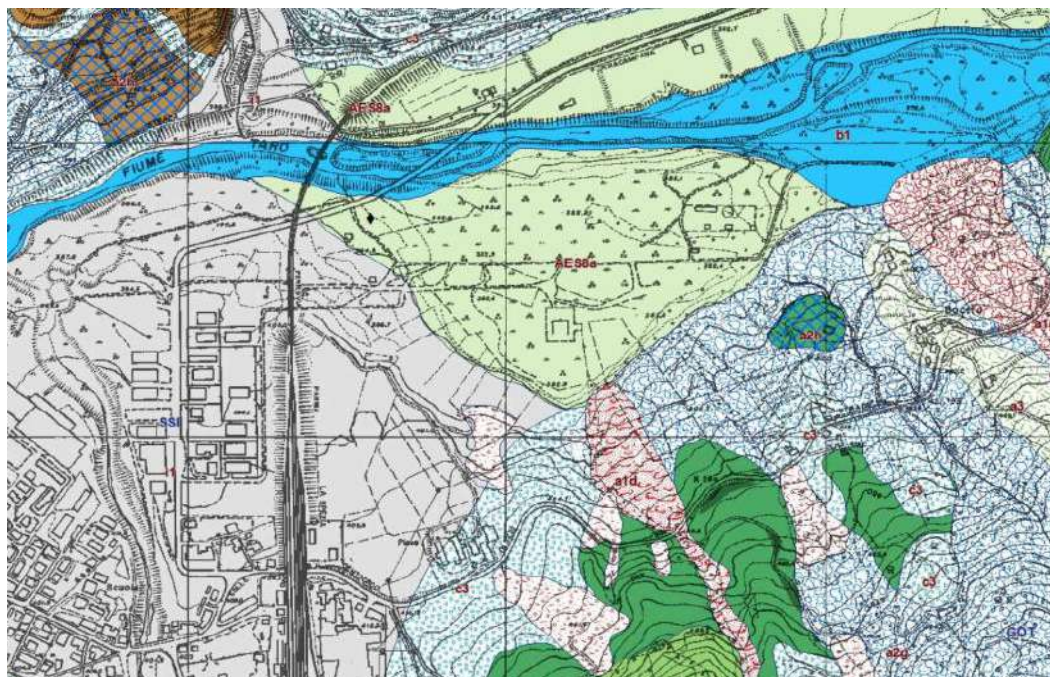




Comune di Borgo Val di Taro

Provincia di Parma



**RELAZIONE GEOLOGICA TECNICA E SISMICA INERENTE IL PROGETTO DI
AMPLIAMENTO DELLO STABILIMENTO PRODUTTIVO DI BORGO VAL DI
TARO (PR).**

Foglio 88 - / - mappali 505 - 506 - 507

DATA	DESCRIZIONE	FIRMA E TIMBRO
Febbraio '22	GEOLOGICA - TECNICA - SISMICA	Giumelli dott. Franco



FILE	PROT. ARCHIVIAZIONE
Studio 6-SG-22	6/SG/22

RELAZIONE GEOLOGICA TECNICA SISMICA AI SENSI DEL D.M. 17/01/2018

1. PREMESSA.	3
INDAGINI DIRETTE	3
INDAGINI INDIRETTE	4
RIFERIMENTI NORMATIVI	5
2. INQUADRAMENTO CATASTALE E GEOGRAFICO	6
4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO DI DETTAGLIO	13
6. INDAGINE GEOGNOSTICA	16
7. MODELLO GEOTECNICO	19
8. CLASSIFICAZIONE SISMICA	21
9. PERICOLOSITA' SISMICA	29
<i>Coefficiente di amplificazione topografica (St)</i>	33
Vita nominale dell'opera.	34
Amplificazione stratigrafica	37
Amplificazione topografica	38
10. VALUTAZIONE DEL TIPO DI SUOLO (M.A.S.W.)	40
11. PARAMETRI GEOTECNICI	50
12. COSTANTE DI WINKLER	53
13. CONCLUSIONI E CONSIGLI OPERATIVI	55

1. PREMESSA.

La presente relazione, condotta ai sensi del D.M. 17/01/2018 “Norme tecniche per le Costruzioni”, illustra i risultati delle indagini effettuate a supporto del progetto per **“Ampliamento stabilimento LAMINAM Borgo Val di Taro”** la cui committenza è individuata in **“IMMOBILTEC S.p.A.” con sede in Fiorano Modenese**

Scopo del presente lavoro è, così come definito nel citato Decreto 17/01/2018, delineare gli aspetti geomorfologici del sito di interesse, costruire un modello stratigrafico dei terreni di fondazione più attinente possibile alla realtà, valutando al contempo le caratteristiche sismiche del sito, a tal fine è stato realizzato un piano di indagine, sottoposto al Progettista e da questi preventivamente avallato, ai sensi della citata normativa, volto ad accertare, tramite l’esecuzione di specifiche e mirate indagini geognostiche dirette ed indirette la caratterizzazione lito-geomeccanica e sismica dei terreni di sedime dell’opera in progetto.

Le considerazioni espresse emergono dalla sintesi delle seguenti acquisizioni d’indagine:

- ricerca bibliografica di dati relativi all’assetto geolitologico, geomorfologico, idrogeologico, sismotettonico e sismico generale e locale
- caratterizzazione litostratimetrica e geomeccanica dei terreni del primo sottosuolo attraverso:

INDAGINI DIRETTE

- n° 3 sondaggi geognostici spinti fino alla profondità di 12.00 metri, realizzati nel mese di febbraio 2022.

INDAGINI INDIRETTE

- **n° 1 prospezione sismica tipo “MASW” (Multichannel Analysis of Surface Waves)**, volta a definire il profilo della velocità equivalente $V_{s,eq}$ (velocità media equivalente di propagazione delle onde di taglio S), da cui ricavare la categoria del suolo di fondazione, necessaria per la determinazione dell'azione sismica di progetto nonché valutare la risposta sismica locale, in osservanza alla succitata normativa
- **n° 1 prospezione sismica tipo “HVSr”** di misura del rumore sismico mediante tomografo digitale, realizzate contestualmente alla prospezione “MASW”, funzionale alla definizione della frequenza fondamentale del terreno di sedime, al fine di consentire al Progettista strutturale di valutare potenziali effetti di doppia risonanza per la struttura in progetto.

L'esecuzione di dette indagini geognostiche dirette ed indirette, unitamente a dati areali disponibili nella banca dati del Servizio Geologico e Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna e/o derivanti da studi geologici allegati agli strumenti di pianificazione sovraordinata (indagini geognostiche dirette ed indirette, stratigrafie di pozzi idrici in zona, sezioni idrostratigrafiche interpretative, cartografie tematiche, ecc.), hanno consentito di ricostruire, con sufficiente dettaglio per le finalità del presente studio, il “modello geologico” del primo sottosuolo.

Di seguito vengono illustrati i risultati dell'indagine geologico - tecnica che hanno permesso di verificare il comportamento geomeccanico del sottosuolo presente nell'area di studio.

Lo studio ha pertanto fornito una caratterizzazione della zona d'intervento mediante la definizione di:

- un modello geologico ed idrogeologico, con ricostruzione litostratigrafica dell'immediato sottosuolo e verifica dell'eventuale presenza e soggiacenza della falda freatica;
- un modello sismico, con inquadramento della zona rispetto alla O.P.C.M. n.3274/2003 (e s.m.i) e definizione della velocità equivalente del suolo;
- un modello geotecnico preliminare, con stima di alcuni dei principali parametri geomeccanici dei terreni di sedime ed inquadramento della successione litostratigrafica indagata tra le "Categorie di suolo di fondazione" di cui al D.M. 14.01.2008 "Norme tecniche per le costruzioni così come aggiornato dal più recente D.M.17.01.2018 "NTC 2018".

In considerazione dell'omogeneità litostratigrafica e geomeccanica dei terreni presenti nell'ambito della zona indagata e data l'estensione del sito da indagare, si ritiene che le indagini eseguite siano sufficienti per poter caratterizzare i terreni in oggetto. Tale scelta è inoltre avvalorata dalla conoscenza acquisita con precedenti indagini delle aree circostanti a quella di intervento, che in un intorno significativo presentano caratteristiche litostratigrafiche e geomeccaniche simili.

RIFERIMENTI NORMATIVI

- D.M. 17.01.2018: Aggiornamento norme tecniche per le costruzioni;
- Decreto ministeriale 14-01-2008 – Testo unitario – Norme Tecniche per le Costruzioni;
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici – Istruzioni per l'applicazione delle "Norme Tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14-01-2008, Circolare 2 febbraio 2009;
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici – Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale. Allegato al voto n° 36 del 27/07/2007;
- Eurocodice 8 (1998) – Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture. Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici (stesura finale 2003);

- O.P.C.M. n° 3274 (2003) - "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica".

2. INQUADRAMENTO CATASTALE E GEOGRAFICO

In figura 1 si riportano due estratti fotografici satellitari, a diverso grado di dettaglio, che individuano l'area di indagine, mentre in figura 2 si riporta uno stralcio di **planimetria catastale, con individuata l'area in oggetto al foglio 88 mappale 505-506-507 del comune di** Borgo Val di Taro, inoltre è evidenziata l'ubicazione della M.A.S.W..

L'area oggetto di studio è posta ad una quota di circa 383 m s.l.m., e grosso modo trova collocazione alle seguenti coordinate geografiche assolute:

Latitudine --- Longitudine

44.491544° N -- 9.787058°

Le coordinate espresse sono in ED50. L'ellissoide di riferimento associato a questo sistema è l'ellissoide internazionale Hayford orientato a Potsdam (Torre di Helmert).



Fig. 1 Immagini satellitari



Fig. 2 Inquadramento catastale Foglio 88 mappale 505-506-507 - Borgo Val di Taro.



Fig. 3 Inquadramento geografico

In figura 3, è riportato uno stralcio della C.T.R. dell'Emilia Romagna, scala 1:5.000, tratto dall'Elemento N° 216104. L'areale oggetto di intervento è ubicato sulla conoide alluvionale creata dal Torrente Tarodine alla confluenza nel Taro, a sud di quest'ultimo e ad est del Tarodine. L'area è subpianeggiante costituita per lo più da depositi alluvionali di spessore variabile dai 7-8 m ad oltre 10 nelle aree più vicine al Fiume Taro.

La quota media del sito in oggetto è pari a m. 383 s.l.m.. Il rilievo morfologico di dettaglio eseguito ha evidenziato l'assenza di segni significativi di dissesto nell'ambito dell'area di intervento e di un suo congruo intorno, testimoniandone le buone condizioni di stabilità.

Il paese di Borgo Val di Taro è ubicato nella parte medio alta dell'Appennino Parmense a circa 411 m slm, il territorio comunale confina ad ovest con i Comuni di Compiano ed Albareto, ad est con i Comuni di Valmozzola e Berceto, a Nord con il Comune di Bardi e a sud è delimitato da confine regionale con la Toscana.

Il Comune di Borgo Val di Taro ricade in quattro unità di rango provinciale individuate nel P.T.C.P.: Bassa Montagna Ovest, Piana di Borgotaro, Dorsale appenninica e Passante della Cisa. L'area in oggetto si trova nell'ampia piana alluvionale in cui, ai depositi terrazzati del F. Taro, si sovrappongono i depositi di conoide alluvionali prodotti dal T. Tarodine. L'area si colloca in posizione orientale e avanzata rispetto al ventaglio detritico alluvionale.

Litologicamente il sito indagato è caratterizzato da sedimenti marini prevalentemente argillosi (Argille di San Siro) di età cretacico superiore, appartenenti al dominio ligure, che più a nord in sponda idrografica sinistra del F. Taro fanno posto alle successioni marine deposte tra l'Eocene Medio ed il Messiniano del Dominio Epiligure, poggianti in generale discordanza stratigrafica sulle precedenti; mentre in sponda

destra, dove si colloca il sito di studio, lasciano spazio all'Unità tettonica Gottero e in particolare alle Arenarie omonime.

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO DELL'AREA DI STUDIO

La zona in esame rientra nel Foglio 216 Borgo Val di Taro della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000.

L'Appennino Settentrionale è il risultato della sovrapposizione tettonica di due grandi insiemi, con litologie, struttura ed origine paleogeografica diverse: un Insieme Esterno Umbro-Toscano ed un insieme Interno Ligure-Emiliano. L'insieme Esterno è costituito in buona parte da uno zoccolo continentale appartenente alla Placca Apula su cui poggiano, seppure scollate e deformate, le successioni mesozoico-terziarie che ne rappresentano l'originale copertura sedimentaria. L'Insieme Interno consta di una serie di unità tettoniche che, per la presenza di ofioliti (rocce ignee tipiche della litosfera oceanica) si sono invece originate in un oceano estendendosi eventualmente anche sulla parte più assottigliata dei margini continentali adiacenti. Queste unità hanno comunque abbandonato il loro substrato originario che è scomparso in subduzione, per sovrascorrere da ovest verso est (vergenza appenninica) sull'Insieme Esterno, che ha avuto ruolo di avampaese, costituendo perciò una coltre alloctona. L'insieme Interno comprende due domini detti rispettivamente Ligure Interno e Ligure Esterno (Liguridi), separati da un contatto tettonico lungo il quale il primo si accavalla sul secondo, poggiando per il resto anche sulla Falda Toscana con la sola interposizione dell'Unità di Canetolo. Pur essendo entrambe caratterizzati dalla presenza di ofioliti, queste assumono un differente significato. Mentre nelle Liguridi Interne hanno caratteristiche sicuramente oceaniche (le maggiori masse ofiolitiche si trovano ancora in posizione primaria alla base della successione sedimentaria) nelle

Liguridi Esterne non si conoscono ofioliti che costituiscano sicuramente la base della successione, ma compaiono invece come masse scivolate in gran parte nel bacino di sedimentazione ligure del Cretacico superiore e pertanto intercalate in quei sedimenti. Tali depositi rimaneggiati sono un indizio della vicinanza di un rilievo oceanico tettonicamente attivo situato verosimilmente fra Ligure Interno ed Esterno. A questo rilievo ipotetico (Cretacico superiore) che avrebbe in qualche modo separato i due domini è stato dato il nome di "Ruga del Bracco". Il Dominio Ligure Esterno comprende esclusivamente unità alloctone che hanno abbandonato il loro substrato originario e risultano abitualmente distinti nei Complessi di base di età per lo più compresa tra l'Albiano ed il Campaniano inferiore e delle formazioni torbiditiche a dominante calcarea conosciute come flysch ad elmintoidi (Campaniano-Paleocene). Questi nella sola fascia esterna sono seguite da altri flysch anch'essi calcarei, di età paleocenico-eocenica. L'area oggetto di studio ricade nel Dominio Ligure Esterno ed in particolare nella zona più esterna chiamata anche "Emiliana" caratterizzata dalla comparsa di unità tettoniche (M. Caio, Solignano, M. Cassio, ecc.) in cui i clasti ofiolitici diventano una componente occasionale o sono addirittura assenti. Nei "Complessi di base" compaiono invece estese formazioni terrigene silicoclastiche, quali le Arenarie di Ostia, di Scabiazza, le Argille di San Siro, di provenienza continentale. Infine, mentre nella zona più interna (sempre del Dominio Ligure Esterno) la sedimentazione termina con il flysch ad elmintoidi alla fine del Maastrichtiano o all'inizio del Paleocene, nella Zona Emiliana la successione si completa con potentissimi flysch paleocenico- eocenici che, dopo essersi parzialmente sedimentati sul flysch ad elmintoidi, sono stati in buona parte scollati per costruire unità a sé stanti (M. Sporno, Farini d'Olmo, Val Luretta, ecc.).

