

1	Ottobre 2022	Aggiornamento relazione a seguito dei sondaggi	AM	AM	AM
REV.	DATA	DESCRIZIONE REVISIONE	REDATTO	VERIFICATO	APROVATO



**REGIONE SICILIA**  
**Provincia di Trapani**  
**COMUNI DI MAZARA DEL VALLO E MARSALA**



**PROGETTO:**

**PARCO EOLICO CHELBI**  
**PROGETTO DEFINITIVO**

**COMMITTENTE:**

**VGE 03 S.r.l.**

Corso di Porta Vittoria, 4 - 20122 Milano (MI)  
 Tel +39 0464 625 100 - Fax +39 0464 625 101 - PEC vge03.arn@pec.a2a.eu

**PROGETTISTA**

**gae | studio**  
*geology architecture engineering*

dott. geol. Alessandro Mascitti  
 Sede Operativa: Via Turati, 2 - 63074 - San Benedetto del Tronto (AP) - Italy  
 Sede Fiscale: Via Fileni, 78 - 63074 - San Benedetto del Tronto (AP) - Italy  
 piva: 01933640442 | Mob: +39 349 7549862  
 email: gaestudio.it@gmail.com | pec: alessandromascitti@epap.sicurezza postale.it  
 http://gaestudio.altervista.org



**OGGETTO DELL'ELABORATO:**

**STUDIO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO, IDROGEOLOGICO E SISMICO**  
**CON INDAGINI GEOGNOSTICHE**

N° ELABORATO	SCALA	FOGLIO	FORMATO	CODIFICA COMMITTENTE
CH-CE-32-R1			A4-A3	

Questo elaborato è di proprietà di VGE 03 ed è protetto a termini di legge

## INDICE

1. PREMESSA.....	2
2. INQUADRAMENTO ED UBICAZIONE .....	3
3. GEOLOGIA, GEOMORFOLOGIA ED IDROGEOLOGIA.....	6
3.1 Caratteristiche litologiche delle formazioni affioranti.....	6
3.2 Geomorfologia .....	12
3.3 Cenni di idrogeologia .....	14
4. RICOSTRUZIONE STRATIGRAFICA ed ANALISI CAMPAGNA GEOGNOSTICA OTTOBRE 2022.....	21
5. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL SOTTOSUOLO .....	24
6. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DELL'AREA .....	37
7. ANALISI SISMICA E SISMOGENETICA .....	47
7.1 Storia sismica (Database Macrosismico Italiano 2015 - DBMI15).....	54
8. CONCLUSIONI .....	63

**ALLEGATO : FASCICOLO INDAGINE GEOGNOSTICA OTTOBRE 2022**

## 1. PREMESSA

VGE03 S.r.l. (di seguito anche la "Società"), con sede in 20122 Milano (MI), Corso di Porta Vittoria n. 4, è una società appartenente al Gruppo A2A., multiutility italiana che fornisce servizi essenziali nei settori ambiente, acqua ed energia, per rispondere alle esigenze degli stili di vita contemporanei, nel rispetto di una sostenibilità di lungo periodo. Per quanto riguarda il settore energia, A2A copre tutta la catena del valore, operando nella generazione, vendita e distribuzione dell'energia elettrica.

A2A mira ad essere protagonista nel processo di decarbonizzazione del Paese; infatti, lo scorso gennaio ha presentato agli azionisti l'aggiornamento del proprio piano industriale 2021-2030, che prevede investimenti di circa 11 miliardi di euro per la Transizione Energetica e una potenza complessiva installata di impianti FER (considerando anche gli impianti idroelettrici) che passerà dagli attuali 2,5 GW a quasi 6 GW al 2030, corrispondenti ad una produzione annua di energia verde di circa 12 TWh.

A supporto della transizione energetica, sempre lo scorso anno, sono stati acquisiti portafogli di impianti sia eolici che fotovoltaici, che porteranno la potenza installata al 2022 con queste tecnologie a circa 600 MW, permettendo al Gruppo di consolidare la posizione di secondo operatore nazionale nelle rinnovabili.

A fine dicembre 2021, nell'ottica di perseguire gli obiettivi del proprio piano industriale, A2A ha annunciato la partnership industriale con Volta Green Energy, da cui è nata R2R, piattaforma italiana dedicata allo sviluppo e alla costruzione di nuovi impianti eolici e fotovoltaici, costituita da professionisti con esperienza più che decennale in questo settore; R2R ha iniziato nel mese di maggio di quest'anno i lavori di realizzazione di un impianto eolico in Sicilia della potenza di 30 MW e a breve inizierà i lavori di realizzazione di un impianto fotovoltaico, sempre in Sicilia, già autorizzato, per una potenza di 11 MW.

Nell'ambito dell'economia circolare, è da segnalare che nel 2021, il Gruppo ha finalizzato l'acquisizione dell'unico impianto di trattamento dei rifiuti industriali in Calabria; sempre in Calabria, A2A detiene impianti idroelettrici in esercizio per una potenza complessiva di circa 500 MW.

VGE 03 ha in progetto la realizzazione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica, mediante l'installazione di 7 aerogeneratori di potenza unitaria pari a 6 MW, per una potenza complessiva di 42 MW, sito in località Chelbi, nei territori dei Comuni di Mazara del Vallo e Marsala, in provincia di Trapani (di seguito anche "Parco Eolico Chelbi").

Secondo quanto previsto dal preventivo prot. n. 34740347 rilasciato da Terna SpA in data 22/02/2021, poi accettato in data 31/03/2021, l'impianto si collegherà alla RTN per la consegna della energia elettrica prodotta attraverso una stazione utente di trasformazione e consegna (di seguito anche "SSEU") da collegare in antenna a 220 kV con una nuova stazione elettrica di smistamento (di seguito anche "SE") a 220 kV della RTN, da inserire in entra - esce sulla linea RTN a 220 kV "Fulgatore - Partanna".

Il modello tipo di aerogeneratore (di seguito anche 'WTC') scelto, dopo opportune considerazioni tecniche ed economico finanziarie, è il modello tipo Siemens Gamesa SG170 da 6 MW con altezza mozzo pari a 115 m, diametro rotore pari a 170 m e altezza massima al top della pala pari a 200 m. Questo modello tipo di aerogeneratore è allo stato attuale quello ritenuto più idoneo per il sito di progetto dell'impianto.

L'area interessata dal posizionamento degli aerogeneratori ricade in località Chelbi, nel Comune di Mazara del Vallo, in contrada Chelbi, Chelbi Maggiore, Masseria Vecchia e La Carcia, in provincia di Trapani, su una superficie a destinazione agricola. I terreni sui quali si intende realizzare l'impianto sono tutti di proprietà privata; di questi, quelli su cui è prevista l'installazione degli aerogeneratori sono nella disponibilità della Società proponente. Il territorio è caratterizzato da un'orografia prevalentemente collinare, le posizioni delle macchine hanno all'incirca un'altitudine media s.l.m. di 152 m.

L'installazione di questi 7 aerogeneratori permetterà di sfruttare al massimo la buona risorsa eolica presente nel sito di progetto, consentendo una produzione annua stimata di energia elettrica pari a 121,157 GWh/anno. Il risultato sarà un notevole contributo al risparmio di emissioni di gas ad effetto serra.

La presente relazione geologica costituisce l'aggiornamento alla precedente documentazione redatta preliminarmente, sulla scorta dell'indagine geognostica eseguita in situ nel mese di Ottobre 2022 eseguita dalla ditta CON.GEO s.r.l..

Le indagini hanno riguardato:

- N° 2 sondaggi meccanici a carotaggio continuo, in corrispondenza delle Torri CH3 e CH6 spinti alla profondità di -30,0m a partire dal p.c.;
- Esecuzione di n°3 prove SPT in foro per ogni sondaggio;
- Prelievo di n° 6 campioni in foro;
- Analisi e prove di laboratorio geotecnico eseguite sui campioni prelevati;
- n°2 indagini sismiche attive tipo MASW.

Nel dettaglio l'indagine è stata eseguita allo scopo di accertare le caratteristiche geologiche dei terreni affioranti, le sequenze stratigrafiche puntuali nonché le caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni investigati e campionati per mezzo di analisi puntuali di laboratorio, valutazione della Vseq della sequenza stratigrafica per mezzo di indagini sismiche dirette con metodo MASW.

Tale campagna geognostica permette di avere un quadro sufficientemente esaustivo e dettagliato al fine di procedere con le successive fasi di progettazione delle opere previste, in particolare sotto l'aspetto delle soluzioni fondazionali degli aerogeneratori previsti.

## 2. INQUADRAMENTO ED UBICAZIONE

L'area di intervento è ubicata ad Est delle loc. Ciavolo e Digerbato (territorio comunale di Marsala) all'interno del territorio comunale di Mazara del Vallo (TP), a sud della SS188, a nord rispetto la SP62.

L'area in esame ricade sui fogli in scala 1:25'000 della Carta Ufficiale d'Italia edita dall'Istituto Geografico Militare Foglio n.257, III Quadr. NE "Baglio Chitarra" e III Quadr. NO "Paolini".

Sulla Carta Tecnica Regionale edita dalla Regione Siciliana in scala 1:10.000, l'area interessata è compresa nelle Sezioni 617030-617040-605160-606130.

In particolare, l'ubicazione del parco eolico interessa un'area collinare con quote variabili tra 140 e 165m s.l.m. circa articolata e caratterizzata morfologicamente dalla presenza di incisioni vallive di corpi idrici secondari e dalle valli alluvionali del del fosso Pellegrino a Nord-Est e del t.ludeo ad Est e rilievi collinari (Timp.ne Summarriri 159m slm a Nord e Timp.ne Mass. Imperi 151m slm a Sud).

STRALCIO CARTA CTR scala 1:10'000 (Elaborato CH-CE03)

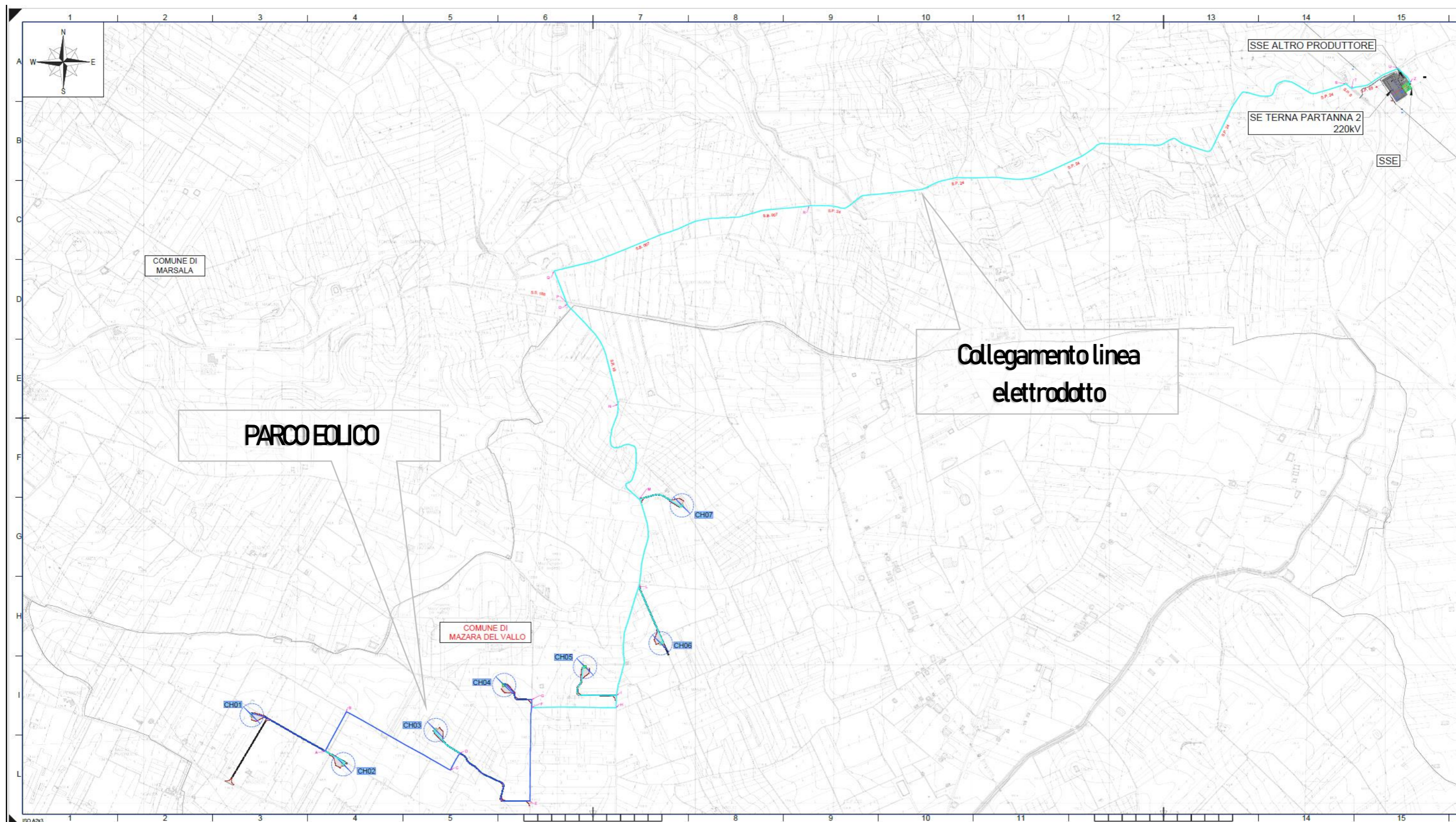
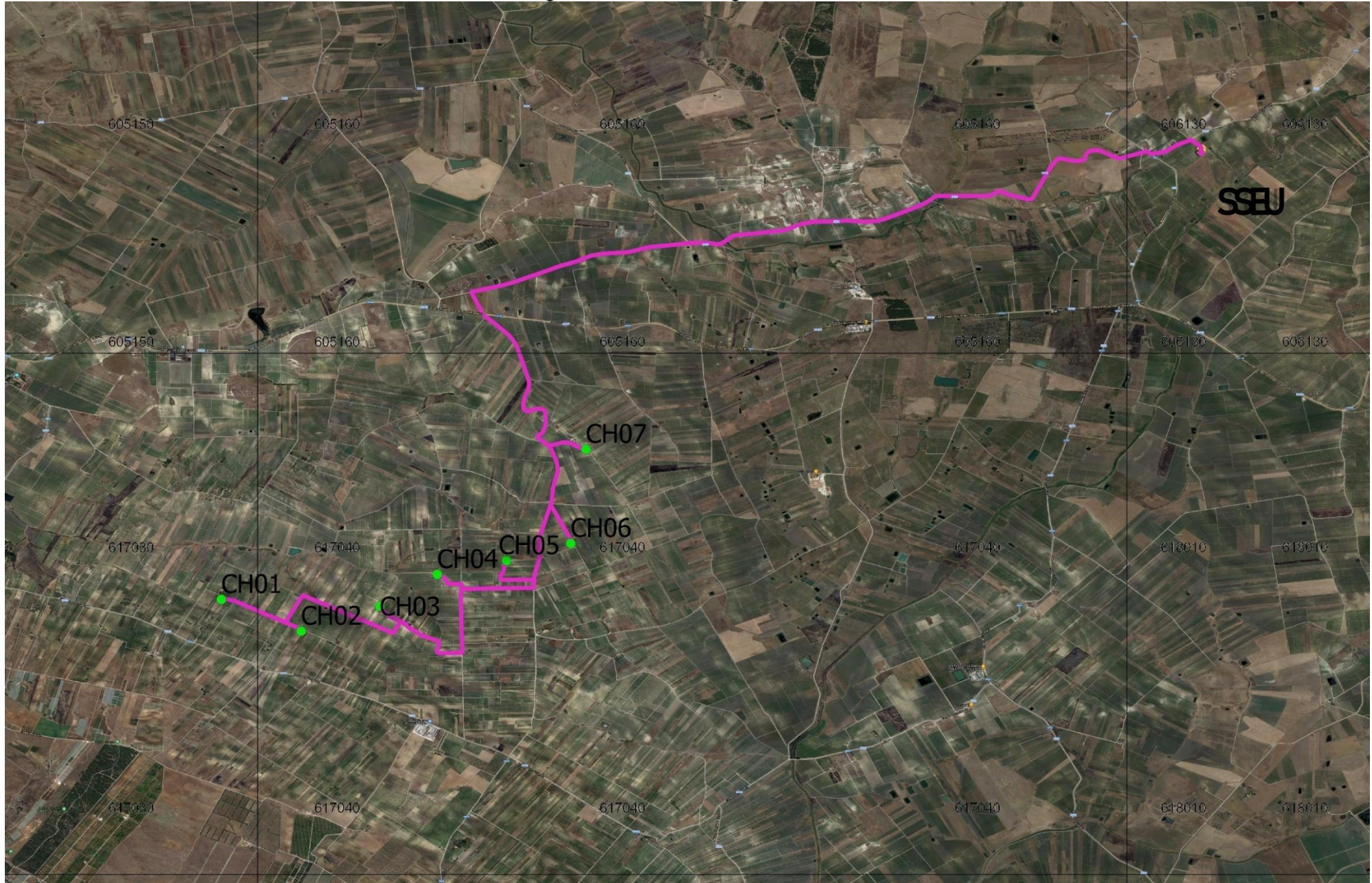


Immagine Satellitare da Google Earth – 2020



### 3. GEOLOGIA, GEOMORFOLOGIA ED IDROGEOLOGIA

#### 3.1 Caratteristiche litologiche delle formazioni affioranti

Vengono di seguito illustrate le caratteristiche litologiche delle formazioni geologiche affioranti nel bacino del Fiume Birgi e nell'area territoriale contigua, i cui lineamenti geologico-strutturali generali sono stati riportati nel paragrafo precedente.

Le formazioni individuate all'interno dell'area in ordine stratigrafico, dal basso verso l'alto, sono le seguenti:

- Calcari bianchi stratificati (Lias inf.-Trias sup.)

Si tratta di calcari bianchi a stratificazione visibile, più o meno dolomitici, con mogalodontidi.

- Calcari da compatti a nodulari (Dogger-Malm)

Serie condensata di calcari più o meno colorati e nodulosi, talora silicizzati.

- Calcari pelagici a calpionelle (Turonico-Neocomiano)

Si tratta di calcari bianchi o rosati a Nannoconi con Calpionelle e rare Ammoniti, sottilmente stratificati, con noduli di selce, passanti verso il basso a calcari pseudonodulari. Questa facies è indicata con il nome di "Lattimusa"

- Formazione Hybla (Barremiano-Albiano)
- Marne e calcari marnosi con livelli sapropelitici.
- Calcilutiti marnose tipo "Scaglia" (Cretaceo sup.-Oligocene)

Si tratta di calcilutiti marnose in facies di "Scaglia" di colore biancastro e rosaceo, stratificate in strati di spessore centimetrico e decimetrico, con noduli e liste di selce nera e con intercalazioni di livelli addizionati di breccie calcaree o calcarenitiche. Verso l'alto sono presenti livelli di calcari marnosi e marne grigiastre.

- Argille ed argilliti siltose brune con intercalazioni quarzarenitiche – Flysch Numidico (Oligocene sup. – Miocene inf.)

Tali depositi sono costituiti da prevalenti argille ed argilliti siltose di colore bruno con frequenti intercalazioni di banchi e livelli quarzarenitici e quarzosiltitici, e con inglobati livelli e lenti di breccie calcarenitiche gradate.

- Quarzareniti e calcareniti glauconitiche (Burdigaliano-Langhiano basale)

Si tratta di quarzareniti classate in grossi banchi metrici con rare intercalazioni sottili di argille ed argilliti color tabacco e grigio verdastre e rare intercalazioni di brecciole e calcareniti gradate talora glauconitiche (Costiera Saggiare). L'unità presenta inoltre calcareniti e calciruditi compatte, con diffusa presenza di glauconite, di colore dal grigio-verde al verde intenso, in strati di spessore da decimetrico a metrico. Tali terreni presentano faune di mare basso ad echinidi, Gasteropodi, Lamellibranchi ed intercalati livelli di marne ed argille marnose di colore verdastro, a glauconite (Calcareniti di Corleone), affioranti in corrispondenza di Baglio Fittasi Soprano, Montagnola della Borronia, Timpone delle Guarine, B. Ranchibile.

- Argille e argille sabbiose (Langhiano sup.-Tortoniano inf.)

Tali depositi di colore grigio-verdastro, presentano granuli di glauconite ed una microfauna a Globigerinidi e Orbuline.

- Formazione di Cozzo Terravecchia (Tortoniano sup.– Messicano inf.)

I terreni riferibili alla Fm.di Cozzo Terravecchia si rinvengono in affioramento nella porzione centrale dell'area in studio, in corrispondenza della Piana di Misiliscemi e delle borgate di Baglionovo e case Fazio, Timpone Nasco, c.da Granatello e Rattaloro.

La formazione è caratterizzata, in generale da due litofacies con caratteri litologici differenti: una litofacies pelitica ed una sabbioso-arenaceo-conglomeratica. Nell'area in esame affiorano in prevalenza i termini riferibili alla litofacies pelitica.

Tale litofacies è costituita di argille grigio-verdastre e grigie, argille sabbiose bruno-azzurrastre, spesso con cristalli di gesso e con sottili livelli sabbiosi che ne marcano la stratificazione, argille verdi, dure a frattura concoide, argille marnose e marne, talora biancastre, con spalmature limonitiche, noduli di ferro manganesiferi e cristalli isolati di gesso. Le argille si presentano giuntate e tettonizzate e i giunti di stratificazione sono talora marcati da sottili livelli sabbiosi.

La litofacies sabbioso-arenaceo-conglomeratica della Fm. Terravecchia è invece costituita, in tutta la sua sequenza, da un intervallo conglomeratico passante verso l'alto ad arenarie, sabbie, molasse calcaree, molasse dolomitiche, quindi ad argille marnose e siltose, ricche di livelli sabbiosi di potenza variabile.

I conglomerati rappresentano la parte inferiore della Formazione di Cozzo Terravecchia e costituiscono la copertura dei terreni orogenici settentrionali della Sicilia. Si tratta di conglomerati poligenici con clasti arrotondati di natura arenacea di provenienza flyschioide, carbonatica e metamorfica per lo più di alto grado. Dal punto di vista granulometrico i clasti hanno dimensioni variabili da pochi centimetri fino, talora, a diversi metri. I clasti sono generalmente embriciati, ben arrotondati, spesso disposti in grandi canali. Localmente, la stratificazione è incrociata su larga scala; la matrice sabbiosa del conglomerato, generalmente abbondante, in qualche caso può aumentare, tanto da dar luogo a lenti di arenaria grossolana, con laminazione ben distinta, parallela o incrociata.

Verso la sommità le intercalazioni di sabbia aumentano ed i ciottoli sono sempre più piccoli e meno embriciati, fino a passare ad una zona costituita da arenarie con sporadiche intercalazioni argillose. La porzione sabbioso-arenacea è costituita da una potente serie di arenarie e sabbie debolmente cementate, a granulometria variabile. I clasti si presentano a spigoli arrotondati passando da sabbie grossolane a sabbie fini siltose, con intercalate lenti conglomeratiche. Le sabbie sono costituite in prevalenza di quarzo e sono talora ben cementate. Il cemento è generalmente di natura argillosa e le sabbie passano a vere e proprie molasse. Quando le arenarie sono cementate da silice diventano durissime e passano a vere e proprie quarziti. Tali sabbie presentano in genere laminazioni incrociate piane ed a spina di pesce; l'inclinazione delle lamine è spesso variabile.

- Formazione Baucina (Messiniano inf.)

La formazione è costituita da calcari massicci a Porites, calcisiltiti e calcari in grossi banchi, con intercalazioni marnose contenenti molluschi e frammenti di coralli (Timpone Nasco, Timpone della Campana).

- Serie gessoso solfifera (Messiniano sup.)

Della serie nell'area in studio, a nord di Case Parrinello, affiorano i gessi selenitici in grossi banchi.

- Trubi (Pliocene inf.)

Si rinvencono in lembi di modesta estensione nelle aree più meridionali del territorio in studio, a sud di Timpone Nasco, in c.da Capofeto e nei pressi di Baglio Pellegrino.

Si tratta di marne calcaree a foraminiferi del Pliocene inf. di colore bianco-crema, farinose, passanti talora a calcari marnosi o a marne argillose con tenori di carbonati dal 30% all'80%.

La stratificazione è segnata dall'alternanza di livelli a maggiore tenore in carbonati con strati meno calcarei; è presente una diffusa fessurazione, in prismi variamente inclinati rispetto alla stratificazione e frequentemente subnormali ad essa.

Il tipo normale dei Trubi è una roccia terrosa bianco-crema, abbastanza friabile, con orbuline visibili. Più rari sono gli strati compatti bianco-crema di calcare grossolano quasi puro, sempre con foraminiferi visibili.

- Fm Marnoso-Arenacea della Valle del Belice (Pliocene medio – sup.)

I Trubi passano gradualmente, verso l'alto, a sedimenti di natura prevalentemente torbiditica riferibili alla Fm. Marnoso Arenacea della Valle del Belice.

Nel territorio in studio, tali terreni si rinvencono in affioramento in una stretta fascia nella zona meridionale del bacino in c.da Chiana di Capo.

La Formazione Marnoso Arenacea della Valle del Belice è costituita da una potente successione di terreni argillosi, argilloso-marnosi ed arenacei databili al Pliocene medio-superiore. La successione inizia in basso con depositi torbiditici costituiti in prevalenza di alternanze politiche e quarzarenitiche. Seguono verso l'alto fitte alternanze di arenarie e di argille grigiastre con inglobate grosse lenti sabbiose poco cementate. La formazione è quasi del tutto priva di fossili ad eccezione di alcune faune bentoniche rimaneggiate. Verso l'alto seguono poi livelli conglomeratici e livelli tabulari di calcareniti e calcari organogeni. Questi ultimi litotipi presentano una ricca fauna di mare basso che comprende alghe, briozoi, echinodermi, molluschi e foraminiferi.

- Calcareniti di Marsala (Emiliano sup.-Siciliano)

La formazione delle Calcareniti di Marsala interessa il territorio studiato solo per piccoli affioramenti in c.da Madonna della Cava e Parrinello ed a NE di c.da San Filippo e Giacomo.

Si tratta di calcareniti di colore da giallo chiaro ad ocraceo, variamente cementate, con intercalate lenti sabbiose o conglomeratiche. Lo spessore complessivo non supera i 50 m. I clasti che compongono le calcareniti sono prevalentemente di natura carbonatica, e talora quarzosa, monometrici e ben classati. La formazione, nella porzione superiore, si presenta fortemente cementata mentre nella porzione basale si presenta meno compatta. All'interno della formazione è riscontrabile una forte variabilità sia granulometrica sia litologica. La giacitura è di tipo monoclinale e presenta una debole pendenza in



direzione della linea di costa. La stratificazione è piuttosto evidente e si osservano talora livelli con stratificazione incrociata. Frequenti sono inoltre le intercalazioni di livelli sabbioso-limosi grigio giallastri. Alla base, la formazione presenta caratteri tipici di un conglomerato di trasgressione.

- **Depositi calcarenitici di quota compresa tra 130 e 160 m s.l.m. – Grande Terrazzo Superiore (G.T.S.) (Pleistocene medio) – Area in esame**

Nelle aree ancora più interne della piana, grosso modo tra le quote di 130 e 160 m s.l.m. affiorano delle calcareniti di colore giallastro e rossiccio, prive di fossili, di spessore in genere molto ridotto, passanti verso l'alto a litotipi conglomeratici, e poggianti su un livello di paleosuolo. Si tratta di una superficie di erosione e spianamento creata dal mare nel Pleistocene medio che ha depositato questa sottile tavola calcarenitica tipica di mare basso, nota in letteratura come Grande Terrazzo Superiore – G.T.S.

In genere lo spessore di tale tavola calcarenitica è molto ridotto, spesso inferiore al metro, ed i depositi sono caratterizzati da una granulometria omogenea, da forte cementazione e dalla assenza di fossili. La giacitura è suborizzontale e le calcareniti poggiano in trasgressione su un livello di terra rossa. Nella zona di Marsala, il Grande Terrazzo Superiore si individua, in un lembo di una certa estensione, intorno ai 140 m s.l.m., tra c.da Rattarolo e c.da Paolini.

- **Depositi calcarenitici dei terrazzi marini costieri (Tirreniano)**

Tutta la fascia costiera del bacino e dell'area territoriale è caratterizzata dalla presenza di depositi di natura prevalentemente calcarenitica e sabbioso-conglomeratica, riferibili ai terrazzi di abrasione marina di epoca tirreniana.

Si tratta di calcareniti detritico-organogene con grado di cementazione variabile, di colore giallo chiaro o biancastro, fossilifere, terrazzate in vari ordini a partire dalle quote prossime al livello del mare fino a quote di circa 100 m s.l.m.

La stratificazione è in grossi banchi, talora incrociata e la giacitura è suborizzontale, con leggera pendenza verso la linea di costa.

Le calcareniti, dal punto di vista litologico, sono costituite in prevalenza da frammenti organogeni di natura calcarea e da una matrice anch'essa carbonatica. Presentano un grado di compattezza e cementazione alquanto variabile sia lateralmente che in senso verticale, e si riscontrano rare intercalazioni sabbiose argillose. Alla base è presente, quasi sempre, un livello conglomeratico.

I depositi dei terrazzi costieri costituiscono il substrato sul quale si sviluppano le aree urbanizzate presenti all'interno dell'area territoriale compresa tra il bacino del F. Birgi ed il bacino del F. Lenzi Baiata.

- **Terreni di copertura di natura alluvionale, palustre e detrito di falda (Olocene)**

Si tratta di sedimenti di natura litorale e alluvionale e di depositi palustri presenti lungo alcune zone costiere e lungo i principali corsi d'acqua, nonché di terreni di riporto presenti in corrispondenza delle aree urbanizzate.

I depositi litorali e alluvionali sono costituiti di terreni sciolti quali ghiaie, sabbie fini e grossolane e sabbie limose, mentre i depositi palustri sono rappresentati da terre nere ed argille grigiastre più o meno sabbiose.

I depositi alluvionali si rinvencono essenzialmente lungo il corso del Fiume Birgi, più estesamente in c.da Parecchiata Giacatello, e del Torrente Verderame mentre i depositi litorali costituiscono i litorali sabbiosi presenti localmente nell'area in esame. I depositi palustri si rinvencono invece in corrispondenza delle saline di Trapani e Paceco.

