



Aprile 2024

**CALATAFIMI S.R.L.**  
**IMPIANTO EOLICO "CALATAFIMI WIND" DA 93,6  
MW**

**LOCALITÀ C. DA BORGO PIETRARENOSA  
COMUNE DI CALATAFIMI-SEGESTA (TP) e  
GIBELLINA (TP)**

ELABORATI TECNICI DI PROGETTO  
**ELABORATO R08**  
**RELAZIONE GEOLOGICA**

Montana

**Progettista**

Ing. Laura Maria Conti – Ordine Ing. Prov. Pavia n.1726

**Coordinamento**

Eleonora Lamanna

Matteo Lana

Lorenzo Griso

Francesca Casero

Riccardo Coronati

**Codice elaborato**

2995\_5530\_CLT\_\_PFTE\_R08\_Rev0\_RELGEO

**Montana S.p.A.**

Via Angelo Carlo Fumagalli 6, 20143 Milano  
Tel. +39 02 54 11 81 73 | Fax +39 02 54 12 98 90

Milano (Sede Certificata ISO) | Brescia | Palermo | Cagliari | Roma | Siracusa

C. F. e P. IVA 10414270156

Cap. Soc. 600.000,00 €

[www.montanambiente.com](http://www.montanambiente.com)





## Memorandum delle revisioni

Cod. Documento	Data	Tipo revisione	Redatto	Verificato	Approvato
2995_5330_CLT_PFTE_R08_REV00_RE LGEO	04/2024	Prima emissione	G.d.L.	E. Lamanna	L.Conti

## Gruppo di lavoro Geologia

Nome e cognome	Ruolo nel gruppo di lavoro	N° ordine
Matteo Lana	Coordinamento Progettazione Civile	
Salvatore Romano	Geologo	Ord. Reg. Sicilia - n. 1596
Andrea Amantia	Geologo - Progettazione Civile	



**INDICE**

1. PREMESSA .....	4
1.1 INQUADRAMENTO TERRITORIALE DEL SITO .....	4
2. GENERALITÀ .....	9
3. CONSIDERAZIONI GEOLOGICHE E GEOTECNICHE .....	11
4. CONSIDERAZIONI GEOMORFOLOGICHE E IDROGEOLOGICHE .....	14
5. CARATTERISTICHE SISMICHE DEL TERRITORIO .....	16
6. LIQUEFAZIONE DEI TERRENI .....	18
7. VERIFICA DI STABILITA' DEL PENDIO .....	19
8. CAMPAGNA INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOTECNICHE DA ESEGUIRE IN FASE DI PROGETTAZIONE ESECUTIVA.....	20
9. CONCLUSIONI .....	21

## 1. PREMESSA

Il progetto in esame riguarda la realizzazione di un nuovo Parco Eolico della potenza complessiva di **93,6 MW**, che prevede l'installazione di **n. 13 aerogeneratori da 7,2 MW** da installarsi nel territorio comunale di Calatafimi-Segesta e Gibellina in provincia di Trapani. Le opere di connessione interesseranno, i comuni già citati, di Calatafimi-Segesta e Gibellina, sempre in provincia di Trapani (TP).

La Società Proponente è la Montana Progetti S.R.L., con sede legale in Via Angelo Carlo Fumagalli 6, 20143 Milano (MI).

Tale opera si inserisce nel quadro istituzionale di cui al D.Lgs. 29 dicembre 2003, n. 387 "Attuazione della direttiva 2001/77/CE relativa alla promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell'elettricità" le cui finalità sono:

- promuovere un maggior contributo delle fonti energetiche rinnovabili alla produzione di elettricità nel relativo mercato italiano e comunitario;
- promuovere misure per il perseguimento degli obiettivi indicativi nazionali;
- concorrere alla creazione delle basi per un futuro quadro comunitario in materia;
- favorire lo sviluppo di impianti di microgenerazione elettrica alimentati da fonti rinnovabili, in particolare per gli impieghi agricoli e per le aree montane.

Lo schema di allacciamento alla RTN prevede che la Vs. centrale venga collegata in antenna a 220 kV con una nuova stazione elettrica di trasformazione (SE) 220/150/36 kV (sezione a 220 kV da realizzare già in classe di isolamento 380 kV) della RTN, da inserire in entra - esce su entrambe le terne della linea 220 kV RTN "Partanna – Partinico". Ai sensi dell'allegato A alla deliberazione Arg/elt 99/08 e s.m.i. dell'Autorità di Regolazione per Energia, Reti e Ambiente, Vi comunichiamo che il nuovo elettrodotto in antenna a 220 kV per il collegamento della Vs. centrale alla citata SE costituisce impianto di utenza per la connessione, mentre lo stallo arrivo produttore a 220 kV nella suddetta stazione costituisce impianto di rete per la connessione.

Nel suo complesso il parco di progetto sarà composto:

- da N° 13 aerogeneratori della potenza nominale di 7,2 MW ciascuno;
- dalla viabilità di servizio interna realizzata in parte ex-novo e in parte adeguando strade comunali e/o agricole esistenti;
- dalle opere di collegamento alla rete elettrica;
- dalle opere di regimentazione delle acque meteoriche;
- dalle reti tecnologiche per il controllo del parco.

A tal fine il presente documento costituisce la **Relazione Geologica** del progetto.

### 1.1 INQUADRAMENTO TERRITORIALE DEL SITO

Il parco eolico in progetto si estende nella provincia di Trapani e prevede l'installazione di n. 13 aerogeneratori territorialmente così collocati:

- n. 12 aerogeneratori nel comune di Calatafimi-Segesta (CLT01, CLT02, CLT03, CLT05, CLT06, CLT07, CLT08, CLT09, CLT10, CLT11, CLT12, CLT13);
- n. 1 aerogeneratore nel comune di Gibellina (CLT04).

Le opere di connessione interesseranno, i comuni già citati, di Calatafimi-Segesta e Gibellina, sempre in provincia di Trapani (Figura 1.1).



### LEGENDA

#### Opere di progetto

- Aerogeneratore di progetto
- Area di deposito temporaneo
- Cavidotto interrato di connessione
- Cabina di smistamento
- Sottostazione Elettrica Utente (SSEU)
- Nuova Stazione Elettrica (SE) Terna

#### Limiti amministrativi

- Province
- Comuni

Figura 1.1: Localizzazione a scala regionale, provinciale e comunale dell'impianto proposto

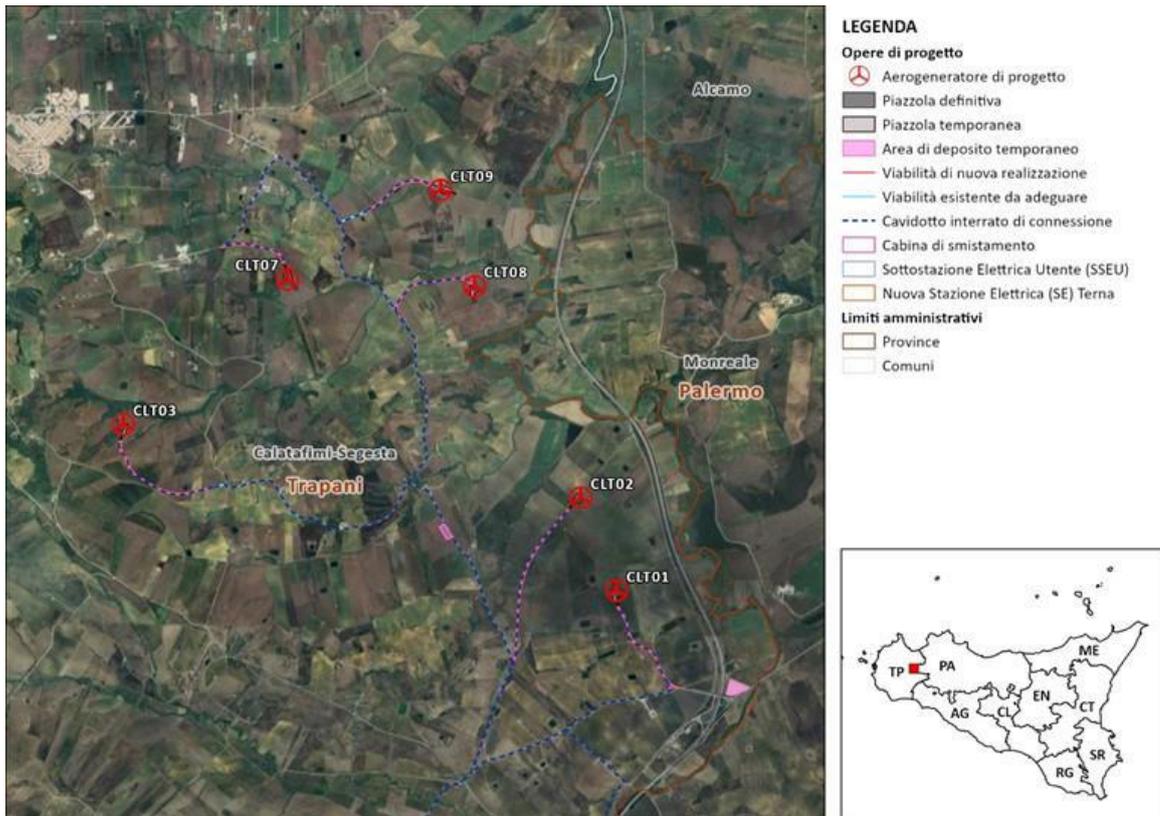


Figura 1.2: Inquadramento della viabilità di progetto nella parte nord del layout

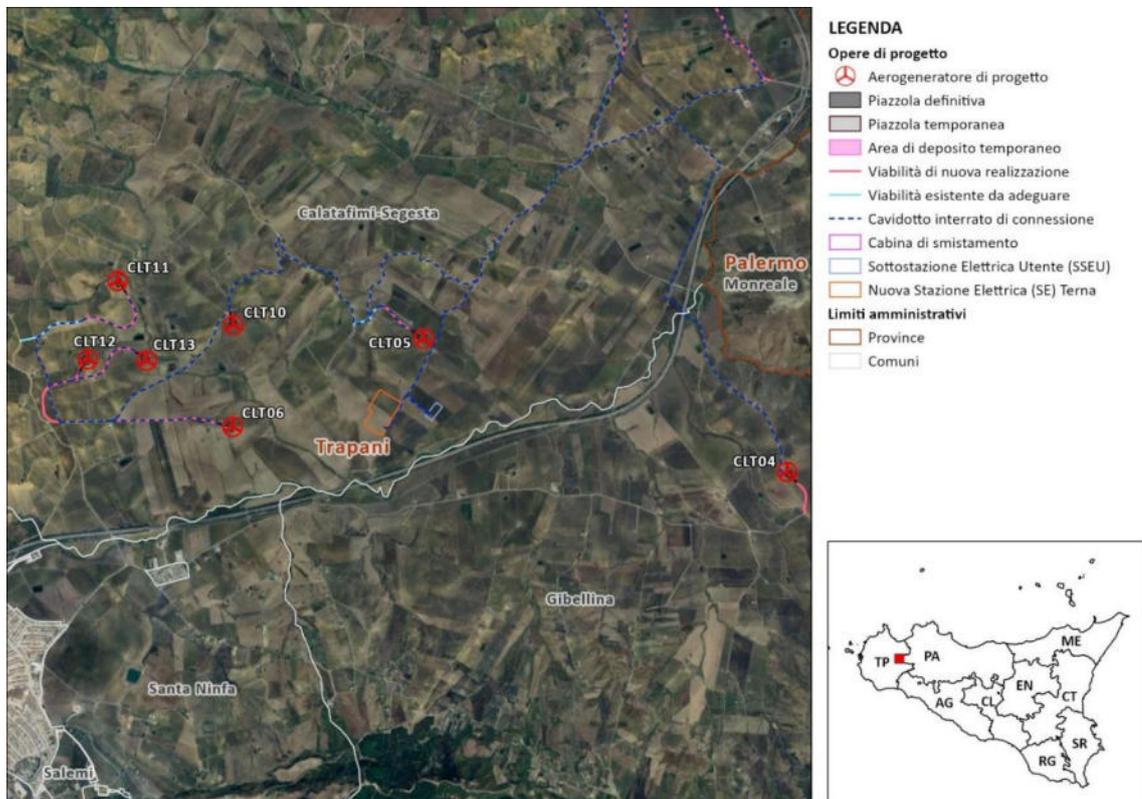


Figura 1.3: Inquadramento della viabilità di progetto nella parte sud del layout

Le coordinate degli aerogeneratori previsti sono riportate in Tabella 1-1.

*Tabella 1-1: Coordinate aerogeneratori - WGS 1984 (Gradi decimali)*

AEROGENERATORI	WGS 84 – GRADI DECIMALI	
	Longitudine E	Latitudine N
CLT01	12,943475	37,868947
CLT 02	12,939947	37,875803
CLT 03	12,897152	37,880504
CLT 04	12,952097	37,829414
CLT 05	12,914111	37,839776
CLT 06	12,894508	37,832136
CLT 07	12,91215	37,891557
CLT 08	12,929619	37,891342
CLT 09	12,926231	37,898461
CLT 10	12,894354	37,84055
CLT 11	12,882218	37,844005
CLT 12	12,879316	37,837466
CLT 13	12,885443	37,83745

In via preliminare si può ipotizzare che l'accesso al sito avvenga partendo dal vicino porto di Mazzara del Vallo, proseguendo in direzione Est e poi Nord lungo l'Autostrada Palermo-Mazara del Vallo (A29/E90) fino all'uscita di Gallitello. Nei pressi dell'uscita, in uno spiazzo dove è già stata ubicata un'opera simile per altri parchi eolici, potrà essere realizzata un'area di trasbordo dove i diversi componenti verranno scaricati dai rimorchi standard per essere successivamente ricaricati su mezzi speciali che permettono di ridurre ingombri e raggi di curvatura rendendo possibile il passaggio su strade minori (es. blade-lifter, rimorchi modulari, etc.). Dall'area di trasbordo percorrendo diverse strade statali, provinciali e comunali si potranno raggiungere le diverse piste di cantiere di nuova realizzazione per la costruzione ed il futuro accesso ai diversi aerogeneratori.

In totale la viabilità di accesso al parco presenta uno sviluppo di circa 55 km.

Nella seguente immagine si raffigura il possibile percorso.

L'area di trasbordo può essere considerato l'ingresso alla viabilità interna al parco. Dal suddetto incrocio inizia il sistema di strade che unisce le diverse piazzole sfruttando in parte la viabilità esistente e in parte la viabilità di nuova realizzazione.

Questa ipotesi dovrà essere analizzata in fase di progettazione esecutiva da una società specializzata in trasporti speciali. (Figura 1.4).



Figura 1.4: ipotesi di viabilità di accesso al sito (linea magenta)



## 2. GENERALITÀ

Su incarico della società Montana S.p.a con sede legale in Via Angelo Carlo Fumagalli,6 Milano, il sottoscritto Geologo Salvatore Massimo Romano iscritto al n. 1596 Ordine Regionale Geologi di Sicilia ha effettuato uno studio GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO-GEOTECNICO IDROGEOLOGICO- SISMICO DI BASE, al fine di definire le condizioni delle aree interessate dal "Progetto definitivo impianto eolico denominato Calatafimi CLT" nel territorio del Comune di Calatafimi e Gibellina.

Le finalità che si vogliono raggiungere con il presente studio si esplicano nella definizione geologica/geomorfologica, geotecnica e sismica del sito esaminato. A tal fine è stato predisposto, nell'aree in esame, un programma di studi di ampiezza commisurata al contesto delle opere previste in progetto, costituito da:

esame della cartografia ufficiale, unitamente a ricerche bibliografiche atte al reperimento di notizie (storiche, morfologiche, tettoniche, sismiche, idrologiche, idrogeologiche, ecc.) e dati tecnici riguardanti il territorio in oggetto; caratterizzazione geologica ed esame delle condizioni geomorfologiche con il rilievo diretto di superficie esteso anche alle aree limitrofe per acquisire i dati necessari alla valutazione delle caratteristiche morfologiche, idrologiche, più evidenti, relative al territorio in oggetto.

Il modello geologico rilevato, gli studi e le analisi effettuate hanno consentito di definire:

Il quadro geologico/geomorfologico:

L'inquadramento geologico, con riferimento alla bibliografia geologica esistente, alla cartografia acquisita, alle indagini stratigrafiche consultate e a quelle svolte ex-novo per questo studio, consente di definire i caratteri litostratigrafici, l'origine e la natura dei litotipi, lo stato di alterazione e di aggregazione, i caratteri strutturali generali, la descrizione dei lineamenti geomorfologici della zona in generale e infine la descrizione delle forme naturali ed antropiche e degli elementi morfo-strutturali significativi ai fini geomorfologici e sismici.

Il quadro geotecnico:

Il modello geologico/tecnico di riferimento ha altresì consentito di determinare gli spessori e le caratteristiche geotecniche dei terreni, di valutare l'effetto della presenza di falde idriche sotterranee che potrebbero influenzare la stabilità dell'area e dei futuri manufatti e infine di valutare gli eventuali processi morfologici ed le azioni di dissesto potenziali o in atto nell'area in studio ed in quella circostante.

Il quadro sismico di riferimento:

La definizione del quadro sismico locale è connessa alla macrozonazione sismica dell'area attraverso l'individuazione della zona sismica dei Comuni in cui ricade l'intervento da realizzare, ai sensi dell'O.P.C.M. n° 3274 del 20/03/2003 e alla caratterizzazione della pericolosità sismica dell'area mediante l'individuazione del parametro  $a_g$  (accelerazione orizzontale massima del terreno).

Lo studio è stato condotto secondo i dettami delle seguenti normative tecniche:

D.M. 17/01/2018 "Norme Tecniche sulle Costruzioni";

D.M. 11/3/88 "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 ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione";

D.P.R. 380/2001 parte II capo II "Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica";

D.P.R. 380/2001 parte II capo IV "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche";

D.P.R. 5/10/2010, n. 207 "Regolamento di esecuzione ed attuazione del decreto legislativo 12 aprile 2006, n°163 recante "Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE";



LEGGE regionale 13 agosto 2020, n. 19 "Norme per il governo del territorio";

Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) di seguito denominato Piano Stralcio o Piano o P.A.I., redatto ai sensi dell'art. 17, comma 6 ter, della L. 183/89, dell'art. 1, comma 1, del D.L. 180/98, convertito con modificazioni dalla L. 267/98, e dell'art. 1 bis del D.L. 279/2000, convertito con modificazioni dalla L. 365/2000;

Direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni.

Le coordinate geografiche degli aereogeneratori individuati con la sigla CLT facenti parte del parco eolico denominato Calatafimi sono nella precedente Tabella 1-1.

Lo studio è stato, quindi, articolato come segue:

- A. Studio geologico dell'area interessata comprendente la descrizione delle formazioni geologiche presenti, delle loro caratteristiche litologiche, dei reciproci rapporti di giacitura, dei loro spessori, nonché l'indicazione di tutti i lineamenti tettonici.
- B. Studio geomorfologico dell'area interessata comprendente la descrizione dei principali lineamenti morfologici, degli eventuali fenomeni di erosione e dissesto, dei principali processi indotti da antropizzazione.
- C. Studio idrogeologico dell'area interessata comprendente la descrizione dei lineamenti essenziali sulla circolazione idrica superficiale e sotterranea in relazione alla loro interferenza con le problematiche geotecniche ed all'individuazione delle aree soggette ad esondazione.
- D. Studio delle pericolosità geologiche dell'area interessata comprendente tutto quanto necessario ad evidenziare le aree interessate da "pericolosità geologiche" quali frane, colate, crolli, erosioni, esondazioni, rappresentando, cioè, un'attenta analisi ed interpretazione degli studi precedenti.
- E. Studio della pericolosità sismica locale atto ad evidenziare le aree con particolari problematiche sismiche e tali da poter provocare fenomeni di amplificazione, liquefazione, cedimenti ed instabilità.

Da quanto detto prima si evince che in una prima fase il nostro lavoro è stato organizzato eseguendo numerosi sopralluoghi finalizzati allo studio di una zona più vasta rispetto a quella direttamente interessata dal progetto per inquadrare, in una più ampia visione geologica, la locale situazione geostrutturale.

Si è definito l'habitus geomorfologico e l'assetto idrogeologico concentrando la nostra attenzione sulle condizioni di stabilità dei versanti, sullo stato degli agenti morfogenetici attivi e sulla presenza e profondità di eventuali falde freatiche.

