



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Dipartimento
per lo Sport
Presidenza del Consiglio dei Ministri

Comune di Toano

Provincia di Reggio Emilia

REALIZZAZIONE SPOGLIATOI, CAMPO DA CALCIO E TENNIS

CENTRO SPORTIVO 'TOANO SPORT PARK' - CUP F78E25000180006

PNRR - M5C2 INVESTIMENTO 3.1 "SPORT E INCLUSIONE SOCIALE"

FINANZIATO DALL'UNIONE EUROPEA - NEXT GENERATION EU

PROGETTO ESECUTIVO

Centro Sportivo 'Toano Sport Park'

Via Matilde di Canossa, 42010 Toano (RE)

Committente

Comune di Toano

Corso Trieste n. 65, 42010 Toano (RE)

RUP

Geom. Erica Bondi

progettista architettonico e coordinamento gruppo specialisti

Architetto Enrico Franzoni

Piazza Cavicchioni, 5

42020 Albinea (RE)

collaboratori

Arch. Nicoletta Manzotti, Arch. Mia Zanni

Arch. Susanna Mattioli, Arch. Piera Scarano

progettista strutturale

Ingegnere Martina Malagoli

progetto impianti

Termoprogetti

P.I. Sergio Cantoni

progettista impianti elettrici e impianti speciali

P.I. Cristian Bazzoli

R.03

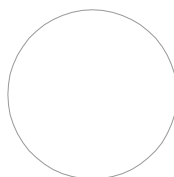
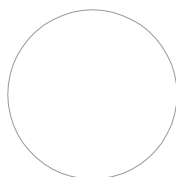
Relazione geologica

10/09/2025

Protocollo 24/25

RESPONSABILE DEL PROGETTO:

COMMITTENTE



A/R	DATA	DESCRIZIONE	SCALA	ELABORAZIONE
A				
B				
C				
D				
E				
F				
G				

A TERMINE DI LEGGE E' VIETATO RIPRODURRE E COMUNICARE A TERZI IL CONTENUTO DEL PRESENTE ELABORATO. SI RICONOSCONO AUTORIZZATI SOLO GLI ELABORATI CON TIMBRO E FIRMA IN ORIGINALE DEL RESPONSABILE DEL PROGETTO. IL PRESENTE PROGETTO E' DI PROPRIETA' ESCLUSIVA DI FRANZONI STUDIO PIAZZA CAVICCHIONI, 5 - 42020 ALBINEA (RE).

FRANZONI STUDIO
architecture smart technology



Piazza E. Cavicchioni, 5
42020 Albinea - Reggio Emilia

p.i. 02601890359 tel.-fax 0522347470
info@franzonistudio.com www.franzonistudio.com
enrico.franzoni@archiworldpec.it



STUDIO GEOLOGICO CALICETTI PAOLO

Via Lombardia 46, 41051, Castelnuovo Rangone (MO)

c.f: CLCPLA85H14G393Q; P.I 03533010363

PEC: paolo.calicetti@ecp.postecert.it

Telefono: 3476656452

E-mail: paolo.calicetti@gmail.com

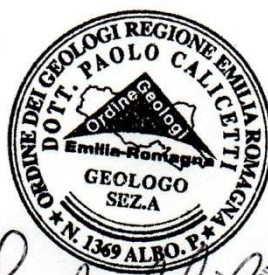
**OGGETTO: REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA STRUTTURA ADIBITA A
SPOGLIATOIO A SERVIZIO DEL CENTRO SPORTIVO**

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

LUOGO: Via Matilde di Canossa, Toano (RE)



Il tecnico: Calicetti Geol. Paolo



Novembre 2025

Sommario

Sommario.....	1
1. Introduzione	3
2. Inquadramento geografico, geologico e geomorfologico dell'area	3
2.1 Inquadramento geografico	3
2.2 Inquadramento geologico	5
2.2 Inquadramento geologico	7
3. Realizzazione del progetto.....	8
4. Indagini di cantiere	10
4.1 Prova penetrometrica dinamica	12
5. Modello geotecnico e litologico del terreno	13
6. Sismicità dell'area	15
6.1 Pericolosità sismica locale	20
6.2 Fenomeni di amplificazione sismica	21
7. Azione sismica in base al DM 17/01/2018.....	23
8.Indagini geofisiche.....	24
8.1 Acquisizione MASW	24
9. Azione sismica in superficie	25
9.1 Spettri di progetto elastici	27
10. Stima della capacità portante.....	28
10.1 Condizione drenata.....	28
10.2 Condizione non drenata	31
11. Conclusioni.....	33
Tavola 1- Elaborazione dei dati di campagna delle prove penetrometriche.....	36
Tavola 2- Acquisizione MASW	40

1. Introduzione

Il presente elaborato è redatto in ottemperanza al D.M 17 gennaio 2018 NTC, pertanto il presente studio verrà suddiviso nelle seguenti sezioni: **relazione geologica** riguardante la caratterizzazione e modellazione geologica del sito (par. 6.2.1 D.M 17/01/2018); **relazione geotecnica** basata sulle indagini geognostiche eseguite, fornisce la caratterizzazione e la modellazione del volume significativo di terreno interessato (par. 6.2.1 D.M 17/01/2018; Relazione concernente la “**risposta sismica del sito**” come da O.P.C.M. n. 3274/2003 e seguenti (classificazione sismica del territorio); decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152 "Norme in materia ambientale", art. 186 Terre e Rocce da Scavo e successivo DPR 120/2017.

Nel mese di novembre 2025, su incarico del Comune di Toano, è stato redatto il presente documento finalizzato a determinare i parametri geotecnici e sismici per le verifiche all'interazione opera-terreno riguardanti la realizzazione di un nuovo corpo spogliatoi a servizio del campo da calcio e del campo da tennis del Centro Sportivo del comune di Toano, “Toano Sport Park”, in Provincia di Reggio Emilia. Il modello così ricreato permetterà di definire le scelte progettuali più adeguate in funzione delle condizioni litologiche, geologiche e morfologiche dell'area in oggetto, mettendo in evidenza le eventuali criticità geologiche ed i relativi interventi di mitigazione.

2. Inquadramento geografico, geologico e geomorfologico dell'area

2.1 Inquadramento geografico

L'area oggetto d'indagine, vedi fig. 2.1.1 è situata in via Matilde di Canossa, a Toano in provincia di Reggio Emilia, nella porzione nord occidentale del Comune, a margine tra il contesto urbano e rurale, a c.a 888 m s.l.m. In particolare si tratta dell'area verde situata ad est del campo da calcio, come consultabile nella seguente cartografia:

Elemento n° 235031 TOANO alla scala 1:5000 fig.2.1.2

Sezione n° 235030 TOANO alla scala 1:10.000

Tavola n° 235 ne MONTEFIORINO in scala 1:25.000 fig. 2.1.3



Fig. 2.1.1- Area oggetto d'indagine tratta da immagine satellitare- Google Earth

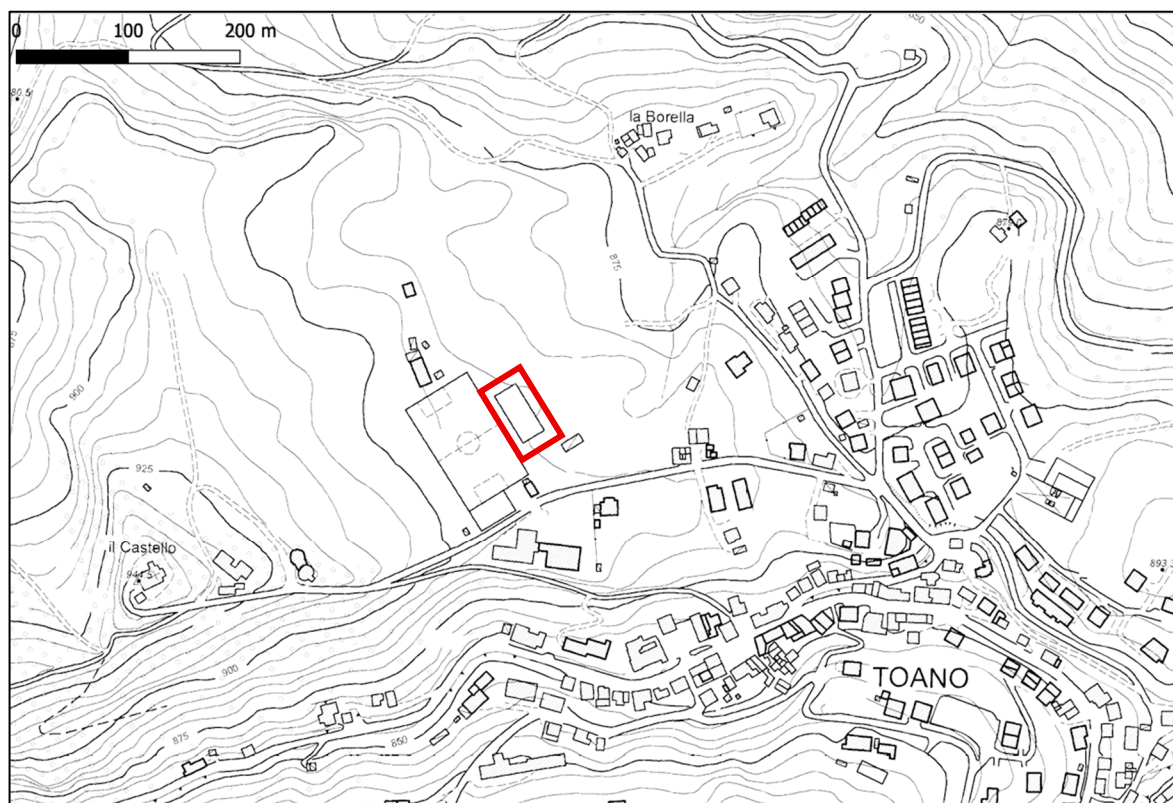


Fig. 2.1.2- Elemento n° 235031 TOANO alla scala 1:5.000

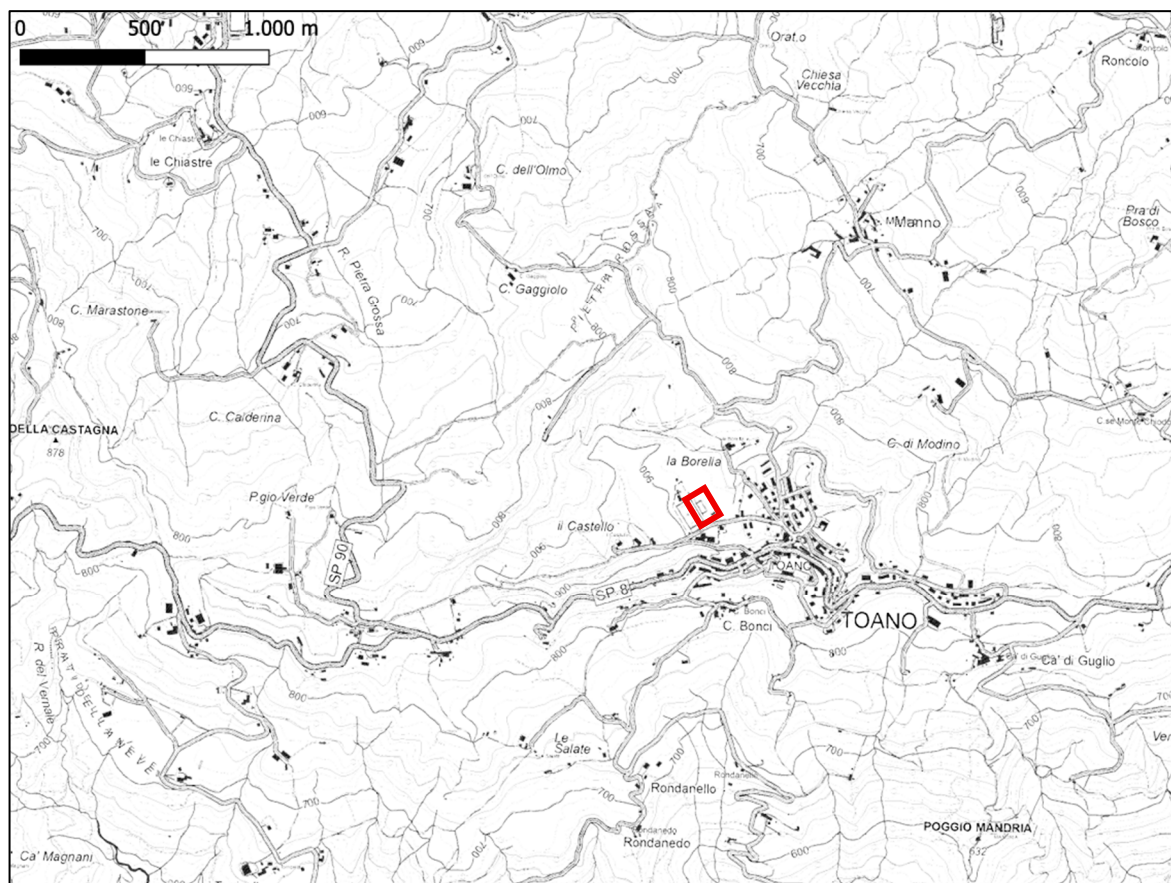


Fig. 2.1.3- Tavola n° 235 ne MONTEFIORINO in scala 1:25.000

2.2 Inquadramento geologico

L'area di studio (vedi cap.1.2), ricade all'interno dell'appennino medio-basso settentrionale.

