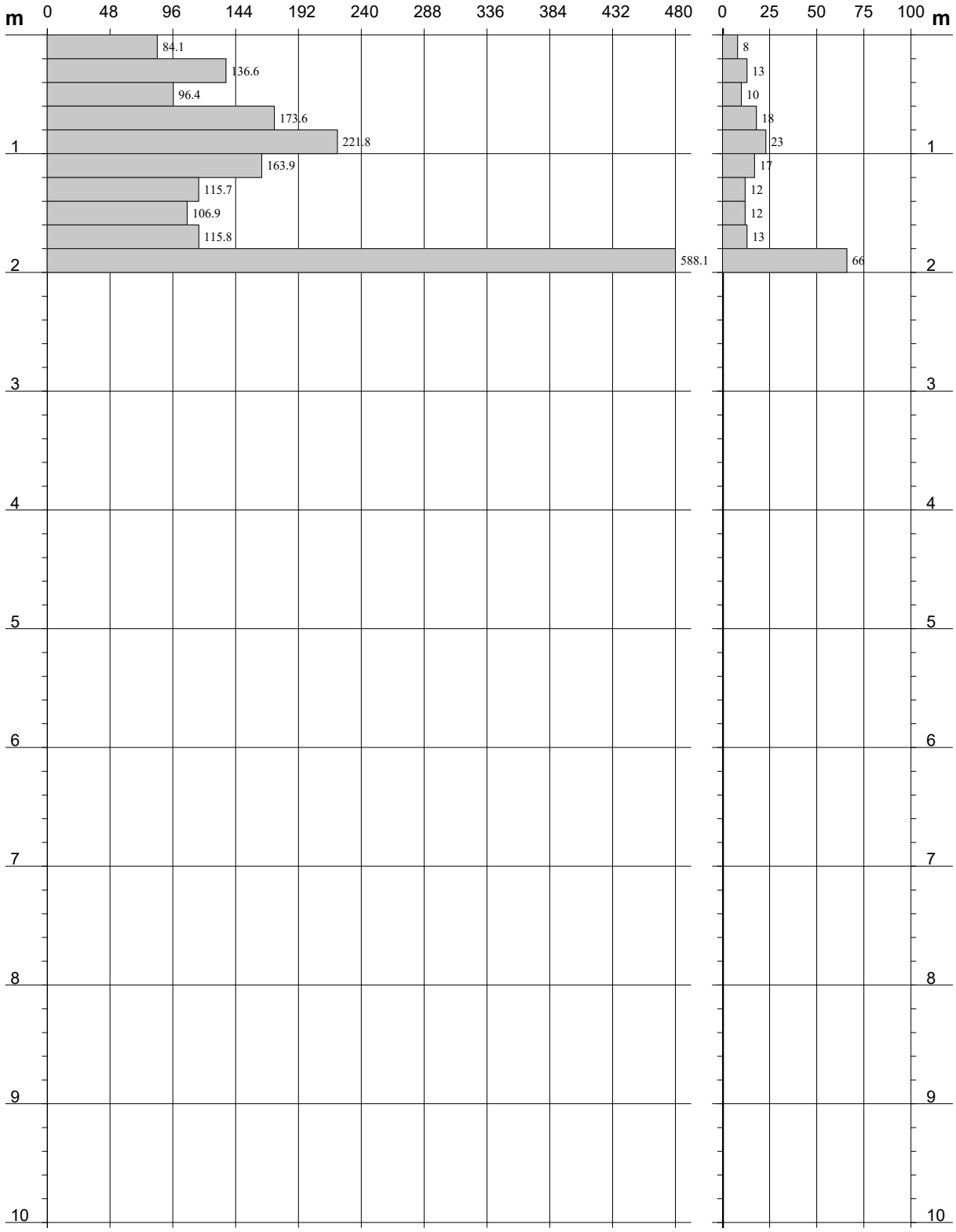
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIN 2
DIAGRAMMA RESISTENZA DINAMICA PUNTA

Scala 1: 50

- cantiere : Italgas
- lavoro : Taggia (IM)
- località :

- data prova : 17/09/2021
- quota inizio : Piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- data emiss. : 13/10/2021

Rpd (kg/cm²) Resistenza dinamica alla punta, formula "Olandese" **N = N(20) n° colpi δ = 20**



STUDIO ASSOCIATO GEOLOGICA
Via Chiuminatto, 5
10080 Cintano (TO)

