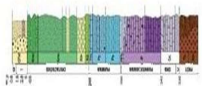


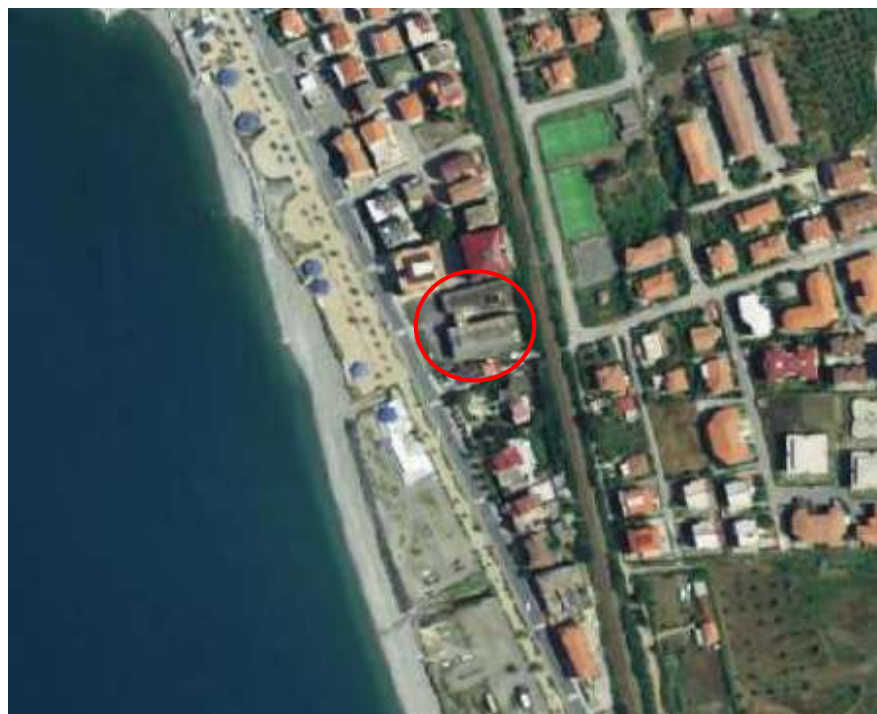
**DOTT.SSA VANESSA ROMANO – GEOLOGO**

via S. Caterina 26/a, 88040 Gizzeria (CZ) – e-mail: romanovanessa@libero.it



## COMUNE DI GIZZERIA (Provincia di Catanzaro)

*Progetto per i lavori di demolizione e ricostruzione  
dell'edificio scolastico A. Pugliese – Marina di Gizzeria*



IL GEOLOGO

Dott.ssa Vanessa Romano



IL PROGETTISTA

Co.Ma.Te.C. srl

IL RUP

Ing. Domenico Mazzocca

**Relazione Geologica**

## **Indice**

1. Normativa di riferimento	2
2. Premessa	2
3. Metodologia di lavoro	3
4. Inquadramento dell'area in esame	4
5. Geologia e geomorfologia	5
6. Vincoli	8
7. Idrologia e idrogeologia	13
8. Indagini geognostiche	13
8.1. Prospezioni simiche	15
9. Caratterizzazione sismica	15
9.1. Risposta sismica locale	23
9.2. Effetti stratigrafici da indagini sismiche	24
9.2.1. Prospezioni sismiche attive M.A.S.W.	24
9.2.2. Indagini sismiche a rifrazione	24
9.2.3. Indagini sismiche passive H.V.S.R.	25
9.3. Spettri di risposta	25
9.4. Effetti della topografia	26
10. Modello geologico	27
10.1. Sondaggio n.1	27
10.1.1. Prove SPT in foro	27
10.1.2. Prove di laboratorio	28
10.2. Sondaggio n.2	29
10.2.1. Prove SPT in foro	29
10.3. Caratterizzazione geomeccanica dei terreni di fondazione	30
11. Stabilità nei confronti nella liquefazione	30
12. Conclusioni	32

## **Elenco allegati:**

1. Indagini geognostiche;
2. Risposta sismica locale.

## 1. Normativa di riferimento

Lo studio è stato realizzato in osservanza delle seguenti leggi:

- **Circolare Ministero delle infrastrutture e dei trasporti n. 7 del 21.01.2019:**  
*Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.*
- **Decreto Ministeriale 17.01.2018:**  
Aggiornamento delle Norme Tecniche per le costruzioni;
- **Regolamento Regionale n.15 del 29.11.2016:**  
*Procedure per la denuncia, il deposito e l'autorizzazione di interventi di carattere strutturale e per la pianificazione territoriale in prospettiva sismica, di cui alla L. R. n.37 del 28/12/2015;*
- **Legge Regionale n. 37 del 31/12/2015:**  
*Modifica alla legge regionale n. 35 del 19/10/2009 e s.m.i.*
- **Legge Regionale n. 35 del 19/10/2009:**  
*Procedure per la denuncia, il deposito e l'autorizzazione di interventi di carattere strutturale e per la pianificazione territoriale in prospettiva sismica;*
- **O.P.C.M. n.3274 del 20.03.2003:**  
*“Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”.*

## 2. Premessa

Con determina del Responsabile del Servizio n.82 del 22/03/2017 si dava incarico alla sottoscritta di redigere lo studio geologico relativo al progetto per i lavori di demolizione e ricostruzione dell'edificio scolastico A. Pugliese, sito in via Lungomare A. Vespucci, località Marina di Gizzeria.

L'obiettivo del presente lavoro è quello di verificare se il sito, indicato dal committente, quale area sulla quale operare gli interventi costruttivi in progetto, possiede i requisiti atti a garantire la sicurezza e la funzionalità del complesso operativo.

La presente relazione, redatta in base alle prescrizioni dettate dalla normativa vigente, è una sintesi dei risultati ottenuti con le indagini eseguite, finalizzate essenzialmente all'individuazione delle eventuali problematiche che la natura e le caratteristiche intrinseche dei terreni pongono circa la scelta delle soluzioni progettuali e dei corrispondenti procedimenti costruttivi consentendo, altresì, di operare in ottemperanza alla normativa sismica vigente.

Il progetto prevede dunque l'adeguamento sismico di un istituto scolastico che sulla scorta del D.M. 17.01.2018, è inserito nella **Classe d'Uso III** (NTC 2018 – 2.4.2.), con Vita Nominale  $V_N \geq 50$  anni e Coefficiente d'Uso  $CU = 1.5$ .

Il “periodo di riferimento per l'azione sismica”, considerato che il coefficiente d'uso nel caso in esame vale  $CU = 1,5$  (tabella 2.4.II delle NTC 2018), si determina mediante la relazione:

$$VR = V_N * CU = 50 * 1,5 = 75 \text{ anni}$$

### 3. Metodologia di lavoro

Il presente studio finalizzato alla costruzione del modello geologico è stato articolato nelle seguenti fasi:

- attento esame della cartografia ufficiale, unitamente a ricerche bibliografiche atte al reperimento di notizie (storiche, morfologiche, tettoniche, sismiche, ideologiche, idrogeologiche, ecc.) della zona in esame;
- rilevamento geologico di campagna, che è consistito in un accertamento degli elementi quali: litologia affiorante nel sito in esame e nei dintorni, caratteristiche geomorfologiche, stato idrologico e idrogeologico.
- indagini geognostiche, geomeccaniche e sismiche, per la definizione del modello geologico-geotecnico e la caratterizzazione sismica dei terreni di fondazione.

Il tutto ha permesso di ottenere un quadro completo degli aspetti geologici, geomorfologici, geotecnici e sismici dei terreni ricadenti nel sito di interesse progettuale.

#### 4. Inquadramento dell'area in esame

L'area in esame ricade nel Comune di Gizzeria (CZ), in località Marina di Gizzeria, ed ha come riferimento cartografico il Foglio n. 574 sez. IV "Castiglione Marittimo" della Carta topografica d'Italia, a scala 1:25.000 (Fig. 1), e planimetria catastale il Foglio n. 19, particella 97 (CEU) (Fig. 2).

Il sito si trova in prossimità della linea di costa, ad una distanza di circa 200m, ed una quota altimetrica pari a ca. 4 m s.l.m.