A partire dal Miocene superiore il versante padano è ancora interessato dalla compressione con la migrazione verso nord, nord-est del fronte di accavallamento

appenninico, con la conseguente formazione di bacini fluvio-lacustri plio-pleistocenici. Le successioni sedimentarie di tutti questi bacini, hanno un'origine simile e sono costituite per lo più da depositi detritici. Troviamo infatti alla base sempre delle peliti basali grigio azzurre contenenti livelli ligniferi seguiti da sabbie e conglomerati, mostrando così una stessa tendenza evolutiva, da una fase francamente lacustre e/o palustre ad una di piana alluvionale intermontana. Sul quaternario marino si verifica in questo modo (netta discordanza angolare) la deposizione dei sistemi deposizionali fluviali del Mindel, del Riss e del Wurm, cui succedono le alluvioni medie e recenti.

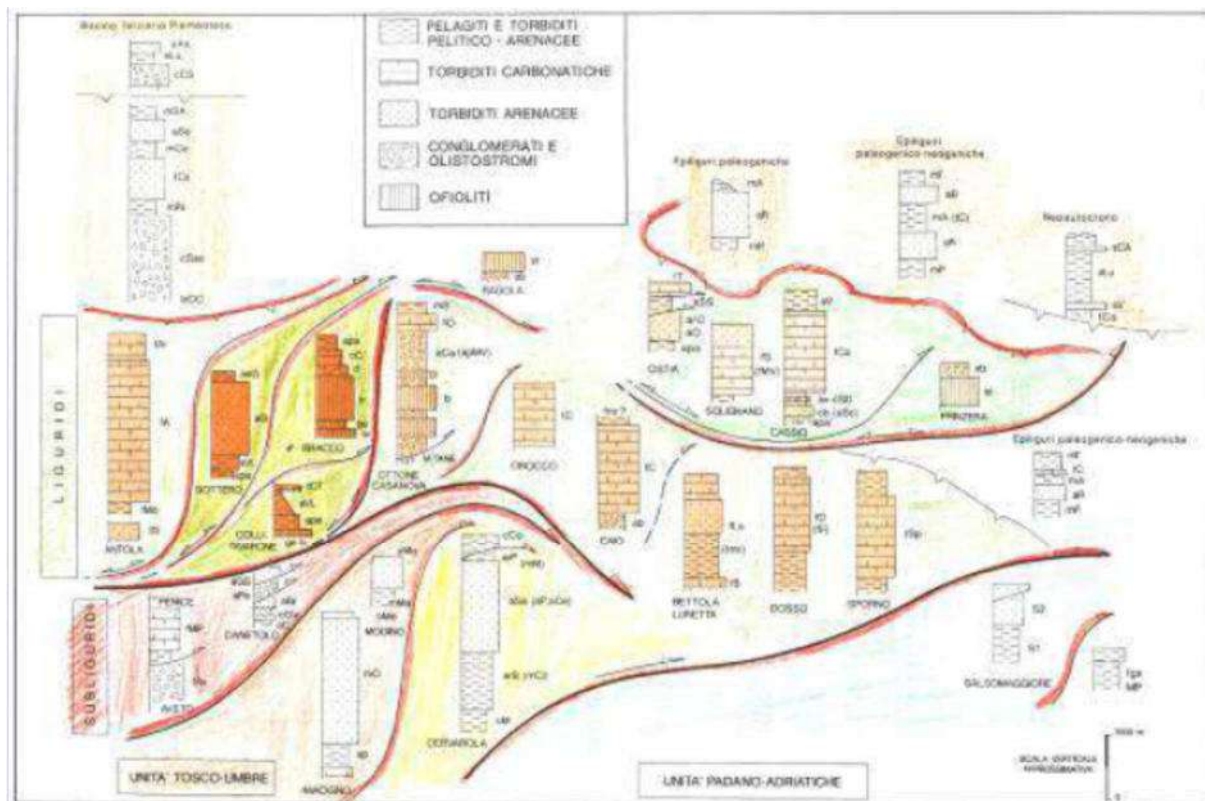


Fig. 4 Rappresentazione semplificata della litostratigrafia delle principali Unità presenti (P. Vescovi)

4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO DI DETTAGLIO

Unità presenti nell'area in oggetto e nelle zone limitrofe (fig. 5)

L'area ricade all'interno della seguente unità litologica



AES8a - Unità di Modena Ghiaie prevalenti e sabbie, ricoperte da una coltre limoso argillosa discontinua: depositi alluvionali intravallivi. Il profilo di alterazione è di esiguo spessore (poche decine di cm) e di tipo A/C, localmente A/Bw/C. Lo spessore massimo dell'unità è di alcuni metri. (Olocene)

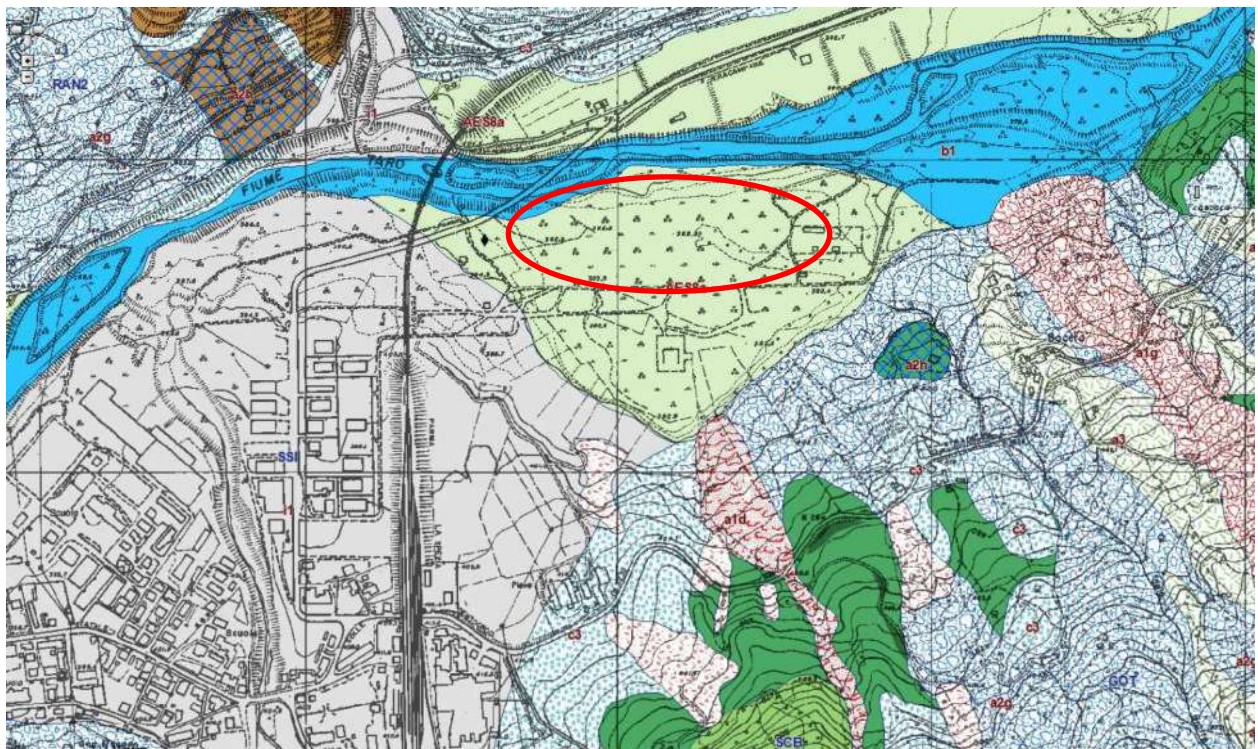


Fig. 5 Inquadramento geologico



SSI - Argilliti di San Siro Argilliti rosso-violacee, brune o variegata, manganesifere, alternate con straterelli calcilutitici o siltitici ed arenitici grigi e grigio-verdastri ad alterazione color ocra o ruggine, e spessore mediamente compreso fra 10 e 30 cm, molto discontinui e deformati e con intercalazioni di areniti torbiditiche in livelli medio-sottili e calcareniti sottili. Depositi di debris flow a matrice

argillitica e clasti eterogenei: palombini, ofioliti e rocce granitoidi (Gr). Localmente si interpongono lembi da metrici a decametrici di marne grigio-ocracee (litofacies marnosa - SSIIa) e lembi di successioni pelitiche policrome fittamente stratificate (SSIIb - litofacies argillitica). Nell'area dei Fogli 198 e parte del 216 viene attribuito il nome di Argilliti di S. Siro ad una formazione considerata parte dell'Unità tettonica Media Val Taro (tettonicamente indipendente dall'Unità Caio-Bettola); sono state in questi fogli distinte una litofacies marnoso-calcareo (SSIIc) costituita da marne e marne calcaree grigio-giallastre, in strati molto spessi a base calcarenitica fine intercalati da orizzonti argillitici nerastri e policromi. (cfr. Marne di Pontolo Auctt.), ed una litofacies arenitica (SSIIar). Passaggio stratigrafico netto al sovrastante Flysch di M. Caio (nei Fogli 198 e 216 contatto discordante con APA). (Cenomaniano? - Santoniano?)



a2g - Deposito di frana quiescente complessa Deposito messo in posto in seguito alla combinazione nello spazio e nel tempo di due o più tipi di movimento.



a1d - Deposito di frana attiva per colamento di fango Deposito messo in posto da movimento distribuito in maniera continuata all'interno della massa spostata. Le superfici di taglio all'interno di questa sono multiple, temporanee e generalmente non vengono conservate. I materiali coinvolti sono per lo più coesivi. I depositi più frequenti sono costituiti in prevalenza da una matrice pelitica e/o pelitico-sabbiosa che include clasti di dimensioni variabili.

5. PERIMETRAZIONE DA P.T.C.P.

Nella figura successiva (fig. 5) è riportato uno stralcio dalla Carta del Dissesto del PTCP di Parma (Variante specifica di aggiornamento 2013-2014 ai sensi dell'art. 27bis della L.R. 20/2000, adottata con Del. C.P. n°57 del 19.10.2015).

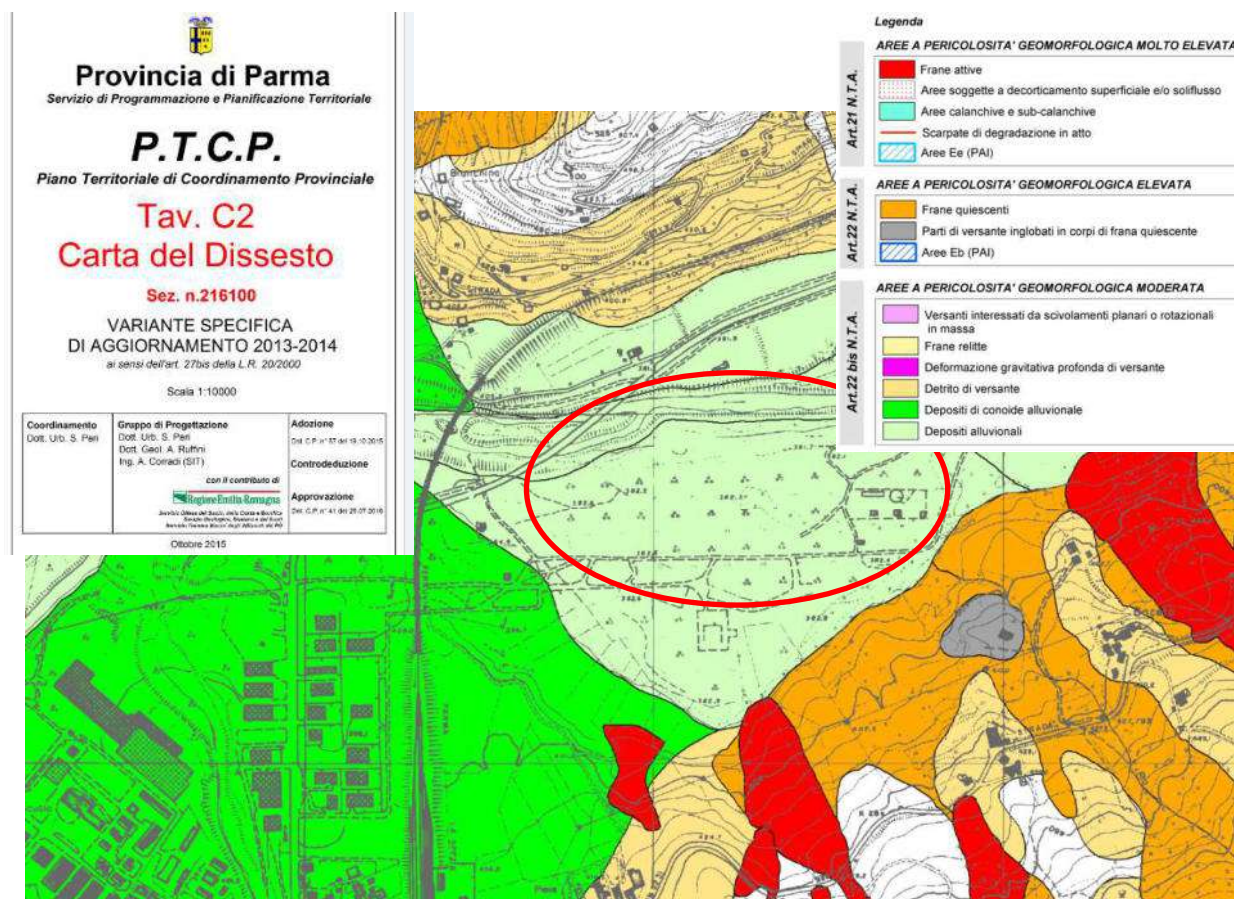


Fig. 6 Stralcio della carta del dissesto - Variante di aggiornamento 2013-2014

Il rilievo morfologico di dettaglio eseguito ha evidenziato l'assenza di segni significativi di dissesto nell'ambito dell'area di intervento e di un suo congruo intorno, testimoniandone le buone condizioni di stabilità.

L'area in esame come emerge dagli attuali strumenti di pianificazione territoriale della Provincia (Carta del Dissesto – Tavola C2 del P.T.C.P.), poggia sulla porzione più esterna verso est, di un potente materasso prevalentemente ghiaioso riferibile alla conoide alluvionale del torrente Tarodine che invade con un ampio ventaglio la piana alluvionale del F. Taro, di cui costituisce affluente di destra idrografica. Tali corpi detritici nella Carta del dissesto del P.T.C.P. sono classificati come **"Depositi alluvionali"** e in fase di pianificazione rientrano nelle **"Aree a pericolosità geomorfologia moderata"**, per la quale gli interventi di edificazione e trasformazione sono regolamentati **dall'art. 22 bis delle NTA del P.T.C.P.**

L'idrografia minore è costituita dalle opere idrauliche di urbanizzazione e da rari fossi di scolo.