L'appennino settentrionale, costituito da unità tettoniche con vergenza orientale, ovvero senso di movimento da Ovest ad Est è dominato da litologie argilloso-marnose che muta poi in formazioni calcareo-dolomitiche nelle zone centrali e meridionali che impartiscono forme più aspre e maestose. Il limite occidentale della catena è legato allo sprofondamento post-orogenico recente del mar Tirreno, mentre quello orientale è sepolto dai depositi plio-quadernari delle avanfosse, per questo il margine orografico della catena viene a trovarsi anche qualche decina di km arretrato rispetto quella geologica. L'appennino è una catena a falde polifasica, sviluppatasi in un arco di tempo che va dal cretaceo fino all'attuale, in seguito alla collisione tra due blocchi continentali con il piano di subduzione rivolto verso S-W, la zolla Europa e la microplacca Adriatica inizialmente connessa alla zolla Africana. Il processo di collisione tra queste due zolle continentali è stato preceduto chiusura del paleo-oceano ligure-piemontese. La catena deriva così dalla complessa deformazione dei sedimenti depositi nei differenti domini paleogeografici. Il dominio ligure corrisponde in larga misura all'area oceanica, il dominio epiligure si imposta a partire dall'Eocene medio sulle unità liguri già tettonizzate, il dominio subligure sviluppato sulla crosta assottigliata africana adiacente alla zona oceanica e il dominio toso-umbro appartenente alla zolla africana. Alla fine del processo deformativo,

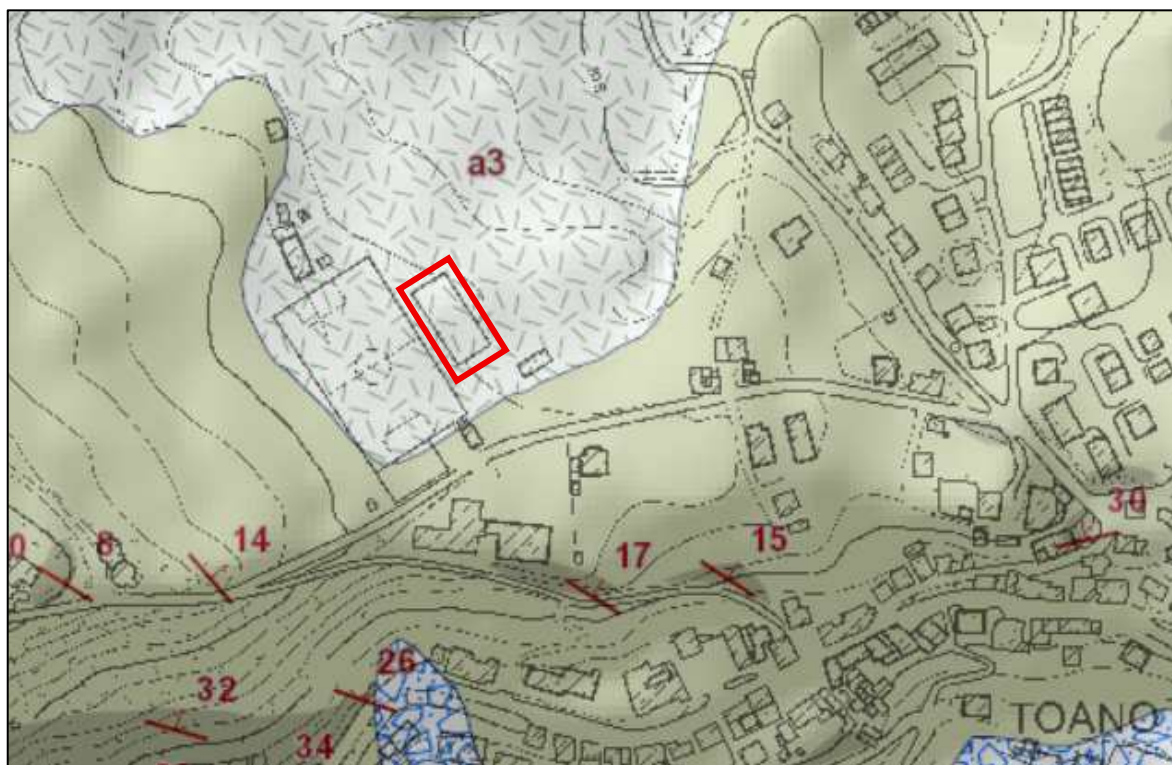
i sedimenti sono risultati traslati, sovrascorsi in modo complesso strutturati in unità ed elementi tettonici interessati da un trasporto significativo rispetto al loro originario dominio di sedimentazione, oppure in successioni stratigrafiche interessate da un minor grado di alloctonia; le principali unità e successioni affioranti nel territorio indagato sono le Unità Liguri, Unità Subliguri, Successione Epiligure, Falda Toscana. La progressiva deformazione e l'emersione della catena proseguono fino al Quaternario. Lungo il bordo appenninico padano i sedimenti plio-Quaternari risultano piegati in corrispondenza del "Lineamento Frontale Appenninico" che rappresenta il punto di raccordo fra la catena in sollevamento e quella sepolta.

Le Unità Liguri, subliguri e la successione epiligure comprendono tutte quelle unità alloctone costituite da successioni pelagiche deposte su crosta oceanica e di transizione del paleo-oceano ligure-piemontese tra il Giurassico e l'Eocene medio (liguri). L'insieme di queste unità è sovrascorso sulle unità toscane e umbro-marchigiano-romagnole da ovest verso est prevalentemente durante le fasi mioceniche. La successione epiligure si è deposta in discordanza sulle unità Liguri, Subliguri e Sestola-Vidiciatico durante la migrazione verso est terminata nel Pliocene inferiore. Lo spessore della coltre alloctona non è omogeneo ma risente dei sollevamenti dovuti all'attività delle strutture attive e recenti, in particolare di quelle profonde.

Di seguito in fig. 2.2 è riportata la carta geologica del sito e sono descritte in sintesi le formazioni geologiche e le coperture quaternarie affioranti nell'intorno dell'area di studio.

Cartografia geologica delle Regione Emilia Romagna, tratto da

<https://applicazioni.regione.emilia-romagna.it>



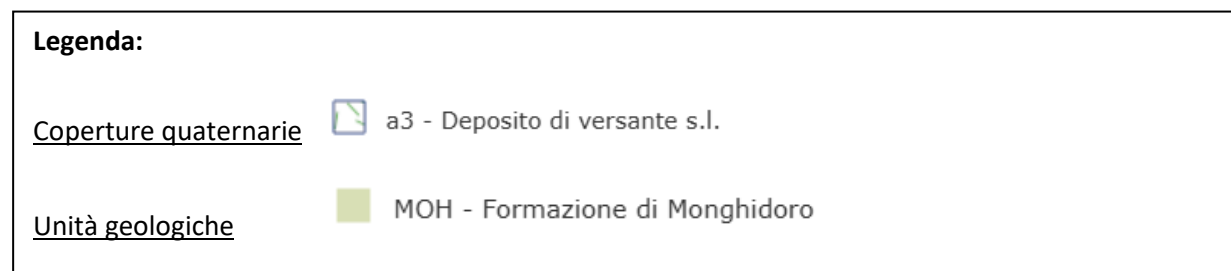


Fig. 2.2- Carta geologica R.E.R illustra la copertura quaternaria presente nell'area oggetto d'indagine.

Depositi quaternari continentali

a3 - Deposito di versante

Accumulo di detrito su versante sulla cui attribuzione genetica permane un grado di incertezza, non escludendo che sia dovuto a fenomeni franosi, mancando spesso i caratteri di forma tipici delle frane stesse. Solo una indagine più approfondita del semplice rilevamento sul terreno potrebbe chiarire la natura dei processi che hanno generato il deposito. Generalmente l'accumulo si presenta con una tessitura costituita da clasti di dimensioni variabili immersi e sostenuti da una matrice pelitica e/o sabbiosa (che può essere alterata per ossidazione e pedogenesi), solo localmente stratificato e/o cementato. Come indicato sopra la genesi può essere gravitativa, da ruscellamento superficiale, da soliflusso.

Unità epliguri

MOH - Formazione di Monghidoro

Torbiditi arenaceo-pelitiche in strati spessi, raramente molto spessi, con rapporto A/P generalmente intorno a 2/1 cui si intercalano intervalli metrici di strati sottili e medi con rapporto A/P circa 1/2. Le arenarie sono gradate con base a granulometria da media a grossolana, localmente poco cementate, di colore grigio, marroni o giallastre per alterazione; passano ad argilliti più o meno siltose di colore nerastro. Nella parte bassa della formazione sono presenti rari strati sottili calcareo-marnosi o calcarei, talora cartografati (tc). Torbiditi di piana bacinale. Limite inferiore graduale su MOV. La potenza geometrica di qualche centinaio di metri.

2.2 Inquadramento geologico

L'area oggetto d'indagine si trova su una dorsale minore che costituisce lo spartiacque del Torrente Dolo a sud, e del Fiume Secchia a nord. L'area si presenta pianeggiante anche a seguito dei movimenti terra dovuti ai diversi interventi antropici svolti in passato per la realizzazione dell'area sportiva e delle attività limitrofe, ma il versante nel complesso presenta una pendenza di c.a 12°. La scarpata del versante sud, in corrispondenza delle scuole, mette in evidenza una ripida sezione in cui è possibile osservare i livelli lapidei della Formazione pelitico-arenacea precedentemente descritta.

Così come confermato dall'estratto cartografico tratto dalla "cartografia del dissesto della Regione Emilia Romagna 1:5.000, tavola di PTCP 2010" riportata in fig. 2.2.1, la zona in oggetto si trova su un deposito di versante ed è soggetta a vincolo idrogeologico.

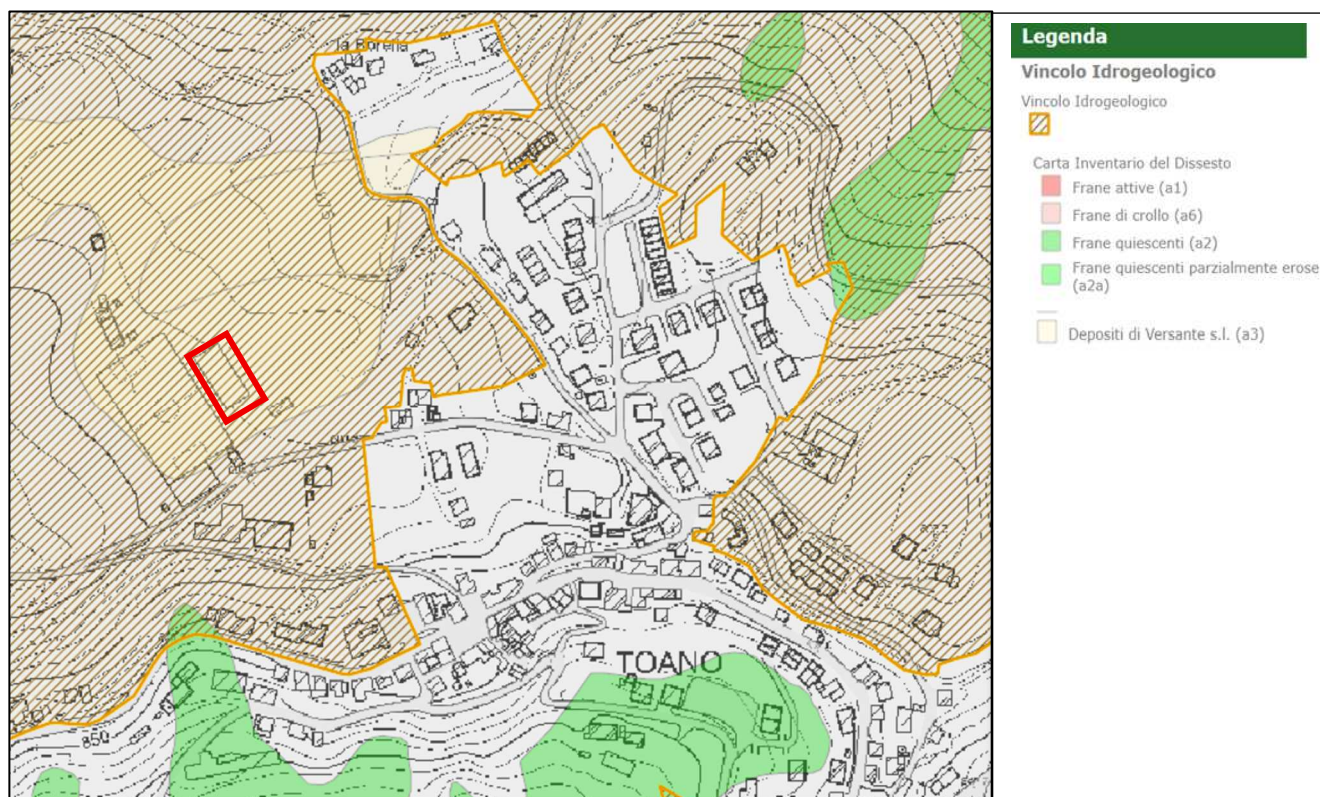


Fig. 2.2.1- La cartografia illustra depositi di versante in prossimità del sito in oggetto e che rientra tra le zone soggette a vincolo idrogeologico.

3. Realizzazione del progetto

Il progetto consiste nella realizzazione di un nuovo corpo spogliatoi a servizio del campo da calcio e del campo da tennis adiacenti, all'interno del centro sportivo "Toano Sport Park", in Via Matilde di Canossa, a Toano (RE).

L'edificio sarà realizzato in struttura tradizionale (struttura portante a telaio in c.a. poi tamponata in muratura con isolamento esterno), con materiali ad alta efficienza energetica, durabili e a basso impatto ambientale.

Si riportano ubicazione, piante e prospetti in figure 3.1, 3.2 e 3.3.



