

INTEGRAZIONI ISTRUTTORIA VIA

CDED 31: CARSISMO

***NODO STRADALE E AUTOSTRADALE DI GENOVA
ADEGUAMENTO DEL SISTEMA A7 – A10 – A12***

PROGETTO DEFINITIVO

autostrade // per l'italia

INDICE

1	PREMESSA.....	3
2	CARSISMO.....	4
2.1	Elaborati ed informazioni contenute nel PD	4
3	CENSIMENTO CAVITA' CARSICHE LUNGO IL TRACCIATO	6
4	TECNOLOGIA E MODALITA' DI SCAVO.....	8
4.1	Metodi di indagine geofisica.....	9
4.1.1	Metodo BEAM.....	10

1 PREMESSA

La Regione Liguria, nel Parere n. 270 del 25/10/2011 formulato dal Comitato tecnico Regionale per il territorio – Sezione per la Via (allegato alla DGR 1345 del 11/11/2011), ha scritto: *“si ritiene opportuna una verifica dell’eventuale presenza, nell’intorno del tracciato in attraversamento delle “Dolomie del Gazzo” e dei “Gessi di Rio Riasso”, di eventuali grotte censite nel catasto regionale e, se del caso, la valutazione delle eventuali interferenze con il tracciato. Qualora nel corso dell’esecuzione dell’opera fossero intercettate nuove grotte carsiche deve essere prescritta l’adozione di tutte le possibili misure atte alla tutela dell’ambiente nel rispetto delle disposizioni della L.R. 39/2009”* (punto 6.9).

Considerato che la Commissione tecnica VIA del Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM) ha richiesto di *“fornire riscontro alle richieste di integrazioni predisposte dalla Regione Liguria”* (punto 1.38), **il presente documento è pertanto redatto in risposta al punto 6.9 della Regione sopra richiamato.**

2 CARSISMO

2.1 Elaborati ed informazioni contenute nel PD

Nel progetto definitivo la cartografia geologica (rif. GEO0005) elaborata riporta la presenza di cavità carsiche (con simbologia Ω). Soprattutto nella zona della Val Chiaravagna, interessata dall'attraversamento dell'opera e caratterizzata dalle formazioni geologiche dei calcari di Gallaneto e Lencisa e delle dolomie del Gazzo, sono stati inseriti in planimetria le ubicazioni degli ingressi di grotte riconosciute a livello speleologico e scientifico. Con l'ausilio di banche dati ufficiali disponibili anche in internet (catasto speleologico ligure, <http://www.catastogrotte.net/> e da siti specializzati <http://www.openspeleo.org/>) sono state raccolte informazioni e schede riepilogative relative a cavità presenti sul territorio (coordinate geografiche, località sviluppo planimetrico, estensione e dislivelli). Durante i sopralluoghi di rilevamento e di studio nella fase progettuale, la posizione planimetrica in alcuni casi è stata verificata direttamente in situ. Dai dati di sondaggi effettuati in zona (VB10, VB11) è stato possibile ricostruire la sezione-profilo di interesse (rif. GEO0011).

Di seguito si riporta in tabella con l'elenco delle grotte carsiche segnalate nella planimetria geologica (rif. GEO0005):

Area	Monte Gazzo	
Cod.	Numero catastale	Nome
	401 LI	Grotta del Rospo - Grotta del Monte Gazzo
	471 LI	Grotta Rossa
	470 LI	Grotta del Falco
	951 LI	Grotta dello Scrigno
	949 LI	Grotta Silvio Daneri
	943 LI	Antro delle Marmitte
	128 LI/GE	Tanna du Brigidun
	-	Diaclasi de Tubo in Cava
	950 LI/GE	Buco della Strada

