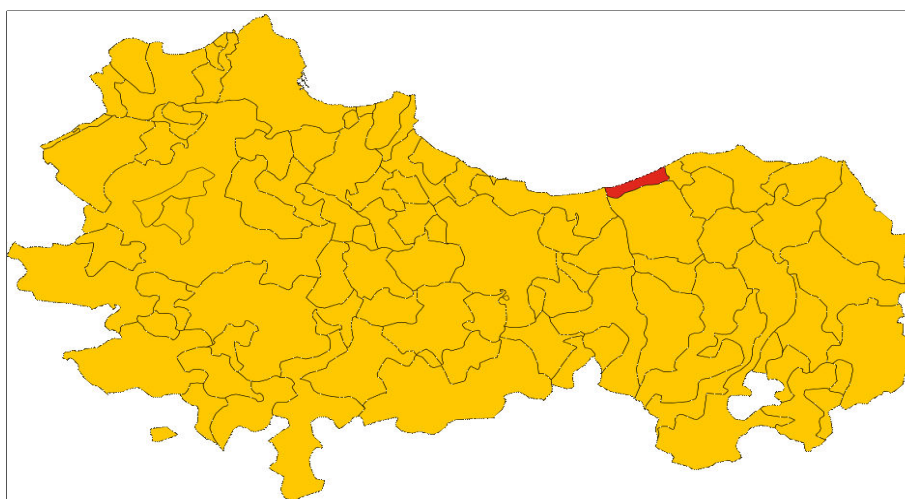


COMUNE DI CAMPOFELICE DI ROCCELLA

LAVORI DI ADEGUAMENTO DELLA SEZIONE IDRAULICA DELLA CONDOTTA FOGNARIA MISTA A OVEST DEL CENTRO ABITATO AL FINE DI CONSENTIRE UN ADEGUATO SMALTIMENTO DELLE ACQUE BIANCHE E LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO DEL VERSANTE DI ATTRAVERSAMENTO IN CASO DI EVENTI METEOROLOGICI INTENSI.

- PROGETTO ESECUTIVO -



IL R.U.P.:

IL PROGETTISTA :

Ing. PASQUALE GIARDINA

A handwritten signature in black ink, likely belonging to Ing. Pasquale Giardina.

Consulente geologo

Dott. Gandolfo Ilarda

RELAZIONI STUDI E E CONSULENZE SETTORIALI – Studio geologia	ELABORATO
	A.5
Studio Tecnico Ing. Pasquale Giardina Via G. C.A. Dalla Chiesa 10, 90143 Palermo – Tf.0916110137 – EMAIL: ing.giardina@tin.it	Luglio 2023

COMUNE DI CAMPOFELICE DI ROCCELLA

- CITTÀ METROPOLITANA DI PALERMO -

RELAZIONE GEOLOGICO - TECNICA

*Lavori di adeguamento della sezione idraulica della condotta fognaria mista a ovest del
centro abitato*

CIG: ZD039DE47F

Comm: Amministrazione Comunale
Data: Luglio 2023



Firmato
digitalmente da
**IGNAZIO
GIUFFRÈ**

CN = GIUFFRÈ
IGNAZIO
T = GEOLOGO
SerialNumber =
TINIT-GFFGNZ70D07G2
73U
C = IT



Dott. Geol. Ignazio Giuffrè

Via Mazzini, 9 - 90018 Termini Imerese (PA) Tel. 338.4373063
P. IVA: 04698200823 E Mail – ignazio.giuffre@gmail.com



COMUNE DI CAMPOFELICE DI ROCCELLA

- CITTÀ METROPOLITANA DI PALERMO -

RELAZIONE GEOLOGICO - TECNICA

“Lavori di adeguamento della sezione idraulica della condotta fognaria mista a ovest del centro abitato”

CIG: ZD039DE47F

Premessa

Con determinazione del Settore III - Lavori Pubblici - Gestione Integrata Rifiuti e Servizio Idrico Integrato n. 18 del 15/02/2023 del Comune di Campofelice di Roccella, è stata affidata allo scrivente, Dott. Geol. Ignazio Giuffrè il servizio per la *Relazione geologica per i lavori di adeguamento della sezione idraulica della condotta fognaria mista a ovest del centro abitato CIG: ZD039DE47F.*

A tal fine, ho effettuato dei sopralluoghi per individuare le caratteristiche litologiche dei terreni che compongono l'area, ed accertare le condizioni geomorfologiche e le eventuali possibili evoluzioni della stessa.



Per acquisire gli elementi necessari, della zona oggetto delle osservazioni, sono stati eseguiti dei sopralluoghi, alcuni dei quali congiunti con il progettista delle opere, in modo da poter ricostruire la successione litostratigrafica dell'immediato sottosuolo, utilizzando all'uopo gli elementi direttamente osservabili in superficie e/o desunti dalla letteratura specializzata al fine di ottenere una corretta ricostruzione della successione litostratigrafica locale ed una più attendibile definizione dei principali parametri geotecnici ed idrogeologici dei terreni interessati dall'opera.

L'indagine, si è articolata in un rilevamento geologico di dettaglio, opportunamente esteso al di fuori dell'area di progetto, integrato localmente dall'individuazione e dal rilevamento di alcuni affioramenti situati nelle immediate vicinanze.

Inoltre, i dati ottenuti, sono stati integrati con quelli derivanti dalla letteratura tecnica specializzata (*"Carta geologica dei Monti di Termini Imerese e delle Madonie Occidentali"*, in scala 1:50.000, redatta da B. Abate et alii, a cura del Dipartimento di Geologia e Geodesia dell'Università di Palermo), che hanno permesso di ricostruire le condizioni litostratigrafiche dell'area in studio.

Per quanto riguarda le caratteristiche meccaniche dei terreni indagati, sono stati presi in considerazione i parametri geomeccanici dei terreni, desunti da una campagna geognostica eseguita poco più a monte dell'area di intervento, durante *"I lavori di consolidamento e risanamento ambientale a valle della via Belvedere a salvaguardia del centro abitato"*. Tale campagna, in dettaglio è consistita nell'esecuzione di n° 9 sondaggi geognostici ed una prova sismica passiva del tipo H.V.S.R., (Horizontal to Vertical Spectral Ratio), per la definizione della categoria di suolo di fondazione ai sensi dell'Ordinanza n.3274/2005 del Presidente del Consiglio dei Ministri, ripresa e completata con la O.P.C.M. n. 3519/2006 e del Decreto del Ministro delle Infrastrutture del 17/01/2018 *"Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni 2018"* pubblicato sul S.O. n. 8 della G.U. del 20 febbraio 2018 n. 42 *"Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni"*, ed infine dalla Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP. *Istruzioni per l'applicazione dell'"Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni"* di cui al Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018".



Sarà compito del progettista, sulla scorta dei dati di seguito riportati e da quelli emersi dalle indagini pregresse eseguite, effettuare le verifiche e le scelte progettuali così come previsto dalle norme vigenti (*parere del Consiglio di Stato n°154 del 02/06/1994*).

Lo studio, quindi, è stato articolato analizzando i seguenti aspetti:

1. inquadramento dell'area;
2. lineamenti geologici e considerazioni litostratigrafiche;
3. lineamenti geomorfologici e stato dei luoghi;
4. idrologia, idrografia ed idrogeologia;
5. caratterizzazione e modellazione geotecnica;
6. pericolosità sismica locale;
7. classificazione del suolo di fondazione;
8. spettri di risposta sismica;
9. conclusioni

Costituiscono parte integrante della presente relazione geologico - tecnica, i seguenti elaborati grafici:

- Stralcio Tavola I.G.M. in scala 1:25.000
- Stralcio Carta Tecnica Regionale su base Google Earth scala 1:10.000;
- Carta geologica in scala 1:10.000;
- Planimetria di progetto – dettaglio in scala 1:2.000;

1. Inquadramento dell'area

L'area oggetto dell'indagine, è posta nella periferia nord-orientale dell'abitato di Campofelice di Roccella, esattamente nella zona a valle della via Belvedere e nella zona a monte della via Cosimo Venturella.

Topograficamente, il sito di progetto, rientra nella Tavoleta "Collesano", Foglio n°259, Quadrante IV, Orientamento N.E., della Carta d'Italia, edita in scala 1:25.000 dall'Istituto Geografico Militare Italiano (figura 1).

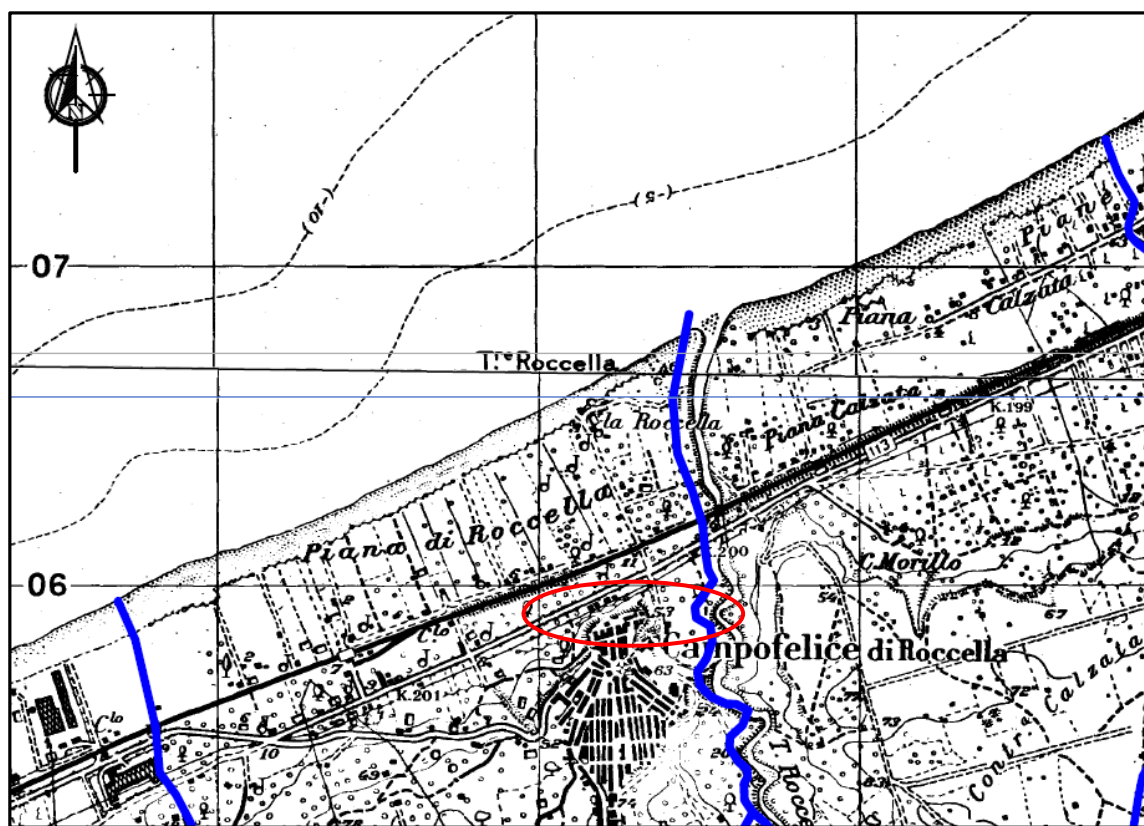


Fig. 1 - Stralcio topografico in scala 1:25.000

Relativamente ai riferimenti catastali si rimanda agli elaborati di progetto.

La nuova condotta fognaria mista, sarà realizzata nel versante nord-orientale dell'alto strutturale su cui poggia il centro abitato di Campofelice di Roccella. In particolare, la condotta sarà collocata in adiacenza alla vecchia condotta primaria,

esistente da più di trenta anni, e per la quale, non si sono mai segnalati guasti e/o interruzioni causate da movimenti franosi del versante.

Nella successiva immagine, è indicato il tracciato (linea azzurra) della nuova condotta fognaria mista da realizzare:



Fig. 2 - Stralcio Carta Tecnica Regionale su base Google Earth in scala 1:10.000;

In generale, i terreni che affiorano nell'area dove si prevede di realizzare la nuova condotta fognaria mista, sono prevalentemente di natura fluvio-marina, affioranti su un versante a forte pendenza, interrotto a diverse altezze, da piccole spianate artificiali, in una delle quali, insiste la condotta fognaria esistente. Nella parte sommitale, il versante è stato morfologicamente modellato, a seguito della costruzione di diversi fabbricati per civile abitazione.

La quota di progetto, varia dai 20,00 metri nella zona di arrivo al depuratore, fino ai circa 45,00 metri, nella zona del belvedere comunale, ovvero dove inizia l'intervento



in progetto. Il tutto come meglio indicato e dettagliato negli elaborati cartografici e grafici, facenti parte del progetto in questione.



2. Lineamenti geologici e considerazioni litostratigrafiche

L'area in esame, nella sua globalità territoriale, si inquadra in un contesto geologico più vasto che è espressione della componente nord-occidentale della catena Appenninico - Maghrebide caratterizzante la porzione settentrionale della Sicilia. Più precisamente siamo in una zona di raccordo tra i Monti delle Madonie e i Monti di Termini Imerese e Trabia, risultanti dalla sovrapposizione di Unità Stratigrafico Strutturali (U.S.S.) con struttura a falde aventi vergenza prevalentemente verso sud e ricoperti in discordanza stratigrafica dai depositi Tardorogeni e Quaternari. Nell'area oggetto di studio, è stato eseguito un rilevamento geologico di superficie opportunamente esteso alle aree limitrofe che, unitamente ai dati bibliografici esistenti, ed alle risultanze della campagna di indagini eseguita, nell'area immediatamente a monte di quella di realizzazione della condotta fognaria in questione, durante i *“lavori di consolidamento e risanamento ambientale a valle della via Belvedere a salvaguardia del centro abitato”* hanno consentito di ricostruire la serie stratigrafica locale.

