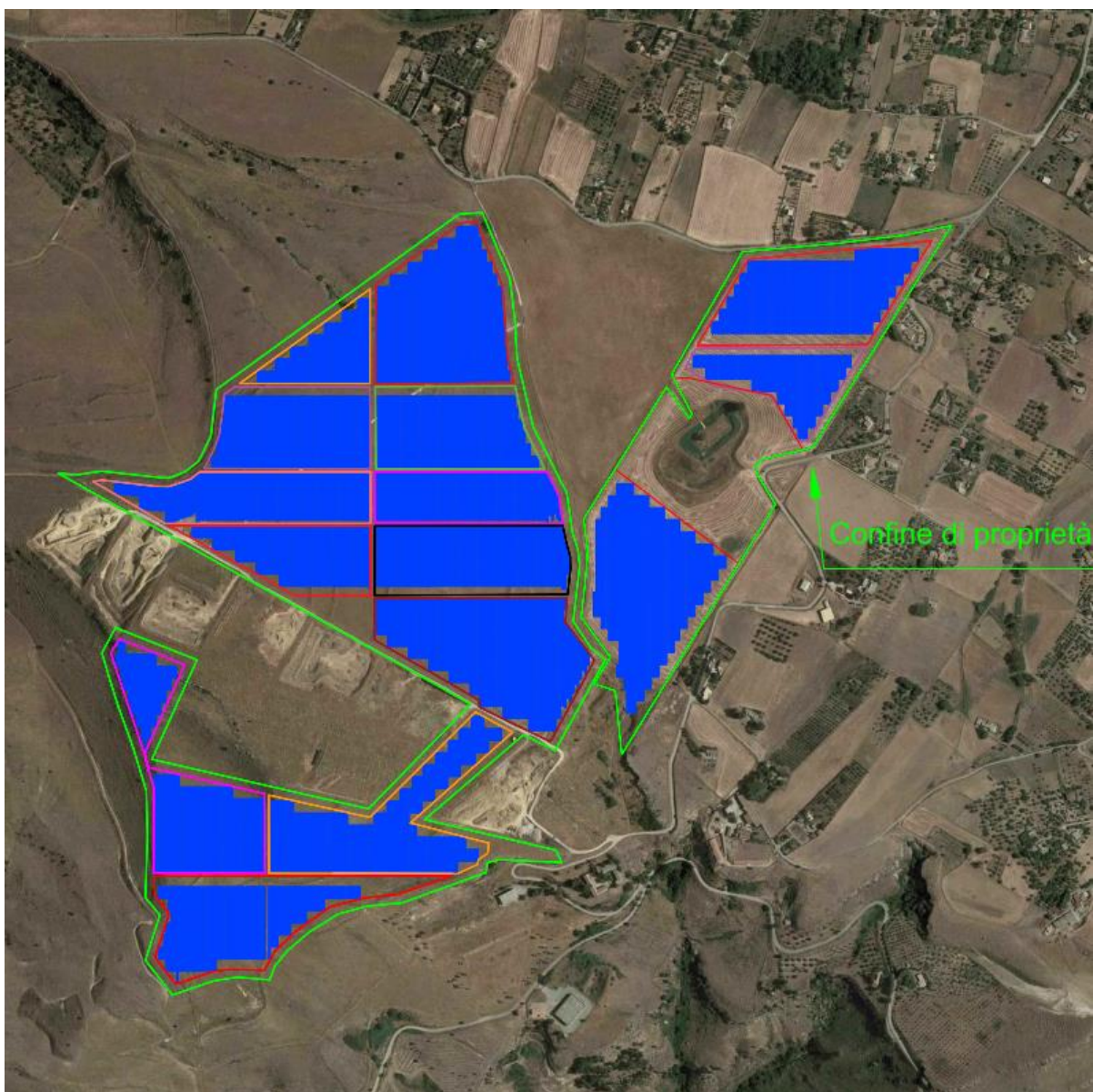


Premessa

Per incarico della ditta Serralunga srl, è stato eseguito lo studio geologico dell'area interessata dal progetto di un impianto fotovoltaico in territorio di Enna, c.da Scioltabino. L'area è complessivamente estesa circa 80 Ha. E ricade in un'area libera da vincoli PAI, ma delimitata come area di attenzione dal punto di vista geomorfologico.



L'intervento dello studio geologico nel progetto é quindi legato ai seguenti aspetti:

- 1) verifica di fattibilità geomorfologica su grandi aree specificatamente alla esecuzione delle opere in progetto;
- 2) compatibilità idrogeologica e parametri per il calcolo di invarianza idraulica ed idrologica
- 3) individuazione delle problematiche di carattere geotecnico derivanti dalla realizzazione delle opere d'arte e degli insediamenti funzionali di progetto;

Al fine di raggiungere questi risultati sono stati utilizzati i risultati dello studio geologico realizzati nell'ambito del progetto CARG sintetizzati nella carta geologica in scala 1:50000.-

Questi dati sono stati verificati ed integrati attraverso l'esecuzione di una serie di prove geofisiche eseguite specificatamente per questo studio, costituite una indagine elettromagnetica multifrequenza e da prove sismiche a riflessione nel dominio della frequenza che hanno consentito di caratterizzare in termini fisicamente significativi i terreni presenti in affioramento ed in substrato.

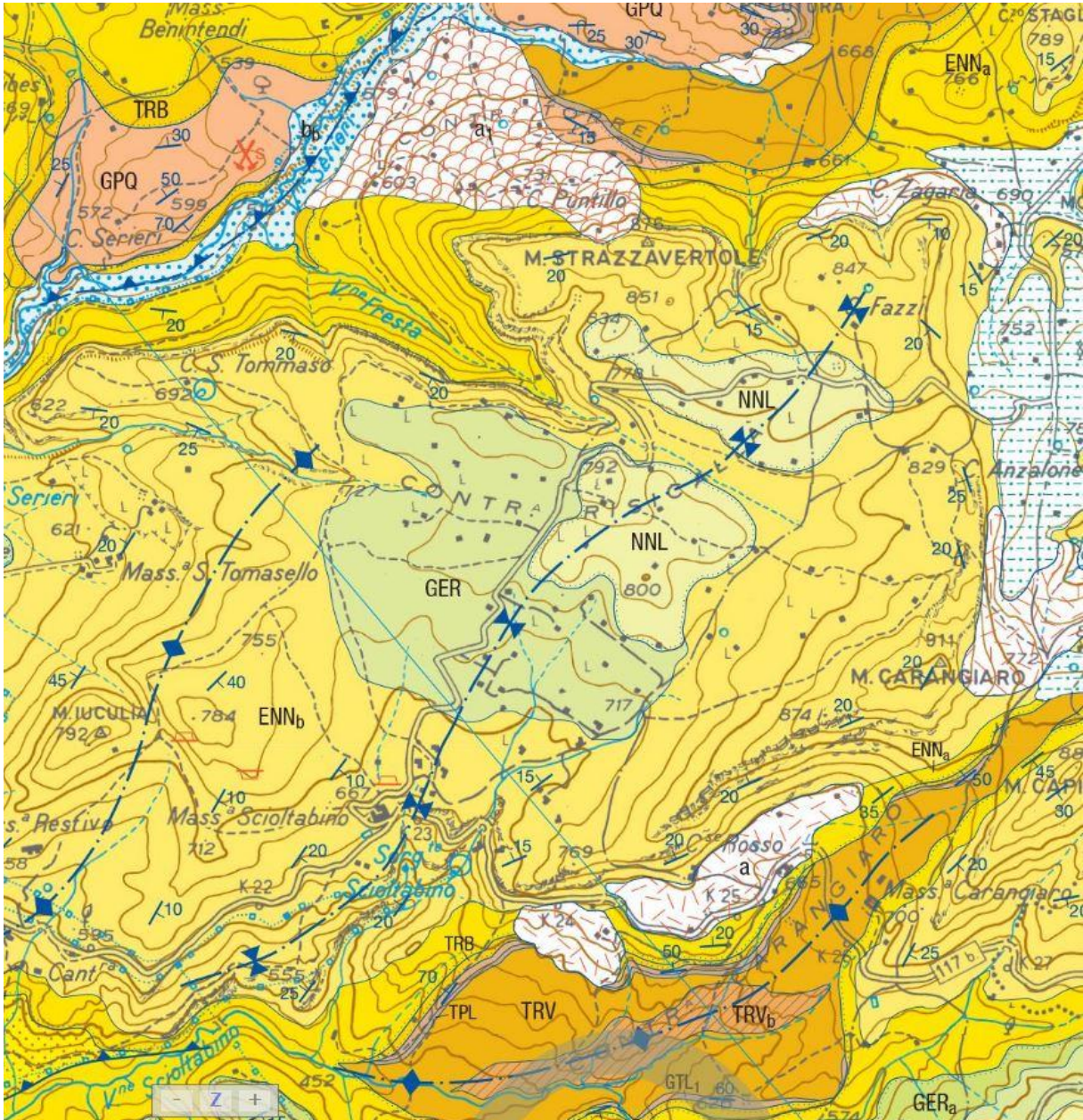
Inquadramento geologico-geomorfologico

I terreni in affioramento sono prevalentemente di tipo carbonatico del ciclo sedimentario pleistocenico e sono costituite prevalentemente da Sabbie e Calcareniti di Capodarso della Formazione Enna, e sono costituite da strati calcarenitici e arenacei a cemento calcareo e in fitta alternanza di strati submetrici e di una facies più tipicamente calcarenitica in banchi e strati anche di qualche metro di spessore.

Si tratta in ogni caso, di terreni dotati in genere di buone caratteristiche geomeccaniche e fisiche che caratterizzano aree sostanzialmente caratterizzate da stabilità geomorfologica complessiva.

Verso l'alto la formazione passa ad una sequenza di argille marnose e siltose di cui in realtà nell'area in esame sembrano presenti solo piccoli lembi residui (Argille marnose di Geracello).