Certificato: 211022

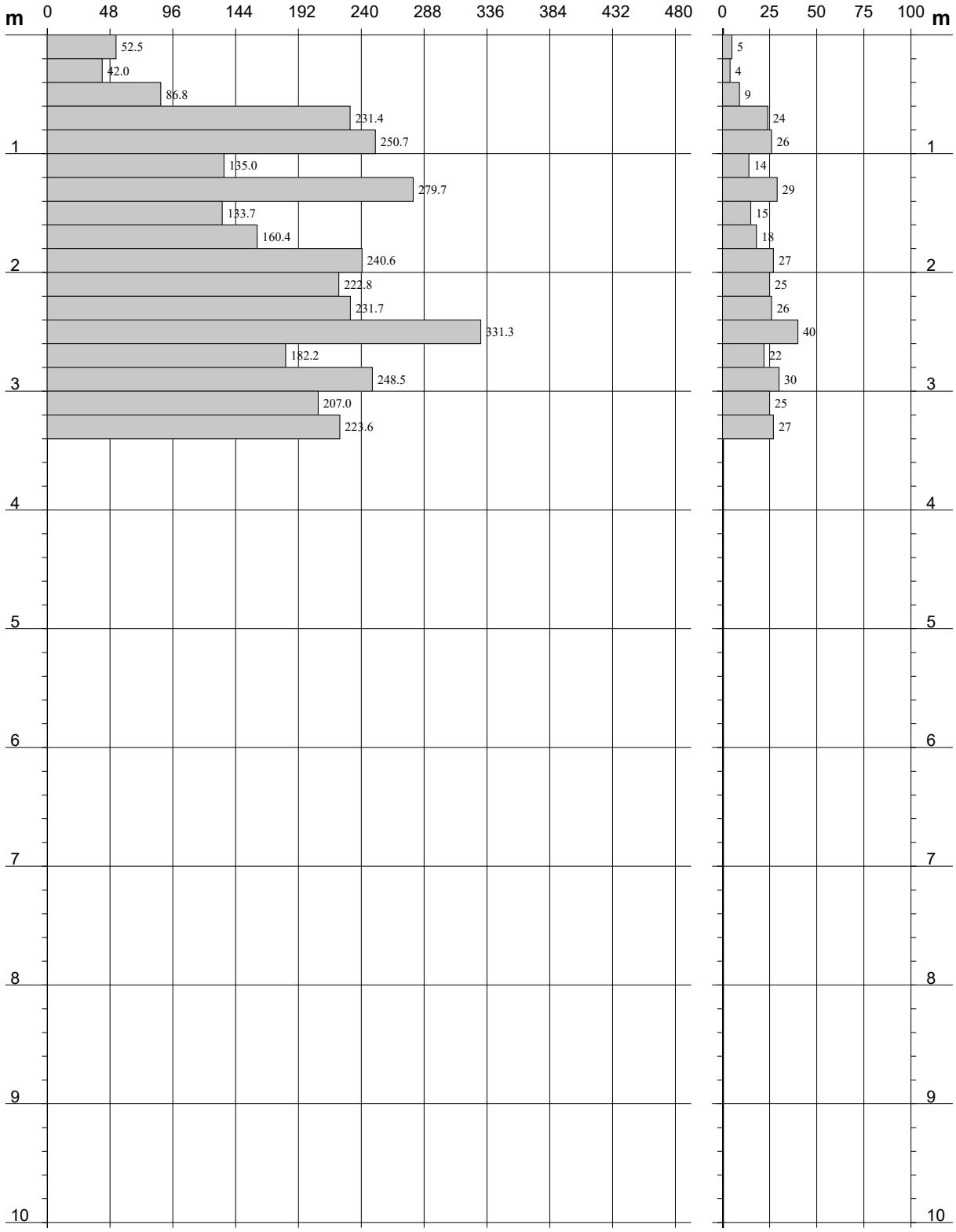
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIN 3
DIAGRAMMA RESISTENZA DINAMICA PUNTA

Scala 1: 50

- cantiere : Italgas
- lavoro : Taggia (IM)
- località :

- data prova : 17/09/2021
- quota inizio : Piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- data emiss. : 13/10/2021

Rpd (kg/cm²) Resistenza dinamica alla punta, formula "Olandese" **N = N(20) n° colpi δ = 20**



STUDIO ASSOCIATO GEOLOGICA
Via Chiuminatto, 5
10080 Cintano (TO)

Certificato: 211022

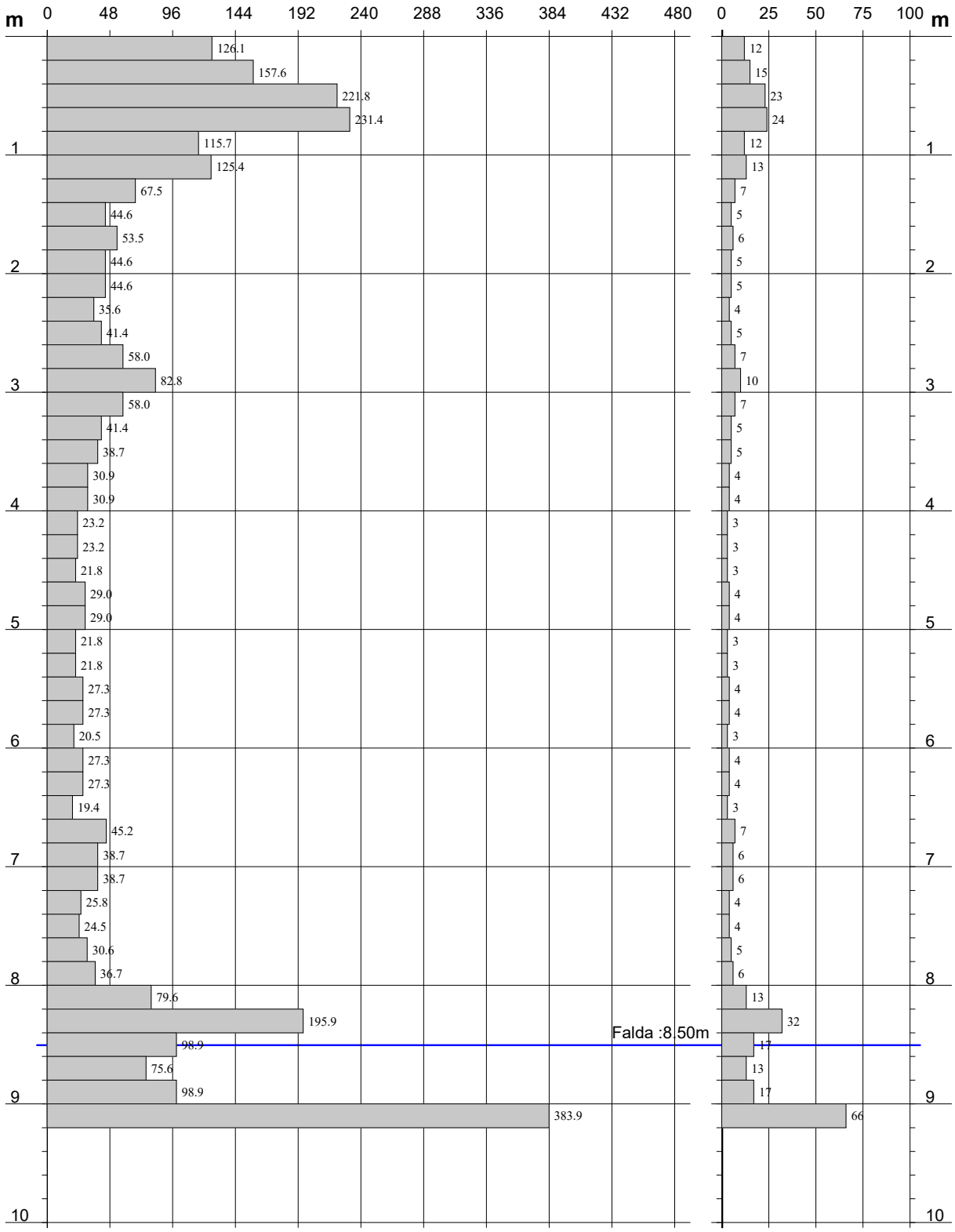
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIN 4
DIAGRAMMA RESISTENZA DINAMICA PUNTA