Il territorio in esame, è caratterizzato dalla presenza di depositi sedimentari di natura terrigena sia marini che continentali (vedi carta geologica allegata):

A) DEPOSITI QUATERNARI:

Continentali:

- **DETRITO DI FALDA ATTUALE:** accumuli più o meno consistenti di detriti di versante eterometrici a spigoli vivi e di varia natura, dovuti allo smantellamento esogeno delle litologie afferenti ai depositi alluvionali terrazzati. Il limite inferiore è una superficie di erosione subaerea incisa sui depositi più antichi sottostanti, superiormente sono limitati dall'attuale superficie topografica. Tali depositi, nell'area in studio, occupano la fascia dei versanti del rilievo su cui sorge il centro abitato, obliterando le litologie e i contatti stratigrafici fra terreni diversi
- **DEPOSITI ALLUVIONALI ATTUALI:** depositi recenti di carattere fluviale, seguono il letto del torrente “Roccella” e dei suoi affluenti determinando le alluvioni di fondovalle.



- **DEPOSITO ALLUVIONALE TERRAZZATO:** depositi costituiti dall'alternanza di conglomerati, ghiaie, sabbie e silt alluvionali, depositati e modellati dall'azione fluviale. Tali depositi si rinvencono in più ordini disposti a dislivelli compresi fra pochi metri e un centinaio di metri dall'attuale fondovalle, lungo l'asta del Torrente Roccella, ad est dell'area in studio. La loro genesi è stata controllata dal sollevamento tettonico che ha interessato l'area. Il limite inferiore è discordante su superfici incise a varie quote sul substrato pre - quaternario.

Marini:

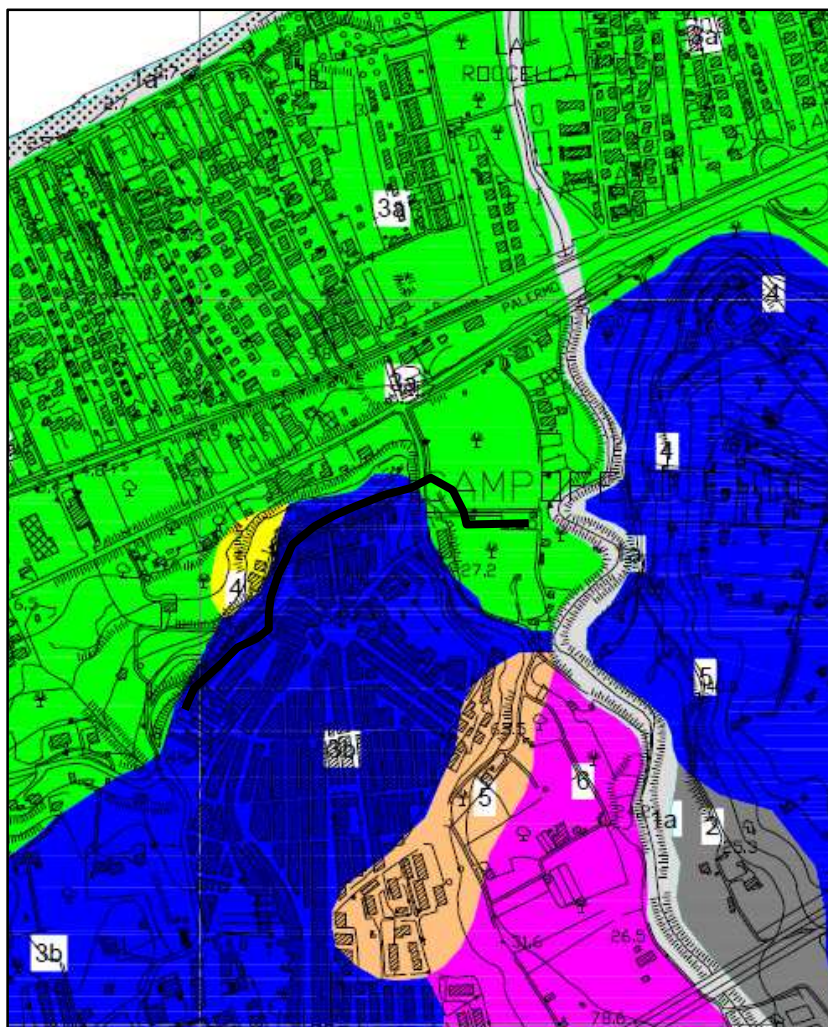
- **DEPOSITO MARINO TERRAZZATO:** depositi litorali quali sabbie, sabbie siltose e conglomerati che si rinvencono lungo la piana litorale di Campofelice di Roccella a quote comprese tra 0 e 15 m s.l.m.. A quote superiori (comprese tra 25-150 m s.l.m.) si rinviene un secondo sistema terrazzato composto da depositi, incoerenti ed a luoghi semicoerenti prevalentemente limo-sabbiosi ciottolosi di spiaggia emersa, battigia ed infralitorale. Tali depositi sedimentari sono limitati inferiormente da una superficie erosa e “*inconforme*” incisa nel substrato pre-quaternario e superiormente dai depositi detritici di alterazione o dalla superficie topografica. Essi sono il risultato delle oscillazioni eustatiche e sollevamenti tettonici che hanno interessato tale area durante il Pleistocene.

B) UNITÀ TARDOROGENE

Tali Unità sono costituite da depositi terrigeni ed evaporitici la cui deposizione avvenne tra il Tortoniano superiore ed il Pleistocene inferiore, in discordanza sui terreni delle unità mesozoiche. Esse sono state parzialmente coinvolte nella fase tettonica pliocenica responsabile dell'accavallamento delle scaglie tettoniche vergenti verso sud. L'unica Formazione affiorante nell'area in studio appartenente a tale unità è denominata “**Trubi**”, costituita da marne di colore da bianco a grigio scuro; localmente vi sono intercalazioni di calcareniti giallastre. Tale formazione è ricoperta in discordanza stratigrafica dai depositi dei “*Terrazzi Marini*” e spesso risulta obliterata dallo strato detritico di alterazione che si viene a creare nella porzione esposta all'azione degli agenti esogeni. Affiorano a nord ed a nord-est del centro abitato.



Dal rilevamento di dettaglio del sito strettamente interessato dal progetto, si è appurato che il substrato, nella sua porzione sommitale, è costituito dai depositi appartenenti al “*Terrazzo Marino*”, sul quale sorge buona parte del centro abitato di Campofelice di Roccella. Nella porzione nord-occidentale dell’area studiata, alla quota della *S.S. 113 PA-ME* (13 m s.l.m.) fino ad una quota di 17 m s.l.m., affiorano invece le marne biancastre della Formazione Geologica dei “*Trubi*”. Di seguito, si riporta la carta geologica dell’area di intervento:



LEGENDA

- 1a Alluvioni attuali e spiagge
- 2 Depositi alluvionali terrazzati
- 3a Terrazzo marino inferiore (0-25) - Ghiaie, sabbie, conglomerati e rare lenti di argille siltose. (Olocene)
- 3b Terrazzo marino medio (25-150) - Ghiaie, sabbie, conglomerati e rare lenti di argille siltose. (Olocene)
- 3c Terrazzo marino superiore (25-150) - Ghiaie, sabbie, conglomerati e rare lenti di argille siltose. (Olocene)
- 4 Marni calcaree e calcari marnosi "Trubi" (Pliocene inferiore medio)
- 5 Bioliti e a luoghi calcari dolomitici e calcilutiti organogene (Messiniense inferiore - Tortonian superiore)
- 6 Arenarie poco cementate, alternate ad arenarie tuffiche grigio nerastre, argille marnose, marni e calcari grigi ("Tufi di Tusa") - (Oligocene superiore - Eocene superiore)
- Limite litostratigrafico
- Faglia
- Area d'interesse



3. Lineamenti geomorfologici e stato dei luoghi

L'area oggetto di studio, ovvero quella di realizzazione della nuova condotta fognaria mista, si localizza nel versante posto a nord del centro urbano di Campofelice di Roccella, ad una quota compresa tra i 20 m del depuratore comunale, ed i 45 m circa della zona del belvedere comunale, da dove l'intervento in progetto inizia.

Il pendio è delimitato a monte da un ciglio di scarpata sul quale si impostano alcuni fabbricati della periferia nord dell'abitato, a cui segue un ripiano orografico sul quale si sviluppa buona parte del paese, a valle è delimitato dalla *S.S. 113 PA-ME* che segna il passaggio morfologico alla spianata che caratterizza la piana campofelicese.

Le strutture pianeggianti identificate, sono riconducibili a residui di zone di trasgressione marina concomitanti a sollevamenti tettonici che hanno interessato il settore costiero compreso tra Capo Plaia e Termini Imerese.

La planarità della porzione a monte, è interrotta, ad est, da una parete molto scoscesa, costituita da depositi alluvionali di natura fluviale ricoperti in parte da materiale detritico, che funge da raccordo con l'alveo fluviale del torrente "*Roccella*". Tale morfoscultura, rappresenta il residuo di un lembo di un antico letto fluviale, abbandonato in seguito a fasi erosive che hanno provocato l'approfondimento dell'alveo a causa di sollevamenti tettonici recenti.

Il versante oggetto di studio, è caratterizzato da un andamento acclive, in quanto impostato in corrispondenza della zona di raccordo fra le due spianate precedentemente menzionate. Le pendenze riscontrate vanno da moderatamente ripide [21-35%] a molto ripide [>60%].

Le elevate pendenze e le litologie affioranti, nonché la presenza di materiale detritico di alterazione naturale e di origine antropica, determinano una erosione superficiale piuttosto marcata, soprattutto là dove manca la protezione della vegetazione.

Accanto alle modificazioni ambientali prodotte dagli agenti esogeni naturali, sono da considerare quelle prodotte dall'intervento antropico, che hanno innescato fenomeni di dissesto correlati probabilmente a certi interventi antropici.

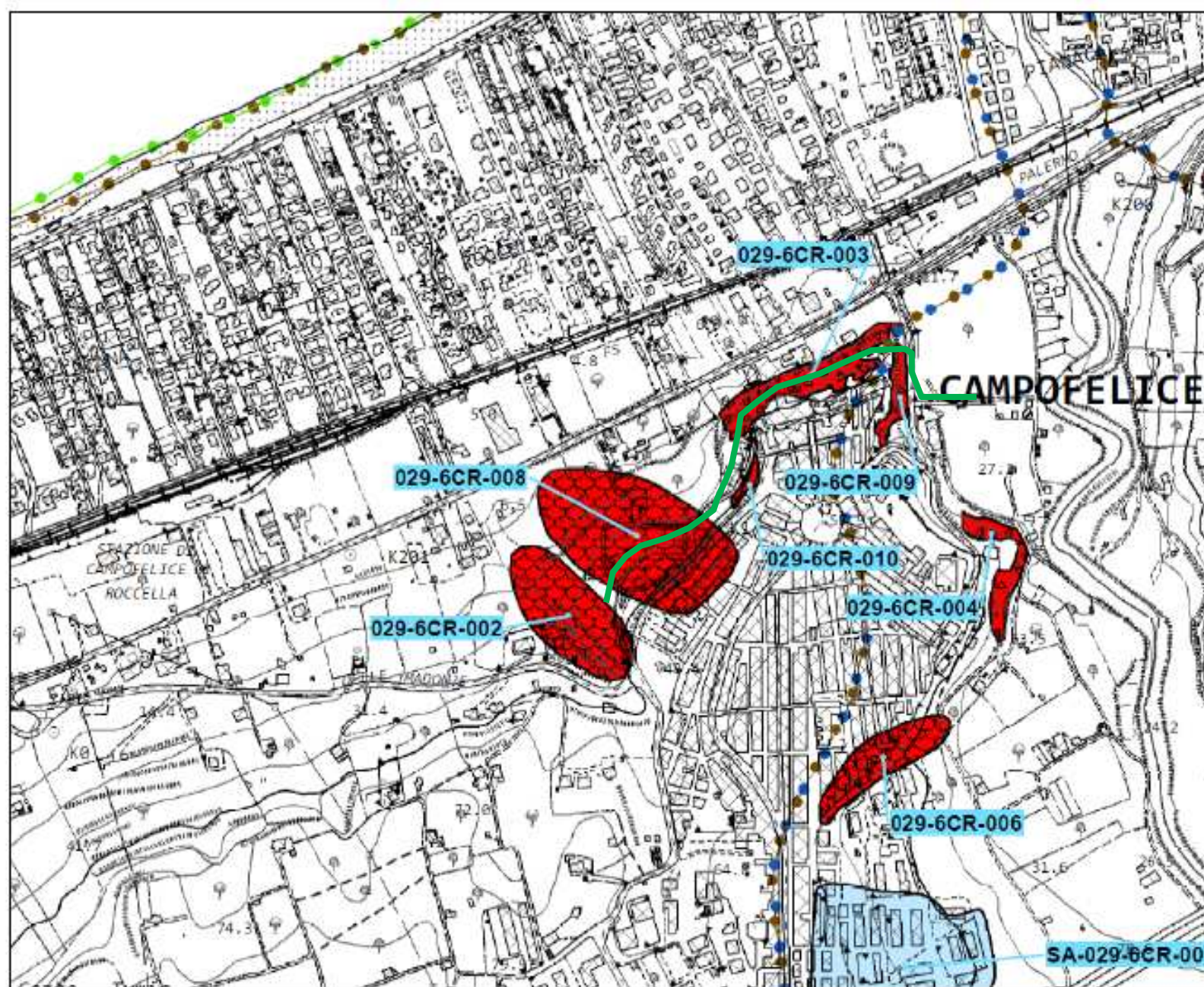


Dall'esame della cartografia geomorfologica relativa al P.A.I., l'area sulla quale sarà realizzata la nuova condotta fognaria mista, ricade all'interno del Piano per l'Assetto Idrogeologico redatto dall'Assessorato Regionale Territorio ed Ambiente, ed approvato con D.P.R.S. n. 89 del 27/03/2007, pubblicato sulla G.U.R.S. n° 25 del 01/06/2007, aggiornato con D.P.R.S. del 26/10/2012 pubblicato sulla G.U.R.S. n° 67 del 04/01/2013, ed ancora riaggiornato con successivo D.S.G. n.335/2021 del Dipartimento Regionale dell'Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia, inerente il "Bacino Idrografico del torrente Roccella e area territoriale tra il bacino del torrente Roccella e il bacino del Fiume Imera Settentrionale" (029)", ed in particolare il tracciato fognario interessa aree con livello di Pericolosità Geomorfologica P3 (elevato)".

Tale pericolosità, è stata definita sulla base della magnitudo e dello stato di attività del dissesto censito in tale area.

