

REGIONE CAMPANIA  
PROVINCIA DI BENEVENTO



agenzia sannita energia ambiente

**DIGA DI CAMPOLATTARO SUL FIUME TAMMARO IN  
COMUNE DI CAMPOLATTARO (BN)**

N. 1391 Del Registro della Direzione Dighe del Ministero delle Infrastrutture



**OPERA ACCESSORIA ALLA DIGA  
CASA DI GUARDIA**

ELABORATO N° 1  
PLICO UNICO

**Relazione Geologica, Geotecnica sulle Indagini e  
di Modellazione Sismica del Sito**



Dott. Geol. Fioravante BOSCO

## **INDICE**

• <b>PREMESSA</b> .....	pag.	2
• <b>OPERA ACCESSORIA ALLA DIGA: CASA DI GUARDIA</b> .....	pag.	6
• <b>SUNTO "RAPPORTI DI VERIFICA PREGRESSI" MAGGIO 2017, MAGGIO 2022 E AGOSTO 2022</b> .....	pag.	12
• <b>CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE E STABILITA' DELL'AREA</b> .....	pag.	21
• <b>GEOLOGIA E GEOLITOLOGIA - ASSETTO GEOLOGICO E STRUTTURALE REGIONALE E LOCALE</b> .....	pag.	31
• <b>ASPETTI LITOSTRATIGRAFICI E GEOTECNICI</b> .....	pag.	55
• <b>IDROGEOLOGIA</b> .....	pag.	67
• <b>MODELLAZIONE SISMICA DEL SITO</b> .....	pag.	75
• <b>CONCLUSIONI</b> .....	pag.	111

### **ALLEGATI:**

**Sondaggi Geognostici**

**Prove Penetrometriche S.P.T.**

**Prove Geotecniche di Laboratorio**

**Prospezione Sismica tipo MASW  
(Multichannel Analysis of Surface Waves)**

**Prospezione Sismica tipo HVSR  
(Horizontal to Vertical Spectral Ratio)**

## **PREMESSA**

La presente relazione espone le risultanze degli accertamenti geologico tecnici effettuati dallo scrivente, **Dott. Geol. Fioravante Bosco**, iscritto all'albo dei geologi della Regione Campania n. 461, nell'area prevista **dall'opera accessoria alla diga di Campolattaro (BN) "Casa di Guardia"**.

Per espletare l'incarico sono state raccolte e messe in evidenza tutte le informazioni relative alle caratteristiche geomorfologiche, idrogeologiche, geologico tecniche e sismiche dei terreni interessati.

I risultati riportati sono stati ottenuti, in prima fase operativa, con una serie di sopralluoghi e la consultazione delle indagini geologiche e geotecniche in possesso dell'**ASEA**.

L'indagine condotta, in particolare, si è articolata nelle seguenti fasi operative:

- rilevamento geo idro morfologico superficiale di locale e aggiornato dettaglio, strumento di base indispensabile sia per la individuazione dei caratteri generali di tipo litologico e geotecnico delle formazioni episupefici che per la costruzione di un modello stratigrafico e idro-geologico del sottosuolo;
- analisi di dati geognostici e geotecnici relativi ad indagini pregresse;
- **esecuzione di nuove indagini in sito di completamento e di "verifica/comparazione"** delle indagini e prove pregresse consistenti nell'esecuzione di:
  - **numero 2 Sondaggi Geognostici a carotaggio continuo della profondità max di metri 30,00 dal p.c (S1 lato valle) e della profondità max di metri 15,00 dal p.c (S2 lato monte);**
  - **prelievo di 2 campioni indisturbati nel sondaggio S1 e numero 1 campione indisturbato nel sondaggio S2 ed esecuzione sugli stessi di prove geotecniche di laboratorio (laboratorio ufficiale**

*autorizzato Geo-Tecnica Benevento corrente in Benevento zona industriale ASI));*

- numero 4 Prova SPT (*2 prove per ogni sondaggio*);
- 1 prospezione sismica tipo MASW (*Multichannell Analysis of Surfaces Waves*) ai fini della modellazione sismica del sito;
- 1 Prova passiva tipo HVSR (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*) al fine di definire i rapporti di ampiezza spettrali (H/V) fra le componenti orizzontali (H) e la componente verticale (V) delle vibrazioni ambientali sulla superficie del terreno misurati in un punto con un apposito sismometro a tre componenti
- 1 pozzetto esplorativo.

- analisi correlativa di tutti i dati a disposizione.

Si illustrano nelle pagine seguenti le risultanze emerse dagli esami ed accertamenti esperiti.

A conclusione di queste note introduttive si evidenzia altresì che la zona in esame, già classificata sismica con **grado di sismicità S=9,00** è stata riclassificata sismica con grado di sismicità **S=12,00**, giusta deliberazione della **Giunta Regionale Campania n° 5447 del 07 novembre 2002**, che ha aggiornato la classificazione sismica dell'intero territorio Regionale; con l'**Ordinanza P.C.M. n° 3274/03**, il **Comune di Campolattaro (BN)** è classificato in **Zona Sismica UNO**.

A conclusione di queste note introduttive si fa presente che lo studio **geologico tecnico eseguito** ha avuto lo scopo di caratterizzare e modellare il sito in esame sotto il profilo:

- **GEOLOGICO** (*pericolosità geologica del territorio ovvero caratterizzazione e modellazione geologica di sito*);
- **GEOTECNICO SULLE INDAGINI** (*caratterizzazione e modellazione geotecnica del volume significativo*):



**- SISMICO (definizioni delle azioni sismiche ai fini della modellazione sismica concernente la pericolosità sismica di base del sito di costruzione);**

ed è stato condotto nel rispetto delle seguenti norme:

- Legge 02/02/1974, n° 64, Provvedimenti per le costruzioni per le zone sismiche;
- Legge Regionale Campania 02/02/1983 n° 9, Norme per la prevenzione del rischio sismico;
- Decreto M.LL. PP. 24/09/1988 n° 30483, Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce ecc.
- Circolare Ministeriale L. P. 24/09/1988, Istruzioni per l'applicazione del D.M. 11 marzo 1988;
- Legge 11/02/94 n° 109, legge quadro sui lavori pubblici, modificata ed integrata dalla legge 02/06/1995 n° 216;
- Decreto Ministeriale Lavori Pubblici 16/01/1996, Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche;
- DPR 1999 n° 554, Regolamento di attuazione della legge quadro in materia di lavori pubblici 11/11/1994 n° 109 e successive modificazioni;
- Deliberazione Giunta Regionale Campania n° 5447 del 7/12/2002, Aggiornamento della classificazione sismica dei comuni della Campania;
- Presidenza del Consiglio dei Ministri - Ordinanza n. 3274 del 20/03/2003 e successive, "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica";
- Decreto Ministeriale Infrastrutture 14/01/2008 "Nuove norme tecniche per le costruzioni";
- Circolare Ministeriale 02/02/2009, n. 617, "Istruzioni per l'applicazione delle nuove norme per le costruzioni di cui al D.M. 14/01/2008";

- Regione Campania - Decreto Dirigenziale Area generale di coordinamento A.G.C. 15 Settore 8 – Lavori Pubblici, Opere pubbliche, Attuazione, Espropriazione - n° 65 del 03/08/2010 avente ad oggetto: "Lavori minori di cui all'art. 12, comma 3 del regolamento regionale n. 4/2010. Definizione delle tipologie, della modulistica e delle attività istruttorie, di competenza dei Settori provinciali del Genio Civile, ai fini del rilascio dell'autorizzazione sismica (art. 4, commi 1 e 2, L.R. 9/83) e dell'effettuazione dei controlli sulla progettazione (art. 4, comma 3, L.R. 9/839";
- Decreto Ministeriale Infrastrutture 17 gennaio 2018 Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni";
- Circolare Ministeriale Applicativa del 11 febbraio 2019 delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni approvate con Decreto Ministeriale 17 Gennaio 2018.

## **OPERA ACCESSORIA ALLA DIGA: CASA DI GUARDIA**

La **diga di Campolattaro**, ubicata nel Comune omonimo (*Provincia di Benevento*) ricadente nella valle del **fiume Tammaro** affluente del **Calore** (*quota circa 400 m s.l.m.*) è una **diga a gravità con sbarramento in terra**, in concessione all'**ASEA**, costruita negli anni 1980/90 ed è situata a circa **25 km dal capoluogo Benevento**.

L'edificio **Casa di Guardia**, oggetto di studio è posizionato a **sud** rispetto alla **diga** e ad **overt** rispetto allo **sbarramento** e risulta circondato da un ampio piazzale facilmente accessibile grazie alla presenza di una strada. In particolare, il fabbricato è posto a ridosso dello sbarramento e all'epoca della sua realizzazione aveva il duplice scopo di contenere le apparecchiature di controllo della diga, nonché due alloggi per le famiglie dei custodi dell'invaso. Attualmente quest'ultima destinazione è venuta a mancare, in quanto il servizio di vigilanza della diga è stato affidato all'ASEA che lo svolge, attraverso degli operatori in turni, i quali occupano solo una parte dell'immobile.



Il fabbricato si localizza su di un pendio a media inclinazione e presenta un piano seminterrato e uno fuori terra, con struttura a telaio in conglomerato cementizio armato su strutture di fondazione del tipo indiretto su pali trivellati. La struttura del fabbricato ha un'estensione in pianta di **14.50 m. x 31.74 m.** ed un'altezza max al colmo di **m 9.47**. La struttura portante è costituita da pilastri e travi di coronamento di sezione **30x50** mentre alcune travi interne del primo impalcato sono a spessore, così come alcune del secondo impalcato e di copertura, delle dimensioni di **20x90, 20x70 e 20x50**. I solai sono in latero-cemento con travetti precompressi dello spessore totale di **cm 20,00** con una soletta di **cm 4,00**. All'interno dell'edificio, come già detto, sono ubicati le strumentazioni di controllo degli impianti della diga, nonché gli uffici e i servizi per il personale di guardia. L'edificio si articola, su due livelli, piano terra e primo piano: **il piano terra si trova alla stessa quota del piazzale antistante la casa**, mentre nella parte **retrostante risulta parzialmente interrato**; il primo piano si sviluppa completamente fuori terra. L'edificio presenta una copertura a falde inclinate ed è



possibile distinguere **tre tetti completamente separati tra loro**, due dei quali, perfettamente identici, ricoprono i corpi laterali, mentre il terzo, che ha una quota di colmo maggiore rispetto agli altri due, ricopre la parte centrale. Il piano terra è adibito principalmente alle funzioni di magazzino, deposito e garage, e presenta diversi accessi, sia dall'esterno, situati sul lato del piazzale (lato Est), che dall'interno.

Il primo piano si articola in due zone separate, la parte sinistra dell'edificio è accessibile dall'esterno attraverso un'entrata situata sul lato ovest, o dal piano terra attraverso una rampa di scale, ed è adibita ad abitazione per il guardiano della diga.

La parte destra è accessibile dall'esterno da un'altra entrata posta sempre sul lato ovest, o dal piano terra attraverso due rampe di scale, ed ospita gli uffici del personale dell'ASEA e la strumentazione necessaria per il controllo e il monitoraggio dell'invaso.



Il **sottotetto** risulta accessibile da una botola nel solaio di calpestio del sottotetto, che ha la sola funzione di garantire l'isolamento termico perché non è utilizzabile. In elevazione la struttura presenta quattro



impalcati: il primo, al livello delle fondazioni, costituisce il **solaio di calpestio** del piano terra; il secondo è il **solaio di calpestio del primo piano**; il terzo è il **solaio di calpestio del sottotetto**; il quarto è il **solaio di copertura**.

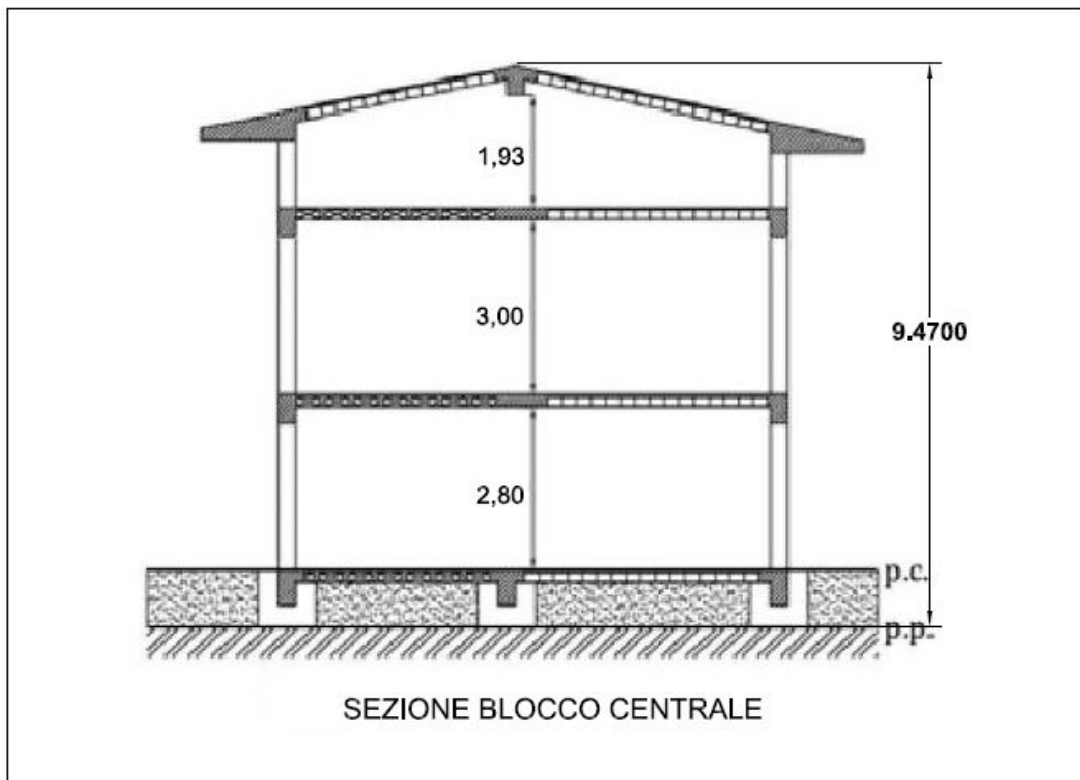
Dalla **pianta delle fondazioni** si rileva che il solaio di calpestio del piano terra non appoggia direttamente a terra ma è sostenuto da travi di sezione 30cm x 60cm che collegano tra loro i **plinti su pali di diametro di 60cm (\*)**.

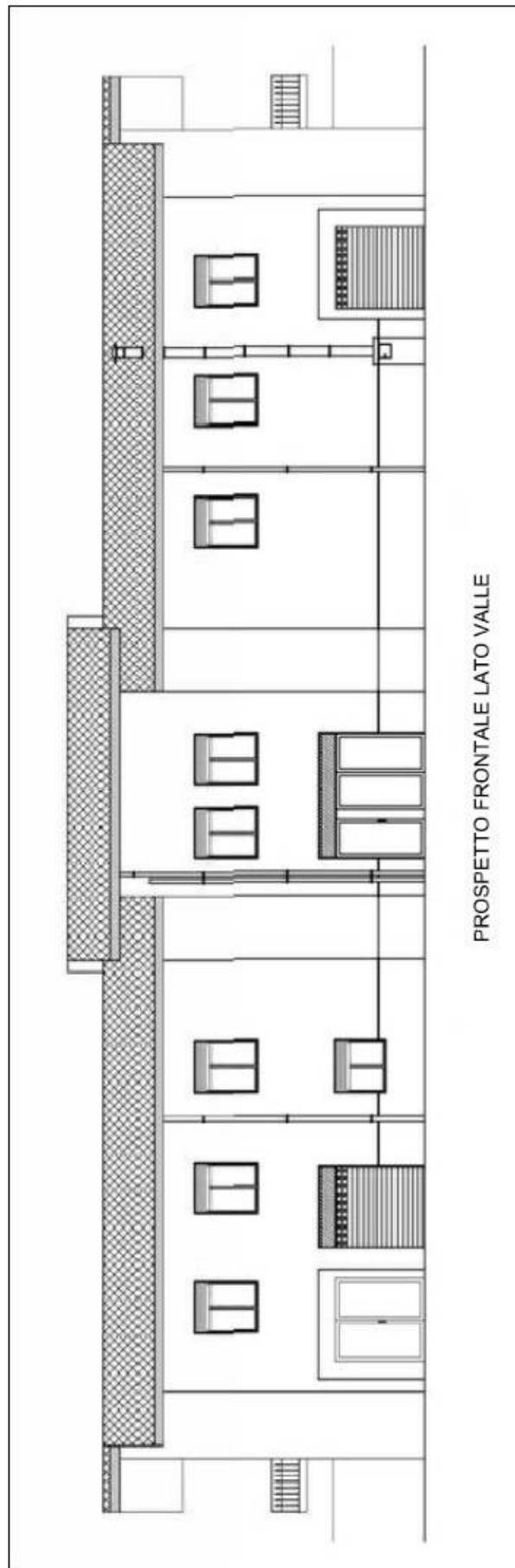
I plinti sono 26: la maggior parte, di dimensioni 1m x 1m x 1m, sono sostenuti da un palo e sorreggono 1 pilastro, mentre 8 plinti, che hanno dimensione di circa 1,0m x 3,3m, appoggiano su 2 pali e sorreggono 2 pilastri. I pilastri sono in totale 34, 32 di dimensioni 30cm x 40cm e 2 di dimensioni 30cm x 30cm.

Il solaio è latero - cementizio di spessore 20cm, con soletta di 4cm e laterizio di 16cm.

(\*) in data 04/11/2022 mediante pozzetto di ispezione in sede si è rilevato che la fondazione della casa di guardia è costituita, con certezza, da plinti (1x1x1 m.) su pali di diametro 60 cm così come si evidenzia nelle sottostanti foto.









## **SUNTO “RAPPORTI DI VERIFICA PREGRESSI” MAGGIO 2017, MAGGIO 2022 E AGOSTO 2022**

**RAPPORTO del 2017 (Maggio) – “Analisi preliminari finalizzate allo studio della sicurezza sismica della diga di Campolattaro e di alcune opere accessorie” a cura dell’Università degli studi del Sannio – Dipartimento di Ingegneria.**

*“.....Per quanto riguarda la documentazione si precisa che la **Provincia di Benevento non ha fornito documentazione relativa al progetto strutturale tranne che una pianta delle fondazioni; di tale pianta delle fondazioni ne è stata reperita una seconda copia presso la casa di guardia con indicata una soluzione diversa dalla precedente, che dai saggi in sito è risultata quella effettivamente realizzata.***

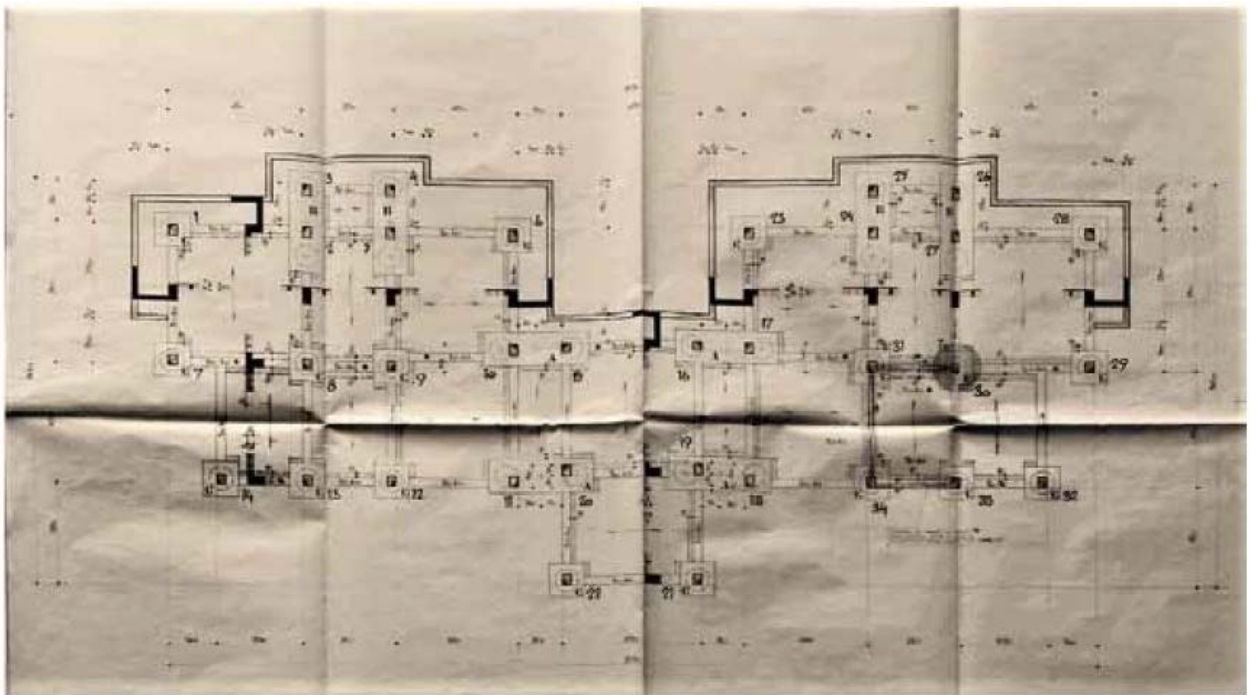
*La carenza di documentazione ha reso indispensabile un rilievo strutturale completo per l’identificazione di pilastri, travi e solai; inoltre, in base a quanto indicato dalla **Circolare 617/2009 non è possibile adottare un livello di conoscenza superiore ad LC1** e non possono essere condotte analisi non lineari. Pertanto sono state effettuate le prove ed i saggi necessari per raggiungere il livello di **conoscenza LC1** ed è stato sviluppato un progetto simulato secondo le normative vigenti all’epoca del progetto originario **(1978)** per ottenere le armature in tutti gli elementi strutturali.*

*Un altro aspetto che è stato analizzato è quello della scelta della classe d’uso da adottare per la valutazione della sicurezza dell’edificio; infatti si possono considerare **2 approcci**:*

**1)** *considerare la casa di guardia con la destinazione d’uso di centro operativo per il controllo diga; in tal caso la sicurezza coincide con la sicurezza delle attrezzature di controllo e quindi influenza la sicurezza della diga stessa acquisendone **la classe d’uso IV**;*

**2)** *considerare la casa di guardia con la destinazione d’uso di un ufficio a supporto delle attività di controllo e manutenzione della diga ma non contenente le attrezzature per la gestione di sicurezza della diga in caso di evento catastrofico; in tal caso la sicurezza della costruzione non coincide con quella della diga in presenza di terremoto poiché devono essere previsti dei sistemi di controllo di emergenza posti all’esterno, e quindi si può assumere anche una **classe d’uso II** come per un ufficio non aperto al pubblico. Le ipotesi sulla classe d’uso sono state considerate entrambe sia nell’analisi della sicurezza sia in termini di un eventuale intervento; **le verifiche in classe IV mostrano un livello molto basso di sicurezza***

*indicando la necessità di **interventi strutturali molto estesi e costosi**, mentre una ipotesi potrebbe essere quella di fare interventi di rinforzo con riferimento alla **verifica in classe II** e provvedere a sistemi di sicurezza di emergenza esterni all'edificio. Infine si deve sottolineare che **per la fondazione su pali non è nota l'armatura e la lunghezza dei pali**, pertanto si è fatta una ipotesi di fondazione diretta considerando anche un intervento di miglioramento; inoltre **le caratteristiche del terreno** sono state assunte sulla base di **informazioni carenti** e quindi è necessario fare ulteriori indagini che potrebbero portare anche ad una amplificazione dell'azione sismica rispetto a quella considerata (**è stato assunto un terreno di categoria B**, ma si potrebbe anche riscontrare un terreno di categoria C), per la quale le verifiche sono già ampiamente non soddisfatte"*



**PIANTA DELLE FONDAZIONI**

**RAPPORTO del 2022 (Maggio) – “Rivalutazione sismica del versante in sponda destra”** a cura della RTI: Studio Speri Società di Ingegneria S.r.l. (Mandatara) - Studio KR e Associati S.r.l. (Mandante) – Italiana Progetti I.PRO S.r.l. (Mandante).

*“..... in accordo con le norme tecniche vigenti (NTC18 par. 7.11.1), **le verifiche sismiche agli stati limite ultimi dei pendii si riferiscono al solo stato limite di salvaguardia della vita (SLV); quelle agli stati limite***

**di esercizio si riferiscono al solo stato limite di danno (SLD).** Le norme tecniche sulle dighe (MIT-C.S.LL.PP.19. par. VI.4) sottolineano che la verifica agli stati limite di esercizio delle sponde del serbatoio diventa particolarmente rilevante quando i potenziali meccanismi di instabilità interferiscono con l'esercizio dell'impianto come è il caso di Campolattaro nel quale uno scivolamento della massa instabile **potrebbe portare all'abbattimento della casa di guardia e all'ostruzione del canale di derivazione delle opere di scarico di fondo e superficie.** La verifica sismica del pendio **risulta soddisfatta** se il fattore di sicurezza, espresso dal rapporto tra la resistenza al taglio disponibile e lo sforzo di taglio mobilitato lungo la potenziale superficie di scorrimento riferita al cinematismo di collasso critico, **è maggiore di uno.** La valutazione del coefficiente di sicurezza è stata eseguita impiegando sia i parametri geotecnici sia le azioni presi con i loro valori caratteristici. **Il presente rapporto tiene conto della presenza nel pendio di paratie di pali realizzate con funzione stabilizzante,** le condizioni di stabilità globale del complesso paratie-terreno sono valutate considerando **due possibili scenari:** nel primo si attribuisce alle paratie la resistenza necessaria a sopportare le sollecitazioni indotte dal sisma; nel secondo si valutano gli effetti dell'instabilità della paratia sulle condizioni di esercizio dell'impianto. Le verifiche locali di resistenza della paratia a supporto del piazzale della casa di guardia sono trattate in un altro rapporto (Rivalutazione sismica della paratia di contenimento in sponda destra – codice elaborato R017 – Speri-KR-I.Pro.). Attualmente il pendio si trova **in condizioni al limite dell'equilibrio statico,** come dimostrato dagli spostamenti (modesti ma continui) registrati dalla **strumentazione installata sia nella parte alta del pendio sia in quella bassa.** Per tale motivo si è proceduto ad eseguire una serie di analisi di stabilità, **con le condizioni attuali della falda,** che permettessero di stimare il valore dell'angolo di attrito che comporta un coefficiente di sicurezza statico pari a 1. Tale modello di back-analysis individua il minimo angolo di attrito possibile del pendio che possa giustificare il suo comportamento attuale. **In presenza della falda attuale,** il valore dell'angolo di attrito richiesto per garantire **FS almeno pari ad 1 risulta essere 15°.** Si può osservare che, in assenza di falda, con un angolo di attrito di **15°,** per il pendio si calcolerebbe un coefficiente di sicurezza pari a **1,6.** Nella zona bassa, nelle condizioni attuali in presenza di falda, **la stabilità è garantita per un valore di angolo di attrito almeno pari a 22°.** Con i drenaggi funzionanti il pendio si porterebbe ad avere un **coefficiente di sicurezza pari a 1,6.** **In condizioni di pendio saturo,** le verifiche sismiche non risultano **soddisfatte né per la parte alta né per quella bassa.** In particolare, per quella bassa, si ottengono valori del fattore di sicurezza **pari a 0,6 e a**

**0,7** a seconda che il terremoto verticale sia verso l'alto o verso il basso, rispettivamente. In tale scenario, con la presenza della falda attuale per avere  $FS \geq 1$ , si dovrebbe dimostrare di avere un angolo di attrito  $\geq 34^\circ$ , valore chiaramente incompatibile con l'intervallo di valori possibili proposti. **Si conclude quindi che la verifica sismica allo SLV non risulta essere soddisfatta.** Nel caso in cui i drenaggi fossero efficienti, i coefficienti di sicurezza allo SLV si porterebbero a valori di poco superiori all'unità per il caso peggiore. Tale risultato dimostra ancora una volta l'importanza di un buon sistema di drenaggio. Poiché i coefficienti sismici allo SLD risultano maggiori di quelli allo SLV, si conclude che, a parità di resistenze disponibili, non essendo soddisfatta la verifica sismica allo SLV, non è possibile soddisfare neanche la verifica sismica allo SLD. Si valutano gli effetti di un possibile meccanismo di rottura allo SLV che coinvolga una massa di terreno instabile potenzialmente più ampia della precedente, **per via della rottura della paratia di contenimento del piazzale.** Tale movimento può avere delle conseguenze sulla sicurezza dell'impianto in quanto al piede del pendio si trovano le vasche di dissipazione che costituiscono il recapito di tutti gli organi di scarico della diga e che devono rimanere operative a seguito dei terremoti più gravi. **Il volume mobilizzato è stato valutato** conducendo un'analisi di stabilità aggiuntiva considerando assente (rotta) la paratia a valle della casa di guardia. L'altezza **H** della massa instabile, calcolata dalla base del fazzoletto di valle al ciglio di distacco della frana è pari a **100 m**. **Il volume mobilizzato** risulta compreso tra **300.000 e 500.000 m<sup>3</sup>**, dunque significativamente superiore al volume complessivo delle vasche di dissipazione, pari complessivamente a circa **80.000 m<sup>3</sup>**. Pertanto, la **distanza percorsa dalla massa instabile (L)** risulta compresa tra 380 e 395 m. La distanza tra il ciglio di distacco e le vasche di dissipazione è pari a 350 m. Si può quindi concludere che la massa mobilizzata sembra avere la capacità di raggiungere le vasche di dissipazione e riempirle interamente con il suo volume provocando una occlusione delle stesse. **Tale scenario non può essere considerato ammissibile in caso di sisma allo SLV.** In queste condizioni, anche la Casa di Guardia risulta coinvolta con il movimento della massa instabile e per tale motivo non può assicurare la sua funzionalità a seguito dell'evento sismico di progetto. È il caso di osservare che la verifica sismica della paratia a monte della strada circumlacuale non fa parte delle opere di proprietà di ASEA e per tale motivo non è stata oggetto di alcuno studio specifico del presente incarico. Qualora la verifica sismica anche di questa paratia non fosse soddisfatta allo SLV, il volume potenzialmente instabile potrebbe essere anche maggiore di quello con un rischio ancora più alto per la sicurezza dell'impianto.

In assenza di prove di laboratorio più recenti, la caratterizzazione meccanica della coltre è basata sulle prove TXCU condotte nel 1976 e sulle prove TD condotte nel 1991. Le prime sono precedenti ai lavori di scavo effettuati per la realizzazione di tutte le opere accessorie e di scarico site in sponda destra. Le seconde sono precedenti all'intervento di consolidamento del versante (drenaggio, riprofilatura e riforestazione) realizzato nel 2001. L'interpretazione dei risultati di tali prove suggerisce che un valore ragionevole dell'angolo di attrito della coltre è compreso tra  $10^\circ$  e  $25^\circ$ . **Tuttavia, si ritiene che il livello di conoscenza offerto dalle prove di laboratorio disponibili per la caratterizzazione meccanica della coltre detritica sia del tutto inadeguato se commisurato all'importanza dell'opera ed agli effetti potenziali dell'instabilità del pendio sull'esercizio dell'impianto. Al piede del pendio si trovano infatti le vasche di dissipazione che costituiscono il recapito di tutti gli organi di scarico della diga e che quindi devono rimanere operative (non essere occluse) a seguito dei terremoti più gravosi.** Nella sezione di verifica sono presenti due paratie di pali: la paratia a valle della casa di guardia, e quella a monte della strada circumlacuale, posta a protezione dello svicolo con la SS 625 che divide il pendio in due zone. **La zona a monte e la zona a valle sono caratterizzate da pendenze medie pari a  $10^\circ$  ed a  $14^\circ$ , rispettivamente. Allo stato attuale le due paratie non presentano alcun segno di debolezza.** La profondità del contatto tra la coltre detritica superficiale e la formazione marnoso-arenacea di base è stata ricostruita sulla base delle colonne stratigrafiche dei sondaggi effettuati durante le varie campagne di indagine condotte **tra il 1966 e 2001**. La posizione della linea freatica è stata individuata dalle quote piezometriche registrate **tra il 2018 ed il 2021**, a circa venti anni di distanza dall'intervento di consolidamento della sponda realizzato nel 2001 tramite l'installazione di dreni sub-orizzontali. Lo scopo dell'intervento era l'abbattimento del livello di falda **fino a 20 m di profondità dal piano campagna, corrispondente al drenaggio dell'intero spessore della coltre. L'efficacia di tale intervento non è mai stata dimostrata** (tramite un confronto tra le misure piezometriche prima e dopo l'intervento) ed in ogni caso, ad oggi, **la linea freatica è alquanto superficiale**, trovandosi ad una profondità media di 5 m nel tratto di monte e ad una profondità di appena 1 m nel tratto di valle. Tale risultato, al di là della scarsa manutenzione, è supportato dalla presenza di **dreni di lunghezza inferiore a quella di progetto. A margine dello studio sono stati valutati anche gli effetti di una possibile instabilità della paratia a sostegno del piazzale della casa di guardia. È stato osservato, inoltre, che nel caso**

*in cui si potesse procedere ad un abbattimento della falda sotto il livello della coltre, come previsto nelle ipotesi del progetto del 2001, **si avrebbe un notevole incremento del fattore di sicurezza, fino a valori sufficienti a soddisfare i requisiti di normativa.** Tale dimostrazione rimarca pertanto l'importanza di un sistema di drenaggio efficiente ai fini della stabilità. La verifica della paratia a contenimento del piazzale della casa di guardia è contenuta in un altro rapporto (**"Rivalutazione sismica della paratia di contenimento in sponda destra" – codice elaborato R015).***

*È stato stimato il volume di frana mobilizzato tramite specifiche analisi condotte in assenza della paratia e la distanza percorsa dalla massa instabile. Questa circostanza determinerebbe l'impossibilità di effettuare la vuotatura controllata del serbatoio, e pregiudica la verifica dell'impianto allo SLV. **Inoltre, anche la casa di guardia risulta coinvolta nel cinematismo e pertanto non è assicurato il suo presidio a seguito dell'evento sismico di progetto.***

*Considerando che le verifiche di tale paratia non sono soddisfatte né allo SLV né allo SLD, perché **adottano le stesse cautele sull'angolo di attrito proposte** nel presente rapporto, si sono valutati anche gli effetti di un ipotetico collasso della paratia sul pendio in oggetto.*

***È ancora importante rimarcare che gli esiti negativi delle verifiche risentono fortemente delle necessarie cautele assunte nella determinazione dell'angolo di attrito della coltre che provengono da una limitata estensione della conoscenza della geotecnica dell'opera. Si raccomanda fortemente l'esecuzione di una campagna di indagini estesa del pendio comprensiva di una mappatura dettagliata del corpo di frana (anche ben al di fuori della proprietà ASEA), di indagini geognostiche e geofisiche e di laboratorio tali da permettere di caratterizzare in maniera esaustiva la coltre in movimento e che sia, finalmente, commisurata all'importanza dell'opera"***

**RAPPORTO del 2022 (Agosto) – "Verifica sismica della Diga: Casa di Guardia"** a cura della RTI: Studio Speri Società di Ingegneria S.r.l. (Mandataria) - Studio KR e Associati S.r.l. (Mandante) – Italiana Progetti I.PRO S.r.l. (Mandante).