Scala 1: 50

- cantiere : Italgas
- lavoro : Taggia (IM)
- località :

- data prova : 17/09/2021
- quota inizio : Piano campagna
- prof. falda : 8.50 m da quota inizio
- data emiss. : 13/10/2021

Rpd (kg/cm²) Resistenza dinamica alla punta, formula "Olandese" **N = N(20) n° colpi δ = 20**



STUDIO ASSOCIATO GEOLOGICA
Via Chiuminatto, 5
10080 Cintano (TO)

Certificato: 211022

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 1

- cantiere : Italgas
- lavoro : Taggia (IM)
- località :
- data prova : 17/09/2021
- quota inizio : Piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- data emiss. : 13/10/2021

- note :

n°	Profondità (m)		PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA							VCA	β	Nspt
				M	min	Max	½(M+min)	s	M-s	M+s			
1	0.00	0.40	N	7.5	7	8	7.3	----	----	----	7	1.49	**10**
			Rpd	78.8	74	84	76.2	----	----	----	74		
2	0.40	1.40	N	25.4	16	44	20.7	----	----	----	21	1.49	**31**
			Rpd	244.9	154	424	199.6	----	----	----	203		

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio VCA: valore caratteristico assunto
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento δ = 20 cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)
β: Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico βt = 1.49) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento δ = 30 cm)

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

DIN 1

n°	Prof.(m)		LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
					DR	ø'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00	0.40	Coperture sabbioso-limose di riporto	10	35.0	27.2	268	1.93	1.50	0.63	1.90	33	0.892
2	0.40	1.40	Ciottoli e ghiaie in matr.sabbiosa	31	66.0	36.6	430	2.06	1.70	----	----	----	----

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento δ = 30 cm)

DR % = densità relativa ø' (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

STUDIO ASSOCIATO GEOLOGICA
Via Chiuminatto, 5
10080 Cintano (TO)

Certificato: 211022

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 2

- cantiere : Italgas
- lavoro : Taggia (IM)
- località :

- data prova : 17/09/2021
- quota inizio : Piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- data emiss. : 13/10/2021

- note :

n°	Profondità (m)	PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA							VCA	β	Nspt
			M	min	Max	½(M+min)	s	M-s	M+s			
1	0.00 0.60	N	10.3	8	13	9.2	----	----	----	9	1.49	**13**
		Rpd	105.7	84	137	94.9	----	----	----	92		
2	0.60 2.00	N	23.0	12	66	17.5	19.4	3.6	42.4	18	1.49	**27**
		Rpd	212.3	107	588	159.6	170.7	41.5	383.0	166		

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio VCA: valore caratteristico assunto
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento δ = 20 cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)
β: Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico βt = 1.49) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento δ = 30 cm)

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

DIN 2

n°	Prof.(m)	LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
				DR	ø'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00 0.60	Coperture sabb./limose di riporto	13	39.5	29.0	292	1.95	1.53	0.81	1.93	30	0.818
2	0.60 2.00	Ciottoli e ghiaie in matr.sabbiosa	27	60.5	35.1	399	2.03	1.66	----	----	----	----

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento δ = 30 cm)

DR % = densità relativa ø' (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

STUDIO ASSOCIATO GEOLOGICA
Via Chiuminatto, 5
10080 Cintano (TO)

Certificato: 211022

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 3

- cantiere : Italgas
- lavoro : Taggia (IM)
- località :

- data prova : 17/09/2021
- quota inizio : Piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- data emiss. : 13/10/2021

- note :

n°	Profondità (m)		PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA							VCA	β	Nspt
				M	min	Max	½(M+min)	s	M-s	M+s			
1	0.00	0.60	N	6.0	4	9	5.0	----	----	----	5	1.49	**7**
			Rpd	60.5	42	87	51.2	----	----	----	50		
2	0.60	3.40	N	24.9	14	40	19.4	6.5	18.3	31.4	19	1.49	**28**
			Rpd	219.9	134	331	176.8	54.2	165.7	274.1	168		