Secondo il P.A.I. la zona di Pericolosità Elevata (P3), localizzata in corrispondenza del perimetro settentrionale del centro urbano - nella zona di via Belvedere, è determinata da fenomeni di dissesto di crollo su calcari trubacei (scheda 6CR-003). Sulla base della classe di pericolosità individuata e delle infrastrutture presenti all'interno del perimetro della relativa area, sono stati perimetrati i singoli elementi a rischio con relativo livello di Rischio Geomorfologico R3 (elevato) ed R4 (molto elevato).

Il Rischio R4 è dovuto alla presenza di abitazioni della periferia urbana settentrionale contigue alla via Belvedere, da un tratto della S.S. 113 PA-MEe da una parte della via di fuga settentrionale del paese che collega il centro abitato con la S.S. 113, mentre il Rischio 2 è connesso alle case sparse presenti a valle del versante in prossimità della S.S. 113 PA-ME.



LEGENDA

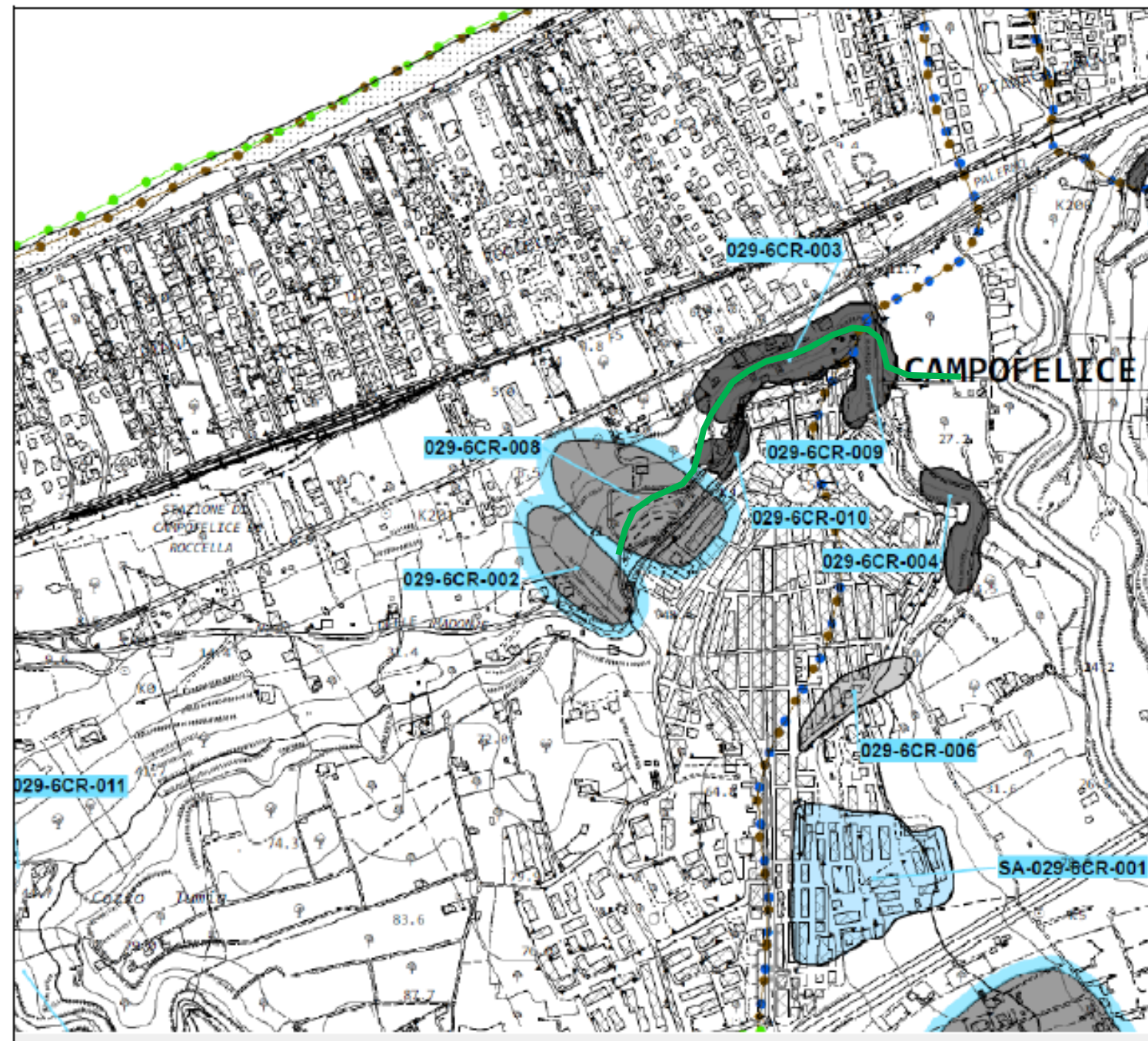
LIVELLI DI PERICOLOSITA'

- P0 basso
- P1 moderato
- P2 medio
- P3 elevato
- P4 molto elevato
- Sito d'attenzione

LIVELLI DI RISCHIO

- R1 moderato
- R2 medio
- R3 elevato
- R4 molto elevato

- Limite bacino idrografico
- Limite dell'area intermedia
- Limite comunale





Dai rilievi e dalle indagini messe a disposizione dello scrivente nella medesima area, è emerso che la zona non è interessata da fenomeni di crollo in corrispondenza dell'affioramento calcareo trubaceo (affiorante solo nel settore orientale del versante); tuttavia, sono stati osservati fenomeni di dissesto quali evidenti lesioni sui muri degli edifici ivi presenti. Dissesti più marcati si sono osservati nelle opere d'intervento antropiche più recenti, quali piccoli muretti terrazzati, terrazzi, e modesti corpi aggiunti.

Tali dissesti, comunque, si sono completamente stabilizzati, a seguito dell'intervento di consolidamento realizzato lungo il versante.

L'Assessorato Regionale del Territorio e Ambiente, infatti, nell'ambito del "Programma Operativo Fesr (Fondo Europeo per lo Sviluppo Regionale) 2007-2013 *"Attuazione della linea di intervento 2.3.1.1 – Interventi per il miglioramento dell'assetto idrogeologico"* e 2.3.1.2 – *"Interventi di messa in sicurezza delle aree interessate dai fenomeni di dissesto"*, con D.D.G. n. 39 del 31/01/2013, registrato dalla Corte dei Conti in data 05/03/2013 al reg. n.1, fg. N. 23 ha finanziato il progetto di *"Consolidamento e risanamento ambientale a valle della via Belvedere, a salvaguardia del centro abitato"* nel centro urbano del Comune di Campofelice di Roccella.

Successivamente, l'Amministrazione comunale, a seguito della procedura negoziata (Art. 91, comma 2 del D.L. 12/04/2006 n° 163 e s.m.i.), ha affidato all'ing. Minutella Antonio iscritto presso l'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Palermo al n.4141, l'incarico della progettazione definitiva ed esecutiva, relativa al progetto di *"Consolidamento e risanamento ambientale a valle della via Belvedere, a salvaguardia del centro abitato"* nel centro urbano del Comune di Campofelice di Roccella".

Con determinazione a contrarre n. 40 del 16/04/2013 e successiva determinazione di modifica n. 45 del 26/04/2013, sono state avviate le procedure di gara per l'affidamento dei lavori del progetto in questione. Con determinazione n. 86 del 09/09/2013, di approvazione dei verbali di gara dei lavori in oggetto, è stato affidato all'Impresa "MA.GE.CO. Srl", l'appalto per la realizzazione dei lavori in questione, che sono stati ultimati in data 04/12/2014.

Allo stato attuale, nel complesso, si rileva una situazione abbastanza tranquilla ed un'attività morfogenetica molto ridotta, nelle zone non interessate da opere murarie,



riconducibile prevalentemente alle trasformazioni fisico-meccaniche degli strati superficiali dei terreni dovute, essenzialmente, all'azione che hanno le acque di scorrimento superficiale e di infiltrazione efficace.

Per quanto riguarda le condizioni topografiche dell'area di progetto, il D.M. 17/01/2018 ovvero l'Aggiornamento alle nuove N.T.C. 2018 presuppongono l'appartenenza della superficie di progetto, ad una delle seguenti categorie topografiche, secondo quanto meglio riportato nella *tabella 3.2.III*:

<i>Categoria</i>	<i>Caratteristiche della superficie topografica</i>
T1	Superficie pianeggianti, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i \geq 15^\circ$
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 $i > 30^\circ$

Nel nostro caso, ci troviamo su un versante a discreta pendenza, con inclinazione media $> 15^\circ$, e pertanto l'area può essere attribuita alla *categoria T2*.



4. Idrologia, idrografia ed idrogeologia

Il clima della Sicilia è genericamente definito di tipo “*mediterraneo*”, ma i fattori quali, ubicazione del territorio rispetto al mare e struttura orografica, determinano, nei diversi settori dell’isola, marcate differenze climatiche.

La caratterizzazione climatica dell’area in studio è stata effettuata mediante i dati termo-pluviometrici rilevati dalla stazione climatica di Cefalù del Servizio Idrografico del Ministero dei Lavori Pubblici. I dati pluviometrici e termometrici elaborati fanno riferimento ad un periodo di solo 13 anni, in quanto gli esigui dati disponibili delle temperature hanno permesso di soddisfare una correlazione termo-pluviometrica solo per questo arco temporale. Nella tabella 1 vengono riportati i principali dati termo-pluviometrici.

Dati Termo-Pluviometrici Stazione di CEFALU'												
Mesi	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D
Temperature Medie Mensili (°C)	14,0	13,2	14,5	16,8	20,1	24,3	27,4	28,0	25,5	22,6	18,0	15,2
Temp. Med. Max Mensili (°C)	17,2	16,3	17,9	20,3	23,8	27,6	30,6	31,3	28,7	26	21,1	18
Temp. Med. Min. Mensili (°C)	10,9	10	11,2	13,4	16,5	21	24,2	24,6	22,3	19,2	15	12,4
Precipitazioni Medie Mensili (mm/a)	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D
	87,7	73,7	51,7	58,0	35,1	13,9	3,9	25,0	65,7	91,9	87,6	73,5
Precipitazioni Medie Annue			667,8 mm/a									

Tabella 1 – Dati termopluviometrici della stazione di Cefalù

La piovosità media annua della zona risulta essere di 667,8 mm, concentrata prevalentemente nel semestre autunno-inverno. Esaminando il grafico delle

precipitazioni medie mensili (Figura 3) si osserva una distribuzione con massimi invernali e minimi estivi, tale regime pluviometrico è tipico del regime “Mediterraneo”. I valori medi mensili oscillano tra i minimi registrati nel mese di luglio con altezza di pioggia media pari a 3,9 mm ed i valori massimi registrati nel mese di Ottobre con altezza della pioggia media di 91,9 mm:



Fig. 3 – Precipitazioni medie mensili della stazione di Cefalù

Elaborando i dati termo-pluviometrici è stato ricostruito il diagramma di “Bagnouls e Gaussen” (Figura 4) dal quale risulta un periodo arido compreso tra 4 e 5 mesi (maggio, giugno, luglio, agosto e parte di settembre). Esso caratterizza il clima *meso-mediterraneo* con periodi estivi relativamente caldi e asciutti e periodi invernali con piovosità irregolare.

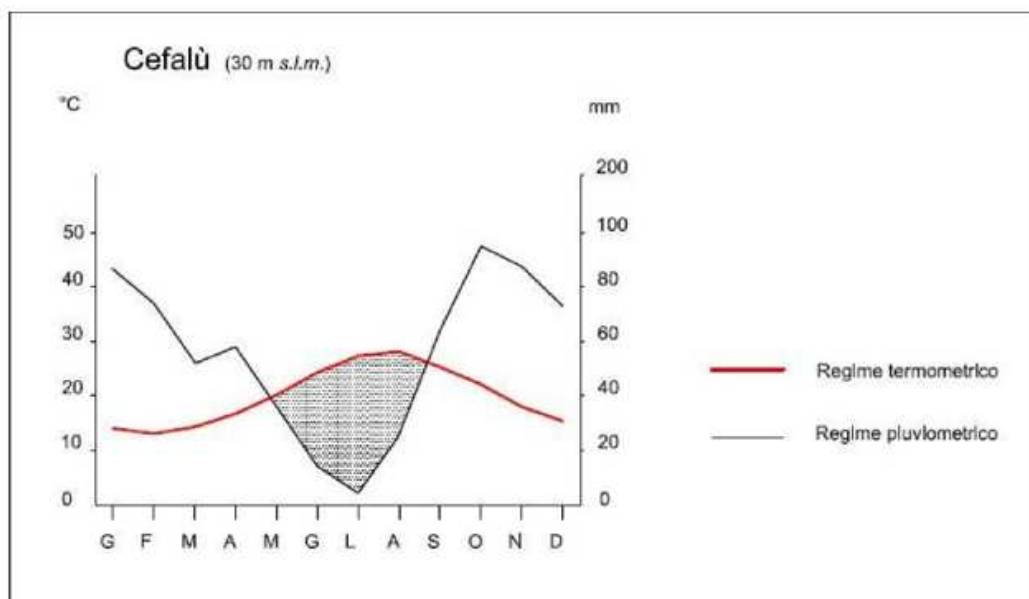


Fig. 4 – diagramma di “Bagnouls e Gaussen

Dal punto di vista idrografico, l’area oggetto di studio, ricade all’interno dell’area territoriale compresa tra il bacino idrografico del torrente “*Roccella*” ed il bacino idrografico del “*Fiume Imera Settentrionale*”, che scorrono in direzione prevalentemente sud-nord, rispettivamente ad est ed a ovest del versante, e sfociano a nord nel Mar Tirreno contribuendo con il loro carico solido al ripascimento della spiaggia.

Tale area, è solcata da brevi incisioni torrentizie aventi prevalentemente direzioni sud-nord; l’unica manifestazione idrografica di rilievo è rappresentata dall’impluvio di “*Fosso Basalaci*”, che delimita ad ovest il versante oggetto di studio.

Nei corsi d’acqua sopra citati, confluiscono una serie di torrenti, solchi e valloni di sviluppo più o meno limitato, con carattere torrentizio, i quali scorrono sui depositi quaternari, con incisioni vallive anche profonde.