Infine il detrito di falda sono costituiti da materiale di varia natura e dimensioni che a volte presentano un debole grado di cementazione. Si riscontrano soprattutto in corrispondenza della Montagna Grande.

Di seguito, in breve sintesi, vengono descritti i termini litologici rappresentati in tale schema litologico:

## **DEPOSITI INCOERENTI**

– Alluvioni sabbioso-limoso-argillose recenti ed attuali, depositi lacustri limoso-sabbiosi talora con livelli torbosi (Olocene). Depositi generalmente coesivi, poco assestati, stabili per posizione, potenzialmente inondabili.

– Dune costiere (Olocene). Sabbie quarzose e/o calcaree fini in cordoni allungati. Depositi incoerenti, granulometricamente poco assortiti, poco compressibili.

– Detrito di falda (Olocene). Depositi con andamento crescente con la profondità e generalmente poco compressibili. Terreni quasi sempre stabili per posizione.

### **CALCARENITI VARIAMENTE CEMENTATE**

- Arenarie a cemento calcareo e arenarie molassiche (Miocene sup.). Si tratta di arenarie molassiche relativamente poco cementate, talora con livelli conglomeratici, associate a sabbie e argille sabbiose. Tali depositi hanno consistenza variabile in funzione della presenza di cemento carbonatico, hanno una stabilità discreta, condizionata dai sottostanti terreni, spesso argillosi.
- Calcareniti ben cementate, spesso vacuolari, talora con intercalazioni di livelli calciruditici (Pleistocene-Pliocene sup.). Rocce carbonatiche o carbonatico-quarzose con stratificazione, talora incrociata, messa in evidenza da variazioni granulometriche e di cementazione. Utilizzate come materiale da costruzione nelle facies più tenere e meglio lavorabili.
- Calcareniti glauconitiche ben cementate a grana grossolana (Miocene). Si tratta di calcareniti fossilifere con stratificazione da distinta a massiva. A volte si ritrovano intercalati sottili livelli di marne. Terreno lapideo variamente cementato, compatto, stabile se poco fessurato.

### **ARGILLE**

- Argille marnose, argille sabbiose grigie, verdastri e bluastre (Miocene). Presentano talora subordinati livelli di sabbie più o meno cementate. Spessori notevoli superiori alle centinaia di metri. Deposito fortemente preconsolidato con buone proprietà meccaniche.

### **COMPLESSI ETEROGENI PREVALENTEMENTE ARGILLOSI**

- Breccie argillose ad elementi spigoloso arrotondati di argille, marne e subordinatamente di arenarie e calcari (Miocene-Pliocene). Terreni preconsolidati, a struttura microfessurata, talora scagliosa; tendenzialmente rigonfianti. Elevata erodibilità con frequenti ed estesi movimenti franosi, anche su versanti debolmenti acclivi.

### **CALCARI, CALCARI DOLOMITICI E DOLOMIE**

- Calcari, calcari dolomitici, calcilutiti, calcareniti silicizzate con intercalazioni marnose e selciose (Trias-Miocene). Rocce carbonatiche a grana variabile in strati di potenza da centimetrica a decimetrica con intercalazioni marnose, talora con livelli calcarenitici. Sono rocce prevalentemente lapidee, con buone caratteristiche meccaniche, interessate da fratture più o meno accentuate e da modesti processi di dissoluzione, nonché poco erodibili e dotate di buona stabilità, con crolli localizzati nelle aree più intensamente fratturate.

### **MARNE CALCAREE E CALCARI MARNOSI TENERI**

- Marne, marne calcaree tenere bianche o grigiastre (Pliocene inf.). Marne e marne calcaree bianche passanti a calcari marnosi bianco crema, con stratificazione in livelli decimetrici spesso mascherata da una diffusa fessurazione in prismi. Terreni da coesivi a lapidei con buone caratteristiche meccaniche.

### **DEPOSITI GROSSOLANI A CEMENTAZIONE VARIABILE**

- Conglomerati con livelli sabbiosi ad interstrati marnoso sabbiosi (Miocene)
- Si tratta di terreni lapidei, generalmente stabili, interessato da fenomeni di dissesto solo se intensamente fratturato.

In particolare il parco eolico in progetto Chelbi ad Est della località Ciavolo ed a Ovest rispetto alla località Baglio Chitarra, risulta posizionata sui Depositi calcarenitici di quota compresa tra 130 e 160 m s.l.m. – Grande Terrazzo Superiore (G.T.S.) (Pleistocene medio) passanti lateralmente a depositi marnosi ed arenacei ed in particolare ai Trubi (Pliocene inf.) che si rinvergono in lembi di modesta estensione nelle aree più meridionali del territorio in studio, a sud di Timpone Nasco, in c.da Capofeto e nei pressi di Baglio Pellegrino, marne calcaree a foraminiferi del Pliocene inf. di colore bianco-crema, farinose, passanti talora a calcari marnosi o a marne argillose con tenori di carbonati dal 30% all'80 ed alla Fm Marnoso-Arenacea della Valle del Belice (Pliocene medio – sup.), sedimenti di natura prevalentemente torbiditica riferibili alla Fm. Marnoso Arenacea della Valle del Belice che si rinvergono in affioramento in una stretta fascia nella zona meridionale del bacino in c.da Chiana di Capo. La Formazione Marnoso Arenacea della Valle del Belice è costituita da una potente successione di terreni argillosi, argilloso-marnosi ed arenacei databili al Pliocene medio-superiore.

Il motivo morfologico principale è costituito dalle distese pianeggianti tutte debolmente pendenti verso il mare con pendenze molto modeste mai superiori al 5%. I terrazzi nei loro margini laterali sono spesso interrotti da torrenti con valli piuttosto accentuate che generano versanti a pendenza maggiore.

In generale, la geomorfologia che caratterizza tutta la zona, è il risultato di un'intensa attività di erosione differenziale che ha determinato una morfoscultura piuttosto matura e poco marcata, caratterizzata da terrazzi sabbioso-arenacei, da declivi poco accentuati in corrispondenza dell'azione di erosione dei corsi d'acqua.

Il paesaggio dominante è quindi costituito da vasti affioramenti subpianeggianti costituiti da materiale sabbioso sciolto e/o cementato (calcarenitici), interrotto dalla presenza di materiale pseudocoerente rappresentato da alluvioni terrazzate nelle aree più depresse incise dai torrenti, sulla cui porzione si sviluppa il tracciato del collegamento alla RTN in cavidotto (dettaglio riportato nello stralcio della CARTA GeolITOLOGICA dal PPR Ambiti 2-3 con sovrapposizione posizioni georeferenziate kmz parco eolico e rete RTN a pagina 28).

Le aree ove sono state posizionate le torri eoliche sono generalmente subpianeggianti con valori mai superiori al 5%.

Il pattern superficiale dei corsi d'acqua presenti è di tipo dendritico a bassa densità di drenaggio e poco gerarchizzato, con andamento prevalente Nord/Est – Sud/Ovest.

Le aree ove prevalgono i terreni di natura sabbiosa sono stabili ed esenti da fenomeni gravitativi che generano instabilità.

L'opera in progetto non comporta variazioni sostanziali dell'attuale assetto del territorio; risulta, quindi, ben integrata dal punto di vista geomorfologico.

#### Dettaglio stratigrafico area di intervento:

Le formazioni geologiche che affiorano nell'area in studio (si veda lo stralcio della carta geologica allegata) procedendo da quelle di deposizione più recente verso quelle più antiche, sono le seguenti:

- Depositi terrazzati (Pleistocene medio);
- Depositi terrigeni della Formazione Marnoso-Arenacea della Valle del Belice (Pliocene superiore);
- Argille marnose, marne e marne argillose - TRUBI – Pliocene inferiore.

La linea di collegamento del cavidotto interessa oltre alle formazioni sopra elencate anche i:

- Depositi alluvionali recenti.

- **Depositi terrazzati (G.T.S.)**

Su tali litotipi ricadono gli aerogeneratori CH02, CH05 e CH07.

Il grande terrazzo superiore si presenta, nella zona in studio, come una spianata debolmente inclinata verso mare ad una quota pari a circa 140-165 m s.l.m. Questa spianata è rappresentata da depositi calcarenitici spesso cementati privi di fossili, con livelli conglomeratici.

La tavola calcarenitica giace su delle terre di colore vario, dal rosso tabacco al nero con un tenore di ciottoli estremamente differente. Questo "glacis" è indice dell'esistenza di una generale regressione (Regressione Romana), durante la quale la regione ha subito l'azione morfologica di un clima desertico o subdesertico (Ruggieri & unti, 1979).

La pianura appare come un piano perfetto nel senso geometrico del termine, verso l'interno la si vede culminare contro rilievi di differente altezza. Il GTS nella Sicilia sudoccidentale si spinge verso l'interno sino alla quota di 500 m. L'altezza del suo limite verso mare è varia, a misura della profondità con cui è stato eroso dal mare tirreniano; attorno a 100 m nell'entroterra di Marsala, scendendo fino 50 m presso Porto Palo. L'ampiezza dello spianamento è solo in parte imputabile all'abrasione marina essendo stata certamente favorita da una precedente fase di peneplazione, che l'abrasione e la sedimentazione marina hanno perfezionato. L'evidenza di questa lunga fase continentale, risulta dai paleo-suoli, che talora si vedono sottostante la tavola calcarenitica, presentandosi come terre di colore rosso molto cupo sui calcari e sulle calcareniti, o come terre estremamente fertili sulle argille. Il GTS a dispetto della sua grande estensione, rappresenta il risultato di una inversione marina conseguente a una oscillazione positiva di modesta ampiezza. Alla fase marina è seguita una fase di alluvionamento che ha pavimentato in maniera discontinua la spianata, con conglomerati a vario grado di cementazione o con argille generalmente ciottolose. Il GTS non rappresenta comunque il più antico terrazzo marino della Sicilia sud-occidentale, dove la litologia era favorevole, sono rimaste tracce di terrazzi più antichi.

- **Depositi terrigeni della Formazione Marnoso-Arenacea della Valle del Belice**

Su tali litotipi ricadono gli aerogeneratori CH01, CH03, CH04 e CH06 al passaggio stratigrafico laterale con il GTS.

La F. M.A. della V. del Belice è composta da sei unità riconosciute nell'ordine in cui si succedono stratigraficamente. Queste sono costituite da una sequenza deposizionale denominata MAB inferiore alla quale appartengono le unità da mab1 sino a mab5. Alla MAB superiore appartiene l'unità mab6.

Unità mab 1 - E' formata da depositi torbiditici costituiti da alternanze di quarzareniti a gradazione diretta con livelli pelitici. La sua continuità laterale è limitata a pochi chilometri.

Unità mab 2 - E' caratterizzata da ripetute alternanze di livelli di 10-60 cm di spessore di areniti e peliti. Si osserva la presenza di grosse lenti sabbiose che si assottigliano lateralmente nello spazio di 20-30 m e che appaiono talora troncate da incisioni concave verso l'alto riempite successivamente da sabbie canalizzate. Ad essi si alternano orizzonti prevalentemente pelitici con una certa frazione arenitica. Le sabbie sono per lo più quarzose e singoli livelletti sono separati da veli di ossidi. Il contenuto fossilifero è quasi del tutto assente, fatta eccezione per macroforaminiferi bentonitici rimaneggiati. Lo spessore supera i 200 m.

Unità mab 3 - Il limite inferiore di questo orizzonte è molto regolare e l'insieme degli strati costituisce un corpo tabulare dello spessore medio di 50 m. Non si tratta, almeno nei livelli superiori, di torbiditi, in quanto sono presenti diffusi gusci di molluschi del tutto preservati che difficilmente rimarrebbero intatti nelle correnti di torbida, piuttosto sarebbero depositi deltizi.

Unità mab 4 - è composta da spessori modesti di biocalcarenti ad amphistegine nelle quali sono riconoscibili livelli detritici e livelli calcareo-organogeni con trasporto ridotto o assente. Il contenuto fossile è notevolissimo in quantità e varietà, ed è costituito quasi esclusivamente da faune di mare basso quali briozoi, alghe, molluschi, echinodermi, organismi bentonici, etc.

Unità mab 5 - è composta da un notevole spessore (in apparenza più di 300 m.) di marne ed argille con intercalazioni di sabbie contenenti una fauna a foraminiferi planctonici e con rari molluschi. In letteratura esse sono note sotto la definizione di Argille del Pliocene medio.

Unità mab 6 - il litotipo dominante è quello delle calcareniti risedimentate ad amphistegine, inglobanti quasi esclusivamente faune di mare basso. I granuli di natura non biogena provengono dallo smantellamento dei terreni calcarei del substrato, comprese le calcareniti della MAB 4. I livelli in posto sono piuttosto rari composti da calcari organogeni. Si riscontrano, inoltre, livelli clastici a ciottoli con stratificazione obliqua. Tale unità risulta composta da sabbie fine di colore variabile dal giallo al bruno chiaro o rosso, con stratificazione irregolare e di interstrati formati da banchi ben cementati, marcati nei tagli dall'erosione selettiva.

Tali sabbie sono prevalentemente costituite da granuli di quarzo, associati a frammenti di calcite e feldspati. Mostrano passaggi verticali e laterali, anche a scala del singolo affioramento, a calcareniti di colore giallo e rossastro, ben cementate, a cemento calcareo.

Le calcareniti si possono presentare riccamente fossilifere e con una variabilità estrema sia nella loro successione stratigrafica che come passaggi laterali. Possono essere infatti grossolane, cavernose, ben cementate, talora invece a grana fine e ricche di sabbia quarzosa. Le calcareniti spesso risultano costituite da arenarie organogenee di colore bruno giallastro e sono caratterizzate da macrofaune piuttosto ricche disposte in grosse bancate e localmente in strati molto sottili, con intercalazioni di straterelli limosi e sabbiosi.

Gli elementi clastici presentano una granulometria non uniforme, che va dalle sabbie medie a quelle grossolane, con locali intercalazioni di lenti conglomeratiche di limitata estensione. Dal punto di vista petrografico e sedimentologico si osservano sia granuli ben arrotondati, sia elementi poco o per nulla arrotondati di natura calcarea e silicea.

Sono altresì presenti banchi e lenti argilloso-sabbiosi di colore grigio mediamente addensati. Nel complesso, l'unità in esame, non presenta un omogeneo grado di cementazione.

Nell'area indicata nella carta geologica inserita nelle pagine successive affiorano prevalentemente le unità mab 2 e mab 5.

- **Trubi**

Tale litologia è rinvenibile al passaggio stratigrafico laterale con il GTS, ma non risulta interessare alcun aerogeneratore.

I "Trubi" con la loro deposizione decretarono la fine della crisi di salinità che investì il Mediterraneo nel Messiniano. Si tratta infatti di depositi marini profondi costituiti da marne pelagiche bianche di colore biancastro o beige-verdastro, che in funzione del contenuto di carbonato di calcio possono essere marne

calcareae, marne argillose e argille marnose, con strati a maggiore percentuale di calcare o a maggiore percentuale di argilla.

L'estrema variabilità degli spessori rilevati si spiega con la particolare deposizione definita "trasgressione a mantello". Durante la fase di sedimentazione tali depositi ricoprono con un sedimento finissimo i fondali marini ricolmando le depressioni e addolcendo i dislivelli.

Al microscopio la roccia appare costituita in gran parte da gusci di foraminiferi planctonici del gruppo delle Globigerine. I Trubi si presentano fratturati e a volte posseggono preferenziali piani di fessurazione in prismi disposti perpendicolarmente alle superfici di stratificazione. Gli spessori possono raggiungere anche i 100 metri. I Trubi si presentano prevalentemente costituiti da argille marnose, non si rinviene la facies calcarea marnosa.

### 3.2 Geomorfologia

L'analisi geomorfologica basata sull'acclività dei versanti e sulla morfologia del rilievo in funzione della litologia e del reticolato idrografico permette di effettuare una prima valutazione delle condizioni evolutive del territorio in esame, fornendo un quadro generale dei fenomeni di erosione e di dissesto idrogeologico.

#### **Assetto geomorfologico dei versanti**

L'assetto geomorfologico di un territorio dipende da tre gruppi di fattori:

- Fattori strutturali, riferibili alla litologia ed all'assetto tettonico degli affioramenti esposti ai processi erosivi;
- Copertura vegetale;
- Orientamento e pendenza dei versanti.

L'area in studio è caratterizzata da terreni di litologia diversa, interessati da una evoluzione tettonica diversificata che ha determinato l'estrema variabilità delle morfosculture presenti nel paesaggio. La morfologia dell'area, infatti, varia fra zone a carattere basso-medio collinare, localizzate nelle aree più interne, in corrispondenza degli affioramenti di natura argilloso-marnosa ed a luoghi alluvionali sabbioso-argillosi-ciottolosi, e una morfologia di tipo tabulare in presenza dei depositi talvolta calcarenitici terrazzati che, per la loro consistenza lapidea, offrono una buona resistenza all'erosione.

Le zone topograficamente più basse, assumono una conformazione uniforme dovuta al livellamento operato dall'azione erosiva dei corpi idrici e del mare che ha formato, in epoche passate, morfologie subpianeggianti e terrazzate; si ha di conseguenza una scarsa, o pressoché nulla, degradabilità dei versanti ad opera della gravità ed una intensa utilizzazione del suolo per usi agricoli.

L'influenza della litologia sulle caratteristiche morfologiche del paesaggio è determinante a causa della differenza di comportamento rispetto all'erosione dei vari litotipi affioranti.

Il paesaggio che ne risulta è caratterizzato da zone pianeggianti, corrispondenti ai tavolati alluvionali, con locali blandi rilievi collinari a forme molto addolcite.

Da quanto esposto emerge chiaramente come i caratteri morfologici sono strettamente connessi con le caratteristiche dei terreni affioranti e con le strutture tettoniche e per tale motivo non si hanno, nell'area in esame, particolari strutture morfologiche, se si esclude il massiccio carbonatico di Montagna Grande distante dall'area in studio, nè tantomeno fenomeni geomorfologici particolarmente diffusi, i quali sono rappresentati al più da locali fenomeni di crollo e ribaltamento e da alcuni fenomeni quali soliflusso o erosione accelerata, presenti in corrispondenza di alcune porzioni di versante di natura argillosa e marnosa maggiormente acclivi.

L'area dove verranno realizzati gli aerogeneratori in progetto, ricadenti ad una quota compresa tra 140 e 165 metri s.l.m., così come tutta la fascia interessata dal collegamento in cavidotto alla RTN e la sottostazione SE, è caratterizzata da una pendenza piuttosto blanda e da una morfologia pressoché tabulare. Esso si presenta assolutamente stabile in virtù dell'estesa formazione calcarenitico-sabbiosa presente nel sottosuolo dell'area e della morfologia tabulare del sito. Per tale motivo non si ritiene necessario eseguire ulteriori verifiche in quanto, essendo l'area pianeggiante, non è possibile l'instaurarsi di alcun movimento franoso; i valori dei coefficienti di sicurezza calcolati sarebbero decisamente superiori ai minimi previsti dalla legge.

Da un punto di vista geomorfologico, quindi, l'area è costituita da un paesaggio molto regolare contraddistinto da terrazzi marini. A nord e a sud la morfologia regolare viene interrotta dalla presenza

STUDIO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO, IDROGEOLOGICO E SISMICO CON CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA A  
SEGUITO DI INDAGINE GEOGNOSTICA PUNTUALE

di depositi argillosi e argillo-marnosi che danno origine a pendii a debole acclività (compresa tra 5 e 15°) che degradano verso valle in maniera regolare.

Lungo queste aree il paesaggio diventa sub collinare, la pendenza dei pendii è comunque bassa, non si registra la presenza di segni di instabilità geomorfologica.

Le condizioni di stabilità del sito sul quale verranno realizzate le opere in progetto sono ottime in relazione alla favorevole giacitura dei terreni presenti, nonché alla mancanza assoluta di agenti geodinamici che possano in futuro turbare il presente equilibrio.

Ciò è confermato dall'esame delle carte dei dissesti, della pericolosità e del rischio geomorfologico edite nell'ambito del P.A.I., che escludono i siti da criticità di tipo geomorfologico.

Nelle pagine successive viene riportato uno stralcio della carta dei dissesti e la carta delle pericolosità/rischio geomorfologico desunte consultando la cartografia del P.A.I. della Regione Sicilia, relativa al Bacino Idrografico del Fiume Birgi ed il Bacino Idrografico del Fiume Mazzarò.

La totale mancanza di una rete idrografica superficiale è da mettere in relazione alla morfologia pianeggiante ed alla notevole permeabilità dei terreni che favorisce l'infiltrazione delle acque meteoriche e selvagge sottraendole al deflusso superficiale.

L'analisi dei sondaggi reperiti e consultati non hanno messo in evidenza la presenza di accumuli idrici nel sottosuolo.

### **Dinamica dei versanti**

In generale, sotto il profilo della dinamica geomorfologica, il modellamento che maggiormente influenza e caratterizza un territorio è quello di tipo fluvio-denudazionale, intendendo quello dovuto all'azione delle acque meteoriche in tutti gli aspetti conseguenti allo scorrimento delle acque selvagge e delle acque incanalate.

Questo tipo di modellamento si esplica nelle aree con reticolo idrografico tipicamente organizzato, comprendendo quindi il canale collettore e tutti i vari ordini di affluenti.

Di norma il modellamento fluvio-denudazionale si differenzia a seconda dei litotipi su cui agisce in funzione del diverso grado di alterabilità fisica e chimica delle rocce e del loro diverso grado di erodibilità.

Sulle rocce coerenti le valli presentano profili trasversali a V più o meno aperte, separate talvolta da creste ben definite. In relazione all'assetto giaciturale delle rocce, elementi caratteristici del paesaggio sono le rotture di pendenza con acclività sia a monte che a valle.

Sulle rocce di natura marnosa, argilloso-arenacea, argilloso-sabbiosa, le valli sono più aperte con sezioni trasversali a conca o a V ampie con versanti declivi; laddove prevalgono i termini conglomeratici e arenacei, gli spartiacque tra le valli secondarie possono essere morfologicamente ben definiti costituendo delle vere e proprie creste, mentre dove prevalgono termini prevalentemente pelitici il rilievo è più dolce con forme arrotondate.

L'area oggetto del presente studio, per le sue caratteristiche morfologiche e litologico-strutturali, risulta influenzata in maniera piuttosto blanda dal modellamento delle acque superficiali, sia a causa delle litologie ed ancor più in relazione alle pendenze modeste che non consentono alle acque di acquistare l'energia necessaria per erodere e trasportare i materiali affioranti (litologie conglomeratiche affioranti). Le caratteristiche di permeabilità dei litotipi affioranti favoriscono comunque un ridotto/nullo ruscellamento superficiale, come testimoniato dallo sviluppo della rete idrografica superficiale.

Le acque superficiali, pertanto, esercitano una azione limitata sui versanti e infatti sono poco frequenti i fenomeni di erosione e di dissesto anche in corrispondenza dei versanti a prevalente componente conglomeratica.

Anche l'azione della gravità non influisce in maniera particolare sul territorio a causa delle morfologie pianeggianti o poco acclivi ed i soli fenomeni che si osservano sono legati a fenomeni di erosione e di soliflusso delle porzioni argillose alterate più superficiali distanti dal sito in esame.

Ai modellamenti naturali bisogna invece aggiungere il modellamento antropico dal quale non è possibile prescindere in quanto i suoi effetti morfogenetici, sia in senso negativo che positivo, sono spesso considerevoli.

Complessivamente può osservarsi che i caratteri morfologici dell'area sono caratterizzati da ampie zone a morfologia quasi tabulare all'interno delle quali non si riscontrano fenomenologie particolari, anche in relazione alla natura litologica dei terreni affioranti sia per il parco eolico che per il tracciato di collegamento in cavidotto alla RTN che per la SE.

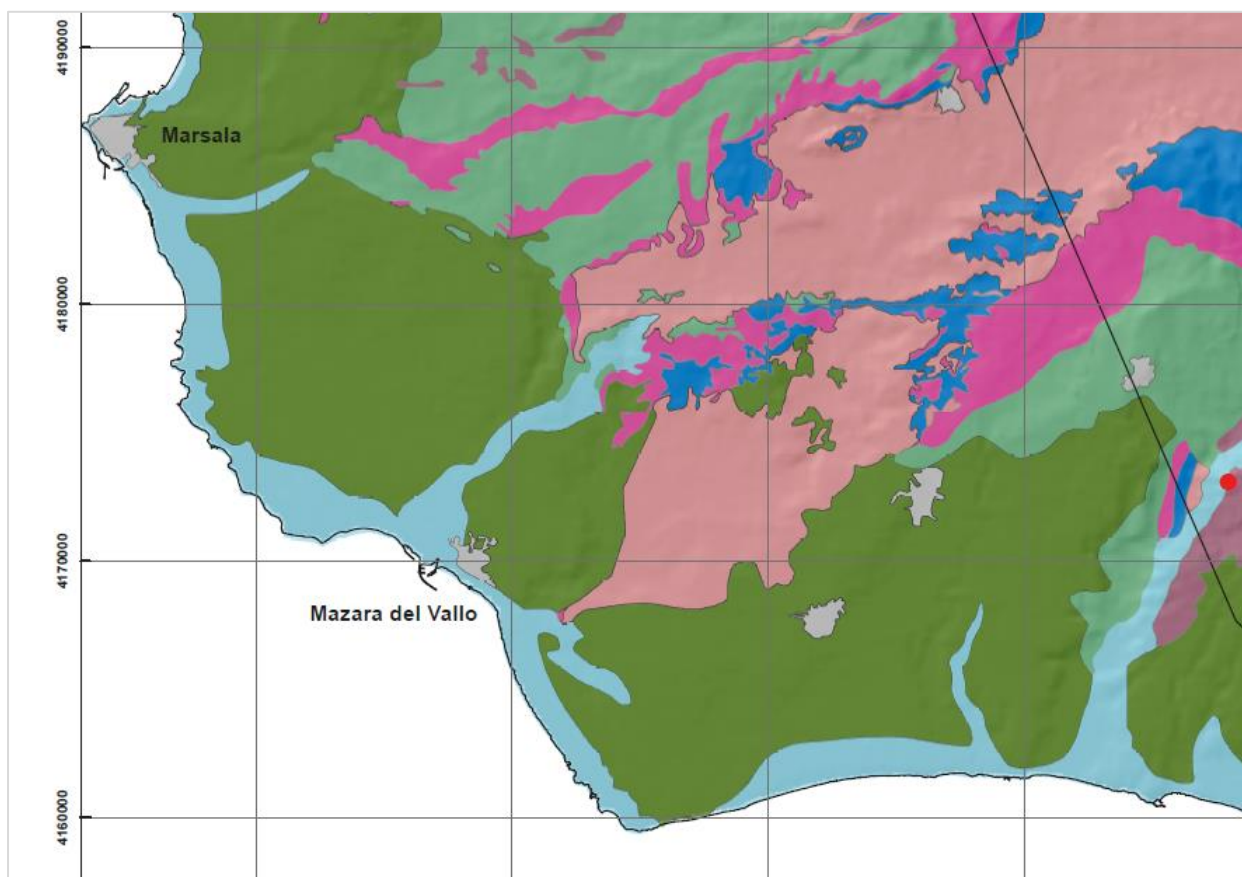
### 3.3 Cenni di idrogeologia

Le caratteristiche idrogeologiche fondamentali dell'area sono da ricondurre alla natura degli acquiferi e a quella del substrato impermeabile che li delimitano verso il basso.

L'acquifero principale è costituito dal complesso calcarenitico-sabbioso che caratterizza la pianura costiera da Trapani fino a Marsala. La litologia del substrato risulta determinata da quegli stessi termini prevalentemente argillosi e argilloso-marnosi che affiorano nella parte più interna dell'area, nel settore orientale. Esiste pertanto un contrasto netto tra i terreni entro cui le acque scorrono, costituiti da materiali sabbioso-calcarenitici a granulometria variabile e a permeabilità medio-elevata, ed i terreni che determinano il letto delle falde. Nei primi la permeabilità è prevalentemente per porosità e in minor misura per fessurazione; le acque scorrono quindi con una certa velocità entro meati più o meno grandi come in una complessa rete di vasi comunicanti. Nei secondi la permeabilità è da molto bassa a nulla ed essi rappresentano il letto di scorrimento delle acque. La morfologia di tale substrato, modellata quando questi terreni sono stati erosi e coperti in trasgressione dai sedimenti marini terrazzati, caratterizza le vie preferenziali di scorrimento delle acque.

L'acquifero calcarenitico, che raggiunge a luoghi anche notevoli spessori, rappresenta un serbatoio di notevole importanza essendo sede di una falda poco profonda e pressoché continua arealmente il cui sbocco essenziale è il mare. I sottili livelli argilloso-limosi, talora intercalati al complesso calcarenitico, non sono in grado infatti di modificare le caratteristiche generali di permeabilità dei depositi calcarenitici nel loro complesso.

Il pelo libero della falda, sebbene negli ultimi decenni si sia notevolmente abbassato a seguito del sovrasfruttamento, in genere è posto a profondità modeste in vicinanza della costa e si approfondisce via via che si procede verso le aree più interne.



*Carta dei Complessi Idrogeologici*

Legenda	
●	Sorgenti termali
▲	Deflussi sottomarini
◆	Pozzo termale
—	Traccia di profilo idrogeologico
□	Antropico
□	Alluvionale-Litoraneo-Detritico (ALD)
□	Argillo-Marnoso-Arenaceo (AMA)
□	Conglomeratico-Arenaceo-Argilloso (CAA)
□	Prevalentemente Argillo-Marnoso (CAM)
□	Calcarenitico (CCA)
□	Calcareo-Dolomitico (CCD)
□	Calcareo-Marnoso (CCM)
□	Prevalentemente Carbonatico (CDP)
□	Evaporitico (CE)
□	Marnoso-Calcareo (CMC)
□	Carbonatico-Silico Clastico (CSC)

Un acquifero di un certo rilievo si localizza poi in corrispondenza degli affioramenti calcarei del massiccio di Montagna Grande appartenenti alle Unità Trapanesi, dove i terreni del complesso plastico, formato dai lembi di marne argillose fortemente consolidate e dalle più estese coltri di argille oligo-mioceniche, vengono a contatto con i terreni prevalentemente calcarei della serie rigida mesozoica.

