



REGIONE MARCHE

GIUNTA REGIONALE
INFRASTRUTTURE, TERRITORIO E PROTEZIONE CIVILE

SETTORE INFRASTRUTTURE E VIABILITA'

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

REALIZZAZIONE DELLA BRETELLA DI COLLEGAMENTO LUNGOTENNA - PORTO SANT'ELPIDIO

Lungotenna da San Marco a svincolo autostradale A14 Porto S. Elpidio (FM)

CUP B49J21005500002

RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO DI IMPRESE

MANDATARIA



MANDANTI



DOTT. GEOL. GIOVANNI MANCINI
DOTT. ARCHEOL. LUCA FORNARI
DOTT. AGR. EMILIANO POMPEI



RESPONSABILE UNICO
DEL PROCEDIMENTO
Arch. Cinzia Napolitano

RESPONSABILE DELLE
INTEGRAZIONI
SPECIALISTICHE
Ing. Stefano Luca Possati

PROGETTISTA Dott. Geol. GIOVANNI MANCINI

TITOLO DELL'ELABORATO

Relazione geologica, geomorfologica e idrogeologica

CODICE ELABORATO

15347-PFTE-01-GEO-RPT-001

02	18/07/2023	Terza emissione	GM	API	SPO
01	02/12/2022	Seconda emissione per rapporto di verifica	GM	API	SPO
00	21/07/2022	Prima emissione	GM	API	SPO
REV.	Data	Descrizione	Redatto	Verificato	Approvato

scala	commessa	fase	disciplina	tipo	seq.
-	15347	PFTE	GEO	RPT	001

BRETELLA DI COLLEGAMENTO LUNGOTENNA - PORTO S. ELPIDIO		
Regione Marche – LOTTO 2		
San Marco – Svincolo autostrada A 14 Porto S. Elpidio (FM)		
Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica		rev: 01 pag. 1
Codice documento: 15347 – PFTE-01-GEO-RTP-001		

Sommario

1. PREMESSA	2
2. UBICAZIONE TOPOGRAFICA	3
3. ASPETTI GEOMORFOLOGICI	5
4. ASPETTI GEOLOGICI	7
5. CARATTERI IDROGEOLOGICI	9
5.1. STUDI IDROGEOLOGICI REPERITI	10
6. PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE	11
6.1. SISMICITA' STORICA E RECENTE	16
6.2. MODELLAZIONE SISMICA DEL SITO	22
6.3. PARAMETRI E COEFFICIENTI PER L'AZIONE SISMICA	25
6.4. STUDI DI MICROZONAZIONE ESISTENTI	28
6.5. POTENZIALE LIQUEFAZIONE DEI TERRENI	30
7. MODELLO GEOTECNICO PRELIMINARE	32
8. CONCLUSIONI	34
ALLEGATI	34

Mandataria:		Mandanti:		
	3TI PROGETTI ITALIA INGEGNERIA INTEGRATA S.p.A.			Dott. Geol. Giovanni Mancini
				Dott. Archeol. Luca Fornari
				Dott. Agr. Emiliano Pompei

BRETELLA DI COLLEGAMENTO LUNGOTENNA - PORTO S. ELPIDIO Regione Marche – LOTTO 2 San Marco – Svincolo autostrada A 14 Porto S. Elpidio (FM) Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica Codice documento: 15347 – PFTE-01-GEO-RTP-001	 rev: 01 pag. 2
---	--

1. PREMESSA

Incarico professionale per acquisizione dei servizi di studi preliminari dell'aspetto geologico geomorfologico e idrogeologico dei terreni che caratterizzano gli areali relativi alla realizzazione della Bretella di collegamento S.p. n. 204 Lungo Tenna da San Marco a svincolo autostradale A 14 Porto S. Elpidio (FM).

Lo studio riguarda un'analisi preliminare geologica, geotecnica e sismica finalizzata alla valutazione delle fattibilità tecnica dell'opera e sarà così distribuito:

- Inquadramento geologico geomorfologico e idrogeologico;
- Inquadramento sismico e modellazione sismica dell'area;
- Modello geotecnico preliminare;
- Conclusioni;
- Allegati.

Mandataria:  3TI PROGETTI ITALIA INGEGNERIA INTEGRATA S.p.A.	Mandanti: <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div data-bbox="523 1966 874 2085">  </div> <div data-bbox="890 1966 1166 2085">  </div> <div data-bbox="1182 1966 1541 2085"> Dott. Geol. Giovanni Mancini Dott. Archeol. Luca Fornari Dott. Agr. Emiliano Pompei </div> </div>
--	---

BRETELLA DI COLLEGAMENTO LUNGOTENNA - PORTO S. ELPIDIO Regione Marche – LOTTO 2 San Marco – Svincolo autostrada A 14 Porto S. Elpidio (FM)			
Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica			
Codice documento: 15347 – PFTE-01-GEO-RTP-001			
		rev: 01	pag. 3

2. UBICAZIONE TOPOGRAFICA

La bretella di collegamento prevista, è ubicata in prossimità del Fosso delle Paludi, tributario in destra idrografica del F. Tenna, tra Contrada Paludi (Strada Lungo Tenna) e via della Tecnologia, tra il comune di Fermo e in piccola parte, di Porto S. Elpidio.

Il tracciato stradale ha una lunghezza di circa 1,73 Km partendo da una quota altimetrica, a sud, di circa 24 m s.l.m. e termina a nord ad una quota di circa 11 m s.l.m. Il progetto prevede anche l'attraversamento aereo del F. Tenna mediante realizzazione di un ponte.

Il sito in oggetto è rappresentato nella tavola IGM n° 125 in scala 1: 25.000, nel quadrante I° SO; coordinate geografiche:

- 43.23148895222195, 13.75443399798527 Area Rotatoria (NORD)
- 43.21676462762947, 13.747652726133165E Area Sud strada Lungo Tenna

L'area di studio ricade nelle sezioni 304130 - S. Elpidio a Mare e 304140 - Foce del fiume Tenna, della Carta Tecnica Regionale. (Fig. 2.1)

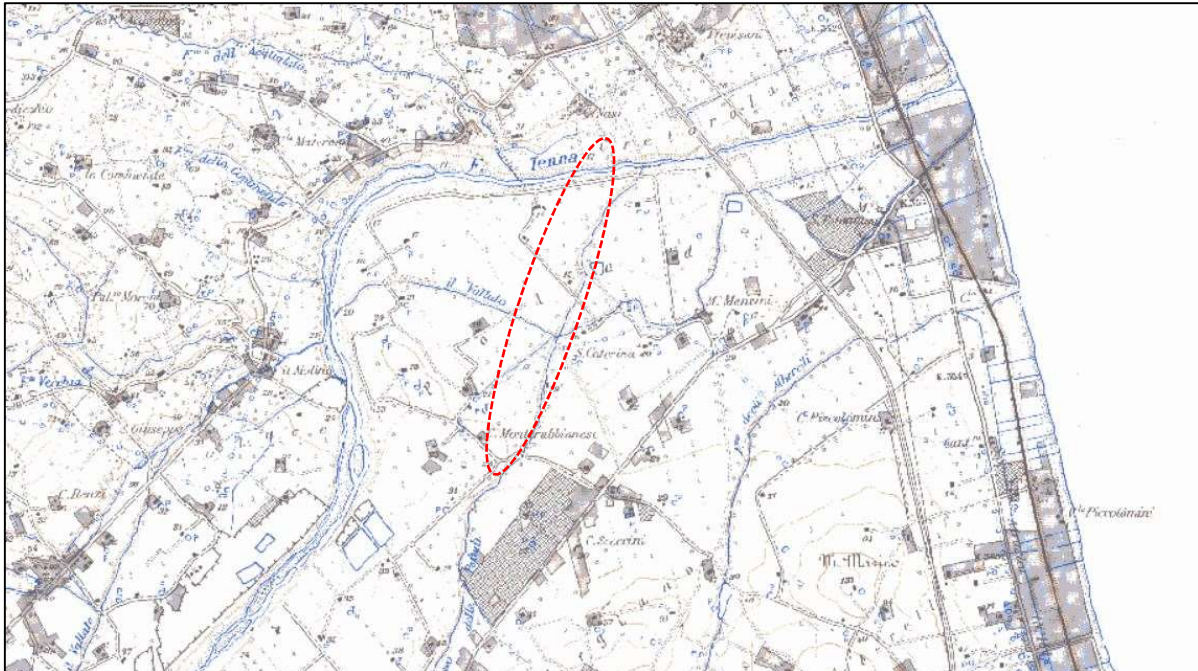


Fig. 2.1 - Area di studio , stralcio dal foglio IGM 125 - quadrante I° SO,. In rosso l'area di studio.

Mandataria:		Mandanti:		
 3TI PROGETTI ITALIA INGEGNERIA INTEGRATA S.p.A.			Dott. Geol. Giovanni Mancini	
			Dott. Archeol. Luca Fornari	
			Dott. Agr. Emiliano Pompei	

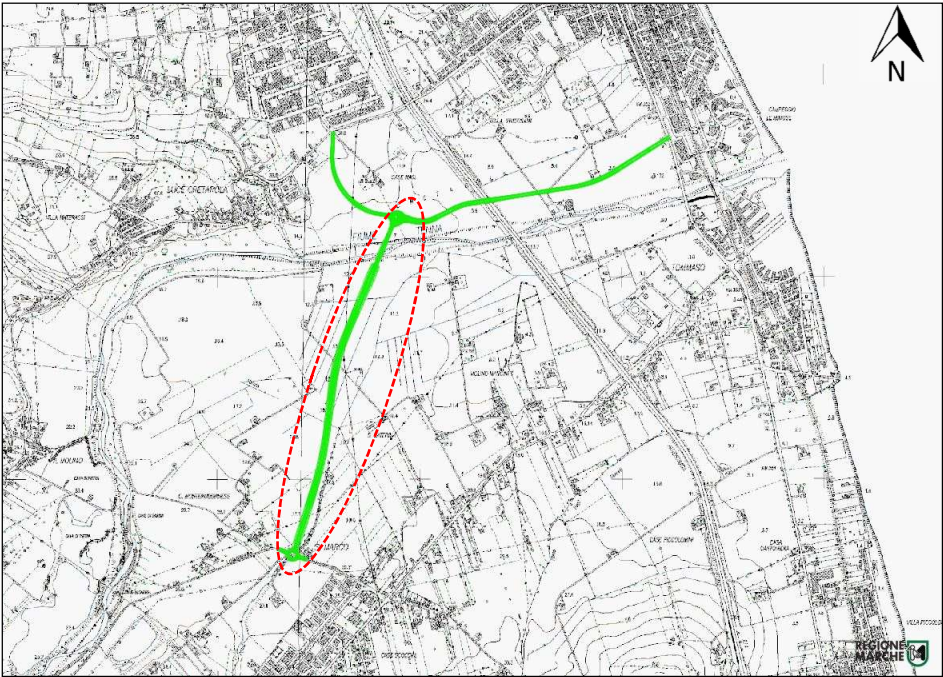


Figura 2.2 – Area di studio, stralcio dalla CTR. Cerchiato in rosso il tratto d’interesse.



Figura 2.2 – Immagine aerea dell’area di studio da Maps data ©2015 Google. Cerchiato in rosso il tratto d’interesse.

Mandataria:		Mandanti:		
 3TI PROGETTI ITALIA INGEGNERIA INTEGRATA S.p.A.			Dott. Geol. Giovanni Mancini	
			Dott. Archeol. Luca Fornari	
			Dott. Agr. Emiliano Pompei	

BRETELLA DI COLLEGAMENTO LUNGOTENNA - PORTO S. ELPIDIO		
Regione Marche – LOTTO 2		
San Marco – Svincolo autostrada A 14 Porto S. Elpidio (FM)		
Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica		
Codice documento: 15347 – PFTE-01-GEO-RTP-001		rev: 01
		pag. 5

3. ASPETTI GEOMORFOLOGICI

Lo studio geomorfologico è stato finalizzato alla verifica delle caratteristiche geomorfologiche della zona alluvionale del fiume interessata dalla progettazione della bretella di collegamento autostradale. L'area d'intervento, appartiene alla zona alluvionale terrazzata del F. Tenna in destra orografica, tra Contrada Paludi (Strada Lungo Tenna) e la rotatoria di collegamento al raccordo autostradale A14 ubicata in via della Tecnologia (Sinistra idrografica). La zona alluvionale in oggetto, presenta una morfologia regolare e pianeggiante, con lieve pendenza verso NNE, senza particolari criticità di ordine topografico e morfologico. Il fosso delle Paludi, che corre quasi parallelamente al tracciato proposto, incide la piana alluvionale con orientamento SW – NE, con un modesto impatto sull'andamento morfologico della zona. L'attraversamento del F. Tenna, è previsto in prossimità della immissione nel fiume del Fosso delle Paludi, lungo il tratto dell'asta fluviale con orientamento SW-NE, dove il fiume tende ad avere un andamento lineare con direzione OVEST-EST. La morfologia della zona risulta pianeggiante e l'area di studio parte da una quota di circa 24 m s.l.m. nell'area Contrada Paludi per poi passare a 11 m s.l.m. si presenta regolare e pianeggiante e non risultano esserci criticità.

Il Piano per l'assetto idrogeologico (PAI), richiesto dalle **LL. 267/98 e 365/00**, si configura come stralcio funzionale del settore della pericolosità idraulica ed idrogeologica del Piano generale di bacino previsto dalla **L. 183/89** e dalla **L.R. 13/99**. Il suo ambito di applicazione è relativo ai bacini idrografici regionali elencati e cartografati nell'**Allegato B** della **L.R. 13/99**. Nel caso in esame, l'area ricade all'interno del bacino regionale del fiume Tenna, aggiornato al 2022, il cui "piano stralcio di bacino per l'assetto idrogeologico" è stato adottato dal Comitato istituzionale dell'Autorità di Bacino relativa, aggiornato al DPCM del 14 marzo 2022 (GU 10 maggio 2022; BUR Marche n. 39 del 12 maggio 2022).