Area	Alta Val Chiaravagna	
Cod.	Numero catastale	Nome
VC1	-	Grotta di Tuio
VC1a	-	Pozzo degli occhiali
VC2	-	Grotta delle Ossa Rotte
VC3	320 LI	Pozzetto della Stalattite
VC4	319 LI	Grotta di Case Tuio
VC4b*	317 LI	Grotta della Chiesa
VC5	1634 LI	Buranchino di Sopra
VC6	315 LI	Buranco de' Strie
VC7	-	Grotta delle Castagne
VC8	318 LI	Pozzetto di Costa Coppa
VC8a	-	Buca del Sentiero
VC9	1637 LI	Pozzetto Renato Viganego
VC11	311 LI	Grotta superiore della Gianchetta
VC12	-	Buco del Salto
VC13	-	Grotta della Bocca del Leone
VC14	-	Buco del Tombino
VC15	305 LI	Grotta inferiore della Bianchetta
VC16	316 LI	Grotta 3 della Gianchetta
VC19*	-	Grotta Costa di Serra
VC20	-	Buranco da Pria Moia
-	-	Under 45 kg

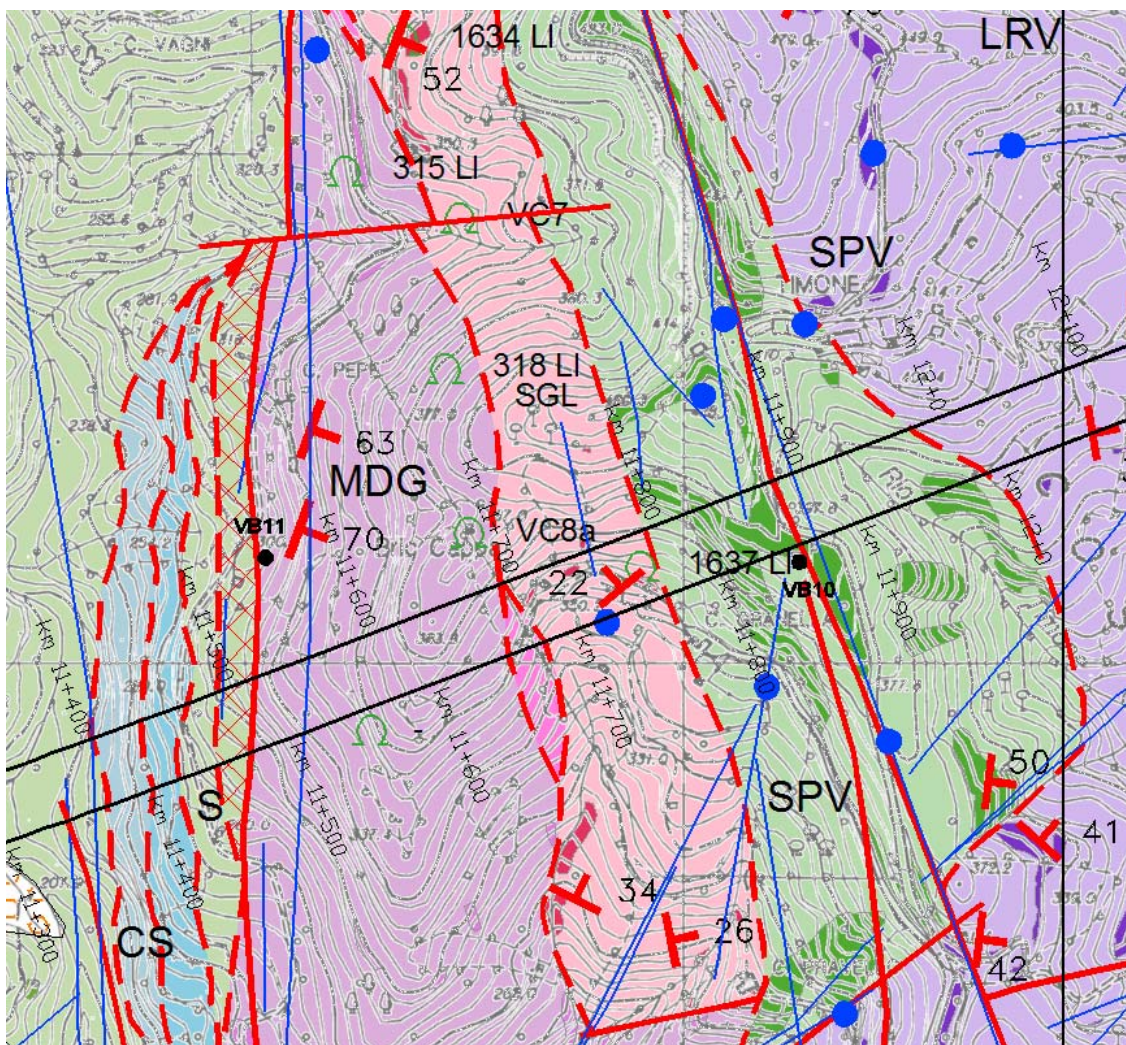
3 CENSIMENTO CAVITA' CARSICHE LUNGO IL TRACCIATO

