Studio Associato di Ingegneria, Geologia e Architettura

17051 Andora, via Cavour 30 --- tel.0182/684363 --- E-mail stingeo@libero.it

COMUNE DI ANDORA (SV)

RELAZIONE GEOLOGICA

ai sensi dell' NTC 2018 -"Norme tecniche per le costruzioni " - D.M. 17/01/2018

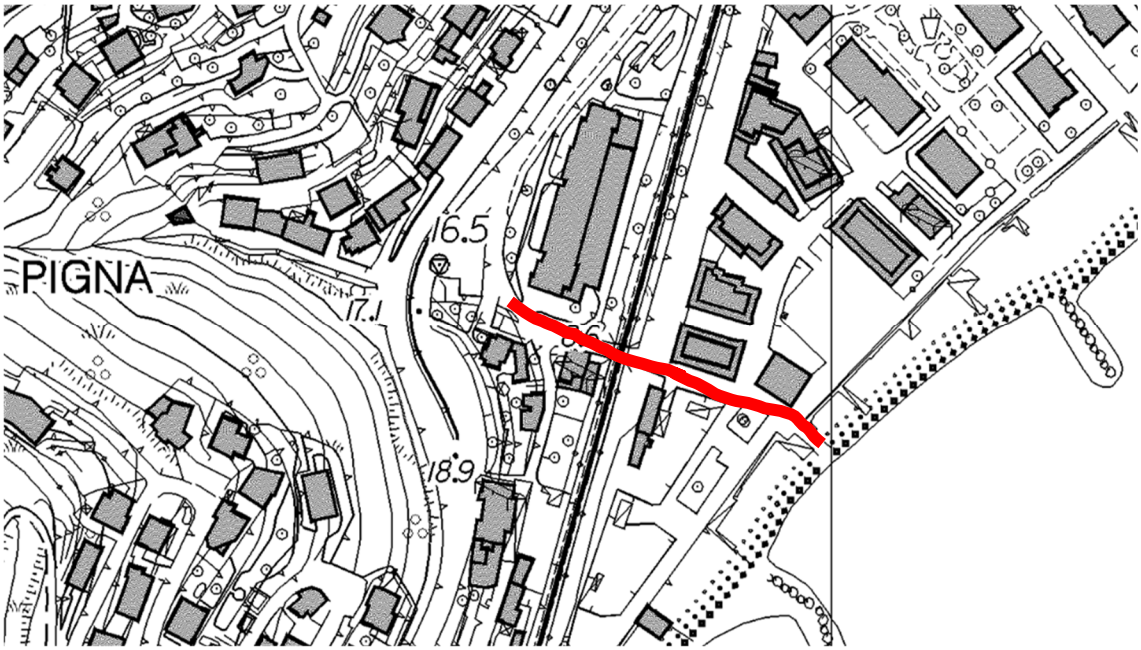
OGGETTO: INTERVENTO DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO MEDIANTE ALLARGAMENTO DELLA TOMBINATURA DEL RIO VIGNETTE / PIGNA

PROGETTISTA: Ing. Mauro Marchiano

Il tecnico:
geologo Vittorio Vezzaro (O.R.G.L. 222)

PREMESSA.

La presente relazione geologica è stata redatta per valutare la compatibilità delle opere in progetto con la situazione geologica locale relative al tratto terminale del Rio attualmente denominato Vignette o Pigna al mare nel Comune di Andora in provincia di Savona. Il tratto che parte da poco a valle della statale Aurelia (SS1) fino al mare attualmente è tombinato ma con sezione non idonea a smaltire la piena duecentennale. Va peraltro precisato che un lungo tratto del rio è costituito solamente da una tubazione interrata di 200 millimetri di diametro.





Ubicazione del sito di indagine con evidenziato il tratto oggetto d'intervento: stralcio ctr sopra, foto aerea sotto.

PIANO DI BACINO LA LIGGIA



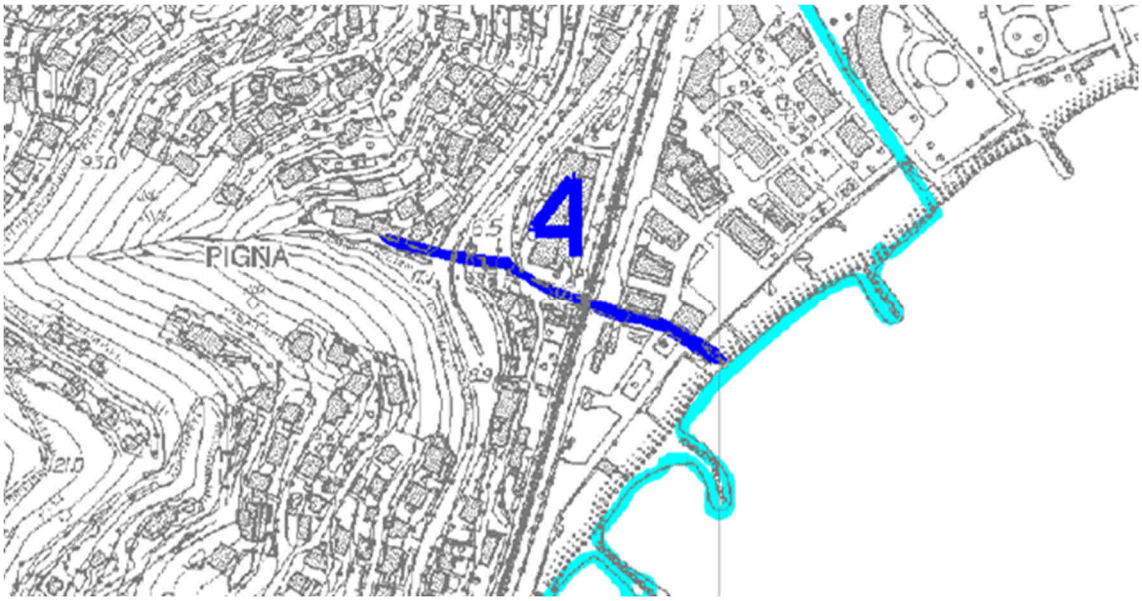
Carta della suscettività al dissesto

L'area si trova in parte in zona a suscettività al dissesto bassa Pg1 ed in parte in zona molto bassa Pg0.



Carta delle fasce di inondabilità

L'esondabilità del rio nel tratto terminale determina l'individuazione di fasce A – B – C



Carta degli interventi

L'intervento proposto è conforme a quanto previsto nel piano degli interventi allegato al piano di bacino "La Liggia" (vedi riferimento Carta Interventi n°4).

Per quanto sopra le opere a progetto sono compatibili con le norme di piano di bacino.

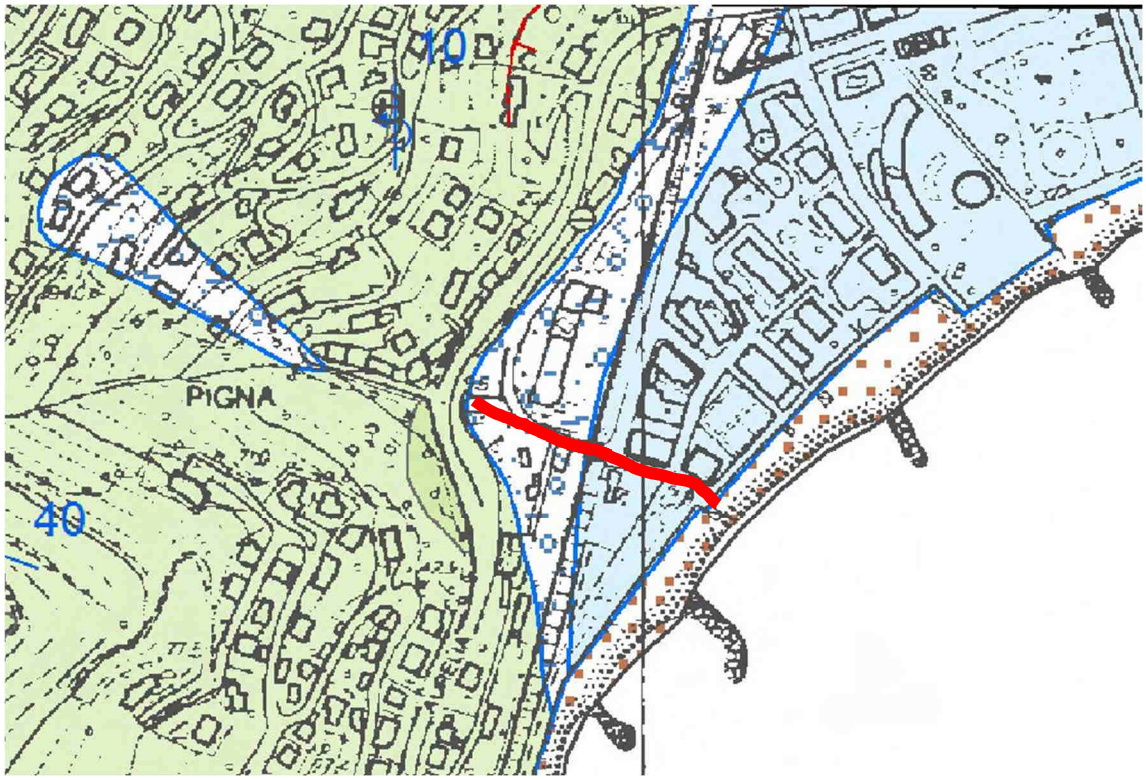
RIFERIMENTI AL RETICOLO IDROGRAFICO REGIONALE

In riferimento al Reticolo Idrografico Regionale rio viene identificato come tombinato nel tratto in esame.