Da una visione dei contenuti del PAI, in particolare della TAV. RI 54c e 54b "carta del dissesto e delle aree esondabili", è possibile constatare la presenza di problematiche di natura idrogeologica, associabili ad aree a pericolosità idraulica media, in prossimità del Fiume Tenna e lungo il Fosso delle Paludi che taglia la piana alluvionale in direzione SW - NE. In particolare, l'area oggetto di studio sembrerebbe interessata da queste zone a rischio medio nella zona terminale a NW, dove si ha l'attraversamento aereo del F. Tenna mediante realizzazione di un ponte (Fig. 3.1).

Mandataria:		Mandanti:		
	3TI PROGETTI ITALIA INGEGNERIA INTEGRATA S.p.A.			Dott. Geol. Giovanni Mancini
				Dott. Archeol. Luca Fornari
				Dott. Agr. Emiliano Pompei

Per quanto riguarda la presenza di dissesti, sia l’Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia (progetto IFFI - ISPRA) che dal PAI, non risultano zona cartografate che interessano l’area di studio.

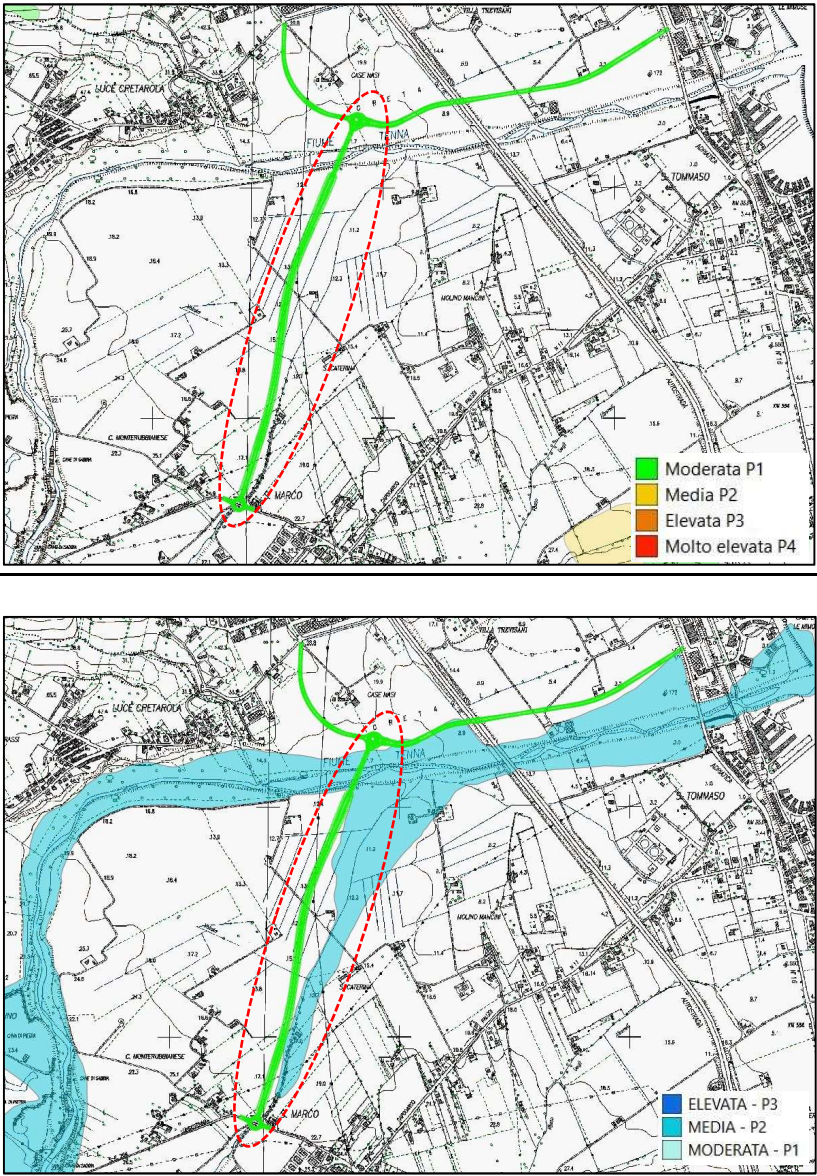


Figura 3.1 – Sopra, stralcio della carta della pericolosità frane (non in scala solo ad uso descrittivo). Sotto, stralcio pericolosità idraulica (non in scala solo ad uso descrittivo).

BRETELLA DI COLLEGAMENTO LUNGOTENNA - PORTO S. ELPIDIO		
Regione Marche – LOTTO 2		
San Marco – Svincolo autostrada A 14 Porto S. Elpidio (FM)		
Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica		rev: 01
Codice documento: 15347 – PFTE-01-GEO-RTP-001		
		pag. 7

4. ASPETTI GEOLOGICI

L'attuale geologia del bacino del fiume Tenna è il risultato di diversi processi, ovvero il generale sollevamento dell'area compresa tra i monti Sibillini e il litorale Adriatico (iniziata nel Pliocene superiore) e l'alternanza delle diverse fasi climatiche che si sono succedute nel Quaternario. Il fattore climatico ha influenzato notevolmente i processi sedimentari, infatti la generalizzata erosione areale nei periodi con climi rigidi, consentiva un deposito diffuso di materiale clastico, che successivamente veniva intensamente inciso durante le fasi di regressione marina.

Inoltre, nell'Olocene, come rilevato in precedenti studi, il fattore antropico ha intaccato significativamente la geologia dell'area, insieme a quello climatico e tettonico; infatti, il massiccio disboscamento ha innescato processi di erosione sui versanti, dando luogo al fenomeno dell'attuale alluvionamento del fondovalle.

Recentemente, a partire cioè dagli anni '60, una sostanziale stabilità dell'alveo del Tenna è stata violata, con una intensa e generalizzata estrazione di inerti dall'alveo del fiume. Tale processo, concluso all'incirca a metà degli anni '70, ha favorito il generale approfondimento dell'alveo del Tenna, fino ad incidere pesantemente il substrato marino argilloso (Formazione delle Argille Azzurre), dando luogo così ad un evidente arretramento della linea di costa principalmente in prossimità della foce.

Nel tratto interessato dallo studio, il corso d'acqua corre interamente incassato nelle alluvioni, che presentano notevoli spessori, anche se lungo l'asta del Tenna si presentano sporadici affioramenti del substrato lungo la sponda sinistra, a causa della massiccia asportazione di inerti che ha permesso un incremento del processo erosivo del fiume.

Dal punto di vista geologico, la fascia rappresentata nelle cartografie allegate è interessata dal corpo alluvionale del Tenna, caratterizzato prevalentemente da sedimenti ghiaioso-sabbiosi con intercalazioni limose e limoso-sabbiose. Complessivamente il corpo alluvionale presenta spessori variabili da 3 ai 10-25 m e sovrasta il substrato geologico, rappresentato da depositi pelitico arenacei della Formazione delle Argille Azzurre.

Mandataria:		Mandanti:		
	3TI PROGETTI ITALIA INGEGNERIA INTEGRATA S.p.A.			Dott. Geol. Giovanni Mancini
				Dott. Archeol. Luca Fornari
				Dott. Agr. Emiliano Pompei

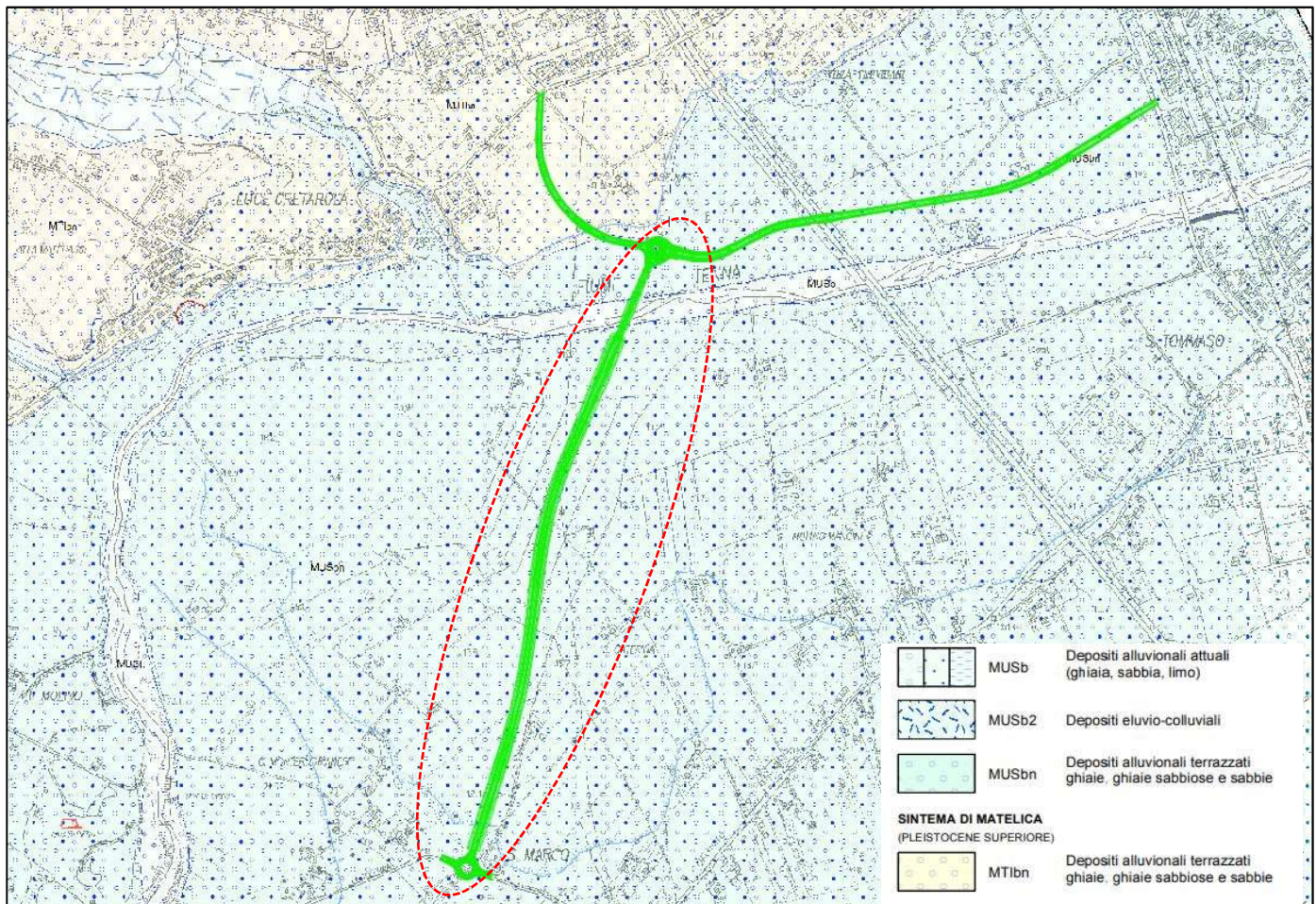


Figura 4.1 – Stralcio carta geologica, in rosso l'area d'interesse dell'intervento.

Mandataria:		Mandanti:		
 3TI PROGETTI ITALIA INGEGNERIA INTEGRATA S.p.A.			Dott. Geol. Giovanni Mancini	
			Dott. Archeol. Luca Fornari	
			Dott. Agr. Emiliano Pompei	

BRETELLA DI COLLEGAMENTO LUNGOTENNA - PORTO S. ELPIDIO		
Regione Marche – LOTTO 2		
San Marco – Svincolo autostrada A 14 Porto S. Elpidio (FM)		
Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica		
Codice documento: 15347 – PFTE-01-GEO-RTP-001		rev: 01
		pag. 9

5. CARATTERI IDROGEOLOGICI

Il fiume Tenna, rappresenta in zona, il recettore principale per le acque di corrivazione superficiale della piana alluvionale in destra orografica, ricevendo il tributario Fosso delle Paludi, che si immette in prossimità del raccordo autostradale per l'A14, altri affluenti sono il Fosso di Vallasciano e il Fosso Salette. L'asta fluviale del Tenna si presenta con un andamento abbastanza rettilineo, se si guarda la totalità del percorso, ma genera una importante ansa fluviale in prossimità delle località Cretarola e San Marco (area interessata dalla bretella di collegamento)

I terreni alluvionali drenanti dell'ampio terrazzo fluviale, costituiti da materiale sabbioso-ghiaioso-limoso ospitano una falda acquifera, questa è tamponata dalla formazione di base impermeabile, costituita dalla Formazione delle Argille Azzurre, che genera un importante acquiclude. Tale falda è ampiamente alimentata dal F. Tenna e costituisce la subalvea fluviale, il cui battente idraulico risulta ubicato lungo il terrazzo, in funzione delle quote topografiche. Sulle aree suddette, infatti, proprio per l' importante risorsa idrica presente, sono censiti numerosi pozzi antichi e recenti.

Nel resto del territorio fermano, non in prossimità del Tenna, si hanno invece per lo più sedimenti argillosi dotati di permeabilità molto bassa, che non consentono l'instaurarsi di una circolazione idrica sotterranea come le zone alluvionali.

L'acquifero di subalveo del fiume Tenna, in particolare, è composto da ghiaie e sabbie permeabili e con un discreto spessore, che va dai 10 metri ai 25 metri circa, poi questi si raccordano ai depositi costieri presenti sulla porzione est del territorio, in prossimità del litorale Adriatico.

Anche depositi costieri sono sede di una circolazione idrica mediamente importante che, avvicinandoci alla linea di costa, risulta in equilibrio con il cuneo di acqua marina salata sottostante.