Secondo quanto riportato nella Cartografia Geologica della Regione Emilia – Romagna, i terreni presenti nella zona comprendente l'area interessata dalla realizzazione delle opere in progetto appartengono all'Unità di Modena, rappresentato da depositi intravallivi terrazzati litologicamente costituiti da ghiaie sabbiose, sabbie e limi stratificati con copertura discontinua di limi argillosi.

6. INDAGINE GEOGNOSTICA

Come già accennato in precedenza per la determinazione dei parametri geotecnici ci si è avvalsi dei dati ottenuti da una campagna di indagini geognostiche, eseguita a febbraio del 2022, le stratigrafie dei sondaggi utilizzati sono riportate in allegato, all'interno del foro sono state eseguite prove S.P.T., per la caratterizzazione del terreno.

Sondaggi meccanici

Per l'esecuzione del sondaggio geognostico è stata utilizzata una sonda idraulica modello Nenzi Gelma.

L'attrezzatura di perforazione consiste in:

- aste di perforazione diam. 76 mm e peso 12 kg/m, lunghezza 1.5 e 3.0 metri;
- carotiere semplice diam. 101 mm e lunghezza 1.5 e 3.0 metri con corona a prismi al widia;
- rivestimenti di diam. 127 mm
- maglio per prove SPT di fabbricazione Nenzi a sganciamento automatico con maglio di peso 63.5 kg ed altezza di caduta libera 75 cm;
- scandaglio per misura della profondità del fondo foro;

- freatimetro.

La sonda è equipaggiata con pompa fango triplex da 200 lt a 26 bar usata sia per lubrificare con fluido gli utensili che per le operazioni di scarotatura.

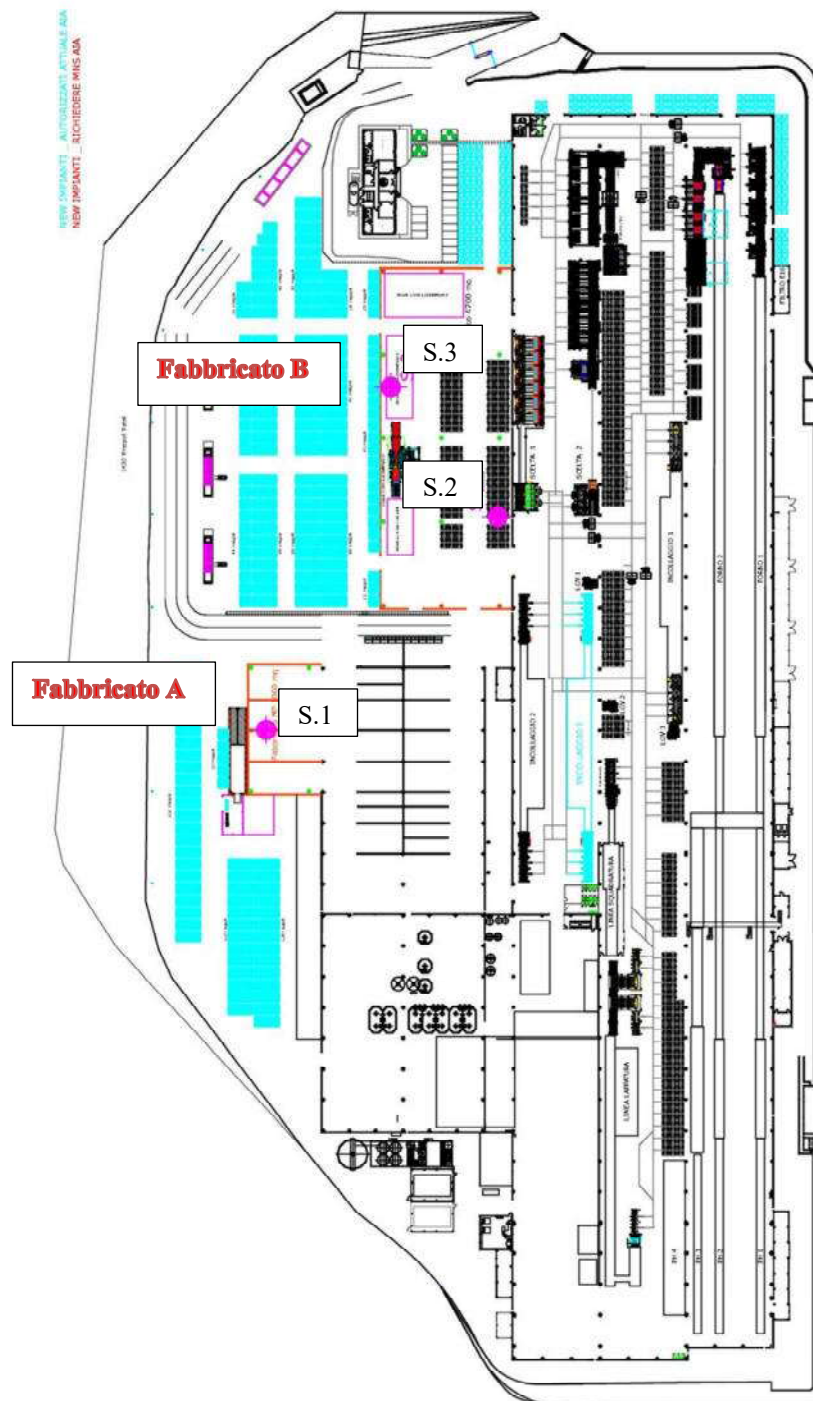


Fig. 7 Ubicazione sondaggi geognostici

Metodologica generale esecutiva dei sondaggi

Le operazioni di carotaggio avvengono nel seguente modo: all'asta di perforazione viene collegato un tubo campionatore cavo chiamato carotiere, capace di contenere il terreno che viene carotato per avanzamento a secco per tratti successivi variabili da pochi decimetri al metro in funzione della densità o consistenza del terreno.

Il risultato è una sequenza continua di prelievo di terreno chiamata "carote", a partire dal piano campagna sino alla profondità voluta; le carote vengono conservate in apposite cassette catalogatrici in legno dotate di coperchio.

Il foro viene generalmente rivestito, ove necessario, con tubo metallico di diametro 127 mm a seguire per evitare il franamento. Durante il sondaggio, si è provveduto a verificare la quota della falda.

Modalità di esecuzione delle prove S.P.T. in foro di sondaggio

Le prove penetrometriche S.P.T. (Standard Penetration Test) sono state eseguite facendo penetrare una punta conica od un campionatore a tubo aperto (tipo Raymond di $\varnothing = 50.8$ mm e di $l = 35$ mm) per 45 cm nel terreno; i colpi necessari all'infissione vengono misurati in tre fasi successive di 15 cm. Il valore di N_{spt} risulta dalla somma di colpi ottenuti per il 2° e 3° tratto. L'attrezzatura utilizzata è così suddivisa:

- tubo campionatore: in acciaio indurito con diametro esterno di 51 ± 1 mm, diametro interno di 35 ± 1 mm e lunghezza minima di 457 mm; la scarpa tagliente è stata sostituita con una punta conica (Racc. A.G.I.) data la presenza di orizzonti incoerenti grossolani, la possibile presenza di inclusi lapidei e/o l'elevata consistenza dei depositi;
- aste con diametro pari a 50.46 mm;

- dispositivo di battitura: testa di battuta in acciaio strettamente avvitata all'estremità della batteria di aste, maglio di tipo Pilcon Nenzi in acciaio del peso di 63.5 ± 0.5 kg a sganciamento automatico, con corsa di 760 mm.

Prima di ogni prova viene controllato con lo scandaglio la quota del fondo foro confrontandolo con quelle raggiunte dalla manovra di perforazione dalla quale non deve differire oltre i 7 cm. In presenza di materiali molto compatti o ghiaia viene adottato il campionatore chiuso a punta conica.

7. MODELLO GEOTECNICO

La ricostruzione dell'assetto litostratimetrico che caratterizza l'areale sotteso dalla realizzazione dei due fabbricati riportati in figura 7, è stata desunta dai sondaggi eseguiti, inoltre in figura sono riportate anche le ubicazioni dei sondaggi stessi, (fabbricato A sondaggio S.1, fabbricato B sondaggio S.2 e S.3).

Il modello geotecnico è finalizzato a fornire tutti i dati geotecnici necessari per gli interventi in progetto. Si fornisce di seguito la caratterizzazione geotecnica dei terreni costituenti il sito in esame. Dall'analisi dei dati forniti dall'indagine geognostica è stato possibile risalire ai principali parametri geotecnici del terreno.

Nella seguente tabella, viene riportato il profilo geotecnico dei livelli riconosciuti, suddivisi in base alle seguenti caratteristiche: litologia prevalente, e proprietà fisico meccaniche per ciascuna grandezza è stato riportato un range di valori di riferimento.

ORIZZONTE 0 Da mt 0.00 a mt 0.60-1.00 Asfalto e riporto di varia natura
Terreno non adatto alla posa di fondazioni
ORIZZONTE 1 Da mt 0.60-1.00 a mt 4.00-5.00 Ghiaia in matrice limosa

Parametri	Simbolo	Unità di misura	Valore
Peso di Volume	γ	t/m ³	1.93–1.95-1.96
Angolo di attrito	$\emptyset$	°	33°–32°-33°
Coesione non drenata	Cu	Kg/cm ²	0.35–0.37-0.38
Modulo elastico	M el	Kg/cm ²	487-493-490
ORIZZONTE 2 Da mt 4.00-5.00 a mt 8.50-10.30 Ghiaia in matrice sabbiosa			
Parametri	Simbolo	Unità di misura	Valore
Peso di Volume	γ	t/m ³	1.95–1.98-1.98
Angolo di attrito	$\emptyset$	°	34°-35°-35°
Coesione non drenata	Cu	Kg/cm ²	0.35–0.36-0.36
Modulo elastico	M el	Kg/cm ²	530-520-527
ORIZZONTE 3 Da mt 8.50-10.30 a fine sondaggi Argille, marne			
Parametri	Simbolo	Unità di misura	Valore
Peso di Volume	γ	t/m ³	2.25–2.28-2.27
Angolo di attrito	$\emptyset$	°	37° - 39° -37°
Coesione non drenata	Cu	Kg/cm ²	> 2.5
Modulo edometrico	M Ed	Kg/cm ²	667 – 670 - 685

La zona interessata dall'intervento si colloca in un'area pianeggiante e regolare, di origine alluvionale, costituente un'ampia conoide torrentizia, che delimita inferiormente il versante a sud di Borgo Val di Taro, composta naturalmente da una copertura ghiaiosa limosa, rimaneggiata e in parte rimodellata dall'azione antropica, sovrastante un corpo costituito da ghiaie prevalentemente grossolane, sabbie e limi – sabbiosi. La conoide di deiezione prodotta dal T. Tarodine è comunque caratterizzata nel suo insieme da una copertura ghiaiosa piuttosto potente ed irregolare,

costituita da un deposito caotico matrice sostenuto, composto da elementi litoidi eterogenei ed eterometrici immersi in una matrice coesiva limo – argillosa. Tale corpo alluvionale assume potenza massima lungo l'asta torrentizia, e tende a ridurre il proprio spessore nelle posizioni distali e laterali, è probabilmente sovrimposto alla piana alluvionale del F. Taro.

8. CLASSIFICAZIONE SISMICA

Zonizzazione sismica nazionale e regionale ZS9

La zonizzazione sismogenetica ZS9 è il punto di riferimento per la valutazione della pericolosità sismica, essa è il risultato di modifiche accorpamenti ed elisioni delle numerose zone ZS4 (Scandone e al. 1996) punto di riferimento per la pericolosità sismica fino al 2002.

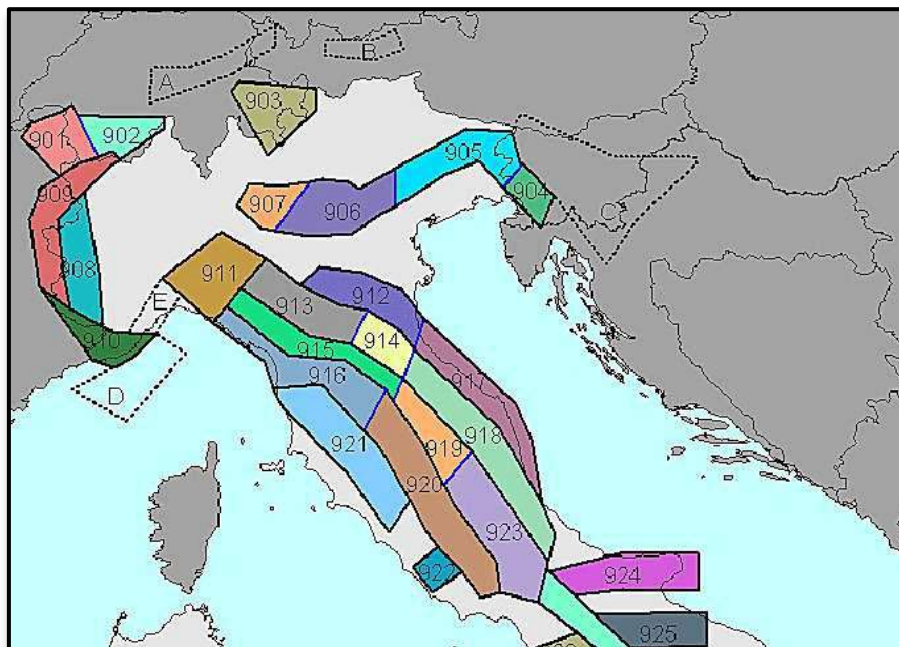


Fig. 8 Zonizzazione sismogenetica ZS9 (2004)

La zonizzazione è frutto della valutazione dei cinematismi degli elementi geologici cenozoici e quaternari coinvolti nella dinamica delle strutture litosferiche

profonde e della crosta. Dal confronto fra le informazioni che hanno condotto alla costruzione del modello geodinamico e la sismicità osservata ha permesso di costruire la carta nazionale delle zone sismogenetiche. La zonizzazione è caratterizzata da 36 zone-sorgente identificate con un numero (da 901 a 936) o con una lettera (da A a F). L'Appennino settentrionale e centrale comprende le zone dalla 911 alla 923, le quali sono disposte secondo cinque fasce parallele e longitudinali alla catena. La zona che interessa l'area in esame è la 915. Ogni zonizzazione sismogenetica è caratterizzata da un definito modello cinematico il quale sfrutta una serie di relazioni di attenuazione stimate sulla base di misurazioni accelerometriche effettuate sia sul territorio nazionale che europeo. Il territorio **del Comune di Borgo Val di Taro ricade interamente nella zona "915"** delimitata a nord dalla zona "913" denominata "Appennino Emiliano" e a sud dalla zona "916". La zona sismogenetica **"915"** è caratterizzata da faglie e sistemi di faglie legati all'estensione appenninica, con meccanismo di fagliazione prevalente di tipo normale. La maggior parte dei terremoti che si verificano in questa zona avvengono a profondità tra 8 - 12 km, con profondità efficace pari a 8 km, dove per profondità efficace si intende l'intervallo di profondità nel quale viene rilasciato il maggior numero di terremoto in ogni zona – sorgente. Il valore di magnitudo massima prevista per la **ZS915 e pari a $M_{wmax} = 5,91$** . La fascia di territorio in cui ricade il Comune di Borgo Val di Taro si colloca a ridosso del crinale appenninico principale, nella zona più interna della catena, inserendosi in una delle zone di maggior rilascio di energia dell'Appennino settentrionale. La fascia sismogenetica di riferimento (915) delimitata a nord dal cosiddetto "Arco di Pavia" e interessata da faglie primarie e relative sorgenti sismogenetiche, che nel settore di interesse, immergono verso NE. Tali sorgenti hanno in genere espressioni superficiali che consentono la caratterizzazione e la quantificazione degli aspetti cinematici mediante tradizioni approcci geomorfologici e paleosismologici.

