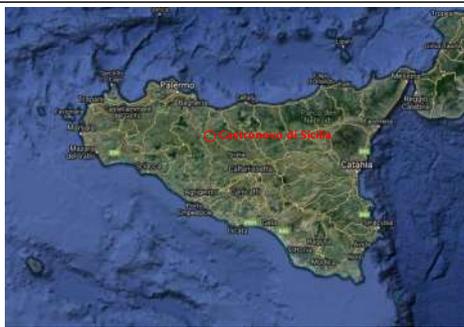




**COMUNE DI CASTRONOVO DI SICILIA E ALIA**

Città Metropolitana di Palermo

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO DENOMINATO "DSI4 CASTRONOVO"  
DELLA POTENZA DI PICCO DI 45.988 kWp E POTENZA DI IMMISSIONE 38.330 kW E DELLE RELATIVE OPERE  
CONNESSE NEI COMUNI DI CASTRONOVO DI SICILIA (PA) ED ALIA (PA)



• **RELAZIONE GEOLOGICA**

SCALA:	FORMATO:	CODICE ELABORATO: DSI4_G.E.O.	DATA DI PRIMA EMISSIONE: 10/10/2022	CODICE IDENTIFICATIVO TERNA: 202101692	REVISIONE: REV 01	REDATTO
PROT. : CASTRONOVO DI SICILIA 1	FOGLIO: 1/1	DATA DI SECONDA EMISSIONE:	CODICE IDENTIFICATIVO DSI4: DSI4 CASTRONOVO	DESCRIZIONE RELAZIONE GEOLOGICA	ESEGUITO	
FILE DWG:	ID ELABORATO:	RS06REL0017A0			LIVELLO DI PROGETTAZIONE: DEFINITIVO	VERIFICATO

**I PROGETTISTI**

 <b>Ing. Giuseppe Lo Presti</b> 	 <b>Arch. Calogero Morreale</b> 	 <b>Geologo Giovanni Pantaleo</b> 	
--	--	---	--

<b>COMMITTENTE</b>	<b>SVILUPPATORE</b>
<p><b>DS ITALIA 4 srl</b> Sede legale Via Del Plebiscito n. 112 Roma (RM) CAP 00186 CF/P.IVA: 15946501002 Legale rappresentante <b>Antonio Macías Toscano</b></p>	<p><b>FABROEN srl</b> Sede legale Via Brunetto Latini n. 11 Palermo (PA) CAP 90141 CF/P.IVA 05052720827 Legale rappresentante <b>Avv. Fabrizio Romeo</b></p>

## Contents

1. PREMESSA.....	3
2. QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO .....	5
3. INQUADRAMENTO TERRITORIALE.....	6
4. REGIME VINCOLISTICO .....	7
5. INQUADRAMENTO GEOLOGICO.....	10
6. INQUADRAMENTO SISMOTETTONICO E SISMICITA' DELL' AREA .....	12
7. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO .....	18
7.1.1. ESAME DELLA DOCUMENTAZIONE DEL PAI .....	22
8. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO .....	24
8.1. Bilancio Idrogeologico .....	26
9. STATO DEL DISSESTO DELL' AREA DI INTERESSE PROGETTUALE.....	29
9.1. SETTORE 1.....	31
9.1.1. aspetti morfologici .....	31
9.1.2. aspetti litologici e geotecnici.....	32
9.1.3. aspetti idrogeologici .....	33
9.1.4. Considerazioni .....	33
9.2. SETTORE 2.....	34
9.2.1. aspetti morfologici .....	34
9.2.2. ASPETTI LITOLIGICI E GEOTECNICI.....	35
9.2.3. ASPETTI IDROGEOLOGICI.....	36
9.2.4. CONSIDERAZIONI.....	37
9.3. SETTORE 3.....	37
9.3.1. aspetti morfologici .....	37
9.3.3. ASPETTI IDROGEOLOGICI.....	39
9.3.4. CONSIDERAZIONI.....	40
10. CAMPAGNA DI INDAGINI GEOFISICHE .....	41
11. NOTE CONCLUSIVE E PRESCRIZIONI .....	45

## **TAVOLE**

### **TAVOLA DI INQUADRAMENTO TERRITORIALE GEOLOGICO**

- Tav. 1 A) Stralcio I.G.M.I. – scala 1:25.000
- Tav. 1 B) Stralcio C.T.R. – scala 1:10.000
- Tav. 1 C) Ortofoto con ubicazione delle Aree – scala 1:5.000
- Tav. 1 D) Stralcio Catastale Area 1 – scala 1:4.000
- Tav. 1E) Stralcio Catastale Area 2 – scala 1:4.000
- Tav. 1F) Stralcio Catastale Area 3 – scala 1:4.000

### **TAVOLA DELPAI-DISSESTI-VINCOLO IDROGEOLOGICO-CARTA USO DEL SUOLO**

- Tav. 2 A) Carta della Pericolosità e del Rischio geomorfologico – scala 1:10.000
- Tav. 2 B) Carta dei Dissesti – scala 1:10.000
- Tav. 2 C) Carta del Vincolo Idrogeologico – scala 1:10.000
- Tav. 2 D) Carta dell'uso del suolo – scala 1:10.000

### **TAVOLA CARTE TEMATICHE-CARTA GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA**

- Tav. 3 A) Carta Geologica – scala 1:10.000
- Tav. 1 B) Carta Geomorfologica Area 1 – scala 1:10.000
- Tav. 1 C) Carta Geomorfologica Area 2 – scala 1:10.000
- Tav. 1 D) Carta Geomorfologica Area 3 – scala 1:10.000

### **TAVOLA DELLE INDAGINI E DELLE SEZIONI LITOSTRATIGRAFICHE RAPPRESENTATIVE**

- Tav. 3 A) Carta delle Indagini eseguite – scala 1:10.000
- Tav. 1 B) Sezione litostratigrafica rappresentativa A-A' Area 1 – scala 1:250
- Tav. 1 C) Sezione litostratigrafica rappresentativa B-B' Area 2 – scala 1:250
- Tav. 1 D) Sezione litostratigrafica rappresentativa C-C' Area 3 – scala 1:250
- TAV. 4E) Aerofotogrammetria con ubicazione delle sezioni rappresentative - scala 10.0000

## **ALLEGATI**

- Rapporto di Cantiere delle indagini geofisiche con metodologia passiva HVSR

## 1. PREMESSA

Su incarico della *Fabroen S.r.l.*, con sede in Via Brunetto Latini n.11, Palermo (90141), Partita Iva 05052720827 in persona del rappresentante legale *Avv. Pietro Fabrizio Romeo*, il sottoscritto *Geol. Giovanni Pantaleo*, con studio professionale in via G.B. Pergolesi n° 1 – 90047 Partinico (Pa), C.F.: PNT GNN 75E 26G 273M, P. IVA: 05859950825, iscritto regolarmente all' Ordine Regionale dei Geologi di Sicilia al n° 2923 sez. A ha eseguito uno studio geologico-tecnico di fattibilità, corredato da una campagna di indagini geofisiche a supporto del "*Progetto per la realizzazione di un Impianto Agrifotovoltaico denominato "DSI1 CASTRONOVO" della potenza di picco di 45,988 KWp e potenza di immissione 38.330 kW e delle relative opere connesse nei Comuni di Castronovo di Sicilia (Pa) ed Alia (Pa)*".

L'intera area di interesse progettuale, che si estende per circa 107 ettari, è stata suddivisa in n° 3 lotti indicati con lettere maiuscole dalla 1 alla 3.

Il presente studio riguarda gli interventi di realizzazione di un impianto agrivoltaico il cui generatore fotovoltaico è costituito dall'insieme dei moduli fotovoltaici opportunamente collegati in serie ed in parallelo in modo da realizzare le condizioni operative desiderate.

Più moduli assemblati meccanicamente tra loro formano il pannello, mentre moduli o pannelli collegati elettricamente in serie, per ottenere la tensione nominale di generazione, formano la stringa, mentre il collegamento elettrico in parallelo di più stringhe costituisce il campo.

La potenza nominale del generatore fotovoltaico, data dalla somma delle potenze nominali dei singoli moduli fotovoltaici, è pari a 68640 e sulla base di tale potenza è stato dimensionato tutto il sistema.

La presente relazione geologica si pone pertanto l'obiettivo di studiare ed interpretare una porzione del territorio all'interno del quale saranno realizzate le opere di cui in progetto, al fine di fornirne le informazioni sulle caratteristiche geologiche e geomorfologiche.

Scopo del presente incarico sarà, pertanto, quello di determinare la ricostruzione dei caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, geomorfologici ed idrogeologici dell'area in esame con particolare riferimento alla ricostruzione delle aree interessate dai dissesti e alla descrizione degli stessi.

In particolare verranno descritte e definite:

- le condizioni geomorfologiche, con particolare riguardo all'accertamento delle condizioni di stabilità della zona e all'individuazione d'eventuali processi morfodinamici in atto e la loro tendenza evolutiva;
- gli aspetti geologici e tettonici del territorio, la natura e la composizione dei litotipi affioranti, nonché la loro geometria e il loro assetto strutturale;
- la locale successione stratigrafica;
- l'azione sismica relativamente alla caratterizzazione sismica del sito;

- la definizione dei livelli di pericolosità geologica presente nell' area;
- la caratterizzazione geotecnica del terreno di fondazione.

Per far ciò sono stati eseguiti:

- Una accurata ricerca bibliografica per ricostruire, sulla base di dati già esistenti e di indagini eseguite nelle vicinanze del sito in esame, il quadro generale della storia geologica del territorio nonché la definizione delle successioni stratigrafiche. Sono stati presi in considerazione le relazioni di aggiornamento (anno 2013 – 2014 – 2015 - 2017) del Piano per l'Assetto Idrogeologico della regione Sicilia relativi al *Bacino Idrografico del Fiume Torto (031) ed Area tra il bacino del Fiume Torto ed il bacino del Fiume Imera Settentrionale (031°) e Area Territoriale tra il bacino del Fiume S. Leonardo e il bacino del Fiume Torto (032)* riferite alle Carte della Pericolosità e del Rischio geomorfologico e dei Dissesti n° 14 della sezione n° 621010.
- Un rilevamento geologico e geomorfologico di dettaglio, in una zona estesa al contorno, in modo tale da inquadrare il sito indagato nell'ambito di un contesto geolitologico e geomorfologico più ampio.
- Degli studi di dettaglio su n° 3 Settori di interesse principale in coincidenza dei punti ritenuti più critici; per ciascun settore saranno descritte le caratteristiche del o dei corpi di frana che insistono in quel tratto.

Al fine di caratterizzare e definire il "*Modello geologico*" del sottosuolo è stata eseguita una campagna di indagini geofisiche in corrispondenza dei vari Settori a completamento e conferma anche dei dati di letteratura e del rilevamento.

Per la caratterizzazione del "*Modello geotecnico*", invece, lo stesso sarà definito in fase esecutiva ovvero quando verranno stabilite le aree di ingombro definitive e si dovrà procedere con la redazione di un Programma di Indagini geognostiche, concordato con la committenza, al fine di ricostruire le caratteristiche litotecniche dei terreni costituenti il sottosuolo delle aree in esame.

Per la classificazione sismica delle aree oggetto dello studio di fattibilità sono state eseguite:

- n°4 indagini sismiche con metodologia passiva del tipo HVSR denominate HVR1 HVR2 HVR3 e HVR4

I risultati delle indagini geofisiche e geognostiche eseguite in situ e di quelle acquisite, sono allegati al presente documento.

## 2. QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO

Il presente documento è stato redatto in ottemperanza alle normative di settore che disciplinano le competenze in ambito degli studi geologici e geotecnici; di seguito vengono riportate le normative più importanti:

- *Legge 2 febbraio 1974 n. 64* recante "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche".
- *D.M. LL.PP. del 11/03/1988* "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione".
- *D.M. LL.PP. del 14/02/1992* "Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche".
- *D.M. 9 gennaio 1996* "Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche".
- *D.M. 16 gennaio 1996* "Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi".
- *D.M. 16 gennaio 1996* "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche".
- *Circolare Ministero LL.PP. 15 ottobre 1996 n. 252 aa.gg./s.t.c.* "Istruzioni per l'applicazione delle norme tecniche di cui al D.M. 9 gennaio 1996".
- *Circolare Ministero LL.PP. 10 aprile 1997 n. 65/aa.gg.* "Istruzioni per l'applicazione delle norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al d.m. 16 gennaio 1996".
- *Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20.3.2003* "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica. norme tecniche per le costruzioni".
- *D.M. 14 Settembre 2005, Gazzetta Ufficiale n. 222 del 23 settembre 2005* "Supplemento ordinario n. 159".
- *D.M. 17 gennaio 2018*, pubblicato nella Gazzetta Ufficiale del 20 febbraio 2018, n° 42 "Aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni".

Si fa presente che lo scrivente è coperto da polizza assicurativa di responsabilità civile derivante dall'esercizio dell'attività professionale.

### 3. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

I lotti di interesse progettuale ricadono nei territori dei comuni di Alia (Lotto 1) in località Cul di Chiovo e Castronovo di Sicilia (Lotti 2 e 3) in località C.da Tortoresi in un'area prettamente collinare inserita nel Bacino Idrografico del Fiume Torto.

I lotti occupano una superficie di circa 107 ettari e presentano una altitudine media di circa 430 mt s.l.m.; le aree a compensazione saranno sistemate a mandorleto (15 ha) e a lavanda (1.5 ha).

L'area 1 è limitata a sud dalla S.S. 121 (Catanese) e a nord dalla viabilità di campagna che congiunge la sopracitata S.S.121 con la Via Valle del Torto.

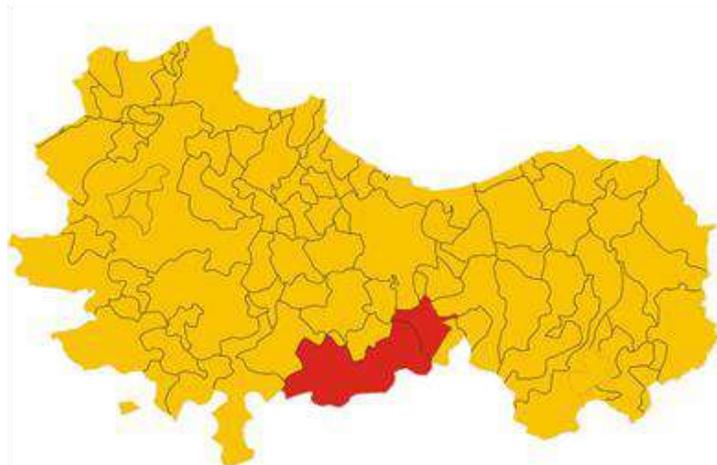
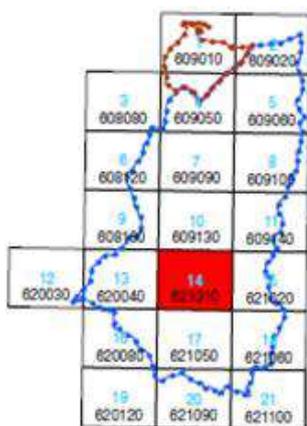
Le aree 2 e 3 sono limitate a sud dal vallone a nord Della Fattoria Tortoresi e a nord dalla S.P. 22 Della Stazione e dall'asta fluviale del Vallone Zappalanotte.

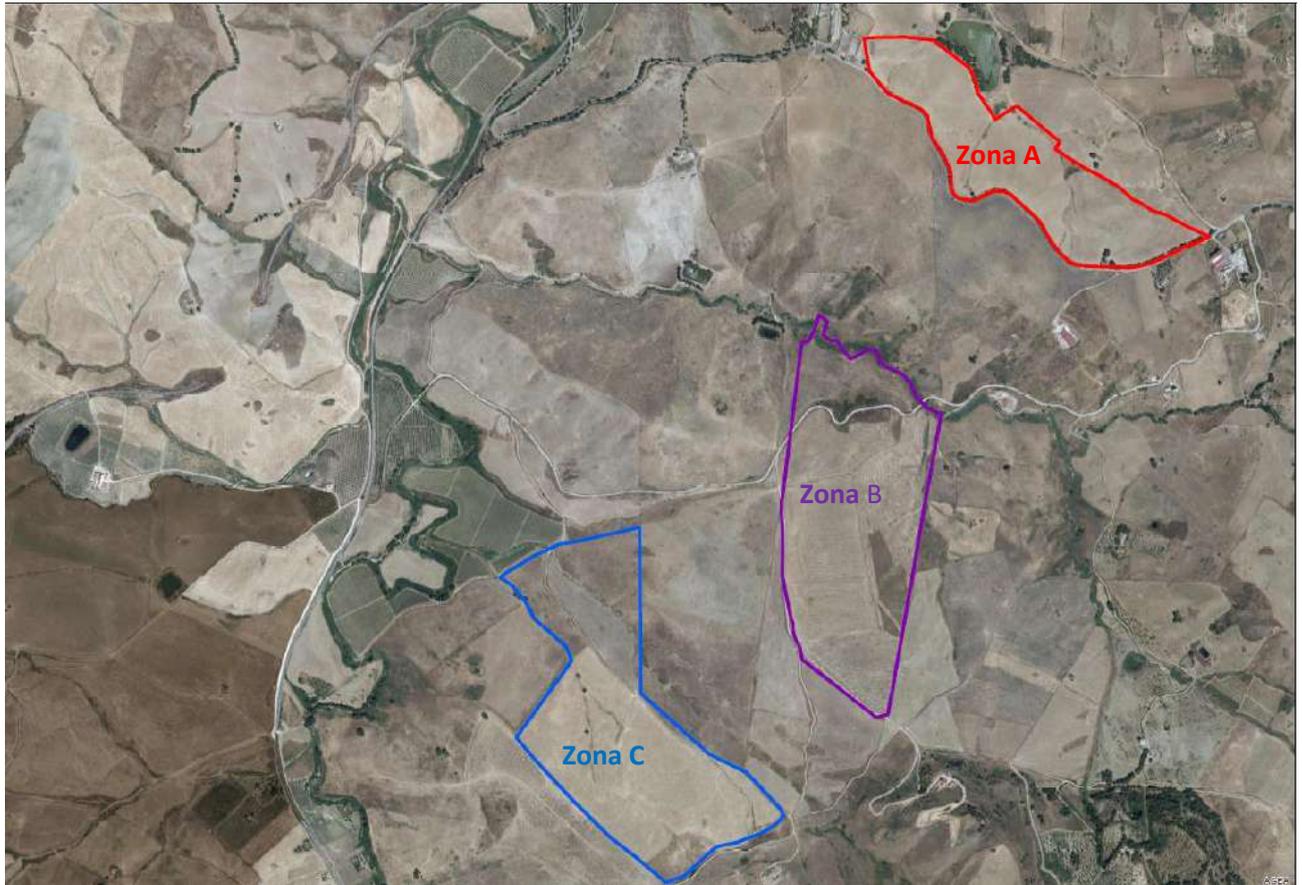
L'impianto risiederà su appezzamenti di terreno posti ad un'altitudine media di 430 m.s.l.m, diviso in 3 lotti denominati con le lettere dalla 1 alla 3.

I lotti sono raggiungibili oltre che dalle varie strade provinciali e statali anche una serie di strade secondarie interpoderali, trazzere e sentieri che non sempre risultano agevoli per accedere le zone più isolate.

La zona oggetto di intervento è distinta cartograficamente:

- ✓ Nel Foglio n°259 III - Orientamento N.E. edito dall' I.G.M.I. nella Tavoletta denominata "Roccapalumba" – in scala 1:25.000.
- ✓ Nella Sezione n° 621010 della Carta Tecnica Regionale in scala 1:10.000 denominata Alia.
- ✓ In catasto terreni del comune di Alia, sul foglio di mappa n. 8 particella 294 e catasto terreni del comune di Castronovo di Sicilia foglio di mappa n. 1 particelle 160 - foglio di mappa 2 particelle n° 1, 619 – 563.





**Ortofoto con delimitazione dei Settori**

I Settori sono identificati attraverso le seguenti coordinate geografiche nel sistema UTM 33 WGS84 riferite all'impianto fotovoltaico e alla sottostazione elettrica:

<b>COORDINATE ASSOLUTE NEL SISTEMA UTM 33 WGS84</b>			
<b>DESCRIZIONE</b>	<b>E</b>	<b>N</b>	<b>H</b>
Parco Fotovoltaico area A	13.411357	37.462978	H=440
Parco Fotovoltaico area B	13.614863	37.455090	H=460
Parco Fotovoltaico area C	13.402412	37.452900	H=427

Per una maggiore comprensione di quanto esposto nel presente paragrafo si rimanda *all' Elaborato Tav. 1) "Carta di Inquadramento Territoriale"*.

#### **4. REGIME VINCOLISTICO**

Riguardo ai vincoli, l'area oggetto della presente progettazione non è interessata da vincoli di natura geologica o archeologica, mentre sussistono il vincolo idrogeologico (R.D. 30/12/1923 n.3267), paesaggistico (corsi d'acqua e relative sponde per una fascia di 150 mt 7 art.1 lettera c) Legge 431/85),

Vincoli relativi al P.A.I. Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico della Regione Siciliana.

Come vincoli l'area oggetto di studio:

- ✓ **non ricade** in siti "Natura 2000", SIC (Siti di Interesse comunitario) e ZPS (Zone a Protezione Speciale) previste nella direttiva Comunitaria Habitat e nella circolare dell'Assessorato Regionale – Dip. Urbanistica prot n. 47993 del 23/08/2012;
- ✓ **ricade** all'interno di aree sottoposte a vincolo idrogeologico (R.D. 30/12/1923 n.3267) per quanto riguarda i Lotti 1,2,3
- ✓ **ricade** all'interno di aree sottoposte a vincolo paesaggistico ai sensi dell'art. 134 del D.lvo 42/04 limitatamente al Lotto 2;
- ✓ **ricade** limitatamente ai lotti B in zone sottoposte a vincolo ai sensi della L. 431/85 (torrenti, fiumi, corsi d'acqua che necessitano di una distanza di 150 mt).
- ✓ **ricade** in Zona sismica 2 "Sismicità media" Grado di sismicità 9 = (II Categoria) indicato con il codice ISTAT (2001) 082025 per il comune di Castronovo di Sicilia e 082001 Alia secondo quanto indicato nell'Aggiornamento della classificazione sismica del territorio regionale della Sicilia - Applicazione dei criteri dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 28 aprile 2006, n. 3519" - Deliberazione n. 81 del 24 febbraio 2022 con i relativi allegati e le elencazioni dei Comuni con la rispettiva classificazione.
- **ricade**, come da Decreto dell'Assessorato Territorio ed Ambiente della Regione Sicilia del 4 luglio 2000 (pubblicato nella G.U. del 21.07.2000) recante "*Piano straordinario per l'assetto idrogeologico*", nel *Bacino Idrografico del Fiume Torto (031) ed Area tra il bacino del Fiume Torto ed il bacino del Fiume Imera Settentrionale (031°) e Area Territoriale tra il bacino del Fiume S. Leonardo e il bacino del Fiume Torto (032) riferite alle Carte della Pericolosità e del Rischio geomorfologico e dei Dissesti n° 14 della sezione n° 621010* e risulta interessato dai seguenti dissesti:
  - codice 031-6CS-008 ricadente nell'area 3 con Stato di Attività "Attivo" e come "Area a deformazione superficiale lenta" – livello di pericolosità P2 "Medio";
  - codice 031-6CS-002 ricadente all'estremità nord-occidentale dell'area 2 ed identificato con Stato di Attività "Attivo" e come "Area a deformazione superficiale lenta" – livello di pericolosità P2 "Medio";

I dissesti sopra indicati, censiti con il relativo codice, risultano inseriti nelle:

- ✓ Carta della Pericolosità e del Rischio Geomorfologico n° 14 – in scala 1:10.000;
- ✓ Carta dei dissesti n° 14 – in scala 1:10.000.

Per una maggiore comprensione di quanto esposto nel presente paragrafo si rimanda all' *Elaborato – Tav.*

2) *"Carta dei vincoli"*.

## 5. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'area studiata ricade all'interno dei Monti di Termini Imerese e delle Madonie Occidentali (Abate, Renda e Tramutoli).

I monti di Termini Imerese e le Madonie Occidentali ricadono nella Sicilia centro-settentrionale e si estendono lungo una fascia compresa tra il Mar Tirreno a Nord, i Monti di Trabia ad Ovest, le Madonie ad Est e i Monti Sicani a Sud. Essi rappresentano un segmento della catena Siciliana e sono costituiti dall'impilamento di una successione di unità tettoniche messe in posto dopo il Miocene inferiore, derivanti dalla deformazione di originari domini paleogeografici, individuati durante le fasi di distensione mesozoiche. È possibile distinguere le seguenti successioni:

- Successioni carbonatiche e silico-clastiche mesozoico-terziarie, con caratteri di bacino e piattaforma carbonatica riferibile ai domini paleogeografici sicilide, panormide imerese numidico, trapanese, lercarese e sicano;
- Successioni silico-clastiche carbonatiche, evaporitiche del ciclo Tortoniano superiore-Pliocene inferiore, depositatesi sulle successioni precedenti già deformate o in via di deformazione;
- Successioni silico-clastico-carbonatiche, per lo più distribuite lungo la fascia costiera, del ciclo Pliocene superiore-Quaternario.

I momenti principali della tettonogenesi che ha interessato l'area sono:

- *Burdigalliano-Langhiano*: le unità derivanti dalla deformazione dei domini più interni, panormide e imerese, si sovrappongono ai depositi più esterni del bacino imerese. In questo periodo si ha inoltre la messa in posto delle unità Sicilidi.
- *Serravalliano-Tortoniano*: le unità precedenti subiscono una ulteriore traslazione. Si deformano il dominio trapanese e la porzione settentrionale del bacino sicano ed entrambi si sovrappongono ai sedimenti serravalliani del bacino sicano. L'unità Cozzo Almerita con il suo substrato imerese si sovrappone ai sedimenti serravalliani del bacino Sicano.
- *Pliocene medio*: una ulteriore fase tettonica determina, a Sud della Sicilia, la sovrapposizione delle unità sicane sulle unità saccensi più esterne, mentre a Nord determina un complesso sistema di strutture plicative.
- *Pliocene superiore*: si accentua la tendenza al sollevamento, si individuano delle depressioni tettoniche a sedimentazione continentale a sud e marina lungo la fascia tirrenica.
- *Pleistocene*: si realizza la completa estensione dell'area.

Il rilevamento geologico condotto nelle tre aree di progetto ed opportunamente esteso all'intero bacino idrografico sotteso dal sito in esame, ha permesso di determinare la successione litologica e l'assetto

strutturale dei terreni affioranti nel territorio in esame di seguito elencati secondo il criterio stratigrafico, dal più recente al più antico:

- a) Argille, arenarie e conglomerati (affioranti nella porzione Nord Occidentale dell'area 3): prevalenti conglomerati da rossastri a giallastri, ad elementi arenacei e calcarei ed in subordine ignei, alternati ad arenarie e lenti pelitiche. MESSINIANO INF.-TORTONIANO SUP.
- b) Argille, arenarie e conglomerati (affioranti in prossimità delle aree 2 e 3): prevalenti sabbie e arenarie da giallastre a grigie, alternate con peliti e lenti conglomeratiche. MESSINIANO INF.-TORTONIANO SUP
- c) Facies pelitico arenacee associate a facies conglomeratiche arenacee (affioranti in tutte e tre le aree). Alternanza di peliti predominanti ed arenarie in strati decimetrici. LANGHIANO - MIOCENE INF.
- d) Facies arenacee associate a facies conglomeratico arenacee (affioranti in prossimità dell'area 1 nella porzione NE). Arenarie in strati e banchi con intercalazioni pelitiche. sono presenti intercalazioni arenaceo conglomeratiche. MIOCENE INF. - OLIGOCENE SUP

L' *Elaborato Tav. n° 3) Carte Tematiche* e più precisamente alla *Tav. 3°) Geologica – in scala 1:10.000*, a cui si demanda per una maggiore comprensione dei dati, rappresenta l'elaborato cartografico di riferimento di quanto sopra esposto.

## 6. INQUADRAMENTO SISMOTETTONICO E SISMICITA' DELL' AREA

La caratterizzazione e modellazione geologica del sito non può prescindere, in ottemperanza alle *Norme Tecniche per le Costruzioni*, da una valutazione della pericolosità sismica del territorio, che costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

La pericolosità sismica di una zona, in senso lato, è determinata dalla frequenza con cui avvengono i terremoti e dall'intensità che essi raggiungono. Essa corrisponde alla probabilità che un valore prefissato di pericolosità, espresso da un parametro del suolo (quale ad esempio l'accelerazione massima o il grado d'intensità macrosismica), venga superato in un dato sito entro un fissato periodo di tempo.

La storia sismica dell'area è stata ricostruita sulla base delle osservazioni disponibili nel *DBMI15, la versione 2015 del Database Macrosismico Italiano (Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A., Azzaro R., D'Amico S., Conte S., Rocchetti E. (2016). DBMI15, the 2015 version of the Italian Macroseismic Database. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (<http://doi.org/10.6092/INGV.IT-DBMI15>).*

Per il territorio di Castronovo di Sicilia sono disponibili 7 osservazioni, mostrate nella tabella sottostante.

Intensity	YearMo Da Ho Mi Se	Epicentral area	NMDP	Io	Mw
5	1823 03 05 16 37	Sicilia settentrionale	107	8	5,81
NF	1907 01 21 03 41	Tirreno meridionale	32	5	4,14
6	1968 01 15 02 01 09.00	Valle del Belice	162	10	6,41
NF	1994 01 05 13 24 11.37	Tirreno meridionale	148		5,82
NF	1995 04 11 12 06 51.62	Sicilia centrale	43	3-4	4,03
3	1996 12 14 00 18 42.79	Monti Madonie	45	5	4,27
NF	2004 05 05 13 39 42.93	Isole Eolie	641		5,42

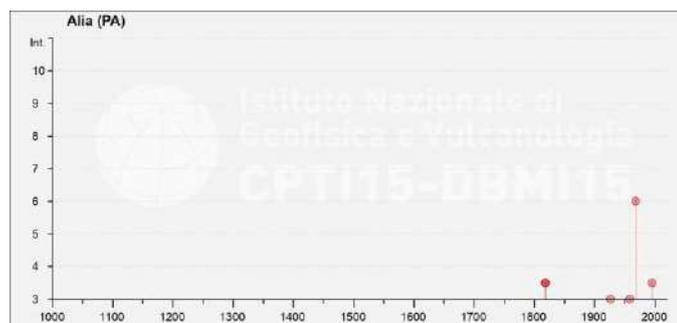
La figura di seguito riportata mostra il diagramma della storia sismica dell'area, limitatamente ai terremoti con intensità epicentrale uguale o superiore a 3-4.