Mandataria:		Mandanti:		
	3TI PROGETTI ITALIA INGEGNERIA INTEGRATA S.p.A.			Dott. Geol. Giovanni Mancini
				Dott. Archeol. Luca Fornari
				Dott. Agr. Emiliano Pompei

5.1. STUDI IDROGEOLOGICI REPERITI

Tale modellazione è stata reperita consultando gli studi idrogeologici ed idraulici effettuati per il progetto di fattibilità tecnico economica “Interconnessione Valliva Ciclovía Turistica Del Tenna” effettuati nell’ottobre 2019 dalla Regione Marche; Di seguito vengono riportate le portate di massima piena attese per i vari tempi di ritorno alla foce del Tenna sono le seguenti:

$$Q_{Tr10anni} = 313,5 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{Tr20anni} = 409,0 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{Tr50anni} = 539,3 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{Tr100anni} = 642,6 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{Tr200anni} = 750,0 \text{ m}^3/\text{s}$$

Inoltre, sempre dal medesimo studio, sono stati condotti ulteriori studi per i bacini minori dei fossi tributari del Fiume Tenna, tra cui il Fosso delle Paludi, con scopo di calcolare la portata di massima piena attesa nelle rispettive zone, prossime alla confluenza con il Tenna, in maniera tale da analizzare tutti i potenziali rischi d’interferenza con il progetto qui presentato.

Nella tabella sottostante, sono riportati i valori delle portate per i vari tempi di ritorno di ogni affluente:

	Q [m ³ /s]				
	TR 10 anni	TR 20 anni	TR 50 anni	TR 100 anni	TR 200 anni
Fosso Campiglione	2,2	2,9	3,9	4,7	5,5
Fosso San Giovanni	0,7	1,3	2,1	2,9	3,8
Fosso Bore di Tenna ovest	0,7	1,4	2,5	3,6	4,8
Fosso Bore di Tenna centro	0,7	1,4	2,5	3,6	4,8
Fosso Fonte Murata	1,0	1,6	2,7	3,6	4,6
Fosso Bore di Tenna est	0,5	1,0	1,9	2,7	3,7
Fosso S. Antonio	0,4	0,7	1,3	1,7	2,3
Fosso della Luce	2,3	3,1	4,3	5,2	5,9
Fosso della Commenda	0,1	0,2	0,6	0,9	1,3
Fosso del Tribbio/Aqualato	10,9	14,6	19,6	23,6	27,6
Fosso delle Paludi	24,2	30,4	38,6	44,8	51,1

In particolare, si può notare come il Fosso delle Paludi sia il tributario con le portate maggiori.

Mandataria:		Mandanti:		
 3TI PROGETTI ITALIA INGEGNERIA INTEGRATA S.p.A.			Dott. Geol. Giovanni Mancini	
			Dott. Archeol. Luca Fornari	
			Dott. Agr. Emiliano Pompei	

BRETELLA DI COLLEGAMENTO LUNGOTENNA - PORTO S. ELPIDIO		
Regione Marche – LOTTO 2		
San Marco – Svincolo autostrada A 14 Porto S. Elpidio (FM)		
Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica		rev: 01 pag. 11
Codice documento: 15347 – PFTE-01-GEO-RTP-001		

6. PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE

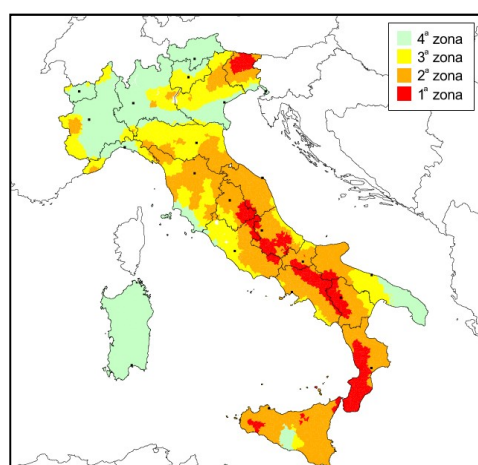
Nel 2003 sono stati emanati i criteri di nuova classificazione sismica del territorio nazionale, basati sugli studi e sulle elaborazioni più recenti relative alla pericolosità sismica del territorio, ossia sull'analisi della "probabilità" che il territorio venga interessato in un certo intervallo di tempo (generalmente 50 anni) da un evento che superi una determinata soglia di intensità o magnitudo.

A tal fine è stata pubblicata l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, sulla Gazzetta Ufficiale n.105 dell'8 maggio 2003. Il provvedimento detta i principi generali sulla base dei quali le Regioni, a cui lo Stato ha delegato l'adozione della classificazione sismica del territorio (D.lgs. 112/98 e DPR 380/01 - "Testo Unico delle Norme per l'Edilizia"), hanno compilato l'elenco dei comuni con la relativa attribuzione ad una delle 4 zone. Le aree nelle quali è stato riclassificato il territorio nazionale sono a severità decrescente (zona 1, zona 2, zona 3, zona 4) (Fig.6.1a).

Le novità normative introdotte con l'ordinanza sono state pienamente recepite e ulteriormente affinate grazie anche agli studi svolti dai centri di competenza, nelle recenti Norme Tecniche delle Costruzioni, emanate con D.M. 14 gennaio 2008 dal Ministro delle Infrastrutture, con l'intesa e il contributo del Dipartimento.

Il Decreto del 2008 risulta essere un importante punto di arrivo della normativa sismica italiana, in quanto vengono introdotti i fenomeni amplificativi dovuti alle caratteristiche litostratigrafiche, geotecniche e topografiche di un sito, applicando quanto dettato a livello generale dagli Eurocodici 7 e 8, tra cui l'introduzione obbligatoria del Modello Geologico, della pericolosità e vulnerabilità del sito, oltre che della caratterizzazione e modellazione geotecnica (Fig.6.1b).

Mandataria:		Mandanti:		
	3TI PROGETTI ITALIA INGEGNERIA INTEGRATA S.p.A.			Dott. Geol. Giovanni Mancini
				Dott. Archeol. Luca Fornari
				Dott. Agr. Emiliano Pompei



Zona	a_g (g)	a_g (g)
1	>0,25	0,35
2	0,15-0,25	0,25
3	0,05-0,15	0,15
4	<0,05	0,05

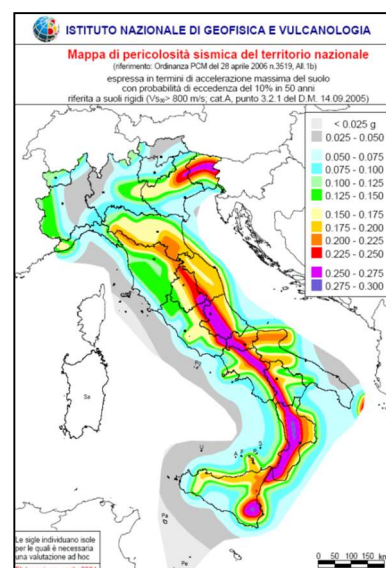


Fig. 6.1- a) A sinistra stralcio della carta delle zone sismiche del territorio italiano (2003); b) a destra stralcio della mappa di pericolosità sismica d'Italia.

Dal 1° luglio 2009 la progettazione antisismica per tutte le zone sismiche e per tutte le tipologie di edifici è regolata dal D.M. 14 gennaio 2008 e dal suo ultimo aggiornamento (D.M. 17/01/2018). L'ordinanza del PCM n. 3274 del 20 marzo 2003 e successive modifiche e integrazioni, recepita dalla Regione Marche con D.G.R. n. 1046 del 29.07.2003, classifica il comune di Porto Sant'Elpidio e Fermo in Zona 2 (Fig. 6.2).

Mandataria:		Mandanti:		
			Dott. Geol. Giovanni Mancini	
			Dott. Archeol. Luca Fornari	
			Dott. Agr. Emiliano Pompei	

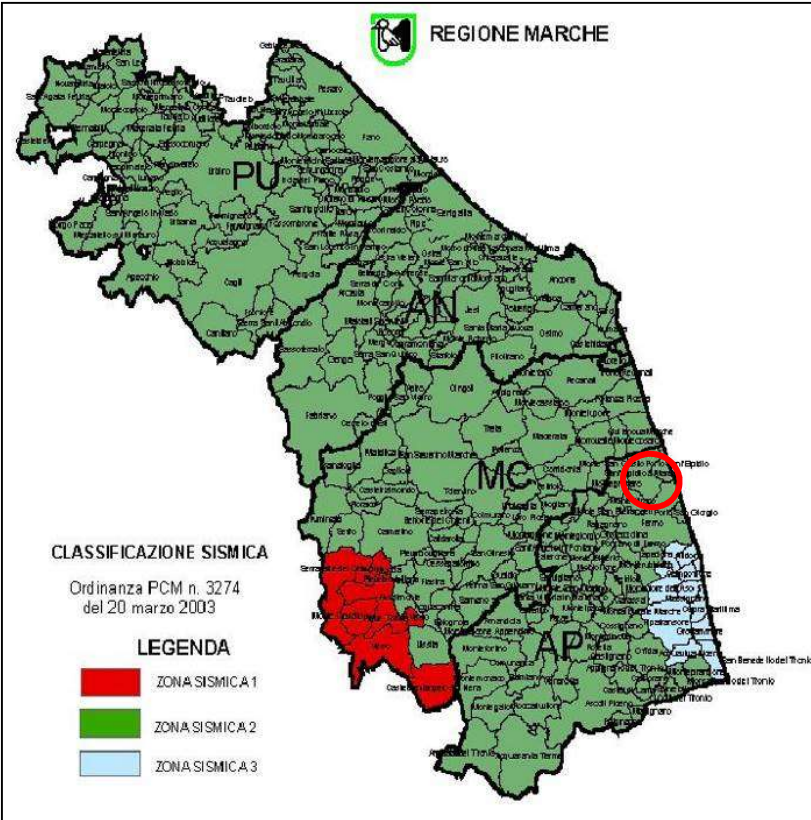


Figura 6.2 - Stralcio zonazione sismica Regione Marche (2003).

I valori della pericolosità sismica di base del territorio di (Fig.6.3), espressi in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita ai suoli rigidi ($V_s > 800$ m/s, cat. A), risultano compresi tra 0.175g-0.250g.

Mandataria:		Mandanti:		
 3TI PROGETTI ITALIA INGEGNERIA INTEGRATA S.p.A.			Dott. Geol. Giovanni Mancini	
			Dott. Archeol. Luca Fornari	
			Dott. Agr. Emiliano Pompei	

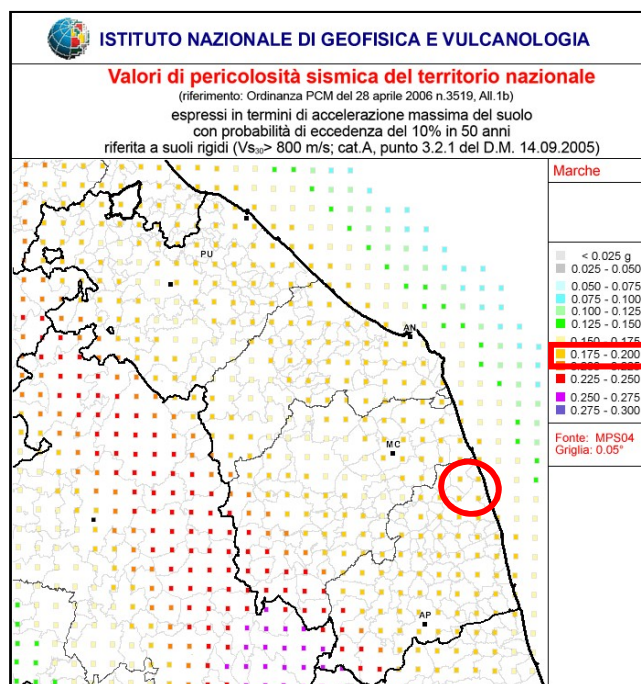


Figura 6.3 – Stralcio classificazione sismica OPCM n. 3519/2006 (http://zonesismiche.mi.ingv.it/mappa_ps_apr04/marche.html)

Facendo riferimento al DISS (*Database Of Individual Seismogenic Sources*) - database delle sorgenti sismogenetiche relative alle faglie attive italiane messo a disposizione dall'I.N.G.V., (<http://diss.rm.ingv.it/>) si osserva che l'area oggetto di studio non è attraversata da alcun tipo di sorgente sismogenetica, ma risulta bordata ad una modesta distanza dalla ITCS020 (Southern Marche) ad ovest e la ITCS156 (Conrad) ad est, quindi queste vanno considerate come possibili sorgenti sismiche per il Comune di Porto Sant'Elpidio e Fermo. (Fig.6.4)

Mandataria:	Mandanti:		
 3TI PROGETTI ITALIA INGEGNERIA INTEGRATA S.p.A.			Dott. Geol. Giovanni Mancini
			Dott. Archeol. Luca Fornari
			Dott. Agr. Emiliano Pompei

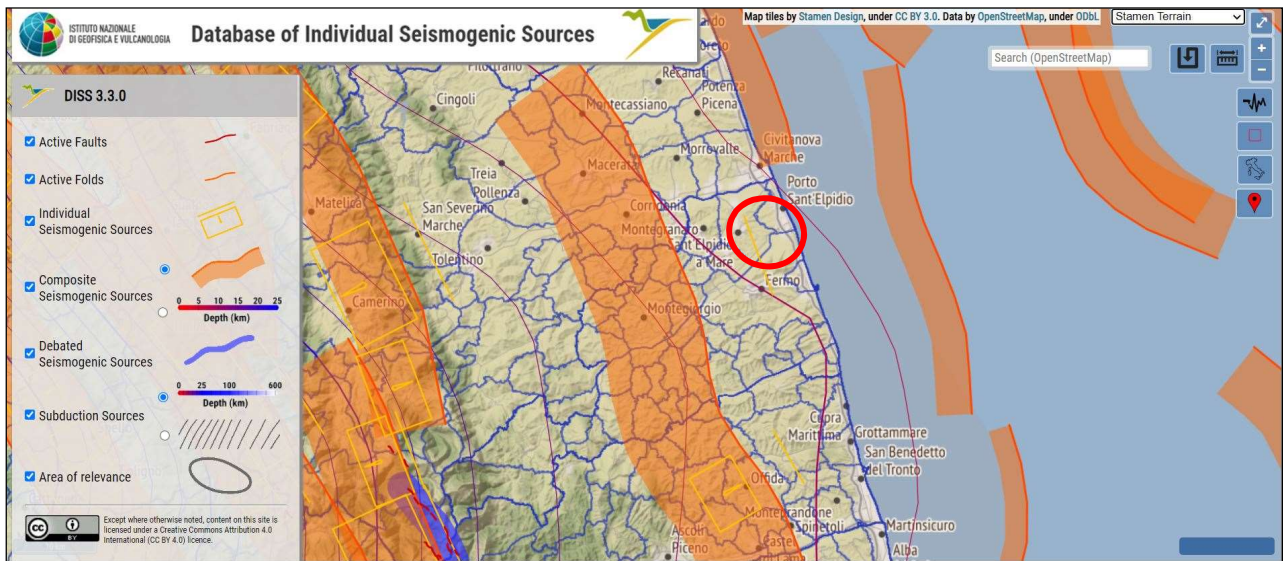


Figura 6.4 – Stralcio cartografico estratto dal DDIS.

