

COMMITTENTE:



DIREZIONE INVESTIMENTI
PROGETTI PALERMO

SOGGETTO TECNICO:



DIREZIONE TERRITORIALE PRODUZIONE DI PALERMO
S.O. INGEGNERIA

PROGETTAZIONE:

SINTAGMA S.r.l. - ITALIANA SISTEMI S.r.l.

TIMBRO E FIRMA DEL PROGETTISTA



PROGETTO DEFINITIVO

ELETTRIFICAZIONE LINEA: PALERMO - TRAPANI (Via Milo)

TRATTA: ALCAMO DIRAMAZIONE(e) - TRAPANI(i)

SOTTOSTAZIONE ELETTRICA (SSE) DI MILO

Elaborati di carattere generale

Relazione geologica ed idrogeologica

SCALA -

Foglio - di -

PROGETTO/ANNO	SOTTOPR.	LIVELLO	NOME DOC.	PROGR.OP.	FASE FUNZ.	NUMERAZ.
3 0 4 8 1 7	S 0 1	P D	T T S S	4 8	0 0 1	E F 0 0 2

Revis.	Descrizione	Progettista	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato	Data
A	Emissione	Ing. Granieri	MAG. 19						
B	Aggiornamento	Ing. Granieri	Giu. 20						

LINEA	SEDE TECN.	NOME DOC.	NUMERAZ.
Verificato e trasmesso	Data	Convalidato	Data

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE Direzione Territoriale Produzione Palermo	ELETTRIFICAZIONE LINEA: PALERMO - TRAPANI (Via Milo) TRATTA: ALCAMO DIRAMAZIONE(e) – TRAPANI(i)
304817_S01_PD_TTSS_48_001_EF002	SSE di MILO - Relazione Geologica ed Idrogeologica

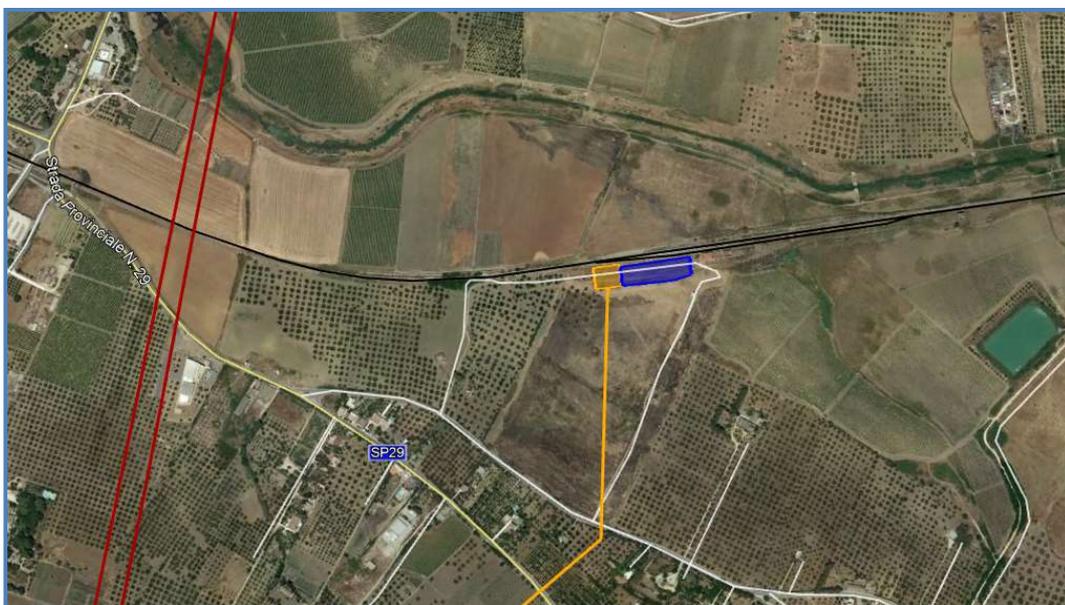
Sommario

1	Introduzione.....	2
2	Caratteristiche geologiche	3
3	Caratteristiche Idrologiche.....	5
4	Aspetti Geomorfologici	6
5	Valutazione del rischio geomorfologico ed idrogeologico	7
5.1	Piano per l’assetto idrogeologico (PAI)	7
5.2	Pericolosità geomorfologica.....	9
5.2.1	Pericolosità da frana	9
5.2.2	Pericolosità Idraulica.....	10
6	Indagini geognostiche e geofisiche.....	11
6.1	Prove in sito e di laboratorio	11
6.2	Indagini geofisiche.....	13
7	Inquadramento sismico dell'area e pericolosità sismica di base.....	14
7.1	Categoria di Sottosuolo e categoria topografica.....	22

1 Introduzione

Nell'ambito dell'Accordo Quadro n.341/2016 la Direzione Territoriale Produzione di Palermo ha affidato alla scrivente (con contratto applicativo n.22/2018) la **"Progettazione definitiva dei lavori relativi alla realizzazione degli impianti di Trazione Elettrica ferroviaria, Sottostazioni Elettriche e Luce e Forza Motrice in galleria delle tratte e stazioni comprese tra la stazione di Cinisi e la stazione di Trapani, compresa la Cabina TE di Piraineto"**.

La nuova SSE di Milo verrà realizzata in prossimità dell'omonima Stazione. Si rammenta che il progetto di ripristino della linea prevede la trasformazione di Milo in tratto in piena linea, liberando di fatto tutto il vecchio piazzale ferroviario. Nonostante ciò le attuali aree di proprietà RFI non hanno dimensioni sufficienti ad alloggiare tutte le apparecchiature della SSE, di conseguenza si prevede l'esproprio di un'area a sud della linea ferroviaria e confinante con la stessa.



La nuova SSE di Milo sarà costituita da due piazzali indipendenti e dotati di accessi distinti:

- il piazzale TERNA (evidenziato in giallo), di superficie 1800 mq circa in cui verranno realizzate a cura di TERNA tutte le apparecchiature di recapito in AT;
- il piazzale RFI (evidenziato in blu), di superficie 3100 mq circa in cui vengono realizzate le apparecchiature di trasformazione AT/MT, il fabbricato tecnologico, le linee di distribuzione e gli alimentatori.

I piazzali saranno tutti delimitati da muri di cinta in c.a. di altezza superiore a due metri, saranno interamente pavimentati e dotati di un idoneo sistema di smaltimento delle acque meteoriche, nonché di un impianto di illuminazione.

All'interno del piazzale RFI verrà inoltre realizzato un edificio tecnologico di superficie 220 mq circa ed altezza 5,30 metri fuori terra. La struttura sarà costituita da un telaio in c.a., copertura piana in lastre prefabbricate alleggerite e tamponature in laterizio intonacato.

Nel piazzale trovano alloggio inoltre i due trasformatori di potenza 3,6 MVA cadauno con raffreddamento ad olio minerale. I due trasformatori saranno installati sopra a delle idonee vasche in c.a. di contenimenti di eventuali perdite di olio.

2 Caratteristiche geologiche

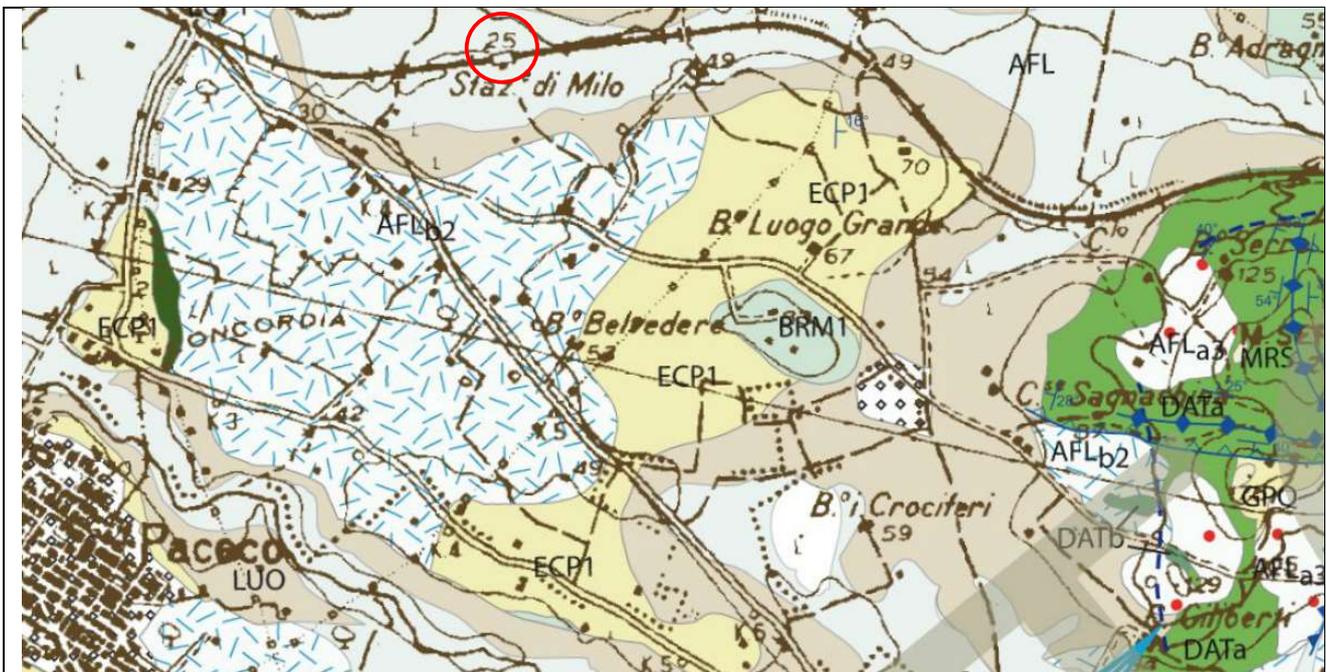
L'area dove verrà realizzata la sottostazione di Milo si inserisce a grande scala nel contesto geologico dei **Monti di Trapani**.