Per la ricostruzione della serie stratigrafica locale e del modello geologico, nonché per l'individuazione dell'eventuale presenza di falde freatiche e della profondità del livello piezometrico, sono stati utilizzati i dati in possesso e derivanti da studi eseguiti dal sottoscritto in aree limitrofe all'area direttamente interessata dallo studio.

Per la caratterizzazione sismica sono stati utilizzati i dati delle indagini sismiche eseguite per il presente studio, che hanno consentito di ottenere informazioni sulle velocità delle onde sismiche Vs nei primi 30 m di profondità a partire dal p.c. Sono inoltre state effettuate tre prove penetrometriche. In allegato al presente lavoro si trovano:

- n. 2 carte geologiche, scala 1: 25.000
- n. 4 planimetrie con indicazione indagini penetrometriche e indagini Masw
- n. 2 carte relative al "Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.)" redatte dall'Assessorato Territorio e Ambiente Servizio 4 "Assetto del territorio e difesa del suolo", con l'ubicazione delle aree interessate delle opere in progetto.
- relazioni delle indagini Masw e penetrometriche eseguite.

Le ipotesi geologiche formulate in questa sede sono da confermare con l'esecuzione delle indagini indicate nell'apposito capitolo, nella successiva fase di progettazione esecutiva.



### 3. CONSIDERAZIONI GEOLOGICHE E GEOTECNICHE

Lo studio geologico, di insieme e di dettaglio, è stato realizzato conducendo inizialmente la necessaria ricerca bibliografica sulla letteratura geologica esistente, la raccolta ed il riesame critico dei dati disponibili e, infine, una campagna di rilievi effettuati direttamente nell'aree strettamente interessate dallo studio.

L'insieme dei terreni presenti, delle relative aree di affioramento e dei rapporti stratigrafici e strutturali è riportato nelle carte geologiche allegate alla presente relazione.

I tipi litologici affioranti nell'aree studiate sono riferibili ad un ampio periodo di tempo che va dall'Olocene al Messiniano inferiore e che distinguiamo dal più recente al più antico:

- **DEPOSITI ALLUVIONALI (Olocene):** si tratta prevalentemente di rocce sciolte costituite da limi, silt, ghiaie, sabbie e sabbie limose con inclusi sporadici blocchi con giacitura sub-orizzontale. Le sabbie presentano granulometria variabile da fine a grossolana. Le ghiaie sono caratterizzate da sporadici clasti calcarei arrotondati di dimensioni da millimetriche a decimetriche.
- **DEPOSITI ALLUVIONALI TERRAZZATI (Olocene):** Sono prevalentemente costituito da ghiaie, sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi con intercalazioni di strati e banchi calcarenitici.
- **FM. TERRAVECCHIA (Tortoniano-Messiniano inf.):** Questa formazione i cui depositi sono costituiti in basso da una sequenza conglomeratica più o meno potente, passante verso l'alto a sabbie, arenarie, molasse calcaree, molasse dolomitiche, quindi ad argille ed argille marnose, spesso siltose, talora anche con lenti conglomeratiche. Si distinguono tre litofacies tipiche:
  1. **Litofacies conglomeratica:** comprende le sequenze prevalentemente conglomeratiche presenti nella formazione. I conglomerati sono costituiti da conglomerati poligenici e ghiaie con elementi a spigoli arrotondati di natura arenacea e quarzarenitica.
  2. **Litofacies sabbiosa arenacea:** comprende le sequenze prevalentemente sabbiose, arenacee presenti nella formazione. Si tratta di sabbie e spesso arenarie, di colore da giallastro al tabacco, limi sabbiosi e sabbie limose. Si rinvengono sabbie quarzose da bruno giallastre a rossastre, in genere incoerenti o debolmente cementate, cui si alternano banchi di arenarie quarzose e sottili livelli conglomeratici con ciottoli appiattiti.
  3. **Litofacies arailloso-marnosa:** Si tratta di argille ed argille limose, di colore grigio e tabacco, con intercalati sottili livelli di limi o silt che ne marcano la stratificazione e da marne e marne argillose con tenori variabili di sabbie quarzose con foraminiferi planctonici passanti verso l'alto a marne e marne sabbiose brune a foraminiferi. Dal punto di vista mineralogico sono costituite da un abbondante matrice sabbiosa in cui prevalgono quarzo, gesso, calcite, tracce di dolomite, feldspati, pirite, ossidi di ferro, mentre la frazione argillosa è costituita da kaolinite, illite e scarsa chlorite.

La tessitura è brecciata e talora a scaglie; la stratificazione è marcata dai sottili livelli sabbiosi intercalati. Le argille spesso si presentano piuttosto tettonizzate con giunti variamente orientati con superfici lucide.

Ipotizzando un modello geologico-geotecnico derivante dall'analisi del presente studio, nelle aree direttamente interessate dal progetto possono essere individuate due situazioni geologicamente diverse, che rappresentate nelle colonne stratigrafiche riportate di seguito danno un quadro generale e puramente indicativo sulle successioni stratigrafiche dei siti di progetto e della relativa parametrizzazione geotecnica dei terreni:

- Tipo 1 - Arenarie da grigio giallastre a bruno rossastre con intercalazioni di livelli pelitici e conglomerati pari a circa 5-6 m che ricoprono le argille ed argille limose che si presentano alterate per i primi 4-6 m di spessore. Detti terreni appartengono alla Fm. Terravecchia;



- Tipo 2 - Argille ed argille con alternanze di silt della Fm. Terravecchia che si presentano alterate per uno spessore pari a 4- 6 m;

I terreni sopra descritti talvolta sono ricoperti da uno spessore variabile tra 0,50 e 2,00 m di terreno vegetale che sovrastano i litotipi (alterati ed inalterati) dei complessi precedentemente descritti.

Da un confronto dei dati sperimentali ottenuti su campioni indisturbati di litotipi simili, da quanto riportato in letteratura specializzata, e dal confronto con le indagini geognostiche effettuate, cautelativamente si indicano valori di coesione (C') ed angolo d'attrito interno ( $\phi'$ ) e peso dell'unità di volume ( $\gamma$ ) per i diversi spessori di terreno, da ritenere indicativi e medi e da verificare in fase esecutiva con analisi di laboratorio apposite. I parametri geotecnici seguenti individuano l'insieme dei valori che il progettista responsabile della modellazione geotecnica potrà rielaborare su base statistica o approfondire con ulteriori indagini per giungere ad un adeguato livello di conoscenza e individuarne i valori caratteristici. Questi dovranno rappresentare stime cautelative dei singoli parametri geotecnici relativamente allo stato limite considerato, alle dimensioni del volume significativo ed alla rigidità della struttura in progetto (§ 6.2.6 NTC 2018 e § C 6.2.2), per cui si demanda alla relazione geotecnica la loro definizione.

### Geolitostratigrafia con parametri geotecnici Tipo 2

Stratigrafia	Profondità	Descrizione
		<p>Terreno vegetale (spessore variabile tra 0.50 - 2.00 m)</p>
		<p>Argille ed argille con alternanze di silt- Frazione alterata - Fm. Terravecchia (spessore variabile tra 4-6 m)</p> <p style="text-align: center;"><math>\phi' = 20^\circ, C' = 1,9 \text{ Kg/cm}^2, \gamma = 1,9 \text{ Kg/cm}^3.</math></p>
		<p>Argille - Frazione inalterata - Fm. Terravecchia</p> <p style="text-align: center;"><math>\phi' = 25^\circ, C' = 4,0 \text{ Kg/cm}^2, \gamma = 2,0 \text{ Kg/cm}^3.</math></p>





#### 4. CONSIDERAZIONI GEOMORFOLOGICHE E IDROGEOLOGICHE

Da un punto di vista geomorfologico, l'area vasta in cui sono ubicate le opere in progetto può essere divisa in tre settori:

- un settore caratterizzato da un habitus geomorfologico piuttosto irregolare e contraddistinto dall'affioramento dei terreni riferibili alla frazione conglomeratica della Fm. Terravecchia,
- un settore ad habitus geomorfologico, caratterizzato da rilievi dolci e mammellonati dove prevalgono i litotipi argillosi e arenitici della stessa formazione (Terravecchia) con frequenti fenomeni geodinamici sia attivi che quiescenti anche di notevoli proporzioni,
- una zona di fondovalle stabile dove affiorano i termini alluvionali recenti e terrazzati caratterizzati dalla presenza di limi sabbiosi, sabbie e ghiaie.

Questa marcata differenziazione di origine "strutturale" viene ulteriormente accentuata dalla cosiddetta "erosione selettiva", ossia dalla differente risposta dei terreni agli agenti morfogenetici, che nel sistema morfoclimatico attuale sono dati essenzialmente dalle acque di precipitazione meteorica e da quelle di scorrimento superficiale.

Le litologie più coerenti vengono erose in misura più ridotta e tendono, quindi, a risaltare nei confronti delle circostanti litologie pseudo-coerenti o incoerenti.

I processi morfodinamici prevalenti nel sistema morfoclimatico attuale vedono, infatti, come agente dominante l'acqua, sia per quanto riguarda i processi legati all'azione del ruscellamento ad opera delle acque di precipitazione, che per i processi di erosione e/o sedimentazione operati dalle acque incanalate.

Sono essenzialmente i processi fluviali quelli che hanno esplicato e tutt'ora esplicano un ruolo fondamentale nell'evoluzione geomorfologica dell'area.

Per quanto riguarda i processi fluviali, il reticolato idrografico risulta organizzato in maniera abbastanza indipendente da discontinuità iniziali, con un pattern molto articolato dove affiorano i materiali fini da poco permeabili ad impermeabili, mentre diventa poco articolato in corrispondenza delle aree caratterizzate dalla presenza di litologie conglomeratiche permeabili, come desumibile dal rilievo aerofotogeologico.

Per quanto concerne le forme di dissesto legate ai movimenti franosi eventualmente presenti nei versanti interessati dalle opere in progetto, si mette in evidenza che tramite i rilievi di superficie, integrati dallo studio delle fotografie aeree del territorio e dall'analisi del PAI, non sono state individuate aree di progetto coinvolte da fenomeni geodinamici.

Nelle aree oggetto di studio si possono distinguere dal punto idrogeologico i seguenti litotipi:

- **Rocce permeabili per porosità e fratturazione:** Si tratta di rocce incoerenti e coerenti caratterizzate da una permeabilità per porosità che varia al variare del grado di cementazione e delle dimensioni granulometriche dei terreni presenti. In particolare la permeabilità risulta essere media nella frazione sabbiosa fine mentre tende ad aumentare nei livelli sabbiosi grossolani e ghiaiosi. Di conseguenza la circolazione idrica sotterranea è discontinua con livelli acquiferi sospesi. Rientrano in questo complesso i terreni afferenti ai depositi alluvionali ed alla frazione sabbiosa e arenacea della Fm. Terravecchia
- **Rocce impermeabili:** Questo complesso è costituito dalle argille che presentano fessure o pori di piccole dimensioni in cui l'infiltrazione si esplica tanto lentamente da essere considerate praticamente impermeabili.



Si mette in evidenza, però, che l'acqua, riuscendo a permeare la frazione alterata superficiale ed aumentare le pressioni neutre, tende a destrutturare la frazione alterata azzerando la coesione e rendendola soggetta a possibili movimenti gravitativi lungo i versanti.

Rientrano in questo complesso i terreni afferenti la frazione argillosa della Fm. Terravecchia.

*“Vista la presenza di litotipi argillosi e dai rilievi eseguiti in campo si evince che non è presente una vera e propria falda freatica ma solo lo strato alterato si presenta saturo nei periodi di intense piogge.”*

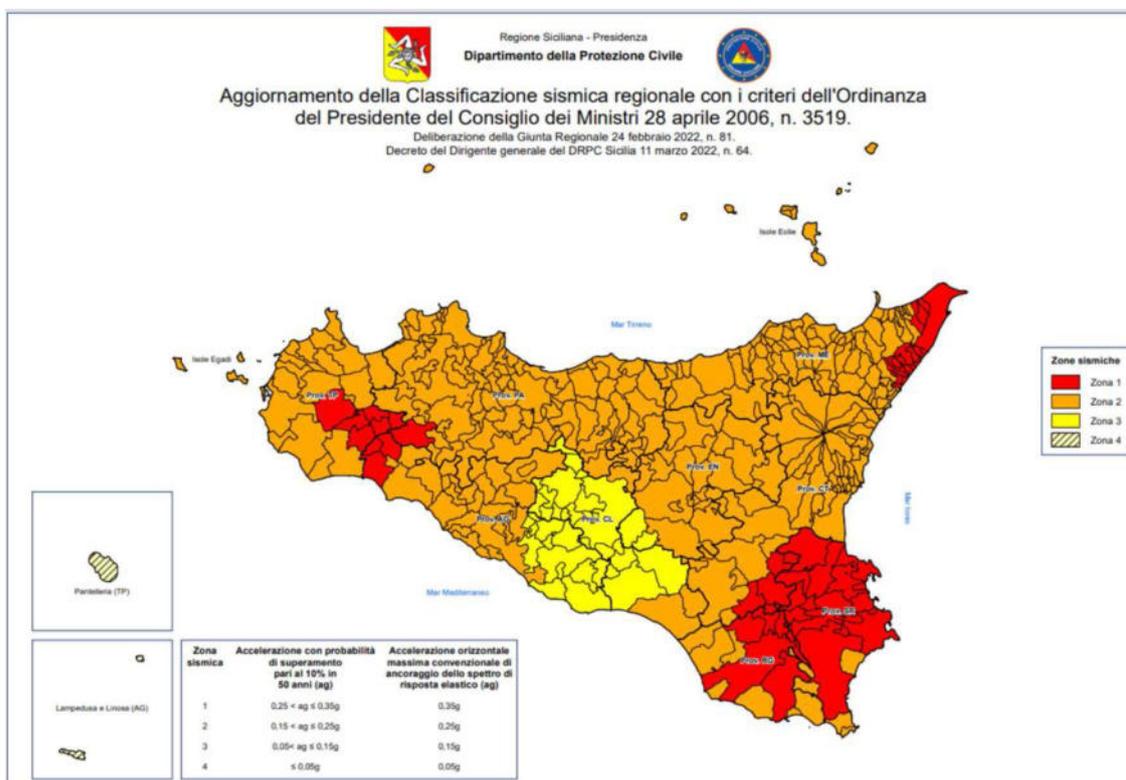
In generale si ipotizza che le fondazioni dei manufatti che dovranno essere realizzate non interferiranno con la circolazione idrica sotterranea perché le fondazioni non raggiungono il livello freatico profondo. Si rimanda ad una maggiore e più approfondita analisi della circolazione idrica sotterranea da effettuarsi localmente per ogni sito degli aerogeneratori nella fase di progettazione esecutiva.

Inoltre, le opere in progetto non rilasciano alcuna sostanza inquinante né nel suolo, né nelle acque.

*“Si mette inoltre in evidenza che l'area non rientra all'interno di acquiferi considerati dalla Regione come significativi ma l'area è comunque ricca di risorse idriche sia pure di scarso interesse e potenzialità. Infine, si evidenzia che le aree dell'impianto non sono interessate da rischio e pericolosità idraulica come indicato dal P.A.I. e de P.G.R.A.”*

## 5. CARATTERISTICHE SISMICHE DEL TERRITORIO

I territori dei Comuni di Calatafimi-Segesta e di Gibellina, in cui si trovano le aree oggetto di intervento progettuale, a seguito di aggiornamento della classificazione sismica del territorio regionale della Sicilia con Decreto del Dirigente Generale del DRPC Sicilia dell'11 marzo 2022, n. 64 ricadono in zona sismica 2 e zona sismica 1.



In questo quadro trova conferma la classificazione sismica dell'area e la necessità di studiare le eventuali modificazioni che dovessero subire le sollecitazioni sismiche ad opera dei fattori morfologici, strutturali e litologici.

Tali studi, eseguiti anche in Italia nelle zone dell'Irpinia, del Friuli, dell'Umbria e più recentemente di Palermo e del Molise, hanno evidenziato notevoli differenze di effetti da zona a zona nell'ambito di brevi distanze, associate a differenti morfologie dei siti o a differenti situazioni geologiche e geotecniche dei terreni.

In tal senso sembra opportuno soffermarsi su alcuni aspetti di carattere generale riguardanti la tematica in oggetto, utili all'inquadramento del "problema sismico".

La propagazione delle onde sismiche verso la superficie è influenzata dalla deformabilità dei terreni attraversati.

Per tale ragione gli accelerogrammi registrati sui terreni di superficie possono differire notevolmente da quelli registrati al tetto della formazione di base, convenzionalmente definita come substrato nel quale le onde di taglio, che rappresentano la principale causa di trasmissione degli effetti delle azioni sismiche verso la superficie, si propagano con velocità maggiori o uguali a 1.000 m/sec.

Si può osservare in generale che nel caso in cui la "formazione di base" sia ricoperta da materiali poco deformabili e approssimativamente omogenei gli accelerogrammi che si registrano al tetto della



formazione di base non differiscono notevolmente da quelli registrati in superficie: inoltre in tale caso lo spessore dei terreni superficiali non influenza significativamente la risposta dinamica locale.

Nel caso in cui la formazione di base è ricoperta da materiali deformabili, gli accelerogrammi registrati sulla formazione ed in superficie possono differire notevolmente, in particolare le caratteristiche delle onde sismiche vengono modificate in misura maggiore all'aumentare della deformabilità dei terreni.

La trasmissione di energia dal bedrock verso la superficie subisce trasformazioni tanto più accentuate quanto più deformabili sono i terreni attraversati; all'aumentare della deformabilità alle alte frequenze di propagazione corrispondono livelli di energia più bassi e viceversa a frequenze più basse corrispondono livelli di energia più alti.

Il valore del periodo corrispondente alla massima accelerazione cresce quanto la rigidità dei terreni diminuisce; nel caso di rocce sciolte tale valore aumenta anche all'aumentare della potenza dello strato di terreno.

Di particolare importanza è, inoltre, lo studio dei contatti stratigrafici in affioramento soprattutto tra terreni a risposta sismica differenziata. Si riporta in allegato il report Istituto Nazionale geofisica e vulcanologia Modello di pericolosità sismica del territorio nazionale MPS04-S1 (2004) Informazioni sul nodo con ID: 46500 - Latitudine: 37.833 - Longitudine: 12.923.

Ai sensi del D.M. 17/01/2018, dai dati delle indagini sismiche eseguite i terreni presenti appartengono alla **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.*



## 6. LIQUEFAZIONE DEI TERRENI

Il problema della liquefazione dei terreni è di estrema importanza in aree a rischio sismico, come quella in cui si deve realizzare il progetto.

Si tratta di un fenomeno estremamente importante e pericoloso in particolari condizioni.

Il termine *liquefazione* viene usato, per definire un processo per cui una massa di terreno saturo, a seguito dell'intervento di forze esterne, statiche o dinamiche perde resistenza al taglio e si comporta come un fluido.

Sono soprattutto le azioni dinamiche a disturbare l'equilibrio dello scheletro solido orientando le particelle di roccia, immerse in acqua, verso una maggiore compattezza.

Le particelle di terreno sotto la vibrazione, si dispongono infatti facilmente in un nuovo assetto ed in questa fase di transizione perdono il contatto fra di loro e, quindi, sono «flottanti» temporaneamente nell'acqua perdendo ogni funzione portante.

La presenza dell'acqua pone le sabbie, sottoposte a rapide alternanze di carico, in situazione analoga a quella delle argille sature sottoposte rapidamente a carichi statici; infatti la velocità con la quale si producono le variazioni di volume è talmente elevata che, nonostante la forte permeabilità dello scheletro granulare della sabbia, l'acqua non riesce a sfuggire mentre avviene la riduzione di volume del tessuto e, quindi, le pressioni interstiziali annullano la resistenza di attrito.

Di qui la liquefazione del terreno e lo sprofondamento delle opere.

La predisposizione alla liquefazione dipende, quindi, dalla capacità del terreno ad aumentare la propria densità, il che è legato evidentemente alla percentuale di vuoti iniziale.

Il fenomeno della liquefazione si verifica per stratificazioni superficiali, a profondità di 15 m può dirsi che esso sia escluso a causa della compattezza prodotta dalla pressione geostatica.

Notevoli assestamenti possono verificarsi con terreni anche asciutti sottoposti a vibrazioni ma senza la presenza della falda non è possibile l'istaurarsi del fenomeno della liquefazione.