Mandataria:		Mandanti:		
 3TI PROGETTI ITALIA INGEGNERIA INTEGRATA S.p.A.			Dott. Geol. Giovanni Mancini	
			Dott. Archeol. Luca Fornari	
			Dott. Agr. Emiliano Pompei	

BRETELLA DI COLLEGAMENTO LUNGOTENNA - PORTO S. ELPIDIO		
Regione Marche – LOTTO 2		
San Marco – Svincolo autostrada A 14 Porto S. Elpidio (FM)		
Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica		rev: 01 pag. 16
Codice documento: 15347 – PFTE-01-GEO-RTP-001		

6.1. SISMICITA' STORICA E RECENTE

Vengono brevemente presentati alcuni degli eventi sismici storici che hanno interessato l'area oggetto di studio prendendo come riferimento il comune di Porto Sant'Elpidio e Fermo, data la sua posizione baricentrica nel territorio in esame. Tale analisi è stata realizzata attraverso la consultazione del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani aggiornato al 2019, reso disponibile dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) e consultabile al seguente link <https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15>.

Di seguito vengono elencati tutti i 98 eventi registrati nella città di Porto Sant'Elpidio e Fermo dal 1540 al 2017.(Fig.6.5) (Fig.6.6)

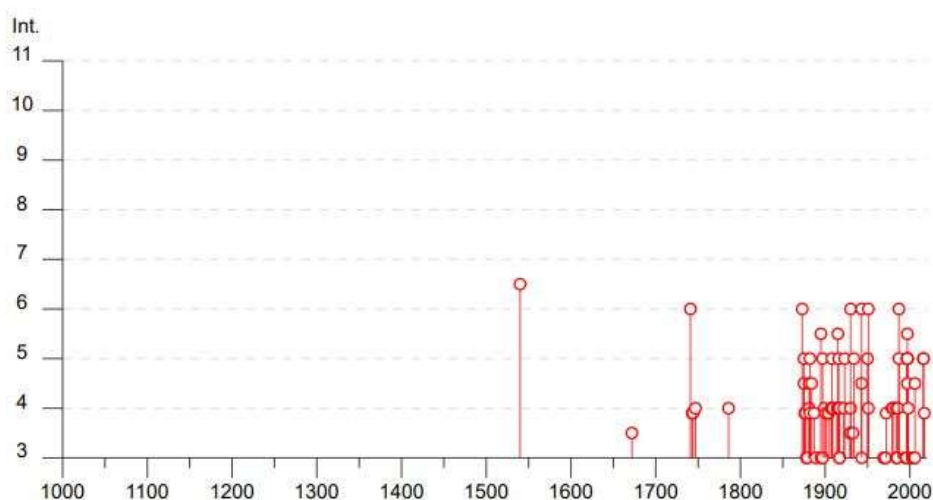


Figura 6.5– Storia sismica del comune di Porto Sant'Elpidio e Fermo.

Mandataria:		Mandanti:		
	3TI PROGETTI ITALIA INGEGNERIA INTEGRATA S.p.A.			Dott. Geol. Giovanni Mancini
				Dott. Archeol. Luca Fornari
				Dott. Agr. Emiliano Pompei

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
6-7	1540	04	08				Fermo	1	6-7	4.86
3-4	1672	04	14	15	45		Riminese	92	8	5.59
6	1741	04	24	09	20		Fabrianese	135	9	6.17
F	1743	02	20				Ionio settentrionale	84	9	6.68
F	1744	05	25				Costa pesarese	5	5	4.59
4	1747	04	17				Appennino umbro-marchigiano	63	9	6.05
4	1786	12	25	01			Riminese	90	8	5.66
6	1873	03	12	20	04		Appennino marchigiano	196	8	5.85
4-5	1875	03	17	23	51		Costa romagnola	144	8	5.74
5	1875	12	06				Gargano	97	8	5.86
F	1876	05	22	00	30		Spoletto	14	5-6	4.57
F	1877	08	24	02	45		Lazio meridionale	54	7	5.21
3	1878	09	15	07	20		Valle Umbra	34	8	5.46
3	1879	02	23	18	30		Valnerina	15	8	5.59
4	1881	03	11	22	50		Valle Umbra	15	5	4.51
4-5	1881	09	10	07			Chietino	43	7-8	5.41
F	1882	05	26	04	15		Cascia	16	5	4.45
5	1882	08	16				Costa ascolana	13	7	5.15
4-5	1884	01	10				Atri	12	5-6	4.63
F	1887	05	26				Jesi	19	5	4.44
3	1889	12	08				Gargano	122	7	5.47

BRETELLA DI COLLEGAMENTO LUNGOTENNA - PORTO S. ELPIDIO

Regione Marche – LOTTO 2

San Marco – Svincolo autostrada A 14 Porto S. Elpidio (FM)

Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica

Codice documento: 15347 – **PFTE-01-GEO-RTP-001**rev: **01**

pag. 18

Effetti										In occasione del terremoto del			
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	MMOP	Io	Me			
3	1895	08	09	17	38	2	Adriatico centrale	103	6	5.11			
5-6	1895	10	25	12	10		Fermo	12	5	4.16			
3	1897	05	28	27	40	9	Ionio	132	6	5.46			
3	1897	09	21				Marche settentrionali	44	7	5.40			
4	1899	06	22	13	20		Corridonia	30	5	4.08			
F	1901	09	25	03	40		Costa pesarese	9	5	4.23			
F	1904	09	02	11	21		Maceratese	59	5-6	4.63			
4	1907	01	23	00	25		Adriatico centrale	93	5	4.75			
5	1908	03	17	03	59		Marche meridionali	54	5-6	4.61			
4	1908	11	16	16	28		Fermo	6	4	3.70			
4	1909	01	13	00	45		Emilia Romagna orientale	667	6-7	5.36			
4	1914	10	27	09	22		Lucchese	660	7	5.63			
5-6	1915	01	13	06	52	4	Marsica	1041	11	7.08			
5	1916	05	17	12	50		Riminese	132	8	5.82			
4	1916	08	18	07	06	1	Riminese	257	8	5.82			
4	1916	11	16	06	35		Alto Reatino	40	8	5.50			
4	1917	03	21	00	30		Monti Sibillini	21	5	4.44			
3	1917	04	26	09	35	5	Alta Valtiberina	134	9-10	5.99			
3	1917	11	05	22	47		Costa anconetana	26	6	5.22			
2	1918	11	10	15	12	2	Appennino forlivese	187	9	5.96			
2	1919	08	24	15	06	1	Mugello	565	10	6.38			
4	1922	06	08	07	47		Valle del Chianti	47	6	4.73			
2	1922	10	11	06	43	4	Costa anconetana	20	5	4.24			
2-3	1922	12	29	12	22	0	Val Roveto	119	6-7	5.24			
5	1923	07	12	20	49		Marche meridionali	20	5	4.28			
2-3	1924	01	02	08	55	1	Senigallia	76	7-8	5.48			
2-3	1925	09	24	13	33	4	Malina occidentale	50	7	5.26			
2	1927	10	11	14	45	0	Marsica	81	7	5.20			
3-4	1936	04	07	17	27	1	Monti Sibillini	28	5-6	4.50			
3-4	1930	07	23	00	08		Irpinia	547	10	6.87			
4	1930	08	04	15	02	2	Marche meridionali	24	5-6	4.44			
6	1930	10	30	07	13		Senigallia	268	8	5.83			
3-4	1933	09	26	03	33	2	Matella	325	9	6.90			
5	1934	11	30	02	59	2	Adriatico settentrionale	51	5	5.20			
4-5	1943	01	16				Monti Sibillini	22	6-7	5.04			
3	1943	01	29				Monti Sibillini	50	6-7	4.94			
0	1943	10	03	08	28	2	Ascolano	170	8	5.67			
5	1950	09	05	04	08		Gran Sasso	386	8	5.69			
4	1951	08	06	19	56		Gran Sasso	94	3	5.25			
6	1951	09	01				Monti Sibillini	88	7	5.26			
2	1957	11	11	21	40		Costa anconetana	58	5	4.50			

Mandatara:

Mandanti:

3TI PROGETTI ITALIA
INGEGNERIA INTEGRATA S.p.A.

Dott. Geol. Giovanni Mancini

Dott. Archeol. Luca Fornari

Dott. Agr. Emiliano Pompei

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Mo	Mi	Se	Area epicentrale	RMDP	Io	Mw
WE	1958	06	24	06	07		Aquilano	222	7	5.04
WE	1962	01	23	17	31		Costa pesarese	48	5	4.35
2	1969	09	26	23	40	3	Teramano	97	5	4.39
3	1971	02	11	18	49	2	Valle del Chiascio	71	6	4.61
3	1971	10	04	16	43	3	Valnerina	43	5-6	4.51
F	1972	06	14	18	55	5	Costa anconetana	17		4.68
4	1979	09	19	21	35	3	Valnerina	694	8-9	5.83
4	1980	11	23	18	34	5	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81
WE	1983	11	09	16	28	5	Fermentese	850	6-7	5.04
4	1984	04	29	05	02	5	Umbria settentrionale	109	7	5.62
2	1984	05	11	10	41	4	Monti della Meta	242	7	5.47
3	1985	05	01	16	57	3	Ascolano	51	5	4.09
4	1986	10	13	05	16	0	Monti Sibillini	322	5-6	4.46
6	1987	07	03	10	21	5	Costa Marchigiana	359	7	5.06
5	1987	09	04	16	42	4	Costa Marchigiana	75	6	4.66
WE	1992	10	24	18	44	4	Monti della Meta	32	6	4.08
3	1995	12	30	15	22	0	Fermentese	105	5	4.19
3	1996	01	01	12	21	4	Maceratese	81	5-6	4.20
3	1996	01	23	18	37	4	Fermentese	76	5	3.96
WE	1996	01	22	23	14	0	Maceratese	45	5	3.66
2-3	1997	09	03	22	07	2	Appennino umbro-marchigiano	62	6	4.34
5	1997	09	26	00	33	1	Appennino umbro-marchigiano	760	7-8	5.66
5-6	1997	09	26	09	40	2	Appennino umbro-marchigiano	869	8-9	5.97
5	1997	10	03	08	55	2	Appennino umbro-marchigiano	490		5.22
5	1997	10	06	23	24	5	Appennino umbro-marchigiano	437		5.47
4-5	1997	10	14	15	23	1	Valnerina	785		5.62
4	1998	04	05	15	52	2	Appennino umbro-marchigiano	395		4.78
2	2003	02	25	17	42	1	Adriatico centrale	68		5.43
3	2003	05	25	17	15	1	Ascolano	88	4-5	3.81
3	2004	12	09	02	44	2	Teramano	213	5	4.09
3	2005	04	12	00	31	5	Maceratese	131	4	3.74
4-5	2006	04	16	19	03	3	Maceratese	211	5	4.06
3	2006	10	21	07	04	1	Anconetano	287	5	4.21
5	2016	10	26	19	16	0	Valnerina	77		6.07
5	2016	10	30	06	40	1	Valnerina	379		6.61
F	2017	01	18	10	14	0	Aquilano	280		5.70

Figura 6.6 – Elenco eventi SISMICI registrati nel Comune di Fermo e Porto Sant'Elpidio.

BRETELLA DI COLLEGAMENTO LUNGOTENNA - PORTO S. ELPIDIO			
Regione Marche – LOTTO 2			
San Marco – Svincolo autostrada A 14 Porto S. Elpidio (FM)			
Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica			
Codice documento: 15347 – PFTE-01-GEO-RTP-001		rev: 01	pag. 20

L'Appennino centrale è strutturato come una catena a falde orientate circa NNW-SSE, in cui è possibile distinguere un allineamento interno (colore azzurro), un allineamento intermedio (colore giallo) e un allineamento esterno (Colore rosso), evidenziati sullo stralcio della “Carta degli allineamenti di faglie quaternarie ovest-immersioni rilevanti dal punto di vista sismogenetico (area intra-appenninica umbro-marchigiano-abruzzese)” di seguito allegata (Università di Chieti -Resp. G. Lavecchia a cura di P.Boncio, F.Brozetti e G.Lavecchia).