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio VCA: valore caratteristico assunto
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento δ = 20 cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)
β: Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico βt = 1.49) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento δ = 30 cm)

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

DIN 3

n°	Prof.(m)		LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
					DR	ø'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00	0.60	Coperture sabb./limose di riporto	7	25.0	25.2	245	1.90	1.45	0.44	1.86	36	0.972
2	0.60	3.40	Ciottoli e ghiaie in matr.sabbiosa	28	62.0	35.5	407	2.04	1.67	----	----	----	----

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento δ = 30 cm)

DR % = densità relativa ø' (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

STUDIO ASSOCIATO GEOLOGICA
Via Chiuminatto, 5
10080 Cintano (TO)

Certificato: 211022

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 4

- cantiere : Italgas
- lavoro : Taggia (IM)
- località :

- data prova : 17/09/2021
- quota inizio : Piano campagna
- prof. falda : 8.50 m da quota inizio
- data emiss. : 13/10/2021

- note :

n°	Profondità (m)		PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA							VCA	β	Nspt
				M	min	Max	½(M+min)	s	M-s	M+s			
1	0.00	1.20	N	16.5	12	24	14.3	5.5	11.0	22.0	14	1.49	**21**
			Rpd	163.0	116	231	139.4	51.4	111.7	214.4	138		
2	1.20	8.00	N	4.8	3	10	3.9	1.6	3.2	6.3	4	1.49	**6**
			Rpd	36.2	19	83	27.8	14.6	21.7	50.8	30		
3	8.00	9.20	N	26.3	13	66	19.7	20.7	5.7	47.0	20	1.49	**30**
			Rpd	155.5	76	384	115.5	120.3	35.2	275.8	118		

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio VCA: valore caratteristico assunto
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento δ = 20 cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)
β: Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico βt = 1.49) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento δ = 30 cm)

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

DIN 4

n°	Prof.(m)		LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
					DR	ø'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00	1.20	Riporti sabbioso-ghiaiosi	21	51.5	32.7	353	2.00	1.60	----	----	----	----
2	1.20	8.00	Sabbie limose con ghiaietto	6	21.7	24.5	238	1.89	1.43	0.38	1.85	37	1.000
3	8.00	9.20	Ciottoli e ghiaie in matr.sabbiosa	30	65.0	36.2	423	2.05	1.69	----	----	----	----

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento δ = 30 cm)

DR % = densità relativa ø' (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

ALLEGATO D:
CALCOLO DEL VALORE Vseq E RELATIVA CATEGORIA DI SOTTOSUOLO (NTC 2018)

Strato num.	Prof. Max strato	spessore strato h_i [m]	Velocità onde di taglio V_i [m/s]	h_i/V_i [s]
1	0.95	0.95	307.2	0.0031
2	2.13	1.18	279.6	0.0042
3	3.60	1.48	302.0	0.0049
4	5.45	1.85	390.7	0.0047
5	7.75	2.31	405.0	0.0057
6	10.64	2.88	315.9	0.0091
7	14.24	3.60	336.0	0.0107
8	18.74	4.50	494.8	0.0091
9	24.37	5.63	573.1	0.0098
10	30.00	5.63	692.6	0.0081
			$\Sigma(h_i/V_i)$	**0.0695**

Vseq [m/s] = 431.6

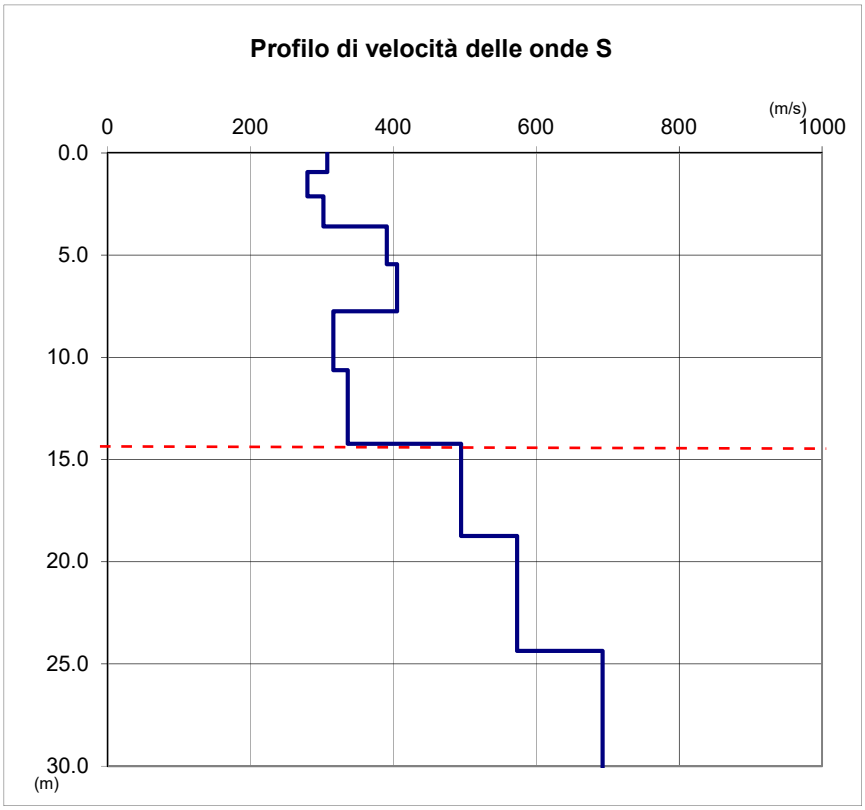
Categoria = B

MASW 12 canali



Categorie di sottosuolo (N.T.C 17-01-2018 - Cap. 3, Tab. 3.2.II)

A	*Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi* caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	*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.
C	*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti* con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	*Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti,* con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	*Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D,* con profondità del substrato non superiore a 30 m.