Il torrente “*Roccella*” (est) e l’impluvio “*Fosso Basalaci*” (ovest) presentano portate rilevanti solo in occasione di forti eventi piovosi, in corrispondenza dei quali, esercitano un’azione erosiva di fondo significativa a monte, dove le pendenze sono maggiori, mentre all’ingresso della piana prevalgono fenomeni di trasporto e



deposizione dei materiali trasportati dalle acque, senza creare particolari problemi idrogeologici.

Date le sufficienti distanze dei suddetti impluvi dall'area in studio è da escludere qualsiasi interferenza dell'erosione di fondo e/o laterale con il versante in oggetto.

Dall'esame della cartografia relativa all'aggiornamento del Piano Straordinario per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I. - approvato con *D.P.R.S. 27 marzo 2007*), del *"Bacino Idrografico del Torrente Roccella e Area Territoriale tra il Bacino del Torrente Roccella e il Bacino del Fiume Imera Settentrionale (n. 029)- Carte della Pericolosità e del Rischio Idraulico per fenomeni di esondazione N.7*, si evidenzia che l'area in esame, ovvero quella del versante oggetto di studio, non ricade in nessuna delle perimetrazioni di pericolosità e rischio idraulico per fenomeni di esondazione.

L'analisi dei caratteri essenziali della circolazione idrica superficiale e sotterranea, è stata effettuata in considerazione dei litotipi presenti nel territorio, della loro permeabilità e della capacità di smaltimento delle acque dilavanti.

I depositi clastici, a luoghi incoerenti delle facies marina e fluviale, appartenenti ai terrazzi marini e fluviali, presentano una permeabilità primaria per porosità e con valori di permeabilità (K) estremamente variabile da un punto all'altro in funzione della distribuzione di livelli e lenti a diversa granulometria; si passa, infatti, dalle sabbie limose a permeabilità media a luoghi incrementata dalla presenza di ghiaie e ciottoli, ai limi con basso grado di permeabilità, per cui la circolazione idrica sotterranea in tali depositi risulta essere discontinua, ma potrebbe consentire la formazione di falde idriche sospese, superficiali o a livelli sovrapposti di modesta entità. I litotipi marnosi sottostanti i depositi alluvionali ed affioranti nel settore nord, invece, presentano una permeabilità primaria scarsa in virtù della quale la circolazione idrica sotterranea è praticamente assente. Tale litotipo costituisce l' *"acquiclude"* comunemente denominato impermeabile relativo dell'area in esame.



5. Caratterizzazione e modellazione geotecnica

L'assetto dei luoghi, è stato indagato mediante rilievo geologico - geomorfologico di dettaglio ed attraverso la consultazione dei dati di una campagna di indagini svolta nell'area immediatamente a monte del versante, utile per la caratterizzazione e la modellazione geotecnica del sottosuolo.

La campagna di indagini esistente, messa a disposizione dall'Amministrazione Comunale, e consultata dallo scrivente, eseguita in occasione del progetto relativo ai *“Lavori di consolidamento e risanamento ambientale a valle della via Belvedere a salvaguardia del centro abitato”*, è consistita nell'esecuzione di:

- n°. 9 perforazioni a rotazione ed a carotaggio continuo, di cui uno spinto alla profondità di 30,50 m da p.c. e condizionato per la prova Down-Hole (S1), due fori di sondaggio S6 ed S7, di profondità rispettivamente di 10 m e 20 m, attrezzati con piezometri a tubo aperto per verificare la presenza di falda;
- N. 8 prove S.P.T. (*Standard Penetration Test*) eseguite nel corso dei sondaggi a rotazione S1 alla profondità di 7 m, S3 alla profondità di 4.6 m, S7 alla profondità di 4.5 m, 8 m e 10.5 m ed S8 alla profondità di 3.8 m, 7 m e 12 m, per la valutazione in sito della compattezza dei terreni;
- n° 1 prova geofisica di sismica attiva in foro di tipo Down-Hole per la misura della velocità media delle onde longitudinali (P) e trasversali (S) e per la determinazione del parametro VS30;
- n° 3 prove sismiche passive per la valutazione della risposta sismica di sito mediante l'acquisizione del *noisenaturale*;

Sono state eseguite, inoltre, sui campioni prelevati dai sondaggi geognostici, analisi e prove geotecniche di laboratorio per l'individuazione delle caratteristiche fisico-meccaniche dei litotipi riscontrati.

La ricostruzione dell'assetto geometrico e la ricostruzione della successione litostratigrafica dei terreni presenti lungo il versante di realizzazione della nuova



condotta fognaria mista, è stata realizzata mediante l'ausilio dei 9 fori di sondaggi a carotaggio continuo, eseguiti lungo la via Belvedere, ovvero poco più a monte dell'area di progetto. Inoltre, nell'ambito del suddetto lavoro, sono state eseguite 3 letture *HVSR* al fine di individuare le discontinuità sismiche, nonché le profondità della formazione rocciosa compatta, nei punti non raggiungibili dalla macchina perforatrice.

Analizzando le stratigrafie rilevate nei fori di sondaggio nn. S1 (quota boccaforo 58,3 m *s.l.m.*), S2 (quota boccaforo 59,3 m *s.l.m.*), S3 (quota boccaforo 51,4 m *s.l.m.*), si sono riscontrate caratteristiche comuni; le litologie osservate sono costituite da limi sabbiosi con inclusi centimetrici eterometrici di varia natura, prevalentemente arenacea in sub-ordine calcarea, di dimensioni di pochi centimetri (2-4) nella porzione superiore, raggiungendo, nella porzione basale, le dimensioni di 10 – 12 cm.

Dall'osservazione delle carote estratte si è notata la presenza di livelli di potenza variabile da pochi centimetri a qualche decimetro in cui la frazione limosa e/o ghiaiosa diventa predominante.

Tale litotipo si estende sino alle profondità di 13,3 m (S1), 14,7 (S2), 8,20 (S3) e 14,5 (T1), individuando una superficie sub-orizzontale, alla quota di circa 15 m da p.c., che segna il passaggio alle litologie sottostanti.

Al disotto dei limi sabbiosi sono stati rilevati, in tutti i fori di sondaggio suddetti, litotipi marnosi di colore dal giallo chiaro al grigio chiaro che si estendono fino alle profondità investigate (fondo foro: S1-30,5 m; S2- 16,5 m; S3-10 m). I litotipi marnosi sono stati anche rilevati lungo la scarpata creatasi per la realizzazione della pista a mezza costa, ad una quota compresa tra circa 25 e 30 m *s.l.m.*, necessaria per l'esecuzione dei sondaggi S4, S5 ed S6. Nei fori di sondaggio S4 e S5, spinti alla profondità di 5 m da p.c., le marne sono state intercettate ad una profondità rispettivamente di 1,80 m ed 1,60 m, precedute da un modesto spessore di terreno di riporto e/o di alterazione.

Percorrendo la pista dell'esistente condotta fognaria esistente, da ovest verso est si è osservata, al di sopra delle marne, una copertura detritica di spessore variabile da un



minimo di circa 0,10 m ad un massimo di circa 0.30 m, composta da elementi di varia natura e dimensioni, spigolosi e arrotondati, con frazione fine interstiziale.

In prossimità del foro S6 si osserva una terminazione laterale netta del litotipo marnoso, che non verrà più rilevato nel foro di sondaggio S6, posto più ad est, spinto fino alla profondità di 10 m da p.c., dove è stato riscontrato un litotipo limo argillo sabbioso, consistente, con ghiaia e ciottoli sub-arrotondati frequenti e distribuiti lungo tutto la lunghezza del sondaggio. Questi ciottoli, anche di grosse dimensioni e con elevato grado di arrotondamento, sono stati riscontrati anche lungo il tratto di sentiero che raccorda la pista, ove si sono effettuati i sondaggi suddetti, alla via Cosimo Venturella.

Il mancato riscontro della presenza del litotipo marnoso, è stato rilevato anche nel sondaggio S8, il più orientale tra quelli realizzati lungo la via Belvedere, posto ad una quota di 57 m *s.l.m.* e spinto sino alla profondità di 23 m da p.c.. Le litologie riscontrate in quest'ultimo foro di sondaggio, dopo 1,50 m di sottofondo stradale e riporto, limi sabbiosi con ghiaie e ciottoli di natura prevalentemente arenacea e con elevato grado di arrotondamento e dimensioni massime di 10 cm, distribuiti lungo tutto il sondaggio effettuato, analogamente al sondaggio S6.

Da quanto sin qui analizzato si può affermare che l'area è caratterizzata, al top del rilievo, dalla presenza dei litotipi appartenenti ai depositi marini terrazzati per uno spessore di 15 m circa a cui seguono, in discordanza stratigrafica, i litotipi marnosi della formazione "*Trubi*" che si estendono sino alle profondità indagate. I litotipi marnosi sono oblitterati in superficie, per buona parte della loro estensione, da un modesto spessore di coltre detritica.

Ad est dell'area in studio, ovvero nella zona di via Cosimo Venturella, nelle vicinanze del depuratore comunale, è stata appurata la presenza di un netto passaggio laterale, tra la formazione trubacea ed i litotipi di chiara deposizione fluviale; tale geometria è il risultato del modellamento prodotto, per erosione verticale e laterale, dal torrente "*Roccella*" durante una fase erosiva. La morfologia terrazzata, ad est dell'area in studio, costituita dai depositi alluvionali fluviali, conferma il modello morfologico stratigrafico dedotto che viene schematizzato nella successiva figura 5.

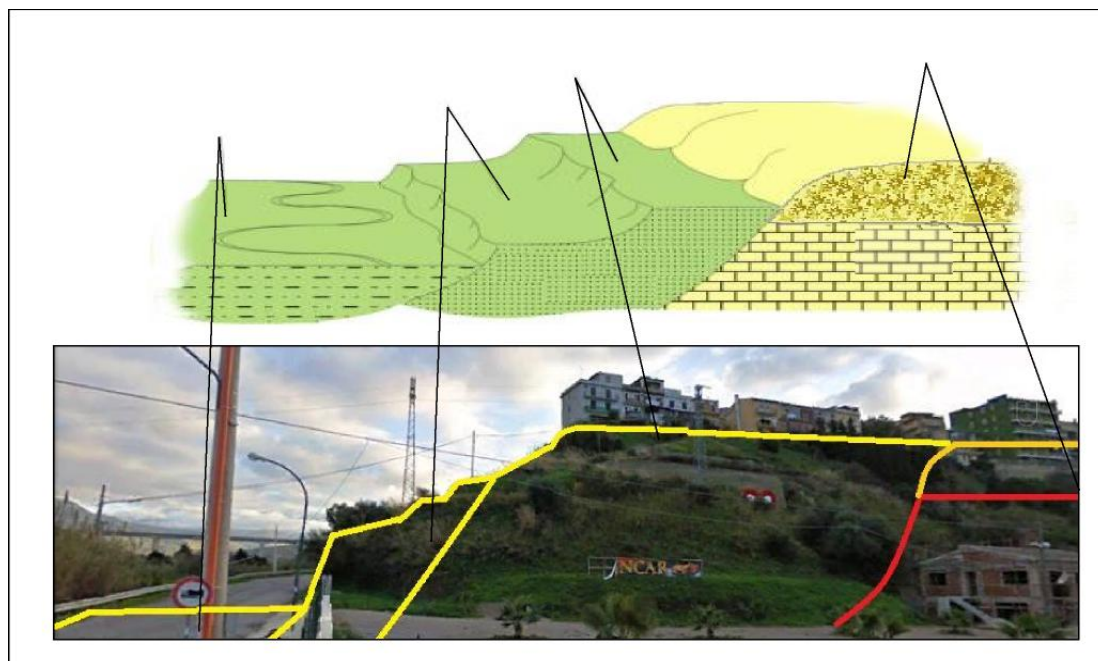


Fig. 5 – Rappresentazione schematica del versante oggetto di realizzazione della condotta

La successione litostratigrafica riscontrata nell'area strettamente interessata dall'intervento è rappresentata nello schema litostratigrafico riportato in tabella 2. Nella tabella vengono inserite le caratteristiche salienti dei litotipi, nonché i risultati delle prove penetrometriche S.P.T. (*Standard Penetration Test*) NSPT, eseguite in situ a varie profondità, e delle analisi granulometriche effettuate sui campioni prelevati a varie profondità in diversi sondaggi, necessari per la caratterizzazione litostratigrafica. Le prove penetrometriche eseguite nei fori S3 a profondità di 4.6 m da p.c., S7 a profondità di 10.5 m da p.c. ed S8 a profondità di 3.8 e 12 m da p.c., sono andate a rifiuto, pertanto non sono state inserite nello schema sotto riportato. L'analisi dei valori Nspt ottenute, fa emergere che i litotipi afferenti il terrazzo marino hanno un grado di addensamento da moderatamente addensato a molto addensato, ciò conferma l'eterogeneità del litotipo costituente il terrazzo.

Nei campioni estratti in corrispondenza dei litotipi marnosi, S1A alla profondità di 15.20 m da p.c. ed S1B alla profondità di 21.50 da p.c., sono stati trovati elevati contenuti in acqua, rispettivamente del 31,5 % e 30,3 %, indicando che la porzione



superiore di tale formazione risulta fortemente imbibita di acqua passando da condizioni plastiche in superficie a consistenti in profondità.

In definitiva, in base alle caratteristiche stratigrafiche riscontrate nella campagna di indagini geognostiche, eseguita nell'area immediatamente limitrofa a quella di progetto, può essere adottato il seguente schema geotecnico dei terreni affioranti nell'area:

Terrazzi Marini

<i>Profondità</i>	<i>Unità</i>	Peso di volume γ (kN/m³)	Angolo di attrito interno ϕ°	Coesione drenata c' (kN/m²)
0,10 – 0,30	A	Asportazione completa		
0,30 – 10,00	B	18,63	27°	9,80

Trubi

<i>Profondità</i>	<i>Unità</i>	Peso di volume γ (kN/m³)	Angolo di attrito interno ϕ°	Coesione drenata c' (kN/m²)
0,10 – 0,30	A	Asportazione completa		
0,30 – 7,00	B	19,71	34°	147,09



6. Pericolosità sismica locale

Secondo l'UNDRO (*United Nations DisasterRelief Office*) con il termine Pericolosità sismica si definisce la probabilità del verificarsi in una determinata area e in un determinato periodo temporale, con una certa eccedenza, lo scuotimento atteso e generato da un evento sismico dannoso per le attività umane con l'insieme degli effetti geologici e geofisici a esso connessi.