Estratto Carta del Reticolo Idrografico Regionale squadro 259060 Diano Marina

INQUADRAMENTO GEO-MORFOLOGICO IDROGEOLOGICO.



Stralcio Carta Geologica

b_2 **Coltre eluvio colluviale**

Coperture detritiche di spessore medio elevato dovute ad alterazione in situ e in seguito mobilizzate da processi di versante, costituite da clasti eterometrici di varia litologia in matrice pelitica e/o sabbioso-ghiaiosa con copertura pedogenetica, assai spesso rimaneggiata.
OLOCENE

b **Depositi alluvionali**

Depositi ciottolosi, ghiaiosi e/o sabbiosi, accumulati lungo le principali aste torrentizie, soggetti ad evoluzione per processi fluviali attuali.
OLOCENE

FSM_4
FSM_2
FSM_1

FLYSCH DI SAN REMO

Strati arenaceo-argillitico-marnosi, con rare intercalazioni di calcilutiti e rari strati marnoso-arenacei (FSM_4; Membro di "San Lorenzo" – Foglio 258-271 "San Remo");
marne ed arenarie calcaree costituenti strati torbiditici, con spessori inferiori a quelli del membro basale sottostante (FSM_1); presenti inoltre livelli calcilutitici passanti a strati marnoso-arenacei e arenaceo-argillitici (FSM_2; Membro di "Villa Faraldi");
marne e arenarie calcaree costituenti potenti strati torbiditici, organizzati in sequenze positive, con porzione sommitale calcilutitica; presenza di rari strati arenaceo-argillitici (FSM_1; Membro di "Capo Mele").
FSM_4 è attribuito al ***MAASTRICHTIANO SUP.*** *(Zona a Micula murus).*
FSM_2 al ***CAMPANIANO SUP.-MAASTRICHTIANO SUP.*** *(Zona a Uniplanarius trifidus – Zona a Micula murus)*
FSM_1 al ***CAMPANIANO SUP.-MAASTRICHTIANO INF.*** *(Zona a Uniplanarius trifidus)*

Il tratto terminale del rio Vignette in oggetto parte da una quota di circa 8 metri s.l.m. per giungere in prossimità del bagnasciuga, in zona densamente urbanizzata.

Il versante ad ovest ha tipica morfologia a displuvio con inclinazione media del pendio di circa 20° e 25° modellato generalmente su fasce contenute da muri in cemento armato e/o in pietra. Nel tratto terminale, come accennato sopra, la spinta antropizzazione dell'area ha costretto il rio in una tombinatura che procede ininterrotta dal lato di valle della strada statale Aurelia fino alla spiaggia.

Geologicamente questo tratto di rio è situato nella fascia della piana costiera sul limite occidentale della medesima; ivi il substrato, rappresentato dalla formazione del Flysch di San Remo, è coperto da depositi di varia natura. La porzione più a monte del tratto è sicuramente caratterizzato da detritici pedemontani ma, procedendo verso la linea costiera, si passa a depositi alluvionali interdigitati a depositi marittimi costieri sabbio-ghiaiosi.
I depositi sciolti presentano uno spessore considerevole pertanto, il substrato roccioso non è visibile direttamente nel sito ma solo in affioramento a monte della soprastante via Aurelia.

Non si rilevano sorgenti nell'area; l'ammasso roccioso è da ritenersi scarsamente permeabile in grande lungo i piani di frattura, la coltre ed i depositi sono mediamente permeabili.

INDAGINI

Le indagini eseguite nell'area consistono in:

- acquisizione di tutte le informazioni geologiche disponibili dell'area e riscontro delle stesse mediante sopralluogo;
- un accurato sopraluogo e mappatura degli affioramenti se presenti nelle vicinanze;
- risultanze di una prova penetrometrica leggera eseguita ad alcune decine di metri a nord est del tratto terminale del rio Vignette;
- una tesa sismica di 12 geofoni eseguita in prossimità del tratto terminale del rio per la determinazione del profilo sismostratigrafico e della Vs equivalente.

In ragione delle informazioni disponibili si è ritenuto di poter omettere ulteriori indagini profonde.

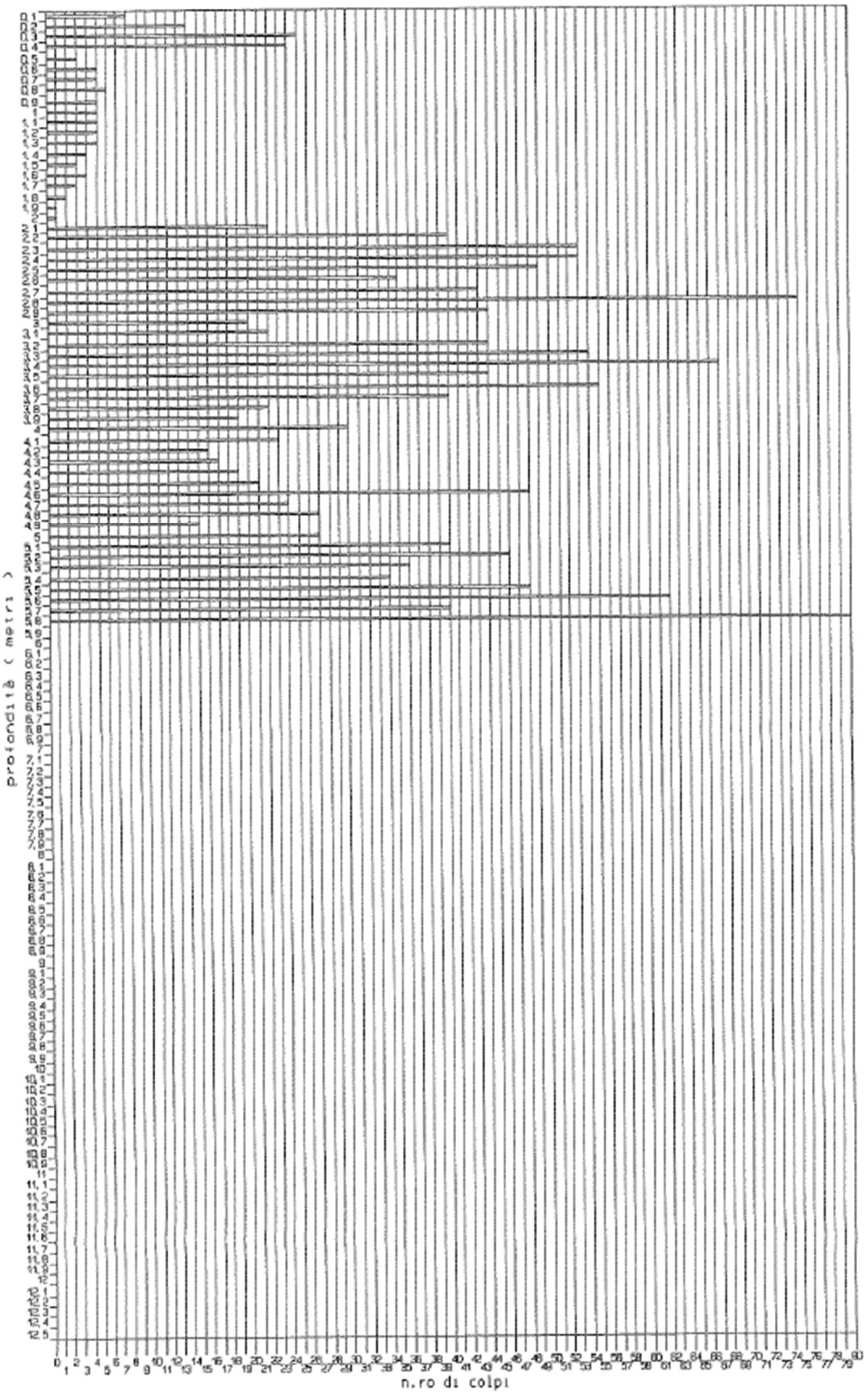


Tratto del rio oggetto d'intervento (in rosso); prova penetrometrica (in blu) stesa sismica (in giallo)

Prova penetrometrica

Dalla prova penetrometrica dinamica leggera (30 Kg) risulta un primo orizzonte superficiale di materiale inconsistente di circa 2 metri al di sotto dei quali si manifesta presenza di depositi marini sabbio-ghiaiosi con livelli limosi.
La prova ha dato rifiuto a poco meno di 6 metri di profondità dal piano campagna.

