



COMUNE DI GRATTERI
Provincia di Palermo

COPIA DI DELIBERAZIONE DEL CONSIGLIO COMUNALE
N. 15 del 03.6.2019

Esecuzione Immediata

OGGETTO: Approvazione proposta progettuale dei “lavori di messa in sicurezza delle infrastrutture stradali adiacenti la Via San. Nicolò”, volti a qualificare e valorizzare un’area di notevole valore paesaggistico al fine di partecipare all’avviso pubblico approvato con DDG - Assessorato delle Autonomie Locali e della Funzione Pubblica – n.422 del 31.12.2018.

L’anno **duemiladiciannove** e questo giorno **tre** del mese di **giugno** alle ore **17,00** nella sala conferenze del Centro Diurno sito in Piazza Ungheria, a seguito di invito diramato dal Presidente del Consiglio Comunale prot.. 2687 del 28.5.2019, si è riunito il Consiglio Comunale in sessione straordinaria ed in seduta pubblica di I^a convocazione.

Presiede la seduta la sig.ra Brocato Rosaria nella sua qualità di Presidente.
Dei consiglieri comunali sono presenti n.8 come segue:

	COGNOME E NOME	Presente	Assente
1	BROCATO Rosaria	x	
2	SERPEGINI Ciro	x	
3	SANTORO Francesco		x
4	CIRRITO Nico	x	
5	TEDESCO Antonio	x	
6	AGOSTARO Mariacristina	x	
7	LA DUCA Renato	x	
8	MARGIOTTA Stefania	x	
9	TORNABENE Giacomo	x	
10	DRAGO Dario	x	

Partecipa il Segretario Comunale D.ssa Catena Patrizia Sferruzza

II. CONSIGLIO COMUNALE

Premesso che sulla proposta di deliberazione relativa all’oggetto:

- il responsabile del servizio interessato, per quanto concerne la regolarità tecnica;
ai sensi della legge regionale n. 30/2000 ha espresso parere **FAVOREVOLE**

In continuazione di seduta

Consiglieri presenti n.8

Si passa a trattare l'argomento avente ad oggetto: " Approvazione proposta progettuale dei "lavori di messa in sicurezza delle infrastrutture stradali adiacenti la Via San. Nicolò", volti a qualificare e valorizzare un'area di notevole valore paesaggistico al fine di partecipare all'avviso pubblico approvato con DDG - Assessorato delle Autonomie Locali e della Funzione Pubblica – n.422 del 31.12.2018".

Entra il consigliere La Duca - Presenti n.9

L'Ing. Castiglia illustra la proposta presentata dal Sindaco, spiegando le motivazioni che hanno indotto all'approvazione da parte del Consiglio comunale, in quanto espressamente previsto dall'Avviso pubblico dell'Assessorato Autonomie Locali, allegato al DDG 422/2018

Il consigliere Cirrito riferisce che l'8 giugno dovrebbe essere consegnato il progetto ma pensa che quasi certamente ci sarà una proroga.

Ringrazia l'Ufficio Tecnico per lo sforzo effettuato e per i risultati ad oggi ottenuti. Si augura che con il supporto del geom. Di Maggio si possano ottenere risultati ancor più rilevanti e ricominciare con la nuova programmazione.

Non avendo nessun altro consigliere chiesto di intervenire, il Presidente mette ai voti la proposta.

IL CONSIGLIO COMUNALE

Uditi l'introduzione e gli interventi;

Vista la proposta di deliberazione presentata dal Sindaco;

Ritenuto dover provvedere all'approvazione;

Visti i pareri favorevoli espressi ai sensi dell'art.12 della L.R. n.30/2000;

Effettuata la votazione per alzata di mano – Presenti e votanti n.9

Ad unanimità di voti favorevoli

DELIBERA

APPROVARE la proposta di deliberazione presentata dal Sindaco che si allega alla presente per farne parte integrante e sostanziale.

Quindi il Presidente propone di dichiarare l'immediata esecutività del presente atto. Effettuata la votazione per alzata di mano da n. 9 consiglieri presenti e votanti,

Ad unanimità di voti favorevoli

DELIBERA

DICHIARARE LA PRESENTE IMMEDIATAMENTE ESECUTIVA

COMUNE DI GRATTERI

(Città Metropolitana di Palermo)

PROPOSTA DI DELIBERAZIONE AL CONSIGLIO COMUNALE

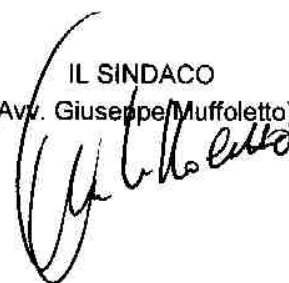
N. ____ del ____

Presentata dal Sindaco – Avv. Giuseppe Muffoletto

Oggetto:

Approvazione proposta progettuale dei “**lavori di messa in sicurezza delle infrastrutture stradali adiacenti la Via San Nicolò**”, volti a qualificare e valorizzare un'area di notevole valore paesaggistico al fine di partecipare all'Avviso pubblico approvato con D.D.G. – Assessorato delle Autonomie Locali e della Funzione Pubblica n. 422 del 31.12.2018.

IL SINDACO
(Avv. Giuseppe Muffoletto)



Allegato alla Deliberazione di C.C.

N. 15 del 03/07/2019

IL SINDACO

Premesso che:

- Con DDG. n. 422 del 31.12.2018 l'Assessorato delle Autonomie Locali e della Funzione Pubblica – Dipartimento delle Autonomie Locali, ha approvato l'Avviso pubblico di invito alla presentazione di progetti da finanziare con le risorse di cui alla misura "Realizzazione di investimenti da parte degli Enti Locali" dell'art. 10 del Programma di Azione e Coesione della Sicilia (Programma operativo complementare).
- Con tale Decreto al Comune di Gratteri, Ente beneficiario, sono stati assegnati complessivi euro 39.044,32, per la presentazione di proposte progettuali da finanziare con tali risorse di pertinenza.
- Nella G.U.R.S. n. 20 del 10.05.2019 è stato pubblicato l'Avviso Pubblico per la presentazione di proposte progettuali da finanziare con le risorse di cui alla misura "Realizzazione di investimenti da parte degli enti locali" e sono indicati i relativi termini e modalità di presentazione delle proposte da parte degli enti locali.
- Come indicato dall'art. 4 dell'Avviso, saranno ritenute ammissibili proposte progettuali atti a *"sostenere gli investimenti pubblici volti alla riqualificazione e valorizzazione del patrimonio naturale, culturale e paesaggistico ..."*.
- Coerentemente con i predetti requisiti, ed in linea con la volontà dell'Amministrazione, è stato dato apposito indirizzo all'Ufficio Tecnico al fine di partecipare all'Avviso di che trattasi con la proposta progettuale inerente **"lavori di messa in sicurezza delle infrastrutture stradali adiacenti la Via San Nicolò"**, volti a qualificare e valorizzare un'area di notevole valore paesaggistico, ricadente in questo centro storico, per l'importo complessivo di euro 39.000,00.
- Tale progettazione, necessitando della redazione di appositi elaborati di calcolo e verifiche strutturali ai fini dell'acquisizione della prescritta autorizzazione sismica da parte dell'Ufficio del Genio Civile, e necessitando altresì, a supporto, di apposita relazione redatta da dott. geologo (non presente nell'organico dell'Ente) ha reso necessario l'affidamento all'esterno della P.A. dei servizi d'Ingegneria e geologia a Raggruppamento Temporaneo di Professionisti – rappresentato dal capogruppo Ing. Francesco Sauro.

Per quanto detto in premessa ed atteso che:

- All'istanza di presentazione occorre allegare la "Scheda proposta progettuale" compilata secondo il format predisposto e che lo stesso richiede espressamente quale allegato la *"delibera consiliare di approvazione"*.
- La proposta progettuale dei **"lavori di messa in sicurezza delle infrastrutture stradali**

adiacenti la Via San Nicolò ", supportata dallo *studio di fattibilità tecnica ed economica* composto dai seguenti elaborati:

A.1- Relazione tecnica illustrativa- studio di fattibilità dell'opera;

A.2- Quadro economico;

B1- Relazione geologica.

- **Visto** il T.U.E.L.;

Tutto quanto sopra visto, considerato e ritenuto,

PROPONE DI DELIBERARE

1. Di prendere atto delle premesse che fanno parte integrante e sostanziale del presente provvedimento.
2. Di approvare l'allegata proposta progettuale dei **"lavori di messa in sicurezza delle infrastrutture stradali adiacenti la Via San Nicolò"**, volti a qualificare e valorizzare un'area di notevole valore paesaggistico supportata dallo studio di fattibilità tecnica ed economica composto dai seguenti elaborati:
 - A.1- Relazione tecnica illustrativa- studio di fattibilità dell'opera;
 - A.2- Quadro economico;
 - B1- Relazione geologica.
3. Di dichiarare la presente delibera immediatamente esecutiva.



IL SINDACO
Avv. Giuseppe MUFFOLETTO

**Parere reso ai sensi dell'art. 12 della legge regionale 23.12.2000, n. 30 in ordine alla
Deliberazione del Consiglio Comunale ad oggetto:**

Approvazione proposta progettuale dei "lavori di messa in sicurezza delle infrastrutture stradali adiacenti la Via San Nicolò", volti a qualificare e valorizzare un'area di notevole valore paesaggistico al fine di partecipare all'Avviso pubblico approvato con D.D.G. – Assessorato delle Autonomie Locali e della Funzione Pubblica n. 422 del 31.12.2018.

PARERE DEL SERVIZIO TECNICO:

Per quanto attiene la regolarità tecnica la sottoscritta - ing. Giuseppa Castiglia - Responsabile dell'Area Urbanistica, Lavori Pubblici, Servizi Manutentivi, esprime parere FAVOREVOLE.

Gratteri, li 24/5/2019

LA RESPONSABILE DELL'AREA URBANISTICA
LL.PP. - SERVIZI MANUTENTIVI

(ing. Giuseppa Castiglia)



PARERE DEL SERVIZIO FINANZIARIO:

Per quanto attiene la regolarità contabile il sottoscritto dott. Antonino Guzzio – Responsabile dell'Area Economico Finanziaria esprime parere:

FAVOREVOLE

Gratteri, li 28/5/2019

IL RESPONSABILE DELL'AREA ECONOMICO
FINANZIARIA

(dott. Antonino Guzzio)



IL PRESIDENTE

f.to sig.ra Brocato Rosaria

IL CONSIGLIERE ANZIANO

f.to Sig. Ciro Serpegini

IL SEGRETARIO COMUNALE

f.to D.ssa Catena Patrizia Sferruzza

Copia conforme all'originale, in carta libera, per uso amministrativo.

Li, _____

IL SEGRETARIO COMUNALE



Il sottoscritto Segretario Comunale, visti gli atti d'ufficio,

A T T E S T A

- CHE la presente deliberazione:

E' stata affissa a questo Albo Pretorio per 15 giorni consecutivi a partire dal _____
primo giorno festivo successivo alla data dell'atto (o altro giorno per specifiche disposizioni di legge).

- CHE la presente deliberazione è divenuta esecutiva il _____

- Decorsi 10 giorni dalla data della sua pubblicazione all'Albo Pretorio
- perché dichiarata immediatamente esecutiva (art.12 L.R. 44/91);

Il _____

IL SEGRETARIO COMUNALE
f.to D.ssa Catena Patrizia Sferruzza

Studio di fattibilità tecnica ed economica per i lavori di messa in sicurezza delle
infrastrutture stradali adiacenti la Via San Nicolò del Comune di Gratteri

A.2.: QUADRO ECONOMICO

COMMITTENTE:

Comune di Gratteri

I TECNICI:

Ing. Francesco Sauro

Geol. Paolo Messina



DATA:

Maggio 2019

RTP Ing. Francesco Sauro - Geol. Paolo Messina
via Monsignor Castelli n. 4 - 90015 Cefalù (PA)
francesco.sauro@ordineingpa.it - paolomessina@pecgeologidisicilia.it

Quadro Economico

**studio di fattibilità tecnica ed economica per i lavori di messa in sicurezza delle infrastrutture stradali adiacenti la
Via San Nicolò del Comune di Gratteri**

A	LAVORI			€ 28.500,00
	(Scavi e trasporti)	€ 1.500,00		
	(Calcestruzzi, acciaio e casseforme)	€ 20.000,00		
	(Finiture)	€ 7.000,00		
	SOMMANO I LAVORI	€ 28.000,00		
	Oneri DIRETTI di sicurezza, già inclusi nei lavori (2,399428% sui lavori)		€ 700,00	
		a detrarre	€ 700,00	€ 700,00
	Importo dei lavori a base d'asta soggetti a ribasso			€ 27.800,00

	SOMME A DISPOSIZIONE AMMINISTRAZIONE			
	Imprevisti (2% Importo dei lavori)		€ 570,00	
	Tasse e vigilanza		€ 236,00	
	Competenza tecniche compreso Tasse ed IVA		€ 2.000,00	
	Compensi incentivanti utc (2% importo dei lavori)		€ 570,00	
	Oneri di conferimento a discarica		€ 700,00	
	IVA a 22% su oneri accesso discarica (€ 700))		€ 154,00	
	IVA 22% su lavori		€ 6.270,00	
B	TOTALE SOMME A DISPOSIZIONE AMMINISTRAZIONE		€ 10.500,00	€ 10.500,00

IMPORTO TOTALE PROGETTO A + B

€ 39.000,00

Il progetto in oggetto è stato elaborato secondo il vigente Prezzario Regionale 2019 per le OO.PP nella Regione Sicilia e per quanto nello stesso non previsto secondo i costi di manodopera, materiali, noli e trasporti praticati nel settore nella Provincia e nella Zona.