Il metodo semplificato con cui si calcola la tendenza alla liquefazione, si basa sul rapporto che intercorre fra le sollecitazioni di taglio che producono liquefazione e quelle indotte dal terremoto; hanno perciò bisogno di valutare i parametri relativi sia all'evento sismico sia al deposito, determinati questi ultimi privilegiando metodi basati su correlazioni della resistenza alla liquefazione con parametri desunti da prove in situ ed indagini geofisiche per il calcolo delle Vs30.

Nello specifico del nostro lavoro si evince che in prima ipotesi di modello stratigrafico geologico nell'area degli aereogeneratori è presente un complesso a prevalenza argillo limosa e un complesso di tipo arenitico.

Non avendo evidenze di presenza di falda nei primi 15m di profondità è da escludere che si possa verificare il fenomeno della liquefazione dei terreni.

A vantaggio della sicurezza, in questa fase sono stati eseguiti i primi preliminari calcoli, simulando la presenza di falda, che ci confortano in base alla notevole presenza di materiali a granulometria fine che inibiscono l'istaurarsi di tale fenomeno per cui si può dire che in generale il problema non sussiste, come peraltro dimostra la serie storica dei terremoti che si sono avvertiti in zona.

Infatti, in tutta la storia recente, pur in presenza di terremoti anche di magnitudo importante, non si sono osservati fenomeni di liquefazione in sito. Si ritiene, comunque, indispensabile che in fase di progettazione esecutiva e di calcolo delle strutture in c.a. si eseguano le indagini di verifica delle su esposte ipotesi geologiche.



## **7. VERIFICA DI STABILITA' DEL PENDIO**

Da un inquadramento dei rilievi dei siti di progetto si rileva la presenza di versanti in esame assoggettabili alla categoria topografica T1 con pendenze medie inferiori ai 15° e generalmente favorevoli alla stabilità, non si è ritenuto necessario eseguire specifiche verifiche di stabilità dei pendii in quanto queste avrebbero fatto registrare valori del coefficiente di sicurezza decisamente superiori ai minimi previsti dalla normativa vigente. Si ritiene comunque opportuno verificare eventuali condizioni di stabilità di versante laddove la specifica condizione dei luoghi e le caratteristiche litotecniche dei terreni desunte dalle prove geognostiche da effettuarsi nel livello di progettazione esecutiva le rendessero necessarie.



## **8. CAMPAGNA INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOTECNICHE DA ESEGUIRE IN FASE DI PROGETTAZIONE ESECUTIVA**

Fermo restando che il piano di indagini sottoindicato sarà individuato in modo definitivo prima della redazione della progettazione esecutiva utile per la realizzazione dell'impianto, sulla base di un'analisi preliminare si ritiene opportuno eseguire, nelle successive fasi di progettazione, le indagini di seguito elencate.

In corrispondenza di ciascuna area di progetto:

- n. 1 sondaggio a carotaggio continuo di profondità pari a 15 mt. dal p.c.;
- prelievo di n. 2 campioni indisturbati sui quali eseguire le prove geotecniche in laboratorio per la caratterizzazione fisico-meccanica;
- 5 prove penetrometriche DPSH;
- n. 20 S.P.T. in foro;
- esecuzione di n. 20 prove granulometriche in laboratorio per lo studio del potenziale di liquefazione;
- n. 1 indagine di sismica attiva "Masw";



## 9. CONCLUSIONI

Da quanto detto precedentemente, in ordine alle caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche, sismiche e geotecniche dei siti di progetto si evince che:

- in generale le aree direttamente interessate dal progetto sono costituite dai depositi terrigeni, fluvio deltizi distinguibili in frazione arenaceo sabbiosa e argillosa della Fm. Terravecchia. In particolare sono stati individuati 2 complessi geologicamente diversi, dettagliatamente rappresentati nelle colonne stratigrafiche tipo.
  - Tipo 1 - Arenarie da grigio giallastre a bruno rossastre con intercalazioni di livelli pelitici limosi e conglomerati pari a circa 5-6 m che ricoprono le argille ed argille limose che si presentano alterate per i primi 4-6 m di spessore. Detti terreni appartengono alla Fm. Terravecchia;
  - Tipo 2 - Argille ed argille limose della Fm. Terravecchia che si presentano alterate per uno spessore pari a 4- 6 m;
- per quanto concerne le forme di dissesto legate ai movimenti franosi eventualmente presenti nei versanti interessati dalle opere in progetto, si mette in evidenza che tramite i rilievi di superficie, integrati dallo studio delle fotografie aeree del territorio e dall'analisi del PAI, non sono state individuate dissesti nelle aree di progetto.
- vista la presenza di litotipi argillosi e dai rilievi eseguiti in campo si evince che non è presente una vera e propria falda freatica, ma solo lo strato alterato si presenta saturo nei periodi di intense piogge;
- le opere in progetto non rilasciano alcuna sostanza inquinante né nel suolo, né nelle acque.
- ai sensi del D.M. 17/01/2018 i terreni presenti appartengono alla **Categoria C** "*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del sub- strato 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*"
- non esistono pericolosità geologiche geomorfologiche idrogeologiche e sismiche che possano ostare la realizzazione del progetto;
- in questa fase sono stati eseguiti i primi preliminari calcoli, simulando la presenza di falda, che ci confortano in base alla notevole presenza di materiali a granulometria fine che inibiscono l'istaurarsi del fenomeno della liquefazione dei terreni per cui si può dire che in generale il problema non sussiste, come peraltro dimostra la serie storica dei terremoti che si sono avvertiti in zona;

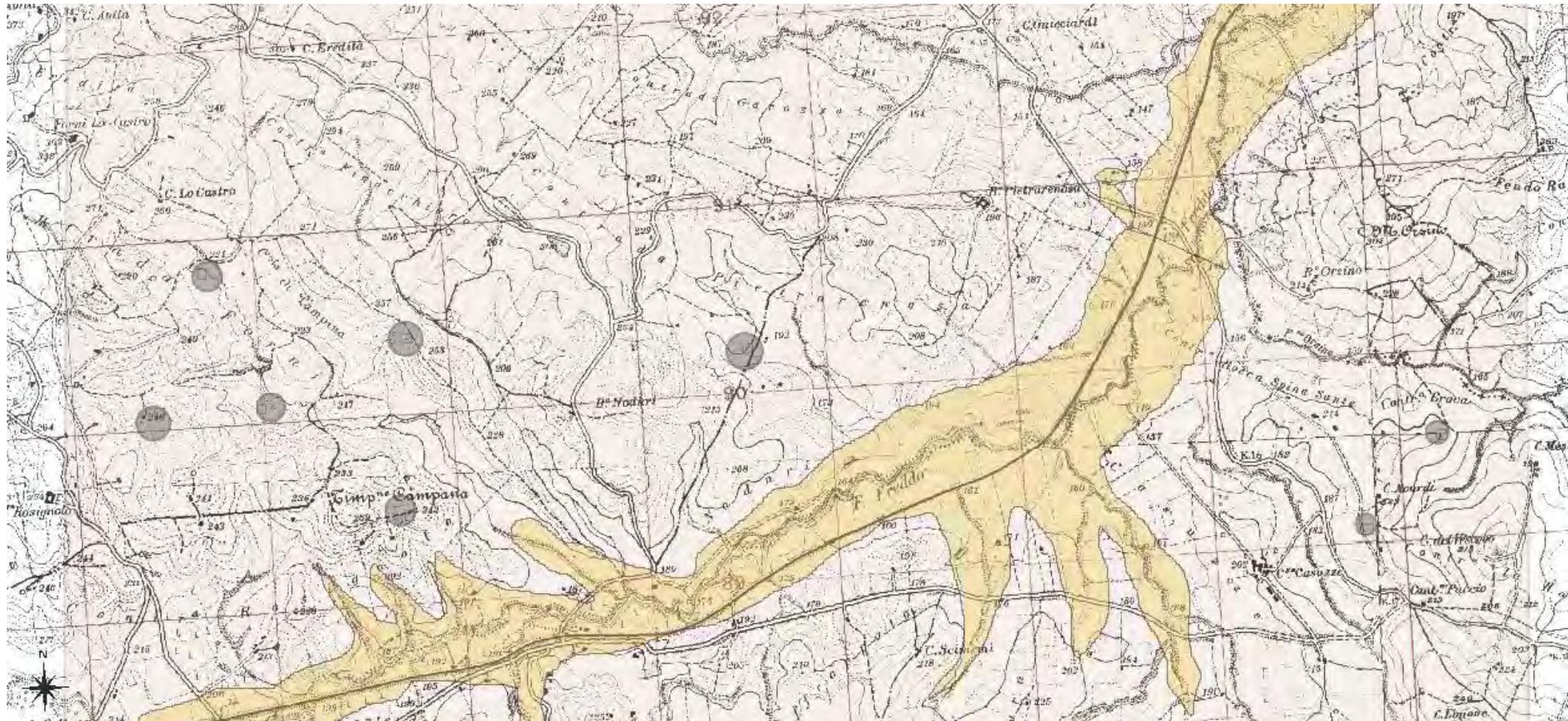
si ritiene indispensabile eseguire, in fase di progettazione esecutiva e dei calcoli delle strutture, una campagna di indagini ai sensi del D.M. 17/01/2018, come sopra descritta.



## ALLEGATI

- *CARTOGRAFIE TEMATICHE*
- *INDAGINI DI SISMICA ATTIVA MASW*
- *INDAGINI PENETROMETRICHE*
- *Report Istituto Nazionale geofisica e vulcanologia Modello di pericolosità sismica del territorio nazionale MPS04-S1*

Carta Geologica scala 1:25.000



Formazione Cozzo  
Terravecchia  
(Tortoniano)



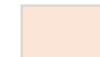
Alluvioni



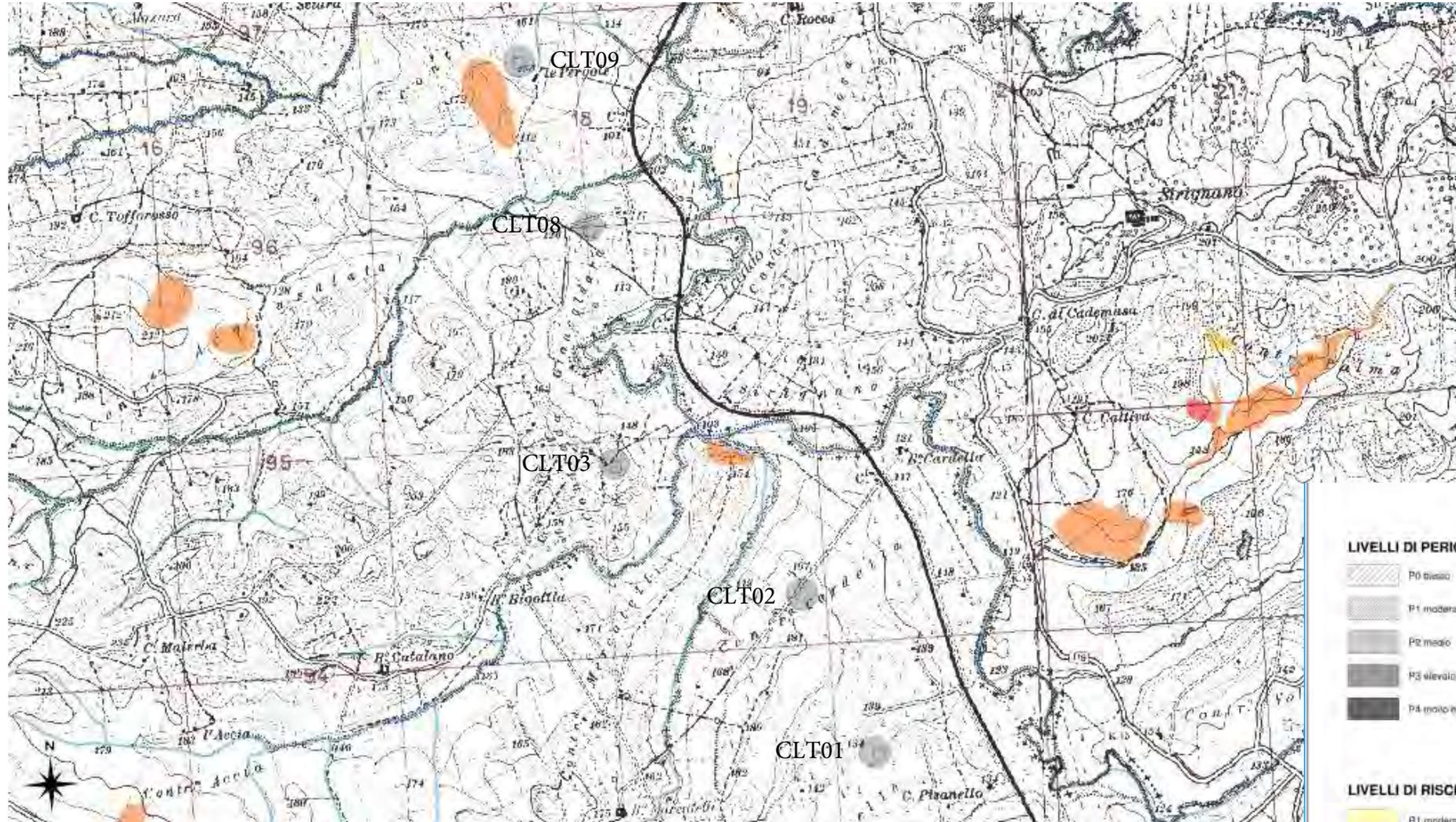
Sito degli aerogeneratori



Carta Geologica scala 1:25.000

-  Formazione Cozzo Terravecchia (Tortoniano)
-  Alluvioni
-  Siti aerogeneratori

Carta della pericolosità e del rischio geomorfologico scala  
1:25.000 (dati PAI Regione Siciliana)



CLT01

Sito degli aerogeneratori

Regione Siciliana  
Assessorato Regionale del Territorio e dell'Ambiente  
DIPARTIMENTO REGIONALE DELL'AMBIENTE  
Servizio 3 - ASSETTO DEL TERRITORIO E DIFESA DEL SUOLO  
Piano Stralcio di Bacino  
per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.)

- Bacino idrografico del Fiume San Bartolomeo (045)
  - Area territoriale tra il bacino del Fiume Jato e il Fiume San Bartolomeo (044)
  - Area territoriale tra il bacino del Fiume San Bartolomeo e Punta di Solanto (046)
- 2° Aggiornamento "Parziale"  
(C.T.R. n. 606070)



CARTA DELLA PERICOLOSITA'  
E DEL RISCHIO GEOMORFOLOGICO N. 16

COMUNE DI  
GAIATUSA/SESTESA

Scala 1:16250



LEGENDA

LIVELLI DI PERICOLOSITA'

- P0 basso
- P1 moderato
- P2 medio
- P3 elevato
- P4 molto elevato

LIVELLI DI RISCHIO

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

Carta della pericolosità e del rischio geomorfologico scala  
1:25.000 (dati PAI Regione Siciliana)



Regione Siciliana  
Assessorato Regionale del Territorio e dell'Ambiente  
DIPARTIMENTO REGIONALE DELL'AMBIENTE  
Servizio 3 - ASSETTO DEL TERRITORIO E DIFESA DEL SUOLO  
Piano Stralcio di Bacino  
per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.)

- Bacino idrografico del Fiume San Bartolomeo (045)
  - Area territoriale tra il bacino del Fiume Jato e il Fiume San Bartolomeo (044)
  - Area territoriale tra il bacino del Fiume San Bartolomeo e Punta di Solanto (046)
- 2° Aggiornamento Parziale  
(C.T.R. n. 606070)



CARTA DELLA PERICOLOSITA'  
E DEL RISCHIO GEOMORFOLOGICO N. 16

COMUNE DI  
GAIATRIMISESTA

Scala 1:16250



Anno 2013

CLT07



Sito degli aerogeneratori

LIVELLI DI RISCHIO

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

## INDAGINE MASW

Lo studio geosismico, a corredo dello studio geologico per il parco eolico denominato Calatafimi, ha avuto lo scopo di individuare le velocità di propagazione delle onde sismiche secondarie (onde S) all'interno dei terreni che costituiscono i primi 30 metri di sottosuolo nei siti indicati in planimetria. Nello specifico si è scelta la tecnica sismica di tipo MASW che ha consentito la valutazione del parametro VSeq ai fini della classificazione sismica del suolo di fondazione secondo la normativa vigente (D.M. 14/01/2008 e successive modifiche e Circ. C.S.LL.PP n° 617 del 02/02/2009 e il DECRETO 17 gennaio 2018).

La campagna di indagini geofisiche è stata articolata in TRE prospezioni sismiche indicate in planimetria realizzata tramite la collocazione lungo un allineamento definito di 25 metri di 24 geofoni, aventi una frequenza di 4,5 hz, prodotti dalla PASI s.r.l., posti con una equidistanza di 1 metri ed un offset posto a 2 metri dal primo geofono.

Per l'acquisizione dei dati è stato utilizzato il sismografo digitale 16S24-U a 24 canali della PASI srl ad alta risoluzione, collegato ad un netbook caricato con un software interno in grado di registrare i segnali provenienti da geofoni a componente verticale permettendo attraverso lo stesso una elaborazione ed un rapido controllo della qualità della registrazione, consentendo un processing preliminare dei dati in situ.

Il sismografo in questione costituisce il componente fondamentale dell'apparato di acquisizione dei dati. Si tratta di uno strumento digitale a 24 canali, collegato ad un netbook dotato di un processore Atom 280, una frequenza massima di campionamento di 100.000 Hz, un convertitore Analogico/Digitale a 16 bit, una velocità massima di campionamento pari 16 ms e una risoluzione di acquisizione a 24 bit, con sovracampionamento e post-processing.

Le impostazioni dei parametri di acquisizione dello strumento vengono scelte in funzione del tipo di indagine eseguito, della lunghezza degli stendimenti, del grado di risoluzione ricercato, delle condizioni ambientali rispetto alle fonti di rumore e tenendo conto della relativa uniformità delle successioni sedimentarie presenti nelle zone indagate.

Per l'energizzazione è stata utilizzata una mazza di battuta del peso di 8 kg con interruttore starter battente su una piastra metallica che è stata utilizzata come dispositivo in grado di generare onde sismiche.

#### METODOLOGIA UTILIZZATA ED ELABORAZIONE DEI DATI ACQUISITI

Quando un terreno viene sollecitato elasticamente, lungo l'interfaccia terreno-aria, si generano onde di Rayleigh attraverso l'interazione tra le onde di compressione P e le onde di taglio S. E' noto che la propagazione delle onde superficiali, nel caso di mezzi stratificati e trasversalmente isotropi, avviene in maniera diversa rispetto al caso di mezzi omogenei; non esiste più una unica velocità ma ogni frequenza è caratterizzata da una diversa velocità di propagazione a sua volta legata alle varie lunghezze d'onda.

Queste interessano il terreno a diverse profondità e risultano influenzate dalle caratteristiche elastiche, appunto variabili con la profondità. Questo comportamento è fondamentale nello sviluppo dei metodi sismici che utilizzano le onde di superficie.

Ovviamente le lunghezze d'onda più grandi corrispondono alle frequenze più basse e vanno ad interessare il terreno più in profondità; al contrario le lunghezze d'onda più piccole, poiché sono associate alle frequenze più alte, rimangono nelle immediate vicinanze della superficie. La velocità di propagazione delle onde di Rayleigh ( $V_r$ ) è pari a  $0,91V_s$  e ai fini pratici

ciò si traduce nel fatto che misurando la  $V_r$  si ottiene la  $V_s$  con un errore di calcolo del tutto trascurabile.

I metodi basati sull'analisi delle onde superficiali di Rayleigh forniscono una buona risoluzione e non sono limitati, a differenza del metodo a rifrazione, dalla presenza di inversioni di velocità in profondità.

Inoltre la propagazione delle onde di Rayleigh, anche se influenzata dalla  $V_p$  e dalla densità, è funzione innanzitutto della  $V_s$ , parametro di fondamentale importanza per la caratterizzazione geotecnica di un sito secondo quanto previsto dalle recenti normative antisismiche.

L'elaborazione e l'interpretazione dei dati sismici è stata eseguita con l'ausilio del software "WinMASW - Pro", prodotto dalla "Eliosoft", che consente di analizzare dati sismici (common-shot gathers) acquisiti in campagna in modo tale da poter ricavare il profilo verticale della  $V_s$  (velocità delle onde di taglio). Tale risultato viene ottenuto tramite inversione delle curve di dispersione delle onde di Rayleigh, determinate tramite la tecnica MASW.