Gli elementi fondamentali che concorrono ad una moderna valutazione della "Pericolosità sismica" sono pertanto da ricercare nelle caratteristiche storiche, sismologiche, sismogenetiche, geologiche, relative al territorio analizzato.

Per quanto riguarda la quantificazione della pericolosità si fa riferimento ad alcune grandezze.

La prima è l'intensità sismica, misura della potenzialità distruttiva del terremoto che può essere valutata in modi diversi: sono infatti ben note le Scale *Mercalli Modificata* (MM), *Medvedev-Sponhenar-Karnik* (MSK) e *Mercalli-Cancani-Sieberg* (MCS) che si riferiscono a gradi macrosismici.

Un altro parametro, che viene attualmente molto utilizzato è il valore massimo dell'accelerazione $a(1)$ al suolo (*P.G.A.: Peak Ground Acceleration*); l'accelerazione è misurata relativamente all'accelerazione di gravità ($g = 9,80 \text{ m/sec}^2$), un valore di $0,1g$ è già capace di generare danni.

Il parametro generalmente usato da Geologi e Geofisici per la quantificazione della pericolosità sismica è l'intensità macrosismica, per cui i valori di pericolosità possono essere espressi con riferimento sia all'uno che all'altro parametro. Le zone sismiche previste dalle nuove norme vengono definite in base ai valori di accelerazione al suolo. Dalla storia sismica del territorio si evince che gli eventi che hanno colpito e danneggiato il Comune di Termini Imerese hanno avuto un'intensità variabile tra 4 ed 8 Io. La magnitudo di un terremoto è l'energia totale scaricata dal sisma. Un sisma di una certa magnitudo genera alla base di una costruzione una certa accelerazione sismica (espressa convenzionalmente come fattore dell'accelerazione di gravità) che può variare



in relazione alla distanza, alla conformazione degli strati rocciosi di fondazione, alla morfologia e alle caratteristiche dell'onda.

Magnitudo e accelerazione sono comunque in relazione, ma ai fini edificatori è più importante definire l'accelerazione sismica di progetto o PGA (Parametro di scuotimento sismico).

Con l'emanazione della *O.P.C.M. 3274/2003*, seguita dall'Ordinanza P.C.M. del *28 aprile 2006 n.3519* e quindi dalle norme tecniche (*NTC-2018*), è stata introdotta un'importante evoluzione in materia di progettazione antisismica. Il territorio nazionale viene riclassificato in 4 zone sismiche a pericolosità decrescente, abbandonando il concetto di "categoria" e superando il problema dei limiti amministrativi.

Le zone sismiche previste dalle nuove norme vengono definite in base ai valori di accelerazione sismica al suolo a_g (accelerazione orizzontale massima su suolo di Cat. A) che sostituisce il coefficiente S.

La pericolosità sismica del territorio italiano viene espressa in termini di accelerazione massima del suolo come frazione dell'accelerazione di gravità (g) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferita a suoli molto rigidi ($V_{s,eq} > 800$ m/sec – Cat A).

I valori base attribuiti di a_g per ciascuna zona del territorio siciliano sono quelli riportati nella *tabella 3 e nella figura 6*.

La mappa riportata in *fig. 6* mostra come il comune di Campofelice di Roccella ricade in un'area con PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, cioè periodo di ritorno 475 a, compresa principalmente fra 0,200 g e 0,175 g. Questa è una scelta di parametri convenzionale e in particolare è il valore di riferimento per l'Eurocodice 8 (EC8), nel quale vengono stabilite le norme per il progetto e la costruzione di strutture.

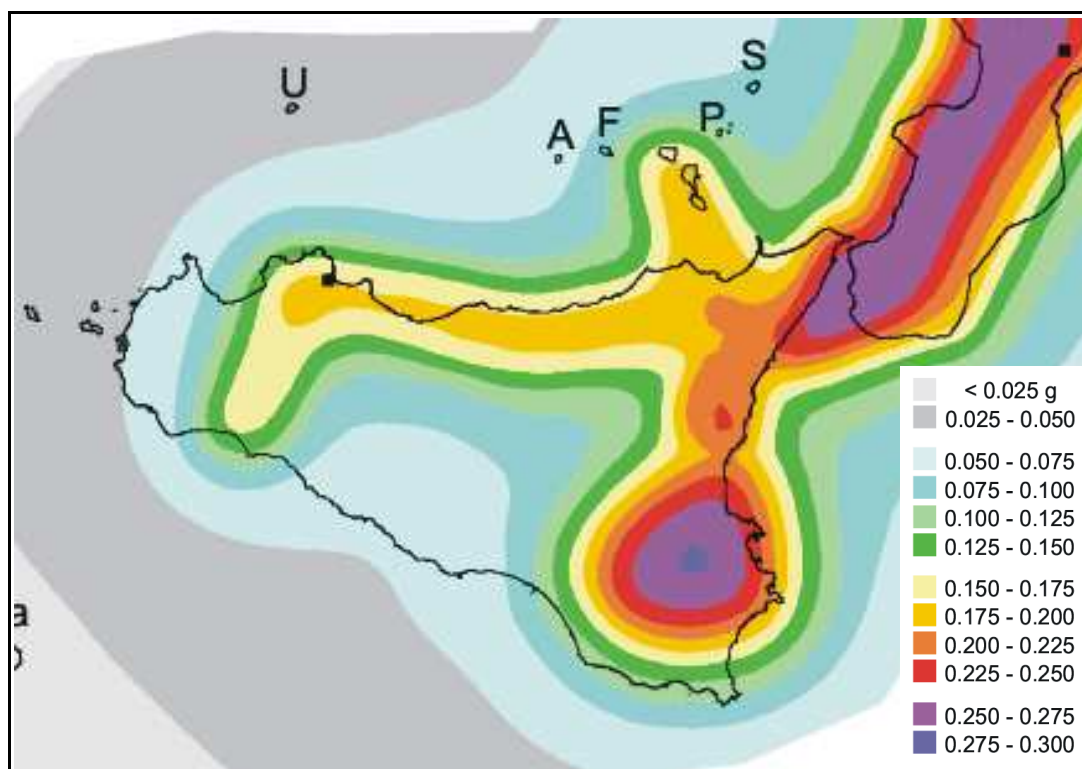


Fig. 6 – Mappa della pericolosità sismica espressa in termini di accelerazione massima al suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi ($V_s > 800$ m/s), Ordinanza PCM del 28 aprile 2006 n. 3519, All.1b; estratta da: <http://zonesismiche.mi.ingv.it>

Zona 1	E' la zona più pericolosa. Possono verificarsi fortissimi terremoti	$ag = 0.35g$
Zona 2	In questa zona possono verificarsi forti terremoti	$ag = 0.25g$
Zona 3	In questa zona possono verificarsi forti terremoti ma rari	$ag = 0.15g$
Zona 4	E' la zona meno pericolosa. I terremoti sono rari	$ag = 0.05g$

Tabella 3 - Valori massimi di accelerazione su roccia

Di fatto con l'introduzione della zona 4, nella quale è facoltà delle Regioni prescrivere l'obbligo della progettazione antisismica, sparisce il territorio "non classificato".

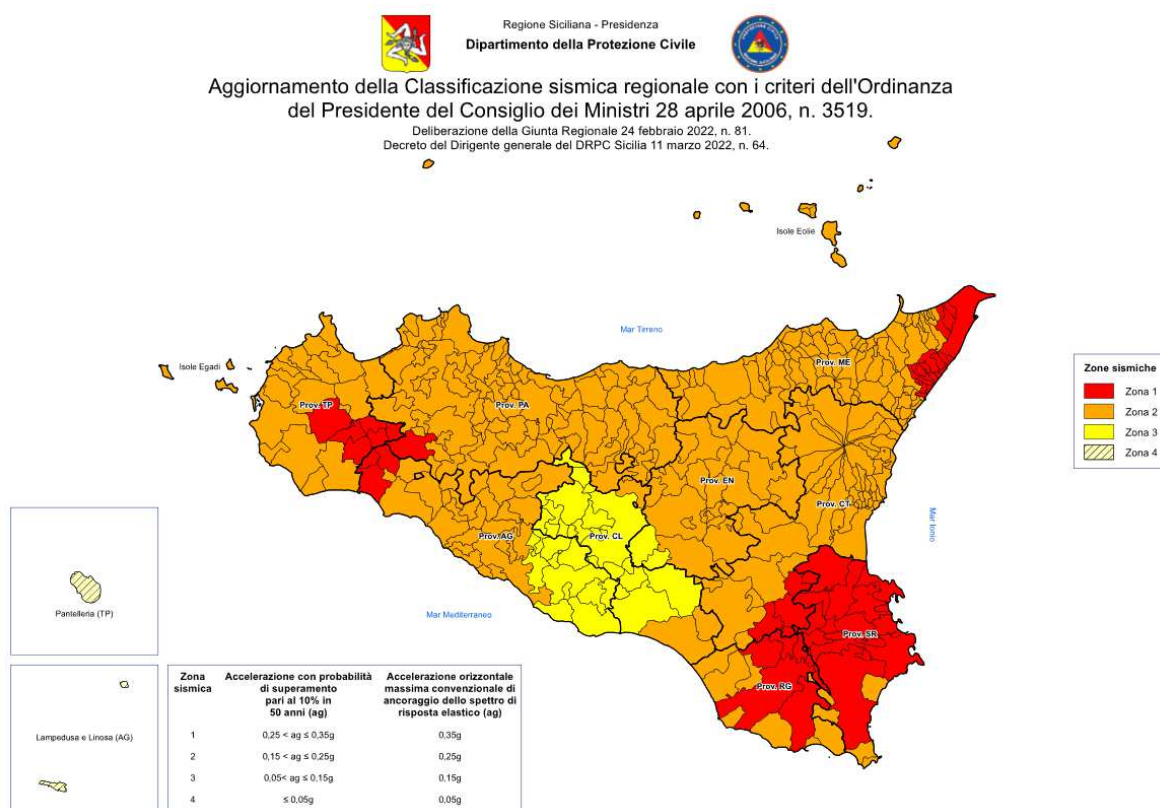
L'attuazione dell'Ordinanza n.3274 del 2003 ha permesso di ridurre notevolmente la distanza fra la conoscenza scientifica consolidata e la sua traduzione in

strumenti normativi e ha portato a progettare e realizzare costruzioni nuove e più sicure, anche con l'uso di tecnologie innovative.

Il nuovo studio di pericolosità, allegato all'*Ordinanza P.C.M. n. 3519*, ha fornito alle Regioni uno strumento aggiornato per la classificazione del proprio territorio, introducendo degli intervalli di accelerazione (a_g), da attribuire alle 4 zone sismiche.

Nella figura 7 sono riportate le zone sismiche in cui è suddiviso il territorio della Regione Siciliana, a seguito del nuovo *Decreto del Dirigente Generale del D.R.P.C. Sicilia 11 marzo 2022, n. 64, pubblicato sulla G.U.R.S. n. 13 del 25/03/2022*, con il quale, è stata resa esecutiva la nuova classificazione sismica dei Comuni della Regione Siciliana, redatta con i criteri dell'*Ordinanza P.C.M. 28 aprile 2006, n. 3519*, la cui proposta è stata condivisa dalla Giunta Regionale con la *Deliberazione 24 febbraio 2022, n. 81*.

Vista l'elevata pericolosità sismica, il comune di Campofelice di Roccella, risulta inserito in Zona Sismica 2 (figura 7).



7. Classificazione del suolo di fondazione

L'entrata in vigore del *D.M. 17/01/2018*, ovvero dell' *"Aggiornamento delle Norme Tecniche sulle Costruzioni"* oggi (*N.T.C. 2018*), nonché l'applicazione degli Stati Limiti Ultimi, ha cambiato il quadro classificativo sismico del territorio italiano. In particolare, le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione, e sono funzione delle caratteristiche morfologiche e stratigrafiche che determinano la risposta sismica locale.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale, (di categoria A come definita al § 3.2.2) nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_c(T)$ con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_v , come definite al § 3.2.1, nel periodo di riferimento V_r , come definito nel §2.4

A tale scopo, vengono utilizzate le possibilità offerte dalla definizione della "pericolosità sismica italiana", recentemente prodotta e messa a disposizione in rete dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV).

La pericolosità sismica di un sito è descritta dalla probabilità che, in un fissato lasso di tempo, in detto sito si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ad un valore prefissato. Nell' *Aggiornamento alle N.T.C. 2018*, tale lasso di tempo, espresso in anni, è denominato "periodo di riferimento" V_R , e la probabilità è denominata "probabilità di eccedenza o di superamento del periodo di riferimento" P_{V_R} .

Ai fini della determinazione delle azioni sismiche di progetto, nei modi previsti dal *D.M. 17/01/2018* ovvero dall' *Aggiornamento alle N.T.C. 2018*, la pericolosità sismica del territorio nazionale è definita convenzionalmente facendo riferimento ad un sito rigido (di categoria "A") con superficie topografica orizzontale (di categoria "T1"), in condizioni di campo libero, cioè in assenza di manufatti.

Le caratteristiche del moto sismico atteso al sito di riferimento, per una fissata P_{V_r} , si ritengono individuate quando se ne conosca l'accelerazione massima ed il



corrispondente spettro di risposta elastico in accelerazione.

Ai fini del *D.M. 17/01/2018*, le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento P_{VR} , nel periodo di riferimento V_R a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- a_g accelerazione orizzontale massima al sito.
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale.
- T_C^* valore di riferimento per la determinazione del periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Per la caratterizzazione dei suddetti parametri, ai fini della determinazione dell'azione sismica di progetto, sono stati considerati i risultati di una specifica indagine geofisica, consistente nella stesura di n. 1 sondaggio del tipo *H.V.S.R. (Horizontal to Vertical Spectral Ratio)*, eseguita proprio lungo il versante di progetto, ovvero dove sarà realizzata la nuova condotta fognaria mista, in occasione di precedenti lavori.

