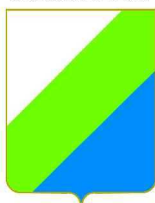


REGIONE
ABRUZZO



REGIONE ABRUZZO PROVINCIA DI PESCARA



PROVINCIA
DI PESCARA

INTERVENTO DI SISTEMAZIONE IDRAULICA NEI COMUNI DI PESCARA, SPOLTORE, CEPAGATTI E SAN GIOVANNI TEATINO (2° LOTTO) [Cod. A40] (pos.7/E1/11)

Appalto di progettazione esecutiva ed esecuzione dei lavori, previa acquisizione del

PROGETTO DEFINITIVO

in sede di gara sulla base del progetto preliminare

RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO: Ing. Emanuele Ucci

CUP: C54H07000030002

CIG: 6325527602

CPV: 45246200-5

Impresa :
S.A.CE.B S.r.l.
Zona Industriale
66010 San Martino Sulla Marrucina (CH)



Progettista:
INTEGRA S.r.l.
Via di Sant'Erasmo 16
00184 ROMA
www.integer.it



Il Geologo:
Dott. Geol. Massimo Pietrantoni

Responsabile di progetto:
Prof. Ing. Marco Petrangeli

Gruppo di lavoro:
Ing. Luca Gasperoni
Ing. Andrea Tagliaferri
Ing. Paolo Tortolini
Ing. Massimo Di Muzio

Codice Elaborato: RIG375SP-GE01

Titolo Elaborato: Relazione Geologica, Geomorfologica, Idrogeologica e
Sismica

Data: 12 Gennaio 2016

Formato	Scala	Redatto	Verificato	Approvato
A4	-	A.T.	M.P.	M.P.

INDICE

1	PREMESSA	1
2	NORMATIVA E RACCOMANDAZIONI DI RIFERIMENTO	4
3	INDAGINI ESEGUITE	5
4	GEOLOGIA.....	7
4.1	Inquadramento geologico generale	7
5	GEOMORFOLOGIA	11
6	IDROGEOLOGIA	15
7	STRATIGRAFIE	15
7.1	Zona d'intervento 1	15
7.2	Zona d'intervento 2	17
7.3	Zona d'intervento 3	19
7.4	Zona d'intervento 4	21
8	CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO	23
8.1	Azione sismica secondo il D.M. 14/01/2008	25
8.2	Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche	27
8.3	Azioni di calcolo	31

1 PREMESSA

Nella presente relazione sono trattati gli aspetti geologici, idrogeologici e sismici relativi al Progetto Definitivo degli interventi di sistemazione idraulica lungo il fiume Pescara – Il Lotto – Comuni di Pescara, Spoltore, Cepagatti, San Giovanni Teatino.

Il progetto prevede la sistemazione di 4 tratti distinti del fiume Pescara; nelle figure seguenti si mostrano le ortofoto con l'individuazione delle zone d'intervento.

Lo studio geologico è stato condotto per mezzo di rilievi di superficie e attività di foto-interpretazione geologica; preliminarmente è stata effettuata la ricerca bibliografica di studi e indagini eseguiti nelle zone di interesse, successivamente tali dati sono stati supportati dai risultati di specifiche indagini geognostiche e geotecniche effettuate durante la fase di progettazione preliminare e messe a disposizione dall'Ente Appaltante.

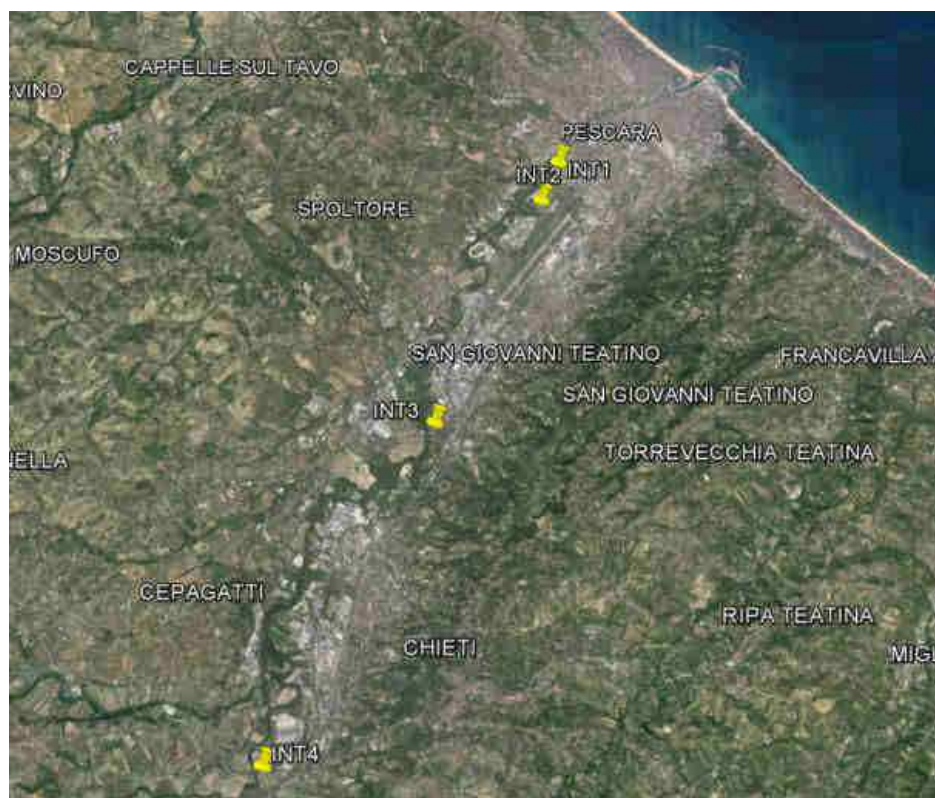
I risultati degli studi hanno permesso di ricostruire la situazione geologica di superficie e di sottosuolo e di formulare il modello geologico e geotecnico preso a base per la progettazione definitiva delle opere.

Fanno parte della documentazione geologica di progetto i seguenti elaborati cartografici:

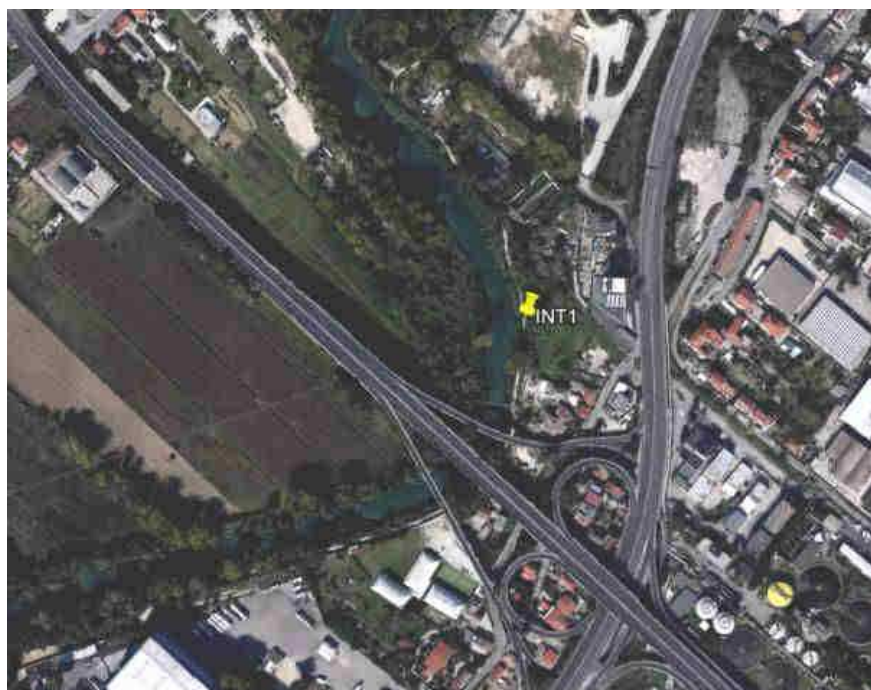
- RIG375SP-GE01-R0: Carta geologica (1:5.000);
- RIG375SP-GE02-R0: Carta geomorfologica (1:5.000);
- RIG375SP-ID02-R0: Carta idrogeologica (1:5.000);
- RIG375SP-GT02-R0: Planimetria con ubicazione delle indagini (1:5.000);
- RIG375SP-GT03-R0: Sezioni geologiche e geotecniche (1:100)

Le sezioni geologico-geotecniche sono stati ricostruiti sulla base dei suddetti rilievi e dei risultati delle indagini geognostiche.

La documentazione sulle indagini è raccolta in uno specifico elaborato (Fascicolo sulle indagini geotecniche e sismiche, elaborato RIG375SP-GT02-R0).



Ubicazione degli interventi.



Intervento n. 1.



Intervento n. 2.



Intervento n. 3.



Intervento n. 4.

2 NORMATIVA E RACCOMANDAZIONI DI RIFERIMENTO

- D.M. 11 marzo 1988. "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione".
- Circ. LL.PP. 24 settembre n. 30483. "Istruzioni riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione".
- Eurocodice 7. Progettazione geotecnica. 2004.
- Eurocodice 8. Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture. Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti di geotecnica. 2004.
- Ordinanza n. 3274 del 08/05/2003 della Presidenza del Consiglio dei Ministri "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" e relativi allegati e s.m.i.
- Ordinanza n. 3519 del PdCM del 28 aprile 2006 "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone".
- Norme Tecniche per le Costruzioni. DM 14 gennaio 2008.
- Istruzione per l'applicazione delle Norme Tecniche. Circ. Min. 2 febbraio 2009 n. 617
- Raccomandazioni AGI sulla Programmazione ed Esecuzione delle Indagini Geotecniche (1977)
- Raccomandazioni AGI sui pali di fondazione (1988).
- Raccomandazioni AGI sulle Prove Geotecniche di Laboratorio (1994).