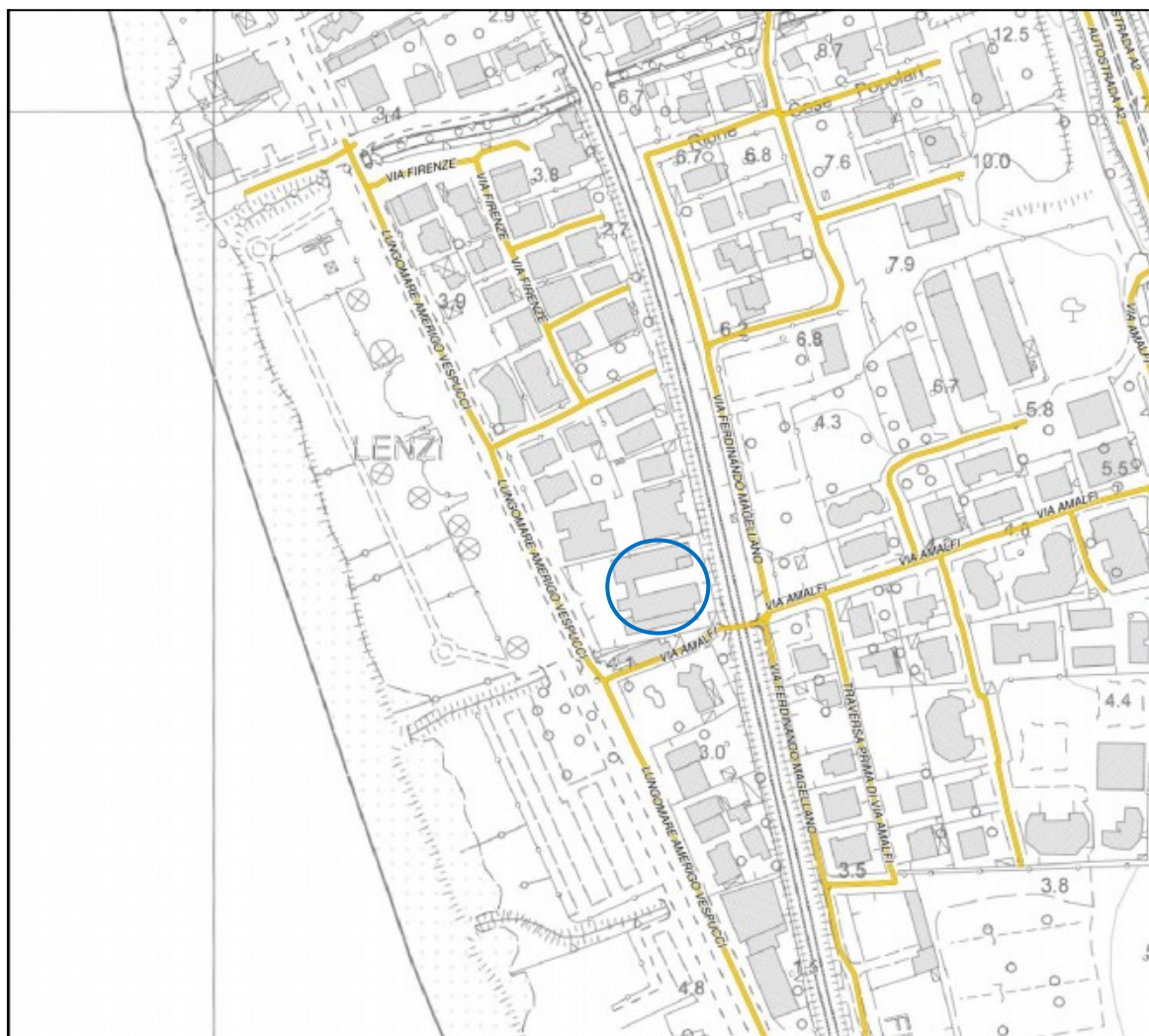


Fig. 1: Ubicazione progetto su CTR (ovale blu).





Il blocco Calabro è storicamente suddiviso, all'altezza della stretta di Catanzaro, in due settori, settentrionale e meridionale, con caratteristiche e storia geologica molto diverse fra loro (Bonardi et al., 1982; Scandone, 1982; Tortorici, 1983; Dercourt et al., 1985).

L'area d'interesse si colloca all'interno della porzione più meridionale del massiccio della Sila ed è condizionata dalla presenza di un horst costituito da formazioni cristallino-metamorfiche paleozoiche che segnano il bordo nord-occidentale del Graben di Catanzaro, una struttura tettonica colmata da depositi plio-quadernari, e generata da faglie sub-verticali con direzione prevalente WNW – ESE con una componente di trascorrenza sinistra.

Il contesto geologico del Comune di Gizzeria è caratterizzato dalla presenza di una grande varietà di tipi litologici che, per origine e struttura, possono essere distinti in due grossi complessi litostratigrafici:

- il primo più antico si sviluppa dal centro storico del capoluogo e generalmente a quote superiori ai 200 metri s.l.m. ed è costituito da un complesso metamorfico-cristallino costituito da Scisti Filladici grigi, occasionalmente verdi, composti essenzialmente da clorite, sericite e quarzo, localmente caratterizzati dalla presenza di numerose e sottili intercalazioni quarzitiche. Gli scisti contengono caratteristiche segregazioni, o vene lenticolari di quarzo disposti parallelamente alla scistosità nonché intersecanti la medesima;

- il secondo complesso è costituito da Argille, Calcari, Conglomerati, Sabbie e Depositi Alluvionali. Detti sedimenti ricoprono antiche superfici di erosione sia di origine marina che continentale ed in prossimità della costa, le stesse coltri si presentano sia come conoidi di deiezione che come dune.

In prossimità della costa sono presenti sistemi di dune eoliche costituiti da sabbie orientate parallelamente alla linea di riva.

Dallo studio della Carta Geologica della Calabria si nota come nell'area di studio la formazione affiorante coincide con depositi alluvionali, coincidenti con sabbie e ghiaie, che ricoprono in gran parte le sabbie costiere. La permeabilità di suddetto materiale è elevata (Fig. 3).

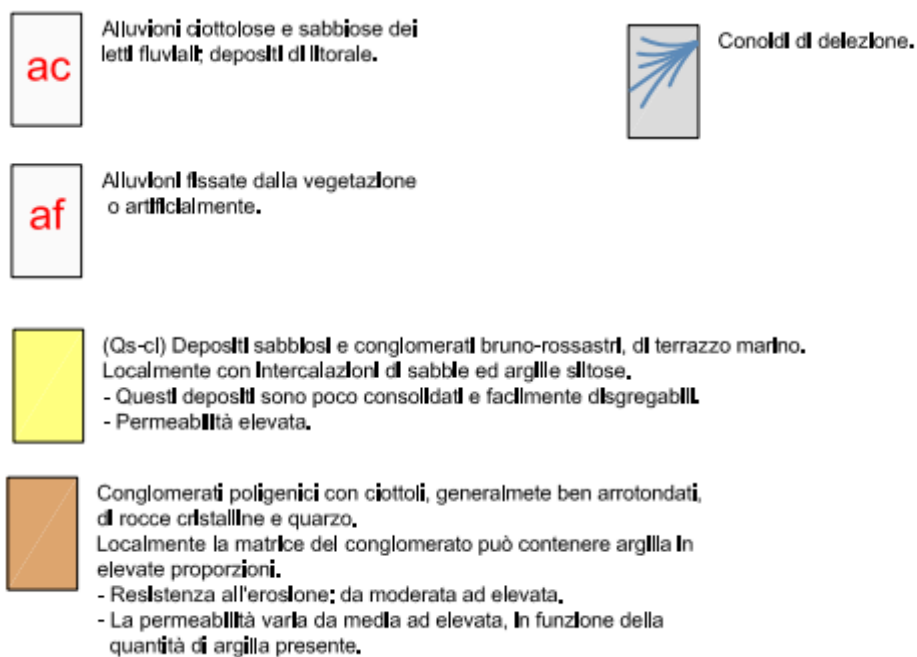
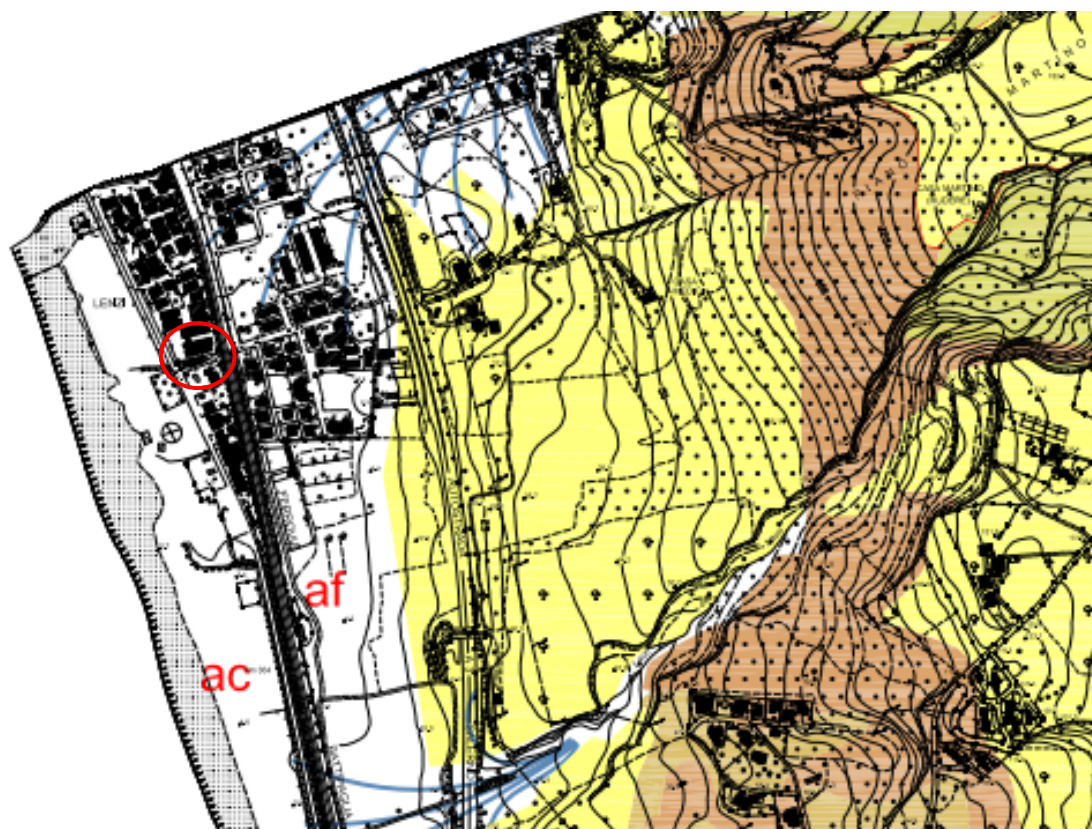


Fig. 3: Stralcio carta geologica con ubicazione progetto (cerchio rosso).



## **6. Vincoli**

Al fine di individuare vincoli o rischi di natura idrogeologica incombenti sul territorio oggetto dell'intervento, la zona è stata inquadrata nelle normative di pianificazione territoriale contenute nel Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (PAI) redatte dall'Autorità di Bacino della Regione Calabria, finalizzate alla salvaguardia delle popolazioni, degli insediamenti, delle infrastrutture e del suolo.

Dall'osservazione della figura riportata di seguito si nota come l'edificio scolastico si ubica al di fuori delle aree di attenzione dei torrenti limitrofi mentre è lambita dalle fasce di pericolo di erosione costiera ed in particolare dalla fascia con pericolosità P1 – aree con bassa pericolosità (Fig. 4, 5).