Fig. 3.1- Sedime dell'area d'intervento



Fig. 3.2- Piante della struttura

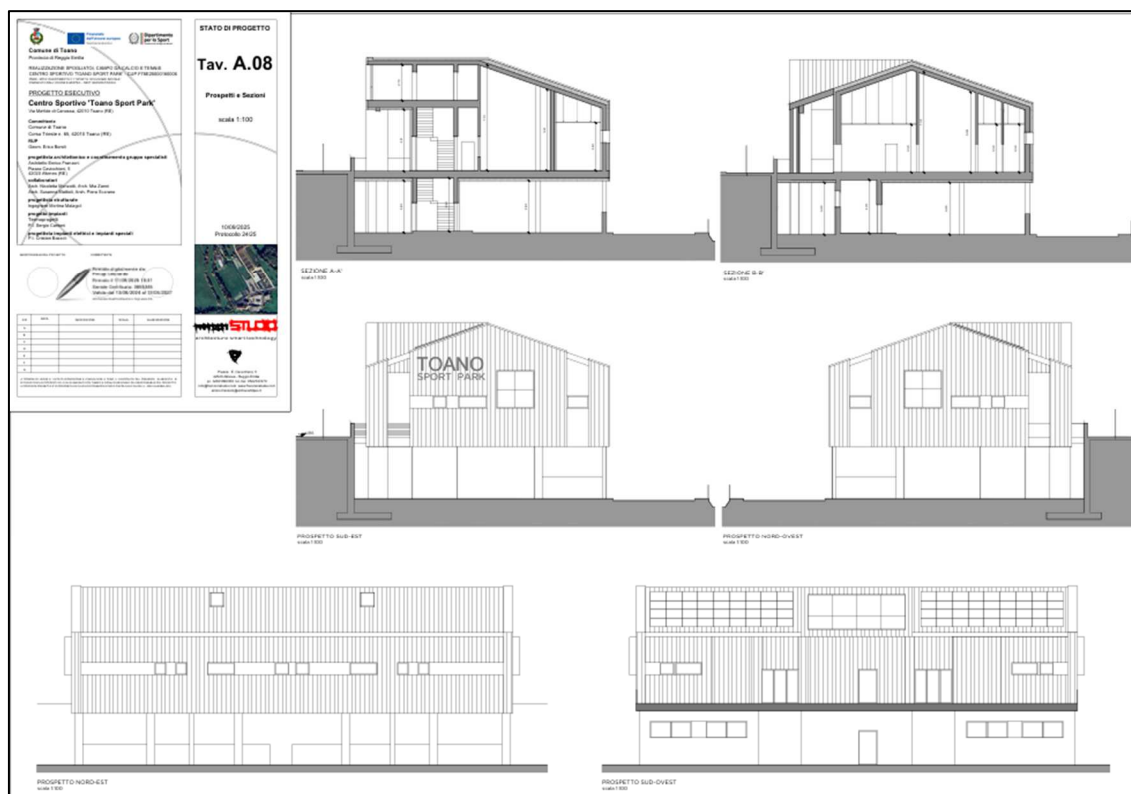


Fig. 3.3- Prospetti della struttura

4. Indagini di cantiere

Per la determinazione dei parametri geotecnici, geofisici e litologici del sito, sono state eseguite, presso l'area di interesse indagini geognostiche, in particolare:

- N° 2 prove penetrometriche dinamiche DPSH con un penetrometro cingolato Pagani TG-63 200KN (fig.4.1, 4.2)
- N° 1 acquisizione di sismica attiva MASW (fig. 4.3).

Questa soluzione ha portato alla definizione litologica e geotecnica del terreno e quindi alla suddivisione in spessori in base alle loro caratteristiche litotecniche e al loro grado di addensamento e consistenza; è stata definita la velocità di propagazione delle onde superficiali di taglio Vs necessaria per definire le velocità di propagazione delle onde in profondità e la frequenza fondamentale del terreno, parametro che unito alle prove di tipo meccanico, contribuisce a dare informazioni sul grado d'addensamento litologico e sull'individuazione del bedrock sismico.

L'ubicazione delle prove e dello stendimento sismico eseguito vengono riportati in fig. 4.4.

Le prove DPSH sono state distribuite in modo da poter determinare una sezione stratigrafica rappresentativa dell'area oggetto d'indagine.

Nella tav. 1 in allegato sono riportati i grafici e le tabelle riguardanti le prove penetrometriche eseguite, corredate dell'elaborazione geotecnica e litostratigrafica, nella tav. 2, invece, l'elaborazione sismica.



Fig. 4.1 – DPSH1



Fig. 4.2 – DPSH2



Fig. 4.3 – MASW



Fig. 4.4- Ubicazione delle indagini

4.1 Prova penetrometrica dinamica

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi) misurando il numero di colpi N necessari. Questo tipo di indagine è molto diffusa ed utilizzata data la sua semplicità esecutiva, economicità e rapidità di esecuzione. La sua 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. L'ubicazione delle prove è stata riportata precedentemente in fig. 4.4.

A seguito viene riportata la tabella con le caratteristiche dello strumento sopra citato.

Caratteristiche penetrometro	Dinamico super pesante DPSH
Peso Massa battente	63,5Kg
Altezza di caduta libera	0,75m
Peso sistema di battuta	8Kg

Diametro punta conica	50,46 mm
Area di base punta	20cm ²
Lunghezza delle aste	1m
Peso aste a metro	6,3Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,80m
Avanzamento punta	0,20m
Numero colpi per punta	N(20)
Coeff. Correlazione	3,007
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	90°

Tab. 4.1.1 Caratteristiche del penetrometro dinamico utilizzato.

5. Modello geotecnico e litologico del terreno

I risultati delle prove effettuate in campagna, com'è possibile osservare dalla tav. 1 in allegato, vengono riassunti elaborando un modello litologico e geotecnico presentato nella tabella a seguire. Dai parametri geotecnici sono infatti stati suddivisi diversi "spessori" di caratteristiche omogenee. Così come indicato nel paragrafo 6.2.2 delle NTC 2018, *"per valore caratteristico di un parametro geotecnico deve intendersi una stima ragionata e cautelativa del valore del parametro per ogni stato limite considerato. I valori caratteristici delle proprietà fisiche e meccaniche da attribuire ai terreni devono essere dedotti dall'interpretazione dei risultati di specifiche prove di laboratorio su campioni rappresentativi di terreno e di prove e misure in sito"*. Considerando che il valore caratteristico corrisponde ad una valutazione cautelativa del suddetto valore medio per i parametri più significativi, si riporta il valore calcolato tramite metodo statistico ovvero, in questi casi il valore caratteristico viene ricavato in maniera tale che la probabilità calcolata di valori più sfavorevoli, che determinano la manifestazione dello stato limite, non sia maggiore del 5%.

<u>Profondità da P.C (m)</u>	<u>Descrizione materiale</u>	<u>Parametri</u>	
<u>STRATO 1</u> P.C-0,6 m	Terreno vegetale argillo limoso poco consistente.	<u>RD</u>	16,7 bkg/cm ²
		<u>Cu</u>	0,24 kg/cm ²
		<u>Cu_k</u>	0,20 kg/cm ²
		<u>C'</u>	0,03 kg/cm ²
		<u>Ang. attrito</u>	22°
		<u>ME</u>	26,8 Kg/cm ²
		<u>ME_k</u>	24 Kg/cm ²
		<u>Mod. Young</u>	24,5 Kg/cm ²
		<u>γ_s</u>	18 kN/m ³

		γ_d	16 kN/m³
		Mod. Poisson	0,31
		NSPT	2,5
		Kh	1 kg/cm³
		Ko	2 kg/cm³
<u>STRATO 2</u> 0,6-2,0 m da P.C	Argille e limi moderatamente consistenti	RD	49,5 kg/cm²
		Cu	0,76 kg/cm²
		Cu_k	0,43 kg/cm²
		C'	0,07 kg/cm²
		Ang. attrito	26°
		Ang. Attrito _k	24°
		ME	81,1 kg/cm²
		ME_k	75,8 Kg/cm²
		Mod. Young	77,8 kg/cm²
		γ_s	20 kN/m³
		γ_d	19 kN/m³
		Mod. Poisson	0,29
		NSPT	7,8
		Kh	2,5 kg/cm³
		Ko	4 kg/cm³
<u>STRATO 3</u> 2,0-2,4 m da P.C	Arenarie alterate con spessori di limi argillosi e arenarie compatte estremamente consistenti	RD	218,2 kg/cm²
		Cu	2,5 kg/cm²
		Cu_k	1,5 kg/cm²
		C'	0,25 kg/cm²
		Ang. attrito	31°
		Ang. Attrito _k	27°
		ME	386 kg/cm²
		ME_k	94,5 Kg/cm²
		Mod. Young	446 kg/cm²
		γ_s	24 kN/m³
		γ_d	22 kN/m³
		Mod. Poisson	0,29
		NSPT	37,7
		Kh	10 kg/cm³
		Ko	15 kg/cm³
Legenda:		γ_s , γ_d - Peso specifico saturo e drenato; RD- Resistenza dinamica; Cu, C'- coesione non drenata e drenata (Schmertmann); ME- Modulo edometrico (Mitchell e Gardner) °- Angolo d'attrito (De Mello); Kh coefficiente Winkler verticale, Ko coefficiente di Winkler orizzontale;	

Tab.5- Vengono riassunti i parametri geotecnici delle DPSH.

6. Sismicità dell'area

La sismicità di un territorio è strettamente legata al suo conteso tettonico strutturale, dunque alla presenza di strutture geologicamente “attive”.

Per realizzare l'inquadramento sismotettonico della presente area sono stati utilizzati:

- CPTI15 – Catalogo Parametrico dei terremoti <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI>,
- Carta sismotettonica dell'Emilia Romagna (scala 1:250.000, 2004) che riporta gli epicentri dei terremoti con Magnitudo $M > 4$, le strutture attive e quelle potenzialmente “sismogenetiche” della catena appenninica, del suo margine e quelle correlate alle strutture del sottosuolo padano – adriatico.
- Macrozonazione sismogenetica “ZS9” prodotta dall'INGV (2004) SORGENTI SIMOGENETICHE.

I recenti studi sulla pericolosità sismica promossi dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) hanno portato alla definizione di una nuova zonazione sismogenetica del territorio nazionale denominata “ZS9”, che 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. Alla base di ogni stima di pericolosità di un territorio vi è quindi la conoscenza della sua storia sismica e della geologia strutturale locale.

La fascia di territorio in cui ricade il Comune di Toano si inserisce in un vasto contesto geodinamico caratterizzato da una tettonica di tipo compressivo, conseguenza della convergenza tra la placca africana che si muove verso nord-est e la placca euro-asiatica. Gli studi sulla pericolosità sismica promossi dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) hanno portato alla definizione di una nuova zonazione sismogenetica del territorio nazionale denominata “ZS9” (Fig. 6a), che 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..

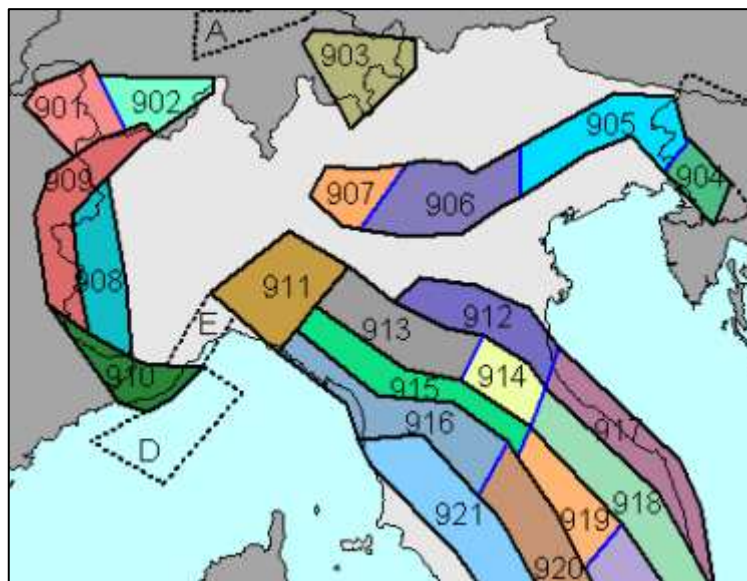


Fig.6a- L'area ricade nella Zona 913 in riferimento alla macrozonazione ZS9.

Il territorio del Comune di Toano ricade nella zona sismogenetica "913", denominata "Appennino Emiliano". La ZSS 913 è caratterizzata da terremoti di magnitudo medio-bassa, originati da movimenti prevalentemente compressivi NW con meccanismi trascorrenti nelle zone di svincolo, che dissecano la continuità longitudinale delle strutture sepolte attive. Il maggior numero di terremoti che si verificano in questa zona, presenta il proprio ipocentro a profondità comprese tra 12 e 20 km e i valori di magnitudo massima previsti, sulla base dei meccanismi focali, sono pari a $M_w \max = 5,91$.

Come riportato in fig. 6b estratta dal sito dell'INGV DISS 3.3 l'area si trova su una fonte di subduzione denominata (ITSD002).

ITSD002 mette in contatto le unità Umbria-Marchigiane Meso-Cenozoiche sull'avantipiano adriatico (Lavecchia et al., 2003, 2007); ITSD002, nella sua parte più orientale, rappresenta il livello di distacco comune tra le rampe di spinta attualmente attive nell'offshore adriatico e nella Pianura Padana.

Questa discontinuità regionale è ben rappresentata nel profilo di riflessione sismica CROP03 (Barchi et al., 1998; Finetti et al., 2001; Lavecchia et al., 2004), ed è stata interpretata: 1) come una grande struttura litosferica, tagliando la crosta intera dal basamento metamorfico fino ai livelli meno profondi (Barchi et al., 1998; Lavecchia et al., 2003, 2004); oppure 2) come uno degli elementi portanti del prisma di accrezione della fascia appenninica (Bally et al. 1986; Doglioni et al. 1994). In quest'ultimo caso si pensa che i terremoti avvengano all'interfaccia dove la copertura sedimentaria è delimitata dal basamento metamorfico. Questa parte meno profonda di ITSD002 è rappresentata da sezioni trasversali di riflessione geologica e sismica (Barchi et al., 1998; Fantoni e Franciosi, 2010; Artoni 2013; Turrini et al., 2015, 2016; Bonini, 2018; Livani et al., 2018) ed è caratterizzato da un distacco di basso angolo alla base della successione mesozoica o, nel fronte esterno della Pianura Padana, all'interno della successione miocenica.