Per il territorio di Alia sono disponibili 12 osservazioni, mostrate nella tabella sottostante:

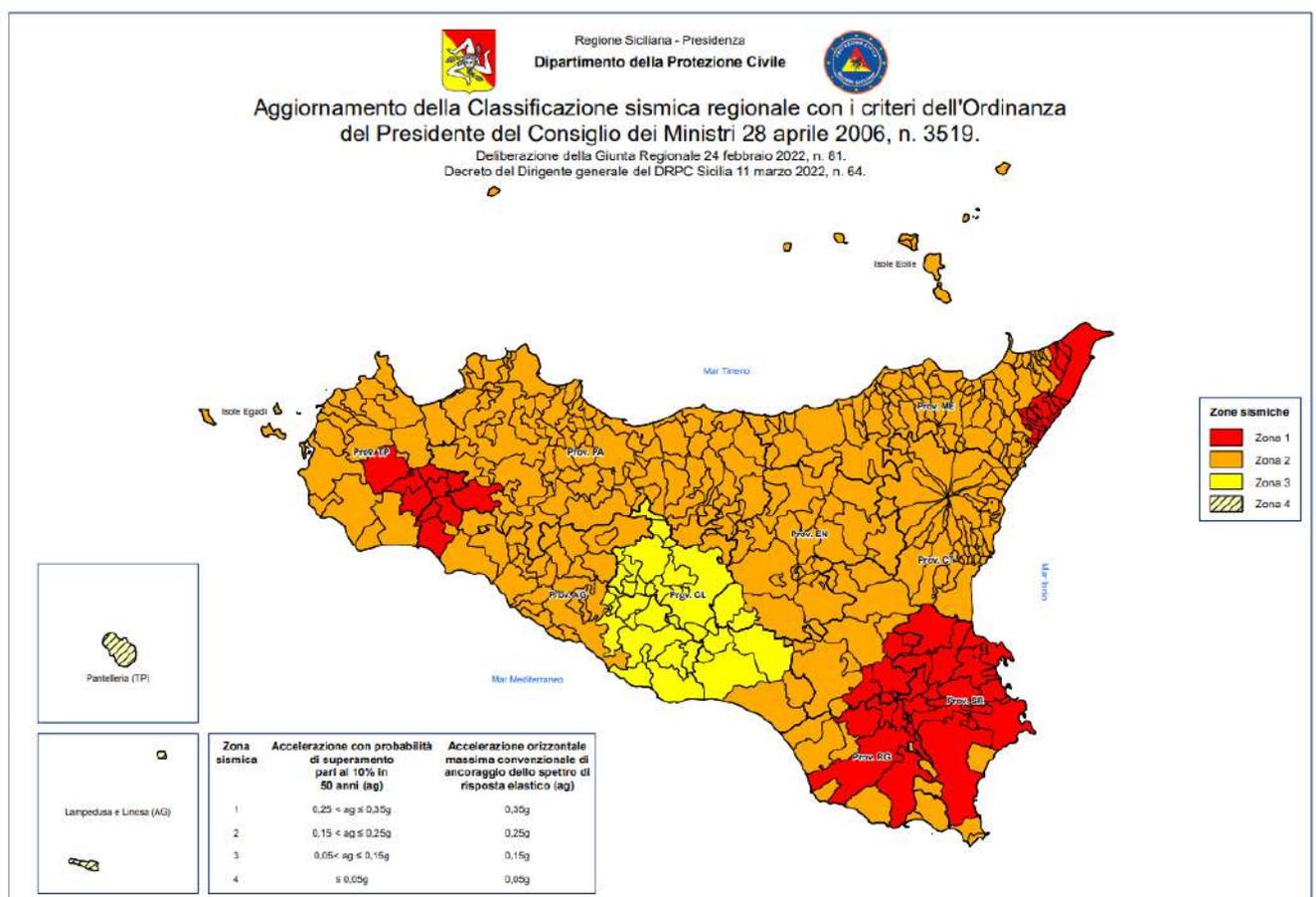
Intensity	YearMo Da Ho Mi	Epicentral area	DepDef	Io	Mw
3-4	1818 09 08 09 50	Monti Madonie		7-8	5.34
3-4	1818 02 24 23 20	Monti Madonie		7-8	5.37
NF	1905 09 08 01 43	Calabria centrale		10-11	6.95
2	1907 01 21 03 41	Tirreno meridionale		5	4.14
3	1927 09 22 19 38	Valledolmo		4-5	3.93
3	1959 12 23 09 29	Piana di Catania		6-7	5.11
6	1968 01 15 02 01	Valle del Belice		10	6.41
2	1977 06 05 13 59	Monti Nebrodi		6-7	4.61
NF	1995 04 11 12 06	Sicilia centrale	24	3-4	4.03
3-4	1996 12 14 00 18	Monti Madonie	4	5	4.27
NF	2004 05 05 13 39	Isole Eolie	228.6		5.42
NF	2005 11 21 10 57	Sicilia centrale	63.2	7-8	4.56

La figura a lato mostra il diagramma della storia sismica dell'area, limitatamente ai terremoti con intensità epicentrale uguale o superiore a 3.



Per quanto riguarda la classificazione sismica, i territori di Castronovo di Sicilia ed Alia, secondo la normativa regionale vigente, D.G.R. n. 408 del 19 dicembre 2003 *“Individuazione, formazione ed aggiornamento dell’elenco delle zone sismiche ed adempimenti connessi al recepimento ed attuazione dell’Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 20 marzo 2003, n. 3274* risulta classificato come **Zona 2** il cui valore ha scopo puramente amministrativo. Riguardo alla pericolosità sismica di base, il territorio comunale non ricade in nessuna **Zona Sismogenetica (ZS)** la cui zonazione trae origine dalla carta delle zone sismogenetiche ZS9, approvata dalla Commissione Grandi Rischi del Dipartimento della Protezione Civile il 06 aprile 2004, recepita dalla O.P.C.M. n° 3519 del 28 aprile 2006 e divenuta infine la Mappa di riferimento prevista dal D.M. 17 gennaio 2018 – *Aggiornamento Norme Tecniche per le Costruzioni*.

La figura a fianco, tratta dal sito della Regione Siciliana, Dipartimento della Protezione Civile, riporta la classificazione sismica regionale e la Zonazione sismogenetica ZS9 con l’indicazione dei Comuni compresi nell’Allegato 7 dell’OPCM 3907/2010.



La Mappa della Pericolosità Sismica per il territorio di Castronovo di Sicilia, tratta dal sito interattivo dell'INGV, rappresenta i diversi parametri dello scuotimento su una griglia regolare a passo 0.05°; la mappa riporta il parametro dello scuotimento:  $a(g)$  (accelerazione orizzontale massima del suolo, come definita dall'OPCM 3519/2006, corrispondente a quella che in ambito internazionale viene chiamata PGA), l'unità di misura è  $g$ , vale a dire l'accelerazione di gravità, corrispondente a  $9.8m/sec^2$ . I valori di accelerazione massima del suolo ( $ag$ ) espressa in termini di probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferita a suoli rigidi, per l'area in esame risultano compresi tra **0.025 e 0.100 g**.

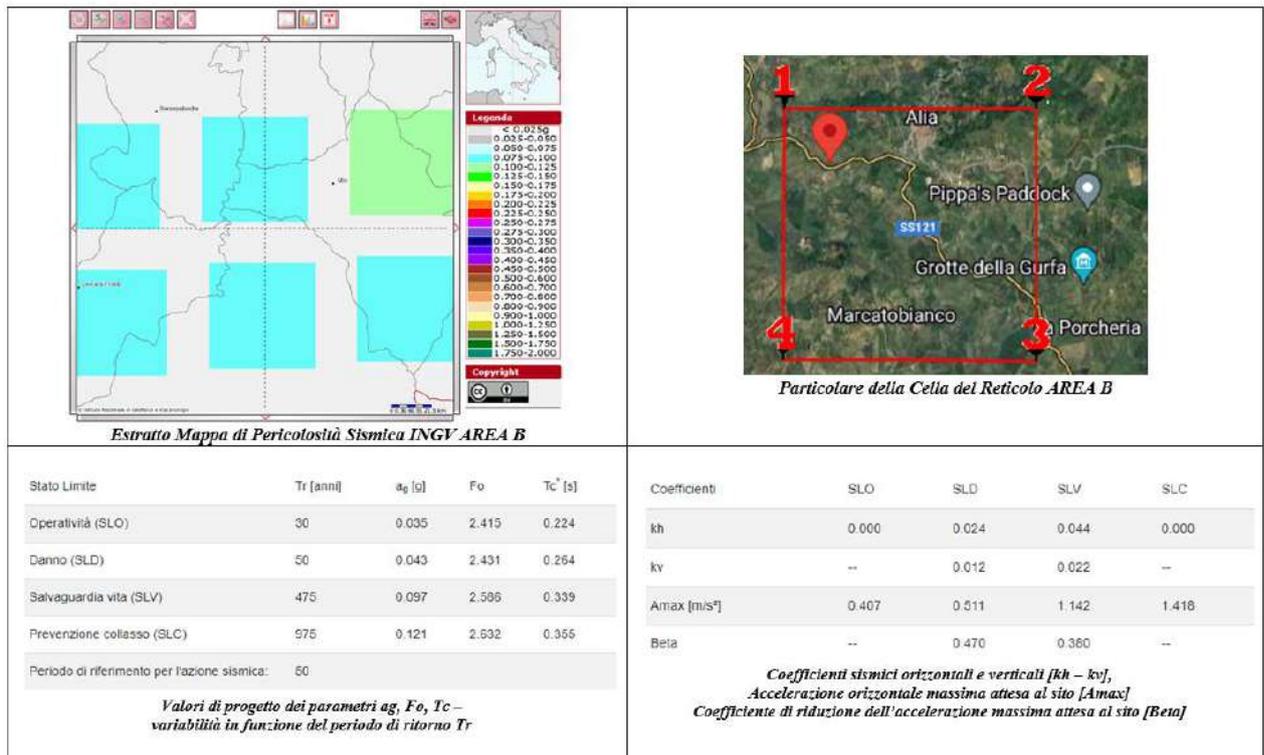
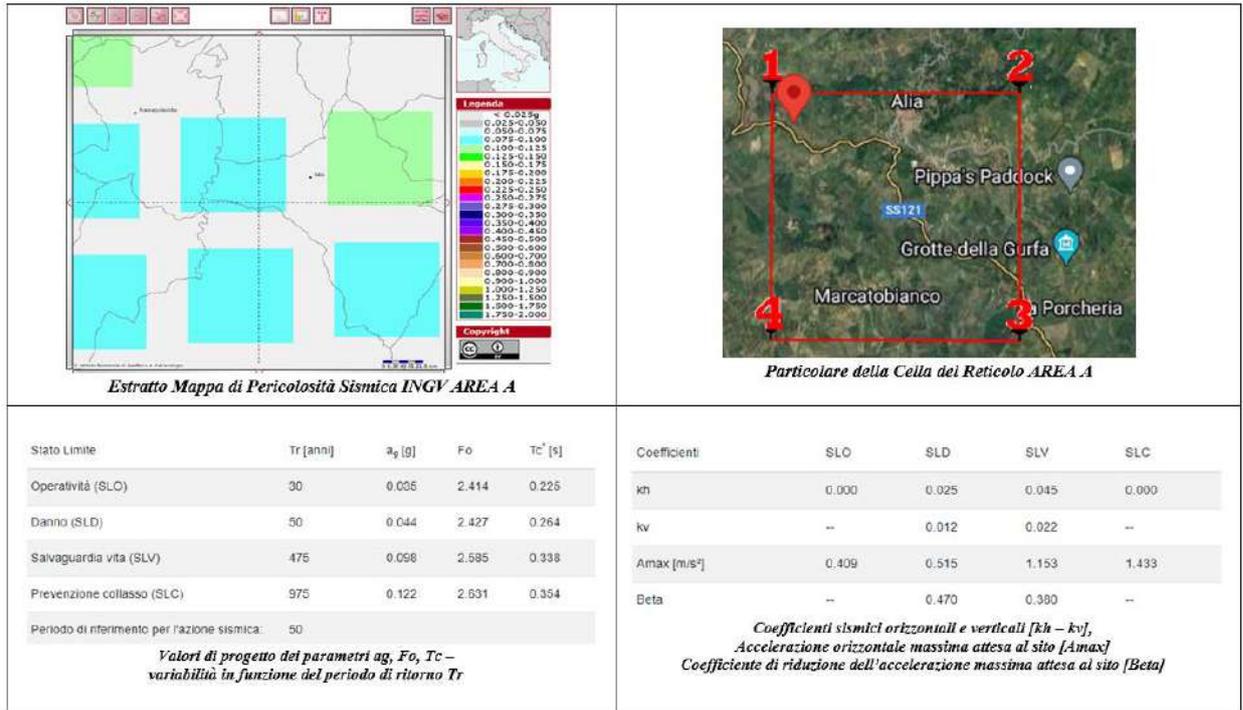
Sulla base dei dati raccolti e delle indagini effettuate è possibile individuare l'azione sismica di sito che tiene conto delle condizioni stratigrafiche locali e della morfologia di superficie, al fine di definire gli spettri di risposta ai sensi delle NTC-18. Per la valutazione dell'effetto della Risposta Sismica Locale (RSL) si fa riferimento all'approccio semplificato (§3.2.III); Le forme spettrali sono definite sul sito di riferimento rigido orizzontale in funzione di tre parametri:

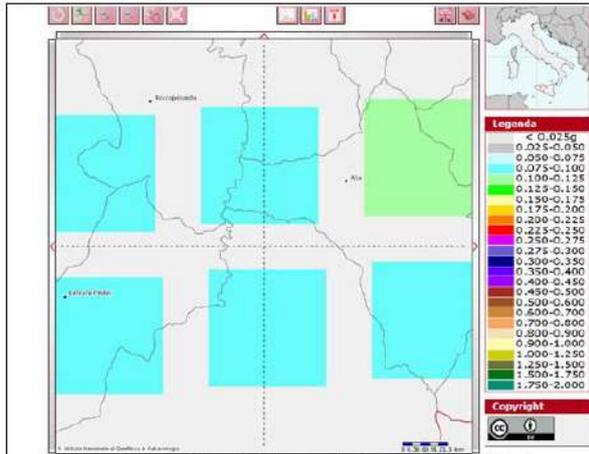
- $a_g$  : accelerazione orizzontale di massima del terreno;
- $F_o$ : valore massimo del fattore di amplificazione in accelerazione orizzontale;
- $T_c$ : periodo di inizio del tratto a velocità costante in accelerazione verticale.

I valori dei sopracitati parametri per il sito in esame e per i diversi stati limite sono stati calcolati e riassunti nella tabella e nelle figure seguenti (le elaborazioni sono state effettuate con il software on-line "Parametri Sismici" disponibile su [www.geostru.com](http://www.geostru.com)):

Le condizioni geologiche e topografiche locali non possono far variare, in termini negativi, la risposta sismica del sito e/o provocare amplificazioni di energia sismica. Non si segnalano, inoltre, situazioni che siano fonte di amplificazioni dell'ampiezza delle onde sismiche e/o di riflessione multipla nelle fasce di transizione geologica (categoria topografia T1).

I terreni in studio, altresì, non possiedono caratteristiche tali da innescare fenomeni di liquefazione in concomitanza di eventi sismici.





Estratto Mappa di Pericolosità Sismica INGV AREA C



Particolare della Cella del Reticolo AREA C

Stato Limite	$T_r$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$	$T_c$ [s]
Operatività (SLO)	30	0.034	2.416	0.219
Danno (SLD)	50	0.042	2.442	0.261
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.053	2.593	0.343
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.115	2.644	0.360
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			

*Valori di progetto dei parametri  $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T_c$  – variabilità in funzione del periodo di ritorno  $T_r$*

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
$k_h$	0.000	0.024	0.043	0.000
$k_v$	--	0.012	0.021	--
$A_{max}$ [m/s <sup>2</sup> ]	0.395	0.495	1.097	1.354
Beta	--	0.470	0.380	--

*Coefficienti sismici orizzontali e verticali [ $k_h - k_v$ ],  
Accelerazione orizzontale massima attesa al sito [ $A_{max}$ ]  
Coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito [Beta]*

## 7. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

Le peculiarità geomorfologiche riscontrate nel territorio oggetto di studio risultano determinate dall'interazione tra le caratteristiche geologico-strutturali ed il modellamento differenziale indotto dagli agenti atmosferici.

In generale sono stati individuati i seguenti fattori che condizionano l'assetto geomorfologico del territorio: i fattori geologici, i fattori esogeni (tra i quali rientrano quelli climatici ed antropici) ed infine i fattori geomorfologici.

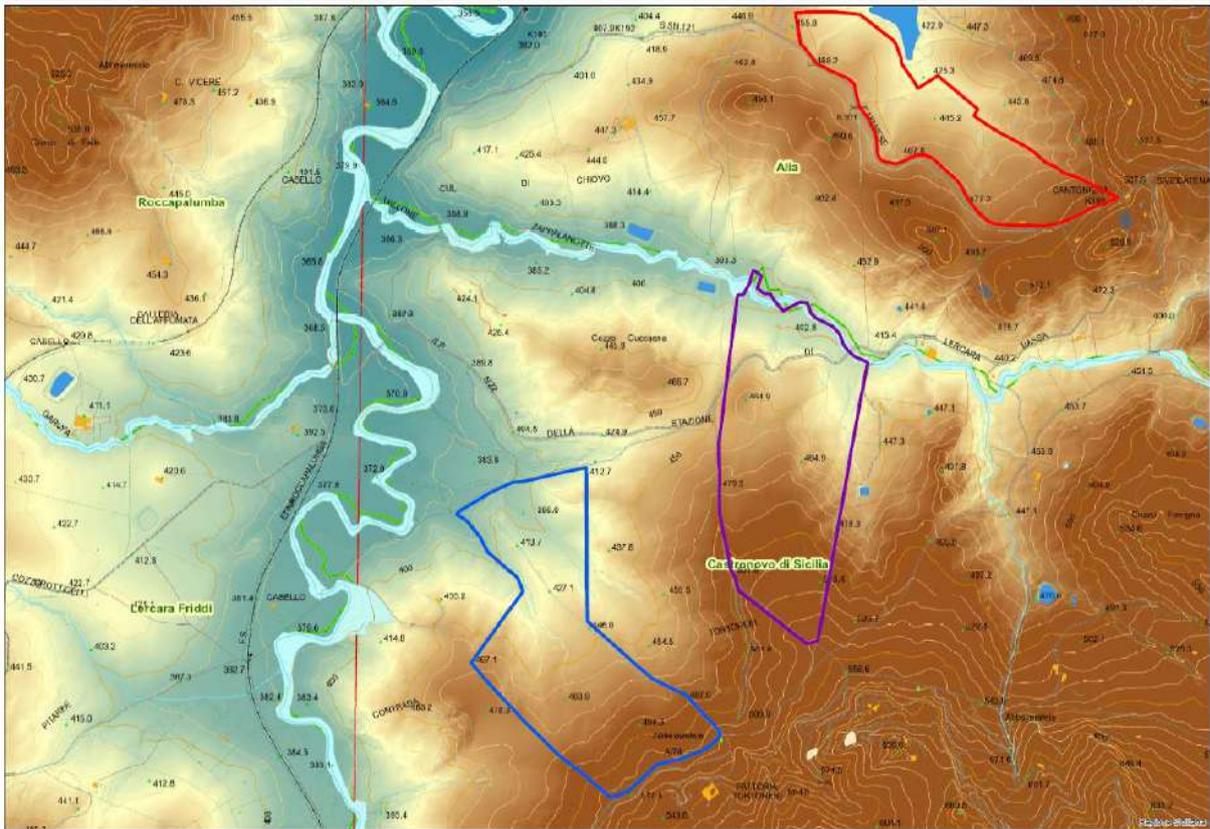
I *fattori geologici* comprendono sia le caratteristiche tettoniche alla macroscale e alla microscale sia le litologie dei corpi in termini composizionali e/o tessiturali che ne condizionano la resistenza agli agenti erosivi; infatti i litotipi presenti sono costituiti da terreni argillosi alternati a livelli calcarei con una elevata propensione al dissesto.

Tra i *fattori esogeni* rientrano soprattutto le azioni legate agli agenti atmosferici, tra i quali le acque meteoriche e la loro distribuzione, che hanno giocato un ruolo fondamentale nel controllo e modellamento delle forme rilevate; il clima mediterraneo, infatti, si presta bene a degradare fisicamente e chimicamente i rilievi presenti nell'area e a predisporre i terreni al dissesto soprattutto nelle zone dove esistono alternanze di litotipi a diversa permeabilità.

Inoltre la presenza di numerosi terrazzamenti per le pratiche agricole e l'espansione urbanistica di tale porzione del territorio comunale testimoniata soprattutto dalla realizzazione del viadotto ha contribuito a generare condizioni di disequilibrio dei versanti oltre che degli effetti negativi in termini di impatto ambientale.

Tra i *fattori geomorfologici* invece rientrano le caratteristiche morfometriche e morfologiche dei versanti; infatti la presenza di versanti estesi ed allungati nell'area rilevata ha contribuito a generare movimenti franosi del tipo scorrimento rotazionale e colamenti, che sono di gran lunga più frequenti rispetto ad altre tipologie.

Estendendo lo studio geomorfologico alla scala del Bacino idrografico di riferimento si evidenzia come la morfologia del territorio è esclusivamente di tipo collinare, con rilievi che raggiungono i 550 m s.l.m., generalmente a forma allungata o a cozzi isolati; le porzioni argillose invece costituiscono basse colline a cime arrotondate e risultano maggiormente solcate dalla rete idrografica con linee di impluvio distribuite secondo un pattern prevalentemente dendritico.



**Modello digitale del Terreno dell'area di studio**

Lo stato morfologico attuale del bacino esaminato rappresenta una fase transitoria del processo di modellamento della superficie tendente ad una condizione di equilibrio e, pertanto, nel tempo, è suscettibile di continue modificazioni.

In questo contesto si inseriscono gli elementi vulnerabili, vale a dire tutti quegli aspetti connessi all'antropizzazione dei luoghi, che interagiscono, talora negativamente, con il contesto morfologico attivo, risentendo del processo evolutivo.

Le morfologie derivanti sono, pertanto, connesse all'erodibilità delle rocce affioranti, in relazione con lo stato di acclività dei versanti; l'azione erosiva risulta maggiormente accentuata in corrispondenza degli affioramenti plastici piuttosto che in quelli lapidei.

I terreni sono prevalentemente a composizione argillosa ed argillo sabbiosa e conglomeratica che risultano influenzati dai fenomeni di ruscellamento concentrato che originano fossi di erosione particolarmente accentuati lungo i pendii argillosi e detritici: il ruscellamento diffuso determina condizioni di erosione accelerata superficiale capace di degenerare in forme calanchive oppure di fenomeni grabnitativi superficiali accelerati da processi di scalzamento al piede.

Il rilevamento eseguito in situ ed esteso ad un intorno significativo a valle e a monte è stato correlato, in una seconda fase, con l'osservazione delle foto aeree.

La presenza di litologie più argillose genera un assetto morfologico contrassegnato da pendii debolmente inclinati, frequenti montonature, nicchie e gradini conformi o contrari all' andamento dei pendii, sui quali il principale processo morfodinamico è legato allo scorrimento delle acque libere e all'erosione e al trasporto solido delle acque incanalate.

Dal punto di vista dell'**erodibilità**, tali litotipi possono essere così classificati:

- terreni prevalentemente incoerenti e terreni coesivi e pseudo coesivi caratterizzati da una coltre alterata e parzialmente rimaneggiata caratterizzati da *erodibilità molto elevata*.

I **processi morfogenetici** in atto sono prevalentemente quelli legati alla gravità (frane) ed al modellamento erosivo fluvio – denudazionale; infatti il rilievo di superficie ha permesso di osservare, sotto questo punto di vista, una situazione di dissesto morfologico piuttosto frequente lungo i versanti.

Il *modellamento fluvio-denudazionale* è generato dal deflusso superficiale delle acque di origine meteorica., responsabile sia di processi di erosione, fondamentalmente per ruscellamento lungo i versanti e dei processi di sedimentazione nelle zone di alveo.

Lungo i versanti l'erosione si può manifestare attraverso:

- *fenomeni di ruscellamento diffuso (sheet erosion)* che generano superfici denudate dal deflusso superficiale soprattutto in corrispondenza di litotipi argillosi (Forme calanchive)
- *fenomeni di ruscellamento concentrato (rill erosion)* che generano incisioni in cui l'erosione genera fossi più o meno approfonditi.

Sono evidenti forme di denudamento calanchive a causa delle acque di ruscellamento superficiale che incidono i versanti privi di vegetazione; tale situazione genera tipiche di erosione quali: solchi e rill erosion. Laddove, invece, i terreni del substrato sono prevalentemente di natura pseudo coesiva (argille) e la soprastante coltre superficiale deriva dalla disgregazione del substrato profondo (eluvium) sono facilmente riscontrabili fenomeni gravitativi del tipo scorrimento rotazionale che evolvono, con il ridursi delle pendenze, a colamenti e/o soliflussi.

Maggiore risulta l'erosione concentrata lungo le incisioni che creano impluvi più o meno approfonditi con fossi irregolari; tale circostanza è pressoché confermata in corrispondenza di diverse linee di impluvio che vengono attraversate dal tracciato, con situazioni più o meno esasperate in funzione del grado di approfondimento.

I fenomeni di dissesto rilevati sono stati **classificati** facendo riferimenti alla Classificazione di Varnes (1978) e Cruden Varnes (1995), del Progetto IFFI, (Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia – Dipartimento Difesa del Suolo - Servizio Geologico d'Italia ISPRA).

Nel caso in questione sono state individuate le seguenti **tipologie di frane**:

### **Frane complesse**

Il movimento risulta dalla combinazione di due movimenti a seguire descritti:

- *Deformazione superficiale "lenta"* – La deformazione superficiale è un movimento spazialmente continuo, in cui le superfici di taglio hanno breve durata, sono molto ravvicinate e generalmente non si conservano. La distribuzione della velocità nella massa dislocata può essere paragonata a quella dei fluidi viscosi. Il limite inferiore della massa spostata può essere una superficie in corrispondenza della quale ha avuto luogo un apprezzabile movimento differenziale, oppure una spessa zona in cui gli sforzi di taglio sono distribuiti. Esiste pertanto un passaggio graduale dal movimento per scivolamento a quello per colamento in funzione del contenuto d'acqua, della mobilità del materiale e dell'evoluzione del movimento. Frequenti sono i colamenti lenti, dove i movimenti sono generalmente caratterizzati da bassa velocità e coinvolgono terreni ad elevato contenuto argilloso e per lo più basso contenuto d'acqua. Si tratta di fenomeni, anche di grandi dimensioni, che interessano prevalentemente versanti non molto ripidi costituiti da rocce argillose o da rocce alterate con matrice argillosa.

Nel nostro caso la tipologia più frequente di movimenti gravitativi afferisce alla classe delle Frane complesse a movimento lento, riscontrate nei Settori 1, 2 e 3.

In altri casi è stato evidenziato come le frane individuate presentino caratteri morfologici peculiari e forme più o meno modellate (zone di svuotamento e aree di accumulo) che interessano principalmente le coltri eluviali rimaneggiate di spessore di qualche metro.

### **Aree soggette a frane superficiali diffuse**

Si riferisce a tutti quei settori di versante che in passato sono stati interessati da frane di vario tipo e che oggi si manifestano a carico di spessori generalmente limitati dei terreni sciolti di copertura e che si sono innescate contestualmente ad eventi meteorologici di forte intensità.

- *Creep* - Movimenti lenti superficiali con scorrimento verso valle della coltre detritica di un pendio, per effetto della saturazione in acqua, con velocità che vanno da qualche millimetro a qualche metro ogni anno. Questo movimento si distingue dalle colate per la sua lentezza e perché il terreno in movimento mantiene la sua consistenza, pur manifestando la presenza di piccole colate, lobi e increspature del terreno. La maggior parte di questi spostamenti, per effetto della forza di gravità, si traduce in una discesa lungo il pendio anche minima; la somma di queste discese produce uno scorrimento complessivo della coltre rimaneggiata superficiale che può raggiungere una velocità di qualche millimetro all'anno.

Ai fini di una semplificazione nella descrizione delle varie forme di dissesto che caratterizzano i versanti, le categorie di frane sopra elencate sono quelle che, pur con dinamiche diverse, presentano uno stato di attività ed incidenza fortemente differente e che coinvolgono principalmente gli affioramenti della formazione Terravecchia.

La coesistenza di diversi **fattori predisponenti** ai fenomeni gravitativi rende i versanti in questione particolarmente fragili ed esposti ai movimenti franosi; tali fattori predisponenti nel caso specifico sono così sintetizzabili:

- l'acclività dei pendii abbinata ad una elevata energia dei rilievi;
- la natura litologica degli affioramenti;
- un reticolo idrografico scarsamente organizzato, con fenomeni di ruscellamento areale e diffusi ristagni d'acqua con la formazione di piccoli ristagni e conche di corpo di frana.

Il meccanismo innescante è attribuibile ad un regime meteorologico particolarmente piovoso che agevola i suddetti fenomeni di ruscellamento in superficie al quale si associano importanti processi di erosione valliva e la permeazione delle coltri sabbiose arenacee superficiali che si imbibiscono d'acqua sino al p.c.

Dal punto di vista dello **Stato di attività** dei dissesti, facendo riferimento alla classificazione proposta Servizio Geologico-Dipartimento Servizi Tecnici Nazionali della Presidenza del Consiglio dei Ministri – Progetto IFFI – Scheda di rilevamento luglio 2000 (derivata da Cruden & Varnes -1996), è così classificabile:

- *attiva (active)*: frana attualmente in movimento. Nel caso di aree soggette a crolli, ribaltamenti e sprofondamenti diffusi, il termine attivo viene utilizzato qualora sia alta la frequenza temporale dei singoli fenomeni su tutta l'area.