Regione Siciliana

COMUNE DI GRATTERI

PROVINCIA REGIONALE DI PALERMO

Studio di fattibilità tecnica ed economica per i lavori di messa in sicurezza delle
infrastrutture stradali adiacenti la Via San Nicolò del Comune di Gratteri

A.1.: RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA - STUDIO DI FATTIBILITA' DELL'OPERA

COMMITTENTE:

Comune di Gratteri

I TECNICI:

Ing. Francesco Sauro

Geol. Paolo Messina



DATA:

Maggio 2019

RTP Ing. Francesco Sauro - Geol. Paolo Messina
via Monsignor Castelli n. 4 - 90015 Cefalù (PA)

francesco.sauro@ordineingpa.it - paolomessina@pecgeologidisicilia.it

1. PREMESSA

La presente Relazione Tecnica riguarda lo ***“Studio di fattibilità tecnica ed economica per i lavori di messa in sicurezza delle infrastrutture stradali adiacenti la Via San Nicolò del Comune di Gratteri”*** e contiene gli elementi esplicativi sui criteri utilizzati per le scelte progettuali, per le modalità di esecuzione delle opere e, per i livelli di sicurezza da adottare, per la sostenibilità economica, ai sensi dell’art. 23 del DLGS n. 50/2016.

Il Comune di Gratteri, avendo intendimento di partecipare *all’Avviso Pubblico di invito alla presentazione di progetti da finanziare con le risorse di cui alla misura “Realizzazione di investimenti da parte degli Enti Locali” dell’art. 10 del Programma di Azione e Coesione della Sicilia (Programma operativo complementare), approvato con approvato con D.D.G. – Assessorato delle Autonomie Locali e della Funzione Pubblica n. 422 del 31.12.2018* - nella persona della Responsabile dell’Area Urbanistica Lavori Pubblici e Servizi Manutentivi Ing. Giuseppa Castiglia, in data 21 marzo 2019 con Determinazione n. 40 del 20 marzo 2019, ha conferito al sottoscritto Ingegnere Francesco Sauro, iscritto

all'ordine degli Ingegneri della provincia di Palermo al n. 9078, con studio in Cefalù nella via Mons. Castelli n.4, capogruppo del costituito raggruppamento temporaneo di professionisti, composto dall'Ing. Francesco Sauro e Dott. Geologo Paolo Messina, l'incarico relativo al *“Progetto esecutivo per i lavori di messa in sicurezza delle infrastrutture stradali adiacenti la Via San Nicolò del Comune di Gratteri”*.

In attuazione alle previsioni urbanistiche è stato redatto il presente progetto di fattibilità tecnica ed economica, strumento indispensabile al fine di consentire alla Pubblica Amministrazione di porre in opera tutti gli interventi atti a ripristinare la sicurezza della infrastruttura stradale lungo la Via San Nicolò. Di fatti, lungo il primo tratto della suddetta via, è presente un muro di contenimento a valle della sede stradale il quale presenta condizioni di instabilità.



Fig.1.: Localizzazione dell'area di intervento



Fig.2.: Vista della via San Nicolò

Più precisamente, circa metà della carreggiata stradale presenta segni di degrado sull'asfalto e segni di cedimento proprio a causa delle condizioni di instabilità del muro di contenimento posto a valle.

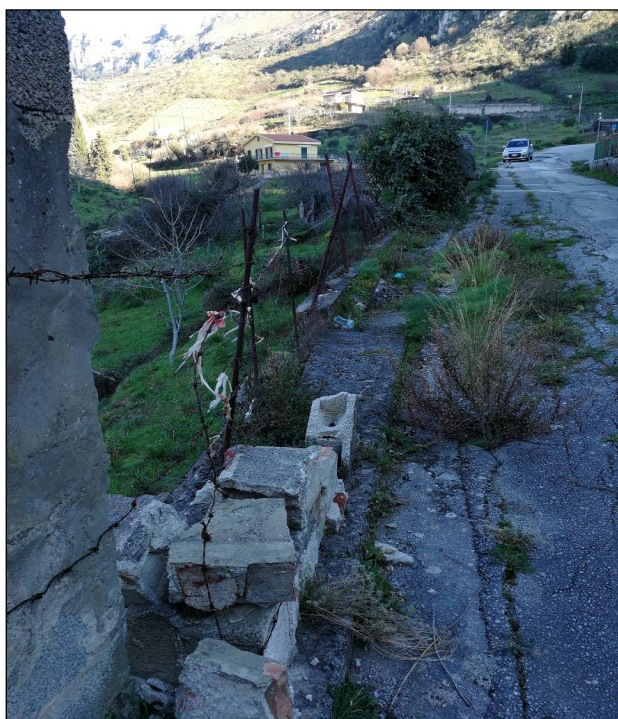


Fig.3.: Cedimenti lungo la via San Nicolò

L'infrastruttura viaria oggetto del presente intervento, ricade in Zona: "Strade" del vigente PRG

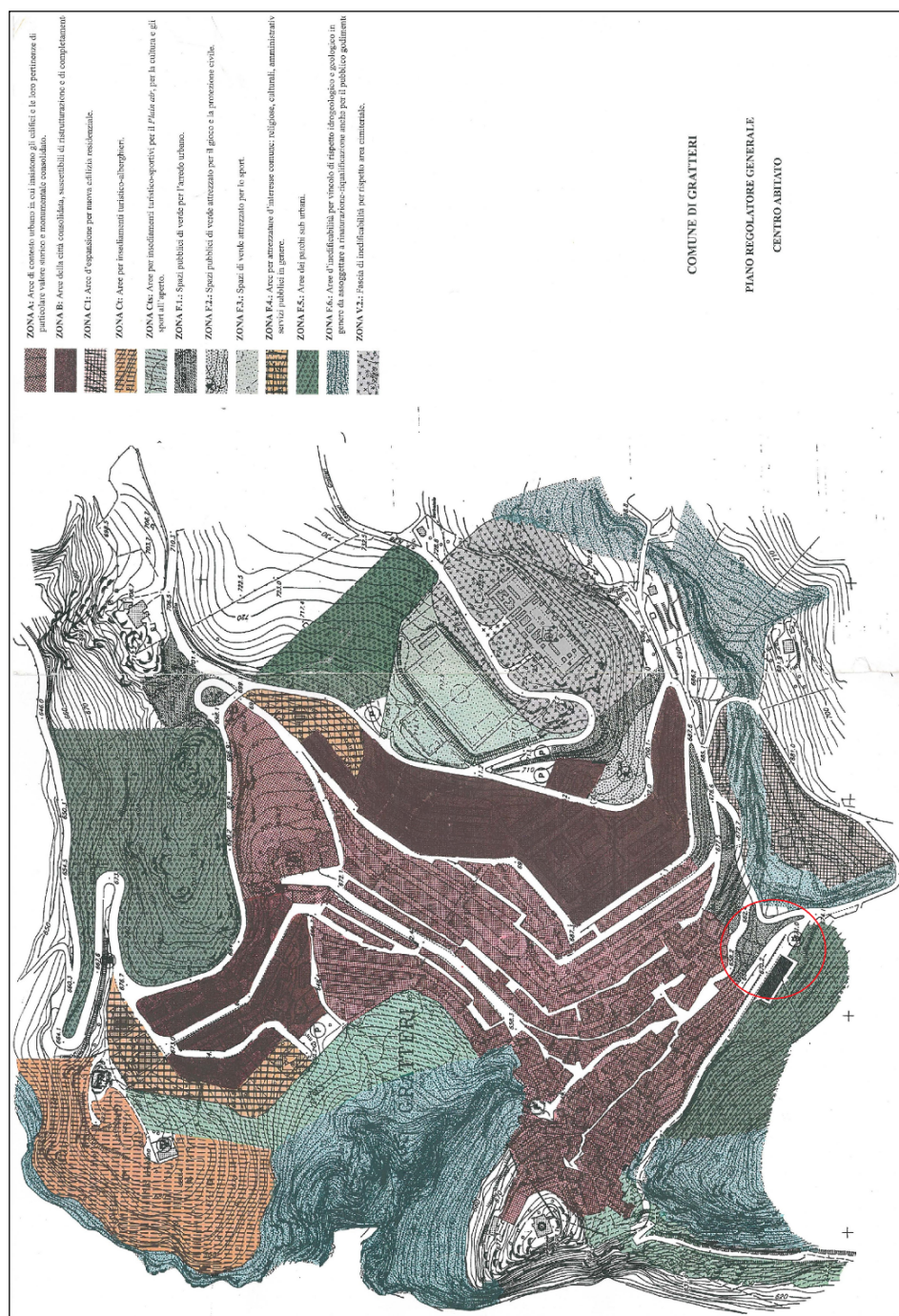


Fig.4.: Stralcio PRG – Localizzazione area di intervento

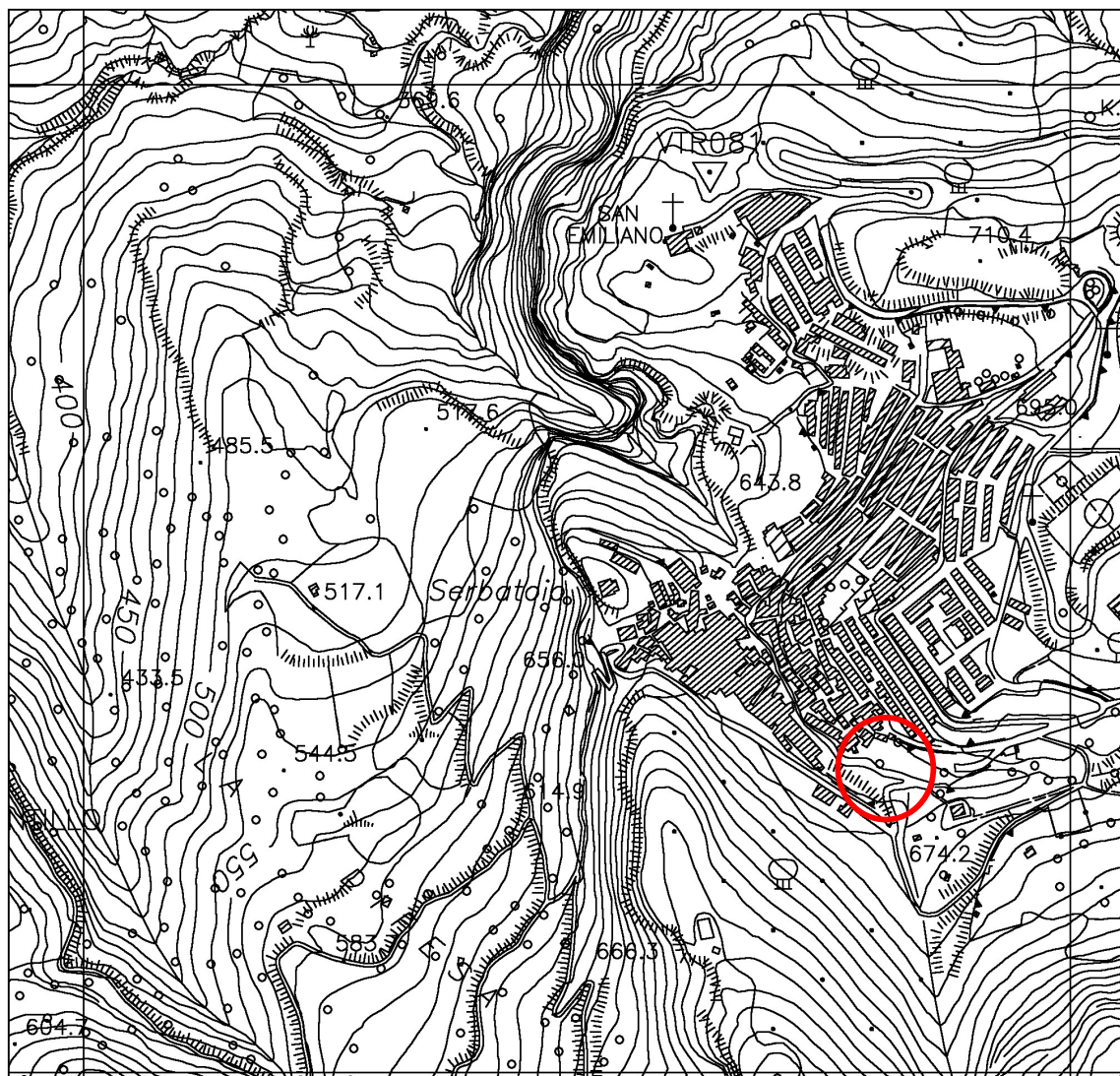


Fig.5.: Stralcio Aerofotogrammetrico scala 1:10.000 – Localizzazione area di intervento

2. QUADRO CONOSCITIVO

2.1 Descrizione dell'Infrastruttura

Il muro di contenimento, oggetto dell'intervento previsto dal presente progetto di fattibilità tecnica ed economica, è ubicato a valle della Via San Nicolò, nel Comune di Gratteri, nella zona a monte dell'abitato.

Il muro in questione risulta realizzato in calcestruzzo armato e presenta segni importanti di vetustà dei materiali che lo compongono. In particolare, a causa di un presunto cedimento fondale ed a causa della mancanza di un efficiente sistema di deflusso delle acque piovane posto lungo la via San Nicolò, il muro ha subito una rotazione che ha anche causato il danneggiamento del manto stradale soprastante; il manufatto, pertanto, versa in condizioni di precaria stabilità e necessita di intervento di manutenzione straordinaria, attraverso la demolizione e successiva ricostruzione.

La Via San Nicolò è larga circa 5,00 metri ed il muro in questione si sviluppa per circa 45,00 metri con un'altezza media pari a circa 1,50 metri.



Fig.6. Area di intervento

L'intervento del suddetto progetto è relativo ad un tratto di circa 24,00 metri, dove il muro in esame risulta più instabile.

2.2 Intervento previsto

L'intervento di progetto prevede la demolizione e ricostruzione di una porzione di muro in calcestruzzo armato presente lungo la Via San Nicolò. In particolare, per uno sviluppo di circa 24,00 metri sarà rimosso l'esistente muro di contenimento, che non assolve più la funzione per la quale è stato realizzato e versa in precarie condizioni.



Fig.7.: Vista area di intervento da valle

Il nuovo muro di contenimento in calcestruzzo armato sarà del tipo a mensola con fondazione del tipo diretto ed alto circa 2,60 metri rispetto l'estradosso della fondazione stessa.

Si procederà alla realizzazione del nuovo muro con scavo a sezione obbligata in un tratto della via San Nicolò. Tale scavo sarà profondo circa 3,00 metri e largo circa 1,50 metri. Il ricoprimento avverrà con materiale detritico di cava, al fine di assicurare un drenaggio lungo il paramento del muro in c.a.