Penetrometro din da 30Kg, prova: G1
Localita' Andora 04/09/91



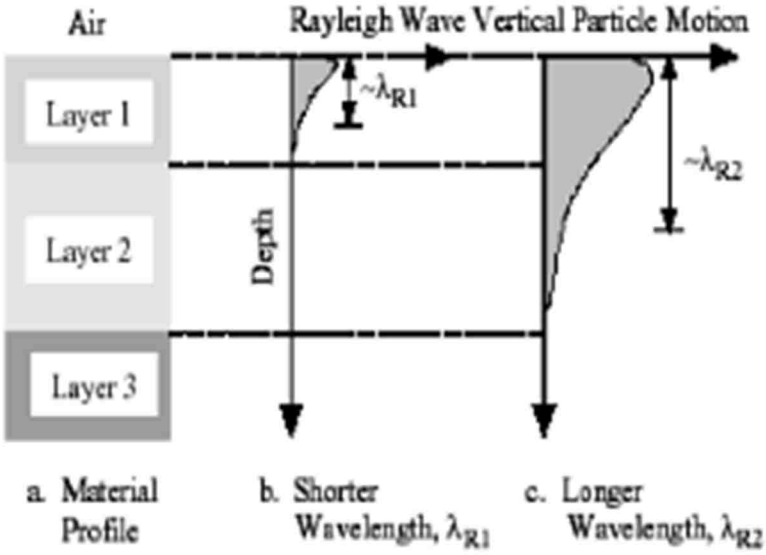
Masw (attiva)

Sintesi del metodo

Lungo uno stendimento lineari di 12 geofoni di 22 metri è stata applicata la tecnica MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves).

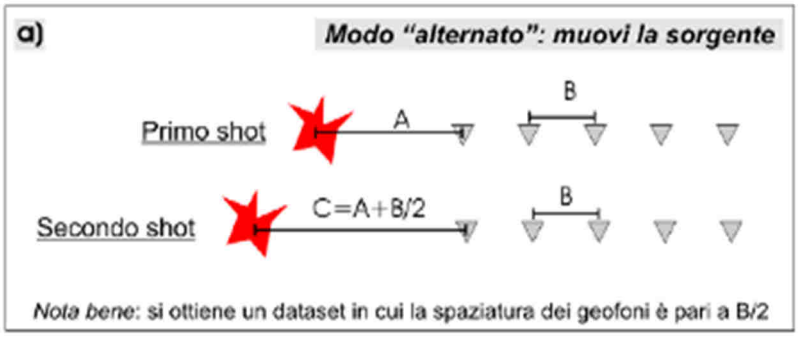
Nel metodo MASW le onde superficiali (Rayleigh o Love) sono prodotte da una sorgente impulsiva (compressiva o di taglio) posta a piano campagna e vengono registrate da uno stendimento lineare composto da numerosi ricevitori posti a breve distanza (distanza intergeofonica).

Il metodo sfrutta le caratteristiche delle onde di superficie: la velocità delle onde di Rayleigh e di Love è controllata dalla Vs del mezzo attraversato (Vsv per le onde di Rayleigh e Vsh per le onde di Love) inoltre la velocità di propagazione per una certa lunghezza λ (quindi frequenza) è influenzata dalle proprietà che il mezzo possiede fino a λ /2



le alte frequenze sono influenzate dagli strati più superficiali mentre le basse frequenze sono interessate dagli strati profondi. Questo metodo consente di ottenere una curva di dispersione in termini di velocità di fase / frequenza nel range generalmente compreso tra 1 e 60 Hz e fornisce informazioni sulla parte più superficiale di sottosuolo (in genere fino a circa 30-35 m di profondità in funzione della rigidezza del suolo).

L'acquisizione delle onde superficiali è stata eseguita mediante il Sismografo DoReMi a 12 canali con il metodo "alternato" (Fig. a) supportato dal software di elaborazione Winmasw: in tale metodo la sorgente è spostata (allontanata) di una lunghezza pari a metà della distanza intergeofonica (ed i geofoni restano immobili) simulando così un'acquisizione a 24 tracce:



L'elaborazione è stata effettuata mediante software WINMASW: selezionando la porzione di sismogramma d'interesse si ricava lo spettro velocità di fase / frequenza.

Tabella calcolo moduli elastici

Modulo di Poisson (adimensionale)	$(V_P^2 - 2V_S^2)/[2(V_P^2 - V_S^2)]$
Modulo di Young (in Pa)	$\rho V_S^2(4-3k^2)/(1-k^2)$
Modulo di Taglio (in Pa)	ρV_S^2
Modulo di Lamé λ (in Pa)	$\rho V_S^2(k^2-2)$
Modulo di Compressione (in Pa)	$\rho V_S^2(k^2-4/3)$

dove:
$k = V_P/V_S$ (adimensionale)
ρ = densità (Kg/m^3)
V_S e V_P = velocità onde di taglio e compressionali in m/s

Chiaramente per convertire valori espressi in Pascal (Pa) in valori in MegaPascal (MPa) è sufficiente dividere il numero per 10^6 (Mega = 1 milione)

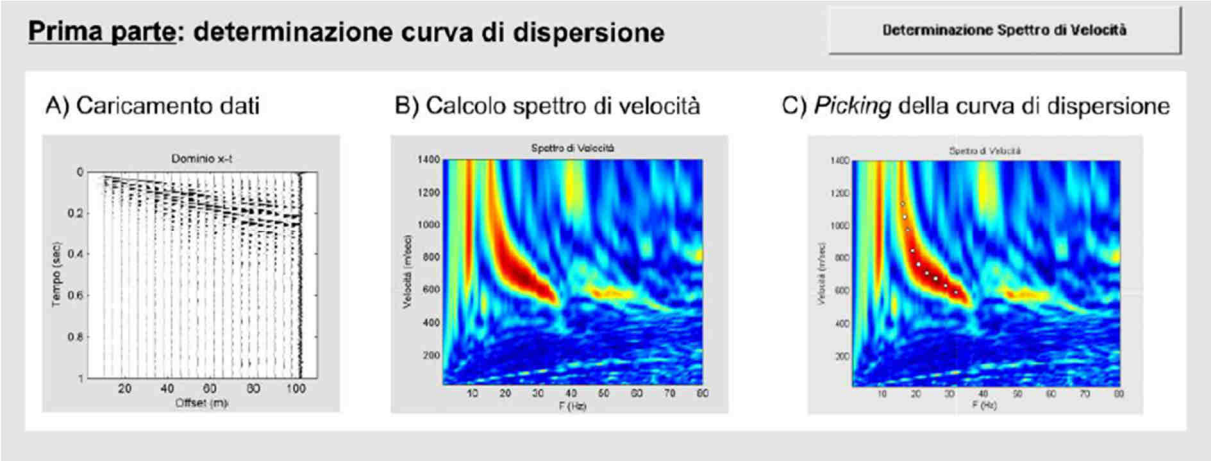
N° geofoni	12+12
Frequenza	4,5Hz
Spaziatura tra i geofoni	2m (1m con l'alternato)
Distanza sorgente 1° geofono	10m

L'energizzazione è stata effettuata mediante battuta su piattello in alluminio con mazza da 10kg.

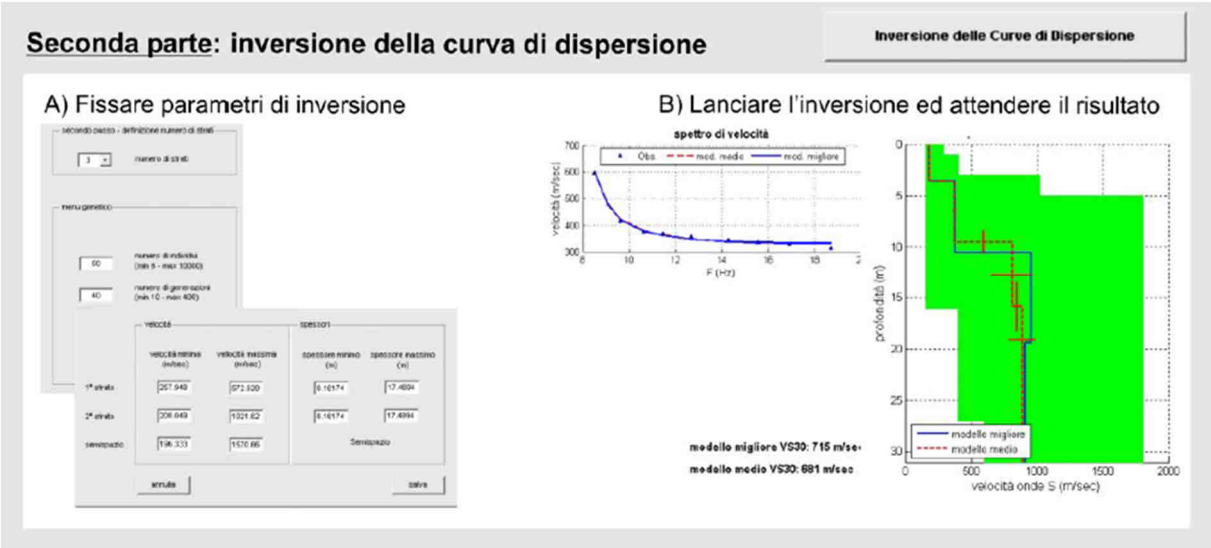
Modellazione

In termini del tutto generali l'analisi delle onde di superficie avviene in 2 passi fondamentali:

1) determinazione dello spettro di velocità sul quale l'utente deve identificare la curva di dispersione:



2) picking e inversione o modellazione diretta della/e curva/e di dispersione.



In alternativa al picking e conseguente inversione automatica, si può procedere con la "modellazione diretta". Sotto lo spettro di velocità è presente la sezione di "modellazione" grazie alla quale è possibile calcolare le curve di dispersione di un modello fino ad un massimo di 12 strati i cui parametri sono fissati direttamente dall'utente. Lo scopo è ottenere una valutazione di un possibile modello rispetto allo spettro osservato: ad ogni modello impostato il programma associa precise curve di dispersione che vengono tracciate sul diagramma.