La procedura si sviluppa in tre operazioni svolte in successione:

1. acquisizione multicanale dei segnali sismici, generati da una sorgente energizzante artificiale (mazza battente su piastra in alluminio), lungo uno stendimento rettilineo costituito da 24 geofoni ed una sorgente sismica;
2. estrazione del modo fondamentale dalle curve di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh (una curva per ogni acquisizione);
3. inversione delle curve di dispersione per ottenere profili verticali 1D delle  $V_s$  (un profilo verticale posizionato nel punto medio di ogni stendimento geofonico).

I comuni metodi lineari forniscono, infatti, soluzioni che dipendono dal modello iniziale di partenza che l'utente deve necessariamente fornire; in

altre parole, i metodi lineari hanno un'altissima probabilità di fallire indicando un modello errato della situazione reale.

Gli algoritmi evolutivi basati su metodologie di ottimizzazione di tipo "global search" (quali ad esempio gli algoritmi genetici) sono potenzialmente in grado di fornire indicazioni più complete e precise.

A differenza dei metodi lineari non è necessario fornire alcun modello di partenza. E' invece necessario definire uno "spazio di ricerca" all'interno del quale vengono valutate diverse possibili soluzioni. Il punto di forza del programma "winMASW 4.2 Pro" è quello di fornire risultati molto più robusti rispetto a quelli possibili con altre metodologie. La soluzione finale viene infine proposta con anche una stima della sua attendibilità (deviazioni standard) ottenuta grazie all'utilizzo di tecniche statistiche.

Entrando nel merito della elaborazione, per la determinazione del profilo verticale della VS (quindi VSeq) il primo passo riguarda la "Determinazione dello Spettro di Velocità" ed il "picking" della curva di dispersione. Successivamente si procede con la modellazione diretta o l'inversione della curva di dispersione interpretata dall'utente.

Una volta caricati i dati si procede con il calcolo dello spettro di velocità, e quindi si effettua il picking della curva di dispersione cioè la selezione dei punti che appartengono ad un certo modo di propagazione dell'onda superficiale.

Successivamente, per ottenere il profilo verticale della VS, è necessario eseguire l'inversione della curva di dispersione precedentemente "piccata".

L'inversione viene effettuata grazie all'utilizzo di una solida tecnica di ottimizzazione (algoritmi generici) che richiede un notevole impegno delle risorse di calcolo del computer. La contropartita è una soluzione più affidabile e una stima dell'attendibilità del modello ricavato (deviazioni standard).

Le curve di dispersione relativa al sondaggio sismico eseguito sono mostrate negli allegati. Solo il modo fondamentale della curva è stato analizzato per la determinazione del parametro  $V_{seq}$ .

Le analisi del profilo sismico MASW ha permesso la definizione di modelli 1D di velocità delle onde di taglio, localizzabili nei baricentri dello stendimento.

La profondità di penetrazione dell'indagine MASW è determinata dalla relazione tra velocità e frequenze rappresentate nella curva di dispersione. Strati più profondi influenzano, infatti, frequenze inferiori (lunghezze d'onda maggiori) e di conseguenza sarà la frequenza più bassa a determinare la massima profondità di penetrazione (da cui l'importanza di generare un segnale con una sufficiente quantità di energia anche alle frequenze più basse). Questo valore è determinato attraverso l'approssimazione  $\lambda/2.5$  ed è, quindi, chiaramente solo indicativo. Infatti, è bene precisare che, a causa della variazione dei parametri fisico - meccanici (porosità, contenuto d'acqua, grado di fratturazione, ecc.), non sempre gli spessori sismostratigrafici coincidono con gli spessori litologici.

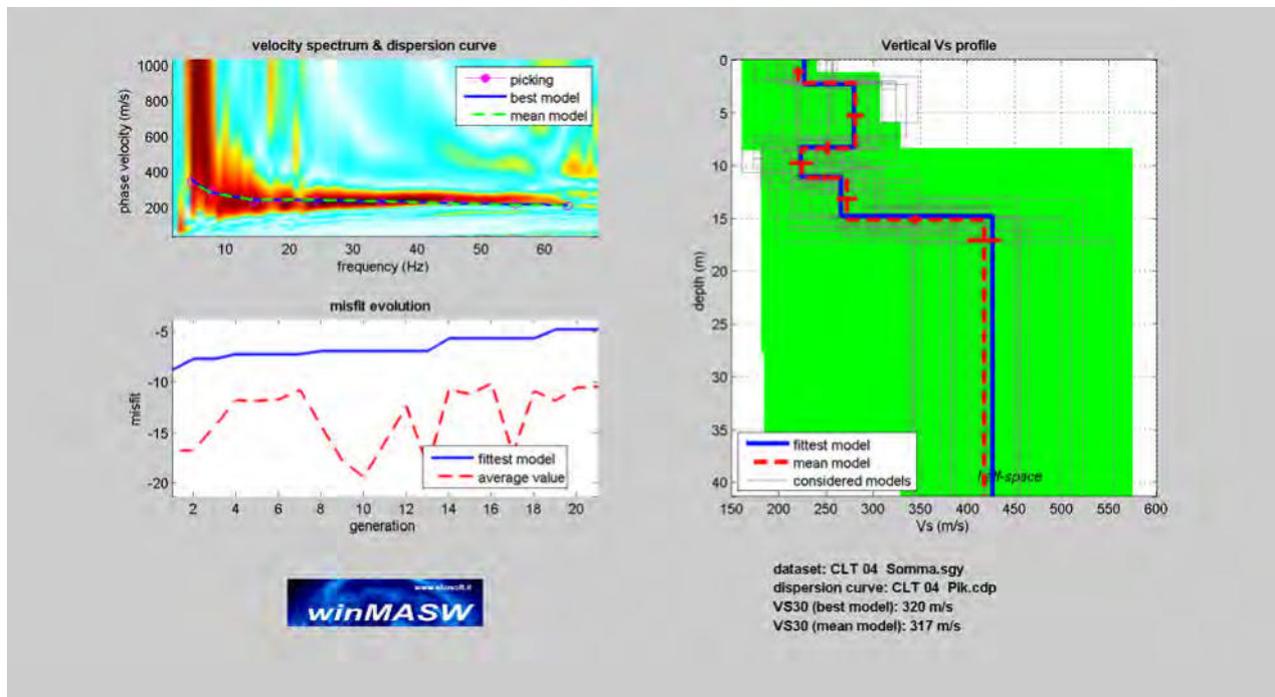
Alla fine del calcolo viene fornita la  $V_{seq}$  media fino a 30 metri di profondità.

Durante i sondaggi sono state eseguite due energizzazioni verticali ad un estremo dello stendimento.

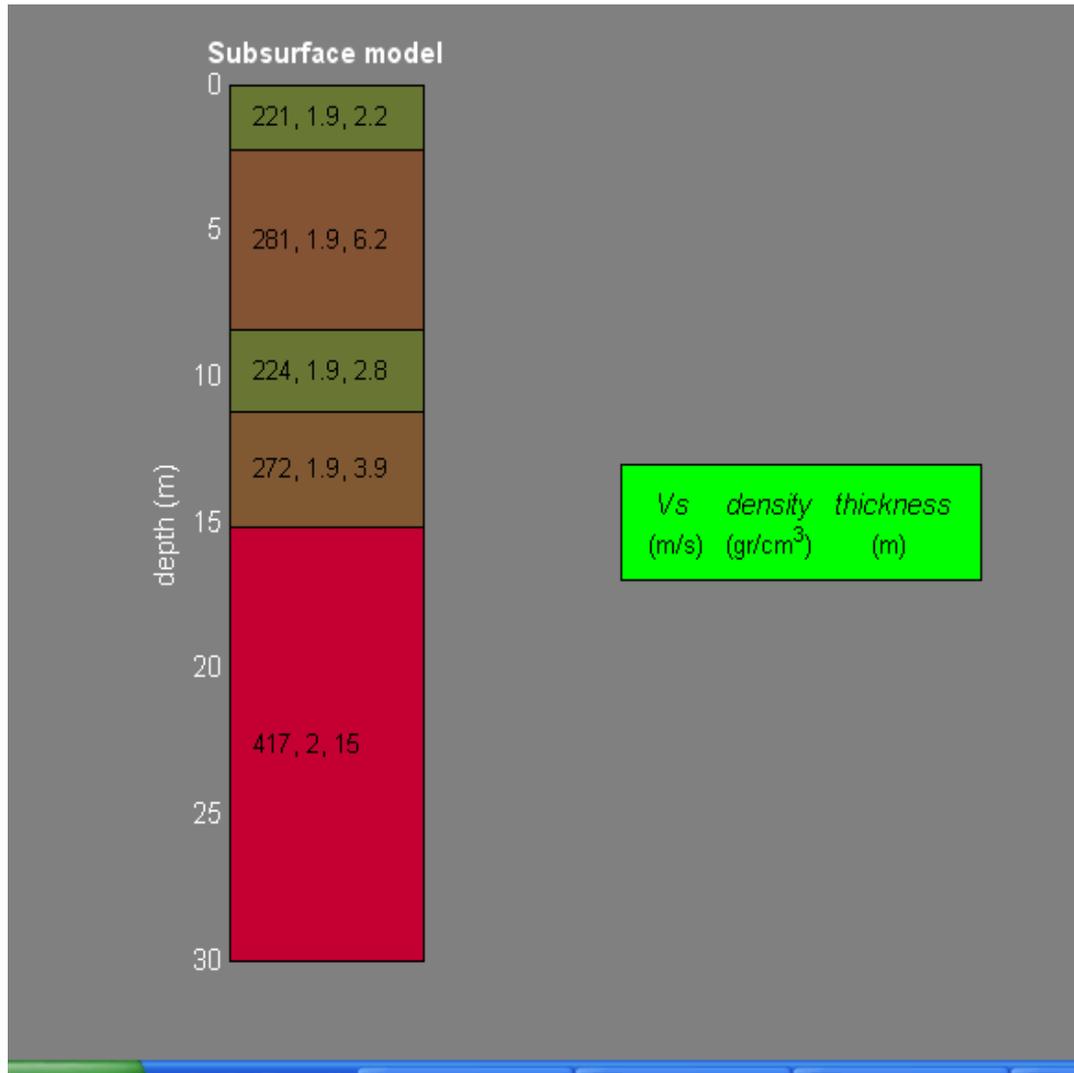
Le caratteristiche di acquisizione di ogni sondaggio sismico eseguito sono le seguenti:

Lunghezza totale della stesa (m)	Numero geofoni (4.5 Hz)	Posizione Off set dal primo geofono (m)	Posizione primo geofono (m)	Posizione ultimo geofono (m)	Equidistanza tra i geofoni (m)	Distanza Off set dal primo geofono (m)
25	24	-1	1	24	1	2

## Masw CLT04



Sovrapposizione tra le curve “piccate” ed i modelli elaborati dopo l’inversione  
Profilo verticale delle Vs ottenuto dall’inversione della curva di dispersione  
della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh.



**Fig.2:** Stratigrafia sismica del sito di indagine

I dati ottenuti dal modello medio rappresentati nella figura 2 sono i seguenti:

## RESULTS winMASW Pro

Dataset: CLT 04 Somma.sgy

Analyzed curve: CLT 04 Pik.cdp

## MEAN MODEL

VS (m/s): 221 281 224 272 417

Standard deviations (m/s): 5 9 12 11 18

Thickness (m): 2.2 6.2 2.8 3.9

Standard deviations (m): 0.1 0.7 0.3 0.4

Approximate values for Vp, density & elastic moduli

Vp (m/s): 459 571 470 567 799

Density (gr/cm<sup>3</sup>): 1.87 1.92 1.87 1.92 2.00

Vp/Vs ratio: 2.08 2.03 2.10 2.08 1.92

Poisson: 0.35 0.34 0.35 0.35 0.31

Young modulus (MPa): 246 406 254 383 913

Shear modulus (MPa): 91 151 94 142 348

Lamé (MPa): 211 323 226 333 581

Bulk modulus (MPa): 272 424 288 427 813

Fundamental mode

Mean model

f(Hz) VR(m/s)

4.61489 347.978

7.78585 281.6781

14.3814 245.2834

24.0211 244.0159

34.4219 236.7244

44.9494 225.2132

55.3502 217.0374

63.4678 213.1942

## BEST MODEL

Vs (m/s): 226.8545    279.7048    223.5233    265.9029    425.8018  
thickness (m): 2.3677    5.9233    2.7834    3.727

Approximate values for Vp, density & elastic moduli

Vp (m/s):            448 559 484 599 795  
Density (gr/cm<sup>3</sup>):        1.86 1.91 1.88 1.93 2.00  
Vp/Vs ratio: 1.97    2.00    2.16    2.25    1.87  
Poisson: 0.33    0.33    0.36    0.38    0.30  
Young modulus (MPa): 254        400        257        376        942  
Shear modulus (MPa): 96        150        94        137        363  
Lamé (MPa): 182        298        251        419        538  
Bulk modulus (MPa): 245        398        314        510        779

dispersion curve (frequency - Rayleigh phase velocity)

Fundamental mode)

best model

F(Hz)	VR(m/s)
4.61489	355.1554
7.78585	285.4726
14.3814	244.0664
24.0211	242.4405
34.4219	235.5967
44.9494	225.895
55.3502	219.3977
63.4678	216.3922

Maximum penetration depth according to the "Steady State Rayleigh Method": 30 m

Inversion quality: very good

VS5 (mean model): 251 m/s

VS5 (best model): 252 m/s

VS20 (mean model): 283 m/s

VS20 (best model): 285 m/s

VS30 (mean model): 317 m/s

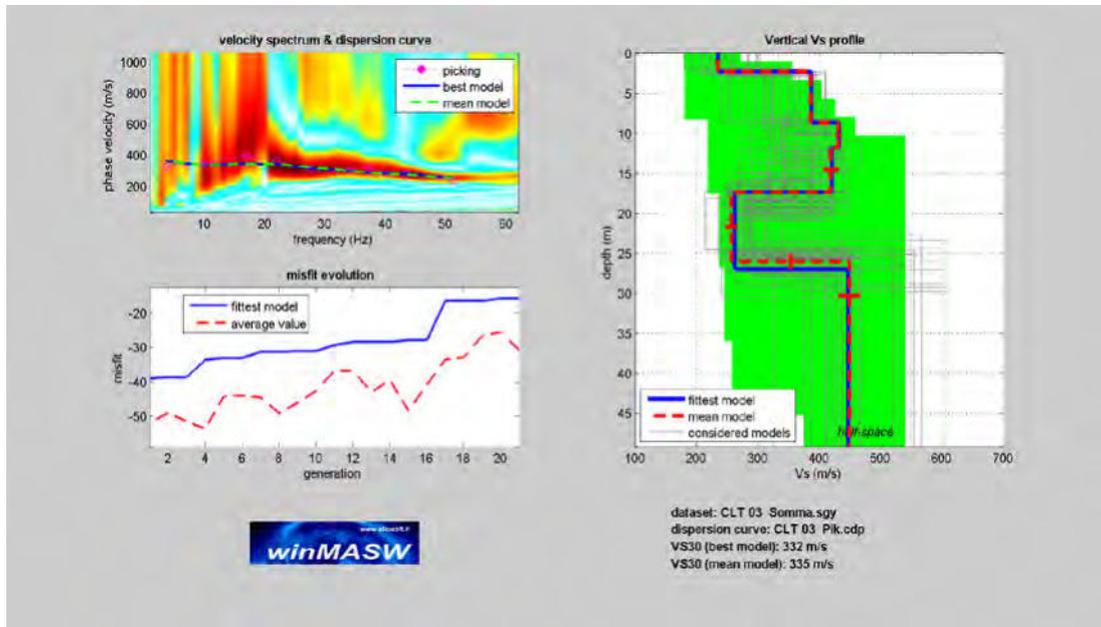
VS30 (best model): 320 m/s

Possible Soil Type: C

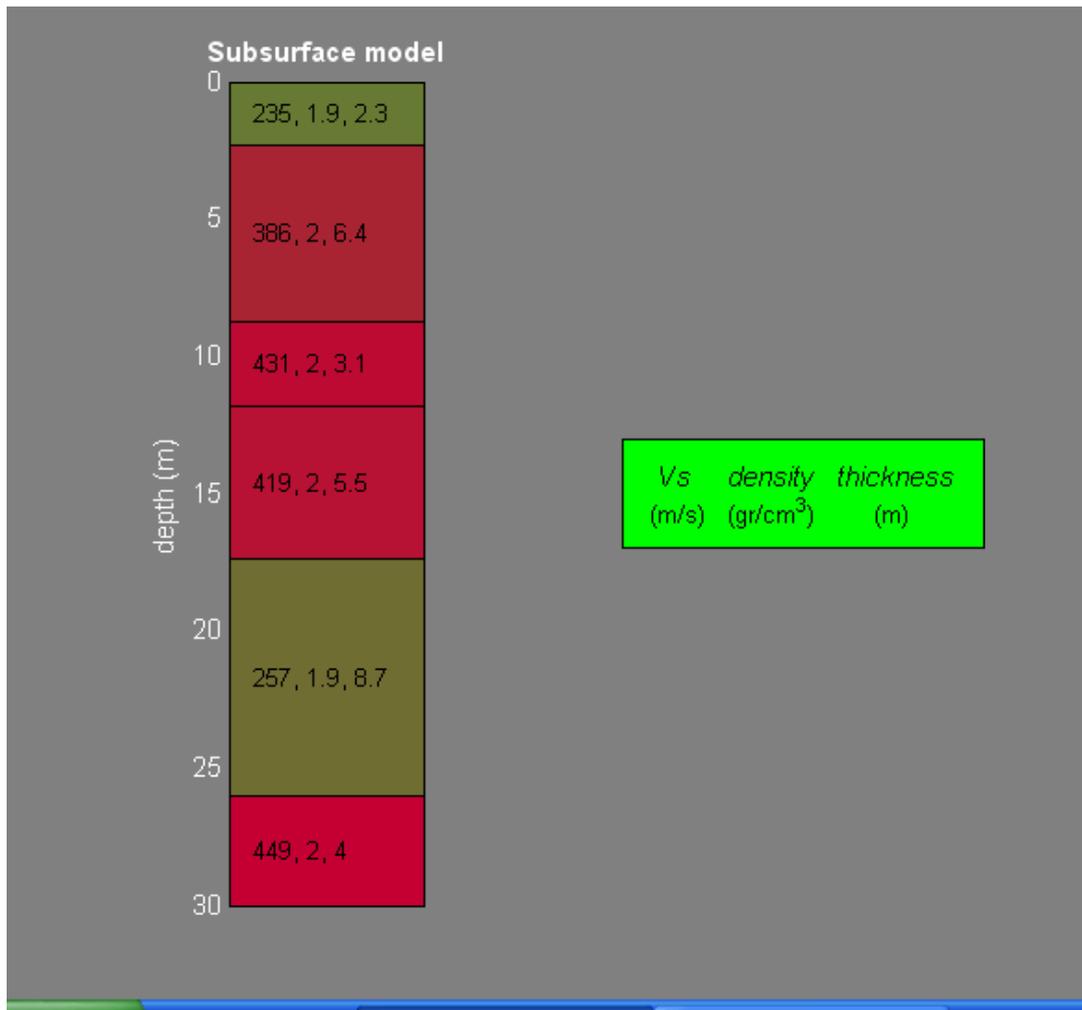
**VSeq (m/s): 317**

**La VSeq stimata nel sito è pari a 317 m/s, inserendo il terreno in classe C.**

## Masw CLT03



Sovrapposizione tra le curve “piccate” ed i modelli elaborati dopo l’inversione  
Profilo verticale delle Vs ottenuto dall’inversione della curva di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh.