I rilievi di superficie non hanno messo in evidenza interazioni dei fenomeni di dissesto con le infrastrutture civili presenti nell'area.

Per una maggiore comprensione di quanto sopra esposto e per una maggiore completezza dei dati, si rimanda all'Elaborato Tav. n° 3) Carte Tematiche e più precisamente alle seguenti tavole:

Tav. 1 B) Carta Geomorfologica Area 1 – scala 1:10.000

Tav. 1 C) Carta Geomorfologica Area 2 – scala 1:10.000

Tav. 1 D) Carta Geomorfologica Area 3 – scala 1:10.000

#### **71.1. ESAME DELLA DOCUMENTAZIONE DEL PAI**

L'esame degli elaborati del Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico, P.A.I. della Regione Sicilia, ha messo in evidenza la particolare complessità dell'evoluzione geomorfologica dell'area oggetto di studio. Nell'ambito della valutazione dello stato di attività dei fenomeni franosi riconosciuti lungo il versante, è stato preso in considerazione oltre a quanto osservato durante il rilevamento di campagna anche quanto pubblicato in occasione del *Piano straordinario per l'assetto idrogeologico*, nel *Bacino Idrografico del Fiume Torto (031) ed Area tra il bacino del Fiume Torto ed il bacino del Fiume Imera Settentrionale (031°) e Area Territoriale tra il bacino del Fiume S. Leonardo e il bacino del Fiume Torto (032) riferite alle Carte della Pericolosità e del Rischio geomorfologico e dei Dissesti n° 14 della sezione n° 621010.*

I segni dei dissesti risultano evidenti, nei tratti in cui il versante presenta maggiore acclività e in alcuni casi lo stato di dissesto lungo i versanti è identificato nell'ambito delle cartografie del vigente PAI, nei quali sono riportati delimitazioni di aree a franosità diffusa e ad erosione accelerata, aree a deformazione superficiale lenta, aree a frane complesse.

- codice 031-6CS-008 ricadente nell' area 3 con Stato di Attività "Attivo" e come "Area a deformazione superficiale lenta" – livello di pericolosità P2 "Medio";
- codice 031-6CS-002 ricadente all'estremità nord-occidentale dell'area 2 ed identificato con Stato di Attività "Attivo" e come "Area a deformazione superficiale lenta" – livello di pericolosità P2 "Medio";

I dissesti sopra indicati, censiti con il relativo codice, risultano inseriti nelle:

- Carta della Pericolosità e del Rischio Geomorfologico n° 14 agg. 2014 – in scala 1:10.000;
- Carta dei dissesti n° 14 agg. 2014 – in scala 1:10.000.

Il livello di pericolosità previsto si colloca ad un grado di Pericolosità media (P2) per i quali si demanda alle Norme di Attuazione della Relazione Generale del PAI di seguito riportate:

*...nelle aree a pericolosità P2, P1 e P0, è consentita l'attuazione delle previsioni degli strumenti urbanistici, generali e attuativi, e di settore vigenti, corredati da indagini geologiche e geotecniche effettuate ai sensi della normativa in vigore ed estese ad un ambito morfologico o ad un tratto di versante significativo",*

*Laddove le condizioni di pericolosità che interagiscono con la sede stradale generano stati di rischio elevato (R3), gli interventi di manutenzione delle infrastrutture e delle opere di contenimento sono consentite ai sensi del comma 1 dell'art. 10 Capo 1 – Cap. 11.2 della Relazione Generale del PAI, secondo il quale, riprendendo la disciplina delle aree a rischio R4 previste nell' art. 9, possono essere previste nel caso in oggetto:*

*"....Gli interventi necessari per la manutenzione ordinaria, straordinaria e di consolidamento delle opere infrastrutturali e delle opere pubbliche o di interesse pubblico e gli interventi di consolidamento e restauro conservativo di beni di interesse culturale, compatibili con la normativa di tutela; ...le occupazioni temporanee di suolo, da autorizzarsi ai sensi dell'art. 5 della legge regionale 10 agosto 1985, n. 37, realizzate in modo da non recare danno o da risultare di pregiudizio per la pubblica incolumità;*

*...gli interventi di consolidamento per la mitigazione del rischio di frana."*

Al fine di descrivere nel dettaglio il contesto geomorfologico e lo stato di dissesto lungo lo sviluppo del tracciato stradale, si è proceduti a suddividere l'area in 6 Settori dove sono evidenti i nuovi aggiornamenti emersi dalla campagna di rilevamento geomorfologico eseguito per lo studio in oggetto.

Si veda l'Elaborato Tav. n° 2) "Carta dei vincoli" e più precisamente le tavole:

Tav. 2 A) Carta della Pericolosità e del Rischio geomorfologico – scala 1:10.000

Tav. 2 B) Carta dei Dissesti – scala 1:10.000

## **8. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO**

L'assetto idrogeologico dell'area oggetto di studio è il risultato dell'interazione delle caratteristiche idrodinamiche delle litologie affioranti ed in sottosuolo e della situazione geologica e/o tettonica.

Premettendo che la permeabilità può presentare un'estrema variabilità spazio-temporale anche all'interno di una stessa unità, si è definito tale parametro sia qualitativamente (tipo) che quantitativamente (grado) per le formazioni affioranti nel bacino, allo scopo di valutare l'entità dell'infiltrazione idrica ed ottenere un quadro del regime di circolazione idrica sotterranea.

La zona di studio ricade in un'area caratterizzata prevalentemente da un'estesa copertura argillosa e di conseguenza non sono individuabili bacini idrogeologici sotterranei.

Le variazioni di facies associate ai litotipi presenti fanno sì che i litotipi a composizione prevalentemente argilloso-marnosa, sono caratterizzati da un grado di permeabilità scarso o quasi nullo (impermeabili) ed in essi la circolazione idrica sotterranea è praticamente assente; nei livelli caratterizzati da una coltre eluvio-colluviale spessa e/o contenente una frazione arenacea e/o intercalazioni litoidi si possono verificare, invece, delle infiltrazioni d'acqua fino ad alcuni metri di profondità, ma esse sono talmente esigue da non poter essere considerate nemmeno falde acquifere superficiali.

Il rilevamento di campagna ha permesso di individuare a monte e valle dell'area in esame numerosi impluvi che interagiscono con i corpi di frana e in alcuni casi li limitano lateralmente; la scarsa manutenzione e pulizia dei canali di scolo e lo scorrimento di tale acque che il versante lungo vie preferenziali comporta l'accelerazione di movimenti gravitativi e l'innescò del fenomeno di scalzamento laterale e alla base.

La rete idrografica risulta dominata dalla presenza del Fiume Torto in prossimità dell'area 3 e dal vallone Zappalanotte in corrispondenza dell'area 2 e dalla presenza di incisioni topografiche, spesso a carattere torrentizio disposte con direzione variabile da N-S a NO-SE in tutti e tre i fondi, che durante gli eventi meteorici provocano fenomeni di ruscellamento, con conseguenti locali, maggiori approfondimenti degli alvei (Vedi carta geomorfologica allegata).

Per quanto concerne gli aspetti di carattere idrogeologico è da rilevare che, nell'area studiata, predominano litotipi con condizione di permeabilità notevolmente variabile.

Mancano vere e proprie falde acquifere e manifestazioni sorgentizie che abbiano apprezzabile rilevanza.

Quanto sopra è confermato dal fatto che i deflussi sono prevalentemente superficiali su gran parte del territorio in esame, nel quale la rete idrografica si articola in ramificazioni a sviluppo dendritico piuttosto ampio.

Da rilevare che tutte e tre le aree in esame ricadono in zona di vincolo idrogeologico ai sensi del R.D. 30/12/21.

A completamento di quanto esposto nel presente capitolo, si demanda all'elaborato cartografico che costituisce la Tav. 3) Carte tematiche ovvero agli Elaborati Tav. n° 3B-3C-3D) Carta Geomorfologica in scala 1:10.000, dove sono rappresentate tutte le informazioni e gli elementi di seguito descritti.

Saranno descritte di seguito le formazioni affioranti in base alle caratteristiche idrogeologiche ed idrodinamiche, il loro grado di porosità in base al tipo e al grado di permeabilità che possiedono.

Sono state individuate quattro classi di permeabilità che distinguono i terreni in quattro complessi:

- mediamente permeabili;
- scarsamente permeabili;
- impermeabili.

La descrizione dei singoli complessi verrà trattata in ordine stratigrafico partendo dal basso verso l'alto:

#### **Complesso argilloso - marnoso**

È costituito da argille e marne argillose del Tortoniano, rappresenta la più importante soglia di permeabilità dell'area oggetto di studio.

#### **Complesso arenaceo – conglomeratico**

Alternanza di peliti predominanti ed arenarie in strati decimetrici, con livelli conglomeratici a porosità complessiva medio-alta

#### **Complesso alluvionale**

La natura prevalentemente limo - sabbiosa di questi depositi di genesi lacustre e fluviale, rende globalmente l'infiltrazione delle acque pressoché nulla. Il modesto spessore di tali depositi, non favorisce generalmente la formazione di acquiferi di una certa importanza.

I lotti oggetto del presente studio ricadono in tratti di versante a composizione prevalentemente argillosa con bassissimo grado di permeabilità che assume valori dell'ordine di  $10^{-7}$  cm/s, a luoghi l'infiltrazione è maggiore a causa di intercalazioni marnose ma non si discosta notevolmente da tale valore.

In linea generale si può affermare che per la zona in questione non esiste una circolazione idrica sotterranea e pertanto non esiste per la zona in esame una struttura idrogeologica, intendendo per strutture idrogeologiche dei serbatoi naturali ospitanti corpi idrici con una propria direzione di flusso prevalente, che la identifica rispetto alle adiacenti idrostrutture.

Dal punto di vista del deflusso superficiale l'area è caratterizzata da una rete di solchi vallivi molto sviluppata, in corrispondenza del corso di fiumi percorsi stabilmente e anche temporaneamente da acque

derivate da concentrate precipitazioni stagionali, pochissimo assorbite dal terreno prevalentemente impermeabile, che costituisce la maggior parte degli affioramenti.

La rete idrografica risulta ben sviluppata nell'area, numerose aste fluviali di diverso ordine e grado interessano la zona, queste garantiscono il regolare deflusso degli apporti meteorici verso le direttrici idrografiche principali della zona.

La principale direttrice idrografica entro sui vengono drenate le acque dei tre settori di studio è rappresentato dal Vallone Zappalanne, che presenta un decorso SE-NW.

Fenomeni di ruscellamento concentrato in occasione di eventi eccezionali si riscontrano in tutti i settori oggetto del presente documento.

Di fatto durante il rilevamento non sono state rilevate né sorgenti di rilevante entità né pozzi di falda; l'accumulo delle acque piovane viene garantita attraverso i numerosi laghetti artificiali per uso irriguo.

### **8.1. BILANCIO IDROGEOLOGICO**

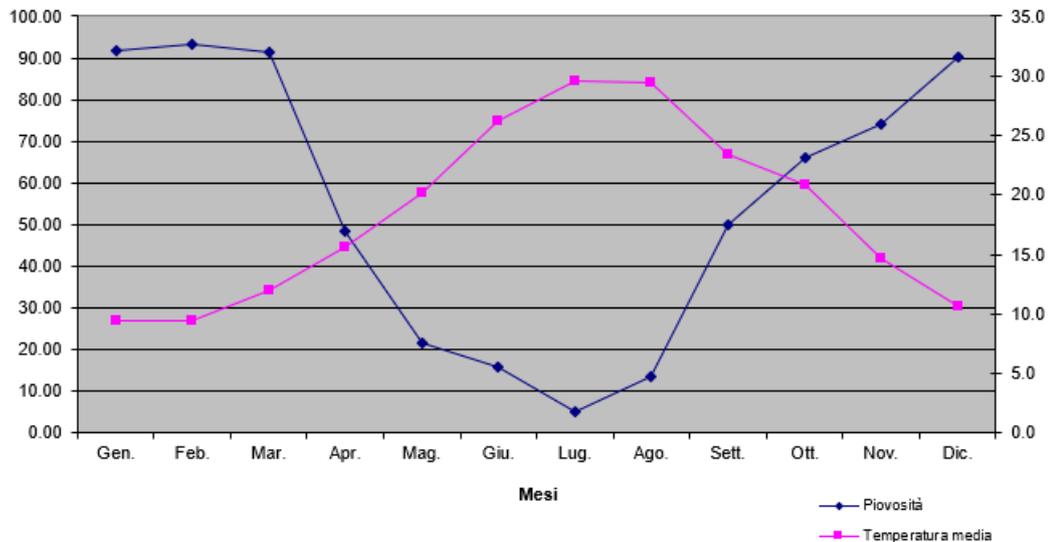
I dati acquisiti, per lo studio delle caratteristiche pluviometriche della zona, sono stati attinti dagli Annali Idrologici, editi a cura del Ministero dei LL.PP.

Essi riguardano la sola Stazione pluviometrica di Alia, che per la posizione geografica, per l'esposizione ai venti e per l'ubicazione altimetrica, fornisce certamente dati climatici più indicativi rispetto alle altre stazioni vicine.

Come è noto l'altezza pluviometrica mensile e annua (intese come somma delle altezze giornaliere osservate rispettivamente nel corso del mese o dell'anno) variano, anche notevolmente, nel corso del tempo; vi sono, quindi, annate molto piovose ed annate tendenzialmente asciutte.

Al fine di avere un quadro del regime pluviometrico più attendibile, si è ritenuta ragionevole l'acquisizione e l'analisi di dati per un periodo di osservazione che va dal 2003 al 2020.

Piovosità e temperatura media mensile (2003-2020) - Stazione di Alia



Nella zona, la precipitazione totale annua, ottenuta come media delle piogge totali annue nell'arco dell'ultimo trentennio è quindi la seguente:

**Precipitazione totale annua (P) = 661.57 mm.**

Il coefficiente di deflusso (c) è stato stimato pari a **0,35** in considerazione sia dei fattori morfologici (pendii con acclività media del 15% ÷ 20%), sia di quelli litologici del versante (affioramento in superficie di una coltre di alterazione rappresentata da un deposito prettamente argilloso e arenaceo-conglomeratico).

Ponendoci nelle peggiori condizioni, ossia considerando l'area (S) di ogni settore oggetto della realizzazione dell'impianto fotovoltaico come ricoperto da solo argille e, quindi, in condizioni di impermeabilità generalizzate, e considerando l'intero impianto come una superficie continua, la quantità (espressa in m3) di acque meteoriche che impattano sui moduli solari e che danno vita ad un ruscellamento sull'area in studio, si può calcolare dalla seguente formula:

$$Q_{tot} = P \times S = \dots \text{ in mc.}$$

La disponibilità d'acqua di ruscellamento, in m3, sull'intera superficie di realizzazione del parco fotovoltaico risulta quindi:

$$Q_{ruscell.} = c \times Q_{tot} = \dots \text{ in mc.}$$

Tale volume d'acqua verrà opportunamente convogliato fino alle più vicine linee di drenaggio naturale, come canali, fossi e/o piccoli impluvi, previa verifica idraulica ad opera del tecnico incaricato e tenendo in considerazione gli eventuali interventi di messa in sicurezza e di mitigazione dell'erosione di sponda e di alveo.

<b>Tabelle dei valori di Qtot in mc e Qruscell. In mc pe Settore di riferimento</b>		
<b>Settori e superfici</b>	<b>Qtot in mc</b>	<b>Qruscell in mc</b>
<b>AREA 1= 250.000 mq</b>	165.392,00	57.887
<b>AREA 2= 410.000 mq</b>	271.243,00	94.935
<b>AREA 3= 410.000 mq</b>	271.243,00	94.935

## 9. STATO DEL DISSESTO DELL' AREA DI INTERESSE PROGETTUALE

L'analisi morfologica dell'area è stata sviluppata prendendo in considerazione le osservazioni derivanti dal rilevamento di campagna e dalla consultazione delle foto aeree comparando le più recenti con quelle passate ed integrandole con i risultati della campagna di indagini geotecniche e geofisiche eseguite in situ; ciò ha permesso di predisporre una rappresentazione cartografica significativa dello stato di dissesto dei versanti e di definire le geometrie dei corpi di frana e delle forme di erosione che insistono sui lotti di interesse progettuale.

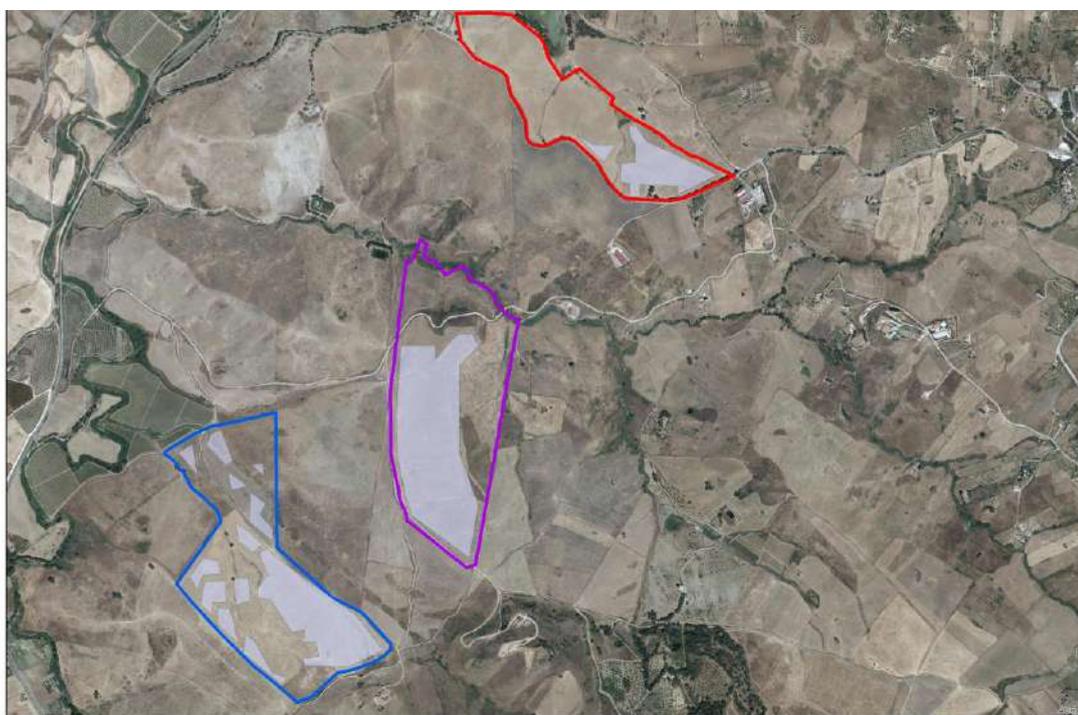
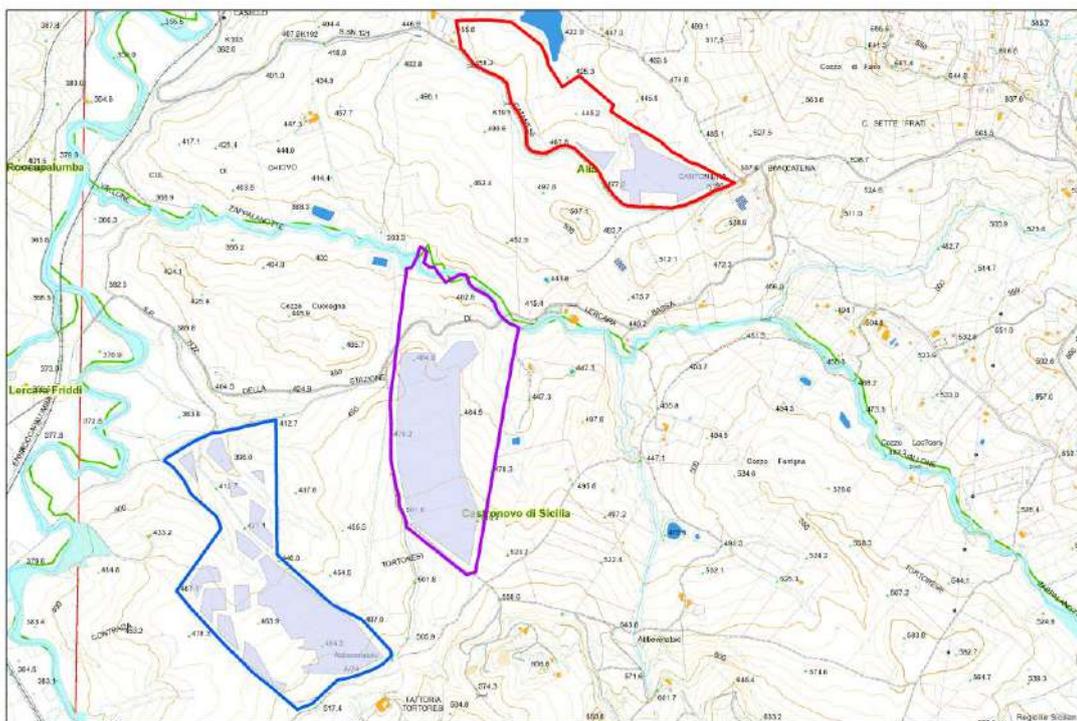
L'intera area rappresenta una porzione dei territori dei comuni di Alia e Castronovo di Sicilia di circa 107 ettari.

Si è provveduto a suddividere l'intera area in n° 3 Settori e per ciascun settore sono stati descritti gli aspetti litologici, morfologici, idrogeologici e geotecnici.

Per quanto attiene agli aspetti litologici e geotecnici dei singoli lotti ci si è avvalsi della campagna di indagini geognostiche e geofisiche eseguite sui lotti in esame, di cui si riporta prospetto:

<b>Tabelle dei lotti con indicazione delle indagini eseguite ed acquisite</b>	
<b>LOTTI</b>	<b>HVSR</b>
<b>1</b>	HVR1 e HVR2
<b>2</b>	HVR3
<b>3</b>	HVR4

Di seguito vengono riportate le sovrapposizioni delle aree di ingombro sia con la Carta Tecnica Regionale sia con l'ortofoto.



Aree di ingombro Carta Tecnica Regionale e con Ortofoto

## 9.1. SETTORE 1

Il Settore 1 ricade nel comune di Alia e si estende per circa 25 ettari di superficie.

### 9.1.1. ASPETTI MORFOLOGICI

Il sito ricade lungo un versante che presenta quote che vanno da 477 mt s.l.m. a monte a 425 mt s.l.m. a valle.

Tale porzione di territorio non presenta dissesti censiti come da Decreto dell'Assessorato Territorio ed Ambiente della Regione Sicilia del 4 luglio 2000 (pubblicato nella G.U. del 21.07.2000) recante "Piano straordinario per l'assetto idrogeologico", nell'area del Bacino Idrografico del Fiume Torto (031) ed Area tra il bacino del Fiume Torto ed il bacino del Fiume Imera Settentrionale (031°) e Area Territoriale tra il bacino del Fiume S. Leonardo e il bacino del Fiume Torto (032) riferite alle Carte della Pericolosità e del Rischio geomorfologico e dei Dissesti n° 14 della sezione n° 621010.

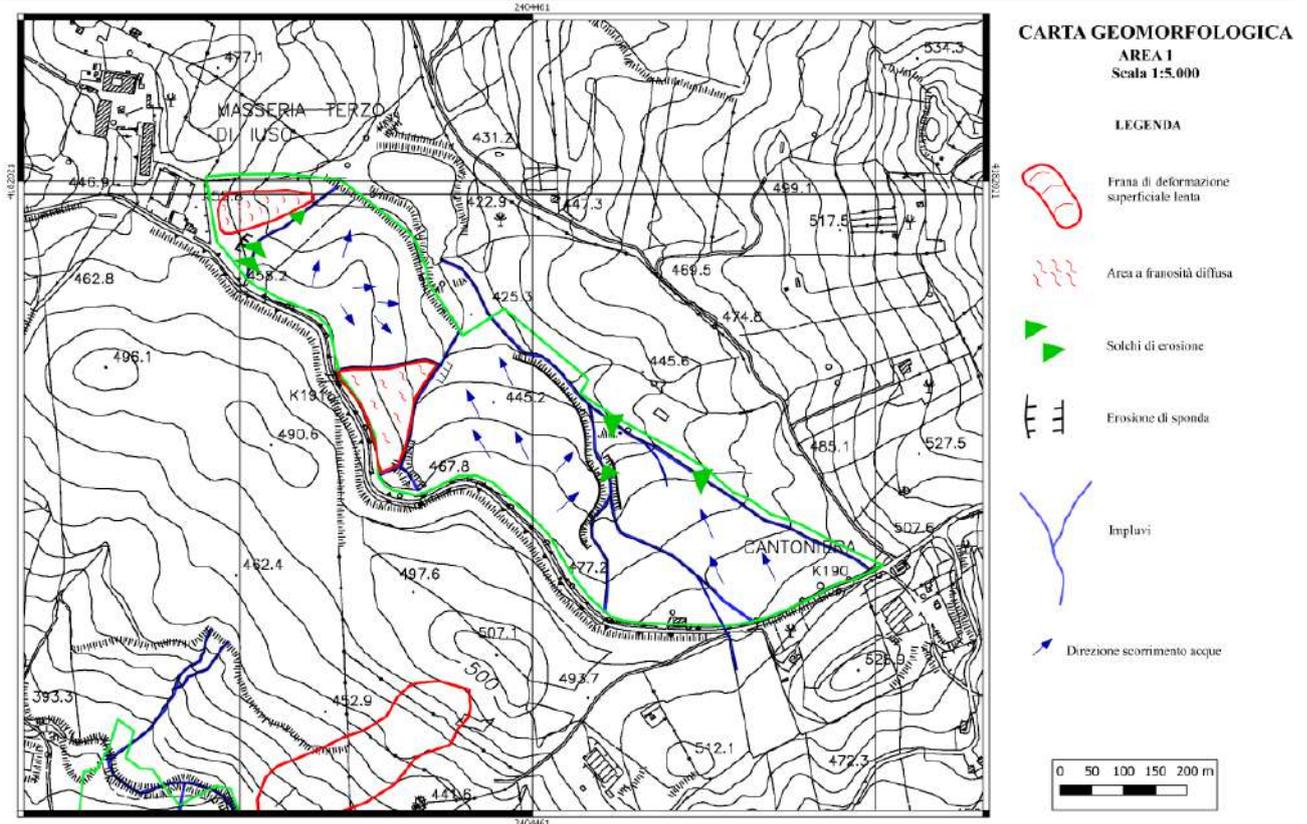
Tuttavia durante il rilevamento di campagna sono state rilevate diverse forme di dissesto; si tratta, infatti, di movimenti molto lenti, derivanti dall'imbibizione di masse argillose, che generano la caratteristica forma lobata del corpo di frana.

Laddove il pendio è elevato e prevale la porzione plastica, la saturazione del materiale superficiale provoca la diminuzione della coesione e l'aumento della pressione neutra; in questo caso la gravità influisce sull'equilibrio dello stesso mobilitando le sue porzioni più superficiali tanto che in più punti i tipi di movimento in atto sono scivolamenti traslativi o rotazionali che evolvono, quando esistono le condizioni, in colamenti. Le acque convogliate dalla strada vicinale a monte e subordinatamente quelle dilavanti lungo il pendio, scaricandosi repentinamente lungo il versante lo plasticizzano e lo incidono profondamente creando le condizioni per l'innescio dei movimenti gravitativi o per il loro spostamento.

Il limite sud-occidentale del lotto è interessato da un dissesto che si presenta in forma allungata in direzione Est-Ovest a monte di una delle linee di impluvio che defluiscono a valle verso il laghetto artificiale ai piedi della Masseria Terzo di Iuso.

Lo stesso tipo di dissesto è stato riscontrato immediatamente a sud del laghetto, sulla sponda sinistra dell'impluvio diretto al laghetto medesimo

Proprio lo scorrimento delle acque di ruscellamento incanalato, genera delle tipiche forme di erosione che si traducono in incisione a solco ovvero porzioni dei corsi d'acqua o del versante in cui l'erosione accelerata provoca erosione per flussi concentrati di acque ruscellanti.



Particolare della Carta Geomorfológica del lotto 1

I dissesti pertanto si sviluppano su superfici poco profonde dell'ordine di qualche metro dal p.d.c. e proseguono con movimenti lenti e progressivi che incrementano durante il periodo invernale.

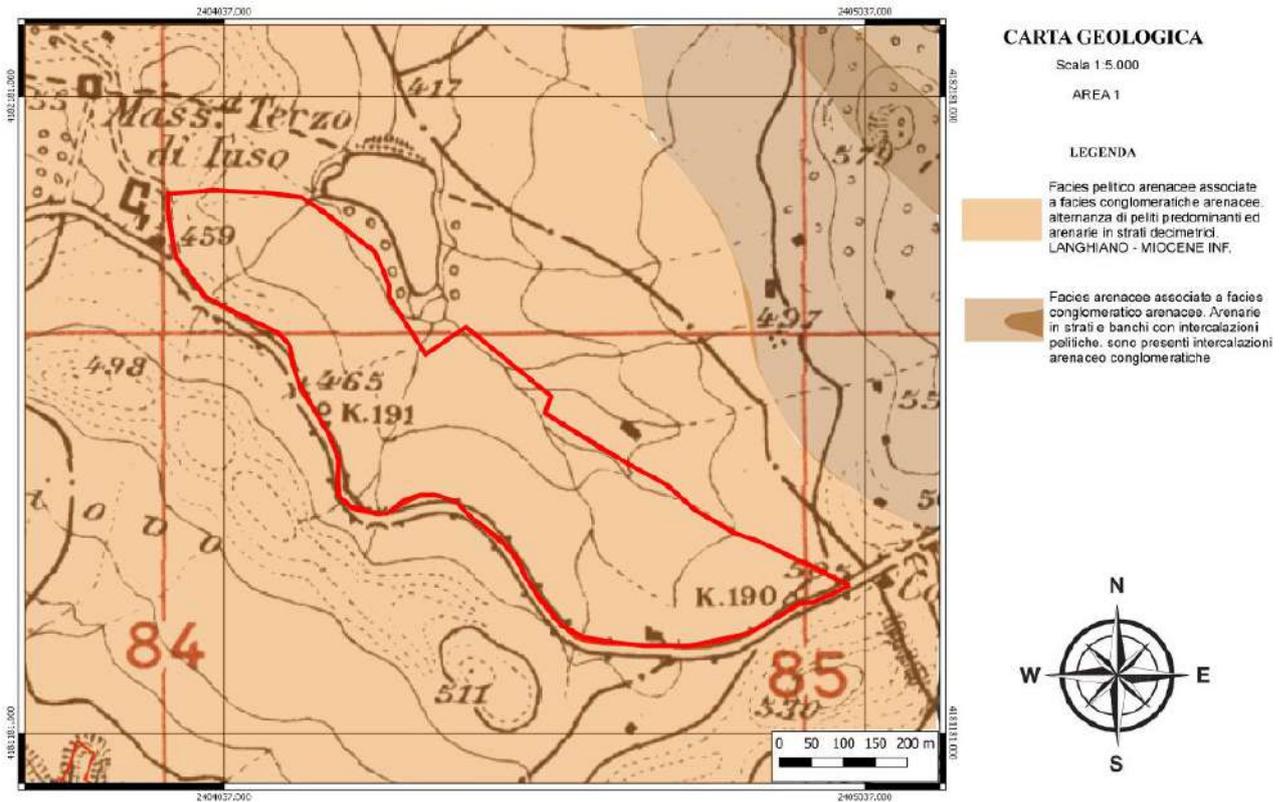
Nel lotto 1 sono stati eseguiti i seguenti sondaggi:

- n° 1 Sondaggio sismico con metodologia passiva denominato HVR1 e HVR2.