Il software di default propone le curve di dispersione relative al modo fondamentale e i primi due superiori ma se ne possono inserire molte altre, inoltre il calcolo del Vs30 e $V_{S_{EQUIVALENTE}}$

può essere impostato dall'utente alla profondità del piano di fondazione delle strutture o al livello che si desidera.

E' possibile inserire un modello arbitrario, caricare un modello ottenuto da una precedente inversione o determinato da una precedentemente modellazione.

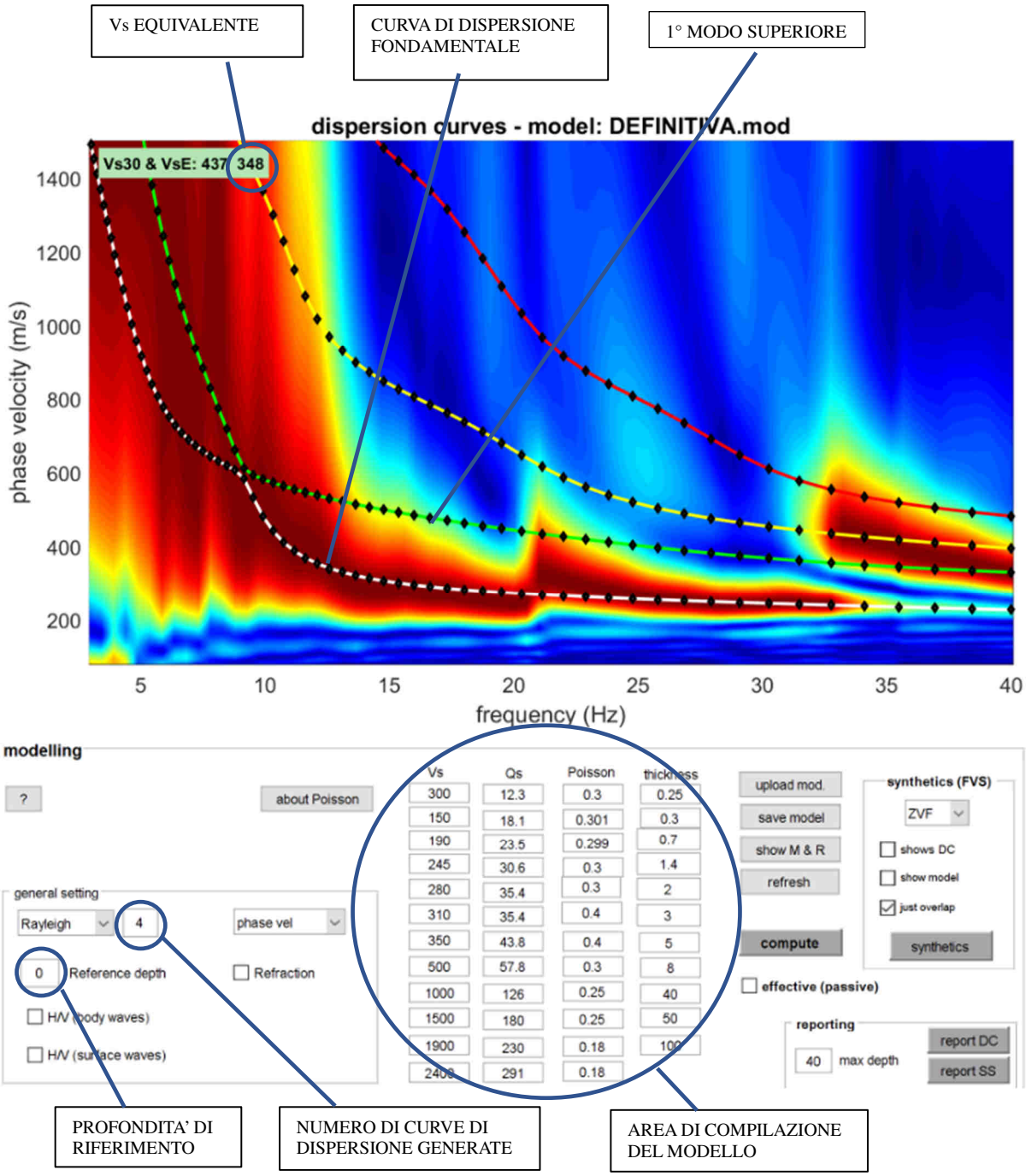
Qualunque sia il modello di partenza scelto, lo scopo è quello di perfezionarlo "per tentativi" modificando opportunamente potenze e Vs degli strati in modo tale da creare curve sintetiche che ricalchino le zone del diagramma a segnale più intenso (aree rosse).

La scelta del modello base è una fase della modellazione diretta da non sottovalutare poiché influenzerà in modo decisivo il risultato finale. Soprattutto in caso di diagrammi di dispersione particolarmente ambigui è necessario impostare un modello di partenza che rispetti le informazioni geologiche già a disposizione della zona. Nello specifico è stato impostato un modello di partenza corrispondente ad una stratigrafia di massima desunta dalla diretta osservazione di campagna e dalle informazioni disponibili in letteratura geologica.

E' inoltre possibile fissare diversi valori del rapporto di Poisson (in modo da modificare il rapporto VP/VS).

Il modello elaborato è puntale e deve essere considerato come una stratigrafia di orizzonti sismici piano paralleli riferiti al punto mediano della stesa sismica: situazioni geologiche diverse da quelle ideali sopra descritte complicano fortemente l'interpretazione della prova fino a renderla, in alcuni casi, veramente molto problematica.

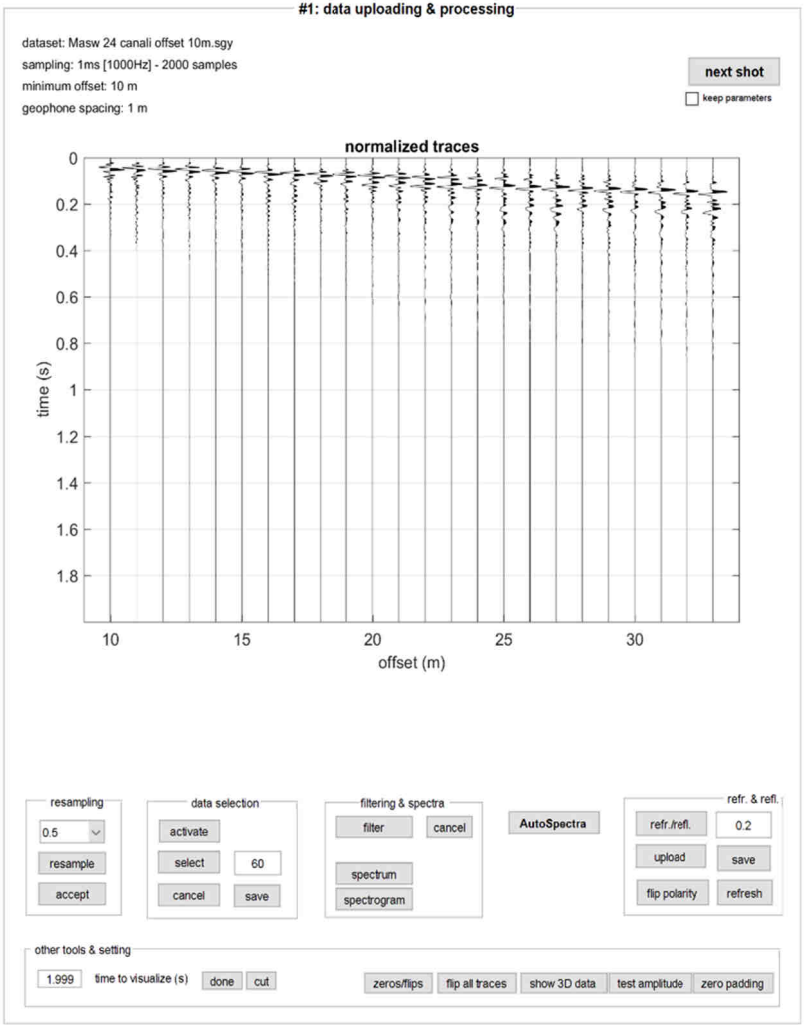
Di seguito sono evidenziate le aree specifiche del software:

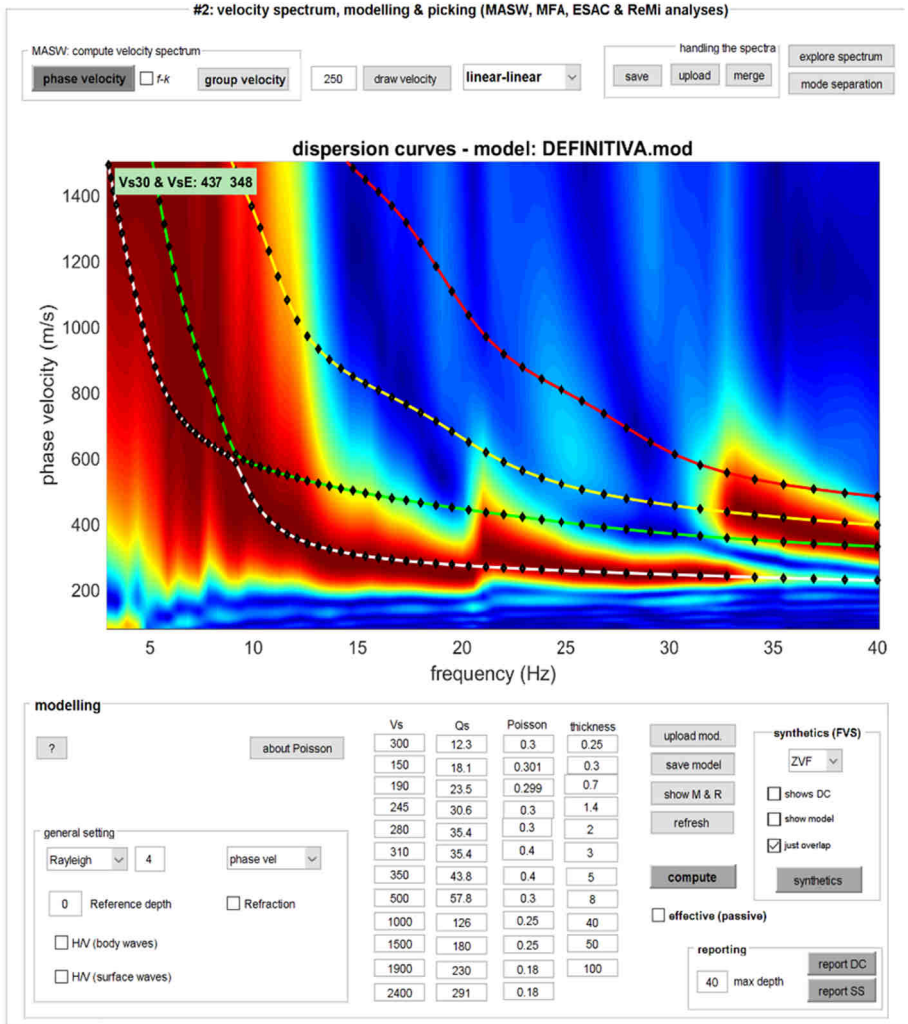


Risultati

Di seguito si riporta l'elaborato delle prove MASW in termini di frequenza velocità di fase eseguita utilizzando il software WINMASW Academy 2018:

Elaborato completo della Masw





INTERPRETAZIONE DELLE PROVE E STRATIGRAFIA

L'insieme delle informazioni disponibili consente di ricostruire con una certa sicurezza la stratigrafia più superficiale interessata dalle opere di adeguamento idraulico.

Il modello scaturito dalla MASW, escludendo il primo esiguo strato relativo alla pavimentazione, individua molteplici livelli con un costante incremento di velocità con la profondità, senza inversioni. Nello specifico possiamo, in prima approssimazione, raggruppare i sottostanti sismostrati in quattro distinti orizzonti stratigrafici prima di incontrare il substrato roccioso: il primo, di un metro, con 150m/s<Vs<190m/s associabile a coltri superficiali sciolte/ terreno rimaneggiato; un secondo strato con spessore di circa 1,5 metri e velocità Vs=245m/s associabile a coltri superficiali ma relativamente più addensate; un terzo orizzonte di 10 metri circa di potenza con 280m/s<Vs<350m/s associabile a depositi di varia natura mediamente addensati; infine un quarto strato di 8 metri circa e Vs=500m/s associabile a depositi molto addensati. Sotto tali sismostrati si rileva un orizzonte con Vs>800m/s pertanto riferibile al substrato roccioso. Da questo sismomodello si calcola una Vs equivalente = 348m/s.

La prova penetrometrica leggera, sebbene sia stata interrotta a 6 metri dal piano campagna, consente di elaborare una stratigrafia del tutto correlabile al modello elaborato dalla masw, quantomeno nei primi metri indagati.

In conclusione, considerando la posizione, i limiti e le potenzialità delle indagini sopra menzionate, l'estensione dell'area oggetto d'intervento possiamo verosimilmente ipotizzare la seguente stratigrafia di massima valida per il suddetto tratto di rio:

- 1° strato: Coltri superficiali sciolte/ riporto costituite da sabbie e limi con poca ghiaia con potenza massima di 2 metri e 150m/s<Vs<190m/;
- 2° strato: Coltri superficiali poco addensate costituite da sabbie limo-argillose e rari ciottoli di potenza massima di 2 metri circa con Vs=245m/s;
- 3° strato: Depositi alluvionali e depositi marini interdigitati costituiti da materiale di granulometria eterogenea ma caratterizzati da sabbia e ghiaia con potenza di 10 metri circa e 280m/s<Vs<350m/s;
- 4°strato: Argille Plioceniche sovra-consolidate e/o Deposito marino estremamente addensato, potente 8 metri circa con Vs=500m/s;
- 5° strato: Substrato roccioso con Vs>800m/s.

Sotto tali orizzonti si ipotizza un progressivo miglioramento delle condizioni geotecniche.

CONDIZIONI GEOTECNICHE

1° strato:

Peso di volume naturale (1.70 ton/m^3)

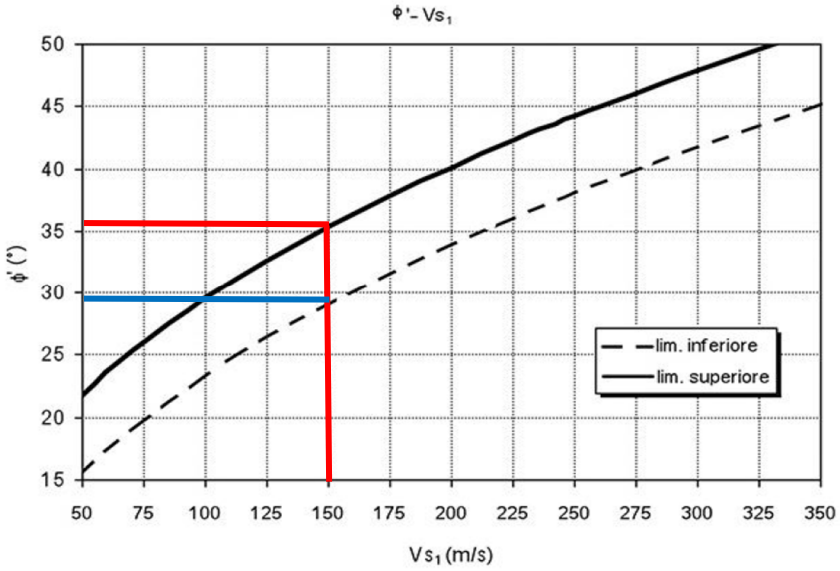
In base al valore di Vs è possibile stimare il peso di volume saturo. Tra i vari autori si riporta di seguito la correlazione porposta da Keceli (2012):

$$\gamma = 4{,}3 \cdot Vs^{0{,}25}$$

Imponendo il Vs massimo pari a 190m/s si ricava un γ= 16 KN/m^3 ovvero circa 1650 kg/m^3 incrementati cautelativamente a 1700 kg/m^3.

Angolo di attrito interno (29°)

Dal valore della Vs è possibile calcolare empiricamente il valore di angolo di attrito corrispondente. Tra le varie fonti disponibili in letteratura geotecnica si riporta il diagramma



con le curve di Uzielli et al. (2013) e Mayne (2014):

$$\text{limite superiore } \varphi' = 3{,}9 \cdot Vs_1^{0{,}44}$$

$$\text{limite inferiore } \varphi' = (3{,}9 \cdot Vs_1^{0{,}44}) - 6{,}2$$

Imponendo in questo caso il valore di Vs minore = 150m/s si ricavano i valori di angolo di attrito massimo di 35,3° e minimo di 29,1°. Si dovrà assumere cautelativamente un angolo di attrito di valore 29°.

Coesione drenata (zero)

Considerata la natura del terreno si è ritenuta di scarsa entità la coesione: cautelativamente è stata valutata nulla.

2° strato:

Peso di volume naturale (1.80 ton/m^3)

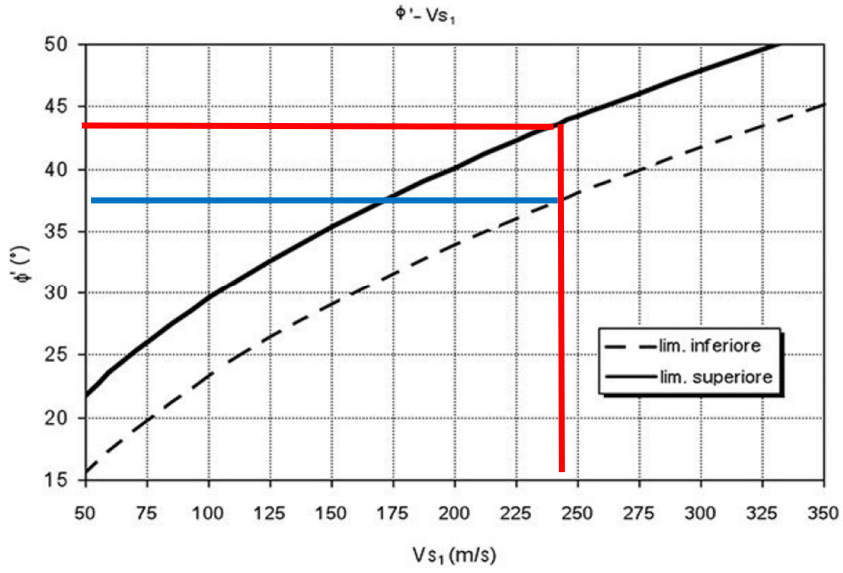
Si riporta nuovamente di seguito la correlazione porposta da Keceli (2012):

$$\gamma = 4{,}3 \cdot Vs^{0{,}25}$$

Imponendo =245m/s si ricava un γ= 1,7 KN/m^3 ovvero circa 1750 kg/m^3 incrementati cautelativamente a 1800 kg/m^3.