Quest'ultimi rappresentano le estreme porzioni nord-occidentali della Catena Appenninico-Maghrebide che caratterizza da Est ad Ovest la fascia settentrionale della Sicilia, e si estende dai Monti di Trapani fino ai Monti Nebrodi.

Come si evince dalla carta geologica d' Italia in scala 1:50000 (Foglio 605 Paceco), la sottostazione di Milo è interessata principalmente dai terreni di sabbiosi, sabbioso-limosi e ghiaiosi olocenici appartenenti al **Sintema di Capo Plaia (AFL)**.

In particolare i depositi alluvionali che costituiscono in sintema comprendono litologie prevalentemente ghiaiose, sabbiose e limose, e si possono ricondurre a depositi di terrazzo fluviale su più ordini che interessano le aree di fondovalle e le aree di piana alluvionale.

Presentano spessori variabili dai 5 ai 20 m di spessore.



Legenda:

SINTEMA DI CAPO PLAIA



Detrito di falda costituito da ciottoli a spigoli vivi eterometrici e poligenici (AFL_{a3}); depositi fluviali (AFL_b) costituiti da limi-sabbiosi grigiastri con faune miste di gasteropodi polmonati e lamelibranchi, depositi eluviali e colluviali (AFL_{b2}) costituiti da ghiaie, sabbie e limi variamente frammiti, spesso pedogenizzati; depositi di spiaggia e di cordone litorale (AFL_{b2}), lacustri (AFL_{b2}) e palustri (AFL_{a3}) (terre nere). Sono stati distinti quattro subsintemi (subsintema Chinisia-Birgi, AFL₁, subsintema Xitta AFL₂, subsintema Salina Grande AFL₃, subsintema Mozia AFL₄). A luoghi paleosuoli che per l'esiguo spessore e la limitata estensione vengono indicati in carta con *. Limite inferiore rappresentato da una superficie erosiva su SIT e BLT. Ambiente continentale.

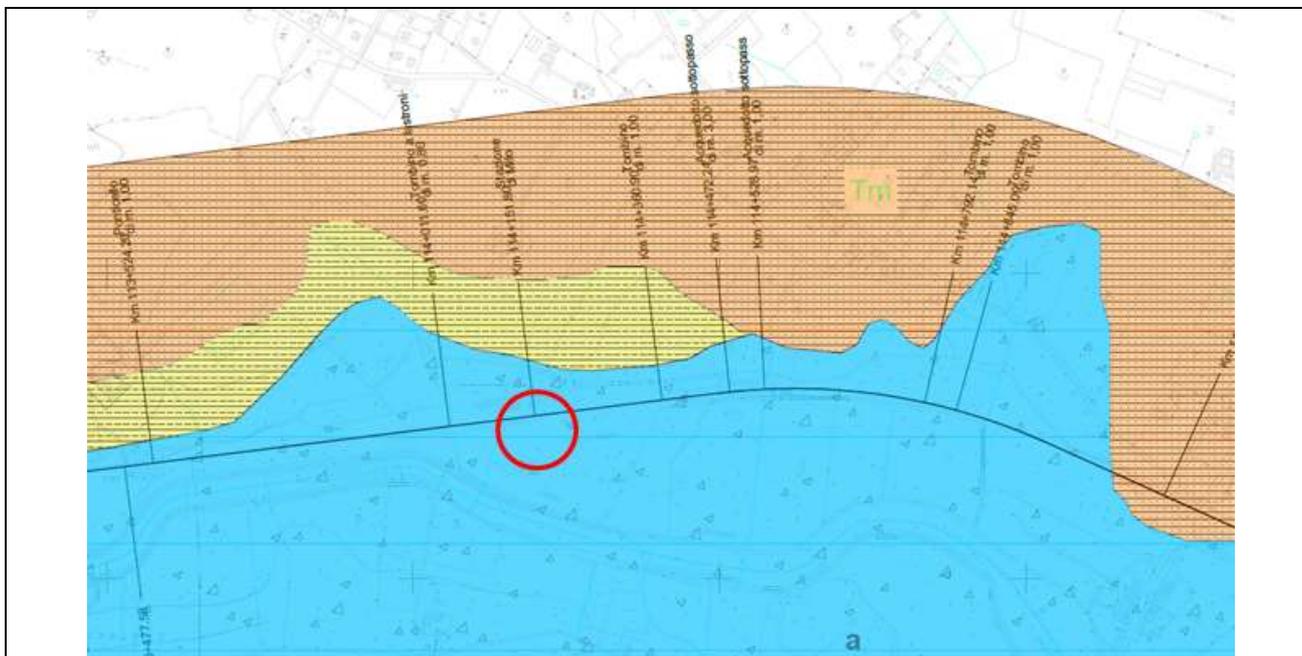
OLOCENE

Figura 1 –Estratto del Foglio n°605 Paceco- Carta geologica d'Italia in scala 1:50000

Al fine di caratterizzare in modo più specifico la zona d'interesse sono stati presi in esame anche i risultati dello studio geologico svolto nell'ambito del Progetto Definitivo relativo alla "Progettazione definitiva delle opere civili ed armamento per il ripristino della linea Palermo - Trapani via Milo"- **CONTRATTO APPLICATIVO n.9/2017 - A.Q. n.341/2016 del 29/11/2016.**

Dalla carta geologica in scala 1:10000 redatta per il suddetto progetto, di cui si riporta un estratto a seguire, emerge che l'area dove verrà realizzata la sottostazione elettrica è caratterizzata dalla presenza di **depositi alluvionali recenti ed attuali (a)**. Sotto i depositi alluvionali si rinvencono i depositi calcarenitici e conglomeratici dei **Terrazzi Marini (Tm)**

Il substrato basale (bedrock) sul quale si sono depositati i sedimenti quaternari, è costituito da argille di colore grigio e grigio verdastro con livelli di sabbie oligoceniche. Tali depositi sono riconducibili alla formazione del **Flysch Numidico-(FLY1)**. La formazione arriva a spessori di 200 m.



Legenda

	ALLUVIONI RECENTI E ATTUALI Terrazzi fluviali su più ordini, prevalentemente sabbiosi, ghiaiosi e limosi (PLEISTOCENE SUP.-OLOCENE)
	TERRAZZI MARINI Depositi calcarenitici e conglomeratici terrazzati di colore giallo (TIRRENIANO)
	FORMAZIONE FLYSH NUMIDICO Argille e argilliti brune, siltose, ricche in ossidi di ferro (OLIGOCENE SUP.-MIOCENE INF)

Figura 2 – Carta geologica Progettazione definitiva delle opere civili ed armamento per il ripristino della linea Palermo - Trapani via Milo estratto per l'area d'interesse.

3 Caratteristiche Idrologiche

In base alle caratteristiche litologiche dei terreni presenti nell'area di interesse e ai risultati dello studio geologico condotto per il Progetto Definitivo della "Progettazione definitiva delle opere civili ed armamento per il ripristino della linea Palermo - Trapani via Milo"- CONTRATTO APPLICATIVO n.9/2017 - A.Q. n.341/2016 del 29/11/2016, possiamo stabilire dei range di valori di permeabilità per formazioni che si presenti nell'area dove verrà realizzata la sottostazione di Milo.

Di seguito si riporta un estratto della carta idrogeologica:

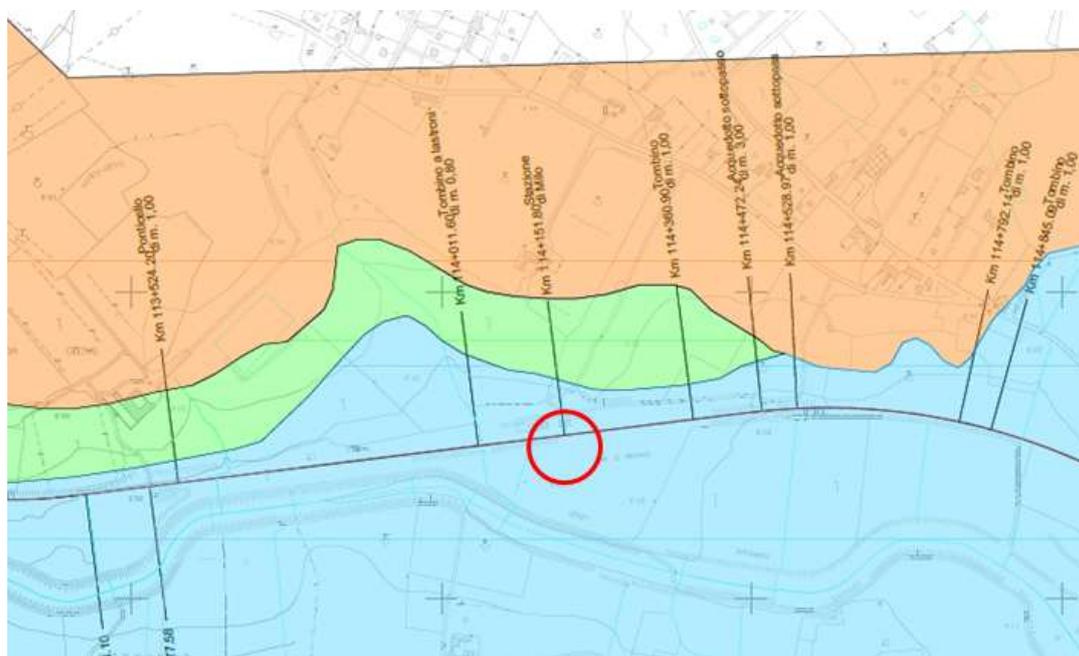


Figura 3 – Carta idrogeologica Progettazione definitiva delle opere civili ed armamento per il ripristino della linea Palermo - Trapani via Milo- estratto per l'area d'interesse.