*"..... le prestazioni della struttura (**Casa di Guardia**) sotto il profilo sismico sono definite in relazione ad un determinato periodo di riferimento **VR=VNxCU**, funzione della **vita nominale** e della **classe d'uso** dell'opera. Nel caso specifico la vita nominale del fabbricato si assume pari a **VN =50 anni** in accordo alla **tab. 2.4.1 del D.M. 2018***

facendo riferimento a - **costruzione con livelli di prestazione ordinari** -, coerentemente con la vita nominale assunta per la diga. In relazione alla destinazione d'uso del fabbricato si definisce **la classe d'uso dell'opera che nel caso di specie risulta essere la quarta**, in accordo con la definizione riportata nello stesso D.M. **riportata al paragrafo 2.4.2 - Classe IV**: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. **Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica. A tal proposito si evidenzia che l'edificio Casa di Guardia è al servizio di una diga e si assume un coeff. d'uso  $C_u=2$** . La vita di riferimento assunta nelle calcolazioni è dunque pari a  **$VR = 50 \times 2 = 100$  anni**. In linea generale la sicurezza e le prestazioni per le nuove costruzioni sono garantite verificando opportuni stati limiti riferiti alla costruzione nel suo complesso includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti (paragrafo 3.2.1. del D.M. 2018), in particolare: **Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV), Stato Limite di Danno (SLD) e Stato limite di Operatività (SLO)**. Per quanto riguarda la **fondazione** si precisa che in fase di valutazione della vulnerabilità sismica è stata riscontrata **la non presenza** delle condizioni di cui al punto **8.3 delle NTC18** di seguito elencate:

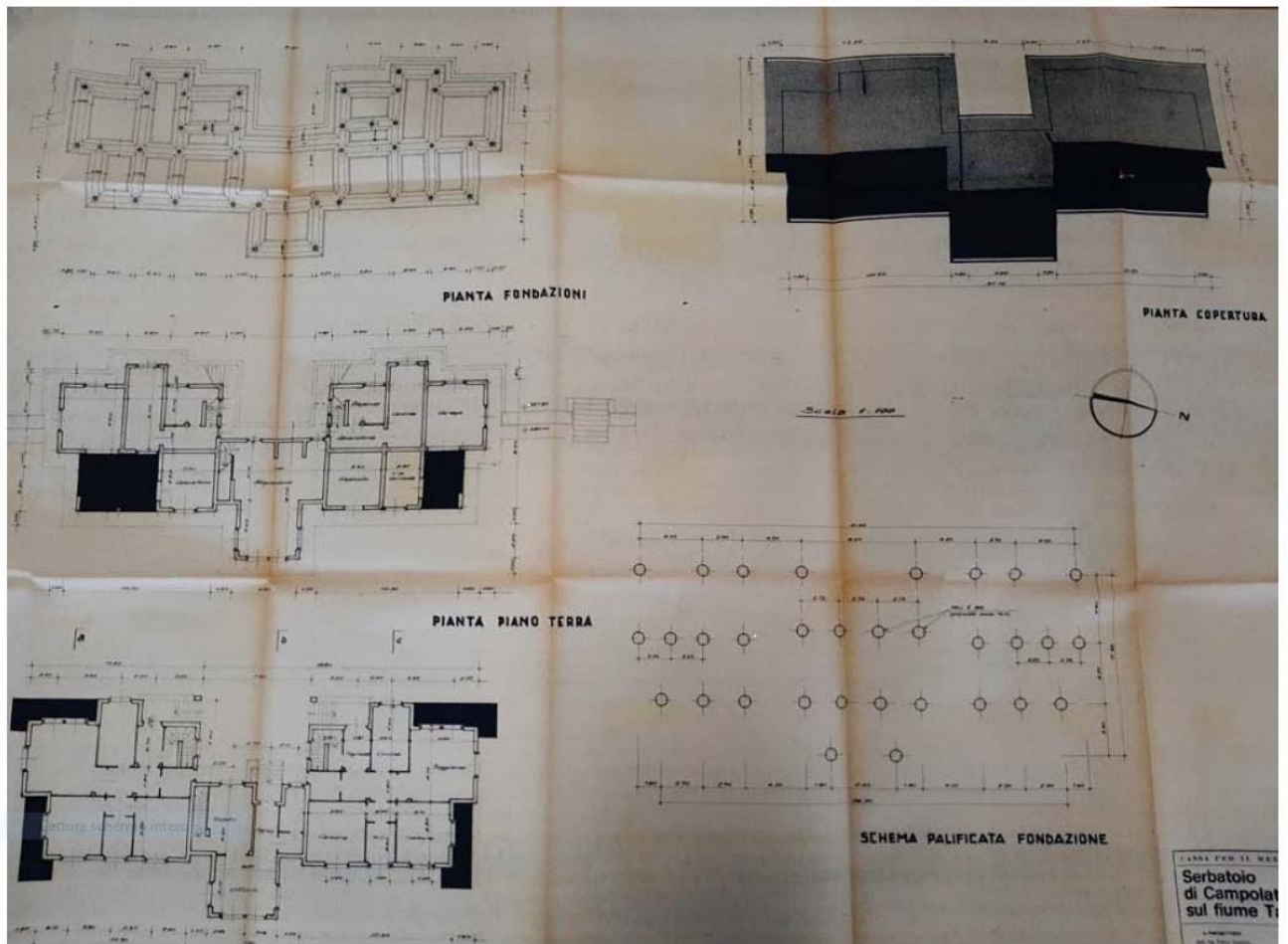
- **nella costruzione siano presenti importanti dissesti attribuibili a cedimenti delle fondazioni o dissesti della stessa natura si siano prodotti in passato;**
- **siano possibili fenomeni di ribaltamento e/o scorrimento della costruzione per effetto: di condizioni morfologiche sfavorevoli, di modificazioni apportate al profilo del terreno in prossimità delle fondazioni, delle azioni sismiche di progetto;**
- **siano possibili fenomeni di liquefazione del terreno di fondazione dovuti alle azioni sismiche di progetto.**

Per quanto sopra ed in considerazione del fatto che le fondazioni della documentazione progettuale originaria, risultano essere indirette su pali trivellati, dei quali non si sa nessuna informazione, essi sono stati dimensionati secondo i criteri dell'epoca, si è ritenuto non rilevante approfondire tali verifiche ma piuttosto **esprimere comunque una considerazione in merito alla qualità del calcestruzzo dei pali che se della stessa manifattura delle strutture in elevazione risulta essere**



**particolarmente poco resistente.** La struttura è stata modellata con i pali di fondazione e travi di collegamento ma nello schema allegato non sono stati visualizzati. La tipologia di fondazioni a travi rovesce **viene riportata sui vecchi elaborati progettuali,** mentre come confermato anche dalle **verifiche fatte nel 2017 dell'ente,** le **fondazioni sono del tipo profonde su pali e travi di collegamento.** Da quanto emerso dallo studio della **vulnerabilità sismica del fabbricato denominato "Casa di Guardia"** della diga di Campolattaro, si evince che la struttura in calcestruzzo armato **non presenta segni di cedimenti causati da ridotte capacità portanti del terreno,** pertanto ai sensi delle NTC 2018 non si è ritenuto necessario entrare nel merito delle verifiche delle fondazioni. Le indagini condotte in sede di verifica e quelle effettuate precedentemente dall'ASEA, **mettono in evidenza l'eccessivo ammaloramento del calcestruzzo che, in alcuni pilastri del piano terra, si manifesta con evidenti distacchi dei copri-ferri e con elevati livelli di carbonatazione dei conglomerati costituenti gli elementi strutturali.** Il fenomeno dello spalling sopra citato è determinato da evidenti fenomeni di corrosione chimica delle barre di armatura che ne riducono le sezioni e di conseguenza le capacità resistenti. Pertanto, ai fini della **valutazione economico-finanziaria dell'adeguamento sismico della struttura della casa di guardia,** si deve tenere conto sia dell'elevato numero di elementi portanti da consolidare, sia di tutte le opere secondarie connesse alla realizzazione dell'intervento, sia degli interventi in fondazione necessari al fine di garantire l'assorbimento delle nuove sollecitazioni indotte dalle opere di adeguamento stesse. Considerato quanto sopra **l'intervento di adeguamento sismico dell'esistente appare economicamente non conveniente** rispetto all'ipotesi di demolizione e ricostruzione di un edificio più aderente alle reali esigenze della committenza, sia in termini di spazi che in termini di funzionalità finalizzata alla vigilanza della diga, sia in termini di prestazioni strutturali. **Va da se che, a parità di dimensione finanziaria, la realizzazione di un edificio nuovo rispettoso delle vigenti normative sia di natura strutturale che di efficientamento energetico è più conveniente rispetto al recupero ed adeguamento della vecchia struttura.** Inoltre, al fine di garantire la continuità del servizio, è possibile immaginare di effettuare **dei tagli localizzati della struttura,** consentendo la demolizione parziale dell'immobile, così lasciando la parte residuale a servizio degli addetti alla vigilanza. **Ciò consentirebbe di realizzare il nuovo fabbricato senza interrompere il servizio di vigilanza della diga. In tal caso appena ultimato il nuovo edificio, ed effettuato il trasferimento degli uffici e degli addetti, si passerebbe a demolire la restante parte del vecchio fabbricato.**





PIANTA DELLE FONDAZIONI SU PALI

## ***CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE E STABILITA' DELL'AREA***

Nelle linee generali l'assetto geomorfologico del territorio in esame è decisamente influenzato dai due seguenti fattori:

**(1) disomogeneità della natura litologica dei terreni affioranti;**

**(2) presenza di un articolato reticolo idrografico.**

**Relativamente al primo punto è possibile distinguere aree e/o zone caratterizzate da seguenti aspetti:**

- **zone dove l'affioramento prevalente di roccia lapidea** conferisce al paesaggio un aspetto aspro, con versanti molto inclinati e/o subverticali;

- **zone caratterizzate dall'affioramento prevalente di terreni sciolti e plastici** che conferiscono un aspetto a forme rotondeggianti, con rilievi morbidi e pendii dolci, interrotti da aspre incisioni localmente anche di tipo calanchivo.

Questo aspetto risulta sovente modificato e/o in corso di modificazione per l'effetto a volte combinato dei seguenti fattori morfologico evolutivi:

**a) degradazione superficiale**

**b) fenomeni franosi in senso stretto.**

Per quanto attiene il secondo punto è da rilevare l'azione morfogenetica evolutiva della rete idrografica che conferisce al paesaggio stesso, una fisionomia alquanto frastagliata da tutta una serie di incisioni principali e secondarie con fianchi acclivi con caratteristico profilo a "V", molto aperto nella parte centrale e terminale.

L'assetto morfologico, quanto mai vario e selettivo dipende quindi, da vari fattori quali la litologia dei terreni presenti, lo stato tettonico

strutturale degli stessi e la presenza di diversi fenomeni morfoevolutivi accelerati antichi e recenti.

Gli agenti esogeni inoltre, hanno operato e operano su un suolo di natura complessa che, in seguito alle numerose variazioni litologiche, ha subito e subisce tuttora una intensa azione selettiva.

I suoli variamente modellati hanno condizionato in molti casi, la scelta delle aree di insediamento attualmente poste dove i materiali meno erodibili, offrono maggiori garanzie di stabilità.

Infatti, le condizioni geologiche e la dinamica esogena, come detto, hanno dato origine ad un ambiente caratterizzato dalla presenza di numerosi speroni e colli isolati, separati da valli e vallecole con pareti acclivi e dirupate e, quindi provviste di tutte le condizioni atte a favorire l'insediamento di centri abitati dotati di valide difese naturali.

Le citate alternanze di complessi rigidi e plastici determinano il passaggio, generalmente netto e marcato, da forme decise, con pendii generalmente acclivi e, talora con fronti sub verticali, a forme più blande e arrotondate e pendii meno acclivi, in cui è distintamente osservabile l'effetto modellatore dell'erodibilità e della franosità.

In particolare sono stati individuati fenomeni di dissesto identificabili sia come scorrimenti plastico rotazionali che come colamenti nonché fenomeni di tipo complesso.

Essi risultano attivi o, comunque, in fase di transitoria quiescenza.

Le evidenze morfologiche, inoltre, mostrano che le valli dei corsi d'acqua maggiori e di conseguenza il relativo reticolo idrografico superficiale risultano in costante approfondimento; i versanti, quindi, subiscono un processo di erosione regressiva.

Infatti, i terreni a prevalente componente argillosa subiscono, lungo le sponde, uno scarico tensionale, con diminuzione della pressione di consolidamento, mentre il pendio è sede di un moto di filtrazione

stazionaria con un gradiente idraulico elevato in prossimità del piano campagna, che solo in piccola parte viene influenzato dalle piogge. Questi processi creano una riduzione della resistenza dei terreni già coinvolti da dissesti nel passato perturbando lo stato di equilibrio delle masse.

Da quanto detto, l'attivazione e/o la riattivazione dei movimenti di massa lungo i versanti è conseguenza sia dell'azione primaria di incisione e arretramento delle sponde del corso d'acqua sia dell'attività sismica; mentre le piogge e l'intervento antropico sono soltanto delle concause nella valutazione dello stato di dissesto dell'area.

L'area di stretto interesse, ricadente nel territorio di competenza dell'ex **Autorità di Bacino Liri Garigliano Volturno**, è posizionata immediatamente a settentrione della cittadina di Campolattaro.

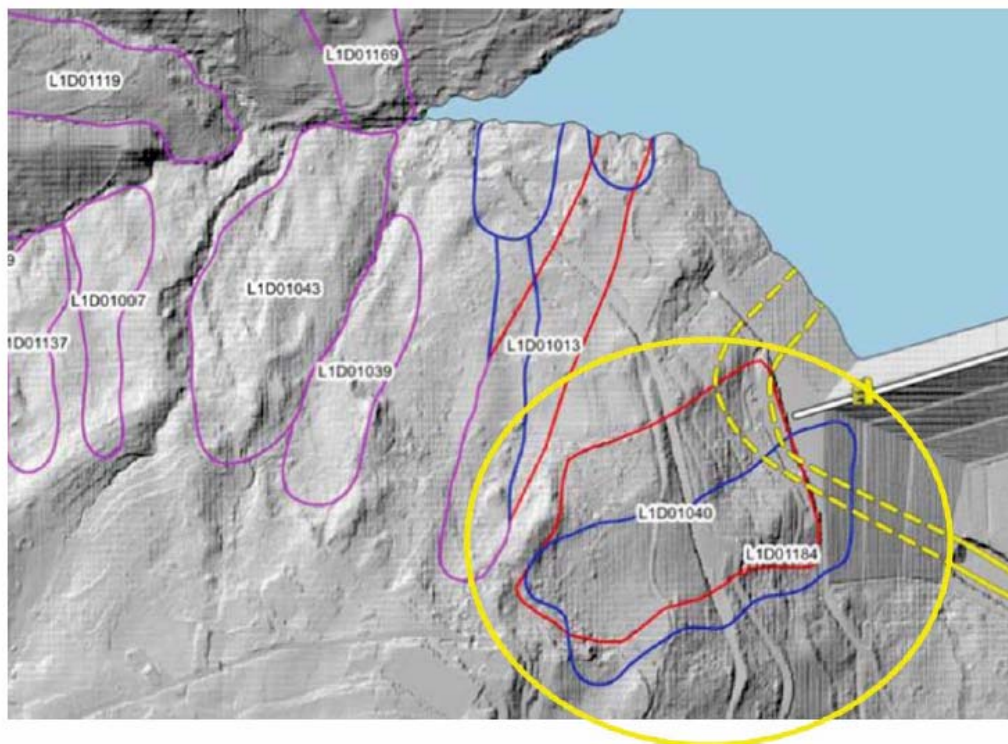
Per un esame di dettaglio vedere a questo proposito alle pagine successive:

- **Piano per l'assetto idrogeologico (stralcio);**
- **Progetto IFFI - Carta Inventario dei Fenomeni Franosi in Campania.**
- **Stralcio Carta della Stabilità del PUC vigente del Comune di Campolattaro**

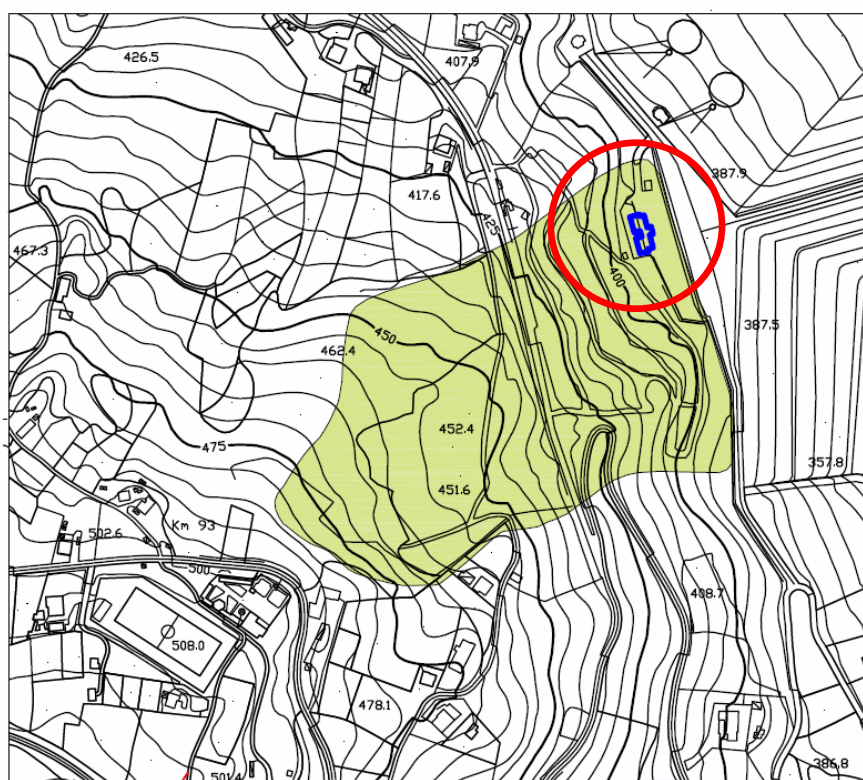
**Dal rapporto R017 del 19/05/2022 si rileva che:** "..... *la configurazione geomorfologica della valle del Fiume Tammaro, ovvero della zona di imposta della diga, è caratterizzata dalla presenza in affioramento di terreni strutturalmente complessi, di natura prevalentemente argillosa. Questo ha contribuito, insieme all'elevato grado di sismicità dell'area, a definire un quadro geomorfologico delicato e complesso, caratterizzato da diffusi movimenti di massa. L'area in esame è interessata dalla presenza di una coltre detritica superficiale prodottasi in parte per il disfacimento dei terreni sottostanti, in parte in seguito a movimenti franosi antichi e recenti. La coltre superficiale*

*poggia sulla cosiddetta Formazione Marnoso – Arenacea, che rappresenta la formazione geologica di base della gran parte delle sponde del bacino lambite dall'acqua, costituendo il bedrock del rilevato della diga e delle opere di scarico site in sponda destra. Litologicamente, la formazione è costituita da una successione sedimentaria a carattere flyschoidale, rappresentata da marne argillose, argille marnose, arenarie più o meno siltose. Tali litotipi appartengono alle Unità stratigrafico-strutturali conosciute in letteratura geologica con il nome di Flysch di San Bartolomeo (Oligocene sup. – Tortoniano). Con riferimento al versante destro del Fiume Tammaro in corrispondenza dello sbarramento, già dai tempi della progettazione esecutiva, è nota la presenza di una larga fascia affetta da fenomeni di instabilità. Tali fenomeni interessano appunto la coltre detritica superficiale. .... All'interno del Catalogo IFFI (Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia) la frana è considerata con un cinematisma roto/traslato, caratterizzato da una superficie di rottura mistilinea, intermedia tra archi di cerchio e piani. Rispetto allo stato di attività, e alla luce degli interventi di consolidamento attuati negli anni, l'IFFI classifica la frana come "stabilizzata antropicamente". In realtà, come documentato nelle "Note illustrative carta inventario frane" (codice elaborato R019)- Speri-KR-I.Pro, allo stato attuale, la frana risulta "attiva", seppur con velocità molto basse. L'analisi dei dati LiDAR è stata condotta analizzando il DTM con risoluzione 1x1 m derivante dalla loro elaborazione e reso disponibile dal MATTM (Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio). In particolare, tale DTM ha consentito di individuare diverse forme del paesaggio, tra cui le stesse frane, e di aggiornare la geometria delle frane rispetto a quanto già cartografato dagli Enti prima citati. Nella Figura 5.1 (all'interno del cerchio giallo) si riporta l'esempio di aggiornamento della geometria della frana censita nel catalogo IFFI grazie all'analisi del DTM "LiDAR". Si può notare la differenza tra il perimetro della frana estrapolato dal Catalogo IFFI, riportato in blu, e quello ottenuto dall'interpolazione dei dati del sopralluogo e grazie all'aiuto del LiDAR,*

riportato in rosso. La riprofilatura ha interessato soprattutto il piede della frana e ne ha comportato un'espansione laterale verso NW.

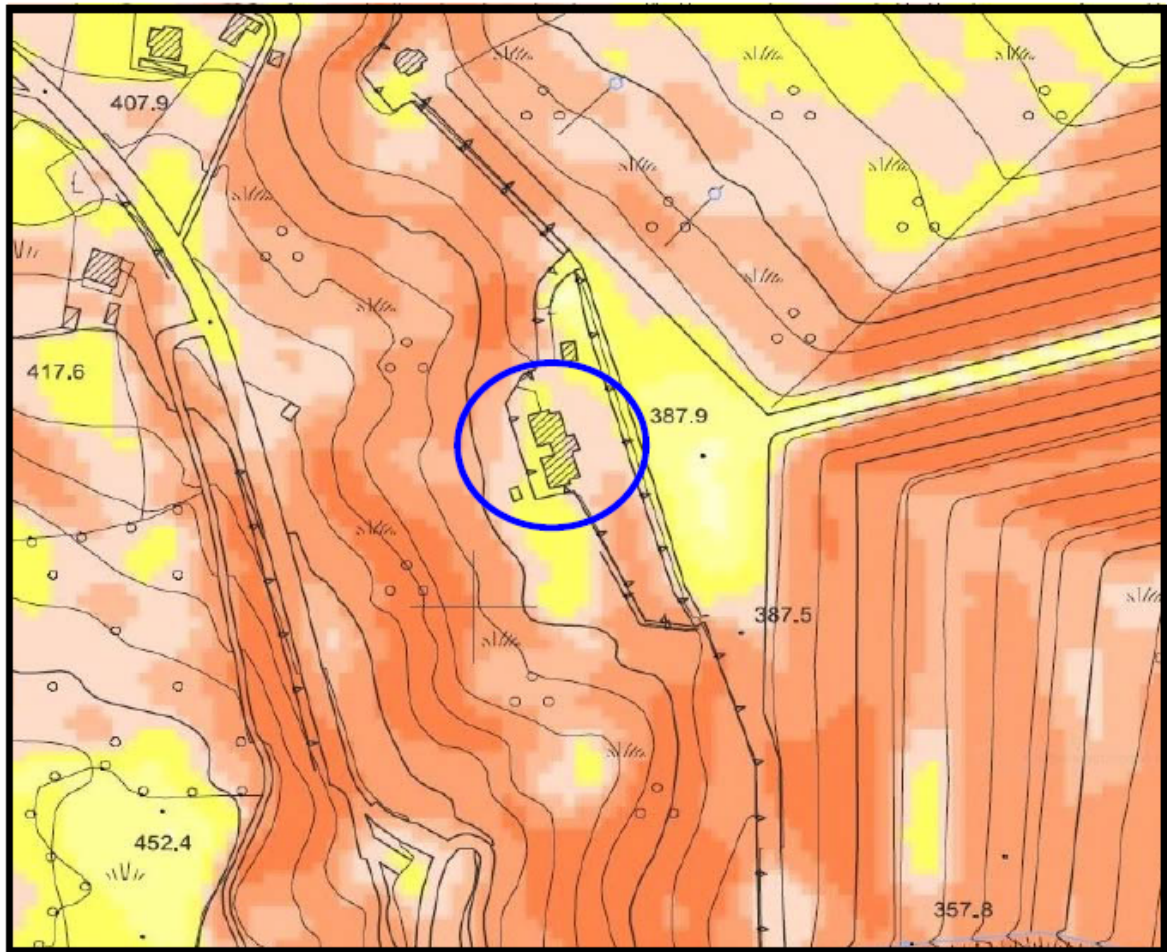


Confronto su base DTM "LiDAR" e CTR tra la geometria delle frane censite nel catalogo IFFI (perimetrate in blu) e quelle censite nella Carta Inventario Frane (perimetrate in rosso). Queste ultime modificate a seguito di analisi del DTM "LiDAR".

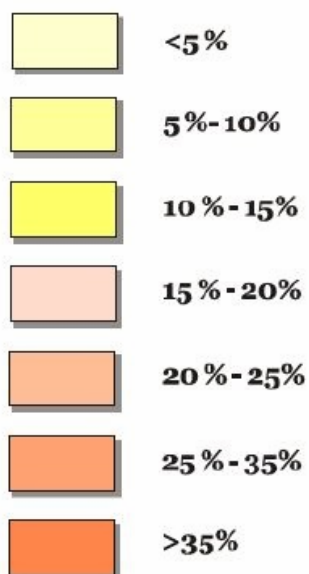




### STRALCIO CARTA ACCLIVITA' DA PUC VIGENTE COMUNE DI CAMPOLATTARO

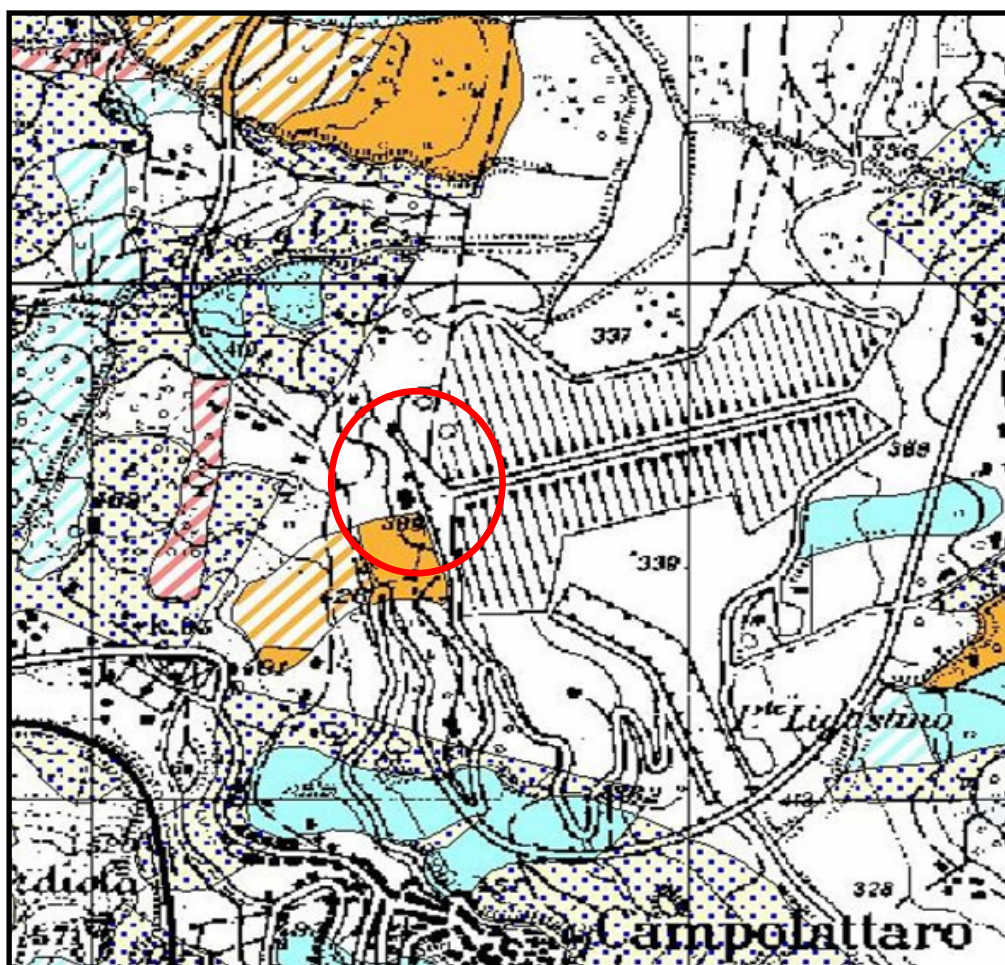


**Legenda:**



Pendenza (%)	Angolo (°)	Pendenza (%)	Angolo (°)
1	0.5729	26	14.5742
2	1.1458	27	15.1096
3	1.7184	28	15.6422
4	2.2906	29	16.1722
5	2.8624	30	16.6992
6	3.4336	31	17.2234
7	4.0042	32	17.7447
8	4.5739	33	18.2629
9	5.1428	34	18.7780
10	5.7106	35	19.2900
11	6.2773	36	19.7989
12	6.8428	37	20.3045
13	7.4069	38	20.8068
14	7.9696	39	21.3058
15	8.5308	40	21.8014
16	9.0903	41	22.2936
17	9.6480	42	22.7824
18	10.2040	43	23.2677
19	10.7580	44	23.7495
20	11.3099	45	24.2277
21	11.8598	46	24.7024
22	12.4074	47	25.1735
23	12.9528	48	25.6410
24	13.4957	49	26.1049
25	14.0362	50	26.5651

EX AUTORITA' DI BACINO LIRI GARIGLIANO VOLTURNO  
 CARTA DEGLI SCENATI DI RISCHIO



- AREA A RISCHIO ELEVATO - R 3**  
*Nella quale per il livello di rischio presente, sono possibili problemi per l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici e alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi, la interruzione di funzionalità delle attività socio-economiche e danni rilevanti al patrimonio ambientale.*
- AREA A RISCHIO MEDIO - R 2**  
*Nella quale per il livello di rischio presente sono possibili danni minori agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale che non pregiudicano l'incolumità delle persone, l'agibilità degli edifici e la funzionalità delle attività economiche.*
- AREA DI ALTA ATTENZIONE - A4**  
*Area non urbanizzata, potenzialmente interessata da fenomeni di innesco, transito ed invasione di frana a massima intensità attesa alta.*
- AREA DI MEDIO - ALTA ATTENZIONE - A 3**  
*Area non urbanizzata, ricadente all'interno di una frana attiva a massima intensità attesa media o di una frana quiescente della medesima intensità in un'area classificata ad alto grado di sismicità.*
- AREA DI MEDIA ATTENZIONE - A2**  
*Area non urbanizzata, ricadente all'interno di una frana quiescente, a massima intensità attesa media.*





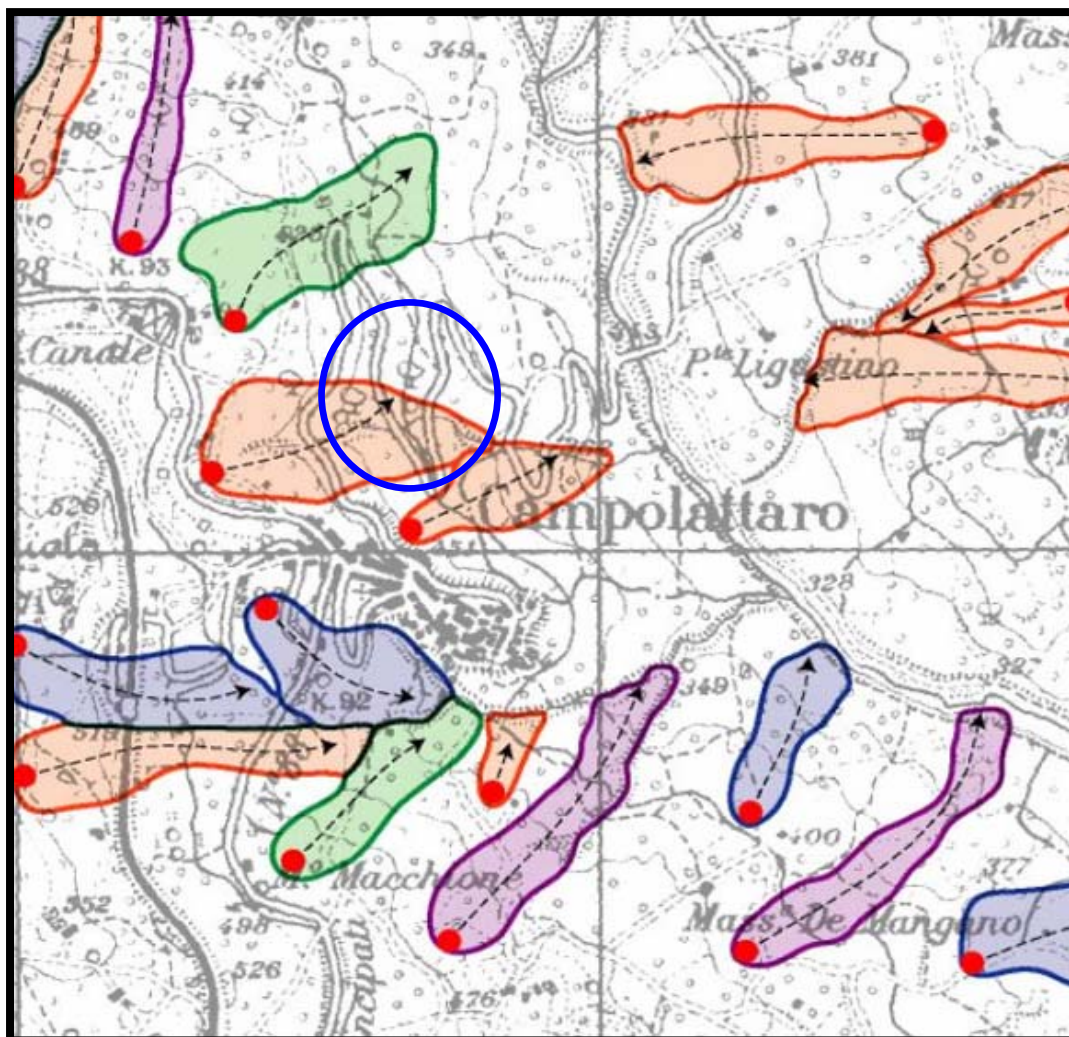
**APAT**

Agenzia per la Protezione dell'Ambiente  
e per i Servizi Tecnici

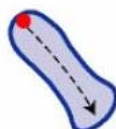
**PROGETTO IFFI**  
**INVENTARIO DEI FENOMENI FRANOSI IN ITALIA**

**TIPOLOGIA DI FRANA**

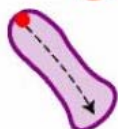
Frana poligonale con direzione generale di scorrimento



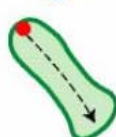
Colamento lento



Scivolamento rotazionale/traslattivo



Colamento rapido



Complesso

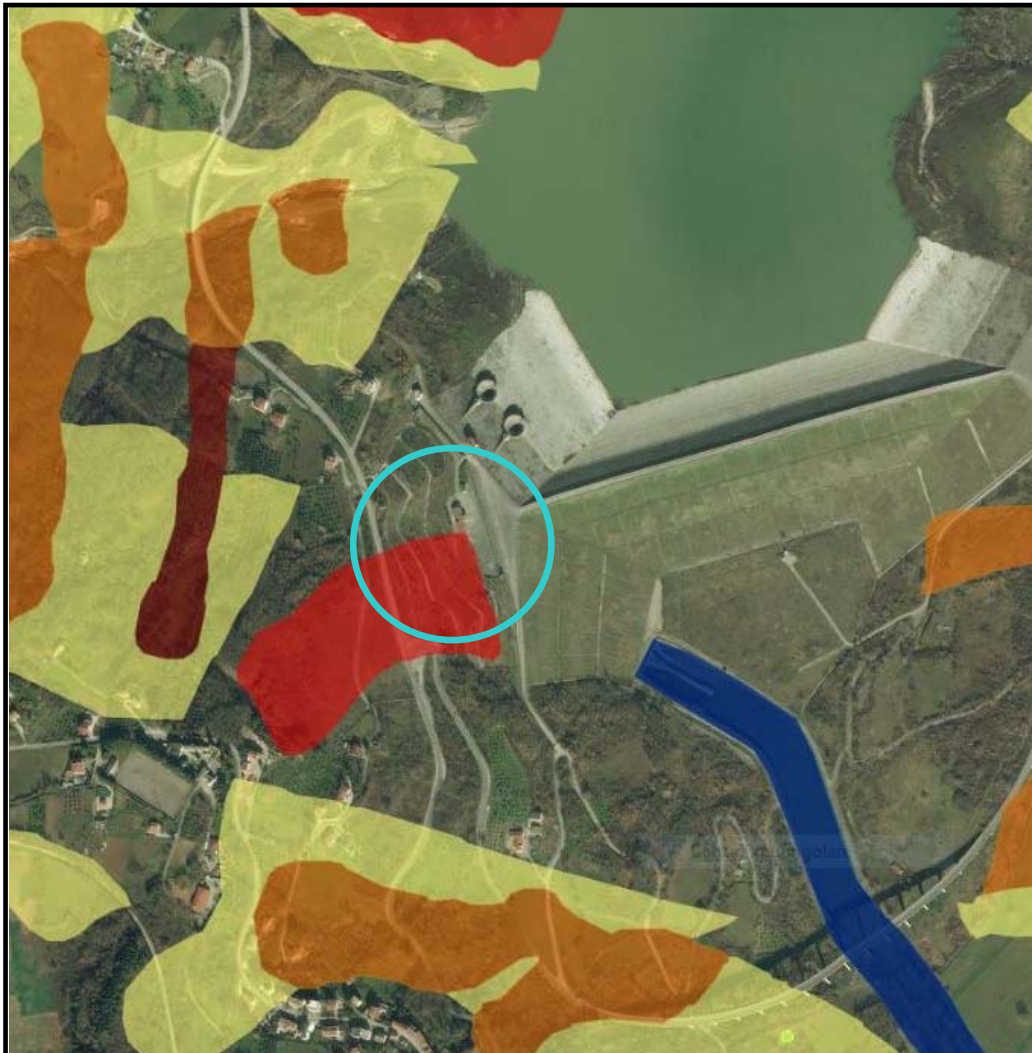


**APAT**

Agenzia per la Protezione dell'Ambiente  
e per i Servizi Tecnici

**PROGETTO IFFI**  
**INVENTARIO DEI FENOMENI FRANOSI IN ITALIA**  
**CARTOGRAFIA ON LINE**

<https://www.progettoiffi.isprambiente.it/cartografia-on-line/>



**Pericolosità frane**

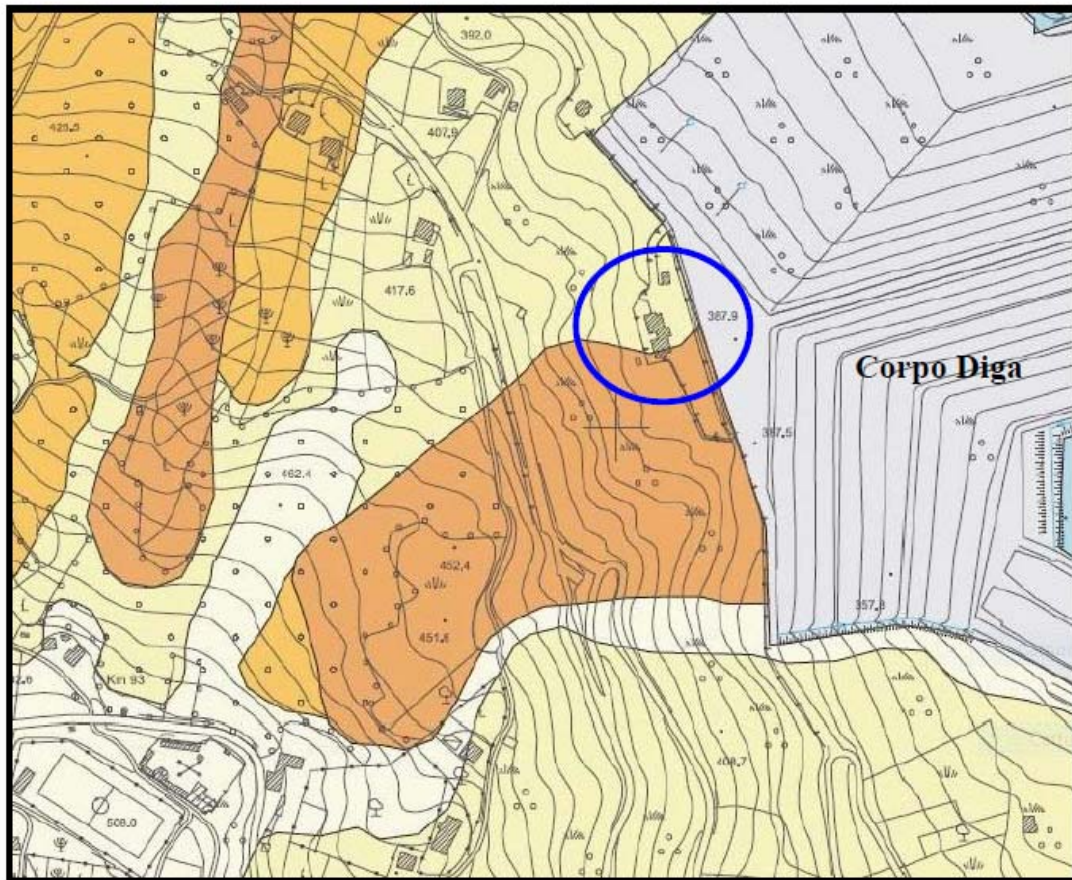
-  Molto elevata P4
-  Elevata P3
-  Media P2
-  Moderata P1
-  Aree di Attenzione AA

**Pericolosità idraulica**

-  Elevata
-  Media
-  Bassa



## STRALCIO CARTA STABILITA' DA PUC VIGENTE COMUNE DI CAMPOLATTARO



### Legenda:

- Aree a buona stabilita' naturale.** L'evoluzione geomorfologica è principalmente connessa all'azione di dilavamento con limitata erosione da parte degli atmosferili. Solo localmente, laddove il versante è acclive (pendenze superiori al 60%) il grado di fratturazione delle porzioni litoidi è elevato e non vi è una adeguata copertura boschiva, tali aree possono essere sede di fenomenologie di dissesto quali distacchi di massi e blocchi.
  