Angolo di attrito interno (34°)

Anche per questo orizzonte si utilizzerà il diagramma con le curve di Uzielli et al. (2013) e Mayne (2014):



$$\text{limite superiore } \varphi' = 3{,}9 \cdot Vs_1^{0{,}44}$$

$$\text{limite inferiore } \varphi' = (3{,}9 \cdot Vs_1^{0{,}44}) - 6{,}2$$

Imponendo in questo caso il valore di Vs=245m/s si ricavano i valori di angolo di attrito massimo di 43,9° e minimo di 37,7°. Si dovrà assumere cautelativamente un angolo di attrito di valore 34°.

Coesione drenata (zero)

Anche in questo caso si è ritenuta di scarsa entità la coesione: cautelativamente è stata valutata nulla.

3° strato:

Peso di volume naturale (1.90 ton/m^3)

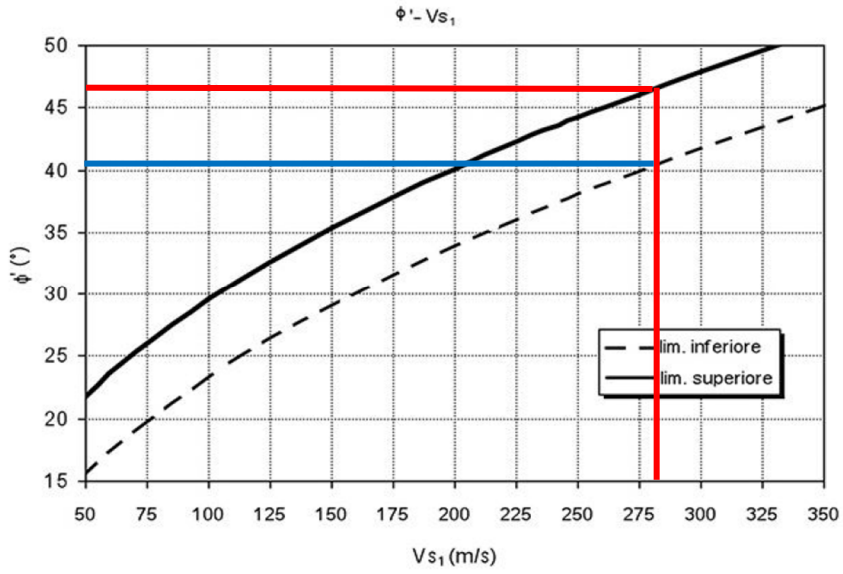
Si riporta nuovamente di seguito la correlazione porposta da Keceli (2012):

$$\gamma = 4{,}3 \cdot Vs^{0{,}25}$$

Imponendo il Vs massimo pari a 350m/s si ricava un γ= 18,6 KN/m^3 ovvero circa 1900 kg/m^3.

Angolo di attrito interno (38°)

Anche per questo orizzonte si utilizzerà il diagramma con le curve di Uzielli et al. (2013) e Mayne (2014):



$$\text{limite superiore } \varphi' = 3{,}9 \cdot Vs_1^{0{,}44}$$

$$\text{limite inferiore } \varphi' = (3{,}9 \cdot Vs_1^{0{,}44}) - 6{,}2$$

Imponendo in questo caso il valore minimo di Vs=280m/s si ricavano i valori di angolo di attrito massimo di 46,5° e minimo di 40,3°. Si dovrà assumere cautelativamente un angolo di attrito di valore 38°.

- Coesione non drenata (0,05kg/cm^2)

In considerazione della possibile presenza di una matrice a frazione argillosa si è ipotizzata presenza di una certa coesione non drenata pari a 0,005Mpa ovvero circa 0,05Kg/cm^2.

SISMICITA'

D.G.R. N° 216 del 17/03/2017 – Aggiornamento classificazione sismica del territorio della Regione Liguria.

L'intero territorio del Comune di Andora ricade nella **Zona 2.**

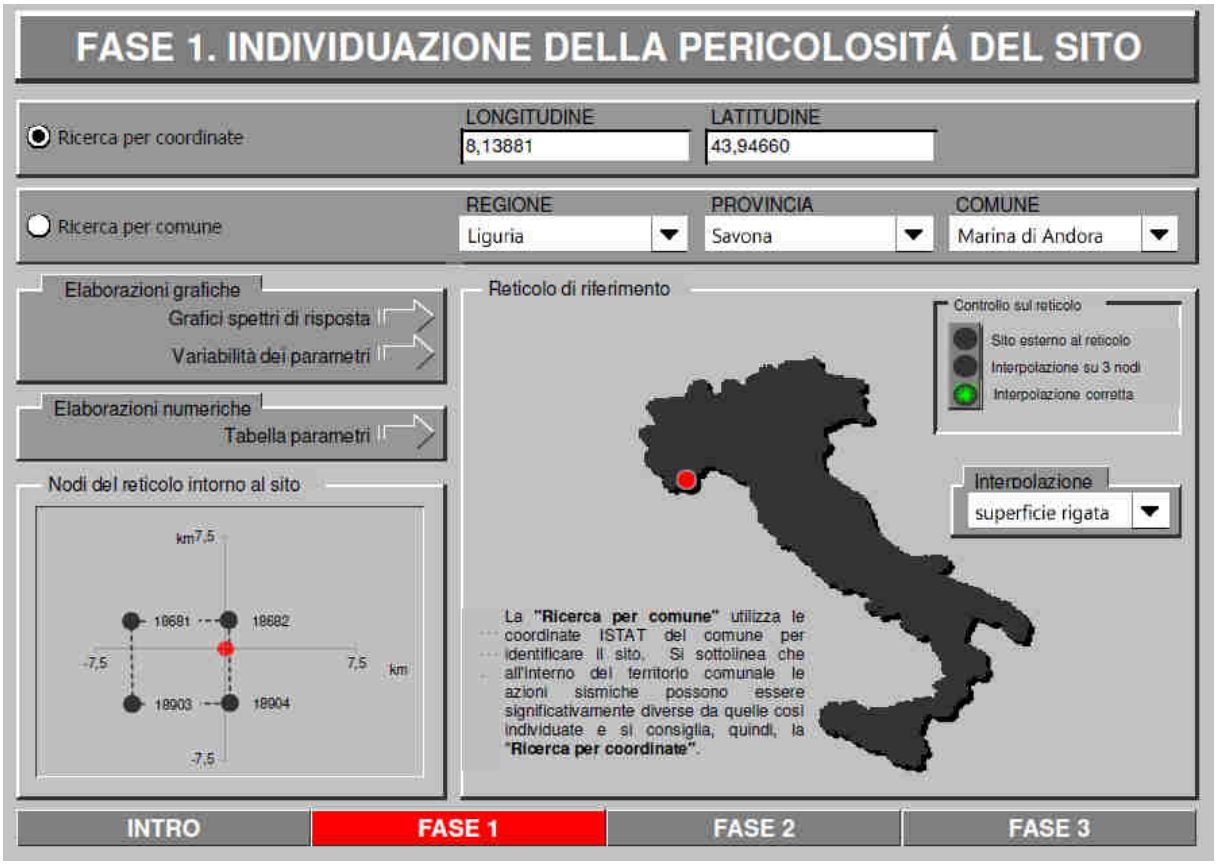
Categoria di suolo e condizioni topografiche.

In base al profilo di Vs rilevato si ritiene di attribuire la **categoria di suolo E***: Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.*

Per quanto la topografia, rispetto al pendio si assumerà la categoria topografica T2.

PARAMETRI SISMICI

I parametri sismici di seguito presentati sono stati estrapolati mediante il foglio di calcolo ministeriale SPETTRI-NTC ver.1.0.3:



FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) - V_N	50	info
Coefficiente d'uso della costruzione - c_U	1	info

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) - V_R	50	info
Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) - T_R		info
Stati limite di esercizio - SLE: SLO - P_{VR} = 81%	30	
SLD - P_{VR} = 63%	50	
Stati limite ultimi - SLU: SLV - P_{VR} = 10%	475	
SLC - P_{VR} = 5%	975	

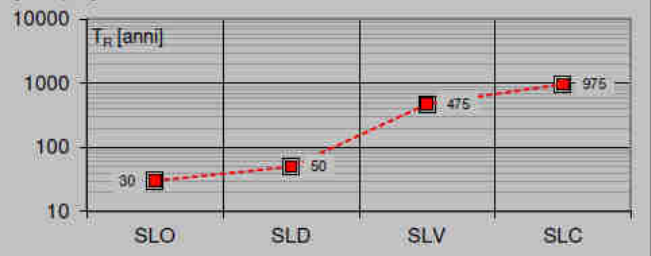
Elaborazioni

Grafici parametri azione

Grafici spettri di risposta

Tabella parametri azione

Strategia di progettazione



LEGENDA GRAFICO

Strategia per costruzioni ordinarie

Strategia scelta

INTRO | FASE 1 | FASE 2 | FASE 3

FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

Stato Limite

Stato Limite considerato: SLD — info

Risposta sismica locale

Categoria di sottosuolo	E	info	S_S = 1,600	C_C = 2,164	info
Categoria topografica	T1	info	h/H = 1,000 (h=quota sito, H=altezza rilievo topografico)	S_T = 1,000	info