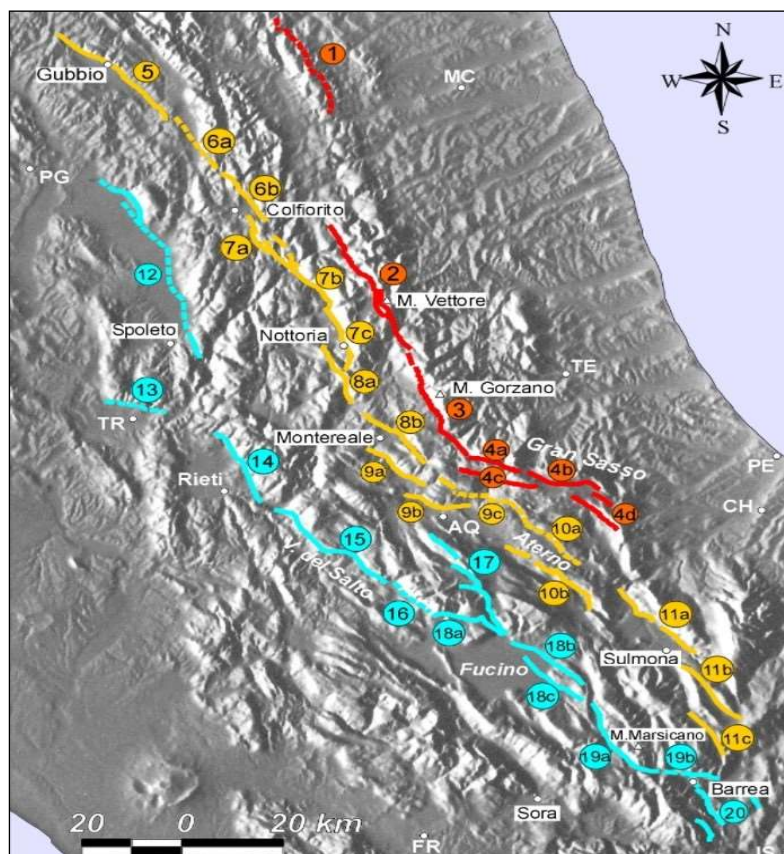


Figura 6.7 – Stralcio (non in scala solo ad uso descrittivo) carta degli allineamenti di faglie quaternarie ovest-immersioni rilevanti dal punto di vista sismogenetico (area intra-appenninica umbro-marchigiano-abruzzese) M. San Vicino; 2-M.Bove-M.Vettore; 3-M.Gorzano-Campotosto; 4-Gran Sasso (a-Corno Grande, b-Campo Imperatore, c-Assergi, d-M.Cappucciata-S.Vito); 5-Gubbio6a-Gualdo Tadino; 6b-Colfiorito7a-S.Martino-M.Civitella; 7b-Preci-F. d'Ancarano; 7c-Nottoria-M.Pizzuto; 8a-Castel S. Maria-Cittareale; 8b-Montereale9a-Pizzoli; 9b-M.Pettino; 9c-Camarda (*)10a-Aterno SW (*) (+); 10b-Media Valle dell'Aterno (+)11a-Sulmona (+), 11b-Pizzalto (+); 11c-Piano delle Cinque Miglia (+); 12-M.Subasio-Spoleto (*); 13-Martani sud (*); 14-Conca di Rieti.

Mandataria:		Mandanti:	
 3TI PROGETTI ITALIA INGEGNERIA INTEGRATA S.p.A.			Dott. Geol. Giovanni Mancini
			Dott. Archeol. Luca Fornari
			Dott. Agr. Emiliano Pompei

BRETELLA DI COLLEGAMENTO LUNGOTENNA - PORTO S. ELPIDIO		
Regione Marche – LOTTO 2		
San Marco – Svincolo autostrada A 14 Porto S. Elpidio (FM)		
Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica		rev: 01
Codice documento: 15347 – PFTE-01-GEO-RTP-001		
		pag. 21

Tale carta mostra la distribuzione delle principali master fault dell'Appennino centrale; l'area in esame appartiene all'allineamento esterno denominato Monte Vettore, Campotosto e Gran Sasso (2) costituita da dislocazioni con superficiali di lunghezza complessiva nell'ordine di 20-30 km, con segmenti minori di lunghezza pari a 5-10 km. Si ritiene che queste faglie normali costituiscano l'espressione superficiale di sorgenti sismogenetiche potenzialmente in grado di generare terremoti con magnitudo compresa tra 5.5 e 7.0.

La struttura tettonica prossima all'area in esame è la n. 2 (faglia M. Bove-M. Vettore), attivatasi con la sequenza sismica iniziata il 24 agosto 2016. Il sistema di faglie del M. Vettore comprende segmenti identificati lungo i versanti occidentali del M. Vettore, M.Argentella, Palazzo Borghese, M. Porche e M. Bove (Calamita e Pizzi, 1992; Coltorti e Farabollini, 1995; Cello et al., 1997; Pizzi et al., 2002; Galadini e Galli, 2003; Pizzi e Galadini, 2009). La sismicità che ha interessato questa zona a partire dal 24 agosto è stata attribuita all'attivazione dell'intero sistema di faglie. Considerando le evidenze di attività olocenica e la mancanza di terremoti storici ad essa associati, la faglia è stata in passato considerata "silente", intendendo che a essa era presumibilmente legato un gap sismico (Galadini e Galli, 2000). I recenti eventi sismici hanno determinato una riattivazione della fagliazione di superficie ben visibile sul fianco ovest del Monte Vettore con rigetto maggiore di 80 cm. (Fig. 6.7)

Mandataria:		Mandanti:		
	3TI PROGETTI ITALIA INGEGNERIA INTEGRATA S.p.A.			Dott. Geol. Giovanni Mancini
				Dott. Archeol. Luca Fornari
				Dott. Agr. Emiliano Pompei

6.2. MODELLAZIONE SISMICA DEL SITO

Secondo l'ultimo aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni D.M. 2018 l'azione sismica di progetto in base alla quale valutare il rispetto dei diversi stati limite presi in considerazione viene definita partendo dalla pericolosità di base del sito di costruzione, che è l'elemento essenziale di conoscenza per la determinazione dell'azione sismica. Per la sua determinazione sono state individuate le coordinate di interesse sull'ellissoide di riferimento ED₅₀.

Dalle coordinate geografiche decimali del sito in oggetto si determinano i quattro nodi della griglia di riferimento dalle tabelle dei parametri spettrali fornite dal ministero (Fig. 6.8).

Coordinate ED₅₀		
Latitudine	43.223574	°
Longitudine	13.752534	°

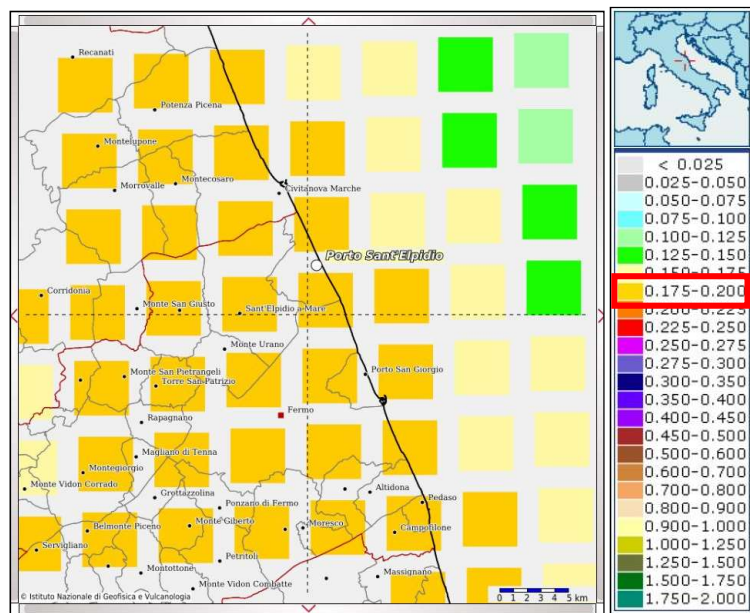


Figura 6.8 – Stralcio della mappa interattiva di pericolosità sismica del sito oggetto di studio (<http://esse1-gis.mi.ingv.it/>)

Mandataria:  3TI PROGETTI ITALIA INGEGNERIA INTEGRATA S.p.A.	Mandanti: <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div data-bbox="512 1971 874 2083">  </div> <div data-bbox="874 1971 1173 2083">  </div> <div data-bbox="1173 1971 1541 2083"> Dott. Geol. Giovanni Mancini Dott. Archeol. Luca Fornari Dott. Agr. Emiliano Pompei </div> </div>
--	---

BRETELLA DI COLLEGAMENTO LUNGOTENNA - PORTO S. ELPIDIO		
Regione Marche – LOTTO 2		
San Marco – Svincolo autostrada A 14 Porto S. Elpidio (FM)		
Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica		rev: 01 pag. 23
Codice documento: 15347 – PFTE-01-GEO-RTP-001		

Sulla base della maglia interessata, che circoscrive il punto in esame, si determinano i valori di riferimento del punto stesso come media pesata dei valori nei vertici (nodi) della maglia, moltiplicati per le distanze dal punto. Successivamente vengono scelti parametri relativi al progetto da sviluppare e in particolare la Vita nominale V_N e la Classe d'uso C_U .

La combinazione di questi parametri definisce il periodo di riferimento V_R , legato al tempo di ritorno T_R . Ogni strategia progettuale risulta in un set di 4 tempi di ritorno, ognuno corrispondente a uno dei 4 stati limite definiti dalla normativa. I valori dei parametri *indipendenti* a_g (g), F_0 e T^* specifici per il sito di progetto sono riportati nella seguente tabella.

Con questa procedura abbiamo ottenuto spettri di risposta validi per roccia affiorante e superficie topografica pianeggiante per una struttura con classe d'uso 4. Questo set di spettri di risposta costituisce la cosiddetta risposta sismica di base, ossia relativa ad un sito con roccia affiorante e superficie topografica orizzontale.

Per vita nominale $V_N = 100$, classe d'uso $C_U = II$, periodo di riferimento $V_R = 200$

Stato Limite	T_r [anni]	a_g [g]	F_0	T_c^* [s]
Operatività (SLO)	120	0.099	2.426	0.299
Danno (SLD)	201	0.126	2.467	0.295
Salvaguardia vita (SLV)	1898	0.304	2.489	0.325
Prevenzione collasso (SLC)	2475	0.335	2.478	0.328
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	200			

Mandataria:		Mandanti:		
	3TI PROGETTI ITALIA INGEGNERIA INTEGRATA S.p.A.			Dott. Geol. Giovanni Mancini
				Dott. Archeol. Luca Fornari
				Dott. Agr. Emiliano Pompei

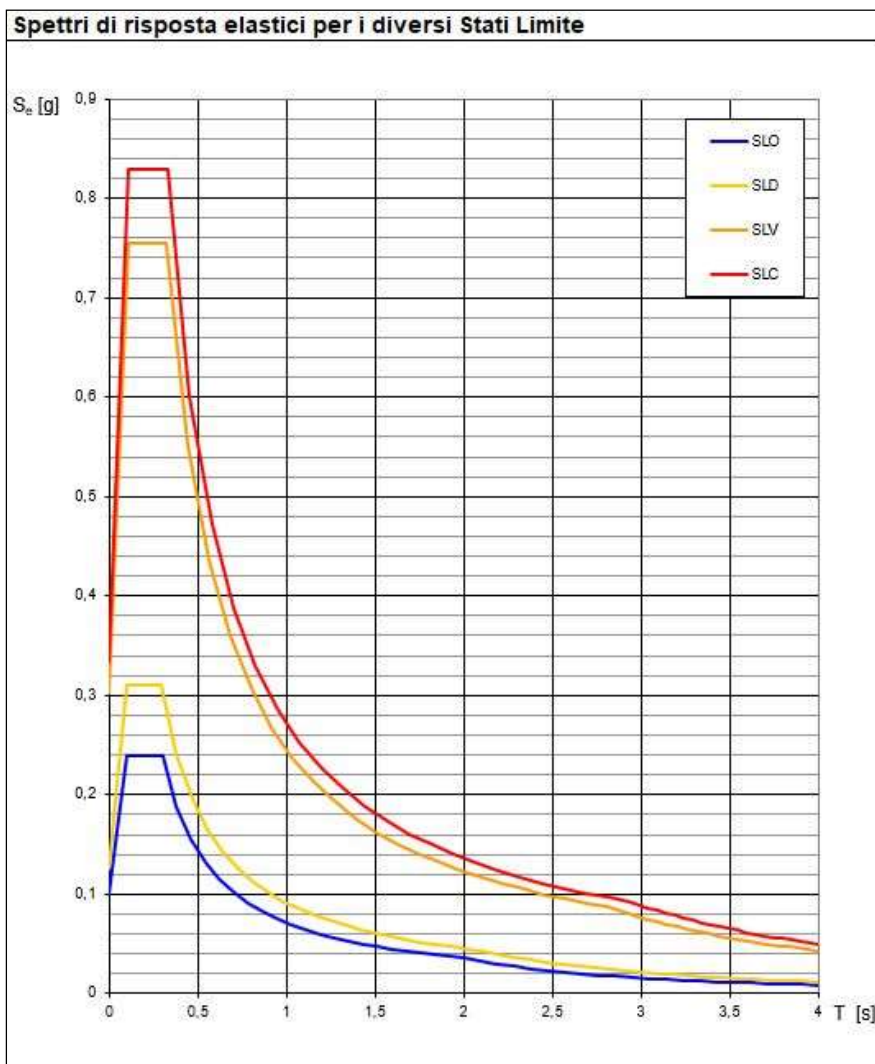


Figura 6.9 – Spettri NTC ver. 1.0.3.