Per quanto riguarda l'acquifero alluvionale del Fiume Marcanzotta, vanno distinte le alluvioni terrazzate della parte alta del bacino dalle alluvioni dell'alveo recente del Fiume. Risulta di scarso interesse idrogeologico la coltre alluvionale dell'alto bacino del F. Marcanzotta, drenata dai suoi affluenti di destra, a causa della esigua potenza della formazione (meno di 10m) e dell'abbondanza dei terreni limo-argillosi frammisti alle alluvioni. Per quanto concerne invece il sistema alluvionale dell'alveo del F. Marcanzotta, lo spessore ipotizzabile è in media di 30 m, resta però indeterminato lo spessore dell'acquifero saturo.

Prendendo in considerazione la natura geolitologica dei terreni affioranti, pur tenendo conto dell'estrema variabilità che la permeabilità può presentare anche all'interno di una stessa unità litologica, si è cercato di definire tale parametro per le formazioni affioranti nel bacino. A tal fine si sono identificati i complessi idrogeologici, ognuno costituito da depositi anche di età ed origine differenti, ma con analoghe caratteristiche idrogeologiche e di permeabilità.

Di seguito vengono distinti e raggruppati i litotipi affioranti nel bacino in base al tipo e al grado di permeabilità che possiedono:

**Rocce permeabili per porosità.** Tale tipo di permeabilità caratterizza i depositi clastici incoerenti quali i depositi alluvionali attuali e recenti terrazzati presenti nelle aree di fondovalle dei corsi d'acqua principali, ed i terreni del complesso calcarenitico-sabbioso.

**Rocce a permeabilità medio-alta per fessurazione.** Tale permeabilità interessa tutti gli affioramenti carbonatici della serie mesozoica, dando luogo a falde acquifere significative, tendendo però a ridursi laddove è minore il disturbo tettonico.

Rocce a permeabilità limitata per fessurazione. Tale tipo di permeabilità è dovuta ad intensa fessurazione in rocce composte di livelli più o meno permeabili alternati a livelli impermeabili variamente distribuiti in senso verticale ed orizzontale.

Presentano questo tipo di permeabilità i depositi calcareo-marnosi pliocenici (Trubi) presenti in lembi di modesta estensione all'interno dell'area in studio.

**Rocce impermeabili.** Vengono considerate impermeabili tutti i terreni che presentano una frazione argillosa prevalente. Tale tipologia è attribuibile alla litofacies prevalentemente argillosa della Fm di Cozzo Terravecchia ed ai terreni plastici delle "Unità Trapanesi".

Al fine di individuare i caratteri della circolazione idrica sotterranea, si riporta di seguito una distinzione dei vari litotipi in base al grado di permeabilità. In particolare, si sono distinti quattro gradi di permeabilità, di seguito descritti:

**Terreni molto permeabili.** A questa categoria sono ascrivibili le litologie caratterizzate da permeabilità per fessurazione e carsismo; in questo caso la permeabilità primaria per porosità è di esigua importanza, trattandosi di rocce litoidi compatte ed è comunque legata all'eventuale presenza di livelli calcarenitici e calcirudittici presenti all'interno delle formazioni calcaree.



Nei terreni molto permeabili la circolazione idrica avviene principalmente attraverso le fratture e i vuoti creati dai processi di dissoluzione; le formazioni dotate di questo grado di permeabilità rivestono notevole importanza in quanto sedi di consistenti falde idriche.

In questa categoria sono ascrivibili tutte le facies con componente calcareo-litoide prevalente della serie mesozoica e i calcari a Porites della Fm. Baucina.

**Terreni mediamente permeabili.** Sono litologie essenzialmente caratterizzate da permeabilità primaria medio-alta e da una modesta permeabilità per fessurazione; quest'ultima tipologia di permeabilità si presenta quando il terreno ha consistenza litoide ed è stato sottoposto a stress tettonici.

Nei terreni mediamente permeabili, la circolazione idrica è affidata essenzialmente alla porosità degli strati e, in misura minore, all'eventuale rete di fessurazione. I terreni sopraccitati costituiscono acquiferi di potenzialità notevoli, quali quello calcarenitico-sabbioso.

**Terreni poco permeabili.** Trattasi di terreni caratterizzati da permeabilità per fessurazione e/o per porosità molto bassa; essi sono rappresentati dalle formazioni eterogenee costituite da alternanze più o meno irregolari di livelli più permeabili e livelli poco permeabili o impermeabili (Fm Marnoso-Arenacea della Valle del Belice).

In questa categoria la circolazione idrica si esplica essenzialmente in corrispondenza dei livelli permeabili, sebbene attraverso la rete di fessurazione possa instaurarsi una comunicazione fra i vari livelli acquiferi sovrapposti; tali falde acquifere sono caratterizzate da potenzialità e soggiacenze molto variabili, essenzialmente legate alle condizioni litologico-stratigrafiche e granulometriche della sequenza stratigrafica.

Nei terreni poco permeabili si possono includere anche i calcari marnosi e le marne plioceniche (Trubi).

Terreni impermeabili. Essi sono rappresentati dalle litologie nelle quali si verifica una circolazione idrica in pratica trascurabile e che, per tali caratteristiche, fungono da substrato alle falde acquifere.

In questa categoria si identificano tutte le facies costituite da una frazione argillosa prevalente; in particolare, nell'area in esame, esse sono rappresentate dalle argille della Fm. Di Cozzo Terravecchia e dai terreni plastici delle "Unità Trapanesi".

*Da quanto sopra esposto si evince che, nel bacino in studio, la circolazione idrica sotterranea risulta piuttosto diffusa, laddove l'assetto geologico-stratigrafico è caratterizzato da una prevalenza di terreni calcarenitici superficiali con spessori anche considerevoli poggianti su un substrato prevalentemente argilloso praticamente impermeabile, che consente l'accumulo di falde di una certa consistenza e in corrispondenza dei più permeabili affioramenti carbonatici. All'interno del bacino non si sono censite manifestazioni sorgentizie di particolare interesse.*

Nel dettaglio dall'indagine geognostica eseguita e dalla strumentazione dei sondaggi S1 ed S2 con tubo piezometrico per l'intero sviluppo e successivo rilievo, non sono stati rilevati livelli freatici stabilizzati di falde idriche.

#### **Considerazioni idrogeologiche di dettaglio formazioni affioranti:**

Sulla base delle considerazioni di carattere geologico-strutturale, l'area in esame, può essere suddivisa, dal punto di vista idrogeologico, in due complessi principali.

*1) Rocce permeabili per porosità: Appartengono a questa categoria i depositi alluvionali ed i depositi terrazzati composti da calcareniti e sabbie.*

I terreni di tale complesso idrogeologico presentano una permeabilità variabile da medio-bassa ad alta, in funzione del prevalere della classe granulometrica più minuta su quella grossolana. Generalmente i pori intergranulari dei depositi clastici aventi una scarsa matrice limosa tendono a saturarsi durante la circolazione delle acque di infiltrazione consentendo la formazione di un acquifero. Tuttavia, quando la componente pelitica prevale in percentuale su quella sabbio-ghiaiosa, la permeabilità tende a diminuire perché i pori si occludono rendendo difficoltosa la circolazione idrica.

Le analisi granulometriche eseguite sui depositi terrazzati mostrano che tali litotipi sono composti da sabbia argillosa con limo o da sabbia con ghiaia limosa e argillosa, quindi sono terreni dotati di una discreta permeabilità. La prova di permeabilità eseguita su cella edometrica mostra un valore di K pari a  $6,2 \times 10^{-5}$  cm/s.

Le indagini geognostiche eseguite e la lettura dei piezometri collocati non hanno individuato nel sottosuolo la presenza di livelli idrici. Tuttavia riteniamo che all'interno di tali depositi nei periodi di maggiore piovosità si possa creare dei modesti accumuli idrici superficiali che drenano comunque rapidamente verso i corpi idrici presenti e lungo le loro valli alluvionali (casi dei t.Pellegrino e t.ludeo nei pressi dell'area in studio in direzione rispettivamente Nord-Ovest e Nord-Est)

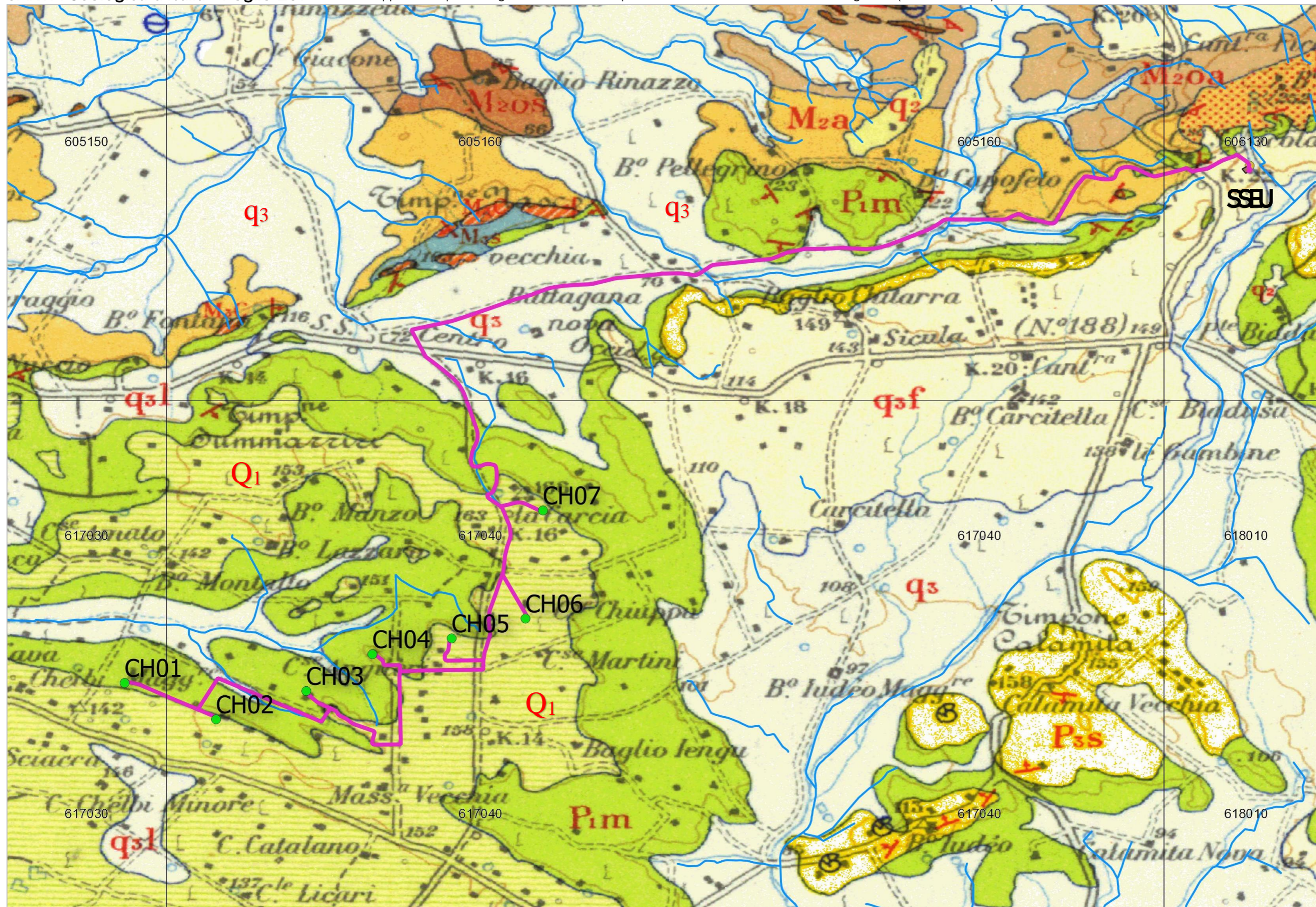
## *2) Rocce da poco permeabili ad impermeabili*

Appartengono a questa categoria le argille marnose, le marne e le marne argillose appartenenti ai "Trubi" ed i depositi argillosi ed argillo-sabbiosi della formazione marnoso arenacea della Valle del Belice.

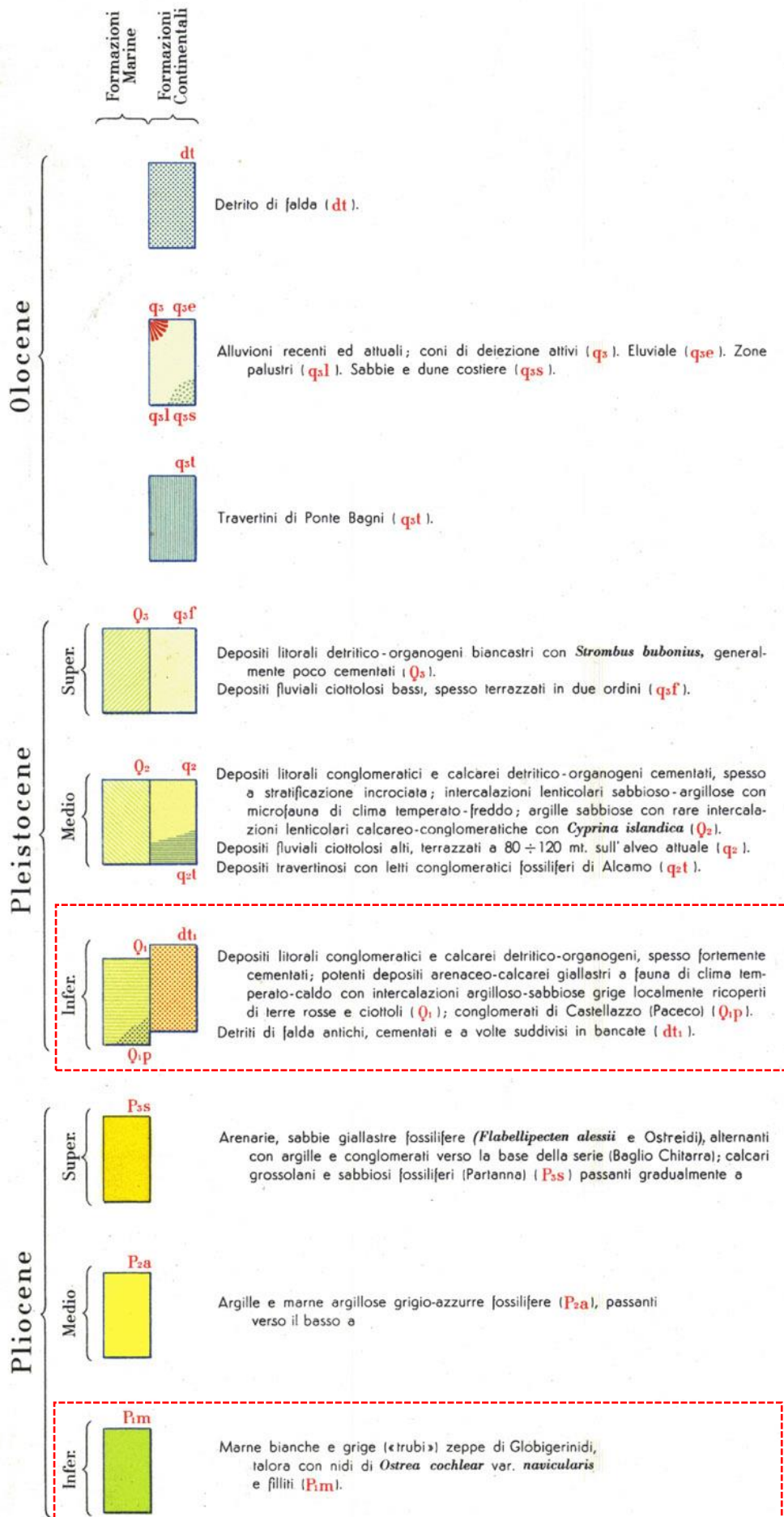
Tali litotipi presentano una permeabilità così bassa da essere, ai fini del presente studio, considerati impermeabili. Tuttavia, all'interno della coltre superficiale piuttosto alterata e degradata non è raro rinvenire modesti adunamenti idrici superficiali, così come all'interno dei rari livelli arenitici che essendo dotati di una elevata porosità possono essere sede di locali falde acquifere confinate. Anche in questo caso si evidenzia una circolazione idrica che tende a direzionarsi verso le valli alluvionali dei corpi idrici.



CARTA Geologica d'Italia - Foglio 257 - con sovrapposizione posizioni georeferenziate kmz parco eolico e rete RTN con reticolo idrografico (Scala 1:100'000)



LEGENDA Carta GeoLitologica Foglio 257



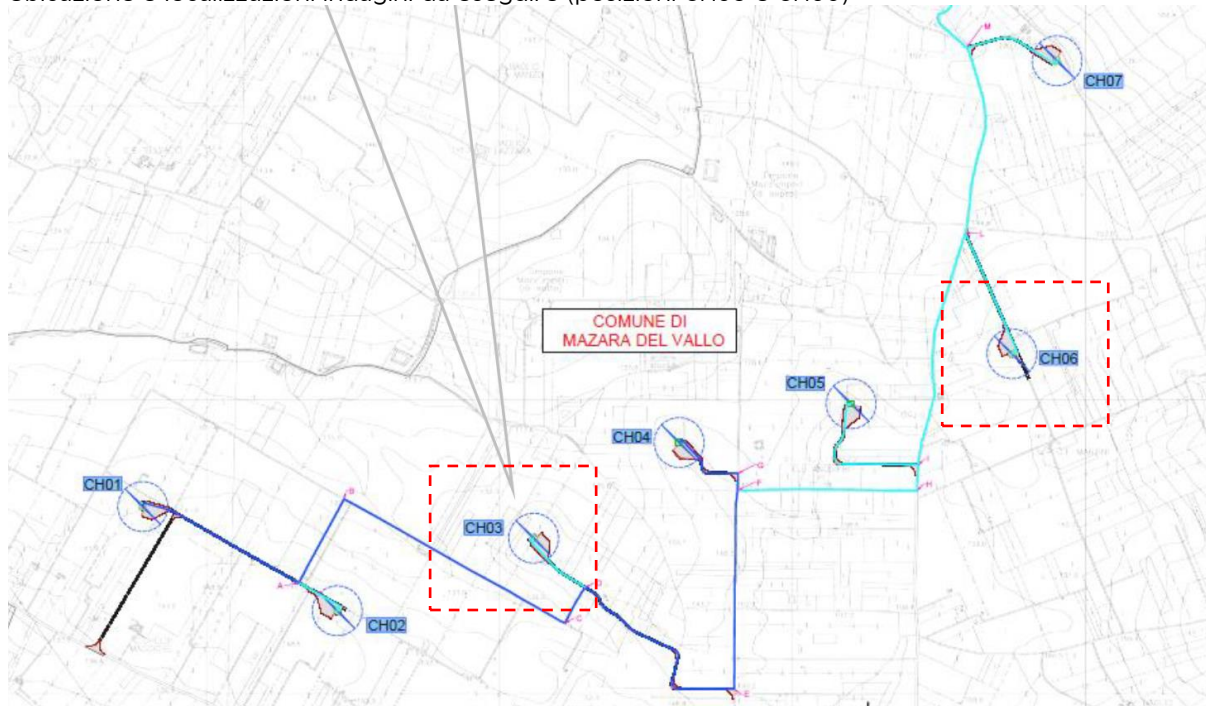
#### 4. RICOSTRUZIONE STRATIGRAFICA ed ANALISI CAMPAGNA GEOGNOSTICA OTTOBRE 2022

La ricostruzione del modello stratigrafico del sito di intervento, la caratterizzazione meccanica e sismica si basa sui dati provenienti dalla campagna geognostica eseguita nel mese di Ottobre 2022 da parte della CON.GEO s.r.l., di Palermo sulla base del piano indagini redatto dal sottoscritto geologo incaricato dalla R2R gruppo A2A.

La campagna geognostica eseguita ha previsto dettagliatamente:

- Indagini geognostiche in situ:
  - n° 2 sondaggi geognostici a carotaggio continuo, spinti sino a una profondità di 30 m dal p.c. in corrispondenza delle fondazioni degli aerogeneratori in progetto CH03 e CH06;
  - n° 2 indagini sismiche dirette tipo Masw necessarie per la caratterizzazione sismica del sottosuolo ai sensi del D.M. del 17.01.18 e ss.mm.ii.;
  - n° 6 prove penetrometriche tipo SPT all'interno dei fori di sondaggio (n.3 su ciascuna verticale ad ogni evidente cambio litologico);
  - prelievo di n° 6 campioni indisturbati sui quali effettuare le prove geotecniche di laboratorio (n.3 su ciascuna verticale in concomitanza del cambio litologico ed antecedenti le prove SPT in foro);
  - installazione di tubo piezometrico per l'intero sviluppo delle verticali di sondaggio.

Ubicazione e localizzazioni indagini da eseguire (posizioni CH03 e CH06)



#### SONDAGGI MECCANICI

I sondaggi meccanici "S1 – CH6" e "S2 – CH3" sono stati eseguiti mediante una perforatrice oleodinamica con modalità a carotaggio continuo e con l'ausilio del carotiere semplice. La profondità d'indagine raggiunta è stata di 30,0 metri dal piano campagna per entrambi i sondaggi.

I materiali estratti nel corso delle perforazioni sono stati sistemati in apposite cassette catalogatrici in pvc, mentre nelle tabelle 1 e 2 si elencano rispettivamente i campioni prelevati e le prove in foro SPT eseguite:

Sondaggio n.	Litologia	Torre n°	Campioni n°	Profondità (m)
S1 – CH6	Limi con argille sabbiose di colore giallastro.	CH6	S1C1	3,00 – 3,60
			S1C2	9,00 – 9,60
	Limi con argille sabbiose di colore grigiastro		S1C3	21,00 – 21,50
S2 – CH3	Limi con argille sabbiose di colore giallastro.	CH3	S2C1	3,00 – 3,70
			S2C2	9,00 – 9,70
	Limi con argille sabbiose di colore grigiastro		S2C3	19,50 – 20,00

Durante l’esecuzione dei sondaggi sono state eseguite n°6 prove SPT, 3 per ogni foro di carotaggio.

Sondaggio.	Prof. da m a m	N° colpi SPT
S1 – CH6	-3.60 / -4.05	4 – 6 – 8
	-9.60 / -10.05	8 – 9 – 11
	-21.50 / -21.95	9 – 12 – 15
S2 – CH3	-3.70 / -4.15	9 – 13 – 14
	-9.70 / -10.15	11 – 15 – 17
	-21.00 / -21.45	9 – 11 – 15

Entrambi i sondaggi sono stati attrezzati con tubo piezometrico per tutta la loro profondità.

La configurazione stratigrafica del sito di intervento ha permesso di eseguire analisi correlative con le indagini eseguite nella campagna geognostica sia sotto l’aspetto geologico-stratigrafico-geotecnico che sotto l’aspetto sismico ben adattandosi al caso e permettendo di ricostruire la seguente colonna stratigrafica media secondo il profilo stratigrafico:

- per la verticale CH03 a componente prevalente marnosa: descrizione stratigrafica dei litotipi individuati:

l’area su cui verranno installati l’aerogeneratore CH03 e per correlazione CH01 e CH04 è caratterizzata dalla presenza di un minimo livello vegetale di circa 0,30m a cui seguono depositi superficiali di natura alluvionale terrazzata sabbiosa ed arenacea giallo chiaro, poco cementate, aventi uno spessore complessivo di circa 1,90 metri.

Procedendo in profondità, i depositi terrazzati vengono sostituiti da limi argillosi e marnosi di colore bianco-grigio con intercalazioni argilloso-limose di colore giallastro, umide e plastiche, fino alla profondità di 6,50 metri dal p.c.. **(Unità 1A)**

A seguire si ha un incremento della frazione argillosa con limi argillosi poco alterati, umidi e plastici di colore giallastro fino alla profondità di 10,00 metri dal p.c.. **(Unità 1B)**

Dai 10,00 metri in poi fino a fine sondaggio (30,00 metri dal p.c.) si riscontra il substrato di riferimento, composto da limi argillosi grigiastri umidi e plastici con rari livelli di sabbie e arenarie grigie limose. **(Unità 1C)**

- **per la verticale CH06 a componente prevalente sabbioso-argillosa: descrizione stratigrafica dei litotipi individuati:**

l'area su cui verranno installati l'aerogeneratore CH06 e per correlazione CH02, CH05 e CH07 è caratterizzata dalla presenza di un minimo livello vegetale di circa 0,40m a cui seguono depositi superficiali di natura alluvionale terrazzata sabbiosa limosa biancastra, aventi uno spessore complessivo di circa 1,10 metri.

Procedendo in profondità si hanno limi a tenore sabbioso prevalente di colore dal giallo chiaro con intercalazioni sottili marnose argilloso-limose (fino a circa 3,00 metri dal p.c.) al giallo chiarro biancastro con livelli marnosi fino alla profondità di 6,00 metri dal p.c.. **(Unità 2A)**

A seguire si ha un incremento della frazione argillosa con limi argillosi e marne sabbiose di colore dal giallo chiaro al biancastro fino alla profondità di 10,00 metri dal p.c..

Dai 10,00 metri fino ai 12,00 metri si hanno limi argillosi biancastri, umidi e plastici. **(Unità 2B)**

A seguire fino ai 16,90 metri si hanno limi argillosi giallastri, umidi e plastici.

Dai 16,90 metri in poi fino a fine sondaggio (30,00 metri dal p.c.) si riscontra il substrato di riferimento, composto da limi argillosi grigiastri umidi e plastici con rari livelli sabbiosi giallastri. **(Unità 2C)**

In entrambe le verticali di indagine, a seguito di installazione di tubo piezometrico e rilievo freaticometrico puntuale, non si è riscontrata la presenza di falda freatica stabilizzata.

Pertanto sinteticamente le unità litotecniche individuate e caratterizzate di cui si riportano di seguito i parametri meccanici caratteristici dedotti sono relativi al seguente quadro stratigrafico:

<i>Unità litotecniche uniformi</i>	<i>Sondaggio</i>	<i>prof. da (m)</i>	<i>prof. a (m)</i>
<b>1A</b>	<i>S1</i>	0.00	6.50
<b>1B</b>	<i>S1</i>	6.50	10.00
<b>1C</b>	<i>S1</i>	10.00	30.00
<b>2A</b>	<i>S2</i>	0.00	10.00
<b>2B</b>	<i>S2</i>	10.00	16.90
<b>2C</b>	<i>S2</i>	16.90	30.00



## 5. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL SOTTOSUOLO

I parametri fisico-meccanici dei litotipi affioranti sull'area in studio sono stati dedotti sulla base della campagna geognostica eseguita dalla quale sono stati desunti tramite l'interpretazione di prove in situ ed in laboratorio.

Le prove in situ analizzate fanno riferimento a prove penetrometriche (S.P.T.) all'interno dei fori di sondaggio, mentre quelle in laboratorio sono state effettuate su campioni indisturbati prelevati durante le fasi di perforazione (i dettagli sono riportati nelle schede sondaggio allegate di seguito).

- PROVE SPT

Nella tabella seguente si riepilogano le prove SPT eseguite, le profondità, l'Nspt, il valore di coesione non drenata interpretato (per terreni coesivi) ed il modulo elastico (correlato da SPT) per i sondaggi di interesse considerati nel presente studio. Le schede di correlazione sintetiche con le rispettive correlazioni adottate e considerate per il caso in esame sono di seguito allegate.