Sismicità del territorio

La storia sismica del Comune di **Borgo Val di Taro** è stata desunta da CPTI15, un database di osservazioni macrosismiche di terremoti di area italiana sopra la soglia del danno", database realizzato dal Gruppo Nazionale per la Difesa dei Terremoti che contiene i dati macrosismici provenienti da studi dello stesso GNDT e di altri enti.

Effetti	In occasione del terremoto del											
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw		
7-8	1545	06	09	15	45		Val di Taro	5	7-8	5.38		
8	1834	02	14	13	15		Val di Taro-Lunigiana	112	9	5.96		
5	1835	04	20	03			Val di Taro	1	5	4.16		
5-6	1835	04	25	02	45		Val di Taro	6	5-6	4.77		
6-7	1849	11	28	18			Val di Taro	7	6	4.63		
3	1854	12	29	01	45		Liguria occidentale	86	7-8	5.72		
NF	1857	02	01				Parmense-Reggiano	22	6-7	5.11		
4	1873	06	29	03	58		Alpago Cansiglio	197	9-10	6.29		
3-4	1873	09	17				Appennino tosco-ligure	64	6-7	5.26		
2-3	1886	10	15	02	20		Collecchio	44	6	4.70		
NF	1895	05	18	19	55	1	Fiorentino	401	8	5.50		
4	1898	03	04	21	05		Parmense	313	7-8	5.37		
NF	1904	11	17	05	02		Pistoiese	204	7	5.10		
NF	1906	08	25	03	11		Parmense	31	5	4.25		
5	1906	11	10	17	55		Alta Val di Taro	43	5	4.22		
3	1909	01	13	00	45		Emilia Romagna orientale	867	6-7	5.36		
3	1910	01	23	01	50		Piacentino	118	5	4.39		
NF	1911	02	19	07	18	3	Forlivese	181	7	5.26		
NF	1915	01	13	06	52	4	Marsica	1041	11	7.08		
NF	1919	06	29	15	06	1	Mugello	565	10	6.38		
NF	1921	05	07	06	15		Lunigiana	19	6	4.64		
5	1921	11	29	12	04		Val di Taro	10	4	4.15		
3-4	1927	10	28	21	49		Alta Val di Taro	39	6	4.66		
3	1928	02	21	04	37		Alta Val di Taro	8	5	4.16		
4	1928	07	20	19	53		Alta Val di Taro	13	6	4.39		
4	1939	10	15	14	05		Garfagnana	62	6-7	4.96		
5	1959	01	26	05	35	4	Alta Val di Taro	14	5	4.27		
3	1965	11	09	15	35		Appennino reggiano	32	5	4.17		
NF	1967	04	03	16	36	1	Reggiano	45	5	4.44		
4	1969	06	24	13	25	1	Parmense	15	5	4.21		
5	1972	10	25	21	56	1	Appennino settentrionale	198	5	4.87		
6	1974	04	15	21	49	1	Alta Val di Taro	13	5	4.14		
5-6	1975	11	13	19	55	1	Appennino piacentino	7	5-6	4.36		
5-6	1975	11	16	13	04	2	Appennino piacentino	10	4-5	4.93		
5	1976	08	22	02	49	1	Alta Val di Taro	26	5	4.54		
5-6	1980	12	23	12	01	0	Piacentino	69	6-7	4.57		
3-4	1983	11	09	16	29	5	Parmense	850	6-7	5.04		
NF	1984	04	29	05	02	5	Umbria settentrionale	709	7	5.62		
5	1985	08	15	18	58	0	Appennino parmense	7	7	4.51		
4	1986	10	01	19	53	3	Lunigiana	68	5	4.46		
NF	1986	12	06	17	07	1	Ferrarese	604	6	4.43		
4	1987	02	10	21	20	1	Lunigiana	54	5	4.09		
3	1989	10	03	09	41	3	Appennino parmense	91	4	4.04		
3	1995	03	03	16	16	4	Lunigiana	43	5	4.20		
4	1995	10	10	06	54	2	Lunigiana	341	7	4.82		
3	2002	11	13	10	48	0	Franciacorta	768	5	4.21		
2-3	2005	04	13	18	46	0	Valle del Trebbia	163	4	3.68		
2	2005	04	18	10	59	1	Valle del Trebbia	284	4	3.97		
5	2008	12	23	15	24	2	Parmense	291	6-7	5.36		

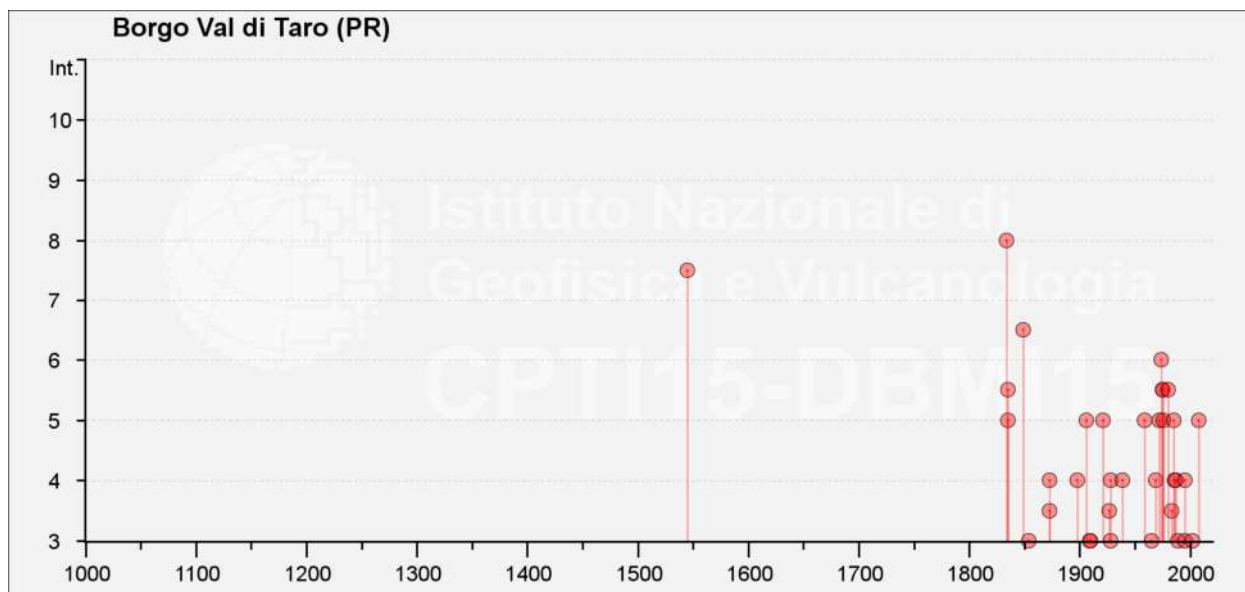


Fig. 9: Sismicità storica

La consultazione del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani CPTI15 Release v1.5 (Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P. (eds), 2016. CPTI15, the 2015 version of the Parametric Catalogue of Italian Earthquakes. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia) consente la ricostruzione della sopra riportata sequenza storica relativamente agli eventi sismici ritenuti più significativi per il territorio della provincia parmense nella finestra temporale 1000 - 2014 (terremoti con intensità massima o epicentrale maggiore da 1 a 11 e con magnitudo strumentale equivalente, secondo i metodi e le conversioni descritte nel suddetto catalogo, a Mw 1.0 o superiore):

Più in dettaglio, nella precedente figura 8 viene riportata la "storia sismica" del Comune di **Borgo Val di Taro** limitatamente ai terremoti con intensità da 1 a 11 verificatisi tra il 1000 e il 2014 [DBMI15 Release v1.5; Azzaro R., D'Amico S., Conte S., Rocchetti E. (2016) DBMI15, The 2015 version of the Italian Macroseismic Database - Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia].

A seguito della recente DGR n° 1164/2018 "Aggiornamento della classificazione sismica di prima applicazione dei comuni dell'Emilia-Romagna", il Comune di Borgo Val di Taro è stato confermato in **ZONA 2** (Fig. 10).

Zona	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta (ag/g)
1	> 0,25	0,35
2	0,15 - 0,25	0,25
3	0,05 - 0,15	0,15
4	< 0,005	0,05

La pericolosità sismica di riferimento ipotizza un substrato omogeneo in roccia ed è espressa in PGA (Peak Ground Acceleration) con associato un periodo di ritorno di 475 anni valore convenzionale in quanto rappresenta l'accelerazione associata alla probabilità del 90% di non superamento considerando un periodo di ritorno di 50 anni.

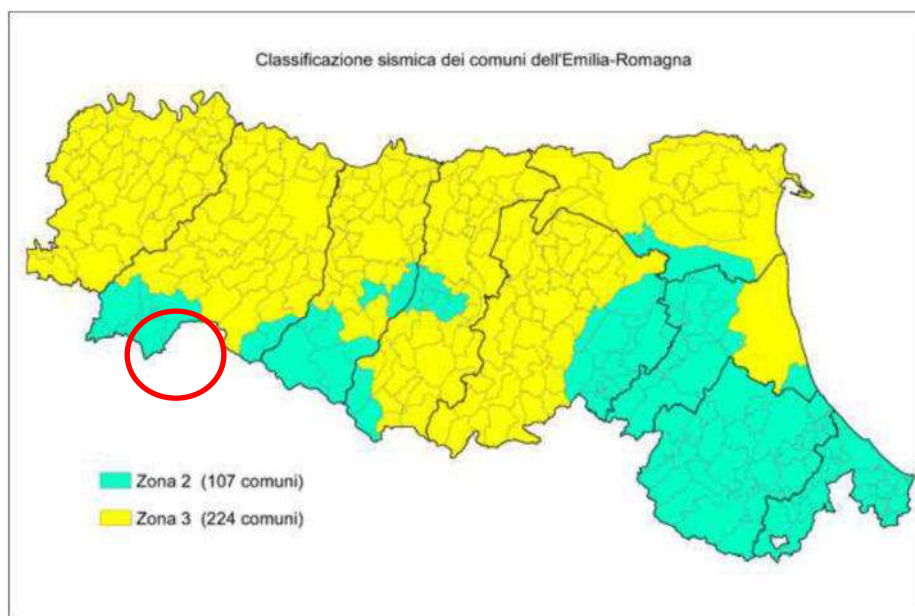


Fig. 10 Riclassificazione sismica dell'Emilia Romagna a seguito del DGR n° 1164/2018.

L'accelerazione massima di riferimento, per il sito oggetto di studio, raggiunge valori massimi di PGA pari a 0.201 g. le norme tecniche per le costruzioni del D.M.

17/01/18 hanno modificato le modalità di valutazione delle azioni di progetto. In particolare l'azione sismica sulle costruzioni è valutata a partire dalla pericolosità sismica di base, che costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche contraddistinte da differenti valori di PGA. La pericolosità sismica in un generico sito deve essere descritta in modo da renderla compatibile con le NTC e da dotarla di un sufficiente livello di dettaglio, sia in termini geografici che in termini temporali. Dall'analisi della Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale elaborata dall'INGV si può osservare che il territorio del Comune di Borgo Val di Taro si colloca in un areale, in cui si possono registrare valori di accelerazione massima del suolo pari a $0.175 \div 0.225$ g, con un tempo di ritorno (T_r) pari a circa 475 anni (probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni).

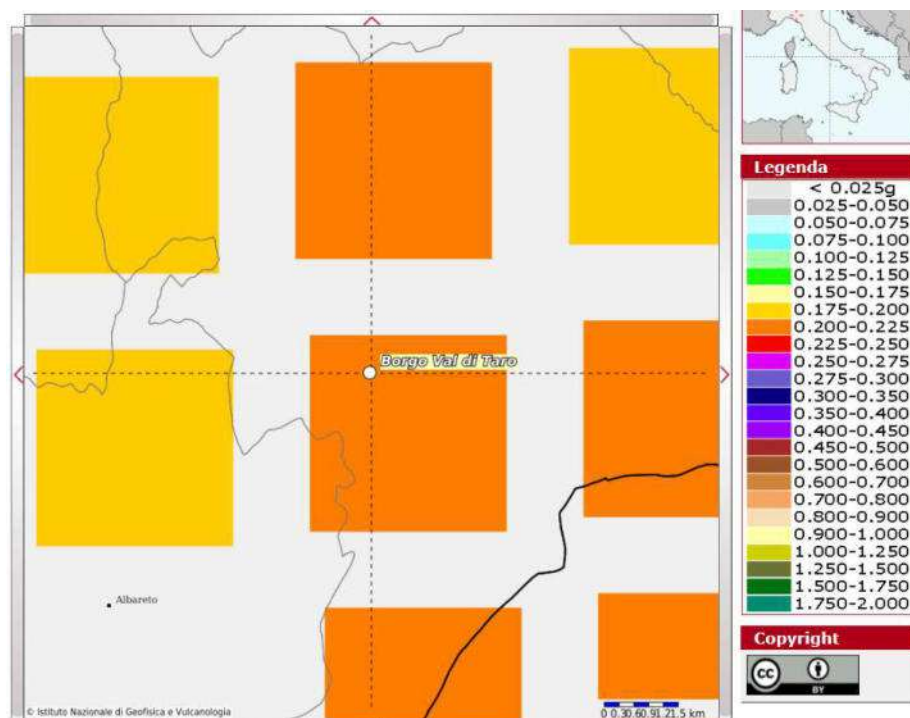


Fig 11 Mappa di pericolosità sismica per il territorio del Comune di Borgo Val di Taro espressa in termini di $a(g)$ e probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni ($T_R = 475$ anni) (INGV); gli assi sono centrati sul sito di interesse

In Fig. 11 si riporta il risultato della consultazione tramite il sito <http://esse1-gis.mi.ingv.it> della mappa probabilistica della pericolosità sismica del territorio nazionale, espressa su una griglia regolare a passo 0,05° relativamente al parametro dello scuotimento rappresentato da $a(g)$ (accelerazione orizzontale massima del suolo).