Mandataria:**3TI PROGETTI ITALIA**
INGEGNERIA INTEGRATA S.p.A.**Mandanti:****Dott. Geol. Giovanni Mancini****Dott. Archeol. Luca Fornari****Dott. Agr. Emiliano Pompei**

6.3. PARAMETRI E COEFFICIENTI PER L'AZIONE SISMICA

Una volta definito il progetto, per uno specifico sito e adottato lo stato limite da analizzare, la risposta sismica di base sito specifica va ulteriormente sviluppata in funzione delle condizioni litostratigrafiche e topografiche. L'accelerazione utilizzata nelle analisi quantitative delle verifiche è l'accelerazione orizzontale massima (A_{gmax}) su suolo rigido di categoria "A", corretta appunto dalle amplificazioni locali. Essa può essere determinata attraverso tre differenti metodi:

APPROCCIO SEMPLIFICATO, tramite le categorie di suolo attraverso le relazioni proposte dalle Norme NTC 2018 (Tabella 3.2.II);

APPROCCIO RIGOROSO, tramite la valutazione della Risposta Sismica Locale, attraverso l'uso di accelerogrammi (Cap. 7.11.3. – NTC 2018);

APPROCCIO INTERMEDIO, tramite metodologie analitico-speditive basate sulle caratteristiche topografiche, litostratigrafiche e idrogeologiche del sito.

Di seguito si riportano i dati ottenuti mediante l'approccio semplificato.

Parametri sismici di sito		
Categoria sottosuolo	C	
Categoria topografica	T1	
Periodo di riferimento	100	anni
Coeff. d'uso struttura C_u	2	
Velocità onde S " V_{s30} "	332	m/s

BRETELLA DI COLLEGAMENTO LUNGOTENNA - PORTO S. ELPIDIO Regione Marche – LOTTO 2 San Marco – Svincolo autostrada A 14 Porto S. Elpidio (FM) Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica Codice documento: 15347 – PFTE-01-GEO-RTP-001	 rev: 01 pag. 26
---	---

VELOCITA' EQUIVALENTE "Vs_{eq}"

Con riferimento all'ultimo aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni (DM 17/01/2018) è stato stimato il valore della Vs (velocità di propagazione delle onde di taglio), parametro necessario per la definizione delle categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto. La consultazione di un'indagine sismica di tipo MASW in aree limitrofe (da microzonazione sismica di livello I del comune di Fermo), ha permesso di stimare una sismostratigrafia approssimativa dell'area e una Vs equivalente di riferimento. Non essendo stato rilevato substrato sismico ($V_s > 800$ m/s) entro i 30 metri di profondità, è stato effettuato un calcolo della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio entro i 30 m di profondità. La Vs_{eq} risulta essere di 332 m/s.

CATEGORIE DI SOTTOSUOLO

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto si è valutata l'appartenenza del sito in oggetto alla categoria "C" secondo la Tabella 3.2.II - Categorie di sottosuolo.

CATEGORIA "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.

CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

L'area in oggetto, tenuto conto della classificazione della Tabella 3.2.III per le categorie topografiche, rientra nella categoria "T1": Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$.

Mandataria:  3TI PROGETTI ITALIA INGEGNERIA INTEGRATA S.p.A.	Mandanti: <div>   </div> <div> Dott. Geol. Giovanni Mancini Dott. Archeol. Luca Fornari Dott. Agr. Emiliano Pompei </div>		
--	---	--	--

**COEFFICIENTI AMPLIFICAZIONE SISMICA****Stato Limite di salvaguardia della Vita - SLV**

<i>Coefficiente stratigrafico S_s</i>	S_s	1.25
<i>Coefficiente modificatore del periodo "T_c" C_c</i>	"T_c" C_c	1.52
<i>Coefficiente amplificazione topografico S_t</i>	S_t	1.00

COEFFICIENTI AMPLIFICAZIONE SISMICA**Stato Limite di Danno- SLD**

<i>Coefficiente stratigrafico S_s</i>	S_s	1.50
<i>Coefficiente modificatore del periodo "T_c" C_c</i>	"T_c" C_c	1.57
<i>Coefficiente amplificazione topografico S_t</i>	S_t	1.00

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
<i>kh</i>	0,030	0,045	0,106	0,113
<i>kv</i>	0,015	0,023	0,053	0,056
<i>Amax [m/s²]</i>	0,453	1,885	3,722	3,943
<i>Beta</i>	0,200	0,240	0,280	0,280

Mandataria:**3TI PROGETTI ITALIA**
INGEGNERIA INTEGRATA S.p.A.**Mandanti:****Dott. Geol. Giovanni Mancini****Dott. Archeol. Luca Fornari****Dott. Agr. Emiliano Pompei**

6.4. STUDI DI MICROZONAZIONE ESISTENTI

Lo studio di Microzonazione Sismica del Comune di Fermo LIVELLO I e di Porto Sant'Elpidio (FM) di LIVELLO I, ha il merito di aver omogeneizzato le metodologie di analisi e le procedure (sia sotto il profilo formale sia sostanziale), creando un modus operandi condiviso nel panorama nazionale di settore.

Sulle base delle osservazioni geologiche e geomorfologiche e della valutazione dei dati litostratigrafici raccolti, è stata elaborata la Carta delle Microzone in Prospettiva Sismica (MOPS) in cui si riportano le condizioni locali del territorio investigato che possono modificare sensibilmente le caratteristiche del moto sismico atteso.

Nelle figure seguenti (Fig. 6.10 – 6.11) si riporta uno stralcio di tale elaborato riferito all'area in oggetto (dal sito del Portale Cartografico della Microzonazione Sismica per il comune di Porto Sant'Elpidio e dalla Microzonazione Sismica Livello I del come di Fermo), da cui si osserva che l'area del probabile tratto d'interesse, rientra in settori differenti della cartografia MOPS. In particolare, la zona sud-occidentale appartenente al comune fermano, sarebbe compresa in “Zona suscettibile di instabilità, potenzialmente liquefacibile”, il settore centrale per larga parte sarebbe compreso nella “Zona stabile suscettibile di amplificazioni locali 2006”, la parte nord-orientale prima dell'attraversamento del Tenna non è compresa, mentre la parte terminale in sinistra idrografica del Tenna, sarebbe inclusa nella “Zona stabile 3” del comune di Porto Sant'Elpidio.



Figura 6.10 – Stralcio della carta delle MOPS (da Portale Cartografico della Microzonazione Sismica del Comune di Porto Sant'Elpidio – FM. In rosso area di studio.

Mandataria:  3TI PROGETTI ITALIA INGEGNERIA INTEGRATA S.p.A.	Mandanti: <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div data-bbox="512 1960 874 2101">  </div> <div data-bbox="874 1960 1173 2101">  </div> <div data-bbox="1173 1960 1541 2101"> Dott. Geol. Giovanni Mancini Dott. Archeol. Luca Fornari Dott. Agr. Emiliano Pompei </div> </div>
--	---

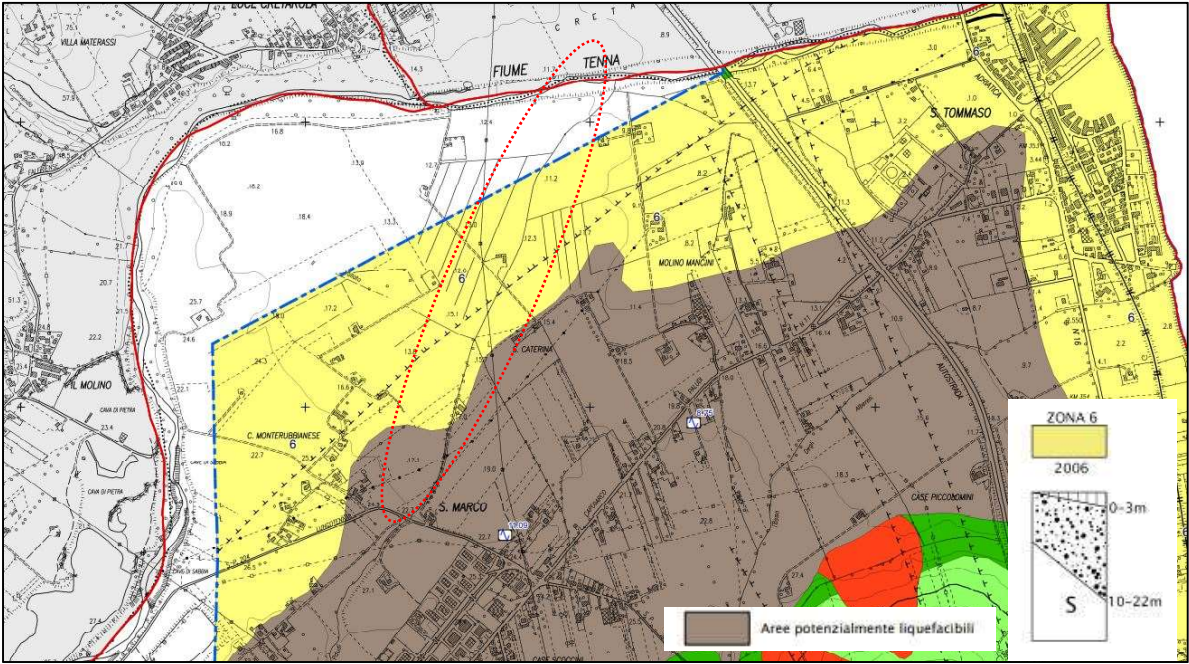


Figura 6.11 – Stralcio carta delle MOPS Livello I del Comune di Fermo. In rosso il tratto d’interesse.

I territori comunali di Porto Sant’Elpidio e Fermo non sono stati interessati da studi di Microzonazione Sismica di III° livello, pertanto, non sono presenti spettri relativi alla MOPS caratterizzante l’area.

Mandataria:		Mandanti:		
 3TI PROGETTI ITALIA INGEGNERIA INTEGRATA S.p.A.			Dott. Geol. Giovanni Mancini	
			Dott. Archeol. Luca Fornari	
			Dott. Agr. Emiliano Pompei	

BRETELLA DI COLLEGAMENTO LUNGOTENNA - PORTO S. ELPIDIO		
Regione Marche – LOTTO 2		
San Marco – Svincolo autostrada A 14 Porto S. Elpidio (FM)		
Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica		rev: 01
Codice documento: 15347 – PFTE-01-GEO-RTP-001		
		pag. 30

6.5. POTENZIALE LIQUEFAZIONE DEI TERRENI

In condizioni normali lo stato tensionale di un terreno incoerente dipende essenzialmente dalla pressione lito-statica (peso dei sedimenti sovrastanti un generico punto). Durante un terremoto la propagazione delle onde sismiche induce nel terreno sforzi tangenziali ciclici che possono influenzare temporaneamente la pressione interstiziale al suo interno. Se la sovrappressione generata dalla sollecitazione sismica eguaglia la pressione di confinamento, nel terreno può manifestarsi un fenomeno detto “liquefazione dinamica”. La liquefazione è tipica dei depositi sabbiosi incoerenti saturi e dipende principalmente: dalle proprietà intrinseche dei terreni (stato di addensamento, condizioni di drenaggio, composizione granulometrica, forma e distribuzione delle particelle ecc); dall'intensità della sollecitazione sismica e relativa durata; da fattori ambientali, morfologici ed eventuale presenza di sovraccarichi. All'aumentare della profondità dal piano campagna, la pressione di confinamento del terreno aumenta mentre l'intensità dello sforzo di taglio indotto dalla sollecitazione sismica diminuisce pertanto la possibilità che la liquefazione avvenga è massima in superficie.

Esclusione dalla verifica del potenziale di liquefazione

La verifica a liquefazione può essere omessa (di cui al 7.11.3.4.2 delle NTC 2018) al manifestarsi di almeno una delle seguenti circostanze:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;

Mandataria:		Mandanti:		
	3TI PROGETTI ITALIA INGEGNERIA INTEGRATA S.p.A.			Dott. Geol. Giovanni Mancini
				Dott. Archeol. Luca Fornari
				Dott. Agr. Emiliano Pompei

BRETELLA DI COLLEGAMENTO LUNGOTENNA - PORTO S. ELPIDIO		
Regione Marche – LOTTO 2		
San Marco – Svincolo autostrada A 14 Porto S. Elpidio (FM)		
Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica		rev: 01 pag. 31
Codice documento: 15347 – PFTE-01-GEO-RTP-001		

3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata (N1) $60 > 30$ oppure $qc1N > 180$ dove (N1) 60 è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e qc1N è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Fig. 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ e in Fig. 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.

Le litologie caratterizzanti l'area, in base al rilievo geologico di dettaglio e dai risultati delle indagini reperite, non risulterebbero riconducibili ad un fuso granulometrico omogeneo sabbioso liquefacibile. (Circostanza n. 4 7.11.3.4.2 delle NTC 2018). Pertanto, si rinvia alle future fasi di progettazione ed in caso a delle prove granulometriche integrative per valutare la necessità della verifica alla liquefazione.

Mandataria:		Mandanti:		
	3TI PROGETTI ITALIA INGEGNERIA INTEGRATA S.p.A.			Dott. Geol. Giovanni Mancini
				Dott. Archeol. Luca Fornari
				Dott. Agr. Emiliano Pompei

7. MODELLO GEOTECNICO PRELIMINARE

Una ricostruzione lito-stratigrafica del sito è stata effettuata attraverso la consultazione di dati reperiti dagli studi di microzonazione sismica di livello I per il comune di Fermo. La consultazione di indagini pregresse ha permesso di stimare un modello geotecnico di riferimento, che verrà poi accertato e affinato nel dettaglio con la campagna d'indagine progettata all'interno del piano indagini allegato.