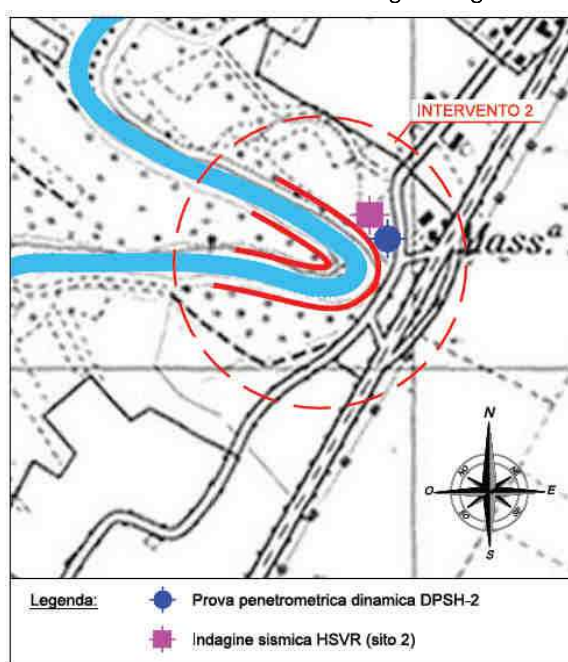
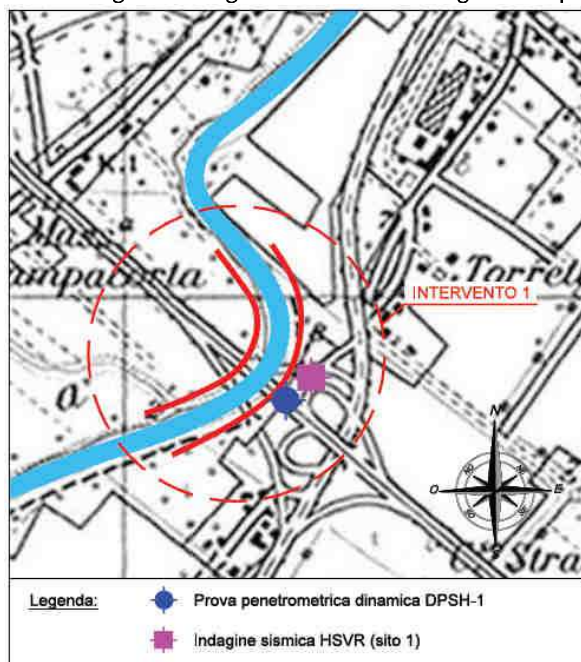
- Raccomandazioni AGI Aspetti Geotecnici della Progettazione in Zona Sismica (1995)

3 INDAGINI ESEGUITE

Si è fatto riferimento ai risultati della campagna d'indagini geognostiche e geotecniche eseguita nel maggio 2015, a supporto del progetto preliminare, che è consistita nelle seguenti attività:

- 3 prove penetrometriche dinamiche DPSH;
- 2 misure di sismica passiva HVSr.

Nelle immagini che seguono sono mostrati gli stralci planimetrici con le ubicazioni delle indagini eseguite.





4 GEOLOGIA

4.1 Inquadramento geologico generale

Le quattro aree d'intervento sono ubicate lungo il corso del fiume Pescara; le quote altimetriche sono comprese tra 36.8m e 8.0m s.l.m. interessando le alluvioni terrazzate del III ordine. L'uso del suolo è variabile da intensamente urbanizzato con presenza di grandi infrastrutture e industrie (interventi 1, 2) ad agricolo (interventi 3 e 4).

Dal punto di vista geologico il territorio in esame ricade nel settore abruzzese dell'avanfossa adriatica riferibile al Pliocene superiore - Pleistocene inferiore. I terreni presenti che caratterizzano l'area sono costituiti da una sequenza deposizionale silicoclastica pelitica e sabbiosa di notevole spessore (oltre 3000 m) che si è deposta in un'area a forte tasso di subsidenza, il bacino di Pescara. Le caratteristiche di tale successione risultano essere abbastanza omogenee; si tratta infatti essenzialmente di argille, argille marnose, arenarie e sabbie che terminano in superficie con depositi di ghiaie eterometriche in matrice sabbiosa con granuli piuttosto grossolani, e nelle fasi finali della sequenza deposizionale da materiali sempre più sabbiosi.

Dal punto di vista tettonico le strutture generate durante l'orogenesi appenninica risultano caratterizzate da faglie normali ad andamento appenninico e in misura minore da faglie trasversali; inoltre per effetto dell'attività tettonica che ha caratterizzato l'area, è evidente un fenomeno di sollevamento su larga scala che ha interessato l'intera regione, facendo assumere all'intera successione silicoclastica un aspetto monoclinale e debolmente inclinato verso i quadranti orientali.

A partire dal Pleistocene Inferiore, a causa di fenomeni tettonici, si è determinato un sollevamento generalizzato del territorio pescarese con la progressiva colmatazione del bacino con depositi sabbioso-arenacei-conglomeratici.

Durante il periodo Quaternario, a causa delle ripetute variazioni del livello marino di base, e quindi anche quello dei fiumi, si è avuto un intenso modellamento dei versanti che ha prodotto l'attuale assetto geomorfologico.

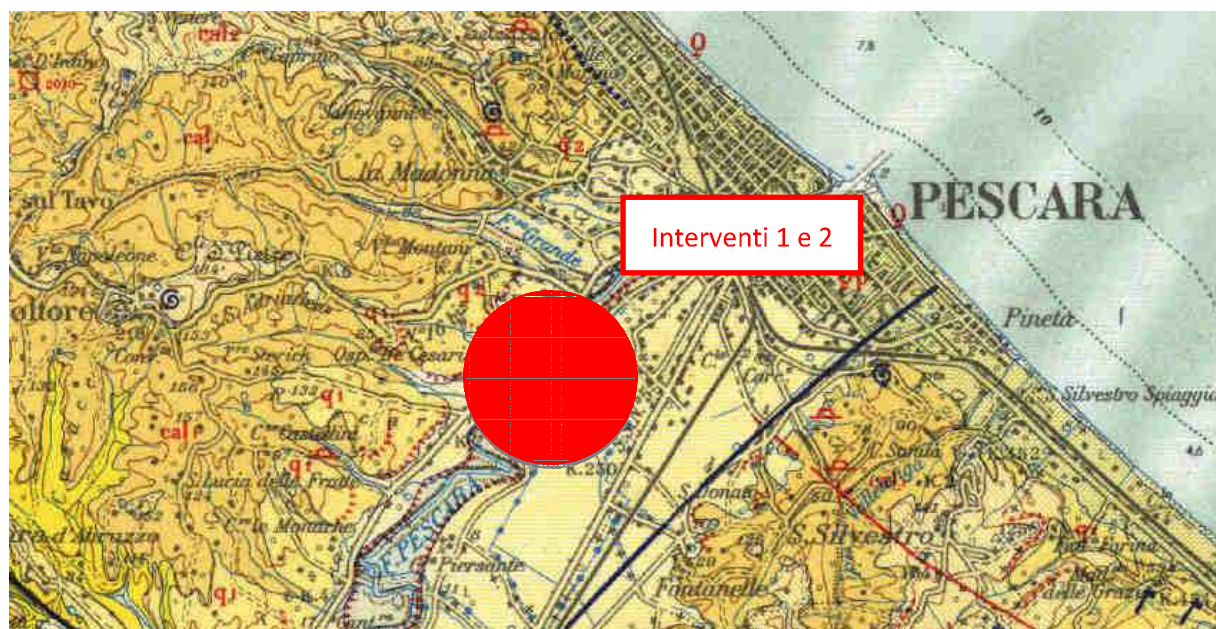
Si sono succeduti, lungo i corsi fluviali, cicli di deposizione e reincisione dei propri depositi; la piana alluvionale del fiume Pescara è caratterizzata da una pronunciata asimmetria. I depositi alluvionali più antichi e più estesi si rinvengono in sponda sinistra, mancando completamente in sponda destra. Tale situazione sarebbe stata causata da una progressiva migrazione dell'asse del fiume Pescara verso Sud dovuta a motivi di natura tettonica.

Il terrazzo del II ordine, costituito da depositi di spessore variabile da 20 a 25m, si estendono sui versanti collinari a nord del territorio del Comune di Pescara. Si tratta di formazioni caratterizzate alla base da depositi sabbiosi di spiaggia ed al tetto da ghiaie fluvio-deltizie, in contatto erosivo con i sottostanti sedimenti argillosi del substrato geologico.