La distribuzione dei terremoti da intermedi a profondi, la posizione di Moho dalla funzione del ricevitore e l'anisotropia del mantello al di sotto dell'arco appenninico settentrionale concorrono tutti a suggerire un complesso processo di delaminazione crostale e sprofondamento della litosfera continentale di Adria (Giacomuzzi et al., 2012; Chiarabba et al., 2014, 2015; Piana Agostinetti e Faccenna, 2018). Questo processo è lateralmente discontinuo con una brusca interruzione a sud del 43° parallelo, dove la sismicità strumentale da intermedia a profonda è praticamente assente e la litosfera di Adria appare piatta (Chiarabba et al., 2015). Le variazioni della sismicità e della struttura del mantello superiore indicano un cambiamento nei processi tettonici dal ritiro della delaminazione nell'Appennino centrale al sottoplaccamento crostale nell'Appennino settentrionale (Chiarabba et al., 2014).

Il tasso di accorciamento a lungo termine attraverso l'arco appenninico settentrionale è dell'ordine di 2,9 mm/anno durante l'intero sviluppo dell'orogenesi (Basili e Barba, 2007). Le attuali stime geodetiche regionali (Bennet et al., 2012), modelli numerici (Carafa et al., 2015; Pezzo et al., 2020) e ulteriori sintesi (Panara et al., 2021) indicano tassi di attività lungo il Fronte appenninico compreso tra 0,6 e 2,5 mm/anno. Da un punto di vista sismotettonico, la geometria dell'interfaccia rappresentata da ITSD002 è intesa a catturare sia i terremoti associati all'interfaccia stessa, sia i terremoti localizzati all'interno dello spessore crostale della placca inferiore sottostante, per i quali non è possibile definire la geometria di una faglia sismogena.

Sulla base dei dati sismologici e geofisici regionali, riteniamo che l'intervallo di profondità di 12-20 km su questa Sorgente sia quello in cui si verifica la maggior parte del momento sismico di rilascio.

I terremoti storici e strumentali che possono essere associati all'attività dell'Arco Appennino Settentrionale sono: 14 settembre 2003 Appennino Bolognese (Mw 5.2), 23 dicembre 2008 Parmense (Mw 5.4), 24 aprile 1741 Fabrianese (Mw 6.2), 12 marzo 1873 Appennino Marchigiano (Mw 5,9) (Rovida et al., 2021). I campi macrosismici di questi terremoti sono caratterizzati da ampie aree di feltro, che suggeriscono ipocentri piuttosto profondi, indicando un potenziale rilascio sismico su strutture più profonde (Sbarra et al., 2019).

Altri eventi sismici, come la Lunigiana del 26 marzo 2008 (Mw 4.2) e l'Appennino parmense del 27 gennaio 2012 (Mw 5), mostrano una profondità strumentale (72 km) suggerendo una localizzazione all'interno della piastra inferiore. Un ulteriore evento, l'Appennino Settentrionale del 25 ottobre 1972 (Mw 4.9), mostra una profondità ipocentrale prevista (45 km), compatibile con una faglia intra-solaio (Sbarra et al., 2019).

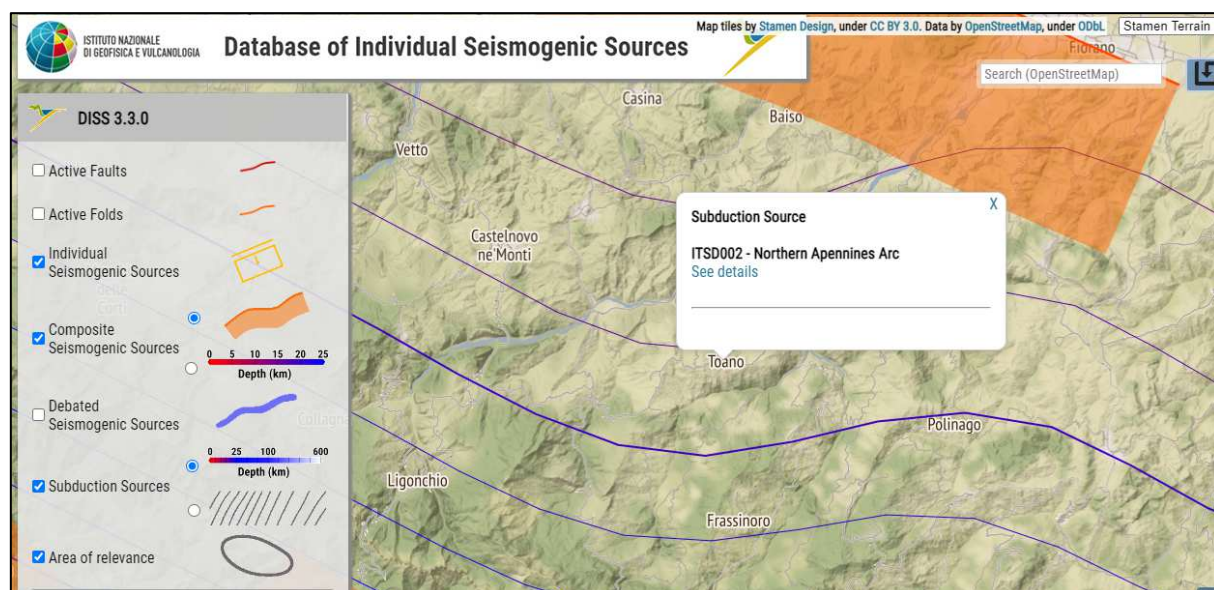
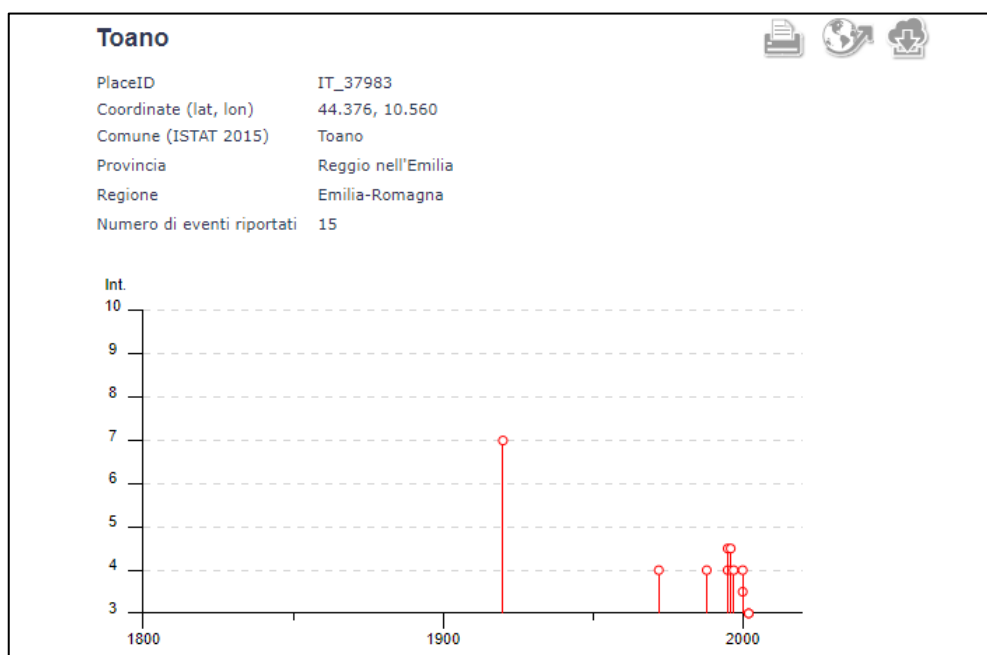


Fig.6b- L'area ricade su una sorgente sismogenica composta.

Storia sismica dell'area in esame

L'areale in cui ricade Toano presenta una sismicità propria di livello medio-basso, connessa all'attività del margine appenninico reggiano-modenese. Tale situazione è confermata dalla consultazione del Catalogo Parametrico dei Terremoti (CPTI15) e relativo database macrosismico (DBMI11).

A seguito si riporta il diagramma dei principali report sismici di Toano (in termini di intensità macrosismiche).



Effects	Reported earthquakes									
Int.	Year	Mo	Da	Ho	Mi	Se	Epicentral area	NMDP	Io	Mw
7	1920	09	07	05	55	4	Garfagnana	750	10	6.53
2	1957	10	25	23	02	0	Appennino reggiano	79	5-6	4.27
4	1972	10	25	21	56	1	Appennino settentrionale	198	5	4.87
NF	1986	12	06	17	07	1	Ferrarese	604	6	4.43
2-3	1987	05	02	20	43	5	Reggiano	802	6	4.71
4	1988	02	08	11	24	4	Garfagnana	75	6	4.34
NF	1989	10	03	09	41	3	Appennino parmense	91	4	4.04
4	1995	10	10	06	54	2	Lunigiana	341	7	4.82
4-5	1995	12	31	21	29	4	Appennino reggiano	96	4-5	4.51
4-5	1996	10	15	09	55	5	Pianura emiliana	135	7	5.38
4	1997	12	24	17	53	1	Garfagnana	98	5	4.33
3-4	2000	06	18	07	42	0	Pianura emiliana	304	5-6	4.40
4	2000	10	03	01	12	3	Frignano	62	5	4.22
3	2002	06	08	20	13	0	Frignano	115	4	4.23
3	2002	06	18	22	23	3	Frignano	186	4	4.30

Fig.6c - Principali report sismici con I max 7.

In generale, le intensità macrosismiche al sito di maggior grado (tra cui 4 è il valore più ricorrente), sul territorio comunale, sono dovute a terremoti con epicentri localizzati in Garfagnana, nel Parmense e nel Pistoiese, registrati a partire dalla fine del XIX secolo ad oggi. Intensità al sito di grado < 4 sono dovute a terremoti con epicentri localizzati nel Frignano e, più in generale, nella fascia del crinale entro la quale ricade il territorio comunale stesso. Terremoti con epicentri geograficamente più lontani, rispetto al territorio comunale, non vanno oltre il limite regionale e si individuano nel Forlivese, nel Reggiano e nella Bassa Modenese.

Per individuare la sismicità dell'area si è tenuto conto dell'Ordinanza di Protezione Civile n. 3274 del 20 marzo 2003 del Presidente del Consiglio "Normativa tecnica per le costruzioni in zona sismica e connessa classificazione sismica del territorio nazionale" e dell'Ordinanza di Protezione Civile n. 3519 del 28 aprile 2006 del Presidente del Consiglio "Criteri generali da utilizzare per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone".

L'area in esame è ubicata nel Comune di Toano che risulta essere classificato in classe di sismicità 2 come zona a media sismicità, secondo l'OPCM 3274/2003 e successivo DGR 146 del 06/02/2023 (vedi fig. 6.1).

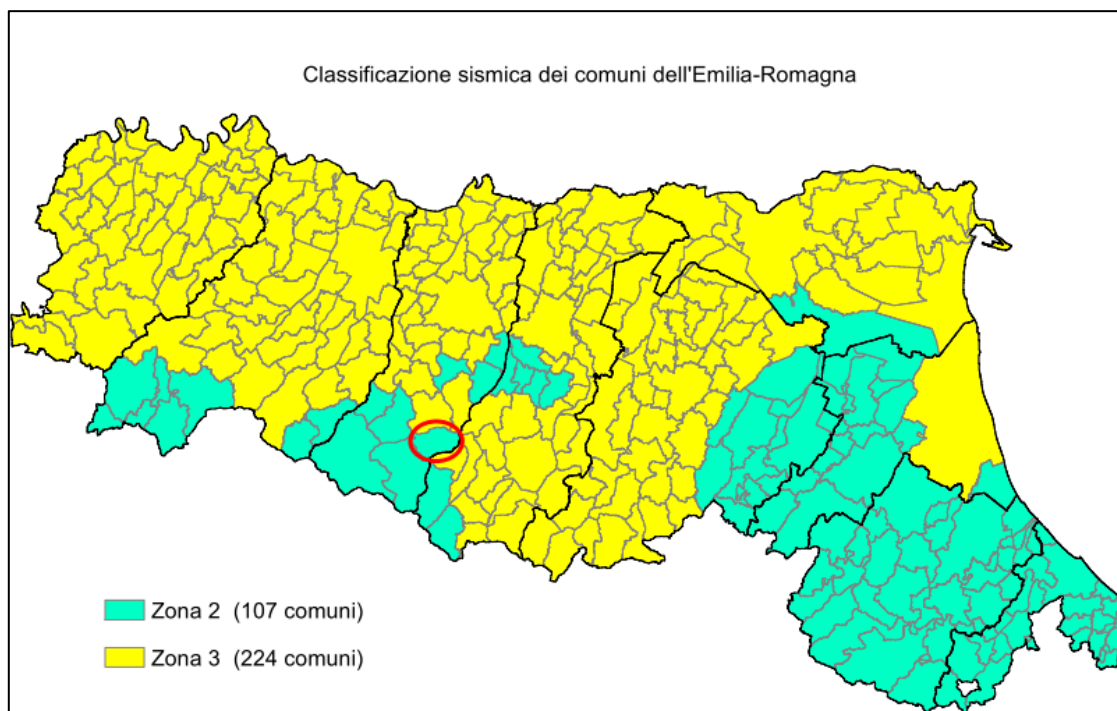


Fig. 6.1- Classe di sismicità dei comuni secondo DGR 146 del 06/02/2023.