Sulla base della consultazione dei dati, è possibile indicare un intervallo di valori stimati per i principali parametri geotecnici dei terreni presenti e degli approssimativi spessori.(Fig.7.1)

Sinteticamente si ipotizza la seguente stratigrafia media riferita ai terreni del volume significativo dell'area:

- 0,00 – 25 m *Alternanze ghiaie sabbiose, sabbie ghiaiose e lenti limoso sabbiose*
- 25,00 in poi *Formazione delle Argille Azzurre*

1^ livello geotecnico: Alternanze Ghiaie Sabbiose e sabbie limoso ghiaiose

peso dell'unità di volume (p.v.)	1.9/2.00 t/m ³
Coefficiente di Poisson	0.35
Angolo di Attrito (livelli sabbiosi)	32°
Coesione non drenata (Cu) (Livelli sabbioso limosi)	0.2 Kg/cm ²
Coesione efficace (C') (Livelli sabbioso limosi)	0.01 Kg/cm ²
Modulo Edometrico	54/79 Kg/cm ²
Velocità onde S	200/350 m/s

**2^ livello geotecnico: Formazione Argille Grigio Azzurre, alterata nella parte alta**

peso dell'unità di volume (p.v.)	2.10 t/m ³
Coefficiente di Poisson	0.35
Angolo di Attrito	24°
Coesione non drenata (Cu)	1.8 – 2.0 Kg/cm ²
Coesione efficace (C')	0.6 Kg/cm ²
Modulo Edometrico	150 Kg/cm ²
Velocità onde S	400/550 m/s

(Vedere report indagini reperite dalla microzonazione sismica del comune di Fermo, negli allegati della relazione geologica)

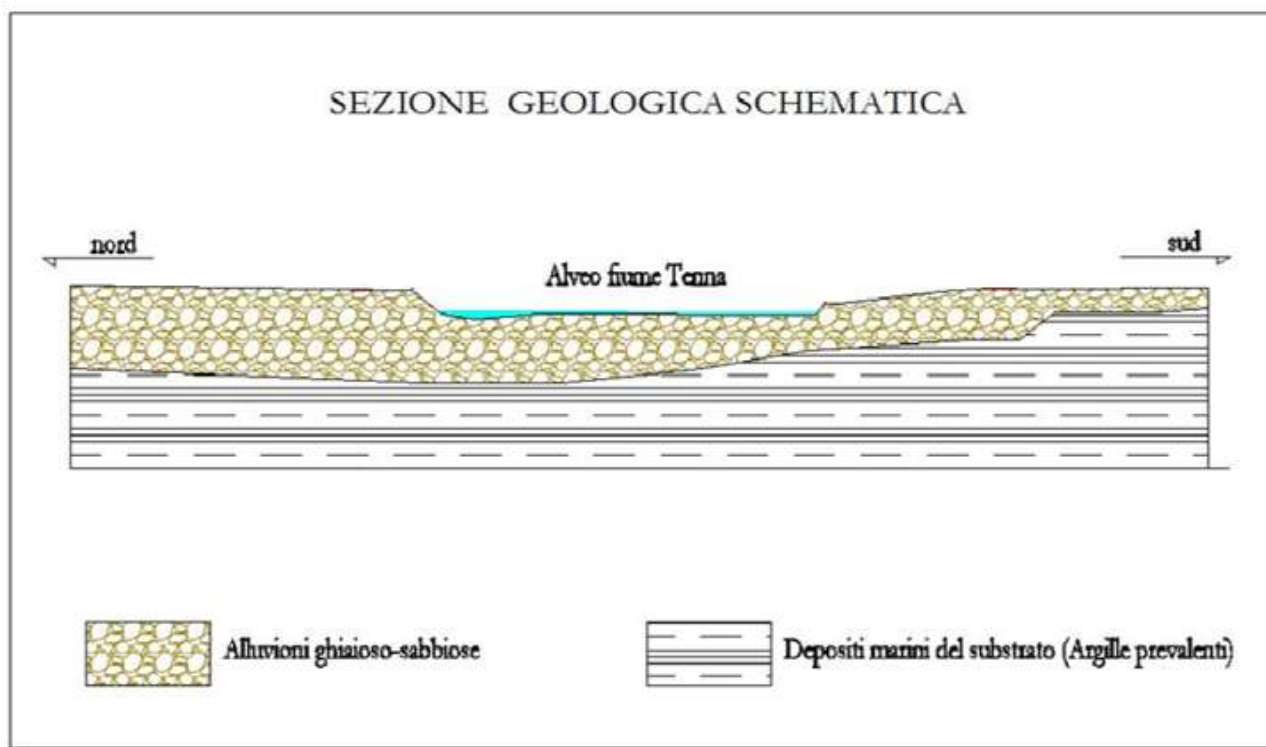


Figura 7.1 – Stralcio della sezione geologica estrapolata dalla relazione geologica dello “Studio di fattibilità tecnico economica della interconnessione Valliva Ciclovia Turistica del Tenna”.

Mandataria:		Mandanti:		
			Dott. Geol. Giovanni Mancini	
			Dott. Archeol. Luca Fornari	
			Dott. Agr. Emiliano Pompei	

BRETELLA DI COLLEGAMENTO LUNGOTENNA - PORTO S. ELPIDIO Regione Marche – LOTTO 2 San Marco – Svincolo autostrada A 14 Porto S. Elpidio (FM) Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica Codice documento: 15347 – PFTE-01-GEO-RTP-001	 rev: 01 pag. 34
---	---

8. CONCLUSIONI

Dagli studi pregressi e dagli studi di Microzonazione sismica effettuati nelle aree limitrofe all'area oggetto di studio, ha permesso di stimare un modello geotecnico e sismico dei terreni che compongono il sottosuolo. L'area è caratterizzata da depositi alluvionali terrazzati composti perlopiù da alternanze di ghiaie sabbiose e sabbie ghiaiose con lenti limoso sabbiose che presentano spessori variabili (spessore massimo stimato circa 25 m), sovrastanti il substrato costituito dalla Formazione delle Argille Azzurre.

I materiali alluvionali grazie alla loro elevata permeabilità ospitano una falda acquifera importante alimentata dal F. Tenna che costituisce la subalvea fluviale, il cui battente idraulico risulta ubicato lungo il terrazzo alluvionale, in funzione delle quote topografiche.

I risultati delle verifiche di modelli idraulici attuati nel progetto di fattibilità tecnico economica per la ciclabile lungo Tenna, hanno evidenziato che alcuni tratti del percorso lungo il fiume Tenna sarebbero interessati da inondazioni a partire da QTR =10.

In particolare, l'area dell'attraversamento aereo che collegherà le due sponde dell'alveo del fiume Tenna ricade all'interno dell'area perimetrata dal PAI a pericolosità idraulica media P2. In base alla quota futura di progetto, alla tipologia progettuale scelta, l'opera strutturale risulta COMPATIBILE. Inoltre, le fondazioni profonde previste dovranno intestarsi nel substrato argilloso integro, data la natura eterogenea del materiale alluvionale superficiale.

Mandataria:  3TI PROGETTI ITALIA INGEGNERIA INTEGRATA S.p.A.	Mandanti: <div>   </div> <div> Dott. Geol. Giovanni Mancini Dott. Archeol. Luca Fornari Dott. Agr. Emiliano Pompei </div>
--	---

BRETELLA DI COLLEGAMENTO LUNGOTENNA - PORTO S. ELPIDIO		
Regione Marche – LOTTO 2		
San Marco – Svincolo autostrada A 14 Porto S. Elpidio (FM)		
Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica		
Codice documento: 15347 – PFTE-01-GEO-RTP-001		rev: 01 pag. 35

ALLEGATI

Mandataria:		Mandanti:		
 3TI PROGETTI ITALIA INGEGNERIA INTEGRATA S.p.A.			Dott. Geol. Giovanni Mancini	
			Dott. Archeol. Luca Fornari	
			Dott. Agr. Emiliano Pompei	

BRETELLA DI COLLEGAMENTO LUNGOTENNA - PORTO S. ELPIDIO		
Regione Marche – LOTTO 2		
San Marco – Svincolo autostrada A 14 Porto S. Elpidio (FM)		
Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica		
Codice documento: 15347 – PFTE-01-GEO-RTP-001		rev: 01
		pag. 36

INDAGINI REPERITE



In foto (da portale cartografico della Microzonazione Sismica Livello I del comune di Fermo), indicate con i vari nominativi le indagini reperite da cui si è estrapolato il modello geotecnico.

Mandataria:		Mandanti:		
 3TI PROGETTI ITALIA INGEGNERIA INTEGRATA S.p.A.			Dott. Geol. Giovanni Mancini	
			Dott. Archeol. Luca Fornari	
			Dott. Agr. Emiliano Pompei	

BRETELLA DI COLLEGAMENTO LUNGOTENNA - PORTO S. ELPIDIO Regione Marche – LOTTO 2 San Marco – Svincolo autostrada A 14 Porto S. Elpidio (FM)			
Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica			
Codice documento: 15347 – PFTE-01-GEO-RTP-001			
		rev: 01	pag. 37

S479

DOTT. GEOL. ANDREA AMBROGI

DOTT. GEOL. PAOLO BOLDRINI

sondaggio: **S479**

data: 25.09.2013


progetto: microzonazione sismica comune di Fermo - anno 2013

località: San Marco - FERMO (FM)

metodo di perforazione: rotazione

committente: AMMINISTRAZIONE COMUNALE

diametro perforazione: ϕ 200 mm

STRATIGRAFIA					Rp (kg/cm²)	campioni prelevati	osservazioni
	prof. dal p.c. (m)	falde acquifere	Litologia				
1.00	0.70		da m 0.00 a m 0.70 TERRENO VEGETALE				
2.00			da m 0.80 a m 3.40 LIMI SABBIOSI : limi sabbiosi di colore marrone, addensati; ambiente di deposizione: continentale fluviale [Olocene]				
3.00							
4.00	3.40		da m 3.40 a m 9.70 LIMI SABBIOSI : limi sabbiosi di colore nocciola, con screziature ocracee, mediamente addensati; ambiente di deposizione: continentale fluviale [Olocene]				
5.00							
6.00							
7.00							
8.00							
9.00							
10.00	9.70 9.80 10.20		da m 9.70 a m 9.80 GHIAIE E SABBIE c.s. da m 9.80 a m 10.20 LIMI SABBIOSI c.s.				
11.00			da m 10.20 a m 12.00 GHIAIE E SABBIE : ciottoli arrotondati eterometrici in matrice sabbiosa; grado di addensamento medio medio-alto. Ambiente di deposizione: continentale fluviale [Olocene]				
12.00	12.00						a m 12.00 falda acquifera
13.00							
14.00							
15.00							
16.00							
17.00							
18.00							
19.00							
20.00							



NOTA:
quota fine sondaggio 12.00 m;
a m 12.00 falda acquifera [falda di subalveo]

Via Marsala n.4 - 63900 FERMO (FM) ☎ e Fax 0734-227462 E-mail: andreageo@libero.it

Mandataria:		Mandanti:		
	3TI PROGETTI ITALIA INGEGNERIA INTEGRATA S.p.A.			Dott. Geol. Giovanni Mancini
				Dott. Archeol. Luca Fornari
				Dott. Agr. Emiliano Pompei

BRETELLA DI COLLEGAMENTO LUNGOTENNA - PORTO S. ELPIDIO

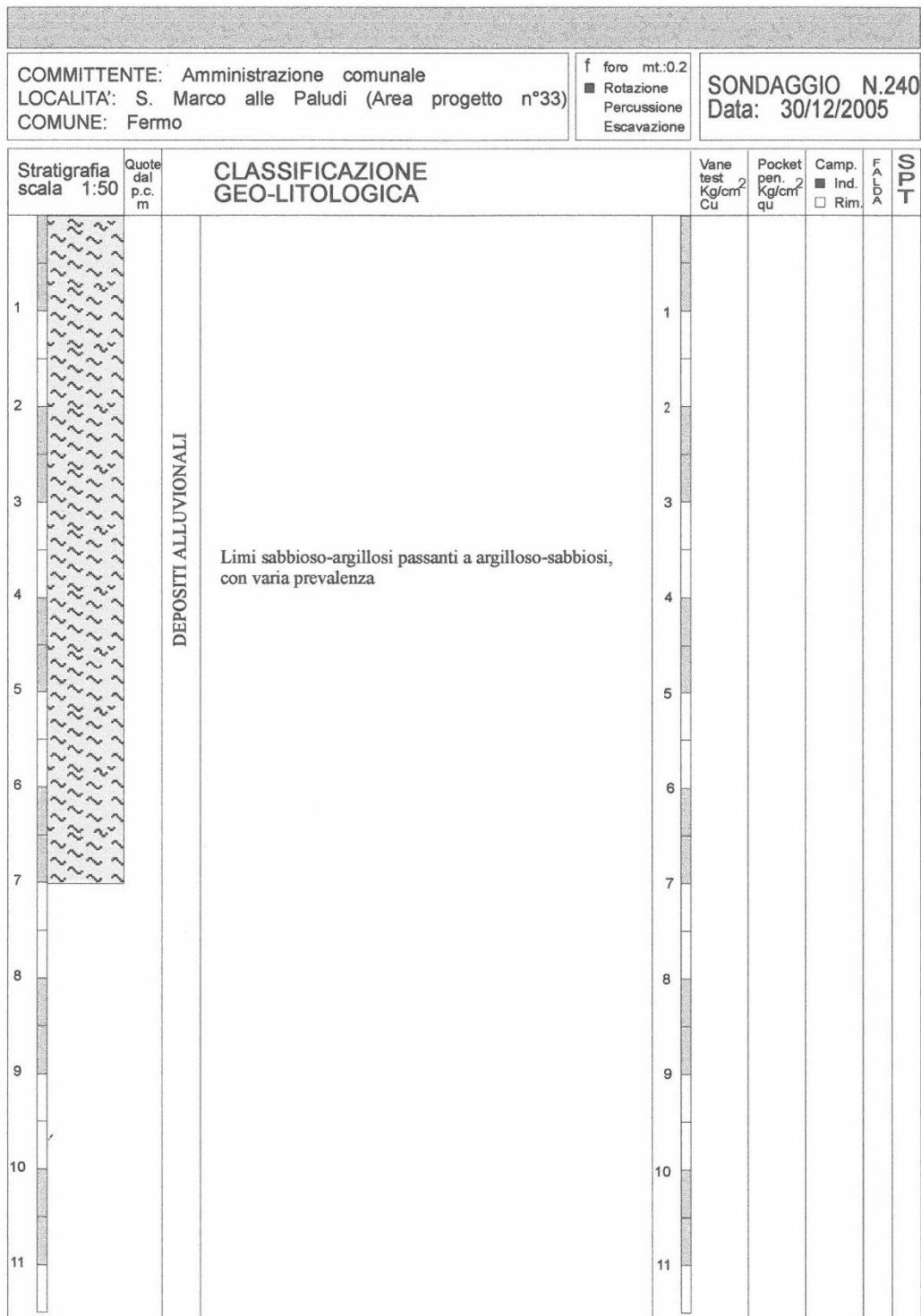
Regione Marche – LOTTO 2

San Marco – Svincolo autostrada A 14 Porto S. Elpidio (FM)

Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica

Codice documento: 15347 – **PFTE-01-GEO-RTP-001**rev: **01**

pag. 38

S240**Mandataria:**
3TI PROGETTI ITALIA
 INGEGNERIA INTEGRATA S.p.A.
Mandanti:**Dott. Geol. Giovanni Mancini****Dott. Archeol. Luca Fornari****Dott. Agr. Emiliano Pompei**

BRETELLA DI COLLEGAMENTO LUNGOTENNA - PORTO S. ELPIDIO

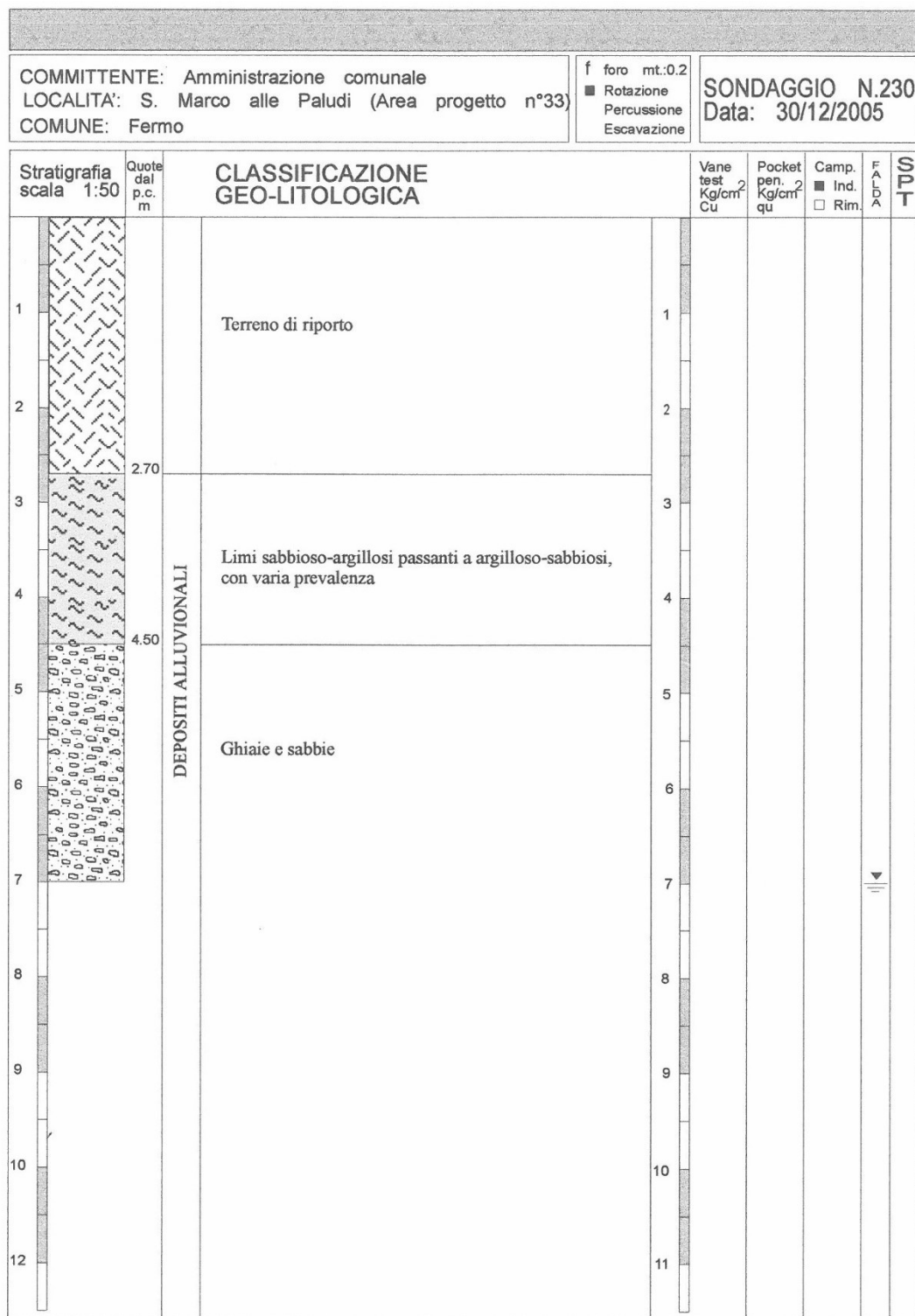
Regione Marche – LOTTO 2

San Marco – Svincolo autostrada A 14 Porto S. Elpidio (FM)

Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica

Codice documento: 15347 – **PFTE-01-GEO-RTP-001**rev: **01**

pag. 39

S230**Mandataria:**
3TI PROGETTI ITALIA
 INGEGNERIA INTEGRATA S.p.A.
Mandanti:

Dott. Geol. Giovanni Mancini

Dott. Archeol. Luca Fornari

Dott. Agr. Emiliano Pompei

BRETELLA DI COLLEGAMENTO LUNGOTENNA - PORTO S. ELPIDIO Regione Marche – LOTTO 2 San Marco – Svincolo autostrada A 14 Porto S. Elpidio (FM)			
Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica			
Codice documento: 15347 – PFTE-01-GEO-RTP-001			
		rev: 01	pag. 40

P6

CERTIFICATO N.RO : 94-96 CANTIERE : PALUDI

QUOTA m.	LITOLOGIA	PALDA m.	N.RO COLPI	C	Nspt equiv.	DENS. REL. %	ANGOLO ATTRITO	GAMMA kN/mc	SIGMA daN/cm ²	Cu daN/cm ²	E daN/cm ²	M daN/cm ²	N'	TAU/ SIGMA
0.00	AG	#####												
0.30	AG	#####												
0.60	AG	#####												
0.80	AG	#####												
0.80	LA	#####	12	1.00	12			18.0	0.22	0.80	242		9	
1.10	LA	#####												
1.40	LA	#####												
1.70	LA	#####												
1.70	LA	#####	7	1.00	7			18.0	0.36	0.47	185		5	
2.00	LA	#####												
2.30	LA	#####												
2.40	LA	#####												
2.40	LA	#####												
2.70	LA	#####	11	1.00	11			18.0	0.59	0.73	232		6	
3.00	LA	#####												
3.30	LA	#####												
3.60	LA	#####												
3.90	LA	#####												
4.20	LA	#####												
4.20	LA	#####	7	1.00	7			18.0	0.79	0.47	185		3	
4.50	LA	#####												
4.70	LA	#####												
4.70	A	#####												
5.00	A	#####												
5.30	A	#####	12	1.00	12			18.0	1.02	0.80	242		5	
5.60	A	#####												
5.90	A	#####												
6.20	A	#####												
6.50	A	#####												
6.70	A	#####												
6.70	A	#####	12	1.00	12			18.0	1.25	0.80	242		4	
7.00	A	#####												
7.30	A	#####												
7.30	A	#####												
7.60	A	#####	18	1.00	18			19.0	1.47	1.20	297		6	
7.90	A	#####												
8.20	A	#####												
8.50	A	#####												
8.80	A	#####												
9.00	A	#####												

P6 documentazione reperita
cantiere: S.Marco alle Paludi


T=TORBE - A=ARGILLE - LA=LIMI ARGILLOSI - LS=LIMI SABBIOSI - SL=SABBIE LIMOSE - S=SABBIE - SG=SABBIE/GHIAIE - AG=COBERTURA SUPER.

Mandataria:		Mandanti:		
	3TI PROGETTI ITALIA INGEGNERIA INTEGRATA S.p.A.			Dott. Geol. Giovanni Mancini
				Dott. Archeol. Luca Fornari
				Dott. Agr. Emiliano Pompei



BRETELLA DI COLLEGAMENTO LUNGOTENNA - PORTO S. ELPIDIO Regione Marche – LOTTO 2 San Marco – Svincolo autostrada A 14 Porto S. Elpidio (FM)			rev: 01	pag. 41
Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica				
Codice documento: 15347 – PFTE-01-GEO-RTP-001				

MASW 2

 PROTEZIONE CIVILE Presidenza del Consiglio dei Ministri Dipartimento della Protezione Civile		MICROZONAZIONE SISMICA CARTA DELLE INDAGINI		INDAGINE LINEARE versione 1.0	
Sito lineare					
Identificazione	Chiave primaria: 16	Provincia: 109	Comune: 006	Identificazione sito: 109006L16	
Ubicazione	Longitudine del punto A: 398402		Longitudine del punto B: 398445		
	Longitudine del punto A: 398402		Longitudine del punto B: 398445		
	Longitudine del punto A: 398402		Longitudine del punto B: 398445		
Modalità	Modalità identificata per identificare il tracciato: ALTRO		Identificativo della modalità:		
Quota	Quota sul livello del mare del punto A (metri): 24.0		Quota sul livello del mare del punto B (metri): 22.0		
Varie	Data: 2018-08-07	Note:			
Indagine lineare					
Identificativo	Chiave primaria: 16	Classe dell'indagine: GF	Tipo d'indagine: MASW		
			Identificativo indagine: 109006L16MASW16		
Tracciabilità	Precedente identificativo: MASW 2		Nome precedente archivio:		
	Note: SAN MARCO ALLE PALUDI				
Varie	Data: 2018-08-07	Pagina:	Documento:		
Parametri lineari					
Identificativo	Chiave primaria: 118	Tipologia del parametro: VS	Identificativo misura: 109006L16MASW16VS118		
Quota/spessore	Profondità del top (m): 3.5	Profondità del bottom (m): 7.5	Spessore del livello (m): 4.0		
	Quota del top (m): 20.5	Quota del bottom (m): 16.5			
Valore	Valore: 328.900000000000		Attendibilità della misura: 1		
Varie	Note:		Data: 2018-08-07		
Identificativo	Chiave primaria: 119	Tipologia del parametro: VS	Identificativo misura: 109006L16MASW16VS119		
Quota/spessore	Profondità del top (m): 7.5	Profondità del bottom (m): 12.5	Spessore del livello (m): 5.0		
	Quota del top (m): 16.5	Quota del bottom (m): 11.5			
Valore	Valore: 361.700000000000		Attendibilità della misura: 1		
Varie	Note:		Data: 2018-08-07		
Identificativo	Chiave primaria: 120	Tipologia del parametro: VS	Identificativo misura: 109006L16MASW16VS120		
Quota/spessore	Profondità del top (m): 12.5	Profondità del bottom (m): 18.5	Spessore del livello (m): 6.0		
	Quota del top (m): 11.5	Quota del bottom (m): 5.5			
Valore	Valore: 397.800000000000		Attendibilità della misura: 1		
Varie	Note:		Data: 2018-08-07		
Identificativo	Chiave primaria: 121	Tipologia del parametro: VS	Identificativo misura: 109006L16MASW16VS121		
Quota/spessore	Profondità del top (m): 18.5	Profondità del bottom (m): 25.5	Spessore del livello (m): 7.0		
	Quota del top (m): 5.5	Quota del bottom (m): -1.5			
Valore	Valore: 421.400000000000		Attendibilità della misura: 1		
Varie	Note:		Data: 2018-08-07		
Identificativo	Chiave primaria: 122	Tipologia del parametro: VS	Identificativo misura: 109006L16MASW16VS122		
Quota/spessore	Profondità del top (m): 25.5	Profondità del bottom (m): 26.0	Spessore del livello (m): 0.5		
	Quota del top (m): -1.5	Quota del bottom (m): -2.0			
Valore	Valore: 502.000000000000		Attendibilità della misura: 1		
Varie	Note:		Data: 2018-08-07		
Identificativo	Chiave primaria: 117	Tipologia del parametro: VS	Identificativo misura: 109006L16MASW16VS117		
Quota/spessore	Profondità del top (m): 0.0	Profondità del bottom (m): 3.5	Spessore del livello (m): 3.5		
	Quota del top (m): 24.0	Quota del bottom (m): 20.5			
Valore	Valore: 192.600000000000		Attendibilità della misura: 1		
Varie	Note:		Data: 2018-08-07		

Mandatario:		Mandanti:	
 3TI PROGETTI ITALIA INGEGNERIA INTEGRATA S.p.A.	 BRIDGE CONSULTING DSD	 EN.AR. Conti srl Engineering & Architecture	Dott. Geol. Giovanni Mancini
			Dott. Archeol. Luca Fornari
			Dott. Agr. Emiliano Pompei