- Aree a discreta stabilita' naturale.** L'evoluzione geomorfologica è legata principalmente all'azione di dilavamento con erosione ad opera degli atmosferili. I fenomeni erosivi (per lo più lineari) sono maggiormente pronunciati nelle zone più acclivi e dove è presente una coltre areata-alterata di spessore significativo (>2m).
  
- Aree a mediocre stabilita' naturale.** L'evoluzione geomorfologica è legata essenzialmente ad opera degli atmosferili con conseguente filtrazione idrica episuferficiale, stagionale, subparallela al pendio, responsabile di frequenti fenomeni soliflussivi nell'ambito della coltre areata-alterata (deformazioni plastiche superficiali).
  
- Aree in frana o a precaria stabilita' naturale.** La presenza di una spessa coltre areata-alterata a frazione silto-argillosa prevalente permeabile alle precipitazioni stagionali e le condizioni morfo-idrologiche locali (pendii articolati con relativo disordine idrografico), creano uno stato di precaria stabilita' dei versanti comportando talora un'evoluzione geomorfologica mediante movimenti gravitativi (frane essenzialmente del tipo scorrimento-colamento).
  
- Aree di fondovalle del Fiume Tammaro.** L'evoluzione geomorfologica si esplica attraverso le azioni di erosione (di fondo e spondale) e di deposizione ad opera del corso d'acqua. Tali azioni risultano più intense nell'area di alveo in s.s. mentre nelle zone marginali si possono risentire solo in occasione di eventi pluviometrici eccezionali.

## **GEOLOGIA E GEOLITOLOGIA - ASSETTO GEOLOGICO E STRUTTURALE REGIONALE E LOCALE**

### **1) INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE**

In questo paragrafo verranno richiamati i tratti essenziali dell'assetto geologico e strutturale della catena dell'Appennino Meridionale, in modo da definire l'area di studio nel complesso quadro geologico regionale. L'inquadramento geologico regionale di questo settore di catena Appenninica è basato sui dati discussi fino ad oggi nella letteratura geologica esistente. Le varie unità tettoniche-stratigrafiche affioranti nell'area in esame sono attribuite, secondo gli ultimi dati di letteratura, **all'Unità del Fortore, all'Unità di Frigento e all'Unità della Valle del Tammaro**, che costituiscono gran parte di questo settore della catena dell'Appennino Meridionale.

### **2) EVOLUZIONE TETTONICA DELL'APPENNINO MERIDIONALE**

La catena Appenninica deriva dalla deformazione di settori paleogeografici posti nella parte meridionale della Tedita, in prossimità del margine continentale nord-africano (*D'Argenio, 1980, Channel et alii, 1979*). L'apertura del tirreno determina un regime compressivo che si propaga verso oriente, provocando la deformazione dei domini della Piattaforma Appenninica.

Il primo edificio a falde di ricoprimento è stato notevolmente disarticolato, soprattutto nei settori assiali ed interni della catena, da faglie a basso angolo (*Oldow et alii, 1993, Ferranti et alii, 1996*) e da faglie normali e trascorrenti ad alto angolo durante il Quaternario (*Cinque et alii, 1993; Hyppolite et alii, 1994*).

Alcuni autori in vari lavori a scala regionale (*Malinverno & Ryan, 1986; Patacca & Scandone, 1989; Patacca et alii, 1990, 1992; Cinque et alii, 1992; Hippolyte et alii, 1994a*), individuano due fasi tettoniche che hanno interessato l'Appennino. In una prima fase, che va dal Cretacico medio al Tortoniano superiore, caratterizzata dalla convergenza tra la placca Africana e quella Europea che causa la collisione tra il blocco Corso-Sardo ed il margine continentale Apulo, il quale causa la deformazione dei domini interni Calabride, Liguride e Sicilide. Tra l'Oligocene ed il Miocene inferiore si verifica l'apertura del bacino Provenzale, (*Kastens et alii, 1988; Sartori et alii., 1989*)

considerato come bacino di retroarco, che ha causato in seguito la rotazione del blocco Corso-Sardo, inteso come un arco vulcanico. Una seconda fase evolutiva che ha inizio nel Tortoniano superiore, determina la distensione tra l'arco vulcanico (blocco Corso-Sardo) e la root-zone dell'Appennino, con la conseguente apertura del bacino Tirrenico. Questo cambiamento del regime tettonico determina il trasporto dei lembi più interni della catena sul margine occidentale del Tirreno, mentre parte dei lembi del blocco Corso-Sardo "*Cristallino Calabro*" migrano sul margine orientale dello stesso.

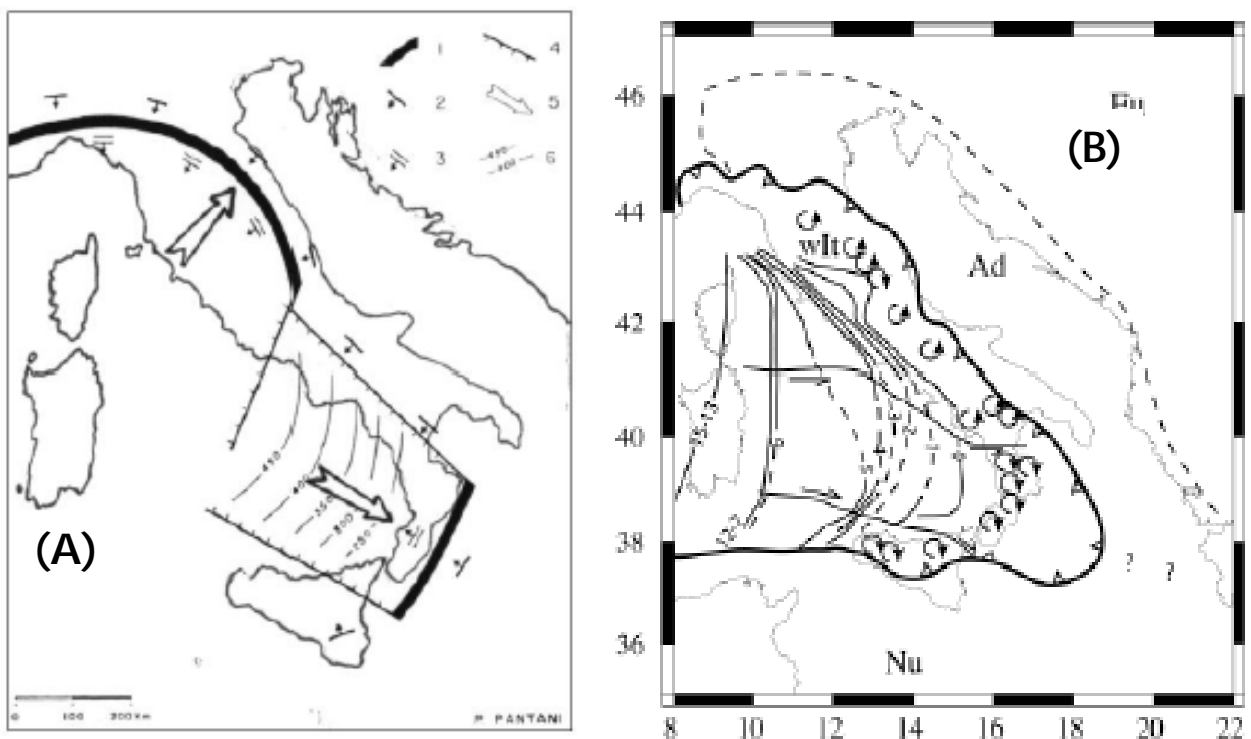
In questa seconda fase si instaura un regime tettonico distensivo, sul margine occidentale, e un regime compressivo, su quello orientale (*Malinverno & Ryan, 1986; Patacca & Scandone, 1989; Patacca et alii, 1990, 1992*). Situazione non definibile secondo gli autori (*Malinverno & Ryan, 1986; Patacca & Scandone, 1989; Patacca et alii, 1990, 1992*) con i meccanismi classici della tettonica a zolle, perché le direzioni di convergenza tra la placca Africana ed Europea sono orientati all'incirca N-S, invece la tettonogenesi si sposta verso i settori orientali.

Il meccanismo proposto dagli autori per risolvere la controversa situazione tettonica invoca ad un modello di movimento di roll-back and retreat della placca Adriatica messo in atto dal passivo affondamento della placca Africana in subduzione.

Pertanto gli Autori considerano la catena Appenninica composta da due grandi strutture ad arco separate da una discontinuità crostale denominata linea *Ortona-Roccamonfina*, una settentrionale e l'altro meridionale, sviluppatasi con differenti stili tettonici e diverse entità di raccorciamento e rotazione. Il diverso stile tettonico che caratterizza i due archi Appenninici è confermato dal fatto che il settore meridionale del bacino tirrenico ha subito una estensione di gran lunga maggiore rispetto al settore settentrionale.

Nel lavoro di Patacca et alii (1990) l'autore definisce un arco appenninico settentrionale, caratterizzato da una deformazione che è avvenuta, in una prima fase da occidente verso oriente in un periodo compreso tra il Tortoniano e lo Zancleano e successivamente da una seconda fase, esplicatasi da SO verso NE, definita da sovrascorrimenti disposti in imbricate-fans che ha determinato la formazione di bacini di piggy-back.

L'arco appenninico meridionale, dal Pliocene superiore fino al Pleistocene inferiore, ha subito prima una deformazione da Ovest verso Est ed in seguito da NO verso SE, con uno stile tettonico tipo duplex dove le unità interne sono avanzate e sovrascorse al tetto delle unità più esterne. La differente evoluzione tettonica dei due archi secondo gli autori è dovuta alle diverse densità della litosfera che causa differenti velocità di subduzione. A questa suddivisione della catena Appenninica è associata una bipartizione del Bacino Tirrenico in settori separati da un lineamento che corre approssimativamente lungo il 41° parallelo; il settore meridionale ha subito un'estensione nettamente maggiore di quello settentrionale, con la formazione di due piccole aree a crosta oceanica (*Patacca et alii, 1990*).



**(A) Relazione cinematica tra l'arco appenninico settentrionale e Meridionale in tempi successivi al Siciliano.**

- 1) zona di flessione della litosfera;
- 2) immersione dell'avampaese evidenziato dalle isobate del Pliocene inferiore;
- 3) immersione della litosfera in subduzione passiva;

- 4) tear faults che connettono settori di litosfera a diversa immersione e a diverso tasso di arretramento flessurale;
- 5) vettori di trasporto orogenico;
- 6) isobate della zona di Benioff nell'area del Tirreno Meridionale (Patacca et al., 1990)

**(B) Avanzamento del fronte appenninico e senso di rotazione delle strutture tettoniche nell'Appennino settentrionale e meridionale.**  
(Rosenbaum & Lister, 2004)

La differenza di stile tettonico che caratterizza i due archi appenninici sono deducibili anche dai dati paleomagnetici. Infatti, le strutture dell'Appennino Centro-Settentrionale sono caratterizzate da rotazioni orarie e antiorarie sui fianchi delle strutture arcuate e da rotazioni antiorarie nell'arco del Gran Sasso (*Dela Pierre et alii, 1992*); (*Speranza et alii, 2003*) e da rotazioni orarie e antiorarie di blocchi limitati da faglie trascorrenti (*Mattei et alii, 1995*).

Contrariamente l'Appennino meridionale è caratterizzato da rotazioni esclusivamente antiorarie, come osservato nella struttura del Matese-Frosolone, dove sono stati calcolati 35° di rotazione antioraria (*Speranza et alii, 1998*). Altre differenze tra i due archi possono essere ricercate anche nel differente grado di coinvolgimento del basamento nella catena.

Secondo alcuni autori (*Bally et alii, 1986*) la propagazione dello scollamento coinvolge anche il basamento profondo, mentre l'Appennino meridionale sarebbe condizionato da una deformazione di tipo thick skin con duplex profondi e fuori sequenza (*Patacca & Scandone, 1989*).

**3) STRUTTURA DELL'OROGENE SUD APPENNINO –**

**La catena Appenninica, come descritto in precedenza, è suddivisa in due archi principali separati dalla linea Ortona-Roccamonfina** (*Patacca & Scandone, 1989*), **corrispondenti geograficamente all'Appennino centro settentrionale e l'Appennino meridionale - arco calabro.** Strutturalmente la catena è formata dalla sovrapposizione di unità tettoniche riferibili a diversi domini paleogeografici, che da

oriente verso occidente risulta suddiviso in diversi settori, rappresentati da:

**Avampaese:** (*Murge – Gargano - penisola salentina - ible*) costituito fondamentalmente da successioni mesozoiche in facies di piattaforma carbonatica, aventi spessori che in corrispondenza della piattaforma continentale raggiungono i 6000 m (*Mostardini & Merlini, 1986*). L'Avampaese affiora dal Gargano alla piana del Salento spostandoci dal Gargano, verso il sottosuolo bradanico i depositi passano in facies di scarpata.

**Avanfossa Bradanica:** Procedendo da est verso ovest, si passa dall'Avampaese all'avanfossa, colmata da depositi clastici di ambiente continentale e marino (*Plio-Pleistocenici*) con spessori che raggiungono l'ordine del migliaio di metri e noti in letteratura come **Unità Bradanica**.

Al disotto dei depositi dell'Unità Bradanica si trova l'unità **Apula** caratterizzata da una serie di faglie dirette che la ribassano a gradinata. Tale struttura sepolta rappresenta la monoclinale regionale del sistema orogenetico sud-appenninico. (*Butler et alii, 2004, Mazzoli, 2000*)

**La catena esterna** si estende dal margine interno dell'avanfossa fino all'asse della catena, ed è costituita dalle unità tettoniche dell'orogene e dalle relative coperture. Il fronte è embriciato ed è costituito da successioni deposte in ambiente di avanfossa ed in bacini di piggy-back deformati dalla migrazione delle avanfosse mioplioceniche (*Patacca et alii, 1990*).

**Tali unità si compongono dal basso verso l'alto da:**

**a) Le Unità Molisane**, si compongono di quattro sub-unità (*Patacca et alii, 1990*) disposte da est verso ovest dall'unità Daunia, di Tufillo, di Agnone e di Frosolone. L'unità della Daunia e di Tufillo sono caratterizzate da depositi di scarapata-bacino (*Oligocene - Miocene superiore*). Mentre l'Unità di Agnone e soprattutto l'Unità di Frosolone sono caratterizzate carbonatici e terrigeni (*Cretacico- Miocene superiore*)

**b) L'Unità Matese-Monte Maggiore** (*Giurassico-Miocene*) è costituita da depositi di piattaforma per uno spessore di circa 3000 m, coperti da depositi miocenici in facies di scarpata-bacino affiorante in larga



parte nell'area del Matese e nelle zone limitrofe del settore laziale campano.

**c) L'Unità Sannitica** è costituita da depositi carbonatici e terrigeni, deposti in facies di scarpata-bacino ed affioranti in modo continuo in una vasta area compresa tra il confine campano molisano e la Lucania. Costituita secondo molti autori (*Selli, 1962; Dazzaro et alii, 1988; Patacca et alii, 1988; 1992a, 1992b; Pescatore et alii, 1994, 1996; Di Bucci et alii, 1999; Di Luzio et alii, 1999; Scrocca & Tozzi, 1999; Pagliaro, 1999, 2000*) da depositi di peliti policrome, marne silicizzate e risedimenti calcarei bioclastici, di età supramiocenica-inframiocenica, passanti verso l'alto a quarzoareniti Langhiane "*Flysch Numidico*" e ad areniti arcosiche-litiche post numidiche del Serravalliano, (*Patacca et alii, 1988; Dazzaro et alii, 1988*).

**La catena interna** è posta tra l'asse della catena e il margine tirrenico. Essa è costituita da due gruppi di unità alloctone, generate dalla deformazione di unità meso-cenozoiche di piattaforma carbonatica e di bacino (*D'Argenio et alii, 1986*). L'alloctono inferiore comprende l'unità di Lagonegro (*Triassico inferiore - Miocene*).

L'alloctono superiore che comprende le unità della piattaforma Campano Lucana auctorum, in cui si distinguono dal basso verso l'alto le unità tettoniche riferite ai monti della Maddelena-M. Marzano, il M. Alburno M. Cervati formato da depositi carbonatici del Triassico - Miocene inferiore; e il gruppo dei monti di Capri, M. Monna, M. Bulgheria, Foraporta e Verbicaro - San Donato, costituiti da depositi di scarpata bacino di età compresa tra il Trias superiore e il Miocene.

In posizione più interna geometricamente al disopra delle unità prima descritte si ritrovano unità derivate dalla deformazione di domini paleogeografici bacinali originariamente collocati su un substrato a crosta oceanica o di transizione (*Ogniben, 1969; Patacca e Scandone, 1989, Marsella et alii, 1992*).

Esse sono rappresentate dalle Unità Sicilidi e Liguridi. Le unità Sicilidi (*Ogniben, 1969*) sono costituite da depositi argillosi carbonatici risalenti al Cretaceo medio - Miocene.

Le unità Liguridi si differenziano oltre che per essere costituite da depositi terrigeni-carbonatici, per la presenza di ofioliti giurassiche al

confine calabro-lucano e relegate al dominio oceanico neo-tideo (*Ogniben, 1969; Bonardi et alii, 1992*).

Esse rappresentano un prisma di accrezione connesso alla subduzione cretacico-eocenica della crosta oceanica della neotetide alpina, a seguito della quale si è avuta la collisione dei blocchi continentali europeoafriano/Adria (*Carmignani & Kligfield, 1990*).

#### **4) INQUADRAMENTO GEOLOGICO DELL'AREA DI STUDIO**

Nel corso degli anni 2001-2003 per il progetto CARG, F. 419 "San Giorgio la Molara", sono stati eseguiti rilievi geologici di dettaglio (scala 1:10.000) che hanno riguardato il settore centrale dei Monti del Sannio, ubicato nel segmento molisano-sannitico dell'Appennino, compresa l'area del territorio di Molinara.

Gli studi, precedentemente menzionati, hanno introdotto nuove unità tettonico-strutturali esposte anche in alcune recenti pubblicazioni (*Pescatore T. S., Di Nocera S., Matano F., Pinto F., Quarantiello R., Amore O., Boiano U., Civile D., Fiorillo L., & Martino C. - Geologia del settore centrale dei monti del Sannio: nuovi dati stratigrafici e strutturali. Mem. Descr. Carta Geol. d'It. LXXVII (2008), pp. 77 - 94*). Nella seguente pubblicazione si riportano i dati relativi alla ricostruzione delle successioni sedimentarie pre-orogeniche delle unità tettono-stratigrafiche cartografate ed un preliminare inquadramento in termini di unità a limiti inconformi delle successioni sin-orogeniche mioceniche, diffusamente affioranti nell'area di studio, secondo i criteri già utilizzati in un precedente studio per l'area irpina (*Di Nocera et alii, 2006*).

L'analisi integrata dei dati stratigrafici e strutturali ha consentito, inoltre, una nuova interpretazione dell'evoluzione tettono-sedimentaria miocenica del settore sannitico.

Le unità tettono-stratigrafiche individuate costituiscono il margine della catena secondo una fascia ad andamento appenninico, e da occidente verso le aree esterne sono rappresentate da:

**a) L'Unità del Sannio** (*Dazzaro et alii, 1988; Pescatore et alii, 1996a; Centamore et alii, 1970, 1971*), formata dal basso verso l'alto, nell'area in esame, dalle formazioni del Flysch Rosso, del Flysch Numidico e da una successione arenacea post-numidica, denominata preliminarmente Successione di Fragneto Monforte.

L'unità è interpretata come la porzione superiore dell'Unità di Frigento (*Di Nocera et alii, 2002*), che viene riferita al margine settentrionale interno (*Di Nocera et alii, 2002*) del bacino lagonegrese-molisano (*Pescatore & Tramutuli, 1980; Pescatore et alii, 1996a, 2000; Di Nocera et alii, 2002, 2006*);

**b) L'Unità del Fortore** (*Dazzarro et alii, 1988; Pescatore et alii, 2000; Di Nocera et alii, 2006*), formata da unità litostratigrafiche di bacino pelagico meso-cenozoico, quali le Argille Varicolori del Fortore e la Formazione di Corleto Perticara, rappresentate da successioni multistratificate calcareo-marnoso-pelitiche; nella porzione miocenica prevalgono associazioni di litofacies arenitico-marnoso-pelitiche, espressione di una sedimentazione silicoclastica pre-orogena dapprima tuffitica e poi quarzarenitica di provenienza cratonica (Flysch Numidico) ed infine arcossica sinorogena di foredeep con le "Arenarie di San Giorgio" (*Selli, 1957; Quarantiello, 2003*).

Tale successione è riferita al settore assiale del Bacino lagonegrese-molisano (*Di Nocera et alii, 2002; 2006; Pescatore et alii, 1996a, 2000; Pescatore & Tramutuli, 1980*), che nel Miocene medio è sottoposto ad una fase di passaggio da dominio di avampaese ad un settore di avanfossa subsidente;

**c) L'Unità della Daunia** (*Senatore, 1988*), costituita dalle "Calcareniti, marne e argille del Monte Sidone" (*Russo & Senatore, 1989*), corrispondenti al "Flysch della Serra Funaro" (*Crostella & Vezzani, 1964*), dal "Flysch di Faeto" e dalle "Marne argillose del Toppo Capuana" (*Crostella & Vezzani, 1964*).

Tale successione, complessivamente di età Oligocene sup. - Messiniano, ha il carattere di un depocentro di sedimentazione di rampa carbonatica ed è generalmente riferita al margine esterno del bacino lagonegrese-molisano (*Pescatore et alii, 1996a; Di Nocera et alii, 2006*).

Patacca et alii (1990) considerano l'Unità Dauna come l'unità più esterna del dominio molisano, mentre Mostardini & Merlini (1986) la riferiscono al Bacino apulo, interposto tra la Piattaforma apula interna e la Piattaforma apula esterna;

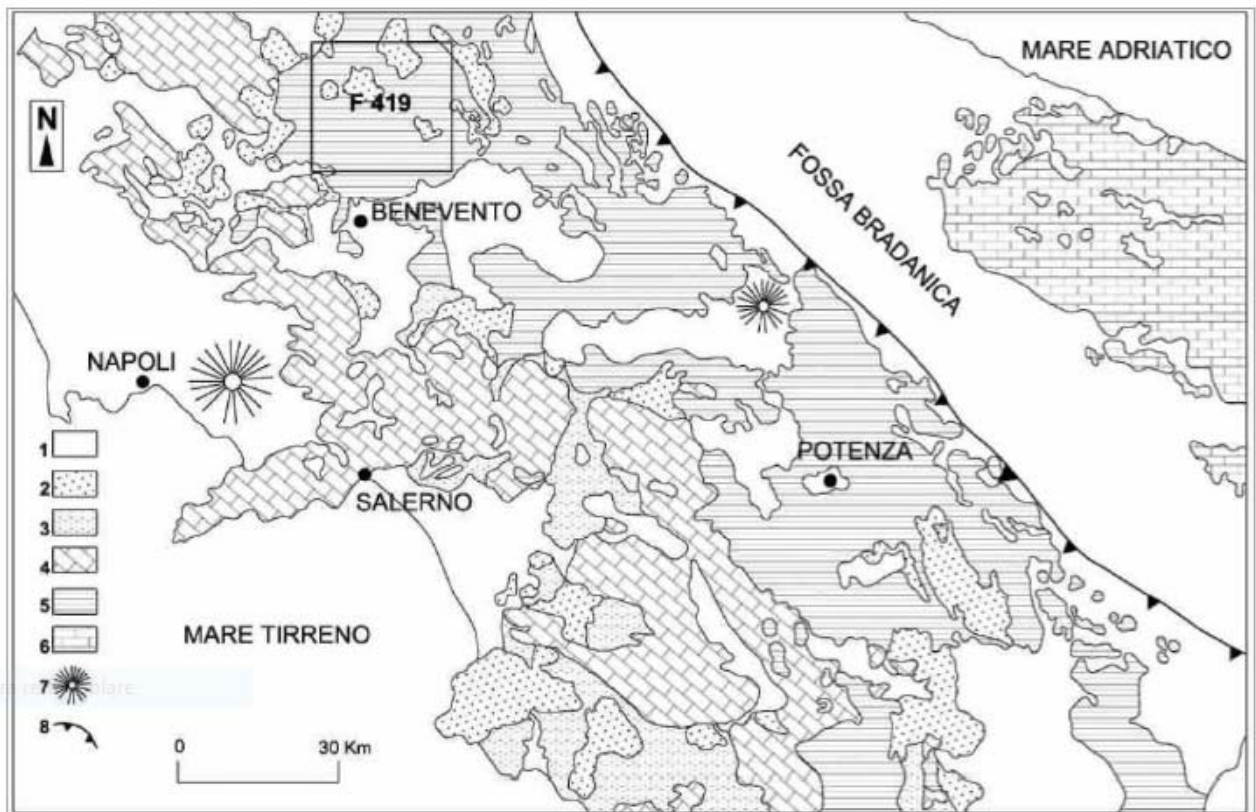
**d) L'Unità del Vallone del Toro** (*Basso et alii, 2001, 2002; Matano et alii, 2005*), costituita da una successione pelitico-evaporitica di età Tortonian-Messiniano; essa è composta da tre formazioni (*Basso et alii, 2002*):

- 1 - le "Argilliti policrome del T. Calaggio" (*Ciaranfi et alii, 1973*);
- 2 - le "Argilliti con gessi di Mezzana di Forte" (*Basso et alii, 2001*);

3 - le "Calcareni e marne dei Serroni" (*Basso et alii, 2002*).

L'unità è riferita al margine esterno del bacino lagonegrese-molisano o al Bacino apulo (*Matano et alii, 2003*).

Le ultime due unità affiorano generalmente ad est (*settore dauno*) e a sud (*settore irpino*) dell'area di studio.



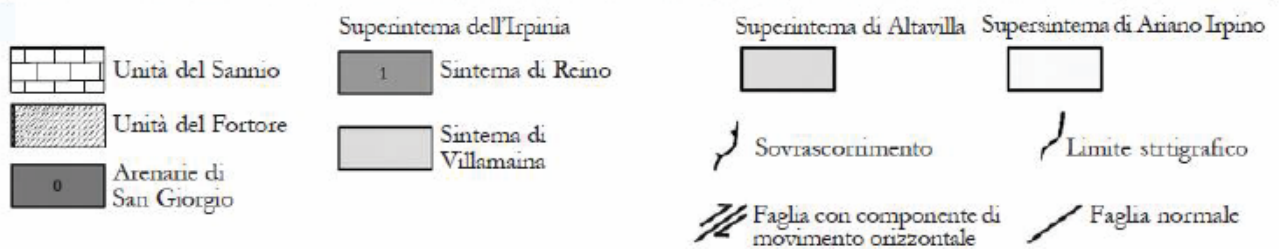
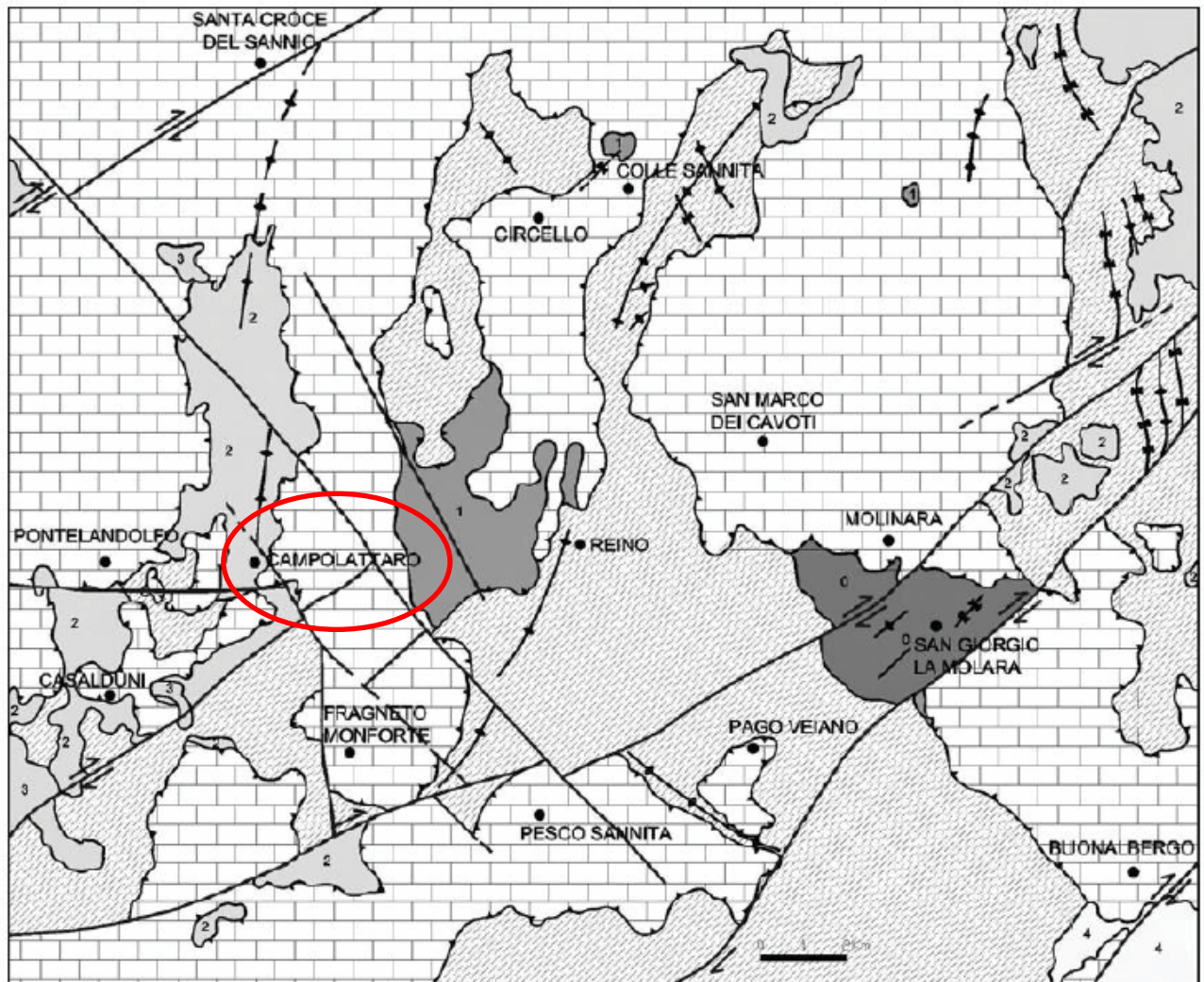
**Carta geologica schematica dell'Appennino meridionale.** Legenda: **1)** Depositi pliocenici e quaternari; **2)** Depositi sin-orogenici miocenici; **3)** Unità Sicilide e Liguride; **4)** Unità della piattaforma carbonatica sud-Appenninica; **5)** Unità del Bacino Lagonegrese-Molisano; **6)** Unità Apula; **7)** Edifici vulcanici; **8)** Limite ipogeo della catena.

Sulle unità tettono-stratigrafiche precedentemente citate poggiano in discordanza depositi sinorogenici prevalentemente silicoclastici di età compresa tra il Serravalliano ed il Messiniano e più raramente successioni plioceniche.

Queste successioni sono inquadrabili in almeno tre unità a limiti inconformi di primo ordine, quali il Supersistema dell'Irpinia,

comprendente la Successione di Reino, la Successione di Omo Morto, il Flysch di San Bartolomeo e le Arenarie di Caiazzo, il Supersistema di Altavilla ed il Supersistema di Ariano Irpino (*Di Nocera et alii, 2006*), in prevalenza riferibili a wedge top basin.

### SCHEMA TETTONICO DEL SETTORE CENTRALE DEI MONTI DEL SANNIO





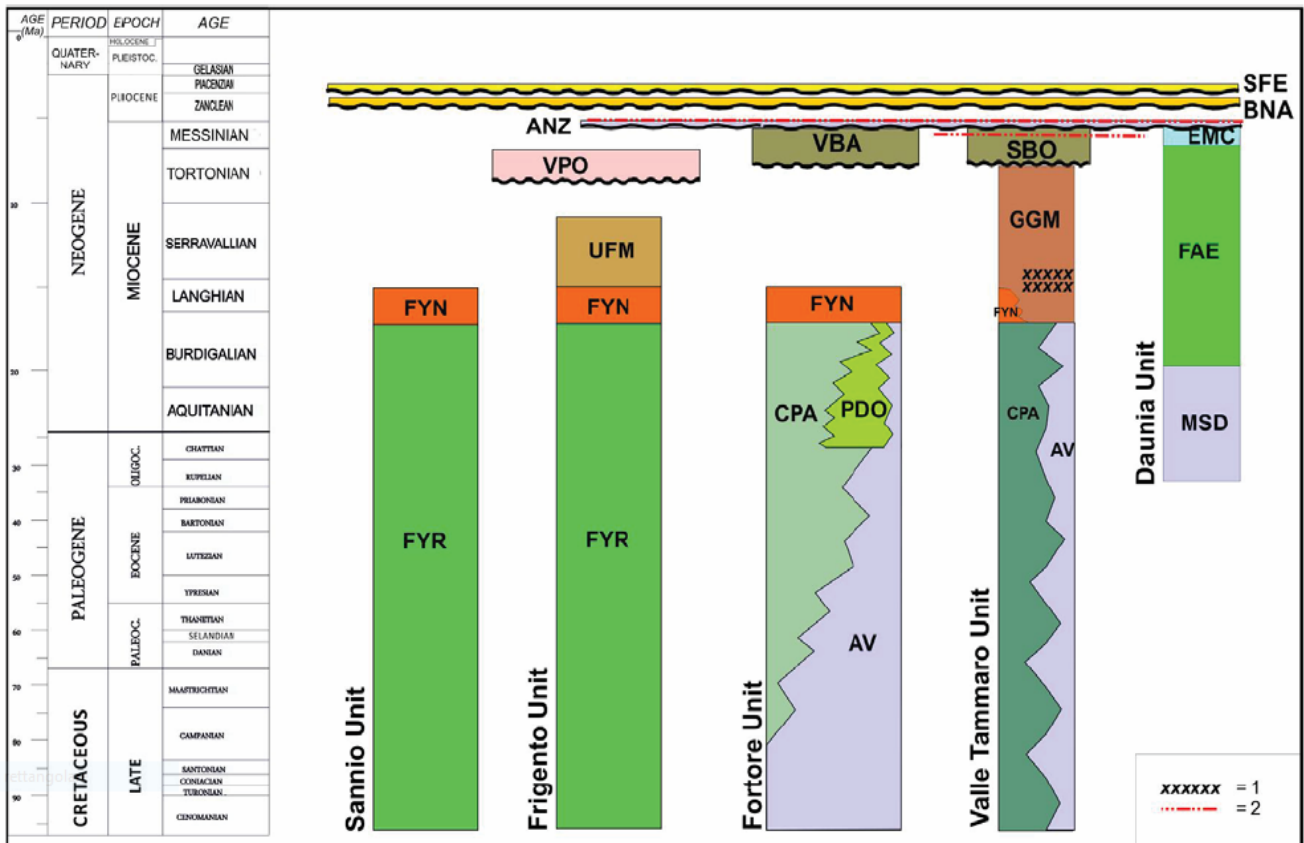
La ricostruzione dell'assetto strutturale e il tipo di rapporto spazio-temporale della sedimentazione silicoclastica con il substrato meso-cenozoico hanno permesso di descrivere, per il settore di studio, un'embricazione prevalente est-vergente di pieghe associate a faglie inverse entro sovrascorrimenti di estensione regionale in sovrapposizione verso i quadranti nord-orientali (*Pescatore et alii, 2000; Di Nocera et alii, 2006*). Le sovrapposizioni tettoniche sono complicate da una strutturazione polifasica (*Pinto, 1993*), che distingue una deformazione pre e sin-sradicamento della copertura sedimentaria meso-cenozoica. Quest'ultimi aspetti dell'assetto tettonico sembrano essersi generati precedentemente e successivamente alla giustapposizione della Unità del Sannio sull'Unità del Fortore, e quindi contemporaneamente alla sedimentazione dei depositi silicoclastici alto-miocenici; ciò in quanto l'assetto strutturale esprime anche la presenza di lineamenti tettonici a componente di movimento prevalentemente orizzontale, che hanno condizionato la sovrapposizione tettonica con profondità dei piani di taglio ed entità di accorciamento differente, producendo associazioni strutturali precoci non conformi all'orientazione più generale delle strutture tettoniche plio-pleistoceniche; in seguito faglie normali hanno sezionato il precedente assetto nel Pleistocene.

Più recentemente, Di Nocera, Matano & F. Pinto, 2011 e Matano, Critelli, Muto e Di Nocera, 2014, raccolgono e analizzano nuovi dati petrografici, geologici e stratigrafici del settore esterno dell'Appennino Sannitico-Irpino e definiscono i rapporti esistenti tra le unità tettoniche già introdotte da Pescatore et alii, 2008.

Le unità tettoniche, di Frigento e della Valle del Tammaro, sono qui costituite dal basso verso l'alto, dal flysch Rosso, dal flysch Numidico e dalla formazione di Fragneto Monforte la prima.

Mentre, la seconda è costituita dalla Formazione di Corleto Perticara eteropica con le Argille Varicolori, dal Flysch Numidico e dalla formazione di San Giorgio.

Su tali successione sono presenti i depositi silicio-clastici tardo orogenetici, come il flysch di San Bartolomeo, Villanova del Battista, molasse di Anzano ect., secondo lo schema proposto nella figura alla pagina successiva.