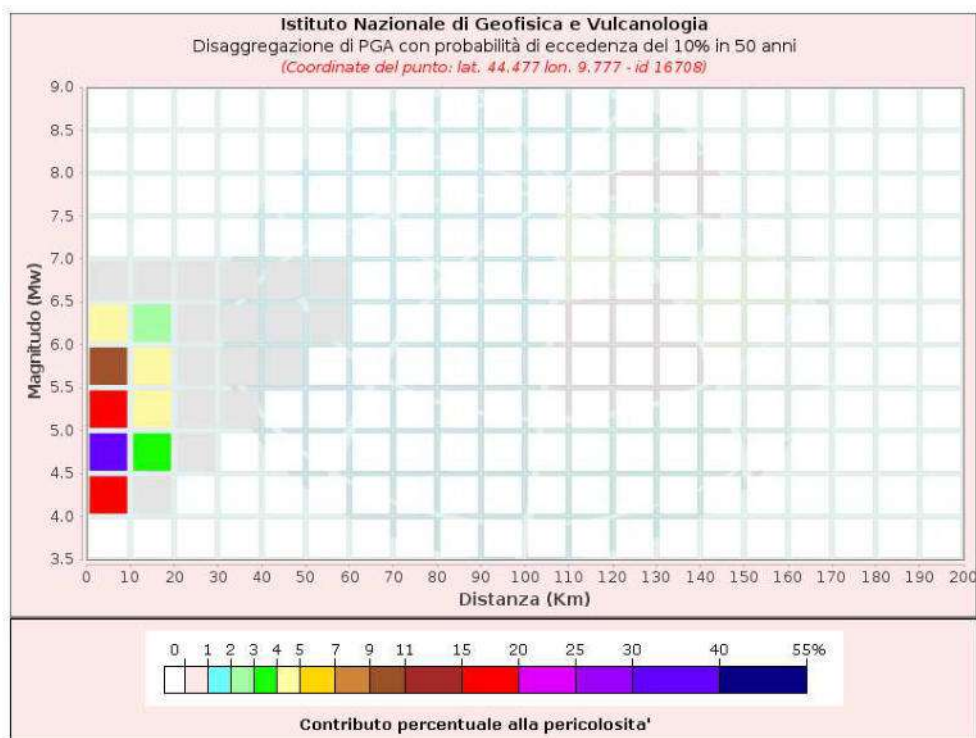


Fig 12 Grafico di disaggregazione per il Comune di Borgo Val di Taro ricavato dal sito dell'Istituto di Geofisica e Vulcanologia – INGV

Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto: lat. 44.477 lon. 9.777 - id 16708)											
Distanza (Km)	Magnitudo (Mw)										
	3.5- 4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0- 6.5	6.5- 7.0	7.0- 7.5	7.5- 8.0	8.0- 8.5	8.5- 9.0
0-10	0.0000	15.5000	31.2000	19.6000	10.4000	4.6700	0.5240	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	0.6920	3.5200	4.8600	4.3700	2.9600	0.4340	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	0.0000	0.0186	0.2920	0.4620	0.3320	0.0621	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	0.0000	0.0000	0.0027	0.0448	0.0583	0.0142	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005	0.0103	0.0042	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0007	0.0010	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Valori Medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
5.09	6.42	1.02

Fig. 13 Contributi alla pericolosità per intervalli di magnitudo e distanza epicentrale (INGV)

L'operazione che consente di stabilire quali sono i "range" caratteristici dei parametri sismici che concorrono alla definizione della pericolosità sismica (con metodo probabilistico) di un determinato sito, prende il nome di "Disaggregazione".

Dal sito dell'INGV (<http://esse1-gis.mi.ingv.it>), oltre alla "Mappa di pericolosità sismica" (Fig. 11), per il territorio del Comune di Borgo Val di Taro, è possibile estrapolare il relativo grafico della "Disaggregazione" (Fig. 12).

Nel caso in esempio si può notare come la massima percentuale, pari al 31,2% sia definita per terremoti di magnitudo compresa fra 4,5-5 M, nel range di distanza tra 0-10 km.

9. PERICOLOSITA' SISMICA

La pericolosità sismica di base costituisce l'elemento primario per la determinazione delle azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare la sicurezza nei confronti dei diversi stati limite, intesi come le condizioni superate le quali l'opera non soddisfa più le esigenze per cui è stata progettata. In conformità con quanto previsto dal D.M. 17.01.2018 "Aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni NTC2018", la pericolosità sismica è espressa attraverso forme spettrali, definite su sito di riferimento rigido orizzontale in funzione dei seguenti tre parametri:

- **a_g** accelerazione orizzontale massima del terreno;
- **F_0** valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- **T_c^*** periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Tali parametri sono stati desunti dai valori relativi alla pericolosità sismica su reticolo di riferimento, riportati nelle tabelle dell'allegato B delle Norme Tecniche per le Costruzioni 2008, per diversi periodi di ritorno ricadenti in un intervallo di riferimento compreso tra 30 e 2475 anni. L'area oggetto di intervento è identificata dalle seguenti coordinate geografiche:

Coordinate del sito in oggetto di studio

Latitudine 44.491544°, **Longitudine** 9.787058

I parametri delle forme spettrali sono riportati nelle pagine successive e sono stati ricavati attraverso il foglio elettronico "Spettri NTC ver. 1.0.3" predisposto dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

Sito di riferimento

Sito 1	ID: 16708	Lat: 44,4768	Lon: 9,7774
Sito 2	ID: 16709	Lat: 44,4790	Lon: 9,8474
Sito 3	ID: 16487	Lat: 44,5290	Lon: 9,8444
Sito 4	ID: 16486	Lat: 44,5268	Lon: 9,7743

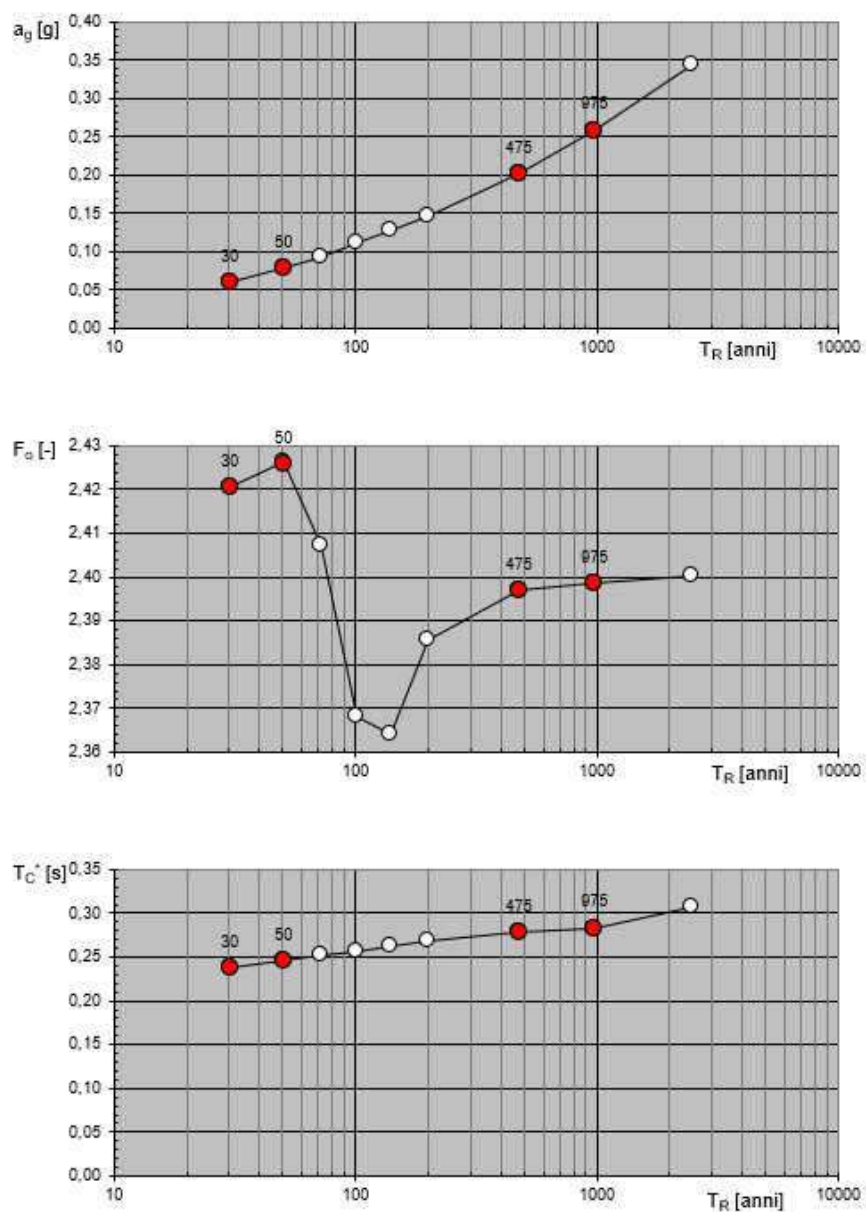
Valori dei parametri a_g , F_o , T_c^* per i periodi di ritorno T_R di riferimento

T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_c^* [s]
30	0,059	2,420	0,238
50	0,078	2,426	0,246
72	0,094	2,407	0,252
101	0,111	2,368	0,257
140	0,128	2,364	0,263
201	0,147	2,385	0,269
475	0,201	2,397	0,279
975	0,259	2,399	0,283
2475	0,345	2,400	0,308

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

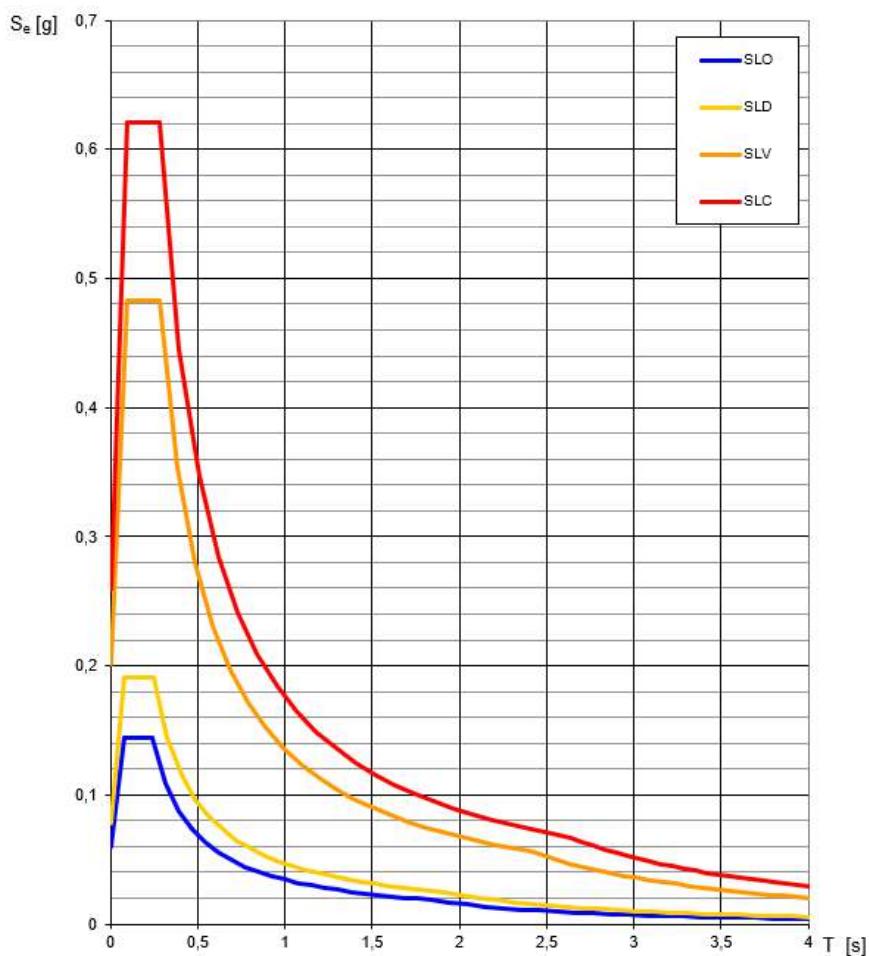
Parametri della forma spettrale del sito di intervento in funzione dei periodi di ritorno (T_R).

Valori di progetto dei parametri a_g , F_0 , T_C^* in funzione del periodo di ritc



Variabilità dei parametri a_g – F_0 e T_C in funzione dei periodi di ritorno (elaborazione effettuata mediante "Spettri NTC ver.1.0.3").

Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite



Spettri di risposta elastici in accelerazione delle componenti orizzontali per i diversi stati limite (elaborazione effettuata mediante "Spettri NTC ver.1.0.3").

Azioni sismiche ai sensi NTC 2018

Per la definizione dell'azione sismica si è fatto riferimento all'approccio semplificato riportato nelle NTC2018. 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:

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

Dove 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. Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{S,eq}$ è definita dal parametro $V_{S,30}$, ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità. Sulla base dei valori di V_S ricavati dalle indagini sismiche eseguite presso il sito in esame, si individua una categoria di sottosuolo tipo C al piano campagna sulla base dei valori di V_{S30} ottenuti

Coefficiente di amplificazione topografica (S_T)

Per tenere conto delle condizioni topografiche in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico S_T in funzione delle categorie topografiche definite e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento.

Tab. 3.2.V – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T

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

La variazione spaziale del coefficiente di amplificazione topografica è definita da un decremento lineare con altezza del pendio o rilievo, dalla sommità o cresta fino alla base dove S_T assume valore unitario.

Nel caso in esame il valore di $S_T = 1$

Vita nominale dell'opera.

La vita nominale di un'opera strutturale V_n è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata. La vita nominale dei diversi tipi di opere è quella riportata nella Tab. 2.4.1 dell'allegato A delle NTC 2018.

Tab. 2.4.1 – Valori minimi della Vita nominale V_n di progetto per i diversi tipi di costruzioni

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di V_n (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

Per la definizione delle categorie topografiche si è anche fatto riferimento all'approccio semplificato riportato nelle NTC2018 che si basa sull'individuazione di categorie topografiche di riferimento così come riportate nelle tabelle 3.2.III. e 3.2.V.

Le categorie topografiche si riferiscono a configurazioni topografiche bidimensionali e devono essere considerate per altezza maggiore a 30 m.

Si evidenzia come ai sensi delle NTC la variazione spaziale del coefficiente di amplificazione topografica sia definita da un decremento lineare con l'altezza del pendio o rilievo, dalla sommità o cresta fino alla base dove St assume valore unitario. Gli effetti della topografia possono essere trascurati per pendii con inclinazione media inferiore a 15° e devono essere calcolati nel caso di configurazioni geometriche bidimensionali e tridimensionali di altezza superiore a 30m.

Per quello che riguarda le categorie topografiche l'area in esame si presenta con inclinazioni considerevoli per cui è possibile classificare l'area come T1 "Superficie con inclinazione media $i > 15^\circ$ ".

Pertanto nel caso in esame il coefficiente di amplificazione topografica $ST = 1.0$

Come riportato sopra.

Parametri sismici di calcolo

A titolo esemplificativo l'opera è definita con Vita Nominale $V_N \geq 50$ (vedasi tabella 2.4.1 delle NTC 2018), **Classe d'uso II, da cui deriva un coefficiente $C_u = 1.0$** (vedasi tabella 2.4.II delle NTC 2018). Sulla base delle definizioni precedenti le azioni sismiche si possono calcolare in relazione ad un periodo di riferimento V_R , che si ricava moltiplicando la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_u secondo la relazione riportata nella formula 2.4.1 delle NTC 2018 e di seguito riportata.

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

Per l'opera in esame il valore di V_R risulta pari a 50 anni.