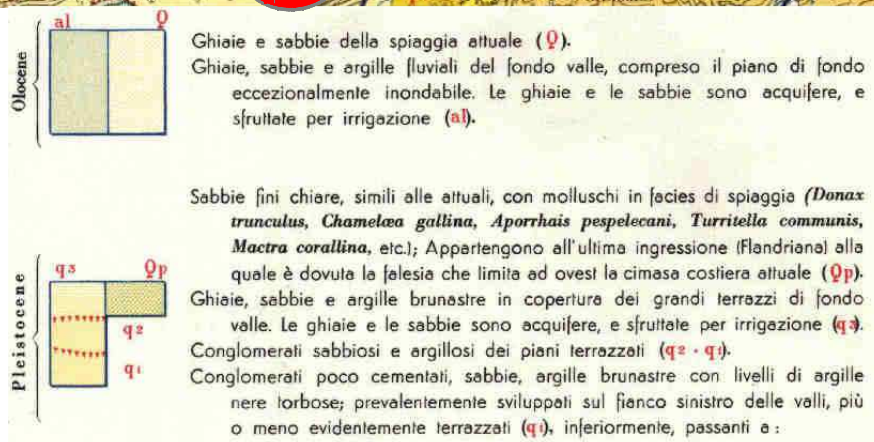
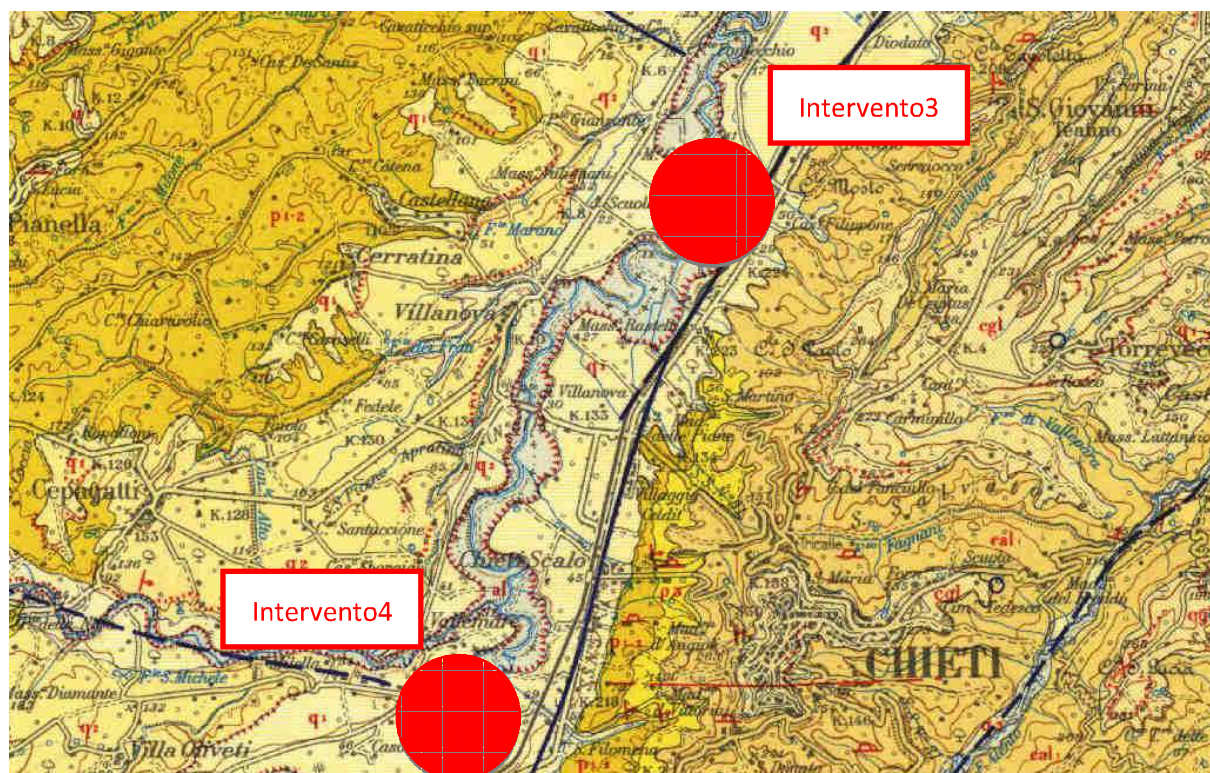
Nella piana alluvionale, alla base dei depositi del terrazzo del III Ordine, si rinviene in maniera quasi continua una Unità Ghiaiosa di origine fluvio-deltizia con spessore fino a 10m costituita da ghiaia in matrice sabbiosa molto addensata con ciottoli calcarei arrotondati anche grossolani.

ooooo

La Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000 – Foglio 141 “Pescara”, di cui se ne riporta uno stralcio nella figura che segue, mostra la presenza in superficie della formazione denominata **q3**, costituita da *Ghiaie, sabbie e argille brunastre in copertura dei grandi terrazzi di fondo valle*, confermando quindi quanto affermato in precedenza.



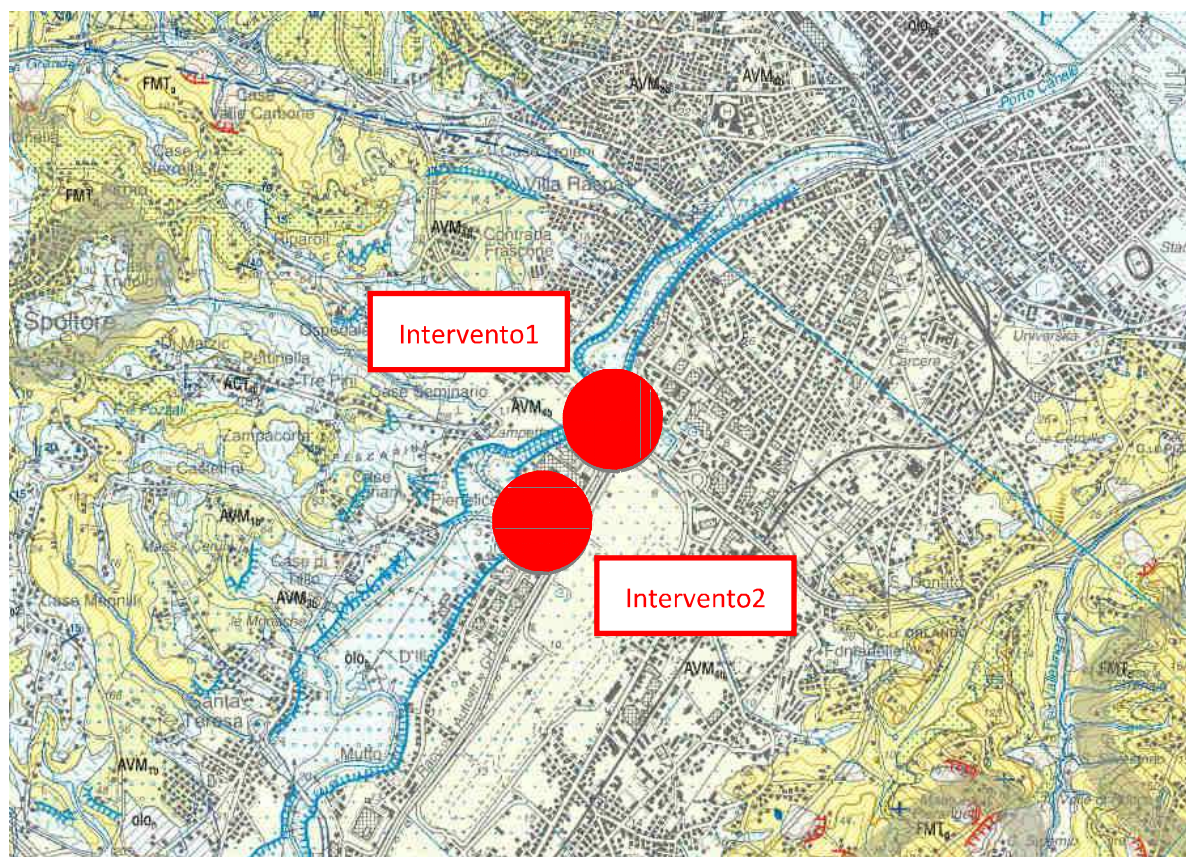
INTERVENTO 3 e 4



Carta Geologica d'Italia (scala 1:100.000) – Foglio 141 “Pescara”

ooooo

La Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000 – Foglio 351 “Pescara” e Foglio 361 “Chieti”, indicano invece la presenza di “Sabbie, ghiaie e limi fluviali, con orizzonti e lenti di argille e torbe dell'alveo e della piana alluvionale attuale, conglomerati e sabbie dei conoidi alluvionali ad essa eteropici” (*siglaolo_b*).



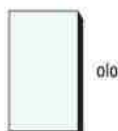
**DEPOSITI OLOCENICI**

Coltri eluvio-colluviali formate da limi, sabbie e limi argillosi con clasti poligenici dispersi nel materiale fine, a luoghi con concrezioni nodulari calcaree; terre rosse (olo_{12}).

Sabbie, ghiaie e limi fluviali, con orizzonti e lenti di argille e torbe, dell'alveo e della piana alluvionale attuale, conglomerati e sabbie dei conoidi alluvionali ad essa eteropici. Sono diffusi lungo il fondovalle dei fiumi Pescara, Alento e Foro e dei loro affluenti principali (olo_2).

Depositi di frana prevalentemente pellici e pellico-sabbiosi, in assetto caotico. Localmente possono contenere blocchi di diversa composizione litologica e dimensione: sabbioso-conglomeratici (Chieti, Orsogna, Bucchianico, S. Martino), conglomeratici (Rosignano). Nella zona di Roccamontepiano sono costituiti da blocchi eterometrici di travertino. Nella zona di Roccamorice sono costituiti da blocchi calcarei e calcareo marnosi (olo_{11}).