Nell'ambito dello stesso comprensorio geografico, ma al di fuori dei terreni interessati dal presente progetto, sono presenti scarpate ripide e verticali, che caratterizzano un paesaggio collinoso e mosso che raccorda a diverse quote ampi pianori.



Estratto da Carta geologica della Sicilia 1:50000, Progetto CARG del Servizio Geologico Nazionale, ISPRA.

Inoltre, occorre sottolineare come in aree immediatamente limitrofe siano stati effettuati nel tempo una serie di importanti interventi legati ad una intensa attività estrattiva di cave di sabbia e tufo.

Si va quindi da pendenze nulle o lievi fino a pareti verticali. La pendenza media di queste rocce che corrispondono ai ripiani tufacei è sempre compresa tra il 2% e il 10%

Nessuna di queste evidenze ha comportato l'individuazione di zone di dissesto e di rischio di alcun grado nel Piano stralcio di bacino per l'assetto idrogeologico PAI 2006 e successivi aggiornamenti-

Tuttavia l'intera area oggetto di questo studio ricade tra le aree di attenzione geomorfologica di tipo B.3 : Siti di attenzione con riferimento alla tipologia A – *Probabile presenza di cavità naturali e/o artificiali in relazione ad aree adibite ad attività estrattive in esercizio o dismesse e conseguente sprofondamento potenziale.*

Al punto 2.4, della relazione generale relativa al bacino Imera Meridionale si riportano con chiarezza le modalità di individuazione e delimitazione di questa ampia area di attenzione, evidenziando che *la perimetrazione delle aree corrisponde alle aree date in concessione e non a quelle realmente sfruttate in sottosuolo e... le perimetrazioni delle aree non coincidono con reali zone di pericolo, ma... sono indicate come siti di attenzione considerando la probabilità che si possano verificare fenomeni di dissesto, quali crolli, sprofondamenti, voragini etc.*

Di contro tuttavia, pur non si evidenziandosi in superficie evidenze geomorfologiche tali da poter essere messe in relazione con strutture antropiche sepolte o sotterranee o cavità ipogee, l'art. 24 che tratta delle tipologie dei siti di attenzione, al fine di individuare la metodologia da seguire negli studi di compatibilità geomorfologica, specificatamente per la Tipologia A (Probabile presenza di cavità naturali e/o artificiali connesse ad attività estrattive in esercizio o dismesse) prevede l'esecuzione di indagini dirette ed indirette, aventi lo scopo di investigare l'eventuale presenza di cavità fino alla profondità di influenza dei carichi previsti e in un intorno significativo, sulla base degli indirizzi contenuti in appendice B.

A questo scopo si è ritenuto utile e necessario fare ricorso al supporto geognostico dell'indagine geofisica ed in particolare all'indagine elettromagnetica multifrequenza che consente di ottenere la massima risoluzione lateroverticale consentendo di indagare su un profilo continuo a diverse profondità di indagine le caratteristiche dei terreni interessati in termini di conducibilità elettrica e suscettività magnetica e di individuare lungo le direttrici indagate *eventuali anomalie correlabili con la presenza di vuoti, cavità antropiche e strutture diverse entro le profondità di interesse progettuale.*

Indagine elettromagnetica multifrequenza

Il criterio su cui si basa il metodo è che la conducibilità apparente ottenuta per le diverse frequenze è funzione rispettivamente del rapporto delle conducibilità effettive dello strato di copertura e del substrato e della profondità, come dallo schema riportato.

In questo caso, la conducibilità dei terreni di copertura (varia da -25 a 145 mS/m in relazione alla composizione granulometrica e allo stato geomeccanico mentre quella delle argille sature NC è sensibilmente prossima a 400 mS/m (2.5 ohm*m).

Il principio fondamentale di un sistema ad induzione elettromagnetica nel dominio delle frequenze (EMI) comporta la misurazione delle rispettive modificazioni impedenza /induttanza tra una coppia di bobine che si spostano ad una predefinita altezza dal suolo. La bobina di trasmissione genera allora un campo primario a variazione sinusoidale che induce un flusso di corrente all'interno della terra.

Questa corrente indotta genera a sua volta un campo magnetico secondario che viene misurato dalla bobina di ricezione.

Quando due bobine presentano il massimo accoppiamento (nell'EMP 400 le bobine sono orizzontali e complanari) la grandezza del campo primario generato dalla bobina di trasmissione (Tx) è molto più grande del campo secondario indotto dal flusso di corrente

Il profiler EMP 400 della GSSI utilizza per questo un ricevitore secondario per rimuovere l'influenza del campo sorgente sulla bobina di ricezione cancellando gli effetti del campo primario indotto da Tx. Il campo secondario rilevato dal sensore viene quindi analizzato nelle componenti In-phase e Quadrature che sono espresse in ppm rispetto al campo primario.

In-phase si riferisce alla parte di segnale ricevuto in fase con il segnale trasmesso. Quadrature si riferisce alla parte del segnale che è sfasato di 90° con Tx. Nella pratica, il segnale in-phase è legato prevalentemente alle caratteristiche di suscettibilità magnetica mentre il segnale in quadratura risponde preferenzialmente alle variazioni di conducibilità dei terreni.

La profondità di indagine è notevole e raggiunge circa 30 metri in presenza di terreni fortemente resistenti (> 1000 ohm*m) e circa 10 metri per terreni con resistività inferiore a 100 ohm*m.

Naturalmente questi valori rappresentano numericamente la profondità del volume di integrazione e sono riferite all'ipotesi di terreni omogenei ed isotropi.

E' evidente che tutto quello che sta di sopra influenza in maniera differente il campo elettromagnetico indotto in modo direttamente proporzionale alla profondità ed inversamente proporzionale alla frequenza.

Il vantaggio e la prerogativa del sistema adottato sono legati, quindi, alla possibilità di utilizzare tre diverse frequenze che corrispondono ad altrettanti layers di indagine.

Conduzione delle misure

Sono state utilizzate in questa ricerca tre frequenze comprese tra 1000 Hz. e 16000 Hz. applicando la tecnica della prospezione a maglia dispersa (random) dove tutti i punti di misura sono georeferenziati con GPS con una approssimazione del punto inferiore compresa tra 2 e 4 metri.

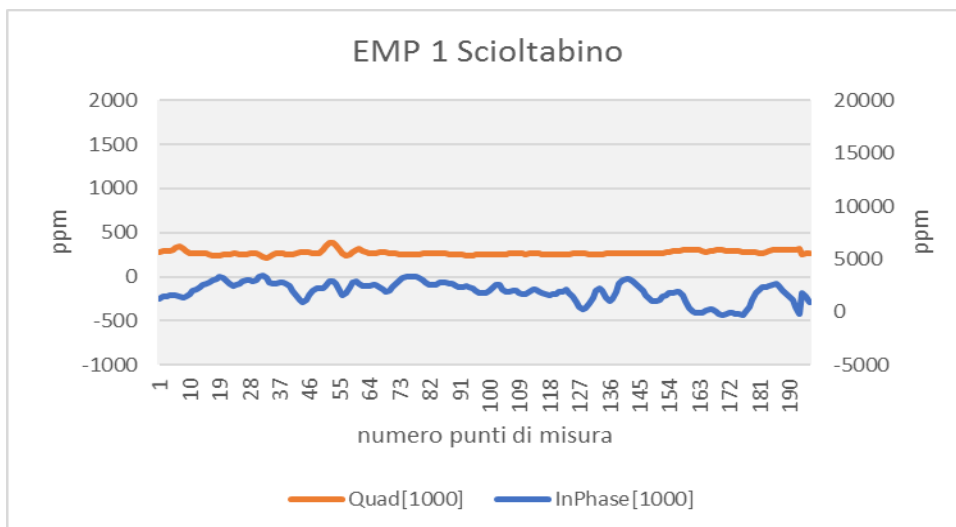
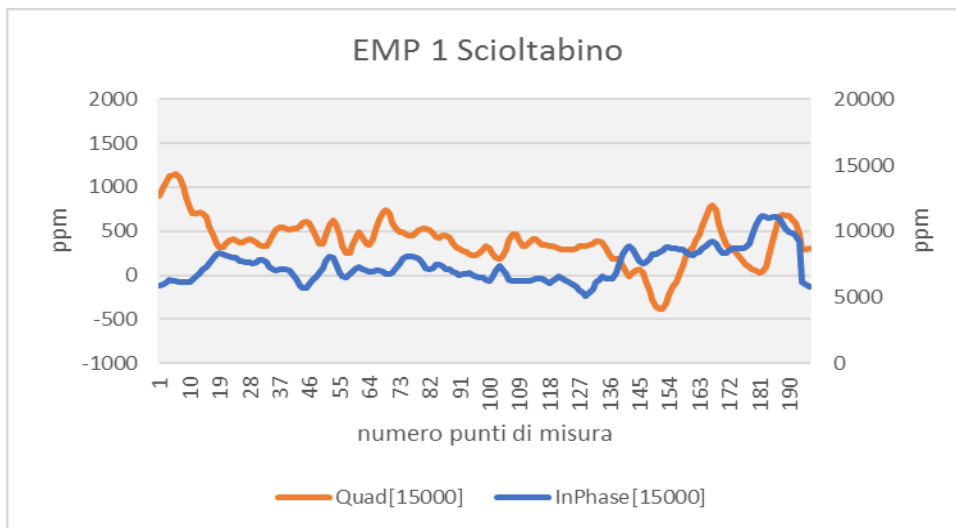
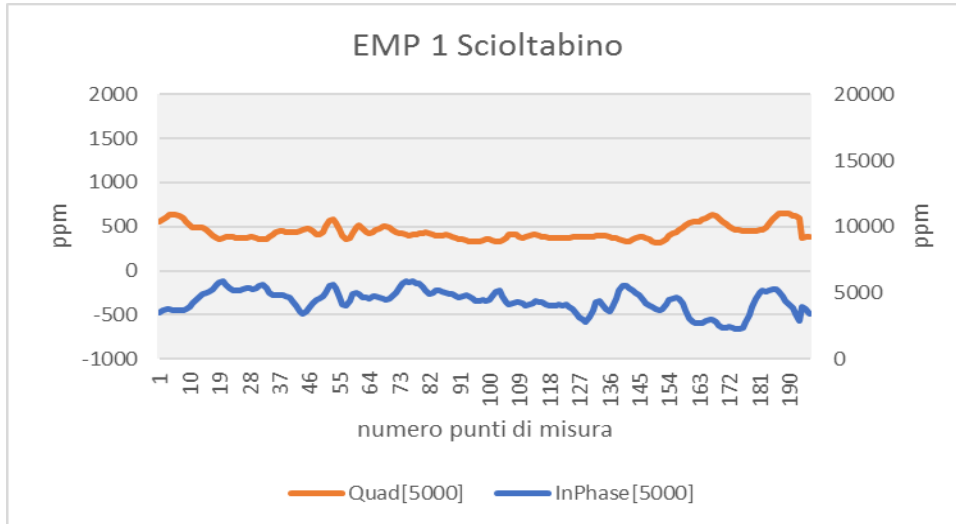
E' possibile analizzare in sequenza le diverse mappe di conducibilità elaborate per piani di frequenza diversi dall'alto (16000 Hz.) verso il basso (1000 Hz.) come sezioni tomografiche progressivamente più profonde.