Le costruzioni a seguito delle azioni sismiche, vengono divise in quattro classi d'uso, di seguito elencate:

- Classe I Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
- Classe II Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, industrie con attività non pericolose per l'ambiente, ponti e reti viarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza, dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
- Classe III Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi, industrie con attività pericolose per l'ambiente, ponti e reti viarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza, dighe il cui collasso provochi conseguenze rilevanti.
- Classe IV Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente, reti viarie di tipo A o B (come definite nel D.M. 5 novembre 2001 n.6792) importanti per il mantenimento delle vie di comunicazione, dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

I fabbricati in oggetto devono essere classificati in Classe II trattasi infatti di fabbricati il cui uso prevede normali affollamenti di persone.

Il coefficiente d'uso C_u è definito, in funzione della classe d'uso.

In questo caso corrisponde a 1.0

Tab. 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso C_u

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_u	0,7	1,0	1,5	2,0

Come parametro caratterizzante della pericolosità sismica è utilizzato il periodo di ritorno dell'azione sismica T_R espresso in anni e calcolato secondo la formula (1) dell'allegato A delle NTC 2018, riportata di seguito:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{V_R})}$$

Il valore di probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{V_R} cui riferirsi per individuare l'azione sismica in ciascuno degli stati limite è riportato nella tabella 3.2.I delle NTC2018.

Tab. 3.2.I – Probabilità di superamento P_{V_R} in funzione dello stato limite considerato

Stati Limite	P_{V_R} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R	
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Il valore del tempo di ritorno T_R in anni per l'opera in esame è risultato pari a 475 anni. Di seguito, a titolo esemplificativo, si riportano i dati relativi all'area di interesse per una costruzione con Vita Nominale 50 anni e coefficiente d'uso $C_u = 1.0$ ottenuti

con il programma "Spettri-NTC ver 1.3" disponibile sul sito del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici <http://www.cslp.it/cslp/>.

Valori dei parametri a_g , F_0 , T_c^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno §

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_c^* [s]
SLO	30	0,059	2,420	0,238
SLD	50	0,079	2,426	0,247
SLV	475	0,201	2,397	0,279
SLC	975	0,259	2,399	0,283

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

L'accelerazione orizzontale massima attesa al sito a_{max} è stata determinata con la seguente relazione:

$$a_{max} = S \cdot a_g = (S_s \cdot S_t) \cdot a_g$$

dove: a_g =

accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido; S_s = coefficiente di amplificazione stratigrafica; S_t = coefficiente di amplificazione topografica. Il prodotto $S_s \cdot S_t = S$ = coefficiente di amplificazione locale. Nelle seguenti tabelle si riportano i valori dei coefficienti di amplificazione topografica e stratigrafica, rispettivamente in funzione della categoria topografica e del tipo di terreno.

Amplificazione stratigrafica

Per le categorie di sottosuolo B, C, D, ed E i coefficienti S_s e C_c possono essere calcolati in funzione dei valori di F_0 e T_c relativi al sottosuolo di categoria A, mediante le espressioni fornite nella tabella, nelle quali g è l'accelerazione di gravità ed il tempo è espresso in secondi.

Tab. 3.2.IV – Espressioni di S_s e di C_c

Categoria sottosuolo	S_s	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_c^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_c^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_c^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_c^*)^{-0,40}$

Amplificazione topografica

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione:

Tab. 3.2.III – Categorie topografiche

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Le suesposte categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 mt.

Nel caso in esame il sito ricade nella categoria T1.

Di seguito si riportano i parametri ottenuti con l'approccio semplificato per suoli in **categoria B**.

Stato limite ultimo

SLV

Accelerazione di progetto	ag:	0,201 g
Parametro spettrale	Fo:	2,397
Parametro spettrale	Tc*:	0,279[s]

Stato limite di esercizio

SLD

Accelerazione di progetto

ag:

0,079 g

Parametro spettrale

Fo:

2,426

Parametro spettrale

Tc*:

0,247[s]

Coefficienti sismici

	<i>Ss</i>	<i>Cc</i>	<i>St</i>	<i>Kh</i>	<i>Kv</i>	<i>Amax</i>	<i>Beta</i>
<i>SLO</i>	<i>1,200</i>	<i>1,470</i>	<i>1,000</i>	<i>0,014</i>	<i>0,007</i>	<i>0,699</i>	<i>0,200</i>
<i>SLD</i>	<i>1,200</i>	<i>1,460</i>	<i>1,000</i>	<i>0,019</i>	<i>0,009</i>	<i>0,922</i>	<i>0,200</i>
<i>SLV</i>	<i>1,200</i>	<i>1,420</i>	<i>1,000</i>	<i>0,068</i>	<i>0,034</i>	<i>2,371</i>	<i>0,280</i>
<i>SLC</i>	<i>1,150</i>	<i>1,420</i>	<i>1,000</i>	<i>0,083</i>	<i>0,042</i>	<i>2,920</i>	<i>0,280</i>

10. VALUTAZIONE DEL TIPO DI SUOLO (M.A.S.W.)

CARATTERISTICHE DELLA STRUMENTAZIONE PER L'ACQUISIZIONE GEOFISICA

Descrizione

Gemini è un acquirente di dati sismici. All'interno di un unico contenitore waterproof è integrata una terna di geofoni e un acquirente hardware da 24 bit, le masse oscillanti con frequenza di risonanza da 2Hz sono accuratamente accoppiate meccanicamente ed elettricamente.

Gemini permette di acquisire ed effettuare indagini di:

- Sismica passiva

- dati HVSr, quindi di sismica cosiddetta "passiva";
- misure vibrazionali.

- Sismica attiva

- rilievi MASW;
- dati Holisurface.

Collegata a computer tramite l'interfaccia USB, la Gemini consente la memorizzazione e la successiva analisi dei dati direttamente su PC tramite il software dedicato in dotazione. I tre geofoni interni sono orientati secondo una terna di assi cartesiani, assumendo la convenzione descritta nelle linee guida del Progetto "SE-SAME":

- asse Z = geofono verticale = direzione Up-Down;
- asse X = geofono orizzontale = direzione East-West;
- asse Y = geofono orizzontale = direzione North-South.

L'etichetta sul contenitore di Gemini riporta le informazioni per il corretto orientamento; ricordiamo inoltre che la terna deve essere livellata prima dell'acquisizione, operazione facilitata con l'ausilio della livella a bolla montata sul corpo dello

strumento. Le operazioni di livellamento su pavimentazioni rigide sono possibili montando sulla terna gli appositi piedini regolabili in dotazione; per l'utilizzo su terreno, si consiglia l'utilizzo con gli appositi puntali.

Caratteristiche tecniche nominali della terna di geofoni Gemini-2 (temp.di rif.=20°C)

Frequenza Naturale: $2\text{Hz} \pm 10\%$

Sensibilità: $2\text{V/cm}\cdot\text{s}^{-1} \pm 10\%$

Resistenza interna: $5.8\text{ K}\Omega \pm 5\%$

Smorzamento (dumping): $0.7 \pm 10\%$

Distorsione armonica: $\leq 0.2\%$

Impedenza di ingresso: $\geq 10\text{M}\Omega$

Temperatura d'utilizzo: $-25^\circ\text{C} \sim +55^\circ\text{C}$

Dimensioni: $\varnothing 128 \times 80\text{mm}$ (piedini escl.)

Peso: 2.10 kg

VERSIONE "GEMINI HVSR"

- n.1 geofono triassiale Gemini da 2 Hz;
- n°3 puntali per terreno;
- n°3 piedini regolabili (per utilizzo su asfalto o supporti/materiali rigidi);
- n.1 cavo USB per connessione a PC;
- n.1 chiave USB con manuale, software di gestione e documentazione tecnica.

VERSIONE "GEMINI MASW"

- n.1 geofono triassiale Gemini da 2 Hz;
- n°3 puntali per terreno;
- n°3 piedini regolabili (per utilizzo su asfalto o supporti/materiali rigidi);
- n.1 cavo USB per connessione a PC dotato di connessione per trigger (geofono starter o mazza di battura);

- n.1 cavo schermato su rullo (Mt. 100) per trigger Gemini;
- n.1 Geofono starter;
- n.1 Mazza di battuta da 8Kg, con starter piezoelettrico;
- n.1 Piattello di battuta in alluminio per energizzazione verticale, dimensioni 20x20x5 cm;
- n.1 Traversina in legno per energizzazione laterale;
- n.1 Chiave USB-GPS per geo-localizzazione;
- n.1 Chiave USB con manuale, software di gestione e documentazione tecnica.

SOFTWARE DI ACQUISIZIONE DATI: PASI GEMINI - Versione 2.2.6

Specifiche tecniche del software e dell'elettronica di campionamento

Impedenza d'ingresso: 2 MΩ

Frequenze di campionamento: 20, 100, 200, 500, 1000, 2000, 4000, Hz

Risoluzione della conversione A/D: 24 bit reali

Durata delle acquisizioni: da 250 ms a 1440 minuti

Numero di canali acquisiti: 3 + 1 AUX (eventuale trigger)

Dinamica massima teorica: 144 dB

Rev. 2.2.7 16

Rapporto S/N a Fc=1KHz: 117 dB

Banda passante a Fc=1KHz: 110 Hz, proporzionale a Fc

Temperatura d'utilizzo: -25°C ~ □ +55°C

SOFTWARE DI ELABORAZIONE DATI:

WinMASW 3C - Versione 6.0

HoliSurface - Versione 4.0

Subsurface model

Vs (m/s): 440 / 330 / 480 / 360 / 470 / 700 / 730 / 960

Thickness (m): 0.3, / 3.6, / 4.8, / 5.7, / 4.6, / 8.0, / 14.0

Density (gr/cm³) (approximate values): 2.50 1.99 2.52 1.99 2.21 2.21 2.20 2.15

Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 484 217 581 258
488 1083 1172 1984

Poisson: 0.50 0.39 0.50 0.37 0.47 0.42 0.40 0.16

Vs, eq = Vs30 (m/s): 478

CATEGORIA B

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.

Picchi di interesse ingegneristico fra 0,5-20 Hz:

F0 → 4-5 Hz

ACQUISIZIONE MASW

DATI RIASSUNTIVI ACQUISIZIONE IN SISMICA ATTIVA M.A.S.W.

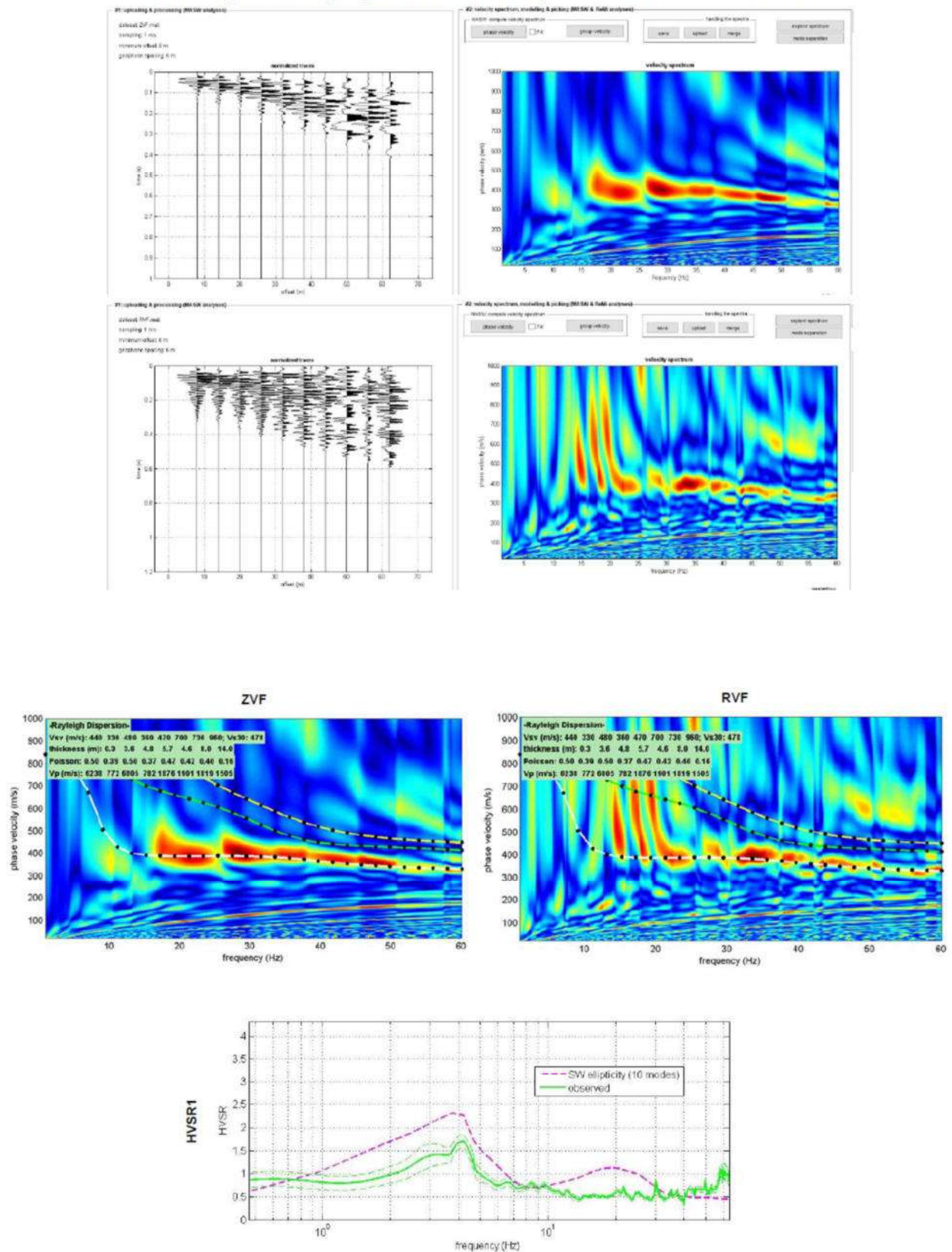
Lunghezza stendimento	62	m
Offset minimo	8	m
Incremento	6	m
N° tracce	10	
Lunghezza di acquisizione	2	sec
Intervallo di campionamento	0.0001	sec
Stacking: 6 battute per punto sorgente		

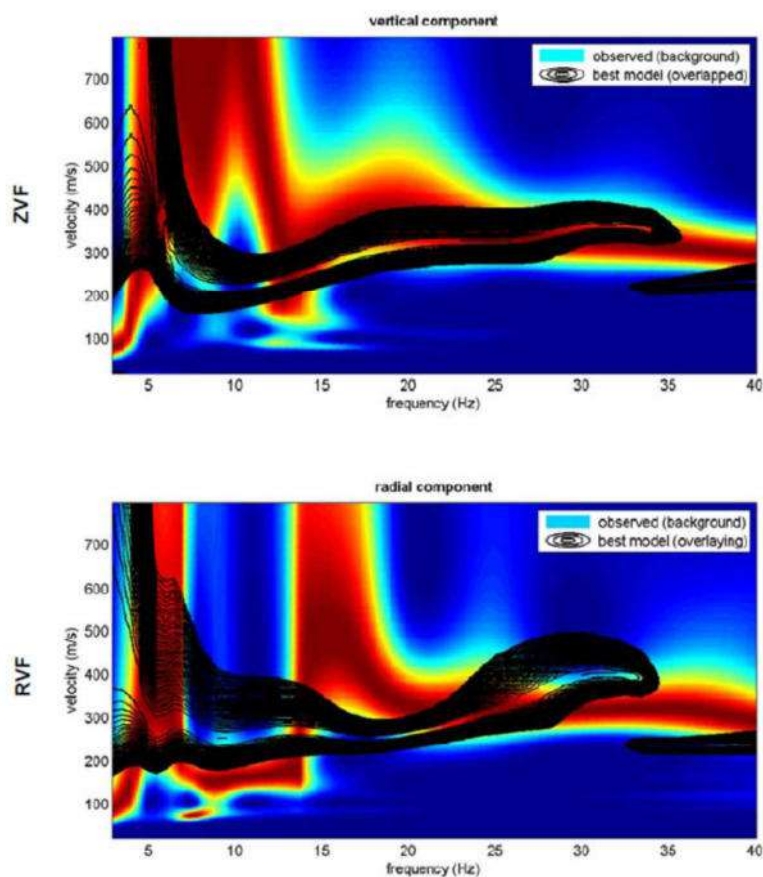
ACQUISIZIONE HS

DATI RIASSUNTIVI ACQUISIZIONE IN SISMICA ATTIVA HS

Lunghezza stendimento	44	m
N° tracce	1	
Lunghezza di acquisizione	2	sec
Intervallo di campionamento	0.0001	sec
Stacking: 6 battute per punto sorgente		

Joint Analysis of Rayleigh-Love Wave Dispersion in ZVF - RVF & HVSR





Il modello elaborato risulta compatibile col dato MASW-HS e con l'HVSR, a conferma di una sua attendibilità.