Depositi di versante costituiti da detriti e ghiaie eterometrici, da sciolti a debolmente cementati, generalmente stratificati, provenienti dal disfacimento di depositi clastici più antichi, delle successioni calcaree e delle successioni marnoso argillose (olo_3).



Carta Geologica d'Italia (scala 1:50.000) – Foglio 351 "Pescara" e Foglio 361 "Chieti"

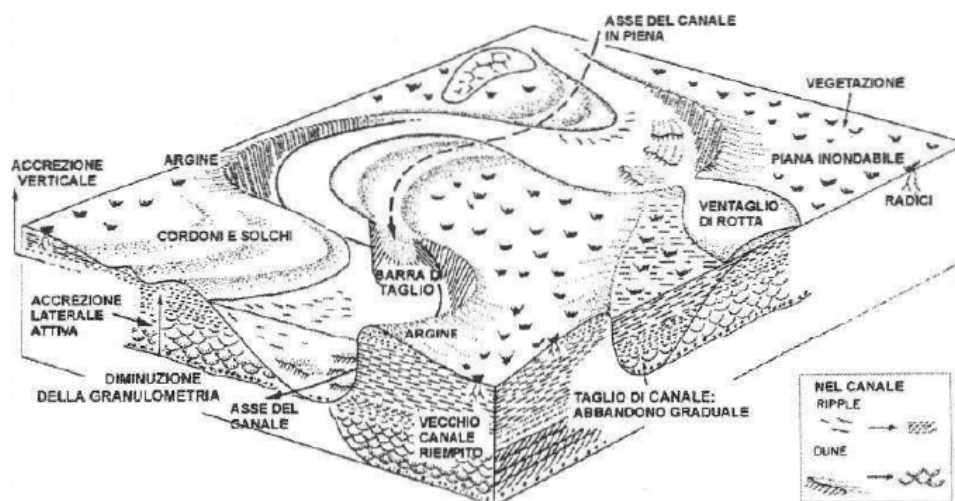
5 GEOMORFOLOGIA

Nel presente capitolo di fa riferimento alla carta geologica e geomorfologica redatta sulla base di specifici rilievi eseguiti in campagna.

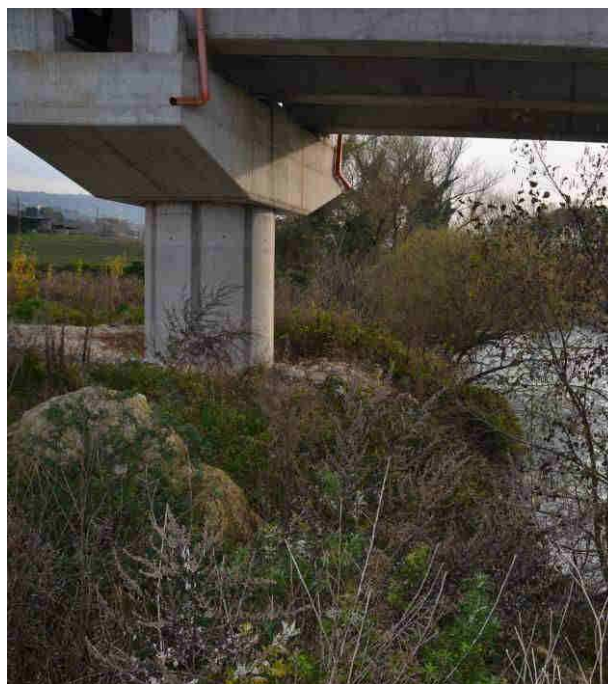
La pianura alluvionale del Fiume Pescara è posta sui sedimenti argilloso-siltosi marini pleistocenici (Argille grigio-azzurre) che costituiscono l'acquicluda ed il substrato geologico.

I terrazzi alluvionale affiorano in superficie in sinistra idrografica mentre sono assenti in destra a causa della migrazione dell'alveo del fiume Pescara verso Sud per ragioni di origine tettonica.

L'alveo del fiume appare meandriforme e sinuoso con sponde d'erosione alte fino a 5 m; nel corso degli anni si segnala una modifica delle caratteristiche fisiografiche, della piana e dell'alveo, che passa dal tipo intracciato (wandering) alla fine del 1800 a meandriforme nella seconda metà del 1900. Sono visibili inoltre fenomeni di approfondimento dell'alveo fino a portare in superficie il substrato geologico argilloso.



Geomorfologia fluviale dei meandri



Intervento 3: Fenomeni di erosione in sponda sinistra e destra del fiume Pescara



Intervento 4: Fenomeni di erosione della sponda destra del fiume Pescara



Intervento 4: Fenomeni di erosione della sponda sinistra del fiume Pescara

6 IDROGEOLOGIA

Dal punto di vista idrogeologico, la particolare situazione del sottosuolo rispecchia la presenza e la conseguente circolazione delle acque profonde. Le alluvioni infatti sono interessate da una falda acquifera freatica di subalveo; si individuano anche piccole falde sospese all'interno delle sabbie-ghiaie sostenute dai limi argillosi impermeabili. I livelli della falda freatica oscilla tra i 4.5 e i 7.5 m sulla base delle misurazioni storiche; tale variazione risulta correlata dai regimi termo-pluviometrici stagionali.

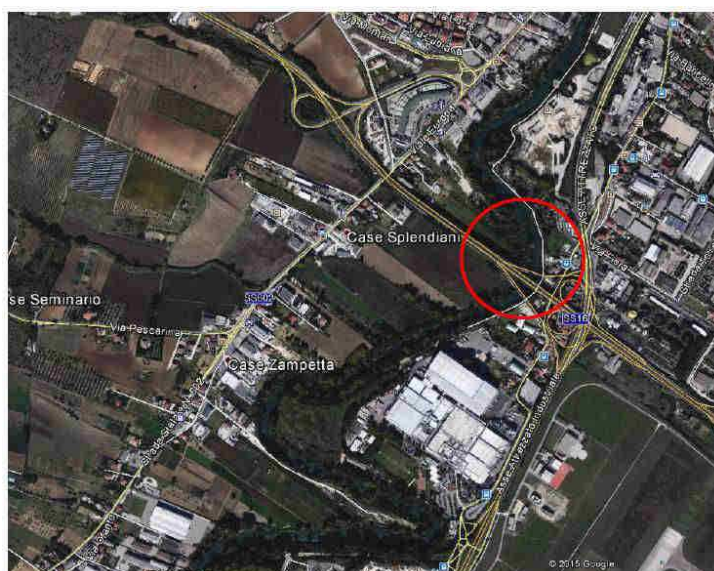
L'acquifero principale interessa le alluvioni di fondovalle. In sinistra idrografica, la presenza di formazioni maggiormente permeabili (sabbie e ghiaie) rispetto a quelle presenti in destra idrografica, garantisce una maggiore comunicazione idraulica verticale. In destra idrografica invece si segnala la presenza di una falda in pressione all'interno dello strato ghiaioso presente più in profondità e chiuso verticalmente dalla strato superiore limoso a bassa permeabilità.

7 STRATIGRAFIE

Di seguito si riportano le stratigrafie di progetto dedotte dalle indagini eseguite, suddivise e differenziate per le 4 aree d'intervento.

7.1 Zona d'intervento 1

L'intervento 1, posto nel Comune di Pescara, è caratterizzato da un tratto fluviale con pronunciata sinuosità e da una dinamica fluviale di tipo erosivo; l'altezza della sponda destra concava è pari a circa 2.8m al pelo libero. Lungo l'argine destro risultano in parte realizzati interventi di difesa spondale.



Zona d'intervento 1

Il sito risulta posto ad una quota di 3.5m s.l.m. con una profondità della falda pari a circa 3m dal p.c..

Con riferimento alla cartografia PSDA, il tratto esaminato presenta una pericolosità idraulica di tipo “R4-Molto elevata” ed un rischio idraulico “molto alto per danno potenziale molto alto”.

La prova penetrometrica DPSH-1 fornisce le caratteristiche litologiche e geotecniche delle alluvioni terrazzate (olo_b) costituenti l'argine destro. La successione stratigrafica, individuata a partire dal piano campagna, risulta:

da 0.0m a 6.2m limi sabbiosi con ghiaia

da 6.2m a 12.2m limi argillosi sabbiosi



Carta Stralcio PSDA: Pericolosità idraulica



Carta Stralcio PSDA: Rischio idraulico

7.2 Zona d'intervento 2

L'intervento 2, posto nel Comune di Pescara, presenta una sinuosità molto pronunciata con alveo e sponda laterale destra concava in erosione. Il meandro ha una apertura di circa 28° mentre l'alveo è racchiuso da una scarpata di erosione fluviale di tipo quiescente di altezza pari a circa 2,50 rispetto al pelo libero.