Tale indagine, è stata ritenuta dal sottoscritto, sufficientemente valida per l'identificazione della categoria di sottosuolo, e per la valutazione del volume significativo di terreno interagente con le opere in progetto.

Per definire la categoria di suolo ai sensi della vigente normativa, è stata eseguita un'indagine sismica passiva *H.V.S.R. (Horizontal to Vertical Spectral Ratio)*, di microtremore ambientale con stazione singola, in un'area vicina a quella di progetto.

Per l'elaborazione finale è stata seguita la procedura consigliata nelle linee guida del *SESAME*, acronimo di *Site Effect Assessment Using Ambient Excitations* un progetto di ricerca europeo condotto nel triennio 2003-2005 al fine di standardizzare e migliorare le tecniche di micro zonazione sismica attraverso le misure del *noise* ambientale.

Lo strumento utilizzato per le acquisizioni in situ è un sismografo digitale a tre canali dotato delle seguenti caratteristiche:

- Numero canali: 3
- Convertitore A/D: 24 bit (SD)
- Range dinamico: 124dB @ 100SPS
- Campionamento: simultaneo sui tre canali



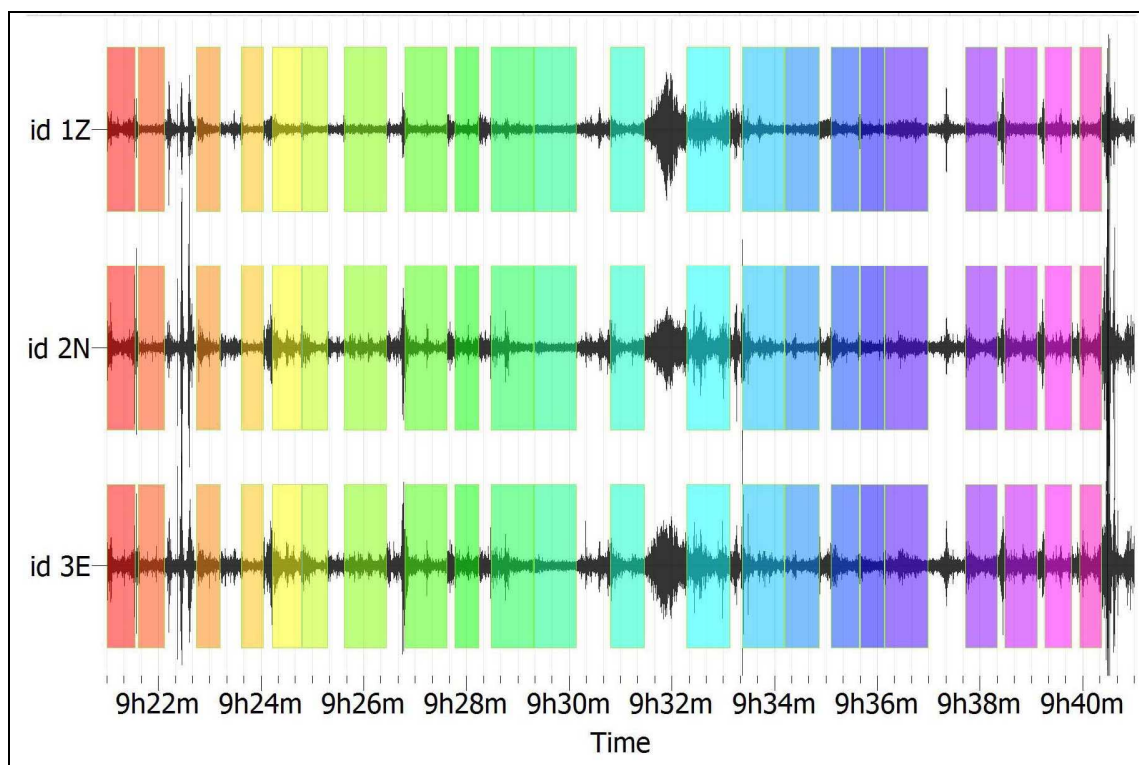
- Sampling rates: 10, 20, 25, 50, 100, 200, 600;
- Impedenza d'ingresso: 300 kOhm
- Sensibilità: 2V p-p (119nV/count)
- Real Time Clock: +/-10ppm (-20/+50°C)
- Sincron. Real Time Clock: da GPS via PPS modulato
- Precisione rispetto a UTC: <50ms
- Antenna GPS: amplificata con 10mt di cavo e connettore BNC
- CPU: AVR RISC processor @ 11.592MHz

Dai primi studi di *Kanai (1957)* in poi, diversi metodi sono stati proposti per estrarre l'informazione relativa al sottosuolo dal rumore sismico registrato in un sito. Tra questi, la tecnica che si è maggiormente consolidata nell'uso è quella dei rapporti spettrali tra le componenti del moto orizzontale e quella verticale (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio, HVSR o H/V*), proposta da *Nogoshi e Igarashi (1970)*.

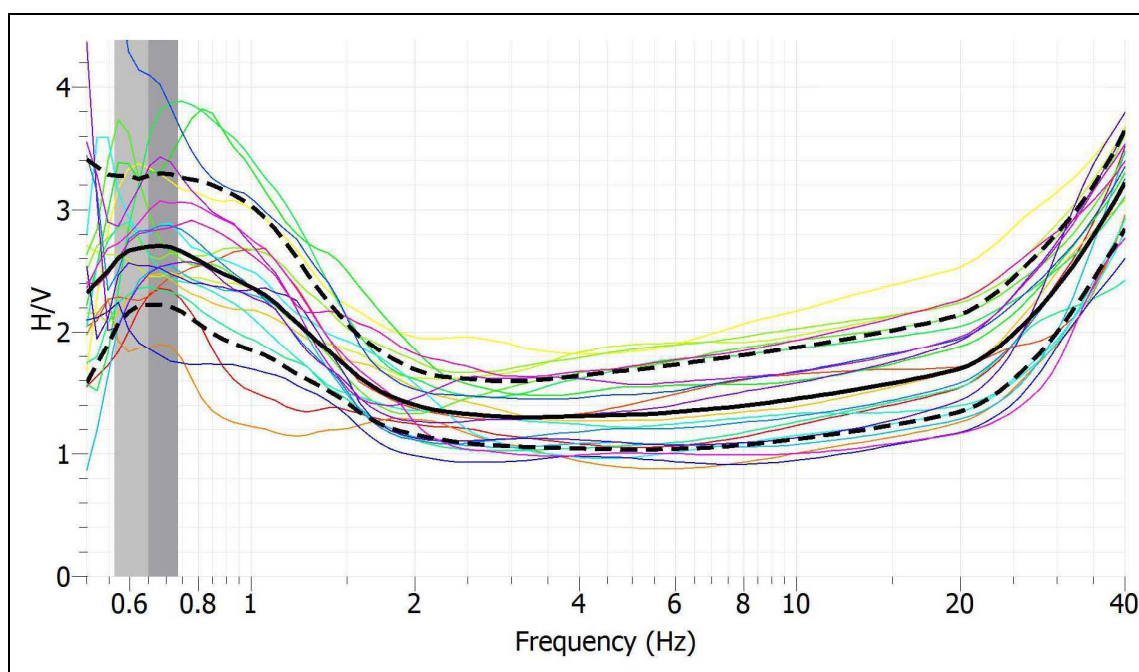
Per valutare gli effetti di sito dovuti alla risonanza prodotta dai depositi di superficie, sono stati calcolati i rapporti spettrali tra la componente orizzontale e la componente verticale del moto (*HVSR*).

È noto, come la frequenza di picco di tale funzione sperimentale possa predire la frequenza fondamentale di risonanza dei sedimenti (*Haghshenas et al., 2008*). Per il calcolo degli *H.V.S.R.* è stato utilizzato il software GEOPSY. L'algoritmo è basato su una selezione automatica delle finestre d'analisi (anti-trigger) al fine di mantenere la parte stazionaria del segnale ed escludere i transienti. Per ciascuna registrazione sono state selezionate almeno 70 finestre di analisi di durata pari a 16 secondi.

A ciascuna finestra sono stati applicati: una funzione di tapering tipo coseno al 5%, la FFT, lo smoothing dello spettro mediante funzione logaritmica proposta da *Konno e Ohmachi (1998)*, con coefficiente $b=20$; quindi sono stati calcolati la media quadratica delle componenti orizzontali ed il rapporto spettrale *H/V* (*HVSR*) per ciascuna finestra; infine la media *H.V.S.R.* con deviazione standard.



Time history – registrazioni sulle componenti di analisi



Rapporti spettrali delle componenti orizzontali e verticali



La frequenza di picco f_0 pari a $0,649299 \pm 0.0864683$ Hz.

Dal confronto tra la funzione teorica e la curva sperimentale, si è potuto ricavare la funzione di dispersione per il modo fondamentale delle onde di Rayleigh, la cui conoscenza consente di risalire al modello di velocità del mezzo, attraverso un procedimento di inversione.

A tal fine è necessario disporre di un modello del sottosuolo da assumere come modello iniziale, consistente in un insieme di strati piano-paralleli sovrastanti un semispazio, ciascuno caratterizzato da quattro parametri: spessore, velocità delle onde S, rapporto di Poisson, densità (h , V_s , σ , ρ).

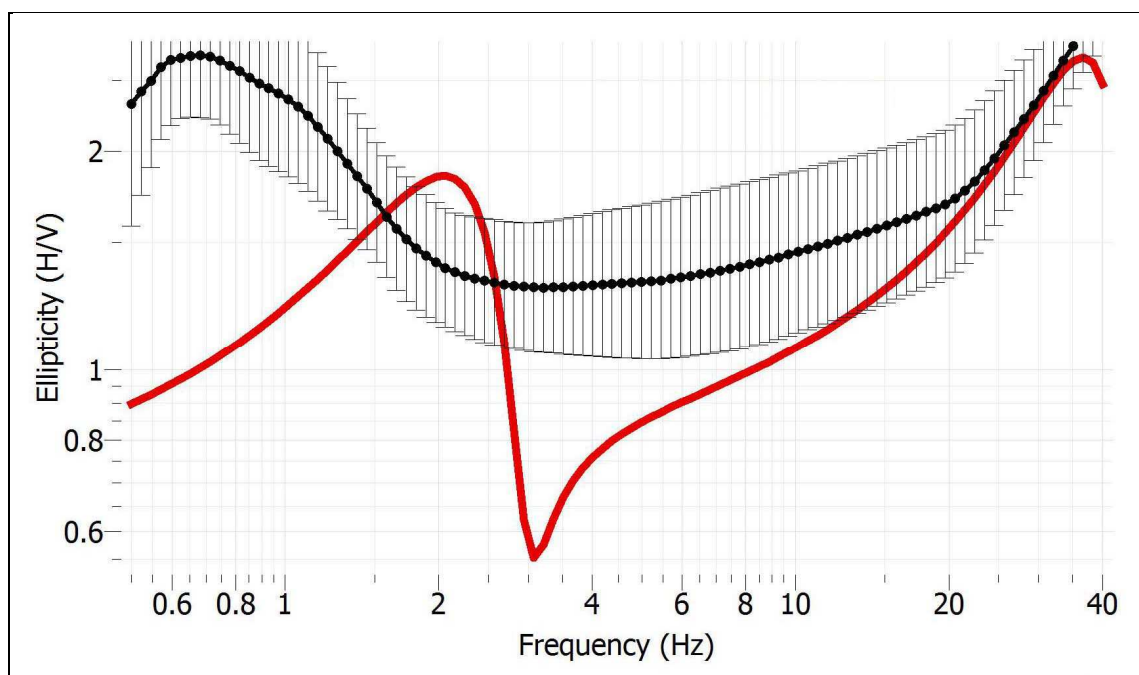
Nel caso in esame il modello iniziale è stato costruito sulla base di conoscenze geologiche; partendo dalla stratigrafia mostrata, si è definito lo spazio dei parametri riportato di seguito.

N	h (m)	V_s (m/s)	σ	ρ (Kg/m ³)
1	0 - 1	200 - 300	0.2 - 0.5	1900
2	1 - 7	300 - 500	0.3 - 0.5	1900
<i>h.s.</i>	7 - 30	500 - 1500	0.4 - 0.5	2000

L'inversione dei dati tramite codice di calcolo DINVER è stata eseguita attraverso 100 iterazioni che hanno prodotto 2650 modelli; il valore minimo della funzione di misfit, ottenuto è pari a 1,94584

Per interpretare la struttura di velocità ricavata dai dati di dispersione in termini di effetti di risonanza, è stata calcolata la funzione di ellitticità per le onde di Rayleigh ed è stata confrontata alla curva sperimentale HVSR.

Numerosi autori hanno interpretato il rapporto spettrale H/V in relazione al rapporto di ellitticità delle onde di Rayleigh, che, in caso di forte contrasto di impedenza, mostra un picco pronunciato in corrispondenza della frequenza fondamentale di risonanza delle onde S (Bard, 1999; Konno e Ohmachi, 1998; Haghshenas et al., 2008).