**Fig.3:** Stratigrafia sismica del sito di indagine

I dati ottenuti dal modello medio rappresentati nella figura 3 sono i seguenti:

RESULTS winMASW Pro

Dataset: CLT 03 Somma.sgy

Analyzed curve: CLT 03 Pik.cdp

## MEAN MODEL

VS (m/s): 235 386 431 419 257 449

Standard deviations (m/s): 3 2 4 12 9 17

Thickness (m): 2.3 6.4 3.1 5.5 8.7

Standard deviations (m): 0.1 0.3 0.2 0.2 1.0

Approximate values for  $V_p$ , density & elastic moduli

$V_p$  (m/s): 510 846 917 892 548 839

Density (gr/cm<sup>3</sup>): 1.89 2.01 2.03 2.03 1.91 2.01

$V_p/V_s$  ratio: 2.17 2.19 2.13 2.13 2.13 1.87

Poisson: 0.37 0.37 0.36 0.36 0.36 0.30

Young modulus (MPa): 285 821 1026 966 343 1054

Shear modulus (MPa): 104 300 378 356 126 405

Lamé (MPa): 283 841 954 901 321 605

Bulk modulus (MPa): 353 1041 1206 1138 405 875

Fundamental mode

Mean model

f(Hz)	VR(m/s)
3.74722	363.934
9.75278	332.4656
17.0361	343.1524
22.0194	340.1838
27.5139	322.0276
37.0972	287.5831

43.4861 273.7414  
51.2806 250.0791

### BEST MODEL

Vs (m/s): 235.0635 386.3938 431.032 420.9561 262.3972  
446.5784  
thickness (m): 2.3173 6.3724 3.1141 5.5861 9.6098

Approximate values for Vp, density & elastic moduli

Vp (m/s): 532 866 958 959 551 825  
Density (gr/cm<sup>3</sup>): 1.90 2.02 2.04 2.04 1.91 2.01  
Vp/Vs ratio: 2.26 2.24 2.22 2.28 2.10 1.85  
Poisson: 0.38 0.38 0.37 0.38 0.35 0.29  
Young modulus (MPa): 290 828 1042 1000 355 1037  
Shear modulus (MPa): 105 301 380 362 131 401  
Lamé (MPa): 328 912 1116 1155 318 564  
Bulk modulus (MPa): 398 1113 1369 1397 405 831

dispersion curve (frequency - Rayleigh phase velocity)

Fundamental mode)

best model

F(Hz)	VR(m/s)
3.74722	359.6889
9.75278	333.5992
17.0361	344.9095
22.0194	341.035

27.5139	314.8019
37.0972	287.3484
43.4861	277.8869
51.2806	252.8671

Maximum penetration depth according to the "Steady State Rayleigh Method": 35 m

Inversion quality: very good

VS5 (mean model): 297 m/s

VS5 (best model): 297 m/s

VS20 (mean model): 350 m/s

VS20 (best model): 352 m/s

VS30 (mean model): 335 m/s

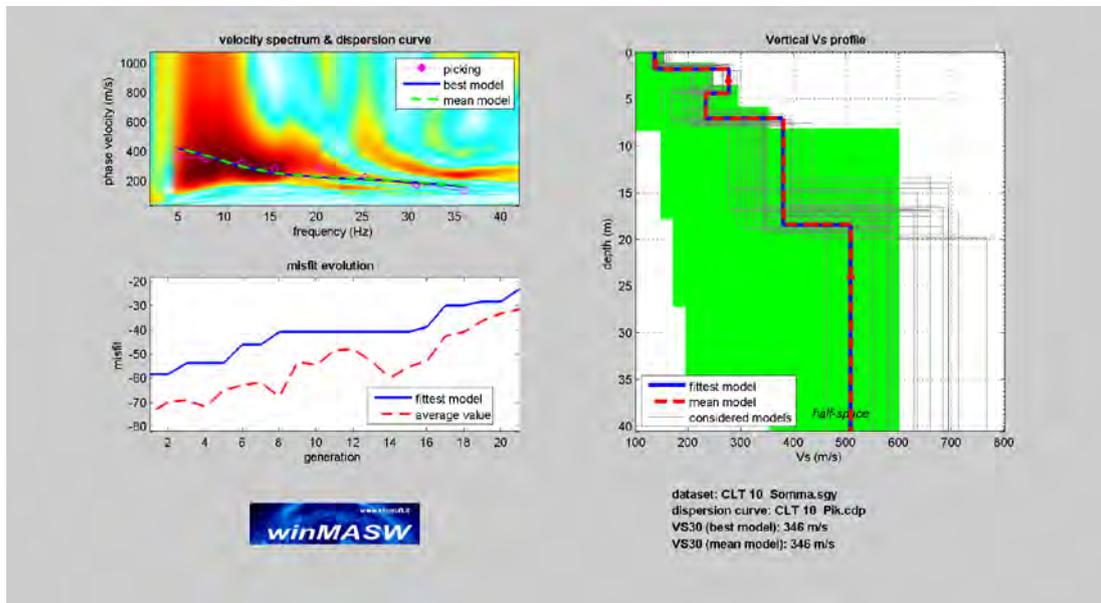
VS30 (best model): 332 m/s

Possible Soil Type: C

**VSeq (m/s): 332**

**La VSeq stimata nel sito è pari a 332 m/s, inserendo il terreno in classe C.**

# CLT10



Sovrapposizione tra le curve “piccate” ed i modelli elaborati dopo l’inversione  
Profilo verticale delle Vs ottenuto dall’inversione della curva di dispersione  
della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh.



**Fig.4:** Stratigrafia sismica del sito di indagine

I dati ottenuti dal modello medio rappresentati nella figura 4 sono i seguenti:

RESULTS winMASW Pro

Dataset: CLT 10 Somma.sgy

Analyzed curve: CLT 10 Pik.cdp

## MEAN MODEL

VS (m/s): 138 276 234 380 508

Standard deviations (m/s): 4 7 1 2 7

Thickness (m): 1.8 2.7 2.7 11.3

Standard deviations (m): 0.0 0.0 0.0 0.2

Approximate values for  $V_p$ , density & elastic moduli

$V_p$  (m/s): 297 596 503 786 953

Density (gr/cm<sup>3</sup>): 1.76 1.93 1.89 2.00 2.04

$V_p/V_s$  ratio: 2.15 2.16 2.15 2.07 1.88

Poisson: 0.36 0.36 0.36 0.35 0.30

Young modulus (MPa): 91 401 282 777 1372

Shear modulus (MPa): 34 147 103 288 527

Lamé (MPa): 88 391 271 656 801

Bulk modulus (MPa): 111 489 340 849 1152

Fundamental mode

Mean model

f(Hz)	VR(m/s)
4.92279	421.1735
7.99632	370.111
11.7978	297.5898
15.4375	251.6963
20.2904	225.4901
25.2243	213.4314

30.8051 192.8946  
35.9816 164.4256

### BEST MODEL

Vs (m/s): 136.9105 277.0283 233.5057 379.7644 507.3668  
thickness (m): 1.78842 2.6678 2.65868 11.3664

Approximate values for Vp, density & elastic moduli

Vp (m/s): 272 609 521 753 964  
Density (gr/cm<sup>3</sup>): 1.74 1.93 1.90 1.99 2.05  
Vp/Vs ratio: 1.99 2.20 2.23 1.98 1.90  
Poisson: 0.33 0.37 0.37 0.33 0.31  
Young modulus (MPa): 87 406 285 762 1376  
Shear modulus (MPa): 33 148 104 287 526  
Lamé (MPa): 63 420 307 552 849  
Bulk modulus (MPa): 85 519 376 743 1200

dispersion curve (frequency - Rayleigh phase velocity)

Fundamental mode)

best model

F(Hz)	VR(m/s)
4.92279	419.3908
7.99632	368.1103
11.7978	296.3744
15.4375	249.4232

20.2904	222.5198
25.2243	209.6628
30.8051	186.9828
35.9816	159.4879

Maximum penetration depth according to the "Steady State Rayleigh Method": 29 m

Inversion quality: very good

VS5 (mean model): 200 m/s

VS5 (best model): 200 m/s

VS20 (mean model): 299 m/s

VS20 (best model): 299 m/s

VS30 (mean model): 346 m/s

VS30 (best model): 346 m/s

Possible Soil Type: C

**VSeq (m/s): 346**

**La VSeq stimata nel sito è pari a 346 m/s, inserendo il terreno in classe C.**

# ALBUM FOTOGRAFICO PROVE MASW





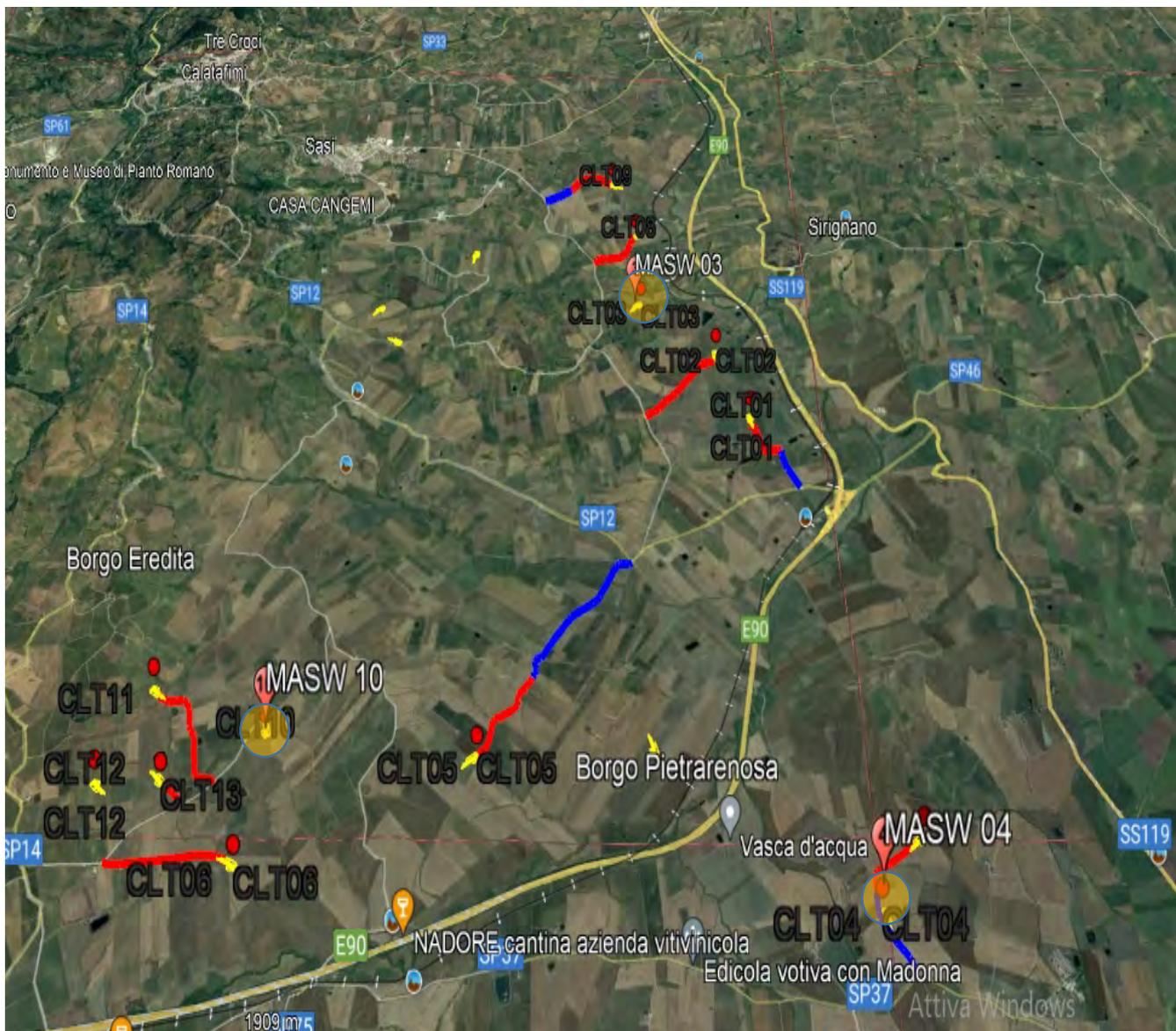








# UBICAZIONE MASW



## INDAGINI PENETROMETRICHE DI TIPO DINAMICO

### 1. PREMESSA

Le tre indagini penetrometriche a corredo dello studio geologico per il parco eolico Calatafimi sono finalizzate a determinare:

- la stratigrafia del substrato sul quale dovranno effettuarsi i lavori di progetto, identificando spessori e discontinuità legate a variazioni litologiche;
- i parametri fisico-meccanici da utilizzare nelle calcolazioni di progetto, così come richiesto dalle N.T.C. del 17 gennaio 2018;

eseguite in data 30/12/2023, sono indicate nell'allegata cartografia come CLT 10 - CLT 4 - CLT 3

Le coordinate geografiche dei luoghi d'indagine sono:

#### CLT 10

- Lat: 37°50'25.98"N
- Long. 12°53'39.66"E
- Quota: 242 m

#### CLT 4

- Lat: 37°49'46.14"N
- Long. 12°57'6.11"E
- Quota: 219 m

#### CLT 3

- Lat: 37°52'53.08"N
- Long. 12°55'49.61"E
- Quota: 168 m

### 2. METODOLOGIA D'ACQUISIZIONE E DI ELABORAZIONE

La prova penetrometrica DPM (Dynamic Probing Medium), detta "*continua*" poiché le misure di resistenza alla penetrazione vengono eseguite durante l'esecuzione di tutta la prova, consiste nell'infissione di una punta conica, di area standard pari a 10 cm<sup>2</sup> e angolo di punta di 60°, attraverso una batteria di aste che riceve l'energizzazione necessaria tramite l'impatto di un maglio di 30 Kg che cade ripetutamente, con una frequenza di 15-30 colpi al minuto, da un'altezza di 20 cm.

Il conteggio del numero di colpi necessario per l'avanzamento di un tratto di 10 cm, in condizioni di assenza di attrito laterale (controllato tramite la periodica rotazione delle aste e/o immersione d'acqua nel foro), consente di estrapolare utili informazioni geotecniche e geologiche sull'area in studio, fornendo dati più attendibili di quelli bibliografici e geotecnici, determinati quest'ultimi con prove di laboratorio puntuali e discontinue.

La prova viene eseguita seguendo le raccomandazioni dell'Associazione Geotecnica Italiana (A.G.I. 1977) contenute, a livello europeo, nel documento n° 2 allegato alla procedura "ISSMFE 1988",

## 2.1 Strumentazione utilizzata

Lo strumento utilizzato per l' esecuzione dell' indagine è un penetrometro dinamico medio DL30 (60°) della Deep Drill , le cui caratteristiche tecniche sono quelle appresso riportate:

- massa battente  $M = 30$  kg;
- altezza di caduta  $H = 0.20$  m;
- Peso del sistema di battuta  $M_s = 13$  Kg;
- diametro della punta conica  $D = 35.70$  mm;
- area base punta conica  $A = 10 \text{ cm}^2$  ;
- angolo apertura punta conica  $\alpha = 60^\circ$ ;
- lunghezza delle aste  $L_a = 1.00$  m;
- peso aste per metro  $M_a = 2.93$  Kg;
- avanzamento punta  $\delta = 10$  cm;
- numero colpi punta  $N = 10$ .

Con riferimento alla classificazione ISSMFE (1988) lo strumento anzi descritto, in base al peso della massa battente, è classificato:

CLASSIFICAZIONE ISSMFE DEI PENETROMETRI DINAMICI		MASSA MAGLIO (KG)	PROFONDITÀ MAX (m)
DPL (Dynamic Probing Light)	leggero	$\leq 10$	8
DPM (Dynamic Probing Medium)	medio	da 10 a 40	20 – 25
DPH (Dynamic Probing Heavy)	pesante	da 40 a 60	25
DPSH (Dynamic Probing Superheavy)	superpesante	$\geq 60$	> 25

L' elaborazione dei parametri acquisiti è stata effettuata utilizzando il programma di calcolo automatico Win Din della Deep Drill che consente il calcolo dei parametri geotecnici tramite elaborazioni proposte da vari Autori.

## 2.2 Conversione tra $N_{dpm}$ e $N_{spt}$

Poiché la prova penetrometrica dinamica S.P.T. (Standard Penetration Test), ideata negli Stati Uniti nel 1927, è la prova in sito più diffusa ed utilizzata al mondo per la semplicità operativa, per il basso costo per la vasta letteratura tecnica esistente, ci si rifà alla stessa per eseguire la conversione dei valori di resistenza alla penetrazione dinamica nei corrispondenti valori di Standard Penetration Test (SPT).

Detta correlazione, che avviene previo l' utilizzo di un *coefficiente di trasformazione* dipendente dalle caratteristiche dello strumento utilizzato, è data dalla seguente formulazione:

$$N_{spt} = \beta t N$$

dove:

$$\beta t = Q / Q_{spt}$$

in cui  $Q$  è l'energia specifica per colpo del penetrometro dinamico e  $Q_{spt}$  è quella riferita alla prova SPT.

Entrambe le quantità ( $Q$  e  $Q_{spt}$ ) sono state calcolate utilizzando la seguente relazione:

$$Q = \frac{M^2 \cdot H}{A \cdot \delta \cdot (M + M')}$$

In cui

M = peso massa battente;

M' = peso aste;

H = altezza di caduta;

A = area base punta conica;

δ = passo di avanzamento.

Facendo riferimento alla formula anzidetta è stato calcolato un coefficiente di trasformazione pari a 0.76

### 2.3 Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd

Per la valutazione della resistenza dinamica alla punta è stata utilizzata la Formula degli Olandesi :

$$Rpd = \frac{M^2 \cdot H}{[A \cdot e \cdot (M + P)]} = \frac{M^2 \cdot H \cdot N}{[A \cdot \delta \cdot (M + P)]}$$

Rpd = resistenza dinamica punta (area A);

e = infissione media per colpo (δ/ N);

M = peso massa battente (altezza caduta H);

P = peso totale aste e sistema battuta.

Le calcolazioni effettuate per ciascuno intervallo investigato sono riportate negli allegati di corredo alla presente.

### 2.4 Determinazione dei parametri geotecnici

I criteri d' interpretazione delle indagini penetrometriche, descritti nei paragrafi seguenti, sono finalizzati a ricavare il maggior numero di grandezze utili ai fini progettuali la cui scelta è stata eseguita tenendo presente:

1. l' identificazione litologica degli intervalli stratigrafici intercettati;
2. la determinazione dei parametri geotecnici secondo le formulazioni di vari Autori;

L'individuazione del tipo di terreno presente sulla verticale dei luoghi di progetto è stata possibile grazie all'analisi di una colonna stratigrafica, rilevata nell'immediato intorno, che ci ha consentito di definire coesivo il terreno che costituisce il locale bedrock.

Per la definizione dei parametri geotecnici sono state utilizzate le relazioni appresso riportate:

Nei terreni coesivi i parametri geotecnici sono stati calcolati utilizzando le seguenti relazioni:

Resistenza al taglio non drenata (Cu)

Manual for soil mechanic

Sanglerat

Terzaghi e Peck

Fukui

Caratteristiche di deformabilità - Modulo elastico o di Young (E)

Bowles (1982)

Webb

Caratteristiche di deformabilità - Modulo Edometrico (Ed)

Buismann - Sanglerat

Farrent (1963)

Menzenbach e Malcev

Caratteristiche di deformabilità - Modulo di taglio (Go)

Otha e Goto (1978)

Peso di volume

Per il Peso di volume saturo e secco è stato fatto riferimento a Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948-1967 : Correlazione valida per peso specifico del materiale pari a circa  $\gamma = 2,65$  t/mc e per peso di volume secco variabile da 1,33 (Nspt = 0) a 1,99 (Nspt = 95)

### 3. MODELLAZIONE DEL TERRENO

L'analisi dei dati rilevati con le prove penetrometriche ci hanno permesso di schematizzare l'assetto stratigrafico dei luoghi investigati tramite un modello ipotizzato sulla base del valore dei colpi e le caratteristiche geotecniche degli intervalli attraversati, secondo le formulazioni degli Autori anzi citati.

Indagine CLT 10

L'indagine è stata eseguita in prossimità della cima di un cocuzzolo dove risultano sub affioranti arenarie piuttosto addensate. Sebbene l'indagine è stata eseguita due volte in ambiti distanti fra di loro lo strumento è andato costantemente a rifiuto sempre alla stessa profondità (0.70 - 0.80 m).