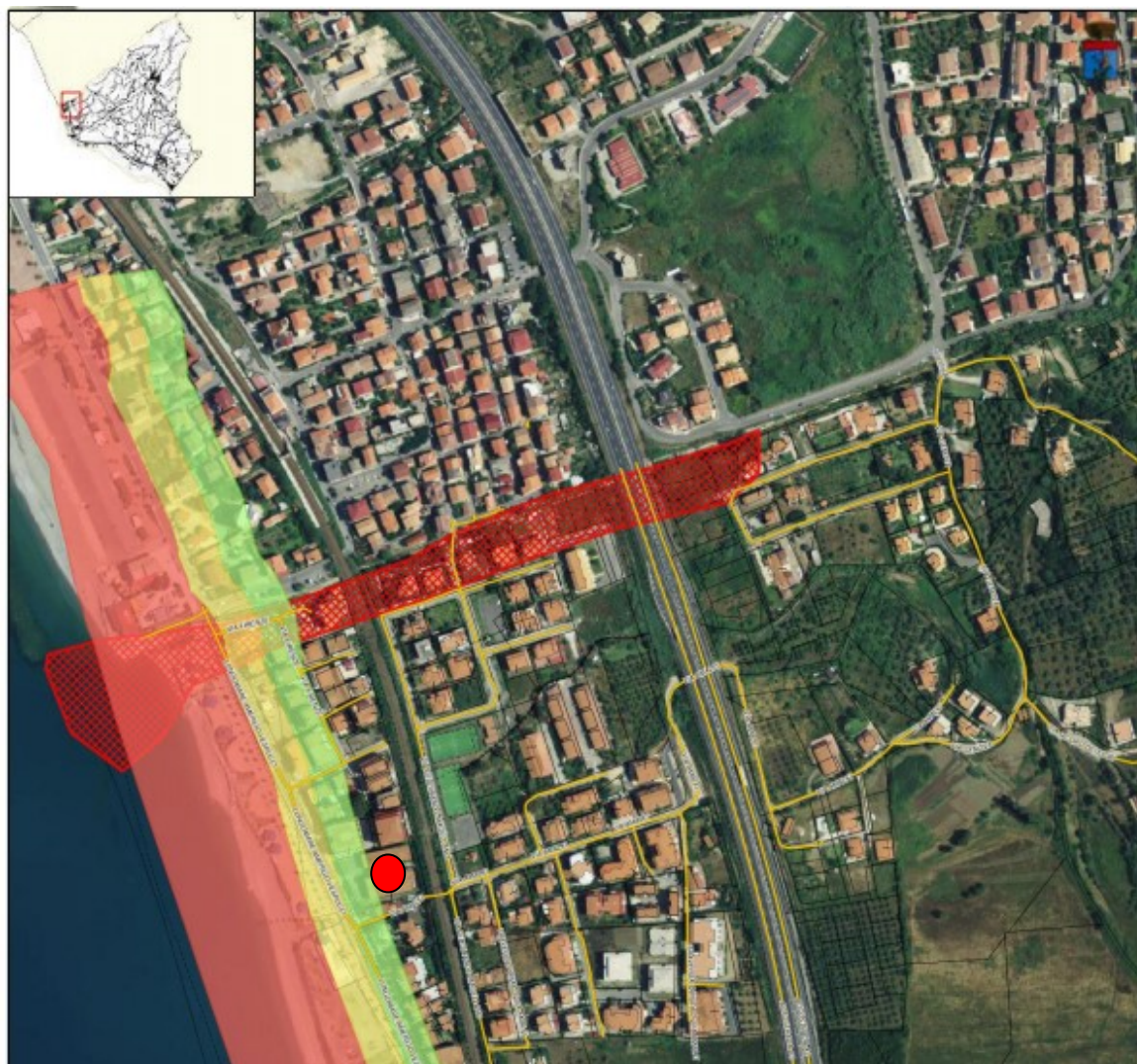
### **Art. 28 (Disciplina delle aree con pericolo di erosione costiera)**

In tali aree sono vietate tutte le opere e attività di trasformazione dello stato dei luoghi e quelle di carattere urbanistico e edilizio, ad esclusiva eccezione di quelle di seguito elencate:


- a) tutti gli interventi consentiti nelle aree a rischio di erosione costiera;
- b) *gli interventi di cui alla lettera d) dell'art. 31 della L. 457/1978 senza aumento di superficie e volume, a condizione che gli stessi non aumentino il livello di rischio e non comportino significativo ostacolo ai processi di ripascimento;*
- c) gli interventi di ampliamento degli edifici esistenti per necessità di adeguamento igienicosanitario;
- d) depositi temporanei conseguenti e connessi ad attività estrattive autorizzate, da realizzarsi secondo le modalità prescritte dai dispositivi di autorizzazione.

Nelle aree predette:

- a) la realizzazione di opere, scavi e riporti di qualsiasi natura deve essere programmata sulla base di opportuni rilievi e indagini estese su tutta l'unità fisiografica, di valutazioni della stabilità globale della linea di riva e delle opere nelle condizioni “ante”, “post” e in corso d'opera effettuate da un professionista abilitato;
- b) non sono consentite le operazioni che comportino eliminazione o riduzione dei cordoni dunari costieri.