STUDIO ASSOCIATO GEOLOGICA

Commitente : *Giugiaro Architettuta* | Data inizio : 08/10/2021 | Quota :

Cantiere : *ITALGAS* | Data fine : 11/10/2021 | N° Cassette : 4

Località : Taggia (IM) | Tipo Sonda : COMACCHIO 900 M | Ditta Esecutrice : CARSICO s.r.l.

S1

STUDIO ASSOCIATO GEOLOGICA - via Chiuminatto 5, 10080 CINTANO (TO) - Cell: +39.3492588017 - e-mail info@studiogeologica.it

Giorni di perforazione	Scala di riferimento	Profondità (m)	Potenza dello strato (m)	Stratigrafia	Descrizione litologica
8/10/2021	1,00	1,00	1		Riporti eterogenei costituiti da ciottoli e ghiaie in matr. sabbiosa; clasti costituiti da elementi in cls e frammenti di laterizio. Intercettata una tubazione alla prof. di 0.8 m (probabile impianto antincendio da dismettere)
	2,00	2,10	1,1		Ciottoli e ghiaie in matrice sabbiosa (colore ocra chiaro); livello a matrice sabbiosa debolmente limosa tra 1.3 e 1.5 m (colore ocra)
		2,50	0,4		Sabbie debolmente limose con ghiaietto e ciottoli (colore ocra)
	3,00	3,60	1,1		Ciottoli e ghiaie in matrice sabbiosa
	4,00				
	5,00	7,20	3,6		Sabbie cementate di colore bruno-arancio-ocra con screziature rossastre e nere, livelli di alterazione per ossidazione
	6,00				
	7,00				
		7,60	0,4		Ciottoli arenacei bruno-ocra
	8,00				
11/10/2021	9,00	10,00	2,4		Sabbie color ocra localmente debolmente cementate con ciottoli arenacei di colore scuro, locali inclusioni carboniose
	10,00				
	11,00		2		Sabbie limose di color ocra/marrone con ghiaie e ciottoli arenacei
	12,00	12,00			
	13,00		1,6		Sabbie e limi marroni con ghiaie e ciottoli arenacei
		13,60			
	14,00				
	15,00	15,20	1,6		Sabbie limose color nocciola
	16,00				
	17,00		3,4		Sabbie limose con ciottoli e ghiaie arenacei di colore marrone con screziature rosse, addensate
	18,00				
		18,60			
	19,00				
	20,00	20,00	1,4		Ciottoli e ghiaie arenacei compatti, colore grigio-bruno

Campioni: Profondità (m)	Tipo (1 : indisturbato, R : rimaneggiato)	Campionatore	Percentuale di carotaggio (20 % 40 % 60 % 80 %)	RQD Rock quality Designation (20 % 40 % 60 % 80 %)

GEOTECNICA — SPT Standar penetration Test (10 20 30 40 N)

Pocket penetrometer	Pocket Vane Test
3.00: 50 R	
4.50: 14 21 23	
6.00: 17 25 25	
9.00: 14 35 30	
15.00: 12 15 13	

PERFORAZIONE — Rivestimento | Metodo e diametro | Fluido | UTENSILI: Carotiere semplice Corona di Widia | Carotiere doppio Corona di Widia | Carotiere doppio Corona Diamantata

STRUMENTI — Piezometro a tubo aperto | Piezometro di Casagrande | Inclinometro

Livello stabilizzato della falda: 11.20

NOTE

ALLEGATO F: DATI GENERALI

PROGETTO E LOCALIZZAZIONE
Titolo lavoro: Nuovo polo ITALGAS
Cliente: GIUGIARO ARCHITETTURA
Indirizzo, Coordinate: Via Periane, 45 - TAGGIA (IM)
Data 15/10/2021
Normativa: Norme Tecniche Costruzioni, Circolare 2 febbraio 2009, n.617

Fattore sicurezza normativa	1.25	

FALDA

Profondità falda idrica	11.2	m

CARICHI SUL PIANO CAMPAGNA

Base	17	m
Lunghezza	35	m
Carico in superficie	150	kPa
Metodo calcolo stato tensionale	Bussinesq	
Coefficiente di Poisson	0.3	

DATI SISMICI

Accelerazione Bedrock	0.153
Fattore amplificazione	2.432

Tipo Suolo: B-Sabbie, ghiaie molto addensate, argille molto consistenti Vs30=360-800
Morfologia: T1-Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media i<=15°

Coefficiente amplificazione stratigrafica (SS)	1.2
Coefficiente amplificazione topografica (ST)	1
Magnitudo momento sismico (Mw)	6.5
Peak ground acceleration (PGA)	0.1836