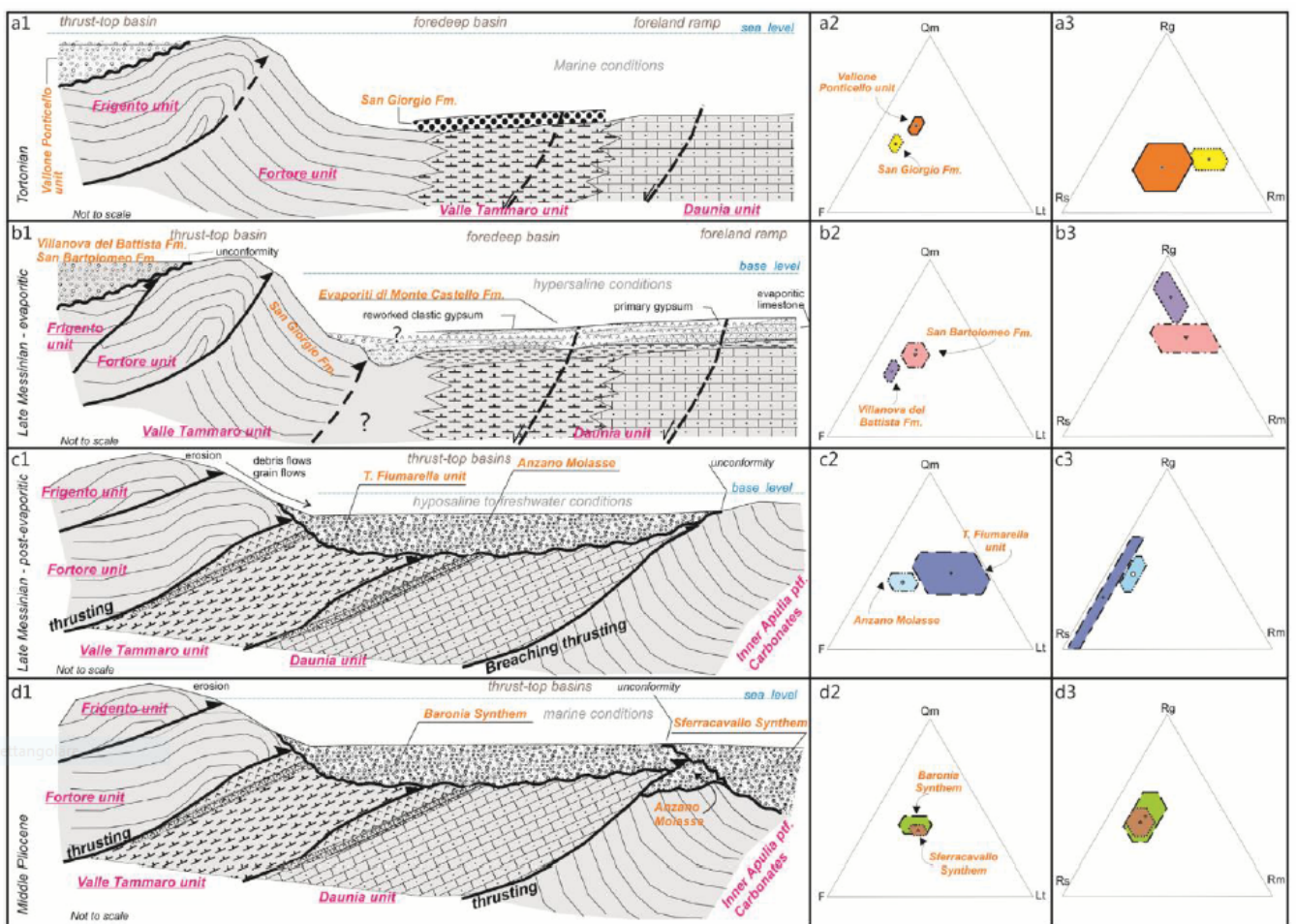
Schematic Stratigraphic relations from the Miocene to Pliocene stratigraphic units and scheme of tectonic units (Upper Cretaceous e Miocene). Legend: FYR, "Flysch Rosso" Fm.; FYN, Numidian Flysch Fm.; AV, "Argille Variegatei" Group; UFM, Fragneto Monforte unit; CPA, Corleto Perticara Fm.; PDO, Paola Doce Fm.; GGM, San Giorgio Fm.; MSD, Mt. Sidone Calcarenes, marls and clays Fm.; FAE, Faeto Flysch Fm.; EMC, Monte Castello Evaporites Fm.; VPO, Vallone Ponticello Fm.; VBA, Villanova del Battista Fm.; SBO, San Bartolomeo Fm.; ANZ, Anzano Molasse Fm.; BNA, Baronia Synthem; Sferracavallo Synthem; 1. Omo Morto succession; 2. Volcaniclastic sampled layers

Le unità di silico-clastiche studiate dagli autori sopra citati possono essere raggruppati in cinque intervalli chiave:

- a) Flysch Numidico, del Langhiano-Serravalliano, sono depositi quarzoarenitici con successive successioni post-Numidiche, formati da depositi arenacei-pelitici e arenarie arcose (foreland depozone);
- b) Langhiano-Tortoniano flysch di San Giorgio, per lo più composto da arenarie quarzoso-feldspatiche (depozone avanfossa);
- c) Tortoniano-Messiniano inf., arenarie quarzoso-feldspatiche e in parte sedimenti carbonato-clastici, successioni di bacini di top-thrust (Vallone Ponticello, Villanova del Battista e San Bartolomeo).;

d) Messiniano, arenarie quarzo-feldspatiche e quarzo-litiche (Torrente Fiumarella, Anzano Molasse e unità Tufo-Altavilla), che può essere riferito a bacini chiusi di top-thrust; e) Pliocene, limiti discordanti quarzoso-feldspatiche, strati di arenaria (cuneo-top di depozone), caratterizzato da attività tettonica sin-sedimentaria.

Lo schema sotto illustrato raffigura la sequenza temporale tra il Tortoniano e il Pliocene medio che ha caratterizzato questo settore di Appennino meridionale. Lo schema sotto illustrato raffigura la sequenza temporale tra il Tortoniano e il Pliocene medio che ha caratterizzato questo settore di Appennino meridionale.



**Scheme of the tectono-stratigraphic (a) and detrital modes (b e c) evolution from Tortonian to Middle Pliocene in the Irpinia-Sannio sector of the southern Apennine**

L'area oggetto di studio in conclusione presenta terreni e strutture tettoniche relative alla fase **tardo-orogenetica di costruzione**

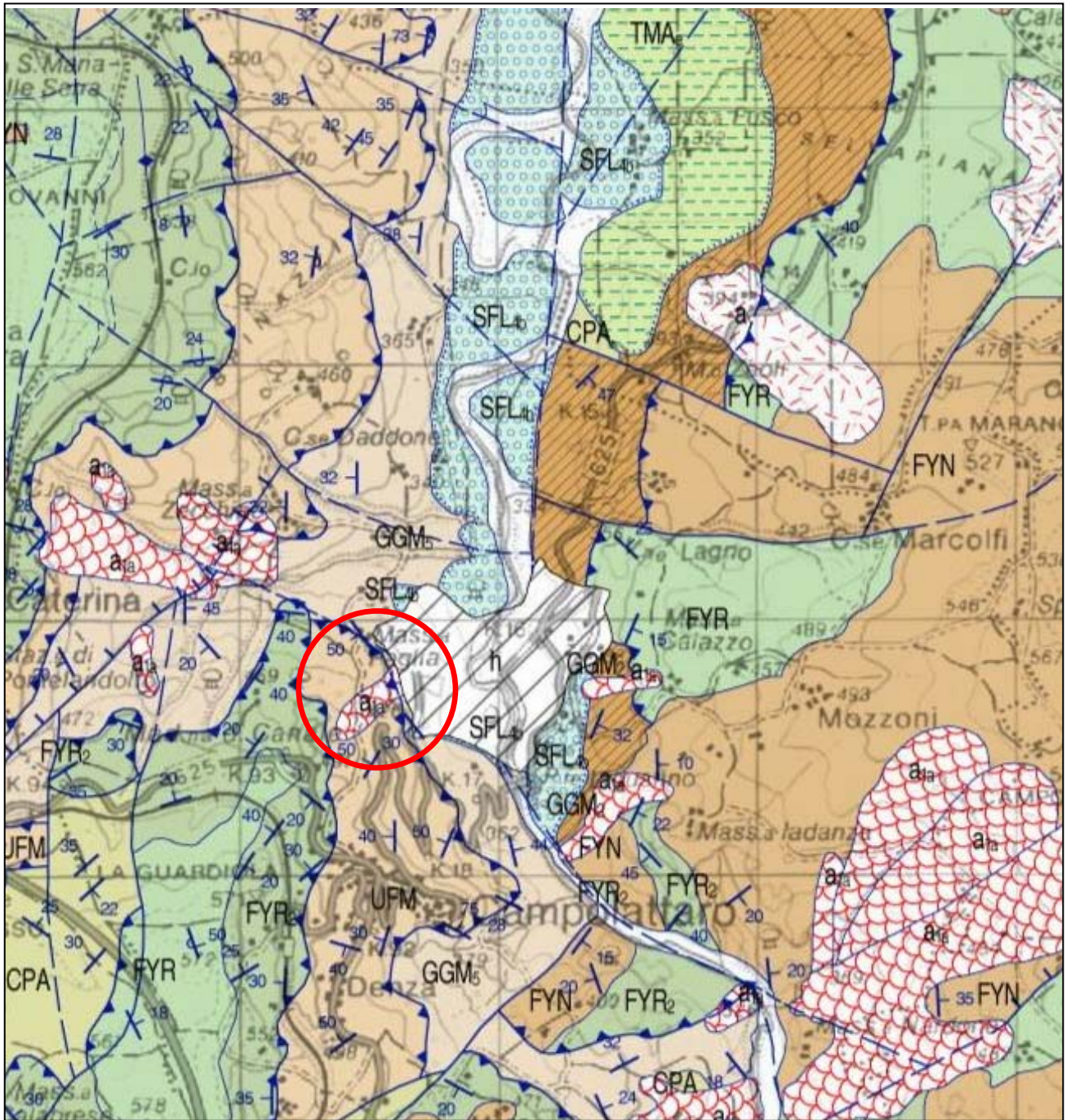
**dell'Appennino Meridionale** e più in particolare **del settore campano-molisano**. Più in generale il quadro geologico aggiornato del settore appenninico nel quale ricade l'area in esame, desunto da lavori pubblicistici al riguardo, ha permesso di ricostruire le condizioni stratigrafiche e paleogeografiche pre-deformative e di illustrare i rapporti tra evoluzione tettonica e sedimentazione sinorogenica. In Italia Meridionale, nel settore che comprende Campania, Basilicata e Puglia, procedendo da Ovest verso Est, si riconoscono principalmente tre distinti elementi tettonici di un sistema orogenico adriatico-vergente: la Catena, rappresentata dall'Appennino Campano-Lucano, la fossa Meridionale denominata Avanfossa Bradanica e l'Avanpaese rappresentato dalla Regione Apulo-Garganica. Nel dettaglio:

- **Catena Appenninica s.s.**, costituita da una serie di coltri di ricoprimento a convergenza adriatica e dai depositi di riempimento di bacini che si impostavano sulle falde in avanzamento. Le coltri e i depositi raggiungono anche i 15.000 m di spessore e la loro messa in posto avviene essenzialmente durante il Miocene;
- **Avanfossa Bradanica**, composta da terreni plio-quadernari, con spessori che superano i 3000 m, i quali colmano una depressione dovuta al ribassamento a gradinata dei carbonati costituenti l'Avanpaese ed in parte sono sepolti sotto le falde appenniniche;
- **Avanpaese Apulo**, che rappresenta una successione di carbonati neritici mesozoici dello spessore superiore anche ai 6000 m, poggiante su di un basamento non affiorante (*D'Argenio et alii, 1975*), ed in graduale approfondimento verso SW al di sotto delle coltri appenniniche. L'Appennino meridionale è dunque considerato un edificio tettonico a coltri di ricoprimento dove l'attuale assetto strutturale è stato determinato essenzialmente dalle fasi tettoniche mioceniche e plio-quadernarie, che hanno modificato il quadro paleogeografico mesozoico dato da fasce deposizionali (*piattaforme e bacini*), distribuite parallelamente al margine continentale.

In riferimento alle sequenze geologiche presenti nella ristretta area oggetto del presente studio è utile illustrare le ultime condizioni e quindi gli ambienti deposizionali intervenuti nelle ultime fasi di innalzamento della catena nonché di recenti e recentissimi depositi legati primariamente alle naturali dinamiche continentali di erosione trasporto di tipo fluviale e fluvio lacustre. Si riportano pertanto stralci del **Foglio Geologico scala 1:100.000 n. 173 "BENEVENTO"** e del nuovo **Foglio Geologico scala 1:50.000 n. 419 "SAN GIORGIO LA MOLARA"**.



STRALCIO CARTA GEOLOGICA "SAN GIORGIO LA MOLARA"  
FOGLIO 419  
SCALA 1:50.000





## LEGENDA



h

### Depositi antropici *ATTUALE*

Materiali di risulta e di riporto; riempimenti di discariche. Spessore pochi metri.

a<sub>1a</sub>

### Deposito di frana *OLOCENE - ATTUALE*

Depositi prevalentemente argillosi e marnosi con frammenti litoidi di calcilutiti, calcareniti ed arenarie, con assetto caotico. Spessore fino a una decina di metri.

b<sub>a</sub>

### Depositi alluvionali *OLOCENE - ATTUALE*

Sabbie e ghiaie poligeniche, paraconglomerati a matrice sabbioso-limosa, con livelli decimetrici di sabbie limose e limi argillificati. Depositi fluviali in alveo e di golena; depositi di conoide torrentizia attiva. Spessore di alcuni metri.

SFL<sub>4b</sub>

### subsistema del Fiume Ufita *OLOCENE*

Ghiaie eterometriche, prevalentemente calcaree, clasto-sostenute con matrice sabbiosa e con intercalazioni di lenti sabbioso-limose. Alluvioni terrazzate poste fino a + 5-10 m sul letto del fiume. Spessore inferiore alla decina di metri.

FYR<sub>2</sub>

FYR

### membro diasprigno *CRETACICO SUPERIORE*

Alternanze di argille marnose e siltose e argilliti, calcilutiti grigio-verdastre laminate, marne calcaree, argille silicifere nerastre, diaspri, calcari marnosi diasprigni. Stratificazione sottile, piano-parallela. Base non esposta; verso l'alto parziale eteropia a FYR<sub>2</sub>. Successioni di bacino, formate da emipelagiti e flussi gravitativi distali. Spessore circa 50 m.

FYR<sub>1</sub>

## UNITA' TETTONICA DELLA VALLE DEL TAMMARO

GGM<sub>5</sub>

### membro arenaceo-calcareo-pelitico (GGM<sub>5</sub>)

Areniti micacei e litici, siltiti, arenarie calcaree, calcari marnosi in strati sottili, argilliti e marne argillose. Poggia con contatto parzialmente eteropico sul membro GGM<sub>3</sub>. Ambiente di conoide distale. Associazioni a nannoplancton della zona MNN8a, della zona MNN9 e della zona a *Minylitha convallis*; associazioni a foraminiferi della zona MMi5b e della zona MMi8. Spessore 70 - 100 m.

### *SERRAVALLIANO SUPERIORE - TORTONIANO MEDIO*



UFM

### formazione di Fragneto Monforte *LANGHIANO SUPERIORE p.p. - SERRAVALLIANO p.p.*

Arenarie quarzose e quarzolitiche-feldspatiche in strati e banchi massivi, e quarzosiltiti argille ed argille marnoso-siltose. Limite inferiore graduale e concordante su FYN. Depositi bacinali terrigeni da flussi torbiditici distali ed emipelagiti. Associazioni a nannoplancton della zona MNN5c alla base della formazione e della zona MNN6b nella parte superiore; associazioni a foraminiferi dalla zona MMi5a alla zona MMi8. Spessore circa 150 m.



FYN

### flysch numidico *BURDIGALIANO SUPERIORE - LANGHIANO SUPERIORE p.p.*

Quarzareniti in strati e banchi, talora gradati, con clasti di quarzo; alla base sottili intercalazioni di argille siltoso-marnose. Limite inferiore concordante e graduale su AV, CPA<sub>b</sub> e PDO. Depositi bacinali terrigeni da flussi gravitativi ed emipelagiti. Associazioni a nannoplancton della zona MNN4a alla base ed associazioni a foraminiferi della zona MMi5a. Spessore circa 60 m.

**DEPOSITO DI FRANA ANTICA (a1a)** - corpi di frana formati da depositi prevalentemente argillosi o argilloso-marnosi con frammenti litoidi di calcilutiti, calcareniti ed arenarie, con assetto caotico. Lo spessore è variabile da pochi metri a una decina di metri a seconda del cinematismo del processo franoso. **L'età è riferibile all'Olocene - Attuale.**

**DEPOSITI ALLUVIONALI (ba)** - Lungo le aste fluviali e torrentizie (*fiumi Tammaro, Calore, Fortore e Miscano, e torrenti Tammarecchia, Reinello, Lente, ecc.*) si rinvengono lembi di sabbie e ghiaie poligeniche, e di paraconglomerati a matrice sabbioso-limosa con sabbie limose in strati decimetrici e limi argillificati. Trattasi di depositi fluviali in alveo e di gola e di depositi di conoide torrentizia attiva. Lo spessore può essere di alcuni metri. **L'età è riferibile all'Olocene - Attuale.**

**SUBSISTEMA DEL FIUME UFITA (SFL4b)** - Si rinviene con continuità sia in destra che in sinistra, lungo il corso attuale del F. Calore. Il subsistema è dato da ghiaie eterometriche, prevalentemente carbonatiche, clasto-sostenute con matrice sabbiosa e da sabbie con intercalazioni di lenti argilloso-limose. Lo spessore è generalmente di alcuni metri e non supera la decina di metri. Si tratta di alluvioni terrazzate poste fino a + 5-10 m sul letto del fiume.  
**L'età è riferita all'Olocene.**

**FLYSCH ROSSO (FYR)** - La formazione del Flysch Rosso, introdotto in letteratura da SCANDONE (1967-1972), è costituita da alternanze di calcari e marne rosse in strati e banchi fino ad un metro di spessore. Gli strati calcarei sono costituiti da calcareniti grigio-verdastre con alveoline, nummuliti e orbitoidi, calcilutiti grigiastre e biancastre, in strati e banchi massivi, con stratificazione irregolare e diffuse fratture verticali, calcari cristallini saccaroidi biancastri e grigio avana con vene spatiche, calcareniti e calcilutiti gradate intercalate a calcilutiti sottili e medie parzialmente silicizzate, e da orizzonti argilloso-marnosi grigiastri; nella parte alta si rinvengono intercalazioni di marne argillose ed argilliti rossastre. La formazione affiora con due membri, quali un membro diasprigno (**FYR1**) in posizione basale ed un membro calcareo (**FYR2**) eteropico alla formazione. Il limite inferiore non è esposto, mentre la formazione passa in continuità verso l'alto all'unità FYN. Lo spessore è di difficile valutazione per l'elevato stato della tettonizzazione ma comunque è valutabile intorno ai 400 m.

**Membro diasprigno (FYR1)** - è costituito da alternanze di argille marnose e siltose, argilliti grigio-verdognole e rosso-brune con laminazione piano-parallela e/o ondulata, calcilutiti fini grigio-verdastre laminate, marne calcaree, marne e marne calcaree silicifere con marcata laminazione da piano-parallela a ondulata da corrente di torbida, argille silicifere nerastre, diaspri di colore rosso-bruno e nerastro, calcari marnosi diasprigni giallastri. Tali alternanze affiorano alla base della formazione in strati sottili e piano-paralleli o con giunti leggermente ondulati.

**Membro calcareo (FYR2)** - è costituito da calciruditi con clasti a spigoli vivi ed arrotondati e calcareniti a grana grossa con clasti di argilla, calcari grigiastri e biancastri, in strati e banchi massivi con diffuse fratture verticali e calciruditi grigio chiaro ricristallizzate con frammenti di calcari con rudiste, calcareniti in strati medi e spessi di colore bianco intercalate a brecce ricristallizzate e calciruditi policrome a cemento verde e marrone; brecce calcaree costituite da clasti e frammenti di strato di litotipi riferibili ad ambienti di piattaforma carbonatica, cui sono associate brecciole calcaree a macroforaminiferi (*Nummulites* e *Lepidocyclina*); calcareniti grigio-verdastre con alveoline, nummuliti e orbitoidi, associate a calciruditi e brecciole calcaree; calcari grigiastri e biancastri, in strati e banchi massivi, con stratificazione irregolare e diffuse fratture verticali; calcari cristallini saccaroidi biancastri e grigio avana con vene spatiche, a luoghi ridotti a brecce di frizione; subordinatamente strati calciruditi a frammenti di rudiste con stratificazione irregolare, a luoghi con macroforaminiferi tipo orbitoidi, frammenti di calcari di scogliera. I banchi di spessore metrico di calcari massicci e brecce calcaree mostrano amalgamazione erosiva interna e poggiano a luoghi con basi erosive su calcareniti e calcilutiti gradate intercalate a calcilutiti sottili e medie parzialmente silicizzate. Buoni affioramenti sono visibili nei pressi di Capo di Bove, a **Campolattaro** e nei dintorni dell'abitato di Casalduni. In loc. Guardiola nei pressi di **Campolattaro** affiora una successione potente almeno 60 metri in cui si rinvencono alla base, per alcune decine di metri, argille marnose ed argilliti con intercalazioni di calcareniti e calcilutiti grigie e nerastre in strati centimetrici, verso l'alto seguono calcilutiti e calcareniti in strati centimetrici localmente silicizzati.

**L'età è riferibile al Cretaceo Superiore.**

**MEMBRO ARENACEO-CALCAREO-PELITICO (GGM5)** - è formato da sottili intercalazioni di areniti a grana medio-fine, micacee e litiche, siltiti grigiastre, arenarie calcaree, calcari marnosi in strati sottili, argilliti

e marne argillose nerastre, riferibili a torbiditi sottili con laminazioni piano/oblique e convolute; si rinvengono subordinate arenarie a grana media in banchi massivi. A nord **di Campolattaro, in loc. M.ria Paglia** nella finestra tettonica della valle del Tammaro, sul versante in destra orografica è presente una successione ben esposta del membro GGM5 spessa circa 60 metri, in cui per i primi 30-40 metri inferiori si osservano marne argillose, argille marnose, e siltiti ricche in muscovite di colore grigio scuro che si presentano in strati e straterelli con spessore variabile da qualche millimetro ad alcuni centimetri con laminazione obliqua e convoluta da riferire a torbide distali. Verso l'alto la successione presenta un incremento sia granulometrico che di spessore degli strati, con una maggiore frequenza di arenarie in strati e banchi di spessore da 30-40 cm, fino anche al metro, a cui si intercalano argille marnoso-siltose di colore grigio e marne e siltiti. Gli strati immergono verso SW con inclinazione di 20°-30°. Le arenarie presentano molto quarzo, per lo più a spigoli vivi, con subordinati clasti litici, la matrice è abbondante ed il cemento è calcareo. **L'età è riferita al Serravalliano Superiore - Tortoriano Medio.**

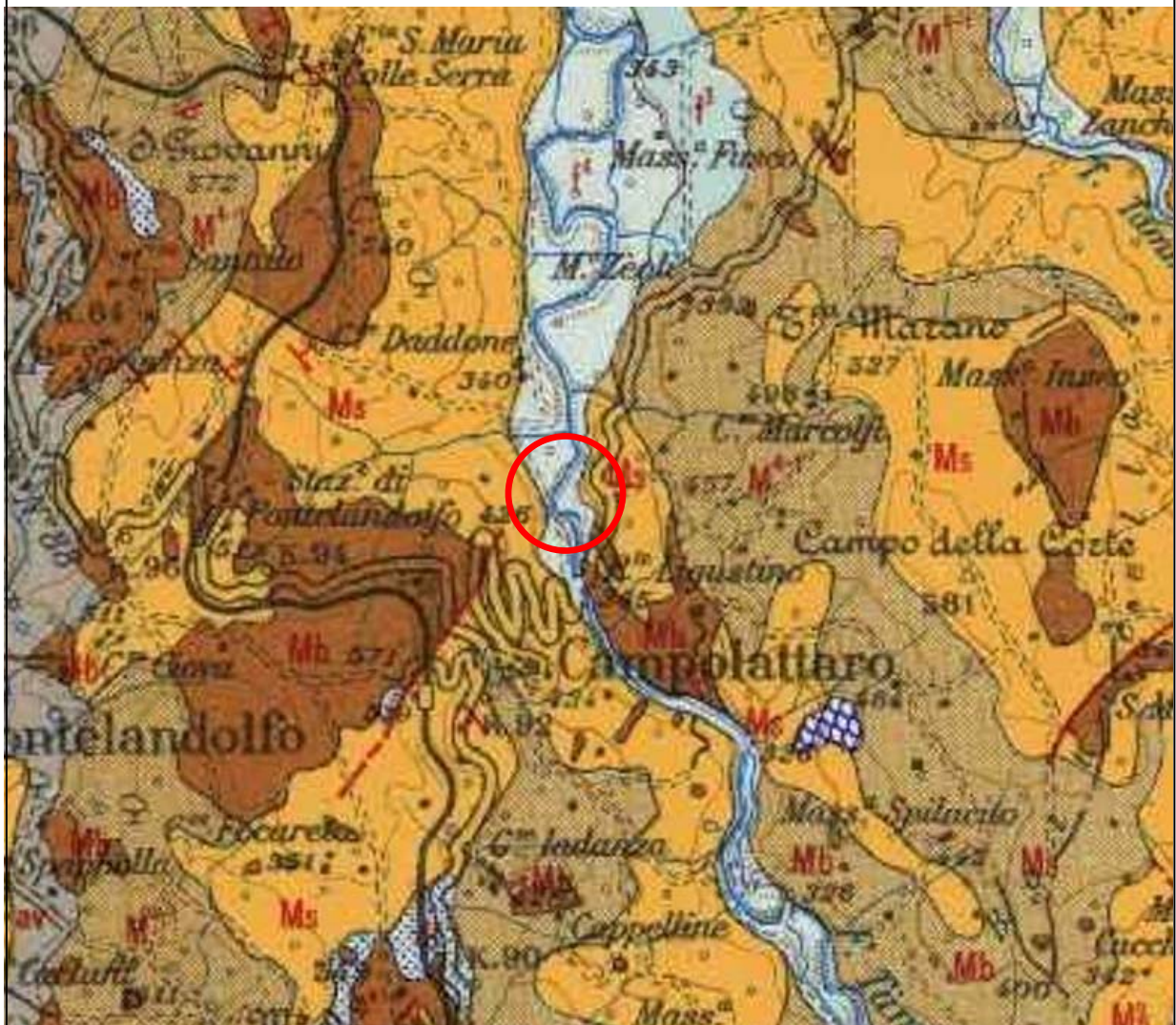
**FORMAZIONE DI FRAGNETO MONFORTE (UFM) - [Formazione interessata dalla Casa di Guardia]** - In continuità di sedimentazione sui terreni del flysch numidico è presente una successione arenaceo-pelitica "*post-numidica*", indicata come formazione di **Fragneto Manforte (UFM)**, costituita da strati e banchi massivi di arenarie quarzose e quarzoso-litiche-feldspatiche giallastre a grana media e fine, alternate ad argille ed argille siltose verdastre e grigie. I migliori affioramenti sono visibili sia a nord che a sud dell'abitato di Fragneto Monforte, dove la formazione è rappresentata principalmente da strati torbiditici con spessore degli strati variabili da decimetrico a centimetrino. Le arenarie sono essenzialmente a grana medio-fine, con numerosi granuli di quarzo ben arrotondati, mentre la porzione pelitica degli strati è ricca in mica (muscovite). In corrispondenza di strati più spessi, in cui è osservabile il livello gradato, le arenarie sono chiaramente arcoseo-litiche e si riscontrano granuli di quarzo numidico. In località Madonna (*versante sinistro del Vallone S. Giovanni*), la successione prevalentemente torbiditica è costituita da arenarie fini pelitiche, laminate, ricche in mica e da arenarie più grossolane arcoseo-litiche, in cui oltre al quarzo numidico si è osservata la biotite; nella successione si rinvengono almeno tre olistoliti calcarei

allineati lungo il versante. I grossi blocchi sono costituiti da calcari di piattaforma attribuibili al Cretacico superiore. L'assetto stratigrafico di UFM nell'area di Fragneto Monforte è molto articolato, infatti la successione verso nord si presenta sempre rovesciata e verso sud è in giacitura normale. In particolare immediatamente ad est del centro storico di Fragneto, sotto la successione rovesciata, si riconoscono, nei campi arati, calcareniti e marne rosse; ancora più a sud la successione non rovesciata poggia sull'unità quarzarenitica, di cui però non si conosce la polarità, almeno in questa zona. Il limite inferiore è graduale e concordante su FYN; su di essa poggia con un limite inconforme l'unità UMR. Lo spessore complessivo è valutabile in circa 150 metri. Questi terreni rappresentano la sedimentazione bacinale "post-numidica" concordante, costituita da depositi bacinali terrigeni da flussi torbiditici distali ed emipelagiti, riferibile ad un depocentro non deformato di avanfossa. **L'età dell'unità sulla base dei dati biostratigrafici e dei rapporti stratigrafici è riferita al Langhiano superiore p.p. – Serravalliano p.p.**

**FLYSCH NUMIDICO (FYN)** - Il flysch numidico è presente nel settore orientale del foglio, principalmente nei dintorni di Molinara e di S. Giorgio La Molara, presenta estensione e spessore più ridotti rispetto alla medesima formazione che si rinvengono nelle unità tettoniche del Sannio e di Frigento. L'unità è costituita da quarzoareniti grigiastre o giallastre, in strati medi e sottili, gradati, a cemento siliceo ed in matrice argillosa, con clasti di quarzo arrotondati e smerigliati, a grana variabile da fine a grossolana. Nella porzione basale si rinvengono intercalate arenarie micacee giallastre a luoghi laminate ed argille siltose e marnose, calcareniti, marne siltose e calcari parzialmente silicizzati; subordinatamente arenarie quarzoso-litiche, a luoghi laminate. Le migliori esposizioni si rinvengono nel settore orientale dell'area in studio. In loc. Acquabianca, tra il T. Santo Spirito ed il T. delle Pertiche, si rinvengono una successione spessa complessivamente 60 m, alla cui base si riconoscono arenarie quarzoso-litiche e micacee, generalmente alterate e di colore rosso bruno, con rare intercalazioni di argille siltose grigie. Verso l'alto questi termini litologici passano a quarzareniti giallastre a grana da media a grossolana, in banchi molto spessi e massivi, senza strutture interne. Lo spessore è stimato in circa 60 m. **L'età dell'unità è riferibile al Burdigaliano superiore - Langhiano superiore p.p**



STRALCIO CARTA GEOLOGICA "BENEVENTO" FOGLIO 173  
 SCALA 1:100.000



Depositi ciottolosi e sabbiosi delle alluvioni attuali e recenti; ghiaie e sabbie di fondovalle, di golena e di riempimento degli alvei abbandonati dei maggiori corsi di acqua.



Sabbioni ed arenarie grigio-giallastre, talora gradate, spesso con granuli di quarzo arrotondato; argille arenacee grigio-azzurrognole, talora alternanti a livelli di calcareniti e di marne; lenti di puddinghe poligeniche. Microfauna: *Globigerina* spp., *Orbulina universa* d'ORB., *O. bilobata* d'ORB., *Globaquadrina altispira* (CUSH. & JARV.), *G. dehiscens* CHAP., PARR & COLL. (Ms).  
 Breccie, calcareniti, arenarie quarzose e calcari cristallini, talora con liste e noduli di selce, associate, nella parte basale, a livelli di marne ed argille policrome e talvolta anche di diaspri bruni e rossastri; marne policrome, scagliettate, con intercalazioni di calcari a zonature cristalline, calcareniti e brecciole, trasgressive sulle formazioni mesozoiche, (Piani di Prata III NO, Colle della Noce, S. di Vitulano III NE). (Mb).

La zona di stretto interesse, compresa nel **foglio 173 "Benevento"**, geologicamente fa parte della cosiddetta depressione ***molisana – sannitica*** ed è caratterizzata dalla presenza di terreni in facies di flysch appartenenti a formazioni diverse. Si rilevano i seguenti termini da i più antichi ai più recenti:

- \* Complesso delle argille varicolori (*Aquitaniense Oligocene p.p.*);
- \* Formazione Marnoso Arenacea (*Tortoniano*);
- \* Formazione delle arenarie molassiche (*Miocene Superiore*);
- \* Depositi alluvionali (*Quaternario*);
- \* Coltre detritica.

**Complesso delle Argille Varicolori** - nella zona di sbarramento affiorano soltanto sul versante destro ed a quote molto più alte rispetto alla quota di coronamento della diga. **Litologicamente sono rappresentate da argille e argille siltose di colore rosso, violaceo, verdi e grigiastre, con intercalazioni di calcilutiti e calcareniti bianco avana.** Dal punto di vista strutturale i litotipi argillosi si presentano spesso scagliosi, mentre gli strati lapidei intercalati risultano fratturati e disarticolati. In corrispondenza del contatto tettonico con la sottostante Formazione Marnoso- Arenacea, infine, le Argille Varicolori si presentano fortemente rimaneggiate e plastiche.

**Formazione Marnoso Arenacea** - così definita dalla letteratura, rappresenta la **formazione geologica di base**, costituendo il bedrock del rilevato della diga, nonché in prevalenza i terreni interessati dagli scarichi di fondo e di superficie. Litologicamente è costituita da una successione **sedimentaria a carattere flyschoida, rappresentata da marne argillose, argille marnose, arenarie più o meno siltose.** Queste ultime sono prevalentemente quarzose micacee, a cemento calcareo o calcareo-marnoso. Il grado di cementazione è variabile localmente passando da termini a consistenza lapidea a termini a consistenza molassica. Sotto il profilo strutturale l'ammasso risulta interessato da numerosi sistemi di discontinuità primaria e secondaria che, intersecandosi, riducono la roccia ad un ammasso di poliedri di volume molto variabile.

**Formazione delle Arenarie Molassiche** - affiorano in placche discontinue scampate all'erosione, su ambedue i versanti della zona di imposta diga. Litologicamente trattasi di **arenarie massicce** o mal

stratificate a **composizione quarzoso-micacea-feldspatica**, giallastre e/o grigiastre ed a **cemento calcareo o calcareo-argilloso**. Il grado di consistenza varia notevolmente da punto a punto in funzione della natura e della quantità del cemento.

**Depositi Alluvionali** – tali depositi, asportati a seguito della costruzione della diga, sono costituiti nella parte bassa da **ghiaie eterometriche e poligeniche** (*con ciottoli di derivazione appenninica*) e nella parte più superficiale da **sabbie e sabbie limose inglobanti rari ciottoli**.

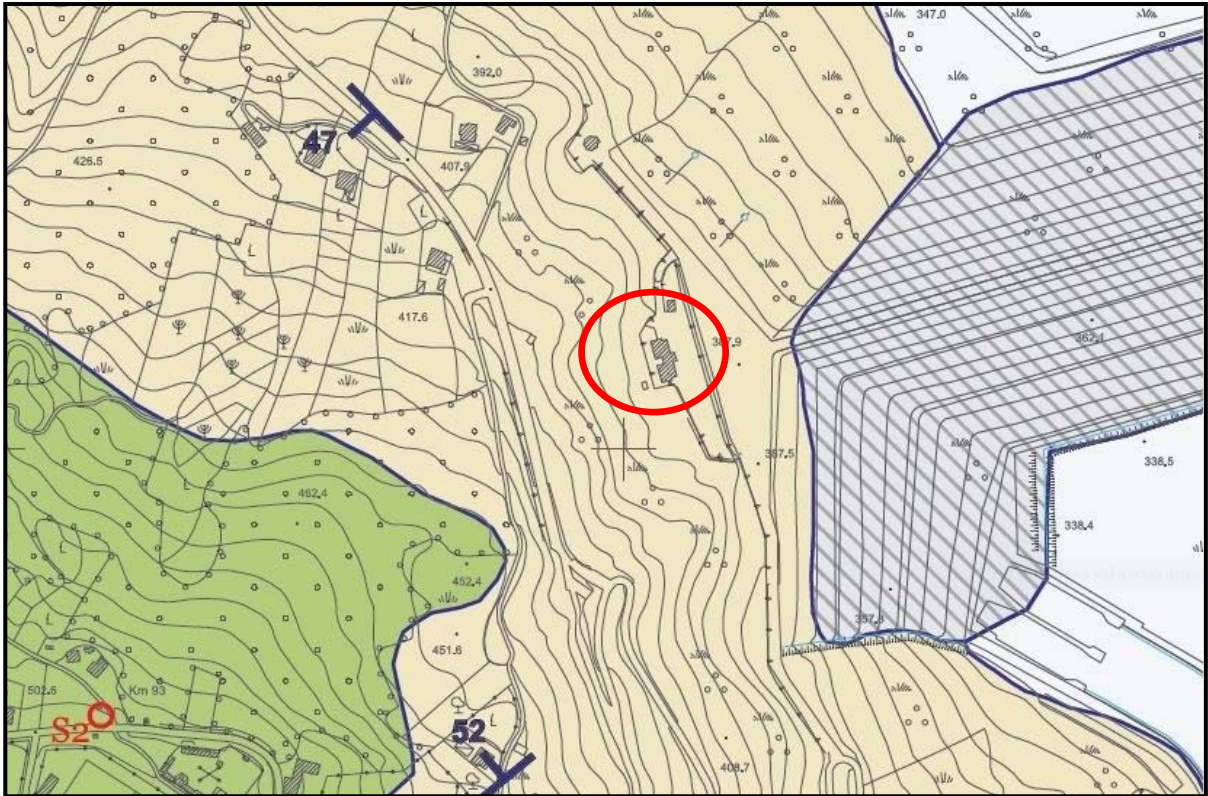
**Coltre Detritica** - questa copertura, prodottasi in parte per il disfacimento dei terreni sottostanti, in parte a seguito dei numerosi movimenti franosi antichi e recenti, è presente in maniera pressoché continua nell'area in esame.