In sommità nel muro sarà posta una cunetta in cls prefabbricato, al fine di agevolare lo scolo delle acque piovane, e la stessa sarà collegata ad una esistente caditoia stradale presente lungo la strada.

Infine sarà ripristinato il manto stradale, sarà ripristinata la recinzione attualmente presente in testa all'esistente muro e si provvederà al rivestimento del realizzando muro di contenimento.

3. FATTIBILITÀ TECNICA

3.1 Risultati ed effetti attesi

L'intervento si propone di riqualificare un'importante area posta a monte del centro abitato di Gratteri.

L'intervento risulta utile ed indifferibile, in quanto un eventuale aggravio del cedimento del muro di contenimento in studio, potrebbe provocare uno scivolamento dello stesso e della massa di terra del versante verso valle arrecando danni a cose e/o persone, oltre ad interrompere la fruibilità della via San Nicolò e della sottostante Via Fiume. Bisogna precisare che la Via Fiume è un'arteria strategica del centro storico del Comune di Gratteri, rappresentandone fondamentale via di fuga con "l'area di attesa" così come ivi individuata nel **Piano comunale di Protezione Civile**. Inoltre, a monte del sopradetto muro di contenimento, è presente una condotta idrica antincendio dove è posizionato una bocchetta idrica antincendio (*bocchetta via*

Bellini e via San Nicolò). Pertanto uno scivolamento del muro e della soprastante porzione di strada della Via San Nicolò, oltre a non rendere più fruibile ed utilizzabile la bocchetta di appresamento antincendio, comporterebbe una interruzione della condotta idrica antincendio.

Infine l'azione prefigge anche il raggiungimento di alcuni obiettivi quali il miglioramento della fruibilità della Via San Nicolò (arteria stradale percorsa da circa 70 unità tra popolazione residente e popolazione in transito).

3.2 Compatibilità Urbanistica

L'intervento è CONFORME alle disposizioni generali, urbanistiche ed edilizie, vigenti.

L'intervento risulta fattibile sia sotto il profilo di tutela ambientale o di tutela dei vincoli esistenti che gravano sulla zona di intervento e che in dettaglio si riportano:

- Vincolo paesaggistico, ai sensi della Legge n.1497/39;
- Vincolo sismico (zona sismica di 2^a categoria) D.M. 10 marzo 1969;

La zona in esame ricade a valle di un dissesto idrogeologico attivo censito dal P.A.I. con codice 028-6GR-032 e riferibile a fenomeni di crollo. Tale dissesto determina una situazione di pericolosità P3 (elevata) e rischio R4 (molto elevato) per le abitazioni ricadenti su Via San Nicolò, a pochi metri dall'area sulla quale è previsto il progetto di demolizione e ricostruzione del muro di contenimento.

4. SOSTENIBILITÀ FINANZIARIA

L'intervento in oggetto è da considerarsi un'opera di riqualificazione urbana che crea un benessere sociale collettivo alla popolazione di Gratteri.

Il confronto tra l'area oggetto di intervento allo stato attuale e successivamente

alla realizzazione del progetto, può essere sintetizzata come segue:

Soluzione senza intervento:

1. Non vi sono costi di investimento
2. Permanenza dei rischi per la sicurezza
3. Permanenza di degrado nel contesto paesaggistico

Soluzione con intervento:

1. Vi sono costi di investimento
2. Valorizzazione dell'area sia dal punto di vista edilizio che ambientale, con beneficio generale della popolazione

Cefalù li, 27/05/2019

I progettisti

Ing. Francesco Sauro



Geol. Paolo Messina



Regione Siciliana

COMUNE DI GRATTERI

PROVINCIA REGIONALE DI PALERMO

Studio di fattibilità tecnica ed economica per i lavori di messa in sicurezza delle
infrastrutture stradali adiacenti la Via San Nicolò del Comune di Gratteri

B.1.: RELAZIONE GEOLOGICA

COMMITTENTE:

Comune di Gratteri

I TECNICI:

Ing. Francesco Sauro

Geol. Paolo Messina

DATA:

Maggio 2019

RTP Ing. Francesco Sauro - Geol. Paolo Messina
via Monsignor Castelli n. 4 - 90015 Cefalù (PA)
francesco.sauro@ordineingpa.it - paolomessina@pecgeologidisicilia.it

INDICE

1 – Premessa	pag. 2
2 – Caratteristiche geologiche dell'area	pag. 7
3 – Idrogeologia e geomorfologica dell'area	pag. 9
4 – Cenni sulla sismicità storica del territorio	pag. 12
5 – Indagini eseguite	pag. 18
5.1 – Indagini sismiche passive - Basi teoriche	pag. 18
5.2 - Strumentazione utilizzata e metodologia di analisi dei dati	pag. 22
5.3 - Interpretazione delle misure e stima della velocità delle onde S	pag. 22
6 – Caratteristiche litotecniche dei terreni	pag. 27
7 – Moduli elastici dinamici	pag. 28
8 - Conclusioni	pag. 31

ALLEGATI

- Cartografia P.A.I.
- Documentazione fotografica

1 – PREMESSA

La presente relazione geologica è stata redatta a supporto dello “*Studio di fattibilità tecnica ed economica per i lavori di messa in sicurezza delle infrastrutture stradali adiacenti la Via San Nicolò del Comune di Gratteri*”.

Il progetto prevede il rifacimento (demolizione e ricostruzione) di un muro di contenimento in c.a. adiacente la Via San Nicolò nella parte a monte dell'abitato di Gratteri. Il nuovo muro, con struttura a mensola, avrà uno sviluppo di circa 24 m e altezza di circa 2,60 metri rispetto l'estradosso della fondazione che sarà di tipo diretto.

Il comune di Gratteri ha affidato allo scrivente, in R.T.P. con l'ing. Francesco Sauro in qualità di progettista delle opere strutturali, un incarico professionale con la determinazione del responsabile U.T.C. n.40 del 20/03/2019, CIG Z7327A28A8.

L'intero studio è stato eseguito in ottemperanza alla seguente normativa tecnica vigente al fine di costruire un affidabile modello geologico e geotecnico di sottosuolo indispensabile per la progettazione degli interventi strutturali in funzione delle conoscenze litostratigrafiche di dettaglio:

- **D.P.R. 328/01 comma 1, Art. 41**
- **D.M. 17/01/2018 (NTC 2018)** - Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»
- **Eurocodice 7: Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali**
- **Eurocodice 8: Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture.**

Il lavoro è stato articolato valutando:

- ✓ La geologia dell'area – comprendente la descrizione delle formazioni geologiche presenti, delle loro caratteristiche litologiche, dei reciproci rapporti di giacitura e dei loro spessori.
- ✓ I lineamenti geomorfologici ed idrogeologici dell'area – comprendenti eventuali fenomeni di erosione e dissesto e la descrizione della circolazione idrica superficiale e sotterranea.
- ✓ Le caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni con particolare attenzione a quelle che più incidono nella costruzione di un modello geotecnico del sottosuolo indispensabile per la progettazione delle strutture di fondazione:

coesione, angolo di resistenza al taglio, peso per unità di volume, moduli elastici dinamici, etc.

Lo studio è stato supportato da un programma di indagini geognostiche di tipo diretto ed indiretto:

- Esecuzione di n°1 sondaggio sismico passivo HVSR (TR1) eseguito con un tromografo digitale modello “SR04 GeoBox”. Il metodo sismico passivo a stazione singola, che si basa sulla teoria del rapporto spettrale H/V, ha consentito di effettuare una caratterizzazione sismica del sottosuolo e di stimare il parametro $V_{s,eq}$ come prescritto dalle NTC 2018.

Sulla base delle indagini eseguite, dei sopralluoghi effettuati e di una raccolta bibliografica di dati geologici, geomorfologici, idrogeologici, e geotecnici inerenti al territorio in esame, è stata elaborata la seguente cartografia di analisi:

- Corografia in scala 1/10.000, CTR n. 609040;
- Aerofotogrammetria tratta da *Google Earth* (data acquisizione immagini 16/06/2017);
- Carta geologica dell'area in scala 1:10.000;
- Planimetria delle indagini eseguite;
- Documentazione fotografica.

Si allega, inoltre, la seguente cartografia tematica:

- **P.A.I. Sicilia** – Area territoriale tra il Bacino Idrografico del Fiume Pollina e il Bacino Idrografico del Fiume Lascari o Torrente Piletto (028): stralcio della “Carta dei dissesti N°08” e stralcio della “Carta della pericolosità e del rischio geomorfologico N°08”, anno 2015, entrambe in scala 1/10.000, redatte dall'Assessorato Territorio e Ambiente della Regione Siciliana e pubblicate sul sito internet www.sitr.regione.sicilia.it