- I **terreni alluvionali** di copertura costituiscono un orizzonte semipermeabile, in quanto dotato di una permeabilità variabile in funzione della granulometria dei materiali che la compongono. La maggiore frazione del sedimento, infatti, è costituita da limi e limi sabbiosi molto plastici, ai quali si interpongono aritmicamente livelli e/o lenti di sabbia e ghiaia fine, caratterizzati da un coefficiente di permeabilità (K) compreso fra 10^{-3} - 10^{-5} cm/s.
- I depositi calcarenitici e conglomeratici dei **terrazzi marini**, presentano una permeabilità che può variare localmente in funzione del grado di fratturazione e della porosità. In generale presentano un coefficiente di permeabilità (K) compreso fra 10^{-2} - 10^{-4} cm/s.
- Le **argille** della formazione di base rappresentano il substrato impermeabile a cui compete un coefficiente di permeabilità (K) compreso tra 10^{-5} cm/s - 10^{-7} cm/s.

Classi di permeabilità	Coefficiente di permeabilità (K)	Formazione litologica
1a classe: Terreni a permeabilità da molto bassa a nulla	$K = 10^{-5} - 10^{-7} \text{ cm/sec}$	Flysch Numidico-(FLY1)
2a classe: Terreni a permeabilità primaria per porosità	$K = 10^{-3} - 10^{-5} \text{ cm/sec}$	Alluvioni recenti-(a)
3a classe: Terreni a permeabilità primaria per porosità e secondaria per fratturazione	$K = 10^{-2} - 10^{-4} \text{ cm/sec}$	Terrazzi Marini (Tm)

Per quanto riguarda il livello della falda, i dati a disposizione non sono sufficienti a caratterizzare l'andamento piezometrico, ma in accordo con il contesto geologico e litostratigrafico presente nell'area di interesse, si desume che la falda acquifera è superficiale, e si attesta ad una quota compresa tra 1.00 e 1.35 m da piano campagna, allocata nei depositi alluvionali di copertura con moto di filtrazione pressoché parallelo alla superficie topografica.

4 Aspetti Geomorfologici

Il territorio in cui verrà realizzata la sottostazione elettrica di Milo si sviluppa su terreni litologicamente differenti e strutturalmente complessi e seguito dell'evoluzione tettonica che ha interessato l'intera Regione, in particolare, si rinviene un'estrema variabilità delle morfosculture che caratterizzano il paesaggio. Si passa, dai caratteri tipici di un'area sub-pianeggiante e basso-collinare, in corrispondenza degli affioramenti argillosi e arenacei, ad una morfologia più aspra e articolata di tipo montano, con versanti ripidi e scoscesi in corrispondenza degli affioramenti calcareo-dolomiti e calcareo-marnosi. In particolare l'area oggetto di studio si sviluppa nella pianura alluvionale del Fiumi Lenzi in una zona pianeggiante che come vedremo nei capitoli successivi non è soggetta a criticità geomorfologiche né idrogeologiche.

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE Direzione Territoriale Produzione Palermo	ELETTRIFICAZIONE LINEA: PALERMO - TRAPANI (Via Milo) TRATTA: ALCAMO DIRAMAZIONE(e) – TRAPANI(i)
304817_S01_PD_TTSS_48_001_EF002	SSE di MILO - Relazione Geologica ed Idrogeologica

5 Valutazione del rischio geomorfologico ed idrogeologico

5.1 Piano per l'assetto idrogeologico (PAI)

La Regione Siciliana, tramite l'Assessorato del territorio e dell'Ambiente, ha pubblicato un piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico.

Il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico, di seguito denominato Piano Stralcio o P.A.I. , ha valore di Piano Territoriale di Settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni, gli interventi e le norme d'uso riguardanti la difesa dal rischio idrogeologico del territorio siciliano.

Il P.A.I. ha sostanzialmente tre funzioni:

- conoscitiva, che comprende lo studio dell'ambiente fisico e del sistema antropico, nonché della ricognizione circa le previsioni degli strumenti urbanistici e dei vincoli idrogeologici e paesaggistici vigenti;
- normativa e prescrittiva, destinata alle attività connesse alla tutela del territorio e delle acque fino alla valutazione della pericolosità e del rischio idrogeologico e alla conseguente attività di vincolo in regime sia straordinario che ordinario;
- programmatica, che fornisce le possibili metodologie d'intervento finalizzate alla mitigazione del rischio, determina l'impegno finanziario occorrente e la distribuzione temporale degli interventi.

La definizione di norme d'uso e di salvaguardia è finalizzata alla difesa idrogeologica, al miglioramento delle condizioni di stabilità del suolo, al recupero di situazioni di degrado e di dissesto, al ripristino e/o alla conservazione della naturalità dei luoghi, alla regolamentazione del territorio interessato dalle piene.

Il riferimento territoriale del P.A.I. è la Regione Sicilia che costituisce un unico bacino di rilievo regionale esteso complessivamente 25.707 kmq e suddiviso in 102 bacini idrografici e aree territoriali intermedie, oltre alle isole minori.

Il P.A.I. assume valore giuridico preminente rispetto alla pianificazione di settore, compresa quella urbanistica ed ha carattere immediatamente vincolante per le Amministrazioni ed Enti Pubblici, nonché per i soggetti privati.

Con la pubblicazione del testo unico in materia ambientale, D.Lgs n° 152 del 3 Aprile 2006, sono stati introdotti alcuni cambiamenti nella struttura del sistema di tutela delle acque, ma si è mantenuta una certa simmetria con la configurazione di tutela preesistente.

Il territorio nazionale viene suddiviso in distretti idrografici ed in particolare in Sicilia è istituito il "Distretto Idrografico della Sicilia" con una superficie di circa 26.000 Kmq. In ciascun distretto idrografico è istituita l'Autorità di Bacino Distrettuale ed ognuna di queste autorità si andrà a sostituire alle esistenti Autorità di Bacino istituite dalla legge n°183 del 1989. Ogni Autorità di Bacino Distrettuale provvederà all'elaborazione del Piano di Bacino Distrettuale; tali piani possono essere redatti ed approvati anche per sottobacini o per stralci relativi a settori funzionali.

Per ciascun distretto idrografico è inoltre adottato un Piano di Gestione che rappresenta articolazione interna del Piano di Bacino Distrettuale; il Piano di Gestione costituisce pertanto piano stralcio del Piano di Bacino Distrettuale.

 Direzione Territoriale Produzione Palermo	ELETTRIFICAZIONE LINEA: PALERMO - TRAPANI (Via Milo) TRATTA: ALCAMO DIRAMAZIONE(e) – TRAPANI(i)
304817_S01_PD_TTSS_48_001_EF002	SSE di MILO - Relazione Geologica ed Idrogeologica

SUDDIVISIONE DEI BACINI IDROGRAFICI SECONDO IL PAI DELLA REGIONE SICILIA

La zona dove verrà realizzata la sottostazione elettrica di Milo appartiene al seguente bacino idrografico:

DENOMINAZIONE	NUMERO BACINO
<p style="text-align: center;">Bacino del Fiume Lenzi-Baiata</p> 	049

L'area in oggetto ricade all'interno del bacino idrografico del Fiume Lenzi-Baiata, che si sviluppa, appunto, interamente nel territorio della Provincia di Trapani con un'estensione di circa 130 km².
 Il torrente Lenzi scorre proprio nei pressi della stazione di Milo.



Il PAI della regione Sicilia è ancora in fase di redazione, sono disponibili le carte del rischio geomorfologico di gran parte del territorio, coprendo tutta la tratta oggetto della progettazione (vedi elaborati denominati “Carta Piano Assetto Idrogeologico”), per quanto riguarda il rischio idraulico è invece coperta una piccola percentuale del territorio.

5.2 Pericolosità geomorfologica

5.2.1 Pericolosità da frana

Per la valutazione della pericolosità e del rischio geomorfologico nell'area di intervento sono state consultate le cartografie tematiche del PAI relative alla zona di interesse.

Dalla carta della pericolosità e del rischio geomorfologico PAI (che si riporta seguire) non si individuano criticità e dissesti interferenti con l'area dove verrà realizzata la sottostazione.