In planimetria geologica, come precedentemente ricordato, sono state inserite le ubicazioni degli ingressi di grotte censite nel catasto regionale: in particolar modo si evidenziano nell'intorno del tracciato alcune cavità carsiche, tra le quali, nei pressi del paese di San Pietro ai Prati, la grotta più profonda della provincia di Genova, il *Buranco de Strie*, sigla 315LI, con uno sviluppo verticale di 130 metri. L'ingresso della cavità è alla quota di circa 340 m s.l.m. e si ritrova in planimetria a circa 300 mt dalla linea di tracciato (Figura 1). Riguardo a ciò, si evidenzia che la quota di progetto della galleria è a circa 130 m s.l.m.

Tabella 1 Elenco cavità carsiche rilevate nell'intorno del tracciato con le informazioni del catasto speleologico

Cod.	Numero catastale	Nome	Coordinate Gauss		Quota (m s.l.m.)	Sviluppo (m)	Dislivello (m)	Litotipo dominante
			N	E				
VC5	1634 LI	Buranchino di Sopra	4923228	1487761	375	-	-5?	Calcari di Lencisa e Gallaneto
VC6	315 LI	Buranco de' Strie	4923141	1487723	340	225	140	Dolomie del Monte Gazzo
VC7	-	Grotta delle Castagne	4923110	1487798	340	20	-2	Calcari di Lencisa e Gallaneto
VC8	318 LI	Pozzetto di Costa Coppa	4923012	1487789	333	8	-7	Dolomie del Monte Gazzo
VC8a	-	Buca del Sentiero	4922904	1487805	338	-	-	Dolomie del Monte Gazzo
VC9	1637 LI	Pozzetto Renato Viganego	4922882	1487917	345	35	-36,8	Calcari di Lencisa e Gallaneto
-	-	Under 45 kg	4922774	1487740		15 m?	-6?	Dolomie del Monte Gazzo

Per ulteriori approfondimenti si rimanda agli elaborati idrogeologici e geologici di progetto.



**Figura 1 Stralcio planimetrico della carta geologica sul settore di interesse
(da elab. GEO0005-1)**

4 TECNOLOGIA E MODALITA' DI SCAVO

La zona interessata dalle “Dolomie del Gazzo” e dai “Gessi di Rio Riasso” sarà attraversata dalle due canne della galleria autostradale Monterosso. La realizzazione delle due gallerie autostradali prevede lo scavo meccanizzato mediante l'impiego di una TBM (Tunnel Boring Machine) scudata del diametro di circa 14 m con un rivestimento in conci prefabbricati dello spessore di 60 cm.

Con riferimento ai profili longitudinali geomeccanici e di monitoraggio, lungo la galleria sono state indicate le tratte particolarmente critiche o incerte per quanto concerne la posizione dei limiti geologici, delle faglie, delle zone di taglio e delle rocce di faglia. In tali tratte e nelle formazioni geologiche dove è possibile la presenza di fenomeni di carsismo è previsto che la TBM sia attrezzata per eseguire delle indagini in avanzamento basate su metodologie di tipo geofisico.

La scelta del metodo di indagine geofisica in avanzamento rispetto al fronte di scavo sarà effettuata in sede di Progetto Esecutivo anche in funzione della scelta del tipo di TBM scudata. Nel paragrafo successivo, a titolo orientativo, vengono descritti alcuni metodi di indagine geofisica.