**Vincolo PAI Idraulico**

 PAI - Zone di attenzione

**Piano di Bacino Stralcio di Erosione Costiera**

Piano di Bacino Stralcio di Erosione Costiera

 P1

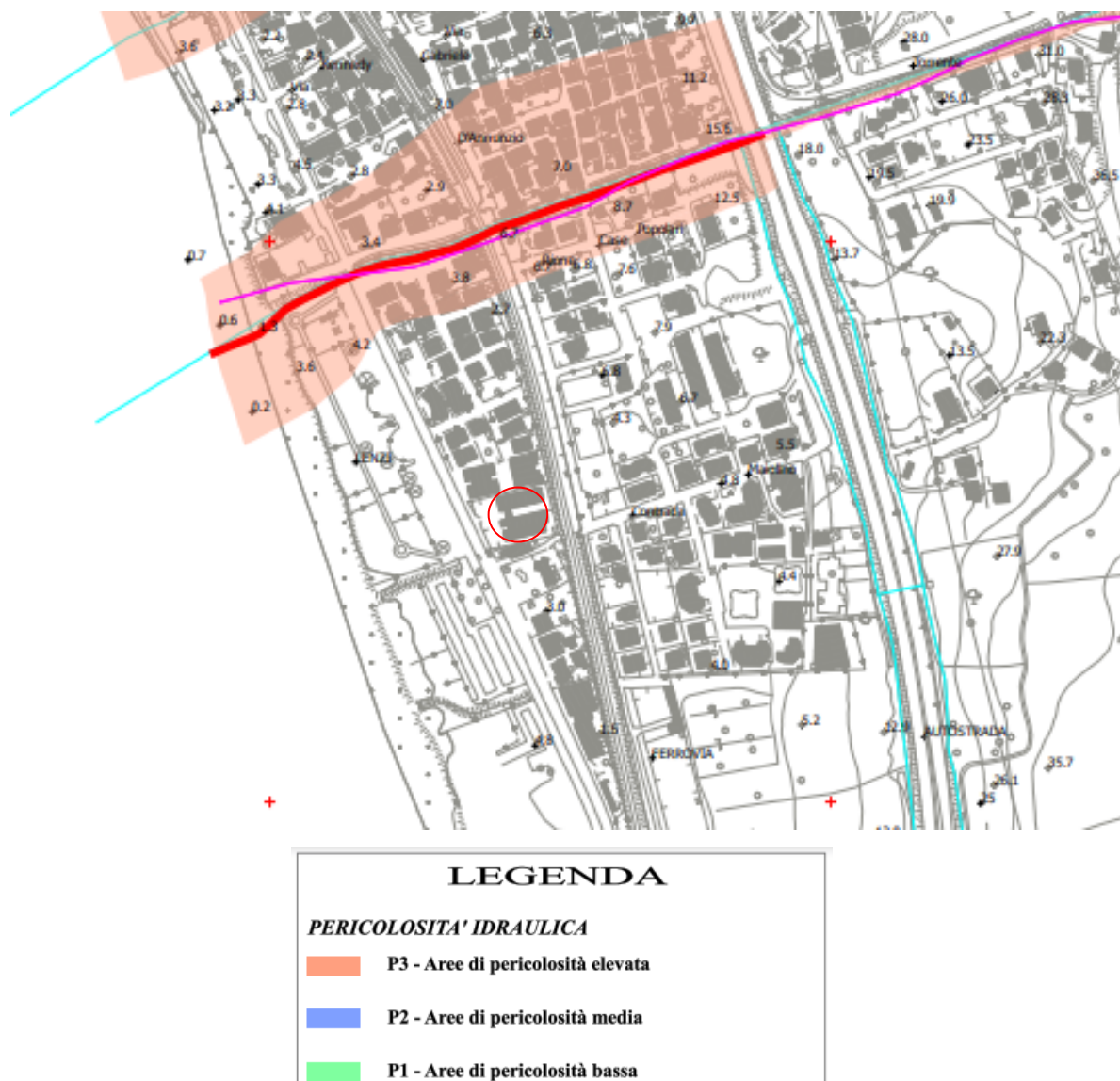
 P2

 P3

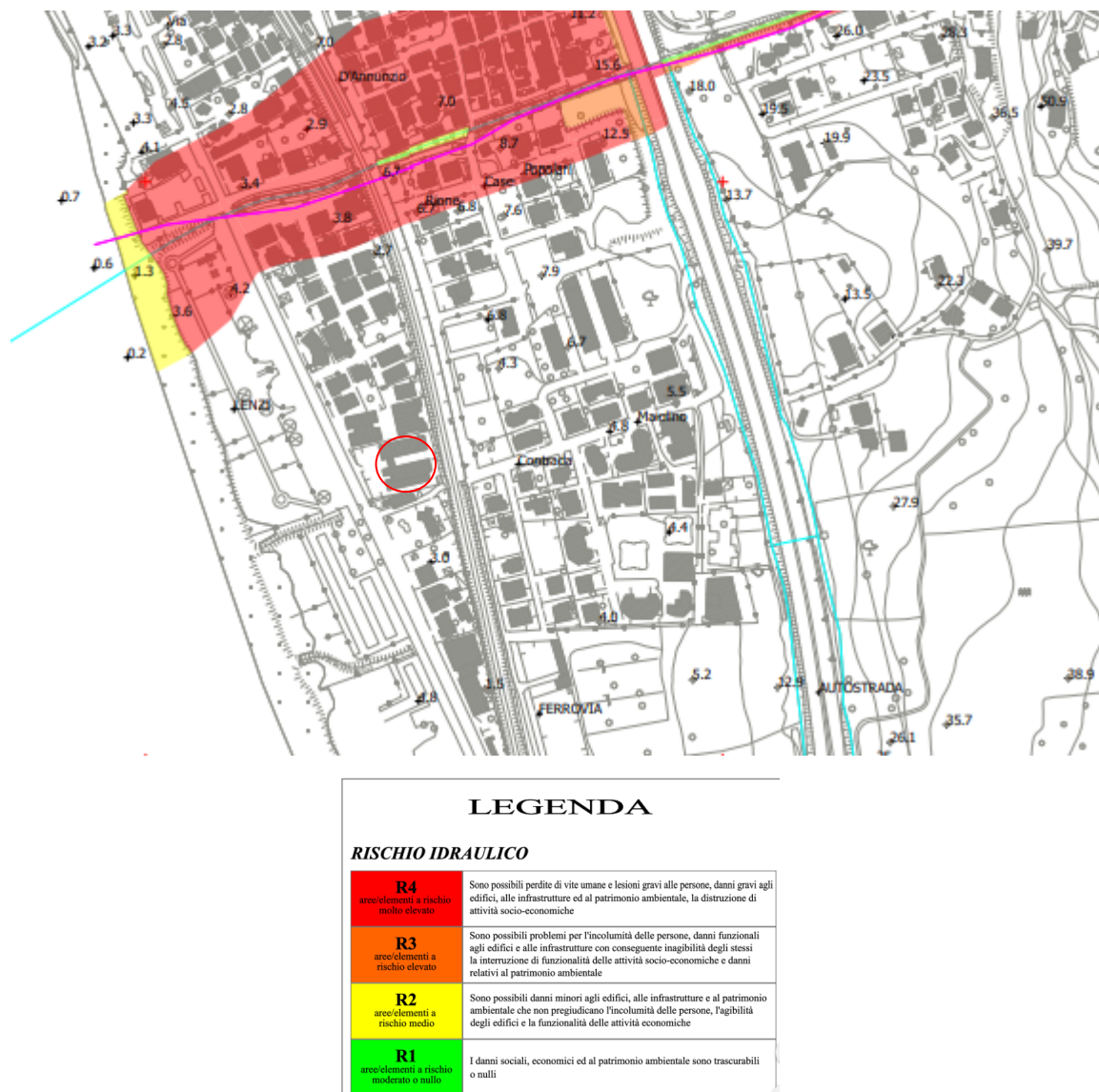
**Fig. 4:** Perimetrazione aree a rischio idraulico e di erosione costiera con ubicazione progetto (pallino rosso).







**Fig.5:** Stralcio mappa della pericolosità idraulica TAV. 574022 con indicazione area di intervento (cerchio rosso).



**Fig.6:** Stralcio mappa del rischio idraulico TAV. 574022R con indicazione area di intervento (cerchio rosso).



## **7. Idrologia e idrogeologia**

L'andamento dell'idrografia superficiale del territorio del comune di Gizzeria è piuttosto regolare ed i sistemi idrografici risultano essere numerosi e a carattere torrentizio. Essi sono caratterizzati da aste fluviali che in posizione subparallela scorrono verso la linea di costa. Le linee di deflusso preferenziali si localizzano lungo gli assi delle principali depressioni del substrato impermeabile.

L'asta fluviale più prossima all'area investigata è quella del torrente Grima, ad andamento sub rettilineo, rispetto alla quale l'Istituto oggetto di adeguamento sismico si trova in sinistra orografica. Il sopracitato torrente ha carattere propriamente torrentizio, tipico delle aste drenanti calabresi, ed è contraddistinto da consistenti valori di portata nei periodi autunnali e invernali che facilitano il trasporto solido, e fasi di magra nei periodi estivi.

Quanto alle caratteristiche idrogeologiche sotterranee, è ipotizzabile la presenza di una falda freatica con soggiacenza media compresa tra 4 - 5 m dal piano campagna.

## **8. Indagini geognostiche**

Le indagini geognostiche, volte alla ricostruzione lito-stratigrafica del sottosuolo ed alla caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni individuati, ubicate come in Fig. 7, sono consistite in:

- N.2 sondaggio a rotazione spinti fino alla profondità di -18.0 m e -15.0 m dal p.c.;
- N.4 prove S.P.T. in foro;
- N.2 prove di laboratorio su campioni indisturbati e a disturbo limitato;
- installazione di n.1 piezometro;
- N. 2 prova penetrometrica pesante;
- N.1 tomografie sismiche di superficie;
- N.1 indagine sismica di tipo MASW;
- N.1 indagine sismica passiva HVSR.

I risultati delle indagini sopra elencate hanno consentito di evincere un quadro qualitativo della distribuzione verticale dei litotipi affioranti e le relative caratteristiche geomeccaniche.

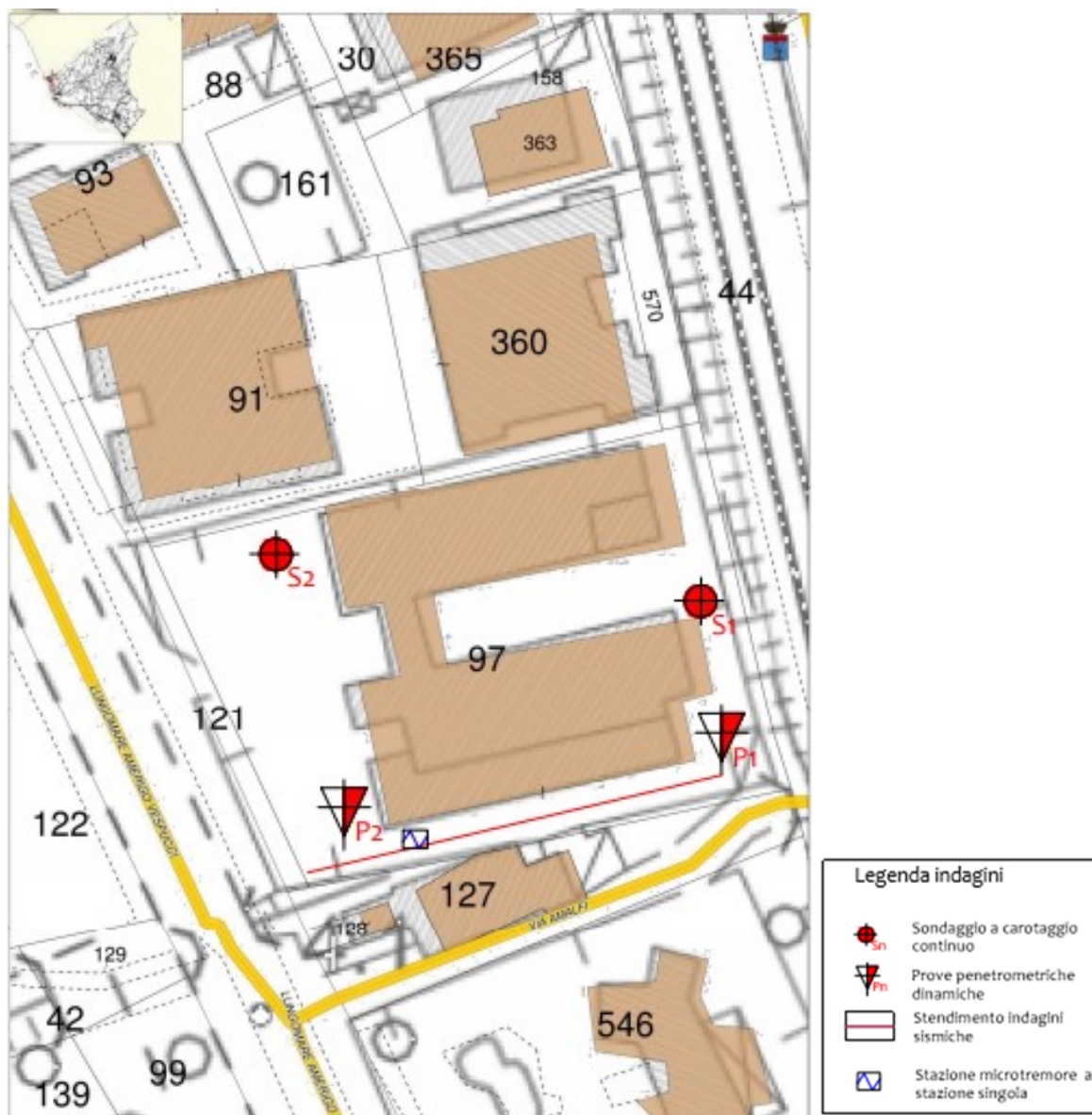


Fig. 7: Ubicazione indagini.

### **8.1 Prospezioni sismiche**

La misura diretta della velocità di propagazione delle onde elastiche è stata effettuata mediante prospezioni in sismiche a rifrazione, prospezioni sismiche M.A.S.W. e indagini HVRS, ubicate in modo da caratterizzare l'intera area di studio (vedi Fig. 7).