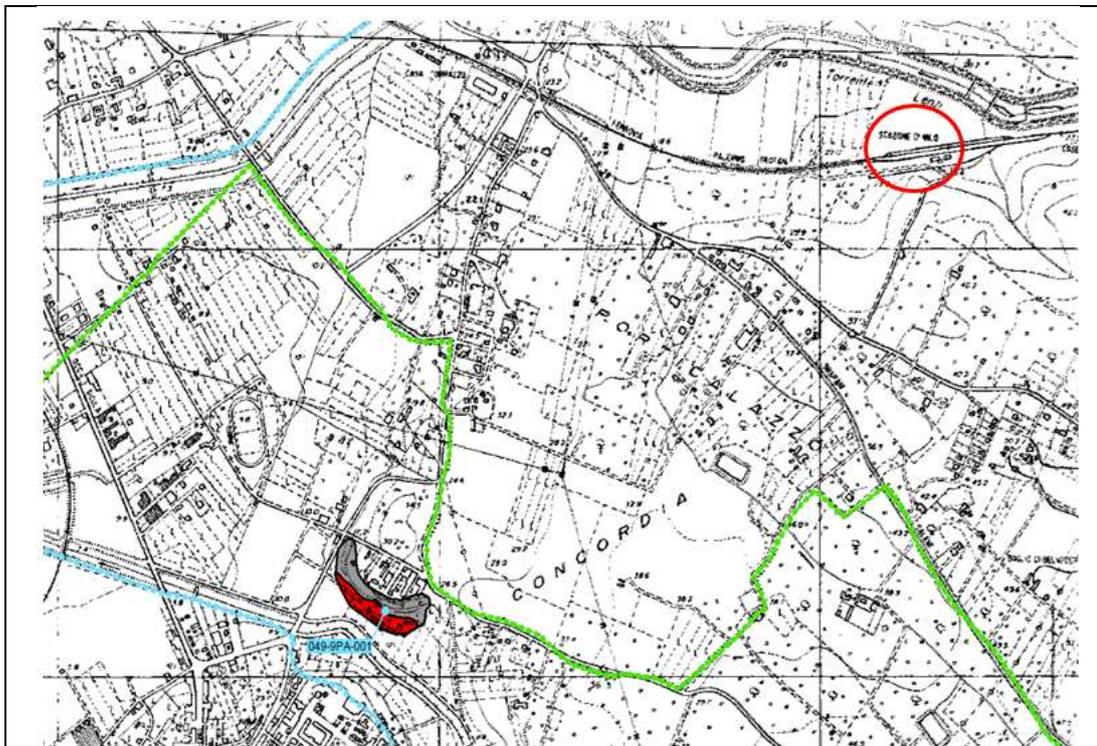


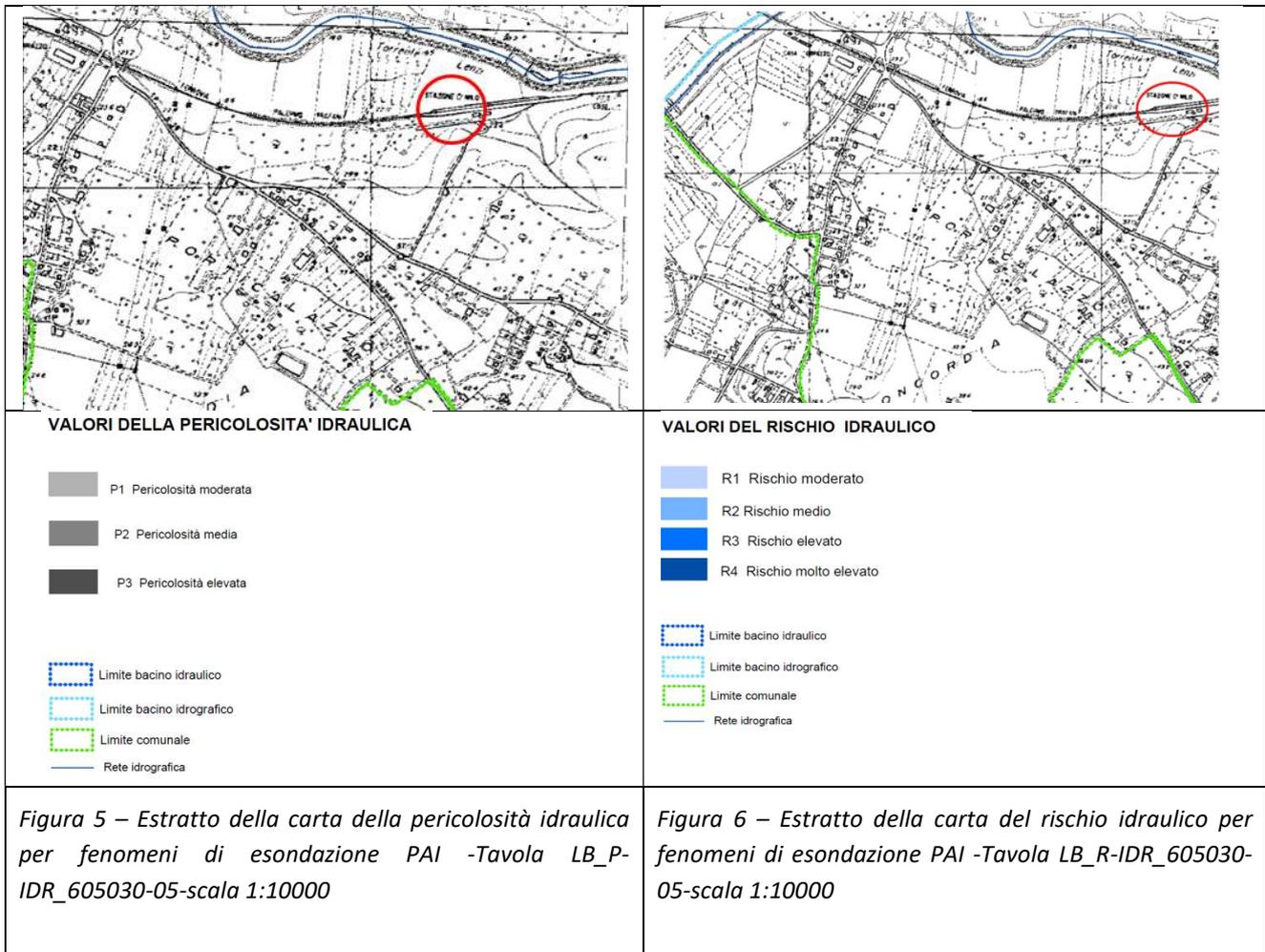
Figura 4 – Estratto della carta della pericolosità e del rischio geomorfologico PAI -Tavola LB_P-R_605030-05-scala 1:10000

Legenda

LIVELLI DI PERICOLOSITA'	LIVELLI DI RISCHIO
P0 molto basso	R1 moderato
P1 moderato	R2 medio
P2 medio	R3 elevato
P3 elevato	R4 molto elevato
P4 molto elevato	Limite bacino idraulico
	Limite bacino idrografico
	Limite comunale

5.2.2 Pericolosità Idraulica

Dalla consultazione delle carte tematiche del PAI relative alla zona d'interesse (di cui si riporta un estratto a seguire) non emergono situazioni a rischio idraulico interferenti con l'area oggetto di studio.



6 Indagini geognostiche e geofisiche

6.1 Prove in sito e di laboratorio

Nell'ambito della campagna geognostica condotta sono stati eseguiti n° 2 sondaggi a carotaggio continuo (S1-S2) impiegando carotiere semplice e con prelievo di campioni indisturbati (campionatore Schelby).

I sondaggi sono stati eseguiti con una sonda CMV equipaggiata con pompa fanghi e pompa scolatrice ad alta pressione.

Sono state effettuate una serie di prove SPT (Standard Penetration Test) ed al fine di parametrizzare il sito dal punto di vista geotecnico sui campioni prelevati dai sondaggi sono state eseguite le seguenti prove di laboratorio:

- analisi granulometrica;
- determinazione del contenuto di acqua del campione – ASTM D 2216-80;
- determinazione del peso per unità di volume BS 1377;
- determinazione del peso specifico-ASTM D 854;

- granulometria mediante sedimentazione e/o setacciatura- ASTM D 422;
- determinazione dei limiti di Atterberg – ASTM D 4318;
- prova di taglio diretto– ASTM D3080.

• **Descrizione stratigrafica sondaggio S1**

Il sondaggio S1 arriva a profondità di 10 m e individua la seguente stratigrafia:

- da 0,0 m a 3,00 m si rinviene la presenza di copertura agraria mista a clasti carbonatici informi di colore bianco sporco (riporti)
- da 3,0 m a 6,0 m si riscontra la presenza di argilla marnoso limosa con clasti quarzarenitici;
- da 6,0 m a 6.5 m si trova un orizzonte calcarenitico a grana grossa di colore giallo scuro
- da 6,5 m a 10 m si ha la presenza di argilla limo-sabbiosa di consistenza progressivamente crescente e colore variabile dal marrone chiaro al grigio (Cl da 8,0 m a 8,40 m)

• **Descrizione stratigrafica sondaggio S2**

Il sondaggio S2 arriva a profondità di 10 m e individua la seguente stratigrafia:

- da 0,0 m a 0.30 m si rinviene la presenza di Ballast.
- da 0.30 m a 7.8 m si riscontra la presenza di limo argilloso grigio progressivamente passante al color tabacco;
- da 7,8 m a 8,1 m si rileva un livello sabbioso conglomeratico con clasti in prevalenza di natura carbonatica.
- da 8,1 m a 9,5 m si ha la presenza di calcarenite a grana grossa di colore giallo scuro con livelli di sabbie (prova SPT1 8,0-8,45 m).
- da 9,5 m a 10,0 m si riscontra dell'argilla limosa di colore grigio scuro.

In nessuno dei due sondaggi è stato rilevato il livello della falda.

I risultati delle indagini e prove eseguite sono riassunte in forma tabulare di seguito.

SONDAGGIO	CAMPIONE	QUOTA PRELIEVO	SPT							
		m	n° Prova	Profondità prova (m)	N1	N2	N3	Nspt	N1	N1(60)
S1	C1	10,5-11,0	1	6,5	19	29	37	66	59,7	59,7
S2	-	-	1	3,3	33	R	-	-	-	-

Tabella riassuntiva delle Prove Spt eseguite

SONDAGGIO	CAMPIONE	QUOTA PRELIEVO	Peso di volume(γ)	Peso di volume secco (γ_d)	Granulometria			
		m	KN/m ³	KN/m ³	Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla
S1	C1	10,5-11,0	18,4	15,5	-	24	36	40
S2	-	-	-	-	-	-	-	-

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE Direzione Territoriale Produzione Palermo	ELETTRIFICAZIONE LINEA: PALERMO - TRAPANI (Via Milo) TRATTA: ALCAMO DIRAMAZIONE(e) – TRAPANI(i)
	SSE di MILO - Relazione Geologica ed Idrogeologica

Tabella riassuntiva della determinazione dei pesi di volume e granulometrica

SONDAGGIO	CAMPIONE	QUOTA PRELIEVO	Limiti di Atterberg				
		m	LIMITE LIQUIDO (LL)	CONT. ACQUA (W _n)	LIMITE PLASTICO (W _p)	INDICE PLASTICO (IP)	INDICE DI CONSISTENZA (I _c)
S1	C1	10,5-11,0	36,99	21,91	14,87	22,13	0,68
S2	-	-	-	-	-	-	-

Tabella riassuntiva della determinazione dei limiti di Atterberg

SONDAGGIO	CAMPIONE	QUOTA PRELIEVO	LITOLOGIA	TAGLIO DIRETTO	
		m		c' (Kpa)	φ' (°)
S1	C1	10,5-11,0	Argilla limosa di colore variabile dal marrone al tabacco	19,33	22
S2	-	-		-	-

Tabella riassuntiva dei risultati della prova di taglio diretto

Per le stratigrafie dei sondaggi geognostici e i certificati delle prove di laboratorio si rimanda rispettivamente agli allegati 1 e 2 alla Relazione Geotecnica.