ACQUISIZIONE HVSR1

CLASSE DI QUALITÀ DELLA MISURA	A	B1	B2	C
Descrizione delle Classi	CLASSE A: Prova affidabile ed interpretabile	CLASSE B1: Prova da interpretare che presenta almeno un picco chiaro	CLASSE B2: Prova da interpretare che non presenta picchi chiari nell'intervallo di frequenze considerato	CLASSE C: Prova scadente difficile da interpretare

SESAME HVSR MEASUREMENT FIELD SHEET		
Comune: Borgo Val di Taro (PR)	Indirizzo: Via Primo Brindani, 1	
Attività da svolgere: Indagine HVSR	Data: 11/07/2018	Ora: 16.41
DATI TECNICI		
	Prova n° HVSR1	Codice file /
Strumento: Geofono triassiale da 2 Hz "GEMINI 2" PASI Instruments	Freq. Campionamento: 200 Hz	Durata (min): 20 min

TERRENO DI PROVA

Suolo	☐ argilloso limoso soffice	☐ argilloso limoso duro	☐ con erba	☐ senza erba
	☐ ghiaia	☐ sabbia	☐ sabbia e ghiaia	☐ roccia
Pavimentazione artificiale	☐ rilevato in ghiaia	☐ cemento/clt	☒ asfalto	☐ sabbia
Accoppiamento sensore	☐ piedini infissi	☐ accoppiamento artificiale	☐ sabbia	☐ altro
	☒ piedini da pavimento			

STRUTTURE CIRCOSTANTI

Abitazioni	☒ assenti	☐ sparse	☐ fitte	☐ molto fitte
Fabbriche	☐ assenti	☐ sparse	☐ fitte	☒ molto fitte
Piante	☒ assenti	☐ sparse	☐ fitte	☐ molto fitte
Ponti.	☒ Assenti		☐ Presenti	
Strutt.sotterr.	☒ Assenti		☐ Presenti	

SORGENTI DI RUMORE

Disturbo discontinuo	Assente	Raro	Moderato	Forte	Molto forte	Distanza (m)
	auto	☒				
	mezzi pesanti	☒				
	passanti	☒				
	altro		☒			
Disturbo continuo	☐ Assenti			☒ Presenti		

ACQUISIZIONE HVSR1

Horizontal-to-Vertical Spectral Ratio from passive seismics

Dataset: SITE20180711_1641HVSR_Borgotaro_TettoiaLaminam.SAF

Sampling frequency (Hz): 128

Window length (sec): 20

Length of analysed temporal sequence (min): 18.6

Tapering (%): 10

Smoothing (%): 5

=====

In the following the results considering the data in the 0.5-20.0Hz frequency range

Peak frequency (Hz): 4.2 (± 0.7)

Peak HVSR value: 1.7 (± 0.1)

=== Criteria for a reliable H/V curve =====

#1. $[f_0 > 10/Lw]$: $4.2 > 0.5$ (OK)

#2. $[nc > 200]$: $9049 > 200$ (OK)

#3. $[f_0 > 0.5\text{Hz}; \sigma_A(f) < 2 \text{ for } 0.5f_0 < f < 2f_0]$ (OK)

=== Criteria for a clear H/V peak (at least 5 should be fulfilled) =====

#1. $[\text{exists } f^- \text{ in the range } [f_0/4, f_0] \mid AH/V(f^-) < A_0/2]$: yes, at frequency 1.6Hz (OK)

#2. $[\text{exists } f^+ \text{ in the range } [f_0, 4f_0] \mid AH/V(f^+) < A_0/2]$: yes, at frequency 5.5Hz (OK)

#3. $[A_0 > 2]$: $1.7 < 2$ (NO)

#4. $[f_{\text{peak}}[A_h/v(f) \pm \sigma_{A(f)}] = f_0 \pm 5\%]$: (OK)

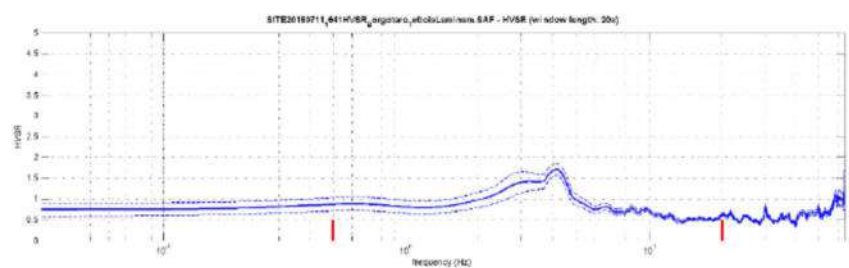
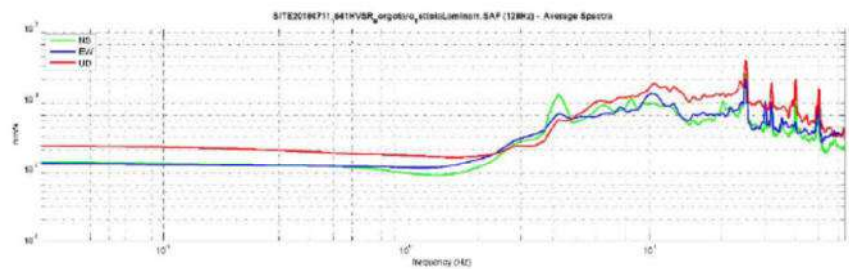
#5. $[\sigma_f < \epsilon(f_0)]: 0.674 > 0.209$ (NO)

#6. $[\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)]: 0.139 < 1.58$ (OK)

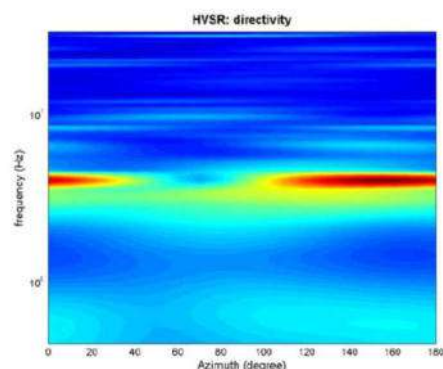
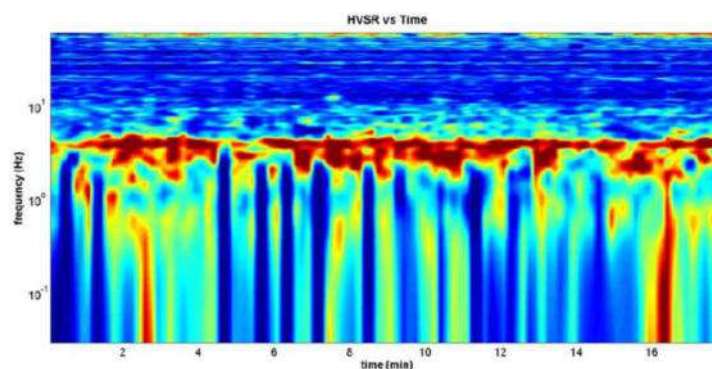
Please, be aware of possible industrial/man-induced peaks or spurious peaks due to meaningless numerical instabilities.

Remember that SESAME criteria should be considered in a flexible perspective and that if you modify the processing parameters they can change

ACQUISIZIONE HVSR1



To avoid the 4NCP (also partly with N4ASN or P4M2BAC sites), use the 4N curve (get the "Velocity Error curve, Modeling of 4NCP" curve using the 4N curve).

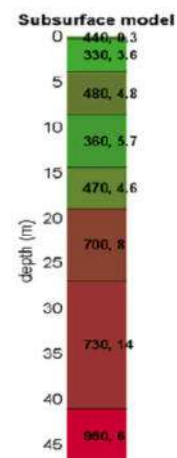
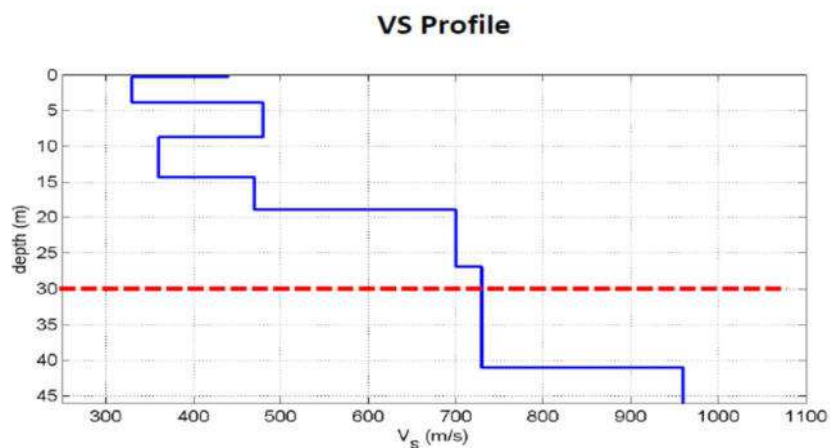


Picchi delle frequenze di risonanza determinate dalle prove HVSR negli intervalli di frequenze di interesse ingegneristico.

PICCHI DELLA FREQUENZA IN SITO (da 0, 5 a 20 HZ) DA PROVE HVSR						
N°PROVA	CRITERI SESAME Reliable H/V Curve	CRITERI SESAME Clear H/V Peak	PICCHI PRINCIPALE: F0 SECONDARIO: F1	FREQUENZA [Hz]	VALORE DEL RAPPORTO H/V	QUALITÀ MISURA
HVSR1	3 su 3	4 su 6	F0 F1	4,2 +/- 0,7 ~	1,7 +/- 0,1 ~	A

Calcolo Vs, eq = Vs30 per i primi 5 m dalla profondità di appoggio della fondazione.

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	Velocità onde di taglio	Rapporto di Poisson
1	0	0,3	440	0,50
2	0,3	3,6	330	0,39
3	3,9	4,8	480	0,50
4	8,7	5,7	360	0,37
5	14,4	4,6	470	0,47
6	19,0	8,0	700	0,42
7	27,0	14,0	730	0,40
8	43,0	Inf.	960	0,16



CATEGORIA B
Vs, eq = Vs30 (m/s): 478

DETERMINAZIONE Vs, eq = Vs30		
Profondità appoggio	Vs, eq = Vs30 [m/s]	Categoria di sottosuolo
P.C.	478	B
-1m	489	B
-2m	503	B
-3m	517	B
-4m	532	B
-5m	538	B

Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

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>

11. PARAMETRI GEOTECNICI

L'eurocodice 7 prevede per la definizione del grado di sicurezza di una struttura relativamente alla possibilità di rottura del terreno di fondazione, un approccio di tipo semiprobabilistico, o di livello 1, adottando il concetto di stato limite ultimo. Per stato limite s'intende una particolare condizione raggiunta la quale l'opera non è più in grado di svolgere la funzione per la quale è stata progettata. Si parla di stato limite ultimo nel caso si prenda in considerazione il verificarsi di una situazione di collasso per esempio quando il carico applicato supera la portanza del terreno di fondazione. Il termine stato limite di esercizio viene utilizzato nel caso in cui si esamini una situazione in cui pur non avendosi il collasso, l'opera subisca lesioni tali da renderla inutilizzabile. Nel caso di una fondazione superficiale, ciò può verificarsi, quando i cedimenti del terreno superano una soglia critica, provocando delle distorsioni angolari non accettabili negli elementi della sovrastruttura. Si parla di criterio semiprobabilistico in quanto, a differenza dell'approccio rigorosamente probabilistico compare il concetto di coefficiente di sicurezza anche se di tipo differenziato a seconda del parametro preso in esame.

I valori caratteristici di c , ϕ e γ sono stati determinati con le relazioni:

$$\phi_k = \phi_m (1 + \chi_{V\phi})$$

$$c_{uk} = c_{um} (1 + \chi_{VCu})$$

$$c'_k = c'_m (1 + \chi_{Vc'})$$

$$\gamma_k = \phi_m (1 + \chi_{V\gamma})$$

$$E'_k = E'_m (1 + \chi_{VE})$$

$$E_{edk} = E_{edm} (1 + \chi_{VEed})$$

ϕ_k valore caratteristico angolo di attrito interno

c_{uk} valore caratteristico coesione

c_{um} valore medio coesione

γ_k valore caratteristico peso di volume

ϕ_m valore medio angolo attrito

γ_m valore medio peso di volume

E'_m valore medio modulo elastico

$V\phi$, VCu , $V\gamma$, VE' , $VEed$ coefficienti di variazione definiti come rapporto fra lo scarto quadratico medio e la media dei valori relativi ai vari parametri.

Suddivisione del terreno indagato in orizzonti litostratigrafici.

<u>Orizzonte</u>	<u>Litologia</u>	<u>Profondità</u>
	Asfalto e riporto	<u>Da p.c. a mt 0.60/1.00</u>
<u>1</u>	Ghiaia in matrice limosa	<u>Da mt 0.60/1.00 a mt 4.00/5.00</u>
<u>2</u>	Ghiaia in matrice sabbiosa	<u>Da mt 4.00/5.00 a mt 8.50/10.30</u>
<u>3</u>	Argille, marne argillose	<u>Da mt 8.50/10.30 a fine sondaggi</u>

Parametri geotecnici desunti dalle indagini geognostiche eseguite.