Per le specifiche tecniche si rimanda all'allegato "Relazione sulle indagini geofisiche"

In generale, le indagini sismiche hanno permesso di interpretare:

- la stratigrafia sismica del sito, da correlare al modello litostratimetrico;
- il parametro  $V_{s,eq}$  e la categoria di sottosuolo di cui alla Tabella 3.2.II delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018.

### **9. Caratterizzazione sismica**

L'Orogene Calabro Peloritano, successivamente alla sua strutturazione, è stato interessato da un'intensa fase tettonica postorogena estensionale, iniziata dal Pliocene Superiore e tutt'ora in atto. L'estensione ha prodotto un'ampia zona di rift, denominata da Monaco & Tortorici (2000) "rift-zone siculo-calabra" (Fig. 8), strutturata da un sistema di faglie normali sismogeniche, che si estende dalla costa orientale della Sicilia, attraverso lo Stretto di Messina, fino al settore nord-occidentale della Calabria. Le faglie presentano direzioni variabili tra N-S e NE-SO e, meno frequentemente, evidenziano un andamento trasversale (direzioni medie ONO-ESE).

I singoli segmenti di faglia che costituiscono la rift-zone hanno frammentato l'OCP in bacini sedimentari marini, disposti sia parallelamente che trasversalmente rispetto alla direzione dell'OCP, ed in blocchi sollevati. Le faglie, che mostrano scarpate ben sviluppate e con sensibile grado di "freschezza" morfologica, in Calabria sollevano e delimitano i fronti dei principali sistemi montuosi (Aspromonte, Serre, Catena Costiera, Sila).

I sistemi di faglie ad andamento trasversale della riftzone siculo-calabra rivestono un ruolo particolarmente importante nell'area in esame, in quanto individuano la depressione tettonica (graben) che corrisponde alla Stretta di Catanzaro.

Le faglie recenti presenti nella stretta di Catanzaro sono raggruppabili in tre sistemi che vengono di seguito descritti:

1. Sistema di faglie normali con debole componente di trascorrenza destra ad orientamento da N-S a NNE-SSO;
2. Sistema di faglie normali con componente di trascorrenza sinistra ad orientamento medio ONO-ESE;
3. Sistema di faglie normali ad andamento OSO-ENE.

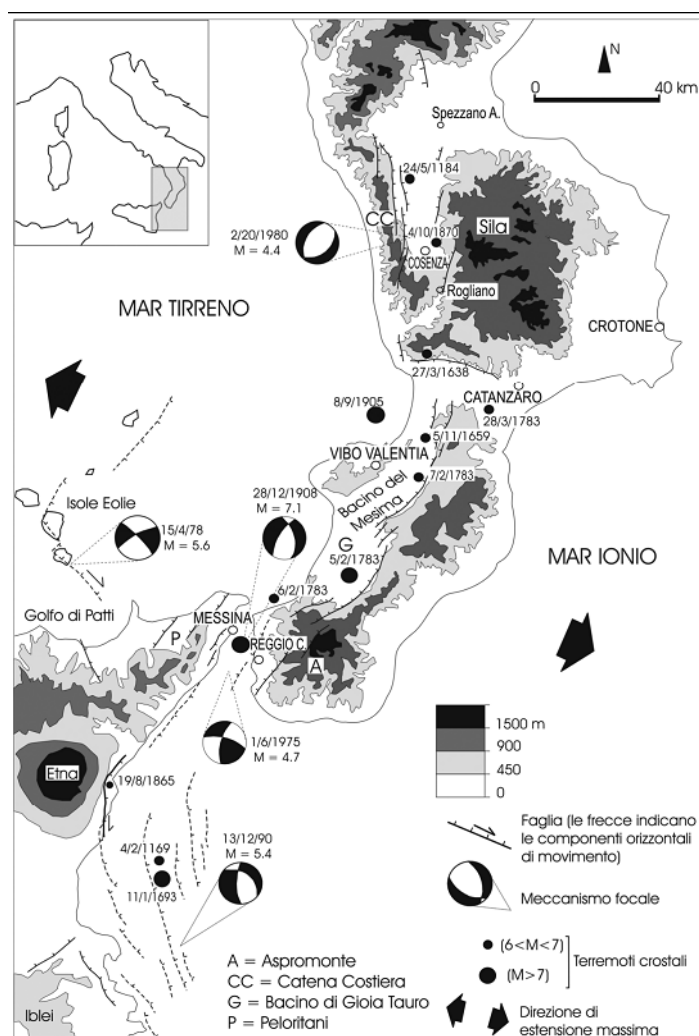


Fig. 8: Caratteri sismotettonici della “rift-zone siculo-calabra” (da Monaco & Tortorici, 2000).

L'area di studio ricade in una zona ad elevato rischio sismico connesso con l'attività delle faglie sismogeniche estensionali appartenenti alla "rift-zone siculo-calabra".

La storia ha registrato numerosi eventi sismici che hanno segnato direttamente o indirettamente il comune di Gizzeria. Il Catalogo parametrico dei terremoti italiani (Gruppo di Lavoro **CPTI15**), prodotto dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, riporta l'elenco dei terremoti che hanno interessato il territorio comunale (Fig. 9, 10).

Tra gli eventi riportati compare il terremoto dell'8 settembre 1905, il cui epicentro è collocato nel Golfo di S. Eufemia, nei pressi del litorale di Pizzo e, che è collocato tra i fenomeni sismici più rovinosi dell'ultimo secolo. Esso è riportato con un grado di intensità pari al grado XI della scala MCS ed una magnitudo  $M_w$  di 7,24. In occasione di tale evento si verificarono movimenti di versante (frane sismo indotte) anche a diversi Km di distanza dall'epicentro. Anche il territorio di Gizzeria fu interessato da tali fenomeni. Lo stesso accadde durante il terremoto del 27 marzo 1638, di magnitudo 6 ed  $I_{max}=11$ .

Il Catalogo parametrico dei terremoti italiani riporta inoltre tra i terremoti che interessarono il territorio quello del marzo 1783. La crisi sismica, conosciuta come "*Terremoto della Calabria del 1783*", durò quasi 3 anni e fu caratterizzata da 5 scosse catastrofiche dell'XI grado della scala Mercalli (5, 6 e 7 febbraio, 1 e 28 Marzo 1783) e da varie centinaia di scosse minori (alcune delle quali del IX grado, come quella del 26 Aprile 1783). Le scosse interessarono l'intera Calabria meridionale e, in parte, la Sicilia orientale (Messina).



### Gizzeria

PlaceID IT\_64801  
 Coordinate (lat, lon) 38.981, 16.206  
 Comune (ISTAT 2015) Gizzeria  
 Provincia Catanzaro  
 Regione Calabria  
 Numero di eventi riportati 14

Effetti	In occasione del terremoto del								
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io Mw
10	1638	03	27	15	05		Calabria centrale	213	11 7.09
6-7	1783	03	28	18	55		Calabria centrale	323	11 7.03
8-9	1905	09	08	01	43		Calabria centrale	895	10-11 6.95
6	1908	12	28	04	20	2	Stretto di Messina	772	11 7.10
5	1947	05	11	06	32	1	Calabria centrale	254	8 5.70
5	1958	10	27	10	09		Catanzarese	62	5-6 4.59
NF	1993	05	09	01	28	0	Tirreno meridionale	9	4.16
4-5	1994	01	05	13	24	1	Tirreno meridionale	148	5.82
3-4	2001	05	17	11	43	5	Tirreno meridionale	206	4 4.97
4	2001	10	18	11	02	4	Valle del Crati	115	5 4.28
NF	2004	04	17	05	14	1	Golfo di Squillace	126	4 4.21
3	2004	05	05	13	39	4	Isole Eolie	641	5.42
NF	2005	04	23	19	11	4	Costa calabra settentrionale	156	4 4.15
NF	2006	06	22	19	34	5	Costa calabra settentrionale	161	4.70

Fig. 9: Storia sismica di Gizzeria. Fonte: Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPT15)

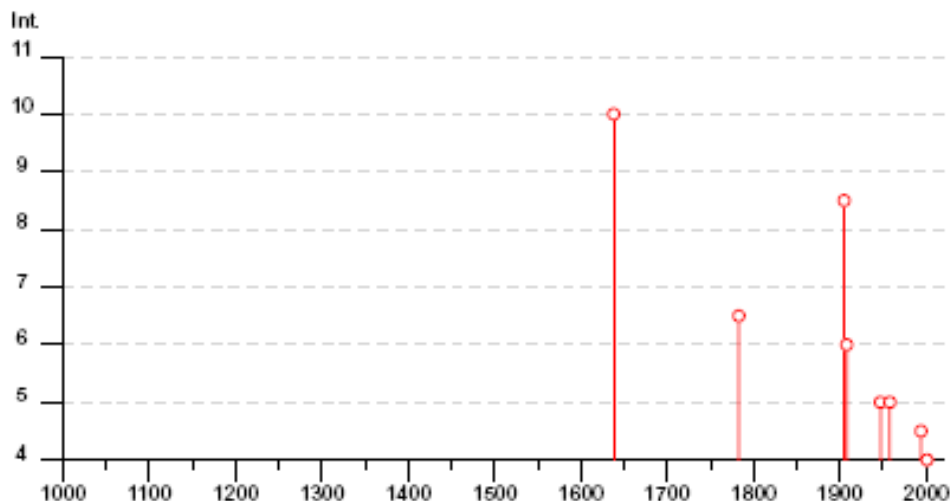


Fig. 10: Terremoti che hanno interessato il comune di Gizzeria. Fonte: Database Macrosismico Italiano 2015 DBMI15. [http://emidius.mi.ingv.it/CPT15-DBMI15/query\\_place/places/IT\\_648](http://emidius.mi.ingv.it/CPT15-DBMI15/query_place/places/IT_648)

Dal punto di vista tettonico, lo studio dei dati a disposizione (Carta Geologica e database ITHACA - Catalogo delle faglie capaci) permette l'individuazione dei numerosi allineamenti tettonici presenti nel territorio comunale di Gizzeria (Fig. 11).