Compon. orizzontale

(●) Spettro di progetto elastico (SLE)	Smorzamento ξ (%)	5	η = 1,000	info
( ) Spettro di progetto inelastico (SLU)	Fattore q_0	3	Regol. in altezza: no	info

Compon. verticale

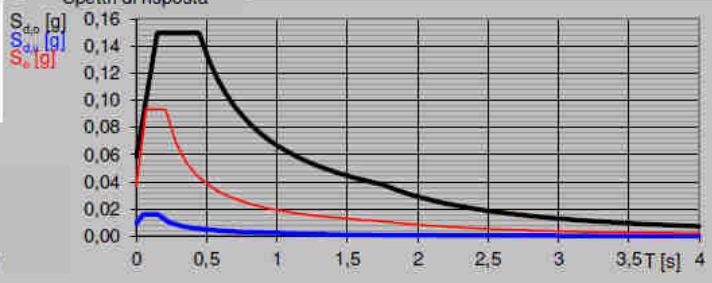
Spettro di progetto	Fattore q	1,5	η = 0,667	info

Elaborazioni

Grafici spettri di risposta

Parametri e punti spettri di risposta

Spettri di risposta

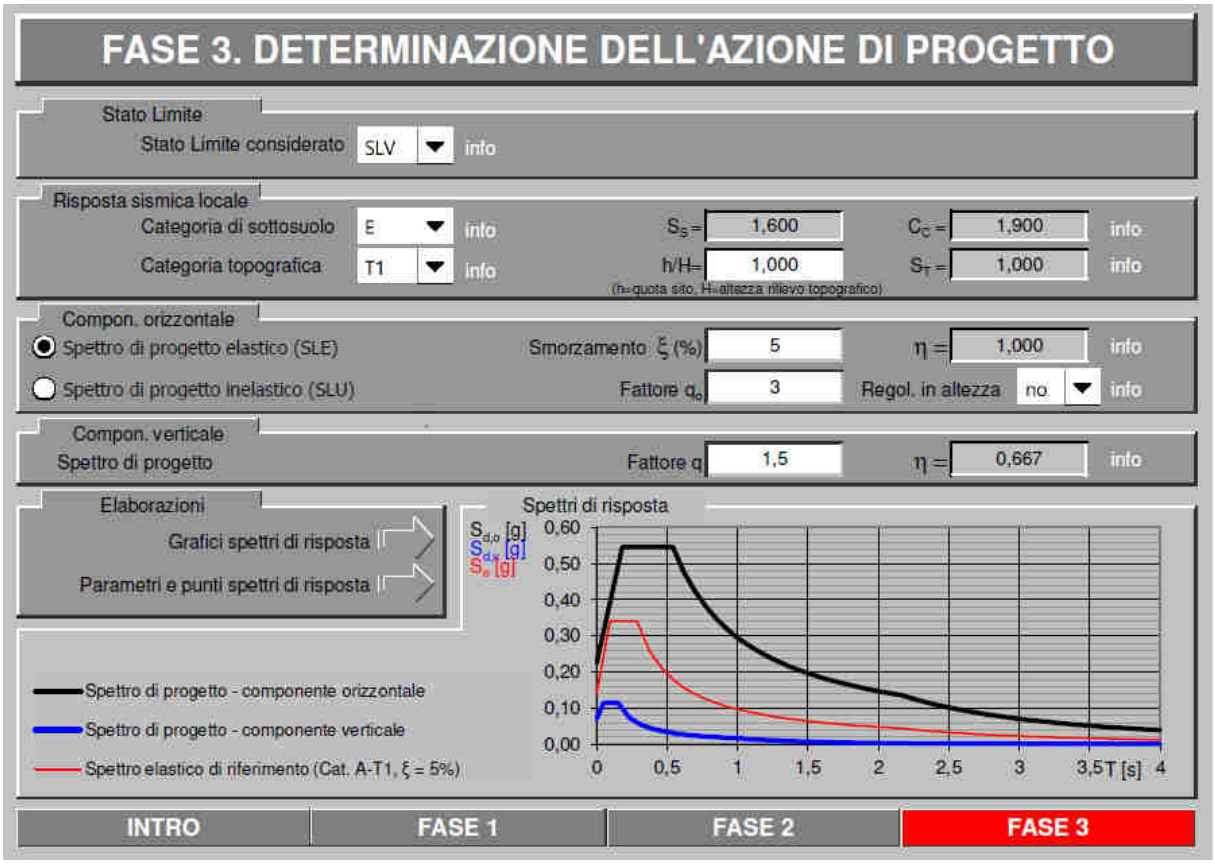


Spettro di progetto - componente orizzontale

Spettro di progetto - componente verticale

Spettro elastico di riferimento (Cat. A-T1, ξ = 5%)

INTRO | FASE 1 | FASE 2 | FASE 3



Valori dei parametri a_g, F_o, T_C^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno SL

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	30	0,025	2,523	0,181
SLD	50	0,036	2,581	0,206
SLV	475	0,141	2,423	0,285
SLC	975	0,191	2,462	0,299

CONCLUSIONI

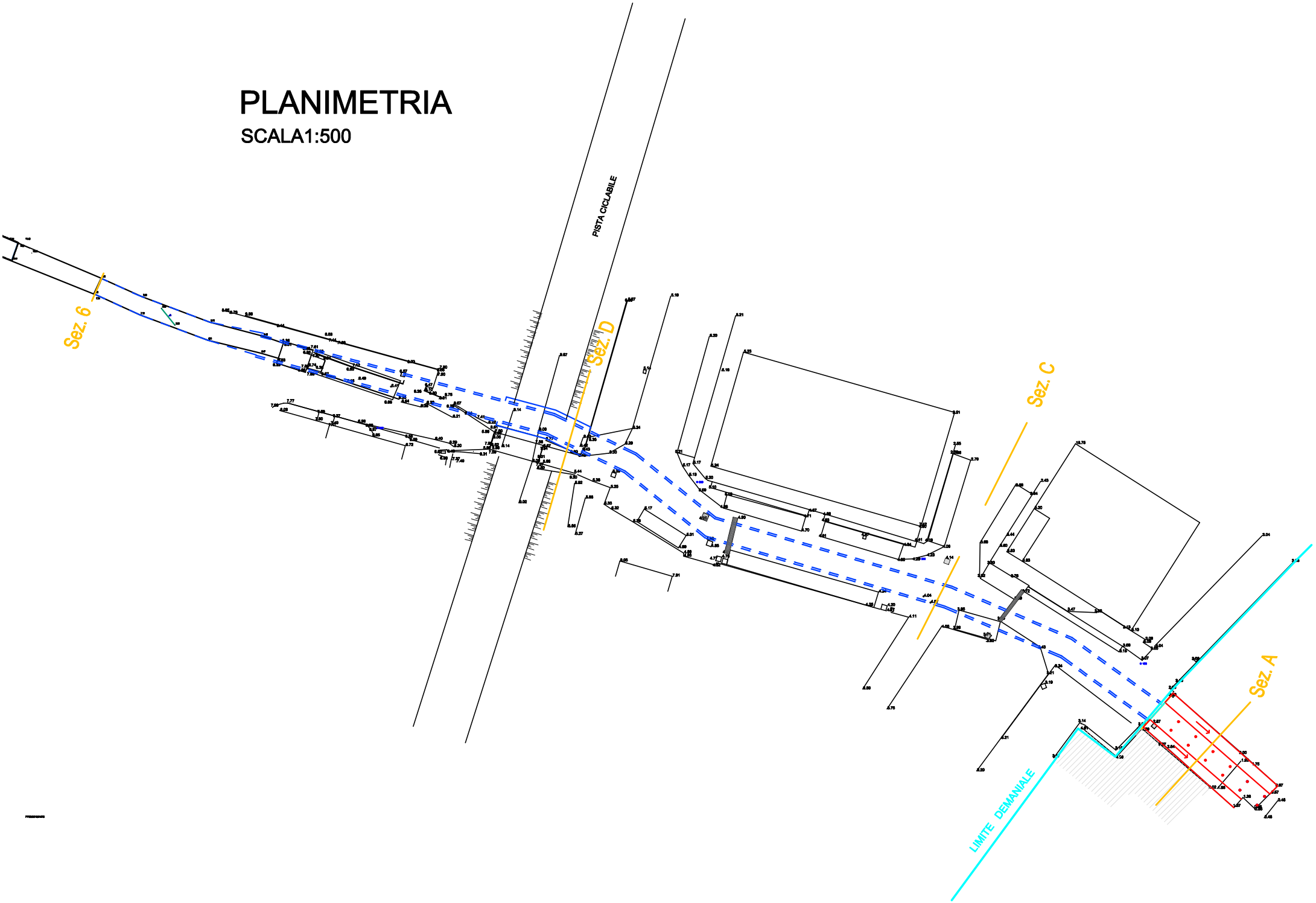
L'intervento di mitigazione del rischio idraulico comporterà la completa ricostruzione dell'ultimo tratto terminale del rio Vignette. A tale fine sarà realizzata una condotta scatolare in cemento armato interrata di opportune dimensioni. Il tracciato della nuova tombinatura verrà spostato poco a nord in corrispondenza dell'intersezione con l'ex linea ferroviaria ma, per il resto ricalcherà l'attuale linea di deflusso. Per le specifiche si rimanda agli elaborati progettuali.
La condotta richiederà scavi di profondità massima di circa tre metri dal piano campagna, si rimanda alla relazione idraulica e geotecnica per le specifiche strutturali e le necessarie verifiche.
In base alle indagini effettuate e nel rispetto dei parametri geotecnici ivi forniti si ritiene che le opere a progetto siano fattibili dal punto di vista geologico e conformi alle normative del Piano di Bacino.