INTERPRETAZIONE DELLE PROVE SPT						
PROVA	NSPT	PROF. (m)	Cu (KPa)	$\phi$	Ed (Kg/cmq)	E (Kg/cmq)
S1	14	3.60	155		77	112
S1	20	9.60	165		110	160
S1	27	21.50	235		148	216
S2	27	3.70	338		148	216
S2	32	9.70	237		176	256
S2	26	21.00	192		143	208

CORRELAZIONI N <sub>spt</sub> TERRENI COESIVI				
		Profondità (m dal p.c.)	3.6	<b>Sl<sub>NsptI</sub></b>
		N <sub>spt</sub>	14	
		g (t/mc)	1.815	
<b>Cu</b>	a) TERZAGHI&PECK		$Cu = 0,067 N_{spt}$	0.94
kg/cmq	b) DM-7		$Cu = 0,038 N_{spt}$	Arg. Bassa Plasticità
			$Cu = 0,074 N_{spt}$	Arg. Med. Plastiche
			$Cu = 0,125 N_{spt}$	Arg. Plastiche
	c) SANGLERAT		$Cu = 0,125 N_{spt}$	Arg. Med. Plastiche
			$Cu = 0,100 N_{spt}$	Arg. Lim.
			$Cu = 0,067 N_{spt}$	Arg. Lim.-Sab.
	d) SHIOI-FUKUI		$Cu = 0,025 N_{spt}$	Arg. Med. Plastiche
			$Cu = 0,05 N_{spt}$	Arg. Plastiche
<b>Ed</b>	a) STROUD&BUTLER		$Ed = 5 N_{spt}$	Arg. Med. Plastiche
kg/cmq			$Ed = 6 N_{spt}$	Arg. Bassa Plasticità
<b>G<sub>0</sub></b>	a) OHSAKI&IWASAKI		$G_0 = a N_{spt}^b$	Limi Plastici e Arg.
t/mq			a=1400 e b =0,78	10967,51
CORRELAZIONI N <sub>spt</sub> TERRENI NON COESIVI				
		Profondità (m dal p.c.)	3.6	
		N <sub>spt</sub>	14	
		g (t/mc)	1.815	
<b>Dr</b>	a) GIBBS&HOLTZ		$Dr = 21 [N_{spt}/(s+0,7)]^{0,5}$	Sab. Fini-Gross.
%	b) SCHULTZE&MEZEMBACH		$\ln(Dr) = 0,478 \ln(N_{spt}) - 0,262 \ln(s) + 2,84$	Sab. Fini-Ghiaiose
	c) SKEMPTON		$Dr = 100 [(N_{spt} (98/s)^{0,5}) / (32+0,288s)]$	Sab. Fini-Gross.
<b>φ</b>	a) ROAD BRIDGE SPECIFICATION		$\phi = (15 N_{spt})^{0,5} + 15$	Sab. fini o limose
°	b) JAPANESE		$\phi = 0,3 N_{spt} + 27$	Sab. medie-ghiaiose
	c) DE MELLO		$\phi = 19 - 0,38s + 8,73 \text{ Log}(N_{spt})$	Sab. oltre 2m dal p.c.
	d) OWASAKI		$\phi = (20 N_{spt})^{0,5} + 15$	Sab. medie-ghiaiose
	e) SOWERS		$\phi = 28 + 0,28 N_{spt}$	Sab. in genere
	f) MALCEV		$\phi = 20 - 5 \text{ Log}(s) + 3,73 \text{ Log}(N_{spt})$	Sab. oltre 2m dal p.c.
	g) PECK-HANSON		$\phi = 27,2 + 0,28 N_{spt}$	Sab. in genere
	h) MEYERHOF		$\phi = 29,47 + 0,46 N_{spt} - 0,004 N_{spt}^2$	Sab. < 5% Limo
			$\phi = 23,47 + 0,57 N_{spt} - 0,006 N_{spt}^2$	Sab. > 5% Limo
<b>E</b>	a) SCHMERTMANN		$E = 2 B N_{spt}$	
Kg/cmq			B = 4	Sab. fini
			B = 6	Sab. medie
			B = 10	Sab. grossolane
Mpa	b) TERZAGHI		$E = 2 B N_{spt}$	
			B = 7 Mpa	Sab.+Gh. e Sab. pulite
Kg/cmq	c) D'APOLLONIA		$E = 7,71 + N_{spt} + 191$	Sab.+Gh. e Sab. pulite
			$E = 10,63 + N_{spt} + 375$	Sab. SC
Kg/cmq	d) SCHULTZE&MENZEBACH		$E = 5,27 N_{spt} + 76$	Sab. in falda
Kg/cmq	e) WEBB		$E = 4,78 N_{spt} + 73$	Sab. satura
			$E = 3,22 N_{spt} + 16$	Sab. con fine plastico
<b>M</b>	a) FARRENT		$M = 7,1 N_{spt}$	Sab.
Kg/cmq	b) MENZEBACH&MALCEV		$M = 3,54 N_{spt} + 38$	Sab. fini
			$M = 4,46 N_{spt} + 38$	Sab. medie
			$M = 10,46 N_{spt} + 38$	Sab. + Gh.
			$M = 11,84 N_{spt} + 38$	Sab. Ghiaiose
<b>G<sub>0</sub></b>	a) OHSAKI&IWASAKI		$G_0 = a N_{spt}^b$	
t/mq			a=650 e b =0.94	Sab. pulite
			a=1182 e b =0.76	Sab. con fine plastico

CORRELAZIONI N <sub>spt</sub> TERRENI COESIVI				
	Profondità (m dal p.c.)	9.6		S <sub>1_NSP2</sub>
	N <sub>spt</sub>	20		
	g (t/mc)	1.787		
Cu	a) TERZAGHI&PECK	Cu = 0,067 N <sub>spt</sub>		1.34
kg/cmq	b) DM-7	Cu = 0,038 N <sub>spt</sub>	Arg. Bassa Plasticità	0.76
		Cu = 0,074 N <sub>spt</sub>	Arg. Med. Plastiche	1.48
		Cu = 0,125 N <sub>spt</sub>	Arg. Plastiche	2.50
	c) SANGLERAT	Cu = 0,125 N <sub>spt</sub>	Arg. Med. Plastiche	2.50
		Cu = 0,100 N <sub>spt</sub>	Arg. Lim.	2.00
		Cu = 0,067 N <sub>spt</sub>	Arg. Lim.-Sab.	1.34
	d) SHIOI-FUKUI	Cu = 0,025 N <sub>spt</sub>	Arg. Med. Plastiche	0.50
		Cu = 0,05 N <sub>spt</sub>	Arg. Plastiche	1.00
Ed	a) STROUD&BUTLER	Ed = 5 N <sub>spt</sub>	Arg. Med. Plastiche	100.00
kg/cmq		Ed = 6 N <sub>spt</sub>	Arg. Bassa Plasticità	120.00
G <sub>0</sub>	a) OHSAKI&IWASAKI	G <sub>0</sub> = a N <sub>spt</sub> <sup>b</sup>	Limi Plastici e Arg.	14485.43
t/mq		a=1400 e b =0.78		
CORRELAZIONI N <sub>spt</sub> TERRENI NON COESIVI				
	Profondità (m dal p.c.)	9.6		
	N <sub>spt</sub>	20		
	g (t/mc)	1.787		
Dr	a) GIBBS&HOLTZ	Dr = 21 [N <sub>spt</sub> /(s+0,7)] <sup>0.5</sup>	Sab. Fini-Gross.	99.40
%	b) SCHULTZE&MEZEMBACH	ln(Dr) = 0,478 ln(N <sub>spt</sub> )-0,262 ln(s)+2,84	Sab. Fini-Ghiaiose	33.23
	c) SKEMPTON	Dr = 100 [(N <sub>spt</sub> (98/s) <sup>0.5</sup> ) / (32+0,288s)]	Sab. Fini-Gross.	33.74
φ	a) ROAD BRIDGE SPECIFICATION	φ = (15 N <sub>spt</sub> ) <sup>0.5</sup> + 15	Sab. fini o limose	32.32
°	b) JAPANESE	φ = 0,3 N <sub>spt</sub> + 27	Sab. medie-ghiaiose	31.50
	c) DE MELLO	φ = 19-0,38s+8,73 Log (N <sub>spt</sub> )	Sab. oltre 2m dal p.c.	23.84
	d) OWASAKI	φ = (20 N <sub>spt</sub> ) <sup>0.5</sup> + 15	Sab. medie-ghiaiose	35.00
	e) SOWERS	φ = 28 + 0,28 N <sub>spt</sub>	Sab. in genere	33.60
	f) MALCEV	φ = 20-5 Log(s)+3,73 Log (N <sub>spt</sub> )	Sab. oltre 2m dal p.c.	18.68
	g) PECK-HANSON	φ = 27,2 + 0,28 N <sub>spt</sub>	Sab. in genere	32.80
	h) MEYERHOF	φ = 29,47 + 0,46 N <sub>spt</sub> - 0,004 N <sub>spt</sub> <sup>2</sup>	Sab. < 5% Limo	37.07
		φ = 23,47 + 0,57 N <sub>spt</sub> - 0,006 N <sub>spt</sub> <sup>2</sup>	Sab. > 5% Limo	32.47
E	a) SCHMERTMANN	E = 2 B N <sub>spt</sub>		
Kg/cmq		B = 4	Sab. fini	160.00
		B = 6	Sab. medie	240.00
		B = 10	Sab. grossolane	400.00
Mpa	b) TERZAGHI	E = 2 B N <sub>spt</sub>		
		B = 7 Mpa	Sab.+Gh. e Sab. pulite	280.00
Kg/cmq	c) D'APOLLONIA	E = 7,71 + N <sub>spt</sub> + 191	Sab.+Gh. e Sab. pulite	218.71
		E = 10,63 + N <sub>spt</sub> + 375	Sab. SC	405.63
Kg/cmq	d) SCHULTZE&MENZEBACH	E = 5,27 N <sub>spt</sub> + 76	Sab. in falda	181.40
Kg/cmq	e) WEBB	E = 4,78 N <sub>spt</sub> + 73	Sab. satura	168.60
		E = 3,22 N <sub>spt</sub> + 16	Sab. con fine plastico	80.40
M	a) FARRENT	M = 7,1 N <sub>spt</sub>	Sab.	142.00
Kg/cmq	b) MENZEBACH&MALCEV	M = 3,54 N <sub>spt</sub> + 38	Sab. fini	108.80
		M = 4,46 N <sub>spt</sub> + 38	Sab. medie	127.20
		M = 10,46 N <sub>spt</sub> + 38	Sab. + Gh.	247.20
		M = 11,84 N <sub>spt</sub> + 38	Sab. Ghiaiose	274.80
G <sub>0</sub>	a) OHSAKI&IWASAKI	G <sub>0</sub> = a N <sub>spt</sub> <sup>b</sup>		
t/mq		a =650 e b =0.94	Sab. pulite	10861.29
		a =1182 e b =0.76	Sab. con fine plastico	11518.62

CORRELAZIONI N <sub>spt</sub> TERRENI COESIVI				
		Profondità (m dal p.c.)	21.5	S <sub>1_NSPt3</sub>
		N <sub>spt</sub>	27	
		g (t/mc)	1.816	
Cu	a) TERZAGHI&PECK		Cu = 0,067 N <sub>spt</sub>	1.81
kg/cmq	b) DM-7		Cu = 0,038 N <sub>spt</sub>	Arg. Bassa Plasticità
			Cu = 0,074 N <sub>spt</sub>	Arg. Med. Plastiche
			Cu = 0,125 N <sub>spt</sub>	Arg. Plastiche
	c) SANGLERAT		Cu = 0,125 N <sub>spt</sub>	Arg. Med. Plastiche
			Cu = 0,100 N <sub>spt</sub>	Arg. Lim.
			Cu = 0,067 N <sub>spt</sub>	Arg. Lim.-Sab.
	d) SHIOI-FUKUI		Cu = 0,025 N <sub>spt</sub>	Arg. Med. Plastiche
			Cu = 0,05 N <sub>spt</sub>	Arg. Plastiche
Ed	a) STROUD&BUTLER		Ed = 5 N <sub>spt</sub>	Arg. Med. Plastiche
kg/cmq			Ed = 6 N <sub>spt</sub>	Arg. Bassa Plasticità
G <sub>0</sub>	a) OHSAKI&IWASAKI		G <sub>0</sub> = a N <sub>spt</sub> <sup>b</sup>	Limi Plastici e Arg.
t/mq			a=1400 e b =0,78	18305.93
CORRELAZIONI N <sub>spt</sub> TERRENI NON COESIVI				
		Profondità (m dal p.c.)	21.5	
		N <sub>spt</sub>	27	
		g (t/mc)	1.816	
Dr	a) GIBBS&HOLTZ		Dr = 21 [N <sub>spt</sub> /(s+0,7)] <sup>0.5</sup>	Sab. Fini-Gross.
%	b) SCHULTZE&MEZEMBACH		ln(Dr) = 0,478 ln(N <sub>spt</sub> )-0,262 ln(s)+2,84	Sab. Fini-Ghiaiose
	c) SKEMPTON		Dr = 100 [(N <sub>spt</sub> (98/s) <sup>0.5</sup> ] / (32+0,288s)	Sab. Fini-Gross.
φ	a) ROAD BRIDGE SPECIFICATION		φ = (15 N <sub>spt</sub> ) <sup>0.5</sup> + 15	Sab. fini o limose
°	b) JAPANESE		φ = 0,3 N <sub>spt</sub> + 27	Sab. medie-ghiaiose
	c) DE MELLO		φ = 19-0,38s+8,73 Log (N <sub>spt</sub> )	Sab. oltre 2m dal p.c.
	d) OWASAKI		φ = (20 N <sub>spt</sub> ) <sup>0.5</sup> + 15	Sab. medie-ghiaiose
	e) SOWERS		φ = 28 + 0,28 N <sub>spt</sub>	Sab. in genere
	f) MALCEV		φ = 20-5 Log(s)+3,73 Log (N <sub>spt</sub> )	Sab. oltre 2m dal p.c.
	g) PECK-HANSON		φ = 27,2 + 0,28 N <sub>spt</sub>	Sab. in genere
	h) MEYERHOF		φ = 29,47 + 0,46 N <sub>spt</sub> - 0,004 N <sub>spt</sub> <sup>2</sup>	Sab. < 5% Limo
			φ = 23,47 + 0,57 N <sub>spt</sub> - 0,006 N <sub>spt</sub> <sup>2</sup>	Sab. > 5% Limo
E	a) SCHMERTMANN		E = 2 B N <sub>spt</sub>	
Kg/cmq			B = 4	Sab. fini
			B = 6	Sab. medie
			B = 10	Sab. grossolane
Mpa	b) TERZAGHI		E = 2 B N <sub>spt</sub>	
			B = 7 Mpa	Sab.+Gh. e Sab. pulite
Kg/cmq	c) D'APOLLONIA		E = 7,71 + N <sub>spt</sub> + 191	Sab.+Gh. e Sab. pulite
			E = 10,63 + N <sub>spt</sub> + 375	Sab. SC
Kg/cmq	d) SCHULTZE&MENZEBACH		E = 5,27 N <sub>spt</sub> + 76	Sab. in falda
Kg/cmq	e) WEBB		E = 4,78 N <sub>spt</sub> + 73	Sab. satura
			E = 3,22 N <sub>spt</sub> + 16	Sab. con fine plastico
M	a) FARRENT		M = 7,1 N <sub>spt</sub>	Sab.
Kg/cmq	b) MENZEBACH&MALCEV		M = 3,54 N <sub>spt</sub> + 38	Sab. fini
			M = 4,46 N <sub>spt</sub> + 38	Sab. medie
			M = 10,46 N <sub>spt</sub> + 38	Sab. + Gh.
			M = 11,84 N <sub>spt</sub> + 38	Sab. Ghiaiose
G <sub>0</sub>	a) OHSAKI&IWASAKI		G <sub>0</sub> = a N <sub>spt</sub> <sup>b</sup>	
t/mq			a =650 e b =0.94	Sab. pulite
			a =1182 e b =0.76	Sab. con fine plastico

CORRELAZIONI N <sub>spt</sub> TERRENI COESIVI				
		Profondità (m dal p.c.)	3.7	S <sub>2</sub> N <sub>SPTI</sub>
		N <sub>spt</sub>	27	
		g (t/mc)	1.936	
Cu	a) TERZAGHI&PECK		$Cu = 0,067 N_{spt}$	1.81
kg/cmq	b) DM-7		$Cu = 0,038 N_{spt}$	Arg. Bassa Plasticità 1.03
			$Cu = 0,074 N_{spt}$	Arg. Med. Plastiche 2.00
			$Cu = 0,125 N_{spt}$	Arg. Plastiche 3.38
	c) SANGLERAT		$Cu = 0,125 N_{spt}$	Arg. Med. Plastiche 3.38
			$Cu = 0,100 N_{spt}$	Arg. Lim. 2.70
			$Cu = 0,067 N_{spt}$	Arg. Lim.-Sab. 1.81
	d) SHIOI-FUKUI		$Cu = 0,025 N_{spt}$	Arg. Med. Plastiche 0.68
			$Cu = 0,05 N_{spt}$	Arg. Plastiche 1.35
Ed	a) STROUD&BUTLER		$Ed = 5 N_{spt}$	Arg. Med. Plastiche 135.00
kg/cmq			$Ed = 6 N_{spt}$	Arg. Bassa Plasticità 162.00
G <sub>0</sub>	a) OHSAKI&IWASAKI		$G_0 = a N_{spt}^b$	Limi Plastici e Arg. 18305.93
t/mq			$a=1400$ e $b=0,78$	
CORRELAZIONI N <sub>spt</sub> TERRENI NON COESIVI				
		Profondità (m dal p.c.)	3.7	
		N <sub>spt</sub>	27	
		g (t/mc)	1.936	
Dr	a) GIBBS&HOLTZ		$Dr = 21 [N_{spt}/(s+0,7)]^{0,5}$	Sab. Fini-Gross. 202.20
%	b) SCHULTZE&MEZEMBACH		$\ln(Dr) = 0,478 \ln(N_{spt}) - 0,262 \ln(s) + 2,84$	Sab. Fini-Ghiaiose 48.10
	c) SKEMPTON		$Dr = 100 [(N_{spt} (98/s)^{0,5}) / (32+0,288s)]$	Sab. Fini-Gross. 65.76
φ	a) ROAD BRIDGE SPECIFICATION		$\phi = (15 N_{spt})^{0,5} + 15$	Sab. fini o limose 35.12
°	b) JAPANESE		$\phi = 0,3 N_{spt} + 27$	Sab. medie-ghiaiose 31.50
	c) DE MELLO		$\phi = 19 - 0,38s + 8,73 \text{ Log}(N_{spt})$	Sab. oltre 2m dal p.c. 28.77
	d) OWASAKI		$\phi = (20 N_{spt})^{0,5} + 15$	Sab. medie-ghiaiose 38.24
	e) SOWERS		$\phi = 28 + 0,28 N_{spt}$	Sab. in genere 35.56
	f) MALCEV		$\phi = 20 - 5 \text{ Log}(s) + 3,73 \text{ Log}(N_{spt})$	Sab. oltre 2m dal p.c. 21.06
	g) PECK-HANSON		$\phi = 27,2 + 0,28 N_{spt}$	Sab. in genere 34.76
	h) MEYERHOF		$\phi = 29,47 + 0,46 N_{spt} - 0,004 N_{spt}^2$	Sab. < 5% Limo 38.97
			$\phi = 23,47 + 0,57 N_{spt} - 0,006 N_{spt}^2$	Sab. > 5% Limo 34.49
E	a) SCHMERTMANN		$E = 2 B N_{spt}$	
Kg/cmq			$B = 4$	Sab. fini 216.00
			$B = 6$	Sab. medie 324.00
			$B = 10$	Sab. grossolane 540.00
Mpa	b) TERZAGHI		$E = 2 B N_{spt}$	
			$B = 7 \text{ Mpa}$	Sab.+Gh. e Sab. pulite 378.00
Kg/cmq	c) D'APOLLONIA		$E = 7,71 + N_{spt} + 191$	Sab.+Gh. e Sab. pulite 225.71
			$E = 10,63 + N_{spt} + 375$	Sab. SC 412.63
Kg/cmq	d) SCHULTZE&MENZEBACH		$E = 5,27 N_{spt} + 76$	Sab. in falda 218.29
Kg/cmq	e) WEBB		$E = 4,78 N_{spt} + 73$	Sab. satura 202.06
			$E = 3,22 N_{spt} + 16$	Sab. con fine plastico 102.94
M	a) FARRENT		$M = 7,1 N_{spt}$	Sab. 191.70
Kg/cmq	b) MENZEBACH&MALCEV		$M = 3,54 N_{spt} + 38$	Sab. fini 133.58
			$M = 4,46 N_{spt} + 38$	Sab. medie 158.42
			$M = 10,46 N_{spt} + 38$	Sab. + Gh. 320.42
			$M = 11,84 N_{spt} + 38$	Sab. Ghiaiose 357.68
G <sub>0</sub>	a) OHSAKI&IWASAKI		$G_0 = a N_{spt}^b$	
t/mq			$a=650$ e $b=0,94$	Sab. pulite 14401.09
			$a=1182$ e $b=0,76$	Sab. con fine plastico 14469.51

CORRELAZIONI N <sub>spt</sub> TERRENI COESIVI				
		Profondità (m dal p.c.)	9.7	S <sub>2</sub> _NSPT2
		N <sub>spt</sub>	32	
		g (t/mc)	1.878	
Cu	a) TERZAGHI&PECK		Cu = 0,067 N <sub>spt</sub>	2.14
kg/cmq	b) DM-7		Cu = 0,038 N <sub>spt</sub>	Arg. Bassa Plasticità 1.22
			Cu = 0,074 N <sub>spt</sub>	Arg. Med. Plastiche 2.37
			Cu = 0,125 N <sub>spt</sub>	Arg. Plastiche 4.00
	c) SANGLERAT		Cu = 0,125 N <sub>spt</sub>	Arg. Med. Plastiche 4.00
			Cu = 0,100 N <sub>spt</sub>	Arg. Lim. 3.20
			Cu = 0,067 N <sub>spt</sub>	Arg. Lim.-Sab. 2.14
	d) SHIOI-FUKUI		Cu = 0,025 N <sub>spt</sub>	Arg. Med. Plastiche 0.80
			Cu = 0,05 N <sub>spt</sub>	Arg. Plastiche 1.60
Ed	a) STROUD&BUTLER		Ed = 5 N <sub>spt</sub>	Arg. Med. Plastiche 160.00
kg/cmq			Ed = 6 N <sub>spt</sub>	Arg. Bassa Plasticità 192.00
G <sub>0</sub>	a) OHSAKI&IWASAKI		G <sub>0</sub> = a N <sub>spt</sub> <sup>b</sup>	Limi Plastici e Arg. 20899.94
t/mq			a=1400 e b =0.78	
CORRELAZIONI N <sub>spt</sub> TERRENI NON COESIVI				
		Profondità (m dal p.c.)	9.7	
		N <sub>spt</sub>	32	
		g (t/mc)	1.878	
Dr	a) GIBBS&HOLTZ		Dr = 21 [N <sub>spt</sub> /(s+0,7)] <sup>0.5</sup>	Sab. Fini-Gross. 154.51
%	b) SCHULTZE&MEZEMBACH		ln(Dr) = 0,478 ln(N <sub>spt</sub> )-0,262 ln(s)+2,84	Sab. Fini-Ghiaiose 40.89
	c) SKEMPTON		Dr = 100 [(N <sub>spt</sub> (98/s) <sup>0.5</sup> ) / (32+0,288s)]	Sab. Fini-Gross. 43.52
φ	a) ROAD BRIDGE SPECIFICATION		φ = (15 N <sub>spt</sub> ) <sup>0.5</sup> + 15	Sab. fini o limose 36.91
°	b) JAPANESE		φ = 0,3 N <sub>spt</sub> + 27	Sab. medie-ghiaiose 31.50
	c) DE MELLO		φ = 19-0,38s+8,73 Log (N <sub>spt</sub> )	Sab. oltre 2m dal p.c. 25.22
	d) OWASAKI		φ = (20 N <sub>spt</sub> ) <sup>0.5</sup> + 15	Sab. medie-ghiaiose 40.30
	e) SOWERS		φ = 28 + 0,28 N <sub>spt</sub>	Sab. in genere 36.96
	f) MALCEV		φ = 20-5 Log(s)+3,73 Log (N <sub>spt</sub> )	Sab. oltre 2m dal p.c. 19.31
	g) PECK-HANSON		φ = 27,2 + 0,28 N <sub>spt</sub>	Sab. in genere 36.16
	h) MEYERHOF		φ = 29,47 + 0,46 N <sub>spt</sub> - 0,004 N <sub>spt</sub> <sup>2</sup>	Sab. < 5% Limo 40.09
			φ = 23,47 + 0,57 N <sub>spt</sub> - 0,006 N <sub>spt</sub> <sup>2</sup>	Sab. > 5% Limo 35.57
E	a) SCHMERTMANN		E = 2 B N <sub>spt</sub>	
Kg/cmq			B = 4	Sab. fini 256.00
			B = 6	Sab. medie 384.00
			B = 10	Sab. grossolane 640.00
Mpa	b) TERZAGHI		E = 2 B N <sub>spt</sub>	
			B = 7 Mpa	Sab.+Gh. e Sab. pulite 448.00
Kg/cmq	c) D'APOLLONIA		E = 7,71 + N <sub>spt</sub> + 191	Sab.+Gh. e Sab. pulite 230.71
			E = 10,63 + N <sub>spt</sub> + 375	Sab. SC 417.63
Kg/cmq	d) SCHULTZE&MENZEBACH		E = 5,27 N <sub>spt</sub> + 76	Sab. in falda 244.64
Kg/cmq	e) WEBB		E = 4,78 N <sub>spt</sub> + 73	Sab. satura 225.96
			E = 3,22 N <sub>spt</sub> + 16	Sab. con fine plastico 119.04
M	a) FARRENT		M = 7,1 N <sub>spt</sub>	Sab. 227.20
Kg/cmq	b) MENZEBACH&MALCEV		M = 3,54 N <sub>spt</sub> + 38	Sab. fini 151.28
			M = 4,46 N <sub>spt</sub> + 38	Sab. medie 180.72
			M = 10,46 N <sub>spt</sub> + 38	Sab. + Gh. 372.72
			M = 11,84 N <sub>spt</sub> + 38	Sab. Ghiaiose 416.88
G <sub>0</sub>	a) OHSAKI&IWASAKI		G <sub>0</sub> = a N <sub>spt</sub> <sup>b</sup>	
t/mq			a = 650 e b = 0.94	Sab. pulite 16894.85
			a = 1182 e b = 0.76	Sab. con fine plastico 16463.85

CORRELAZIONI N <sub>spt</sub> TERRENI COESIVI				
		Profondità (m dal p.c.)	21	S <sub>2</sub> _N <sub>SPT</sub> 3
		N <sub>spt</sub>	26	
		g (t/mc)	1.831	
Cu	a) TERZAGHI&PECK		$Cu = 0,067 N_{spt}$	1.74
kg/cmq	b) DM-7		$Cu = 0,038 N_{spt}$	Arg. Bassa Plasticità
			$Cu = 0,074 N_{spt}$	Arg. Med. Plastiche
			$Cu = 0,125 N_{spt}$	Arg. Plastiche
	c) SANGLERAT		$Cu = 0,125 N_{spt}$	Arg. Med. Plastiche
			$Cu = 0,100 N_{spt}$	Arg. Lim.
			$Cu = 0,067 N_{spt}$	Arg. Lim.-Sab.
	d) SHIOI-FUKUI		$Cu = 0,025 N_{spt}$	Arg. Med. Plastiche
			$Cu = 0,05 N_{spt}$	Arg. Plastiche
Ed	a) STROUD&BUTLER		$Ed = 5 N_{spt}$	Arg. Med. Plastiche
kg/cmq			$Ed = 6 N_{spt}$	Arg. Bassa Plasticità
G <sub>0</sub>	a) OHSAKI&IWASAKI		$G_0 = a N_{spt}^b$	Limi Plastici e Arg.
t/mq			$a=1400$ e $b=0,78$	17774.90
CORRELAZIONI N <sub>spt</sub> TERRENI NON COESIVI				
		Profondità (m dal p.c.)	21	
		N <sub>spt</sub>	26	
		g (t/mc)	1.831	
Dr	a) GIBBS&HOLTZ		$Dr = 21 [N_{spt}/(s+0,7)]^{0,5}$	Sab. Fini-Gross.
%	b) SCHULTZE&MEZEMBACH		$\ln(Dr) = 0,478 \ln(N_{spt}) - 0,262 \ln(s) + 2,84$	Sab. Fini-Ghiaiose
	c) SKEMPTON		$Dr = 100 [(N_{spt} (98/s)^{0,5}) / (32+0,288s)]$	Sab. Fini-Gross.
φ	a) ROAD BRIDGE SPECIFICATION		$\phi = (15 N_{spt})^{0,5} + 15$	Sab. fini o limose
°	b) JAPANESE		$\phi = 0,3 N_{spt} + 27$	Sab. medie-ghiaiose
	c) DE MELLO		$\phi = 19 - 0,38s + 8,73 \text{ Log}(N_{spt})$	Sab. oltre 2m dal p.c.
	d) OWASAKI		$\phi = (20 N_{spt})^{0,5} + 15$	Sab. medie-ghiaiose
	e) SOWERS		$\phi = 28 + 0,28 N_{spt}$	Sab. in genere
	f) MALCEV		$\phi = 20 - 5 \text{ Log}(s) + 3,73 \text{ Log}(N_{spt})$	Sab. oltre 2m dal p.c.
	g) PECK-HANSON		$\phi = 27,2 + 0,28 N_{spt}$	Sab. in genere
	h) MEYERHOF		$\phi = 29,47 + 0,46 N_{spt} - 0,004 N_{spt}^2$	Sab. < 5% Limo
			$\phi = 23,47 + 0,57 N_{spt} - 0,006 N_{spt}^2$	Sab. > 5% Limo
E	a) SCHMERTMANN		$E = 2 B N_{spt}$	
Kg/cmq			$B = 4$	Sab. fini
			$B = 6$	Sab. medie
			$B = 10$	Sab. grossolane
Mpa	b) TERZAGHI		$E = 2 B N_{spt}$	
			$B = 7 \text{ Mpa}$	Sab.+Gh. e Sab. pulite
Kg/cmq	c) D'APOLLONIA		$E = 7,71 + N_{spt} + 191$	Sab.+Gh. e Sab. pulite
			$E = 10,63 + N_{spt} + 375$	Sab. SC
Kg/cmq	d) SCHULTZE&MENZEBACH		$E = 5,27 N_{spt} + 76$	Sab. in falda
Kg/cmq	e) WEBB		$E = 4,78 N_{spt} + 73$	Sab. satura
			$E = 3,22 N_{spt} + 16$	Sab. con fine plastico
M	a) FARRENT		$M = 7,1 N_{spt}$	Sab.
Kg/cmq	b) MENZEBACH&MALCEV		$M = 3,54 N_{spt} + 38$	Sab. fini
			$M = 4,46 N_{spt} + 38$	Sab. medie
			$M = 10,46 N_{spt} + 38$	Sab. + Gh.
			$M = 11,84 N_{spt} + 38$	Sab. Ghiaiose
G <sub>0</sub>	a) OHSAKI&IWASAKI		$G_0 = a N_{spt}^b$	
t/mq			$a=650$ e $b=0,94$	Sab. pulite
			$a=1182$ e $b=0,76$	Sab. con fine plastico

- **ELABORAZIONE DELLE PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO**

I valori specifici delle grandezze fisiche e meccaniche dei terreni sono stati dedotti dai dati ottenuti dalle prove di laboratorio eseguite sui campioni indisturbati di terreno prelevati nei sondaggi eseguiti S1 ed S2.

- Specifiche analisi geotecniche di laboratorio:

Le prove geotecniche di laboratorio eseguite su terre per tutti i campioni prelevati (n.6) in relazione alle caratteristiche tessiturali e litotecniche sono state le seguenti:

- Caratteristiche fisiche

- Determinazione del contenuto naturale d'acqua;
- Determinazione del peso dell'unità di volume;
- Determinazione del peso specifico;
- Determinazione della composizione granulometrica;
- Determinazione dei Limiti di Atterberg.

- Caratteristiche meccaniche

- Prove di taglio diretto;
- Prove di compressione ad espansione laterale libera E.L.L.;
- Prove triassiali non consolidate non drenate UU;
- Prove di compressione edometrica.

Dall'analisi delle stratigrafie e dei campioni sottoposti alle prove geotecniche, con le informazioni desunte dalle indagini sismiche, la stratigrafia relativamente agli aerogeneratori CH03 e CH06 ed estendibile quindi alle restanti posizioni degli aerogeneratori è composta dai termini litologici di seguito elencati e descritti:

- Sabbie limose e limi sabbiosi giallastri (depositi terrazzati)
- Calcareniti giallastre (depositi terrazzati)
- Argille marnose (Trubi) superficiali
- Argille limose di colore beige
- Argille grigie inalterate.

Nella tabella di seguito allegata si riepilogano i principali parametri meccanici (peso dell'unità di volume, coesione drenata, angolo di attrito in condizioni drenate, coesione non drenata, modulo elastico, modulo edometrico), ottenuti tramite l'interpretazione delle prove descritte ed eseguite sui campioni analizzati distinguendo le diverse unità litotecniche uniformi derivanti dalla caratterizzazione lito-stratigrafica.

Nel complesso i parametri litotecnici dedotti, con particolare attenzione alle caratteristiche meccaniche, risultano discreti, con un miglioramento delle proprietà all'aumentare della profondità.