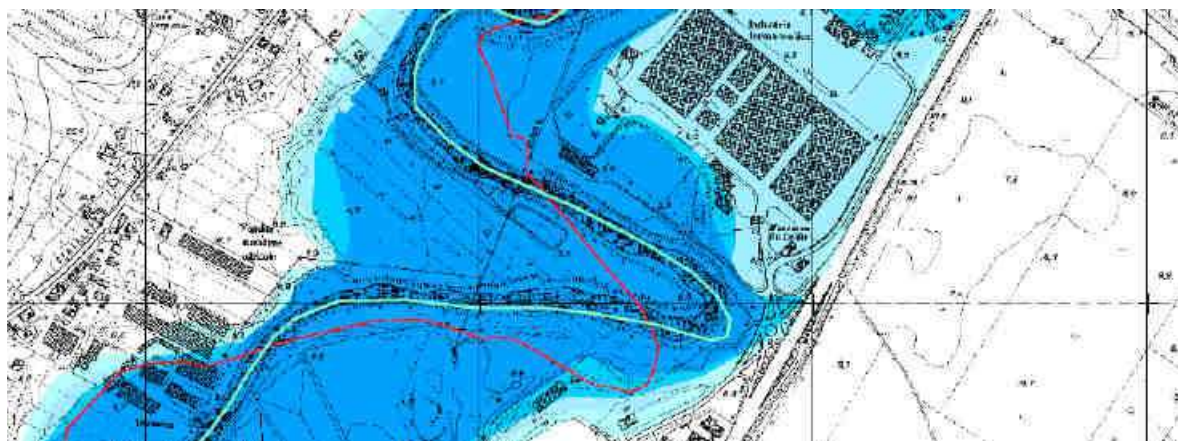
Zona d'intervento 2

Il sito è posto ad una quota di 3.8 m s.l.m. con una profondità della falda pari a circa 4.2 m dal p.c..

Con riferimento alla cartografia PSDA, il tratto esaminato presenta una pericolosità idraulica di tipo "R4-Molto elevata" ed un rischio idraulico "basso per zone golenali, disabitate ed improduttive".

La prova penetrometrica DPSH-2 fornisce le caratteristiche litologiche e geotecniche delle alluvioni terrazzate (olo_b) costituenti l'argine destro. La successione stratigrafica, individuata a partire dal piano campagna, risulta:

da 0.0m a 12.8m	limi sabbiosi con ghiaia
da 12.8m a 15.2m	limi argillosi sabbiosi



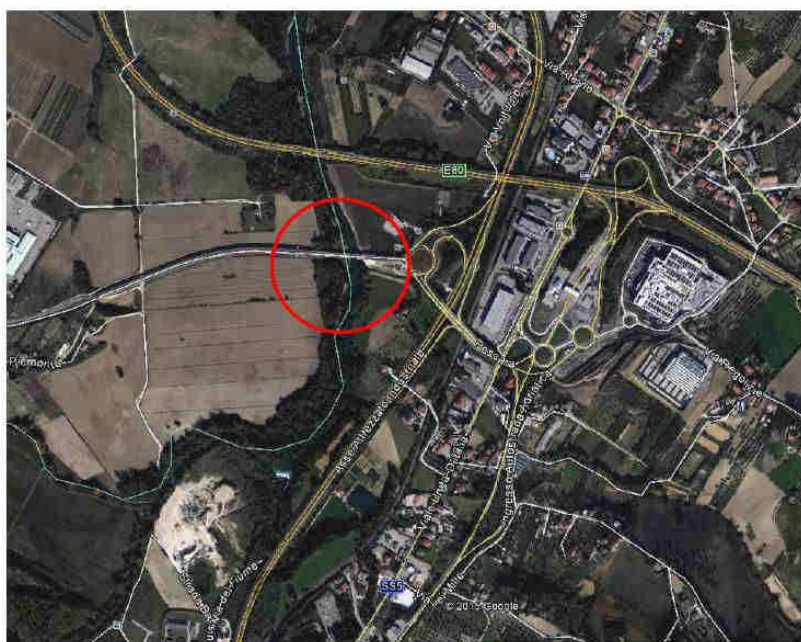
Carta Stralcio PSDA: Pericolosità idraulica



Carta Stralcio PSDA: Rischio idraulico

7.3 Zona d'intervento 3

L'intervento 3, posto nel Comune di Cepagatti, presenta un tratto fluviale caratterizzato da un alveo di forma rettilinea; lungo la sponda destra, in prossimità dell'attraversamento da parte del viadotto, è stata realizzata un'opera di difesa sponale mediante scogliera di massi. La sponda opposta di risulta invece fittamente vegetata da specie arboree ed arbustive. Tale situazione è da considerarsi un ostacolo nei confronti dell'onda di piena in caso di tracimazione da parte del corso d'acqua.



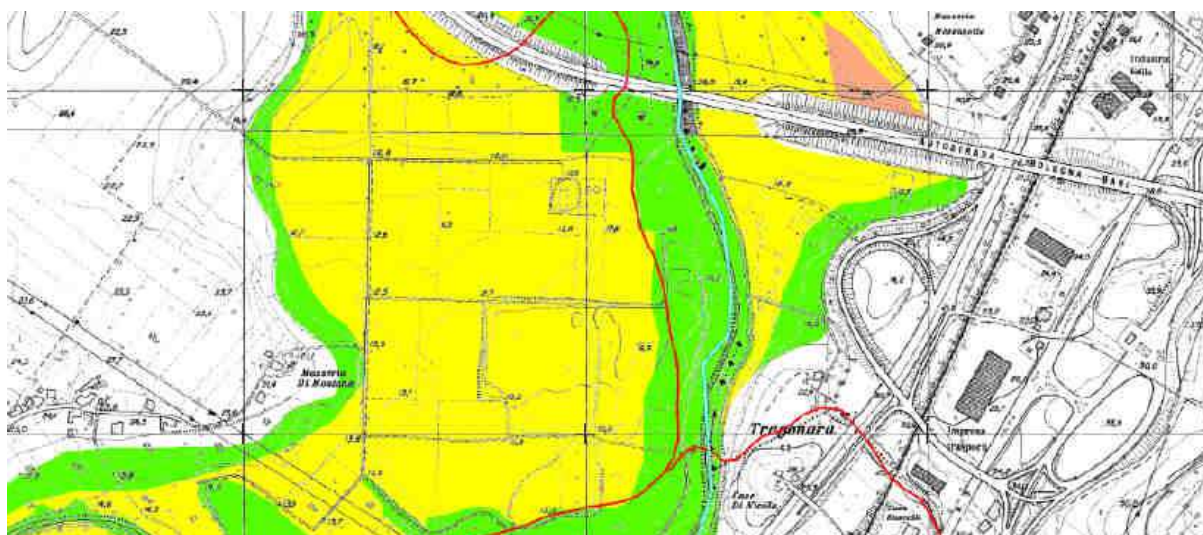
Zona d'intervento 3

Il sito è posto ad una quota di 8.0 m s.l.m.; con riferimento alla cartografia PSDA, il tratto esaminato presenta una pericolosità idraulica di tipo "R4-Molto elevata" ed un rischio idraulico "basso per zone golenali, disabitate ed improduttive". Non sono presenti indagini per la caratterizzazione del sottosuolo.

In base a quanto dedotto dalla carta geologica, presentata nei paragrafi precedenti, è possibile estendere la stratigrafia individuata dalla penetrometrica DPSH-2, anche per la caratterizzazione del presente sito.



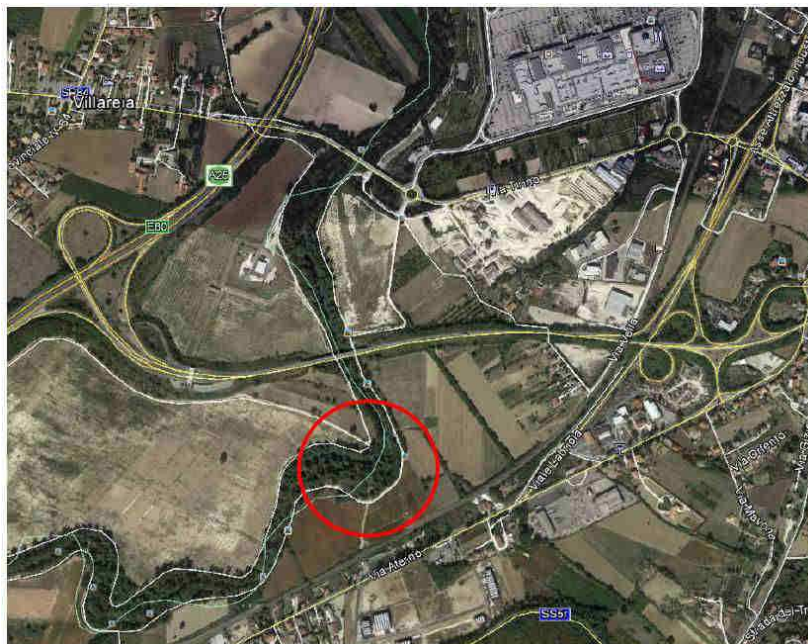
Carta Stralcio PSDA: Pericolosità idraulica



Carta Stralcio PSDA: Rischio idraulico

7.4 Zona d'intervento 4

L'intervento 4, posto nel Comune di Chieti, presenta una evidente e marcata erosione laterale su entrambi gli argini fluviali. L'alveo è racchiuso da una scarpata di erosione fluviale attiva, di altezza pari a circa 5.5 m rispetto al pelo libero.



Zona d'intervento4

Il sito è posto ad una quota di 37 m s.l.m. con una profondità della falda pari a circa 5.4 m dal p.c..

Con riferimento alla cartografia PSDA, il tratto esaminato presenta una pericolosità idraulica di tipo "R4-Molto elevata" ed un rischio idraulico "da moderato a basso per zone golenali, disabitate ed improduttive".