Gli spessori dei corpi di frana cartografati variano da 1,50 a 2,50 metri di profondità. Tale profondità dovrà essere verificata in fase esecutiva con opportune indagini geognostiche.

#### 9.1.2. ASPETTI LITOLOGICI E GEOTECNICI

Dal punto di vista geolitologico l'area è caratterizzata dalla presenza di litotipi (Ca): *Complesso prevalentemente pelitico-arenaceo associato a facies conglomeratiche.*



Stralcio Carta geologica del lotto 1

#### 9.1.3. ASPETTI IDROGEOLOGICI

Dal punto di vista idrogeologico il sito è caratterizzato da un substrato argilloso la cui coltre superficiale (eluvium) rimaneggiata permette per i primi metri l'infiltrazione delle acque meteoriche provenienti da monte che causano la sua mobilizzazione.

La permeabilità dei terreni superficiali presenta valori  $10^{-3} \leq K \leq 10^{-4}$  cm/s.

Le linee di deflusso delle acque sono in direzione N-O scaricando verso il leghetto artificiale a valle della Masseria. E' esclusa la presenza di falde superficiali.

#### 9.1.4. CONSIDERAZIONI

Come area idonea per la realizzazione dell'impianto è stata scelto il settore Est del lotto.

Tale porzione del Settore 1 si presta bene per la realizzazione del suddetto impianto sia per le caratteristiche topografiche sia per l'assenza di indici di pericolosità geomorfologica.

Le linee di deflusso preferenziali delle acque di ruscellamento drenano le stesse verso valle; per cui dovranno essere realizzati in fase esecutiva degli opportuni sistemi di convogliamento delle acque verso la direttrice idrografica a valle, al fine di limitare fenomeni di erosione concentrata.

Per quanto attiene alle caratteristiche litotecniche dei terreni dovranno essere seguite delle opportune indagini geognostiche per definire la profondità delle fondazioni tenendo conto anche del modello sismico desunto dall'indagine HV1.

Si fa presente che la realizzazione di tali interventi in base alle caratteristiche geotecniche è di competenza del tecnico calcolista.

## 9.2. SETTORE 2

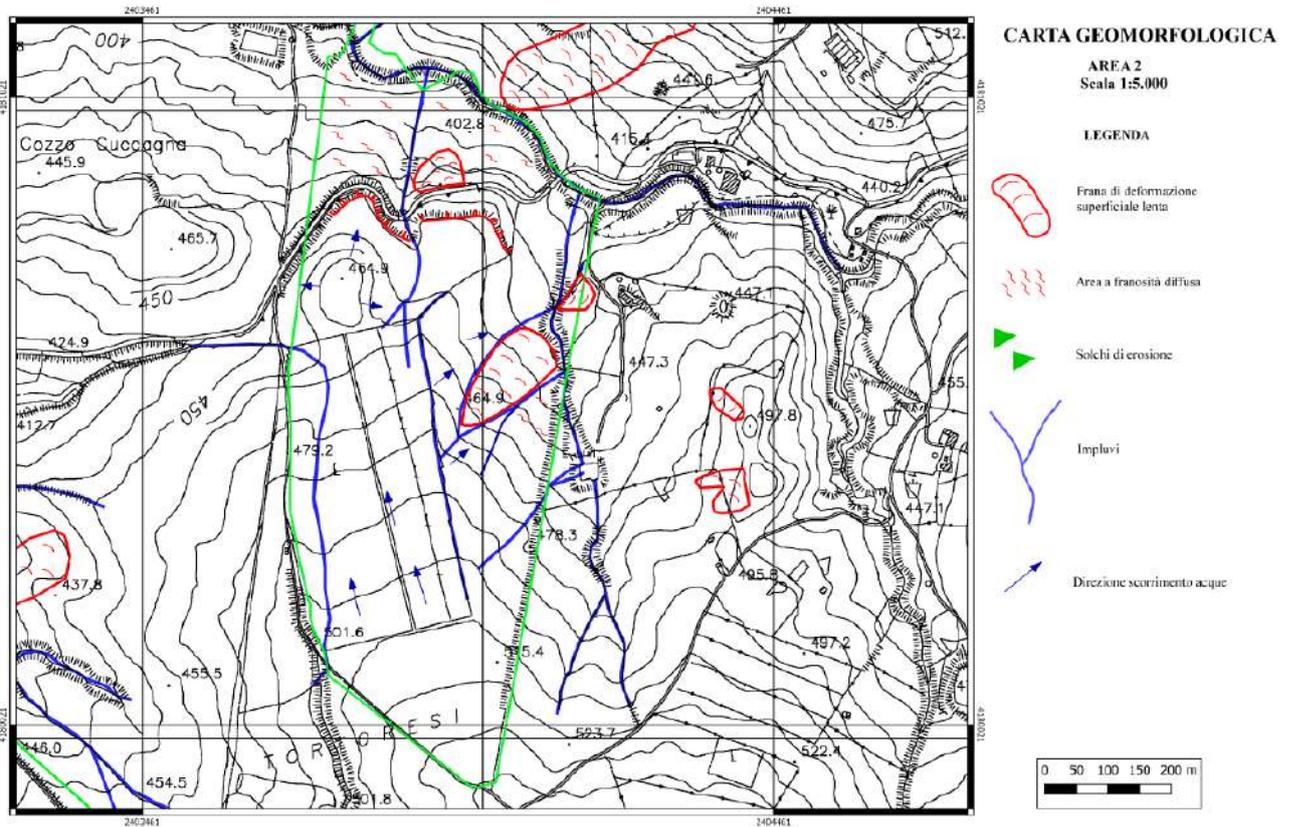
Il Settore 2 ricade nel comune di Castronovo di Sicilia e si estende per circa 41 ettari di superficie.

### 9.2.1. ASPETTI MORFOLOGICI

Il sito ricade come nel settore precedente lungo un versante sito nella parte sommitale della SS 624, in un'area che degrada verso valle con un dislivello di circa 50 metri (da 220 mt s.l.m a monte a 170 m s.l.m a valle), dove si innescano anche in questo caso diversi movimenti gravitativi.

Tale porzione di territorio è lambita da un dissesto censito come da Decreto dell'Assessorato Territorio ed Ambiente della Regione Sicilia del 4 luglio 2000 (pubblicato nella G.U. del 21.07.2000) recante "Piano straordinario per l'assetto idrogeologico", nell'area del Bacino Idrografico del Fiume Torto (031) ed Area tra il bacino del Fiume Torto ed il bacino del Fiume Imera Settentrionale (031°) e Area Territoriale tra il bacino del Fiume S. Leonardo e il bacino del Fiume Torto (032) riferite alle Carte della Pericolosità e del Rischio geomorfologico e dei Dissesti n° 14 della sezione n° 621010 codice 031-6CS-002 ricadente all'estremità nord-occidentale dell' area B ed identificato con Stato di Attività "Attivo" e come "Area a deformazione superficiale lenta" – livello di pericolosità P2 "Medio".

Tre principali linee di impluvio solcano l'intero lotto da monte a valle bordando i contorni delle aree in frana e generando uno stato di dissesto diffuso soprattutto nella zona a valle del lotto.



Particolare della Carta Geomorfológica del lotto 2

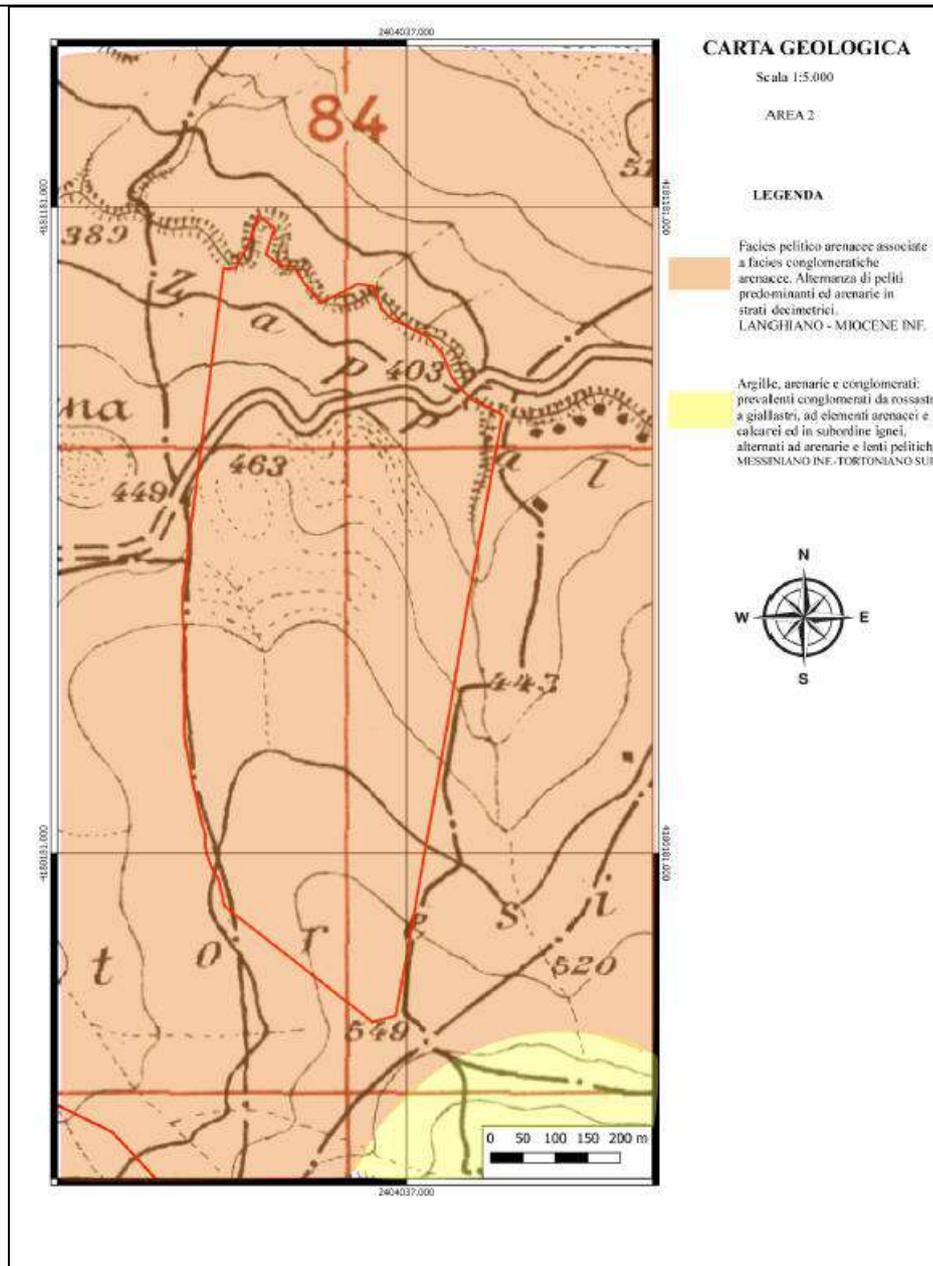
### 9.2.2. ASPETTI LITOLIGICI E GEOTECNICI

Dal punto di vista geolitologico l'area è caratterizzata dalla presenza di litotipi (Ca): *Complesso prevalentemente pelitico-arenaceo associato a facies conglomeratiche*.

Lungo questo Settore sono state eseguite le seguenti indagini:

- n° 1 Sondaggio sismico con metodologia passiva denominato HVR3.

Per la caratterizzazione geotecnica dei litotipi dell'area si rimanda allo specifico paragrafo, ricorrendo ai dati puntualmente raccolti laddove le opere di progetto verranno realizzate in corrispondenza dei punti di indagine, riportati nella specifica cartografia.



Carta geologica del lotto B

### 9.2.3. ASPETTI IDROGEOLOGICI

Dal punto di vista idrogeologico il sito è caratterizzato da un deposito argilloso e argillo manoso che non permette l'infiltrazione delle acque meteoriche provenienti da monte.

Il settore è solcato da tre linee di impluvio principali che decorrono verso valle generando fenomeni di erosione laterale e di sponda, mobilizzando diverse porzioni di terreno.

Tali impluvi risultano interessati da fenomeni di erosione di fondo e di sponda a causa della mancata realizzazione di interventi di regimazione delle acque e di messa in sicurezza.

Non considerando la porzione superficiale più alterata (sabbioso conglomeratica), la permeabilità dei terreni costituenti il bed rock dell'area in esame presenta valori  $10^{-7} \leq K \leq 10^{-9}$  cm/s.

Le linee di deflusso delle acque sono in direzione S-N scaricando verso il vallone Zappalanotte, affluente in destra idrografica del fiume Torto

E' esclusa la presenza di falde superficiali o di sorgenti.

#### 9.2.4. CONSIDERAZIONI

Gli interventi previsti in tale settore ricadono in aree non soggette a fenomeni franosi; i moduli verranno installati, inoltre, lungo un declivio di modesta pendenza.

Si dovrà prestare attenzione alle interferenze con le piccole vallecole e linee di impluvio che rappresentano lo scorrimento preferenziale delle acque di ruscellamento.

Per la posa delle fondazioni si dovrà tenere in considerazione il modello sismico desunto dalla risultanza della prova sismica HV3 integrato con indagini geognostiche puntuali al fine di definire il volume significativo di sottosuolo idoneo a supportare i carichi.

E' utile prevedere in fase di realizzazione degli interventi un'opera di regimazione delle acque provenienti da monte e di messa in sicurezza delle sponde degli impluvi esistenti.

### 9.3. SETTORE 3

Il settore ricade nel comune di Castronovo di Sicilia e presenta una superficie totale di circa 41 ettari.

#### 9.3.1. ASPETTI MORFOLOGICI

Il sito ricade lungo un versante che degrada verso nord-ovest con quote che vanno da 510 mt s.l.m. a monte (a ridosso della Fattoria Tortoresi) a 390 mt s.l.m. a valle.

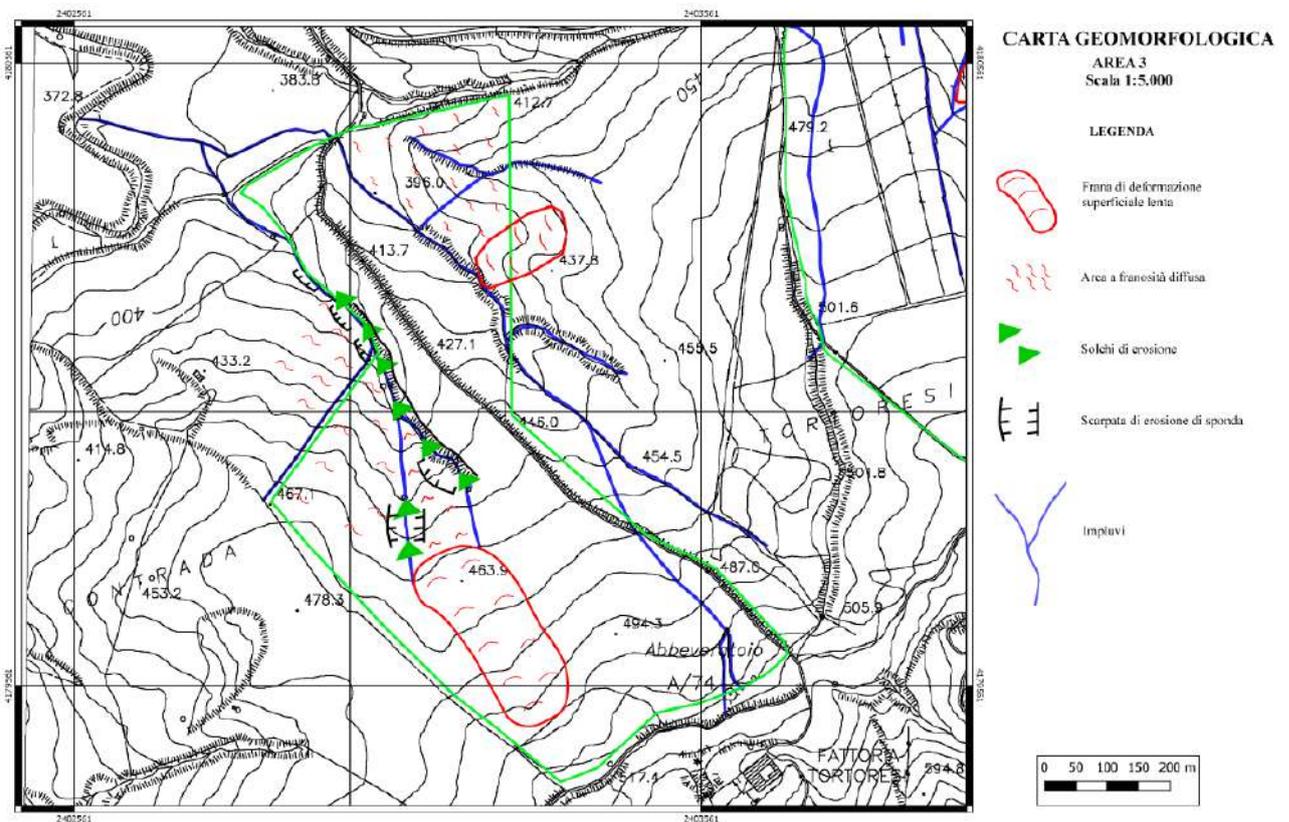
Tale porzione di territorio è lambita da un dissesto censito come da Decreto dell'Assessorato Territorio ed Ambiente della Regione Sicilia del 4 luglio 2000 (pubblicato nella G.U. del 21.07.2000) recante "Piano straordinario per l'assetto idrogeologico", nell'area del Bacino Idrografico del Fiume Torto (031) ed Area tra il bacino del Fiume Torto ed il bacino del Fiume Imera Settentrionale (031°) e Area Territoriale tra il bacino del Fiume S. Leonardo e il bacino del Fiume Torto (032) riferite alle Carte della Pericolosità e del Rischio geomorfologico e dei Dissesti n° 14 della sezione n° 621010 codice 031-6CS-008 con Stato di Attività "Attivo" e come "Area a deformazione superficiale lenta" – livello di pericolosità P2 "Medio";

Il rilevamento di campagna ha permesso di individuare diverse e rilevanti forme di dissesto; si tratta, infatti, di aree a franosità diffusa con forme di ruscellamento accelerato e completa asportazione del suolo che

presentano la classica forma allungata aprendosi a ventaglio verso valle e interferendo con la sottostante direttrice idrografica e modificandone il suo decorso.

Il pendio risulta elevato e l'effetto di dilavamento delle acque piovane sulle coltri eluviate e sui terreni a composizione prevalentemente argillosa.

Le acque dilavanti lungo il pendio, scaricandosi repentinamente lungo il versante lo plasticizzano e lo incidono profondamente creando le condizioni per l'innesco dei movimenti gravitativi.



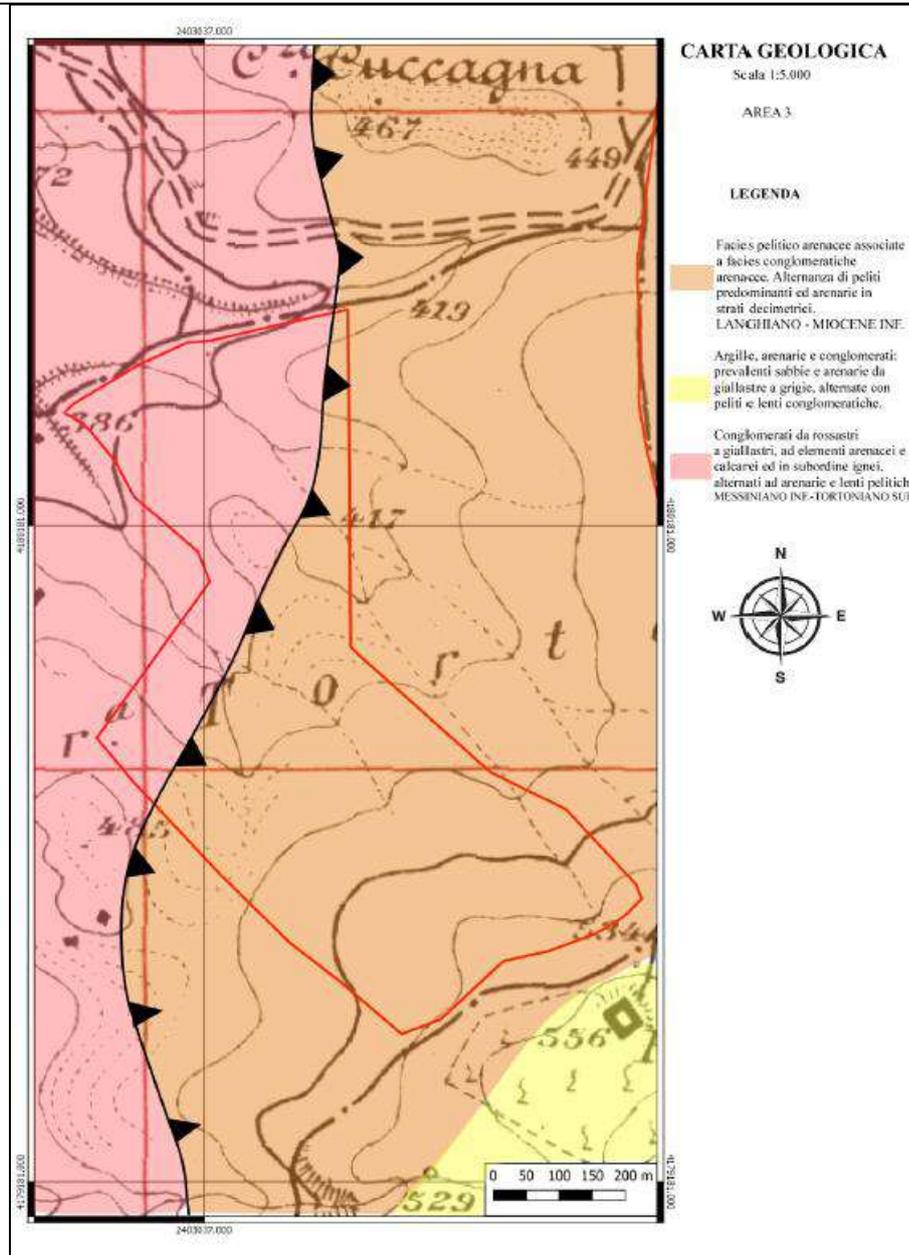
Particolare della Carta Geomorfológica del lotto 3

### 9.3.2. ASPETTI LITOLÓGICI E GEOTECNICI

Dal punto di vista geolítico l'area è caratterizzata dalla presenza di litotipi (Ca): *Complesso prevalentemente pelitico-arenaceo associato a facies conglomeratiche. E Complesso conglomeratico ad elementi arenacei e calcarei.*

Lungo questo intervallo sono state eseguite le seguenti indagini:

- n° 1 Sondaggio sismico con metodologia passiva denominato HVR4.



Carta geologica del lotto 3

### 9.3.3. ASPETTI IDROGEOLOGICI

Dal punto di vista idrogeologico il sito è caratterizzato da un deposito arenaceo-argilloso e da un complesso conglomeratico, che presentano gradi di pososità estremamente variabili.

Il settore è caratterizzato da numerose linee di impluvio direzionate prevalentemente SE-NW lungo la direzione di massima pendenza, coonvogliando le acque di deflusso verso il vicino corso del fiume Torto.

E' esclusa la presenza di falde superficiali o di sorgenti.

#### **9.3.4. CONSIDERAZIONI**

Nell'intervallo in oggetto sono previsti interventi progettuali che dovranno tenere in debita considerazione il contesto geomorfologico dell'area in esame contraddistinto sia da fenomeni di arretramento del versante (in corrispondenza delle aree a franosità diffusa) sia dell'espansione dei solchi di erosione e delle linee di impluvio che solcano il lotto.

Le aree di ingombro dell'impianto, disposto a macchia di leopardo, sono state individuate sia per le condizioni di pendenza (relativamente più modeste rispetto alle altre aree che sono state escluse) sia per evitare interferenze con le direttrici idrografiche principali della zona.

Sarà necessario prevedere delle opere di regimazione delle acque provenienti da monte e di messa in sicurezza degli impluvi esistenti.

Per quanto attiene alle aree in frana esse non interferiranno con gli impianti da realizzare.

Sulle aree individuate dovranno essere eseguite delle opportune indagini geognostiche al fine di caratterizzare dal punto di vista litotecnico i terreni di fondazione.

## 10. CAMPAGNA DI INDAGINI GEOFISICHE

La nuova normativa sismica italiana (Ordinanza n. 3274 del 20/03/03 della Presidenza del Consiglio dei Ministri), così come il *D.M. 17 Febbraio 2018* definiscono l'azione sismica di progetto, in assenza di analisi specifiche, sulla base della zona sismica di appartenenza del sito e la categoria sismica di suolo su cui sarà realizzata l'opera. Il parametro  $V_{s30}$ , rappresenta la velocità media di propagazione delle onde S entro 30 m di profondità (al di sotto del piano di fondazione) ed è calcolato mediante la seguente formula:

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

dove  $h_i$  e  $V_i$  indicano rispettivamente lo spessore in metri e la velocità delle onde di taglio dello strato  $i$ -esimo per un totale di  $N$  strati presenti,  $H$  profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da  $V_s$  non inferiore a 800 m/s.

Nel sito in esame il substrato risulta oltre i 30 m per cui  $H=30$  m.

Per depositi con profondità  $H$  del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{S,eq}$  è definita dal parametro  $V_{S30}$ , ottenuto ponendo  $H=30$  m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

La tecnica HVSR permette dapprima di valutare la frequenza di vibrazione naturale di un sito e successivamente la stima del parametro normativo  $V_{seq}$  attraverso un processo di inversione del problema iniziale.

Si esegue una registrazione del rumore ambientale lungo tre direzioni ortogonali tra loro (x,y,z) con una singola stazione.

Tale registrazione deve essere effettuata, secondo le indicazioni del progetto SESAME, per una durata non inferiore ai 20 minuti.

Si esegue un'operazione detta di windowing, in cui le tre tracce registrate vengono suddivise in finestre temporali di prefissata durata. Secondo le indicazioni del succitato progetto SESAME tale dimensione, detta Long Period, deve essere almeno pari ai 20 secondi. Si ottiene così un insieme di finestre "long", che sono sincronizzate fra le tracce.

Queste finestre vengono filtrate in base a dei criteri che permettono di individuare l'eventuale presenza di transienti (disturbi temporanei con grandi contributi nelle frequenze alte) o di fenomeni di saturazione.

Per ciascuna delle finestre rimanenti, quindi ritenute valide, viene valutato lo spettro di Fourier. Quest'ultimo viene sottoposto a tapering e/o lisciamento secondo una delle varie tecniche note in letteratura e ritenute all'uopo idonee.

Successivamente si prendono in considerazione gli spettri delle finestre relative alle tracce orizzontali in coppia. Ovvero, ogni spettro di una finestra per esempio della direzione X, ha il suo corrispettivo per le

finestre nella direzione Y, vale a dire che sono relative a finestre temporali sincrone. Per ognuna di queste coppie viene eseguita una somma tra le componenti in frequenza secondo un determinato criterio che può essere, ad esempio, una semplice media aritmetica o una somma euclidea.

Per ciascuna coppia di cui sopra, esiste lo spettro nella direzione verticale Z, ovvero relativo alla finestra temporale sincrona a quelle della coppia. Ogni componente in frequenza di questo spettro viene usato come denominatore nel rapporto con quello della suddetta coppia. Questo permette quindi di ottenere il ricercato rapporto spettrale H/V per tutti gli intervalli temporali in cui viene suddivisa la registrazione durante l'operazione di windowing.

Eseguendo per ciascuna frequenza di tali rapporti spettrali una media sulle varie finestre, si ottiene il rapporto spettrale H/V medio, la cui frequenza di picco (frequenza in cui è localizzato il massimo valore assunto dal rapporto medio stesso) rappresenta la deducibile stima della frequenza naturale di vibrazione del sito.

L'ulteriore ipotesi che questo rapporto spettrale possa ritenersi una buona approssimazione dell'ellitticità del modo fondamentale della propagazione delle onde di Rayleigh, permette di confrontare questi due al fine di ottenere una stima del profilo stratigrafico. Tale procedura, detta di inversione, consente di definire il profilo sostanzialmente in termini di spessore e velocità delle onde di taglio.

Avendo quindi una stima del profilo della velocità delle onde di taglio, è possibile valutarne il parametro normativo  $V_{seq}$ .

Per la classificazione sismica delle aree oggetto dello studio di fattibilità sono state eseguite:

- n°4 indagini sismiche con metodologia passiva del tipo HVSR denominate HVR1 HVR2 HVR3 e HVR4

In particolare, rimandando all'elaborato allegato per la lettura dei criteri di interpretazione dei dati derivanti dall'esecuzione delle prospezioni, la categoria di suolo in ciascuna delle 6 prove HVSR è risultata la seguente:

Indagine	Settore	Vs eq. (m/s)	Cat. Suolo (D.M. 17/01/2018)
HV1	1	696	B
HV2	1	753	B
HV3	2	644	B
HV4	3	538	B

pertanto è possibile ascrivere il suolo di fondazione nei settori rappresentativi dell'area in esame, entro le **categorie B** la cui descrizione è specificata nella tabella seguente:

CAT.	DESCRIZIONE
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
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.
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
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.