*Si rilevano inoltre parametri caratteristici meccanici leggermente superiori lungo la verticale S2 (litotipi a > componente sabbioso-arenacea) rispetto alla S1 (prevalentemente limoso-argillosi).*

*Relativamente al primo orizzonte a tenore prevalentemente sabbioso-arenaceo con spessore di circa 3,00m dal p.c., nel caso del S2, si hanno caratteristiche da discrete ad ottime come evidenziato nella tabella che segue (Unità 2A).*

*Le Unità 1C e 2C afferenti alla formazione pelitica-marnosa di substrato geologico risultano parametricamente in linea rispetto alle due verticali indagate e con valori discreti.*

Sondaggio		S1	S1	S1	S2	S2	S2
Caratteristiche fisiche							
Campione		C1	C2	C3	C1	C2	C3
Profondità		3,00	9,00	21,00	3,00	9,00	19,50
Altezza (cm)		52,0	51,0	41,0	53,0	54,0	52,0
Contenuto d'acqua W (%)		33,14	36,96	34,39	24,15	24,54	33,08
Peso di volume g (kN/m3)		18,15	17,87	18,16	19,36	18,78	18,31
Peso di volume secco gd (kN/m3)		13,63	13,05	13,52	15,60	15,08	13,76
Peso specifico gs (kN/m3)		26,56	26,44	26,36	26,42	26,45	26,42

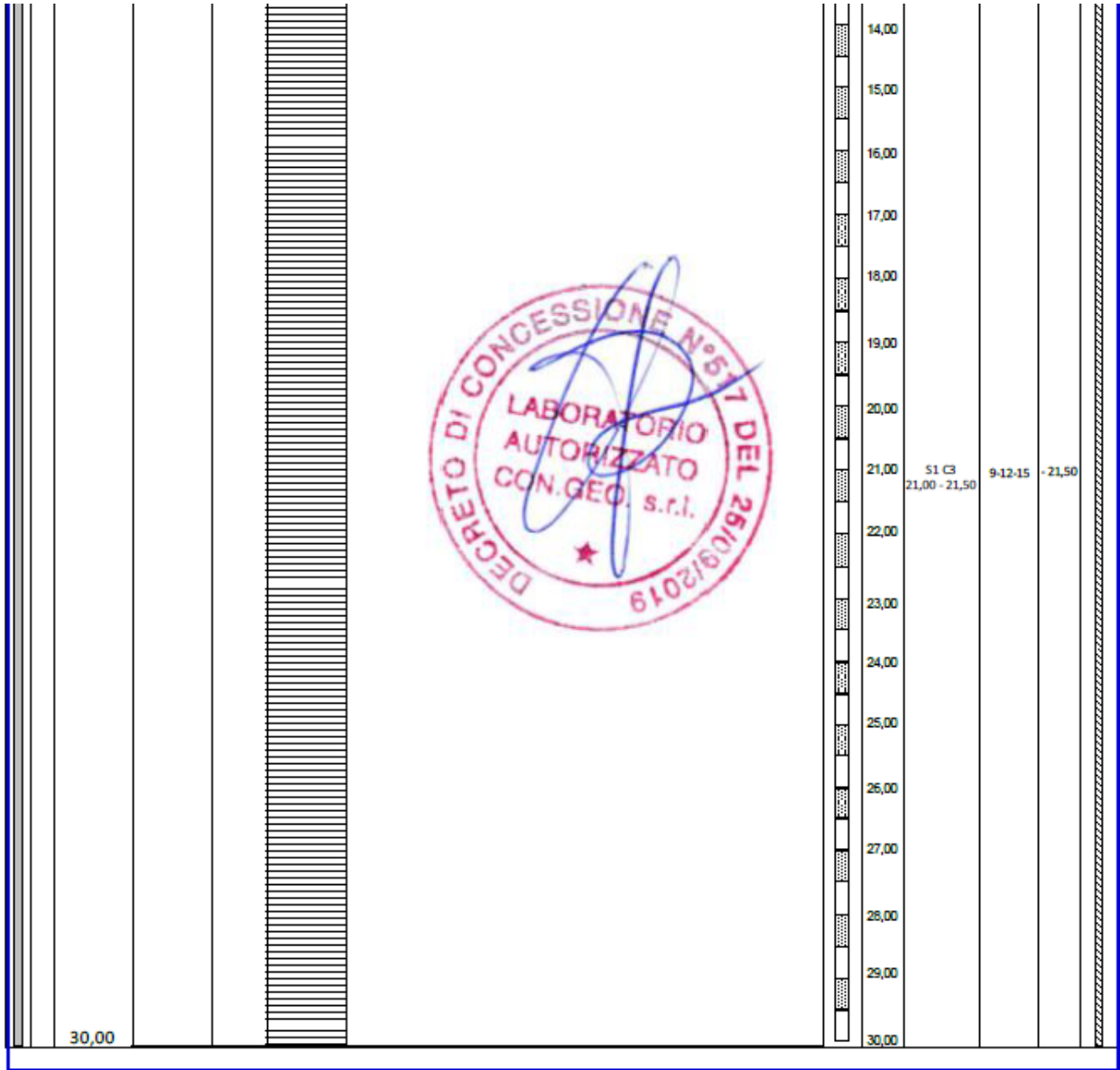


Porosità (%)		48,67	50,65	48,74	40,97	43,00	47,91
Indice dei vuoti		0,95	1,03	0,95	0,69	0,75	0,92
Saturazione (%)		94,62	97,09	97,23	93,76	87,75	96,89
Limite liquido (%)		65,88	63,54	59,81	64,91	51,19	57,37
Limite plastico (%)		26,69	26,59	27,39	26,52	21,58	27,14
Ghiaia (%)							
Sabbia (%)		1,60	2,18	6,08	9,44	8,92	6,32
Limo (%)		75,70	74,48	59,83	65,43	64,70	53,17
Argilla (%)		22,70	23,34	34,08	25,13	26,38	40,51
<b>Caratteristiche meccaniche</b>							
Taglio diretto	c' (kN/m <sup>2</sup> )	7,14	15,53	20,66	31,38	20,01	24,77
	φ' (°)	26,50	26,97	24,25	25,46	25,64	23,27
Tx UU	Cu (kN/m <sup>2</sup> )	158,32	164,27		401,73		204,21
ELL	Cu (kN/m <sup>2</sup> )			237,07		232,22	
Ed (modulo edometrico) kg/cm <sup>2</sup>		77	110	148	148	176	143
E (modulo elastico) kg/cm <sup>2</sup>		112	160	216	216	256	208
<b>Unità litotecniche uniformi</b>		<b>1A</b>	<b>1B</b>	<b>1C</b>	<b>2A</b>	<b>2B</b>	<b>2C</b>

Sondaggio S1 – CH06

<b>Committente:</b> R2R	
<b>Sito:</b> Mazara del Vallo (TP)	
<b>Progetto:</b> VGE03 - PE CHELBI	
<b>Data:</b> 04/10/2022	
<b>Sondaggio:</b> S1 - CH6	
<b>Tipo attività:</b> Sondaggio a C.C.	
<b>Direzione cantiere:</b> Dr. Geol. V. Costanza	
profondità sondaggio c.c.: 30,00 m rivestimento: 10 m	
Lat: 37° 46'50.05"N Long: 12°46'46.2"E	

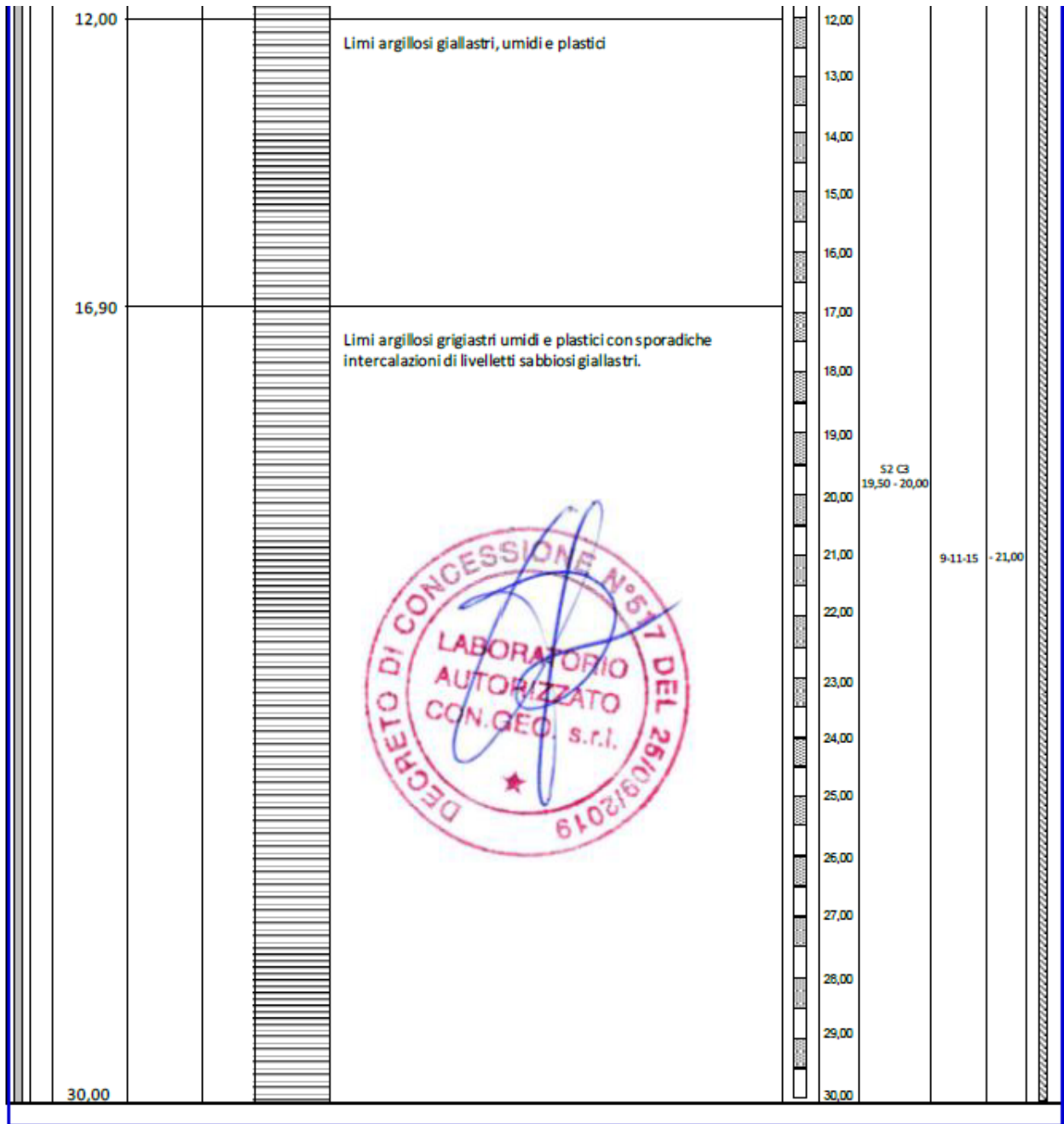
Profondità progressiva m	pocket penetr kg/cmq	% carot.	Litologie	Descrizione del terreno	Campioni		SPT		Pneumatico
					m	prof.	n. colpi	m	
0,30				Terreno vegetale	0,00				
1,50				Sabbie e arenarie poco cementate giallo chiaro	1,00				
2,20				Arenarie giallo chiaro	2,00				
6,50				Limi argillosi e mamosi di colore bianco - grigio con intercalazioni argillo limose di colore giallastro, umide e plastiche	3,00	S1 C1 3,00 - 3,60	4-6-8	-3,60	
10,00				Limi argillosi poco alterate, umide e plastiche di colore giallastro	7,00				
				Limi argillosi grigiastri umidi e plastici con rari livelli di sabbie e arenarie grigie	9,00	S1 C2 9,00 - 9,60	8-9-11	-9,60	
					11,00				
					12,00				
					13,00				
					14,00				
					15,00				
					16,00				
					17,00				



Sondaggio S2 – CH03

<b>Committeni</b>		
<b>Sito:</b>	Mazara del Vallo (TP)	
<b>Progetto:</b>	VGE03 - PE CHELBI	
<b>Data:</b>	05/10/2022	
<b>Sondaggio:</b>	S2 - CH3	
<b>Tipo attività:</b>	Sondaggio a C.C.	
<b>Direzione cantiere:</b>	Dr. Geol. V. Costanza	
profondità sondaggio c.c.: 30,00 m rivestimento: 10 m Lat: 37° 46'26.6"N Long: 12°35'38.7"E		

Profondità progressiva m	pocket penetr kg/cmq	% carot.	Litologie	Descrizione del terreno	m	Campioni		SPT		Piezometri
						prof.	n. colpi	m		
0,40				Terreno vegetale	0,00					
1,00				Sabbie limose con sostanze organiche	1,00					
1,50				Sabbie sciolte e limi biancastri	2,00					
3,00				Limi sabbiosi di colore giallo chiaro con intercalazioni di sottili livelli marnosi.	3,00	S2 C1 3,00 - 3,70	9-13-14	-3,70		
6,00				Limi sabbiosi di colore dal giallo chiaro a biancastri con livelli marnosi	4,00					
					5,00					
					6,00					
				Limi sabbiosi e marne sabbiose di colore dal giallo chiaro al biancastro	7,00					
					8,00					
					9,00	S2 C2 9,00 - 9,70	11-15-17			
10,00				Limi argillosi biancastri, umidi e plastici	10,00					
					11,00					
					12,00					
12,00				Limi argillosi giallastri, umidi e plastici	13,00					
					14,00					
					15,00					
					16,00					
16,90					17,00					



## 6. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DELL'AREA

Per l'area in studio sono stati eseguiti in corrispondenza dei sondaggi geognostici S1 ed S2 n.2 profili sismici secondo la metodologia MASW, eseguiti sui siti oggetto di caratterizzazione stratigrafica-geotecnica i cui dettagli e risultati sono stati descritti nel paragrafo precedente.

La MASW è una metodologia non invasiva che utilizza le onde di Rayleigh, componente principale delle onde superficiali, e per questo poco soggetta ai rumori ambientali; l'analisi delle onde S viene eseguita mediante la trattazione spettrale del sismogramma.

L'indagine consultata 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, secondo la normativa vigente (D.M. 17/01/2018).

### Metodo d'indagine e risultati ottenuti

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 VP e dalla densità, è funzione innanzitutto della VS, 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", prodotto dalla "Eliosoft", che consente di analizzare dati sismici (commonshot gathers) acquisiti in campagna in modo tale da poter ricavare il profilo verticale della VS (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 (maglio 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 VS (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" 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 (e quindi la Vs30) 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 genetici) 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).

Grazie alle conoscenze geologiche dell'area in esame, si è stabilito per l'interpretazione dei dati acquisiti una modellistica a 3 strati in funzione della stratigrafia ottenuta tramite le indagini dirette. Le curve di dispersione relative ai sondaggi sismici eseguiti sono mostrate negli allegati. Solo il modo fondamentale delle due curve è stato analizzato per la determinazione del parametro Vs30.

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 fatturazione, ecc.), non sempre gli spessori sismostratigrafici coincidono con gli spessori litologici.

Le nuove "Norme Tecniche per le Costruzioni" del 17/01/2018 (art. 3.2.2.) introducono il concetto di "Velocità equivalente - Vseq". Questa è calcolata in modo perfettamente analogo alla Vs30, ma invece di estendere la media pesata fino ai rigorosi 30 m di profondità, adesso viene portata fino ad una profondità H (che può essere pari a 30 m, ma anche un valore minore). A decretare il valore di questa profondità H è il raggiungimento del "substrato", caratterizzato da velocità superiori agli 800 m/s.

Trovandoci, nel caso specifico, nella condizione stratigrafica di "substrato sismico (con Vs > 800 m/s)" profondo oltre i 30 metri, la categoria di sottosuolo viene calcolata riferendoci ai valori delle onde di taglio mediate sui primi 30 metri di terreno Vseq,30.

Per l'area in esame sono stati definiti un Vseq = 327,04 m/s per la prima Masw e Vseq = 322,58 m/s per la seconda Masw che identificano una categoria sismica di tipo "C".

Le Vseq, che in questo caso coincidono con le Vs30, misurate sono state sintetizzate nella tabella di seguito rappresentata distinta per correlazione con la colonna stratigrafica a cui si fa riferimento e quindi ai nuovi aerogeneratori in progetto:

Stendimento del suolo	Aerogeneratore	Vseq = Vs30 (m/s)	Categoria Sismica
presso S1	CH06	327,04	C
presso S2	CH03	322,58	C

Le indagini sismiche reperite hanno consentito di individuare la categoria sismica del sottosuolo che, secondo le N.T.C. del D.M. 17/01/2018, rientra nella cat. di suolo **C per le due configurazioni stratigrafiche analizzate (CH03 e CH06) che possono essere quindi estese all'intero parco eolico ed opere infrastrutturali** pertanto esso risulta composto da:

**Categoria C:** *“Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s”.*

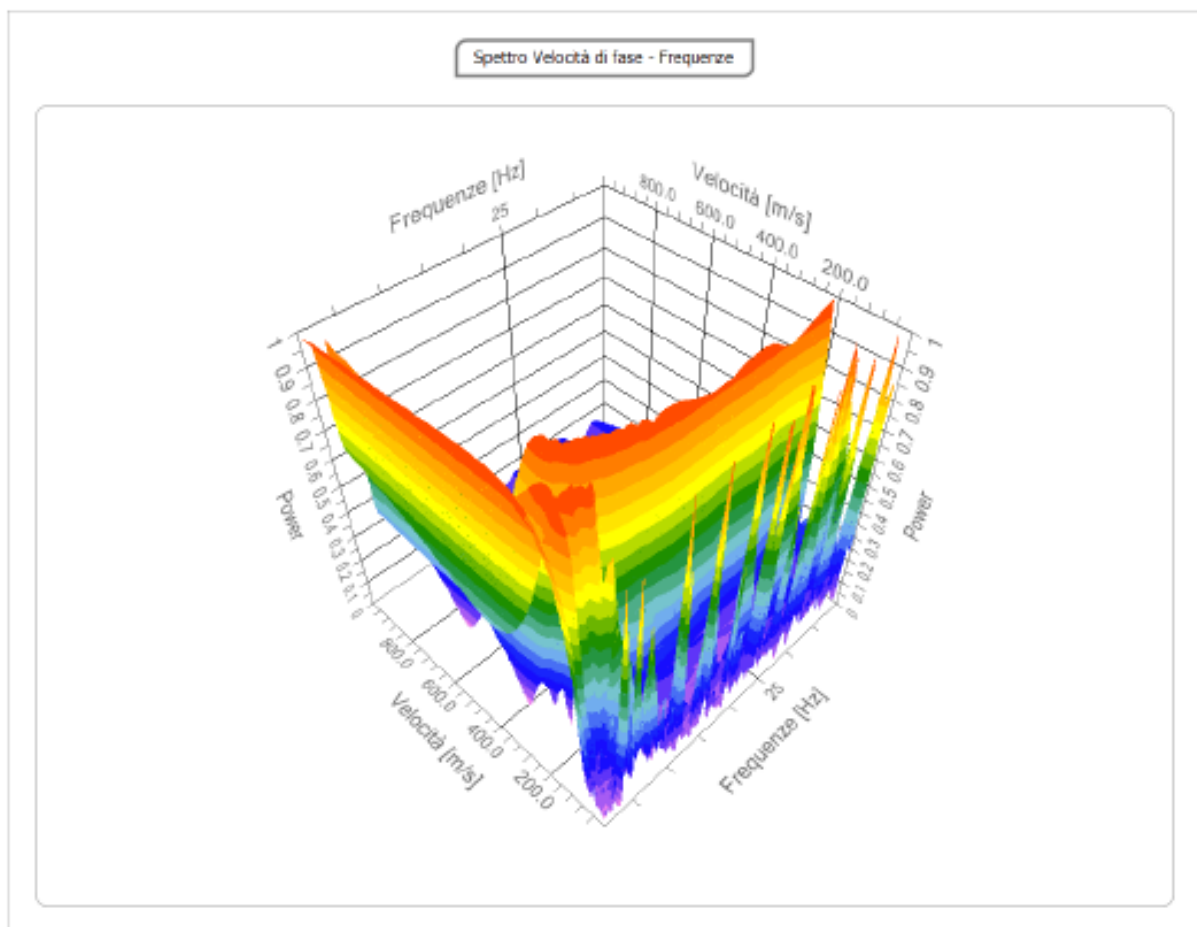
Di seguito si allegano le schede delle indagini sismiche MASW eseguite ed elaborate (Ottobre 2022) con tecnica di inversione per la determinazione dei parametri fisici e meccanici dei terreni sintetizzati nelle tabelle seguenti.



MASW 01 – CH06

**parametri spettro**

**Frequenza minima di elaborazione [Hz]** 1  
**Frequenza massima di elaborazione [Hz]** 40  
**Velocità minima di elaborazione [m/sec]** 1  
**Velocità massima di elaborazione [m/sec]** 1000  
**Intervallo velocità [m/sec]** 1



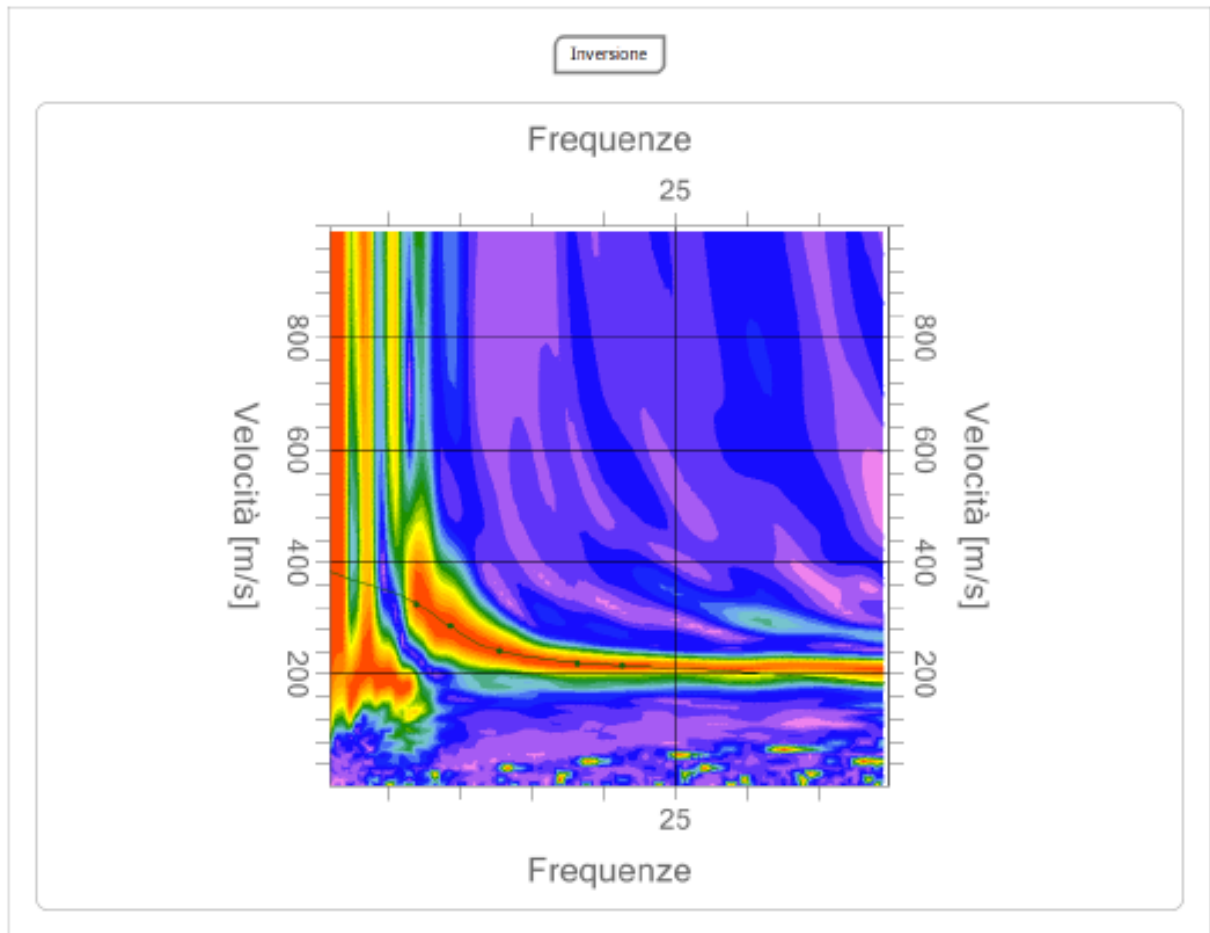
**Curva di dispersione**

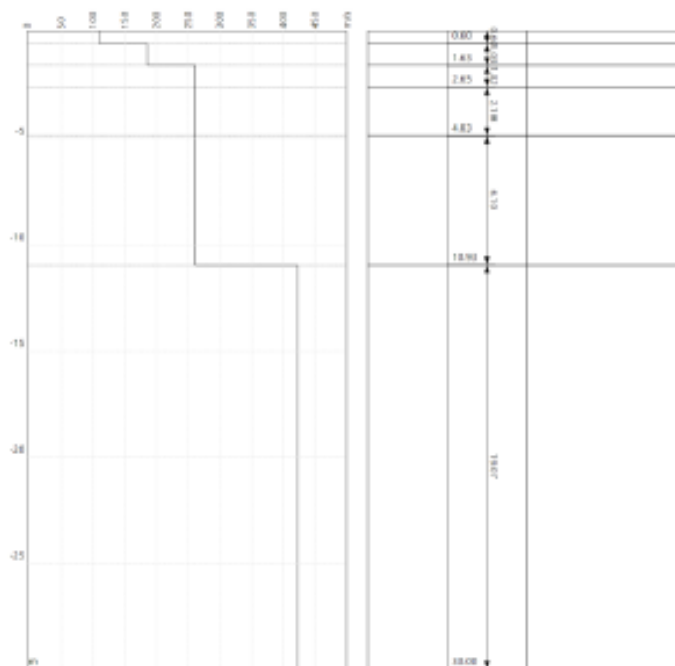
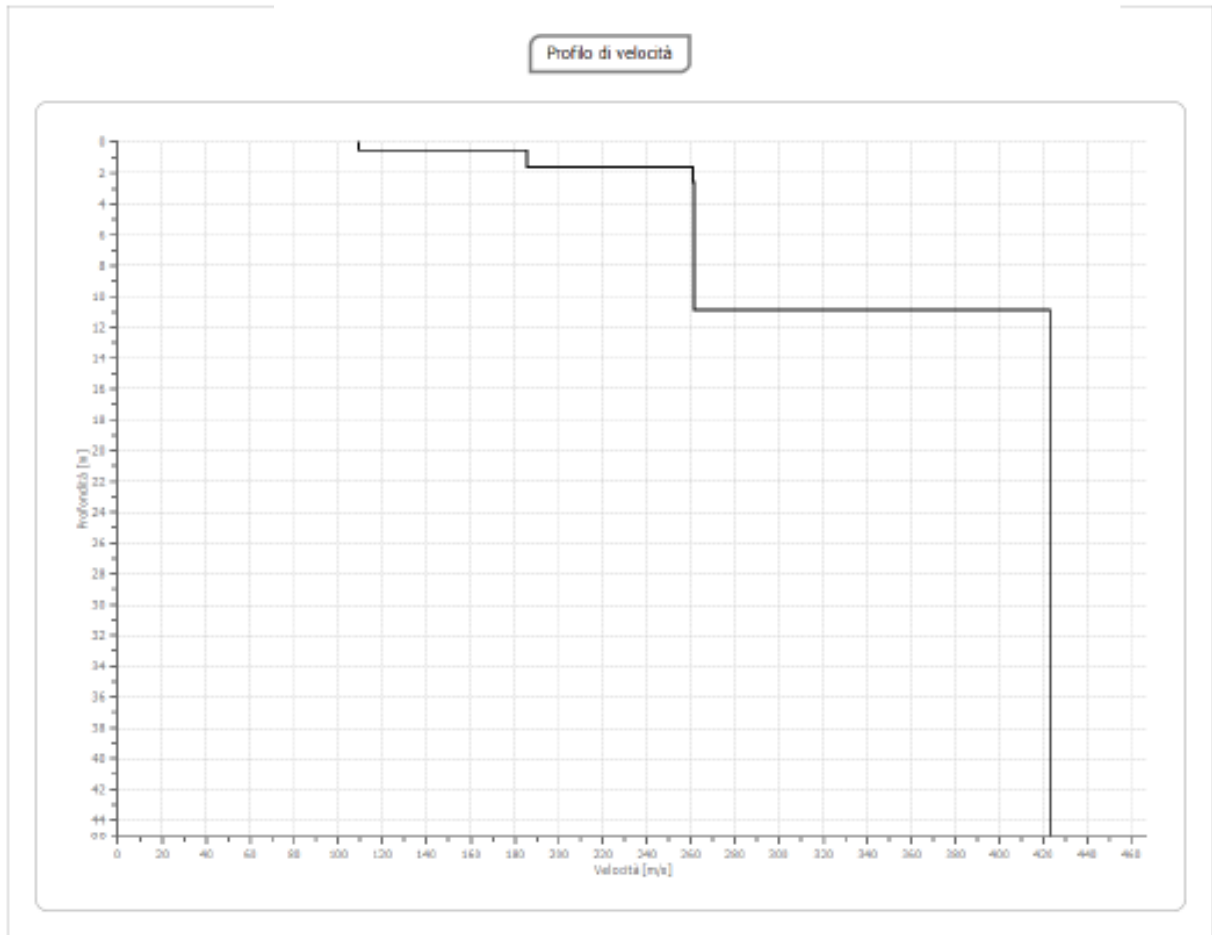
n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	7.0	325.9	0
2	9.4	285.3	0
3	12.8	240.6	0
4	18.2	220.3	0
5	21.4	216.2	0

**Inversione**

n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1		0.60	0.60	1800.0	0.30	No	204.9	109.5
2		1.63	1.03	1800.0	0.30	No	347.2	185.6
3		2.65	1.02	1800.0	0.30	No	488.6	261.2
4		4.83	2.18	1800.0	0.30	No	488.7	261.2
5		10.93	6.10	1800.0	0.30	No	489.1	261.4
6		∞	∞	1800.0	0.30	No	790.8	422.7

Percentuale di errore 0.001 %  
 Fattore di disadattamento della soluzione 0.003





## Risultati

Profondità piano di posa [m]	0.00
V <sub>s,eq</sub> [m/sec] (H=30.00 m)	327.04
Categoria del suolo	C