6.1 Pericolosità sismica locale

L'analisi della Risposta Sismica Locale viene effettuata considerando la vita nominale della struttura e la sua classe d'uso da cui si deriva il periodo di ritorno per il calcolo dei parametri sismici nei vari Stati Limite della struttura stessa, in relazione all'ubicazione geografica.

Per l'analisi della pericolosità sismica è stata utilizzata la mappa del territorio nazionale elaborata dall'INGV nel 2004 consultabile dal sito <https://esse1-gis.mi.ingv.it/> (Fig. 6d e 6e). Si può osservare che il territorio del Comune di Toano si colloca in un areale in cui si possono registrare valori di accelerazione massima del suolo pari a $0.150 \div 0.175$ g, con un tempo di ritorno (T_r) pari a 475 anni (probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni), vedi fig. 6.1.1.

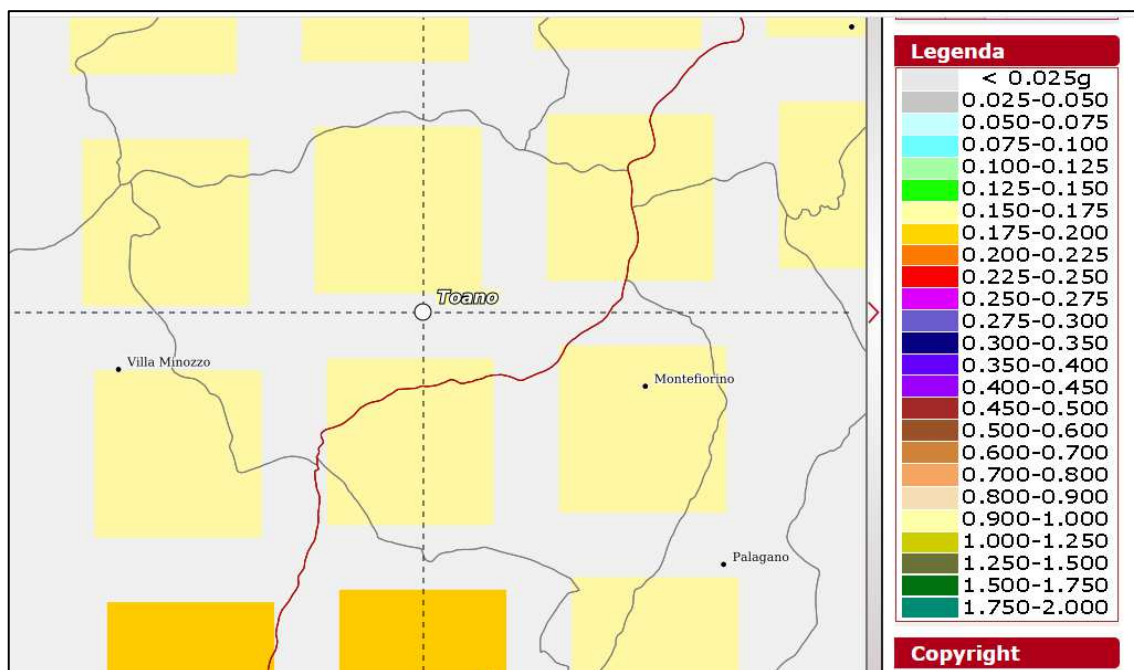
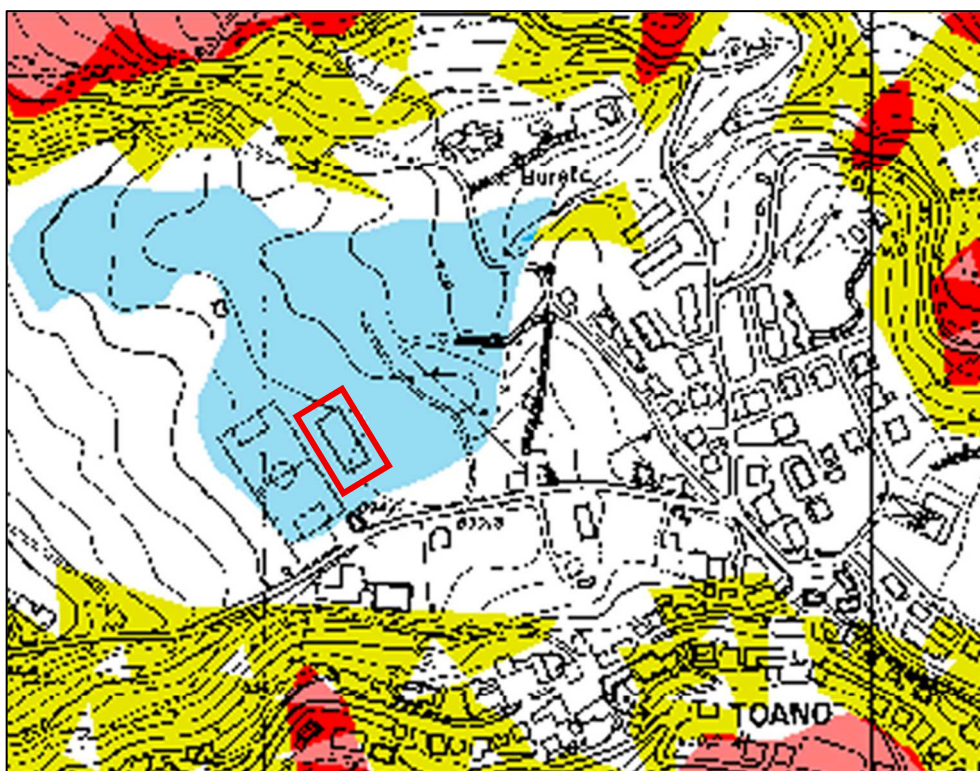


Fig.6.1.1- Stralcio della Mappa di pericolosità sismica del Comune di Toano espressa in termini di $a(g)$ per un tempo di ritorno di 475 anni.

6.2 Fenomeni di amplificazione sismica

A seguito, in Fig. 6.2a e 6.2b si riporta un estratto del PTCP della Provincia di Reggio Emilia della “Carta degli effetti attesi- 235 NE” e della “carta dei livelli d’approfondimento 235 NE”.

Le condizioni del sito e gli strumenti urbanistici mettono in evidenza che per il calcolo della risposta sismica locale andrà considerata solo l’amplificazione stratigrafica e sarà possibile svolgere lo studio ad un livello di approfondimento 2.



CARTA DEGLI EFFETTI ATTESI

LEGENDA

Limiti amministrativi

--- Confini Comunità Montana Appennino Reggiano

--- Confini Comunali

⋈ Dighe

⋈ Ponti

▲ Gallerie punti

--- Gallerie tratti

	classi	amplificazione stratigrafica	amplificazione topografica	instabilità di versante	cedimenti	liquefazione
	A	X		X		
	B	X	X	X		
	C	X				
	D	X	X			
	E		X			
	H					

Fig. 6.2a- Estratto dalla Tavola P9a 235ne- Rischio sismico – Carta degli effetti attesi

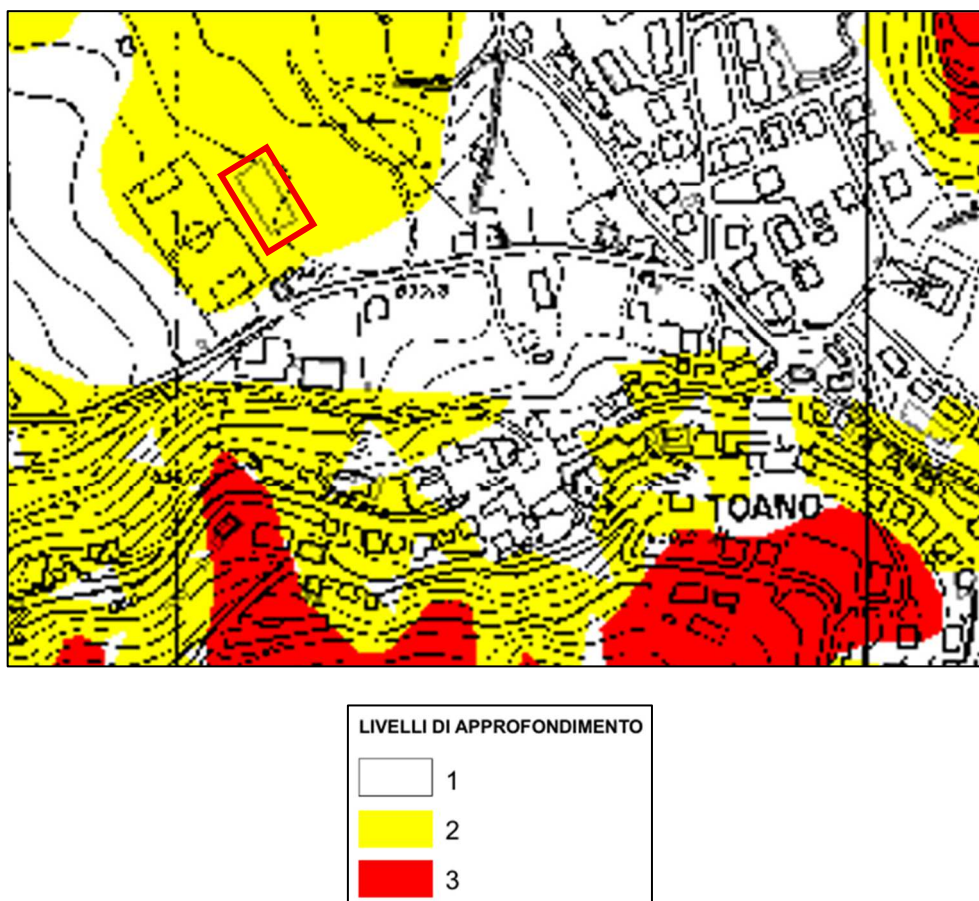


Fig. 6.2b- Estratto dalla Tavola P9b 235ne- Rischio sismico – Carta dei livelli d'approfondimento

7. Azione sismica in base al DM 17/01/2018

Secondo le NTC 2018 ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi, da eseguire con le modalità indicate nel § 7.11.3. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, V_S . I valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità V_S per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo, di cui al § 6.2.2. I valori di V_S sono ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche. La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{S,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}}$$

con: - h_i spessore dell' i -esimo strato; - $V_{s,i}$ velocità delle onde di taglio nell' i -esimo strato; - N numero di strati; - H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s.

Le categorie di sottosuolo di riferimento che permettono la classificazione del suolo secondo un approccio semplificato sono riportate nella tabella seguente in fig. 7.1 (Tab. 3.2.II NTC 18):

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>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.</i>
B	<i>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>
C	<i>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.</i>
D	<i>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.</i>
E	<i>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.</i>

Tab.7.1 Categorie di suolo da NTC 18 tab 3.2.II.

8. Indagini geofisiche

Come già accennato nei paragrafi precedenti, per quanto riguarda le indagini sismiche, è stata effettuata una prova attiva superficiale di tipo MASW. La correlazione tra le acquisizioni, tramite opportuna elaborazione e confronto con le indagini dirette, permette di ottenere informazioni sulla velocità di propagazione delle onde di taglio e sulla frequenza caratteristica di propagazione delle onde del terreno.

8.1 Acquisizione MASW

Per misurare le velocità delle onde di taglio si possono eseguire prospezioni sismiche mediante stendimenti superficiali, utilizzando geofoni verticali da 4,5 Hz ed acquisendo attivamente i segnali delle onde rifratte alla superficie mediante una sorgente artificialmente provocata. Queste tecniche, di sismica attiva superficiale permettono di ricostruire il profilo verticale delle V_s con procedimenti di modellazione diretta delle velocità di fase delle onde, rifratte alla superficie. Partendo dal sismogramma registrato mediante sorgente energizzante in asse con lo stendimento, viene eseguita un'analisi spettrale che ha consentito di elaborare

un'immagine della distribuzione del segnale di velocità sismica in funzione delle diverse frequenze che lo compongono.

L'elaborazione dati permette la ricostruzione del modello sismo-stratigrafico espresso in termini di velocità delle onde di taglio (Vs). I risultati dell'indagine di campagna vengono riportati in tav. 2 negli allegati. La velocità delle onde Vs₃₀ conferma quanto ottenuto dalle prove penetrometriche.

Come già accennato precedentemente è stato eseguito uno stendimento (vedi fig. 4.4), in prossimità dell'area verde oggetto di studio, e sono stati identificati i seguenti livelli in base alle diverse velocità di propagazione delle onde di taglio Vs:

Inversione

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	2.00	2.00	1600.0	0.30	No	242.6	129.7
2	7.00	5.00	1800.0	0.30	No	560.7	299.7
3	20.00	13.00	2200.0	0.30	No	748.3	400.0
4	35.00	15.00	2200.0	0.30	Si	801.3	428.3
5	oo	oo	2200.0	0.30	Si	997.8	533.3

$$Vs_{Eq} = 341.09$$

9. Azione sismica in superficie

Sulla base dei contenuti del D.M. 17/01/2018 "Norme Tecniche per le Costruzioni" per ogni costruzione deve essere riferita un'accelerazione di riferimento propria in funzione delle coordinate geografiche e della vita nominale dell'opera. In questo caso è stato definito un parametro di accelerazione massima attesa a_g in relazione ad un tempo di riferimento TR stimato di 475 anni (classe dell'edificio 2 e $C_u=1$). L'area oggetto d'indagine è identificata dalle seguenti coordinate geografiche (ED50): Latitudine: 44.379039°, Longitudine 10.558043° e presenta un parametro per SLV pari ad **a_g attesa= 0.162 g** vedi fig.9.1 a seguito.,

L'accelerazione spettrale massima (A_{max}) è definita dalla relazione:

$$A_{max} = S \bullet a_g$$

dove a_g è l'accelerazione precedentemente individuata e riferita al *bedrock*,

mentre il coefficiente $S = S_s \cdot S_t$. Esso comprende gli effetti delle amplificazioni stratigrafica (S_s) e topografica (S_t).