**Sotto il profilo litologico** sono stati riconosciuti due tipi litologici fondamentali: il primo è costituito dai **prodotti di disfacimento della Formazione Marnoso Arenacea**, rappresentati da **pezzame lapideo di natura arenaceo e/o marnosa**, immersi in una **matrice limoso-argillosa**; il secondo, più eterogeneo, è costituito dal disfacimento della formazione richiamata, dei corpi **olistostromali delle Argille Varicolori**. I due tipi litologici coprono diffusamente i versanti della valle del Fiume Tamaro, compreso il settore vallivo della zona di imposta diga. In aree piuttosto ristrette e comunque non cartografabili, la coltre detritica comprende **depositi argilloso-limosi** di colore giallastro, ricchi di sostanze vegetali, con inglobati **elementi lapidei di natura calcarea ed arenacea**. Verosimilmente si tratta di depositi colluviali formati in avvallamenti del terreno imputabili a depressioni di retrofrana. La potenza della coltre detritica è mediamente pari a 12-13 metri, con punte max dell'ordine di 20 metri.

Si riporta infine, alla pagina successiva, lo **stralcio della Carta Geolitologica del PUC vigente del Comune di Campolattaro**.



STRALCIO CARTA GEOLITOGICA  
DA PUC VIGENTE COMUNE DI CAMPOLATTARO



Depositi Marini		Depositi Continentali
Depositi di Bacino	Depositi di Bacino sintettonico (Flysch)	
		
		
		
		
		

**Legenda:**

**Depositi Alluvionali.** Ghiaie poligeniche, sabbie, sabbie siltose con ghiaia, siltiti sabbiose e Siltiti argillose. OLOCENE

**Sedimenti marnoso-arenacei** Strati o bancate di arenarie giallastre, minerologicamente e tessituralmente immature, a grana medio-grossa, da litoidi ad alterate in sabbie molto addensate con intercalati livelli talora prevalenti di argille siltose, siltiti argillose e marne di colore verdognolo e grigiastro MIOCENE SUP.

**Sedimenti argillo-marnosi.** Strati contorti e scompagnati di argille, siltiti argillose, marne argillose e marne di colore grigio, verdastro e rosso vinato, fissili con interstrati litoidi fratturati di calcari marnosi, calcilutiti e calcareniti biancastre ed avana. EOCENE-OLIGOCENE.

**Sedimenti calcareo-marnosi.** Strati e bancate di calcareniti, calciruditi e brecciole calcaree (talora a matrice argillosa), litoidi mediamente fratturati con in subordine intercalazioni di "pacchi" di marne fogliettate rossastre, marne siltose e marne argillose rosso-vinate e verdognole, fissili ed a consistenza da media ad elevata. Nelle porzioni basali della successione risultano frequenti le intercalazioni di straterelli di selci brunastre, rossastre e marrone-giallastre. PALEOCENE-EOCENE.

Corpo diga

## ***ASPETTI LITOSTRATIGRAFICI E GEOTECNICI***

Dall'esame di tutti i dati geognostici a disposizione si deriva un quadro litologico di substrato che conferma, nelle linee generali e di locale dettaglio, la situazione geologico formazionale precedentemente illustrata. Dalle correlazioni si deriva inoltre uno schema di substrato (*in Orizzonti Litologici*) contraddistinto con le sigle **OL/1, OL/2, OL/3, OL/4, OL/5 e OL/6**. (*vedere in merito la sezione litostratigrafica allegata alla presente relazione*):

Tale suddivisione schematica dei terreni si è resa necessaria atteso che gli stessi presentano una struttura sedimentaria eterogenea, dovuta, localmente, alla sovrapposizione di lenti allungate, talora con stratificazione incrociata. Ciò determina una successione irregolare dei tipi litologici a caratteristiche geologico-tessiturali variabili sia in senso orizzontale che in quello verticale. La complessità di tali parametri è stata risolta suddividendo, come detto, i terreni in "**Orizzonti Litologici Tipo**", definiti in base a criteri statistici, per i quali gli orizzonti stessi vengono caratterizzati dalle proprietà granulometriche del tipo sedimentario prevalente. La successione, dall'alto verso il basso, si configura come in appresso:

### **OL/1 Orizzonte litologico 1**

Conglomerato bituminoso e massicciata costituita da inerti prevalentemente calcarei a spigoli vivi centimetrici. Lo **spessore** dell'orizzonte litologico si attesta a circa **metri 0,80 (S1 e S2)**.

### **OL/2 Orizzonte litologico 2**

Limo debolmente argilloso e sabbioso di colore grigio-marrone talora giallo-avana con livelli sabbiosi, plastico con inclusi clasti sparsi di dimensioni millimetriche, umido al top. (*Struttura caotica*). Questo orizzonte litologico è stato **intercettato** da circa **metri 0,80** a circa **metri 3,30 (S1)** e da circa **metri 0,80** a circa **metri 4,00 (S2)** (*spessore medio circa metri 3,65*)



### **OL/3 Orizzonte litologico 3**

Limo debolmente argilloso, raramente sabbioso, di colore giallastro con sfumature grigiastre e rari noduli giallastro-marroni, leggermente plastico (solido-plastico). Presenza di minuti clasti biancastri millimetrici. Questo orizzonte litologico è stato **intercettato** da circa **metri 3,30** a circa **metri 5,80 (S1)** e da circa **metri 4,00** a circa **metri 10,40 (S2)** (*spessore medio circa metri 7,20*)

### **OL/4 Orizzonte litologico 4**

Limo debolmente argilloso di colore grigio e grigio verdastro con abbondanza di clasti sparsi millimetrici a spigolii vivi. Leggermente umido con livelletti generalmente plastici (*solido-plastico*). Questo orizzonte litologico è stato **intercettato** da circa **metri 5,80** a circa **metri 10,20 solo nel sondaggio (S1)** (*spessore circa metri 4,40*)

### **OL/5 Orizzonte litologico 5**

Limo debolmente argilloso di colore grigio e grigio scuro con all'interno abbondanti clasti sparsi di natura prevalentemente calcarea da millimetrici a centimetrici (*più rari*) a spigoli vivi, leggermente umido con livelletti generalmente plastici (*solido-plastico*). Questo orizzonte litologico è stato **intercettato** da circa **metri 10,20** a circa **metri 16,00 solo nel sondaggio (S1)** (*spessore circa metri 5,80*)

### **OL/6 Orizzonte litologico 6**

Limo debolmente argilloso di colore grigio e grigio scuro con livelli argillo-marnosi talvolta scagliettato, compatto, rara la presenza di livelletti a debole plasticità. Questo orizzonte litologico è stato **intercettato** da circa **metri 16,00** a circa **metri 30,00 (S1)** [fine sondaggio] e da circa **metri 10,00** a circa **metri 15,00 (S2)** [fine sondaggio].

**Sotto il profilo geotecnico** dall'analisi di tutti i dati a disposizione si derivano, per gli **Orizzonti Litologici precedentemente individuati**, le seguenti caratteristiche più salienti tenendo presente che nel

complesso i terreni esaminati, sono caratterizzati da una variabilità, sia in senso orizzontale che in quello verticale delle proprietà geotecniche e geomeccaniche fondamentali.

**Per i calcoli geotecnici** si fa riferimento ai seguenti parametri, derivati come già detto, da prove di laboratorio geotecnico appositamente programmate ed eseguite (*vedere in merito per un esame di dettaglio la certificazione allegata alla presente relazione*).

**Sondaggio: S1 - Campione: C1 - Profondità (m.): 2,50 -3,00**

PESO SPECIFICO dei GRANI ( $\gamma_n$ ) **26,59** kN/m<sup>3</sup> - [**2,71** t/m<sup>3</sup>]

PESO DI VOLUME NATURALE ( $\gamma$ ) **17,99** kN/m<sup>3</sup> - [**1,83** t/m<sup>3</sup>]

CONTENUTO DI ACQUA ( $w_n$ ) % **22,67**

Indice dei vuoti ( $e^\circ$ ) **0,813**

Porosità ( $n$ ) % **48,85**

Grado di saturazione ( $S_r$ ) % **74,13**

Peso vol. secco ( $\gamma_d$ ) **14,66** kN/m<sup>3</sup> - [**1,49** t/m<sup>3</sup>]

Peso volume saturo ( $\gamma_{sat}$ ) **19,15** kN/m<sup>3</sup> - [**1,95** t/m<sup>3</sup>]

GRANULOMETRIA

Argilla (%) **2,30**                      Limo (%) **64,10**

Sabbia (%) **19,90**                      Ghiaia (%) **13,60**

Def. granulometrica (AGI): **limo sabbioso debolmente ghiaioso**

Angolo di attrito ( $\phi'$ ) **20,40°**

Coesione drenata ( $c'$ ) **8,9** kN/m<sup>2</sup> - [**0,09** Kg/cm<sup>2</sup>]

Coesione non drenata ( $c_u$ ) **31,20** kPa - [**0,32** Kg/cm<sup>2</sup>]

Mod. Edometrico ( $E_d$  tra 10<sup>2</sup> e 10<sup>3</sup> kPa) **7190** kN/m<sup>2</sup> - [**73,32** Kg/cm<sup>2</sup>]

LIMITI di ATTERBERG

Limite Liquido (%) **39,40** - Limite Plastico (%) **24,95** - Indice di Consistenza **1,20**

**Sondaggio: S2 - Campione: C1 - Profondità (m.): 2,50 -3,00**

PESO SPECIFICO dei GRANI ( $\gamma_n$ ) **26,63** kN/m<sup>3</sup> - [**2,71** t/m<sup>3</sup>]

PESO DI VOLUME NATURALE ( $\gamma$ ) **17,50** kN/m<sup>3</sup> - [**1,78** t/m<sup>3</sup>]

CONTENUTO DI ACQUA ( $w_n$ ) % **16,81**

Indice dei vuoti ( $e^\circ$ ) **0,777**

Porosità ( $n$ ) % **43,73**

Grado di saturazione ( $S_r$ ) % **57,60**

Peso vol. secco ( $\gamma_d$ ) **14,98** kN/m<sup>3</sup> - [**1,53** t/m<sup>3</sup>]

Peso volume saturo ( $\gamma_{sat}$ ) **19,36** kN/m<sup>3</sup> - [**1,97** t/m<sup>3</sup>]

GRANULOMETRIA

Argilla (%) **14,30**      Limo (%) **56,80**

Sabbia (%) **12,70**      Ghiaia (%) **16,30**

Def. granulometrica (AGI): **limo ghiaioso debolmente argilloso debolmente sabbioso**

Angolo di attrito ( $\phi'$ ) **19,20°**

Coesione drenata ( $c'$ ) **10,80** kN/m<sup>2</sup> - [**0,11** Kg/cm<sup>2</sup>]

Coesione non drenata ( $c_u$ ) **34,00** kPa - [**0,35** Kg/cm<sup>2</sup>]

Mod. Edometrico ( $E_d$  tra 10<sup>2</sup> e 10<sup>3</sup> kPa) **8666** kN/m<sup>2</sup> - [**88,36** Kg/cm<sup>2</sup>]

LIMITI di ATTERBERG

Limite Liquido (%) **37,27** - Limite Plastico (%) **21,08** - Indice di Consistenza **1,30**

**Sondaggio: S1 - Campione: C2 - Profondità (m.): 19,50 -20,00**

PESO SPECIFICO GRANI ( $\gamma_n$ ) **26,66** kN/m<sup>3</sup> - [**2,72** t/m<sup>3</sup>]

PESO DI VOLUME ( $\gamma$ ) **20,26** kN/m<sup>3</sup> - [**2,07** t/m<sup>3</sup>]

CONTENUTO DI ACQUA ( $w_n$ ) % **18,06**

Indice dei vuoti ( $e^\circ$ ) **0,553**

Porosità ( $n$ ) % **35,63**

Grado di saturazione ( $S_r$ ) % **86,98**

Peso vol. secco ( $\gamma_d$ ) **17,16** kN/m<sup>3</sup> - [**1,75** t/m<sup>3</sup>]

Peso volume saturo ( $\gamma_{sat}$ ) **20,72** kN/m<sup>3</sup> - [**2,11** t/m<sup>3</sup>]

GRANULOMETRIA

Argilla (%) **7,10**      Limo (%) **79,90**

Sabbia (%) **11,00**      Ghiaia (%) **2,00**

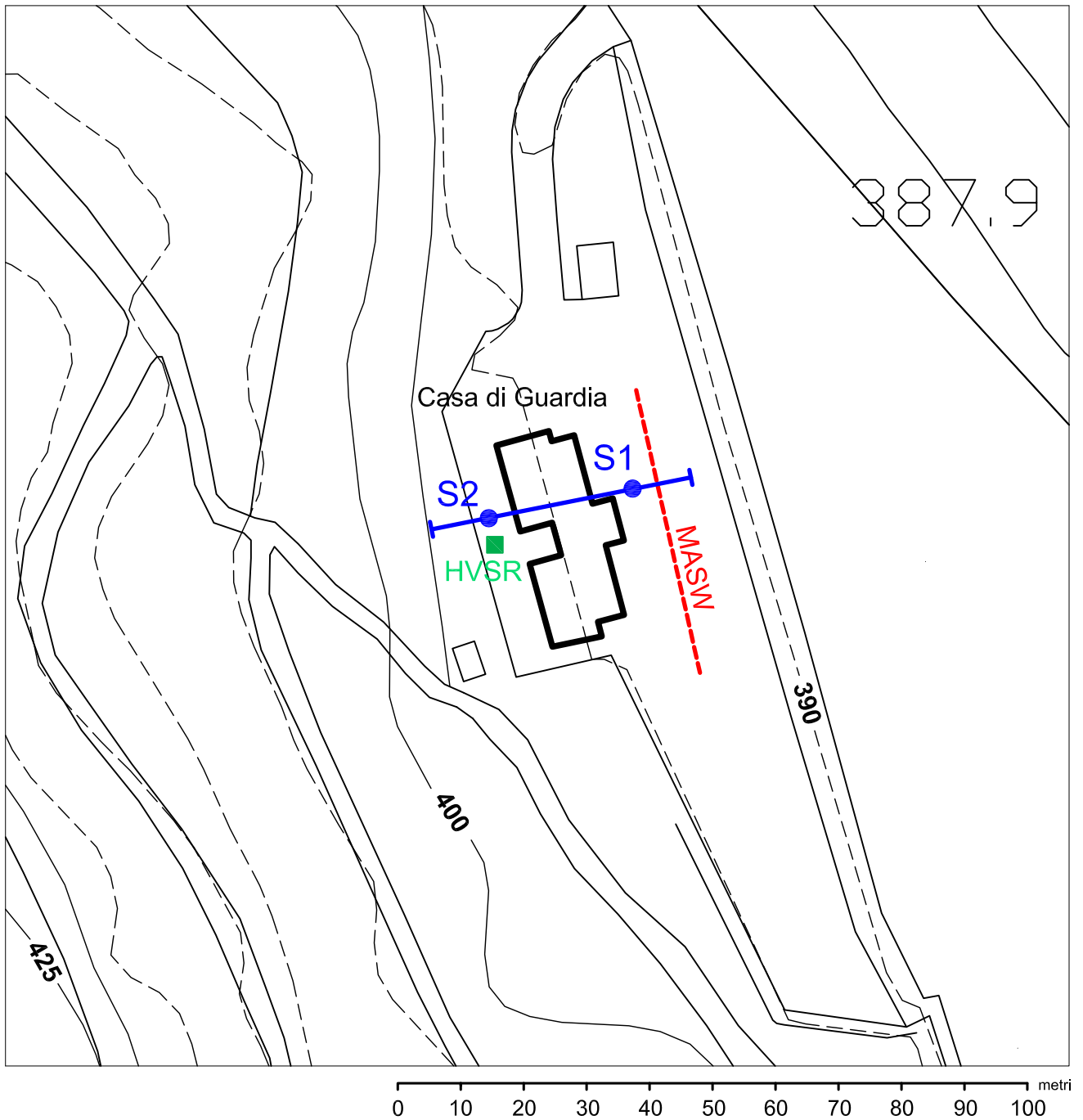
Def. granulometrica (AGI): **limo debolmente sabbioso debolmente argilloso**

Angolo di attrito ( $\phi'$ ) **23,00°**

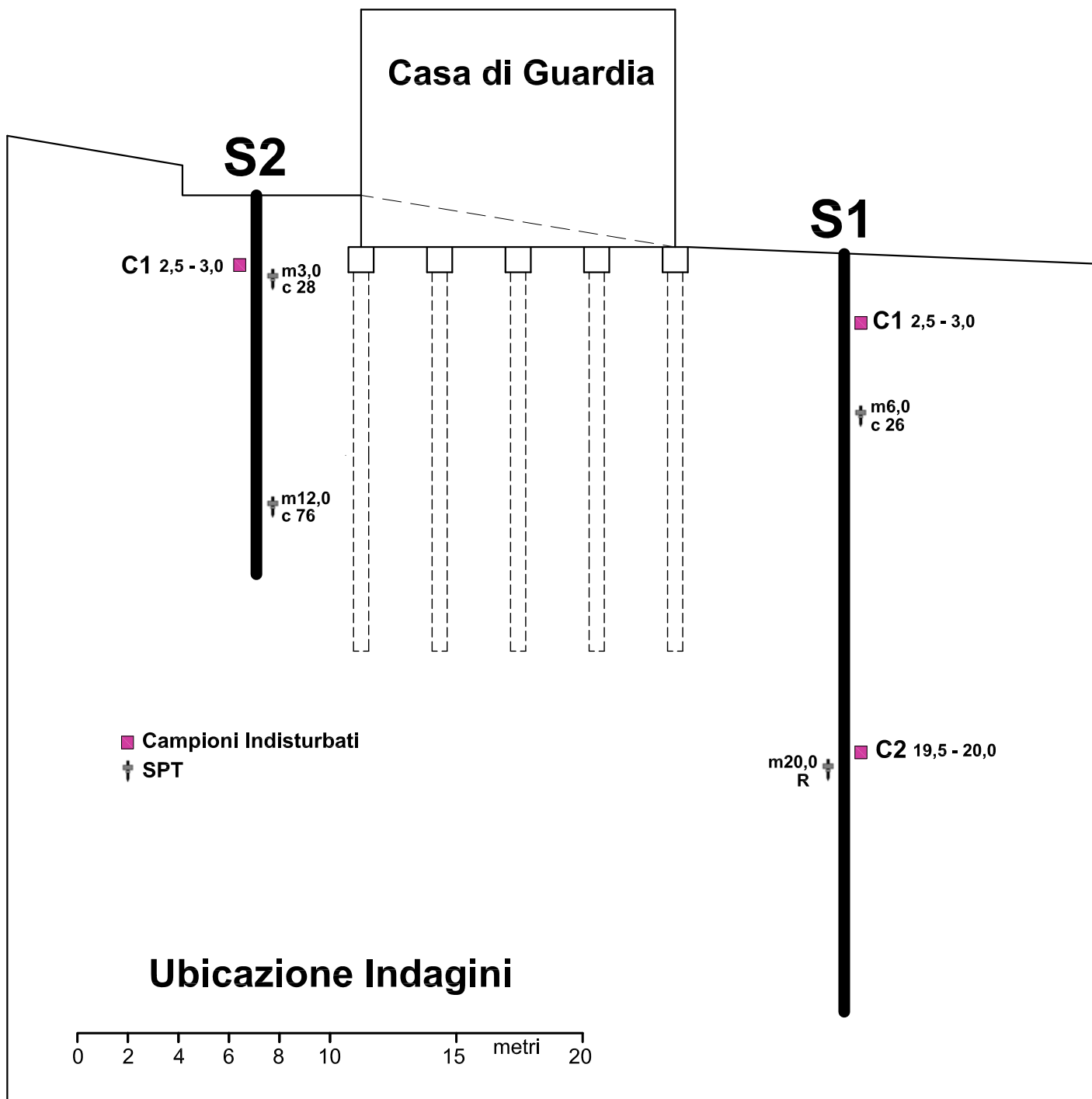
Coesione drenata ( $c'$ ) **25,30** kN/m<sup>2</sup> - [**0,26** Kg/cm<sup>2</sup>]

**Per un esame di dettaglio, si riportano alle pagine successive la sezione litostratigrafia e a seguire le correlazioni delle prove in sito SPT.**

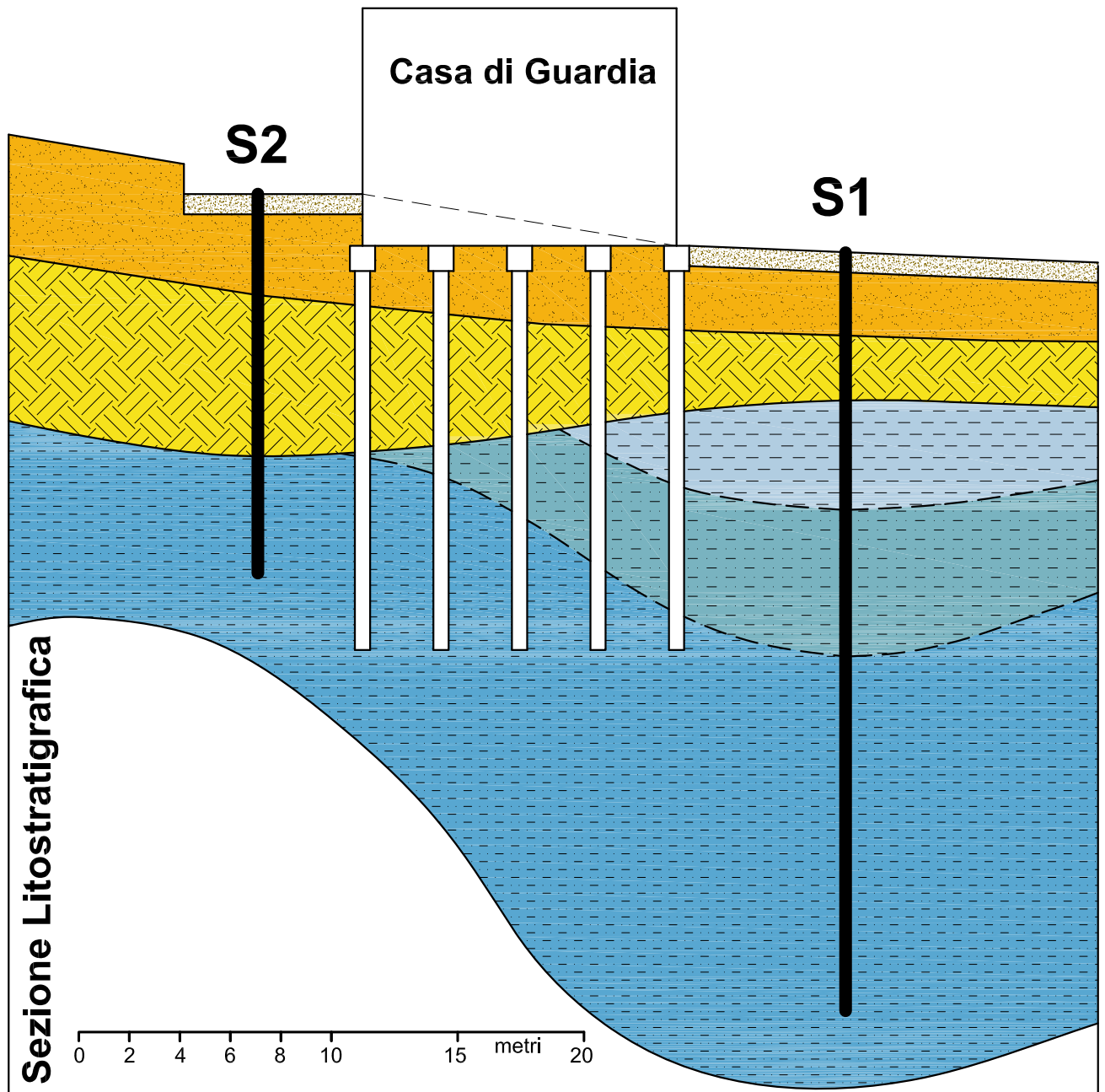
# CARTA UBICAZIONE INDAGINI



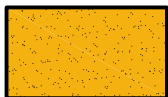
- Sondaggi Geognostici
- HVSR [Horizontal to Vertical Spectral Ratio]
- MASW [Multichannel Analysis of Surface Waves]
- Traccia di Sezione Litostratigrafica







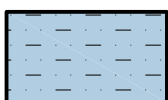
Conglomerato bituminoso e massiccata costituita da inerti prevalentemente calcarei a spigoli vivi centimetrici.



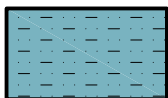
Limo debolmente argilloso e sabbioso di colore grigio-marrone talora giallo-avana con livelli sabbiosi, plastico con inclusi clasti sparsi di dimensioni millimetriche, umido al top. (Struttura caotica).



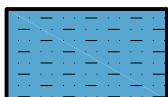
Limo debolmente argilloso, raramente sabbioso, di colore giallastro con sfumature grigiastre e rari noduli giallastro-marroni, leggermente plastico. Solido-plastico. Presenza di minuti clasti biancastri millimetrici.



Limo debolmente argilloso di colore grigio e grigio verdastro con abbondanza di clasti sparsi millimetrici a spigoli vivi. Leggermente umido con livelletti generalmente plastici. Solido-plastico.



Limo debolmente argilloso di colore grigio e grigio scuro con all'interno abbondanti clasti sparsi di natura prevalentemente calcarea da millimetrici a centimetrici (più rari) a spigoli vivi, leggermente umido con livelletti generalmente plastici. Solido-plastico.



Limo debolmente argilloso di colore grigio e grigio scuro con livelli argillo-marnosi talvolta scagliettato, compatto, rara la presenza di livelletti a debole plasticità.

## PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE SPT

	Profondità (m)	Nr. Colpi
S2 spt 1	3,15	8
	3,30	13
	3,45	15
S1 spt 1	6,15	14
	6,30	15
	6,45	11
S2 spt 2	12,15	26
	12,30	34
	12,45	42
S1 spt 2	20,15	29
	20,30	21
	20,45	50 R

### STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVE SPT

#### TERRENI COESIVI

##### Coesione non drenata

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )
S2 spt 1	28	3,45	Terzaghi-Peck	1,89
S1 spt 1	26	6,45	Terzaghi-Peck	1,76
S2 spt 2	76	12,45	Terzaghi-Peck	5,13
S1 spt 2	84	20,45	Terzaghi-Peck	5,67

##### Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
S2 spt 1	28	3,45	Robertson	56,00
S1 spt 1	26	6,45	Robertson	52,00
S2 spt 2	76	12,45	Robertson	152,00
S1 spt 2	84	20,45	Robertson	168,00

##### Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm <sup>2</sup> )
S2 spt 1	28	3,45	Stroud e Butler	128,46
S1 spt 1	26	6,45	Stroud e Butler	119,29
S2 spt 2	76	12,45	Stroud e Butler	348,69
S1 spt 2	84	20,45	Stroud e Butler	385,39

##### Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm <sup>2</sup> )
S2 spt 1	28	3,45	Apollonia	280,00
S1 spt 1	26	6,45	Apollonia	260,00
S2 spt 2	76	12,45	Apollonia	760,00
S1 spt 2	84	20,45	Apollonia	840,00

### Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
S2 spt 1	28	3,45	A.G.I.	MOLTO CONSISTENTE
S1 spt 1	26	6,45	A.G.I.	MOLTO CONSISTENTE
S2 spt 2	76	12,45	CA.G.I.	ESTREM. CONSISTENTE
S1 spt 2	84	20,45	A.G.I.	ESTREM. CONSISTENTE

### Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
S2 spt 1	28	3,45	Meyerhof ed altri	2,14
S1 spt 1	26	6,45	Meyerhof ed altri	2,12
S2 spt 2	76	12,45	Meyerhof ed altri	---
S1 spt 2	84	20,45	Meyerhof ed altri	---

### Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
S2 spt 1	28	3,45	Bowles, Terzaghi-Peck	2,31
S1 spt 1	26	6,45	Bowles, Terzaghi-Peck	2,25
S2 spt 2	76	12,45	Bowles, Terzaghi-Peck	---
S1 spt 2	84	20,45	Bowles, Terzaghi-Peck	---

### TERRENI INCOERENTI

#### Densità relativa

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto	Correlazione	Densità relativa (%)
S2 spt 1	28	3,45	28	Gibbs & Holtz 1957	100
S1 spt 1	26	6,45	26	Gibbs & Holtz 1957	100
S2 spt 2	76	12,45	76	Gibbs & Holtz 1957	100
S1 spt 2	84	20,45	84	Gibbs & Holtz 1957	100

#### Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
S2 spt 1	28	3,45	28	De Mello	29,88
S1 spt 1	26	6,45	26	De Mello	29,66
S2 spt 2	76	12,45	76	De Mello	31,07
S1 spt 2	84	20,45	84	De Mello	31,24

#### Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm <sup>2</sup> )
S2 spt 1	28	3,45	28	Bowles	215,00
S1 spt 1	26	6,45	26	Bowles	205,00
S2 spt 2	76	12,45	76	Bowles	455,00
S1 spt 2	84	20,45	84	Bowles	495,00

#### Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )
S2 spt 1	28	3,45	28	Begemann	84,98
S1 spt 1	26	6,45	26	Begemann	80,87
S2 spt 2	76	12,45	76	Begemann	183,57
S1 spt 2	84	20,45	84	Begemann	200,00

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto	Correlazione	Classificazione AGI
S2 spt 1	28	3,45	28	A.G.I.	MODERATAMENTE ADDENSATO
S1 spt 1	26	6,45	26	A.G.I.	MODERATAMENTE ADDENSATO
S2 spt 2	76	12,45	76	A.G.I.	MOLTO ADDENSATO
S1 spt 2	84	20,45	84	A.G.I.	MOLTO ADDENSATO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto	Correlazione	Gamma (t/m <sup>3</sup> )
S2 spt 1	28	3,45	28	Meyerhof ed altri	2,11
S1 spt 1	26	6,45	26	Meyerhof ed altri	2,09
S2 spt 2	76	12,45	76	Meyerhof ed altri	2,51
S1 spt 2	84	20,45	84	Meyerhof ed altri	2,74

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto	Correlazione	Gamma Saturo (t/m <sup>3</sup> )
S2 spt 1	28	3,45	28	Terzaghi-Peck	---
S1 spt 1	26	6,45	26	Terzaghi-Peck	---
S2 spt 2	76	12,45	76	Terzaghi-Peck	---
S1 spt 2	84	20,45	84	Terzaghi-Peck	---

Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto	Correlazione	Poisson
S2 spt 1	28	3,45	28	(A.G.I.)	0,3
S1 spt 1	26	6,45	26	(A.G.I.)	0,3
S2 spt 2	76	12,45	76	(A.G.I.)	0,2
S1 spt 2	84	20,45	84	(A.G.I.)	0,18

Modulo di deformazione a taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto	Correlazione	G (Kg/cm <sup>2</sup> )
S2 spt 1	28	3,45	28	Ohsaki	1490,19
S1 spt 1	26	6,45	26	Ohsaki	1389,92
S2 spt 2	76	12,45	76	Ohsaki	3809,59
S1 spt 2	84	20,45	84	Ohsaki	4185,39

Modulo di reazione Ko

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto	Correlazione	Ko
S2 spt 1	28	3,45	28	Navfac	5,33
S1 spt 1	26	6,45	26	Navfac	5,03
S2 spt 2	76	12,45	76	Navfac	11,93
S1 spt 2	84	20,45	84	Navfac	11,93

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
S2 spt 1	28	3,45	28	Robertson	56,00
S1 spt 1	26	6,45	26	Robertson	52,00
S2 spt 2	76	12,45	76	Robertson	152,00
S1 spt 2	84	20,45	84	Robertson	168,00

**TABELLA RIEPILOGATIVA PARAMETRI GEOTECNICI**

[ da Prove di Laboratorio e Prove Spt ]

Da Prove Lab. e Spt	PROF. STRATO [metri]	Nspt [Colpi]	PESO VOLUME [t/mc.]	PESO VOLUME SATURO [t/mc.]	ANGOLO ATTRITO [gradi]	COESIONE DRENATA [Kg/cm <sup>2</sup> ]	COESIONE NON DRENATA [Kg/cm <sup>2</sup> ]	MODULO EDOM. [Kg/cm <sup>2</sup> ]	MOD. di REAZIONE [Kg/cm <sup>2</sup> ]	MOD. di YOUNG [Kg/cm <sup>2</sup> ]	POISSON	MODULO DEFOR. al TAGLIO [Kg/cm <sup>2</sup> ]	MODULO Elastico N.D. [Kg/cm <sup>2</sup> ]
S1C1	2,50-3,00	-	1,83	1,95	20,40	0,09	0,32	73,72	-	-	-	-	-
S2C1	2,50-3,00	-	1,78	1,97	19,20	0,11	0,35	88,36	-	-	-	-	-
S1C2	19,5-20,0	-	2,07	2,11	23,00	0,26	-	-	-	-	-	-	-
VALORE MASSIMO			2,07	2,11	23,00	0,26	0,35	88,36	-	-	-	-	-
VALORE MINIMO			1,78	1,95	19,20	0,09	0,32	73,72	-	-	-	-	-
<b>VALORE MEDIO</b>			<b>1,89</b>	<b>2,01</b>	<b>20,87</b>	<b>0,15</b>	<b>0,34</b>	<b>81,04</b>	-	-	-	-	-
MEDIANA			1,83	1,97	20,40	0,11	0,34	81,04	-	-	-	-	-
DEV. STANDARD			0,16	0,09	1,94	0,09	0,02	10,35	-	-	-	-	-
COV			0,08	0,04	0,09	0,61	0,06	0,13	-	-	-	-	-
<b>Valore Caratteristico</b>			<b>1,82</b>	<b>1,97</b>	<b>19,90</b>	<b>0,11</b>	<b>0,32</b>	<b>75,86</b>	-	-	-	-	-
S2Spt1	3,45	28	2,11	-	29,88	-	-	84,98	-	215,00	0,30	1410,19	233,80
			2,14	2,21	-	-	1,89	128,46	5,33	280,00	-	-	-
S1Spt1	3,45	26	2,09	-	29,66	-	-	80,87	-	205,00	0,30	1389,92	217,10
			2,12	2,25	-	-	1,76	119,29	5,03	260,00	-	-	-
S1Spt2	12,45	76	2,51	-	31,07	-	-	183,57	-	455,00	0,20	3809,59	634,60
			-	-	-	-	5,13	348,69	11,93	760,00	-	-	-
S2Spt2	20,45	84	-	-	31,24	-	-	200,00	-	495,00	0,18	4185,39	701,40
			-	-	-	-	5,67	385,39	11,93	840,00	-	-	-
VALORE MASSIMO		84,00	2,51	2,25	31,24	-	5,67	385,39	11,93	840,00	0,30	4185,39	701,40
VALORE MINIMO		26,00	2,09	2,21	29,66	-	1,76	80,87	5,03	205,00	0,18	1389,92	217,10
<b>VALORE MEDIO</b>		<b>53,50</b>	<b>2,19</b>	<b>2,23</b>	<b>30,46</b>	-	<b>3,61</b>	<b>191,41</b>	<b>8,56</b>	<b>438,75</b>	<b>0,25</b>	<b>2698,77</b>	<b>446,73</b>
MEDIANA		52,00	2,12	2,23	30,48	-	3,51	156,02	8,63	367,50	0,25	2609,89	434,20
DEV. STANDARD		30,78	0,18	0,03	0,81	-	2,08	116,63	3,90	247,70	0,06	1507,48	257,05
COV		0,58	0,08	0,01	0,03	-	0,57	0,61	0,46	0,56	0,26	0,56	0,58
<b>Valore Caratteristico</b>		<b>38,11</b>	<b>2,11</b>	<b>2,22</b>	<b>30,06</b>	-	<b>2,57</b>	<b>133,09</b>	<b>6,61</b>	<b>314,90</b>	<b>0,21</b>	<b>1945,03</b>	<b>318,20</b>



In definitiva, sulla scorta delle indagini geotecniche sono stati definiti i vari parametri geo-meccanici e fisico-volumetrici dei terreni rientranti nel volume significativo e lo schema rappresentativo delle condizioni stratigrafiche e delle caratteristiche fisico-meccaniche dei vari orizzonti è stato illustrato nel modello litostratigrafico riportato in precedenza.

Il modello parametrizzato esprime come è noto una semplificazione della reale sequenza lito-meccanica avendo considerato, per i vari orizzonti, valori medio rappresentativi in condizioni di stratigrafia piano parallela.

Tale condizione può essere ritenuta valida per il volume significativo inteso come la porzione di spazio interessato e/o interessabile direttamente ed indirettamente dall'opera.

Nelle verifiche di sicurezza dovranno essere presi in considerazione tutti i meccanismi di stato limite ultimo, sia a breve sia a lungo termine e le verifiche dovranno essere effettuate con riferimento almeno ai seguenti stati limite, quando pertinenti:

***SLU di tipo geotecnico (GEO)*** - raggiungimento della resistenza del terreno interagente con la struttura con sviluppo di meccanismi di collasso dell'insieme terreno struttura

***SLU di tipo strutturale (STR)*** - raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali, compresi gli elementi di fondazione

## **IDROGEOLOGIA**

Come in tutte le aree del mezzogiorno d'Italia, il clima del comprensorio in esame è quello tipico **dell'Appennino Meridionale Continentale**, con escursioni termiche non particolarmente accentuate nelle diverse stagioni dell'anno.

In particolare, lo stesso clima è **caldo-arido d'estate, moderatamente freddo d'inverno**, con rare precipitazioni a carattere nevoso.

Condensazioni notturne, per la zona di stretto interesse, si verificano di nel periodo **Novembre-Marzo**.

I venti dominanti sono la **bora** e lo **scirocco**.

Per quanto attiene le precipitazioni, si rileva dalla studio della **carta delle isoiete relative alle precipitazioni medie annue nel periodo 1921-1978** del **Servizio Idrografico di Stato** (*stazione pluviometrica di Campolattaro posta a 419 m s.l.m.*), vengono riportate le **medie decennali** e la **media generale dei millimetri di pioggia** e dei giorni piovosi:

<b>media del decennio</b>	<b>mm pioggia</b>	<b>giorni piovosi</b>
1921-1930	1007	75
1931-1940	1088	89
1941-1950	1051	92
1951-1960	988	99
1961-1970	1039	92
1971-1978	994	102
<b>media generale</b>	<b>1028</b>	<b>92</b>

Dai dati riportati si rileva che la piovosità **media decennale** non è **molto elevata**, mantenendosi tra i valori di **988 mm** (*decennio 1951-1960*) e **1088 mm** (*decennio 1931-1940*); inoltre si notano punte annuali massime di **mm 1577** (*anno 1937*) e minime di **mm 639** (*anno*

1975), il che sta a dimostrare come la piovosità tra un'annata e l'altra può più che **raddoppiarsi**.