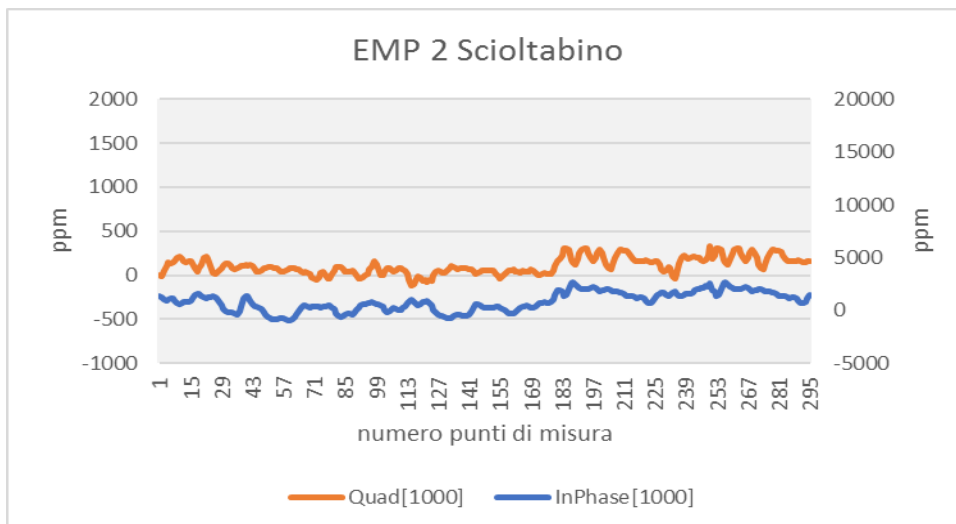
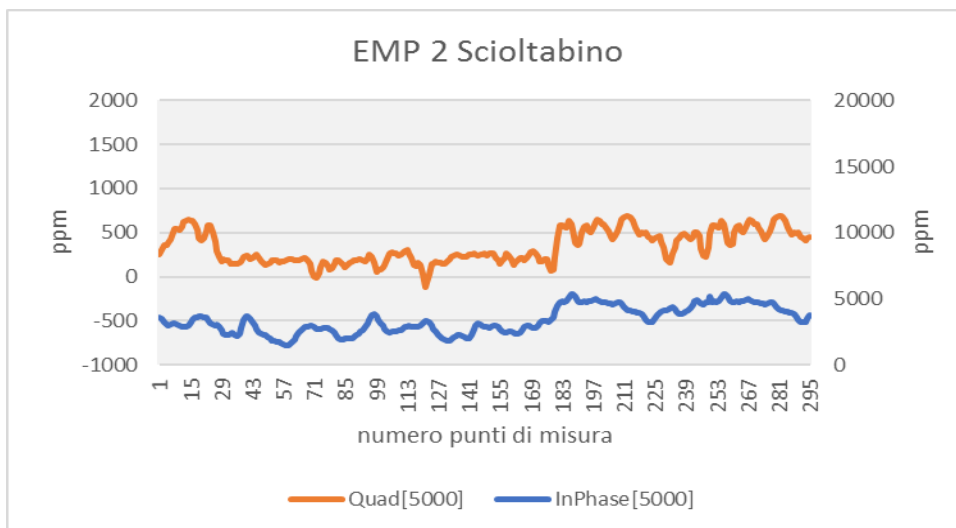
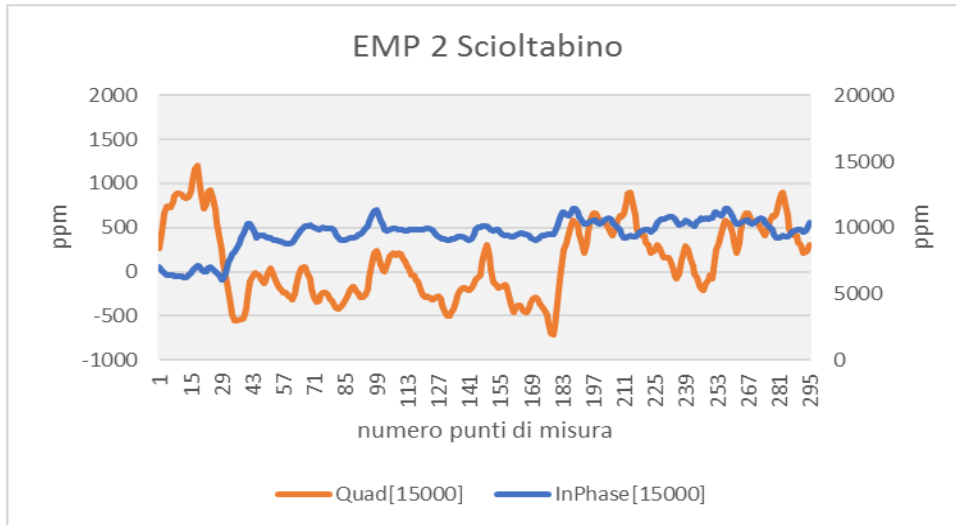
Le conducibilità sono normalmente rappresentate con colori diversi quando è possibile assegnare caratteri litologici diversi e differenziati.