Orizzonte 0 (p.c. - 0.60/1.00)		S.1	S.2	S.3	
	Terreno non adatto alla posa di fondazioni				
					media
Orizzonte 1 (0.60/1.00-4.00/5.00)	Ø	33°	32°	33°	32.6°
<u>t/m³</u>	Y	1.93	1.95	1.96	1.94 <u>t/m³</u>
<u>kg/cm²</u>	Cu	0.35	0.37	0.38	0.37 <u>kg/cm²</u>
<u>kg/cm²</u>	Mod el	487	493	490	490
Orizzonte 2 (4.00/5.00-8.50/10.30)	Ø	34°	35°	35°	34.6°
<u>t/m³</u>	Y	1.95	1.98	1.98	1.97 <u>t/m³</u>
<u>kg/cm²</u>	Cu	0.35	0.36	0.36	0.35 <u>kg/cm²</u>
<u>kg/cm²</u>	Mod el	530	520	527	525
Orizzonte 3 (8.50/10.30-fine foro)	Ø	37°	39°	37°	37.3°
<u>t/m³</u>	Y	2.25	2.28	2.27	2.26 <u>t/m³</u>
<u>kg/cm²</u>	Cu	> 2.5	> 2.5	>2.5	>2.5 <u>kg/cm²</u>
<u>kg/cm²</u>	Mod ed	667	670	685	674 <u>kg/cm²</u>

La formula per ricavare lo scarto quadratico medio altro non è che la somma degli scarti fra i valori ottenuti e la media dei valori stessi al quadrato, diviso il numero dei valori, il tutto sotto radice quadrata ed è di seguito riportata.

$$s = \sqrt{\frac{(X_1 - M)^2 + (X_2 - M)^2 + \dots + (X_n - M)^2}{n}}$$

M = media aritmetica dei valori ottenuti dalle prove

n = numero dei valori ottenuti dalle prove

X = valori ottenuti dalle prove

Una volta ottenuto il valore dello scarto quadratico medio si divide per la media aritmetica dei valori ottenuti dalle prove, ricavando così i valori di $V\emptyset$, VCu , $V\gamma$, VE' , $VEed$. L'Eurocodice 7, per i parametri della resistenza al taglio fornisce una probabilità di non superamento del 5% alla quale corrisponde per una distribuzione di tipo gaussiana, un valore di χ uguale a $-1,645$. Da cui $\emptyset_k = \emptyset_m(1 - 1,645V\emptyset)$ $Cu_k = Cu_m(1 - 1,645VCu)$ $\gamma_k = \gamma_m(1 - 1,645V\gamma)$

Esempio:

Prendiamo i valori dell'angolo di attrito dell'orizzonte 1,

$$\emptyset = 33^\circ - 32^\circ - 33^\circ$$

$$\text{Media aritmetica} = 32.6^\circ = \emptyset_m$$

$$n \text{ (numero dei valori)} = 3$$

$$\text{Scarto quadratico medio} = \sqrt{\frac{(|33-32.6|)^2 + (|32-33.6|)^2 + (|33-32.6|)^2}{3}} = 0.47$$

$$V\emptyset = 0.47/32.6 = 0.014$$

$$\emptyset_k = \emptyset_m(1 - 1,645V\emptyset)$$

$$\emptyset_k = 32.6 \times (1 - 1,645 \times 0.014) = 32^\circ$$

valore caratteristico angolo d'attrito

VALORI CARATTERISTICI DEI PARAMETRI GEOTECNICI

		media	scarto quadratico	valore caratteristico	
Orizzonte 0					
(p.c. – 0.60/1.00)					
Orizzonte 1	$\emptyset$	32.6°	0.46	32°	
(0.60/1.00-4.00/5.00)	γ	1.94	0.01	<u>1.92 t/m³</u>	<u>18.8 KN/m³</u>
	Cu	0.37	0,01	<u>0.34 kg/cm²</u>	<u>33.3 KPa</u>
	Mod ed	490	2.4	<u>485 kg/cm²</u>	<u>47562</u>

Orizzonte 2	Ø	34.6	0.48	<u>34°</u>	
(4.00/5.00-8.50/10.30)	Y	1.97	0.01	<u>1.94 t/m³</u>	<u>19.0 KN/m³</u>
	Cu	0.35	0.004	<u>0.34 kg/cm²</u>	<u>33.3 KPa</u>
	Mod ed	525	4.1	<u>518 kg/cm²</u>	<u>50798</u>
Orizzonte 3	Ø	37.3°	1.25	<u>35°</u>	
(8.50/10.30-fine foro)	Y	2.26	0.01	<u>2.24 t/m³</u>	<u>21.9 KN/m³</u>
	Cu	> 2.5		> 2.5	<u>> 250 KPa</u>
	Mod ed	674	7.9	<u>661 kg/cm²</u>	<u>64821 KPa</u>

12. COSTANTE DI WINKLER

COSTANTE DI SOTTOFONDO

Lo studio di un terreno secondo l'approccio di Winkler è paragonato ad un letto di molle elastiche indipendenti, e la relazione tra il cedimento in un punto e la pressione agente nello stesso è di tipo lineare:

$$q = kw$$

dove k è detta "costante di sottofondo" o "costante di Winkler".

Il valore di k è espresso come il rapporto tra il carico applicato e il cedimento. Tale coefficiente però, per situazioni reali, è condizionato non solo dai valori del carico e dalle proprietà del terreno ma anche da altri fattori quali: forma, dimensionamento delle fondazioni e modello del sottosuolo. Pertanto k non è una proprietà del terreno e non ha senso parlare di valori tipici di k per tipo di terreno.

In letteratura si possono reperire valori di k desunti da prove di carico su piastra di forma e dimensioni prestabilite: in questo caso il valore, convenzionalmente indicato con k₁, dipende solo dalle caratteristiche del terreno e quindi ha senso

introdurre valori tipici di k_1 per tipo di terreno, i quali sono riportati nelle sottostanti tabelle.

10

Tabelle caratteristiche k_w

D_R [%]	Stato di addensamento	N_{DL30}
0÷15	Molto sciolto	0÷4
15÷35	Sciolto	4÷10
35÷65	Medio	10÷30
65÷85	Denso	30÷50
85÷100	Molto denso	oltre 50

Addensamento delle terre a grana grossa

Correlazione con N_{DL30}

Consistenza	σ_r [kPa]	$N_{S.R.T.}$	I_c
Nulla	< 25	< 2	< 0
Poco consistente o molle	25÷50	2÷4	0÷1
Moderatamente consistente	50÷100	4÷8	1
Consistente	100÷200	8÷15	> 1
Molto consistente	200÷400	15÷30	>> 1
Estremamente consistente	> 400	> 30	>>> 1

Consistenza delle terre a grana fina

Tipo di sabbia	Stato di addensamento		
	Sciolto	Medio	Denso
Campo	7÷20	20÷100	100÷350
Non satura / Valore consigliato	15	50	175
Satura / Valore consigliato	10	30	110

Valori tipici di k_1 [N/cm³] per terreni incoerenti, relativi ad una piastra di diametro $b=30$ cm

Consistenza	Compatta ($C_U=50 \div 100$ kPa)	Molto compatta ($C_U=100 \div 200$ kPa)	Dura ($C_U>200$ kPa)
Campo	18÷35	35÷70	> 70
Valore consigliato	25	50	100

Valori tipici di k_1 [N/cm³] per terreni coesivi, relativi ad una piastra di diametro $b=30$ cm

Tabella 1

Dai valori di k_1 riportati in tabella si può passare al valore di k specifico per la fondazione attraverso le seguenti relazioni:

- per terreni coesivi $k = k_1 (b/1,5B)$
- per terreni incoerenti $k = k_1 [(B+b)/2B]^2$

dove $b = 30$ cm (lato della piastra), B = larghezza trave di fondazione.

Consideriamo il terreno incoerente al di sotto di 2.00 metri di profondità, e la larghezza della fondazione 1.00 m, otteniamo così un valore di 4.65 kg/cm³. Per i calcoli utilizziamo i valori di SPT ottenuti in campagna.

DATI	
Piano campagna	0 m
Altezza di scavo (≈ piano interrato) H	0 m
Profondità del piano di posa D rispetto alla superficie del terreno (lato della fondazione meno interrato)	2 m
Larghezza della fondazione senza il magrone B	1 m
Numero di colpi per un avanzamento di 300mm (PROVA PENETROMETRICA DINAMICA) N _{D130}	Densità 46 -

RISULTATI	
Profondità del piano di posa D	2 m
TERRENO NON SATURO	
Interpolazione del k _v	300.00 N/cm ³
Valore di k _w	12.68 kg/cm ³
TERRENO SATURO	
Valore consigliato k _v	110 N/cm ³
Valore di k _w	4.65 kg/cm ³

13. CONCLUSIONI E CONSIGLI OPERATIVI

L'indagine svolta, supportata anche da lavori eseguiti in aree limitrofe che confermano le risultanze del presente elaborato, hanno consentito di definire l'assetto geologico s.l. del sito e dei suoi immediati dintorni e le principali problematiche in ambito geologico-tecnico relative ai terreni interessati dalle indagini.

Le indagini eseguite e riportate in figura 7, hanno evidenziato la presenza di ghiaia a partire da circa 1.00 metro di profondità. I 3 sondaggi sono stati eseguiti in corrispondenza dei due nuovi fabbricati, e per la precisione n° 1 per il fabbricato **A** e n° 2 per il fabbricato **B**.

Lo strato ghiaioso si presenta continuo fino al contatto con le argille sottostanti.

La presenza della ghiaia dovrà essere verificata durante gli scavi per l'esecuzione delle fondazioni. In base ai risultati dell'indagine M.A.S.W., è possibile inserire i terreni presenti nell'area in oggetto nella **categoria B**, infatti il valore di Vs30 risulta

pari a **478 m/s** a p.c., mentre a -2.00 m risulta pari a **503 m/s**, vedasi tabella a pag. 48.

Per quanto concerne la categoria topografica è da dirsi che, essendo l'areale di sedime del nuovo fabbricato in progetto inserito nell'ambito di una zona con inclinazione $i \leq 15^\circ$, allo stesso può essere associata la categoria **topografica T1** alla quale corrisponde un fattore di amplificazione topografica ST pari a **1.0**, per la classe d'uso essendo un'opera con normali affollamenti di persone si ritiene ricada in **classe II**, con coefficiente d'uso pari a **1.0**.

Per quanto riguarda il tipo di fondazione da adottare sarà cura dell'ingegnere progettista individuare il tipo più idoneo in base ai parametri caratteristici forniti nelle pagine precedenti.

Si consiglia inoltre di seguire le seguenti prescrizioni.

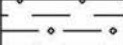
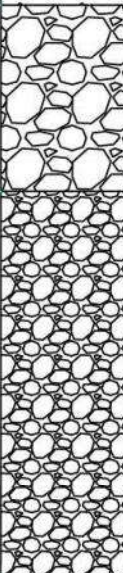
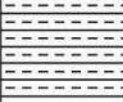
- 1. osservanza della normativa sismica di appartenenza e delle considerazioni fornite nei paragrafi precedenti;**
- 2. Profondità piano di posa fondazioni mt 2.00 da p.c. naturale e comunque all'interno del substrato ghiaioso in posto.**
- 3. Esecuzione degli scavi in un periodo stagionale asciutto.**
- 4. Protezione degli scavi e scarpate come richiede la normativa vigente.**
- 5. Assicurarsi che il terreno presente alla profondità di appoggio della fondazione, risulti il più omogeneo possibile.**
- 6. attenta regimazione delle acque superficiali e di scolo, all'intorno delle opere eseguite, da convogliarsi nei principali adduttori.**

Solignano, Febbraio 2022


IL GEOLOGO
GIUMELLI Dr FRANCO

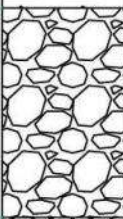
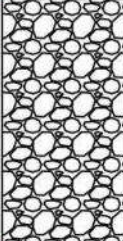
STRATIGRAFIE

		Committente <u>IMMOBILTEC</u>		SONDAGGIO S. 1	
		Cantiere <u>LAMINAM</u>			
		Comune <u>BORGO VAL DI TARO</u>		Il geologo Molinari V.	
		Data Inizio <u>11/02/2022</u> Data Fine <u>16/02/2022</u>			

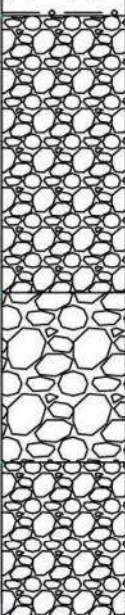
Scala 1:100	Profondità	Stratigrafia	Descrizione	N° colpi SPT	Prof. SPT	C. indisturbato		POCKET						
	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12	  	Asfalto e materiale di riporto. Ghiaia eterometrica eterogenea in matrice sabbiosa limosa di colore grigiastra, Ø max > 101 mm, Ø medio 20-30 mm. Ghiaia eterometrica eterogenea in matrice sabbiosa limosa di colore grigiastra a tratti abbondante, raramente presenza di lapidei di Ø max > 101 mm, prevalentemente Ø medio 40-50 mm. Argilla, marne di colore grigio verdastre.	18 24 27 13 16 24 15 23 22	2.60 5.00 8.00									

N° 3 S.P.T.; N° 3 casse; utilizzo corona diamantata mt 1.00.

		Committente <u>IMMOBILTEC</u>		SONDAGGIO S. 2	
		Cantiere <u>LAMINAM</u>			
		Comune <u>BORGO VAL DI TARO</u>		Il geologo Molinari V.	
		Data Inizio <u>16/02/2022</u> Data Fine <u>17/02/2022</u>			

Scala 1:100	Profondità	Stratigrafia	Descrizione	N° colpi SPT	Prof. SPT	C. indisturbato	POCKET																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12	1.00 4.30 8.50	   	Asfalto e materiale di riporto. Ghiaia eterometrica eterogenea in matrice sabbiosa limosa di colore grigiastra, Ø max > 101 mm, Ø medio 20-30 mm. Ghiaia eterometrica eterogenea in matrice sabbiosa limosa di colore grigiastra a tratti abbondante, raramente presenza di lapidei di Ø max > 101 mm, prevalentemente Ø medio 40-50 mm. Argilla, marne di colore grigio verdastre.	19 24 28 15 16 23 21 28 31	2.20 4.70 7.80																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								

		Committente <u>IMMOBILTEC</u>		SONDAGGIO S. 3	
		Cantiere <u>LAMINAM</u>			
		Comune <u>BORGO VAL DI TARO</u>		Il geologo Molinari V.	
		Data Inizio <u>17/02/2022</u> Data Fine <u>18/02/2022</u>			

Scala 1:100	Profondità	Stratigrafia	Descrizione	N° colpi SPT	Prof. SPT	C. indisturbato	POCKET				
			Asfalto e materiale di riporto.								
1	0.60		Ghiaia eterometrica eterogenea in matrice sabbiosa limosa di colore grigiastro a tratti abbondante, raramente presenza di lapidei di Ø max > 101 mm, prevalentemente Ø medio 40-50 mm.	17 16 31	1.80						
2											
3											
4											
5	5.00		Ghiaia eterometrica eterogenea in matrice sabbiosa limosa di colore grigiastro, Ø max > 101 mm, Ø medio 20-30 mm.	26 23 27	4.00						
6											
7											
8	7.80		Ghiaia eterometrica eterogenea in matrice sabbiosa limosa di colore grigiastro a tratti abbondante, raramente presenza di lapidei di Ø max > 101 mm, prevalentemente Ø medio 40-50 mm.	29 18 34	7.50						
9											
10											
11	10.20		Argilla, mame di colore grigio verdastre.								
12											

N° 3 S.P.T.; N° 3 casse; utilizzo corona diamantata mt 1.00.