6.2 Indagini geofisiche

Al fine di investigare le caratteristiche sismostratigrafiche del sottosuolo sono state realizzate delle prospezioni geofisiche di sismica passiva Re.mi. eseguite impiegando un sismografo modulare Geode (Geometrics) a 24 bit di risoluzione, elevatissima larghezza di banda (1.75 Hz-20000 Hz), configurato con un modulo opzionale in grado di acquisire 64.000 campioni per traccia.

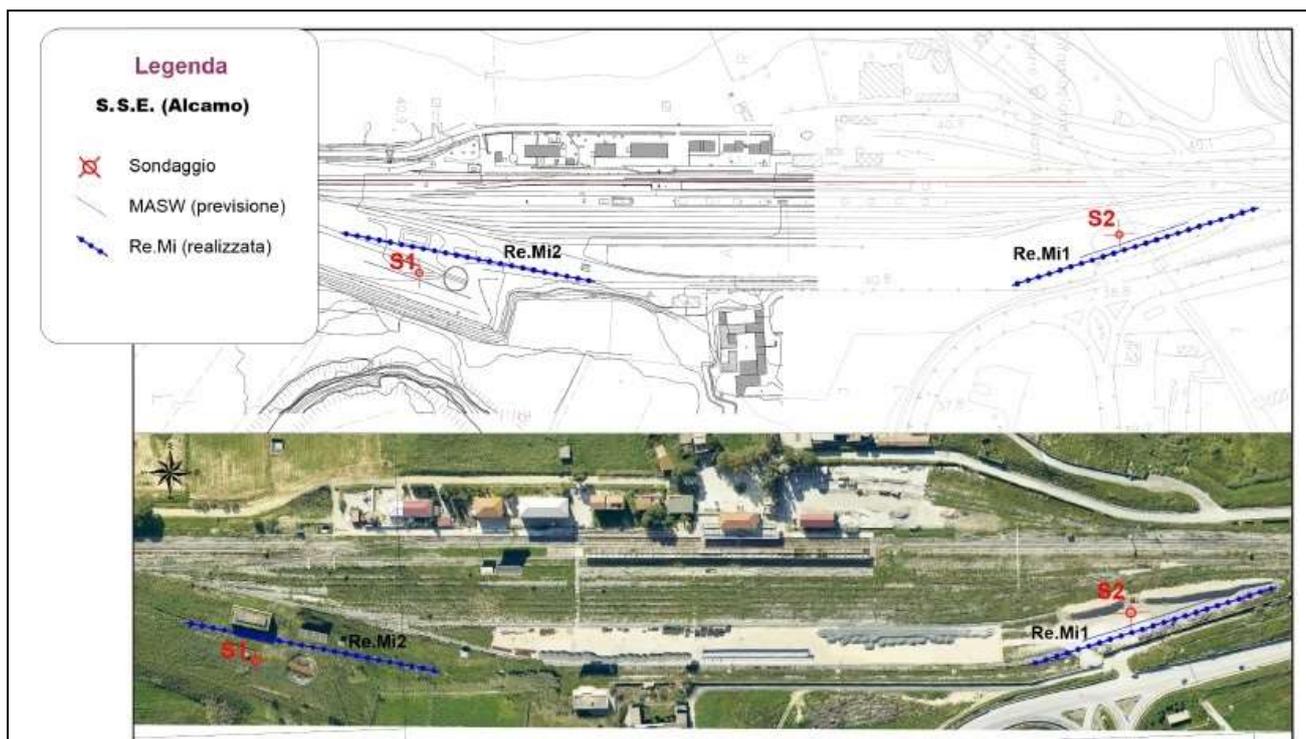
Per ottenere una buona risoluzione in termini di frequenza sono stati impiegati dei geofoni verticali a bassa frequenza di risonanza (4.5 Hz della Geospace) con i quali sono state registrate le onde di Rayleigh ottenendo profili di Vs (velocità impiegando un sismografo modulare Geode (Geometrics) a 24 bit di risoluzione, elevatissima larghezza di banda (1.75 Hz-20000 Hz), configurato con un modulo opzionale in grado di acquisire 64.000 campioni per traccia.

Per ottenere una buona risoluzione in termini di frequenza si sono impiegati dei geofoni verticali a bassa frequenza di risonanza (4.5 Hz della Geospace) con i quali si sono registrate le onde di Rayleigh ottenendo profili di Vs (velocità onde di taglio) fino a profondità elevate dal p.c. (100 m dal p.c.).

In fase di elaborazione, per ognuno di queste acquisizioni, è stata effettuata la modellizzazione diretta monodimensionale con inversione di velocità al fine di ottenere lo spettro di potenza, le curve di dispersione ed infine con il picking attuato, il profilo di velocità Vs.

Per la visione dei grafici relativi alle curve di dispersione e al profilo di velocità si rimanda all'Allegato 3 alla Relazione Geotecnica.

Di seguito si riporta l'ubicazione delle indagini geognostiche e geofisiche realizzate.



7 Inquadramento sismico dell'area e pericolosità sismica di base

La pericolosità sismica, intesa in senso probabilistico, è lo scuotimento del suolo atteso in un dato sito con una certa probabilità di eccedenza in un dato intervallo di tempo, ovvero la probabilità che un certo valore di scuotimento si verifichi in un arco spazio temporale definito. Questo tipo di stima si basa sulla definizione di una serie di elementi di input (quali catalogo dei terremoti, zone sorgente, relazione di attenuazione del moto del suolo, ecc.) e dei parametri di riferimento (per esempio: scuotimento in accelerazione o spostamento, tipo di suolo, finestra temporale, ecc.).

La pericolosità sismica di base classifica il territorio su vasta scala al fine di programmare le attività di prevenzione e pianificazione delle emergenze.

Dopo l'approvazione da parte della Commissione Grandi Rischi del Dipartimento della Protezione Civile nella seduta del 6 aprile 2004, la mappa della pericolosità sismica realizzata nel 2004 è diventata ufficialmente la mappa di riferimento per il territorio nazionale con l'emanazione dell'Ordinanza PCM 3519/2006 (G.U. n.105 dell'11 maggio 2006).

Di seguito si riporta la carta di pericolosità sismica del territorio nazionale:

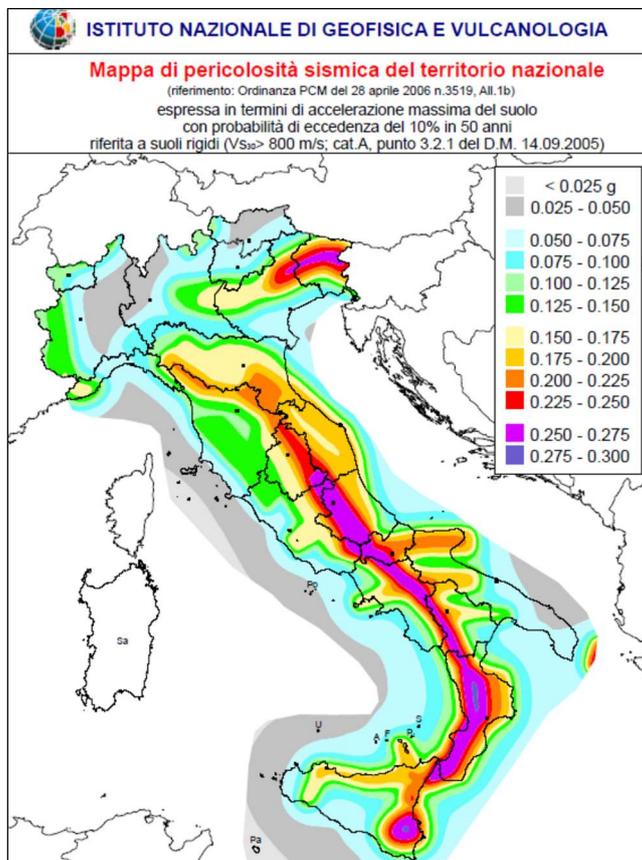


Figura 7 – Carta di pericolosità sismica del territorio nazionale (fonte INGV).

La mappa delle zone sismiche del 2003, suddivide il territorio italiano in quattro zone sismiche sulla base del valore dell'accelerazione orizzontale massima (a_g) su suolo rigido o pianeggiante, che ha una probabilità del 10% di essere superata in 50 anni.

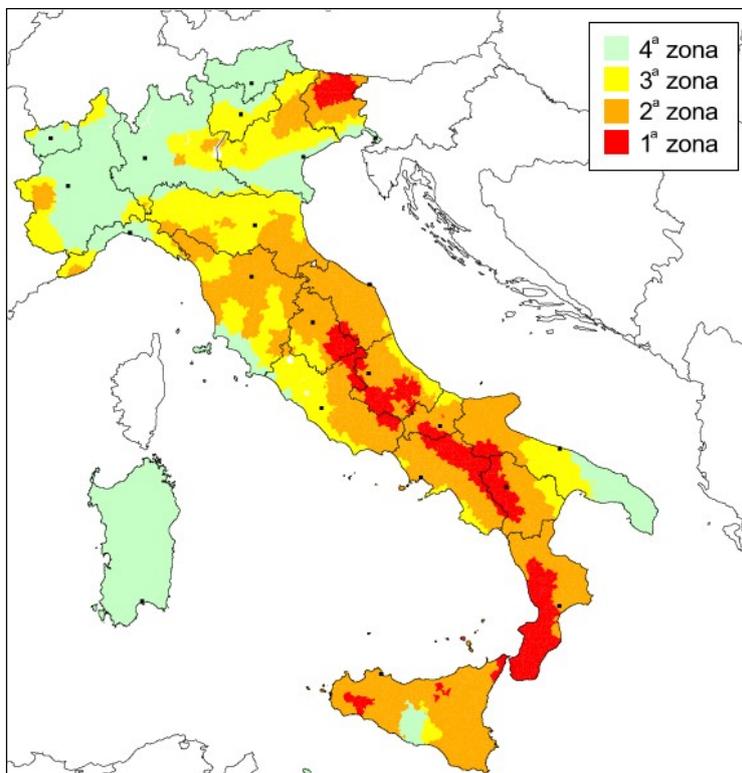


Figura 8 – Mappa delle zone sismiche del territorio nazionale del 2003 (fonte INGV).