Andora, luglio 2021

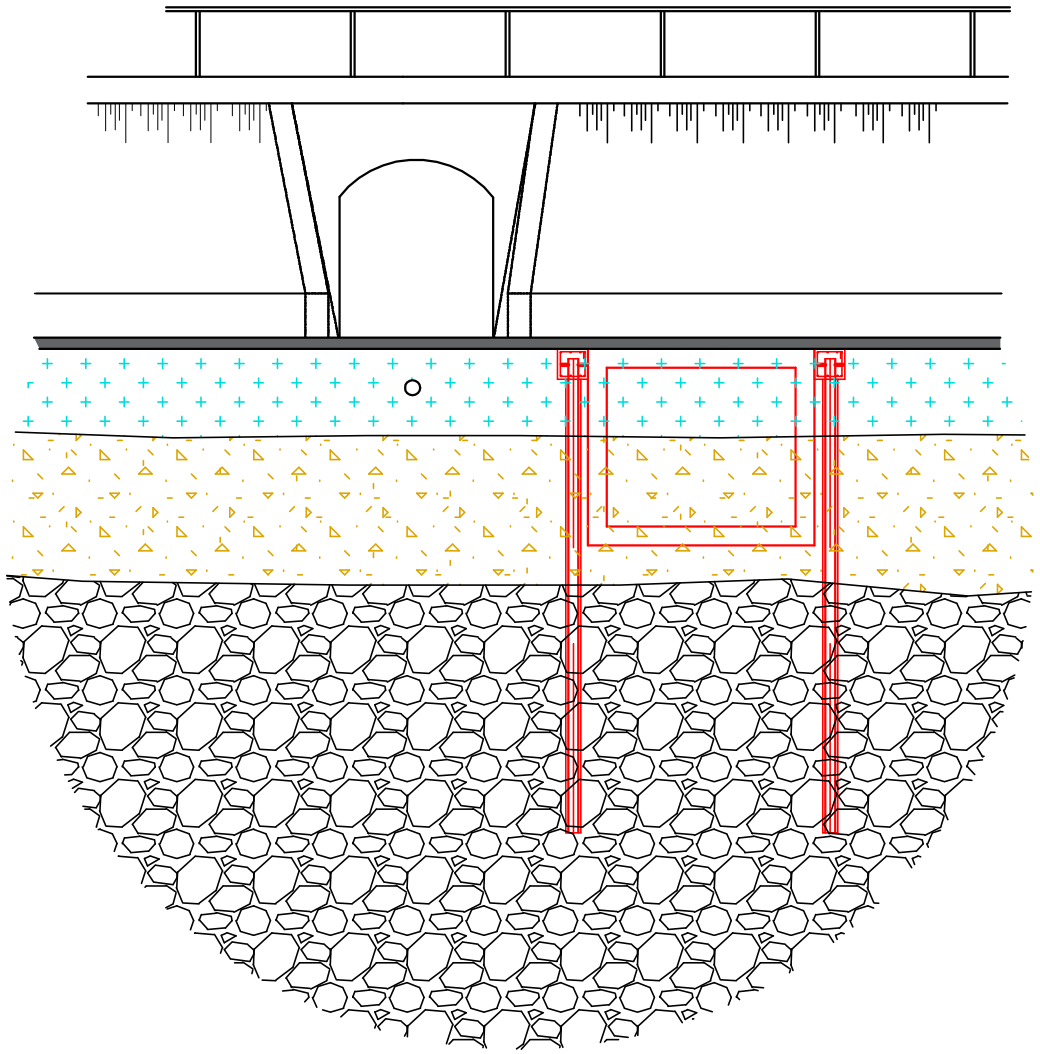
geologo
Vittorio Vezzaro

PLANIMETRIA

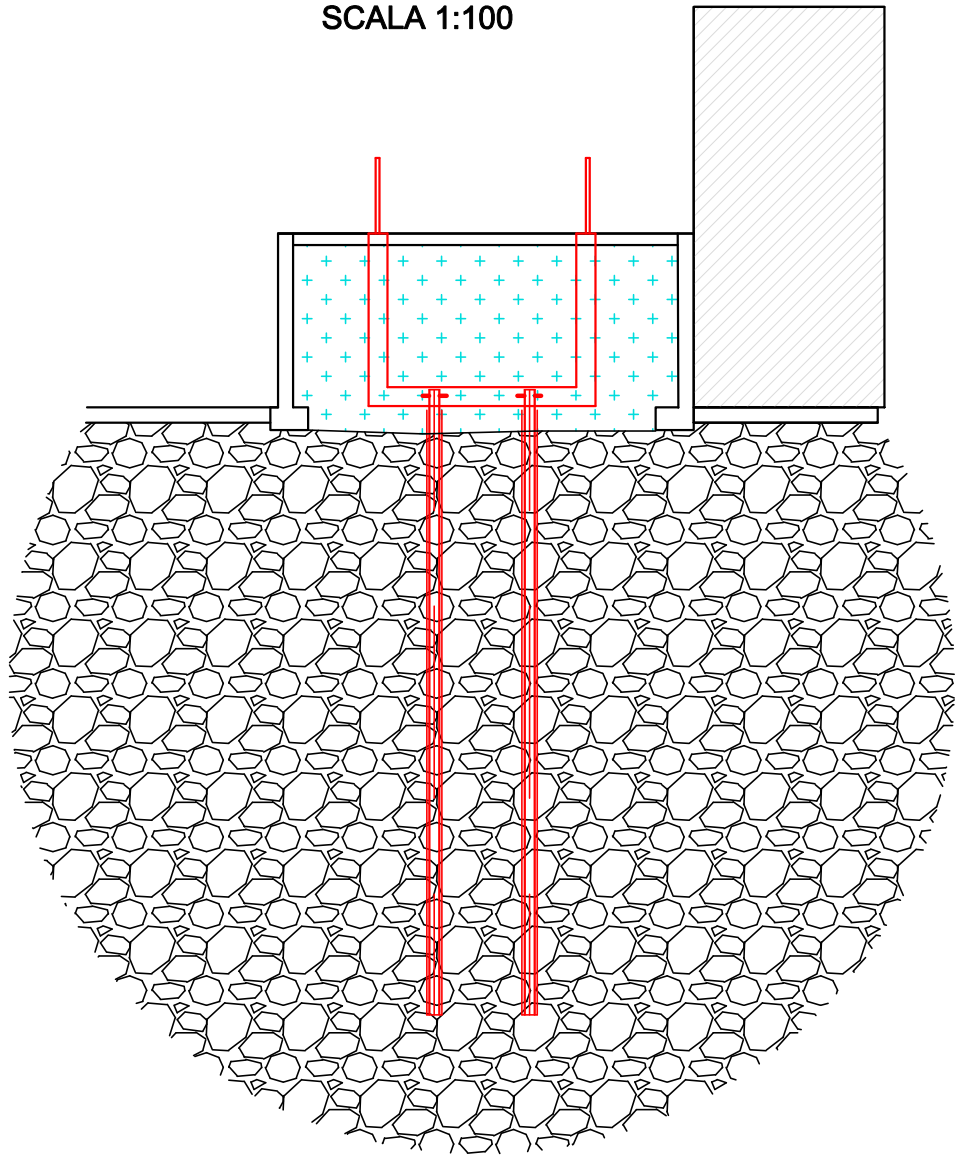
SCALA1:500



SEZ D
SCALA 1:100



SEZ A
SCALA 1:100



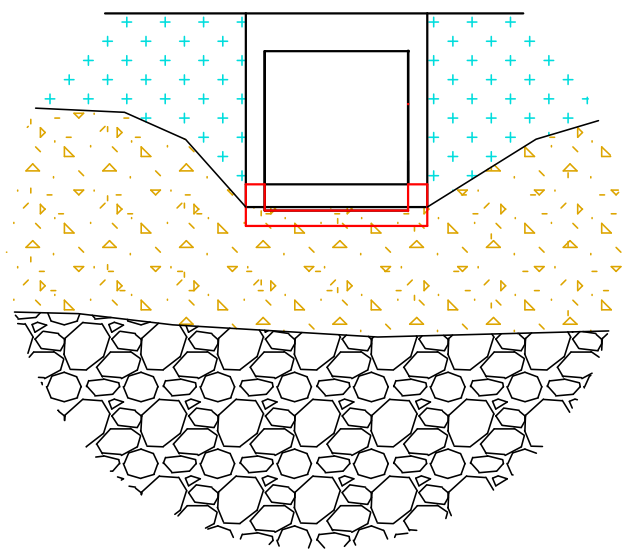
NUOVE OPERE

COLTRI SCIOLTE / RIPORTO

COLTRI POCO ADDENSATE

DEPOSITI INTERDIGITATI SABBIO-GHIAIOSI

SEZ 6
SCALA 1:100



SEZ C
SCALA 1:100