**Suolo di tipo 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.

### Altri parametri geotecnici

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	V <sub>s</sub> [m/s]	V <sub>p</sub> [m/s]	Densità [kg/m <sup>3</sup> ]	Coefficiente Poisson	G <sub>0</sub> [MPa]	Ed [MPa]	M <sub>0</sub> [MPa]	E <sub>y</sub> [MPa]	NSPT	Q <sub>c</sub> [kPa]
1	0.60	0.60	109.53	204.92	1800.00	0.30	21.60	75.58	46.79	56.15	58	36.90
2	1.63	1.03	185.61	347.24	1800.00	0.30	62.01	217.04	134.36	161.23	N/A	522.51
3	2.65	1.02	261.16	488.59	1800.00	0.30	122.77	429.69	266.00	319.20	N/A	2906.60
4	4.83	2.18	261.20	488.67	1800.00	0.30	122.81	429.83	266.09	319.30	N/A	2909.02
5	10.93	6.10	261.45	489.13	1800.00	0.30	123.04	430.64	266.59	319.91	N/A	2922.81
6	∞	∞	422.71	790.82	1800.00	0.30	321.63	1125.72	696.87	836.25	0	N/A

G<sub>0</sub>: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

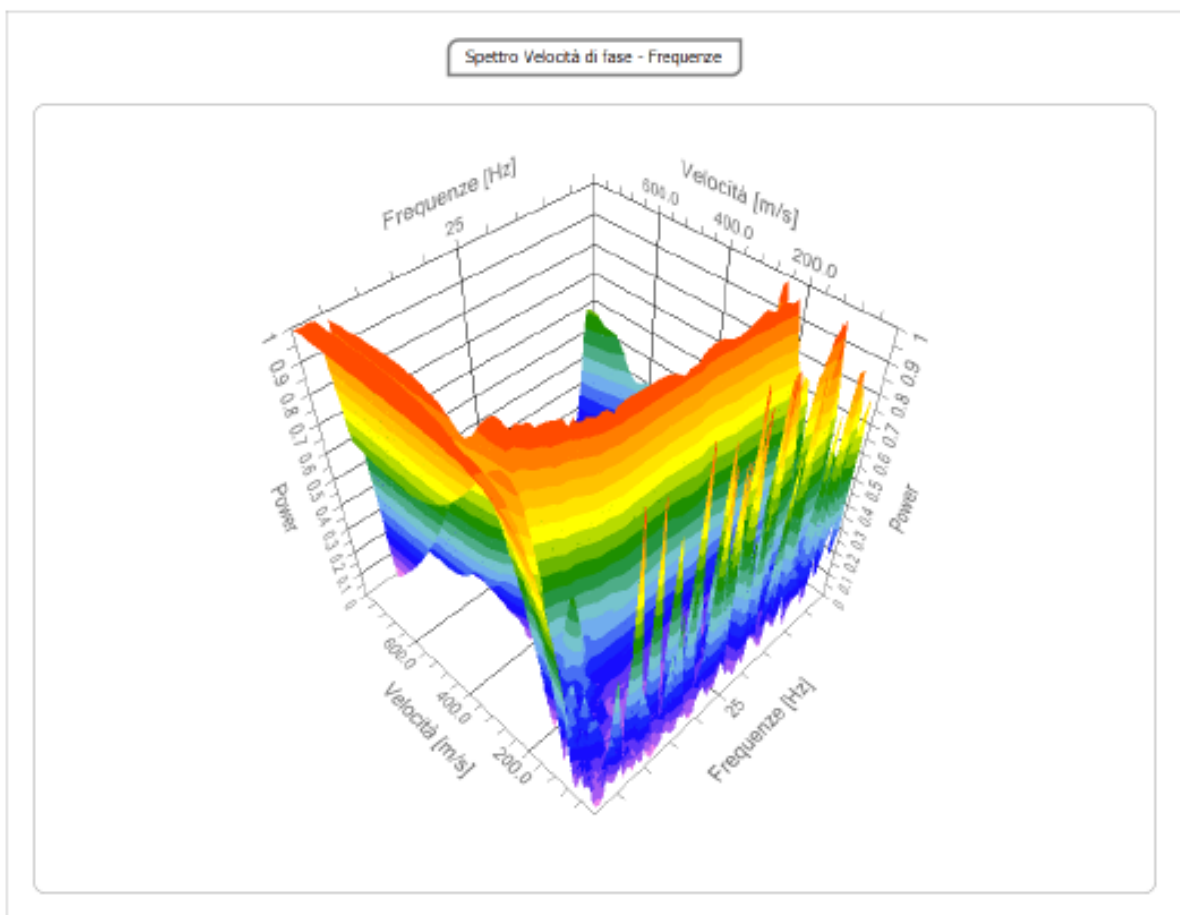
M<sub>0</sub>: Modulo di compressibilità volumetrica;

E<sub>y</sub>: Modulo di Young.

MASW 02 – CH03

### Analisi spettrale

**Frequenza minima di elaborazione [Hz]** 1  
**Frequenza massima di elaborazione [Hz]** 50  
**Velocità minima di elaborazione [m/sec]** 1  
**Velocità massima di elaborazione [m/sec]** 800  
**Intervallo velocità [m/sec]** 1



#### Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	5.6	336.0	0
2	12.0	249.4	0
3	16.7	219.9	0
4	21.6	202.0	0
5	25.5	198.7	0
6	8.7	295.1	0

**Inversione**

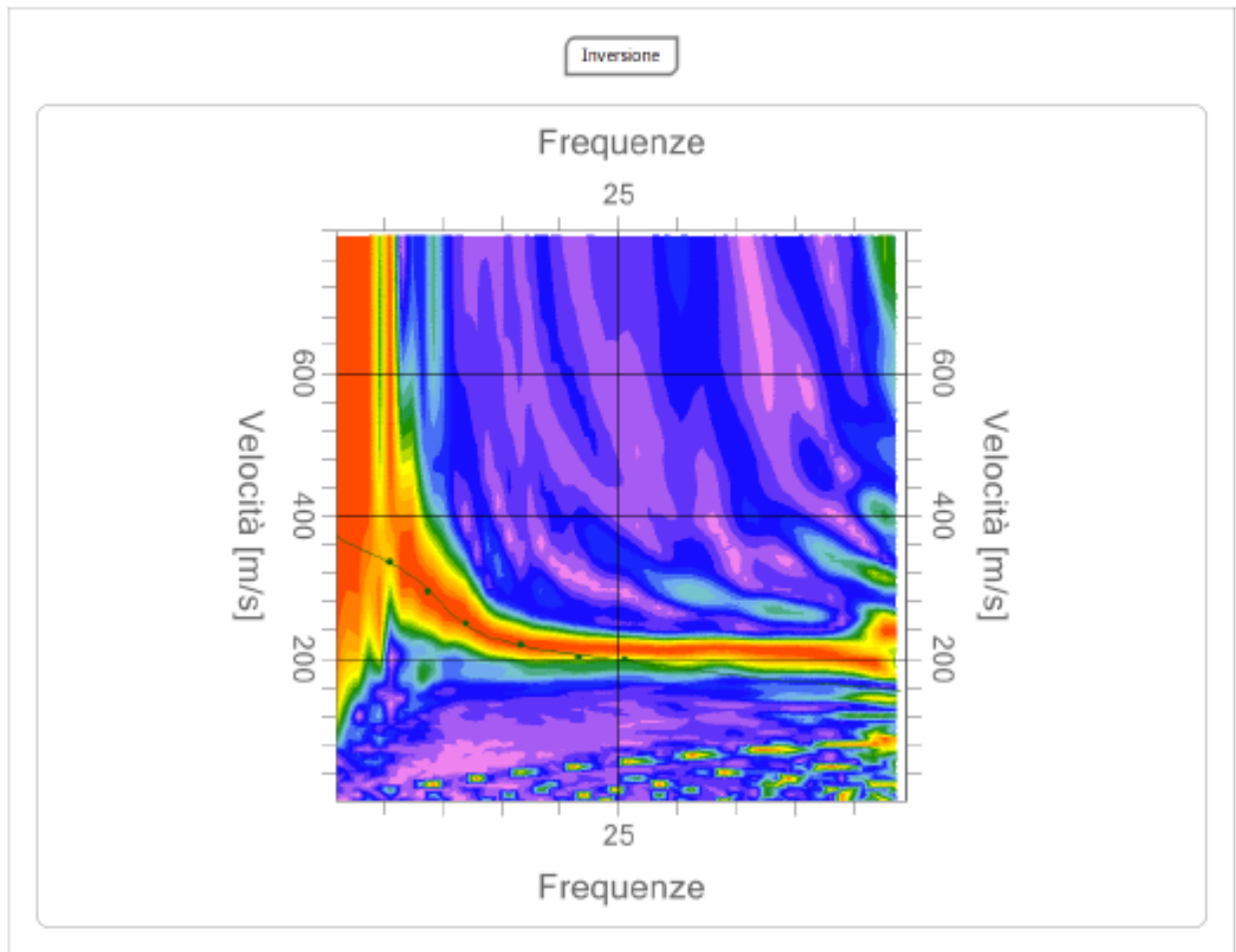
n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1		0.80	0.80	1800.0	0.30	No	224.4	120.0
2		2.50	1.70	1800.0	0.30	No	374.2	200.0
3		9.78	7.28	1800.0	0.30	No	479.9	256.5
4		∞	∞	1800.0	0.30	No	765.1	408.9

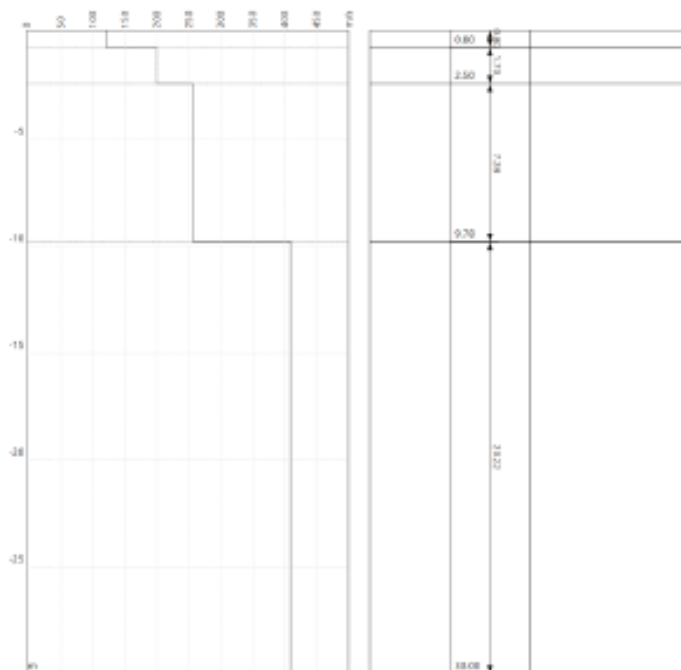
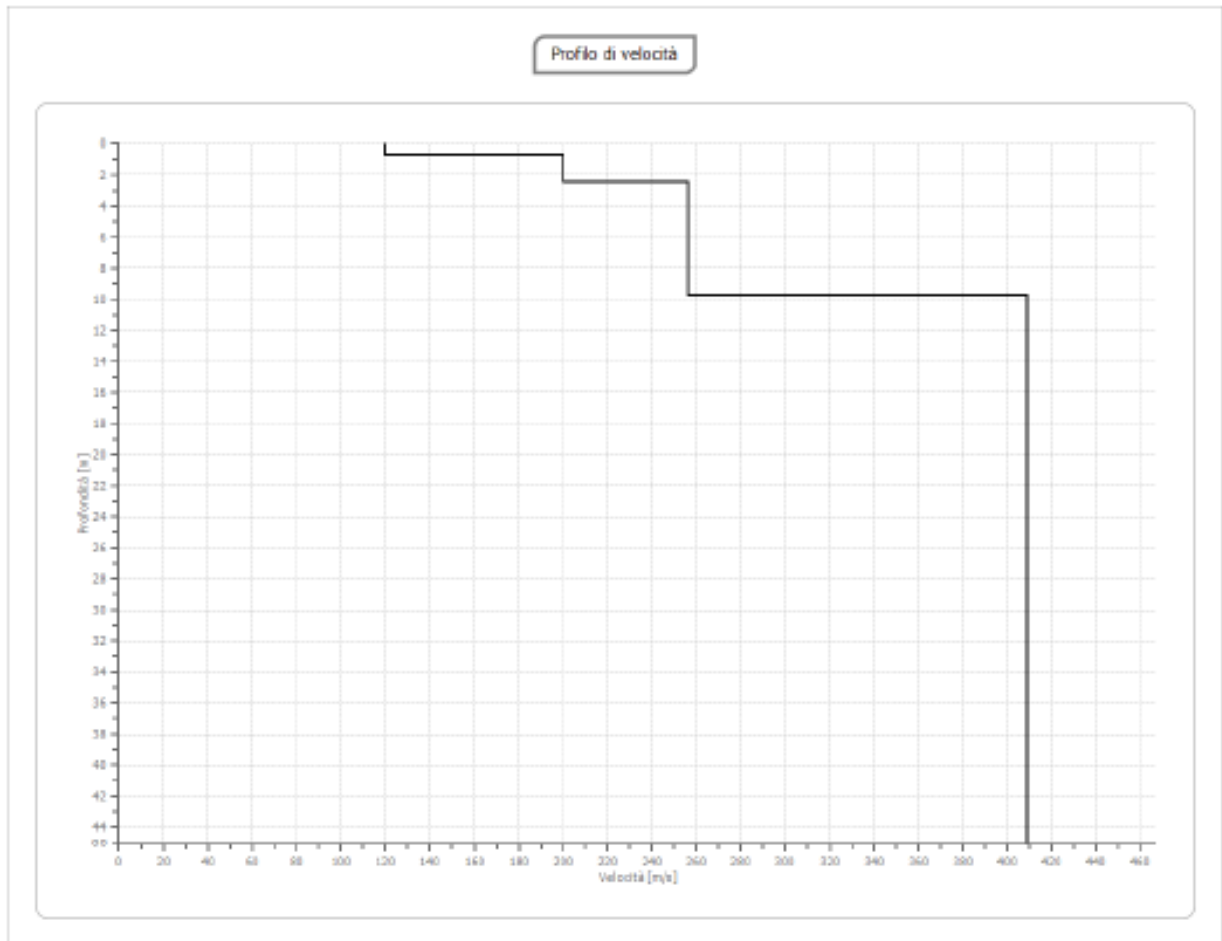
Percentuale di errore

0.007 %

Fattore di disadattamento della soluzione

0.010





## Risultati

Profondità piano di posa [m]	0.00
Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m)	322.58
Categoria del suolo	C

**Suolo di tipo 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.

### Altri parametri geotecnici

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/m <sup>3</sup> ]	Coefficiente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]	NSPT	Qc [kPa]
1	0.80	0.80	119.97	224.43	1800.00	0.30	25.91	90.67	56.13	67.35	71	58.30
2	2.50	1.70	199.99	374.15	1800.00	0.30	72.00	251.99	155.99	187.19	N/A	760.36
3	9.78	7.28	256.49	479.86	1800.00	0.30	118.42	414.47	256.58	307.89	N/A	2654.85
4	∞	∞	408.95	765.07	1800.00	0.30	301.03	1053.59	652.22	782.67	0	N/A

G0: Modulo di deformazione al taglio;  
 Ed: Modulo edometrico;  
 M0: Modulo di compressibilità volumetrica;  
 Ey: Modulo di Young,



## 7. ANALISI SISMICA E SIMOGENETICA

Al fine di fornire un quadro sintetico del contesto sismotettonico attuale nel quale ricade il sito in esame è stato utilizzato lo studio di zonazione sismogenetica ZS9 effettuato da parte del "Gruppo di Lavoro per la redazione della mappa di pericolosità sismica (Ordinanza PCM 20.03.03 n. 3274) prodotto dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia". In Sicilia sono state catalogate le zone che vanno dal numero 932 al 936 delle quali se ne riporta una sommaria descrizione.

La zona 936 coincide con l'area etnea e presenta sismicità, caratteristiche della fagliazione di superficie e dell'attenuazione del moto del suolo del tutto peculiari.

La zona 932 include strutture note essenzialmente da esplorazione geofisica; ad essa sono attribuite faglie legate allo "svincolo" che consente l'arretramento dell'arco calabro e le strutture "sintetiche" che segmentano il Golfo di Patti, analogamente a quanto avviene più ad Ovest nel bacino di Cefalù. In ZS4 questa zona era particolarmente ampia in senso Est-Ovest per comprendere anche alcuni terremoti con epicentro intorno all'isola di Salina e ancora più ad Ovest: tali terremoti ricadono adesso nella zona F, che racchiude un sistema di faglie che dalla parte più occidentale delle isole Eolie si protende fino ad Ustica, con orientamento E-W.

A questo sistema è anche da ricondurre il recente terremoto del settembre 2002, che ha provocato danni non trascurabili a Palermo (Azzaro et al., 2004).

Un'ulteriore zona di "svincolo", nota in letteratura come linea Monte Kumeta – Alcantara (Ghisetti e Vezzani, 1984), caratterizza l'area compresa tra l'Etna e i Monti di Palermo.

Numericamente individuata dal numero 933, tale zona è comunemente ritenuta avere carattere prevalentemente trascorrente.

Va ricordato anche che i terremoti registrati strumentalmente negli ultimi 20 anni, i più forti dei quali sono contenuti in CPTI2, sembrano indicare che l'attività sismica della zona F è molto superiore a quella della costa siciliana settentrionale e del suo immediato offshore. Il principale tra questi eventi è il già citato terremoto del settembre 2002 con le sue repliche.

È pertanto verosimile che alcuni terremoti storici medio-forti, quali ad esempio quelli del 1726, 1823 e 1940, le cui distribuzioni di intensità sono difficilmente riconducibili ad eventi localizzati sulla terraferma, siano riferibili al già citato sistema di faglie della zona F.

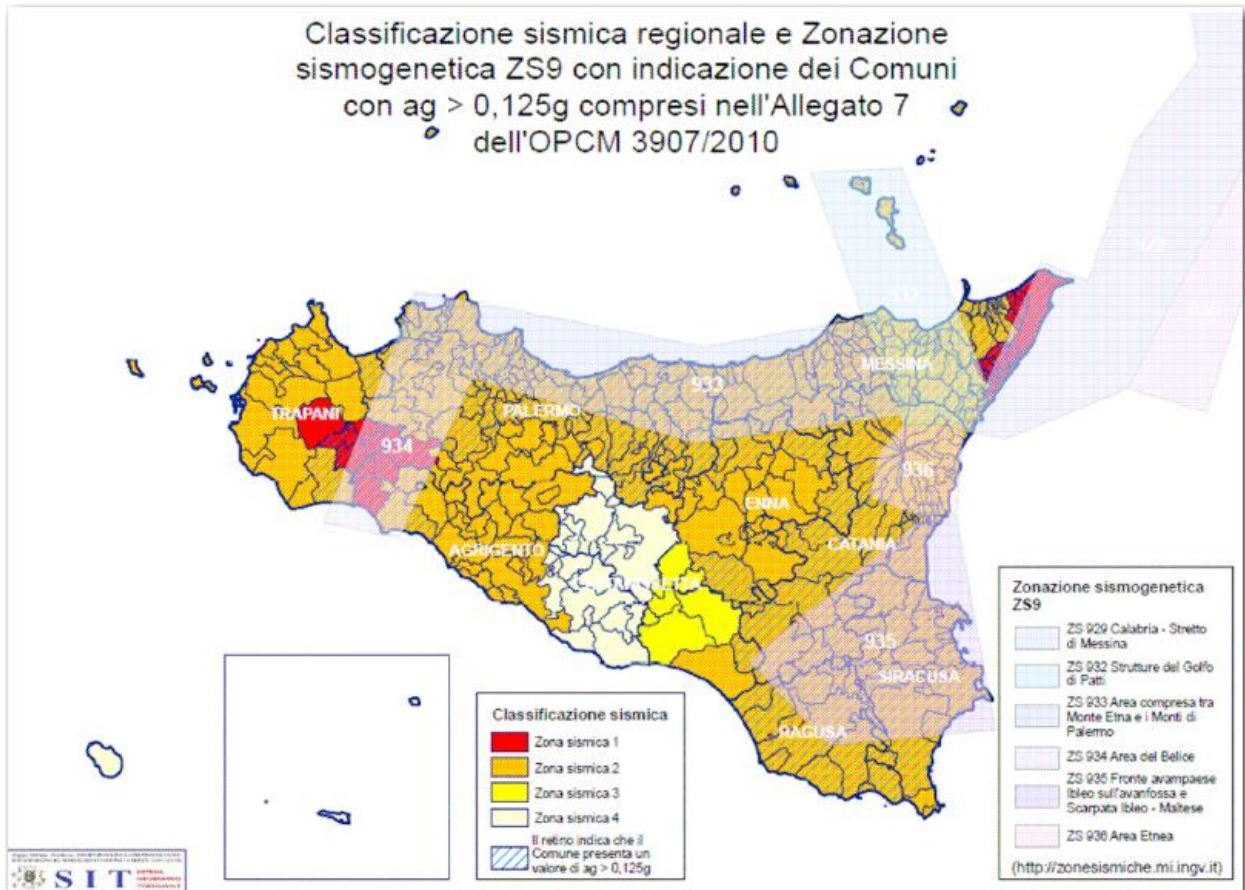
In conclusione, la consapevolezza dei limiti delle tecniche oggettive di localizzazione e l'analisi delle distribuzioni di danno fanno risultare oggi difficile scorporare dalla ZS 933 la sismicità che andrebbe attribuita alla ZS F. Si ritiene pertanto che la soluzione più conservativa per il territorio della Sicilia settentrionale sia quella di mantenere una geometria della zona 933 compatibile con le informazioni attualmente disponibili in catalogo, associandole anche i forti terremoti originatisi probabilmente in mare senza alcuna rideterminazione della magnitudo.

Sulle caratteristiche sismogenetiche dell'area del Belice (racchiusa nella zona 934) non c'è omogeneità di risultati tra gli studi finora effettuati. La zona è caratterizzata da un'unica grande sequenza sismica, quella del gennaio 1968, ma le analisi geologiche svolte non forniscono dati conclusivi in merito alla geometria della sua sorgente (Michetti et al., 1995; Monaco et al., 1996). Infatti le interpretazioni che vedono nel Belice una zona dell'avampese interessata da movimenti trascorrenti, che originano una struttura "a fiore", si contrappongono a quelle che ipotizzano un thrust cieco con direzione E-W e vergenza meridionale.

La zona 935, all'interno della quale ricadono eventi di elevata magnitudo, deriva dall'unione delle precedenti zone 78 e 79 di ZS4. Il limite occidentale della zona 78 corrispondeva al fronte dell'avampese Ibleo sull'avanfossa; la seconda aveva come limite orientale la cosiddetta Scarpata Ibleo-Maltese. Il terremoto del 1693, l'evento con la magnitudo più alta riportata da tutti i cataloghi nazionali e in particolare da CPTI2, veniva assegnato alla zona 79. L'ipotesi esplicita di attribuzione del terremoto del 1693 alla Scarpata Ibleo-Maltese veniva adottata in lavori più recenti (Hirn et al., 1997; Zollo et al., 1999; Azzaro e Barbano, 2000). Alla zona 79 venivano anche assegnati gli eventi del 1169 e del 1542, sulla base delle indicazioni del catalogo storico NT4.1 utilizzato all'epoca (Camassi e Stucchi, 1996). Il catalogo CPTI (Gruppo di Lavoro CPTI, 1999) e il suo aggiornamento CPTI2 (compiuto per questo studio) hanno in parte modificato le informazioni di base e successivamente spostato gli epicentri sulla terraferma come effetto dell'applicazione di un algoritmo automatico di calcolo dell'epicentro. La distribuzione del danno legato all'evento del 1693 mostra in effetti distruzione totale anche nell'entroterra ibleo, a molta distanza dalla costa orientale della Sicilia. Il database DISS (Valensise e Pantosti, 2001) suggerisce sorgenti

sismogenetiche con un andamento differente da quello della Scarpata Ibleo-Maltese, e segnatamente una possibile origine del terremoto del 1693 sulla faglia nota come Scicli-Ragusa, una ipotesi supportata anche da Sirovich e Pettenati (1999).

Questi elementi hanno messo in dubbio, pur senza suggerire un’alternativa certa, l’attribuzione del terremoto del 1693 alla Scarpata Ibleo-Maltese. Si è ritenuto opportuno, pertanto, proporre una soluzione meno dipendente da forti ipotesi interpretative, come quelle implicite in ZS4, rinviando al futuro l’acquisizione di nuovi dati che hanno consentito di trattare il problema con maggior cognizione di causa. Per definire le caratteristiche della sismicità, e soprattutto per stimare la pericolosità sismica, nella zona indagata, occorre considerare anche l’influenza dei terremoti regionali.



La zona in esame è localizzata nella Sicilia occidentale a margine della zona 934 della Zonazione Sismogenetica ZS9. Tale regione, conosciuta in sismologia come “Valle del Belice” rappresenta una area ad alto rischio sismico, essendo stata interessata, nel passato, da una serie sismica culminata nell’evento della notte del 15 gennaio 1968.

**The Database of Individual Seismogenic Sources (DISS) – Databse delle Singole Sorgenti Sismogenetiche**

Il Database delle Singole Sorgenti Sismogenetiche - Database of Individual Seismogenic Sources (DISS 3.2.0), il software originale e tutti i relativi testi ed elaborazioni sono il risultato delle elaborazioni dei ricercatori dell’Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia INGV. Il database a cui si fa riferimento, include una grande quantità di materiale originale e pubblicato sulle principali fonti sismogenetiche d’Italia insieme a dati di natura geografica, sismologica, geologica ed informazioni tettoniche ed è stato progettato come "work in progress", e come tale è aperto a continue aggiunte e miglioramenti.

Tale lavoro costituisce nelle sue varie fasi di elaborazione, dal 2009 ad oggi, l’ultimo ed il più aggiornato strumento a scala nazionale per la valutazione, individuazione ed analisi delle Sorgenti Sismogenetiche.

Dall’analisi della documentazione disponibile, emerge limitrofa all’area di interesse la presenza di almeno tre Sorgenti Composite Sismogenetiche con sviluppo N-S posta ad Est con codice identificativo **ITCS020: Marsala-Belice** di cui si riportano di seguito i dati disponibili e le relative valutazioni sintetiche.

La massima magnitudo attesa per le diverse sorgenti sismogenetiche come dettagliata di seguito risulta pari a 5.6.

## ITCS020: Marsala-Belice

### GENERAL INFORMATION

DISS-ID	ITCS021
Name	Marsala-Belice
Compiler(s)	Burrato P.(1), Vannoli P.(1)
Contributor(s)	Burrato P.(1), Vannoli P.(1), Valensise G.(1), Basili R.(1)
Affiliation(s)	1) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Sismologia e Tettonofisica; Via di Vigna Murata, 605, 00143 Roma, Italy
Created	08-Jan-2005
Updated	03-Aug-2006
Related sources	<a href="#">ITIS014</a>

### PARAMETRIC INFORMATION

	PARAMETER	QUALITY	EVIDENCE		
Min depth [km]	3.0	EJ	Inferred from regional geologic and tectonic data and seismicity.		
Max depth [km]	10.0	EJ	Inferred from regional geologic and tectonic data and seismicity.		
Strike [deg] min... max	250...290	LD	Based on regional geologic and tectonic data.		
Dip [deg] min... max	40...60	EJ	Inferred from regional geologic and tectonic data.		
Rake [deg] min... max	85...135	LD	Based on the focal mechanism of 1968 earthquake and geodynamic considerations.		
Slip Rate [mm/y] min... max	0.1...0.5	EJ	Unknown, values assumed from geodynamic constraints.		
Max Magnitude [Mw]	5.6	OD	Derived from maximum magnitude of associated individual source(s).		