FOTO SATELLITARE

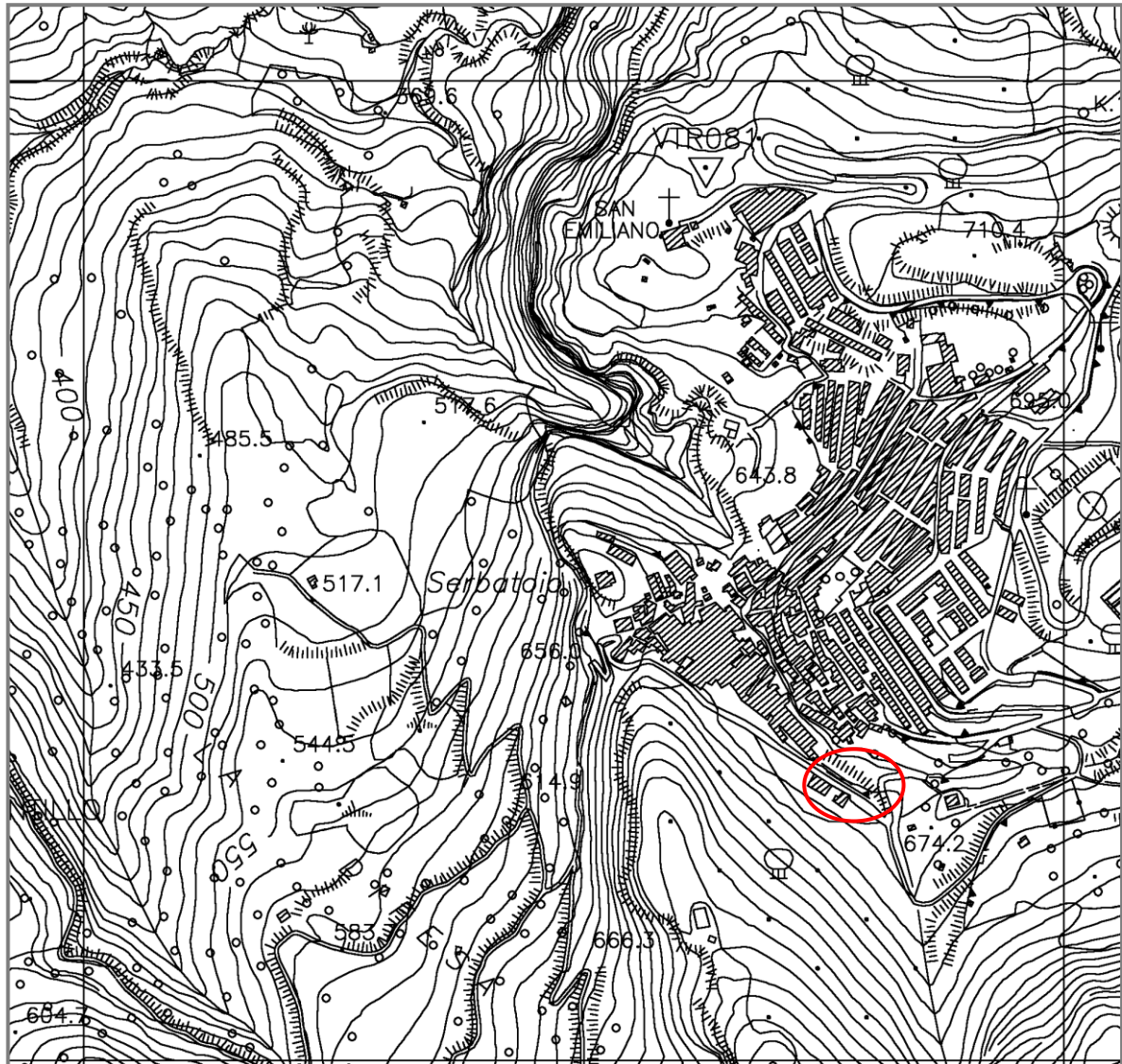
Google Earth



Area in studio

COROGRAFIA

C.T.R. n° 609040

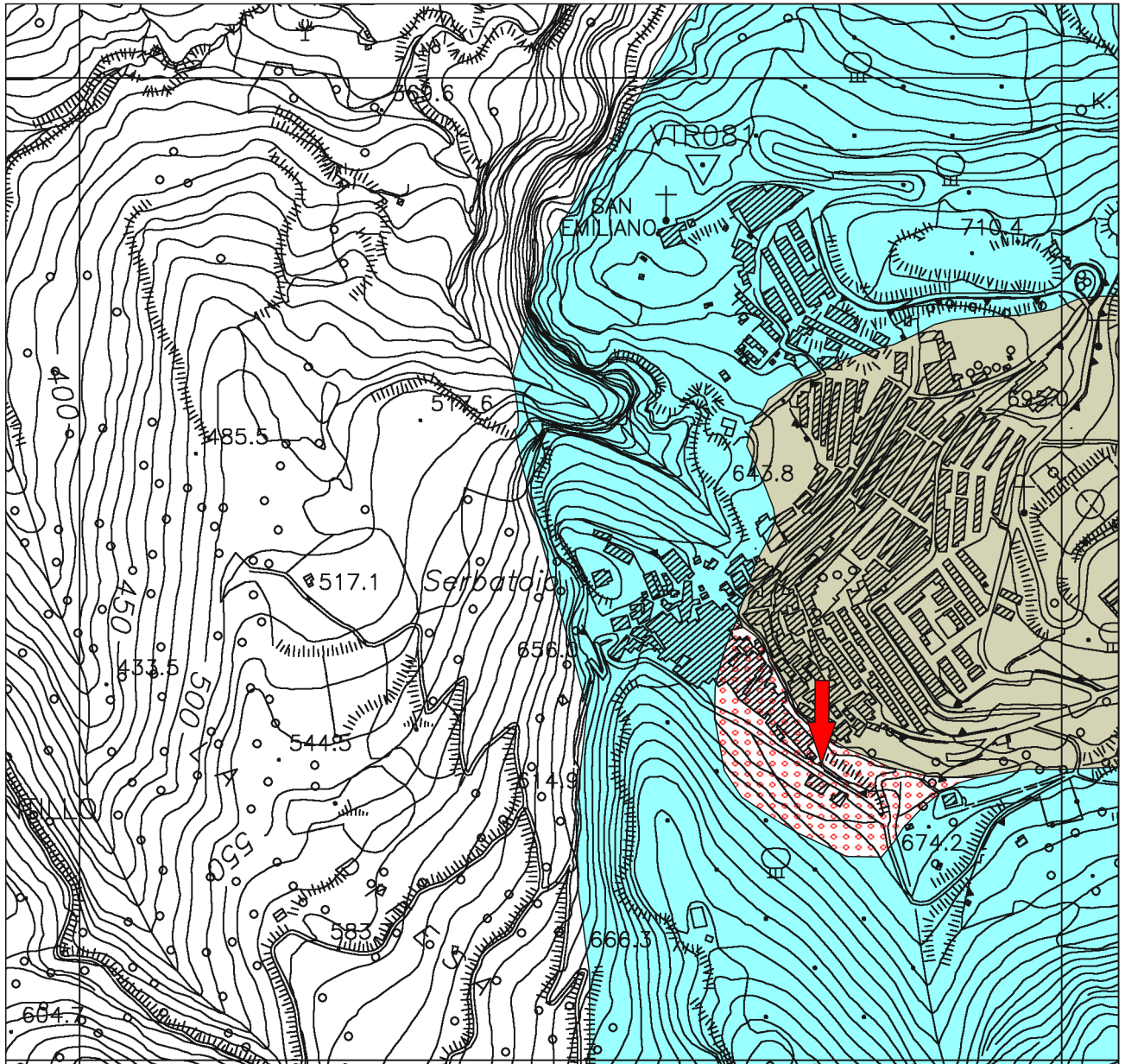


1:10.000



Area in studio

CARTA GEOLOGICA



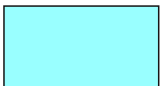
DETRITO DI FALDA

Frammenti e blocchi litodi di origine calcarea in matrice sabbioso-limosa parzialmente cementati (Recente ed Attuale)



ARGILLE MARNOSE E MARNE (FM.GRATTERI)

Argille marnose e marne di colore grigio-bruno, giallo - verdastro in superficie con intercalazionidi calcilutiti marnose (Eocene Sup.- Oligocene)



CALCARI E CALCARI DOLOMITICI (FM.CALCARI DI PIANO BATTAGLIA)

Depositi di piattaforma - calcari stromatolitici, calcilutiti e calcareniti bioclastiche (Giurassico - Cretaceo Inf.)



AREA IN STUDIO

2 - CARATTERISTICHE GEOLOGICHE DELL'AREA

L'area oggetto di studio ricade nella C.T.R. n° 609040 (Carta Tecnica Regionale, scala 1:10.000) ad una quota topografica di circa 670 m s.l.m. nel territorio comunale di Gratteri.

Lo studio è stato supportato, oltre che dalle indagini sismiche, da un rilievo di campagna e da una raccolta bibliografica di dati geologici e stratigrafici ben riassunti nelle *"Note illustrative"* del progetto CARG pubblicato dal *Servizio Geologico d'Italia* dell'ISPRA. Sono stati, inoltre, visionati gli elaborati relativi allo studio geologico per il Piano Regolatore di Gratteri. Nella carta geologica presentata nella pagina precedente sono evidenziati, in un areale più vasto e significativo, i litotipi affioranti e i relativi rapporti stratigrafici e strutturali.

L'assetto geologico generale dell'area interessata dal progetto non presenta particolari criticità, in modo schematico esso risulta costituito da affioramenti quaternari di depositi detritici che ricoprono le argille marnose della Fm. Gratteri.

La Sicilia centro-occidentale è costituita da un frammento di catena caratterizzata da diverse falde tettoniche impilate, derivanti dalla deformazione dei domini paleogeografici Imerese, Trapanese, Sicano e Saccense. Tali domini costituivano, durante il Mesozoico-Paleogene, il margine continentale siciliano e, a partire dal Miocene inferiore e fino al Pleistocene, hanno subito processi di deformazione tettonica di tipo compressivo. In particolare le Unità tettoniche derivanti dai Domini Imeresi e Trapanesi, presenti in affioramento nel settore settentrionale del bacino del Belice, con le loro coperture postorogene, ricoprono tettonicamente le Unità Saccensi e Sicane, presenti nelle aree centro-meridionali del bacino. Le Unità Imeresi sono rappresentate da depositi di bacino di mare profondo, di natura carbonatica e silico-carbonatica; esse, con le coperture neogeniche, costituite essenzialmente dai terreni del Flysch Numidico, sono state deformate e trasportate con vergenza meridionale a ricoprire le Unità Trapanesi e Sicane.

A partire dal Miocene inferiore i domini paleogeografici Panormide e Imerese, con le coperture terrigene numidiche, sono stati deformati via via verso l'esterno (cioè da Nord verso Sud) dando origine a diverse unità strutturali che durante l'intervallo Langhiano-Tortoniano si sono sovrapposte le une alle altre con vergenza meridionale a formare l'edificio tettonico delle Madonie nelle quali, le

unità geometricamente più alte, corrispondono a corpi geologici derivanti da domini paleogeografici più interni e che quindi hanno subito un maggiore trasporto.

Dal Miocene medio sulle unità della catena sovrascorrono le unità Sicilidi formate da terreni derivanti da domini più interni rispetto ai domini Panormidi ed i cui depositi più tipici sono legati alle argille varicolori.

Come rappresentato nella carta geologica allegata, nell'area in esame affiorano i terreni Oligocenici di piattaforma Panormide appartenenti alla "Formazione di Gratteri (GRT)" che risulta costituita da argille marnose e marne di colore giallastro, calcilutiti e calcisiltiti a foraminiferi planctonici e radiolari con livelli di calcareniti a macroforaminiferi (nummuliti) e di megabrecce. Sono intercalati blocchi singoli o strati e banchi di biocalcareni e biocalciruditi a geometria lenticolare, base erosiva, gradate e laminate, e ricche in fossili risedimentati. Verso l'alto si ha un arricchimento graduale in arenarie fini, peliti e marne simili a quelle del flysch numidico. La formazione Gratteri è stata considerata da Ogniben (1960) un "pre-flysch" e definita una formazione "calcescistosa" per indicare il carattere di transizione tra una deposizione pelagica ed una sedimentazione terrigena quale quella del flysch numidico. La formazione risulta alquanto eterogenea e nell'area in studio risulta ricoperta da uno spessore di detrito di falda, talvolta ben addensato, costituito da sabbie limose con inclusioni di elementi lapidei di natura calcarea di dimensioni riferibili alle ghiaie ed ai blocchi. Tale deposito proviene dalla disgregazione meccanica della formazione calcarea fratturata situata a monte dell'area in studio, si tratta di calcari di colore grigio chiaro, stromatolitici, tipici di ambienti sedimentari di piattaforma carbonatica.

3 – IDROGEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA DELL'AREA

In relazione alle complesse condizioni stratigrafico-strutturali descritte nei capitoli relativi alla geologia generale, il territorio in esame risulta caratterizzato da particolari condizioni idrogeologiche determinate dai rapporti tra i complessi carbonatici ed i termini argilloso-arenacei estesamente affioranti.

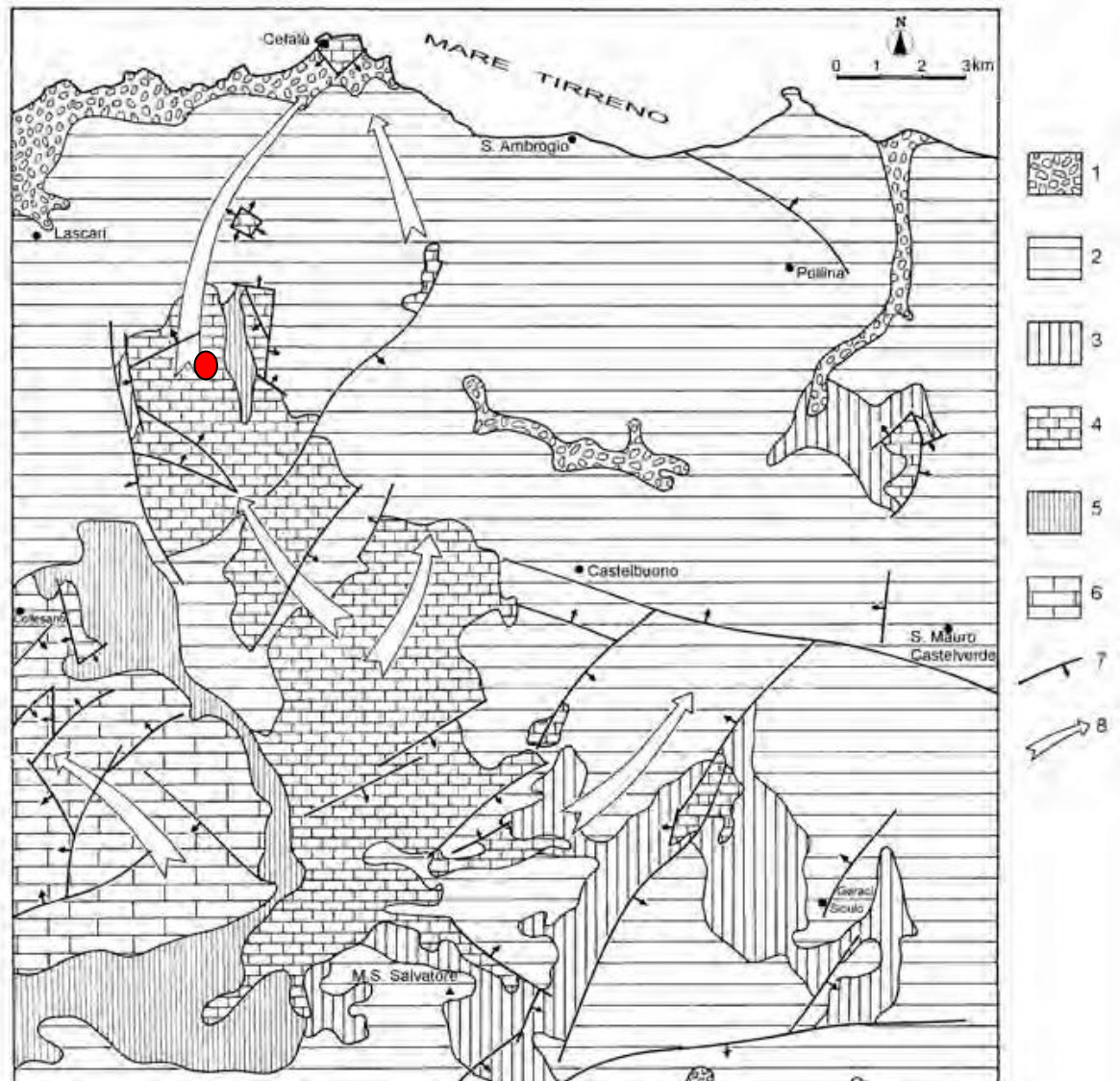
Questi presentano, infatti, sostanziali differenze di comportamento nei confronti dell'infiltrazione delle acque meteoriche e della circolazione idrica al loro interno, in dipendenza della litologia e delle caratteristiche strutturali che ne condizionano la permeabilità. Si hanno così acquiferi dotati di elevata potenzialità idrica in quanto sede di falde ben alimentate da abbondanti precipitazioni meteoriche, rappresentate da piogge e neve alle alte quote, e terreni a permeabilità bassa o molto bassa che costituiscono acquiclude o aquitarde che sostengono o confinano le falde contenute negli acquiferi. Nei depositi terrigeni in alternanza flyschoidi le condizioni risultano molto variabili da luogo a luogo per la presenza di termini a permeabilità differente per tipo e grado.

Nella zona costiera e lungo i fondovalle, dove più estesi e consistenti sono i depositi alluvionali, si ha la presenza di falde di limitata produttività.

In particolare, i terreni presenti nel sito in studio sono costituiti da depositi di versante caratterizzati da elementi lapidei immersi in matrice sabbiosa-limosa e possono essere riuniti nel seguente complesso idrogeologico:

- **Rocce permeabili per porosità** da elevata a media. I depositi, di origine sedimentario-clastica, sono costituiti da elementi grossolani dell'ordine delle sabbie e ghiaie, sono caratterizzati dalla presenza di vuoti intergranulari che permettono una facile infiltrazione delle acque meteoriche e superficiali.

Nello schema che segue sono rappresentate le principali strutture idrogeologiche del settore Ovest delle Madonie con l'indicazione delle principali linee di deflusso sotterranee.



Carta idrostrutturale: 1) Acquiferi alluvionali; 2) Terreni prevalentemente impermeabili; 3) Aquicluda superiore; 4) Acquifero carbonatico superiore; 5) Aquicluda intermedio; 6) Acquifero carbonatico inferiore; 7) Faglia; 8) Direzione dei deflussi sotterranei. ● Area in studio

Gli affioramenti calcareo-dolomitici che circondano l'abitato di Gratteri, essendo interessati da fenomeni carsici, drenano le acque meteoriche in profondità e determinano, di conseguenza, un reticolo idrografico superficiale assai limitato. A valle dell'area in studio, in corrispondenza di via Fiume, è presente un impluvio che, provenendo dal Vallone Rottafonda, prosegue interrato lungo la suddetta via ed emerge ad Ovest in una gola calcarea nella quale confluisce anche un secondo impluvio situato a nord del paese.

L'habitus geomorfologico dell'area presenta, in generale, tutti i caratteri di variabilità in relazione alla natura dei litotipi affioranti e delle frequenti dislocazioni tettoniche.