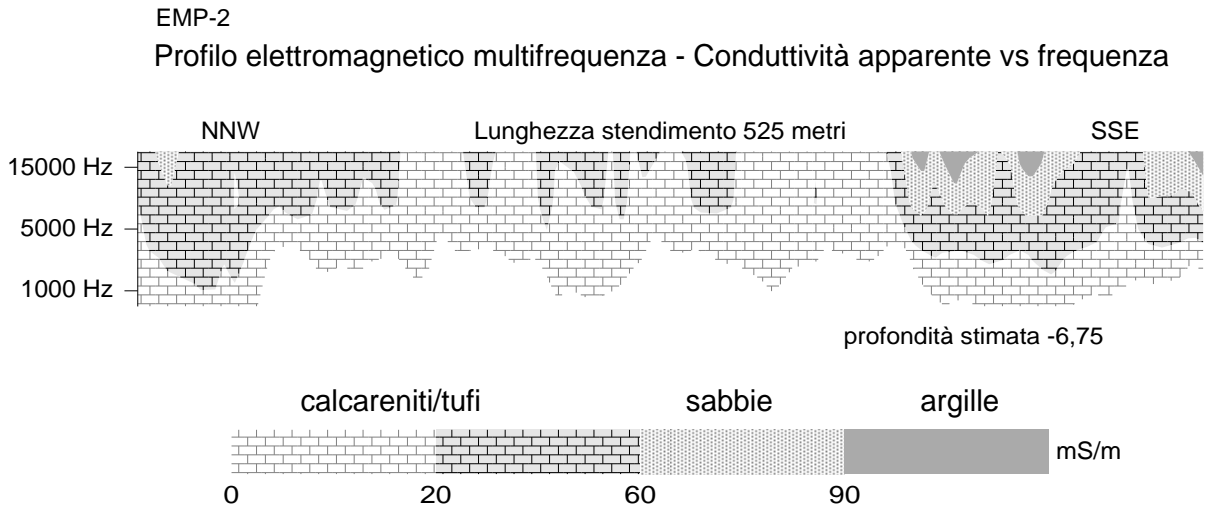
Risultati ottenuti

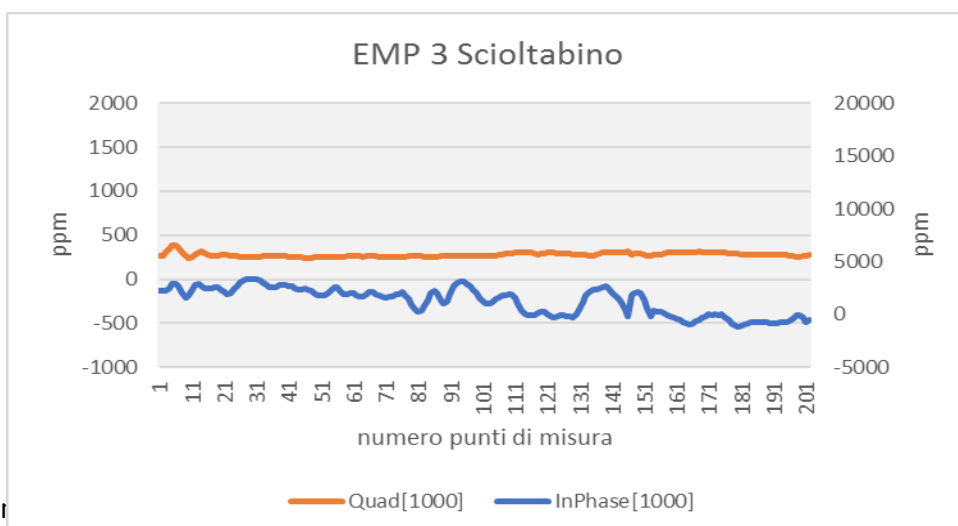
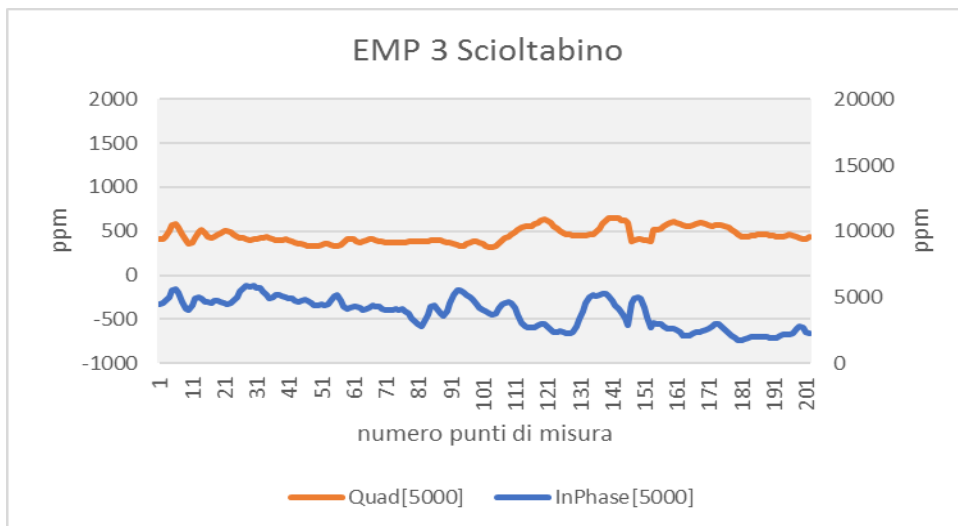
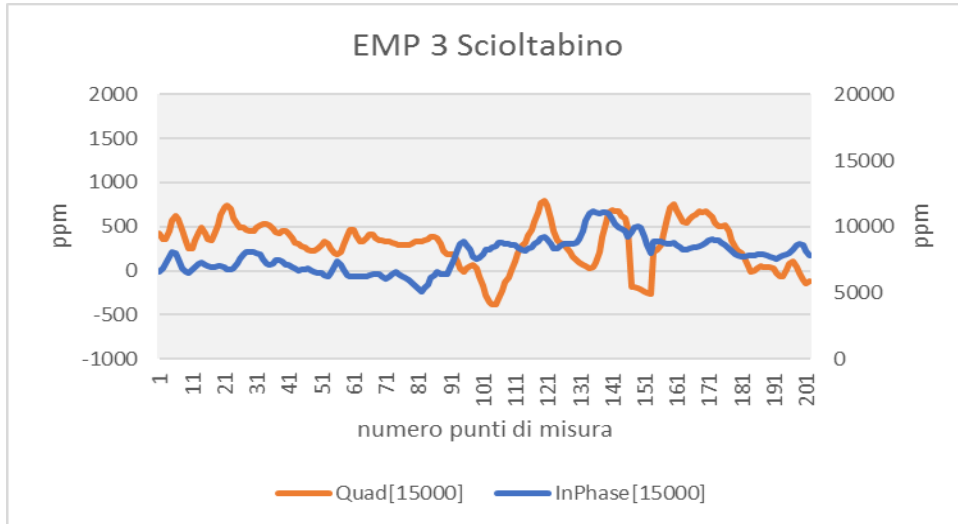
I profili elettromagnetici multifrequenza sono stati ottenuti attraverso l'elaborazione di circa 1450 punti distribuiti lungo tre direttrici ritenute significative dal punto di vista della risposta in termini di continuità latero verticale dei terreni indagati e fino alle profondità di interesse geotecnico.











Dal punto di vista idrogeologico i litotipi prima descritti possiedono una permeabilità variabile in funzione delle caratteristiche genetiche e litologiche che li caratterizzano. La permeabilità primaria è sempre piuttosto bassa mentre quella secondaria è molto localizzata

E' presente, tuttavia, anche se in maniera discontinua una piccola falda acquifera che raccoglie le acque di infiltrazione meteorica che defluiscono al contatto con i livelli meno permeabili che si riscontrano a diverse profondità e affiorano al contatto con la superficie topografica in prossimità delle più profonde incisioni.

Il reticolo idrografico presenta una media densità di drenaggio prevalentemente di tipo dendritico, anche se dove prevalgono i ripiani tufacei assume un andamento di tipo parallelo o subparallelo.

Caratteristiche geotecniche prevalenti sono quelle legate alla presenza dei banchi tufaceo calcarenitici che si presentano in banchi di buona compattezza con caratteristiche meccaniche apprezzabili. Come terreni di fondazione presentano ottime caratteristiche meccaniche al taglio fresco, tuttavia questi terreni devono essere attentamente indagati per definire le profondità dello strato alterato e decompresso.

In questi terreni è possibile individuare frequenti fratture ad andamento verticale che possono influire in modo sostanziale sulla resistenza del materiale.

Questi terreni sono dotati di buona stabilità e i dissesti sono limitati a modeste frane di crollo per scalzamento alla base e per interventi antropici.

Le scarpate di scavo anche ripide sono sostanzialmente stabili quando eseguite con le normali attenzioni.

A supporto e verifica delle premesse di carattere idrogeologico sono stati utilizzati i risultati dell'indagine elettromagnetica per definire le caratteristiche complessive della permeabilità da cui deriva il comportamento complessivo di allontanamento e drenaggio delle acque meteoriche.

E' evidente infatti che la valutazione dell'invarianza idrologica e idraulica deriva dal confronto delle caratteristiche ante operam e post operam che abbiano influenza negli algoritmi di calcolo.

Le **valutazioni numeriche di tipo idraulico non competono al presente studio**, da cui tuttavia, è di fondamentale importanza derivare la valutazione corretta della distribuzione

dei terreni permeabili e impermeabili e delle individuazioni delle direttrici di deflusso superficiale e subsuperficiale.

Parametri questi necessari al calcolista delle opere idrauliche per definire correttamente le modalità di deflusso e le opere di allontanamento delle acque.

Lo studio geologico ha messo in evidenza la presenza di terreni fortemente permeabili caratterizzato dalla prevalenza di terreno vegetale coltivato e areato al di sopra di calcareniti sabbiose, fatto che conferma la sostanziale assenza di linee evolute e articolate di deflusso superficiale delle acque meteoriche.

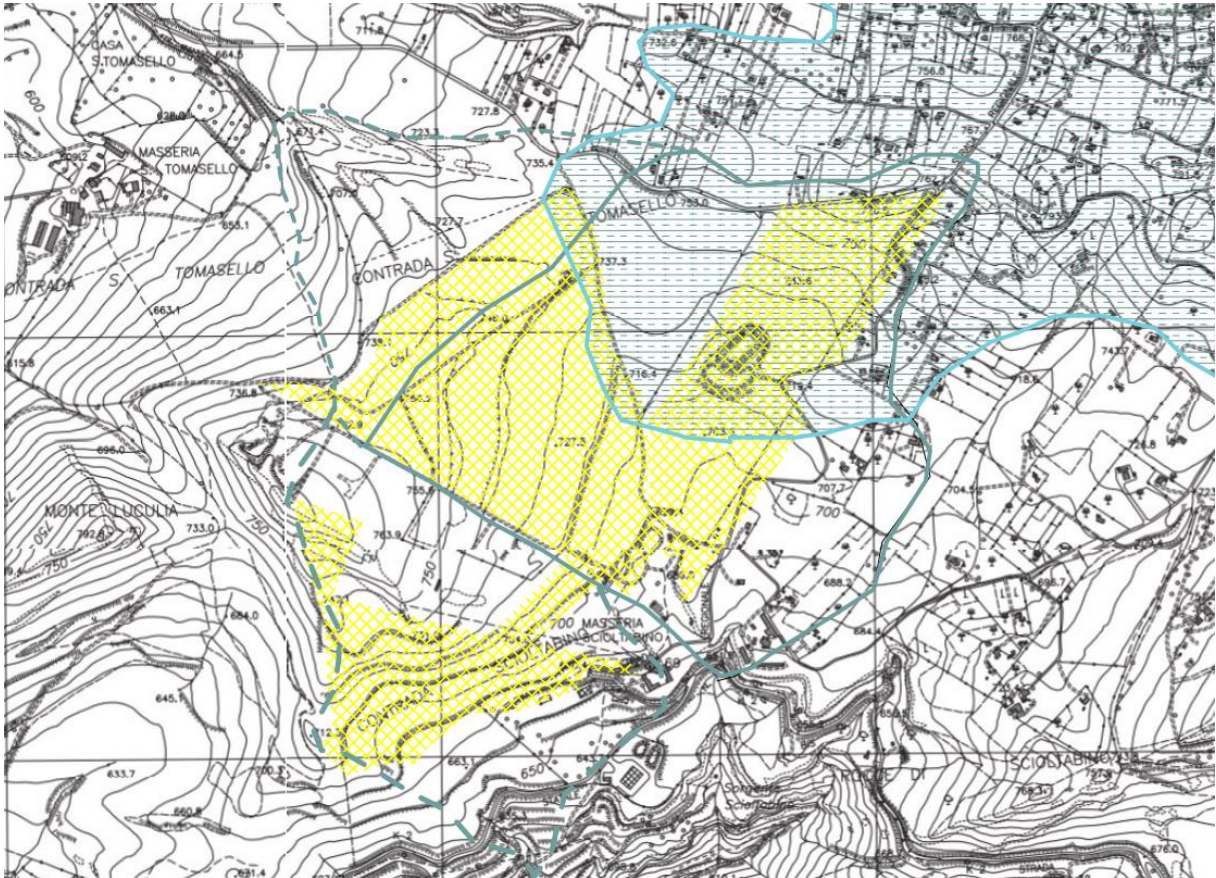
Sono queste le condizioni di partenza che devono essere confrontate con le varianti progettuali al fine del mantenimento delle condizioni di equilibrio idrogeologico, espresso in termini di invarianza idraulica e idrologica.