PARAMETRI GEOTECNICI

Strato Nr	Descrizione	Quota iniziale (m)	Quota finale (m)	Peso unità volume (KN/mc)	Peso unità volume saturo (KN/mc)	Numero colpi medio (Nspt)	D50 granuli (mm)	Resistenza qc (KPa)	Resistenza attrito laterale fs (KPa)	Velocità onde di taglio Vs (m/s)
1	riporti	0	1	16.5	19	15	0	0	0	290
2	ciottoli e ghiaie matr sabb	1	3.6	19	21	42	0	0	0	300
3	sabbie deb cementate	3.6	7.2	19.5	21.5	46	0	0	0	400
4	sabbie con ciottoli	7.2	10	19.5	21.5	65	0	0	0	315
5	sabbie limose	10	15.2	20	22	28	0	0	0	335
6	sabbie ghiaiose	15.2	18.6	20	22	40	0	0	0	500
7	ciottoli e ghiaie	18.6	20	20.5	22.5	60	0	0	0	570

NTC 2018 SPT

Energy Ratio (ER) 0.6
Indice di comportamento Ic

Strato Nr.	Frazione limosa (%)	Frazione argillosa (%)	Indice di plasticità (%)	Tipo Suolo	Validità
	15	5		C-Sabbie, ghiaie mediamente addensate, argille di media consistenza Vs30=180-360	Valido
	15	5		C-Sabbie, ghiaie mediamente addensate, argille di media consistenza Vs30=180-360	Valido
	15	5		C-Sabbie, ghiaie mediamente addensate, argille di media consistenza Vs30=180-360	Valido
	15	5		C-Sabbie, ghiaie mediamente addensate, argille di media consistenza Vs30=180-360	Valido
	15	5		C-Sabbie, ghiaie mediamente addensate, argille di media consistenza Vs30=180-360	Valido
	15	5		B-Sabbie, ghiaie molto addensate, argille molto consistenti Vs30=360-800	Valido

Correzione per ER (CE) 1
Correzione diametro foro (CB) 1
Correzione per la magnitudo (MSF) 1.44

	Profondità dal p.c. (m)	Pressione litostatica totale (KPa)	Pressione verticale effettiva (KPa)	Correzione per la pressione litostatica efficace (CN)	Correzione per il tipo di campionatore	Correzione per la profondità raggiunta dalle aste	Numero colpi corretto (N1,60)	Coefficiente riduttivo (rd)	Correzione per il sovraccarico (Ks)	Resistenza alla liquefazione (CRR)	Sforzo di taglio normalizzato (CSR)	Coefficiente di sicurezza Fs	Suscettibilità di liquefazione	Probabilità di liquefazione (%)
1	11.40	253.330	251.369	0.631	1.000	1.000	22.678	0.697	0.794	0.252	0.092	2.75	Terreno non suscettibile di liquefazione	1.542
2	11.60	257.598	253.676	0.628	1.000	1.000	22.591	0.697	0.793	0.251	0.092	2.71	Terreno non suscettibile di liquefazione	1.609
3	11.80	261.865	255.981	0.625	1.000	1.000	22.506	0.697	0.792	0.249	0.093	2.68	Terreno non suscettibile di liquefazione	1.676
4	12.00	266.129	258.284	0.622	1.000	1.000	22.421	0.697	0.791	0.248	0.094	2.64	Terreno non	1.745

													suscettibile di liquefazione	
5	12.20	270.392	260.585	0.619	1.000	1.000	22.338	0.697	0.790	0.247	0.095	2.61	Terreno non suscettibile di liquefazione	1.816
6	12.40	274.653	262.885	0.617	1.000	1.000	22.256	0.697	0.790	0.246	0.095	2.58	Terreno non suscettibile di liquefazione	1.887
7	12.60	278.913	265.183	0.614	1.000	1.000	22.175	0.697	0.789	0.245	0.096	2.54	Terreno non suscettibile di liquefazione	1.960
8	12.80	283.171	267.480	0.611	1.000	1.000	22.095	0.697	0.788	0.243	0.097	2.51	Terreno non suscettibile di liquefazione	2.033
9	13.00	287.428	269.776	0.609	1.000	1.000	22.016	0.697	0.787	0.242	0.098	2.48	Terreno non suscettibile di liquefazione	2.108
1	13.20	291.68	272.07	0.606	1.000	1.000	21.93	0.697	0.787	0.241	0.098	2.45	Terreno	2.184

0		3	0				9						non suscettibile di liquefazione	
11	13.40	295.937	274.363	0.604	1.000	1.000	21.862	0.697	0.786	0.240	0.099	2.43	Terreno non suscettibile di liquefazione	2.261
12	13.60	300.190	276.654	0.601	1.000	1.000	21.786	0.697	0.785	0.239	0.100	2.40	Terreno non suscettibile di liquefazione	2.339
13	13.80	304.442	278.945	0.599	1.000	1.000	21.711	0.696	0.784	0.238	0.100	2.37	Terreno non suscettibile di liquefazione	2.418
14	14.00	308.693	281.235	0.596	1.000	1.000	21.638	0.696	0.784	0.237	0.101	2.35	Terreno non suscettibile di liquefazione	2.498
15	14.20	312.943	283.523	0.594	1.000	1.000	21.565	0.696	0.783	0.236	0.102	2.32	Terreno non suscettibile di liquefazione	2.579

16	14.40	317.192	285.811	0.592	1.000	1.000	21.493	0.696	0.782	0.235	0.102	2.30	Terreno non suscettibile di liquefazione	2.661
17	14.60	321.440	288.097	0.589	1.000	1.000	21.422	0.696	0.782	0.234	0.103	2.28	Terreno non suscettibile di liquefazione	2.744
18	14.80	325.687	290.383	0.587	1.000	1.000	21.351	0.696	0.781	0.233	0.103	2.25	Terreno non suscettibile di liquefazione	2.828