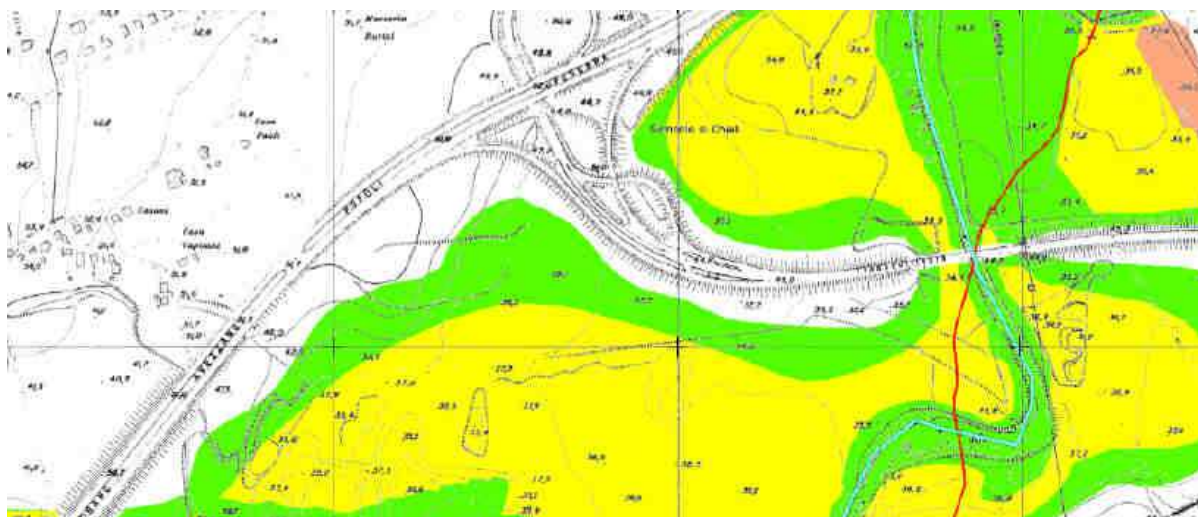
La prova penetrometrica DPSH-4 fornisce le caratteristiche litologiche e geotecniche delle alluvioni terrazzate costituenti l'argine destro. Si tratta di alternanze di ghiaie e sabbie da moderatamente addensate ad addensate costituenti le alluvioni grossolane rinvenute fino alla profondità di rifiuto della prova.

La successione stratigrafica, individuata a partire dal piano campagna, risulta:

da 0.0m a 1.6m	sabbia limosa
da 1.6m a 4.6m	ghiaia e sabbia
da 4.6m a 6.2m	sabbia limosa
da 6.2m a 8.4m	ghiaia e sabbia



Carta Stralcio PSDA: Pericolosità idraulica



Carta Stralcio PSDA: Rischio idraulico

8 CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO

Come è noto, è ormai in vigore l'Ordinanza del Presidente del C.d.M. n. 3274 del 20/3/2003 che prevede la riclassificazione sismica del territorio italiano.

La precedente classificazione sismica risaliva, con l'eccezione di pochi aggiornamenti successivi, agli inizi degli anni '80 quando, a seguito del terremoto dell'Irpinia, essa venne aggiornata in modo significativo sulla base di un elaborato del "Progetto Finalizzato Geodinamica" del CNR.

Più recentemente il Gruppo Nazionale della Difesa dai Terremoti (GNDT) ha presentato una nuova proposta di classificazione sismica del territorio nazionale. Il progetto GNDT è basato su un metodo probabilistico (Metodo di Cornell) che prevede i seguenti passi:

- i) definizione nel territorio di zone o strutture responsabili della sismicità (zone o sorgenti sismogenetiche);
- ii) quantificazione del loro grado di attività;
- iii) calcolo dell'effetto provocato da tali sorgenti con la distanza.

Gli elementi presi in esame per la valutazione della pericolosità sismica sono rappresentati dalla zonazione sismogenetica dell'area studiata, dal catalogo di terremoti e da una o più relazioni di attenuazione del parametro sismologico scelto quale indicatore di pericolosità. Nell'ambito delle attività del GNDT, è stata elaborata una zonazione sismogenetica del territorio italiano che considera 80 sorgenti, omogenee dal punto di vista strutturale e sismogenetico; è stato predisposto un catalogo finalizzato alla pericolosità per i terremoti avvenuti nell'intervallo temporale dall'anno 1000 al 1980; sono quindi state sviluppate a partire dai dati osservati in occasione di diversi terremoti significativi, le relazioni di attenuazione dei due indicatori di pericolosità di interesse, ovvero l'accelerazione orizzontale di picco, e l'intensità macrosismica (l'attenuazione dell'accelerazione di picco selezionata è stata riferita ad un terreno medio).

Tra i risultati ottenuti con questa metodologia si riporta in questa sede la mappa del valore di scuotimento che nel 10% dei casi si prevede verrà superato in 50 anni, ovvero la vibrazione che mediamente si verifica ogni 475 anni (cosiddetto periodo di ritorno). Il parametro utilizzato è convenzionalmente utilizzato nel mondo ingegneristico ed in particolare in campo europeo è il valore di riferimento per l'Eurocodice sismico.

I risultati forniti non considerano le situazioni di anomalia particolare, legati a possibili amplificazioni locali dello scuotimento per caratteristiche geo-morfologiche sfavorevoli oppure a situazioni di alta vulnerabilità degli edifici.

Nel 1998 il gruppo di lavoro costituito sulla base della risoluzione della Commissione Nazionale di Previsione e Prevenzione dei Grandi Rischi, ha prodotto una ipotesi di nuova classificazione sismica. Tale proposta è stata adottata nella OPCM n. 3274. In particola con la suddetta Ordinanza si divide il territorio in 4 zone sismiche,

ciascuna contrassegnata da un diverso valore del parametro a_g (accelerazione massima convenzionale su suolo di categoria A).

I valori convenzionali di a_g , espressi come frazione dell'accelerazione di gravità g , sono riferiti ad una probabilità di superamento del 10% in 50 anni e assumono i valori riportati in tabella.

Zona	Valore di a_g
1	0.35 g
2	0.25g
3	0.15g
4	0.05g

Secondo la nuova normativa sismica il Comune di Celano è classificato in zona 1.

Con le Norme Tecniche per le Costruzioni del settembre 2005 è stato specificato che per le zone 1, 2 e 3 è possibile una suddivisione in sottozone caratterizzate da valori di a_g intermedi rispetto a quelli citati e intervallati da valori non minori di 0.025.

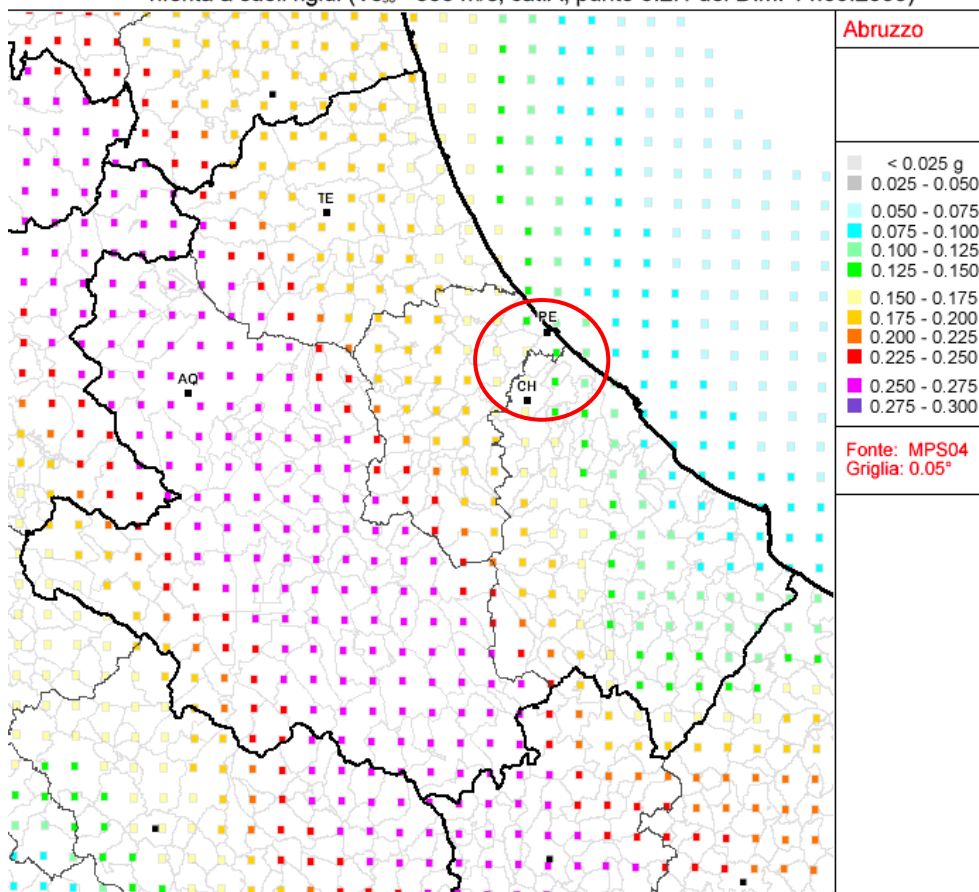
La Gazzetta Ufficiale del 11/5/2006 ha pubblicato l'Ordinanza del PdCM del 28 aprile 2006 "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone" (Ordinanza n. 3519) con la quale sono approvati i criteri generali e la mappa di pericolosità sismica di riferimento a scala nazionale. Le valutazioni di a_g sono calcolate su un numero sufficiente di punti (griglia non inferiore a 0.05°), corredate da stime dell'incertezza. I valori di a_g sulle griglie suddette sono state pubblicate sul sito web dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, sezione di Milano. La documentazione di interesse è riportata nella mappa seguente.