- Lat: 37°50'25.98"N
- Long. 12°53'39.66"E
- Quota: 242 m



**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
TABELLE VALORI DI RESISTENZA**

**DIN 10**

- committente : ROMANO SALVATORE  
 - lavoro : CLT N, 10  
 - località : CALATAFIMI  
 - sperimentatore :

- data prova : 30+/12/2023  
 - quota inizio :  
 - prof. falda : Falda non rilevata

- note :

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	asta
0,00 - 0,10	2	7,7	1	0,40 - 0,50	22	85,1	1
0,10 - 0,20	3	11,6	1	0,50 - 0,60	23	89,0	1
0,20 - 0,30	37	143,1	1	0,60 - 0,70	21	81,2	1
0,30 - 0,40	22	85,1	1	0,70 - 0,80	150	580,3	1

# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN 10

Scala 1: 50

- committente : ROMANO SALVATORE  
- lavoro : CLT N. 10  
- località : CALATAFIMI  
- sperimentatore :

- data prova : 30/12/2023  
- quota inizio :  
- prof. falda : Falda non rilevata

- note :

N = N(10) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento  $\delta = 10,00$  cm



# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA RESISTENZA DINAMICA PUNTA

DIN 10

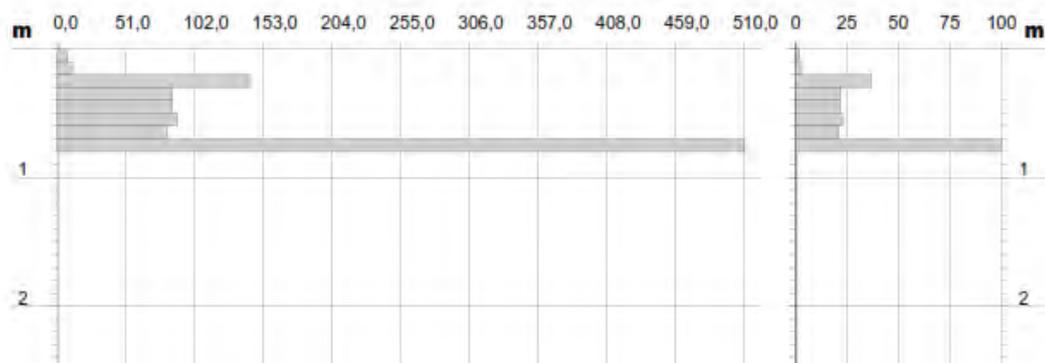
Scala 1: 50

- committente : ROMANO SALVATORE  
- lavoro : CLT N. 10  
- località : CALATAFIMI  
- sperimentatore :

- data prova : 30/12/2023  
- quota inizio :  
- prof. falda : Falda non rilevata

Rpd (kg/cm²) Resistenza dinamica alla punta, formula "Olandese"

N = N(10) n° colpi  $\delta = 10,00$  cm



**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
ELABORAZIONE STATISTICA**

**DIN 10**

- committente : ROMANO SALVATORE  
- lavoro : CLT N. 10  
- località : CALATAFIMI  
- sperimentatore :

- data prova : 30/12/2023  
- quota inizio :  
- prof. falda : Falda non rilevata

- note :

n°	Profondità (m)		PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA						VCA	$\beta$	Nspt	
				M	min	Max	$\frac{1}{2}(M+\min)$	s	M-s				M+s
1	0,00	0,30	N	14,0	2	37	8,0	---	---	---	14	0,77	<b>11</b>
			Rpd	54,2	8	143	30,9	---	---	---	54		
2	0,30	0,70	N	22,0	21	23	21,5	---	---	---	22	0,77	<b>17</b>
			Rpd	85,1	81	89	83,2	---	---	---	85		
3	0,70	0,80	N	150,0	150	150	150,0	---	---	---	150	0,77	<b>115</b>
			Rpd	580,3	580	580	580,3	---	---	---	580		

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio VCA: valore caratteristico assunto  
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento  $\delta = 10$  cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm<sup>2</sup>)  
 $\beta$ : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico  $\beta^t = 0,77$ ) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

**Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI**

**DIN 10**

n°	H1 H2		Nspt Vs G			NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA					Q	Litologia
						Dr	$\phi'$	E'	Ysat	Yd	Cu	Ed	Ysat	W	e		
1	0,00	0,30	11	72	74	---	---	---	---	---	0,69	66	1,91	32,1	0,867	2,71	
2	0,30	0,70	17	98	99	---	---	---	---	---	1,06	102	1,98	27,0	0,729	4,26	
3	0,70	0,80	115	175	534	100	45	1380	2,24	1,99	---	---	---	---	---	29,02	

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

DR % = densità relativa  $\phi'$  (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm<sup>2</sup>) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua  
e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm<sup>2</sup>) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m<sup>3</sup>) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno  
Vs (m/sec) = Velocità onde di taglio G (kg/cm<sup>2</sup>) = Modulo di taglio dinamico Q (kg/cm<sup>2</sup>) = [Rpd/Chi] [15>=Chi>=20] capacità portante Sanglerat 1972

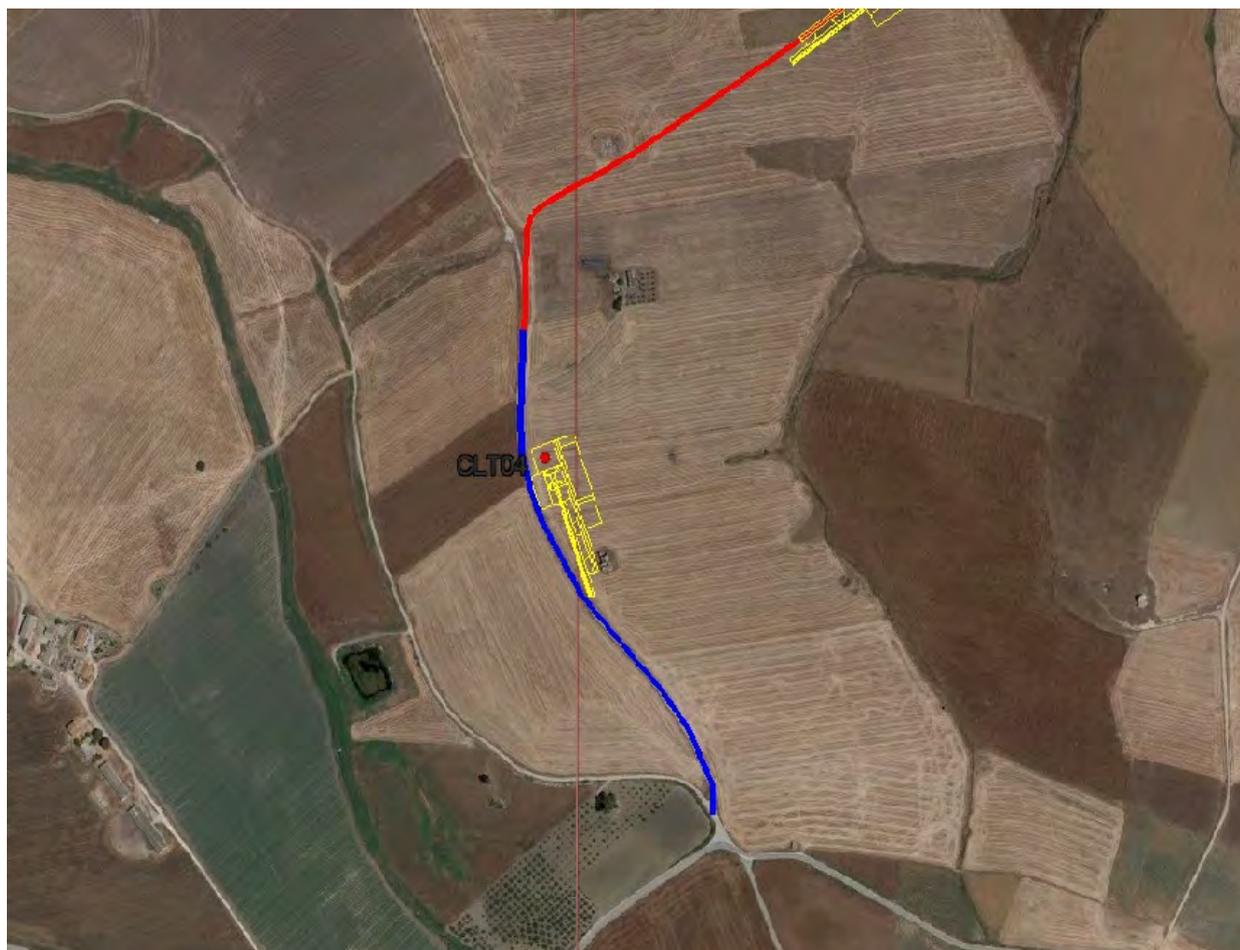
In funzione del numero di colpi è stato possibile ipotizzare il seguente modello stratigrafico:

PROF.	LITOLOGIA
0.00 – 0.90	Terreno di alterazione superficiale che si arricchisce in sabbia nella porzione stratigrafica più bassa
0.90 – ind.	Arenarie fortemente addensate

## Indagine CLT 4

L'indagine è stata eseguita lungo un crinale, moderatamente abbattuto, alle coordinate:

- Lat: 37°49'46.14"N
- Long. 12°57'6.11"E
- Quota: 219 m



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 4

- committente : ROMANO SALVATORE  
- lavoro : CLT n. 4  
- località : CALATAFIMI  
- sperimentatore :

- data prova : 30/12/2023  
- quota inizio : 0.00  
- prof. falda : Falda non rilevata

- note :

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	asta
0,00 - 0,10	6	23,2	1	2,90 - 3,00	86	279,8	4
0,10 - 0,20	9	34,8	1	3,00 - 3,10	33	107,4	4
0,20 - 0,30	9	34,8	1	3,10 - 3,20	33	107,4	4
0,30 - 0,40	6	23,2	1	3,20 - 3,30	45	146,4	4
0,40 - 0,50	5	19,3	1	3,30 - 3,40	75	244,0	4
0,50 - 0,60	4	15,5	1	3,40 - 3,50	58	188,7	4
0,60 - 0,70	4	15,5	1	3,50 - 3,60	75	244,0	4
0,70 - 0,80	4	15,5	1	3,60 - 3,70	100	325,4	4
0,80 - 0,90	4	14,6	2	3,70 - 3,80	60	195,2	4
0,90 - 1,00	6	21,8	2	3,80 - 3,90	60	185,4	5
1,00 - 1,10	6	21,8	2	3,90 - 4,00	63	194,7	5
1,10 - 1,20	8	29,1	2	4,00 - 4,10	62	191,6	5
1,20 - 1,30	11	40,0	2	4,10 - 4,20	63	194,7	5
1,30 - 1,40	14	51,0	2	4,20 - 4,30	72	222,5	5
1,40 - 1,50	16	58,2	2	4,30 - 4,40	68	210,1	5
1,50 - 1,60	24	87,3	2	4,40 - 4,50	63	194,7	5
1,60 - 1,70	16	58,2	2	4,50 - 4,60	65	200,9	5
1,70 - 1,80	18	65,5	2	4,60 - 4,70	70	216,3	5
1,80 - 1,90	15	51,5	3	4,70 - 4,80	68	210,1	5
1,90 - 2,00	30	103,1	3	4,80 - 4,90	72	211,8	6
2,00 - 2,10	28	96,2	3	4,90 - 5,00	72	211,8	6
2,10 - 2,20	35	120,3	3	5,00 - 5,10	72	211,8	6
2,20 - 2,30	36	123,7	3	5,10 - 5,20	68	200,1	6
2,30 - 2,40	36	123,7	3	5,20 - 5,30	70	205,9	6
2,40 - 2,50	36	123,7	3	5,30 - 5,40	82	241,3	6
2,50 - 2,60	33	113,4	3	5,40 - 5,50	85	250,1	6
2,60 - 2,70	49	168,4	3	5,50 - 5,60	85	250,1	6
2,70 - 2,80	39	134,0	3	5,60 - 5,70	85	250,1	6
2,80 - 2,90	53	172,5	4				

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN 4

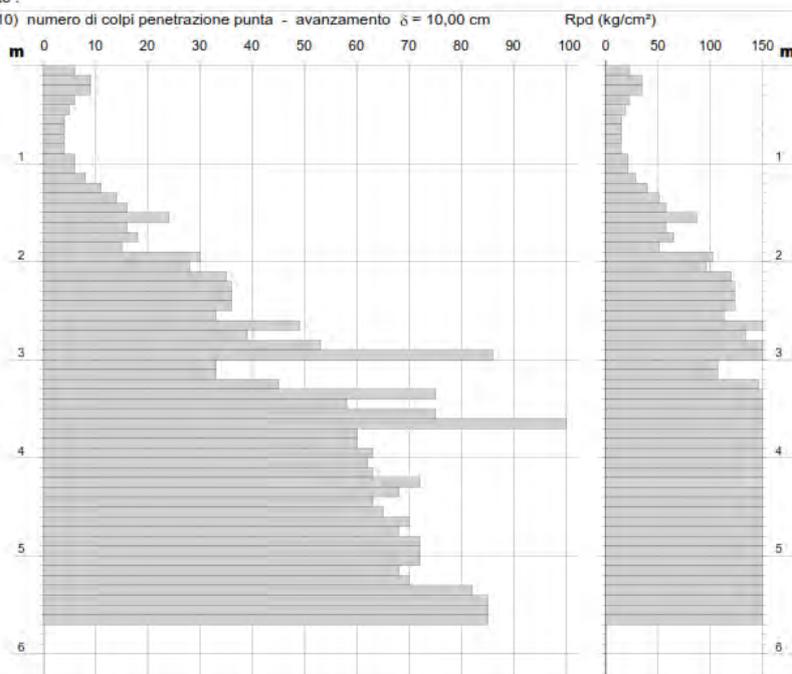
Scala 1: 50

- committente : ROMANO SALVATORE  
- lavoro : CLT N.4  
- località : CALATAFIMI  
- sperimentatore :

- data prova : 30/12/2023  
- quota inizio : 0.00  
- prof. falda : Falda non rilevata

- note :

N = N(10) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento  $\delta = 10,00$  cm



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
 DIAGRAMMA RESISTENZA DINAMICA PUNTA

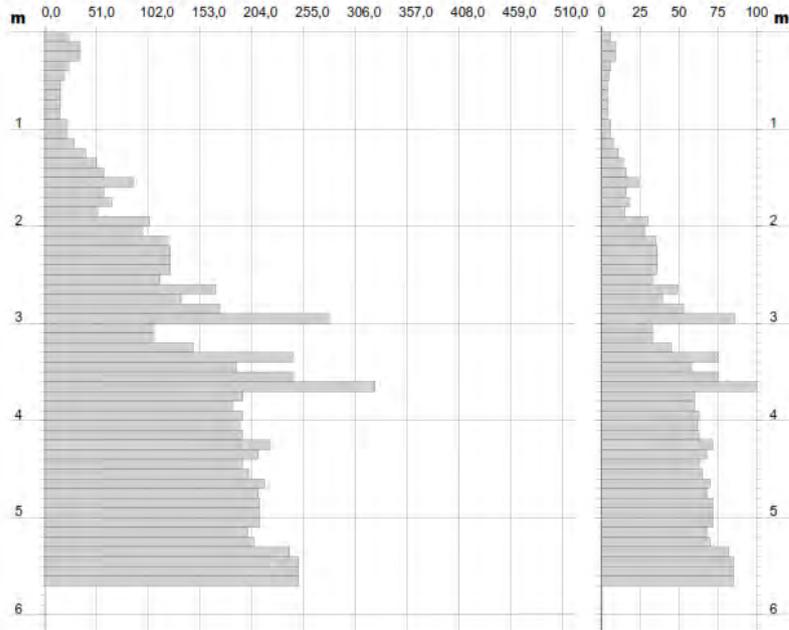
DIN 4

Scala 1: 50

- committente : ROMANO SALVATORE  
 - lavoro : CLT N. 4  
 - località : CALATAFIMI  
 - sperimentatore :

- data prova : 30/12/2023  
 - quota inizio : 0.00  
 - prof. falda : Falda non rilevata

Rpd (kg/cm<sup>2</sup>) Resistenza dinamica alla punta, formula "Olandese" N = N(10) n° colpi  $\delta = 10,00$  cm



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
 ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 4

- committente : ROMANO SALVATORE  
 - lavoro : CLT N.4  
 - località : CALATAFIMI  
 - sperimentatore :

- data prova : 30/12/2023  
 - quota inizio : 0.00  
 - prof. falda : Falda non rilevata

- note :

n°	Profondità (m)	PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA							VCA	$\beta$	Nspt
			M	min	Max	$\frac{1}{2}(M+min)$	s	M-s	M+s			
1	0,00 1,30	N	6,3	4	11	5,2	2,3	4,0	8,6	6	0,77	5
		Rpd	23,8	15	40	19,2	8,4	15,3	32,2	23		
2	1,30 1,90	N	17,2	14	24	15,6	3,6	13,6	20,8	17	0,77	13
		Rpd	62,0	51	87	56,5	13,5	48,4	75,5	61		
3	1,90 3,70	N	48,9	28	100	38,4	21,4	27,5	70,3	49	0,77	38
		Rpd	162,3	96	325	129,3	67,8	94,5	230,2	163		
4	3,70 5,30	N	66,8	60	72	63,4	4,4	62,3	71,2	67	0,77	51
		Rpd	203,6	185	223	194,5	10,4	193,2	214,0	204		
5	5,30 5,70	N	84,3	82	85	83,1	---	---	---	84	0,77	64
		Rpd	247,9	241	250	244,6	---	---	---	247		

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio VCA: valore caratteristico assunto  
 N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento  $\delta = 10$  cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm<sup>2</sup>)  
 $\beta$ : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico  $\beta_t = 0,77$ ) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

DIN 4

n°	H1	H2	Nspt	Vs	G	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA					Litologia
						Dr	$\phi'$	E'	Ysat	Yd	Cu	Ed	Ysat	W	e	
1	0,00	1,30	5	83	43	---	---	---	---	---	0,31	30	1,83	39,3	1,061	1,14
2	1,30	1,90	13	117	82	---	---	---	---	---	0,81	78	1,93	30,3	0,818	3,07
3	1,90	3,70	38	157	171	---	---	---	---	---	2,38	228	2,24	13,8	0,373	8,13
4	3,70	5,30	51	181	209	---	---	---	---	---	3,19	306	2,40	8,1	0,218	10,21
5	5,30	5,70	64	195	244	---	---	---	---	---	4,00	384	2,55	3,5	0,095	12,35

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

DR % = densità relativa  $\phi'$  (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm<sup>2</sup>) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua  
 e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm<sup>2</sup>) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m<sup>3</sup>) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno  
 Vs (m/sec) = Velocità onde di taglio G (kg/cm<sup>2</sup>) = Modulo di taglio dinamico Q (kg/cm<sup>2</sup>) = [Rpd/Chi] [15>=Chi>=20] capacità portante Sanglerat 1972

In funzione del numero di colpi è stato possibile ipotizzare il seguente modello stratigrafico:

PROF.	LITOLOGIA
0.00 – 1.30	Terreno di alterazione formato da argille debolmente sabbiose
1.30 – 3.70	Terreno coesivo contraddistinto da un aumento delle caratteristiche meccaniche con la profondità. Al suo interno nell'intervallo stratigrafico 2.90-3.70 sono state intercettate più intercalazioni sabbiose a medio-grado di addensamento.
3.70 – 5.30	Terreno coesivo contraddistinto da valori piuttosto stabili
5.30 – 5.70	Terreno coesivo piuttosto consistente tanto da mandare a rifiuto lo strumento

### Indagine CLT 3

L'indagine è stata eseguita nella porzione centrale di una sorta di avvallamento dove le acque di dilavamento superficiale hanno accumulato un certo spessore (n 2.90) di terreno eluviale.