Sulla base di una delle tecniche di indagine geofisica, sarà possibile individuare, in anticipo rispetto all'avanzamento, anche la presenza di eventuali cavità o grotte carsiche e, qualora venissero effettivamente intercettate grotte di dimensioni significative, potranno essere predisposte apposite nicchie di accesso attraverso il rivestimento definitivo della galleria. Tale possibilità si è già verificata in passato: ad esempio durante gli scavi delle due canne autostradali della galleria Carso a Trieste in calcari e dolomie è stato intercettato un complesso sistema di gallerie e pozzi naturali di quella che si è poi rivelata una delle più importanti grotte del Carso denominata la Grotta Impossibile. Tale grotta è stata resa accessibile dalla galleria mediante una apposita nicchia con portone di accesso per l'accesso degli speleologi e delle persone autorizzate (si veda a questo riguardo l'articolo del Prof. Cucchi “La Grotta Impossibile: note geologiche” pubblicato sul numero 3 del 2006 della rivista della Società Italiana Gallerie).

Eventuali segnali di cavità rilevati da indagini in avanzamento saranno segnalati alla Regione , in modo da attenersi a quanto indicato nella Legge Regionale n. 39/2009.

4.1 Metodi di indagine geofisica

I metodi di indagine geofisica possono essere suddivisi in elettrici/elettromagnetici, sismici e sonici (cfr. Tabella 1) (Galera, 1997; Galera e Pascador, 2005; Sambuelli e Godio, 20002; Sambuelli et al., 2004).

Il metodo **Bore - Tunnelling Electrical Ahead Monitoring (BEAM)** è basato sulla polarizzazione indotta nel terreno utilizzando la testa della TBM come induttore e consente di ricavare lo stato di fratturazione dell'ammasso roccioso, la presenza di acquiferi e anche di cavità (Galera e Pascador, 2005). Questo metodo è stato recentemente usato per l'investigazione in avanzamento nel cunicolo di emergenza Ginori affiancato alla galleria Vaglia nella tratta ad Alta Velocità tra Bologna e Firenze (Marcheselli e Ludde, 2002). I metodi sismici, tra cui i più recenti sono il **TSP 203 (Tunnel Seismic Prediction)** e il **TRT (Tunnel Reflection Tomography)**, consentono di individuare la variazione dello stato di fratturazione dell'ammasso roccioso, faglie o altre irregolarità dell'ammasso roccioso. Questi metodi hanno però il difetto di richiedere per l'esecuzione delle misure l'interruzione delle operazioni di scavo per un tempo di 1-1.5 ore per il TSP 203 e di 20' per il TRT. Entrambi richiedono inoltre un tempo di elaborazione dei dati non trascurabile in rapporto alle velocità di avanzamento della macchina, conseguentemente, le informazioni che vengono ottenute con questi metodi anche se precise ed affidabili possono non essere tecnicamente compatibili con lo scavo.

Il metodo TSP è stato utilizzato per le investigazioni della Zona della Piora nel Tunnel di base del Gottardo. I metodi sonici sono essenzialmente applicati nel metodo **SSP (Sonic System Probing)**, che investiga il cambio di densità del mezzo con onde soniche generate da emettitori localizzati sulla testa di abbattimento. Questo sistema non intralcia le operazioni di scavo (Galera, 1997) ed è stato applicato nella galleria sotto il fiume Elba ad Amburgo (Herrenknecht, 2001).

Tabella 2 Confronto tra i metodi geofisici utilizzati per le investigazioni in avanzamento davanti a macchine di scavo (Galera e Pescador, 2005)

Metodo	Principio operativo	Penetrazione nel massiccio davanti alla macchina	Interferenza con lo scavo	Facilità di interpretazione dei dati
BEAM	Elettromagnetico	2.5-4 Φ	Nulla	Media
TSP-203	Sismico	10-20 Φ	Elevata	Complicata
TRT	Sismico	5-15 Φ	Media	Complicata
SSP	Sonico	30 Φ	Nulla	Complicata

4.1.1 Metodo BEAM

Allo scopo di illustrare la potenzialità di tali sistemi ad evidenziare preventivamente, durante l'avanzamento dello scavo, la presenza anche di vuoti e cavità carsiche si illustra più in dettaglio il citato metodo BEAM che attualmente è anche applicato per la costruzione della galleria Sparvo, lungo la Variante di Valico.