Valori di pericolosità sismica del territorio nazionale

(riferimento: Ordinanza PCM del 28 aprile 2006 n.3519, All.1b)

espressi in termini di accelerazione massima del suolo
con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni

riferita a suoli rigidi ($V_{s30} > 800$ m/s; cat.A, punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005)



Mappa della sismicità per la Regione Lazio (INGV)

8.1 Azione sismica secondo il D.M. 14/01/2008

In relazione a quanto affermato nel D.M. 14/01/08 “Nuove Norme Tecniche per le costruzioni”, le azioni sismiche di progetto, in base alla quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A definita in seguito) nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} , come definite successivamente, nel periodo di ritorno V_R .

Nei confronti delle azioni sismiche gli stati limite, sia di esercizio che ultimi, sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti.

Gli Stati Limite di Esercizio sono:

- **Stato Limite di Operatività (SLO):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;
- **Stato Limite di Danno (SLD):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidezza nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Gli Stati Limite Ultimi sono:

- **Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV):** a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidezza per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;
- **Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC):** a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportate nella tabella successiva.

Stati Limite		P_{VR} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

8.2 *Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche*

In relazione a quanto affermato nel D.M. 14/01/08 “Nuove Norme Tecniche per le costruzioni”, le azioni sismiche di progetto, in base alla quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono. Ai fini della definizione dell’azione sismica di progetto, è necessario valutare l’effetto della risposta sismica in funzione delle categorie di sottosuolo interessate dalle opere in progetto.

Le **categorie di sottosuolo** previste dalla normativa sono elencate di seguito:

- **Categoria A:** *Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi* caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
- **Categoria B:** *Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
- **Categoria C:** *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
- **Categoria D:** *Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti*, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
- **Categoria E:** *Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m*, posti sul substrato di riferimento (con $V_{s,30} > 800$ m/s).

Inoltre sono previste altre due categorie di sottosuolo S1 e S2, elencate di seguito, per le quali è necessario predisporre specifiche analisi per la definizione delle azioni sismiche, particolarmente nei casi in cui la presenza di terreni suscettibili di liquefazione e/o argille d’elevata sensibilità possa comportare fenomeni di collasso del terreno:

- **Categoria S1:** Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
- **Categoria S2:** Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

La velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,30}$ è definita dall’espressione:

$$V_{s,30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{s,i}}} \text{ [m/s]}$$

La resistenza penetrometrica dinamica equivalente $N_{SPT,30}$ è definita dall'espressione

$$N_{SPT,30} = \frac{\sum_{i=1,M} h_i}{\sum_{i=1,M} \frac{h_i}{N_{SPT,i}}}$$

La resistenza non drenata equivalente $c_{u,30}$ è definita dall'espressione

$$c_{u,30} = \frac{\sum_{i=1,K} h_i}{\sum_{i=1,K} \frac{h_i}{c_{u,i}}}$$

Avendo posto h_i =spessore in metri dell' i -esimo strato compreso nei primi 30 m di profondità.

Per quanto riguarda invece le condizioni topografiche, è possibile adottare la seguente classificazione, in funzione della situazione morfologica in cui è posta l'opera in progetto:

- **Categoria T1:** Superficie piane, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$;
- **Categoria T2:** Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$;
- **Categoria T3:** Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$;
- **Categoria T4:** Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$.

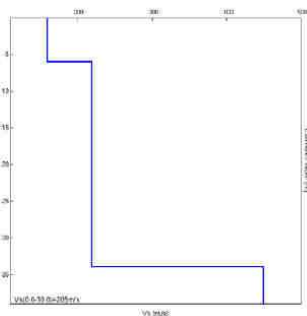
La determinazione del parametro $V_{s,30}$ e la conseguente categoria sismica di appartenenza dei terreni, ai sensi del D.M.14 gennaio 2008 integrato con la circ. 02/02/09N° 617 C.S. LL.PP., sono stati ricavati per i Siti n.1 e n.2 mediante l'esecuzione di n.2 misure di sismica passiva (HVSr) che utilizza i microtremori, con stazione Tromino. Le misure risultano di buona qualità denotando sufficiente stazionarietà per quanto riguarda la forma del rapporto H/V nell'intervallo di frequenze di interesse (cfr. Grafico Serie Temporale H/V), e discreta direzionalità per le variazioni azimutali di ampiezza (cfr. Grafico Direzionalità H/V). La misura effettuata nel sito n.2 ha risentito di un forte rumore ambientale di fondo che è stato opportunamente eliminato in fase interpretativa.

Indagine sismica HVSr-01

Nel diagramma che segue si riporta l'andamento delle velocità delle onde di taglio S con la profondità; l'interpretazione delle misurazioni hanno permesso di individuare 3 sismo-strati a velocità costante. A partire da questi valori, si ottiene un $V_{s,30}=205$ m/s

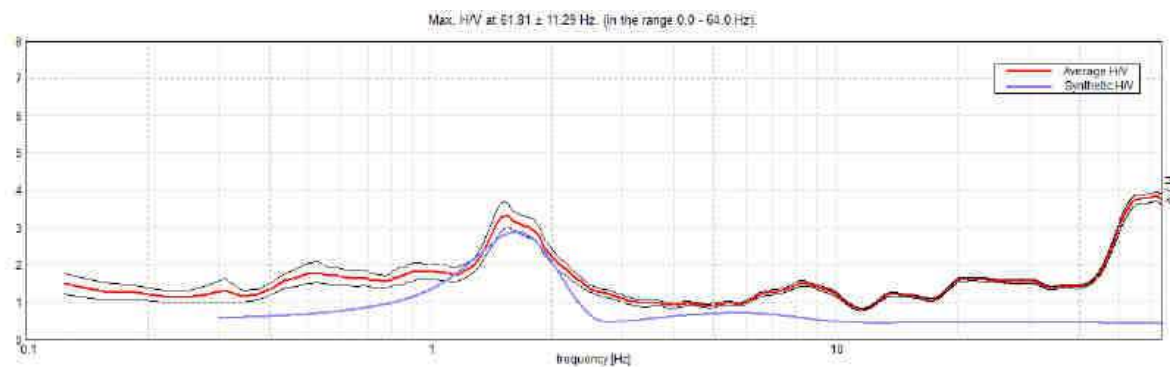
Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
6.00	6.00	160	0.40
34.00	28.00	220	0.39
inf.	inf.	450	0.35

Vs(0.0-30.0)=205m/s



Le curva H/V evidenzia un lieve contrasto di impedenza tra la formazione rigida di base e la copertura alluvionale con locale amplificazione del terreno per frequenze di:

f1=61.81 Hz f2=1.5 Hz

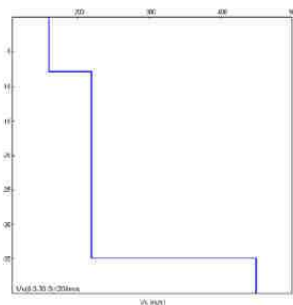


Indagine sismica HVSR-02

Nel diagramma che segue si riporta l'andamento delle velocità delle onde di taglio S con la profondità; l'interpretazione delle misurazioni hanno permesso di individuare 3 sismo-strati a velocità costante. A partire da questi valori, si ottiene un $V_{s,30}=200$ m/s

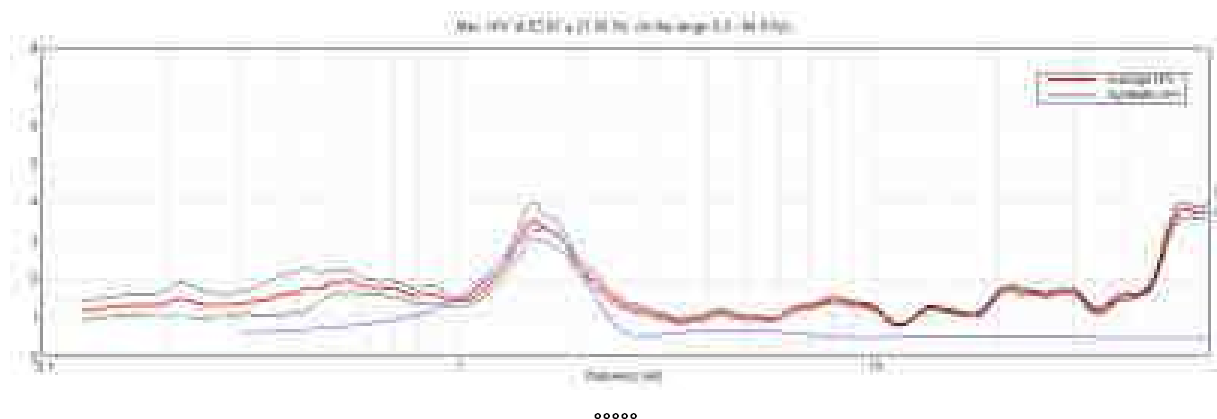
Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
8.00	8.00	160	0.40
35.00	27.00	220	0.39
inf.	inf.	450	0.35

Vs(0.0-30.0)=200m/s



Le curva H/V, simile a quella evidenziata dalla curva relativa alla prova precedente, evidenzia anche in questo caso un lieve contrasto di impedenza tra la formazione rigida di base e la copertura alluvionale con locale amplificazione del terreno per frequenze di:

f1=63.37 Hz f2=1.5 Hz



Dall'insieme delle misure eseguite nel sito si può delineare, senza motivi di incertezza, che il sito di progetto può essere classificato nella **categoria C** ai sensi del DM 14/1/2008.