- Lat: 37°52'53.08"N
- Long. 12°55'49.61"E
- Quota: 168 m



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 3

- committente : romano salvatore  
- lavoro : CLT N. 3  
- località : CALATAFIMI  
- sperimentatore :

- data prova : 30/12/1899  
- quota inizio : 6.80  
- prof. falda : Falda non rilevata

- note :

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	asta
0,00 - 0,10	3	11,6	1	3,40 - 3,50	30	97,6	4
0,10 - 0,20	4	15,5	1	3,50 - 3,60	46	149,7	4
0,20 - 0,30	6	23,2	1	3,60 - 3,70	42	136,7	4
0,30 - 0,40	12	46,4	1	3,70 - 3,80	32	104,1	4
0,40 - 0,50	21	81,2	1	3,80 - 3,90	31	95,8	5
0,50 - 0,60	22	85,1	1	3,90 - 4,00	34	105,1	5
0,60 - 0,70	19	73,5	1	4,00 - 4,10	31	95,8	5
0,70 - 0,80	16	61,9	1	4,10 - 4,20	26	80,3	5
0,80 - 0,90	12	43,7	2	4,20 - 4,30	28	86,5	5
0,90 - 1,00	14	51,0	2	4,30 - 4,40	28	86,5	5
1,00 - 1,10	12	43,7	2	4,40 - 4,50	33	102,0	5
1,10 - 1,20	9	32,8	2	4,50 - 4,60	31	95,8	5
1,20 - 1,30	8	29,1	2	4,60 - 4,70	24	74,2	5
1,30 - 1,40	6	21,8	2	4,70 - 4,80	26	80,3	5
1,40 - 1,50	7	25,5	2	4,80 - 4,90	28	82,4	6
1,50 - 1,60	7	25,5	2	4,90 - 5,00	28	82,4	6
1,60 - 1,70	6	21,8	2	5,00 - 5,10	26	76,5	6
1,70 - 1,80	6	21,8	2	5,10 - 5,20	25	73,6	6
1,80 - 1,90	6	20,6	3	5,20 - 5,30	28	82,4	6
1,90 - 2,00	8	27,5	3	5,30 - 5,40	28	82,4	6
2,00 - 2,10	7	24,1	3	5,40 - 5,50	25	73,6	6
2,10 - 2,20	8	27,5	3	5,50 - 5,60	30	88,3	6
2,20 - 2,30	8	27,5	3	5,60 - 5,70	32	94,1	6
2,30 - 2,40	8	27,5	3	5,70 - 5,80	30	88,3	6
2,40 - 2,50	9	30,9	3	5,80 - 5,90	34	95,5	7
2,50 - 2,60	7	24,1	3	5,90 - 6,00	32	89,8	7
2,60 - 2,70	8	27,5	3	6,00 - 6,10	53	148,8	7
2,70 - 2,80	13	44,7	3	6,10 - 6,20	52	146,0	7
2,80 - 2,90	17	55,3	4	6,20 - 6,30	64	179,7	7
2,90 - 3,00	24	78,1	4	6,30 - 6,40	58	162,8	7
3,00 - 3,10	21	68,3	4	6,40 - 6,50	60	168,5	7
3,10 - 3,20	21	68,3	4	6,50 - 6,60	62	174,1	7
3,20 - 3,30	16	52,1	4	6,60 - 6,70	65	182,5	7
3,30 - 3,40	18	58,6	4	6,70 - 6,80	110	308,8	7

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
DIAGRAMMA RESISTENZA DINAMICA PUNTA

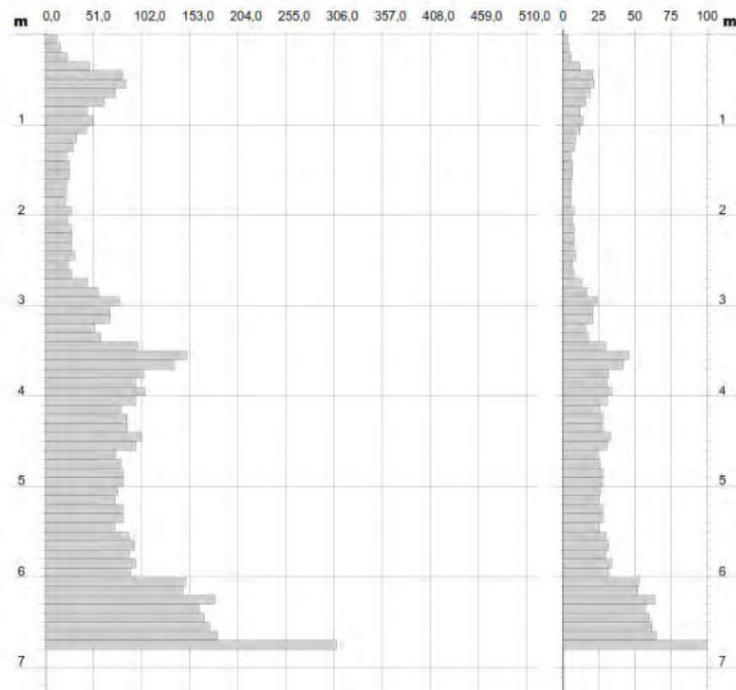
DIN 3

Scala 1: 50

- committente : romano salvatore  
- lavoro : CLT 3  
- località : CALATAFIMI  
- sperimentatore :

- data prova : 30/12/1899  
- quota inizio : 6.80  
- prof. falda : Falda non rilevata

Rpd (kg/cm<sup>2</sup>) Resistenza dinamica alla punta, formula "Olandese" N = N(10) n° colpi  $\delta = 10,00$  cm



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

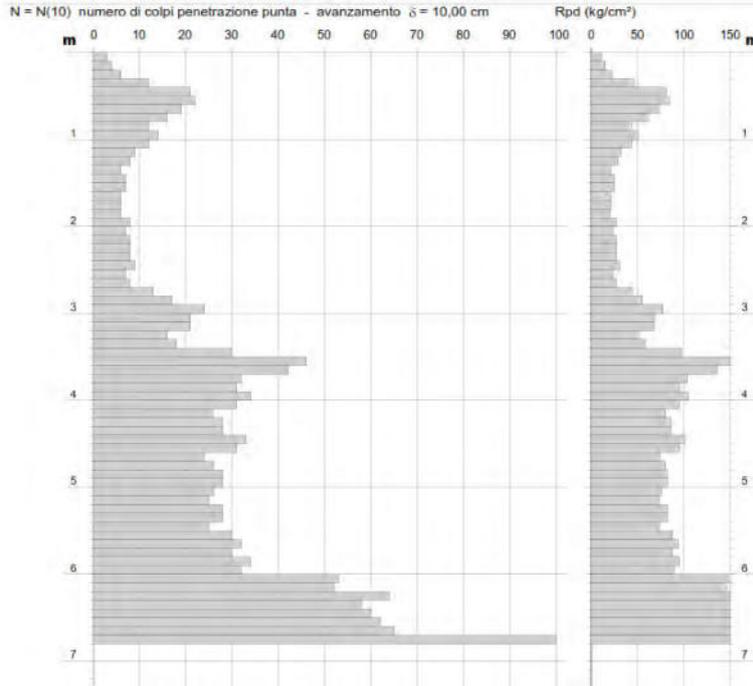
DIN 3

Scala 1: 50

- committente : romano salvatore  
- lavoro : CLT 3  
- località : CALATAFIMI  
- sperimentatore :

- data prova : 30/12/1899  
- quota inizio : 6.80  
- prof. falda : Falda non rilevata

- note :



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 3

- committente : romano salvatore  
- lavoro : CLT 3  
- località : CALATAFIMI  
- sperimentatore :

- data prova : 30/12/1899  
- quota inizio : 6.80  
- prof. falda : Falda non rilevata

- note :

n°	Profondità (m)	PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA						VCA	$\beta$	Nspt	
			M	min	Max	$\frac{1}{2}(M+\min)$	s	M-s				M+s
1	0,00 0,40	N	6,3	3	12	4,6	---	---	---	6	0,77	5
		Rpd	24,2	12	46	17,9	---	---	---			
2	0,40 0,80	N	19,5	16	22	17,8	---	---	---	20	0,77	15
		Rpd	75,4	62	85	68,7	---	---	---			
3	0,80 2,90	N	8,9	6	17	7,4	3,0	5,9	11,9	9	0,77	7
		Rpd	31,1	21	55	25,9	10,2	20,9	41,3			
4	2,90 3,80	N	27,8	16	46	21,9	10,6	17,2	38,4	28	0,77	21
		Rpd	90,4	52	150	71,2	34,5	55,9	124,8			
5	3,80 6,00	N	29,0	24	34	26,5	3,0	26,0	32,0	29	0,77	22
		Rpd	86,9	74	105	80,2	9,1	77,8	96,0			
6	6,00 6,70	N	59,1	52	65	55,6	5,1	54,0	64,3	59	0,77	45
		Rpd	166,1	146	183	156,0	14,4	151,7	180,4			
7	6,70 6,80	N	110,0	110	110	110,0	---	---	---	110	0,77	84
		Rpd	308,8	309	309	308,8	---	---	---			

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio VCA: valore caratteristico assunto  
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento  $\delta = 10$  cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm<sup>2</sup>)  
 $\beta$ : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico  $\beta^1 = 0,77$ ) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

DIN 3

n°	H1	H2	Nspt	Vs	G	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA					Q	Litologia
						Dr	$\phi'$	E'	Ysat	Yd	Cu	Ed	Ysat	W	e		
1	0,00	0,40	5	66	43	---	---	---	---	---	0,31	30	1,83	39,3	1,061	1,15	
2	0,40	0,80	15	99	91	---	---	---	---	---	0,94	90	1,96	28,6	0,773	3,87	
3	0,80	2,90	7	108	54	---	---	---	---	---	0,44	42	1,86	36,0	0,972	1,57	
4	2,90	3,80	21	146	114	---	---	---	---	---	1,31	126	2,03	24,0	0,648	4,56	
5	3,80	6,00	22	159	118	---	---	---	---	---	1,38	132	2,04	23,3	0,628	4,35	
6	6,00	6,70	45	189	192	---	---	---	---	---	2,81	270	2,32	10,6	0,285	8,29	
7	6,70	6,80	84	213	293	---	---	---	---	---	5,25	504	2,80	-2,0	-0,053	15,44	

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

DR % = densità relativa  $\phi'$  (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm<sup>2</sup>) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua  
e(-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm<sup>2</sup>) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m<sup>3</sup>) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno  
Vs (m/sec) = Velocità onde di taglio G (kg/cm<sup>2</sup>) = Modulo di taglio dinamico Q (kg/cm<sup>2</sup>) = [Rpd/Chi] [15>=Chi>=20] capacità portante Sanglerat 1972

In funzione del numero di colpi è stato possibile ipotizzare il seguente modello stratigrafico:

PROF.	LITOLOGIA
0.00 – 2.90	Terreno di alterazione formato da argille sabbiose tendenti a sabbie argillose messe in posto dalle acque meteoriche. Il sedimento si presenta facilmente penetrabili per la presenza di acqua circolante (Le aste sono state estratte bagnate).
2.90 – 5.90	Il terreno acquisisce una certa consistenza che si mantiene costante per tutto l'intervallo.
5.90 – 6.70	Si ha un' ulteriore aumento della consistenza tanto che si richiedono 50 – 60 colpi per intervallo di misura.
6.70 – ind.	A questa profondità il terreno coesivo è contraddistinto da un aumento repentino della coesione che porta lo strumento a rifiuto.