L'area di progetto, qui di seguito indicata con la campitura gialla, interessa tre diversi bacini di impluvio con tre principali direttrici di drenaggio. A partire da queste considerazioni sono state individuate le sezioni a valle che sottendono le relative aree di progetto e per ognuna di esse sono state calcolate le superfici impermeabili, permeabili, interessate e non dalla realizzazione dell'impianto.

E' stato possibile quindi effettuare una comparazione diretta tra le condizioni *ante operam* e quelle *post operam*. Ne consegue quindi, confrontando le diverse condizioni di

impermeabilizzazione delle aree derivate dalla realizzazione dell'impianto, la possibilità di pervenire, già in questa fase di progetto, ad una **valutazione del coefficiente di deflusso**, parametro fondamentale per avviare la fase di calcolo dell'invarianza idrologica e idraulica e alla eventuale progettazione delle opere di regimazione dei deflussi delle acque meteoriche.



Limite del bacino imbrifero



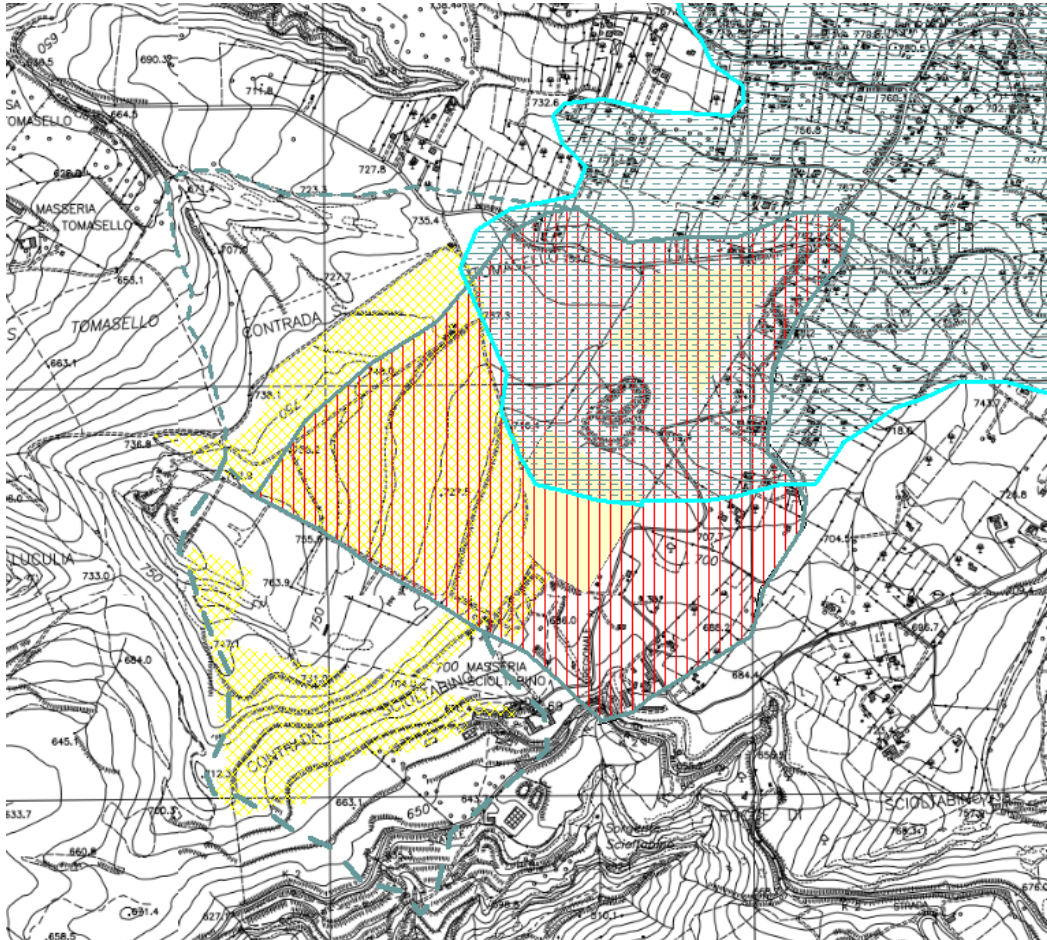
Area di impianto su terreni permeabili



Area di impianto su terreni impermeabili

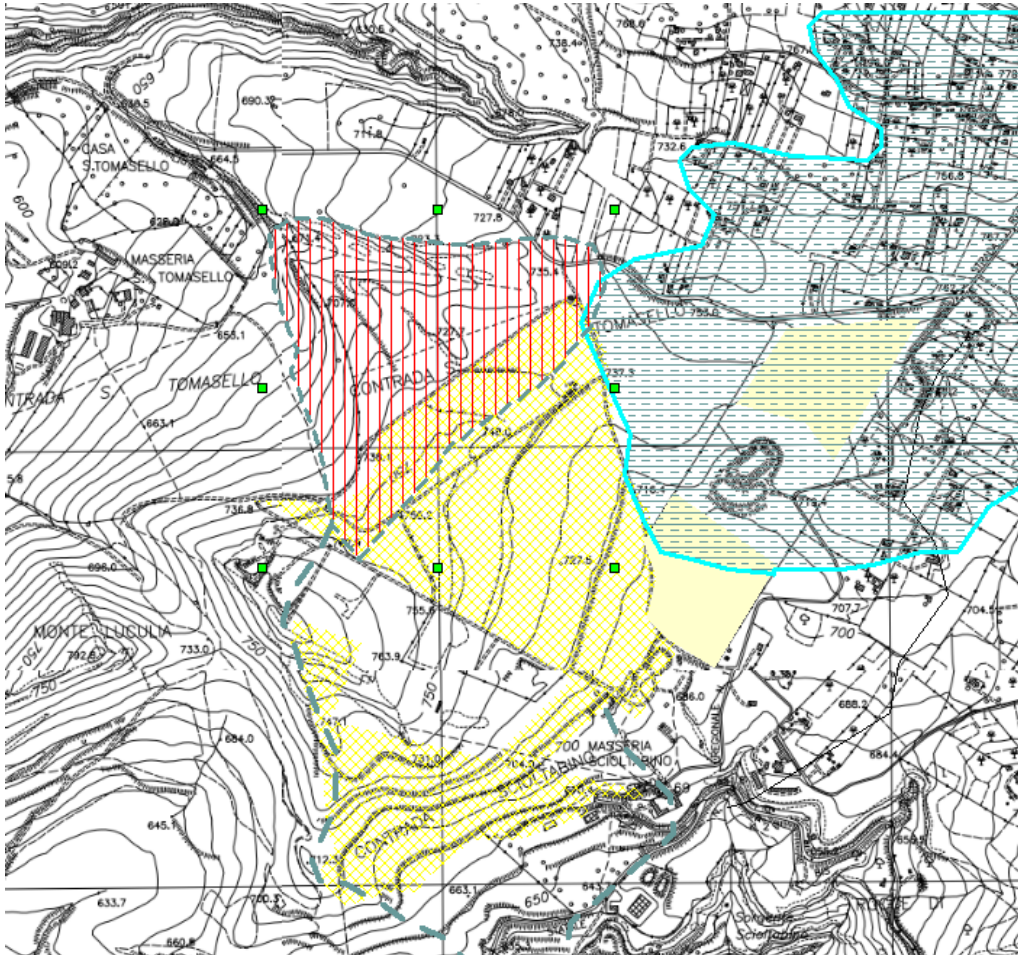
A seguire sui riportano le schede sinottiche per ognuna di queste tre aree caratteristiche geografiche, topografiche e idrogeologiche delle diverse aree con esplicitati tutti i parametri di calcolo.