Zona sismica	Descrizione
Zona 1	É la zona piú pericolosa, dove possono verificarsi forti terremoti.
Zona 2	Nei comuni inseriti in questa zona possono verificarsi terremoti abbastanza forti.
Zona 3	I Comuni interessati in questa zona possono essere soggetti a scuotimenti modesti.
Zona 4	É la meno pericolosa. Nei comuni inseriti in questa zona le possibilità di danni sismici sono basse.

I valori di accelerazione orizzontale massima (a_g) per le varie zone sismiche sono riportate nella tabella seguente:

zona sismica	Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (a_g)
1	$a_g > 0.25$
2	$0.15 < a_g \leq 0.25$
3	$0.05 < a_g \leq 0.15$
4	$a_g \leq 0.05$

Di seguito si riporta la Mappa della classificazione sismica dei comuni ricadenti nel territorio siciliano, come indicato nell'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n°3274/03, Delibera della Giunta regionale n. 408 19/12/2003.

Il Comune di Trapani è classificato come zona sismica 2, ovvero con una PGA compresa tra 0.15 e 0.25g.

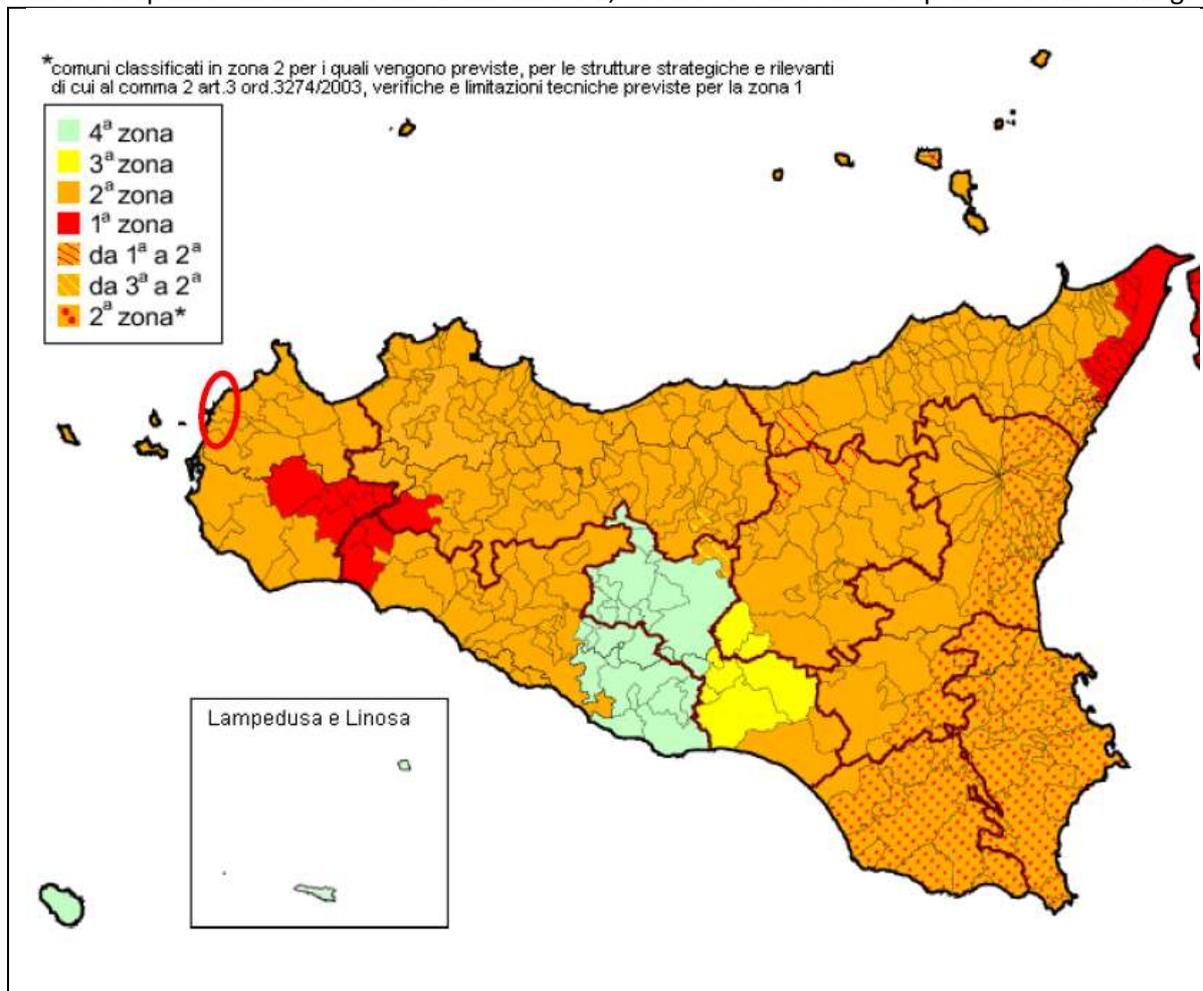


Figura 9 – Classificazione sismica della Regione Sicilia

Il Comune di Trapani (in cui ricade l'area oggetto di studio) è classificato come zona sismica 2, ovvero con una PGA compresa tra 0.15 e 0.25g.

In base all'Ordinanza n. 3519/2006¹, la località oggetto d'intervento risulta compresa tra punti con accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (riferita a suoli rigidi caratterizzati da VS30 > 800 m/s) di **ag** compresa tra **0.050-0.075g**.

¹Ordinanza n. 3519 del 28.04.2006 della Presidenza del Consiglio dei Ministri (Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone.

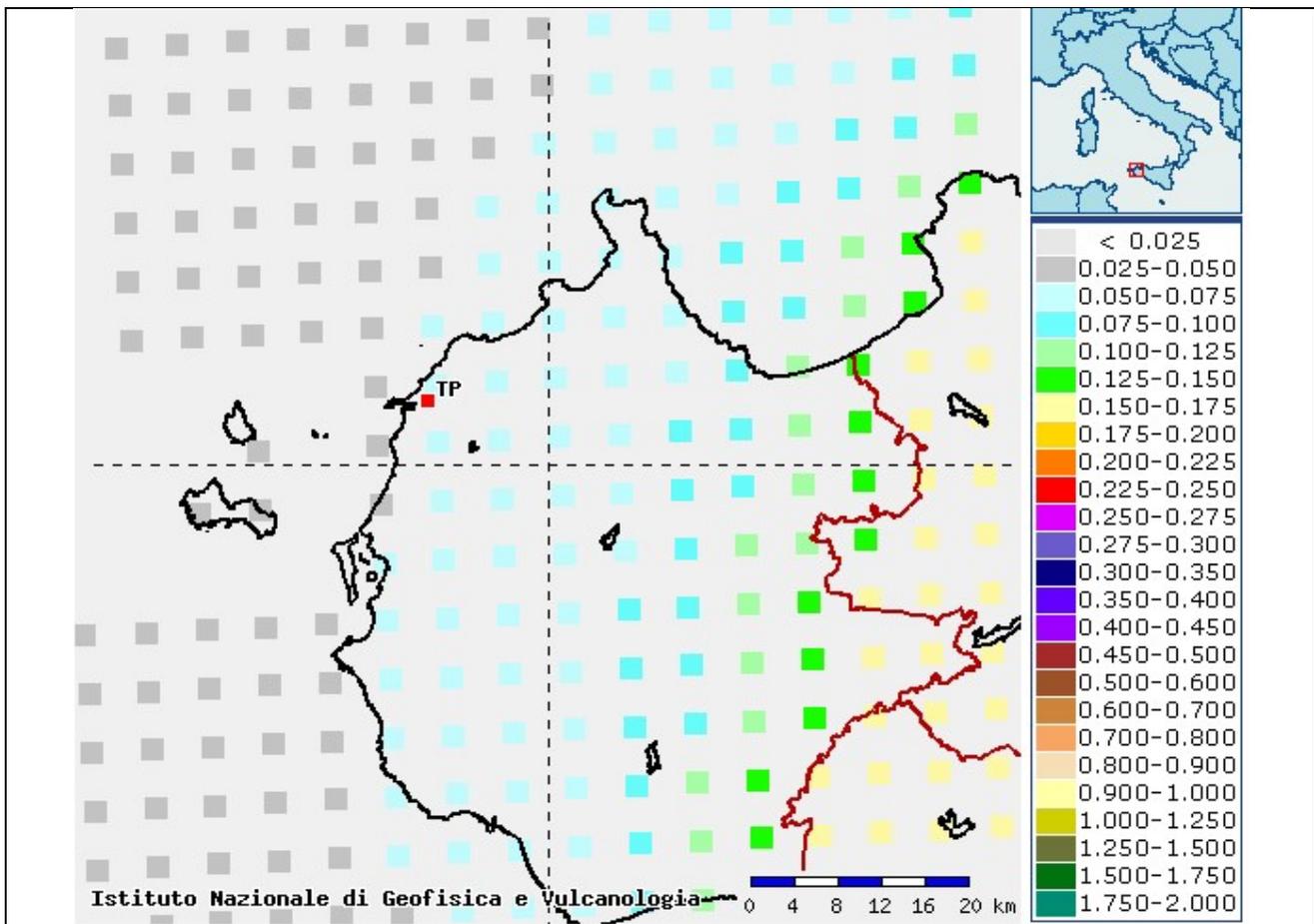


Figura 10 – Area Grafico riportante / punti della griglia riferiti al parametro a_g (mappe interattive di pericolosità sismica, INGV)