LD=LITERATURE DATA; OD=ORIGINAL DATA; ER=EMPIRICAL RELATIONSHIP; AR=ANALYTICAL RELATIONSHIP;EJ=EXPERT JUDGEMENT;

Allegati:

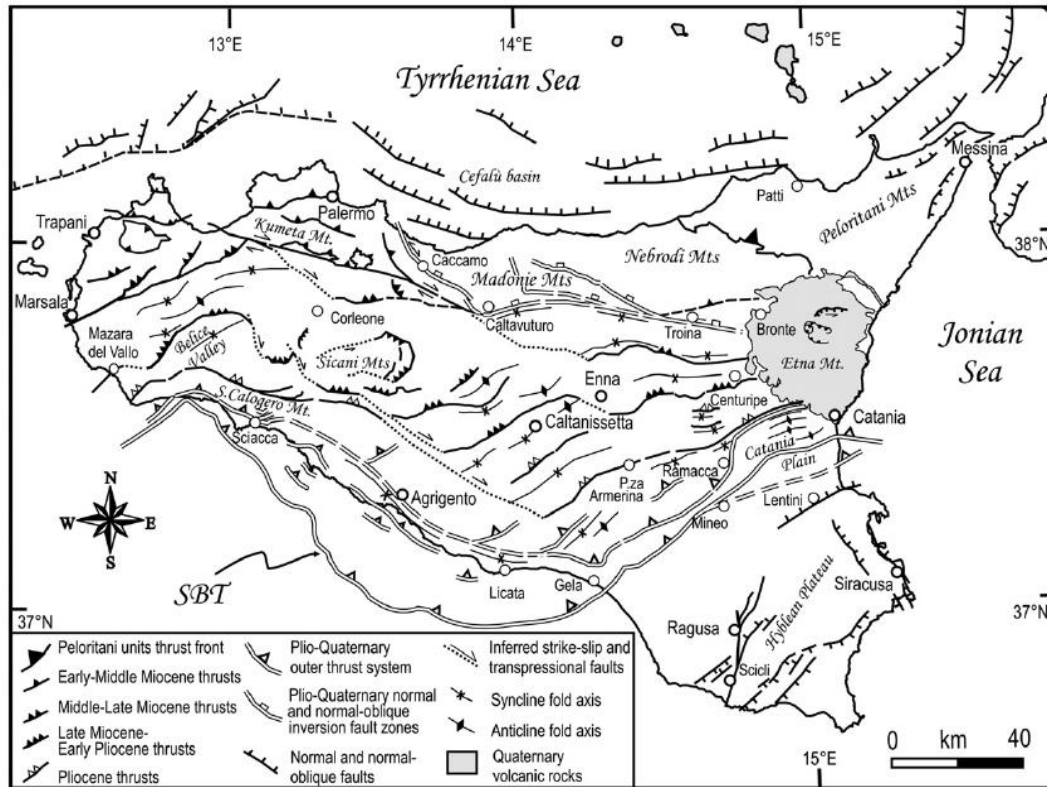
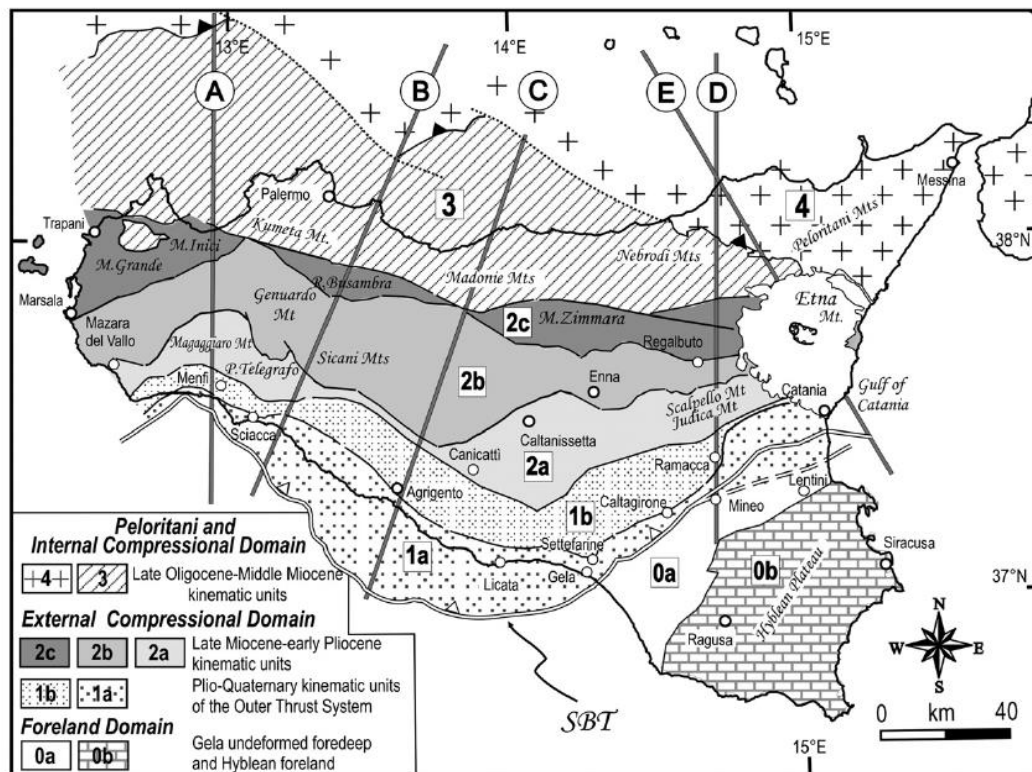


Fig. 2. Structural map of Sicily (this map and all others in the paper are drawn in Italy Lambert Conformal Conic projection, using 13.0, 42.0, 39.0 and 45.0 as central meridian, latitude of origin and standard parallels, respectively). The various tectonic elements have been mainly derived from sheet n° 6 of the Structural Model of Italy, scale 1:500,000 (Bigi et al., 1991), integrated and updated with information from more local geological-structural maps and specific papers (Amodio-Morelli et al., 1976; Ghisetti and Vezzani, 1984; Cristofolini et al., 1985; Locardi and Nicolich, 1988; Ben



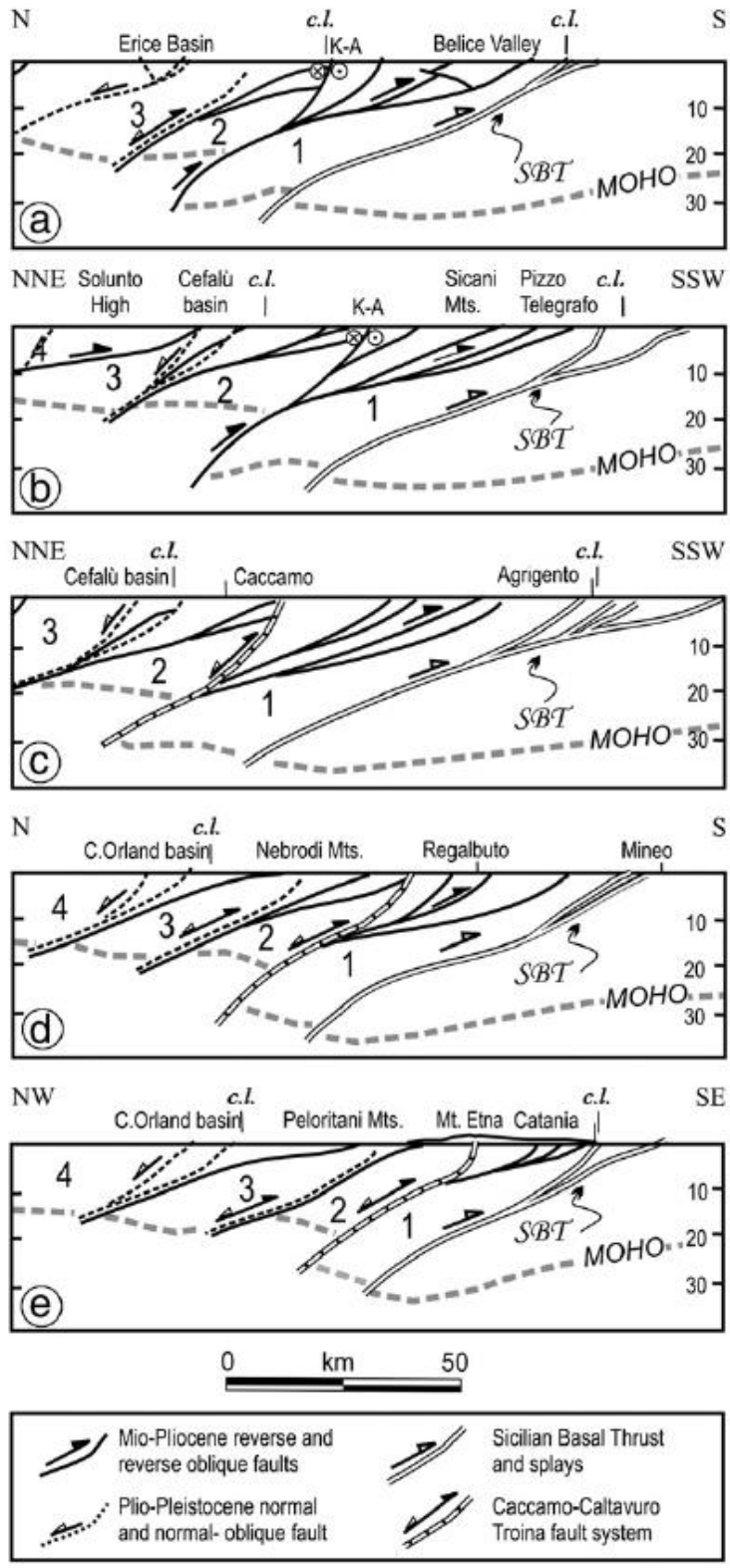


Fig. 5. Interpretative crustal sections across the study area. The traces of sections are given in the map in Fig. 4. The various tectonic elements schematically depicted in the profiles (thrusts and normal faults) correspond to those in structural map of Fig. 2 and represent the down-dip prosecution of the boundary between the kinematic units of Fig. 4; the numbers within the crustal slices are referred to the first-order kinematic units identified in Fig. 4. The various Moho segments at the base of the crust are mainly deduced from Finetti (2005) with some information from Chironi et al. (2000). Key: c.l. = coast line, SBT = Sicilian Basal Thrust.

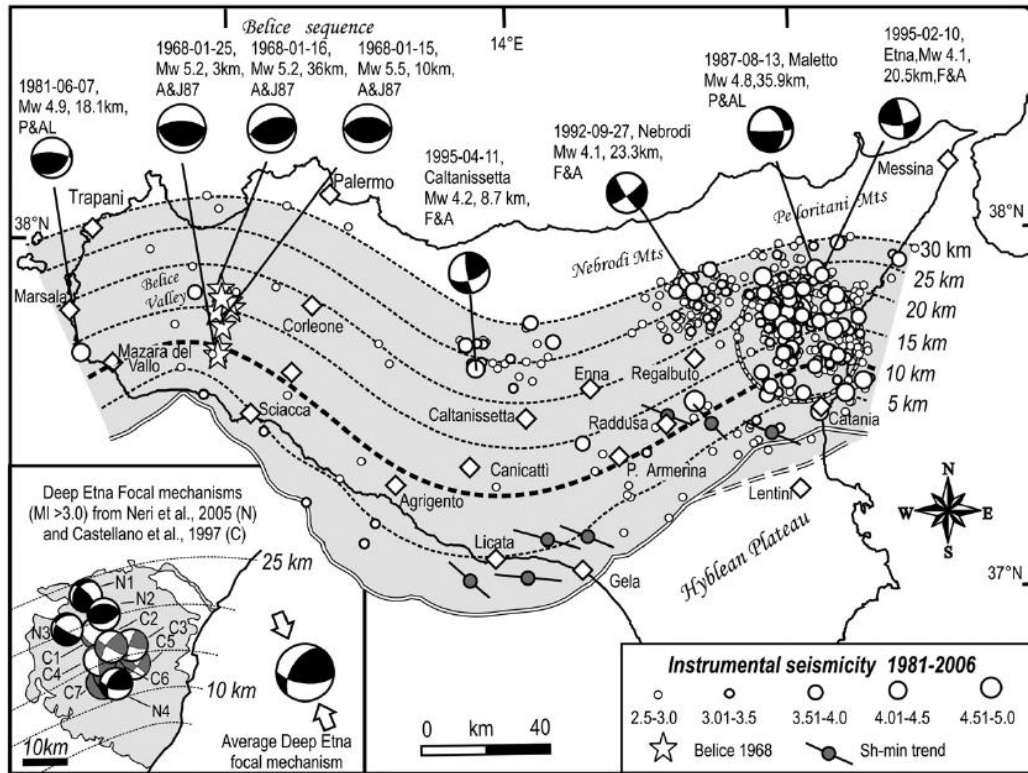


Fig. 6. Instrumental earthquakes with  $M_I \geq 2.5$  occurring between 1981 and 2006 within the grey area above the SBT 0-to-30 km depth-contour lines. Source of data: CSI 1.1 catalogue (Castello et al., 2006) for the time interval 1981–2002 and Bollettino Sismico from 2003 to 2006; adopted selection criteria: depth < 40 km; RMS < 0.5s, gap < 200°, phase readings > 10. The fault plane solutions refer to earthquakes with moment magnitude  $M_w > 4.0$  occurred since 1968 within the grey study area (A&J87 = Anderson and Jackson, 1987; F&A = Frepoli and Amato, 2000; P&AL = Pondrelli et al., 2004). The lower left-lateral inset shows a number of focal mechanisms computed by Castellano et al. (1997) and by Neri et al. (2005a) for events with  $M_I > 3.0$ , located beneath the Etna volcano at depths > 10 km (C1 = 23/09/1989 09:28; C2 = 23/10/1991 12:36; C3 = 23/10/1991 21:44; C4 = 23/09/1989 13:17; C5 = 03/08/1989 08:30; C6 = 03/08/1989 08:30; C7 = 19/06/1988 01:44; N1 = 13/08/1988; N2 = 20/11/2000; N3 = 12/10/1993; N4 = 10/02/1995). Starting from these data, and applying a Linked Bingham Statistic procedure, the Average Deep Etna focal mechanism shown within the inset and the associated  $P$ -axis (trend:  $N170^\circ E$ , dip: sub-horizontal) have been calculated. The shear-minimum ( $Sh_{min}$ ) axes refer to a selection of quality A and B borehole breakout data in Montone et al. (2004).

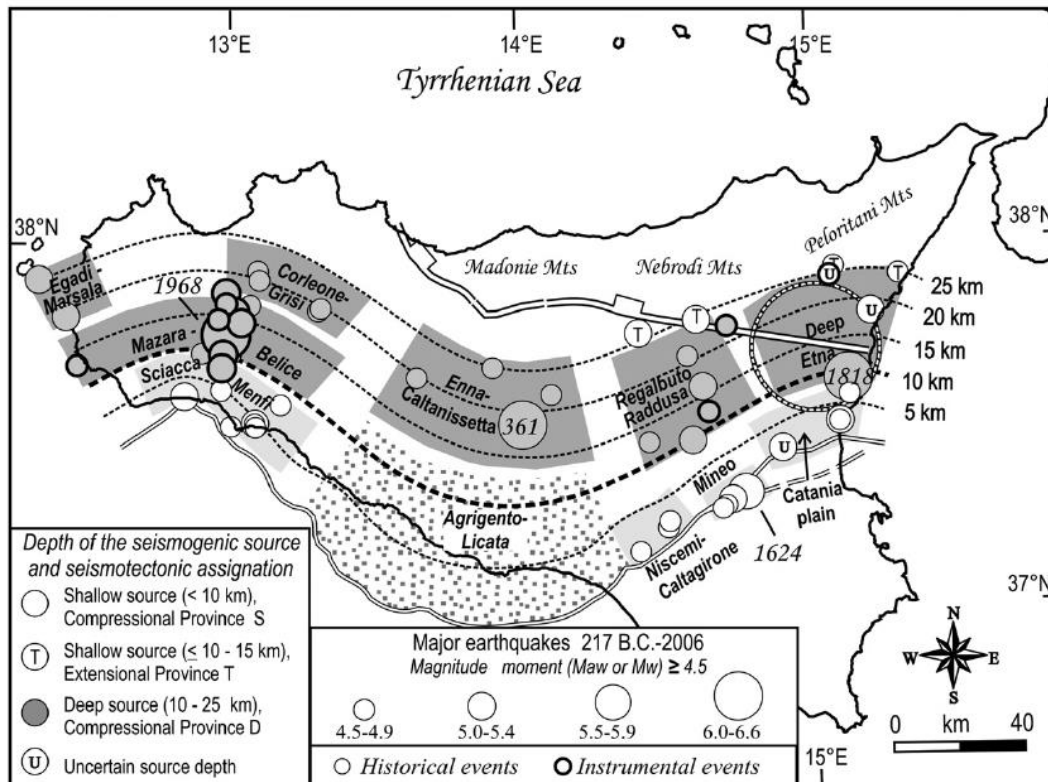


Fig. 9. Epicentral distribution of the events contained in the merged list of Table 1 and comparison with the SBT depth-contour lines. The dark grey and light grey areas above the isobaths distinguish seismic zones situated above the upper crust and the mid-to-lower crust SBT portions, respectively; the dotted area corresponds with the Agrigento–Licata aseismic zone.

## 7.1 Storia sismica (Database Macrosismico Italiano 2015 - DBMI15)

Fonte : <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>

### **Premessa**

La prima versione disponibile al pubblico del Database Macrosismico Italiano risale al maggio 2007 (DBMI04; Stucchi et al., 2007). Esso conteneva i dati di intensità utilizzati per la compilazione dei parametri del catalogo parametrico rilasciato nel maggio 2004 (CPTI04; Gruppo di Lavoro CPTI, 2004), a sua volta utilizzato per la compilazione della Mappa di Pericolosità Sismica del territorio nazionale (MPS04, Gruppo di Lavoro MPS, 2004).

Nel dicembre 2008 sono state pubblicate online le porzioni 1901-2006 del catalogo CPTI08 e del relativo Database Macrosismico DBMI08. Nel gennaio 2009 è stato avviato il completamento del catalogo e del database macrosismico, con riferimento alla porzione pre-1900. Questa operazione ha comportato anche un aggiornamento dei contenuti relativi alla finestra temporale già pubblicata. Alla data del 6 aprile 2009 il catalogo parametrico e il database macrosismico erano appena stati sottoposti all'ultima tornata di verifiche. Gli autori hanno allora ritenuto opportuno accelerare la pubblicazione di una porzione del catalogo e del Database Macrosismico, definite CPTI08aq (Rovida e Gruppo di Lavoro CPTI, 2009) e DBMI08aq (Locati e Gruppo di Lavoro DBMI, 2009), relative ad un'area comprendente la zona colpita dai terremoti dell'Aquilano, per consentire agli operatori impegnati nell'area di utilizzare dati aggiornati.

Nel 2010 è stata pubblicata una versione aggiornata del database, denominata DBMI10beta, che copre la finestra temporale 1000-2006. Questa versione è stata resa disponibile ai ricercatori che operano nell'ambito di progetti dell'Istituto per un periodo di sperimentazione.

Oggi viene rilasciata la terza versione pubblica denominata DBMI11, che raccoglie le osservazioni emerse nel corso del predetto periodo. Questa versione non contiene i risultati di alcuni sviluppi metodologici realizzati nell'ambito del progetto EC "SHARE" (Seismic Hazard Harmonization in Europe); inoltre, non utilizza ancora un considerevole quantitativo di nuove informazioni reso disponibile da: Molin et al. (2008); Camassi et al. (2011); la versione 2009 di ECOS (Faeh et al., 2011) e la versione 2010 di SisFrance (SisFrance, 2010). Questi elementi, unitamente ad altri sviluppi, verranno considerati per la prossima versione del database.

### **Introduzione**

L'ultima versione del Database Macrosismico Italiano chiamata DBMI15 è stata rilasciata a luglio 2016 e aggiorna e sostituisce la precedente, DBMI11 (Locati et al., 2011).

DBMI fornisce un set di dati di intensità macrosismica relativo ai terremoti italiani nella finestra temporale 1000-2014. I dati provengono da studi di autori ed enti diversi, sia italiani che di paesi confinanti (Francia, Svizzera, Austria, Slovenia e Croazia).

I dati di intensità macrosismica (MDP, Macroseismic Data Point) sono raccolti e organizzati da DBMI per diverse finalità. La principale è fornire una base di dati per la determinazione dei parametri epicentrali dei terremoti (localizzazione e stima di magnitudo) per la compilazione del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI). L'insieme di questi dati consente inoltre di elaborare le "storie sismiche" di migliaia di località italiane, vale a dire l'elenco degli effetti di avvertimento o di danno, espressi in termini di gradi di intensità, osservati nel corso del tempo a causa di terremoti.

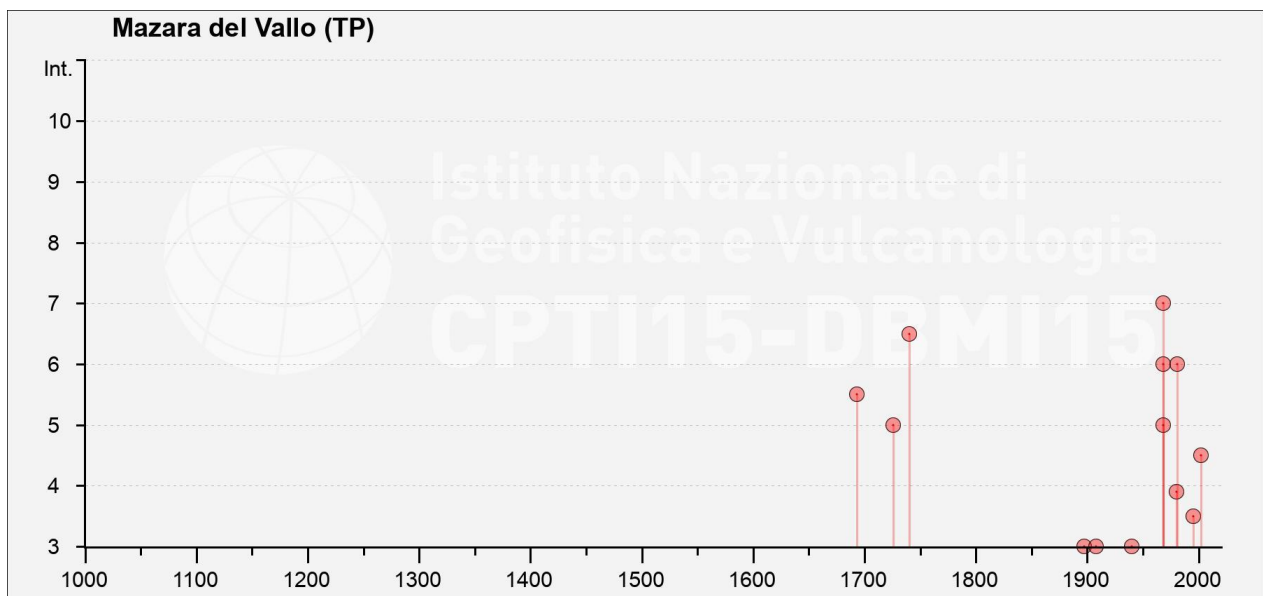
Dato il loro stretto legame, DBMI e CPTI tendono a essere pubblicati allo stesso tempo e usando una stessa numerazione (DBMI04-CPTI04, DBMI11-CPTI11), ma in due diversi siti web, uno dedicato a DBMI, e uno a CPTI. Con la versione 2015 si è deciso di rendere disponibile le due banche dati DBMI15 e CPTI15 (Rovida et al., 2016) da un unico punto di accesso online al fine di rendere più comoda e funzionale la consultazione.

DBMI15 contiene 122701 dati di intensità relativi a 3212 terremoti. L'incremento numerico di terremoti con dati di intensità e di osservazioni macrosismiche rispetto alle due precedenti versioni DBMI04 (Stucchi et al., 2007) e DBMI11 è molto consistente.

## 7.2 Storia sismica di area di Mazara del Vallo

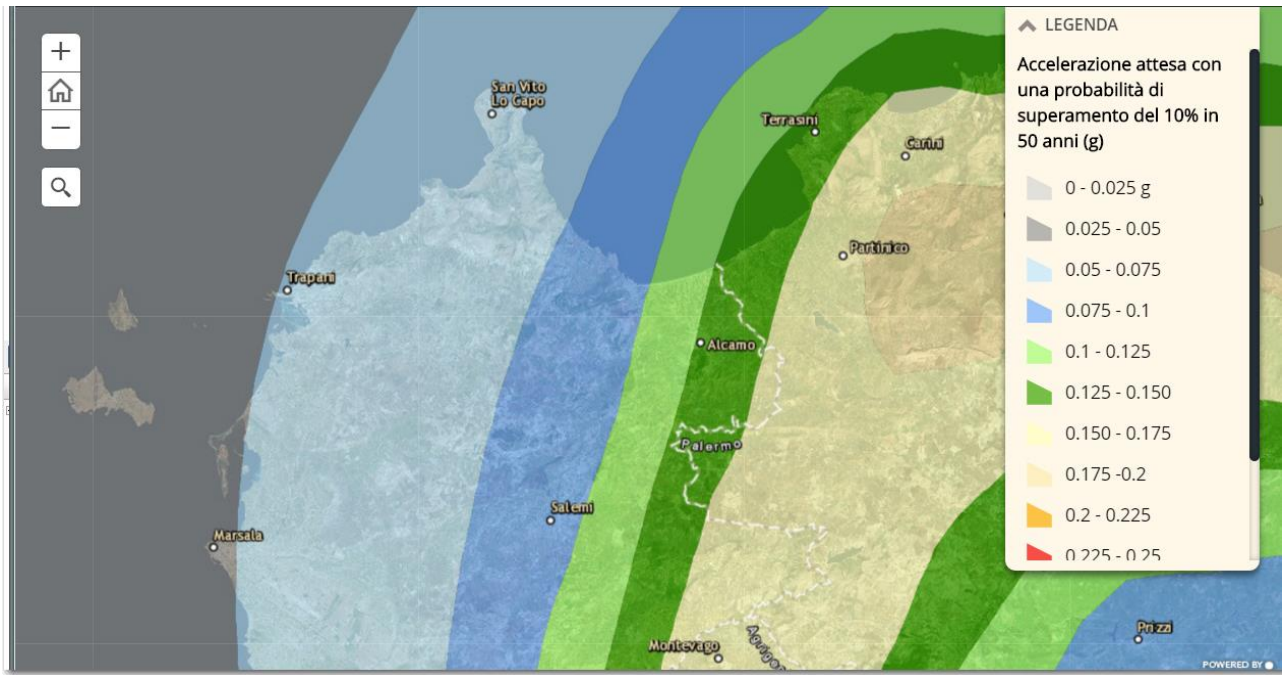


Int. at place	N	Year	Mb	Da	Hb	M	Se	EpicentralArea	LatDef	LonDef	DepDef	IoDef
11	551	1693	1	11	13	30		Sicilia sud-orientale	37,14	15,013		11
8-9	663	1726	9	1	21	55		Tirreno meridionale	38,115	13,362		7-8
7-8	719	1740	6	13				Stretto di Sicilia	37,582	12,84		6-7
HF	1701	1897	5	15	13	42	30	Tirreno meridionale	38,412	13,278		5
11	1972	1908	12	28	4	20	27	Stretto di Messina	38,146	15,687		11
6	2006	1910	1	25	8	27		Tirreno meridionale	38,453	13,259		5
8	2558	1940	1	15	13	19	24	Tirreno meridionale	38,076	13,429		7-8
10	2941	1968	1	15	2	1	9	Valle del Belice	37,756	12,981		10
8	2951	1968	1	25	9	56	46	Valle del Belice	37,71	13,06	4	8
6	2958	1968	2	12	16	26	4	Valle del Belice	37,86	12,98	27	6
6-7	3239	1980	5	28	19	51	20,04	Tirreno meridionale	38,483	14,27	18,9	5-6
6	3320	1981	6	7	13	0	57,09	Mazara del Vallo	37,674	12,477	21,4	6
6	3765	1995	5	29	6	52	27,5	Isole Egadi	38,133	12,145		5
6	4132	2002	9	6	1	21	27,25	Tirreno meridionale	38,364	13,687	9,6	6

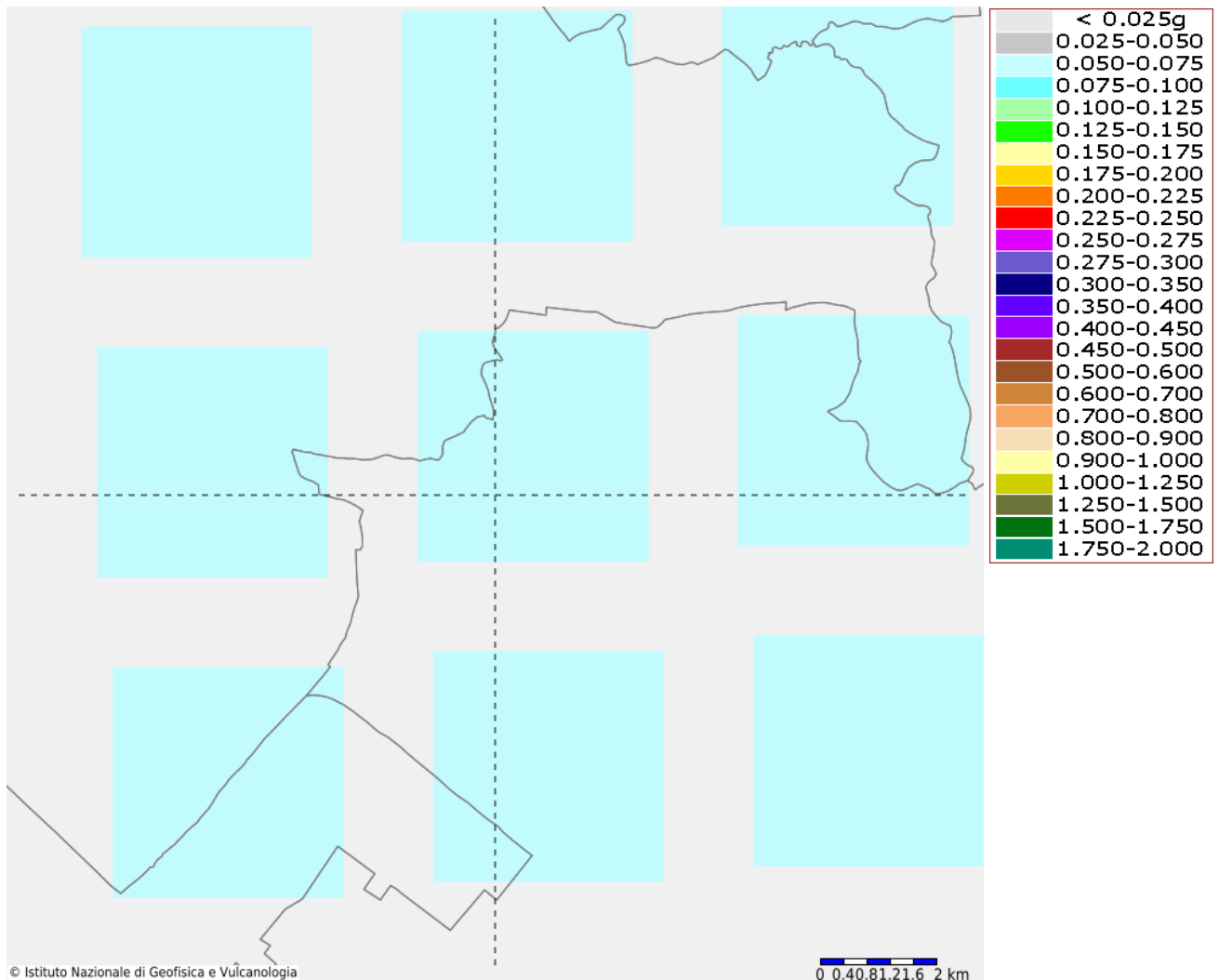




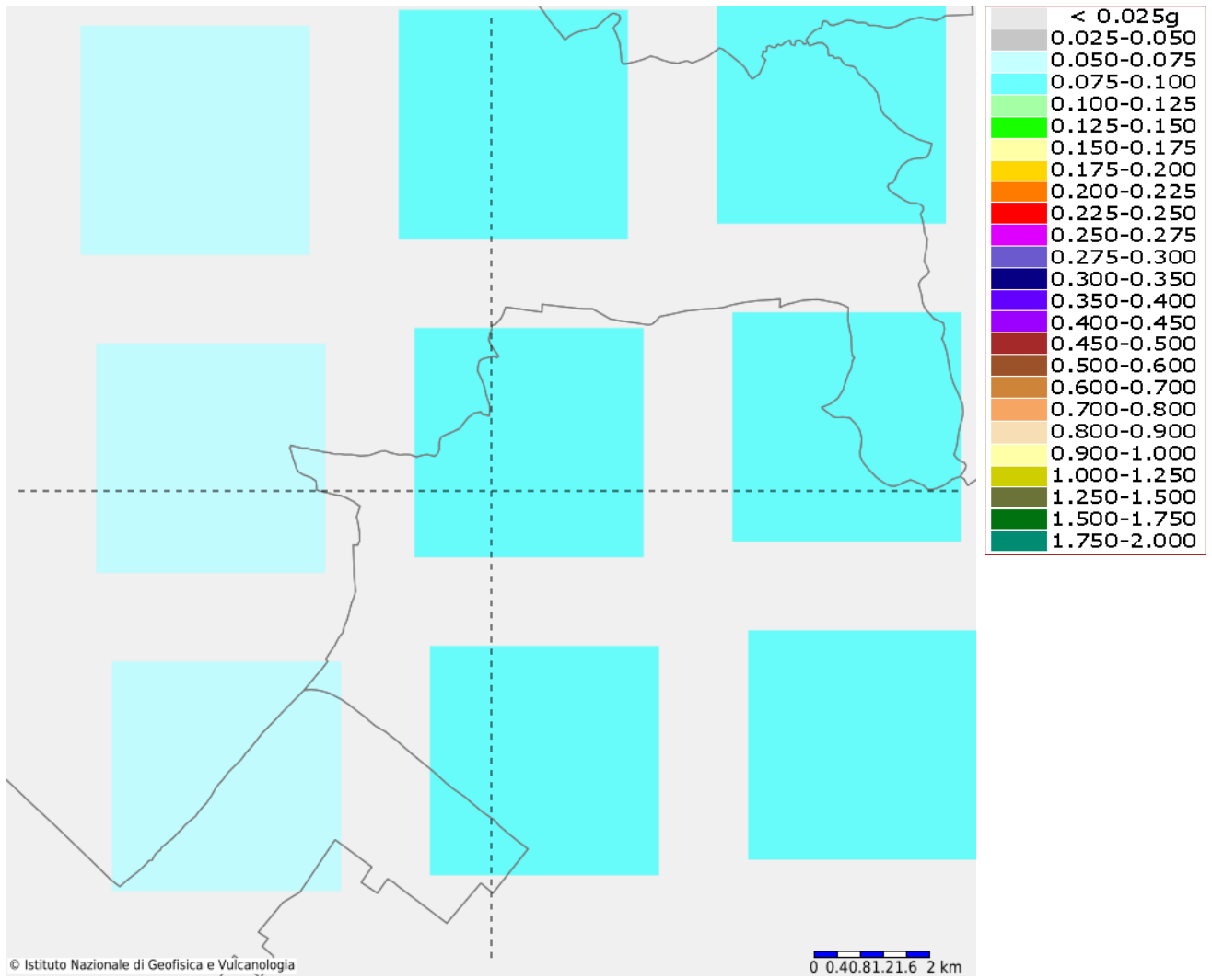
MAPPA INTERATTIVA PERICOLOSITA' SISMICA da <http://esse1-gis.mi.ingv.it/> (ag)