Area impianto 1



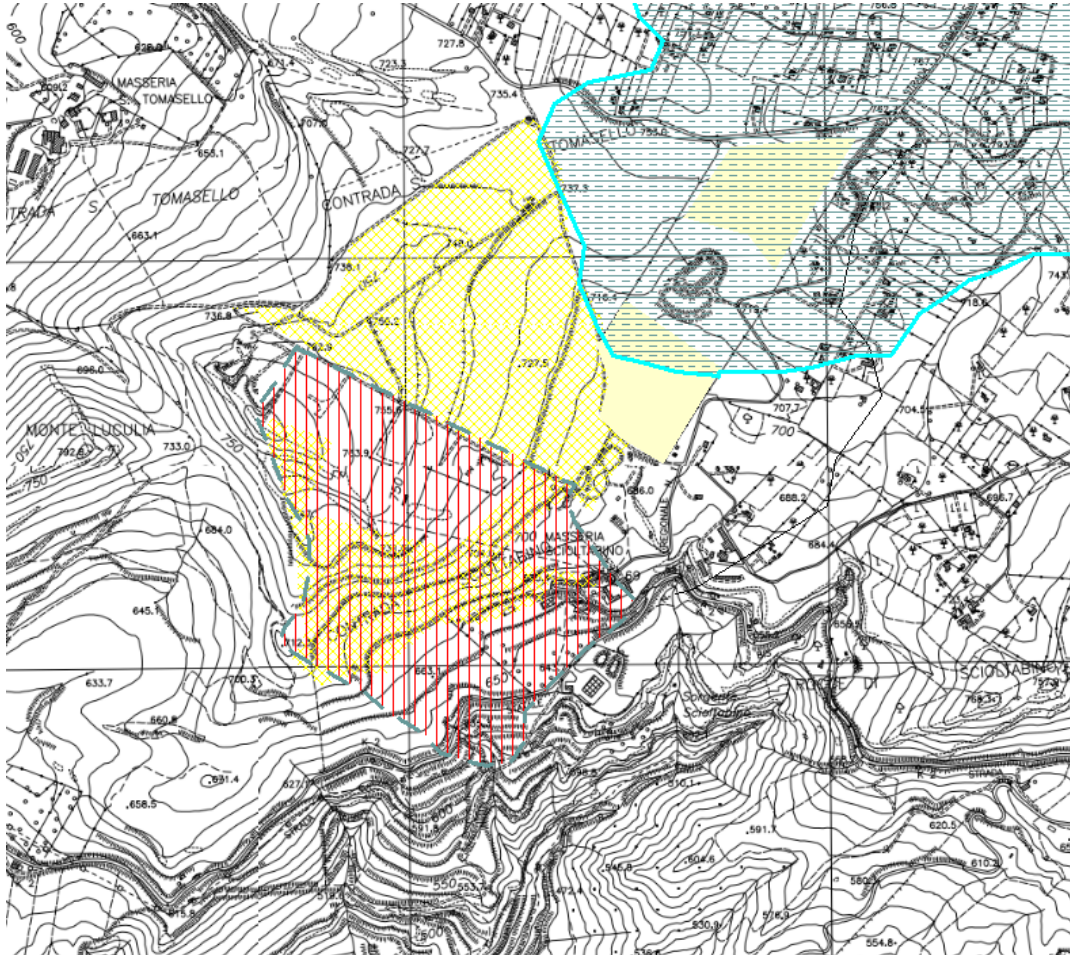
Ante operam	Ha		
Superficie del bacino imbrifero	103		
Superficie impermeabile	47	0.46	
Superficie permeabile	56	0.54	
Post operam			
Superficie di progetto su terreno permeabile	32		
Superficie impermeabile post operam	63	0.61	
Superficie permeabile post operam	40	0.39	
Coefficiente di deflusso ante operam	$\Phi =$	0.52	
Coefficiente di deflusso post operam	$\Phi =$	0.63	

Area impianto 2



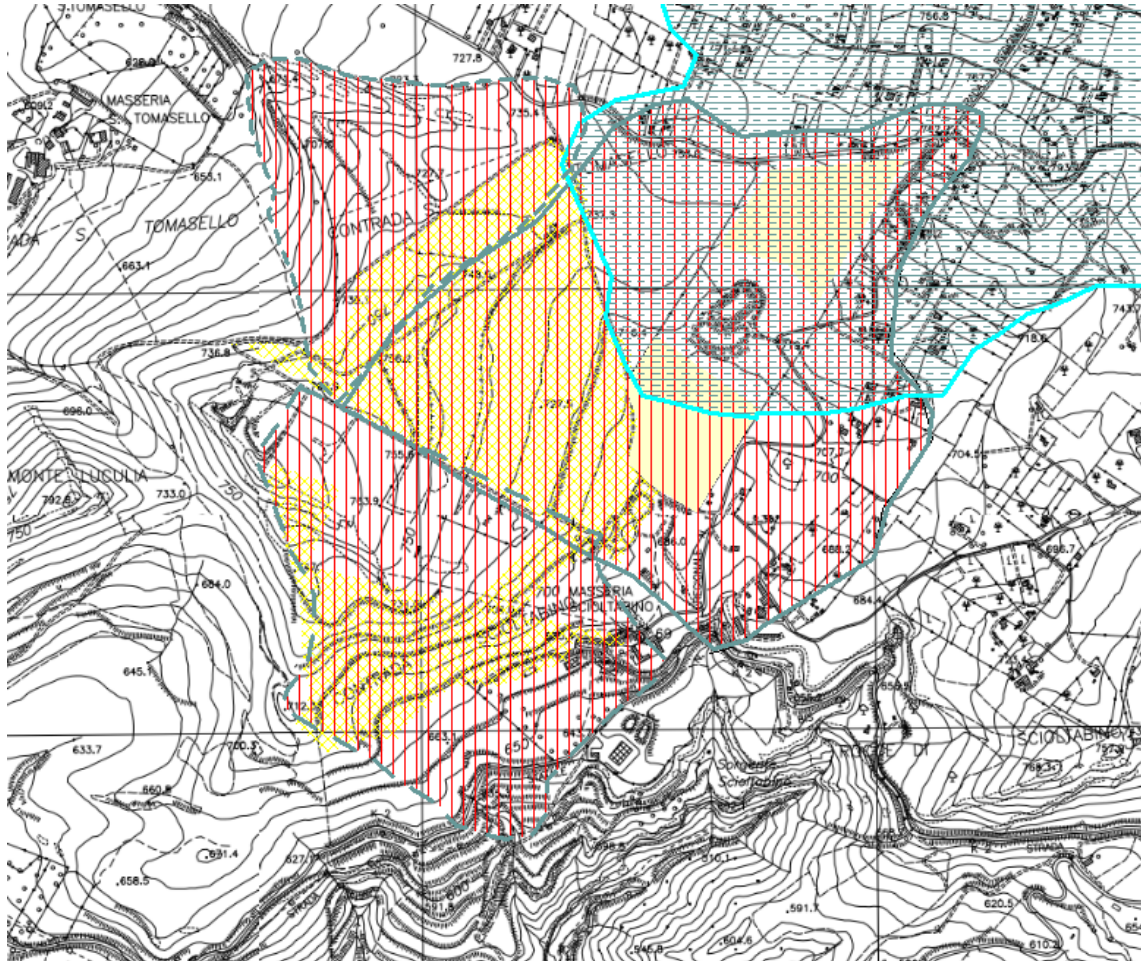
Ante operam	Ha	
Superficie del bacino imbrifero	35.2	
Superficie impermeabile	3.6	0.10
Superficie permeabile	31.6	0.90
Post operam		
Superficie di progetto su terreno permeabile	9.7	
Superficie impermeabile post operam	8.5	0.24
Superficie permeabile post operam	26.8	0.76
Coefficiente di deflusso ante operam	$\Phi =$	0.27
Coefficiente di deflusso post operam	$\Phi =$	0.37

Area impianto 3



Ante operam	Ha		
Superficie del bacino imbrifero	56.5		
Superficie impermeabile	0.0	0.00	
Superficie permeabile	56.5	1.00	
Post operam			
Superficie di progetto su terreno permeabile	20.9		
Superficie impermeabile post operam	10.5	0.18	
Superficie permeabile post operam	46.1	0.82	
Coefficiente di deflusso ante operam	$\Phi =$	0.20	
Coefficiente di deflusso post operam	$\Phi =$	0.33	

Area totale



Ante operam	Ha	
Superficie del bacino imbrifero	194.7	
Superficie impermeabile	50.6	0.26
Superficie permeabile	144.1	0.74
Post operam		
Superficie di progetto su terreno permeabile	62.6	
Superficie impermeabile post operam	81.9	0.42
Superficie permeabile post operam	112.8	0.58
Coefficiente di deflusso ante operam	$\Phi =$	0.38
Coefficiente di deflusso post operam	$\Phi =$	0.49

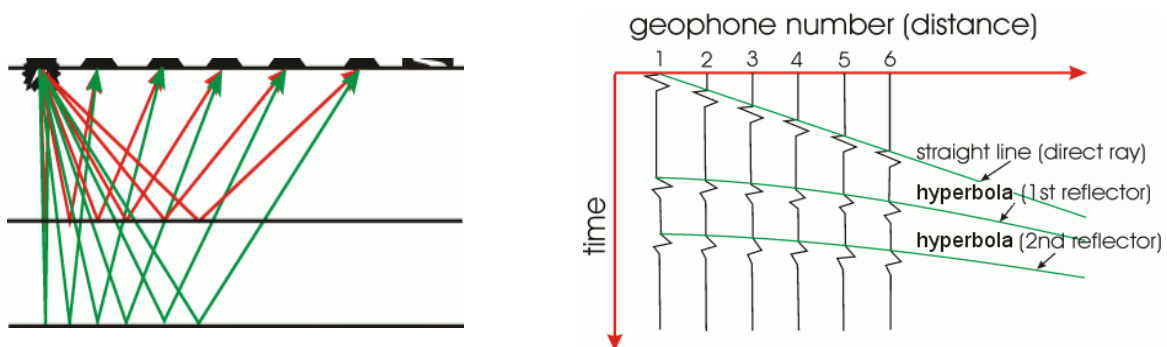
L'indagine geofisica e le caratteristiche mecanoelastiche dei terreni

Sono state eseguite una serie di indagini geofisiche dirette a verificare le caratteristiche mecanoelastiche di questi terreni utilizzando le tecniche della sismica a rifrazione-riflessione che attraverso la misura diretta delle velocità di propagazione delle onde sismiche indotte da impulsi meccanici in superficie consente di risalire alle caratteristiche fisiche ad esse associate, moduli elastici e delle loro geometrie in profondità. E di derivare, per associazione i parametri fisico meccanici utili per il supporto alla progettazione geotecnica e sismica secondo le Norme Tecniche per le Costruzioni NTC 2018.

L'indagine geofisica è stata eseguita utilizzando il metodo sismico a riflessione a piccola profondità nel dominio delle frequenze.

La sismica a riflessione a piccola profondità è una metodologia poco utilizzata nella pratica comune a causa della difficoltà di risoluzione degli arrivi riflessi in un range temporale in cui si sovrappongono gli arrivi delle onde P, S ed R.