La superficie è pianeggiante quindi non si attendono effetti amplificativi per fattori topografici; la categoria topografica di riferimento è la **T1**.

8.3 Azioni di calcolo

Sulla base di questi risultati e con riferimento al D.M. 14/01/08 “Nuove Norme Tecniche per le costruzioni”, l’accelerazione massima attesa al sito può essere valutata con la relazione:

$$a_{\max} = S \cdot a_g = S_S \cdot S_T \cdot a_g$$

dove:

- S : coefficiente che comprende l’effetto dell’amplificazione stratigrafica (S_S) e dell’amplificazione topografica (S_T);
- a_g : accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento.

Considerando le opere in progetto possono essere classificate come “opere ordinarie” per le quali si ipotizza uno SLV con una probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} pari al 10% e un periodo di ritorno per la definizione dell’azione sismica pari a 475 anni, si assume:

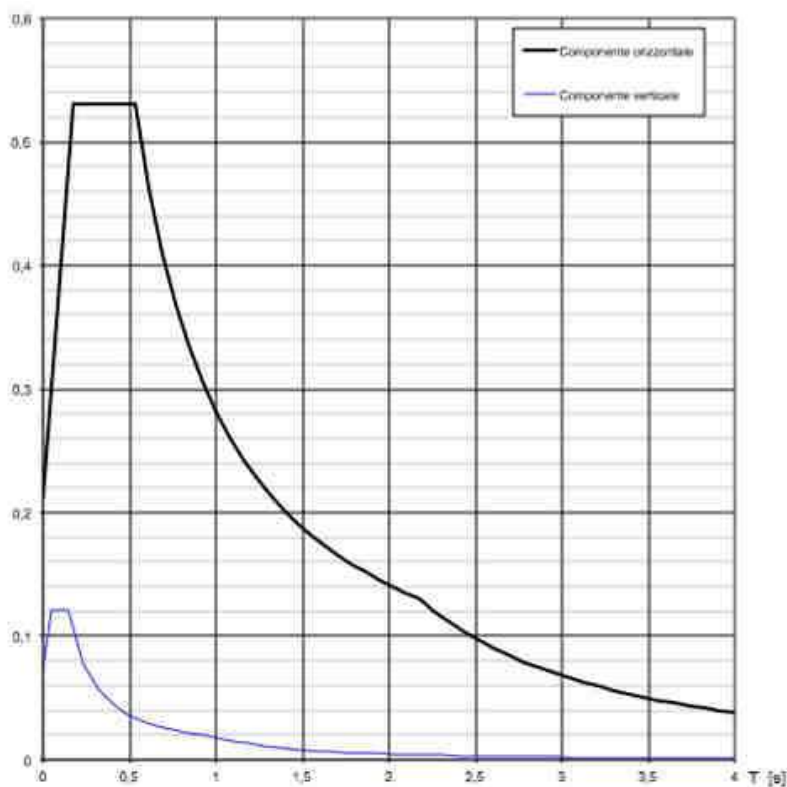
INTERVENTO 1

$$S_S = 1.486$$

$$S_T = 1.0$$

$$a_g = 0.143g$$

$$a_{\max} = S_S \cdot S_T \cdot a_g = 1.486 \cdot 1.0 \cdot 0.143g = \mathbf{0.213g}$$



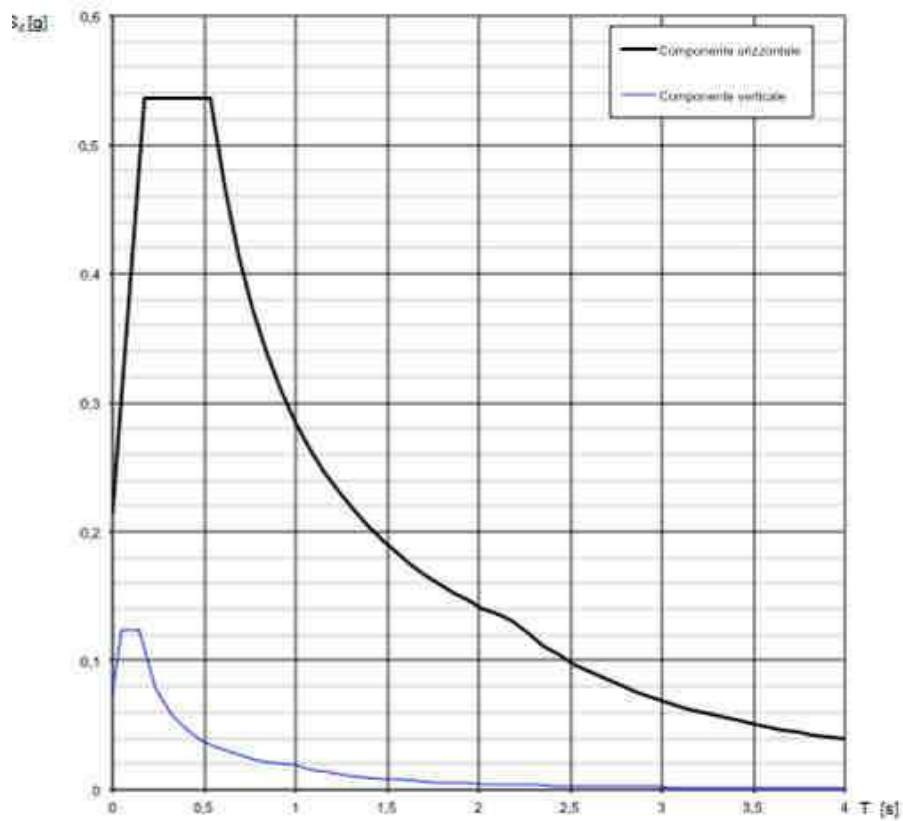
INTERVENTO 2

$$S_S=1.483$$

$$S_T=1.0$$

$$a_g=0.145g$$

$$a_{max}=S_S \cdot S_T \cdot a_g=1.483 \cdot 1.0 \cdot 0.145g=0.215g$$



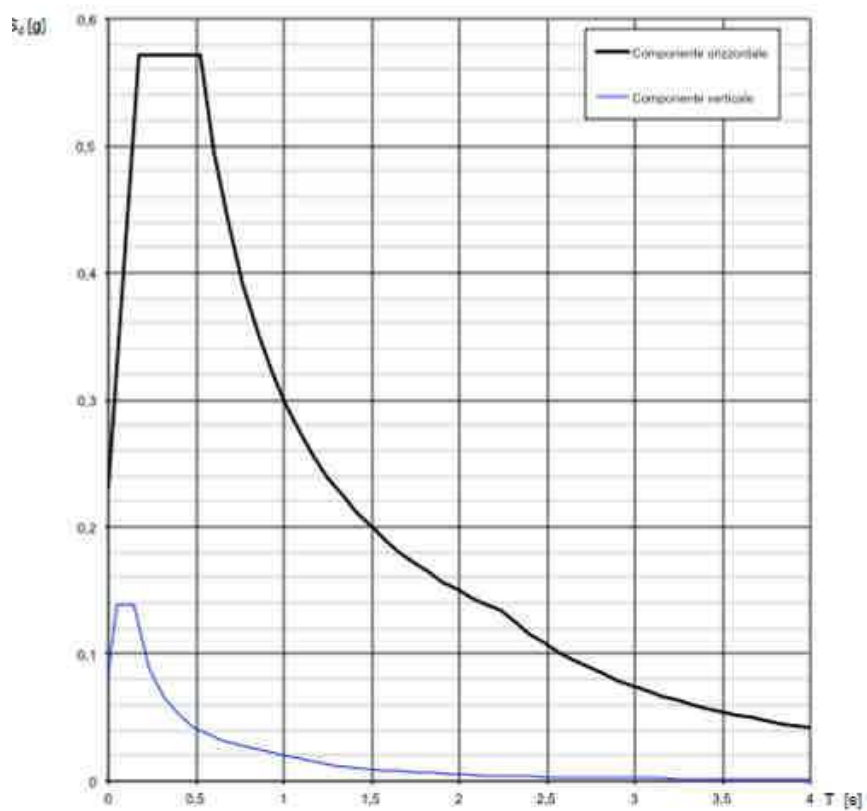
INTERVENTO 3

$$S_S=1.466$$

$$S_T=1.0$$

$$a_g=0.158g$$

$$a_{max}=S_S \cdot S_T \cdot a_g = 1.466 \cdot 1.0 \cdot 0.158g = \mathbf{0.232g}$$



INTERVENTO 4

$$S_S=1.448$$

$$S_T=1.0$$

$$a_g=0.170g$$

$$a_{max}=S_S \cdot S_T \cdot a_g = 1.448 \cdot 1.0 \cdot 0.170g = \mathbf{0.247g}$$