La distribuzione delle piogge, altresì, presenta la seguente differenziazione stagionale: la maggiore concentrazione è relativa al periodo **autunno-inverno** (*concentrazioni massime novembre-dicembre*) e **primaverile** (*concentrazioni massime febbraio-marzo*), mentre nel **periodo estivo** (*giugno-agosto*) si ha una marcata siccità. In particolare (*trimestre giugno-agosto*) si sono registrate precipitazioni **medie minime di mm 49**, con soli **6 giorni** piovosi (*anno 1928*), contro precipitazioni intense e frequenti di *novembre-dicembre* con piogge di **583 mm** (*anno 1933*).

Tale andamento pluviometrico (*precipitazioni variabili da un anno all'altro e spesso concentrate, con elevate intensità orarie e giornaliere*) ha come conseguenza una variabilità delle condizioni idrologiche, tanto nel regime dei corsi d'acqua (**di tipo torrentizio**), quanto nella circolazione idrica nel **suolo** e nel **sottosuolo**.

**Il reticolo idrografico** si presenta a densità da media ad elevata, con forme dendritiche, laddove affiorano litotipi a netta prevalenza di "fine", mentre risulta a densità molto scarsa, per lo più "fantasma", nelle aree dove affiorano sedimenti per lo più litoidi.

L'asse principale del **reticolo idrografico** è rappresentato dal **Fiume Tamaro**, con andamento all'incirca **Nord-Sud**; in esso confluiscono modesti valloni e torrenti, a sviluppo lineare limitato, con "**area di testata**" nel medio versante e con basso corso ad andamento per lo più **Ovest-Est**.

Sotto il profilo idrogeologico in particolare, si distinguono i seguenti aspetti:

#### **Complesso Alluvionale (a - Pliocene - Olocene)**

Il complesso è costituito dai depositi ghiaiosi, sabbiosi e limoso-argillosi

di fondovalle. Esso è permeabile per porosità. Il grado di permeabilità dell'intera associazione litologica si può considerare medio-alto, anche se in realtà esso varia da zona a zona in funzione della granulometria dei depositi. La capacità ricettiva dell'acquifero alluvionale è complessivamente buona, sia nei confronti dell'alimentazione diretta (*fenomeno, questo, molto facilitato dalla morfologia piatta degli affioramenti*), che nei confronti di quella indiretta proveniente dagli acquiferi adiacenti. A causa della sostanziale caoticità che caratterizza la giacitura dei vari litotipi (*con lenti più o meno estese e tra loro interdigitate a depositi con differente grado di permeabilità*), la circolazione idrica sotterranea è preferenzialmente basale e si esplica secondo lo schema delle "falde sovrapposte" intercomunicanti a grande scala. **[Grado di permeabilità: Alto; Tipo di permeabilità: Porosità]**

#### **Complesso Arenaceo-Molassico (am – Miocene)**

Nel suo insieme, il complesso arenaceo-molassico è abbastanza omogeneo dal punto di vista litologico, costituito com'è **da molasse ed arenarie grossolane**, gradate, alternate, particolarmente nei settori basali, a livelli di **puddinghe**. Caratteristica è la circolazione idrica sub-superficiale, che si sviluppa con una **superficie piezometrica a profondità di 5-6 metri dal piano campagna**, accolta prevalentemente entro le coltri superficiali, rese permeabili dall'alterazione subaerea, e generalmente limitata dalla roccia sottostante, più o meno integra, che funge da impermeabile relativo. **[Grado di permeabilità: da Basso a Medio; Tipo di permeabilità: Mista]**

#### **Complesso Calcarenitico (cr – Miocene)**

Il complesso **calcarenitico** è caratterizzato da una successione di **brecce calcaree** associate a **calcareniti** alla base della quale si rinvencono livelli **di marne e di argille policrome**. La circolazione

idrica, stante lo spessore (*dell'ordine di alcune decine di metri*) dei carbonati, è relativamente limitata e concentrata particolarmente nei livelli superiori, più intensamente fratturati.

Il grado di permeabilità oscilla **tra il medio e l'alto** proprio in funzione del diverso grado di fratturazione che caratterizza l'intero complesso. [Grado di permeabilità: da Medio ad Alto; Tipo di permeabilità: Fratturazione]

### **Complesso argilloso-marnoso (arm – Oligocene)**

Il complesso **argilloso-marnoso** è costituito da **argille e marne siltose, grigie e varicolori**, con intercalazioni **di calcari e calcari marnosi, di calcareniti con liste di selce bruna e di arenarie talora grossolane**. Generalmente è caratterizzato da corpi idrici a profondità modeste (*la superficie piezometrica non è più profonda di 5 metri dal piano campagna*), accolti entro le coltri superficiali rese più permeabili dall'allentamento e dall'alterazione subaerea, e limitati inferiormente dal **substrato non alterato** che funge da impermeabile relativo.

Il grado di permeabilità è, **ovviamente basso**, in funzione del diverso grado di alterazione.

Per tale motivo, il complesso in questione, anch'esso come quello **calcarenitico**, diffusamente presente nel settore centrale del territorio in esame, si comporta sempre da impermeabile relativo nei confronti dei litotipi con i quali viene a contatto. [Grado di permeabilità: Basso; Tipo di permeabilità: Fratturazione]

### **Complesso delle argille varicolori (av – Oligocene)**

Il complesso delle argille varicolori, affiorante in limitati settori centro-settentrionali dell'area sannita, è costituito **da argille ed argille siltose**, generalmente **con intercalazioni di calcari silicei e di arenarie sottilmente stratificate**. La permeabilità è per porosità.

Il grado di permeabilità relativo è complessivamente basso e, talora,



pressoché nullo. L'infiltrazione efficace è, pertanto, di entità modesta a causa della scarsa ricettività complessiva dell'acquifero. [**Grado di permeabilità: Bassissimo; Tipo di permeabilità: Porosità**]

### **Modalità di circolazione idrica sotterranea degli acquiferi flyschoidi e di quelli alluvionali**

Negli acquiferi di tipo litoide le aree a maggiore produttività si localizzano a valle delle zone di ricarica interessate da intensa fratturazione e da fenomeni dissolutivi prolungati nel tempo che hanno creato nuove e più capaci vie di drenaggio preferenziale.

Di contro, in alcuni casi, i piani di faglia possono essere occlusi da prodotti di frizione che riducono la permeabilità locale dell'acquifero andando a costituire una barriera idraulica pressoché impermeabile; in corrispondenza di tali situazioni possono crearsi le condizioni per l'emergenza delle acque sotterranee attraverso il classico meccanismo della "*soglia di permeabilità sottoimposta o sovrainposta*".

Nella stessa tipologia di acquiferi possono riconoscersi anche sorgenti per "*limite di permeabilità indefinito*" correlato ad una diminuzione della fratturazione con la profondità e/o alla graduale occlusione delle fessure nello stesso senso.

Negli acquiferi di tipo prevalentemente non litoide la circolazione idrica sotterranea si localizza, in genere, nelle coltri di alterazione subaerea.

In essi, pertanto, al di là della circolazione idrica lungo eventuali fratture e piani di stratificazione, si riconosce la presenza di falde sub-superficiali che, seppure localmente limitate, danno luogo a sorgenti per "*affioramento della piezometrica*", laddove si ha un assottigliamento o la totale asportazione delle coltri di copertura.

I suddetti processi possono dar luogo anche alla formazione di falde idriche nei litotipi argilloso-marnosi impermeabili qualora non alterati.

Negli acquiferi di tipo sciolto, quelli delle aree alluvionali, la circolazione idrica sotterranea risponde agli schemi classici degli acquiferi "*multifalda*".

Le diverse falde, che hanno sede nei depositi a granulometria più grossolana, quindi a maggiore permeabilità relativa, risultano separate da depositi meno permeabili (*aquitard* e/o *aquiclude*) rappresentati, in genere, da lenti più o meno continue di sabbie fini, di limi e di argille.

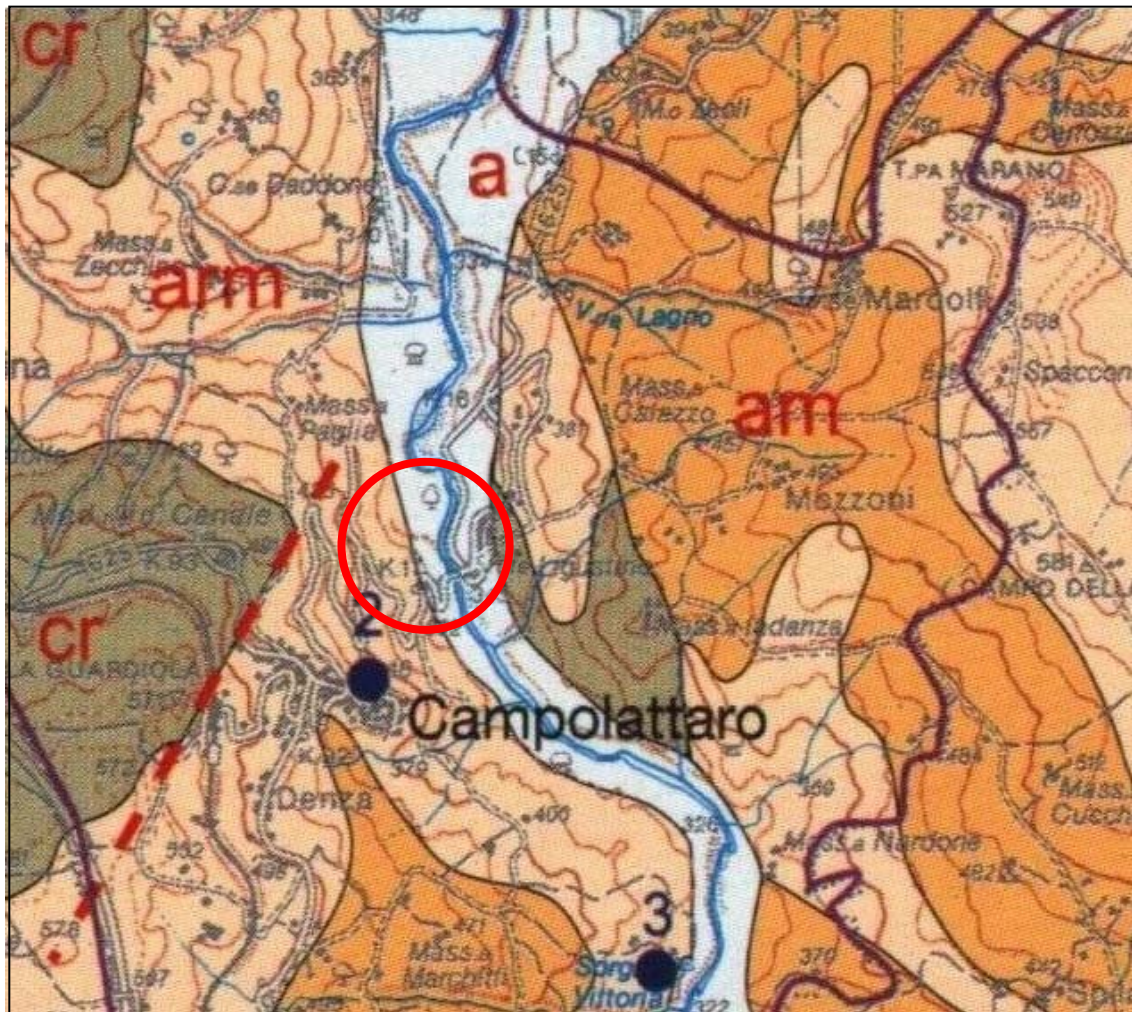
A seconda della continuità e dell'estensione areale dei suddetti impermeabili relativi, si potranno misurare carichi idraulici differenziati per i vari livelli idrici considerati, oppure, come avviene di sovente, le frequenti soluzioni di continuità che caratterizzano gli strati meno permeabili consentono di individuare, perlomeno a grande scala, uno schema di circolazione idrica sotterranea riconducibile al modello della falda unica.

In genere, sia che si individuino più falde separate, sia che la falda risulti unica, i principali corsi d'acqua svolgono funzione drenante nei confronti della circolazione idrica sotterranea.

Si riportano, alle pagine successive, per un esame di dettaglio lo stralcio della "**Carta Idrogeologica della Provincia di Benevento**" edita da "**Alto Calore Servizi s.p.a. Avellino**", "**Camera di Commercio di Benevento**", "**Università degli Studi del Sannio**", "**Università degli Studi di Napoli Federico II**", "**Consiglio Nazionale delle Ricerche**" e, stralcio della "**Carta Idrogeologica del PUC vigente del Comune di Campolattaro**".

# CARTA IDROGEOLOGICA DELLA PROVINCIA DI BENEVENTO (CAMPANIA)

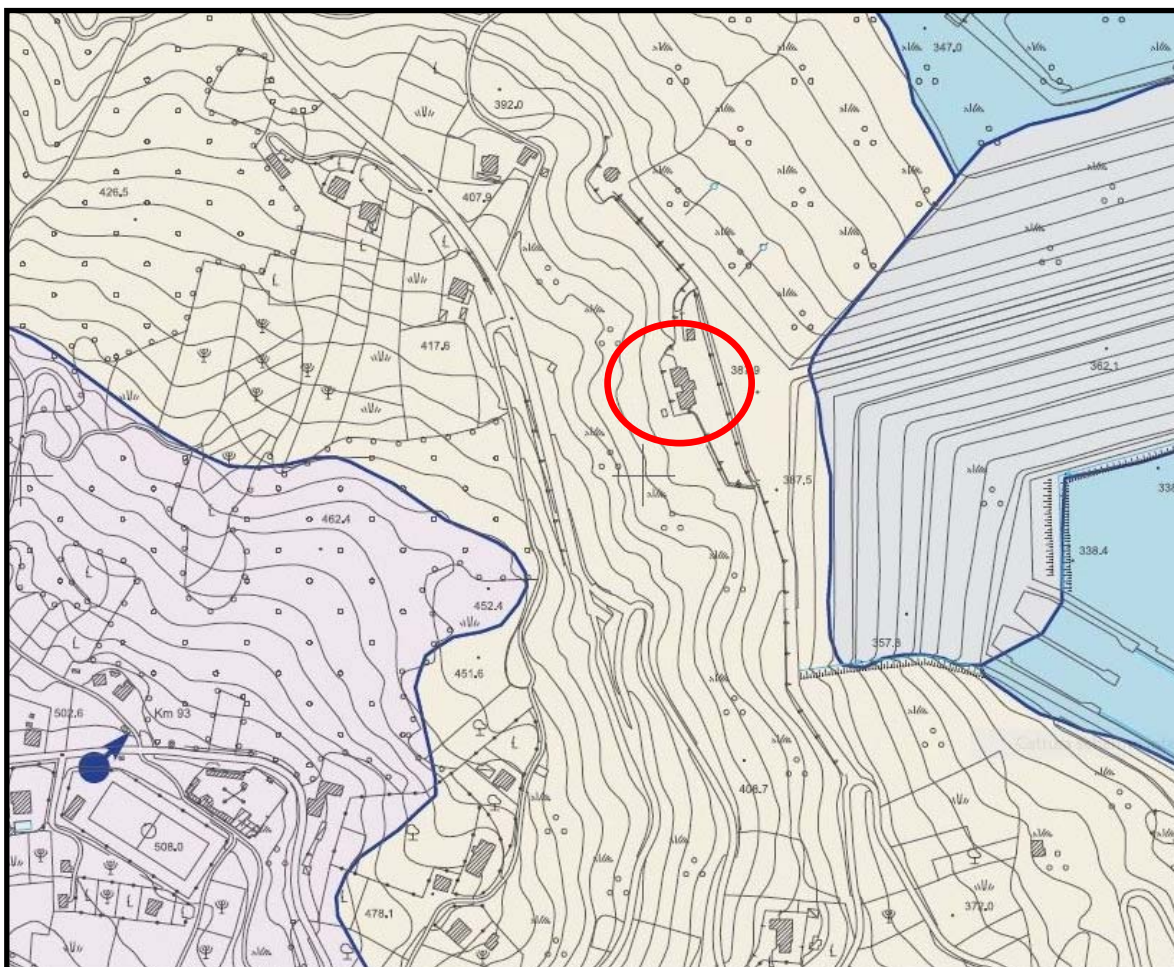
L. Esposito (Università degli Studi del Sannio - Benevento)  
 P. Celico (Università degli Studi "Federico II" - Napoli)  
 F.M. Guadagno (Università degli Studi del Sannio - Benevento)  
 S. Aquino (Alto Calore Servizi S.p.A. - Avellino)



- Complesso alluvionale (Pliocene-Olocene)**  
 Depositi ciottolosi delle alluvioni attuali e recenti; ghiaie e sabbie di fondo valle, di golena e di riempimento degli alvei abbandonati dei maggiori corsi d'acqua.  
 Depositi fluviali antichi.
- Complesso arenaceo-molassico (Miocene)**  
 Sabbioni ed arenarie grigio-giallastre, talora gradate; argille arenacee grigio-azzurrognole, talora alternanti a livelli di calcareniti e marne; lenti di puddinghe poligeniche.
- Complesso calcarenitico (Miocene)**  
 Breccie, calcareniti, arenarie quarzose e calcari cristallini, talora con liste e noduli di selce, associate, nella parte basale, a livelli di marne ed argille policrome e talvolta anche a diaspri bruni e rossastri; marne policrome scagliettate con intercalazioni calcaree, calcareniti e brecciole.
- Complesso argilloso-marnoso (Oligocene)**  
 Argille e marne siltose, grigie e varicolori, con intercalazioni di calcari e calcari marnosi, di calcareniti con liste di selce bruna, di arenarie talora grossolane.



## STRALCIO CARTA IDROGEOLOGICA DA PUC VIGENTE COMUNE DI CAMPOLATTARO



### Legenda:



**Area a permeabilità alta** per porosità primaria.

Tali aree sono sede di una falda acquifera perenne a regime strettamente connesso a quello del Fiume Tammaro (falda di subalvea).

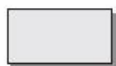


**Area a permeabilità da media a medio-alta** per fratturazione e subordinatamente per carsismo.

Tali aree possono essere sede di circolazioni idriche episuperficiali impostate su livelli permeabili sovrapposti o interposti a livelli a permeabilità nettamente inferiore (falde "sospese") oppure di reti acquifere medio-profonde a regime anche perenne e di entità discreta (a tale acquifero sono connesse le principali emergenze idriche rilevate nel territorio).



**Aree a permeabilità da bassa a praticamente nulla.** Nell'ambito dello strato superficiale areato-alterato e quindi a scarsa permeabilità per porosità secondaria è possibile che si instauri una circolazione idrica episuperficiale stagionale e di entità trascurabile ad andamento subparallelo al pendio e subortogonale alle isoipse. Nell'ambito delle aree in cui prevalgono gli interstrati litoidi permeabili per fratturazione/fessurazione, è invece possibile che per una modesta rete acquifera di tipo per lo più stagionale e di entità mai rilevante.



Corpo diga

## MODELLAZIONE SISMICA DEL SITO

### A) CATEGORIA SUOLO DI FONDAZIONE

Si premette quanto segue

- il moto generato da un terremoto in un sito dipende dalle particolari condizioni locali, ossia dalle caratteristiche topografiche e stratigrafiche dei depositi di terreni e degli ammassi rocciosi e delle caratteristiche fisiche e meccaniche dei materiali che li costituiscono;
- alla scala della singola opera o del singolo sistema geotecnico, la risposta sismica locale consente di definire le modalità che un segnale sismico subisce, a causa dei fattori anzidetti, rispetto a quello di un sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (*sottosuolo di categoria A di cui al D.M. 17/01/2018*);
- **il moto sismico alla superficie di un sito viene associato pertanto ad un coefficiente di amplificazione stratigrafico ( $S_s$ ) e a un coefficiente di amplificazione topografica ( $S_T$ ) per definire l'accelerazione massima attesa in superficie ( $a_{max}$ ) e una forma spettrale ancorata ad essa. Il valore di  $a_{max}$  si ricava dalla relazione:**

$$a_{max} = S_s \times S_T \times a_g \quad \text{dove:}$$

$a_g$  = accelerazione massima su sito di riferimento rigido

$S_T$  = coefficiente di amplificazione topografica

$S_s$  = coefficiente di amplificazione stratigrafica.

Zona sismica	Descrizione	Accelerazione con probabilità di superamento del 10% in 50 anni [ag]	Accelerazione orizzontale massima convenzionale [ag]
1	<b>Indica la zona più pericolosa, dove possono verificarsi fortissimi terremoti.</b>	<b><math>a_g &gt; 0,25 \text{ g}</math></b>	<b>0,35 g</b>
2	Zona dove possono verificarsi forti terremoti.	$0,15 < a_g \leq 0,25 \text{ g}$	0,25 g
3	Zona che può essere soggetta a forti terremoti ma rari.	$0,05 < a_g \leq 0,15 \text{ g}$	0,15 g
4	E' la zona meno pericolosa, dove i terremoti sono rari ed è facoltà delle Regioni prescrivere l'obbligo della progettazione antisismica.	$a_g \leq 0,05 \text{ g}$	0,05 g



Tanto premesso, il **Comune di Campolattaro (BN)** è classificato in **Zona Sismica UNO ex S=12,00** [delibera Giunta Regionale Campania n° 5447/02 e Ordinanza del P.C.M. n° 3274/03].

In ossequio al **D.M. 17 gennaio 2018**, la categoria di profilo stratigrafico del suolo di fondazione ai fini della determinazione dell'azione sismica di progetto, è stata individuata mediante l'analisi e l'interpretazione di una prospezione sismica, appositamente programmata ed eseguita, del tipo **MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)** e di cui si riporta, il **PROFILO SISMOSTRATIGRAFICO delle Vs** e una tabella riepilogativa precisando che, per un esame di dettaglio si rimanda alla relativa certificazione allegata alla presente relazione. **Dall'analisi dei dati a disposizione si deriva che gli stessi risultano coerenti con quelli geotecnici e con le caratteristiche litostratigrafiche.**

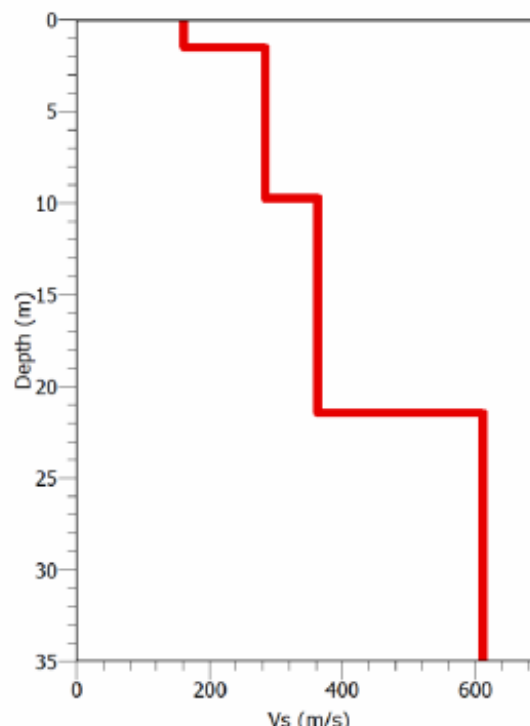


Tabella parametri dinamici del sottosuolo calcolati fino a 30 metri dal piano campagna

Strato	Spessore (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Densità $\rho$ ( $kg/m^3$ )	Poisson $\nu$	Modulo di taglio G (kPa)	Modulo di Young E (kPa)	Modulo di incompressibilità K (kPa)
1	1,60	441	162	1500	0,42	39366	111957	239234
2	8,30	672	285	1600	0,39	129960	361378	549254
3	11,70	727	364	1800	0,33	238493	635689	633362
4	8,40	1170	614	1900	0,31	716292	1876634	1645853

Per quanto attiene la **classificazione del sito**, la stessa viene effettuata 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:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_1}{V_{S,i}}}$$

dove:

$h_1$  spessore dell'i-esimo strato;

$V_{S,i}$  velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;

$N$  numeri 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).*

Tanto precisato, per il sottosuolo in esame, tenuto conto che il deposito presenta una **profondità superiore a 30 metri dal substrato rigido**, la **velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{S,eq}$**  è stata definita dal parametro  $V_{S,30}$  ottenuto ponendo  $H=30$ ; l'analisi sismica, pertanto, evidenzia il seguente valore delle  $V_{S,eq}$  (*riferiti al piano campagna*):

$$V_{S,eq} = \frac{30}{\sum_{i=1}^N \frac{h_1}{V_{S,i}}} = 354 \text{ m/sec}$$

ne deriva un **profilo stratigrafico** del suolo di fondazione, classificato nella categoria **C** [*Depositi di terreni a grana grossa mediamente*

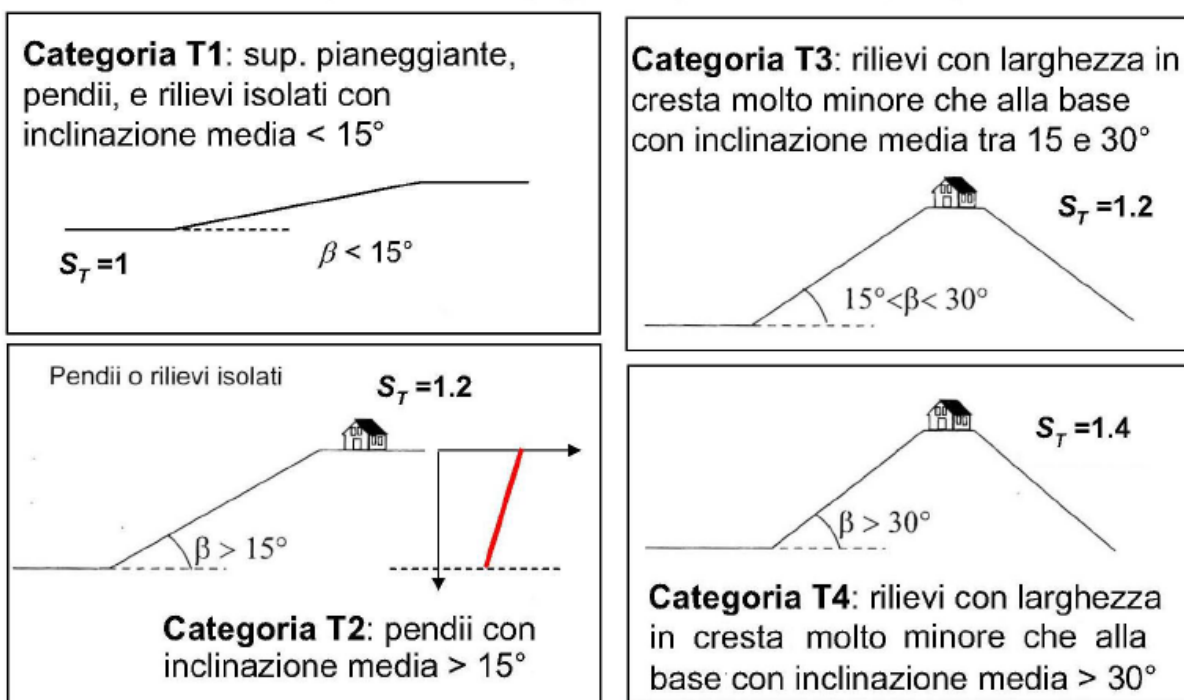
*addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.]*

Per quanto riguarda la **CONDIZIONE TOPOGRAFICA** del sito, dall'analisi condotta si perviene alle seguenti considerazioni:

- la Sezione Topografica ricade nella **Categoria Topografica T1** (*pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i$  minore di  $15^\circ$* ); in particolare si osservano pendenze medie tra  $10,16^\circ$  e  $11,60^\circ$  (media  $10,88^\circ$ );
- tale configurazione "classifica" la condizione topografica nella **categoria T1** a cui fa riscontro un **coefficiente di amplificazione topografica  $S_T = 1,0$** .

Si riporta alla pagina successiva il tabulato della Traccia di Sezione e della relativa topografica.

#### Amplificazione topografica (modificata da Lanzo, 2005)



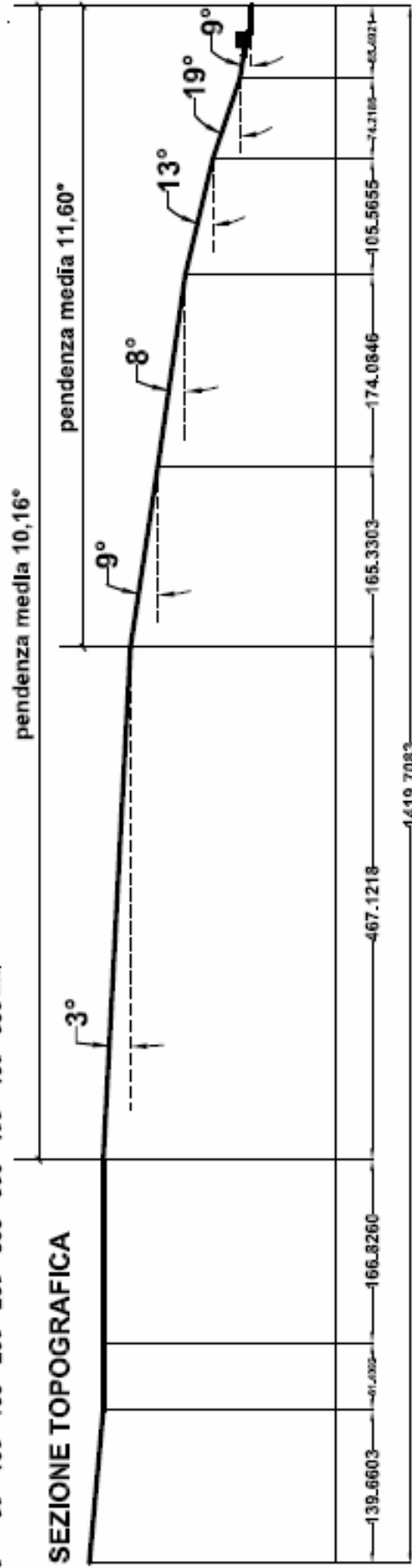
Per T2, T3, T4, se l'opera o l'intervento è lungo il pendio si assume *variazione lineare* fino a 1

**TRACCIA DI SEZIONE TOPOGRAFICA**



pendenza media 10,16°

**SEZIONE TOPOGRAFICA**



**B) SPETTRI DI RISPOSTA**

Come già evidenziato alle pagine precedenti la Regione Campania, in ossequio al D.L. 112/98, con Delibera della G.R. n. 5447 del 07/11/2002, ha iscritto il territorio del comune di Campolattaro nell'elenco di quelli di 1° Categoria con Grado di Sismicità  $S=12$ .

Successivamente con l'Ordinanza del P.C.M. n. 3274 del 20 marzo 2003, in vigore dal novembre 2004, ha definito il Grado di Sismicità con riferimento ai valori delle accelerazioni al suolo. Pertanto, il territorio nazionale è stato suddiviso in **4 ZONE** (ex categorie), in relazione ai valori delle accelerazioni di picco (*o accelerazione massima*) del suolo, con probabilità di un superamento del 10% in 50 anni così come indicato nella tabella seguente:

<b>ZONE</b>	<b>Accelerazione con probabilità pari al 10% in 50 anni</b> <b><math>a_g</math></b>	<b>Accelerazione di ancoraggio dello spettro di risposta elastico</b> <b><math>a_g</math></b>
<b>1</b>	<b>&gt; 0,25 g</b>	<b>0,35 g</b>
<b>2</b>	<b>0,15 – 0,25 g</b>	<b>0,25 g</b>
<b>3</b>	<b>0,05 – 0,15 g</b>	<b>0,15 g</b>
<b>4</b>	<b>&lt; 0,05 g</b>	<b>0,05 g</b>

Nell'allegato **A** della stessa Ordinanza il territorio del **Comune di Campolattaro** è iscritto tra quelli appartenenti alla **ZONA 1** (ex 1° categoria). Le norme tecniche per le costruzioni contenute nel **D.M. 14 gennaio 2008**, e le "Istruzioni per applicazione delle Norme Tecniche per le Costruzioni" della Circolare n. 617 del 2/2/2009 del **Ministero delle Infrastrutture**, forniscono una nuova serie di indicazioni da seguire quando si costruisce su siti sismici. La pericolosità sismica è definita in termini di "**accelerazione massima attesa  $a_g$** " in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale di categoria **A ( $a_g$ )**, nonché di ordinate dello **spettro di risposta elastico** in accelerazione ad essa corrispondente (**T**), con

riferimento a prefissate “**probabilità di eccedenza  $P_{VR}$** ”, nel “periodo di riferimento (**VR**)”. In questo contesto Il territorio italiano classificato in **4 zone** è stato suddiviso in un reticolo sismico costituito da maglie (di circa 7,5 Km di lato) in cui, mediante coordinate geografiche vengono definiti:

(\*) il valore dell’accelerazione orizzontale massima (**ag**), per un suolo rigido (**cat. A**);

(\*) il fattore di accelerazione massima del suolo (**Fo**);

(\*) il periodo caratteristico dello spettro (**Tc**) (*zona a velocità di risposta lineare*) per periodi di ritorno (**TR**) di riferimento di: **35 – 50 – 72 – 101 – 140 – 201 – 475 – 975 – 2475 anni**. I parametri sismici del reticolo anzidetto, sono forniti dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici. Per poter definire il periodo di riferimento, con il quale entrare nel reticolo sismico, occorre conoscere i dati dell’opera, che riguardano la sua **vita nominale minima ( $V_N$ )** e la sua **classe d’uso ( $C_u$ )** nonché la probabilità di ritorno sismico in relazione al tipo di sicurezza richiesto. La vita nominale ( **$V_N$** ) rappresenta il numero di anni nei quali l’opera deve poter essere usata per la sua definita destinazione d’uso. La classe d’uso, e il rispettivo coefficiente d’uso ( **$C_u$** ) sono collegate alle conseguenze di collasso e di operatività dell’opera.

#### **Classi d’uso ( $C_u$ )**

**Classe I:** Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

**Classe II:** Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l’ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l’ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d’uso III o in Classe d’uso IV, reti ferroviarie 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. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d’uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.



**Classe IV:** Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

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

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

Le azioni sismiche vengono valutate mediante il "Periodo di Riferimento" ( $VR$ ) per la costruzione in anni che è ottenuto dal prodotto della vita nominale per il coefficiente d'uso di cui sopra:

$$VR = V_N \times C_u$$

Nei confronti delle azioni sismiche gli stati limite, sia di esercizio che ultimi, sono legati alla probabilità di superamento nel periodo di ritorno  $P_{VR}$  cui riferirsi per l'individuazione dell'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati.

**Gli Stati limite di esercizio (SLE) comprendono:**

- **Stato Limite di Operatività (SLO):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali

e le apparecchiature rilevanti in relazione alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;

- **Stato Limite di Danno (SLD)**: a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidità nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

**Gli Stati limite ultimi (SLU) comprendono:**

- **Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV)**: a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;

- **Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC)**: a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

Probabilità di superamento PVR in funzione dello stato limite considerato		
Stati Limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati Limiti Ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

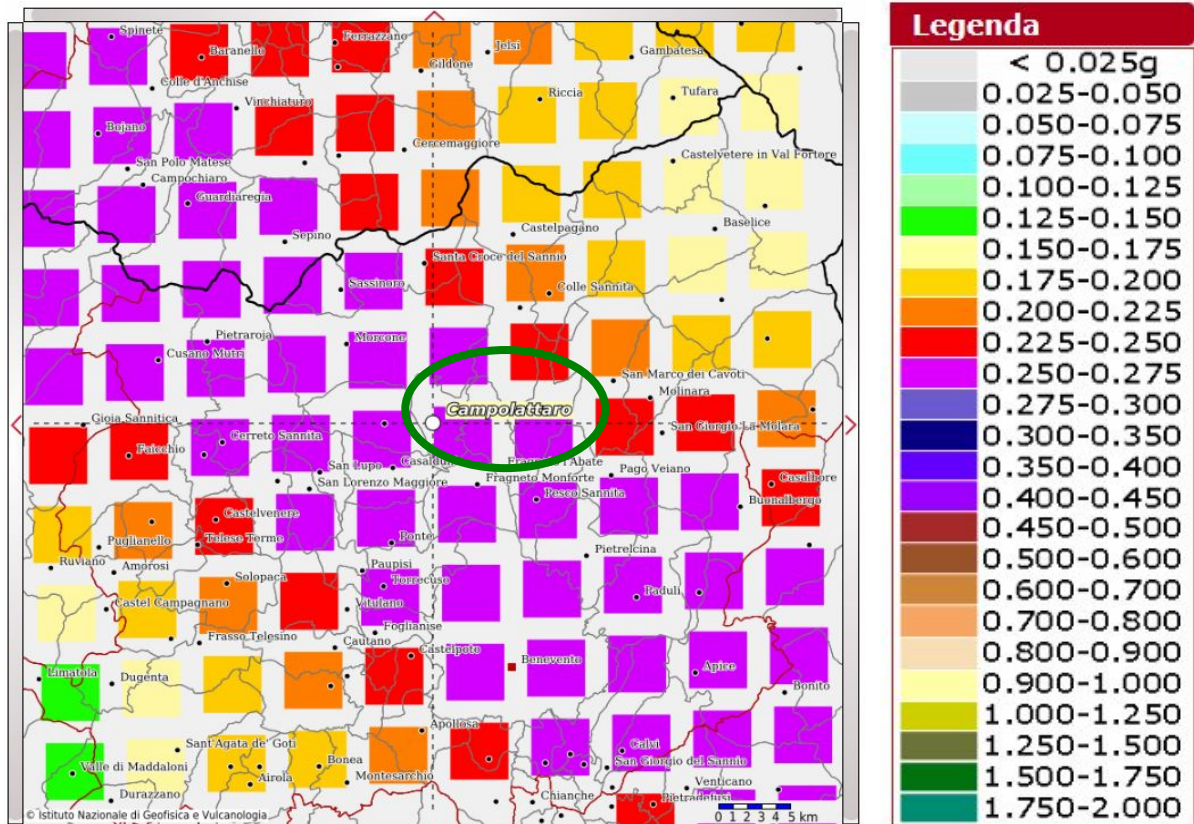
Per l'area in oggetto sono stati recepiti i seguenti valori riportati nella sottostante tabella:

#### **Valori dei parametri $a_g$ , $F_o$ , $T_C^*$ per i periodi di ritorno $T_R$ associati a ciascuno SL**

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [-]	$T_C^*$ [s]
SLO	30	0,063	2,381	0,279
SLD	50	0,083	2,350	0,294
SLV	475	0,258	2,304	0,369
SLC	975	0,352	2,330	0,390

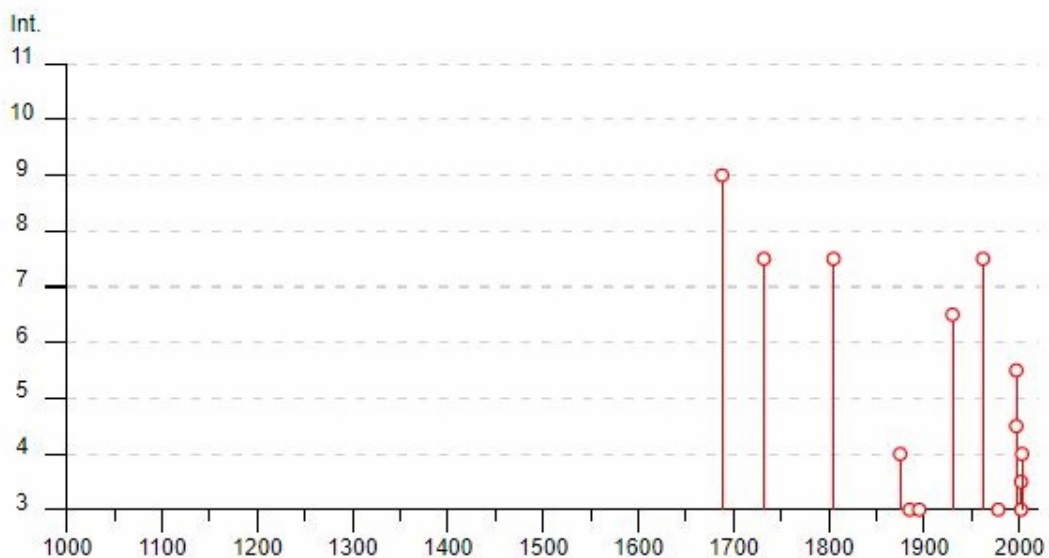
Si riporta altresì il modello di pericolosità sismica **MPS04-S1** (per la zona in esame) con relativa legenda.