**Tabella 1. Categorie di sottosuolo, Tabella 3.2.II delle N.T.C., D.M. 17 Gennaio 2018**

I risultati delle indagini geofisiche e geognostiche eseguite in situ e di quelle acquisite, sono allegati al presente documento.

### Categorie topografiche

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale.

Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione.

Nel caso specifico in base alle caratteristiche geomorfologiche e topografiche dei siti è possibile ricorrere alla seguente tabella.

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

**N.T.C. Tabella 3.2.IV – Categorie topografiche**

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

## 11. NOTE CONCLUSIVE E PRESCRIZIONI

La presente relazione, espone i risultati di uno studio geologico-tecnico esecutivo, corredato da una campagna di indagini geofisiche e direzione lavori alle indagini geognostiche a supporto del "Progetto per la realizzazione di un Impianto Agrifotovoltaico denominato "DSI1 CASTRONOVO" della potenza di picco di 45,988 KWP e potenza di immissione 38.330 kW e delle relative opere connesse nei Comuni di Castronovo di Sicilia (Pa) ed Alia (Pa)".

L'intera area di interesse progettuale, che si estende per circa 107 ettari, è stata suddivisa in n° 3 lotti indicati con lettere maiuscole dalla 1 alla 3.

Sono stati studiati ed interpretati tutti quei fattori di carattere geologico ed ambientale che possono influenzare le trasformazioni antropiche del territorio in oggetto e pianificare, in base ad essi, uno sviluppo coerente delle opere in relazione ai fattori naturali.

E' stato eseguito inoltre un rilevamento di campagna esteso ad intorno significativo del lotto in oggetto al fine di tracciare un inquadramento geomorfologico, geologico, idrogeologico, geotecnico e sismico con il preciso scopo di evidenziare eventuali problematiche relative ad aspetti legati al Rischio geologico indotto dalla realizzazione di eventuali opere.

In particolare, il rilevamento di campagna associato ad una ricerca dei dati di bibliografia sulle caratteristiche geologiche del sito supportato da una campagna d'indagine geofisica, ha consentito di valutare le condizioni geologiche e geomorfologiche del suolo e del sottosuolo dell'area interessata.

Al fine di caratterizzare e definire sia il "Modello geologico" del sottosuolo sia il "Modello geotecnico", si è ritenuto opportuno eseguire, a completamento e conferma anche dei dati di indagini reperiti, una campagna di indagini geofisiche e geognostiche e nello specifico:

Una campagna di indagini geofisiche consistenti in:

- n°4 indagini sismiche con metodologia passiva del tipo HVSR denominate HVR1, HVR2, HVR3 e HVR4.

I risultati delle indagini sono allegati al presente documento.

Il rilievo di campagna esteso ad un intorno più esteso a monte e a valle del tracciato in esame corredato con l'osservazione di foto aeree più antiche e più recenti ha permesso di individuare le principali forme di modellamento dei versanti presenti nell'area di studio.

Per ricostruire le geometrie e gli spessori dei litotipi presenti sono stati presi in considerazione i risultati delle prove meccaniche eseguite in vari punti dei settori e correlati con le indagini geofisiche.

Lo studio è stato redatto in conformità al D.M. 17 gennaio 2018, pubblicato nella Gazzetta Ufficiale del 20 febbraio 2018, n° 42 "Aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni".

Oltre alle condizioni litologiche, meccaniche, morfologiche ed idrogeologiche sono state affrontate e determinate le principali peculiarità sismiche dei terreni costituenti il sottosuolo onde prevederne la risposta locale e gli eventuali effetti oltre che la classificazione ai sensi delle normative vigenti.

Infine si è proceduto con la caratterizzazione meccanica dei terreni presenti nel sottosuolo dell'area in esame; sono stati ricostruiti, infatti, per ciascun settore i profili geotecnici ottenuti grazie alle prove SPT eseguite per ciascun metro lungo la verticale dei sondaggi meccanici.

L'esame degli allegati cartografici e di quanto esposto nei vari capitoli, a cui si rimanda per un maggior dettaglio, permette di acquisire separatamente per ciascun aspetto considerato gli elementi indispensabili che concorrono a definire il modello geologico della zona.

Alla luce di quanto esposto nel presente documento si possono dedurre le seguenti considerazioni:

- I terreni sedimentari presenti in affioramento e nel sottosuolo afferiscono ai depositi sedimentari Formazione Terravecchia (Tortoniano superiore – Messiniano inferiore) ed in particolare alla facies pelitico-arenacea associata a facies conglomeratico-arenacee.
- I settori insistono in una fascia di territorio tipicamente collinare con pendenze inferiori ai 20°.
- La presenza di variabili spessori di coltri argillose e argillo marnose per le loro caratteristiche di impermeabilità, facilitano lo scorrimento superficiale delle acque che generano le classiche forme di erosione di approfondimento in alveo lungo linee di scorrimento preferenziali e di dilavamento soprattutto ai piedi dei versanti, ove sovente si riscontrano fenomeni franosi complessi.
- Il rilevamento di campagna ha evidenziato nuovi dissesti ed una variazione planimetrica di quelli già censiti nel PAI.
- In riferimento alla nuova normativa sismica italiana ( D.M. 17 Febbraio 2018) è possibile ascrivere il suolo di fondazione in tutti i settori rappresentativi dell' area in esame, entro le categorie **B** ovvero *“ 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.”*.
- Le caratteristiche strutturali e tessiturali dei sedimenti così come le peculiarità idrogeologiche individuate, inoltre, escludono la possibilità che si realizzino fenomeni di liquefazione.

In relazione a quanto disposto dal Decreto dell'Assessorato Territorio ed Ambiente della Regione Sicilia del 4 luglio 2000 (pubblicato nella G.U. del 21.07.2000) recante “Piano straordinario per l'assetto idrogeologico”, nell'area del Bacino Idrografico del Fiume Torto (031) ed Area tra il bacino del Fiume Torto ed il bacino del Fiume Imera Settentrionale (031°) e Area Territoriale tra il bacino del Fiume S. Leonardo e il bacino del Fiume Torto (032) riferite alle Carte della Pericolosità e del Rischio geomorfologico e dei Dissesti n° 14 della sezione n° 621010 il sottoscritto Geol. Giovanni Pantaleo:

## DICHIARA

che le aree oggetto di studio, site nella C.da Cul di Chiovo e C.da Tortoresi, ricadenti nei comuni di Alia e Castronovo di Sicilia rispettivamente risultano interessate dai seguenti dissesti così censiti:

- codice 031-6CS-008 ricadente nell' area 3 con Stato di Attività "Attivo" e come "Area a deformazione superficiale lenta" – livello di pericolosità P2 "Medio";
- codice 031-6CS-002 ricadente all'estremità nord-occidentale dell'area 2 ed identificato con Stato di Attività "Attivo" e come "Area a deformazione superficiale lenta" – livello di pericolosità P2 "Medio";

I dissesti sopra indicati, censiti con il relativo codice, risultano inseriti nelle:

- ✓ Carta della Pericolosità e del Rischio Geomorfologico n° 14 – in scala 1:10.000;
- ✓ Carta dei dissesti n° 14 – in scala 1:10.000.

Le aree individuate per la realizzazione degli impianti, ad una prima analisi, si prestano bene per l'istallazione dei moduli sia perchè non risultano soggette a fenomeni franosi degni di nota sia per le caratteristiche topografiche.

Si fa presente, che per quanto attiene la definizione di dettaglio del modello geologico e del volume significativo interessato dalle strutture fondali, dovranno essere eseguite delle opportune indagini geognostiche nei lotti oggetto di studio.

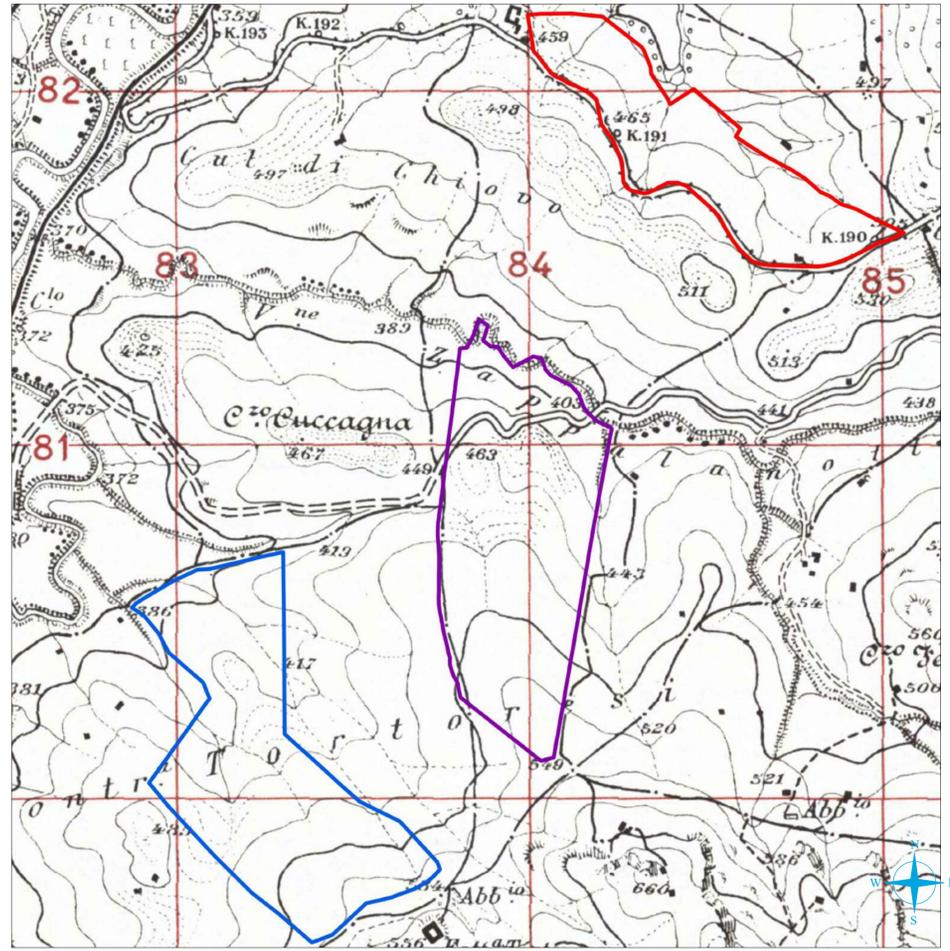
Inoltre si rappresenta che la campagna di indagini geofisica, eseguita di raccordo con la committenza, fornisce certamente una maglia utile di dati per la definizione del modello geologico generale; tuttavia eventuali variazioni locali dovranno essere considerati e valutati in fase esecutiva di raccordo con il tecnico calcolista.

*Partinico, Febbraio 2023*

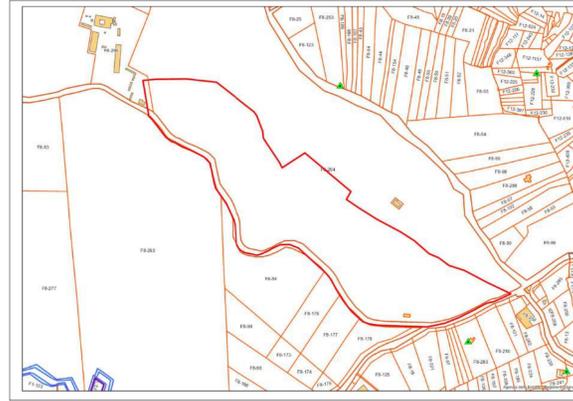
Il Geologo  
Geol. Giovanni Pantaleo  
(Ordine Regionale dei Geologi di Sicilia n° 2923 sez. A)



TAV. 1A) Stralcio I.G.M.I. - scala 1/25.000

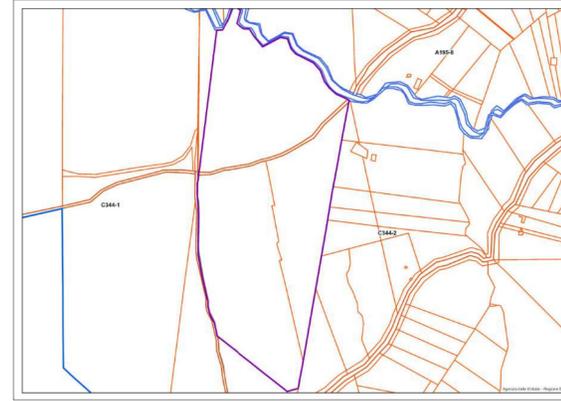


TAV 1C - Area 1) Stralcio catastale scala 1/4.000



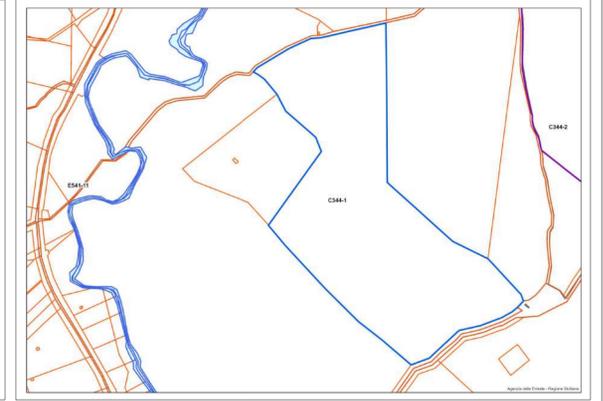
Area A

TAV 12 - Area B) Stralcio catastale scala 1/4.000



Area B

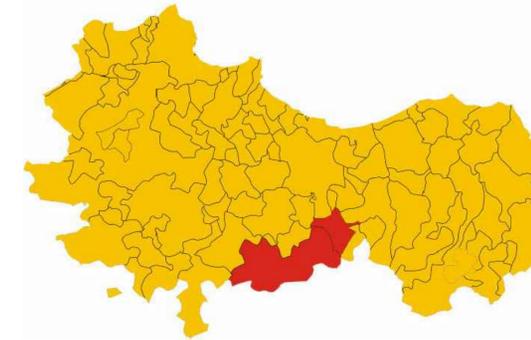
TAV 1E - Area 3) Stralcio catastale scala 1/4.000



Area C

QUADRO D'UNIONE DEI FOGLI 1:50.000

608 CACCAMO	609 TERMINI IMERESE	610 CASTELBUONO
620 LERICARA FRIODI	621 ALIA	622 GANGI
629 ARAGONA	630 SAN CATALDO	631 CALTANISSETTA



LIMITI AMMINISTRATIVI  
QUADRO D'UNIONE DELLE SEZIONI

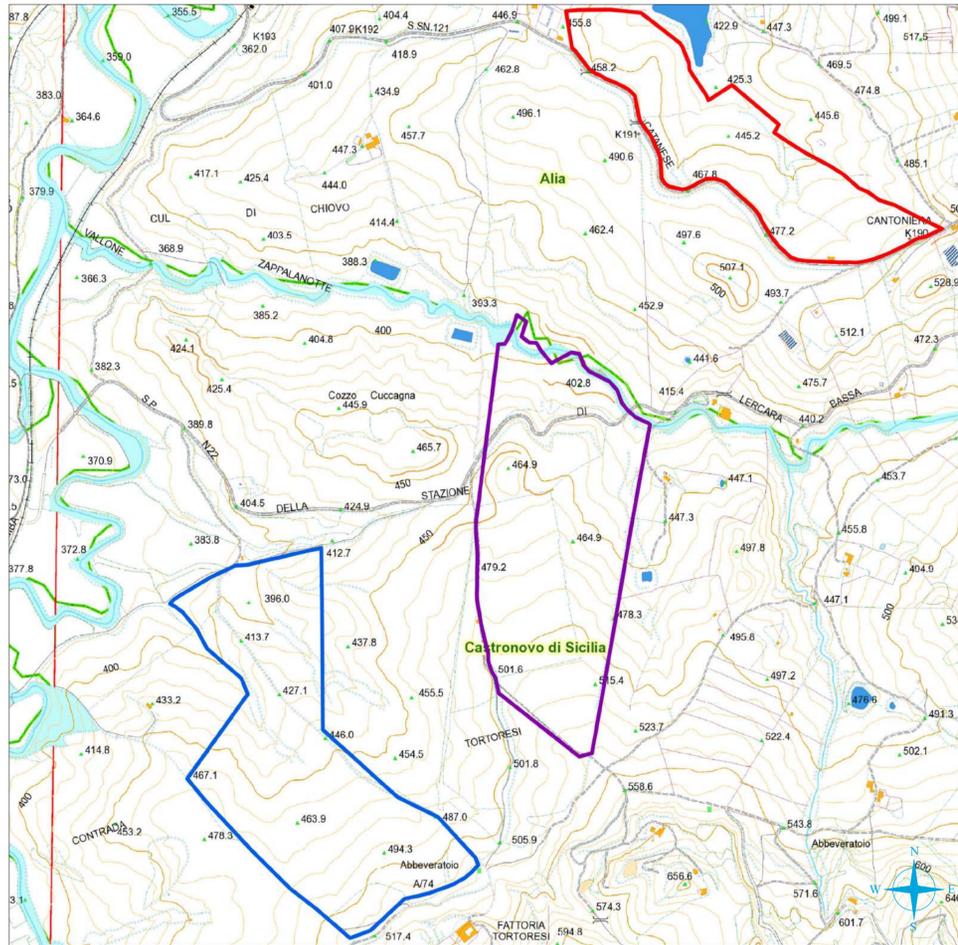
621080	621070	621080
621100	621110	621120
621140	621150	621160

PROVINCIA:  
A PALERMO  
B CALTANISSETTA

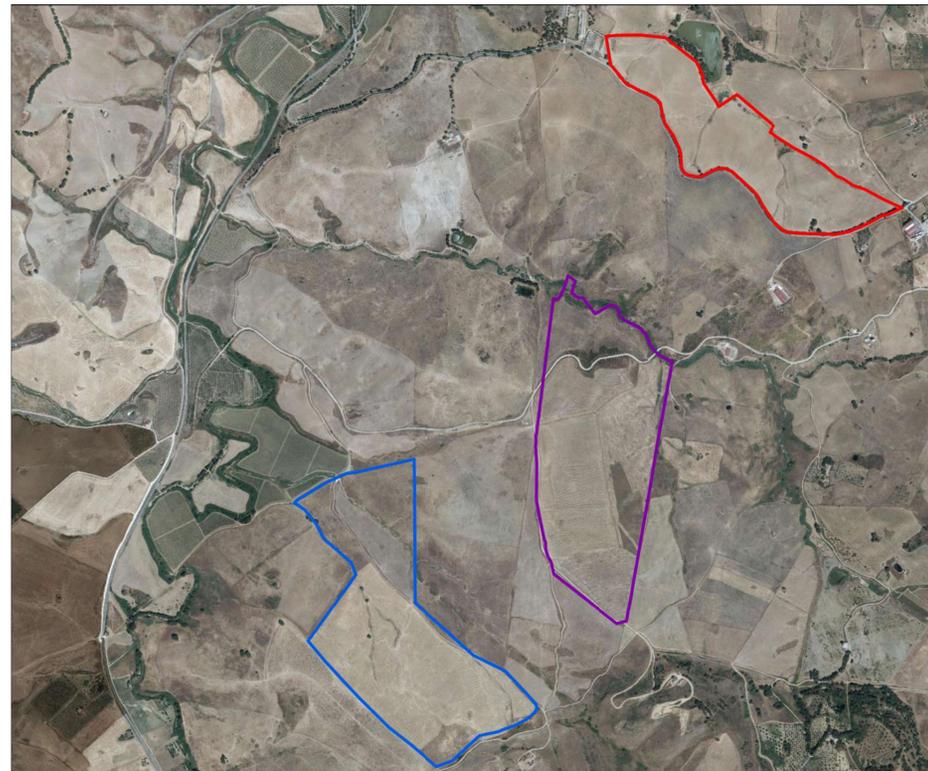
COMUNE:  
d CASTELLANA SICULA  
b VILLALBA  
c VALLELUNGA PRATAMENO  
d SCLAFANI BAGNI  
e POLIZZI GENEROSA



TAV 1B) Stralcio CTR - scala 1/10.000



TAV 1F) Ortofoto - scala 1/5.000



Legenda

- ZONA 1
- ZONA 2
- ZONA 3



DS ITALIA 4 srl fabroen COSMOTEC



COMUNE DI CASTRONOVO DI SICILIA  
Zona Metropolitana di Palermo

Relazione Geologica a supporto del Progetto per la realizzazione di un Impianto Agrifotovoltaico denominato "DS11 CASTRONOVO" della potenza di picco di 45,988 kWp e potenza di immissione 38.330 kW e delle relative opere connesse nei Comuni di Castronovo di Sicilia (Pa) ed Alia (Pa).



**TAVOLA DI INQUADRAMENTO TERRITORIALE GEOLOGICO**  
Tav. 1 A) Stralcio I.G.M.I. - scala 1:25.000  
Tav. 1 B) Stralcio C.T.R. - scala 1:10.000  
Tav. 1 C) Ortofoto con ubicazione delle Aree - scala 1:5.000  
Tav. 1 D) Stralcio Catastale Area 1 - scala 1:4.000  
Tav. 1 E) Stralcio Catastale Area 2 - scala 1:4.000  
Tav. 1 F) Stralcio Catastale Area 3 - scala 1:4.000

SCALA:	FORMATO:	CODICE ELABORATO:	DATA DI PRIMA EMISSIONE:	CODICE IDENTIFICATIVO TERRA:	REVISIONE:	REDATTO:
		DS14_GEO	10/10/2022	202101692	REV_01	
PROT.:	FOGLIO:	DATA DI SECONDA EMISSIONE:	CODICE IDENTIFICATIVO DS14:	DESCRIZIONE:		ESEGUITO:
CASTRONOVO DI SICILIA	1/1		DS14 CASTRONOVO	Carta Inquadramento Generale		
FILE DWG:	ID ELABORATO:	LIVELLO DI PROGETTAZIONE:				VERIFICATO:
PLANIMETRIA LAYOUT	RS06EPD0075A0	DEFINITIVO				

I PROGETTISTI

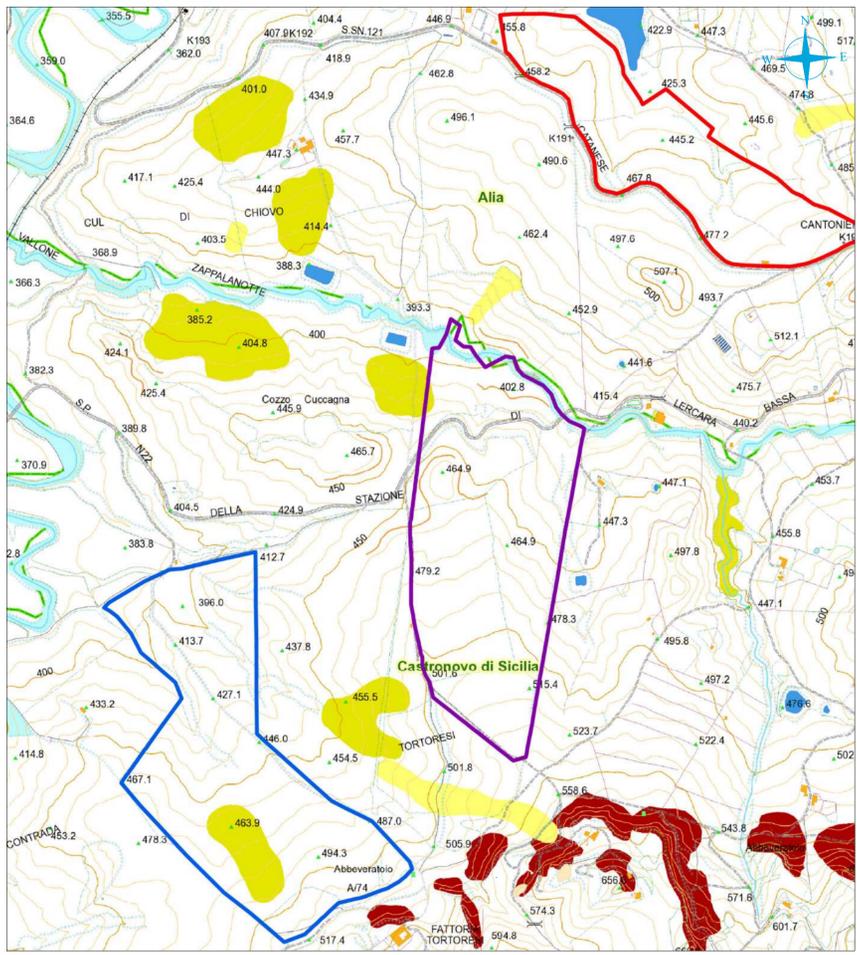
 Ing. Giuseppe Lo Presti	 Arch. Calogero Morreale	 Geologo Giovanni Pantaleo

COMMITTENTE

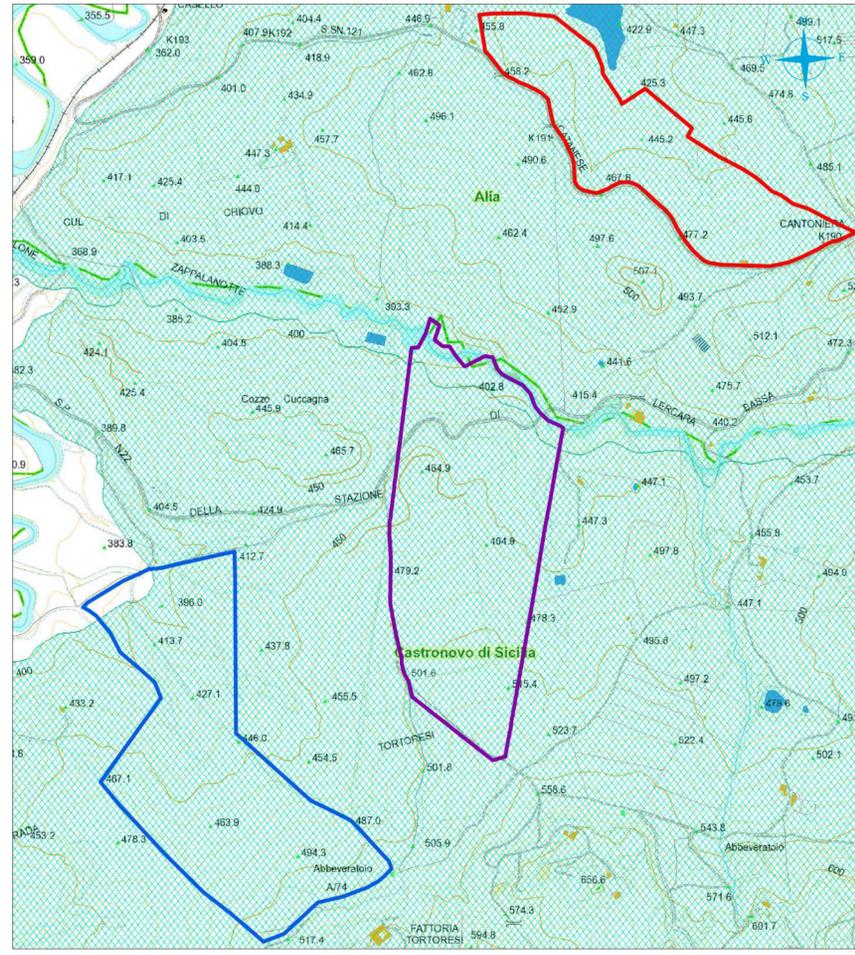
SVILUPPATORE

DS ITALIA 4 srl Sede legale via del Plebiscito n. 112 Roma (RM) CAP 000186 CF/P.IVA: 15946501002 Legale rappresentante Antonio Macias Toscano	FABROEN srl Sede legale Via Brunetto Latini n. 11 Palermo (PA) CAP 90141 CF/P.IVA 05052720827 Legale rappresentante Avv. Fabrizio Romeo
--	--

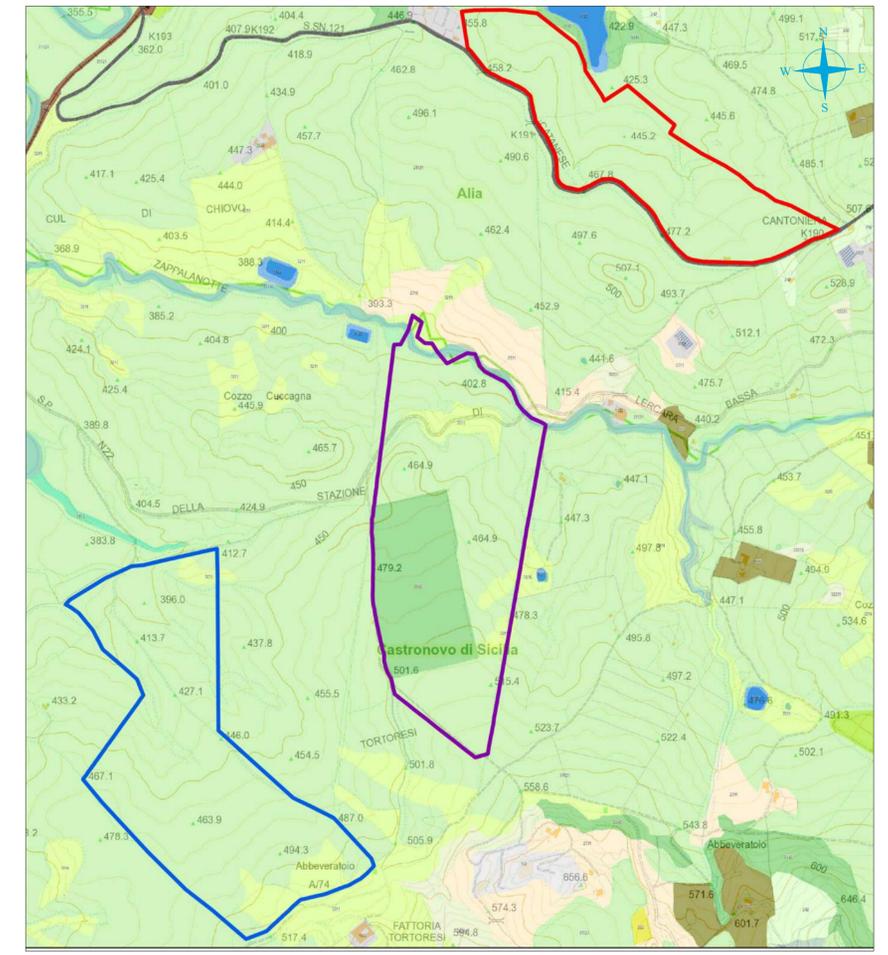
TAV. 2A) Carta della Pericolosità e del Rischio Geomorfologico - scala 1/10.000