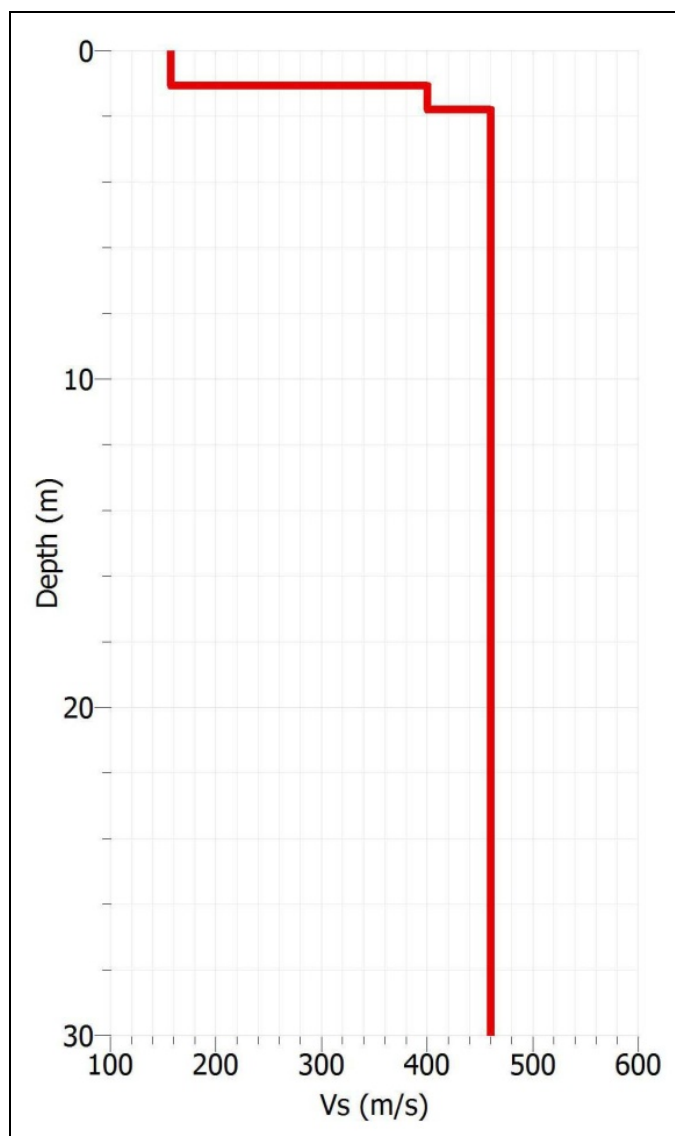
Curva analisi di ellitticità

Il calcolo della funzione teorica è stato eseguito con il codice REIGEN85 (Herrmann, 1987). La funzione di ellitticità ottenuta ricalca nella forma la funzione sperimentale, anche se presenta valori di amplificazione più bassi. La concordanza osservata tra la frequenza di picco nella curva sperimentale ed in quella teorica convalida l'interpretazione dei dati in termini di effetto di risonanza dei sedimenti di copertura.

Applicando nuovamente il codice di calcolo DINVER è stato definito un modello interpretativo della sismostratigrafia.

Nel sito in esame, il bedrock sismico è a profondità maggiore di 30 metri, pertanto ai sensi delle NTC 2018, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ è definita dal parametro $V_{s,30}$ calcolato secondo la seguente espressione:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1, N} \frac{h_i}{V_i}}$$



Sismostratigrafia – Modello interpretativo

In base al valore del parametro $V_{s,30}$ si identificano le seguenti 5 categorie del suolo di fondazione:

Categoria	Descrizione
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi, caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio, $V_{s,30}$, superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti, con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce teneri 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 dei valori della velocità equivalente ($V_{s,30}$) compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>



C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, con profondità del substrato superiori ai 30m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente $V_{s,30}$ compresi tra 100 e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Il V_{s30} misurato risulta essere di **448,63** m/s, facendo rientrare i litotipi dell'area d'indagine in categoria di sottosuolo di tipo **B** (*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s*)



8. Spettri di risposta sismica

Stabilita la categoria di sottosuolo, che nello specifico è la “B”, ($V_{s30} = 375,75$ m/s), al p.c), valutate le caratteristiche della superficie topografica di appartenenza dell’area di progetto “T2”, si passa alla determinazione degli spettri di risposta attesi.

La determinazione degli spettri di risposta rappresentativi delle componenti (orizzontali e verticali) delle azioni sismiche di progetto, per un generico sito del territorio nazionale, si articola in tre fasi:

- FASE 1 – individuazione della pericolosità del sito (sulla base dei risultati del progetto S1 – INGV);
- FASE 2 – scelta della strategia di progettazione;
- FASE 3 – Determinazione dell’azione di progetto.

Di seguito, si riporta la caratterizzazione sismica dell’area di progetto (*Lat N 37,993945 Long E 13,885668*) nonché la determinazione degli spettri di risposta, eseguita mediante l’applicazione del software “GeoStru PS Advanced”, commercializzato dalla ditta software “GEOSTRU”, e da me personalmente verificati ed accettati, e potranno essere impiegati dal progettista in fase di calcolo degli elementi strutturali in progetto, e di tutte le opere annesse e connesse.

Il tutto in rispetto ed in applicazione del D.M. 17/01/2018 ovvero dell’*“Aggiornamento alle Norme Tecniche per Costruzioni 2018”*.

PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO

Descrizione: Lavori di adeguamento della sezione idraulica della condotta fognaria mista

Committente: Comune di Campofelice di Roccella

Località: Via Belvedere

Data: 11/07/2023

Vita nominale (V_n):	50 [anni]
Classe d'uso:	II
Coefficiente d'uso (C_u):	1
Periodo di riferimento (V_r):	50 [anni]
Periodo di ritorno (T_r) SLO:	30 [anni]



Periodo di ritorno (Tr) SLD: 50 [anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLV: 475 [anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLC: 975 [anni]

Tipo di interpolazione: Superficie rigata

Coordinate geografiche del punto

Latitudine (WGS84): 37,9939461 [°]
Longitudine (WGS84): 13,8856678 [°]
Latitudine (ED50): 37,9950027 [°]
Longitudine (ED50): 13,8865137 [°]

Coordinate dei punti della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il sito

Punto	ID	Latitudine (ED50) [°]	Longitudine (ED50) [°]
1	45849	37,984320	13,870380
2	45850	37,984090	13,933620
3	45628	38,034100	13,933900
4	45627	38,034320	13,870640

Parametri di pericolosità sismica per TR diversi da quelli previsti nelle NTC, per i nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento

Punto 1

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,048	2,324	0,250
SLD	50	0,065	2,321	0,264
	72	0,079	2,317	0,270
	101	0,094	2,312	0,275
	140	0,110	2,312	0,279
	201	0,129	2,317	0,286
SLV	475	0,181	2,376	0,294
SLC	975	0,234	2,421	0,309
	2475	0,315	2,509	0,323

Punto 2

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,049	2,321	0,254
SLD	50	0,066	2,324	0,266
	72	0,080	2,321	0,271
	101	0,095	2,314	0,276
	140	0,110	2,314	0,280
	201	0,129	2,318	0,287
SLV	475	0,182	2,378	0,294



SLC	975	0,234	2,424	0,309
	2475	0,316	2,512	0,324

Punto 3

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,048	2,329	0,254
SLD	50	0,063	2,343	0,266
	72	0,077	2,328	0,272
	101	0,091	2,323	0,277
	140	0,107	2,320	0,281
	201	0,125	2,324	0,288
SLV	475	0,176	2,375	0,295
SLC	975	0,228	2,421	0,309
	2475	0,309	2,507	0,323

Punto 4

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,047	2,329	0,250
SLD	50	0,064	2,334	0,265
	72	0,077	2,321	0,271
	101	0,092	2,317	0,276
	140	0,107	2,316	0,280
	201	0,126	2,320	0,286
SLV	475	0,178	2,376	0,294
SLC	975	0,230	2,418	0,308
	2475	0,311	2,506	0,323

Punto d'indagine

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,048	2,325	0,251
SLD	50	0,065	2,325	0,265
SLV	475	0,180	2,376	0,294
SLC	975	0,233	2,421	0,309

PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITOCoefficiente di smorzamento viscoso ξ : 5 %Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = [10/(5+\xi)]^{(1/2)}$: 1,000

Categoria sottosuolo: B

Categoria topografica:

T2: Pendii con inclinazione media maggiore di 15°

Muri di sostegno NTC 2008

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,013	0,017	0,062	0,101
kv	0,006	0,008	0,031	0,051



amax [m/s ²]	0,682	0,918	2,548	3,211
Beta	0,180	0,180	0,240	0,310

Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,070	0,094	0,260	0,327
kv	0,035	0,047	0,130	0,164
amax [m/s ²]	0,682	0,918	2,548	3,211
Beta	1,000	1,000	1,000	1,000

Paratie NTC 2008

Altezza paratia (H):

3,0 [m]

Spostamento ammissibile us:

0,015 [m]

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,045	0,061	0,169	0,213
kv	--	--	--	--
amax [m/s ²]	0,682	0,918	2,548	3,211
Beta	0,650	0,650	0,650	0,650

Stabilità di pendii e fondazioni

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,014	0,019	0,062	0,092
kv	0,007	0,009	0,031	0,046
amax [m/s ²]	0,682	0,918	2,548	3,211
Beta	0,200	0,200	0,240	0,280

Muri di sostegno NTC 2018

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0,044	0,099	--
kv	--	0,022	0,049	--
amax [m/s ²]	0,682	0,918	2,548	3,211
Beta	--	0,470	0,380	--

Fronti di scavo e rilevati

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0,044	0,099	--
kv	--	0,022	0,049	--
amax [m/s ²]	0,682	0,918	2,548	3,211
Beta	--	0,470	0,380	--

Paratie NTC 2018

Altezza paratia (H):

3,0 [m]

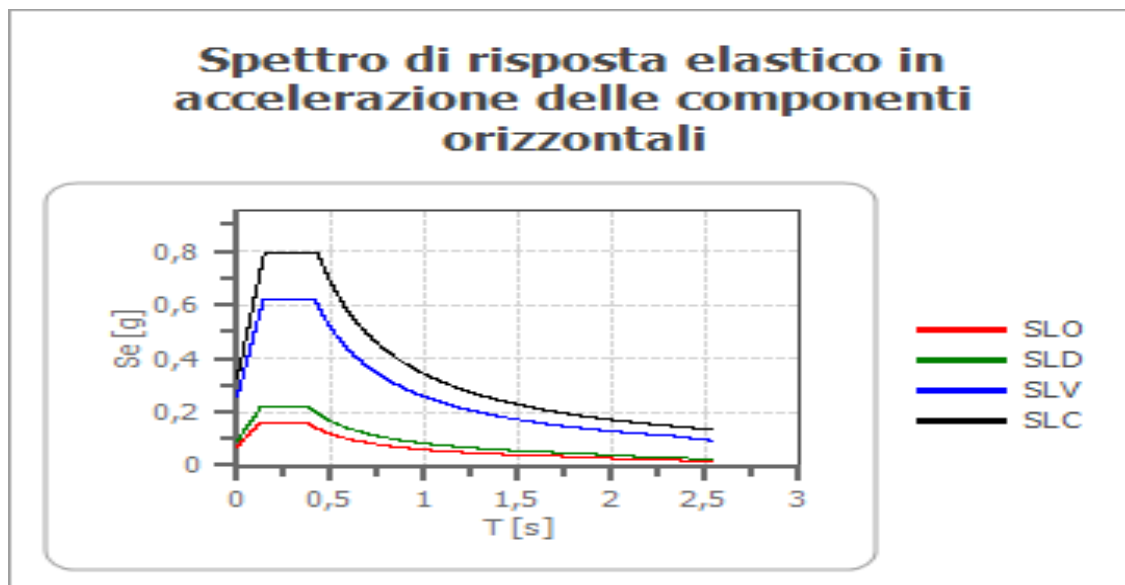
Spostamento ammissibile us:

0,015 [m]

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,054	0,073	0,202	0,254
kv	--	--	--	--
amax [m/s ²]	0,682	0,918	2,548	3,211
Beta	0,776	0,776	0,776	0,776



Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(T B) [g]
SLO	1,0	0,048	2,325	0,251	1,200	1,450	1,200	1,440	1,000	0,121	0,364	1,793	0,070	0,162
SLD	1,0	0,065	2,325	0,265	1,200	1,430	1,200	1,440	1,000	0,126	0,379	1,860	0,094	0,218
SLV	1,0	0,180	2,376	0,294	1,200	1,410	1,200	1,440	1,000	0,138	0,415	2,322	0,260	0,617
SLC	1,0	0,233	2,421	0,309	1,170	1,390	1,200	1,404	1,000	0,143	0,429	2,533	0,327	0,793



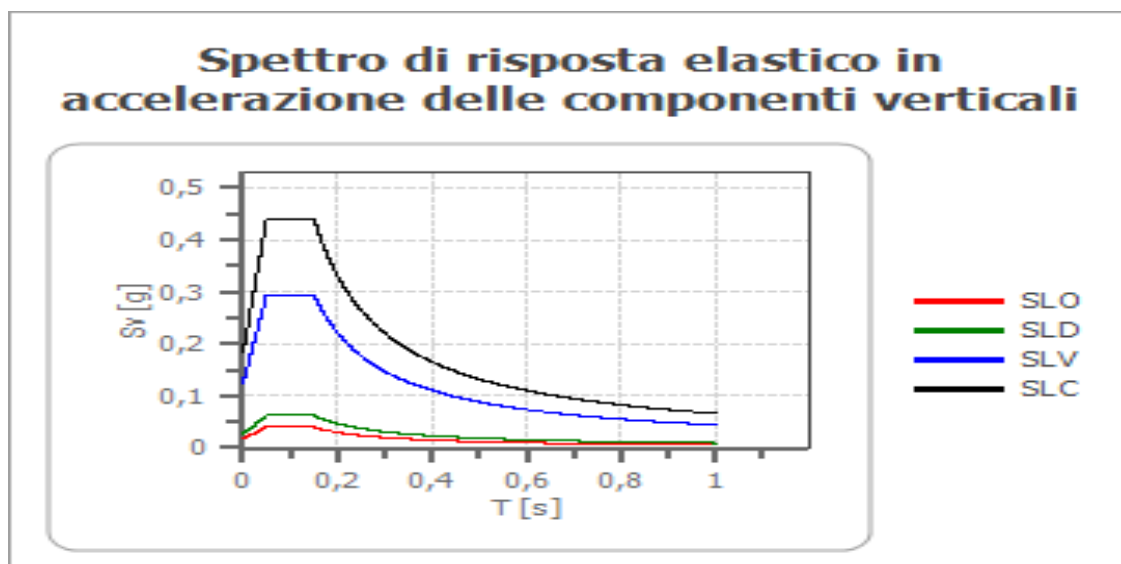
Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ :

5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = [10/(5+\xi)]^{(1/2)}$:

1,000



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1,0	0,048	2,325	0,251	1	1,450	1,200	1,200	1,000	0,050	0,150	1,000	0,017	0,040
SLD	1,0	0,065	2,325	0,265	1	1,430	1,200	1,200	1,000	0,050	0,150	1,000	0,027	0,062
SLV	1,0	0,180	2,376	0,294	1	1,410	1,200	1,200	1,000	0,050	0,150	1,000	0,124	0,295
SLC	1,0	0,233	2,421	0,309	1	1,390	1,200	1,200	1,000	0,050	0,150	1,000	0,182	0,442