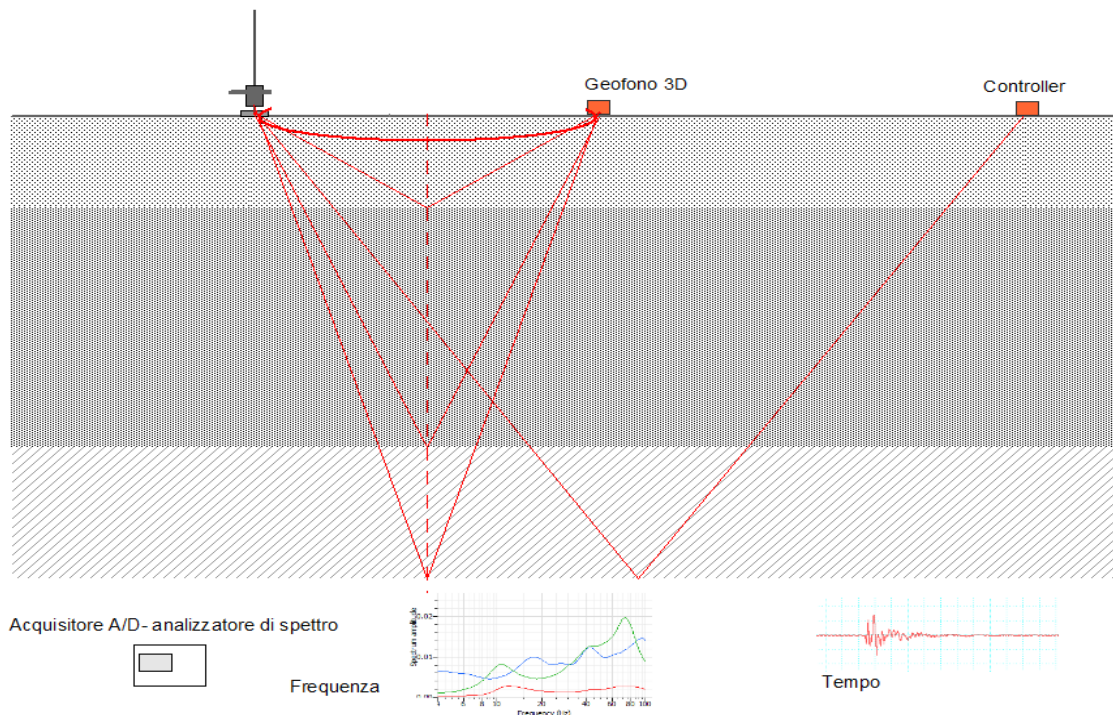
Tuttavia utilizzando una serie accorgimenti relativi alle condizioni di offset, frequenze passabanda ed energizzazione è possibile ottenere risultati molto definiti all'interno di una finestra temporale sufficientemente ampia (optimum window).



Viene generalmente utilizzata una finestra utile compresa tra 4 e 9 metri di elongazione geofonica all'interno della quale è possibile riconoscere il riflettore principale analizzando in maniera differenziale i risultati ottenuti con le tre componenti direzionali, Z, X ed Y. relativo alle onde S. Come è possibile, infatti, riscontrare nel diagramma sintetico delle dromocrone gli arrivi della prima riflessione in onde P è nascosto dagli arrivi rifratti, mentre gli arrivi

successivi al primo necessitano di procedure di amplificazione selettiva e sorgenti di energizzazione idonee.

Questo tipo di indagine non può essere utilizzato per ricostruire una sezione litostratigrafica tradizionale, ma consente, invece, di individuare il punto di maggiore “contrasto di velocità sismica” nella sequenza dei terreni. Punto in corrispondenza del quale può essere individuato il valore più elevato del coefficiente di riflessione e quindi, di separazione tra il bedrock e i terreni soffici di copertura. E questo è quello che richiede esattamente la rinnovata normativa antisismica (NTC 2018).



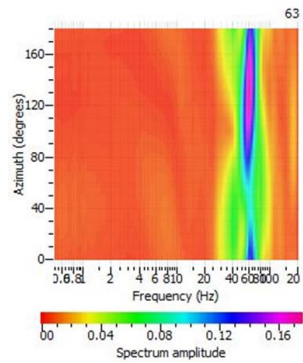
Le velocità misurate sono onde di tipo R derivate cioè dalla sovrapposizione fisica delle onde P compressionali e le onde S, tangenziali

È stata adottata la geometria con due geofoni accoppiati energizzando il terreno con una massa battente da 13.5 kg., con un avanzamento geofonico di 3 metri e massima elongazione di 9-12 metri.

Progetto Scioltabino S.1 lug-22 file DOBE0068
coord.

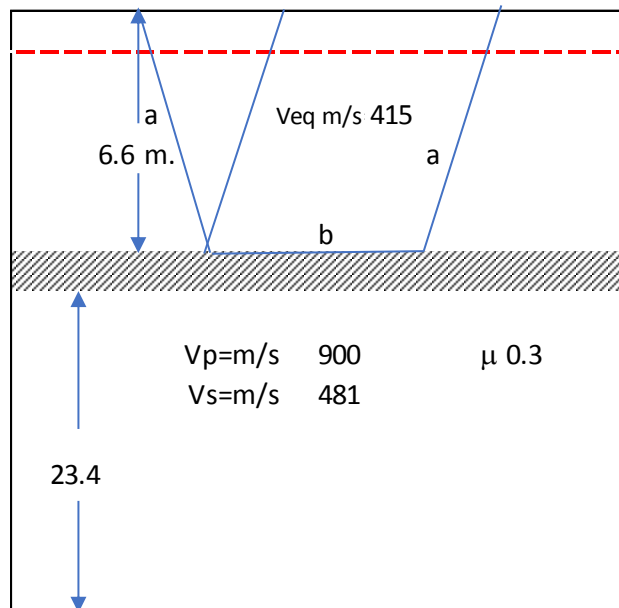
Hz. 63
angolo ° 131 24.5 0.42738889
distanza di battuta 3
distanza percorsa dal segnale sismico 14.48 metri

profondità= 6.59 metri
velocità equivalente= 415 m/s



CONTROLLER 12 DELAY TIME 0.01
velocità apparente 514.3 m/s
distanza percorsa dal segnale sism 22.51 m

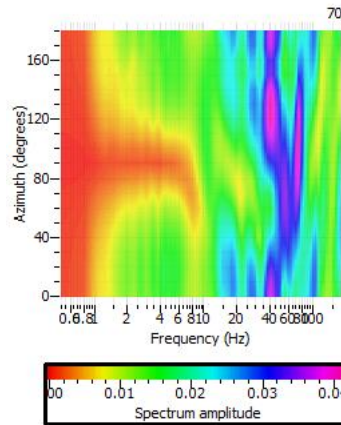
VS30 m/s 465 Categoria del suolo NTC 2018 B



Progetto Scioltabino S.2 lug-22 file DOBE0070
coord.

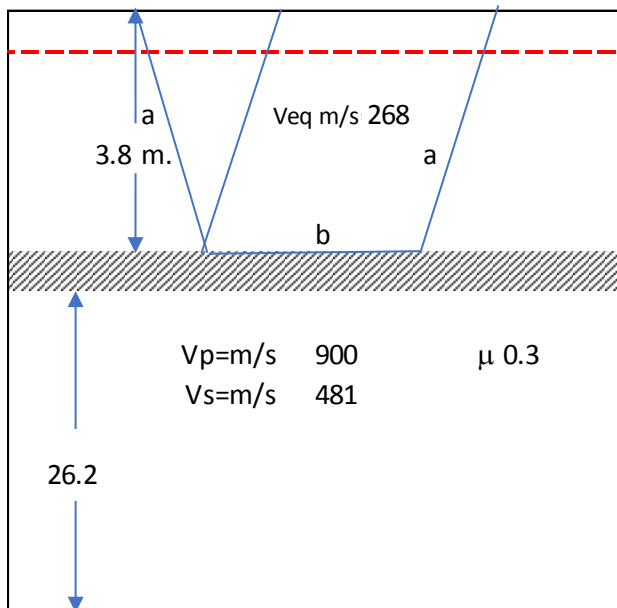
Hz. 71
angolo ° 103 38.5 0.67161111
distanza di battuta 3
distanza percorsa dal segnale sismico 9.64 metri

profondità= 3.77 metri
velocità equivalente= 268 m/s



CONTROLLER 12 DELAY TIME 0.01
velocità apparente 514.3 m/s
distanza percorsa dal segnale sism 17.12 m

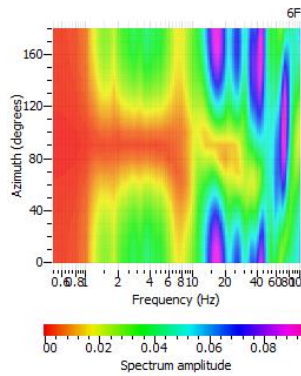
VS30 m/s 437 Categoria del suolo NTC 2018 B



Progetto Scioltabino S.3 lug-22 file DOBE006F
coord.

Hz. 68
angolo ° 97 41.5 0.72394444
distanza di battuta 3
distanza percorsa dal segnale sismico 9.06 metri

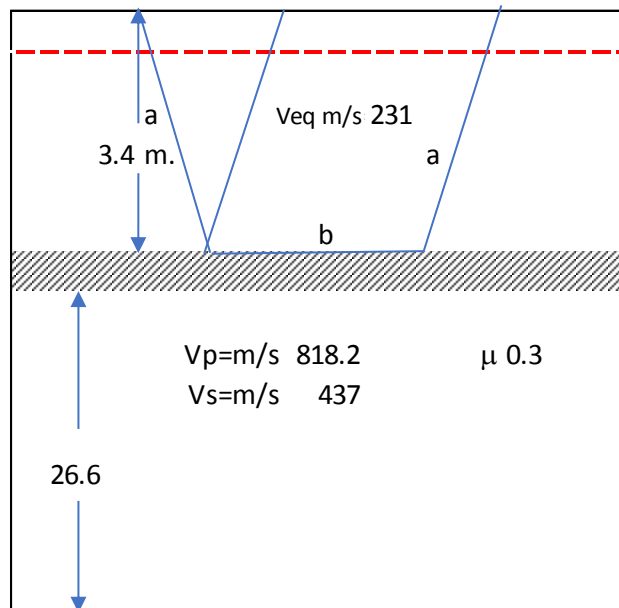
profondità= 3.39 metri
velocità equivalente= 231 m/s



CONTROLLER 12 DELAY TIME 0.011

distanza percorsa dal segnale sism 16.42 m

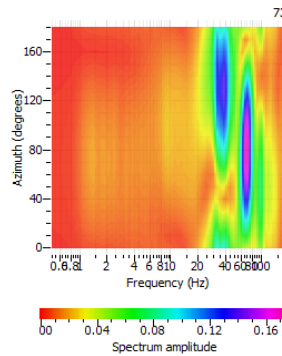
VS30 m/s 397 **Categoria del suolo NTC 2018 B**



Progetto Scioltabino S.4 lug-22 file DOBE0072
coord.