Si calcola inizialmente il fattore stratigrafico S_s caratteristico dell'area secondo il NTC 2018 D.M. 17/01/2018 da cui, **essendo in classe C** si avrà:

Categoria sottosuolo	S_s	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_c^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_c^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_c^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_c^*)^{-0,40}$

Tab. 3.2.IV NTC 2018

F_o = Fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale, ed ha valore minimo pari a 2.2; per il sito oggetto di studio tale valore, calcolato mediante l'utilizzo di apposito software, risulta pari a **2.531**.

a_g/g = accelerazione orizzontale del sito, con tempo di ritorno pari a 475 anni/accelerazione di gravità, pari a **0,162 g**.

S_s = Coefficiente di amplificazione stratigrafica o fattore stratigrafico per il sito oggetto di studio, calcolato tramite relazione 3,2, risulta pari a **1.45**.

Successivamente, sulla base delle condizioni topografiche del sito studiato, si ricava il fattore topografico **S_t** dalla seguente tabella:

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_t
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4

 Tab. 3.2.V NTC 2018- valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica **S_t**

Il sito in esame, avrà come categoria topografica T1 ovvero un fattore topografico **S_t pari a 1.0**.

In base a tali valori del fattore stratigrafico **S_s** e del fattore topografico **S_t** si procede al calcolo dell'accelerazione massima orizzontale **A_{max}**:

$$A_{max} = S \cdot a_g = 1.45 \cdot 0.162 \text{ g} = 0,234 \text{ g}$$

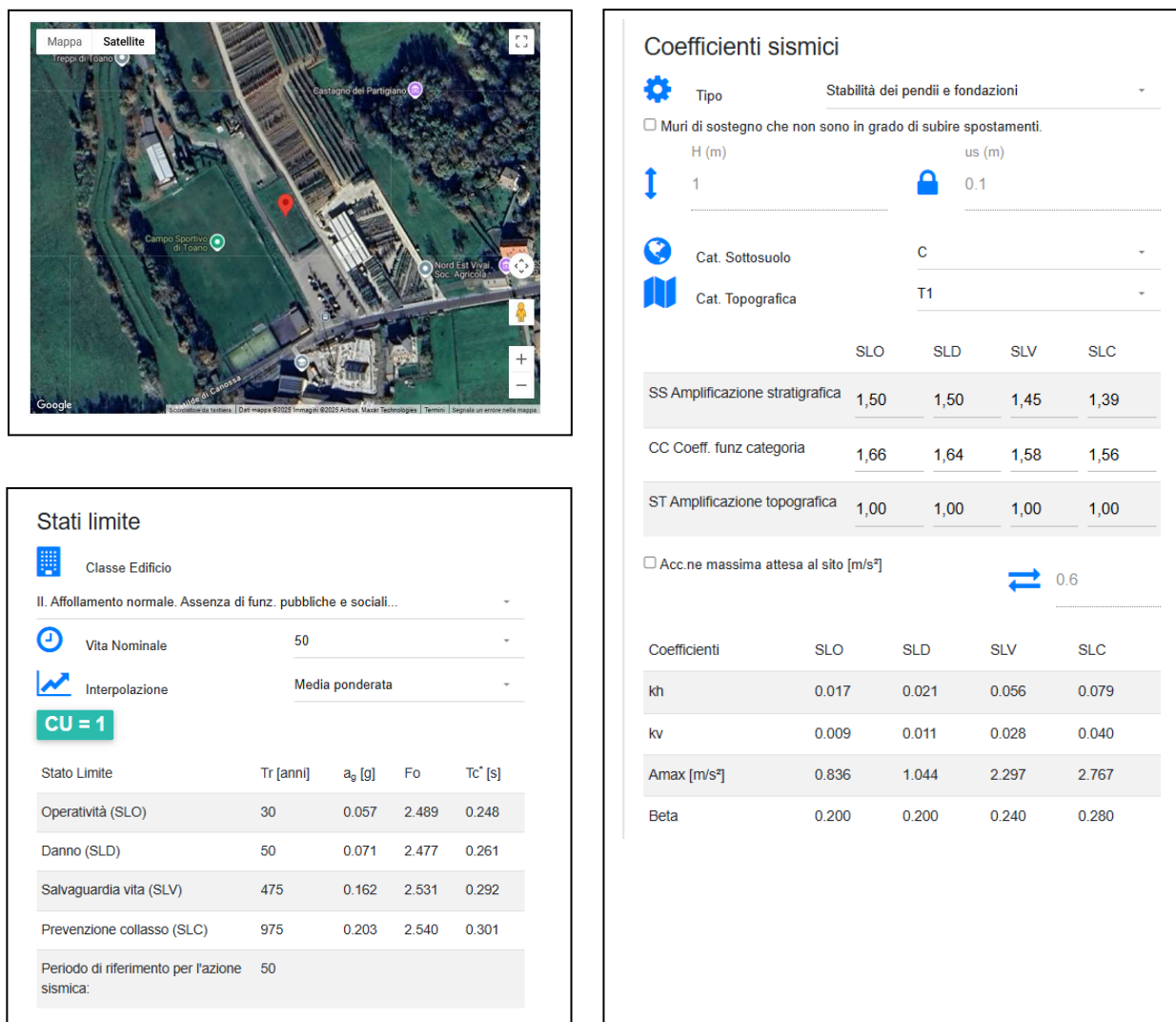


Fig.9.1-Individuazione del reticolo di riferimento per la determinazione dei parametri e coefficienti sismici.

9.1 Spettri di progetto elastici

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione è espresso da una forma spettrale (spettro normalizzato) riferita ad uno smorzamento convenzionale del 5%, moltiplicata per il valore della accelerazione orizzontale massima a_g su sito di riferimento rigido orizzontale. Sia la forma spettrale che il valore di a_g variano al variare della probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR.

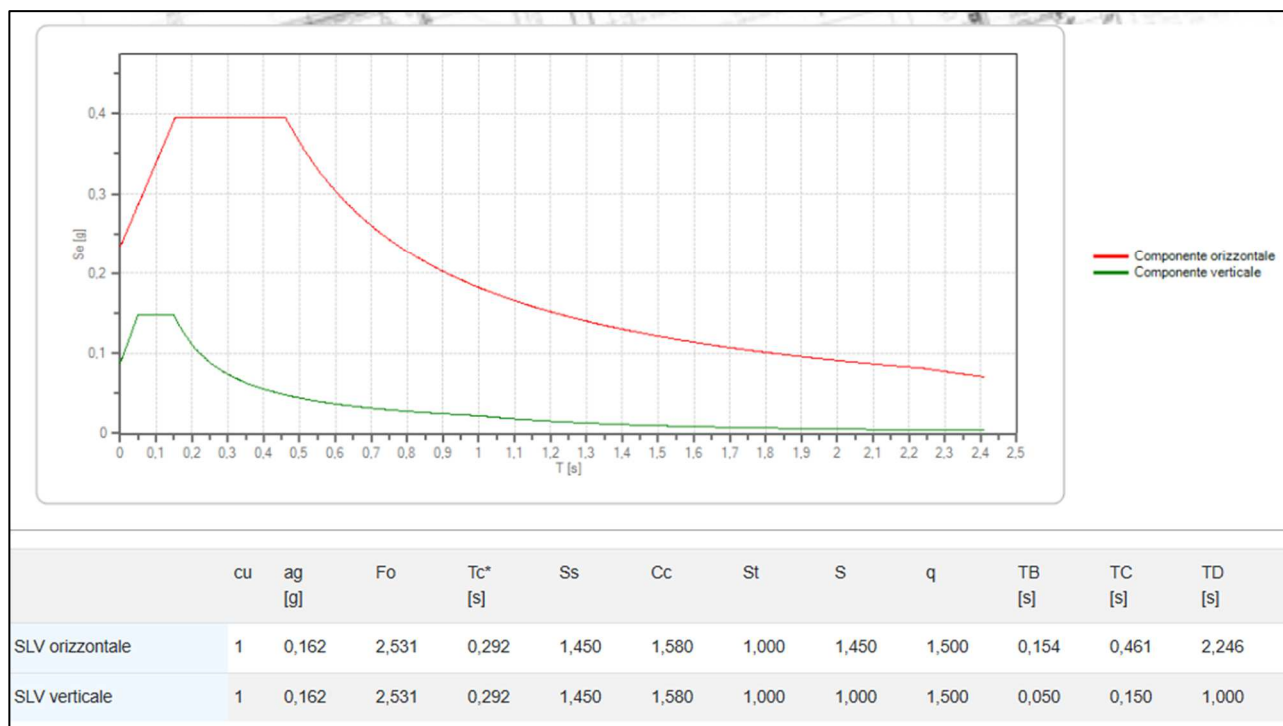


Fig.9.1.1-Spettri di progetto per lo stato limite SLV

10. Stima della capacità portante

A seguito si riporta la stima della capacità portante in condizione drenata e non drenata, ipotizzando di realizzare una fondazione diretta su platea a - 0,8 m da piano campagna, ovvero al di sotto del terreno vegetale descritto come strato 1 (vedi cap.5) .

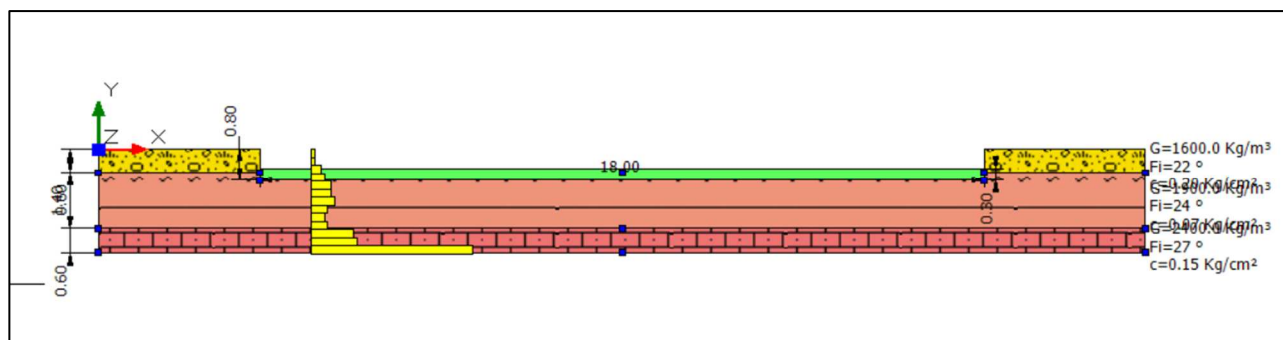


Fig. 10.1- Si riporta lo schema litotecnico con l'ipotesi di fondazione

10.1 Condizione drenata

DATI GENERALI

Normativa

NTC_2018

Larghezza fondazione

18.0 m

Lunghezza fondazione 30.0 m
 Profondità piano di posa 0.8 m
 =====

SISMA

=====

Accelerazione massima (amax/g) 0.236
 Effetto sismico secondo NTC 2018
 =====

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera: 2 - Opere ordinarie
 Classe d'uso: Classe II
 Vita nominale: 50.0 [anni]
 Vita di riferimento: 50.0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo: C
 Categoria topografica: T1

S.L.	TR	ag	F0	TC*
Stato limite	Tempo ritorno [anni]	[m/s ²]	[-]	[s]
S.L.O.	30.0	0.559	2.489	0.248
S.L.D.	50.0	0.696	2.477	0.261
S.L.V.	475.0	1.589	2.531	0.292
S.L.C.	975.0	1.991	2.54	0.301

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L.	amax	beta	kh	kv
Stato limite	[m/s ²]	[-]	[-]	[-]
S.L.O.	0.8385	0.2	0.0171	0.0086
S.L.D.	1.044	0.2	0.0213	0.0106
S.L.V.	2.3103	0.24	0.0565	0.0283
S.L.C.	2.7686	0.28	0.0791	0.0395

STRATIGRAFIA TERRENO

Spessor e strato [m]	Peso unità di volume [Kg/m ³]	Peso unità di volume saturato [Kg/m ³]	Angolo di attrito [°]	Coesion e [Kg/cm ²]	Coesion e non drenata [Kg/cm ²]	Modulo Elastico [Kg/cm ²]	Modulo Edomet rico [Kg/cm ²]	Poisson	Coeff. consolid az. primaria [cmq/s]	Coeff. consolid azione seconda ria	Descrizi one terreno vegetal e
0.6	1600.0	1800.0	22.0	0.2	0.02	24.5	24.0	0.0	0.0	0.0	

1.4	1900.0	2000.0	24.0	0.07	0.43	77.8	75.8	0.0	0.0	0.0	argilla e limo
0.6	2400.0	2500.0	27.0	0.15	1.5	450.0	95.0	0.0	0.0	0.0	arenaria

Carichi di progetto agenti sulla fondazione

Nr.	Nome combinazio ne	Pressione normale di progetto [Kg/cm ²]	N [Kg]	Mx [Kg·m]	My [Kg·m]	Hx [Kg]	Hy [Kg]	Tipo
1	A1+M1+R3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Progetto
2	SISMA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Progetto
3	S.L.E.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Servizio
4	S.L.D.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Servizio

Sisma + Coeff. parziali parametri geotecnici terreno + Resistenze

Nr	Correzione Sismica	Tangente angolo di resistenza al taglio	Coesione efficace	Coesione non drenata	Peso Unità volume in fondazione	Peso unità volume copertura	Coef. Rid. Capacità portante verticale	Coef.Rid.Ca pacità portante orizzontale
1	No	1	1	1	1	1	2.3	1.1
2	Si	1	1	1	1	1	1.8	1.1
3	No	1	1	1	1	1	1	1
4	No	1	1	1	1	1	1	1