L'area in studio è situata a sud-ovest del centro abitato ed è caratterizzata dall'affioramento di rocce lapidee che offrono una buona resistenza all'erosione e presentano valori di pendenza elevati con pendii ripidi e scarpate soggette a fenomeni di crollo. La conseguenza è la bordatura di tali rilievi con fasce, più o meno ampie, di detrito di falda.

La zona interessata dall'intervento in progetto, in particolare, si presenta mediamente acclive, degradante verso valle lungo la direzione nord-sud, e costituita da depositi detritici sovrastanti sedimenti di natura argillo-marnosa.

La zona in esame ricade a valle di un dissesto idrogeologico attivo censito dal P.A.I. con codice 028-6GR-032 e riferibile a fenomeni di crollo. Tale dissesto determina una situazione di pericolosità P3 (elevata) e rischio R4 (molto elevato) per le abitazioni ricadenti su Via San Nicolò, a pochi metri dall'area sulla quale è previsto il progetto di demolizione e ricostruzione del muro di contenimento.

Si allegano le carte geomorfologiche relative ai dissesti e alle pericolosità redatte dall'Assessorato Territorio e Ambiente della Regione Siciliana per il Piano per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) e pubblicate sul sito internet www.sitr.regione.sicilia.it nel 2015.

4 – CENNI SULLA SISMICITÀ DEL TERRITORIO

Il territorio italiano, secondo la legislazione nazionale non più vigente, veniva ripartito in zone sismiche di I, II, e III categoria, alle quali veniva assegnato un grado di sismicità “S” pari rispettivamente a 12, 9 e 6.

Con Ordinanza della Presidenza del Consiglio dei Ministri n° 3274 del 20/03/2003, l'intero territorio italiano è stato successivamente suddiviso in 4 zone sismiche, identificate con i numeri arabi 1, 2, 3 e 4.

Le vecchie categorie I, II, e III vengono sostituite rispettivamente dalle nuove zone sismiche 1, 2, 3, mentre le vecchie aree dichiarate non sismiche devono intendersi appartenere alla zona n° 4.

A partire dal 1° Luglio 2009 sono entrate in vigore e costituiscono l'unica normativa di riferimento per la progettazione le nuove norme tecniche per le costruzioni, approvate con D.M. 14 gennaio 2008, aggiornate con D.M. 17 gennaio 2018 - aggiornamento delle “norme tecniche per le costruzioni”, pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n. 42 del 20 febbraio 2018 – Suppl. Ord. n.8.

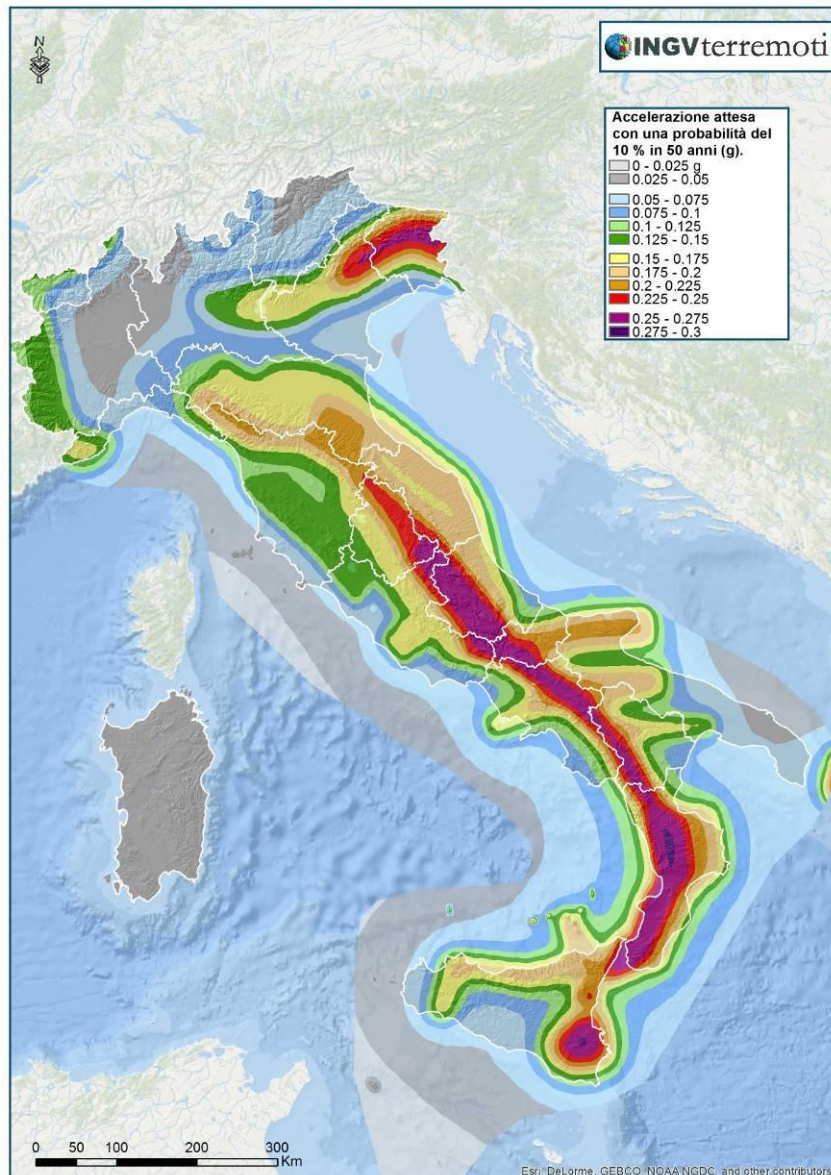
Tale norma introduce una nuova metodologia per definire la pericolosità sismica di un sito e, conseguentemente, le azioni sismiche di progetto per le nuove costruzioni e per gli interventi sulle costruzioni esistenti. Il territorio nazionale è stato suddiviso mediante una maglia di punti notevoli, al passo di 5 km, per ognuno dei quali sono noti i parametri necessari alla costruzione degli spettri di risposta per i diversi stati limite di riferimento (tra i quali, la a_g). Mediante un procedimento di interpolazione tra i dati relativi ai quattro punti del reticolo più vicini al sito in esame, è possibile risalire alle caratteristiche spettrali specifici del sito stesso, necessari come dati di input per la progettazione strutturale.

Per ogni costruzione ci si deve riferire ad una accelerazione di riferimento “propria” individuata sulla base delle coordinate geografiche dell'area di progetto e in funzione della vita nominale dell'opera. Un valore di pericolosità di base è, dunque, definito per ogni punto del territorio nazionale, indipendentemente dai confini amministrativi comunali.

La classificazione sismica (zona sismica di appartenenza del comune) rimane utile solo per la gestione della pianificazione e per il controllo del territorio da parte degli enti preposti (Regione, Genio civile, ecc.)

In seguito alla nuova classificazione, tutte le regioni italiane (compresa la Sardegna) risultano a rischio sismico. In tutto il territorio nazionale vige quindi l'obbligo di progettare le nuove costruzioni e intervenire sulle esistenti con il metodo di calcolo semiprobabilistico agli stati limite e tenendo conto dell'azione sismica. Le NTC 2018 eliminano completamente la divisione in zone simiche e, di conseguenza, il metodo agli Stati Limite sarà applicato in tutta Italia.

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'ultima revisione della norma prevede, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab.3.2.II, la possibilità di fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, V_s .



Con pericolosità sismica si intende lo scuotimento del suolo atteso in un sito a causa di un terremoto. Essendo prevalentemente un'analisi di tipo probabilistico, si può definire un certo scuotimento solo associato alla probabilità di accadimento nel prossimo futuro. Non si tratta pertanto di previsione deterministica dei terremoti, obiettivo lungi dal poter essere raggiunto ancora in tutto il mondo, né del massimo terremoto possibile in un'area, in quanto il terremoto massimo ha comunque probabilità di verificarsi molto basse.

Per ogni luogo del territorio nazionale l'azione sismica da considerare nella progettazione si basa su questa stima di pericolosità opportunamente corretta per tenere conto delle effettive caratteristiche del suolo a livello locale.

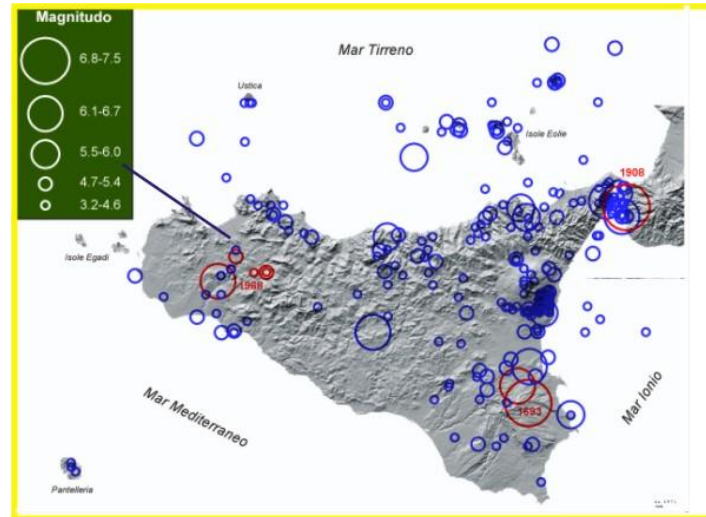
I colori indicano i diversi valori di accelerazione del terreno che hanno una probabilità del 10% di essere superati in 50 anni. Indicativamente i colori associati ad accelerazioni più basse indicano zone meno pericolose, dove la frequenza di terremoti più forti è minore rispetto a quelle più pericolose, ma questo non significa che non possano verificarsi.

L'area in studio presenta valori compresi tra 0.15 g e 0.175 g. Gli scuotimenti più forti, con valori delle accelerazioni del suolo superiori a 0.225 g ($g = 9,81 \text{ m/s}^2$, accelerazione di gravità), sono attesi in Calabria, Sicilia sud-orientale, Friuli-Venezia Giulia e lungo tutto l'Appennino centro-meridionale.

I terremoti più significativi per il territorio della Sicilia avvengono:

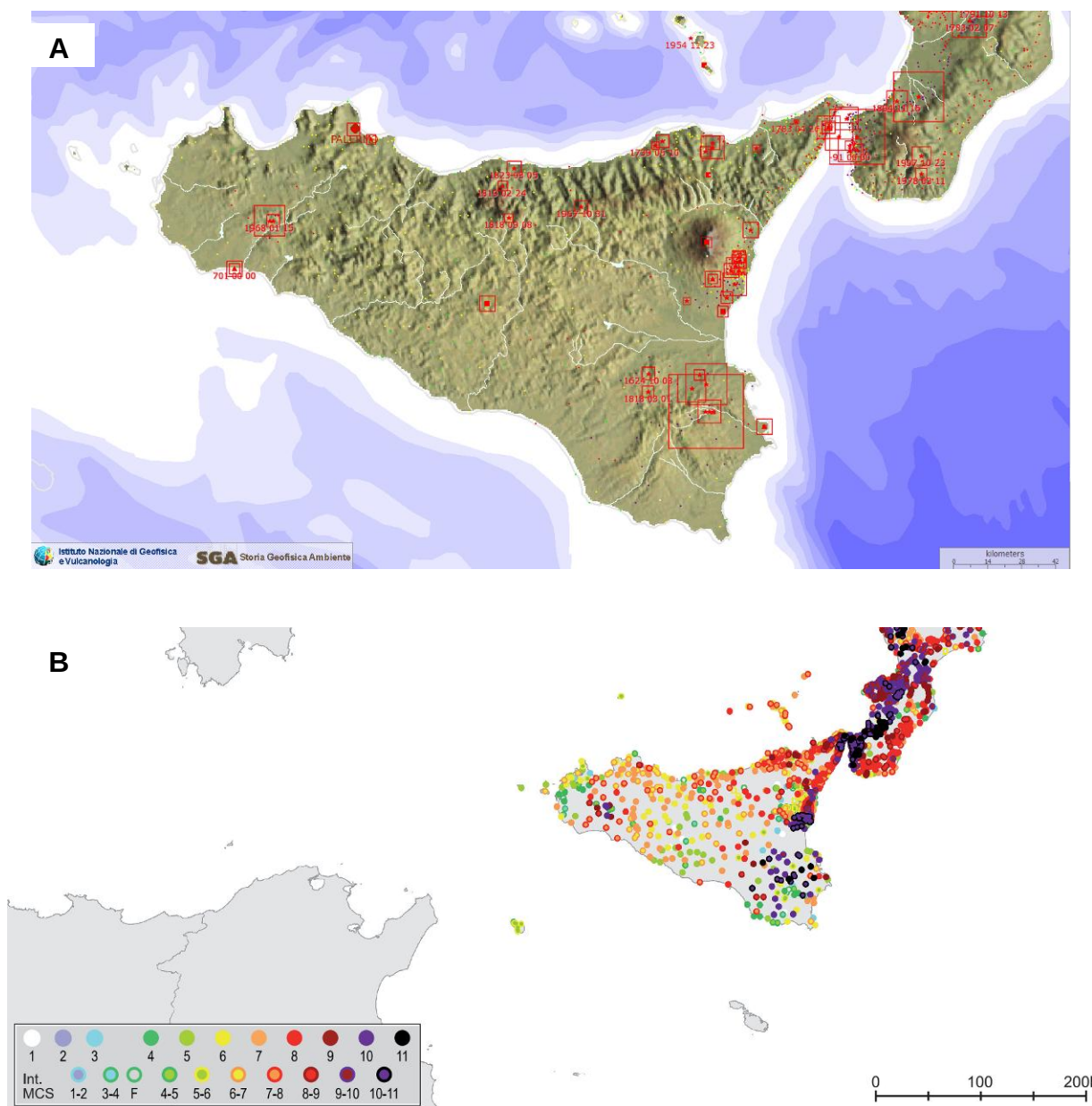
- nel settore orientale, soggetto a forti deformazioni determinate dall'apertura del bacino Ionico;
- lungo la catena dei Nebrodi-Madonie-Monti di Palermo, che rappresentano il prolungamento della catena appenninica e quindi una porzione del corrugamento determinato dallo scontro tra zolla Africana ed Europea;
- nella zona del Belice;
- nelle aree a vulcanismo attivo dell'Etna e delle Isole Eolie.