La sismicità della Sicilia occidentale e i dati di tettonica recente sono stati analizzati dall'OGS per affinare la zonazione sismogenetica di quest'area. L'analisi ha permesso di individuare, all'interno della zonazione adottata dal GNDT, "subzone" o aree caratterizzate da un differente comportamento sismotettonico. Nella zona sismogenetica 76 i terremoti sono localizzati principalmente tra Palermo e Termini Imerese (**ZS 76a - Area Tirrenica**). Per alcuni di questi, che interessano esclusivamente le località della costa, si ipotizzano sorgenti nel Tirreno. Tale sismicità potrebbe essere associata sia alle faglie trascorrenti del Sistema Sud-Tirrenico che alle strutture distensive responsabili del sollevamento della catena costiera. La zona sismogenetica 77 include aree con stili sismici differenti. La sismicità del settore più a nord (**ZS 77a - Area di Corleone**) si manifesta con sequenze sismiche di bassa energia. I pochi eventi conosciuti hanno aree di avvertibili limitate che indicano strutture sismogenetiche superficiali. Più a sud (**ZS 77b - Area del Belice**) sono localizzati gli eventi sismici del 1968, che possono essere associati sia con il proseguimento in terra della zona di trascorrenza presente nel Canale di Sicilia che a rotture lungo una rampa di thrust cieco al di sotto della sinclinale del Belice. I meccanismi focali proposti da vari autori mostrano soluzioni variabili da trascorrenti pure a transpressive a inverse pure, non permettendo di individuare specifiche strutture sismogenetiche. Lungo la costa meridionale, la sismicità si manifesta con sequenze sismiche di bassa energia ma di lunga durata che interessano quasi esclusivamente Sciacca (**ZS 77c - Area di Sciacca**), talvolta

 <p>RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE Direzione Territoriale Produzione Palermo</p>	<p>ELETTRIFICAZIONE LINEA: PALERMO - TRAPANI (Via Milo) TRATTA: ALCAMO DIRAMAZIONE(e) – TRAPANI(i)</p>
304817_S01_PD_TTSS_48_001_EF002	SSE di MILO - Relazione Geologica ed Idrogeologica

in concomitanza con l'attività vulcanica del Canale di Sicilia. Le caratteristiche degli eventi del settore costiero Egadi-Trapani-Mazara, precedentemente ricadenti in zona di background (ZS 91), hanno permesso di identificare una nuova zona sorgente (ZS 77d) associabile all'attività del Thrust delle Egadi o delle faglie che lo dislocano.

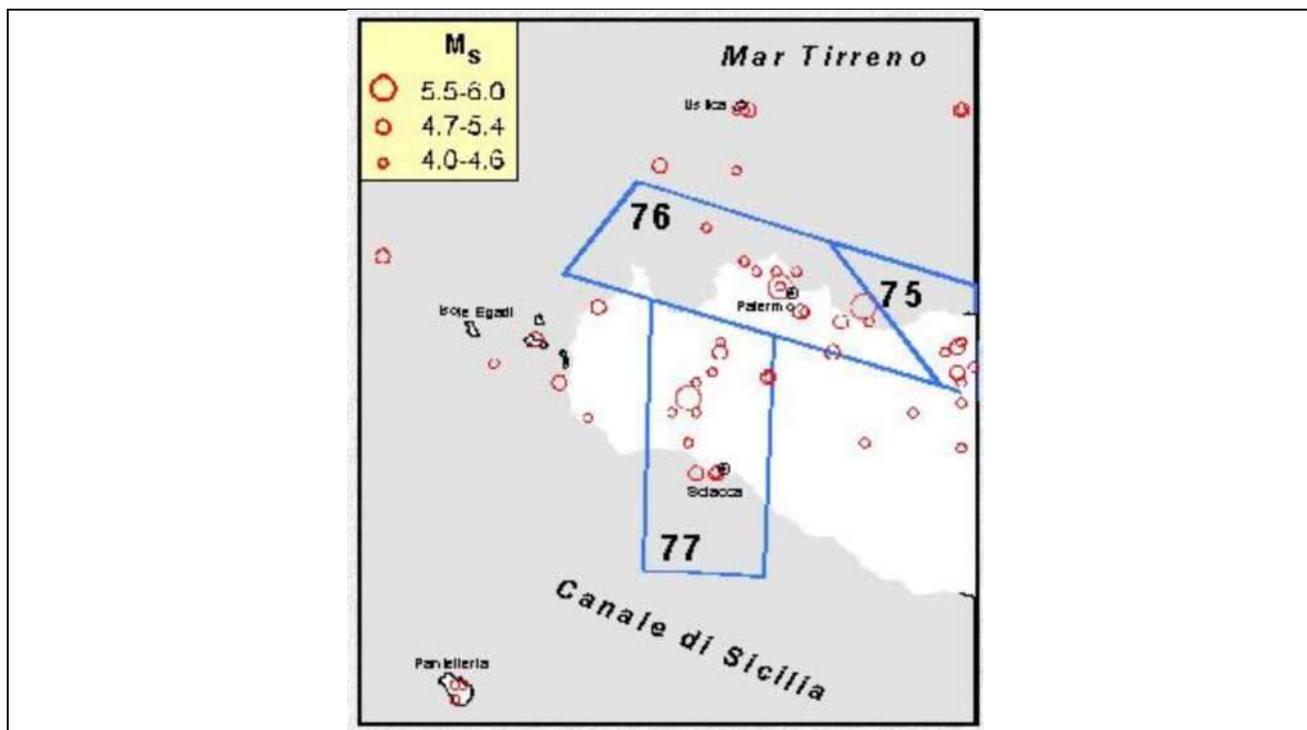


Figura 11 – Mappa delle zone sismogenetica ZS4 e sismicità dell'area dal 1000 al 1995

E' stato successivamente svolto uno studio più aggiornato che ha sostituito il perimetro delle zone sismogenetiche tracciate in precedenza. L'area risulta quindi esterna alla zona sismogenetica 934.

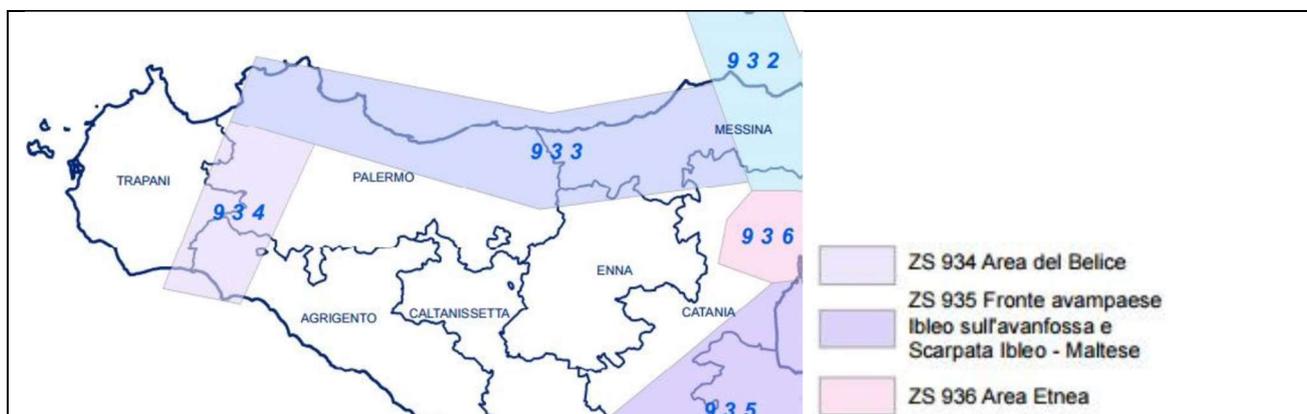


Figura 12 – Mappa delle zone sismogenetica ZS9

L'analisi della sismicità storica per l'area oggetto di studio è stata condotta consultando il Database Macrosismico Italiano DBMI15, 2015 (disponibile nel portale dell'INGV), da fonti storiche e informazioni reperibili in letteratura. Il DBMI fornisce un set di dati di intensità macrosismica relativo ai terremoti italiani dal 1000 al 2014. Per ogni evento nel database è riportata l'indicazione della data, la descrizione dei danni subiti e la stima dell'Intensità macrosismica secondo la scala EMS98 (European Macroseismic Scale; Grünthal,1998). Il DBMI15 presenta le intensità adottando lo standard proposto da AHEAD, cioè numeri arabi interi e, nel caso di attribuzioni incerte si indicano i due estremi separati da un trattino (es.: 5-6, 7-8). Tale standard applica rigorosamente anche le indicazioni delle scale macrosismiche, secondo cui non è possibile assegnare un'intensità a edifici isolati o territori estesi, nei cui casi si altera l'intensità riportata dallo studio originale. Se le informazioni disponibili non sono considerate sufficienti per stimare un'intensità, è possibile adottare codici descrittivi come "D" per danno, o "F" per sentito ("Felt"). Di seguito si riportano gli eventi sismici per l'area in esame (Trapani) estratti dal Database Macrosismico Italiano 2015.