CARICO LIMITE FONDAZIONE COMBINAZIONE...A1+M1+R3

Autore: TERZAGHI (1955)

Carico limite [Qult]	17.83 Kg/cm ²
Resistenza di progetto[Rd]	7.75 Kg/cm ²
Fattore sicurezza [Fs=Qult/Ed]	--

COEFFICIENTE DI SOTTOFONDAZIONE BOWLES (1982)

Costante di Winkler	7.13 Kg/cm ³
---------------------	-------------------------

A1+M1+R3

Autore: TERZAGHI (1955) (Condizione drenata)

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

Peso unità di volume	1900.0 Kg/m ³
Peso unità di volume saturo	2000.0 Kg/m ³
Angolo di attrito	24.0 °
Coesione	0.07 Kg/cm ²
Fattore [Nq]	11.4
Fattore [Nc]	23.36
Fattore [Ng]	8.58
Fattore forma [Sc]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.0

Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0
=====	
Carico limite	17.83 Kg/cm ²
Resistenza di progetto	7.75 Kg/cm²

10.2 Condizione non drenata

DATI GENERALI

Normativa	NTC_2018
Larghezza fondazione	18.0 m
Lunghezza fondazione	30.0 m
Profondità piano di posa	0.8 m
=====	

SISMA

Accelerazione massima (amax/g)	0.236
Effetto sismico secondo	NTC 2018
=====	

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50.0 [anni]
Vita di riferimento:	50.0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1

S.L.	TR	ag	F0	TC*
Stato limite	Tempo ritorno [anni]	[m/s ²]	[-]	[s]
S.L.O.	30.0	0.559	2.489	0.248
S.L.D.	50.0	0.696	2.477	0.261
S.L.V.	475.0	1.589	2.531	0.292
S.L.C.	975.0	1.991	2.54	0.301

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L.	amax	beta	kh	kv
Stato limite	[m/s ²]	[-]	[-]	[-]
S.L.O.	0.8385	0.2	0.0171	0.0086

S.L.D.	1.044	0.2	0.0213	0.0106
S.L.V.	2.3103	0.24	0.0565	0.0283
S.L.C.	2.7686	0.28	0.0791	0.0395

STRATIGRAFIA TERRENO

Spessor e strato [m]	Peso unità di volume [Kg/m³]	Peso unità di volume saturato [Kg/m³]	Angolo di attrito [°]	Coesion e [Kg/cm²]	Coesion e non drenata [Kg/cm²]	Modulo Elastico [Kg/cm²]	Modulo Edomet rico [Kg/cm²]	Poisson	Coeff. consolid az. primaria [cmq/s]	Coeff. consolid azione seconda ria	Descrizi one
0.6	1600.0	1800.0	22.0	0.2	0.02	24.5	24.0	0.0	0.0	0.0	terreno vegetal e
1.4	1900.0	2000.0	24.0	0.07	0.43	77.8	75.8	0.0	0.0	0.0	argilla e limo
0.6	2400.0	2500.0	27.0	0.15	1.5	450.0	95.0	0.0	0.0	0.0	arenaria

Carichi di progetto agenti sulla fondazione

Nr.	Nome combinazio ne	Pressione normale di progetto [Kg/cm²]	N [Kg]	Mx [Kg-m]	My [Kg-m]	Hx [Kg]	Hy [Kg]	Tipo
1	A1+M1+R3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Progetto
2	SISMA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Progetto
3	S.L.E.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Servizio
4	S.L.D.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Servizio

Sisma + Coeff. parziali parametri geotecnici terreno + Resistenze

Nr	Correzione Sismica	Tangente angolo di resistenza al taglio	Coesione efficace	Coesione non drenata	Peso Unità volume in fondazione	Peso unità volume copertura	Coef. Rid. Capacità portante verticale	Coef. Rid. Ca pacità portante orizzontale
1	No	1	1	1	1	1	2.3	1.1
2	Si	1	1	1	1	1	1.8	1.1
3	No	1	1	1	1	1	1	1
4	No	1	1	1	1	1	1	1

CARICO LIMITE FONDAZIONE COMBINAZIONE...A1+M1+R3

Autore: TERZAGHI (1955)

Carico limite [Qult]	2.6 Kg/cm²
Resistenza di progetto [Rd]	1.13 Kg/cm²
Fattore sicurezza [Fs=Qult/Ed]	--

COEFFICIENTE DI SOTTOFONDAZIONE BOWLES (1982)

Costante di Winkler	1.04 Kg/cm³
---------------------	-------------

A1+M1+R3

Autore: TERZAGHI (1955) (Condizione non drenata)

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

Peso unità di volume	1900.0 Kg/m ³
Peso unità di volume saturo	2000.0 Kg/m ³
Angolo di attrito	0.0 °
Coesione	0.43 Kg/cm ²

Fattore [Nq]	1.0
Fattore [Nc]	5.7
Fattore forma [Sc]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite	2.6 Kg/cm ²
Resistenza di progetto	1.13 Kg/cm ²

CEDIMENTI ELASTICI

Pressione normale di progetto	1.0 Kg/cm ²
Spessore strato	0.4 m
Profondità substrato roccioso	4.0 m
Modulo Elastico	77.8 Kg/cm ²
Coefficiente di Poisson	0.25

Coefficiente di influenza I1	0.0
Coefficiente di influenza I2	0.01
Coefficiente di influenza Is	0.0

Cedimento al centro della fondazione	2.21 mm
--------------------------------------	---------

Coefficiente di influenza I1	0.0
Coefficiente di influenza I2	0.0
Coefficiente di influenza Is	0.0
Cedimento al bordo	0.55 mm

11. Conclusioni

Come indicato nel capitolo 1, l'intervento prevede la realizzazione di una nuova struttura adibita a spogliatoio a servizio del Centro Sportivo di Toano, in via Matilde di Canossa (RE).

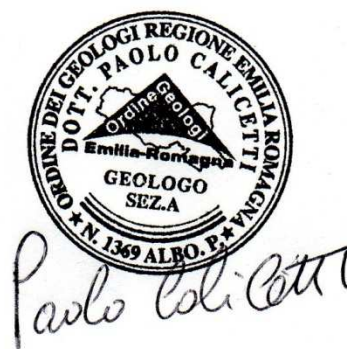
Come riportato in capitolo 2, l'area, già antropizzata, ricade in una zona considerata di deposito di versante in un contesto caratterizzato da una formazione prevalentemente litoide, definita da alternanza di spessori pelitici e spessori arenaceo marnosi.

Così come indicato nel capitolo 4, per definire una sequenza stratigrafica e suddividere quindi il terreno in diversi spessori con caratteristiche geotecniche-litologiche proprie, sono state eseguite indagini geotecniche e sismiche. Dalle indagini sismiche è poi stato possibile definire la sismostratigrafia del sito e definirne quindi la risposta sismica locale. La categoria del suolo ricavata è di tipo C.

Per quanto riguarda la stratigrafia e la litologia dell'area, come indicato nel capitolo 5, dalle prove penetrometriche è stato possibile determinare un primo spessore di terreno vegetale argilloso dalle caratteristiche geotecniche scadenti di c.a 60 cm. Un secondo spessore di materiale limo argilloso moderatamente consistente fino a c.a 2 metri di profondità e arenarie marnose fino ai 2,4 metri, profondità oltre la quale non è stato possibile approfondire le indagini proprio per la consistenza del materiale incontrato.

Nella verifica della capacità portante riportata in cap. 10, si ipotizza di realizzare una fondazione diretta a – 0,6 metri di profondità, posata quindi nello strato 2. Il terreno si presenta favorevole da un punto di vista geologico alla tipologia d'intervento proposto.

Castelnuovo Rangone, novembre 2025



Paolo Geol. Calicetti

Allegati

Tavola 1- Elaborazione dei dati di campagna delle prove penetrometriche

PROVA ... Nr.1

Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI
 Prova eseguita in data 20/11/2025
 Profondita' prova 2,60 mt
 Falda non 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	3	0,847	24,50	28,93	1,23	1,45
0,80	4	0,843	32,53	38,57	1,63	1,93
1,00	6	0,840	48,59	57,86	2,43	2,89
1,20	6	0,836	48,39	57,86	2,42	2,89
1,40	7	0,833	56,22	67,50	2,81	3,38
1,60	5	0,830	36,96	44,55	1,85	2,23
1,80	4	0,826	29,45	35,64	1,47	1,78
2,00	5	0,823	36,68	44,55	1,83	2,23
2,20	13	0,770	89,21	115,84	4,46	5,79
2,40	14	0,767	95,70	124,75	4,79	6,24
2,60	50	0,614	254,35	414,08	12,72	20,70

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Clay Fraction (%)	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
0,6	1,67	16,65	Incoerente - coesivo	0	1,6	1,86	0,05	1,47	2,45	terreno vegetale
2	5,29	49,5	Incoerente - coesivo	0	1,89	1,9	0,23	1,47	7,78	argilla e limo
2,6	25,67	218,22	Incoerente - coesivo	0	2,4	2,5	0,43	1,47	37,73	arenaria

Prof. Strato (m)	Nspt	Tipo	Peso Unità' di Volume (t/m ³)	Peso Unità' di Volume Saturo	Angolo d'attrito Fi (°)	Coesione non drenata Cu	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)	Modulo Elastico (Kg/cm ²)	Modulo Poisson	Modulo di taglio G (Kg/cm ²)
0,6	2,45	Coesivo	1,6	1,86	0	0,24	26,78	24,5	0	0
2,0	7,78	Coesivo	1,89	1,9	0	0,76	81,14	77,8	0	0
2,6	37,73	Incoerente	1,77	2,1	31,14	0	226,38	462,98	0,28	1972,42

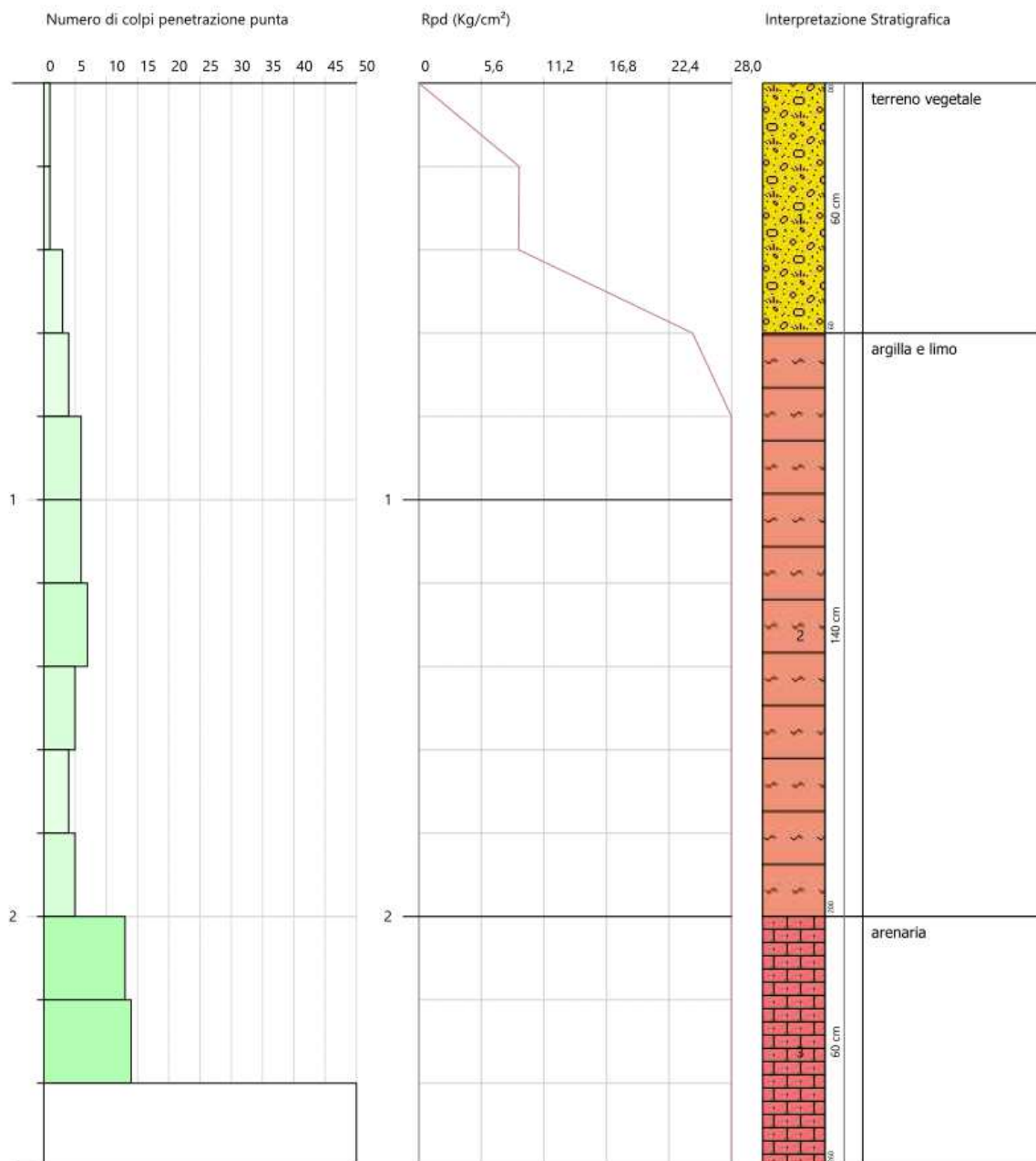
Tav.1.1- Elaborazione dei parametri della DPSH 1