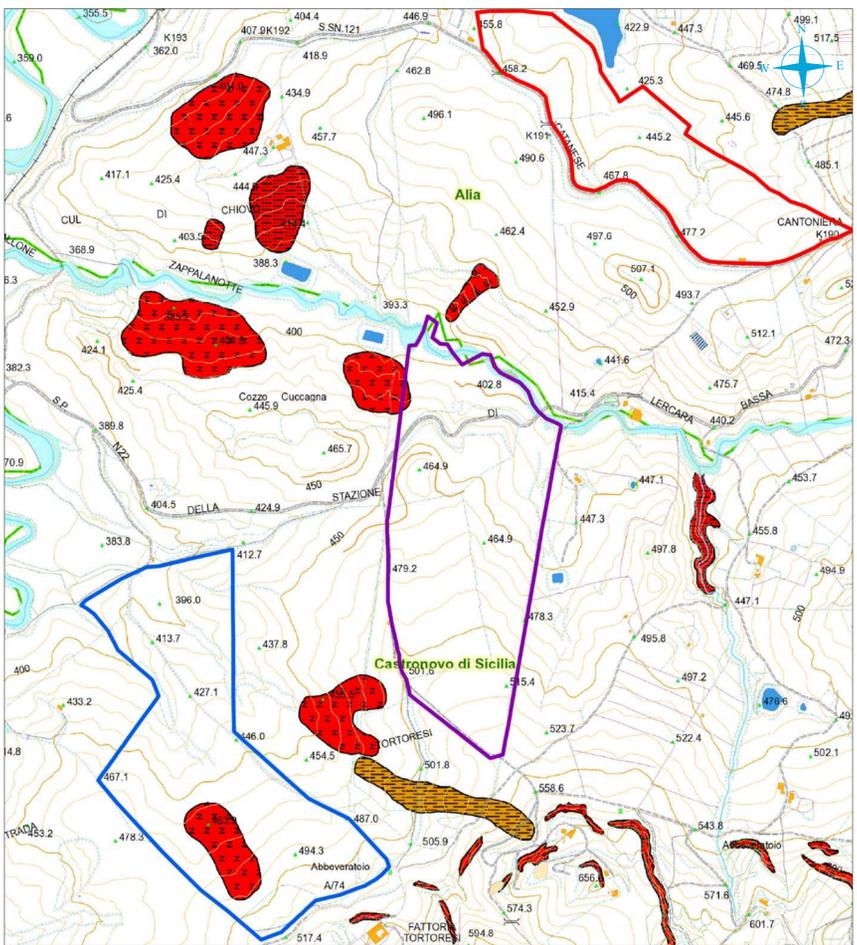
TAV. 2C) Carta del Vincolo idrogeologico - scala 1/10.000



TAV. 2D) Carta dell'uso del suolo - scala 1/10.000



TAV. 2B) Carta dei Dissesti - scala 1/10.000



LEGENDA

Legenda

- ZONA A
- ZONA B
- ZONA C
- 1
- 2
- 3
- 4

Legenda

- ZONA 1
- ZONA 2
- ZONA 3

Legenda

- ZONA A
- ZONA B
- ZONA C

Dissesti per Tipologia

- Drillo e/o ribaltamento
- Colamento rapido
- Sprofondamento
- Socrimento
- Frana complessa
- Espansione laterale o deformazione gravitativa (DGPV)
- Colamento lento
- Area a franosità diffusa
- Deformazione superficiale lenta
- Calanco
- Dissesti dovuti ad erosione accelerata

Dissesti per Attività

- Stato di attività
- Attivo
- Inattivo
- Quiescente
- Stabilizzato artificialmente o naturalmente

Aree sottoposte a vincolo idrogeologico forestale

Legenda del Corine Land Cover al IV livello per l'Italia

- 111- Zone residenziali a tessuto continuo
- 112- Zone residenziali a tessuto discontinuo e rado
- 121- Aree industriali, commerciali e dei servizi pubblici e privati
- 122- Impianti fotovoltaici
- 123- Reti stradali, ferroviarie e infrastrutture tecniche
- 124- Aree portuali
- 125- Aeroporti
- 126- Aree cimiteriali
- 131- Discariche
- 132- Caserici
- 141- Aree verdi urbane
- 142- Aree ricreative e sportive
- 211- Seminativi in aree non irrigue
- 212- Aree agricole intensive
- 213- Aree agricole estensive
- 214- Seminativi in aree irrigue
- 215- Riscie
- 221- Vigneti
- 222- Frutteti e fruti minori
- 223- Oliveti
- 224- Arboricoltura da legno
- 225- Giovani impianti di arboricoltura da legno
- 231- Prati stabili
- 241- Colture temporanee associate a colture permanenti
- 242- Sistemi colturali e particellari complessi
- 243- Aree prevalentemente occupate da colture agricole con presenza di spazi naturali importanti
- 244- Aree agroforestali
- 311- Boschi di latifoglie
- 312- Boschi a prevalenza di querce e altre latifoglie sempreverdi
- 313- Boschi a prevalenza di querce caducifoglie
- 314- Boschi misti a prevalenza di altre latifoglie autoctone
- 315- Boschi a prevalenza di castagno
- 316- Boschi a prevalenza di faggio
- 317- Boschi a prevalenza di igrofiti
- 318- Boschi ad ex-plantazioni a prevalenza di latifoglie esotiche
- 319- Boschi di conifere
- 320- Boschi a prevalenza di pini mediterranei e nonnani
- 321- Boschi a prevalenza di abeti
- 322- Boschi a prevalenza di larice o pino
- 323- Boschi ed ex-plantazioni a prevalenza di conifere
- 324- Boschi misti di conifere e latifoglie
- 325- Boschi misti di conifere e latifoglie a prevalenza di latifoglie
- 326- Boschi misti di conifere e latifoglie a prevalenza di conifere
- 327- Aree a pascolo naturale e praterie
- 328- Praterie continue
- 329- Praterie discontinue
- 330- Brughiere e cespuglieti
- 331- Aree a vegetazione sclerofilla
- 332- Macchia alta
- 333- Macchia bassa e garighe
- 334- Aree a vegetazione boschiva e arbustiva in evoluzione
- 335- Tagliate di bosco ceduo
- 336- Spiagge, dune e sabbie
- 337- Rocce nude, falesie, rupi, affioramenti
- 338- Aree con vegetazione rada
- 339- Aree percorse da incendi
- 340- Ghiacciai e nevi perenni
- 411- Paludi interne
- 412- Torbiere
- 421- Paludi salmastre
- 422- Saline
- 511- Corsi d'acqua, canali e idrovie
- 512- Bacini d'acqua
- 521- Lagune
- 522- Estuari
- 523- Mari e oceani

Fonte: ISPRA



COMUNE DI CASTRONOVO DI SICILIA  
Zona Metropolitana di Palermo

Relazione Geologica a supporto del Progetto per la realizzazione di un Impianto Agrifotovoltaico denominato "DS1 CASTRONOVO" della potenza di picco di 45,988 kWp e potenza di immissione 38.330 kW e delle relative opere connesse nei Comuni di Castronovo di Sicilia (Pa) ed Alia (Pa).



TAVOLA DEL PAI-DISSESTI-VINCOLO IDROGEOLOGICO-CARTA USO DEL SUOLO  
Tav. 2 A) Carta della Pericolosità e del Rischio geomorfologico - scala 1:10.000  
Tav. 2 B) Carta dei Dissesti - scala 1:10.000  
Tav. 2 C) Carta del Vincolo Idrogeologico - scala 1:10.000  
Tav. 2 D) Carta dell'uso del suolo - scala 1:10.000

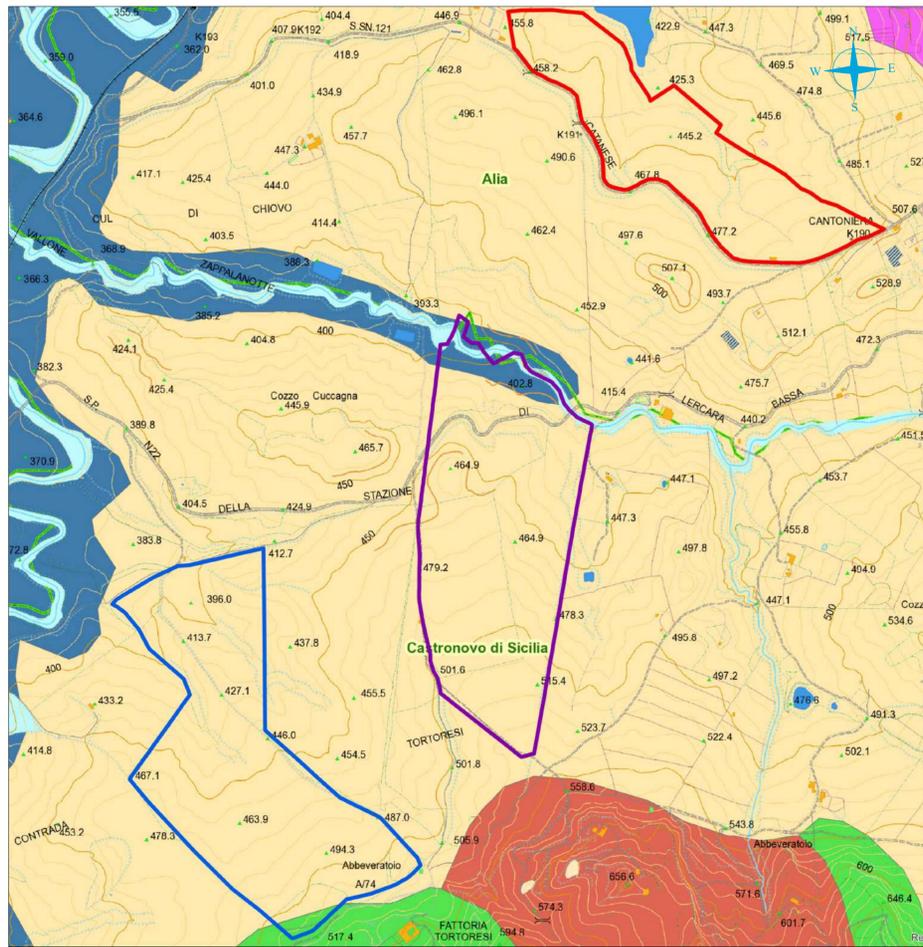
SCALA:	FORMATO:	CODICE ELABORATO:	DATA DI PRIMA EMISSIONE:	CODICE IDENTIFICATIVO TERRORE:	REVISIONE:	REDATTO:
		DS14_GEO	10/10/2022	202101692	REV_01	
PROT.:	FOG.:	FILE DWG:	DATA DI SECONDA EMISSIONE:	CODICE IDENTIFICATIVO DSIR:	DESCRIZIONE:	ESEGUITO:
CASTRONOVO DI SICILIA 1	1/1	PLANIMETRIA_LAYOUT		DS14 CASTRONOVO	Relazione Geologica	
		ID ELABORATO:	LIVELLO DI PROGETTAZIONE:	VERIFICATO:		
		RS06EPD0076AO	DEFINITIVO			

I PROGETTISTI

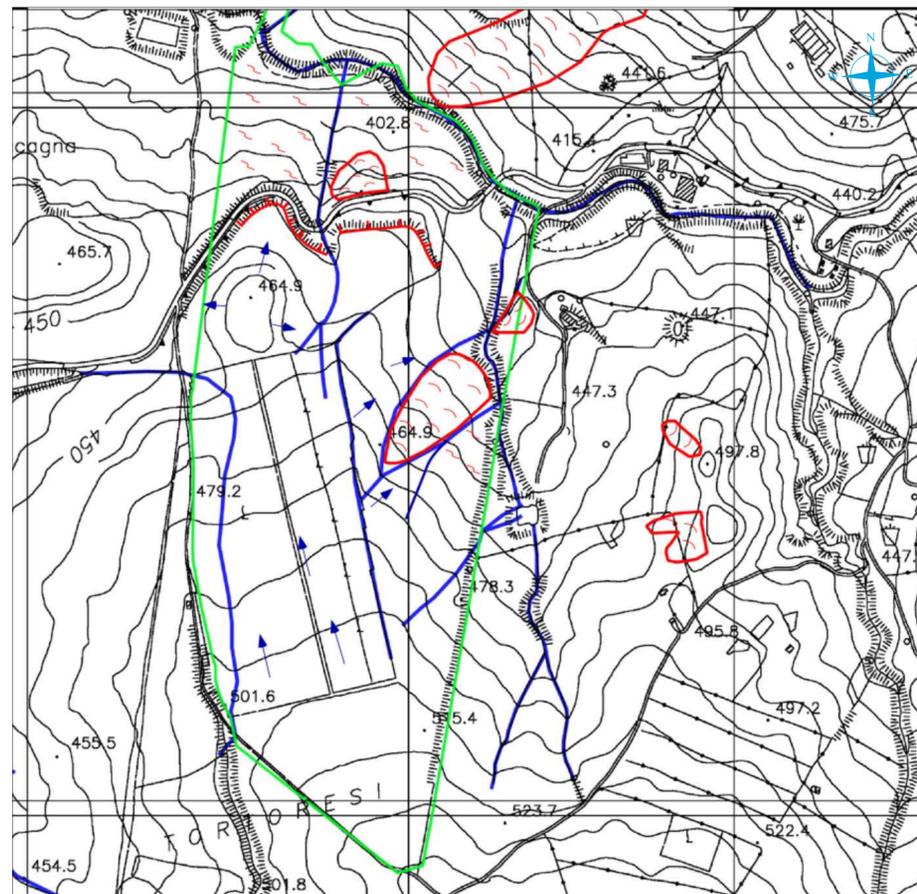
 Ing. Giuseppe Lo Presti	 Arch. Calogero Morreale	 Geologo Giovanni Pantaleo
-----------------------------	-----------------------------	-------------------------------

<p>COMMITTENTE</p> <p>DS ITALIA 4 srl Sede legale via del Plebiscito n. 112 Roma (RM) CAP 000186 CF/P.IVA: 15946501002 Legale rappresentante Antonio Macias Toscano</p>	<p>SVILUPPATORE</p> <p>FABROEN srl Sede legale via Brunetto Latini n. 11 Palermo (PA) CAP 90141 Legale rappresentante Avv. Fabrizio Rome</p>
---	--

TAV. 3A) Carta Geologica - scala 1/10.000



TAV. 3C) Carta Geomorfologica Area 2 - scala 1/10.000



LEGENDA

Legenda

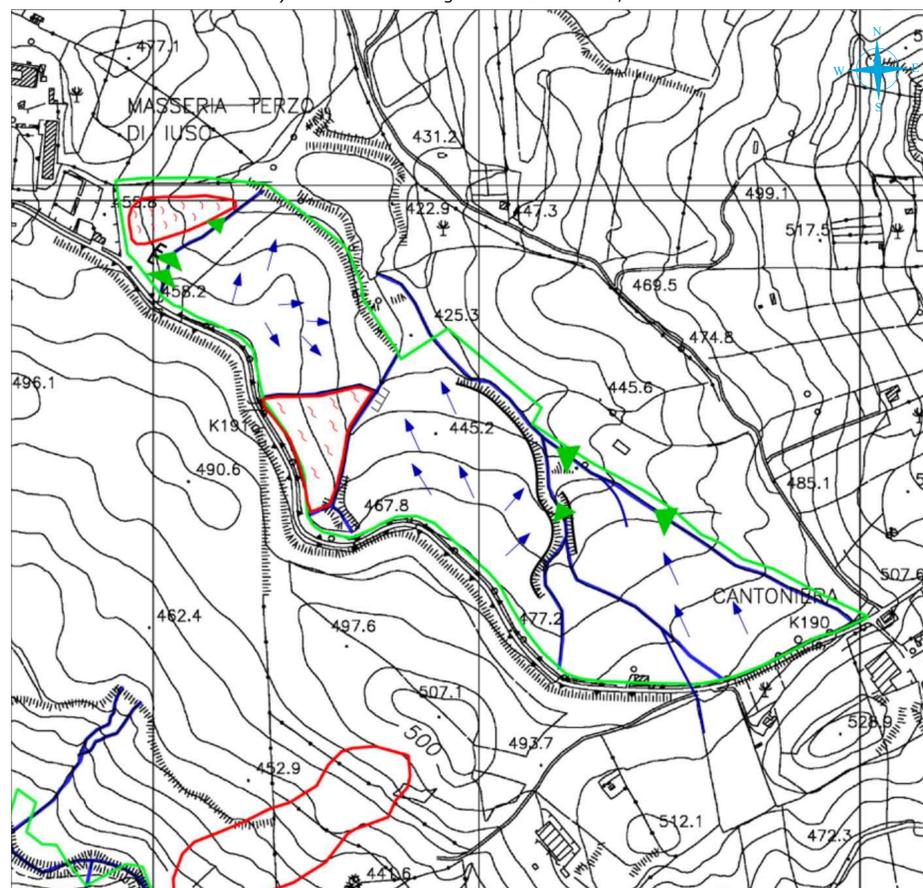
Carta geolitologica

- Alluvioni
- Arenarie molassiche
- Conglomerati poligenici
- Quarzarenite limidiche
- Sequenze miste prevalentemente argillose

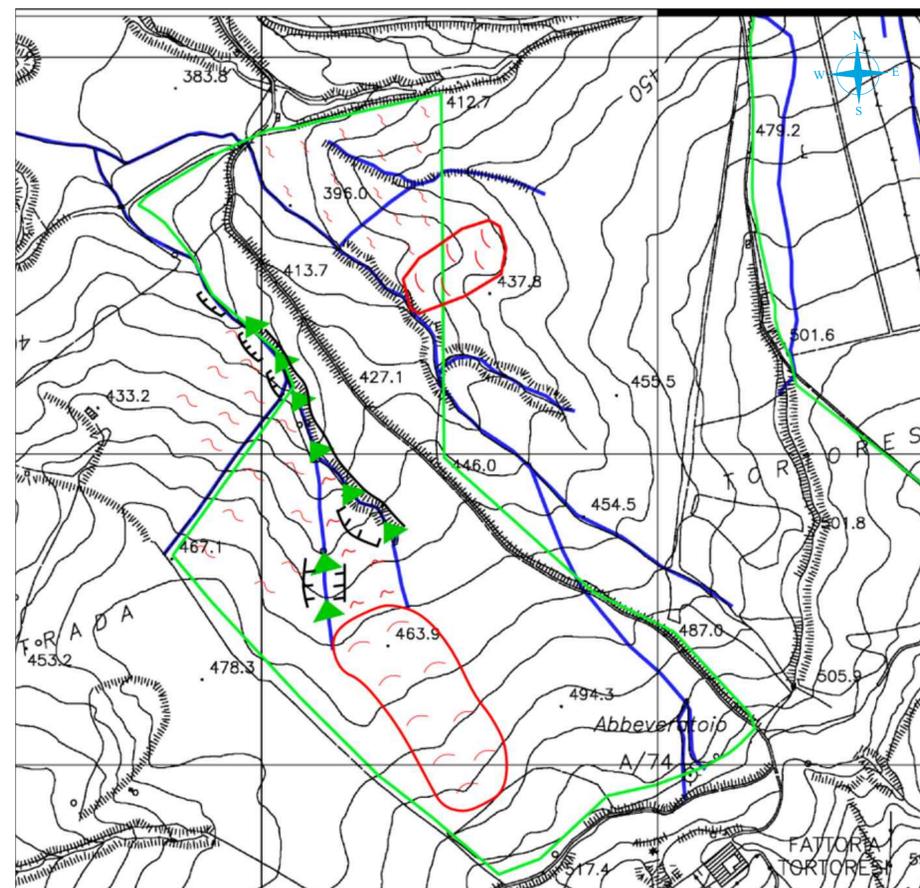
Legenda

- FRANA di deformazione superficiale lenta
- Area a franosità diffusa
- Solchi di erosione
- Impluvi
- Direzione scorrimento acque

TAV. 3B) Carta Geomorfologica Area 1 - scala 1/10.000



TAV. 3D) Carta Geomorfologica Area 3 - scala 1/10.000



DS ITALIA 4 srl

fabroen

COSMOTEC

IRIT

COMUNE DI CASTRONOVO DI SICILIA  
Zona Metropolitana di Palermo

Relazione Geologica a supporto del Progetto per la realizzazione di un Impianto Agrifotovoltaico denominato "DS11 CASTRONOVO" della potenza di 45,988 KWp e potenza di immissione 38.330 kW e delle relative opere connesse nei Comuni di Castronovo di Sicilia (Pa) ed Alia (Pa).



TAVOLA CARTE TEMATICHE-CARTA GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA

Tav. 3 A) Carta Geologica - scala 1:10.000  
Tav. 1 B) Carta Geomorfologica Area 1 - scala 1:10.000  
Tav. 1 C) Carta Geomorfologica Area 2 - scala 1:10.000  
Tav. 1 D) Carta Geomorfologica Area 3 - scala 1:10.000

SCALA:	FORMATO:	CODICE ELABORATO:	DATA DI PRIMA EMISSIONE:	CODICE IDENTIFICATIVO TERNA:	REVISIONE:	REDATTO:
		DSI4_GEO	10/10/2022	202101692	REV 01	
PROT.:	FOGLIO:	DATA DI SECONDA EMISSIONE:	CODICE IDENTIFICATIVO DSI4:	DESCRIZIONE:	ESECUITO:	
CASTRONOVO DI SICILIA	1/1		DSI4 CASTRONOVO	Relazione Geologica	ESECUITO	
FILE DWG:	ID ELABORATO:	LIVELLO DI PROIEZIONE:	VERIFICATO:			
PLANIMETRIA_LAYOUT	RS06EPD0077A0	DEFINITIVO	VERIFICATO			

I PROGETTISTI

Ing. Giuseppe Lo Presti	Arch. Calogero Morreale	Geologo Giovanni Pantaleo

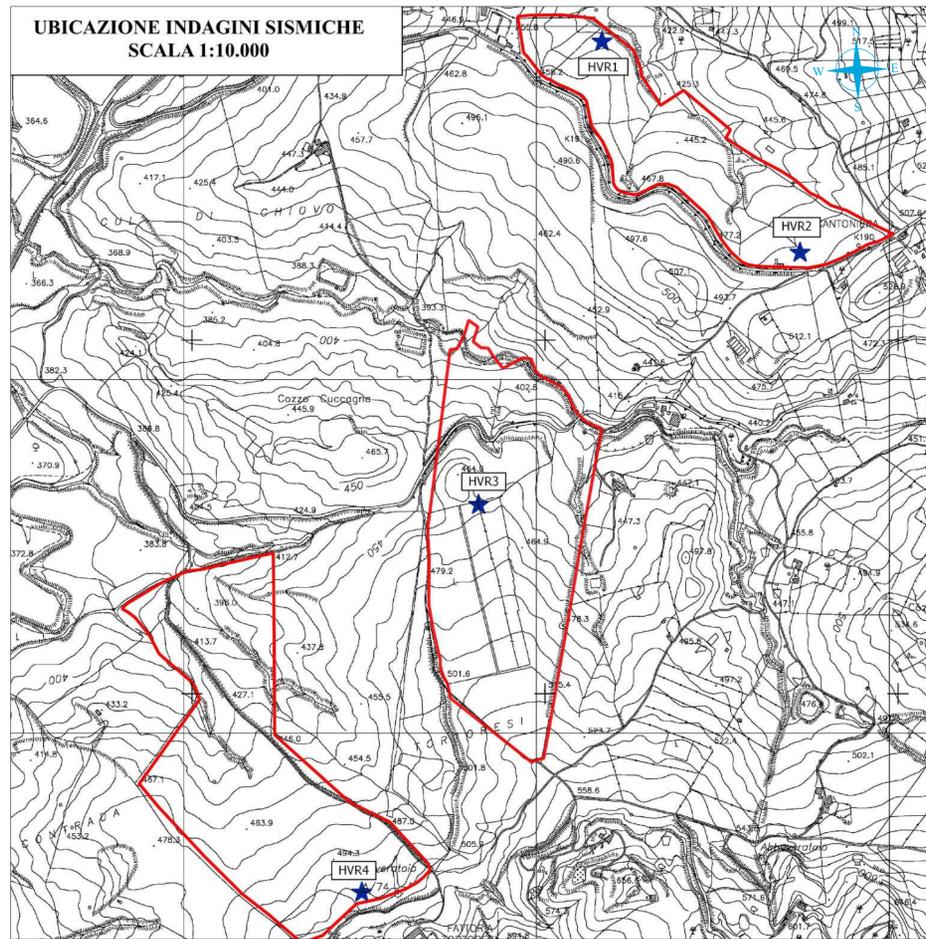
COMMITTENTE

DS ITALIA 4 srl  
Sede legale via del Piabiscio n. 112  
Roma (RM) CAP 000186  
CF/P.IVA: 15946501002  
Legale rappresentante  
Antonio Macias Toscano

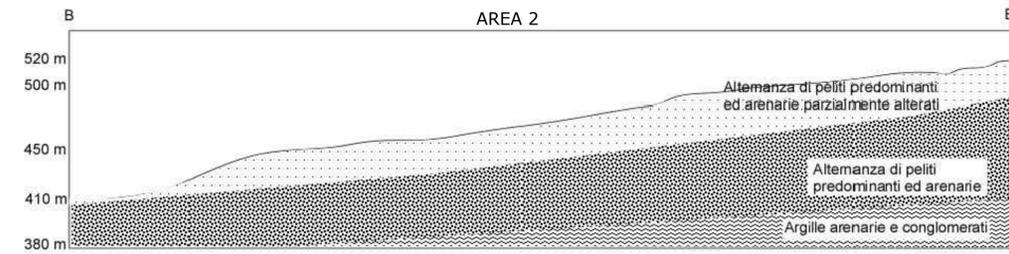
SVILUPPATORE

FABROEN srl  
Sede legale via Brunetto Latini n. 11  
Palermo (PA) CAP 90141  
CF/P.IVA 05052720827  
Legale rappresentante  
Avv. Fabrizio Romè

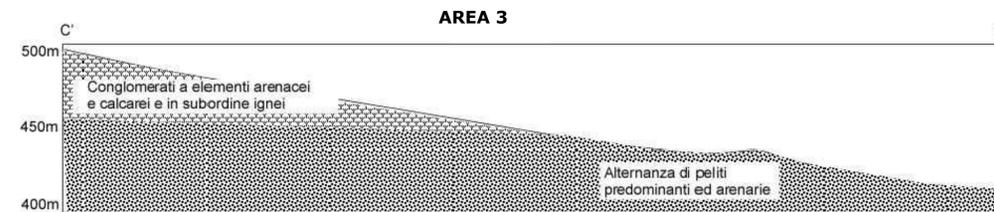
TAV. 4A) Carta on l'ubicazione delle indagini sismiche - scala 1/10.000



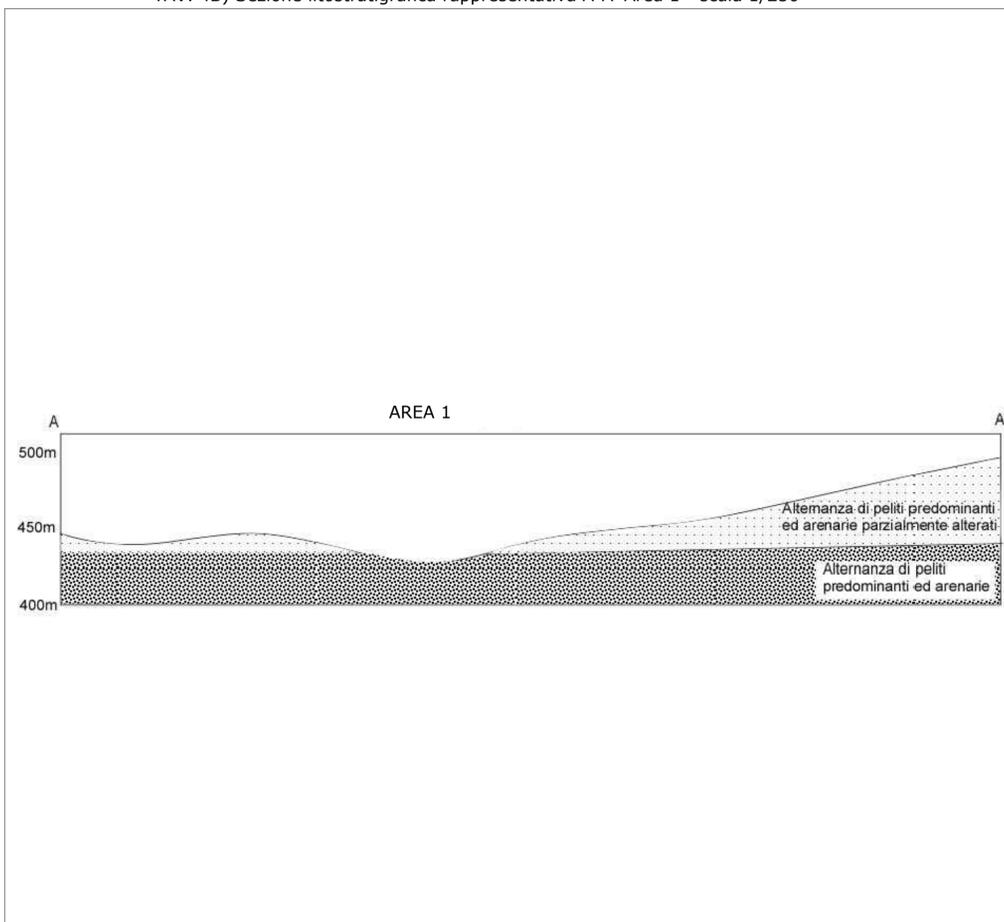
TAV. 4C) Sezione litostratigrafica rappresentativa B-B' Area 2 - scala 1/250



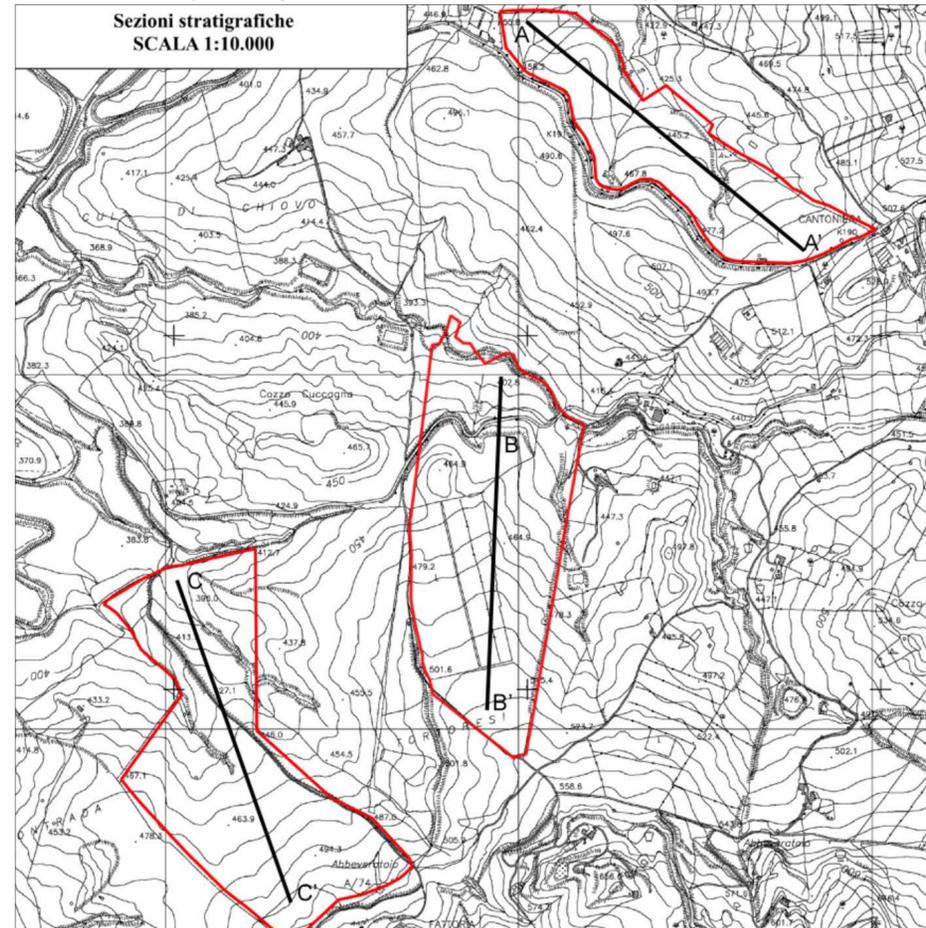
TAV. 4D) Sezione litostratigrafica rappresentativa C-C' Area 3 - scala 1/250



TAV. 4B) Sezione litostratigrafica rappresentativa A-A' Area 1 - scala 1/250



TAV. 4E) Aerofotogrammetria con ubicazione delle sezioni rappresentative - scala 10.000



DS ITALIA 4 srl

fabroen

COSMOTEC



COMUNE DI CASTRONOVO DI SICILIA  
Zona Metropolitana di Palermo

Relazione Geologica a supporto del Progetto per la realizzazione di un Impianto Agrifotovoltaico denominato "DS1 CASTRONOVO" della potenza di picco di 45,988 kWp e potenza di immissione 38.330 kW e delle relative opere connesse nei Comuni di Castronovo di Sicilia (Pa) ed Alia (Pa).