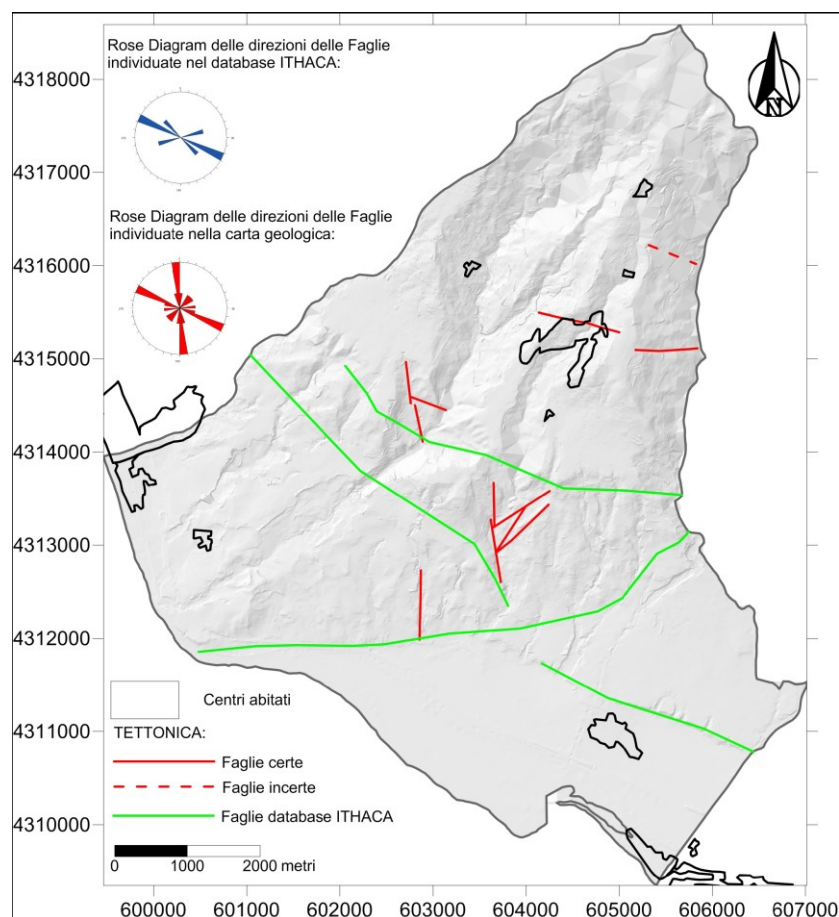
Si può dunque osservare come l'intero abitato di Gizzeria sia attraversato da una faglia normale ad andamento WNW-ESE, a testimoniare l'elevato rischio sismico cui è sottoposto il territorio.

Le faglie capaci che interessano il territorio comunale di Gizzeria fanno parte del sistema "Lamezia-Catanzaro" (Moretti, 1999) avente le seguenti caratteristiche: rigetto max verticale: 1000m, cinematica: trascorrente-transtensiva, ultima attività nota: Pleistocene sup. -Olocene.

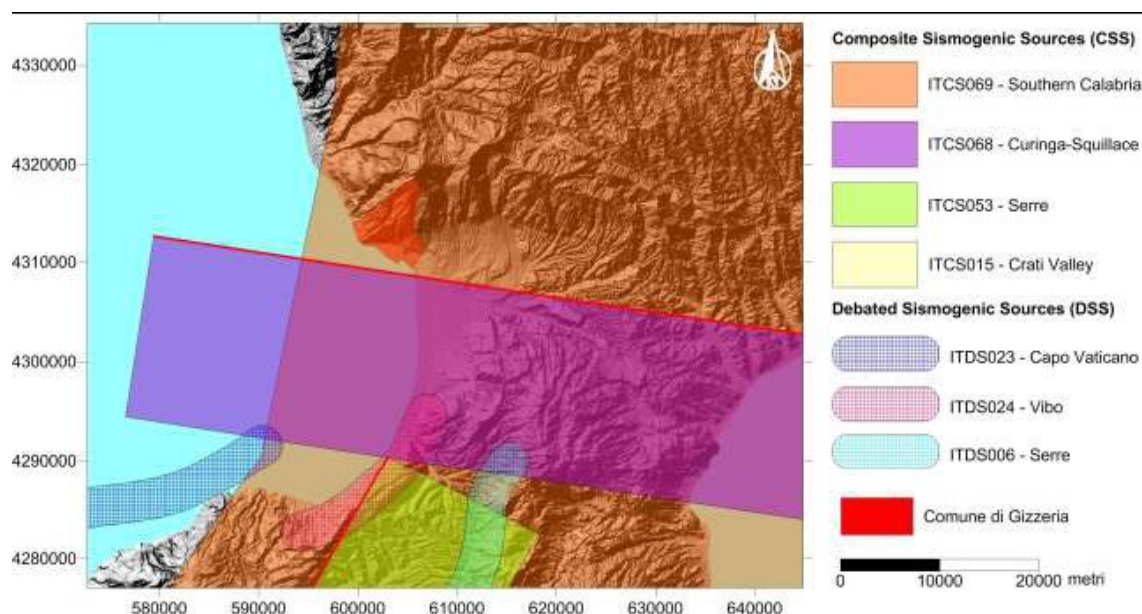
Questo sistema è composto da una complessa serie di faglie minori, discontinue all'affioramento, a scorrimento normale od obliquo, che delimitano il bordo settentrionale della struttura negativa della Stretta di Catanzaro. Le faglie minori hanno orientamento da E-W a SW-NE ed arrangiamento in echelon sinistro; negli sbancamenti eseguiti per la superstrada Lamezia-Catanzaro dislocano vistosamente le superfici terrazzate del Pleistocene superiore-Olocene. Anche in questo caso le strutture osservabili in superficie sono evidentemente da porre in relazione con un elemento trasforme profondo ben noto dalla sismica di esplorazione (faglia di Catanzaro, Finetti e Del Ben, 1986) di età quaternaria.

Per quanto attiene alle faglie attive, il riferimento ufficiale è il DISS (Database of Individual Seismogenetic Sources; Fig. 12) dell'INGV che fornisce un'istantanea della presenza di faglie considerate attive allo stato attuale nell'area di interesse.

È possibile notare che le sorgenti sismogenetiche che passano nell'area di studio hanno una massima magnitudo prevista tra 6.2 – 7.1 Mw.



**Fig. 11:** Allineamenti tettonici nel territorio comunale



**Fig. 12:** Fonti sismogenetiche presenti nel database DISS (Database of Individual Seismogenetic Sources) dell'INGV

COMPOSITE SEISMOGENIC SOURCES								
<i>DISS-ID</i>	<i>Name</i>	<i>Min depth [Km]</i>	<i>Max depth [km]</i>	<i>Strike [deg] min/max</i>	<i>Dip [deg] min/max</i>	<i>Rake [deg] min/max</i>	<i>Slip Rate [mm/y] min/max</i>	<i>Max Magnitude</i>
ITCS015	Crati Valley	1.0	10	160/200	50/70	260/280	0.1/1	6.2
ITCS053	Serre	3.0	11	20/40	20/40	260/280	0.1/1	6.9
ITCS068	Curinga-Squillace	3.0	15	90/110	70/90	330/10	0.1/0.5	6.6
ITCS069	Southern Calabria	11	50	180/250	20/40	80/100	0.1/1.0	7.1
DEBATED SEISMOGENIC SOURCES								
<i>DISS-ID</i>	<i>Name</i>	<i>Compiled by</i>						
ITDS006	Capo Vaticano	Burrato, P., P. Vannoli and G. Valensise						
ITDS023	Vibo	Burrato, P., P. Vannoli and G. Valensise						
ITDS024	Serre	Burrato, P., P. Vannoli and G. Valensise						

**Tab. 1:** Caratteristiche fonti sismogenetiche presenti nel database DISS

Secondo la recente normativa antisismica, O.P.C.M. n.3274 del 20/03/2003 e successivo D.M. 14/09/2005, il territorio nazionale è suddiviso in 4 zone sismiche, a ciascuna delle quali è attribuito un valore di accelerazione orizzontale massima convenzionale ( $a_g$ , espressa come frazione dell'accelerazione di gravità  $g=9.81 \text{ m/s}^2$ ) su suolo di categoria A (“formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi”), con probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

Il territorio comunale di Gizzeria appartiene alla Zona 1, caratterizzata da un valore di  $a_g$  pari a 0.35 g, un coefficiente sismico  $C = 0,1$  e grado di sismicità  $S = 12$ .

Le Norme Tecniche Per le Costruzioni (NTC) DM 14/01/2008 introducono per la prima volta il concetto di pericolosità sismica di base in condizioni ideali di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale.

Il DM 17/01/2018, ripropone tale concetto. La “pericolosità sismica di base”, costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche da applicare alle costruzioni.

La stima della pericolosità sismica viene definita mediante un approccio “sito dipendente” e non più tramite un criterio “zona dipendente”. L'azione sismica di progetto in base alla quale valutare il rispetto dei diversi *stati limite* presi in considerazione, viene definita partendo dalla “pericolosità di base” del sito di

costruzione, che è l'elemento essenziale di conoscenza per la determinazione dell'azione sismica.

Per definire l'azione sismica di progetto si può fare riferimento ad un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione delle categorie di sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio,  $V_S$ .

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio,  $V_{S,eq}$  (in m/s), definita dall'espressione [3.2.1]:

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

con:

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

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali.

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.

Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite in Tab. 3.2.II. delle NTC 2018:



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

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

### 9.1 Risposta sismica locale

Le opere in progetto rientrano tra le strutture che devono essere progettate con previsione di resistenza e funzionalità garantite per una vita nominale non inferiore ai 50 anni e la loro tipologia è da collocare nella classe d'uso III, per la quale è definito un coefficiente d'uso pari a 1.5.

In base alla normativa regionale vigente (L. R. n. 37 del 31/12/2015), per le opere ricadenti nelle classi d'uso III e IV è richiesta un'analisi specifica, ovvero uno studio di Risposta Sismica Locale.

Dati generali	
Latitudine (ED50)	38. 9671°
Longitudine (ED50)	16. 1511°
Classe d'uso	Classe III
Vita nominale	50 [anni]
Vita di riferimento	75 [anni]
Coefficiente d'uso $C_u$	1.5

Tab. 2: Parametri sito di riferimento

## 9.2 Effetti stratigrafici da indagini sismiche

### 9.2.1 Prospezioni sismiche attive M.A.S.W.

La categoria di sottosuolo del sito è stata determinata mediante la misura diretta della velocità di propagazione delle onde di taglio  $V_s$  ottenuta mediante una prospezione sismica attiva M.A.S.W. la quale ha permesso di individuare la seguente stratigrafia sismica:

**MASW 1:**

Depth at the bottom of the layer[m]	Thickness [m]	Vs [m/s]
2.8	2.8	108
4.1	1.3	253
5.7	1.6	798
15.0	9.3	261
30.0	15.0	716

Il valore di  $V_{s,eq}$ , calcolato mediante l'espressione [3.2.1] delle NTC18.

In considerazione della stratigrafia sismica ottenuta con le indagini effettuate e in considerazione di un sistema di fondazioni impostato a -3 m dal p.c., il valore di  $V_{s,eq}$  è risultato pari a **447 m/s**, quindi, congruentemente con la descrizione stratigrafica secondo la tab. 3.2.II delle NTC 2018, il sito in esame ricade nella **categoria di sottosuolo B**.

### 9.2.2 Indagini sismiche a rifrazione

La sezione ottenuta dall'interpretazione dell'indagine sismica evidenzia un rifrattore, posto ad una profondità variabile che va da circa 1.8 m fino a 2.6 m dal p.c. Tale rifrattore separa il sismostrato superficiale, caratterizzato da valori di  $V_p$  di 341.2 m/s, dal secondo caratterizzato da valori di  $V_p$  di 518.3 m/s. Un altro rifrattore, mostra una certa regolarità in corrispondenza delle profondità 4.5 e 5.0 m, mentre la parte centrale, denota un andamento irregolare con sviluppo fino alla profondità di 2.6 m dal p.c. L'ultimo sismostrato rilevato mostra valori di  $V_p$  che si attestano a 1472.8 m/s (Fig. 13).

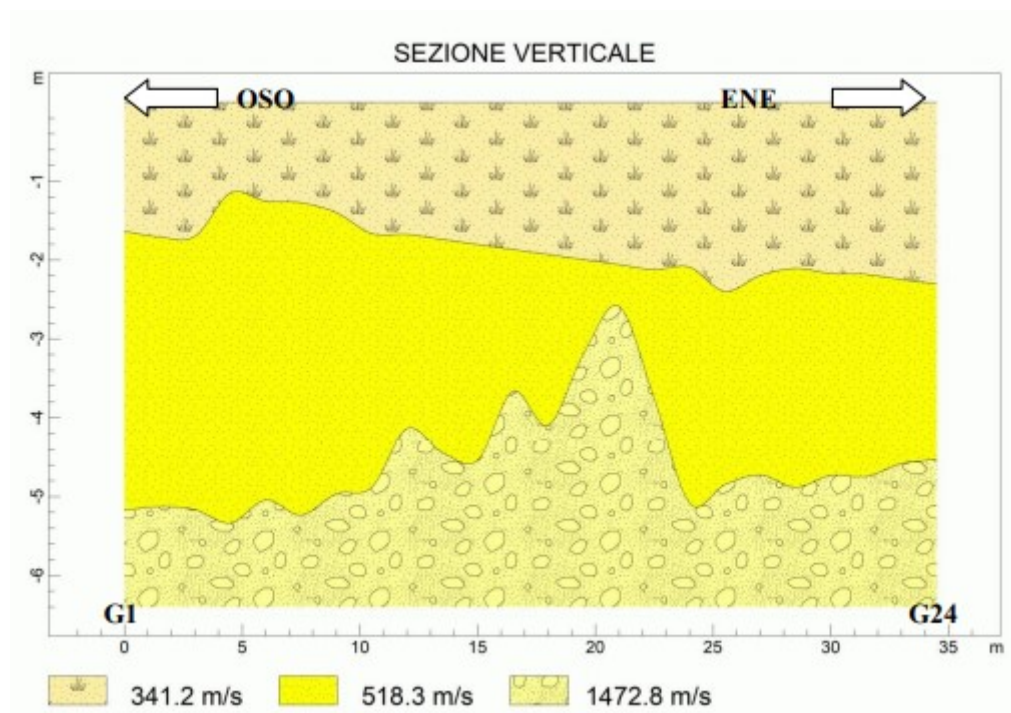


Fig. 13: Sezione sismostratigrafica e dromocrone

### 9.2.3 Indagini sismiche passive H.V.S.R.

La metodologia di indagine sismica passiva a stazione singola (HVSr) si basa sulla misurazione delle vibrazioni ambientali nelle tre direzioni dello spazio. Sapendo che in generale esiste una relazione semplice fra la frequenza "f" di vibrazione del terreno, definita risonanza, lo spessore della parte più soffice del terreno e la velocità media delle onde sismiche nel sottosuolo, attraverso le misure HVSr è possibile risalire allo spessore di questo strato.

Nella prova è stato rilevato un picco di risonanza principale, alla frequenza di circa 2.5Hz, ed è relativo ad un contrasto d'impedenza a circa 45m dal p.c., compatibile con la presenza del substrato. Questi picchi rappresentano le frequenze che, in caso di sisma, il terreno trasmette ed amplifica, e sono quindi le frequenze da evitare al fine di prevenire "accoppiamenti di risonanza" fra edifici e terreno.

### 9.3 Spettri di risposta

Ai fini della definizione dell'Azione Sismica di progetto occorre valutare gli effetti delle condizioni stratigrafiche locali.

Dal punto di vista progettuale, lo spettro di risposta elastico in accelerazione riveste particolare importanza nella definizione delle Azioni Sismiche da adottare. Esso viene riferito ad uno smorzamento  $\eta$  convenzionale pari al 5% e la sua forma spettrale dipende dai fattori precedentemente citati (accelerazione di base  $a_g$ , stratigrafia, topografia, probabilità di superamento nel periodo di riferimento riferiti agli stati limite di progetto).

Nell'allegata relazione sulla "Risposta sismica locale" vengono riportati gli spettri elastici in riferimento ai diversi stati limite e la risposta sismica locale ossia l'insieme delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenze, che un moto sismico relativo ad una formazione rocciosa di base (terremoto di riferimento), subisce attraversando gli strati dal bedrock fino alla superficie.

#### 9.4 Effetti della topografia

Per la determinazione dell'azione sismica locale occorre considerare anche il contributo derivante dalla morfologia superficiale.

Nel caso in cui la topografia non presenti particolare complessità, è possibile adottare la seguente classificazione:

Tabella 3.2.IV – Categorie topografiche	
Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

**Tab. 3:** Categorie topografiche

La zona di studio ha assetto pianeggiante; la categoria topografica di appartenenza è quindi T1, alla quale non è attribuibile alcun fenomeno di amplificazione sismica legato alle condizioni topografiche.

## **10. Modello geologico**

Il modello geologico del sito viene definito in base alle prescrizioni fornite dal D.M. 17 gennaio 2018 e alla luce del rilevamento geologico e della campagna geognostica condotta.

### **10.1 SONDAGGIO N.1**

Per l'ubicazione del sondaggio vedasi Fig. 7.

Il sondaggio denominato S1, è stato spinto fino alla profondità di 18.00 m rispetto al piano campagna. Fino a tale profondità è stato possibile ricostruire un profilo stratigrafico dettagliato, di seguito riportato e discusso.

Sono state effettuate n. 2 prove SPT in foro a diverse profondità (3.20, 7.20 m).

È stato prelevato n.2 campioni alla profondità di 2.80 m e 4.50 m dal p.c. successivamente sottoposti ad analisi di laboratorio per la classificazione granulometrica, determinazione parametri indice (contenuto d'acqua, peso specifico), e prova di taglio diretto, per la definizione dei parametri  $\varphi'$  e  $c'$ .

#### **10.1.1 Prove SPT in foro**

Nell'ambito del foro di sondaggio sono state effettuate n. 2 prove SPT (*Standard penetration test*). La prova SPT consiste nel misurare la resistenza alla penetrazione nel terreno di una punta conica sia aperta (campionatore Raymond) che chiusa di diametro pari a 51 mm, con angolo al vertice di 60°, infissa nel terreno mediante percussione su un'apposita testa di battuta da parte di un maglio del peso di 73 kg lasciato cadere da un'altezza di 76 cm. Più in dettaglio la prova è consistita nel misurare il numero di colpi di maglio necessari a far avanzare la punta per tre tratti, ciascuno della lunghezza di 15 cm.

Nei calcoli si è considerata la somma dei valori relativi ai 3 avanzamenti ( $N_{spt}$ ). Se con 50 colpi non si raggiunge la misura la prova è conclusa.

La prova SPT, attraverso delle correlazioni empiriche, fornisce un'indicazione sul grado di addensamento dei terreni e sulla sua deformabilità. Tali prove sono state eseguite rispettando quanto prescritto dalle Normative AGI.