Terremoti di energia inferiore avvengono anche nel Mar Tirreno meridionale, nell'area delle isole Egadi e della fascia costiera occidentale, nel Canale di Sicilia.



Epicentri dei terremoti storici in Sicilia

I grandi terremoti che hanno colpito la Sicilia Nord – Occidentale in epoca storica sono individuabili nella figura seguente A (Guidoboni et al., 2007) che riporta le intensità epicentrali dei maggiori terremoti avvenuti dopo il 461 a.C., mentre la figura B è estratta dal catalogo DBMI11 che contiene 86071 MDP () relativi a 1684 terremoti avvenuti dopo il 1000. I dati sono riferiti a 15416 località (Locati et al., 2011) e ad ogni punto riportato in figura è associata la massima intensità ivi risentita.



A) Epicentri dei forti terremoti. B) massime intensità macrosismiche risentite in Sicilia.

UBICAZIONE INDAGINI



TR – Misure sismiche passive a stazione singola HVSR

5 – INDAGINI ESEGUITE

A supporto dello studio sono state eseguite le seguenti indagini geognostiche:

- n°1 sondaggio sismico tomografico (TR1) eseguito con un tomografo digitale modello “SR04 GeoBox”.

L’elaborazione e l’interpretazione di tale misura sismica ha consentito di stimare la velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio ($V_{s,eq}$) come esplicitamente richiesto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni del 2018.

Si espongono i risultati ottenuti dall’applicazione della metodologia di sismica passiva a stazione singola che si basa sulla teoria del rapporto spettrale H/V.

5.1 Indagini sismiche passive a stazione singola - Basi Teoriche

Le basi teoriche della metodologia utilizzata hanno origine nei primi studi eseguiti da Kanai (1957) nei quali si dimostrava sperimentalmente una correlazione tra alcuni parametri estratti dallo studio del rumore sismico (analisi spettrale) di un sito e le caratteristiche sismo-stratigrafiche dello stesso.

Il rumore sismico, generato da fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) e dall’attività antropica, è presente ovunque sulla superficie terrestre. Si definisce anche microtremore poiché riguarda oscillazioni molto più piccole di quelle indotte dai terremoti nel campo prossimo all’epicentro. I microtremori sono solo in parte costituiti da onde di volume, P o S, ma in essi giocano un ruolo fondamentale le onde di superficie che hanno velocità prossime a quelle delle onde di taglio,

In analogia alle tradizionali tecniche di prospezione sismica, la sismica passiva è una tecnica che permette di definire la serie stratigrafica locale basandosi sul concetto di contrasto di impedenza acustica fra strati definiti come un’unità distinte in relazione al rapporto tra i prodotti di velocità delle onde sismiche nel mezzo e la densità del mezzo stesso.

Tra le varie tecniche messe a punto successivamente alle intuizioni di Kanai, si è maggiormente consolidata negli anni 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) e successivamente

applicata da Nakamura (1989) per la determinazione dell'amplificazione sismica locale.

Le basi teoriche dell'HVSR sono relativamente semplici in un sistema stratificato in cui i parametri variano solo con la profondità (1-D). Lo schema illustrato nella figura 1 rappresenta due strati (1 e 2) che si differenziano per le densità (ρ_1 e ρ_2) e le velocità delle onde sismiche (V_1 e V_2).

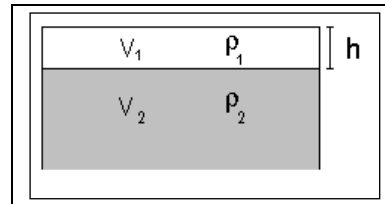


Figura 1. Modello di suolo caratterizzato da strati a densità ρ e velocità delle onde sismiche V

In questo caso, un'onda che viaggia nel mezzo 1 viene parzialmente riflessa dall'interfaccia tra i due strati. L'onda riflessa, interferendo con quelle incidenti, si somma e raggiunge le ampiezze massime (condizione di risonanza) quando la lunghezza dell'onda incidente (λ) è 4 volte (o suoi multipli dispari) lo spessore h del primo strato.

Ne consegue che la frequenza di risonanza (f_r) dello strato 1 relativa alle onde P è pari a:

$$f_r = V_P / (4 h) \quad [1]$$

mentre quella relativa alle onde S è

$$f_r = V_S / (4 h) \quad [2]$$

Teoricamente questo effetto è sommabile cosicché la curva HVSR mostra, come massimi relativi, le frequenze di risonanza dei vari strati.

Questo dato, insieme alla stima delle velocità, è in grado di fornire utili previsioni sullo spessore degli strati.

Questa informazione è contenuta principalmente nella componente verticale del moto ma la prassi di usare il rapporto tra gli spettri orizzontali e quello verticale, piuttosto che il solo spettro verticale, deriva dal fatto che il rapporto fornisce un'importante normalizzazione del segnale per il contenuto in frequenza, per la

risposta strumentale e per l'ampiezza del segnale quando le registrazioni vengono effettuate in momenti con rumore di fondo più o meno alto.

La normalizzazione, che rende più semplice l'interpretazione del segnale, è alla base della popolarità del metodo.

Il suddetto esempio si riferisce ad una modellistica semplificata monodimensionale, nella realtà si è spesso di fronte a casi più complessi caratterizzati da eterogeneità laterali, da topografia non piana e da inversioni di velocità sismiche.

L'inversione delle misure di microtremore sfrutta la tecnica del confronto degli spettri singoli e dei rapporti H/V misurati con quelli "sintetici", cioè calcolati relativamente al campo d'onde completo di un modello 3D.

5.2 Strumentazione utilizzata e metodologia di analisi dei dati

Per l'acquisizione dei dati sperimentali è stato utilizzato un tromografo digitale modello "SR04 GeoBox" della SARA *Instruments*, il quale racchiude al suo interno tre sensori veloci metrici, ortogonali tra loro, da 4.5 Hz. I dati di rumore sismico, amplificati e digitalizzati a 24 bit equivalenti, sono stati acquisiti alla frequenza di campionamento di 300 Hz.

Dalle registrazioni del rumore sismico sono state ricavate e analizzate due serie di dati:

- le curve HVSR ottenute mediante il software Grilla eseguendo un processing con i seguenti parametri:
 - larghezza delle finestre d'analisi pari a 20 s per tempi di acquisizione di 20 minuti;
 - lisciamento secondo finestra triangolare con ampiezza pari al 10% della frequenza centrale;
 - rimozione delle finestre con rapporto STA/LTA (media a breve termine/media a lungo termine) superiore ad 2;
 - rimozione manuale di eventuali transienti ancora presenti.
- le curve dello spettro di velocità delle tre componenti del moto sono state ottenute dopo l'analisi con gli stessi parametri sopra riportati.

Le profondità H delle discontinuità sismiche sono state ricavate tramite la seguente relazione :

$$H = \left[\frac{V_0(1-a)}{4\hat{v}_1} + 1 \right]^{1/(1-a)} - 1$$

In cui:

- V_0 è la velocità al tetto dello strato;
- a un fattore che dipende dalle caratteristiche del sedimento (granulometria, coesione, ecc.);
- v la frequenza fondamentale di risonanza.

Per considerare attendibili le misure ottenute, è necessario che:

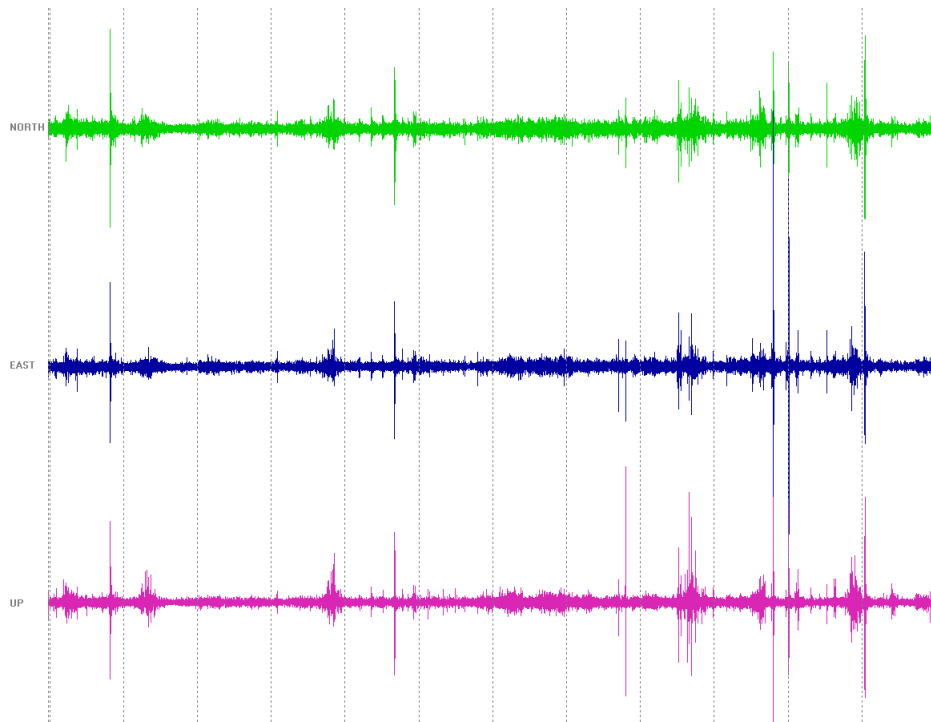
1. i rapporti H/V ottenuti sperimentalmente siano “stabili” ovvero frutto di un campionamento statistico adeguato;
2. gli effetti di sorgente siano stati effettivamente mediati ovvero non ci siano state sorgenti “dominanti”;
3. la misura non contenga errori sistematici (per es. dovuti ad un cattivo accoppiamento dello strumento con il terreno).

Per la determinazione delle velocità delle onde di taglio si utilizza un codice di calcolo appositamente creato per interpretare i rapporti spettrali (HVSR) basati sulla simulazione del campo di onde di superficie in sistemi multistrato a strati piani e paralleli (AKI, 1964). Il codice può elaborare modelli con qualsiasi numero di strati (massimo 50 nella finestra di input), in qualsiasi intervallo di frequenze ed in un qualsiasi numero di modi (fondamentali o superiori). Operativamente si costruisce un modello teorico avente tante discontinuità sismiche quante sono quelle evidenziate dalla registrazione eseguita.

Un algoritmo cercherà di adattare la curva teorica a quella sperimentale, in questo modo sarà possibile ottenere gli spessori dei sismo-strati caratterizzati da una determinata velocità delle onde S.

Di seguito i sismogrammi delle registrazioni sismiche passive relative alla terna di sensori velocimetrici orientati secondo tre direzioni ortogonali:

- 2 nella componente orizzontale dello spostamento (tra loro ortogonali) per misure su suoli ordinariamente corrispondenti alle direzioni NS ed EW ;
- 1 nella componente verticale (up-down).



5.3 Interpretazione delle misure e stima della velocità delle onde S

L'interpretazione consente di correlare il valore di picco dello spettro di risposta HVSR con la profondità del substrato roccioso compatto (bedrock geofisico) e di individuare una corrispondenza tra i valori di frequenza relativi alle discontinuità sismiche e i cambiamenti litologici presenti nel sottosuolo.

Interpretando i minimi della componente verticale come risonanza del modo fondamentale dell'onda di Rayleigh e i picchi delle componenti orizzontali come contributo delle onde SH, è possibile ricavare il valore della frequenza caratteristica del sito. Sapendo che ad ogni picco in frequenza corrisponde un contrasto di impedenza acustica ad una determinata profondità, si può estrapolare una stratigrafia geofisica del sottosuolo.

In generale, la frequenza di risonanza delle onde S che viaggiano all'interno di uno strato è legata al tempo di tragitto delle onde S nello strato stesso dalla relazione:

$$f_r = \frac{1}{4T_H} \quad 5.1$$

Dove T_H è il tempo di tragitto dall'interfaccia risonante e f_r è la frequenza di risonanza.

A partire dalla formula precedente e conoscendo la profondità h dell'interfaccia risonante è definibile la velocità media delle onde S nella struttura risonante

$$V = \frac{H}{T_H} \quad 5.2$$

e

$$f_r = \frac{1}{4T_H} \quad 5.3$$

da cui si ricava

$$V = 4 f_r h \quad 5.4$$

Negli ultimi anni un progetto europeo denominato SESAME (Site Effects Assessment using AMbient Excitations) si è occupato di stabilire delle linee guida per la corretta esecuzione delle misure di micrtotremore ambientale in stazione singola e array. Per una corretta ricostruzione sismica del sottosuolo e una buona stima delle onde Vs è necessario adottare una modellizzazione numerica che può essere rappresentata dalla seguente equazione:

$$V_s = \frac{H}{\sum_{i=1}^n \frac{h_i}{v_i}} \quad 5.5$$

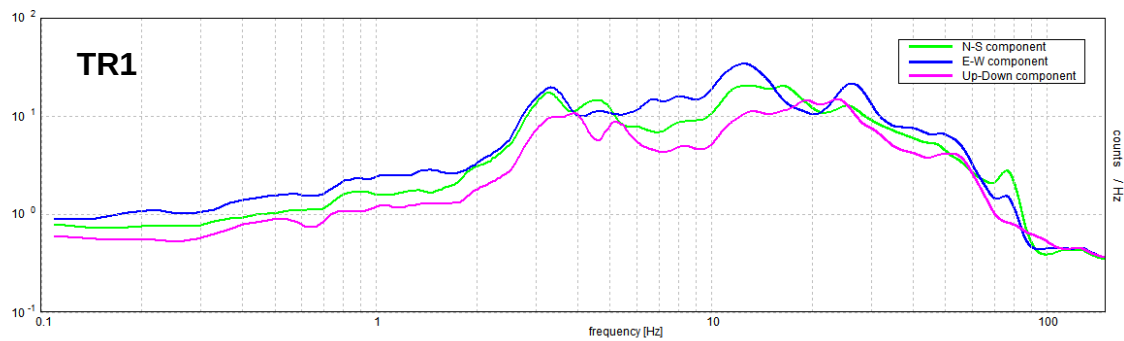
Dove:

V_s = velocità delle onde di taglio (m/s)