IPL (Sonmez)=0 Zcrit=20 m Rischio=Molto basso

Seed H. B. Idriss I. M. (1982)

Strato Nr.	FC (%)	Validità
1-riporti (0-1)	20	Valido
2-ciottoli e ghiaie matr sabb (1-3.6)	20	Valido
3-sabbie deb cementate (3.6-7.2)	20	Valido
4-sabbie con ciottoli (7.2-10)	20	Valido
5-sabbie limose (10-15.2)	20	Valido
6-sabbie ghiaiose (15.2-18.6)	20	Valido

Nr.	Profondità dal p.c. (m)	Pressione litostatica totale (KPa)	Pressione verticale effettiva (KPa)	Correzione per la pressione litostatica efficace (CN)	Numero colpi corretto (N1,60)	Coefficiente riduttivo (rd)	Resistenza alla liquefazione (CRR)	Sforzo di taglio normalizzato (CSR)	Coefficiente di sicurezza Fs	Suscettibilità di liquefazione
1	11.40	253.330	251.369	0.683	23.595	0.805	0.279	0.097	2.88	Terreno non suscettibile di liquefazione
2	11.60	257.598	253.676	0.680	23.522	0.800	0.277	0.097	2.85	Terreno non suscettibile di liquefazione
3	11.80	261.865	255.981	0.678	23.450	0.795	0.275	0.097	2.83	Terreno non suscettibile di liquefazione
4	12.00	266.129	258.284	0.675	23.379	0.790	0.273	0.097	2.81	Terreno non suscettibile di liquefazione
5	12.20	270.392	260.585	0.673	23.308	0.785	0.271	0.097	2.78	Terreno non suscettibile di liquefazione
6	12.40	274.653	262.885	0.670	23.239	0.780	0.269	0.097	2.76	Terreno non suscettibile di liquefazione
7	12.60	278.913	265.183	0.668	23.170	0.775	0.267	0.097	2.74	Terreno non

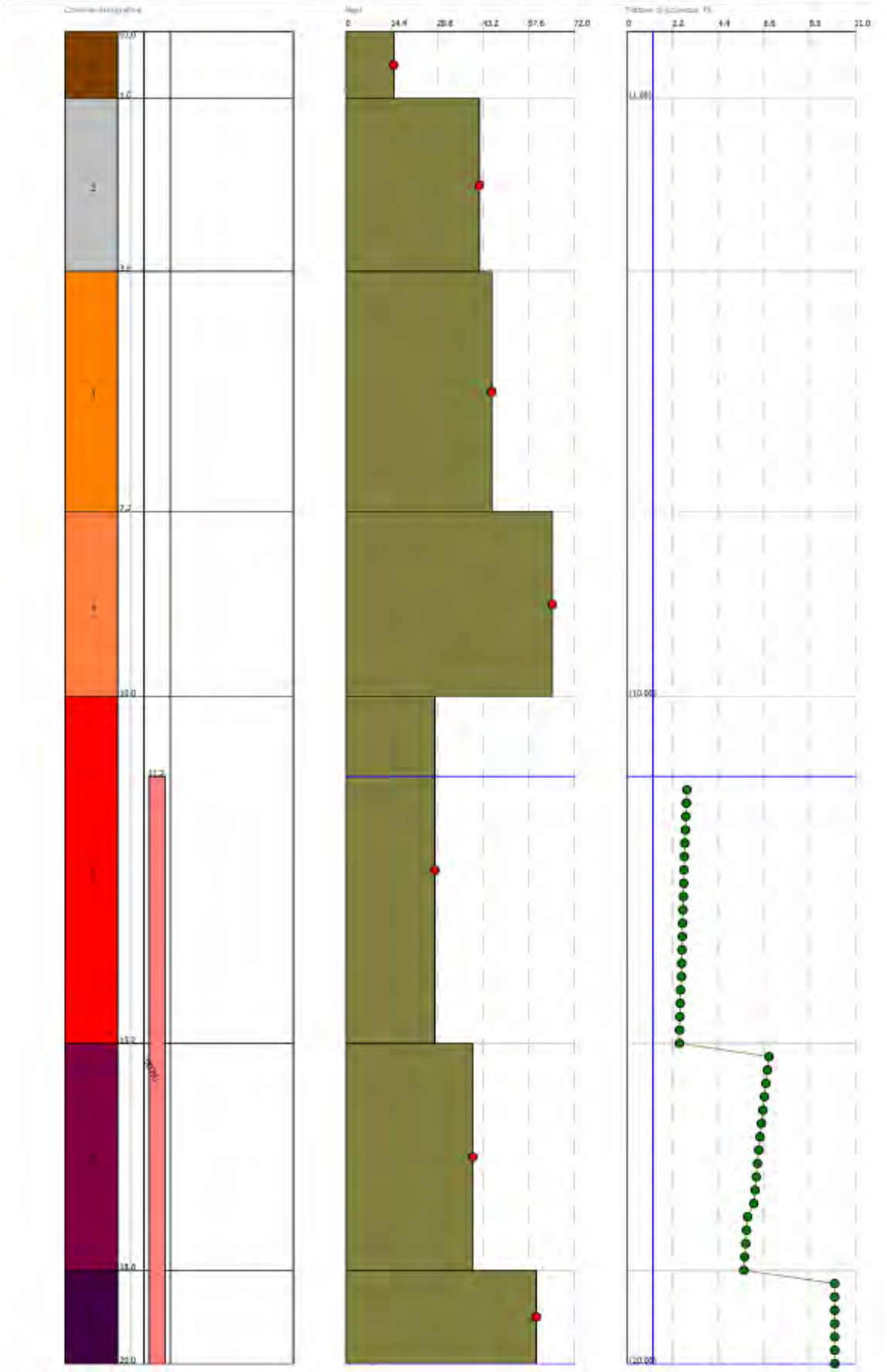
										suscettibile di liquefazione
8	12.80	283.171	267.480	0.665	23.103	0.770	0.265	0.097	2.73	Terreno non suscettibile di liquefazione
9	13.00	287.428	269.776	0.663	23.036	0.765	0.263	0.097	2.71	Terreno non suscettibile di liquefazione
10	13.20	291.683	272.070	0.660	22.970	0.760	0.262	0.097	2.69	Terreno non suscettibile di liquefazione
11	13.40	295.937	274.363	0.658	22.905	0.755	0.260	0.097	2.67	Terreno non suscettibile di liquefazione
12	13.60	300.190	276.654	0.656	22.841	0.750	0.258	0.097	2.66	Terreno non suscettibile di liquefazione
13	13.80	304.442	278.945	0.654	22.777	0.745	0.257	0.097	2.64	Terreno non suscettibile di liquefazione
14	14.00	308.693	281.235	0.651	22.715	0.740	0.255	0.097	2.63	Terreno non suscettibile di liquefazione
15	14.20	312.943	283.523	0.649	22.653	0.736	0.254	0.097	2.62	Terreno non suscettibile di liquefazione
16	14.40	317.192	285.811	0.640	22.405	0.731	0.249	0.097	2.57	Terreno non suscettibile di liquefazione
17	14.60	321.440	288.097	0.638	22.343	0.726	0.247	0.097	2.56	Terreno non suscettibile di liquefazione
18	14.80	325.687	290.383	0.636	22.283	0.721	0.246	0.097	2.54	Terreno non suscettibile di liquefazione
19	15.00	329.933	292.668	0.634	22.223	0.717	0.244	0.096	2.53	Terreno non