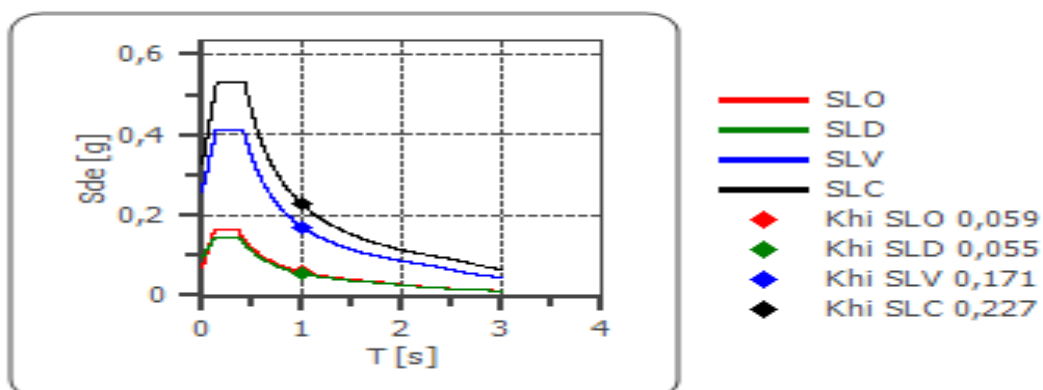


Spettro di progetto

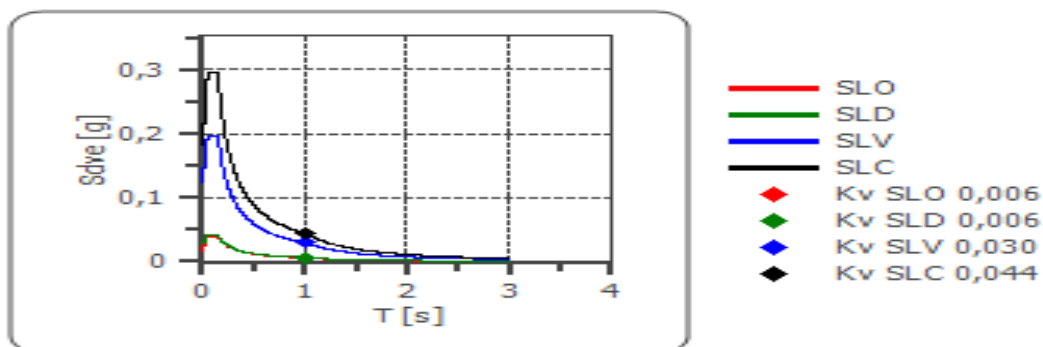
Fattore di struttura spettro orizzontale q :	1,50
Fattore di struttura spettro verticale q :	1,50
Periodo fondamentale T :	1,00 [s]

	SLO	SLD	SLV	SLC
$k_{hi} = S_{de}(T)$ Orizzontale [g]	0,059	0,055	0,171	0,227
$k_v = S_{dve}(T)$ Verticale [g]	0,006	0,006	0,030	0,044

Spettro di progetto delle componenti orizzontali



Spettro di progetto delle componenti verticali





	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	q [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Sd(0) [g]	Sd(TB) [g]
SLO orizzontale	1,0	0,048	2,325	0,251	1,200	1,450	1,200	1,440	1,000	0,121	0,364	1,793	0,070	0,162
SLO verticale	1,0	0,048	2,325	0,251	1,200	1,450	1,200	1,200	1,000	0,050	0,150	1,000	0,017	0,040
SLD orizzontale	1,0	0,065	2,325	0,265	1,200	1,430	1,200	1,440	1,500	0,126	0,379	1,860	0,094	0,145
SLD verticale	1,0	0,065	2,325	0,265	1,200	1,430	1,200	1,200	1,500	0,050	0,150	1,000	0,027	0,042
SLV orizzontale	1,0	0,180	2,376	0,294	1,200	1,410	1,200	1,440	1,500	0,138	0,415	2,322	0,260	0,412
SLV verticale	1,0	0,180	2,376	0,294	1,200	1,410	1,200	1,200	1,500	0,050	0,150	1,000	0,124	0,197
SLC orizzontale	1,0	0,233	2,421	0,309	1,170	1,390	1,200	1,404	1,500	0,143	0,429	2,533	0,327	0,528
SLC verticale	1,0	0,233	2,421	0,309	1,170	1,390	1,200	1,200	1,500	0,050	0,150	1,000	0,182	0,294



9. Conclusioni

Per incarico conferitomi dalla Responsabile del Settore IV – LL.PP. e Politiche degli Investimenti, del Comune di Campofelice di Roccella, con Determinazione n. 18 del 15/02/2023, lo scrivente ha redatto la presente relazione geologico-tecnica relativa al progetto per i ***“Lavori di adeguamento della sezione idraulica della condotta fognaria mista”***, nel tratto compreso tra il depuratore comunale e l’area a valle del *“Belvedere dei tramonti”*.

Nello specifico, il progetto in questione, prevede la realizzazione di una nuova condotta fognaria mista, da affiancare a quella esistente, al fine di consentire un regolare deflusso delle acque reflue miste, soprattutto in occasione di eventi meteorologici estremi. Il nuovo tratto di condotta da realizzare, è compreso tra il depuratore comunale, ed il pozzetto di raccolta posizionato nella zona prossima all’anfiteatro comunale del belvedere. Il tutto come meglio indicato negli elaborati tecnici e grafici di progetto.

Per acquisire gli elementi necessari, della zona oggetto delle osservazioni, sono stati eseguiti dei sopralluoghi, alcuni dei quali congiunti con il progettista delle opere, in modo da poter ricostruire la successione litostratigrafica dell’immediato sottosuolo, utilizzando all’uopo gli elementi direttamente osservabili in superficie e/o desunti dalla letteratura specializzata al fine di ottenere una corretta ricostruzione della successione litostratigrafica locale ed una più attendibile definizione dei principali parametri geotecnici ed idrogeologici dei terreni interessati dall’opera.

Il modello geologico dell’area di progetto, è stato ricostruito sulla scorta di un accurato rilievo geologico di superficie, supportato da indagini geognostiche e geotecniche, eseguite nell’area immediatamente a monte del versante oggetto di intervento, durante *“I lavori di consolidamento e risanamento ambientale a valle della via Belvedere a salvaguardia del centro abitato”*.

Le risultanze delle indagini consultate, inducono ad affermare, che il substrato dell’area in studio, e quello di un ampio intorno, è costituito da depositi fluvio-marini terrazzati che sono litostratigraficamente rappresentati da litotipi a taglia variabile passante dai limi alle sabbie ed alle ghiaie, caratterizzati da una estrema variabilità



granulometrica sia in senso verticale che orizzontale, con a luoghi presenti livelli e/o lenti di ghiaie e ciottoli immersi nella matrice prima detta.

Dal punto di vista geomorfologico ed idrografico, ed in relazione alle considerazioni plano-altimetriche, non sono stati rilevati allo stato attuale particolari problemi in atto.

In relazione con le caratteristiche litologiche di tali materiali, non si rileva la possibilità di intercettare falde acquifere superficiali che possano interferire con l'opera da realizzare.

Con un'analisi *H.V.S.R.*, si è determinato il valore della/e frequenza di picco dell'area, in corrispondenza di 0,65 Hz. Pertanto nota la stratigrafia dell'area si è dedotto in valore della velocità V_{s30} dei terreni pari a 448,63 m/s.. Si precisa che, in ottemperanza a quanto previsto dal *D.M. 17/01/2018*, il valore del V_{s30} , riportato in precedenza, deve intendersi come Velocità equivalente delle onde S ($V_{S,eq}$).

Pertanto, ai sensi dell'*Ordinanza n. 3274/2005 del Presidente del Consiglio dei Ministri* ripresa e completata con la *O.P.C.M. n. 3519/2006* e successivamente con il *D.M. 17/01/2018*, i terreni in esame rientrano nel tipo di suolo "**B**".

Dall'esame della cartografia geomorfologica relativa al P.A.I., l'area sulla quale sarà realizzata la nuova condotta fognaria mista, ricade all'interno del Piano per l'Assetto Idrogeologico redatto dall'Assessorato Regionale Territorio ed Ambiente, ed approvato con *D.P.R.S. n. 89 del 27/03/2007*, pubblicato sulla *G.U.R.S. n° 25 del 01/06/2007*, aggiornato con *D.P.R.S. del 26/10/2012* pubblicato sulla *G.U.R.S. n° 67 del 04/01/2013*, ed ancora riaggiornato con successivo *D.S.G. n.335/2021* del Dipartimento Regionale dell'Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia, inerente il "*Bacino Idrografico del torrente Roccella e area territoriale tra il bacino del torrente Roccella e il bacino del Fiume Imera Settentrionale*" (029)", ed in particolare il tracciato fognario interessa aree con livello di Pericolosità Geomorfologica P3 (elevato)".

Tale pericolosità, è stata definita sulla base della magnitudo e dello stato di attività del dissesto censito in tale area.



Secondo il P.A.I. la zona di Pericolosità Elevata (P3), localizzata in corrispondenza del perimetro settentrionale del centro urbano - nella zona di via Belvedere, è determinata da fenomeni di dissesto di crollo su calcari trabacei (scheda 6CR-003). Sulla base della classe di pericolosità individuata e delle infrastrutture presenti all'interno del perimetro della relativa area, sono stati perimetrati i singoli elementi a rischio con relativo livello di Rischio Geomorfologico R3 (elevato) ed R4 (molto elevato).

Il Rischio R4 è dovuto alla presenza di abitazioni della periferia urbana settentrionale contigue alla via Belvedere, da un tratto della S.S. 113 PA-ME e da una parte della via di fuga settentrionale del paese che collega il centro abitato con la S.S. 113, mentre il Rischio 2 è connesso alle case sparse presenti a valle del versante in prossimità della S.S. 113 PA-ME.

Tali dissesti, comunque, si sono completamente stabilizzati, a seguito dell'intervento di consolidamento realizzato lungo il versante.

L'Assessorato Regionale del Territorio e Ambiente, infatti, nell'ambito del "Programma Operativo Fesr (Fondo Europeo per lo Sviluppo Regionale) 2007-2013 *"Attuazione della linea di intervento 2.3.1.1 – Interventi per il miglioramento dell'assetto idrogeologico"* e 2.3.1.2 – *"Interventi di messa in sicurezza delle aree interessate dai fenomeni di dissesto"*, con D.D.G. n. 39 del 31/01/2013, registrato dalla Corte dei Conti in data 05/03/2013 al reg. n.1, fg. N. 23 ha finanziato il progetto di *"Consolidamento e risanamento ambientale a valle della via Belvedere, a salvaguardia del centro abitato"* nel centro urbano del Comune di Campofelice di Roccella.

Successivamente, l'Amministrazione comunale, a seguito della procedura negoziata (Art. 91, comma 2 del D.L. 12/04/2006 n° 163 e s.m.i.), ha affidato all'ing. Minutella Antonio iscritto presso l'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Palermo al n.4141, l'incarico della progettazione definitiva ed esecutiva, relativa al progetto di *"Consolidamento e risanamento ambientale a valle della via Belvedere, a salvaguardia del centro abitato"* nel centro urbano del Comune di Campofelice di Roccella".

Con determinazione a contrarre n. 40 del 16/04/2013 e successiva determinazione di modifica n. 45 del 26/04/2013, sono state avviate le procedure di gara

per l'affidamento dei lavori del progetto in questione. Con determinazione n. 86 del 09/09/2013, di approvazione dei verbali di gara dei lavori in oggetto, è stato affidato all'Impresa "MA.GE.CO. Srl", l'appalto per la realizzazione dei lavori in questione, che sono stati ultimati in data 04/12/2014.

Come descritto nei paragrafi precedenti, la nuova condotta fognaria mista, da realizzare in affiancamento a quella esistente, insisterà per la maggior parte sui terreni costituenti i "Terrazzi Marini", ovvero sui depositi alluvionali recenti, di età Olocenica, costituiti da sabbie argillose e sabbie limose con ghiaie e ciottoli di varie dimensioni, stratificate in livelli e lenti di potenza variabile da pochi decimetri a qualche metro, ed in minima parte sui calcari marnosi e marne calcaree afferenti alla Formazione geologica dei "Trubi".

Ai suddetti terreni, in base alle caratteristiche stratigrafiche riscontrate nella campagna di indagini geognostiche, eseguita nell'area immediatamente limitrofa a quella di progetto, possono essere attribuiti i seguenti parametri geotecnici:

Terrazzi Marini

<i>Profondità</i>	<i>Unità</i>	Peso di volume γ (kN/m³)	Angolo di attrito interno ϕ°	Coesione drenata c' (kN/m²)
0,10 – 0,30	A	Asportazione completa		
0,30 – 10,00	B	18,63	27°	9,80

Trubi

<i>Profondità</i>	<i>Unità</i>	Peso di volume γ (kN/m³)	Angolo di attrito interno ϕ°	Coesione drenata c' (kN/m²)
0,10 – 0,30	A	Asportazione completa		
0,30 – 7,00	B	19,71	34°	147,09

La nuova condotta fognaria mista, da realizzare in affiancamento a quella esistente, sia nella zona di attraversamento dei "Terrazzi Marini" che dei "Trubi", dovrà



essere posta a profondità superiore a 0,30 metri, ovvero, in entrambi i casi, dovrà essere completamente asportata la coltre detritica e/o materiale di alterazione superficiale

Per quanto attiene lo specifico ambito geologico, le indagini e gli studi di progetto hanno avuto una sufficiente ampiezza, ovvero le indagini e gli studi stessi sono stati sufficientemente estesi alla parte di sottosuolo influenzata, direttamente ed indirettamente, dalla costruzione delle opere previste in progetto.

In applicazione di quanto previsto dal *D.M. 17/01/2018* ovvero *dell'Aggiornamento alle Norme Tecniche per le Costruzioni (N.T.C. 2018)*, nel presente studio è stata opportunamente eseguita una modellazione geologica e geomorfologica dell'area di progetto, nonché una modellazione geotecnica del sottosuolo, commisurata alla specificità delle opere in progetto.

Termini Imerese, Luglio 2023