TAVOLA DELLE INDAGINI E DELLE SEZIONI LITOSTRATIGRAFICHE RAPPRESENTATIVE

Tav. 3 A) Carta delle Indagini eseguite - scala 1:10.000  
Tav. 1 B) Sezione litostratigrafica rappresentativa A-A' Area 1 - scala 1:250  
Tav. 1 C) Sezione litostratigrafica rappresentativa B-B' Area 2 - scala 1:250  
Tav. 1 D) Sezione litostratigrafica rappresentativa C-C' Area 3 - scala 1:250  
TAV. 4E) Aerofotogrammetria con ubicazione delle sezioni - scala 10.000

SCALA:	FORMATO:	CODICE ELABORATO:	DATA DI PRIMA EMISSIONE:	CODICE IDENTIFICATIVO TERNA:	REVISIONE:	REDATTO:
		DSI4_GEO	10/10/2022	202101692	REV 01	
PROT.:	FOGLIO:	DATA DI SECONDA EMISSIONE:	CODICE IDENTIFICATIVO DSI4:	DESCRIZIONE:		ESEGUITO:
CASTRONOVO DI SICILIA	1/1		DSI4CASTRONOVO	Relazione Geologica		
FILE DMS:	ID ELABORATO:	RSO6EPDO078A0		LIVELLO DI PROGETTAZIONE:		VERIFICATO:
PLANIMETRIA LAYOUT				DEFINITIVO		

I PROGETTISTI

 Ing. Giuseppe Lo Presti	 Arch. Calogero Morreale	 Geologo Giovanni Pantaleo
 Ing. Giuseppe Lo Presti N. 2917	 Arch. Calogero Morreale	 Geologo Giovanni Pantaleo N. 2923

COMMITTENTE

DS ITALIA 4 srl  
Sede legale via del Plebiscito n. 112  
Roma (RM) CAP 000186  
CF/PIVA: 15946501002  
Legale rappresentante  
Antonio Macías Toscano

SVILUPPATORE

FABROEN srl  
Sede legale Via Brunetto Latini n. 11  
Palermo (PA) CAP 90141  
CF/PIVA: 05052730827  
Legale rappresentante  
Avv. Fabrizio Rome

**COMUNE DI CASTRONOVO DI SICILIA**

**Provincia di Palermo**

**PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRO FOTOVOLTAICO  
PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DELLA POTENZA NOMINALE  
DI 45,995 MW<sub>p</sub> E DELLE OPERE CONNESSE DELLE INFRASTRUTTURE  
INDISPENSABILI CAVIDOTTO E SOTTOSTAZIONE - COMUNE DI  
CASTRONOVO DI SICILIA (PA) E COMUNE DI ALIA (PA) C/DA TORTORESI**

INDAGINE SISMICA CON MICROTREMORI - METODOLOGIA HVSR

**Committente:**

Dott. Geol. Giovanni Pantaleo

**Geologo:**

Dott.ssa Collura Anna Maria



A handwritten signature in black ink, which appears to read "Anna Maria Collura".

## PREMESSA

Nell'ambito del "Progetto di realizzazione di un parco agro-voltaico da 45.995 MWp in località C/da Tortoresi del territorio dei Comuni di Castronovo di Sicilia e Alia (PA)", la scrivente **Geologo Dott.ssa Collura Anna Maria**, libera professionista iscritta all'Albo Regionale Geologi di Sicilia con il n° 3382, ha eseguito quattro prove sismiche passive con stazione microtremore a stazione singola - HVSR, con tromografo digitale - TROMINO, finalizzate alla caratterizzazione sismica del sottosuolo costituente il terreno di fondazione del sito investigato.

## CENNI SULLA METODOLOGIA D'INDAGINE HVSR

E' stata effettuata nell'ambito di tale progettazione il metodo sismico passivo, o meglio, è stata eseguita una analisi sismica passiva con la metodologia **HVSR**.

La tecnica **HVSR**, a fini di questo lavoro, è stata impiegata come elemento di base rispetto ad altre prove, in quanto non è invasiva, non è necessario eseguire perforazioni o scavi, limitando sia il tempo per l'esecuzione della stessa che, soprattutto, i costi.

Le basi teoriche di questa tecnica si basano sul rumore sismico ambientale (*Castellaro et alii*, 2005), presente ovunque sulla superficie terrestre e generato dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) e dall'attività antropica oltre che, ovviamente, dall'attività dinamica terrestre. Rumore sismico ambientale che viene anche chiamato:

"microtremore" in quanto riguarda oscillazioni molto piccole ( $10^{-15}$  [m/s<sup>2</sup>]<sup>2</sup> in termini di accelerazione), molto più piccole di quelle indotte dai terremoti nel campo vicino.

I metodi che si basano sulla sua acquisizione si dicono passivi in quanto il rumore non è generato "ad hoc", come ad esempio le esplosioni della sismica attiva. A tale andamento generale, che è sempre presente, si sovrappongono le sorgenti locali: antropiche (traffico, industrie, ma anche il semplice passeggiare di una persona) e naturali, che però si attenuano fortemente a frequenze superiori a 20 Hz, a causa dell'assorbimento anelastico originato dall'attrito interno delle rocce.

Metodo reso popolare principalmente da *Nakamura* (1989), come strumento per determinare la amplificazione sismica locale, ed è ampiamente riconosciuto che l'**HVSR** è in grado di fornire stime affidabili delle frequenze principali di risonanza dei sottosuoli, informazione che è di notevole importanza nell'ingegneria sismica.

Riconosciuta questa capacità e dato che, se è disponibile una stima delle velocità delle onde elastiche, le frequenze di risonanza possono essere convertite in stratigrafia, ne risulta che il metodo **HVSR** può essere in linea di principio usato come strumento stratigrafico. In altre parole la frequenza fondamentale di risonanza (**fr**) dello strato di terreno N relativa alle onde S è dato dalla seguente equazione:

$$fr = Vs / 4 H$$

in cui: Vs è la velocità media delle onde S nello strato N ed H è lo spessore di terreno indagato.

Teoricamente questo effetto è sommabile cosicché la curva **HVSR** mostra, come massimi relativi, le frequenze di risonanza dei vari strati. Questo, insieme ad una stima delle velocità che è solitamente disponibile almeno a livello di massima, è in grado di fornire previsioni sullo spessore H degli strati.

Tale informazione è per lo più contenuta 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, quando le registrazioni vengono effettuate in momenti con rumore di fondo più o meno alto, per: a) il contenuto in frequenza; b) la risposta strumentale; c) l'ampiezza del segnale.

Tutte le registrazioni dei microtremori presentate in questo studio sono state effettuate con il tromografo digitale TROMINO che è uno strumento progettato specificamente per l'acquisizione del rumore sismico. Mentre i risultati di ciascuna analisi presentati in questo lavoro sono stati ottenuti con il software "GRILLA" in dotazione a TROMINO. Software "GRILLA" che, per ciascuna delle 3 componenti del moto divide il tracciato acquisito in finestre di lunghezza L (in questo lavoro generalmente 20 s); elimina il trend da ciascuna finestra; ne fa il "taper" con una finestra Bartlett; fa il "pad" di ciascuna finestra con degli zero; calcola la trasformata di Fourier (FFT) per ciascuna finestra; calcola lo spettro di ampiezza per ciascuna finestra; liscia lo spettro di ogni finestra secondo la funzione di lisciamo f, e calcola il rapporto spettrale **HVSR** ad ogni frequenza, per ciascuna finestra.

La funzione **HVSR** finale è data dalle media degli **HVSR** di ciascuna finestra.

Per produrre l'**HVSR** finale le componenti orizzontali sono mediate tra loro con la media quadratica e vengono poi divise per la componente verticale.

Tutti i grafici presentati in questo lavoro, sono stati ottenuti con lisciamo secondo finestre triangolari con ampiezza pari a 10% della frequenza centrale.

## STRUMENTAZIONE

Lo strumento progettato ed usato specificamente per l'acquisizione del rumore sismico o dei microtremori presenti sulla superficie terrestre è: TROMINO, un tromografo digitale.

Si tratta di un apparecchio portatile compatto di circa 10 x 7 x 14 cm. ed 1 Kg. di peso, dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) orientati Nord - Sud, Est - Ovest e verticalmente; alimentato da 2 batterie AA da 1.5 V, fornito di GPS interno e senza alcun cavo esterno.

Nello specifico, il tromografo digitale in uso è il TROMINO ENGY, che oltre a misurare ad alta risoluzione il rumore sismico ambientale viene impiegato anche nella misura delle vibrazioni degli edifici.

ENGY, infatti, è la diminuzione di ENGINEERING.

## UBICAZIONE DELLE PROVE SISMICHE PASSIVE

Essendo il TROMINO di piccole dimensioni è facilmente posizionabile su qualsiasi superficie, sia terreno che pavimentazione, richiedendo poco spazio e facilità di applicazione.

L'acquisizione avviene tramite dei piedini (corti per posizionamento su terreni duri e pavimentazioni; lunghi per posizionamento su terreni soffici) che non sono altro che dei velocimetri attraverso i quali si intercetta il segnale in ciascun sito per un tempo  $t$  di 20 minuti ( $t = 00 \text{ h}, 20', 00''$ ) e digitalizzato a 24 bit, che viene prima registrato in una memoria interna e poi, una volta scaricato su PC, letto ed interpretato dal software "GRILLA" in dotazione a TROMINO.

## ELABORAZIONE DEI DATI DELLE PROVE SISMICHE PASSIVE HVSR

Dalla rilevazione sismica effettuata si evidenziano in primo luogo delle condizioni di eterogeneità sia in senso orizzontale che verticale, chiaramente compatibili con il quadro geolitologico locale, caratterizzato da sensibile variabilità della granulometria e dello stato di aggregazione dei granuli. Ne consegue una non omogenea distribuzione dei valori di velocità nella propagazione delle onde sismiche, soprattutto nei livelli meno profondi, ove le velocità risultano meno elevate.

Il valore del parametro  $V_{seq}$  misurato fino ad una profondità di 30 m risulta compreso fra 538 m/s e 753 m/s. In base ai valori ottenuti è possibile riferire il sito in esame alla seguente categoria del sottosuolo di fondazione (D.M. 17-01-2018; §3.2.2)

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).

Castronovo di Sicilia, Settembre 2022

Il Geologo



*Anna Maria Collura*

*Geol. Collura Anna Maria*

Via Piedimonte n.64, 90030 Castronovo di Sicilia (PA) [Tel: 3271766203](tel:3271766203) 4 e -mail:collura.anna@gmail.com

## AGROFOTOVOLTAICO C/DA TORTORES, AREA 1 HVR1

Strumento: TE3-0324/02-17

Formato dati: 32 byte

Fondo scala [mV]: 51

Inizio registrazione: 11/08/22 10:17:28 Fine registrazione: 11/08/22 10:37:28

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS 37.777537°N, 13.684856°E

Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 97% tracciato (selezione automatica)

Freq. campionamento: 128 Hz

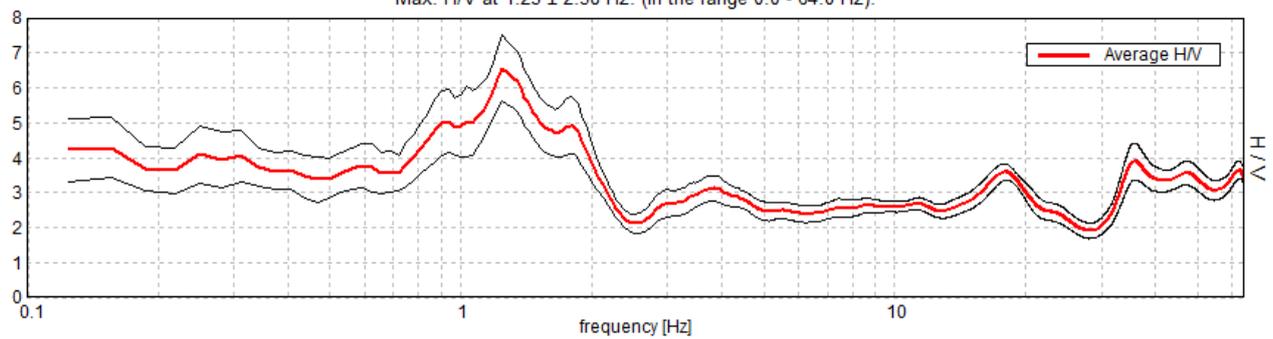
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

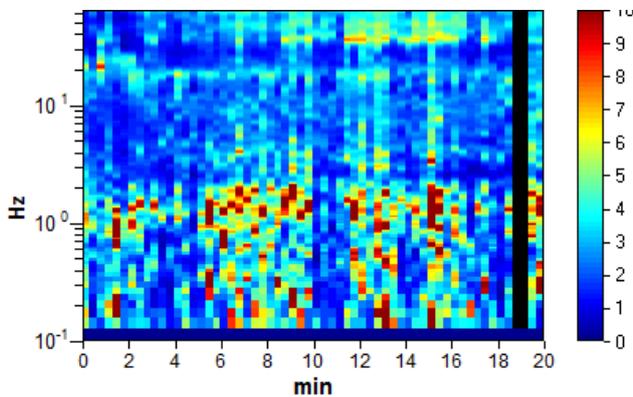
Lisciamento: 10%

### RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

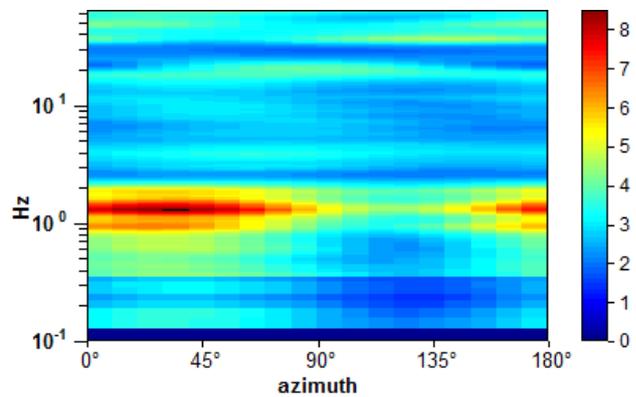
Max. H/V at 1.25 ± 2.58 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



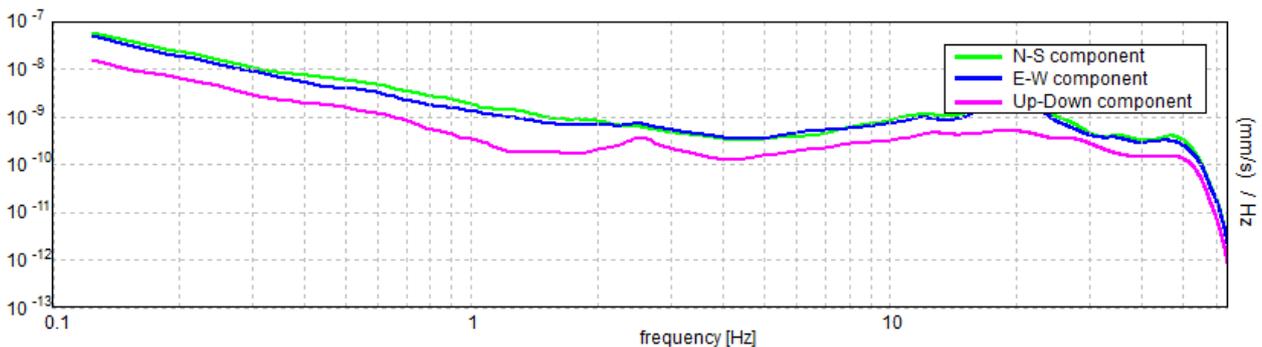
### SERIE TEMPORALE H/V



### DIREZIONALITA' H/V

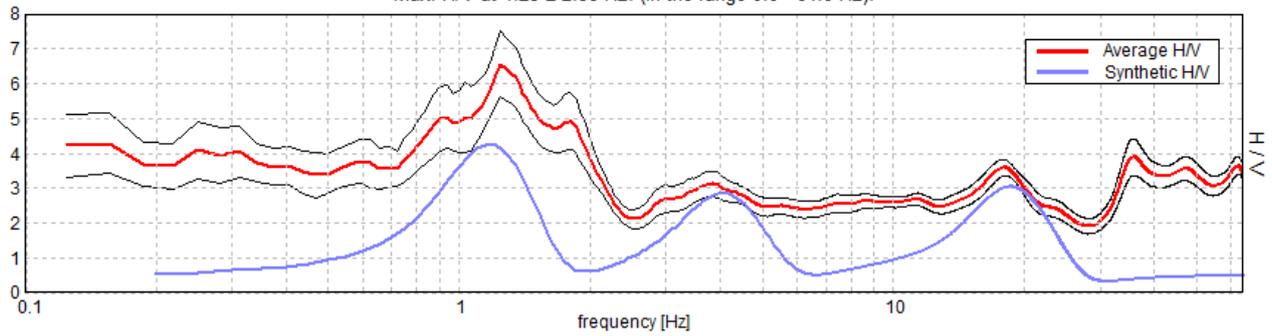


### SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



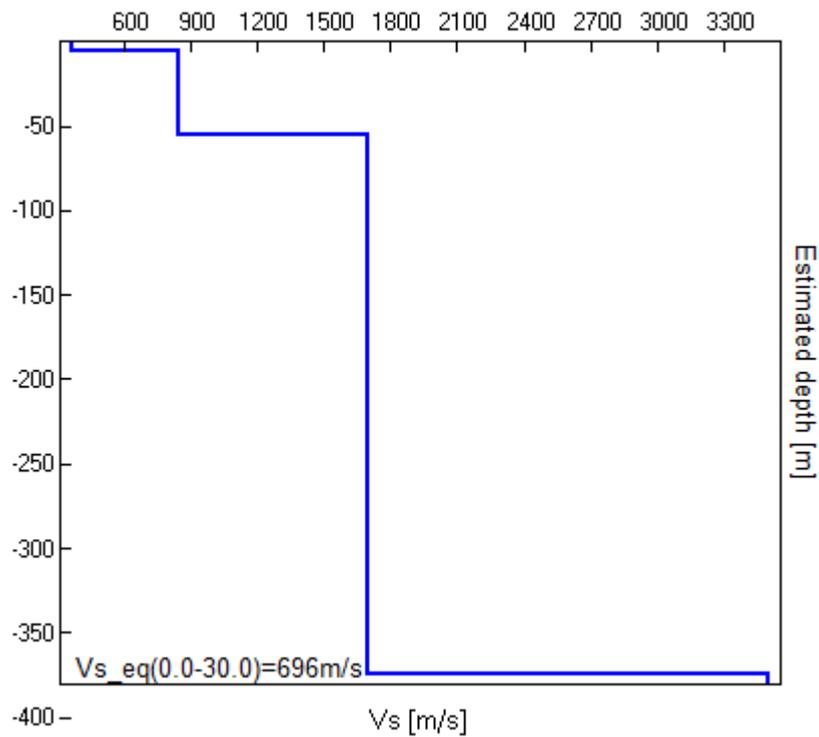
### H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Max. H/V at 1.25 ± 2.58 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
5.00	5.00	366	0.35
55.00	50.00	850	0.40
375.00	320.00	1700	0.42
inf.	inf.	3500	0.45

Vs\_eq(0.0-30.0)=696m/s



TEST DI SIGNIFICATIVITÀ [Secondo le linee guida SESAME, 2005.

**Picco H/V a  $1.25 \pm 2.58$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**

**Criteri per una curva H/V affidabile**

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$1.25 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$1450.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 61	OK	

**Criteri per un picco H/V chiaro**

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	2.125 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$6.55 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 2.06172  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$2.57715 < 0.125$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.9475 < 1.78$	OK	

$L_w$	lunghezza della finestra
$n_w$	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
$f$	frequenza attuale
$f_0$	frequenza del picco H/V
$\sigma_f$	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f$
$f^-$	frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per  $\sigma_f$  e  $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

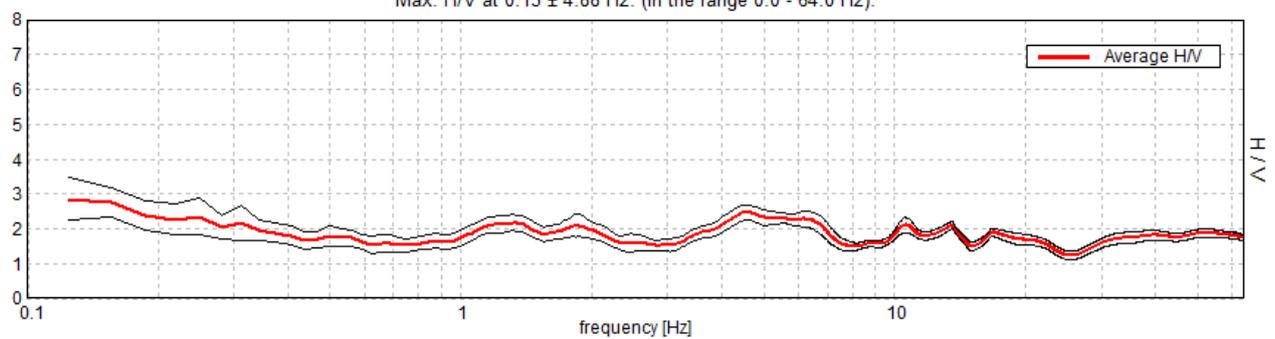
## AGROFOTOVOLTAICO C/DA TORTORES, AREA 1 HVR2

Strumento: TE3-0324/02-17  
 Formato dati: 32 byte  
 Fondo scala [mV]: 51  
 Inizio registrazione: 11/08/22 11:48:44 Fine registrazione: 11/08/22 12:08:44  
 Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
 Dato GPS 37.772863°N, 13.690705°E

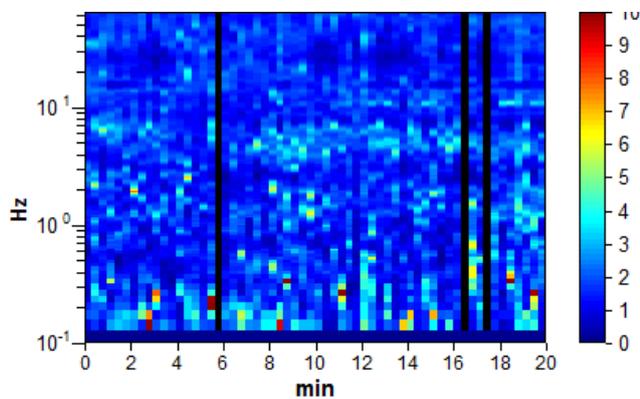
Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 95% tracciato (selezione automatica)  
 Freq. campionamento: 128 Hz  
 Lunghezza finestre: 20 s  
 Tipo di lisciamento: Triangular window  
 Lisciamento: 10%

### RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

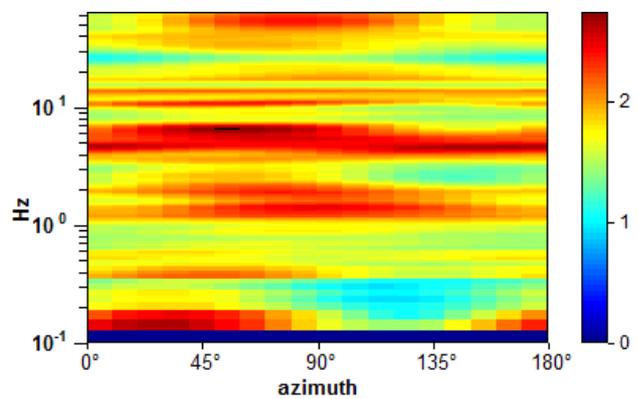
Max. H/V at 0.13 ± 4.88 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



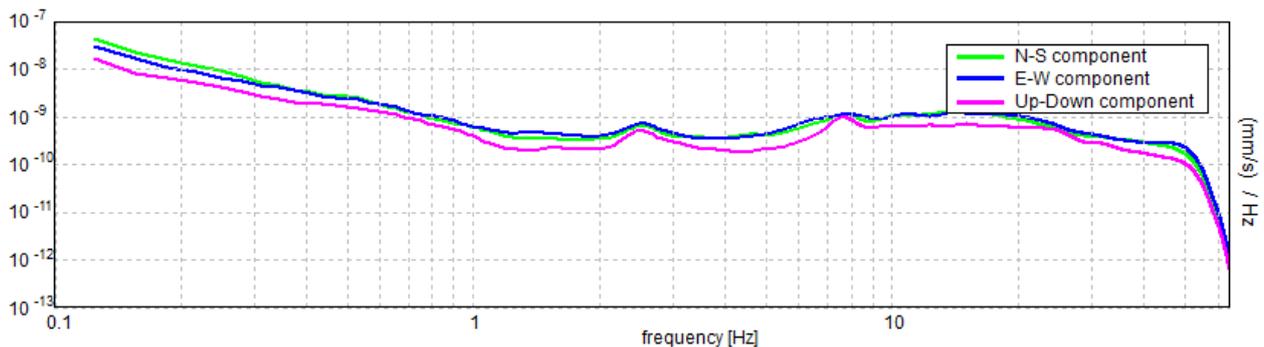
### SERIE TEMPORALE H/V



### DIREZIONALITA' H/V

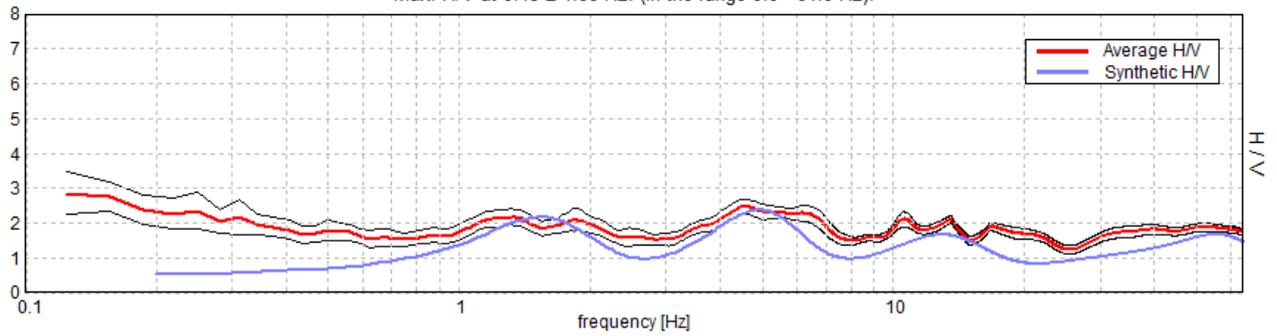


### SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



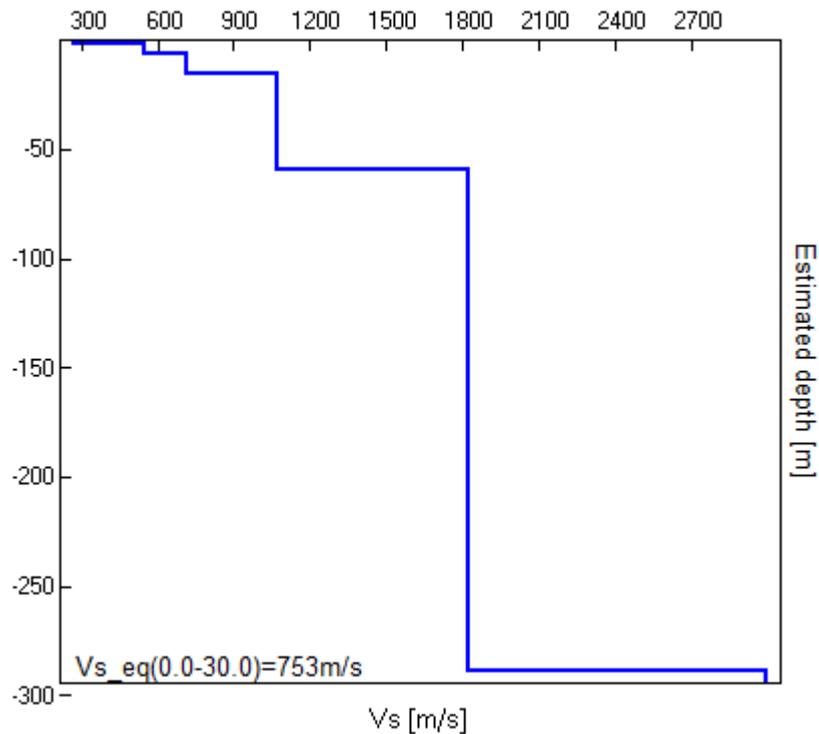
### H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Max. H/V at 0.13 ± 4.88 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
1.20	1.20	267	0.35
5.70	4.50	547	0.42
15.00	9.30	710	0.42
59.00	44.00	1068	0.42
289.00	230.00	1825	0.42
inf.	inf.	3000	0.42

$V_{s\_eq}(0.0-30.0)=753\text{m/s}$



TEST DI SIGNIFICATIVITÀ: Secondo le linee guida SESAME, 2005.