Il sistema BEAM è costituito da una serie di disk-cutter isolati elettricamente dal resto della macchina che emettono una corrente alternata debole variabile in frequenza che permette l'analisi di un prisma di terreno di circa 45 m oltre la testa (Figura 2). Lo scudo della fresa costituisce un elettrodo che genera una corrente di guardia necessaria per forzare la corrente verso il prisma da analizzare (Figura 3). L'acquisizione dei dati e la valutazione è ottenuta con correnti alternate $I_0(f)$ emesse da ogni cutter isolato (A_0). Per ogni punto A_0 si ottiene dal terreno indagato una resistenza $R(f)$ funzione della frequenza.

Il valore PFE (Percentage Frequency Effect) del terreno è calcolato nella seguente maniera:

$$R(f_1) = U(f_1)/I_0(f_1) \text{ (ohm)}$$

$$R(f2) = U(f2)/I0(f2) \text{ (ohm)}$$

Con $U(f)$ – costante (volt)

$$PFE = 100 \times ((R(f1) - R(f2)) / R(f1)) \text{ (\%)}$$

Ove $f1 < f2$

La misura di cui sopra è la polarizzazione indotta nella roccia, ovverosia la capacità della roccia di immagazzinare energia elettrica. Acqua e aria hanno un valore di PFE vicino allo zero. Bassi valori di PFE indicano roccia con molte fratture, cavità carsiche oppure sabbia e ghiaia. Valori elevati del PFE indicano materiale compatto. A questo riguardo nella Figura 4 è riportata una legenda interpretativa del valore di PFE: come si può notare valori negativi indicano la possibile presenza anche di cavità carsiche.

In conclusione, sulla base del sistema BEAM o, in alternativa, di una delle citate tecniche di indagine geofisica, sarà possibile individuare, in anticipo rispetto all'avanzamento, anche la presenza di eventuali cavità o grotte carsiche e, qualora venissero effettivamente intercettate grotte di dimensioni significative, potranno essere predisposte apposite nicchie di accesso attraverso il rivestimento definitivo della galleria. Tale possibilità si è già verificata in passato: ad esempio durante gli scavi delle due canne autostradali della galleria Carso a Trieste in calcari e dolomie è stato intercettato un complesso sistema di gallerie e pozzi naturali di quella che si è poi rivelata una delle più importanti grotte del Carso denominata la Grotta Impossibile. Tale grotta è stata resa accessibile dalla galleria mediante una apposita nicchia con portone di accesso per le l'accesso degli speleologi e delle persone autorizzate per visite guidate e organizzate (si veda a questo riguardo l'articolo del Prof. Cucchi "La Grotta Impossibile: note geologiche" pubblicato sul numero 3 del 2006 della rivista della Società Italiana Gallerie).