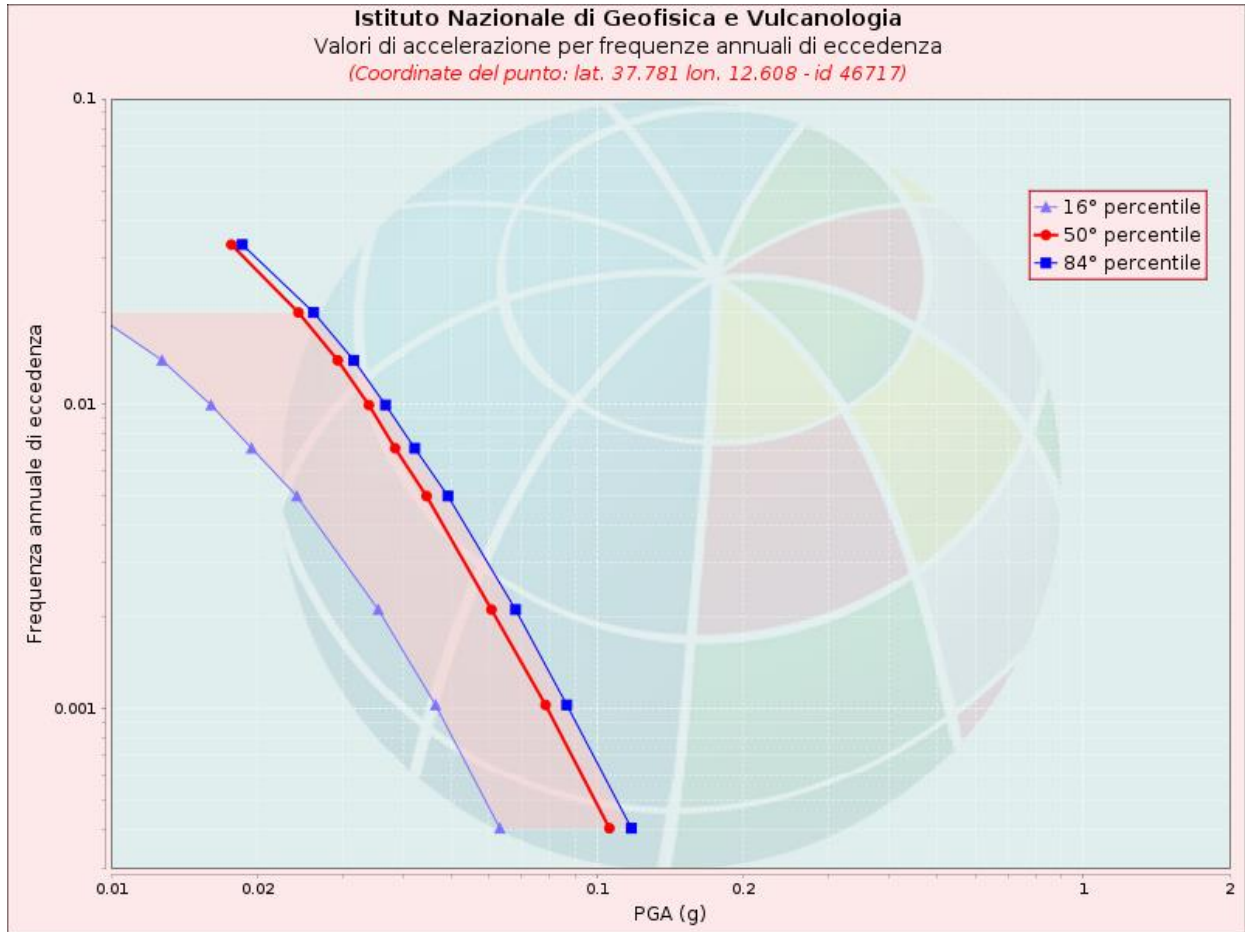
Considerando l’area in cui ricade l’opera in oggetto ed i dati sopra elencati, l’ag attesa, la Magnitudo massima attesa per il sito in esame allo SLV risulta essere il seguente (<http://esse1-gis.mi.ingv.it/>):



Probabilità in 50 anni 10%, Percentile 50 (SLV)

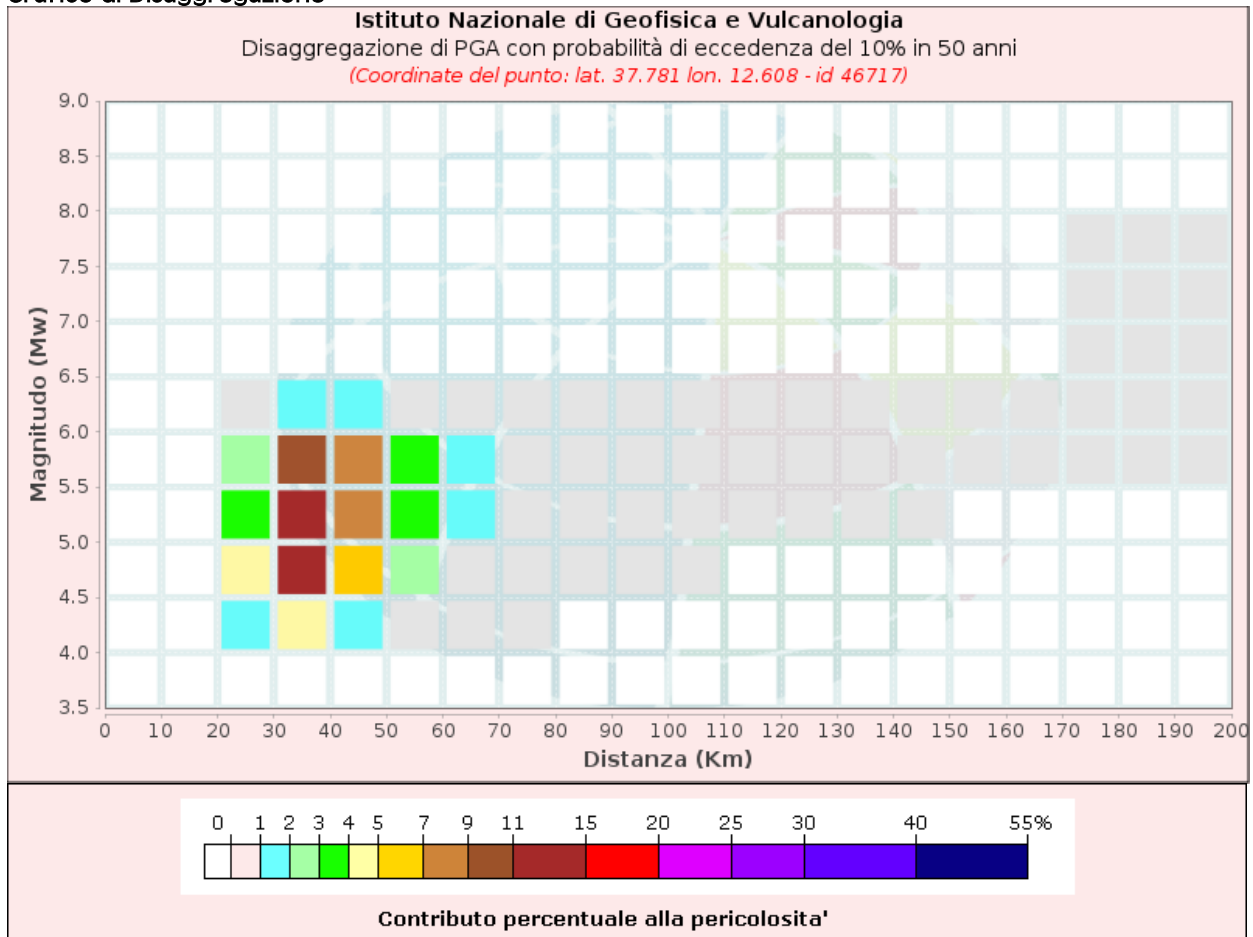


Probabilità in 50 anni 5%, Percentile 50 (SLV)



Valori di accelerazione per frequenze annuali di eccedenza (Coordinate del punto: lat. 37.781 lon. 12.608 - id 46717)			
Frequenza annuale di eccedenza	PGA (g)		
	16° percentile	50° percentile	84° percentile
0.0004	0.0631	0.1061	0.1177
0.0010	0.0465	0.0784	0.0867
0.0021	0.0355	0.0607	0.0680
0.0050	0.0241	0.0446	0.0494
0.0071	0.0195	0.0384	0.0422
0.0099	0.0161	0.0339	0.0367
0.0139	0.0127	0.0293	0.0316
0.0199	0.0092	0.0243	0.0261
0.0332	0.0000	0.0177	0.0186

### Grafico di Disaggregazione



**Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni**  
 (Coordinate del punto: lat. 37.781 lon. 12.608)

Distanza (Km)	Magnitudo (Mw)										
	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	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	1.7300	4.5200	3.9800	2.8400	0.4210	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	4.2000	12.3000	12.5000	10.2000	1.6300	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	1.9900	6.9300	8.5200	8.1500	1.4300	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.6800	2.7000	3.5600	3.6000	0.6560	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.1550	0.9400	1.2500	1.1700	0.2010	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0066	0.3280	0.5750	0.5480	0.0926	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.0938	0.3090	0.3430	0.0620	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0181	0.1630	0.2200	0.0424	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0008	0.0793	0.1430	0.0295	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0338	0.0945	0.0210	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0124	0.0626	0.0152	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0032	0.0404	0.0110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003	0.0230	0.0074	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0124	0.0051	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0064	0.0036	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0030	0.0038	0.0062	0.0119	0.0030	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0012	0.0077	0.0338	0.0692	0.0181	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003	0.0071	0.0489	0.1080	0.0288	0.0000	0.0000

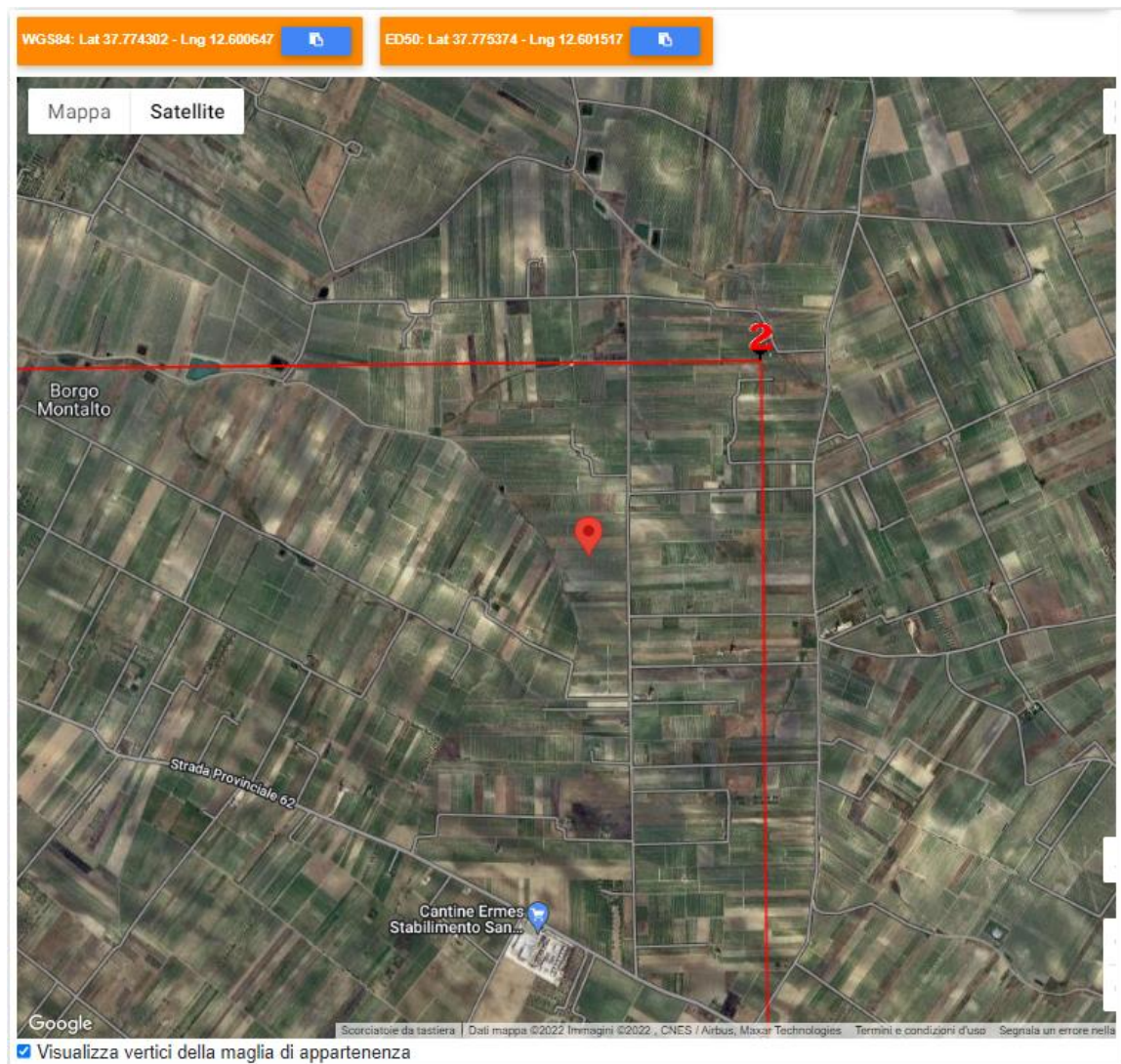
Valori Medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
5.22	421	1.21

Per il sito in esame pertanto la Magnitudo media risulta essere 5.220, mentre l’ag allo stato SLV risulta compresa tra 0.050-0.075g (0.060g).

Determinata l’ag attesa, i coefficienti sismici caratteristici relativi al baricentro dell’area di impianto sono i seguenti (<http://www.geostru.com/geoapp/parametri-sismici.aspx>):

### Dati generali

Descrizione: Impianto eolico loc. Chelbi – Mazara del Vallo (TP)



Sito in esame.

latitudine: 37,775374  
longitudine: 12,601517  
Classe: 2  
Vita nominale: 50

#### Siti di riferimento

Sito 1	ID: 46716	Lat: 37,7807	Lon: 12,5449	Distanza: 5015,663
Sito 2	ID: 46717	Lat: 37,7813	Lon: 12,6079	Distanza: 862,887
Sito 3	ID: 46939	Lat: 37,7313	Lon: 12,6086	Distanza: 4944,400
Sito 4	ID: 46938	Lat: 37,7307	Lon: 12,5456	Distanza: 6989,288

#### Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C  
Categoria topografica: T1  
Periodo di riferimento: 50 anni  
Coefficiente cu: 1

##### Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 %  
Tr: 30 [anni]  
ag: 0,017 g  
Fo: 2,496  
Tc\*: 0,144 [s]

##### Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %  
Tr: 50 [anni]  
ag: 0,024 g  
Fo: 2,463  
Tc\*: 0,188 [s]

##### Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 %  
Tr: 475 [anni]  
ag: 0,060 g  
Fo: 2,564  
Tc\*: 0,312 [s]

##### Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento: 5 %  
Tr: 975 [anni]  
ag: 0,077 g  
Fo: 2,619  
Tc\*: 0,335 [s]

#### Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

##### SLO:

Ss: 1,500  
Cc: 1,990  
St: 1,000  
Kh: 0,005  
Kv: 0,003  
Amax: 0,255  
Beta: 0,200

##### SLD:

Ss: 1,500  
Cc: 1,820  
St: 1,000  
Kh: 0,007  
Kv: 0,004  
Amax: 0,350  
Beta: 0,200

SLV:

Ss: 1,500  
 Cc: 1,540  
 St: 1,000  
 Kh: 0,018  
 Kv: 0,009  
 Amax: 0,879  
 Beta: 0,200

SLC:

Ss: 1,500  
 Cc: 1,510  
 St: 1,000  
 Kh: 0,023  
 Kv: 0,012  
 Amax: 1,133  
 Beta: 0,200

Le coordinate espresse in questo file sono in ED50 Geostru

Coordinate WGS84

latitudine: 37.774302  
 longitudine: 12.600647

### Stati limite

Classe Edificio

II. Affollamento normale. Assenza di funz. pubbliche e sociali...

Vita Nominale: 50

Interpolazione: Media ponderata

**CU = 1**

Stato Limite	Tr [anni]	$a_g$ [g]	Fo	Tc* [s]
Operatività (SLO)	30	0.017	2.496	0.144
Danno (SLD)	50	0.024	2.463	0.188
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.060	2.564	0.312
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.077	2.619	0.335

Periodo di riferimento per l'azione sismica: 50

### Coefficienti sismici

Stabilità dei pendii e fondazioni

Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti:

H (m): 1 us (m): 0.1

Cat. Sottosuolo: C

Cat. Topografica: T1

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,50	1,50	1,50	1,50
CC Coeff. funz categoria	1,99	1,82	1,54	1,51
ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

Acc.ne massima attesa al sito [m/s²]: 0.6

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.005	0.007	0.018	0.023
kv	0.003	0.004	0.009	0.012
Amax [m/s²]	0.255	0.350	0.879	1.133
Beta	0.200	0.200	0.200	0.200

## 8. CONCLUSIONI

Dopo aver analizzato sulla scorta dell'indagine geognostica puntuale rappresentativa delle sequenze stratigrafiche caratterizzanti il sito in studio nei due scenari attesi a componente prevalentemente argilloso-marnosa (S1-CH03) ed argilloso-sabbiosa (S2-CH6) relativamente ai terreni sui quali si intende realizzare il parco eolico denominato "Chelbi" sul territorio comunale di Mazara del Vallo, in loc. Chelbi e con elettrodotto nei comuni di Mazara del Vallo e Marsala e SSEU in Comune di Marsala, è possibile concludere definendo quanto segue:

- L'area interessata è posta quasi totalmente sulla parte sommitale di un terrazzo di origine marina denominato Grande Terrazzo Superiore del Pleistocene sup. costituito da una morfologia subpianeggiante con pendenze che raramente superano il 5% e comunque sempre al di sotto del 10% da analisi altimetrica DTM, mentre il tracciato del cavidotto di collegamento alla RTN interessa oltre alla formazione descritta anche i depositi alluvionali anch'essi a morfologia subpianeggiante.
- Le aree si presentano stabili e non vi sono associati particolari aspetti morfologici.
- Dal punto di vista geologico il comprensorio sul quale verrà realizzato il parco eolico in studio è costituito da depositi terrazzati afferenti al Grande Terrazzo Superiore (G.T.S.) di età Pleistocenica e da depositi argilloso-marnosi, argilloso-sabbiosi afferenti alla formazione della Valle del Belice e ai Trubi, tali depositi sono composti da sabbie limose, limi sabbiosi e calcareniti alternati tra loro. Il tracciato di collegamento alla rete elettrica RTN in cavidotto è posto, oltre che sui depositi afferenti al G.T.S., prevalentemente su terreni alluvionali sabbioso-limosi prevalenti con alternanze ed intercalazioni ciottolose.
- Il substrato di riferimento è di natura argillosa ed è composto dalle argille del Tortoniano afferenti alla formazione Terravecchia.
- Dal punto di vista geomorfologico le aree nelle quali verranno realizzate sia gli aerogeneratori che la linea elettrica di collegamento e la sottostazione SSEU risultano pianeggianti, stabili, prive di agenti morfogenetici attivi che possono turbare l'attuale habitus geomorfologico.
- La stabilità risulta ottima in relazione alla favorevole giacitura dei terreni presenti, nonché alla natura degli stessi ed alle loro caratteristiche fisico-meccaniche. A tal proposito, è opportuno sottolineare che sono state attenzionate le carte presenti all'interno del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) emanato dall'A.R.T.A Sicilia.
- La caratterizzazione stratigrafica e geofisica dei siti di progetto è stata ottenuta tramite i dati derivanti dall'indagine geognostica eseguita nell'Ottobre 2022 con esecuzione di:
  - N° 2 sondaggi meccanici a carotaggio continuo, in corrispondenza delle Torri CH3 e CH6;
  - Esecuzione di n°3 prove SPT in foro per ogni sondaggio;
  - Prelievo di n° 6 campioni in foro;
  - Installazione di tubo piezometrico per l'intero sviluppo delle verticali di sondaggio;
  - Analisi e prove di laboratorio geotecnico eseguite sui campioni prelevati;
  - n°2 indagini sismiche attive tipo MASW.

- **per la verticale CH03 a componente prevalente marnosa: descrizione stratigrafica dei litotipi individuati:**

l'area su cui verranno installati l'aerogeneratore CH03 e per correlazione CH01 e CH04 è caratterizzata dalla presenza di un minimo livello vegetale di circa 0,30m a cui seguono depositi superficiali di natura alluvionale terrazzata sabbiosa ed arenacea giallo chiaro, poco cementate, aventi uno spessore complessivo di circa 1,90 metri.

Procedendo in profondità, i depositi terrazzati vengono sostituiti da limi argillosi e marnosi di colore bianco-grigio con intercalazioni argilloso-limose di colore giallastro, umide e plastiche, fino alla profondità di 6,50 metri dal p.c.. **(Unità 1A)**

A seguire si ha un incremento della frazione argillosa con limi argillosi poco alterati, umidi e plastici di colore giallastro fino alla profondità di 10,00 metri dal p.c.. **(Unità 1B)**

Dai 10,00 metri in poi fino a fine sondaggio (30,00 metri dal p.c.) si riscontra il substrato di riferimento, composto da limi argillosi grigiastri umidi e plastici con rari livelli di sabbie e arenarie grigie limose. **(Unità 1C)**

- **per la verticale CH06 a componente prevalente sabbioso-argillosa: descrizione stratigrafica dei litotipi individuati:**



l'area su cui verranno installati l'aerogeneratore CH06 e per correlazione CH02, CH05 e CH07 è caratterizzata dalla presenza di un minimo livello vegetale di circa 0,40m a cui seguono depositi superficiali di natura alluvionale terrazzata sabbiosa limosa biancastra, aventi uno spessore complessivo di circa 1,10 metri.

Procedendo in profondità si hanno limi a tenore sabbioso prevalente di colore dal giallo chiaro con intercalazioni sottili marnose argilloso-limose (fino a circa 3,00 metri dal p.c.) al giallo chiarro biancastro con livelli marnosi fino alla profondità di 6,00 metri dal p.c.. **(Unità 2A)**

A seguire si ha un incremento della frazione argillosa con limi argillosi e marne sabbiose di colore dal giallo chiaro al biancastro fino alla profondità di 10,00 metri dal p.c..

Dai 10,00 metri fino ai 12,00 metri si hanno limi argillosi biancastri, umidi e plastici. **(Unità 2B)**

A seguire fino ai 16,90 metri si hanno limi argillosi giallastri, umidi e plastici.

Dai 16,90 metri in poi fino a fine sondaggio (30,00 metri dal p.c.) si riscontra il substrato di riferimento, composto da limi argillosi grigiastri umidi e plastici con rari livelli sabbiosi giallastri. **(Unità 2C)**

- In entrambe le verticali di indagine, a seguito di installazione di tubo piezometrico e rilievo freaticometrico puntuale, non si è riscontrata la presenza di falda freatica stabilizzata.

- Nel complesso i parametri litotecnici dedotti, con particolare attenzione alle caratteristiche meccaniche, risultano discreti, con un miglioramento delle proprietà all'aumentare della profondità.

- Si rilevano inoltre parametri caratteristici meccanici leggermente superiori lungo la verticale S2 (litotipi a > componente sabbioso-arenacea) rispetto alla S1 (prevalentemente limoso-argilloso).

Relativamente al primo orizzonte a tenore prevalentemente sabbioso-arenaceo con spessore di circa 3,00m dal p.c., nel caso del S2, si hanno caratteristiche da discrete ad ottime come evidenziato nella tabella che segue (Unità 2A).

Le Unità 1C e 2C afferenti alla formazione pelitica-marnosa di substrato geologico risultano parametricamente in linea rispetto alle due verticali indagate e con valori discreti.

- In riferimento alle N.T.C. di cui al D.M. del 17/01/18, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, utilizzando le indagini sismiche reperite, si è verificato che il sottosuolo sul quale verranno realizzate le torri in studio ricade complessivamente nella categoria sismica C come dettagliato nei paragrafi precedenti sulla base delle indagini geofisiche MASW eseguite in corrispondenza delle verticali di indagine CH03 e CH06 con velocità comprese tra 322,58 m/s e 327,04 m/s.

- La Magnitudo attesa media per il sito in esame risulta pari a 5.220 con ag allo SLV pari a 0,060. Tale valore ag risulta di bassa entità e non rappresenta vincolo ostativo per la realizzazione del parco eolico relativamente all'aspetto strutturale-fondazionale al contrario risulta funzionale al fine di adottare le idonee soluzioni tecniche a sopportare le sollecitazioni sismiche attese per il sito.

Si allega di seguito report completo dell'indagine geognostica con schede di sintesi dei sondaggi eseguiti S1 ed S2 con relativa documentazione fotografica e certificati del laboratorio geotecnico dei campioni analizzati ed il report dell'indagine ed analisi geofisica MASW.

San Benedetto Tr. 13.10.2022

geologo Alessandro Mascitti

## BIBLIOGRAFIA

Da "Evoluzione paleogeografica e strutturale della Sicilia e dei mari adiacenti" di Catalano R., Di Stefano P., Sulli A. e Vitale F.P., NATuralista Sicil., S. IV, Vol. XIX (3-4) 1995 pp. 143-187.

Da "Guida alla Sicilia Occidentale" di Catalano R., D'Argenio., Società Geologica Italiana Guide geologiche Regionali 1982 p. 10

Catalano R., D'Argenio B. (1982): Schema geologico della Sicilia (Ist. di Geol. e Paleont. Univ. - Palermo)

Decima A., Wezel F. C. (1971): Osservazioni sulle evaporiti messiniane della Sicilia centro-meridionale. (Riv. Min. Sic. n. 130-132).

Ogniben L. (1953): Le Argille Scagliose e le Argille Brecciate in Sicilia (Boll. Serv. Geol. Ital. vol. 75)

Ogniben L. (1954): Le Argille Brecciate Siciliane con i rilievi in dettaglio di Grottacalda (Valguarnera, Enna), Passarello (Licata, Agrigento), Zubbi (S. Cataldo, Caltanissetta) (Mem. Ist. Geol. Min. Univ. vol. 18 - Padova)

Roda C. (1967): I sedimenti plio-pleistocenici nella Sicilia centro-meridionale (Atti Accademia di Gioenia, ser. 6, vol. 18, Suppl. Sc. Geol. Catania).

Paolo Mezzadri: La serie gessoso solfifera della Sicilia ed altre memorie geominerarie. Roberto De Nicola Editore.

Schmidt di Friedberg P. (1964): Litostratigrafia petrolifera della Sicilia I° (Riv. Min. Sic. n. 88-90)

G. Arnone e T. Lucchesi: La redazione del piano per l'assetto idrogeologico della Regione Siciliana. Rivista trimestrale dell'Ordine dei Geologi di Sicilia n°3 del 2004.

Catalogo dei Forti Terremoti Italiani versione 2004 (CPTI04) a cura di P. Gasperini, R. Camassi, C. Mirto e M. Stucchi.

Zonazione sismogenetica ZS9 – App.2 al Rapporto Conclusivo a cura di C. Meletti e G. Valensise (marzo 2004) con contributi di R. Azzaro, S. Barba, R. Basili, F. Galadini, P. Gasperini, M. Stucchi e G. Vannucci Gruppo di Lavoro per la redazione della mappa di pericolosità sismica (Ordinanza PCM 20.03.03 n. 3274). Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.