H = profondità alla quale si desidera stimare V_s (m) (30 m nel caso di V_{s30})

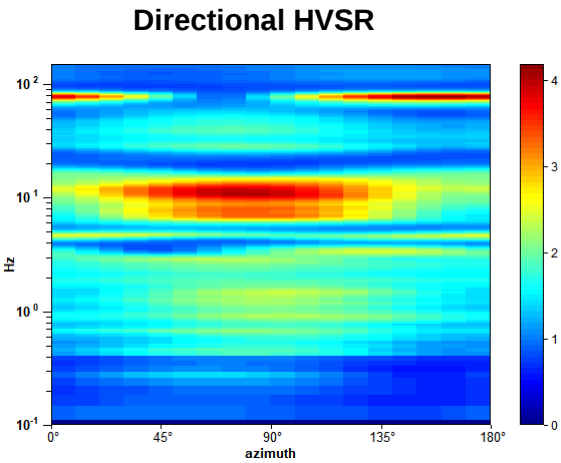
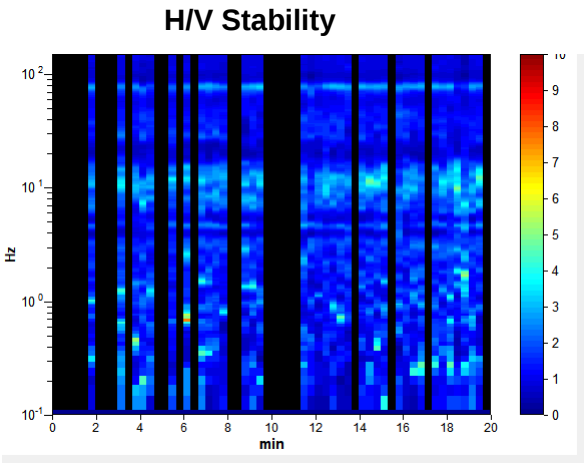
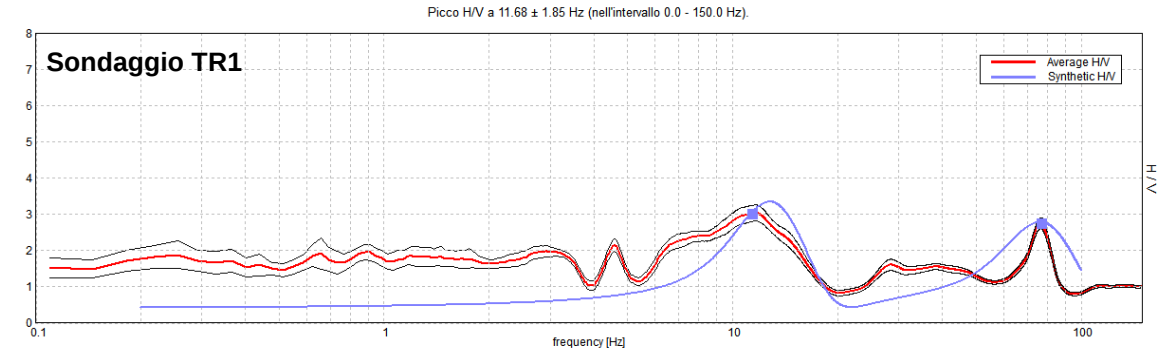
h_i = spessore dello strato i -esimo

L'immagine seguente mostra, per la stazione di misura TR1, gli spettri di frequenza rappresentativi delle tre componenti ortogonali registrate dai geofoni.

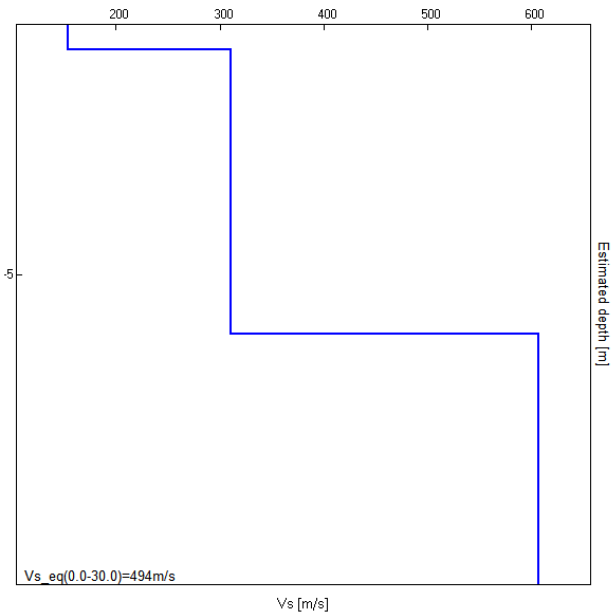


Nelle immagini seguenti sono rappresentate le curve H/V (rapporto tra i valori assoluti degli spettri orizzontali V e orizzontali H) calcolate per stimare la frequenza di risonanza dei terreni. La modellazione diretta su tali curve (colore blu) ha consentito di ricavare una sismo - stratigrafia rappresentativa delle discontinuità (contrast di impedenza acustica) presenti nel sottosuolo che risultano caratterizzate da diversi picchi di frequenza.

L'elaborazione degli spettri H/V è stata eseguita attraverso un'analisi ragionata dei vari picchi, distinguendo i picchi antropici da quelli stratigrafici, da uno *smoothing* (nel caso in oggetto se ne è scelto uno triangolare al 10%) e da un filtraggio sugli spettri nelle varie "finestre" di tempo in cui è stata suddivisa l'acquisizione, in modo da rimuovere gli intervalli di misura caratterizzati da disturbi (grafico H/V Time History).



Spessore sismostrati (m)	Profondità dal p.c. (m)	Vs (m/s)	Categoria di sottosuolo di fondazione <i>N.T.C.2018</i>
0.5	0.0 – 0.5	154	B V_s_{eq} 494 m/s
5.7	0.5 – 6.2	311	
semispazio	da 6.2	607	



Tramite la formula 5.5 è stata calcolata la velocità delle onde Vs ponendo $H=30$ m dal momento che, entro tale profondità, le indagini eseguite non hanno consentito di rilevare la presenza di substrato rigido così come indicato al paragrafo 3.2.2 delle Norme Tecniche per le Costruzioni del 2018:

$$V_{s30} \approx 494 \text{ m/s}$$

In base alla suddetta norma i terreni appartengono alla seguente categoria di sottosuolo che permette l'utilizzo dell'approccio semplificato (tab. 3.2.II):

- **Categoria 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.*



Misura sismica passiva a stazione singola TR1

6 – CARATTERISTICHE LITOTECNICHE DEI TERRENI

Al fine di caratterizzare da un punto di vista fisico-meccanico i terreni che costituiranno il piano di posa delle fondazioni delle opere in progetto, sono stati utilizzati, in modo congiunto, i risultati delle indagini sismiche e una serie di dati stratigrafici e geotecnici in possesso dello scrivente e riferibili a terreni della stessa natura di quelli presenti nell'area in studio. Grazie a tali dati, ampiamente conosciuti nella letteratura scientifica e ricavati da prove di laboratorio eseguite sugli stessi litotipi in aree limitrofe, si indicheranno, in termini di sicurezza, i parametri geotecnici medi da utilizzare per i calcoli strutturali.

La successione stratigrafica può essere schematizzata tramite i seguenti litotipi:

- **Terreno vegetale:** costituisce lo strato più superficiale del sottosuolo a diretto contatto con gli agenti esogeni e avente uno spessore non superiore a 0.5 m. Si presenta incoerente, alterato e poco consistente.
- **Detrito di falda:** costituirà il piano di posa delle strutture di fondazione e presenta uno spessore di circa 5 m. Dal punto di vista litotecnico è caratterizzato da sabbie limose con inclusi lapidei di natura calcarea di dimensioni decimetriche. I parametri suggeriti per i calcoli geotecnici sono i seguenti:

$$\gamma = 19 \text{ kN/m}^3 \quad c' = 10\text{-}15 \text{ kN/m}^2 \quad \varphi' = 25^\circ\text{-}28^\circ$$

Non è stata riscontrata la presenza di falda idrica superficiale che possa interagire con le strutture di fondazione.

7 – MODULI ELASTICI DINAMICI

Per la caratterizzazione del sito e del terreno in esame, specialmente in termini di deformabilità dei materiali in associazione ai dati geotecnici, si forniscono, oltre ai singoli valori di velocità sismica (V_s) che la prova HVSR è in grado di fornire, i moduli elastici dinamici del terreno:

- Coefficiente di Poisson (ν)
- Modulo di Elasticità dinamico o di *Young* (E_{din}) in Kg/cm²
- Modulo di Taglio dinamico o di rigidità (G_{din}) in Kg/cm²
- Modulo di Compressibilità dinamico o di *Bulk* (K_{din}) in Kg/cm²

Il *Coefficiente di Poisson* (ν), noto come la costante che lega le deformazioni in un corpo, può essere collegato, da un punto di vista bidimensionale, ad uno sforzo di trazione, che causa nel corpo stesso un allungamento in una direzione e un raccorciamento nell'altra, o ad uno sforzo di compressione che, analogamente, determina una contrazione in una direzione e una dilatazione nella direzione opposta.

Tale parametro può presentare un range di variazione compreso tra un massimo di 0.5 ed un minimo di 0; il valore di 0.5 è caratteristico di materiali che si deformano senza cambiamenti di volume (es. acqua), valori leggermente inferiori (0.47 - 0.49) sono tipici di argille o materiali molto saturi; valori inferiori sono indicativi di materiali da poco consolidati a sovraconsolidati.

Per le rocce si presentano range di variazioni molto ampi collegati in particolare sia al grado di fratturazione sia alla presenza di cavità, stratificazioni e litologie e comunque tra (0.46 e 0.20).

In funzione di V_p e di V_s il parametro è definito dalla seguente relazione:

$$\nu = \frac{V_p^2 - 2 \cdot V_s^2}{2 \cdot (V_p^2 - V_s^2)}.$$

Il *Modulo di Young* o di *Elasticità normale* E_{din} definisce la *deformazione longitudinale* di un corpo, intesa come il rapporto tra l'allungamento (o l'accorciamento) e la lunghezza originale del corpo stesso; in funzione dei valori della velocità delle onde di compressione V_p , della densità geofisica e del coefficiente di Poisson il parametro è definito dalla seguente relazione:

$$E_{\text{din}} = Vp^2 \cdot \delta_{\text{din}} \cdot \frac{(1 + \nu) \cdot (1 - 2\nu)}{(1 - \nu)}$$

Il *Modulo di Taglio* o di *Rigidità* G_{din} definisce invece la *deformazione tangenziale* di un corpo, intesa come l'angolo di cui ruota il corpo stesso in seguito ad uno sforzo di taglio; in funzione dei valori della velocità delle onde di taglio Vs e della densità geofisica il parametro è definito dalla seguente relazione:

$$E_{\text{din}} = Vp^2 \cdot \delta_{\text{din}} \cdot \frac{(1 + \nu) \cdot (1 - 2\nu)}{(1 - \nu)}$$

Infine, il *Modulo di Compressibilità* o *Modulo di Volume* è quel parametro ottenibile se lo sforzo viene applicato tridimensionalmente (lungo tutti i tre assi cartesiani) generando una pressione idrostatica uniforme con la quale si avranno componenti dello sforzo uguali e con deformazione rappresentata da una variazione di volume la quale può essere indicata numericamente dall'inverso del coefficiente di compressibilità; utilizzando i valori del modulo di elasticità e del coefficiente di Poisson il parametro è definito dalla seguente relazione:

$$K_{\text{din}} = \frac{E_{\text{din}}}{3 \cdot (1 - 2 \cdot \nu)}$$

Nella tabella seguente sono riepilogati i risultati dei calcoli eseguiti in relazione ai parametri sopra citati e riferibili esclusivamente ai terreni di posa delle fondazioni:

Moduli elastici dinamici	Peso per unità di volume γ	Vp	Vs	Coefficiente di Poisson σ	Modulo di taglio G_{din}	Modulo di Young E_{din}	Modulo di Bulk K_{din}
Spessore (m)	(g/cm ³)	(m/s)	(m/s)		(MPa)	(MPa)	(MPa)
4	1.9	824	311	0.42	174.5	485.9	993.0

I moduli dinamici sono ottenuti mediante prove che sfruttano la relazione per cui il quadrato della velocità di un'onda elastica di taglio che si propaga nel terreno è direttamente proporzionale al rapporto tra il modulo di elasticità tangenziale e la densità del terreno (in un mezzo elastico ideale).

Il vantaggio del modulo dinamico rispetto quello statico consiste nel fatto che la misura non è influenzata dal rimaneggiamento del terreno a seguito del campionamento. Prove di tipo statico dello stesso tipo eseguite su uno stesso tipo

di terreno possono dare risultati sensibilmente differenti perché il terreno viene rimaneggiato in maniera diversa ogni volta che la prova viene eseguita.

I moduli dinamici così calcolati risultano comunque sempre più elevati di quelli statici forniti da prove di carico in situ in quanto gli impulsi sismici sono di breve durata e le sollecitazioni ad essi associate sono relativamente modeste e rientrano nel campo delle deformazioni istantanee, di conseguenza, per i calcoli delle deformazioni nell'ambito geotecnico, possono essere utilizzate delle relazioni sperimentali che permettono di correlare E_{stat} con E_{din} , come quella di *Heerden*:

$$E_{\text{stat}} = 0,075 E_{\text{din}}^{1,56}, \text{ di regola } E_{\text{din}} \approx 2 E_{\text{stat}}$$

8 – CONCLUSIONI

La relazione geologica redatta a supporto dello *“Studio di fattibilità tecnica ed economica per i lavori di messa in sicurezza delle infrastrutture stradali adiacenti la Via San Nicolò del Comune di Gratteri”*, ha consentito di verificare le caratteristiche di tipo geologico, geomorfologico, idrogeologico, geotecnico e sismico del sito in esame.

La stratigrafia locale è stata ricavata da indagini di simiche la cui ubicazione è presente nella “planimetria delle indagini” allegata al presente studio.