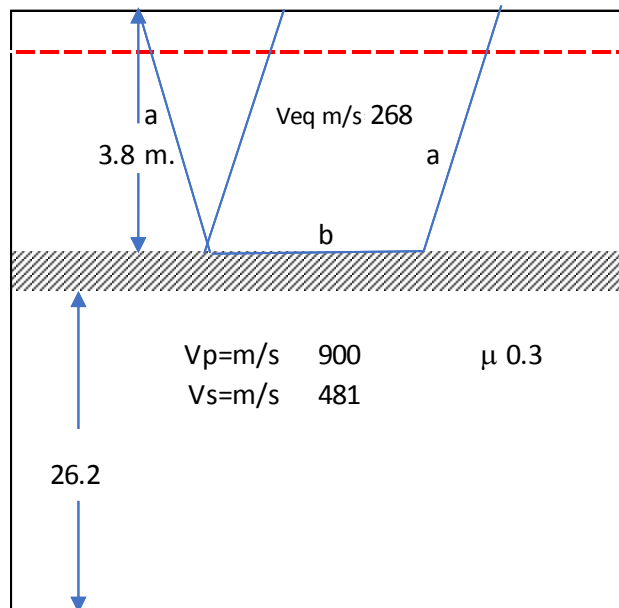
Hz. 71
angolo ° 103 38.5 0.67161111
distanza di battuta 3
distanza percorsa dal segnale sismico 9.64 metri

profondità= 3.77 metri
velocità equivalente= 268 m/s



CONTROLLER 12 DELAY TIME 0.01
velocità apparente 514.3 m/s
distanza percorsa dal segnale sism 17.12 m

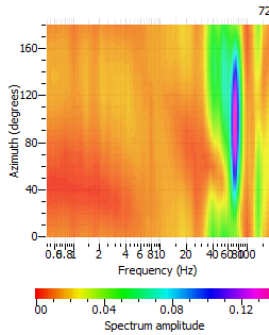
VS30 m/s 437 Categoria del suolo NTC 2018 B



Progetto Scioltabino S.5 lug-22 file DOBE0073
coord.

Hz. 40
angolo ° 133 23.5 0.4099444
distanza di battuta 3
distanza percorsa dal segnale si 15.05 metri

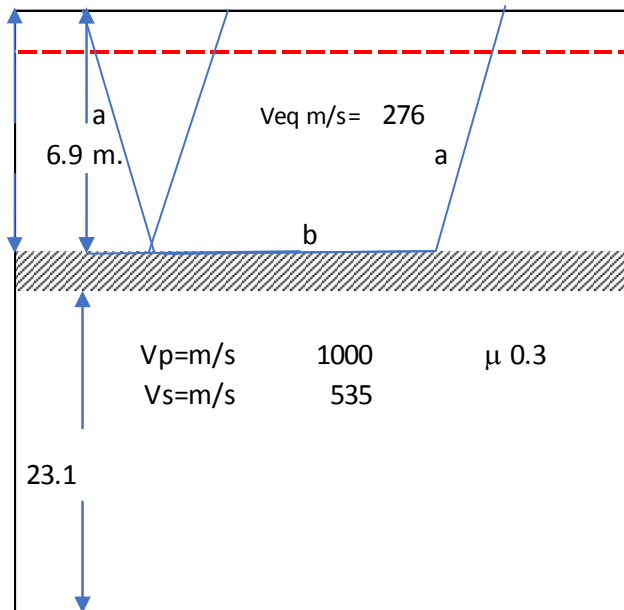
profondità 6.90 metri
velocità equival 276 m/s



CONTROLLE 12 DELAY TIME 0.009

distanza percorsa dal segnale 23.13 m

VS30 m/s 440 Categoria del suolo NTC 2018 B



Caratteristiche tecniche dei terreni

L'indagine rifrazione-riflessione ha evidenziato che lo strato allentato e decompresso si estende al di sotto del livello corticale fino alla profondità di 6,9 metri.

La sequenza accertata è pertanto:

- 1) il primo è costituito dal terreno detritico antropizzato e non ha rilevanza geotecnica e ha uno spessore massimo di circa 0,6 metri
- 2) il secondo si estende fino alla profondità di 6,9 metri ed è costituito da terreni cui compete un stato geomeccanico determinato dalla coesistenza di terreno eluviocolluviale e di strati litoidi allentati e decompressi negli strati più esposti come si evince dalle velocità delle onde P ed S.
- 3) Dalla rifrazione abbiamo confermato una velocità delle onde P pari a 900-1000 m/s.
- 4) Bedrock like di cui non conosciamo la velocità, ma che presenta un apprezzabile contrasto di impedenza sismica tale da consentire la riflessione dell'onda elastica, ma non così elevato da poter assegnare una velocità convenzionale delle onde S pari a 800 m/s in conformità alle NTC 2018

Caratteristiche tecniche del sedime di fondazione

Per questi terreni che rappresentano il sedime fondazionale delle opere in progetto sono stati ricavati i parametri fisici fondamentali, angolo d'attrito e peso di volume utilizzando una serie di correlazioni sperimentali proposte da diversi autori. In ogni caso non si pone per questi terreni il problema di capacità portante del terreno in termini di superamento della resistenza al taglio.

Tuttavia, è stata eseguita una correlazione tra V_s e N_{spt} (Imai & Yaschimura, 1972)¹ ed N_{spt} -angolo di attrito² (Road Bridge specification, Japanese Nationale Railway, Shioi-Fukuni 1982). Questi dati forniscono solo un riferimento di confronto con i parametri equivalenti di un terreno incoerente con le stesse velocità sismiche.

¹ Soil Behaviour in Earthquake Geotechnics, Kenji Ishihara, Oxford Engineering science series-46

² Road Bridge specification - Japanese Nationale Railway, Shioi-Fukuni 1982

L'utilità di fare riferimento ai dati di velocità di propagazione delle onde elastiche sia compressionali che di taglio, nei livelli più superficiali del terreno consente di acquisire una valutazione complessiva e dettagliata nei **volumi di interesse geotecnico** difficilmente ottenibile con misure e campionature puntuali a causa della eterogeneità latero verticale dei depositi superficiali.

coltre di copertura 0.6 - 6.9 metri

Vp=	0.5	km/sec	modulo di Poisson=	0.34	
Vs=	0.25	km/sec	peso di volume=	1.74	t/mc

modulo di taglio G= 10764 t/mq.
modulo di Young = 28847 t/mq.

Neq.= 12.9

angolo d'attrito* (Oshaki & Iwashaki)= 28.9 °

> 6.9 metri

Vp=	0.9	km/sec	modulo di Poisson=	0.3	
Vs=	0.48	km/sec	peso di volume=	1.90	t/mc

modulo di taglio G= 44784 t/mq.
modulo di Young = 116438 t/mq.

Neq.= 53.7

angolo d'attrito* (Oshaki & Iwashaki)= 43.4 °

* angolo d'attrito equivalente di un terreno incoerente con le stesse velocità sismiche

K(Winkler)= 2 kg/cm²

Considerazioni conclusive e classificazione del terreno NTC 2018

Le indagini eseguite hanno consentito di individuare un modello geologico di riferimento molto preciso e definito.

Tutti i dati ricavati dalle misure in situ, ed in particolare dalle traverse sismiche a rifrazione e dall'analisi dei segnali riflessi risultano convergenti tra di loro e coerenti con la geologia di riferimento.

L'indagine elettromagnetica multifrequenza è stata eseguita con la finalità di verificare l'esistenza di anomalie eventualmente correlabili con la presenza di strutture antropiche sepolte lungo una serie di tracciati campione in ordine alla delimitazione di questa zona come area di attenzione geomorfologica.

I risultati hanno confermato la sostanziale uniformità della sequenza dei terreni entro le profondità di interesse del progetto, circa 5-6 metri, ambito nel quale si possono considerare le sollecitazioni indotte in profondità dalle opere in progetto e da, eventuali movimenti di terra.

Dal punto di vista idrogeologico e idrologico sono state individuate tre diverse aree che delimitano piccoli bacini imbriferi con linee di deflusso differenti. In questo ambito, in relazione alla maggiore o minore presenza in affioramento o in substrato dei terreni permeabili, sono stati definiti, presuntivamente l'incidenza sui diversi coefficienti di deflusso, in ordine al calcolo della invarianza idrologica ed idrogeologica che sarà sviluppato in fase di progetto esecutivo.

L'indagine geofisica RRF (Riflessione-rifrazione nel dominio delle frequenze) ha consentito di individuare le caratteristiche medie complessive che caratterizzano l'area di interesse in funzione della parametrizzazione secondo le NTC 2018.

La sezione geosismica evidenzia la presenza di modeste variazioni della morfologia sepolta del tetto del substrato.

La velocità VS30 ricavata per correlazione dalle prove di sismica a rifrazione-riflessione è superiore a 360 m/sec con una profondità del bedrock crescente con la profondità (presumibilmente non superiore a 30 metri), che consente di classificare questo terreno di fondazione come appartenente alla categoria **B** delle NTC 2018.



The image shows a handwritten signature in blue ink on the left. To its right is a circular professional stamp. The stamp contains the text: 'dr. geol. CARMELO GAUDIOSO (N. 222) REGIONE REGIONE SICILIA - SICILIA - GEOLOGI'.