## Modello di pericolosità sismica MPS04-S1



### Campolattaro

PlaceID IT\_59468  
 Coordinate (lat, lon) 41.287, 14.732  
 Comune (ISTAT 2015) Campolattaro  
 Provincia Benevento  
 Regione Campania  
 Numero di eventi riportati 18

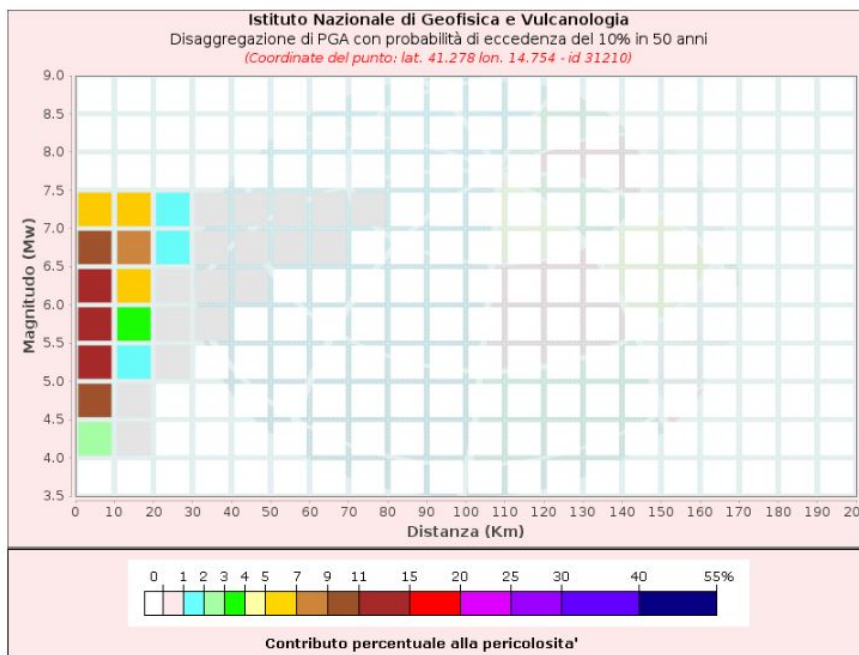


Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
9	1688	06	05	15	30		Sannio	215	11	7.06
7-8	1732	11	29	07	40		Irpinia	183	10-11	6.75
7-8	1805	07	26	21			Molise	220	10	6.68
4	1875	12	06				Gargano	97	8	5.86
3	1885	12	26	02			Molise	28	5-6	4.66
3	1895	02	01	07	24	3	Monti del Partenio	40	5	4.29
6-7	1930	07	23	00	08		Irpinia	547	10	6.67
7-8	1962	08	21	18	19		Irpinia	562	9	6.15
2	1977	07	24	09	55	2	Irpinia	85	5-6	4.37
3	1978	02	08	04	10	2	Irpinia	100	5-6	4.44
NF	1996	04	03	13	04	3	Irpinia	557	6	4.90
5-6	1997	03	19	23	10	5	Sannio-Matese	284	6	4.52
4-5	1997	04	22	03	12	0	Sannio-Matese	57	5	4.06
2-3	1997	11	24	19	04	5	Sannio-Matese	46	5	3.88
3-4	2002	11	01	15	09	0	Molise	638	7	5.72
3	2002	11	12	09	27	4	Molise	174	5-6	4.57
NF	2003	06	01	15	45	1	Molise	501	5	4.44
4	2003	12	30	05	31	3	Molise	326	4-5	4.53

## Località vicine (entro 10km)

Località	EQs	Distanza (km)
Pontelandolfo	28	3
Casalduni	21	4
Iella	1	5
Fragneto Monforte	8	5
Fragneto l'Abate	16	5
Reino	15	8
Morccone	27	8
Monteleone	1	8
San Lupo	14	9
Ponte	11	9
Pesco Sannita	27	9
FrancaVilla	1	9
San Lorenzo Maggiore	16	10



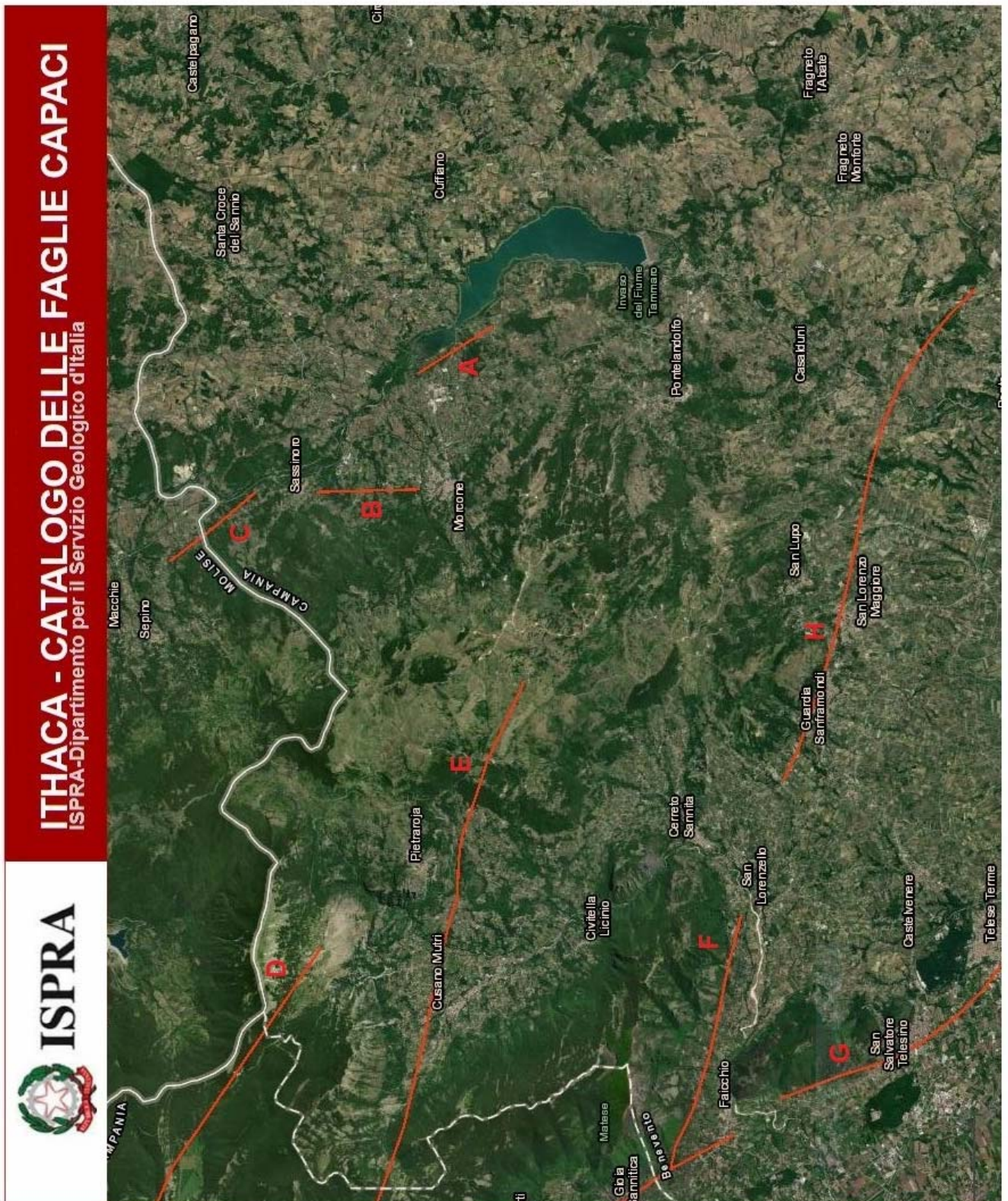


**Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni**  
 (Coordinate del punto: lat. 41.278 lon. 14.754 - id 31210)

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	2.6100	9.3300	12.7000	14.3000	13.4000	10.8000	5.6500	0.0000	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	0.0041	0.3340	1.6000	3.7500	6.1100	7.8000	5.6900	0.0000	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	0.0000	0.0000	0.0044	0.2200	0.8690	1.7500	1.6400	0.0000	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0007	0.1040	0.4450	0.4870	0.0000	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0026	0.1080	0.1650	0.0000	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0145	0.0517	0.0000	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003	0.0098	0.0000	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0007	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
6.06	8.59	0.754







**Faglia A**

Fault Code 23320
Fault Name BOIANO
Region Name Molise
Synopsis
Rank Primary
Kinematics Normal

**Faglia E**

Fault Code 30800
Fault Name S. Gregorio Matese Pietraroja
Region Name Campania
Synopsis
Rank Primary
Kinematics Normal

**Faglia B**

Fault Code 23319
Fault Name BOIANO
Region Name Molise
Synopsis
Rank Primary
Kinematics Normal

**Faglia F**

Fault Code 30701
Fault Name SOUTHERN MATESE
Region Name Campania
Synopsis
Rank Primary
Kinematics Normal

**Faglia C**

Fault Code 23318
Fault Name BOIANO
Region Name Molise
Synopsis
Rank Primary
Kinematics Normal

**Faglia G**

Fault Code 30704
Fault Name SOUTHERN MATESE
Region Name Campania
Synopsis
Rank Primary
Kinematics Normal

**Faglia D**

Fault Code 30801
Fault Name Lago del Matese
Region Name Campania
Synopsis
Rank Primary
Kinematics Normal

**Faglia H**

Fault Code 30702
Fault Name SOUTHERN MATESE
Region Name Campania
Synopsis
Rank Primary
Kinematics Normal

**C) STIMA DOPPIA RISONANZA FABBRICATO/TERRENO**

L'analisi statica lineare consiste nell'applicazione di forze equivalenti alle forze di inerzia indotte dall'azione sismica e può essere effettuata per costruzioni che rispettino i requisiti specifici, a condizione che il periodo del modo di vibrare principale nella direzione in esame (orizzontale) ( $T_1$ ) **non superi  $2,5 \times T_c$  o  $T_d$**  e che la costruzione sia

regolare in altezza. Per costruzioni civili o industriali che non superino i **40 m** di altezza e la cui massa approssimativamente uniformemente distribuita lungo l'altezza, **T<sub>1</sub>** può essere stimato, **come primo approccio**, utilizzando la seguente relazione:

$$T_1 = C_1 \times H^{3/4} \quad \text{dove:}$$

T<sub>1</sub> = Periodo di oscillazione del fabbricato

C<sub>1</sub> = Coefficiente strutturale per calcestruzzo = **0,075**

H = Altezza del fabbricato

**Caratteristiche del fabbricato:**

- Altezza da piano fondazione **H = 9,47 m**
- Struttura a telaio in calcestruzzo armato **C<sub>1</sub> = 0,075**
- Periodo **T<sub>1</sub> = 0,4048776 s**
- $2.5 \cdot T_c = 2,5 \cdot 0,598 \text{ s} = 1,495 > T_1$
- $2.5 \cdot T_D = 2,5 \cdot 3,600 \text{ s} = 9,000 > T_1$
- **Frequenza di risonanza del fabbricato F<sub>1</sub> = 2,469882 Hz**

Stato limite ultimo (SLU) - Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC)

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLC
a <sub>g</sub>	0,500 g
F <sub>o</sub>	2,445
T <sub>C</sub>	0,432 s
S <sub>S</sub>	1,000
C <sub>C</sub>	1,385
S <sub>T</sub>	1,000
q	1,000

**Parametri dipendenti**

S	1,000
η	1,000
T <sub>B</sub>	0,199 s
T <sub>C</sub>	0,598 s
T <sub>D</sub>	3,600 s

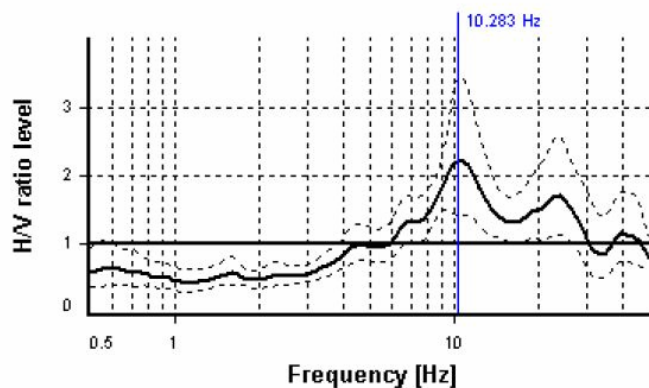
**Caratteristiche della frequenza del terreno di Fondazione da H/V:** (si rimanda per un esame di dettaglio al certificato di prova passiva superficiale di tipo **HVSR** in allegato)

**Selected f<sub>0</sub> frequency**

**10.283 Hz**

**A<sub>0</sub> amplitude = 2.212**

**Average f<sub>0</sub> = 10.236 ± 0.955**



Essendo la frequenza di **risonanza del fabbricato**  $T1= 2,469882$  Hz e quella del **terreno**  $Ft =10,283$  Hz, si avrà una differenza percentuale pari a **316,34% > del 50%**, da cui si deduce che **si possono ragionevolmente escludere effetti di amplificazione sismica locale per doppia risonanza.**

#### **Considerazioni circa la frequenza fondamentale di sito e frequenza di risonanza ai fini progettuali**

Come è noto ogni sito è caratterizzato da una propria frequenza di risonanza fondamentale che può andare dai millesimi di Hz a decine di Hz. Nel caso in esame si è stimata una **frequenza massima di picco** pari a **10,283 Hz**.

L'intervallo di frequenze di interesse ingegneristico standard è invece **0,5–10 Hz** (*corrispondenti alle frequenze principali di strutture approssimativamente da 30 ad 1 piano*).

Essendo dunque l'intervallo **di frequenze del sottosuolo più esteso di quello possibile per le strutture**, alcune frequenze del sottosuolo stesso possono essere trascurate ai fini della progettazione in zona sismica in quanto non comportano aggravii particolari per le strutture standard. In quest'ottica ad esempio non verranno segnalate le frequenze **superiori a 20 Hz**. Nel caso in esame si evidenzia che l'area sollecitata da input sismico amplifica, come già detto in precedenza, le onde di superficie ad una **frequenza di risonanza** prossima a **10,283 Hz**.

Poiché la **coincidenza di risonanze tra suolo e struttura comporta un aggravio nell'ampiezza dell'input sismico**, la condizione ideale è che la frequenza della struttura sia diversa rispetto a quella del sottosuolo (*come nel caso in esame*); qualora le stesse coincidano, i fabbricati risulterebbero vulnerabili per il **fenomeno della doppia risonanza**; tuttavia, quando questa condizione non può essere rispettata, è

raccomandabile che la struttura venga progettata con frequenze proprie principali di almeno il 40 - 50 % dei valori segnalati per il sottosuolo. Pertanto si raccomanda, in fase di progettazione esecutiva di allontanare i modi propri delle strutture rispetto a quelli del sottosuolo, tenendo conto del modello geologico-tecnico e geofisico ivi proposto.

Per quanto riguarda la **verifica a liquefazione**, sono da escludersi fenomeni sismoindotti riferibili sia a liquefazione, in condizioni sature, che a compattazione, in condizioni di non saturo.

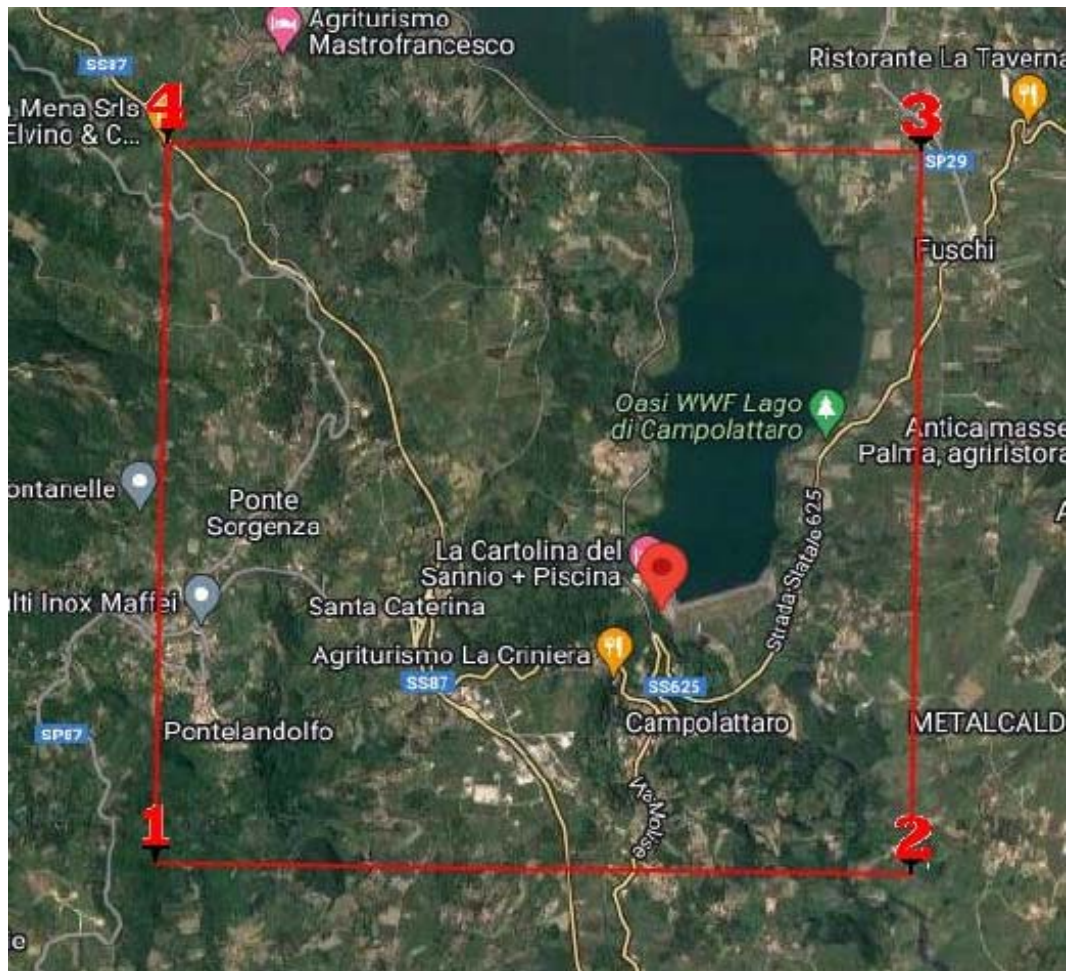
Rilevato altresì che si richiedono le verifiche alla liquefazione quando **la falda freatica è superficiale ed il terreno comprende strati estesi o lenti spesse di sabbie sciolte sotto falda**, non ricorrendo affatto (per il sottosuolo in esame e per profondità d'interesse) le condizioni succitate non si è proceduto a verifica alla liquefazione.

**In questo contesto l'esclusione della verifica a liquefazione rientra in uno dei casi previsti al §7.11.3.4.2 delle NTC 2018 punto 3 "... profondità media stagionale della falda superiore a 15 metri ..."**

Si riportano alle pagine successive le **determinazioni dei parametri sismici relativi al sito in esame** secondo le indicazioni del **D.M. 17/01/2018** più volte citato.



COMUNE DI CAMPOLATTARO (BN) – DIGA DI CAMPOLATTARO - CASA DI GUARDIA  
UBICAZIONE SITO IN ESAME



Coordinate Geografiche  
Coord. WGS84: latitudine: 41.295211- longitudine: 14.731485  
Coord. ED50: latitudine: 41,2961969427849 - longitudine: 14,7323524371019



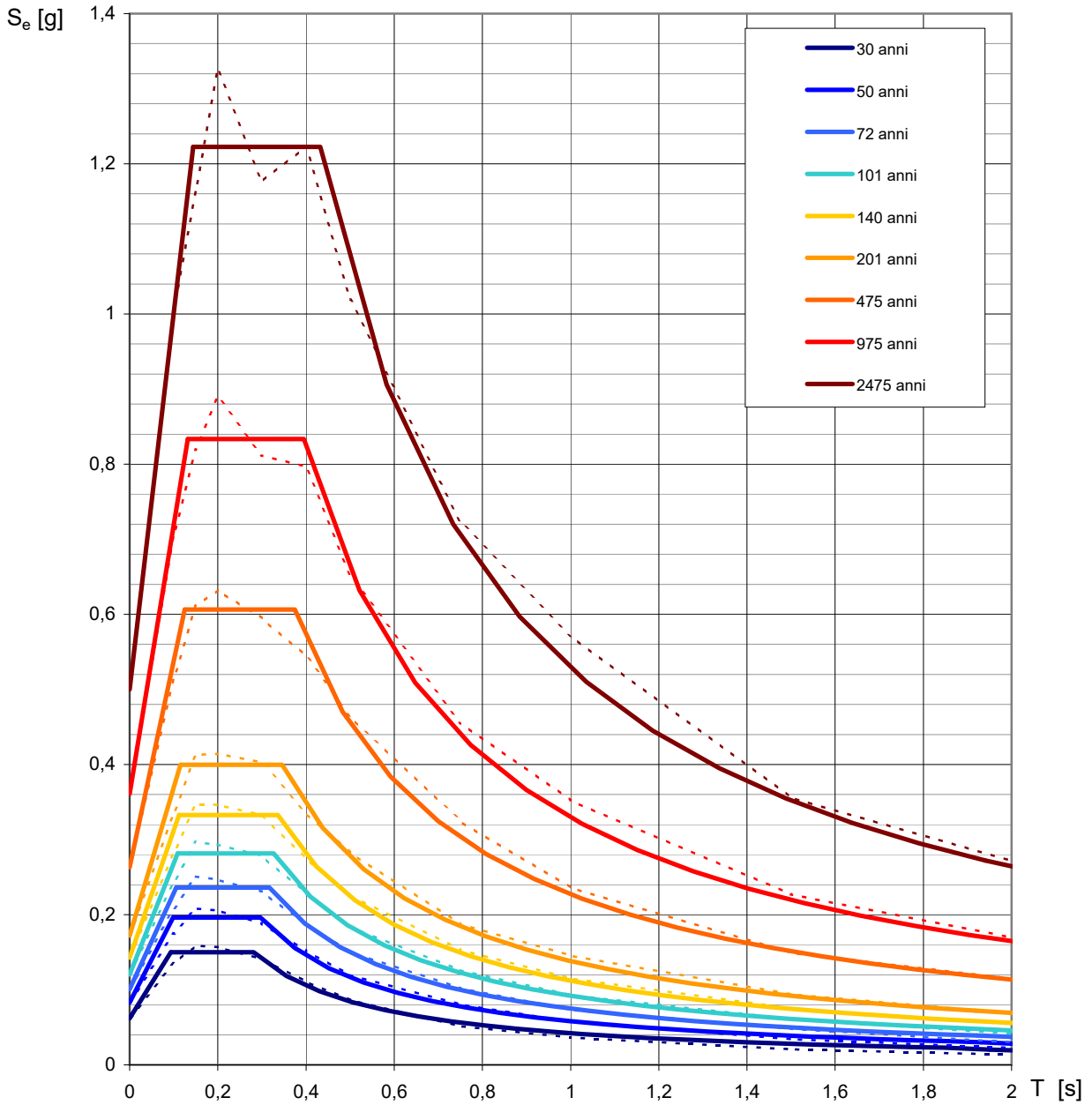
## DETERMINAZIONE PARAMETRI SISMICI (D.M. 17/01/2018)

<b>Sito</b>	latitudine: ..... 41,2961819427276	Tipo di elaborazione: Fondazioni	
	longitudine: ..... 14,7324034357442	<b>Coordinate ED50</b>	
	Classe: ..... 4	<b>latitudine: 41,2961819427276</b>	
	Vita nominale minima: ..... > = 100	<b>longitudine: 14,7324034357442</b>	
<b>Siti di riferimento</b>			
Sito 1 .....	ID: 31209	Lat: 41,2787	Lon: 14,6878
Sito 2 .....	ID: 31210	Lat: 41,2780	Lon: 14,7543
Sito 3 .....	ID: 30988	Lat: 41,3280	Lon: 14,7552
Sito 4 .....	ID: 30987	Lat: 41,3287	Lon: 14,6887
<b>Parametri sismici</b>			
Categoria sottosuolo: .....	C	<b>Coordinate WGS84</b>	
Categoria topografica: .....	T1	<b>latitudine: 41.126335</b>	
Periodo di riferimento: .....	200 anni	<b>longitudine: 14.797146</b>	
Coefficiente cu: .....	2		
<b>SLO:</b>	Probabilità di superamento: 81	%	Operatività (SLO)
	Tr: ..... 120	[anni]	
	ag: ..... 0,132	[g]	
	Fo: ..... 2,336		
	Tc*: ..... 0,332	[s]	
<b>SLD:</b>	Probabilità di superamento: ..... 63	%	Danno (SLD)
	Tr: ..... 201	[anni]	
	ag: ..... 0,172	[g]	
	Fo: ..... 2,321		
	Tc*: ..... 0,346	[s]	
<b>SLV:</b>	Probabilità di superamento: ..... 10	%	Salvaguardia vita (SLV):
	Tr: ..... 1898	[anni]	
	ag: ..... 0,456	[g]	
	Fo: ..... 2,406		
	Tc*: ..... 0,421	[s]	
<b>SLC:</b>	Probabilità di superamento: ..... 5	%	Prevenzione collasso (SLC):
	Tr: ..... 2475	[anni]	
	ag: ..... 0,5	[g]	
	Fo: ..... 2,445		
	Tc*: ..... 0,432	[s]	
<b>Coefficienti Sismici</b>		<b>Spostamenti e velocità orizzontale max</b>	
<b>SLO:</b>	Ss: ..... 1,5	Spostamento orizzontale max	
	Cc: ..... 1,511	dg [cm] 5,18	
	St: ..... 1	Velocità orizzontale max	
	Amax: ..... 0,6	vg [cm/sec] 15,58	
	Kh: ..... 0,015		
	Kv: ..... 0,007		
	Beta: ..... 0,24		
<b>SLD:</b>	Ss: ..... 1,46	Spostamento orizzontale max	
	Cc: ..... 1,491	dg [cm] 7,26	
	St: ..... 1	Velocità orizzontale max	
	Amax: ..... 0,6	vg [cm/sec] 20,31	
	Kh: ..... 0,015		
	Kv: ..... 0,007		
	Beta: ..... 0,24		
<b>SLV:</b>	Ss: ..... 1,042	Spostamento orizzontale max	
	Cc: ..... 1,397	dg [cm] 23,44	
	St: ..... 1	Velocità orizzontale max	
	Amax: ..... 0,6	vg [cm/sec] 43,82	
	Kh: ..... 0,061		
	Kv: ..... 0,031		
	Beta: ..... 1		
<b>SLC:</b>	Ss: ..... 1	Spostamento orizzontale max	
	Cc: ..... 1,385	dg [cm] 26,39	
	St: ..... 1	Velocità orizzontale max	
	Amax: ..... 0,6	vg [cm/sec] 46,91	
	Kh: ..... 0,061		
	Kv: ..... 0,031		
	Beta: ..... 1		

**SUOLO DI FONDAZIONE CATEGORIA C  
CATEGORIA TOPOGRAFICA T1**



## Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno $T_R$ di riferimento

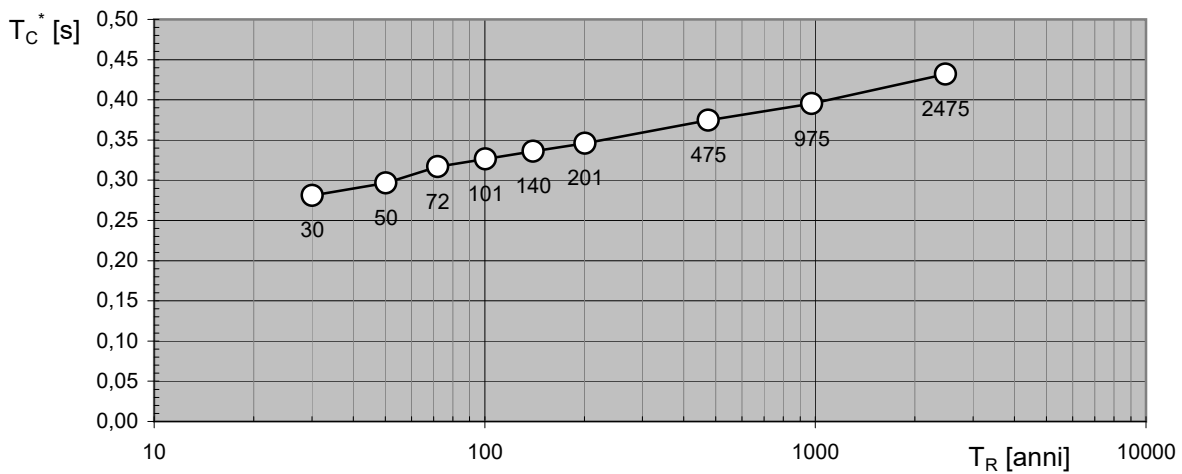
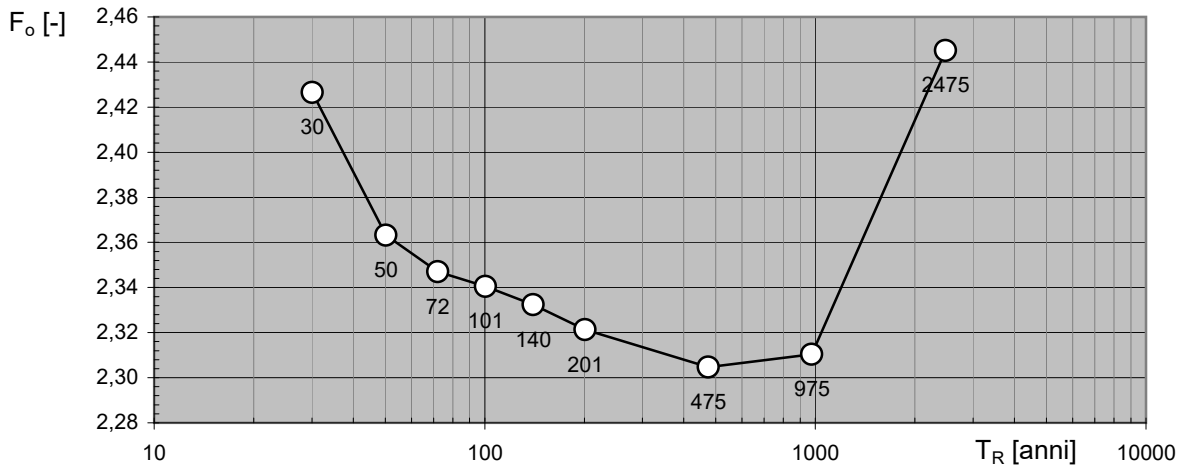
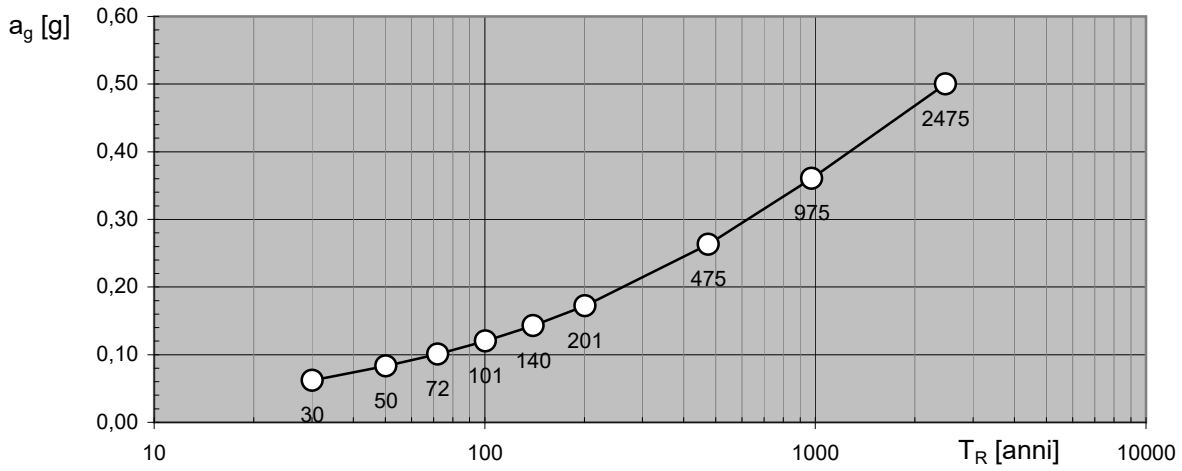


NOTA:

Con linea continua si rappresentano gli spettri di Normativa, con linea tratteggiata gli spettri del progetto S1-INGV da cui sono derivati.

**Valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_o$ ,  $T_C^*$  : variabilità col periodo di ritorno  $T_R$**

---



---

**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	0,062	2,427	0,281
50	0,083	2,363	0,297
72	0,101	2,347	0,317
101	0,120	2,340	0,326
140	0,143	2,332	0,336
201	0,172	2,321	0,346
475	0,263	2,305	0,375
975	0,361	2,310	0,395
2475	0,500	2,445	0,432

---

---

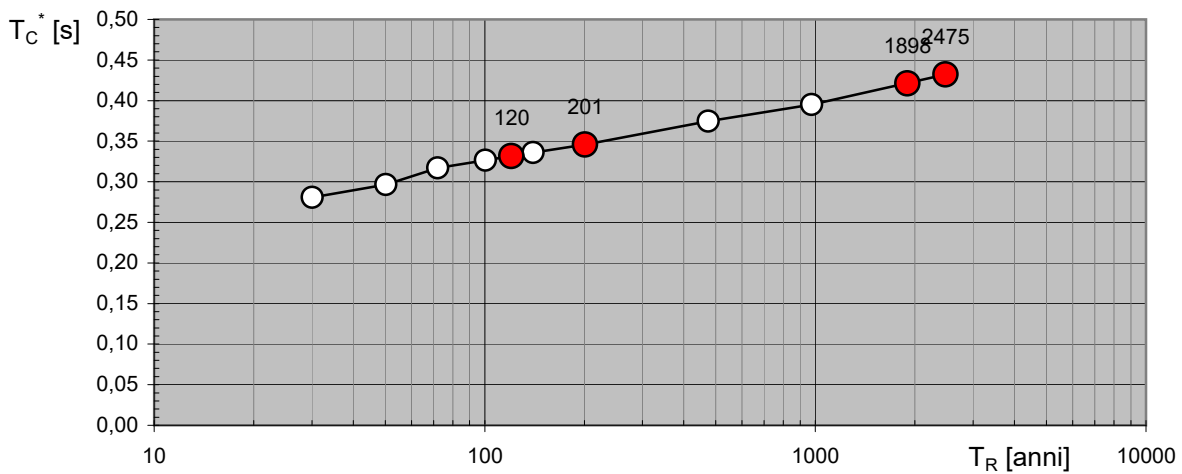
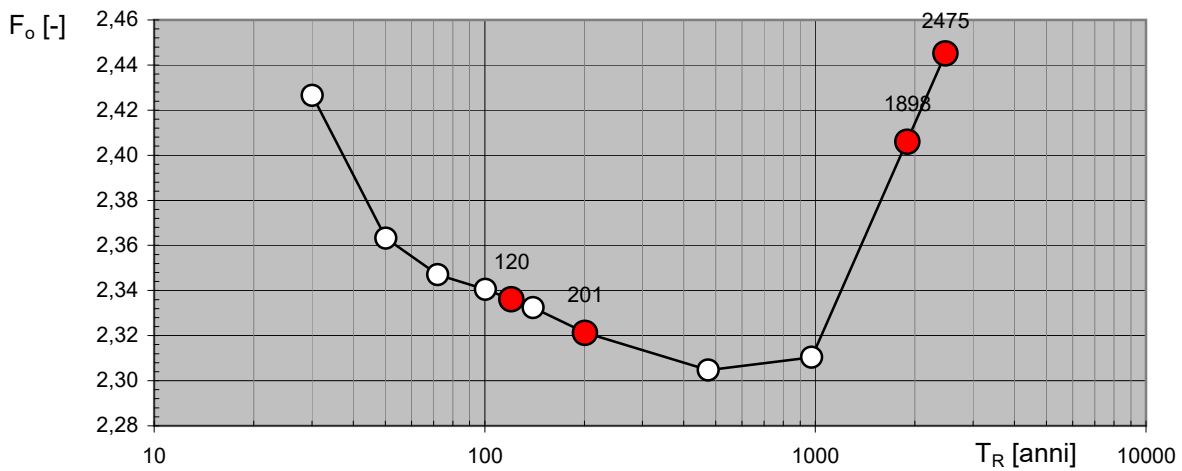
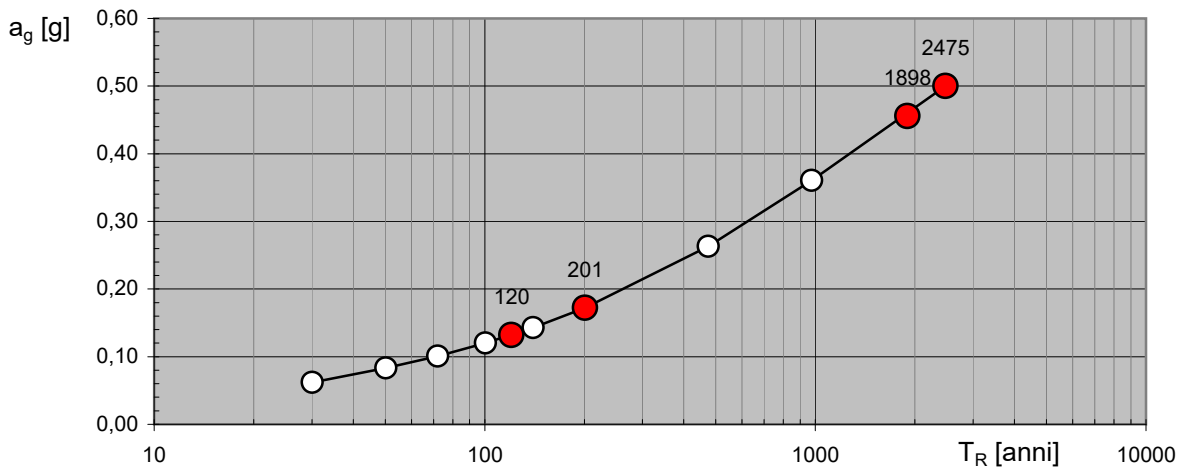
**Valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_o$ ,  $T_C^*$  per i periodi di ritorno  $T_R$  associati a ciascuno SL**

---

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [-]	$T_C^*$ [s]
SLO	120	0,132	2,336	0,332
SLD	201	0,172	2,321	0,346
SLV	1898	0,456	2,406	0,421
SLC	2475	0,500	2,445	0,432

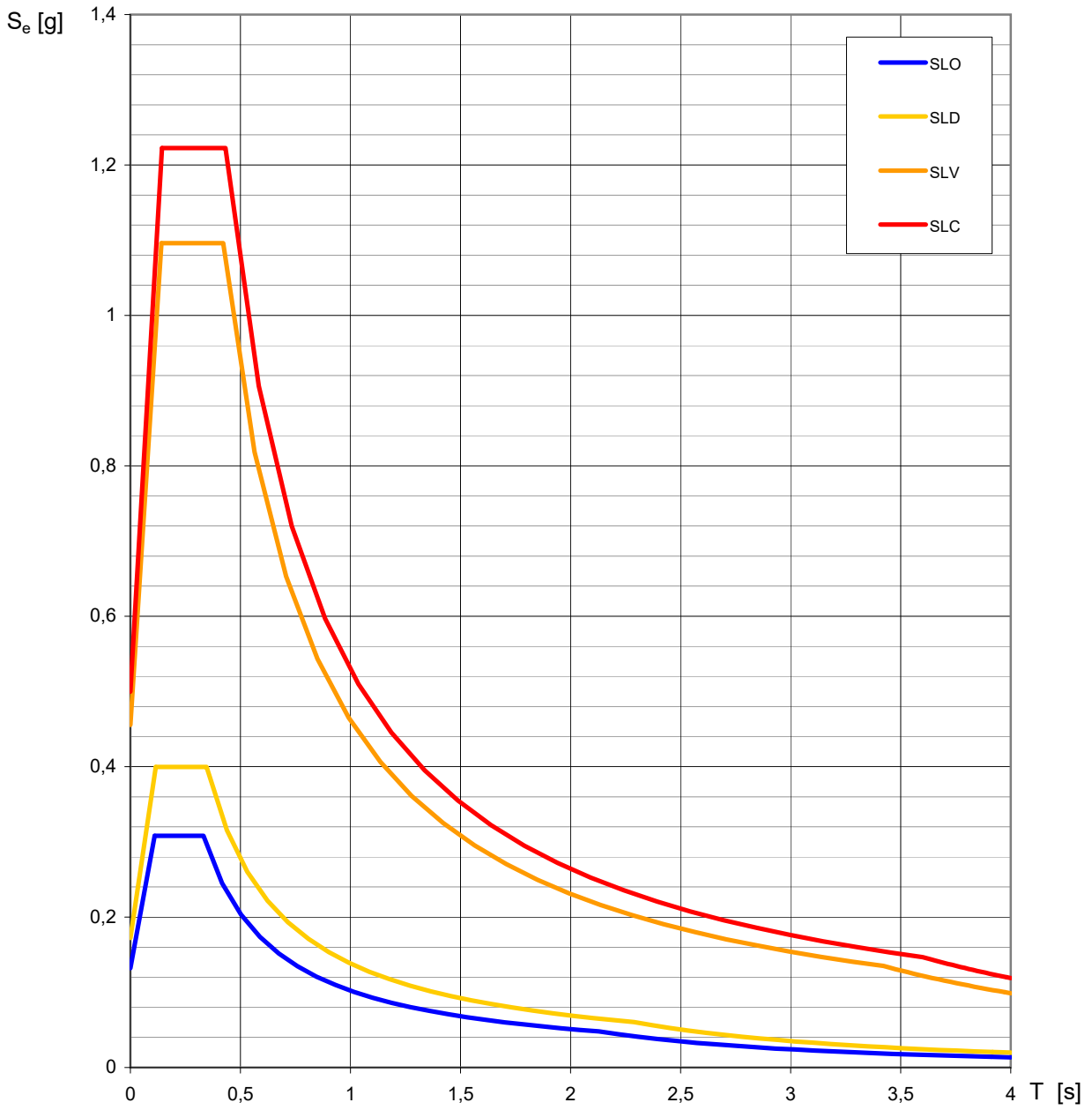
---

### Valori di progetto dei parametri $a_g$ , $F_o$ , $T_C^*$ in funzione del periodo di ritorno $T_R$



## Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite

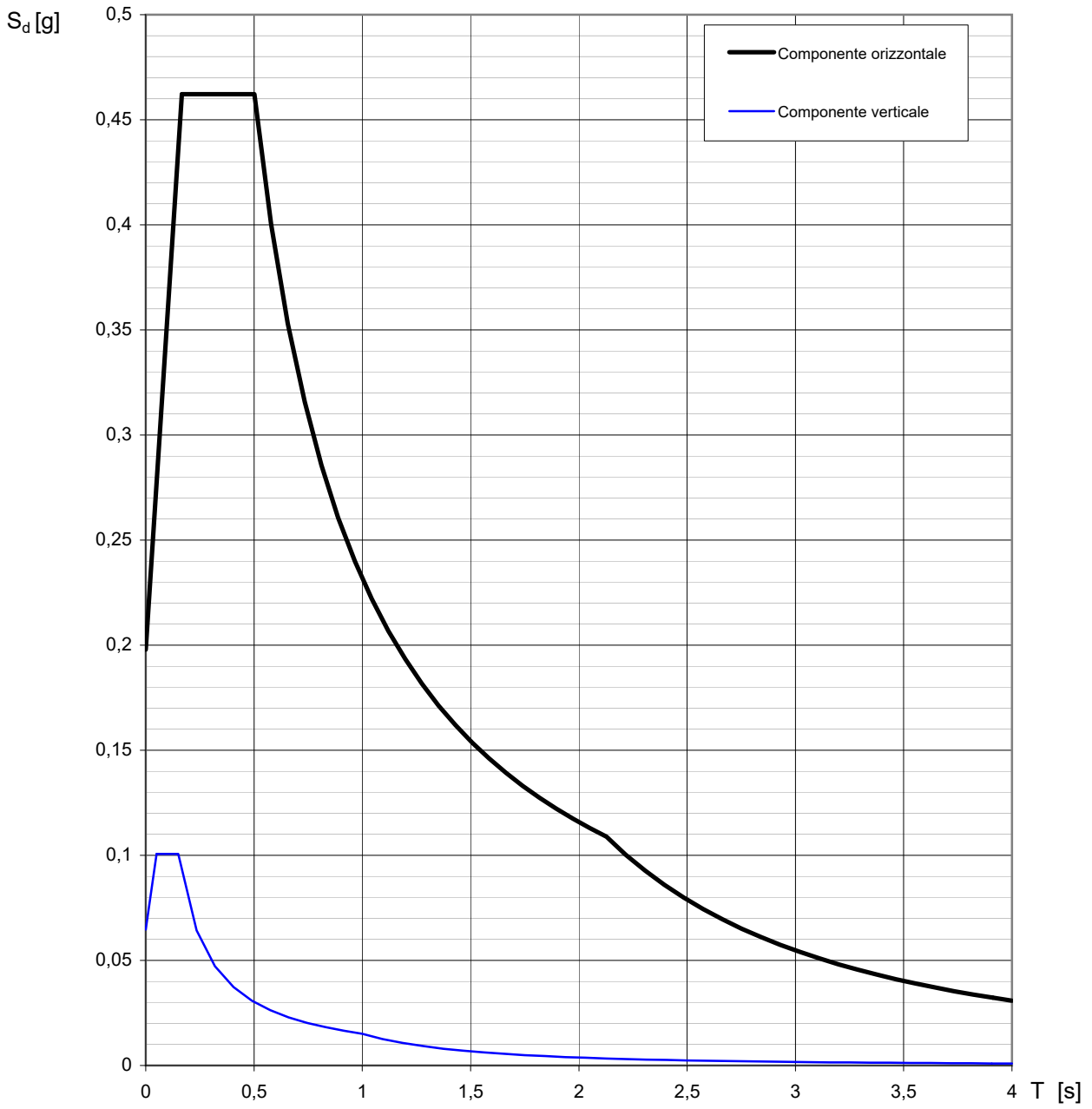
---





**Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLO**

---



## Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite: SLO

### Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLO
$a_g$	0,132 g
$F_o$	2,336
$T_C$	0,332 s
$S_S$	1,500
$C_C$	1,511
$S_T$	1,000
$q$	1,000

### Parametri dipendenti

$S$	1,500
$\eta$	1,000
$T_B$	0,167 s
$T_C$	0,501 s
$T_D$	2,128 s

### Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_S \cdot S_T$$

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q$$

$$T_B = T_C / 3$$

$$T_C = C_C \cdot T_C^*$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6$$

### Espressioni dello spettro di risposta

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto  $S_d(T)$  per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico  $S_e(T)$  sostituendo  $\eta$  con  $1/q$ , dove  $q$  è il fattore di struttura.

### Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,198
$T_B$ ←	0,167	0,462
$T_C$ ←	0,501	0,462
	0,579	0,400
	0,656	0,353
	0,734	0,316
	0,811	0,286
	0,888	0,261
	0,966	0,240
	1,043	0,222
	1,121	0,207
	1,198	0,193
	1,276	0,182
	1,353	0,171
	1,431	0,162
	1,508	0,154
	1,585	0,146
	1,663	0,139
	1,740	0,133
	1,818	0,127
	1,895	0,122
	1,973	0,117
	2,050	0,113
$T_D$ ←	2,128	0,109
	2,217	0,100
	2,306	0,093
	2,395	0,086
	2,484	0,080
	2,573	0,074
	2,663	0,070
	2,752	0,065
	2,841	0,061
	2,930	0,057
	3,019	0,054
	3,108	0,051
	3,198	0,048
	3,287	0,046
	3,376	0,043
	3,465	0,041
	3,554	0,039
	3,643	0,037
	3,733	0,035
	3,822	0,034
	3,911	0,032
	4,000	0,031

**Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite: SLO**

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	
$a_{qv}$	0,065 g
$S_S$	1,000
$S_T$	1,000
$q$	1,500
$T_B$	0,050 s
$T_C$	0,150 s
$T_D$	1,000 s

**Parametri dipendenti**

$F_v$	1,145
$S$	1,000
$\eta$	0,667

**Espressioni dei parametri dipendenti**

$$S = S_S \cdot S_T$$

$$\eta = 1/q$$

$$F_v = 1,35 \cdot F_o \cdot \left( \frac{a_g}{g} \right)^{0,5}$$

**Espressioni dello spettro di risposta**

$$0 \leq T < T_B \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

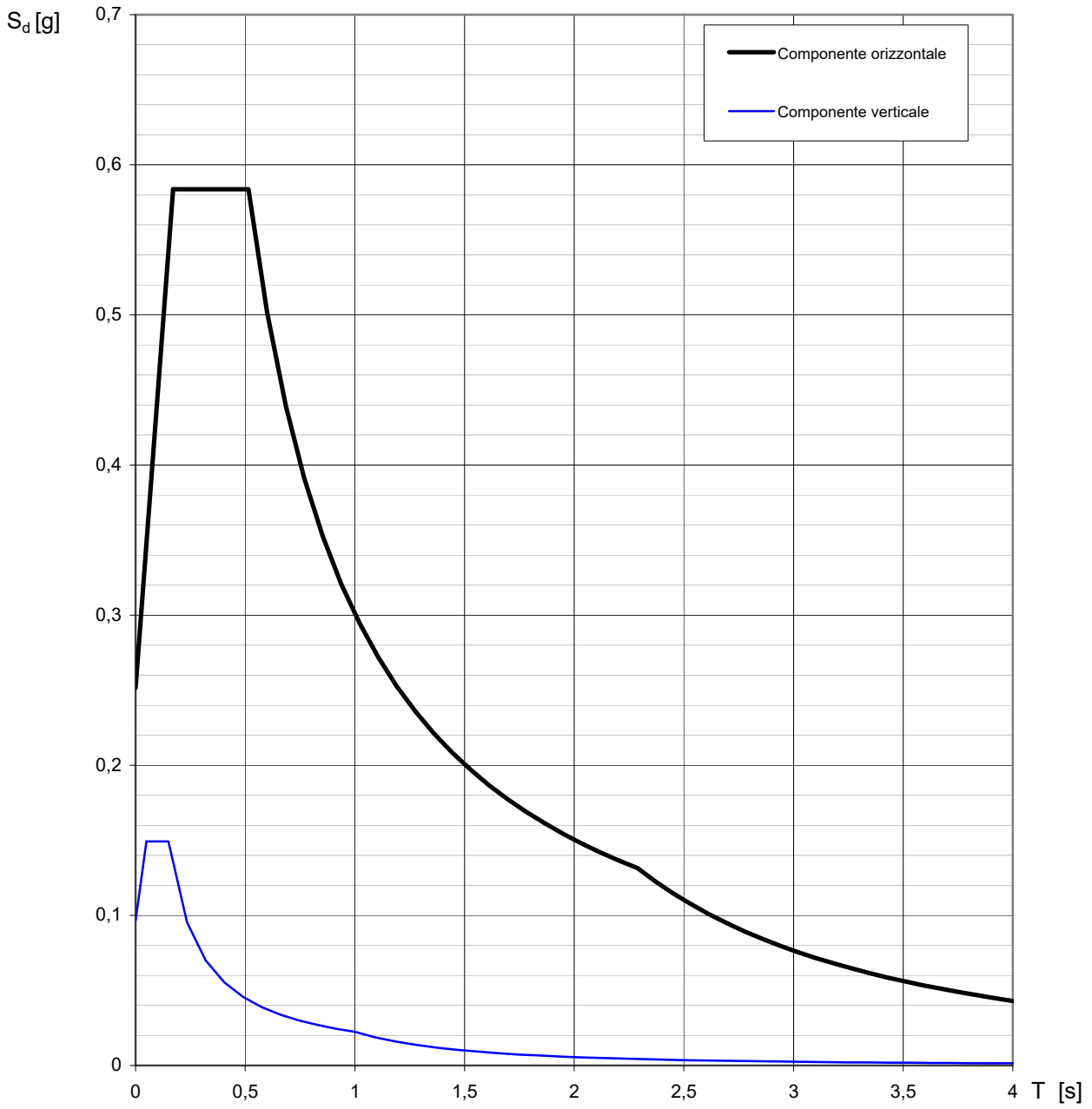
$$T_D \leq T \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left( \frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

**Punti dello spettro di risposta**

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,065
$T_B \leftarrow$	0,050	0,101
$T_C \leftarrow$	0,150	0,101
	0,235	0,064
	0,320	0,047
	0,405	0,037
	0,490	0,031
	0,575	0,026
	0,660	0,023
	0,745	0,020
	0,830	0,018
	0,915	0,017
$T_D \leftarrow$	1,000	0,015
	1,094	0,013
	1,188	0,011
	1,281	0,009
	1,375	0,008
	1,469	0,007
	1,563	0,006
	1,656	0,006
	1,750	0,005
	1,844	0,004
	1,938	0,004
	2,031	0,004
	2,125	0,003
	2,219	0,003
	2,313	0,003
	2,406	0,003
	2,500	0,002
	2,594	0,002
	2,688	0,002
	2,781	0,002
	2,875	0,002
	2,969	0,002
	3,063	0,002
	3,156	0,002
	3,250	0,001
	3,344	0,001
	3,438	0,001
	3,531	0,001
	3,625	0,001
	3,719	0,001
	3,813	0,001
	3,906	0,001
	4,000	0,001

**Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLD**

---



## Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite: SLD

### Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLD
$a_g$	0,172 g
$F_o$	2,321
$T_C^*$	0,346 s
$S_S$	1,460
$C_C$	1,491
$S_T$	1,000
$q$	1,000

### Parametri dipendenti

$S$	1,460
$\eta$	1,000
$T_B$	0,172 s
$T_C$	0,515 s
$T_D$	2,289 s

### Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_S \cdot S_T$$

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q$$

$$T_B = T_C / 3$$

$$T_C = C_C \cdot T_C^*$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6$$

### Espressioni dello spettro di risposta

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto  $S_d(T)$  per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico  $S_e(T)$  sostituendo  $\eta$  con  $1/q$ , dove  $q$  è il fattore di struttura.

### Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,251
$T_B$ ←	0,172	0,584
$T_C$ ←	0,515	0,584
	0,600	0,502
	0,684	0,440
	0,769	0,391
	0,853	0,353
	0,938	0,321
	1,022	0,294
	1,107	0,272
	1,191	0,253
	1,276	0,236
	1,360	0,221
	1,444	0,208
	1,529	0,197
	1,613	0,187
	1,698	0,177
	1,782	0,169
	1,867	0,161
	1,951	0,154
	2,036	0,148
	2,120	0,142
	2,205	0,137
$T_D$ ←	2,289	0,131
	2,370	0,123
	2,452	0,115
	2,533	0,107
	2,615	0,101
	2,696	0,095
	2,778	0,089
	2,859	0,084
	2,941	0,080
	3,022	0,075
	3,104	0,072
	3,185	0,068
	3,267	0,065
	3,348	0,061
	3,430	0,059
	3,511	0,056
	3,593	0,053
	3,674	0,051
	3,756	0,049
	3,837	0,047
	3,919	0,045
	4,000	0,043



**Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite: SLD**

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	
$a_{qv}$	0,097 g
$S_S$	1,000
$S_T$	1,000
$q$	1,500
$T_B$	0,050 s
$T_C$	0,150 s
$T_D$	1,000 s

**Parametri dipendenti**

$F_v$	1,301
$S$	1,000
$\eta$	0,667

**Espressioni dei parametri dipendenti**

$$S = S_S \cdot S_T$$

$$\eta = 1/q$$

$$F_v = 1,35 \cdot F_o \cdot \left( \frac{a_g}{g} \right)^{0,5}$$

**Espressioni dello spettro di risposta**

$$0 \leq T < T_B \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

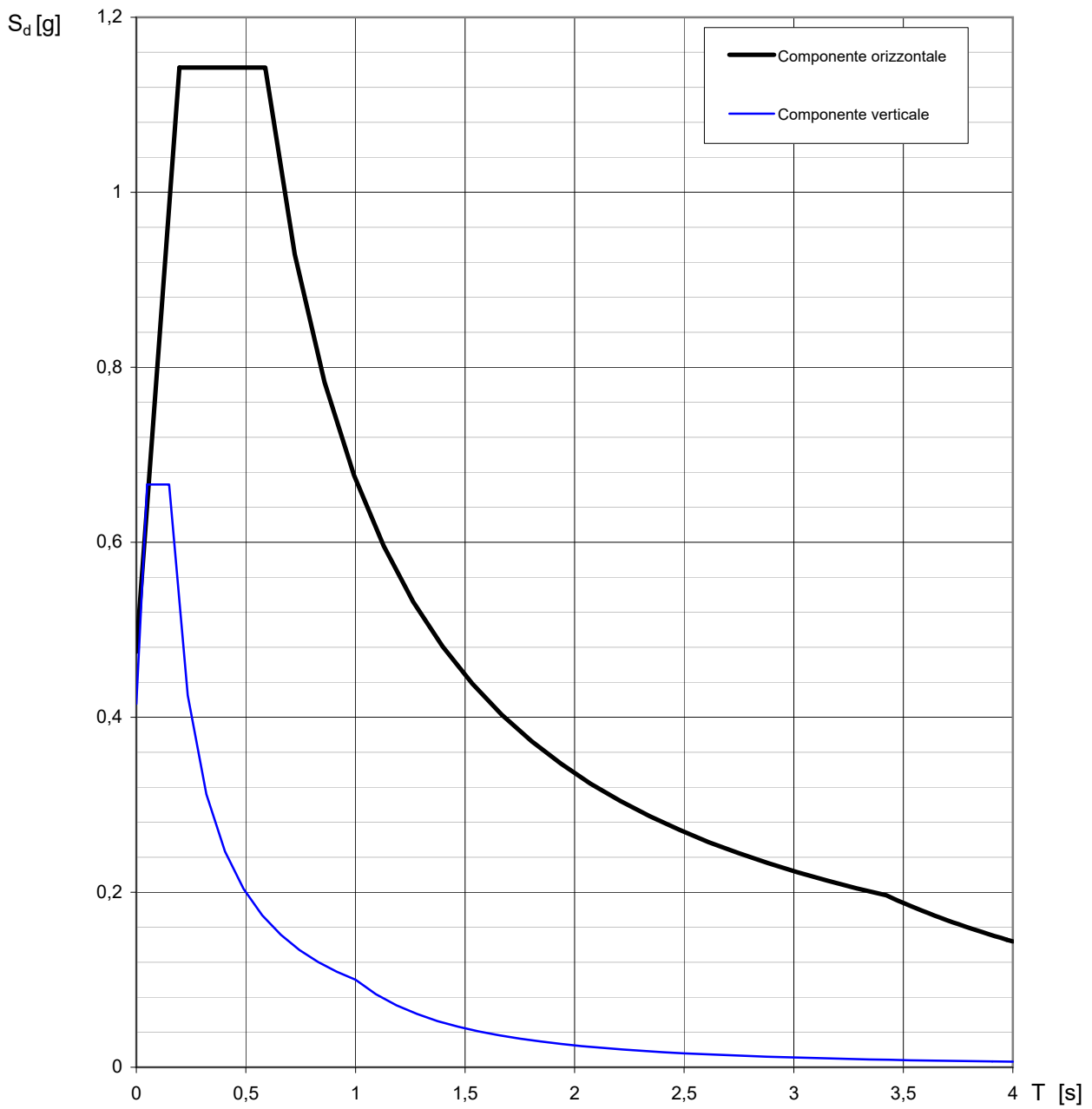
$$T_D \leq T \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left( \frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

**Punti dello spettro di risposta**

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,097
$T_B \leftarrow$	0,050	0,149
$T_C \leftarrow$	0,150	0,149
	0,235	0,095
	0,320	0,070
	0,405	0,055
	0,490	0,046
	0,575	0,039
	0,660	0,034
	0,745	0,030
	0,830	0,027
	0,915	0,024
$T_D \leftarrow$	1,000	0,022
	1,094	0,019
	1,188	0,016
	1,281	0,014
	1,375	0,012
	1,469	0,010
	1,563	0,009
	1,656	0,008
	1,750	0,007
	1,844	0,007
	1,938	0,006
	2,031	0,005
	2,125	0,005
	2,219	0,005
	2,313	0,004
	2,406	0,004
	2,500	0,004
	2,594	0,003
	2,688	0,003
	2,781	0,003
	2,875	0,003
	2,969	0,003
	3,063	0,002
	3,156	0,002
	3,250	0,002
	3,344	0,002
	3,438	0,002
	3,531	0,002
	3,625	0,002
	3,719	0,002
	3,813	0,002
	3,906	0,001
	4,000	0,001

**Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLV**

---



## Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite: SLV

### Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
$a_g$	0,456 g
$F_o$	2,406
$T_C^*$	0,421 s
$S_S$	1,042
$C_C$	1,397
$S_T$	1,000
$q$	1,000

### Parametri dipendenti

$S$	1,042
$\eta$	1,000
$T_B$	0,196 s
$T_C$	0,588 s
$T_D$	3,422 s

### Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_S \cdot S_T$$

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q$$

$$T_B = T_C / 3$$

$$T_C = C_C \cdot T_C^*$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6$$

### Espressioni dello spettro di risposta

$$0 \leq T < T_B \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto  $S_d(T)$  per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico  $S_e(T)$  sostituendo  $\eta$  con  $1/q$ , dove  $q$  è il fattore di struttura.

### Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,475
$T_B \leftarrow$	0,196	1,143
$T_C \leftarrow$	0,588	1,143
	0,723	0,929
	0,858	0,783
	0,993	0,677
	1,128	0,596
	1,263	0,532
	1,398	0,481
	1,533	0,438
	1,668	0,403
	1,803	0,373
	1,938	0,347
	2,073	0,324
	2,208	0,304
	2,343	0,287
	2,478	0,271
	2,613	0,257
	2,748	0,245
	2,883	0,233
	3,018	0,223
	3,152	0,213
	3,287	0,204
$T_D \leftarrow$	3,422	0,196
	3,450	0,193
	3,477	0,190
	3,505	0,187
	3,532	0,184
	3,560	0,182
	3,587	0,179
	3,615	0,176
	3,642	0,173
	3,670	0,171
	3,697	0,168
	3,725	0,166
	3,752	0,163
	3,780	0,161
	3,807	0,159
	3,835	0,156
	3,862	0,154
	3,890	0,152
	3,917	0,150
	3,945	0,148
	3,972	0,146
	4,000	0,144

**Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite: SLV**

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	
$a_{qv}$	0,415 g
$S_S$	1,000
$S_T$	1,000
$q$	1,500
$T_B$	0,050 s
$T_C$	0,150 s
$T_D$	1,000 s

**Parametri dipendenti**

$F_v$	2,192
$S$	1,000
$\eta$	0,667

**Espressioni dei parametri dipendenti**

$$S = S_S \cdot S_T$$

$$\eta = 1/q$$

$$F_v = 1,35 \cdot F_o \cdot \left( \frac{a_g}{g} \right)^{0,5}$$

**Espressioni dello spettro di risposta**

$$0 \leq T < T_B \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

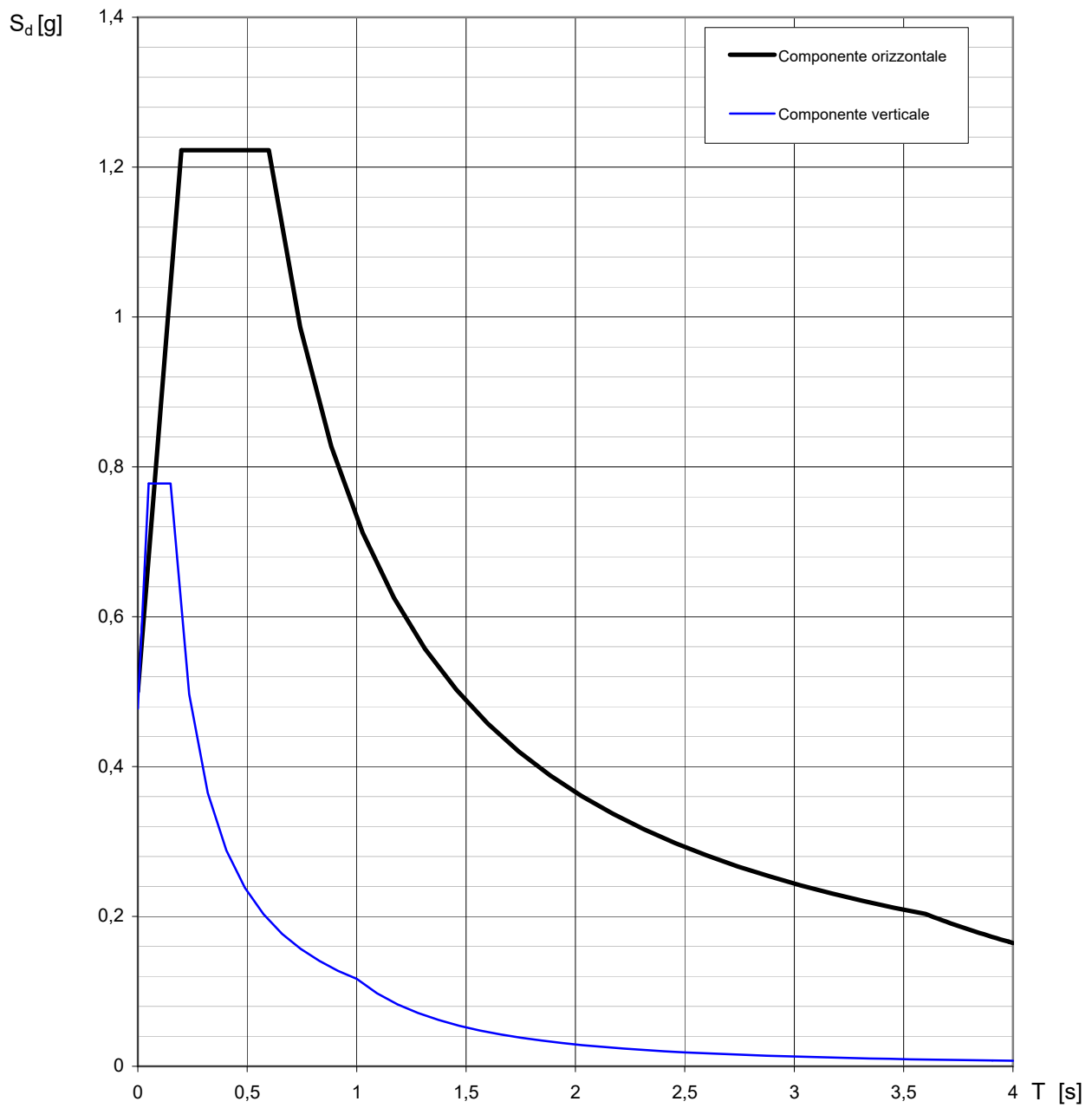
$$T_D \leq T \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left( \frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

**Punti dello spettro di risposta**

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,415
$T_B \leftarrow$	0,050	0,666
$T_C \leftarrow$	0,150	0,666
	0,235	0,425
	0,320	0,312
	0,405	0,247
	0,490	0,204
	0,575	0,174
	0,660	0,151
	0,745	0,134
	0,830	0,120
	0,915	0,109
$T_D \leftarrow$	1,000	0,100
	1,094	0,083
	1,188	0,071
	1,281	0,061
	1,375	0,053
	1,469	0,046
	1,563	0,041
	1,656	0,036
	1,750	0,033
	1,844	0,029
	1,938	0,027
	2,031	0,024
	2,125	0,022
	2,219	0,020
	2,313	0,019
	2,406	0,017
	2,500	0,016
	2,594	0,015
	2,688	0,014
	2,781	0,013
	2,875	0,012
	2,969	0,011
	3,063	0,011
	3,156	0,010
	3,250	0,009
	3,344	0,009
	3,438	0,008
	3,531	0,008
	3,625	0,008
	3,719	0,007
	3,813	0,007
	3,906	0,007
	4,000	0,006

**Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLC**

---



## Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite: SLC

### Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLC
$a_g$	0,500 g
$F_o$	2,445
$T_C^*$	0,432 s
$S_S$	1,000
$C_C$	1,385
$S_T$	1,000
$q$	1,000

### Parametri dipendenti

$S$	1,000
$\eta$	1,000
$T_B$	0,199 s
$T_C$	0,598 s
$T_D$	3,600 s

### Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_S \cdot S_T$$

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q$$

$$T_B = T_C / 3$$

$$T_C = C_C \cdot T_C^*$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6$$

### Espressioni dello spettro di risposta

$$0 \leq T < T_B \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto  $S_d(T)$  per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico  $S_e(T)$  sostituendo  $\eta$  con  $1/q$ , dove  $q$  è il fattore di struttura.

### Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,500
$T_B \leftarrow$	0,199	1,222
$T_C \leftarrow$	0,598	1,222
	0,741	0,987
	0,884	0,827
	1,027	0,712
	1,170	0,625
	1,313	0,557
	1,456	0,502
	1,599	0,458
	1,742	0,420
	1,885	0,388
	2,028	0,361
	2,171	0,337
	2,314	0,316
	2,456	0,298
	2,599	0,281
	2,742	0,267
	2,885	0,254
	3,028	0,242
	3,171	0,231
	3,314	0,221
	3,457	0,212
$T_D \leftarrow$	3,600	0,203
	3,619	0,201
	3,638	0,199
	3,657	0,197
	3,676	0,195
	3,695	0,193
	3,714	0,191
	3,733	0,189
	3,752	0,187
	3,771	0,185
	3,790	0,183
	3,809	0,181
	3,829	0,180
	3,848	0,178
	3,867	0,176
	3,886	0,174
	3,905	0,173
	3,924	0,171
	3,943	0,169
	3,962	0,168
	3,981	0,166
	4,000	0,165



**Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite: SLC**

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	
$a_{qv}$	0,477 g
$S_S$	1,000
$S_T$	1,000
$q$	1,500
$T_B$	0,050 s
$T_C$	0,150 s
$T_D$	1,000 s

**Parametri dipendenti**

$F_v$	2,334
$S$	1,000
$\eta$	0,667

**Espressioni dei parametri dipendenti**

$$S = S_S \cdot S_T$$

$$\eta = 1/q$$

$$F_v = 1,35 \cdot F_o \cdot \left( \frac{a_g}{g} \right)^{0,5}$$

**Espressioni dello spettro di risposta**

$$0 \leq T < T_B \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left( \frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

**Punti dello spettro di risposta**

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,477
$T_B \leftarrow$	0,050	0,778
$T_C \leftarrow$	0,150	0,778
	0,235	0,497
	0,320	0,365
	0,405	0,288
	0,490	0,238
	0,575	0,203
	0,660	0,177
	0,745	0,157
	0,830	0,141
	0,915	0,128
$T_D \leftarrow$	1,000	0,117
	1,094	0,098
	1,188	0,083
	1,281	0,071
	1,375	0,062
	1,469	0,054
	1,563	0,048
	1,656	0,043
	1,750	0,038
	1,844	0,034
	1,938	0,031
	2,031	0,028
	2,125	0,026
	2,219	0,024
	2,313	0,022
	2,406	0,020
	2,500	0,019
	2,594	0,017
	2,688	0,016
	2,781	0,015
	2,875	0,014
	2,969	0,013
	3,063	0,012
	3,156	0,012
	3,250	0,011
	3,344	0,010
	3,438	0,010
	3,531	0,009
	3,625	0,009
	3,719	0,008
	3,813	0,008
	3,906	0,008
	4,000	0,007

## **CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE**

Con quanto esposto nelle pagine precedenti si ritiene di aver illustrato, gli aspetti **geomorfologici, litostratigrafici, geotecnici, idrogeologici e litodinamici** dei terreni interessati dal progetto in esame.

Ciò sulla base delle osservazioni di superficie e dall'analisi dei dati diagnostici a disposizione, e, pertanto nei limiti di una ragionevole estensione estrapolativa di dati necessariamente localizzati e puntuali. Le previsioni edilizie in progetto sono state valutate secondo il grado di approfondimento previsto dalla normativa vigente, e risultano eseguibili senza particolari limitazioni di fattibilità geologica.

I risultati dell'indagine sismica eseguita hanno classificato il sottosuolo di fondazione come **categoria C** mentre, analizzata la geomorfologia ed in particolar modo le pendenze, è stata assegnata al sito una **Categoria Topografica T1 con St = 1.00**.

Va da se, in considerazione della complessità di comportamento che il particolare tipo di terreno impegnato ha spesso manifestato in sede di esecuzione dei lavori, che le anomale situazioni che la realtà del lavoro potrà fare emergere dovranno essere oggetto di tempestivo esame al fine di predisporre gli immediati magisteri atti a garantire, a tutti gli effetti, la sicurezza e la funzionalità dell'opera.

Resta, tuttavia, compito dello Strutturista Calcolatore dimensionare le strutture in funzione dei carichi a cui dovranno essere sottoposte ed effettuare le relative verifiche tenendo in debito conto, peraltro, l'influenza che l'opera in progetto può avere su fondazioni e su costruzioni esistenti nelle vicinanze.

I valori dei carichi adottati per il sottosuolo di fondazione dovranno essere **verificati mediante un accurato calcolo dei cedimenti**.

**Nel caso in cui si dovessero ottenere** cedimenti differenziali non trascurabili, si consiglia di tenere conto di:

- a) ridurre il carico trasmesso al terreno;**
- b) scegliere una diversa profondità di posa delle fondazioni;**
- c) adottare un diverso tipo di fondazione.**

Onde evitare, inoltre, **il progressivo decadimento delle caratteristiche**

**meccaniche e litodinamiche dei depositi direttamente implicati dalle strutture di progetto, sarà opportuno l'attuazione di un efficace drenaggio delle acque stagionali, superficiali ed episupeficiali, agente perimetralmente alla quota d'imposta delle fondazioni;**

Per gli scavi di sbancamento si dovranno prevedere, per i fronti anche provvisori di scavo, adeguati "angoli di scarpa" in funzione delle caratteristiche dei terreni (*non inferiori, comunque, ad 1:1*) al fine di evitare possibili effetti di deficit di contrasto al piede con conseguente collasso statico delle scarpate stesse.

Le strutture fondali altresì, sempre in considerazione della sismicità della zona, dovranno possedere sufficiente rigidità in modo da opporsi ad eventuali fenomeni di taglio che potrebbero generarsi per dissimetria dei carichi statici e/o sotto l'azione di possibili carichi dinamici.



IL GEOLOGO

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Fioravante Bosco", written over the printed text "IL GEOLOGO".