In seguito alle argomentazioni presentate nei paragrafi precedenti si espongono le seguenti conclusioni:

- Dal punto di vista geologico il sito ricade in corrispondenza di un copertura detritica (detrito di falda) derivante dai processi di disaggregazione meccanica della sovrastante formazione calcarea. Dal punto di vista litotecnico tale deposito è caratterizzato da sabbie limose con inclusi lapidei di natura calcarea di dimensioni decimetriche e presenta spessori di circa 5 m.
- L'area si presenta debolmente acclive e risulta stabile e non interessata da fenomeni gravitativi.
- Si prescrive l'asportazione della copertura superficiale incoerente per la realizzazione di strutture di fondazione di tipo diretto.
- Non si è riscontrata la presenza di falda idrica superficiale che possa interagire con le strutture di fondazione.
- Nel Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.), Art. 1 D.L. 180/98 convertito con modifiche con la L. 267/98 e ss.mm.ii., redatto dall'Assessorato Territorio e Ambiente della Regione Siciliana, non sono evidenziate, nell'area in studio, zone con livello di pericolosità e rischio legato a fenomeni franosi, a dissesti ed esondazioni. Si allegano, a tal proposito, gli stralci della carta dei dissesti e della carta della pericolosità e del rischio idrogeologico, entrambe in scala 1:10.000, pubblicate sul sito internet <http://www.sitr.regione.sicilia.it/pai/>.
- In ottemperanza alle direttive delle Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 è stato eseguito un sondaggio sismico passivo a stazione singola di tipo tromografico (TR1) per la caratterizzazione sismica del terreno di fondazione. In base alla classificazione dei terreni prevista dalla suddetta

norma, il tipo di suolo ricade nella **categoria B** di sottosuolo di fondazione:
 $V_{s_{eq}} = 494 \text{ m/s}$.

- Per quanto riguarda la valutazione delle pericolosità sismiche non si riscontra nessun particolare elemento di rischio che possa comportare un'amplificazione delle onde sismiche locali né, tantomeno, che possa creare nel sottosuolo fenomeni di liquefazione.

Cefalù, Maggio 2019

Il Geologo
Dott. Paolo Messina

CARTOGRAFIA P.A.I. SICILIA

Deliberazione n. 44 del 26/02/2015 - Allegato A - Pag. 7 - D.P. n° 154/Serv. 5/7S.G. del 30/04/2015

REPUBBLICA ITALIANA



Regione Siciliana

Assessorato Regionale del Territorio e dell'Ambiente

DIPARTIMENTO REGIONALE DELL' AMBIENTE

Servizio 3 "ASSETTO DEL TERRITORIO E DIFESA DEL SUOLO"

U.O. 3.1 "Pianificazione e Programmazione P.A.I."

Aggiornamento del Piano Stralcio di Bacino

per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.)

(Art. 67 del D. Lgs. 3 Aprile 2006, n. 152 e ss. mm. ii.)

Conferenza Programmatica del 26/01/2015

(Art. 130 della L. R. n. 6 del 03/05/2001)

- Bacino Idrografico del Fiume Pollina (026)
- Area Territoriale tra il Bacino del Fiume Pollina e il Bacino del Fiume Lascari o Torrente Piletto (027)
- Bacino Idrografico del Fiume Lascari o Torrente Piletto e Area Territoriale tra il Bacino del Fiume Lascari o Torrente Piletto e il Bacino del Torrente Roccella (028)
- Bacino Idrografico del Torrente Roccella e Area Territoriale tra il Bacino del Torrente Roccella e il Bacino del Fiume Imera Settentrionale (029)

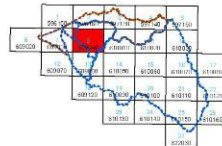
GEOMORFOLOGIA**COMUNE INTERESSATO: LASCARI**

TAV. N. 08 - SCALA 1:10.000 - CTR N. 609040

CARTA DEI DISSESTI

COMUNI DI:

CAMPOFELICE DI ROCCELLA - COLLESANO - GRATTERI - ISNELLO - LASCARI



Anno 2015

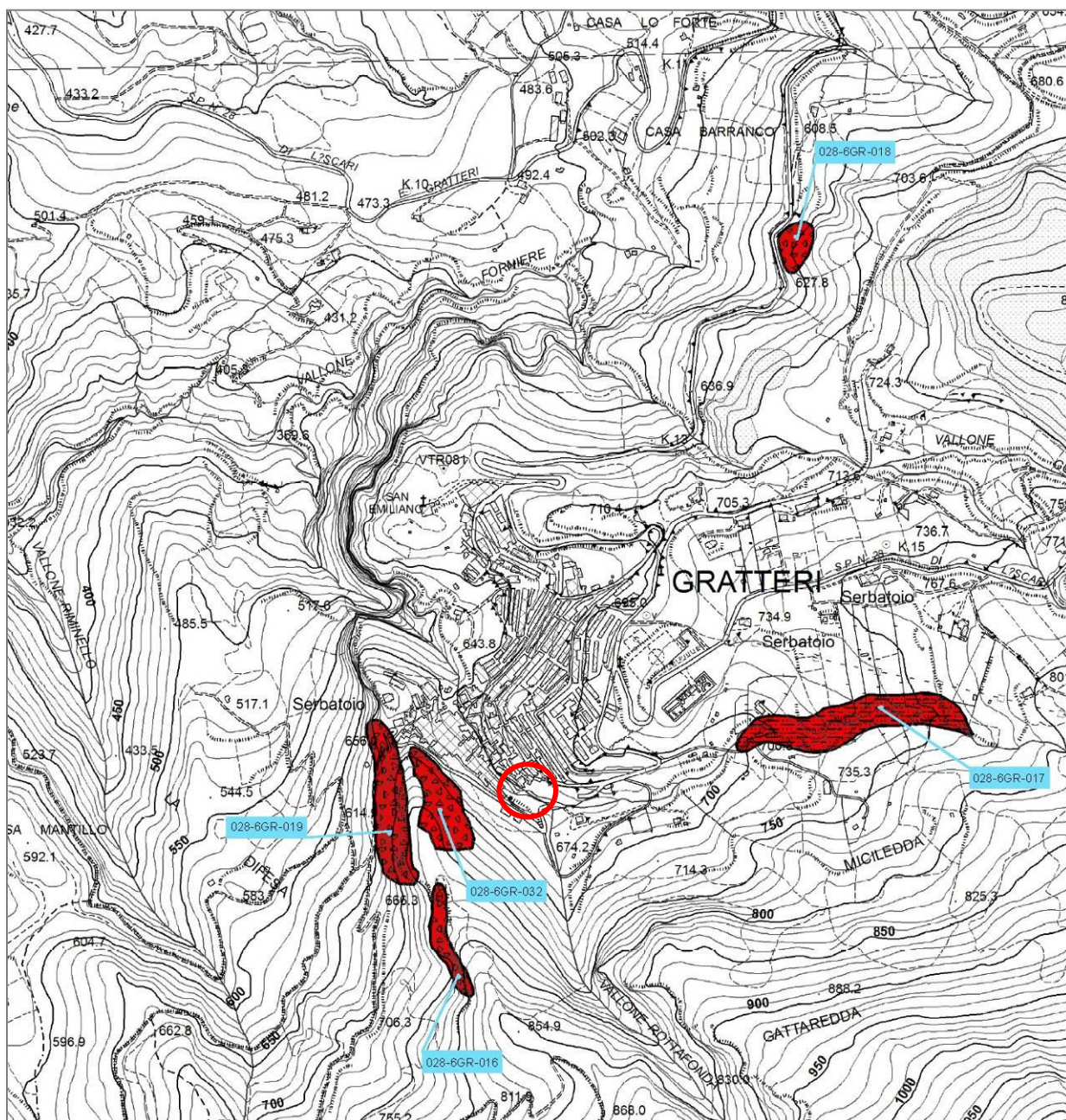
LEGENDA**FENOMENI FRANOSI**

- | | |
|--|---|
| | Crollo e/o ribaltamento |
| | Colamento rapido |
| | Sprofondamento |
| | Scorrimento |
| | Frana complessa |
| | Espansione laterale o deformazione gravitativa (DGPV) |
| | Colamento lento |
| | Area a franosità diffusa |
| | Deformazione superficiale lenta |
| | Calanco |
| | Dissesti dovuti ad erosione accelerata |
| | Sito d'attenzione |

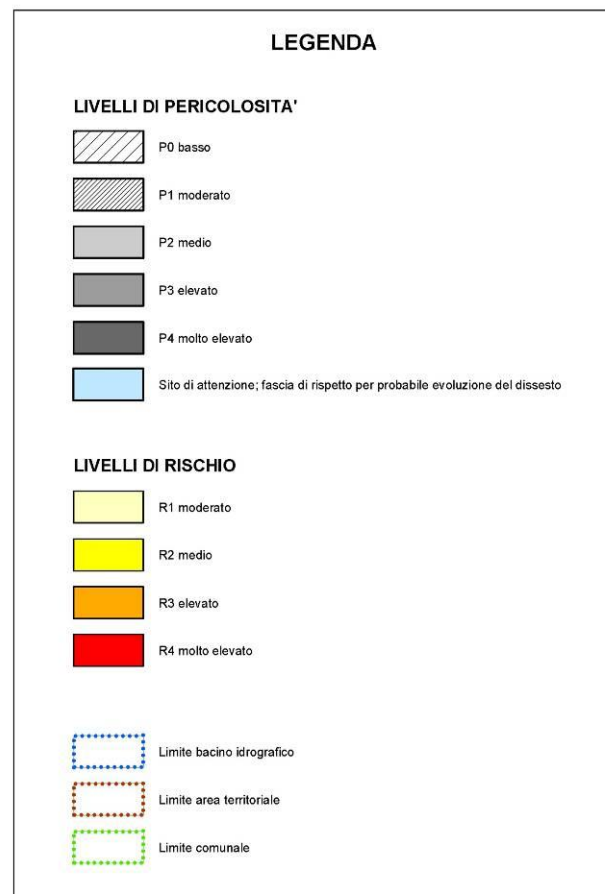
STATO DI ATTIVITA'

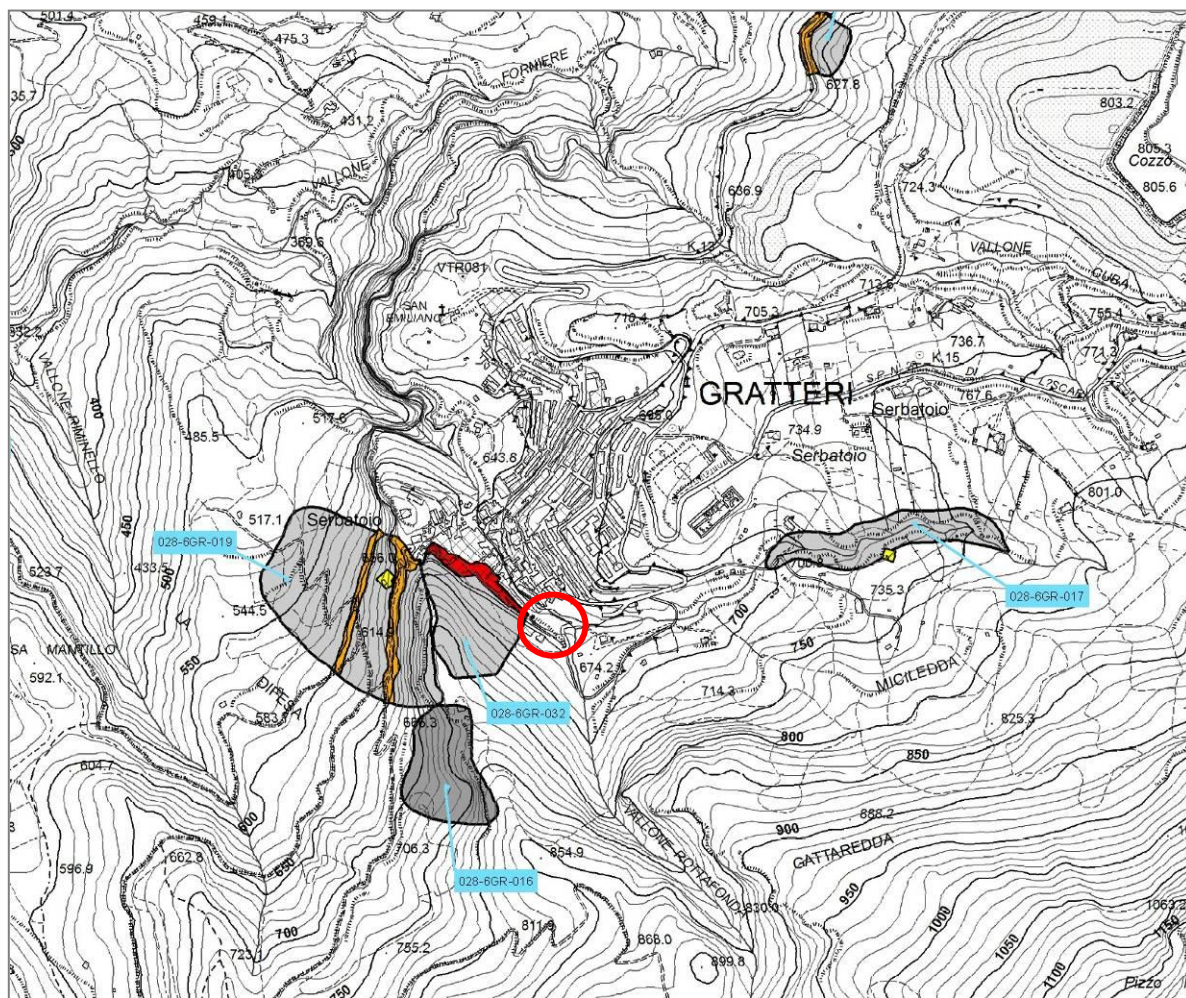
- | | |
|--|---|
| | Attivo |
| | Inattivo |
| | Quiescente |
| | Stabilizzato artificialmente o naturalmente |

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



Area in studio





 Area in studio

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Vista panoramica dell'area in studio



Vista dal basso del muro da demolire e ricostruire



Via San Nicolò
Manufatto esistente e manto stradale dissestato a causa del cedimento del muro di contenimento



Particolare del cedimento della struttura del muro esistente



Fase di acquisizione dei dati simici passivi tramite stazione singola