## *Album fotografico*

# CLT 10



CLT 4



CLT 3

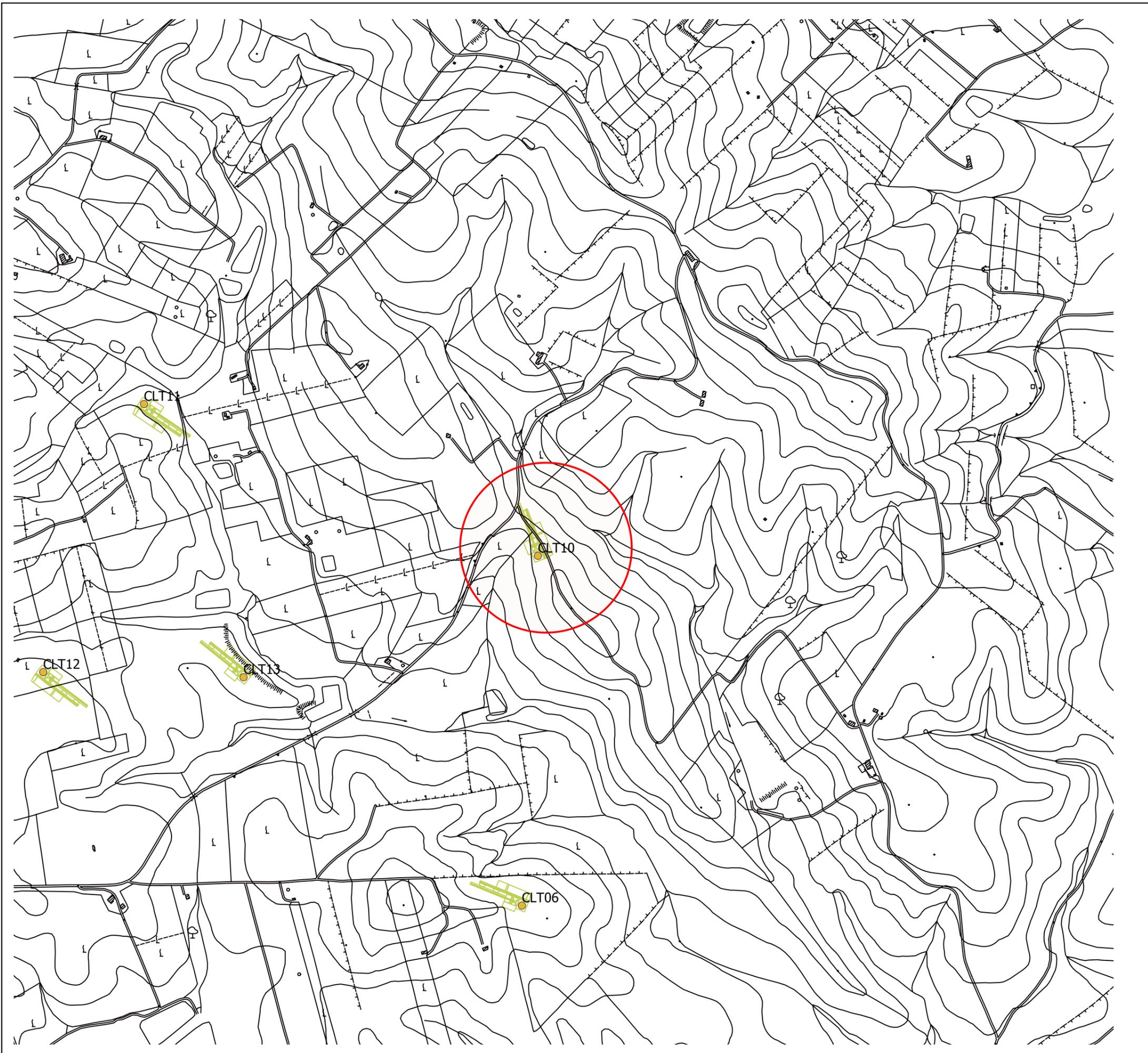


PARCO EOLICO  
CALATAFIMI

CARTA COROGRAFICA  
Scala 1: 10.000

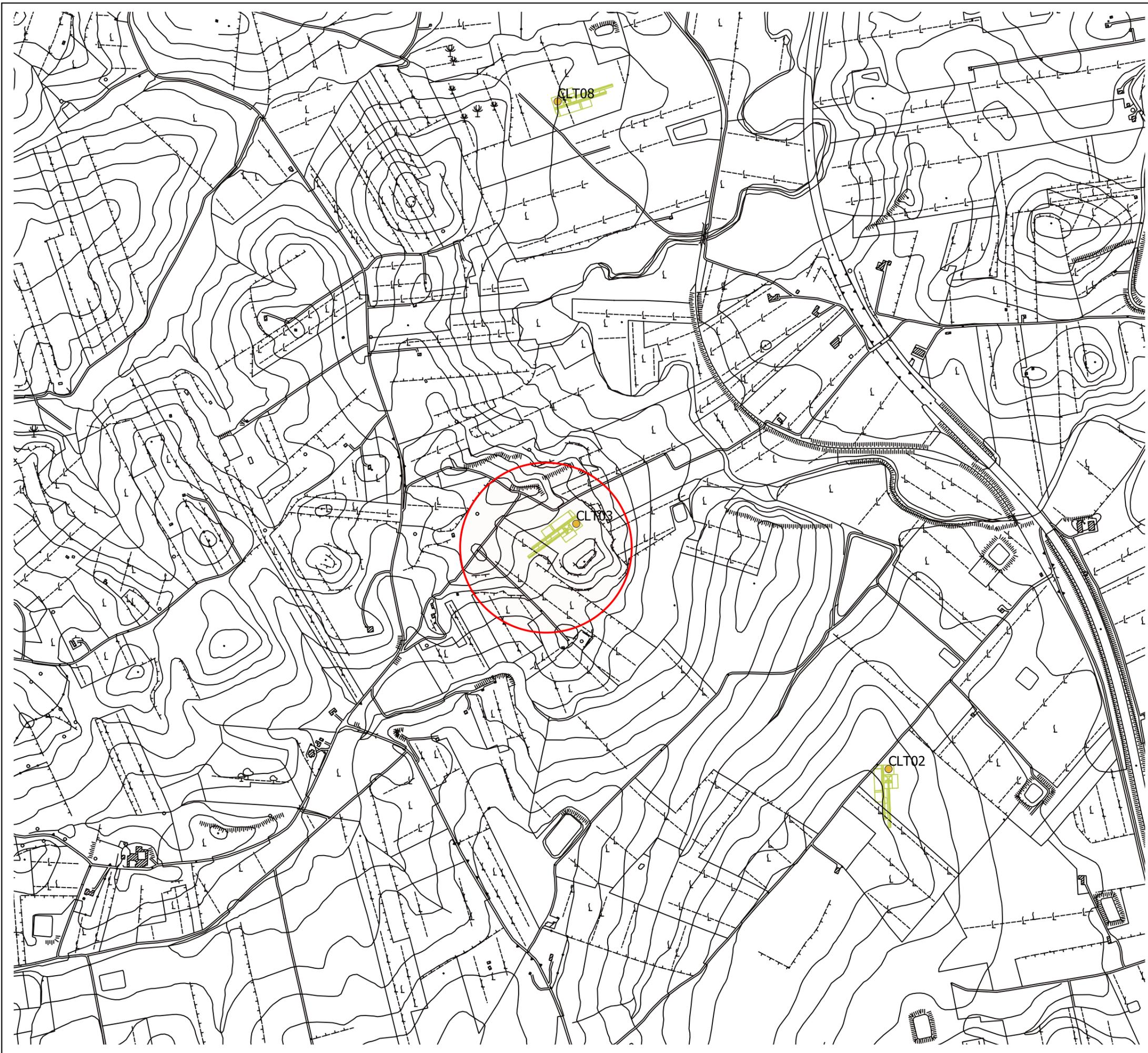


UBICAZIONE INDAGINE MASW  
+ PP CLT10



PARCO EOLICO  
CALATAFIMI

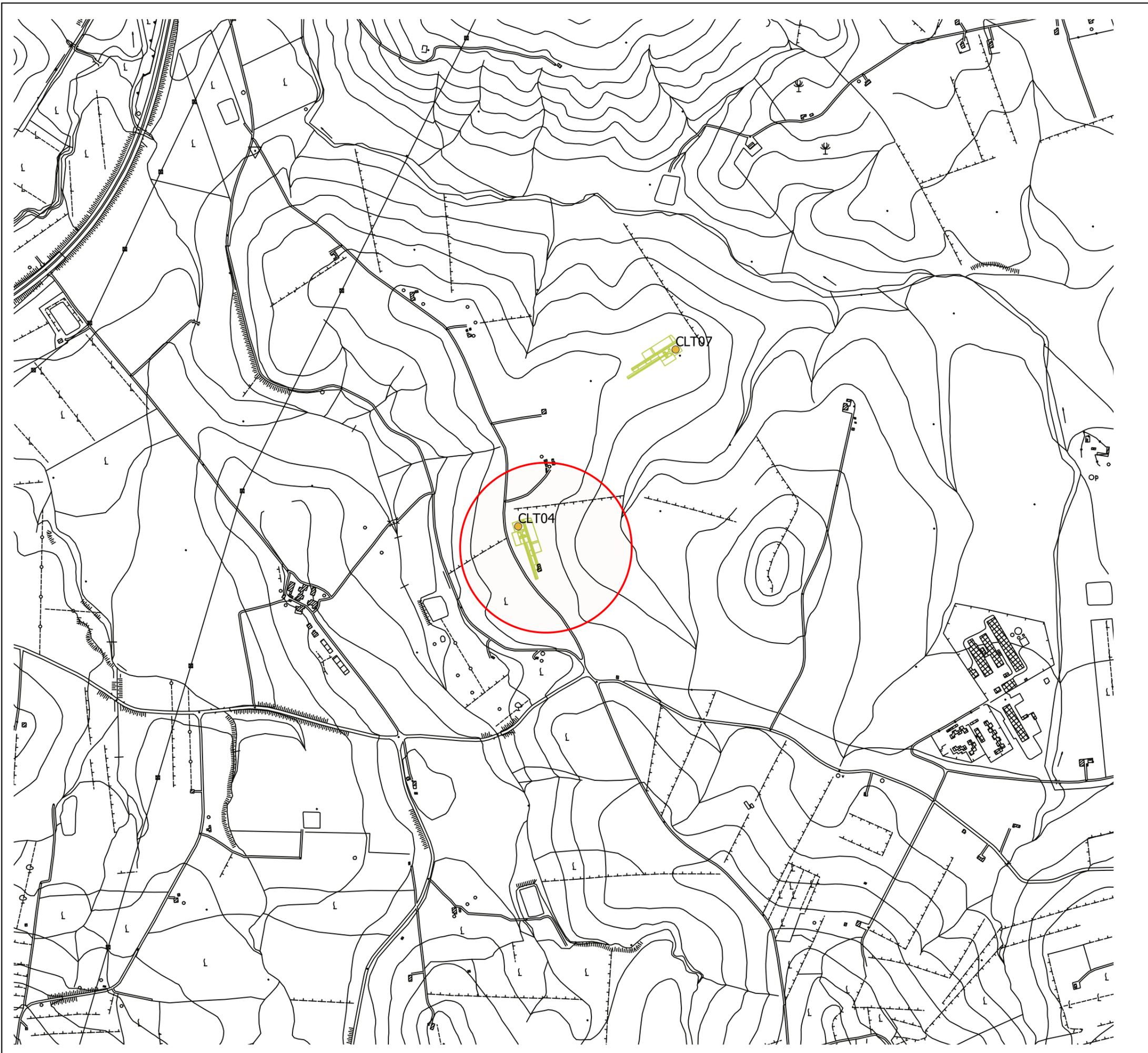
CARTA COROGRAFICA  
Scala 1: 10.000



UBICAZIONE MASW E PP CLT03

PARCO EOLICO  
CALATAFIMI

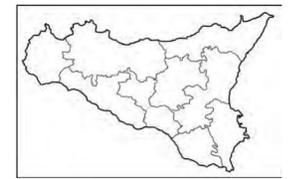
CARTA COROGRAFICA  
Scala 1: 10.000



UBICAZIONE MASW + PP CLT04

# PARCO EOLICO CALATAFIMI

COROGRAFIA GENERALE



## LEGENDA

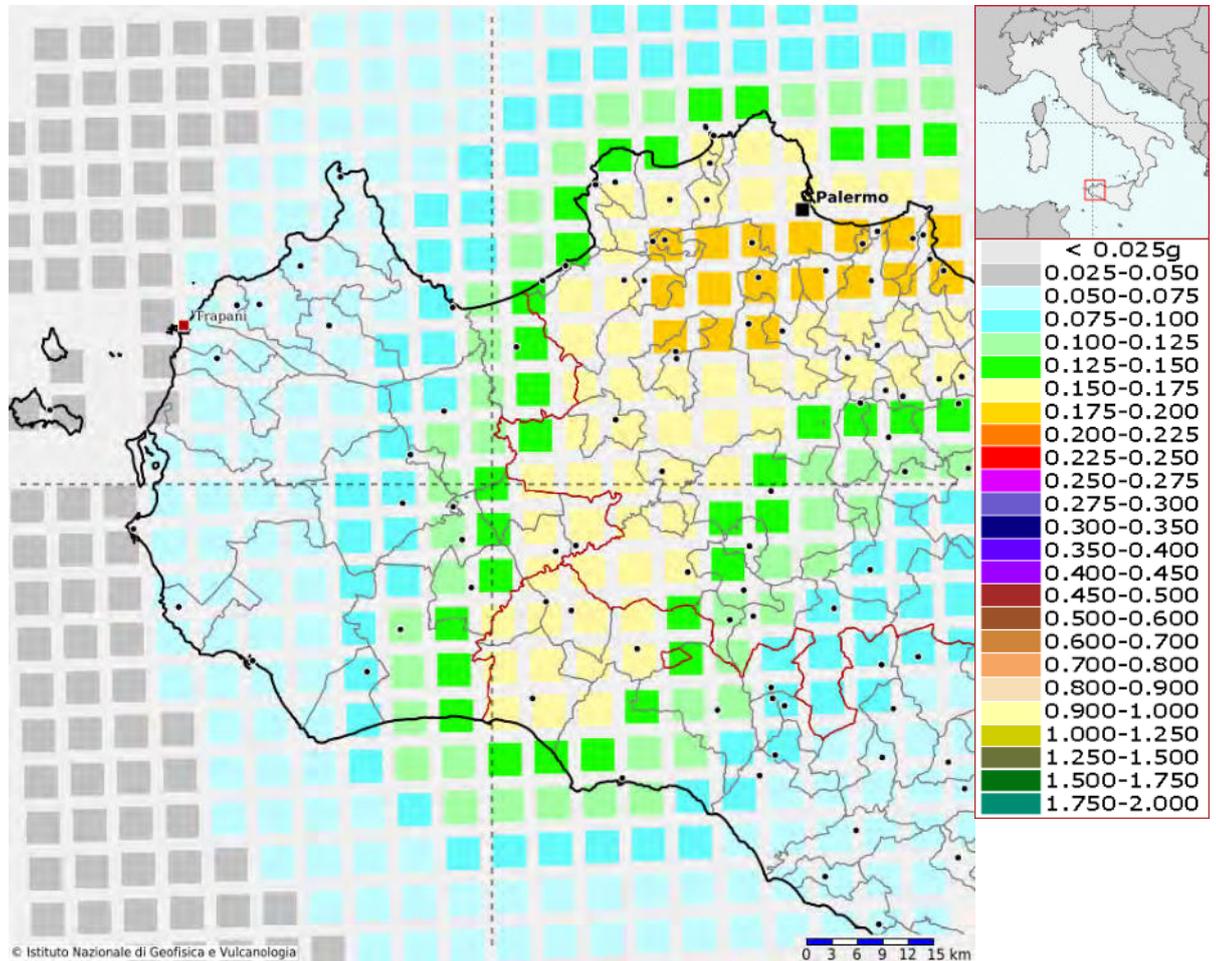
- 618040
- 618030
- 606160
- 606150
- 606120
- 606110
- 606100
- 606080
- 606070
- 606060
- 606030
- 606020
- Luoghi di progetto





## Modello di pericolosità sismica del territorio nazionale MPS04-S1 (2004)

Informazioni sul nodo con ID: 46500 - Latitudine: 37.833 - Longitudine: 12.923



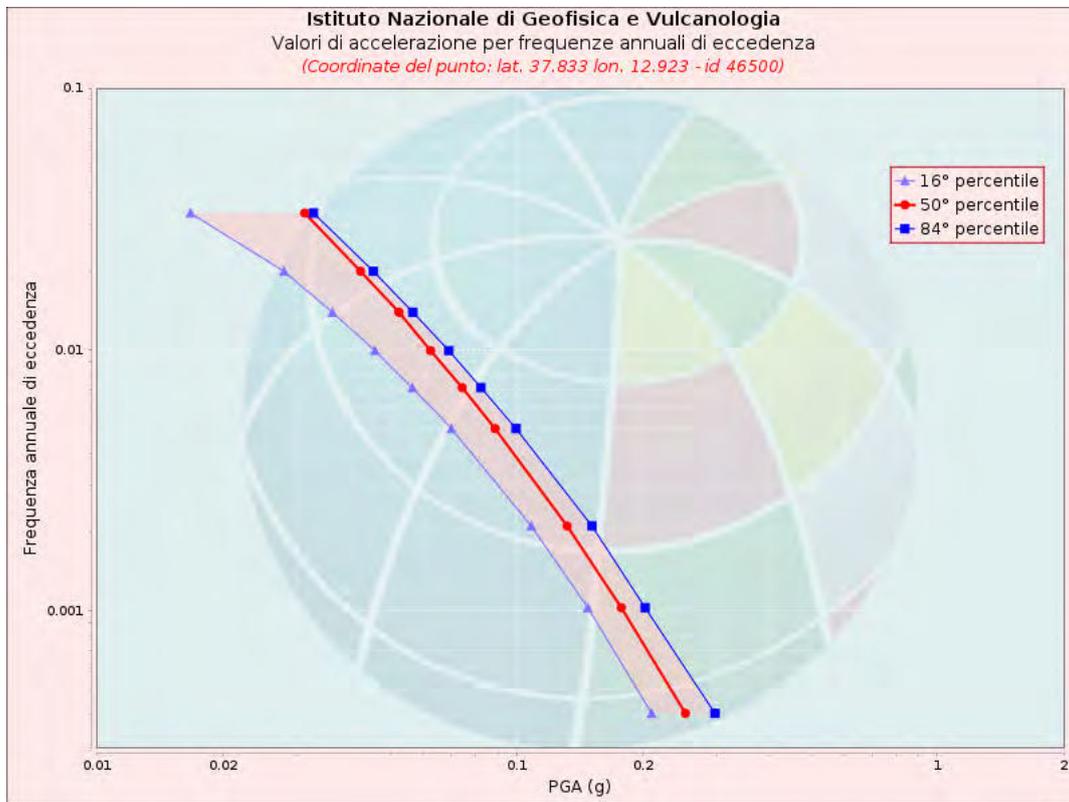
La mappa rappresenta il modello di pericolosità sismica per l'Italia e i diversi colori indicano il valore di scuotimento (PGA = Peak Ground Acceleration; accelerazione di picco del suolo, espressa in termini di g, l'accelerazione di gravità) atteso con una probabilità di eccedenza pari al 10% in 50 anni su suolo rigido (classe A,  $V_{s30} > 800$  m/s) e pianeggiante.

Le coordinate selezionate individuano un nodo della griglia di calcolo identificato con l'ID **46500** (posto al centro della mappa). Per ogni nodo della griglia sono disponibili numerosi parametri che descrivono la pericolosità sismica, riferita a diversi periodi di ritorno e diverse accelerazioni spettrali.



## Curva di pericolosità

La pericolosità è l'insieme dei valori di scuotimento (in questo caso per la PGA) per diverse frequenze annuali di eccedenza (valore inverso del periodo di ritorno). La tabella riporta i valori mostrati nel grafico, relativi al valore mediano (50mo percentile) ed incertezza, espressa attraverso il 16° e l'84° percentile.



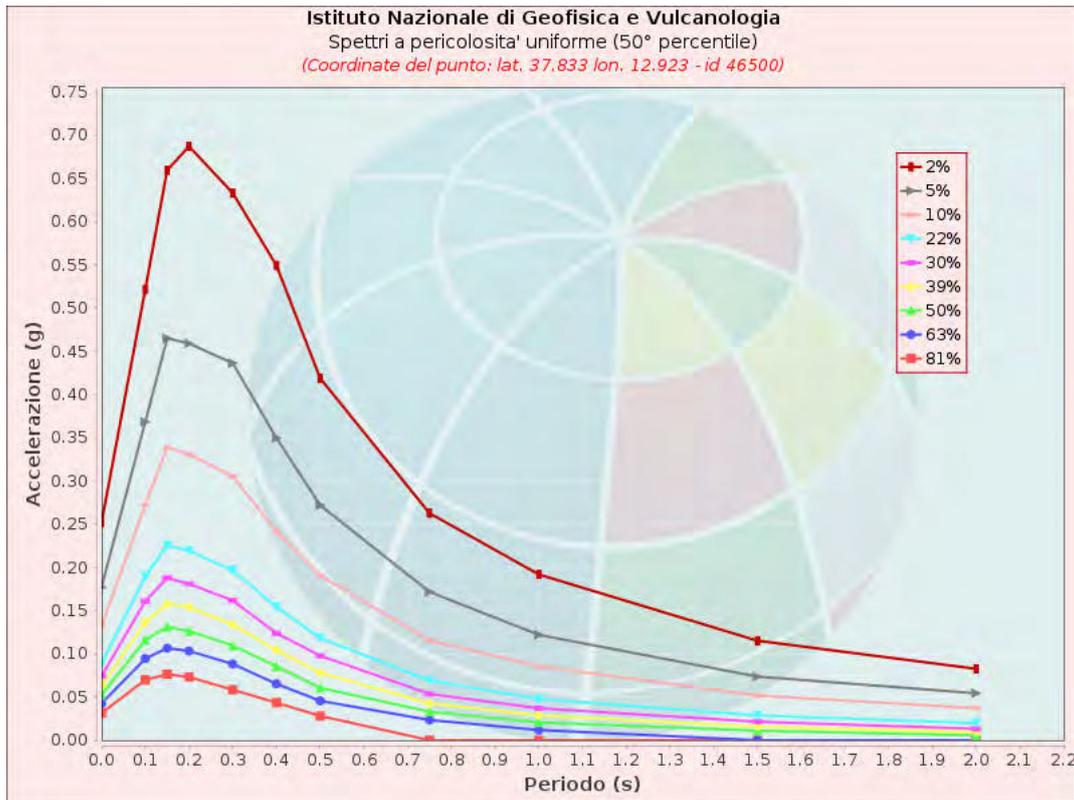
Valori di accelerazione per frequenze annuali di eccedenza			
Frequenza annuale di ecc.	PGA (g)		
	16° percentile	50° percentile	84° percentile
0.0004	0.209	0.252	0.296
0.0010	0.148	0.177	0.202
0.0021	0.108	0.132	0.151
0.0050	0.070	0.089	0.100
0.0071	0.056	0.074	0.082
0.0099	0.046	0.062	0.069
0.0139	0.036	0.052	0.057
0.0199	0.028	0.043	0.046
0.0332	0.017	0.031	0.033



## Spettri a pericolosità uniforme

Gli spettri indicano i valori di scuotimento calcolati per 11 periodi spettrali, compresi tra 0 e 2 secondi. La PGA corrisponde al periodo pari a 0 secondi. Il grafico è relativo alle stime mediane (50mo percentile) proposte dal modello di pericolosità.

I diversi spettri nel grafico sono relativi a diverse probabilità di eccedenza (PoE) in 50 anni. La tabella riporta i valori mostrati nel grafico.



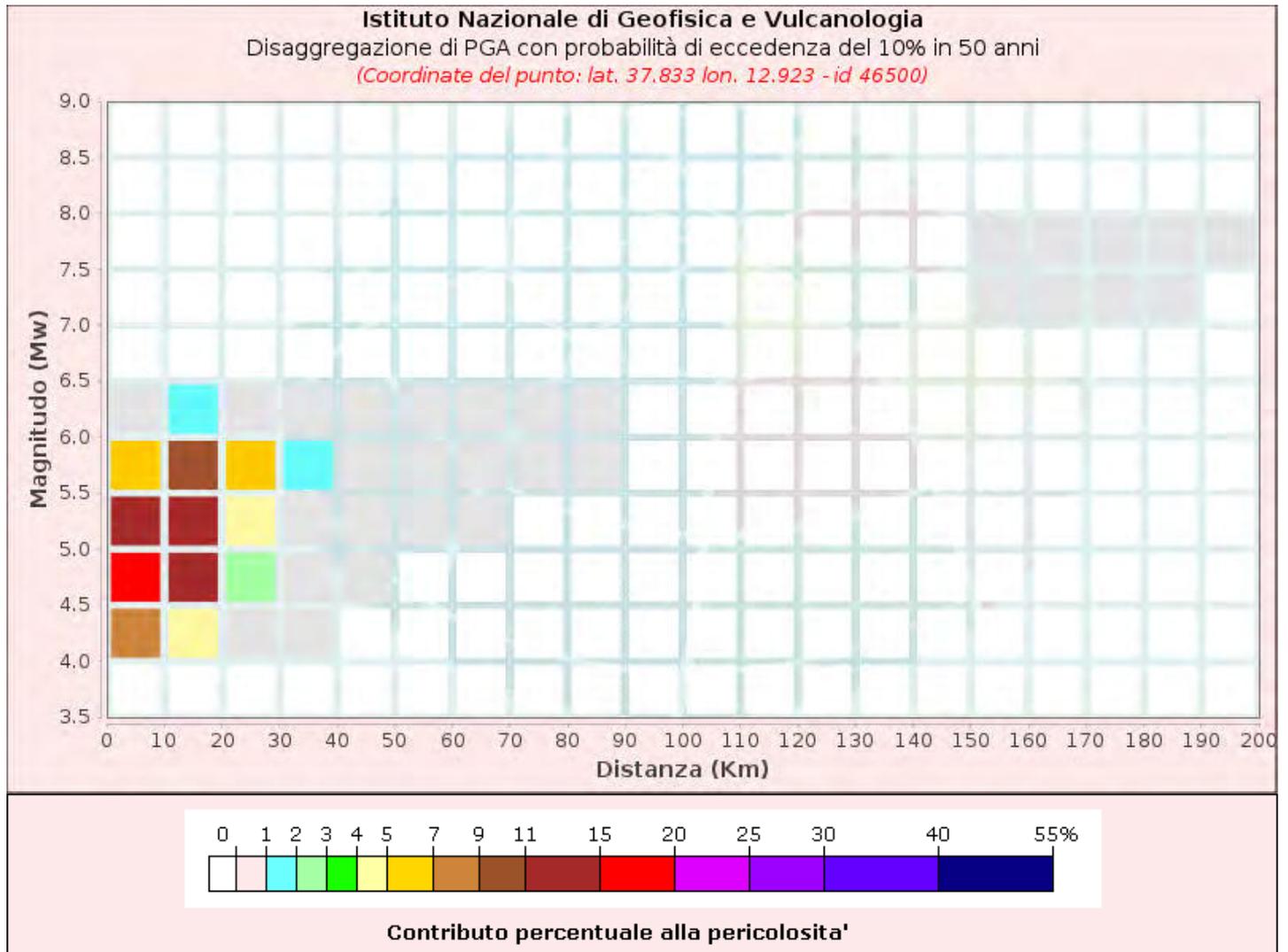
Spettri a pericolosità uniforme (50° percentile)											
PoE in 50 anni	Accelerazione (g)										
	Periodo (s)										
	0.0	0.1	0.15	0.2	0.3	0.4	0.5	0.75	1.0	1.5	2.0
2%	0.252	0.522	0.660	0.687	0.633	0.549	0.419	0.263	0.192	0.115	0.083
5%	0.177	0.368	0.465	0.459	0.436	0.350	0.272	0.172	0.122	0.074	0.054
10%	0.132	0.273	0.339	0.331	0.305	0.242	0.191	0.115	0.086	0.052	0.037
22%	0.089	0.190	0.225	0.219	0.196	0.154	0.118	0.069	0.048	0.029	0.020
30%	0.074	0.161	0.188	0.181	0.162	0.124	0.098	0.054	0.037	0.021	0.013
39%	0.062	0.136	0.158	0.154	0.134	0.104	0.078	0.043	0.029	0.016	0.009
50%	0.052	0.116	0.131	0.126	0.110	0.085	0.060	0.033	0.021	0.011	0.006
63%	0.043	0.094	0.107	0.103	0.088	0.065	0.046	0.023	0.012	0.000	0.000
81%	0.031	0.070	0.076	0.073	0.058	0.043	0.028	0.000	0.000	0.000	0.000



## Grafico di disaggregazione

Il grafico rappresenta il contributo percentuale delle possibili coppie di valori di magnitudo-distanza epicentrale alla pericolosità del nodo, rappresentata in questo caso dal valore della PGA mediana, per una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni.

La tabella riporta i valori mostrati nel grafico ed i valori medi di magnitudo, distanza ed epsilon.





Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni

Distanza in Km	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.0000	8.7700	17.6000	11.2000	6.1500	0.7960	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	4.1100	11.7000	11.6000	9.2900	1.4900	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	0.6120	2.9400	4.5000	5.0800	0.9820	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	0.0045	0.3450	0.9360	1.2800	0.2730	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	0.0000	0.0046	0.1090	0.1880	0.0388	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.0000	0.0000	0.0122	0.0632	0.0156	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0176	0.0063	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0035	0.0026	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003	0.0007	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0004	0.0003	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0009	0.0009	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0006	0.0010	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0007	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003	0.0000	0.0000

Valori Medi: magnitudo = 5.11 ; distanza = 12.8 ; epsilon = 0.683



## Riferimenti

La descrizione della costruzione del modello di pericolosità sismica MPS04 è contenuta nel sito <http://zonesismiche.mi.ingv.it>

La descrizione della stima di tutti i parametri è contenuta nel sito <http://esse1.mi.ingv.it> , da cui si può accedere anche alle mappe interattive.

Per quanto riguarda le analisi di disaggregazione, i dettagli sono disponibili nella pagina del deliverable D14 del progetto S1 (<http://esse1.mi.ingv.it/d14.html>).

La pubblicazione scientifica di riferimento è:

Stucchi M., Meletti C., Montaldo V., Crowley H., Calvi G.M., Boschi E., 2011. Seismic Hazard Assessment (2003-2009) for the Italian Building Code. Bull. Seismol. Soc. Am. 101(4), 1885-1911. DOI: 10.1785/0120100130.

---