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
F	1542	12	10	15	15		Sicilia sud-orientale	32	10	6.68
5-6	1693	01	11	13	30		Sicilia sud-orientale	179	11	7.32
6-7	1726	09	01	21	55		Tirreno meridionale	8	7-8	5.48
3-4	1823	03	05	16	37		Sicilia settentrionale	107	8	5.81
F	1823	03	27				Isole Egadi	2	6-7	4.86
3	1893	05	11	14	10	3	Isola di Ustica	15	5	4.59
4-5	1897	05	15	13	42	3	Tirreno meridionale	85	5	4.52
3	1908	12	28	04	20	2	Stretto di Messina	772	11	7.10
2	1910	01	25	08	27		Tirreno meridionale	34	5	4.48
4	1940	01	15	13	19	2	Tirreno meridionale	60	7-8	5.29
5	1967	10	31	21	08	0	Monti Nebrodi	60	8	5.33
5	1968	01	15	01	33	0	Valle del Belice	15	8	5.37
6	1968	01	15	02	01	0	Valle del Belice	162	10	6.41
6	1968	01	25	09	56	4	Valle del Belice	32	8	5.37
4	1968	02	12	16	26	0	Valle del Belice	14	6	4.66
3	1972	12	27	08	15	1	Valle del Belice	17	5-6	4.34
F	1976	10	12	04	26	1	Valle del Belice	11	5	4.41
5	1979	01	20	13	49	5	Tirreno meridionale	9		4.87
4	1980	05	28	19	51	2	Tirreno meridionale	44	5-6	5.66
4	1981	06	07	13	00	5	Mazara del Vallo	50	6	4.93
6	1995	05	29	06	52	2	Isole Egadi	45	5	4.78
3	1998	01	17	12	32	4	Golfo di Castellammare	21		4.83
NF	1999	12	30	18	34	3	Tirreno meridionale	29		4.83
2	2001	11	25	19	34	1	Monti Madonie	25	4-5	4.69
4-5	2002	09	06	01	21	2	Tirreno meridionale	132	6	5.92

Le intensità seguono la normalizzazione effettuata dal DBMI15 che seguono i codici riportati nelle tabelle A e B a seguire.

Codice	Val. ass.	Descrizione	MDP
RS	-	Registrazione strumentale. Osservazioni scartate	-
NR	-	Non riportato (<i>Not Reported</i>). Osservazioni scartate	-
W	-	Onde anomale, tsunami (<i>sea Waves</i>). Oss. scartate	-
E	-	Effetti ambientali (<i>Environmental effects</i>). Oss. scartate	-
G	0.2	Indicazione generica di danno a un sito	5
NF	1	Non percepito (<i>Not Felt</i>)	24012
NC	1.8	Non classificato (<i>Not Classified</i>)	111
SF	2.9	Percepito leggermente (<i>Slightly Felt</i>)	49
F	3.9	Percepito (Felt)	5146
HF	5.1	Percepito distintamente (<i>Highly Felt</i>)	118
SD	5.6	Danno leggero (<i>Slight Damage</i>)	22
D	6.4	Danno (<i>Damage</i>)	679
HD	8.6	Danno grave (<i>Heavy Damage</i>)	184

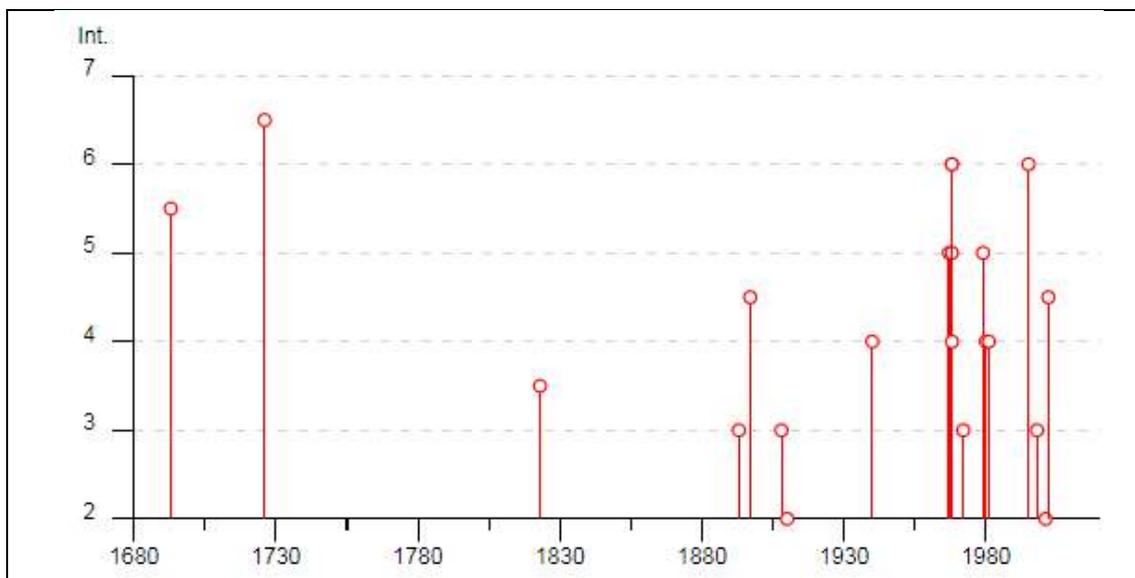
Tabella A: Normalizzazione delle intensità originali per tipologia di località particolari.
Tra parentesi è indicato il valore numerico associato ad uso interno di DBMI.

Intensità originale	1	1-2	2	2-3	3	3-4	4	4-5	5	5-6	MDP
no SC											91116
AL											106
CQ											32
DL	NF (1)	1-2 (1.5)	2 (2)	2-3 (2.5)	3 (3)	3-4 (3.5)	4 (4)	4-5 (4.5)	5 (5)	5-6 (5.5)	53
SS											241
MS											3603
UL											43
IB	NF			SF			F		HF	SD	87
TE	(1)			(2.9)			(3.9)		(5.1)	(5.6)	28

Intensità originale	6	6-7	7	7-8	8	8-9	9	9-10	10	10-11	MDP
no SC											20135
AL											42
CQ											12
DL	6 (6)	6-7 (6.5)	7 (7)	7-8 (7.5)	8 (8)	8-9 (8.5)	9 (9)	9-10 (9.5)	10 (10)	10-11 (10.5)	146
SS											207
MS											517
UL											33
IB			D					HD			77
TE			(6.4)					(8.6)			25

Tabella B: Normalizzazione delle intensità originali per tipologia di località particolari.
Tra parentesi è indicato il valore numerico associato ad uso interno di DBMI.

Nel grafico sottostante si riportano gli andamenti delle intensità degli eventi sismici nel tempo, il grafico considera tutti i terremoti con intensità comprese tra 2 e 7 per un arco temporale dal 1680 al 2010.



7.1 Categoria di Sottosuolo e categoria topografica

Per la definizione dell' azione sismica di progetto, l' effetto della risposta sismica locale, si valuta mediante specifiche analisi (cap. 7.11.3 delle NTC 2018), oppure si può fare riferimento all' approccio semplificato, che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione della velocità di propagazione delle onde di taglio, V_s .

Nello specifico, ai fini della classificazione del sottosuolo, con le nuove norme tecniche si fa riferimento alla **$V_{s,eq}$** velocità equivalente delle onde di taglio, e non più alla $V_{s,30}$ (NTC2008).

La velocità $V_{s,eq}$ è definita dalla seguente espressione:

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

con

h_i = spessore dello stato i -esimo;

$V_{s,i}$ = velocità delle onde di taglio nell' i -esimo strato;

N = numero di strati;

H = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/sec.

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato viene riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali alla testa dei pali.

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE Direzione Territoriale Produzione Palermo	ELETTRIFICAZIONE LINEA: PALERMO - TRAPANI (Via Milo) TRATTA: ALCAMO DIRAMAZIONE(e) – TRAPANI(i)
304817_S01_PD_TTSS_48_001_EF002	SSE di MILO - Relazione Geologica ed Idrogeologica

Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità viene riferita al piano di imposta della fondazione.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ è definita dal parametro V_{s30} , ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Le categorie di sottosuolo per le quali è possibile il ricorso all'approccio semplificato, secondo le NTC 2018; nella determinazione della risposta sismica locale sono le seguenti:

CATEGORIA	CARATTERISTICHE DELLA SUPERFICIE TOPOGRAFICHE
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 m/s e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30m.

Rispetto alle NTC 2008 sono state eliminate le categorie aggiuntive S1 e S2 ed è stata ridefinita la categoria di sottosuolo E.

Per tutti i terreni non classificabili nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale per la definizione dell'azione sismica.

La caratterizzazione della risposta sismica del sito in esame, è stata effettuata sulla base dell'interpretazione della prova Re.mi effettuata durante la campagna geognostica effettuata per il Progetto di realizzazione delle sottostazioni elettriche (Aprile 2019).

Nelle tabelle seguenti si riassumono i relativi risultati.

Sottostazione	Prova	Strati	Profondità da (m)	Spessore (m)	Profondità a (m)	V_s (m/s)	$V_{s,eq}$ (m/s)	417,0	Categoria di sottosuolo NTC 2018	Cat. B
MILO	Re.mi1	0-4	0,0	4,0	4,0	160,0				
		4-26,5	4,0	22,5	26,5	400,0				
		26,5-50	26,5	23,5	50,0	608,0				
			50,0							

Per quanto riguarda le condizioni topografiche del sito, le Norme Tecniche per le Costruzioni prevedono la seguente suddivisione in categorie topografiche.

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE Direzione Territoriale Produzione Palermo	ELETTRIFICAZIONE LINEA: PALERMO - TRAPANI (Via Milo) TRATTA: ALCAMO DIRAMAZIONE(e) – TRAPANI(i)
304817_S01_PD_TTSS_48_001_EF002	SSE di MILO - Relazione Geologica ed Idrogeologica

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

Categorie Topografiche (Tab. 3.2.III D.M. 17/01/2018)

Dall'analisi morfologica emerge che il sito rientra nella **categoria T1**. In funzione delle categorie topografiche sopradescritte e dell'ubicazione dell'opera sono stati definiti i valori del coefficiente di amplificazione topografica S_T .

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4

Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T (Tab. 3.2.V D.M. 17/01/2018)

Dalla soprastante tabella emerge che per il sito in questione si può adottare **$S_T=1,0$**