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

Committente: Comune di Toano
Descrizione: Realizzazione nuovo corpo spogliatoi per centro sportivo
Località: via Matilde di Canossa, Toano (RE)

20/11/2025

Scala 1:15



Tav. 1.2- Colonna stratigrafica DPSH 1

PROVA ... Nr.2

Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI
 Prova eseguita in data 20/11/2025
 Profondita' prova 1,40 mt
 Falda non 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	3	0,847	24,50	28,93	1,23	1,45
0,80	3	0,843	24,40	28,93	1,22	1,45
1,00	15	0,790	114,24	144,65	5,71	7,23
1,20	27	0,736	191,70	260,37	9,59	13,02
1,40	50	0,633	305,15	482,17	15,26	24,11

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Clay Fraction (%)	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
0,4	1	10,51	Incoerente - coesivo	0	1,52	1,85	0,03	1,47	1,47	terreno vegetale
0,8	3	28,93	Incoerente - coesivo	0	1,72	1,87	0,1	1,47	4,41	argilla limosa
1,4	30,67	295,73	Incoerente - coesivo	0	2,5	2,5	0,2	1,47	45,08	arenaria

Prof. Strato (m)	Nspt	Tipo	Peso Unità' di Volume (t/m ³)	Peso Unità' di Volume Saturo	Angolo d'attrito Fi (°)	Coesione non drenata Cu	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)	Modulo Elastico (Kg/cm ²)	Modulo Poisson	Modulo di taglio G (Kg/cm ²)
0,4	1,47	Coesivo	1,52	1,85	0	0,14	16,79	14,7	0	0
0,8	4,41	Coesivo	1,72	1,87	0	0,43	46,77	44,1	0	0
1,4	45,08	Incoerente	1,82	2,13	32,69	0	270,48	518,1	0,26	2331,62

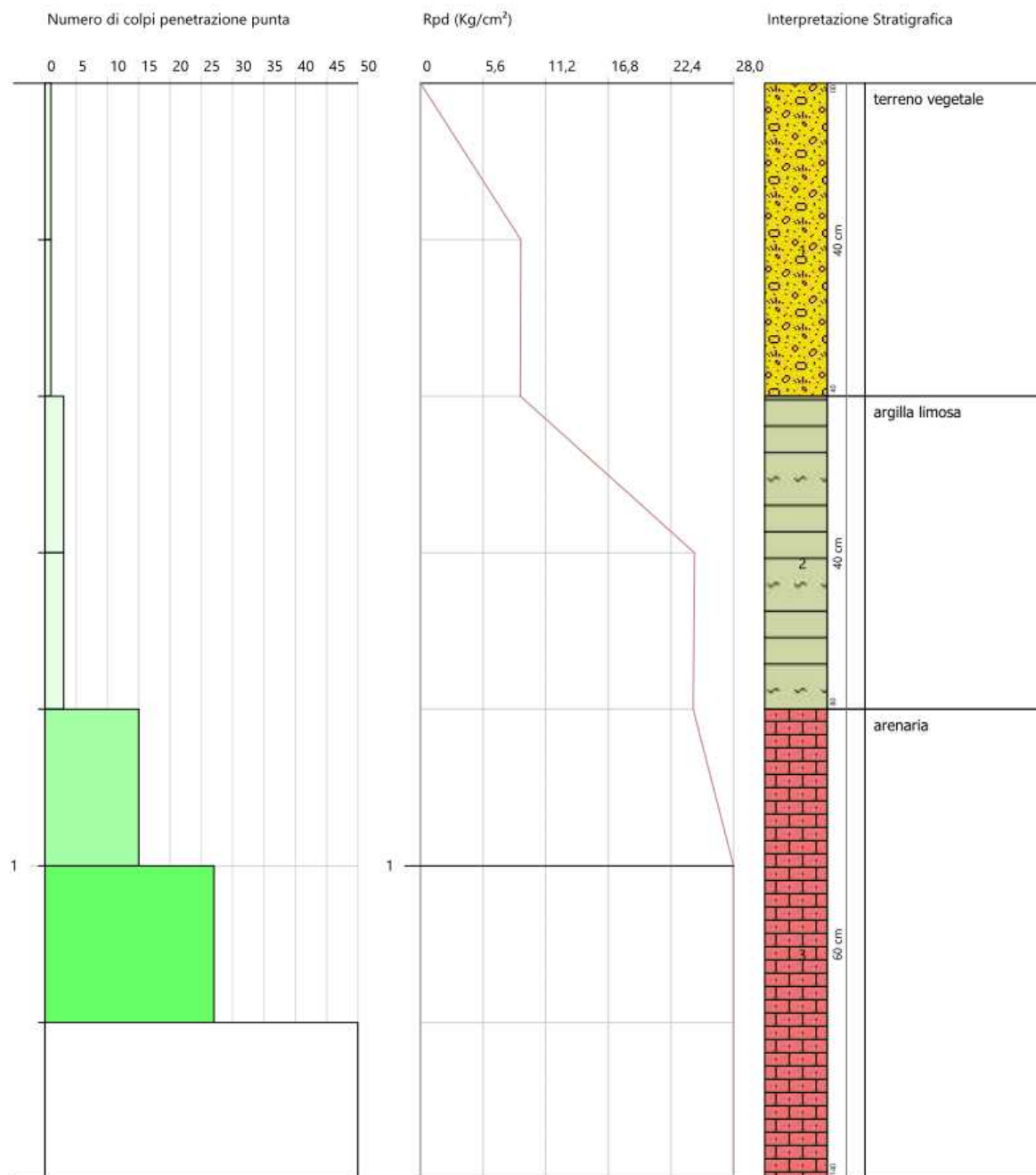
Tav.1.3- Elaborazione dei parametri della DPSH 2.

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.2
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

Committente: Comune di Toano
Descrizione: Realizzazione nuovo corpo spogliatoi per centro sportivo
Località: via Matilde di Canossa, Toano (RE)

20/11/2025

Scala 1:8

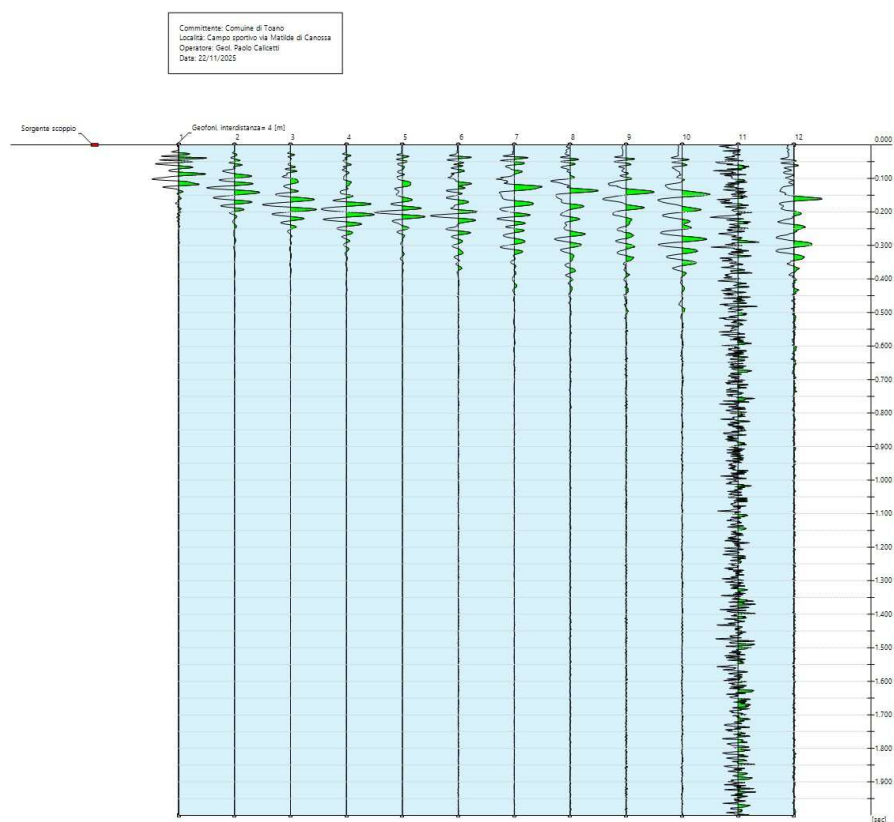


Tav. 1.4- Colonna stratigrafica DPSH 2.

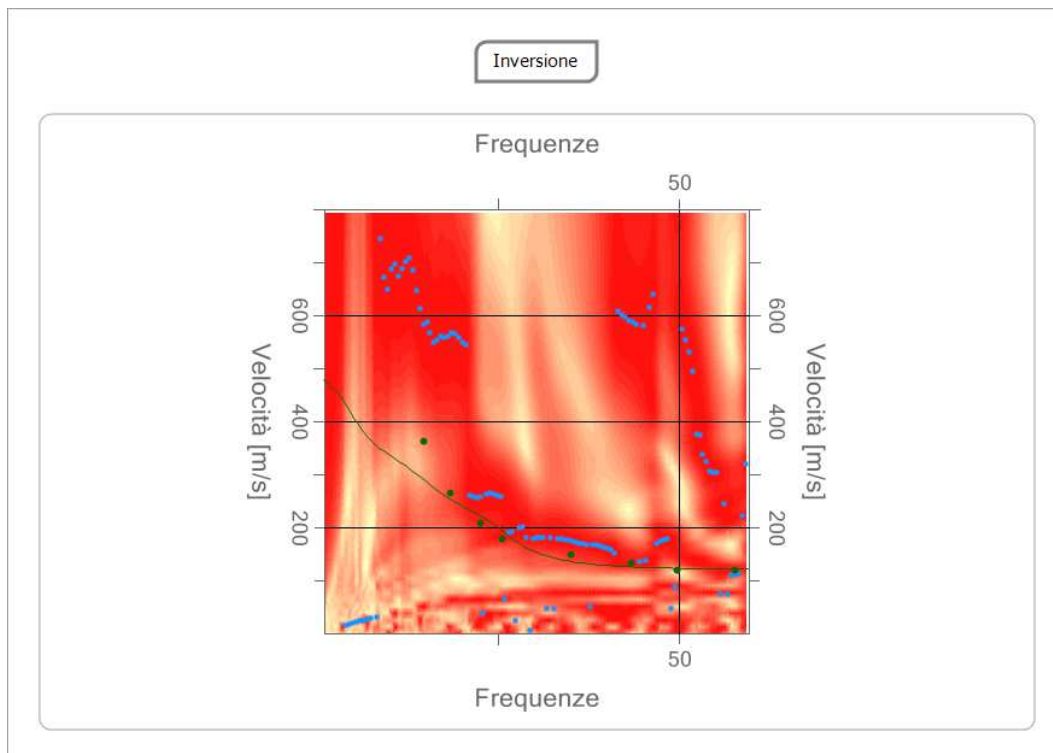
Tavola 2- Acquisizione MASW

Tracce

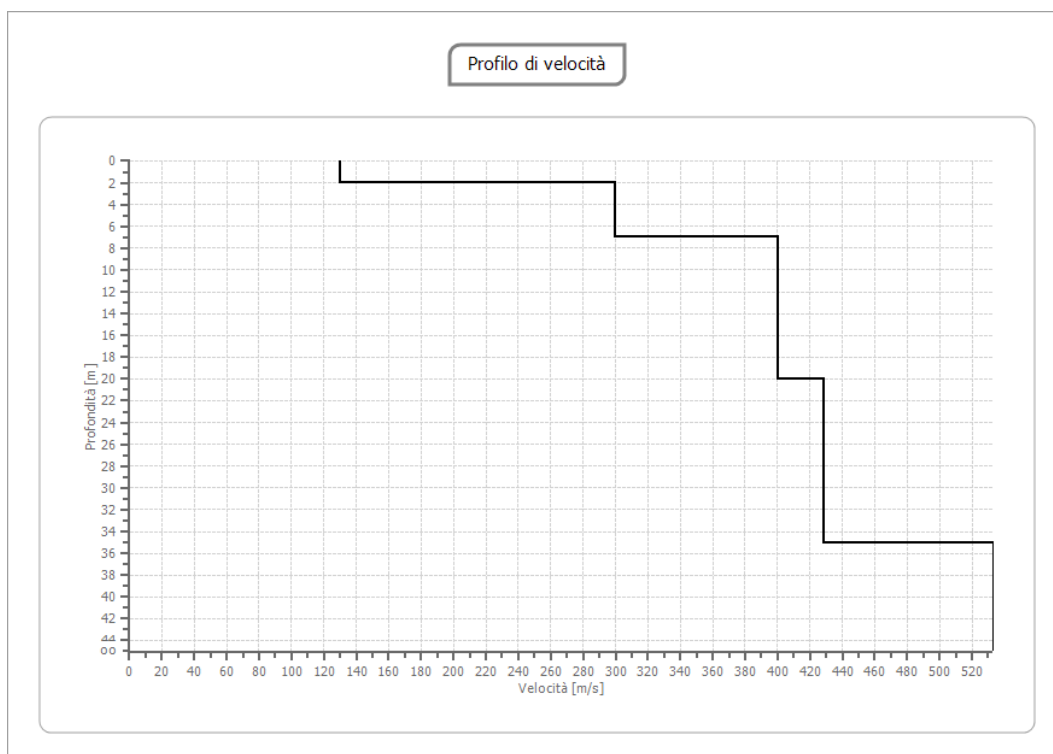
N. tracce	12
Durata acquisizione [msec]	2000.0
Interdistanza geofoni [m]	4.0
Periodo di campionamento [msec]	1.00



Tav. 2.1- Acquisizione del segnale



Tav. 2.2- Inversione del segnale



Tav. 2.3- Il grafico illustra le velocità del segnale alle varie profondità

Risultati

Profondità piano di posa [m]	0.00
Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m)	341.09
Categoria del suolo	C

Suolo di tipo 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.