**Picco H/V a  $0.13 \pm 4.88$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**

**Criteri per una curva H/V affidabile**

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.13 > 0.50$		<b>NO</b>
$n_c(f_0) > 200$	$142.5 > 200$		<b>NO</b>
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 7	<b>OK</b>	

**Criteri per un picco H/V chiaro**

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

<b>Esiste <math>f^-</math> in <math>[f_0/4, f_0]</math>   <math>A_{H/V}(f^-) &lt; A_0 / 2</math></b>	0.094 Hz	<b>OK</b>	
<b>Esiste <math>f^+</math> in <math>[f_0, 4f_0]</math>   <math>A_{H/V}(f^+) &lt; A_0 / 2</math></b>			<b>NO</b>
$A_0 > 2$	$2.86 > 2$	<b>OK</b>	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 39.03281  < 0.05$		<b>NO</b>
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$4.8791 < 0.03125$		<b>NO</b>
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.5975 < 3.0$	<b>OK</b>	

$L_w$	lunghezza della finestra
$n_w$	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
$f$	frequenza attuale
$f_0$	frequenza del picco H/V
$\sigma_f$	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f$
$f^-$	frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per  $\sigma_f$  e  $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

## AGROFOTOVOLTAICO C/DA TORTORES, AREA 2 HVR3

Strumento: TE3-0324/02-17

Formato dati: 32 byte

Fondo scala [mV]: 51

Inizio registrazione: 11/08/22 13:21:51 Fine registrazione: 11/08/22 13:41:51

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS : 37.765749°N, 13.681090°E

Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 88% tracciato (selezione automatica)

Freq. campionamento: 128 Hz

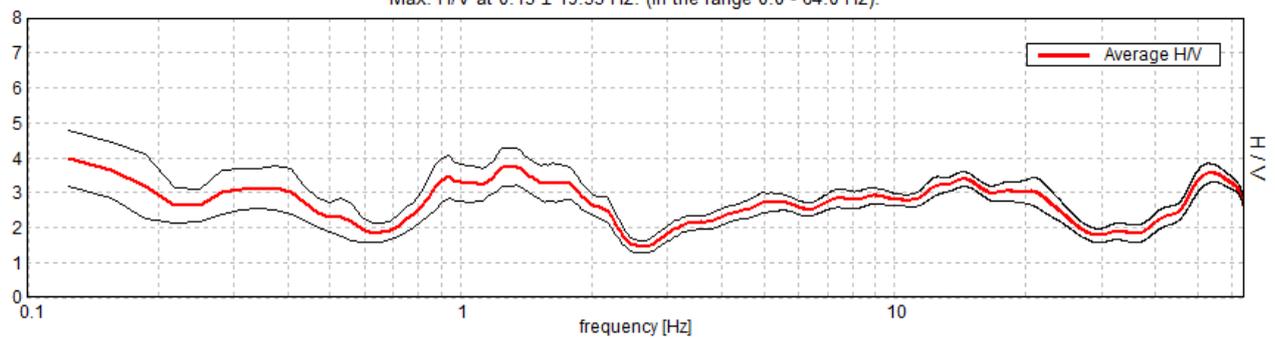
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

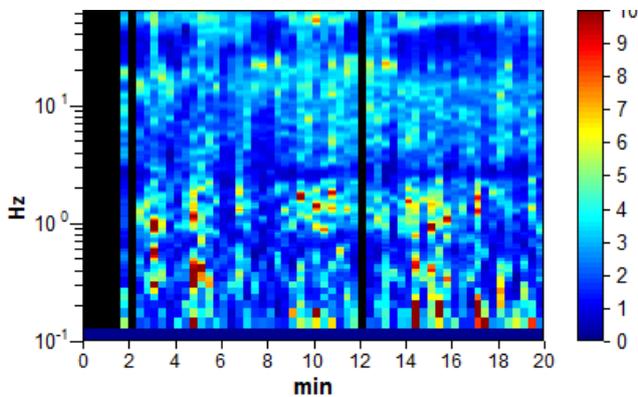
Lisciamento: 10%

### RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

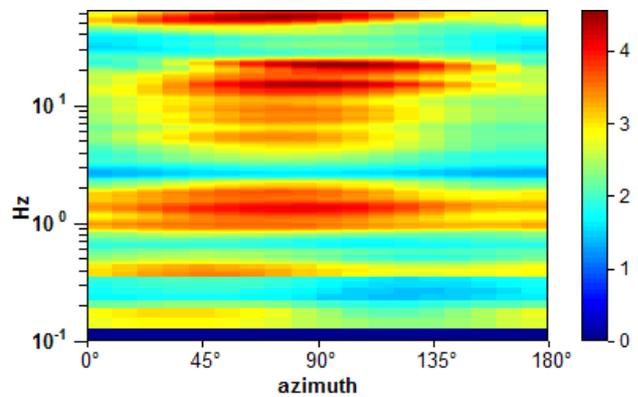
Max. H/V at 0.13 ± 19.53 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



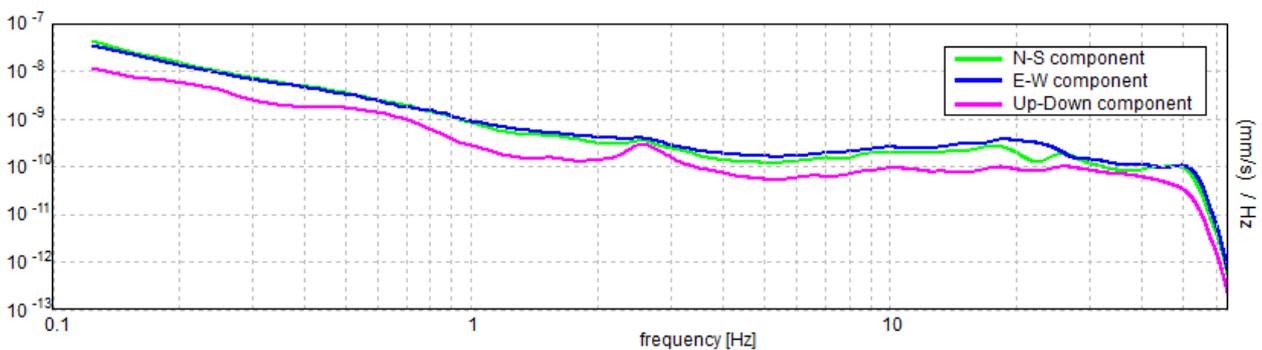
### SERIE TEMPORALE H/V



### DIREZIONALITA' H/V

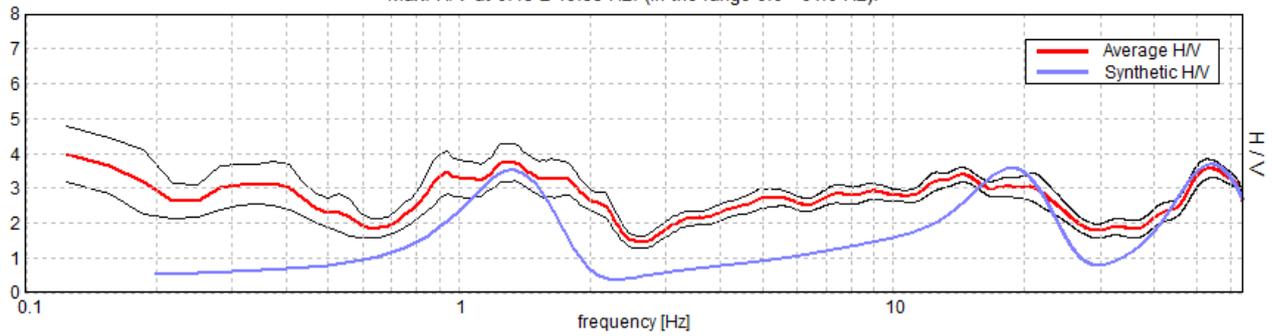


### SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



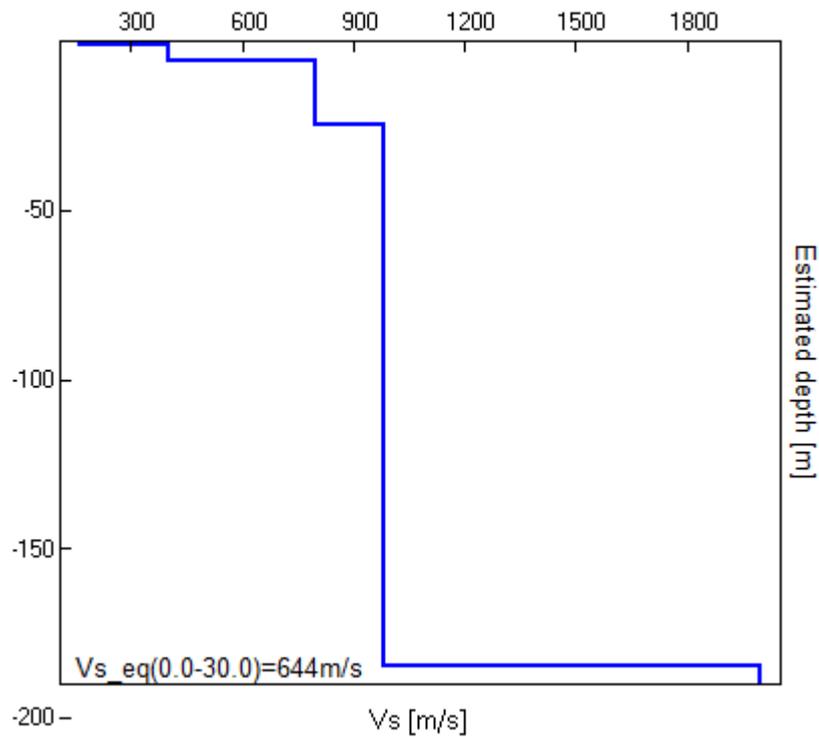
### H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Max. H/V at  $0.13 \pm 19.53$  Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.80	0.80	160	0.35
5.80	5.00	400	0.40
24.80	19.00	800	0.42
184.80	160.00	980	0.45
inf.	inf.	2000	0.40

$Vs_{eq}(0.0-30.0)=644\text{m/s}$



TEST DI SIGNIFICATIVITÀ: Secondo le linee guida SESAME, 2005.

**Picco H/V a  $0.13 \pm 19.53$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**

**Criteri per una curva H/V affidabile**

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.13 > 0.50$		<b>NO</b>
$n_c(f_0) > 200$	$132.5 > 200$		<b>NO</b>
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5$ Hz $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5$ Hz	Superato 0 volte su 7	<b>OK</b>	

**Criteri per un picco H/V chiaro**

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.094 Hz	<b>OK</b>	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			<b>NO</b>
$A_0 > 2$	$3.98 > 2$	<b>OK</b>	
$f_{picco}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 156.2733  < 0.05$		<b>NO</b>
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$19.53417 < 0.03125$		<b>NO</b>
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.8087 < 3.0$	<b>OK</b>	

$L_w$	lunghezza della finestra
$n_w$	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
$f$	frequenza attuale
$f_0$	frequenza del picco H/V
$\sigma_f$	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f$
$f^-$	frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per  $\sigma_f$  e  $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

## AGROFOTOVOLTAICO C/DA TORTORES, AREA 3 HVR4

Strumento: TE3-0324/02-17

Formato dati: 32 byte

Fondo scala [mV]: 51

Inizio registrazione: 11/08/22 14:47:52 Fine registrazione: 11/08/22 15:07:52

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS: 37.755513°N, 13.677779°E

Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 93% tracciato (selezione automatica)

Freq. campionamento: 128 Hz

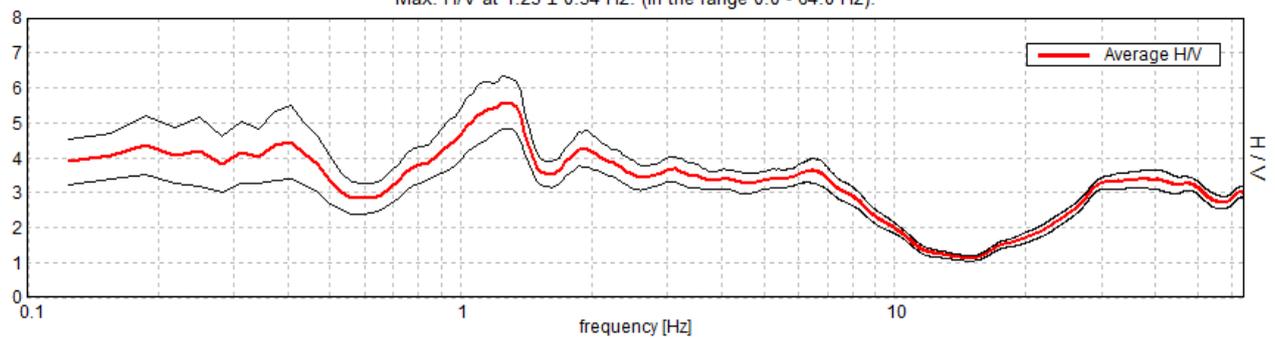
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

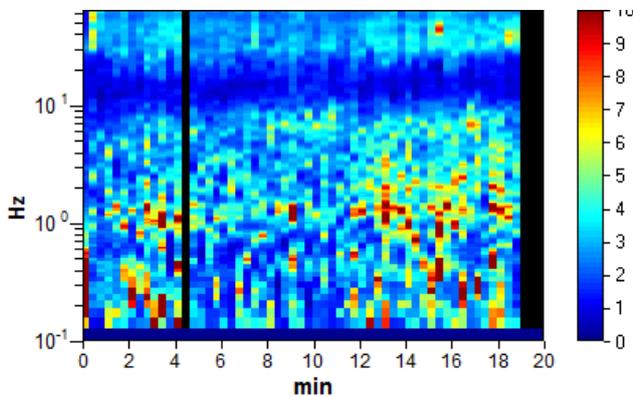
Lisciamento: 10%

### RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

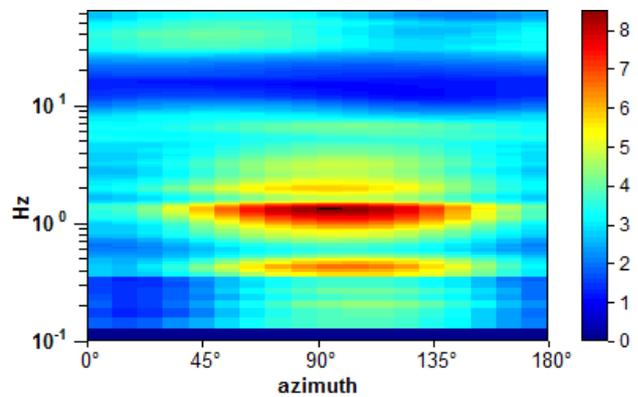
Max. H/V at 1.25 ± 0.54 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



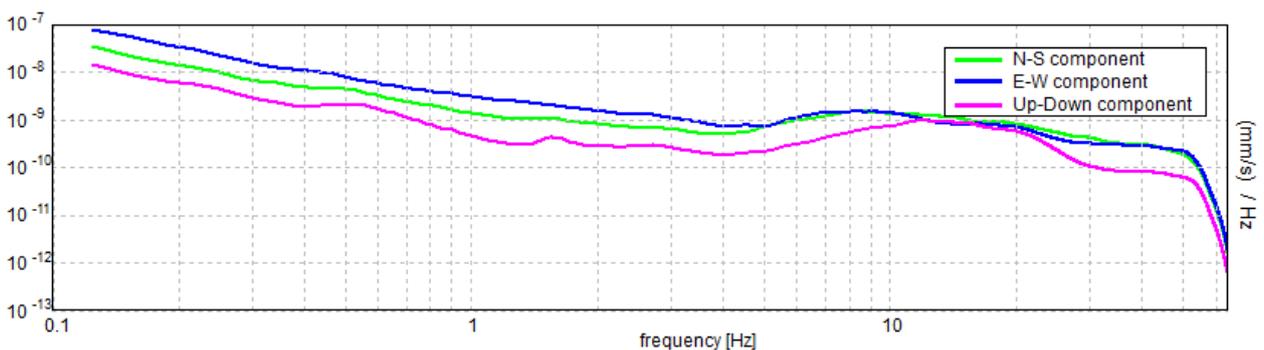
### SERIE TEMPORALE H/V



### DIREZIONALITA' H/V

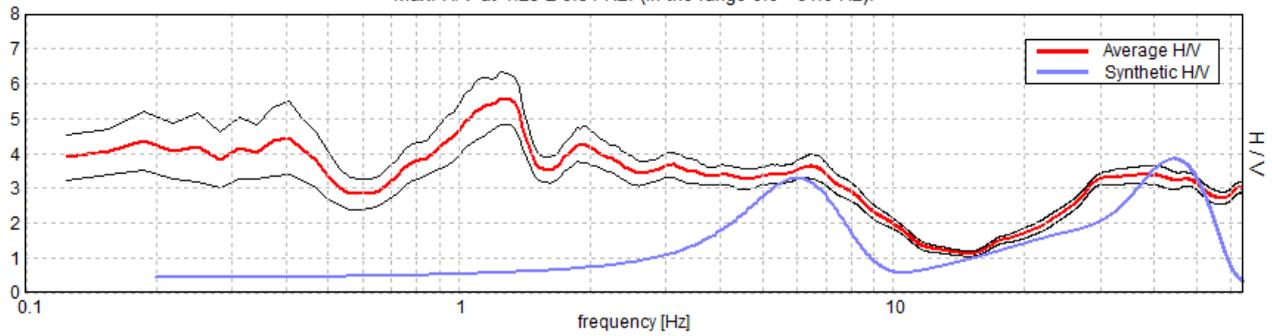


### SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



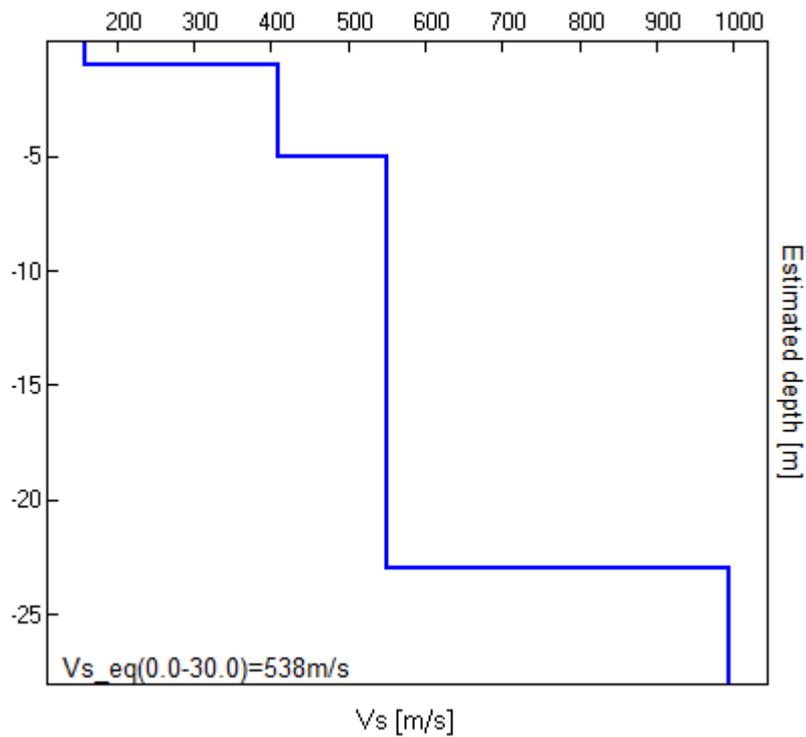
### H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Max. H/V at  $1.25 \pm 0.54$  Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
1.00	1.00	160	0.35
5.00	4.00	410	0.40
23.00	18.00	550	0.45
inf.	inf.	993	0.45

$Vs_{eq}(0.0-30.0)=538m/s$



TEST DI SIGNIFICATIVITÀ: Secondo le linee guida SESAME, 2005.

**Picco H/V a  $1.25 \pm 0.54$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**

**Criteri per una curva H/V affidabile**

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$1.25 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$1400.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 61	OK	

**Criteri per un picco H/V chiaro**

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	$5.57 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.43185  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.53981 < 0.125$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.7523 < 1.78$	OK	

$L_w$	lunghezza della finestra
$n_w$	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
$f$	frequenza attuale
$f_0$	frequenza del picco H/V
$\sigma_f$	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f$
$f^-$	frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per  $\sigma_f$  e  $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

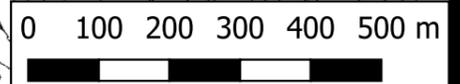
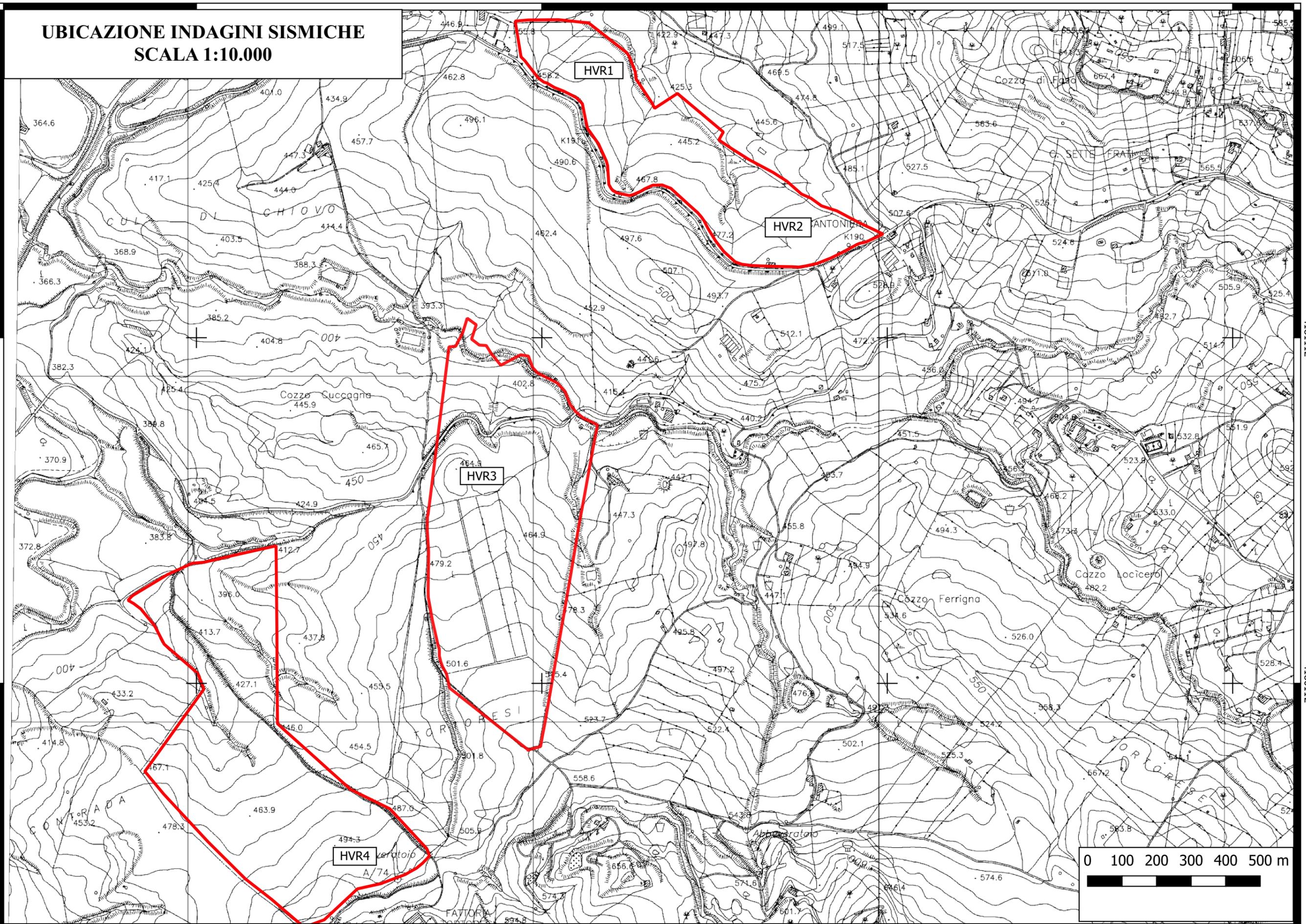
# UBICAZIONE INDAGINI SISMICHE SCALA 1:10.000

4181112

4181112

4180112

4180112



ALLEGATO FOTOGRAFICO



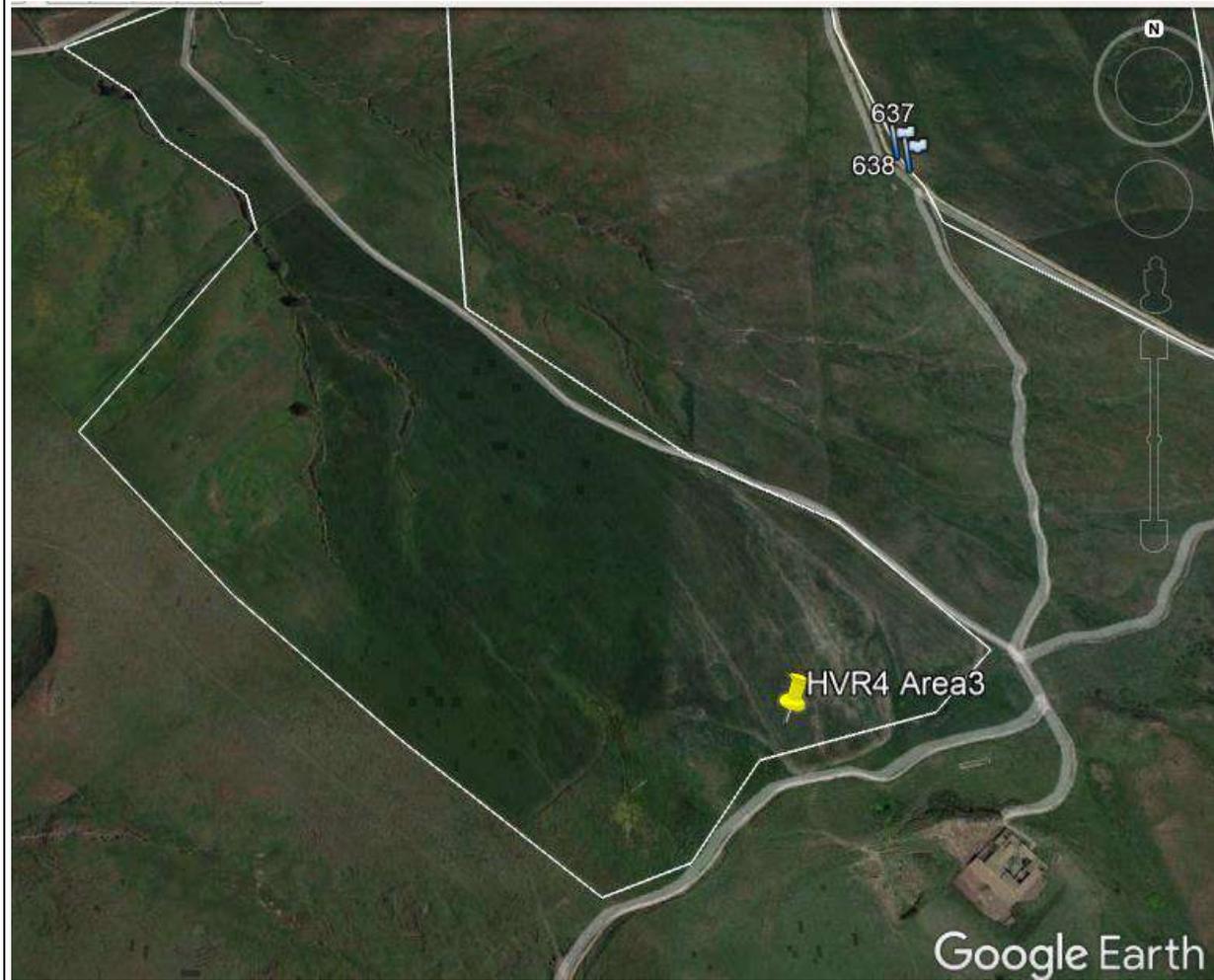
Particolare esecuzione indagine sismica HVS1 Area 1. Coordinate: 37.777537°N, 13.684856°E



Particolare esecuzione indagine sismica HVS2 Area 1. Coordinate: 37.772863°N, 13.690705°E



Particolare esecuzione indagine sismica HVS3 Area 2. Coordinate: 37.765749°N, 13.681090°E



ubicazione indagine sismica HVS4 Area 3. Coordinate: 37.755513°N, 13.677779°E