										suscettibile di liquefazione
20	15.20	334.179	294.953	0.632	22.164	0.712	0.243	0.096	2.52	Terreno non suscettibile di liquefazione
21	15.40	338.424	297.236	0.679	31.630	0.707	0.657	0.096	6.84	Terreno non suscettibile di liquefazione
22	15.60	342.669	299.520	0.677	31.555	0.703	0.648	0.096	6.76	Terreno non suscettibile di liquefazione
23	15.80	346.913	301.802	0.675	31.481	0.698	0.640	0.096	6.68	Terreno non suscettibile di liquefazione
24	16.00	351.156	304.084	0.673	31.408	0.693	0.631	0.096	6.61	Terreno non suscettibile di liquefazione
25	16.20	355.399	306.366	0.671	31.336	0.689	0.623	0.095	6.54	Terreno non suscettibile di liquefazione
26	16.40	359.642	308.647	0.670	31.264	0.684	0.616	0.095	6.47	Terreno non suscettibile di liquefazione
27	16.60	363.884	310.928	0.668	31.193	0.680	0.608	0.095	6.40	Terreno non suscettibile di liquefazione
28	16.80	368.126	313.209	0.666	31.123	0.675	0.600	0.095	6.34	Terreno non suscettibile di liquefazione
29	17.00	372.368	315.489	0.664	31.053	0.671	0.593	0.095	6.28	Terreno non suscettibile di liquefazione
30	17.20	376.610	317.770	0.663	30.985	0.667	0.586	0.094	6.22	Terreno non suscettibile di liquefazione
31	17.40	380.851	320.050	0.661	30.917	0.662	0.579	0.094	6.16	Terreno non

										suscettibile di liquefazione
32	17.60	385.092	322.330	0.659	30.849	0.658	0.573	0.094	6.10	Terreno non suscettibile di liquefazione
33	17.80	389.333	324.610	0.650	30.478	0.654	0.543	0.094	5.80	Terreno non suscettibile di liquefazione
34	18.00	393.575	326.889	0.648	30.410	0.650	0.537	0.093	5.75	Terreno non suscettibile di liquefazione
35	18.20	397.816	329.169	0.647	30.344	0.646	0.531	0.093	5.71	Terreno non suscettibile di liquefazione
36	18.40	402.057	331.449	0.645	30.278	0.641	0.526	0.093	5.66	Terreno non suscettibile di liquefazione
37	18.60	406.298	333.729	0.643	30.213	0.637	0.520	0.093	5.62	Terreno non suscettibile di liquefazione
38	18.80	410.640	336.109	0.741	46.000	0.633	10.000	0.092	10.00	Terreno non suscettibile di liquefazione
39	19.00	414.981	338.489	0.731	46.000	0.629	10.000	0.092	10.00	Terreno non suscettibile di liquefazione
40	19.20	419.323	340.870	0.729	46.000	0.625	10.000	0.092	10.00	Terreno non suscettibile di liquefazione
41	19.40	423.665	343.250	0.728	46.000	0.622	10.000	0.092	10.00	Terreno non suscettibile di liquefazione
42	19.60	428.007	345.631	0.727	46.000	0.618	10.000	0.091	10.00	Terreno non suscettibile di liquefazione
43	19.80	432.349	348.012	0.726	46.000	0.614	10.000	0.091	10.00	Terreno non

suscettibile di
liquefazione

IPL (Sonmez)=0 Zcrit=20 m Rischio=Molto basso


0
14.4
28.8
43.2
57.6
72.0
0
2.2
4.4
6.6
8.8
11.0
(1.00)
(10.00)
(20.00)