I dati relativi alle prove condotte nel foro di sondaggio sono riportati in tabella:

SPT	Profondità (m)	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>3</sub>	N=N <sub>2</sub> +N <sub>3</sub>
1	3.20	13	28	38	>50
2	7.20	10	26	R	R

I risultati delle prove SPT mostrano un'elevata resistenza all'infissione del terreno dovuta ad un forte stato di addensamento del terreno. Attraverso le correlazioni proposte da Terzaghi-Peck (1948) e Gibbs-Holts (1957) tra N<sub>SPT</sub> e densità relativa (D<sub>R</sub>) dei terreni, è possibile definire il grado di addensamento dei terreni individuati:

N <sub>SPT</sub>	DENSITÀ RELATIVA	
	Terzaghi-Peck (1948)	Gibbs-Holtz (1957)
0-4	molto sciolta	0-15%
4-10	sciolta	15-35%
10-30	media	35-65%
30-50	densa	65-85%
> 50	molto densa	85-100%

La tabella sopra riportata, conferma un forte stato di addensamento del terreno, con un valore di densità relativa D<sub>R</sub> che supera l'85%.

#### 10.1.2 Prove di laboratorio

Durante l'esecuzione del sondaggio sono stati prelevati due campioni, uno indisturbato, uno a disturbo limitato, alla profondità di:

1. Campione n.1: -3.20m dal p.c., sottoposto a:
  - a. Caratterizzazione fisica;
  - b. Analisi granulometrica;
  - c. Prova di taglio.
2. Campione n.2: -7.20 m dal pc., sottoposto a:
  - a. Caratterizzazione fisica;
  - b. Analisi granulometrica.

Di seguito si riportano i risultati. Per i dettagli si rimanda al relativo allegato.

CAMPIONE N.1 (2.80 – 3.20 m):

L'analisi granulometrica ha permesso di giungere alla seguente classificazione:

- *Sabbia debolmente limosa*

Classificazione UNI CEN ISO/TS 14688 - 1 :	<b>Sabbia debolmente Limosa</b>		<b>siSa</b>
Percentuali classi granulometriche:	<b>Ghiaia</b> 3,8%	<b>Sabbia</b> 87,4%	<b>Limo</b> 8,8%

L'analisi di taglio diretto ha restituito i seguenti valori di coesione (c) e angolo di attrito ( $\varphi$ ):

Campione	c (KPa)	$\varphi$ (°)
n.1	2.56	30.38

CAMPIONE N.2 (4.50 – 5.00 m):

L'analisi granulometrica ha permesso di giungere alla seguente classificazione:

- *Sabbia*

Classificazione UNI CEN ISO/TS 14688 - 1 :	<b>Sabbia</b>		<b>Sa</b>
Percentuali classi granulometriche:	<b>Ghiaia</b> 4,7%	<b>Sabbia</b> 90,5%	<b>Limo</b> 4,8%

## 10.2 SONDAGGIO N.2

Per l'ubicazione del sondaggio vedasi Fig. 7.

Il sondaggio denominato S2, è stato spinto fino alla profondità di 15,0 m rispetto al piano campagna. Fino a tale profondità è stato possibile ricostruire un profilo stratigrafico dettagliato, di seguito riportato e discusso.

Sono state effettuate n.2 prove SPT in foro a diverse profondità (3 m e 15 m).

### 10.2.1 Prove SPT in foro

Nell'ambito del foro di sondaggio sono state effettuate n. 2 prove SPT alle seguenti profondità:

SPT N.1: 3.0 m

SPT N.2: 15.0 m

I dati relativi alle prove condotte nel foro di sondaggio sono riportati in tabella:

SPT	Profondità (m)	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>3</sub>	N=N <sub>2</sub> +N <sub>3</sub>
1	3,00	24	27	30	>50
2	15,00	13	18	20	38

I risultati delle prove SPT suggeriscono gradi addensamento e consistenza dei terreni attraversati dalla perforazione molto elevati, soprattutto nei primi metri di perforazione in cui affiorano sabbie con ghiaie.

### 10.3 Caratteristiche geomeccaniche dei terreni di fondazione.

Dalle indagini geognostiche effettuate è possibile ricavare la seguente sintesi stratigrafica e i seguenti parametri geotecnici medi:

Descrizione	Profondità (m)	Angolo d'attrito $\varphi$ (°)	Peso di volume $\gamma$ (t/m <sup>3</sup> )	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Densità relativa (Dr)	coesione (KPa)	Classificazione AGI
[1] – Terreno vegetale - riporto	1.5	22.7	1.7	67.0	74	-	POCO ADDENSATO
[2] – Sabbia debolmente limosa	3.0	30.0	1.7	54.0	60	2.56	POCO ADDENSATO
[3] – sabbia debolmente ghiaiosa	7.5	30.4	2.2	282.0	100	-	ADDENSATO
[4] – sabbia	18.0	26.0	2.0	150.0	70	-	MODERATAMENTE ADDENSATO

Risulta individuata una falda superficiale il cui livello freatico si attesta intorno ai 4 m dal p.c.

Misurazioni successive effettuate nel foro di sondaggio mediante l'utilizzo del freatimetro hanno rivelato un livello freatico attestante ai 3.5 m dal p.c.

### 11. Stabilità nei confronti della liquefazione

Così come riportato nel §7.11.3.4.1 delle NTC18, *il sito presso il quale è ubicato il manufatto deve essere stabile nei confronti della liquefazione, intendendo con tale*

*termine quei fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, sollecitati da azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni non drenate.*

La verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze (§7.11.3.4.2 delle NTC18):

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata  $(N_1)_{60} > 30$  oppure  $qc_{1N} > 180$  dove  $(N_1)_{60}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e  $qc_{1N}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Fig. 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c < 3,5$  e in Fig. 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3,5$ .

Nel nostro caso, la verifica a liquefazione ha dato il seguente risultato:

#### VERIFICA A LIQUEFAZIONE - Metodo del C.N.R. - GNDT Da Seed e Idriss

Strato	Prof. Strato (m)	Nspt	Nspt'	Svo (kN/m <sup>2</sup> )	S'vo (kN/m <sup>2</sup> )	T	R	Fs	Condizione:
3	7.50	66.00	55.508	158.998	129.577	0.219	137.257	625.50	Livello non liquefacibile
4	15.00	38.00	20.793	338.995	236.023	0.224	0.331	1.48	Livello non liquefacibile

Svo: Pressione totale di confinamento; S'vo: Pressione efficace di confinamento; T: Tensione tangenziale ciclica; R: Resistenza terreno alla liquefazione; Fs: Coefficiente di sicurezza

## 12. Conclusioni

Nell'ambito della presente relazione geologica sono state descritte le caratteristiche geologiche, litologiche, geomorfologiche, idrogeologiche e sismiche dei terreni coinvolti nell'ambito del progetto 'Adeguamento sismico dell'Istituto Tecnico Agrario "A. Pugliese"' sito in via Lungomare A. Vespucci, località Marina di Gizzeria.

Per quanto sopra esposte si espongono le seguenti conclusioni:

- Il terreno che ospiterà l'opera in progetto ha una morfologia sub-pianeggiante;
- non si rinvenivano nell'area indizi di instabilità geomorfologica;
- dal punto di vista litologico l'area d'intervento è inserita nel contesto delle formazioni sedimentarie, costituite da depositi alluvionali, coincidenti con sabbie e ghiaie, che ricoprono in gran parte le sabbie costiere. La permeabilità di suddetto materiale è elevata;
- tettonicamente e strutturalmente, l'area oggetto del presente studio, non è interessata da dislocazioni, faglie e/o fratture, tale dato è emerso dal rilevamento geologico dell'area, confermato anche dalla consultazione della carta geologica ufficiale;
- il sito di interesse è lambito dalle fasce di pericolo di erosione costiera ed in particolare dalla fascia con pericolosità P1 – aree con bassa pericolosità;
- il territorio comunale di Gizzeria appartiene alla Zona 1, caratterizzata da un valore di  $a_g$  pari a 0.35 g, un coefficiente sismico  $C=0,1$  e grado di sismicità  $S=12$ ;
- in relazione al tipo di opera da realizzare, alla condizione topografica, è stata elaborata la RISPOSTA SISMICA LOCALE, in quanto i parametri di input sono stati: **Classe d'uso: III; Vita nominale: 50 anni; Coefficiente  $c_u$ : 1,5; Periodo di riferimento: 75 anni;**
- In accordo alle Norme Tecniche per le Costruzioni vigenti, la classificazione dei terreni è stata svolta sulla base del valore della  $V_{s30}$  (il valore medio della  $V_s$  nei primi 30 m di profondità). L'analisi della dispersione delle onde di Rayleigh ha consentito di determinare il profilo verticale della  $V_s$  (e del modulo di taglio) e, di conseguenza, del parametro  $V_{s30}$ , corrispondente, secondo la normativa vigente ad un suolo di tipo B;

- per quanto concerne l'assetto topografico sull'azione sismica per come previsto dall'aggiornamento delle N.T.C. 2018, l'area appartiene ad una categoria topografica del tipo T1 (Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$ );
- la campagna geognostica ha permesso di ricostruire una stratigrafia costituita da sabbie e ghiaie molto addensate sovrapposte a sabbie costiere moderatamente addensate e di verificare la presenza di falda freatica superficiale attestante intorno ai -4.5 m dal pc.;
- la verifica a liquefazione è stata effettuata e ha dato esito negativo.

Per quanto sopra esposto, l'opera è fattibile tenendo in debito conto le conclusioni cui si è pervenuti nella stesura di suddetto studio geologico. Pur tuttavia, durante la fase esecutiva del progetto, a scavi aperti, dovrà essere attentamente verificata la buona corrispondenza dei dati ottenuti nella presente fase di indagine, attraverso misure ed osservazioni dirette nel corso dei lavori, per adeguare eventualmente le soluzioni progettuali alle situazioni riscontrate.

Gizzeria, lì 13/11/2020

Il geologo

Dott.ssa Vanessa Romano