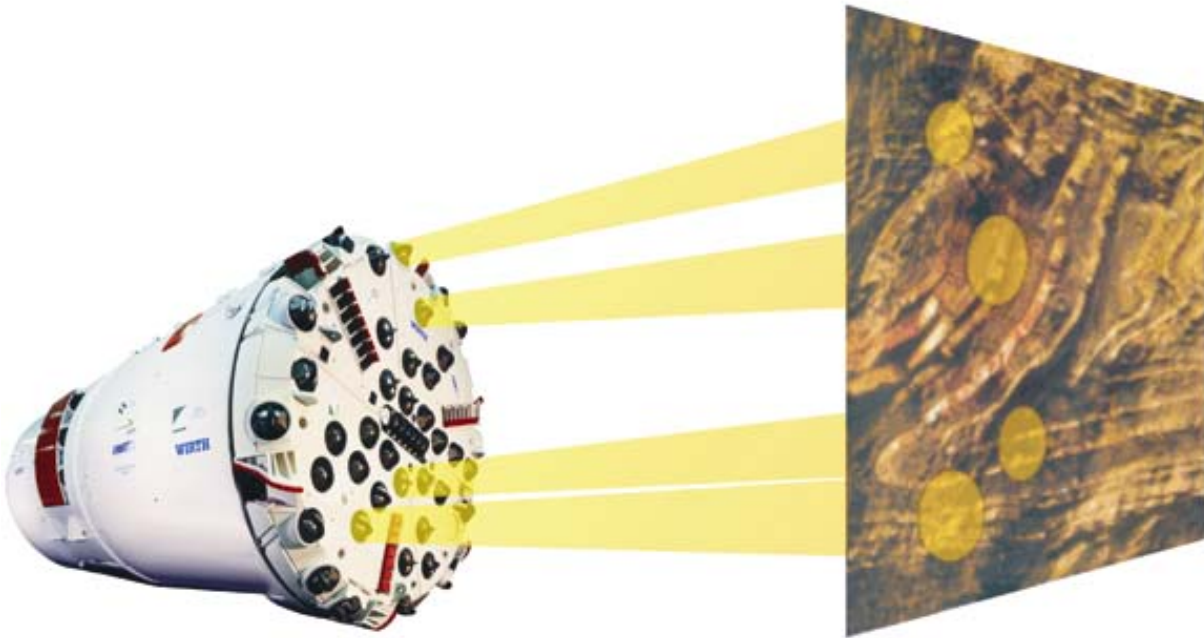


Figura 2 Schematizzazione del sistema BEAM

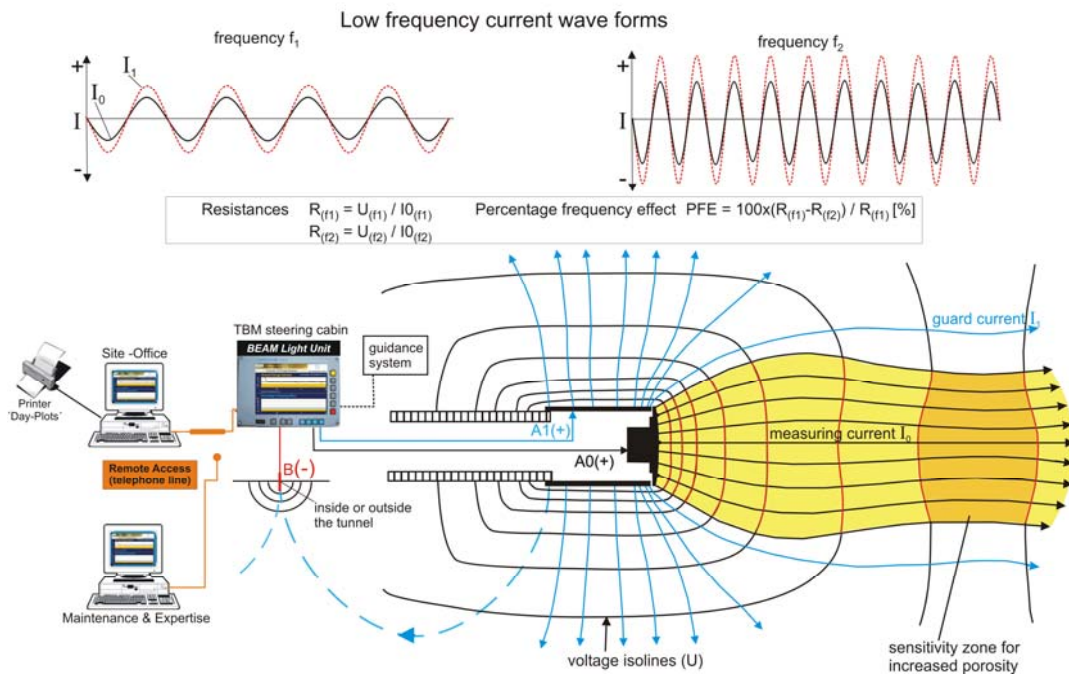


Figura 3 Campo elettromagnetico generato in avanzamento mediante il sistema BEAM

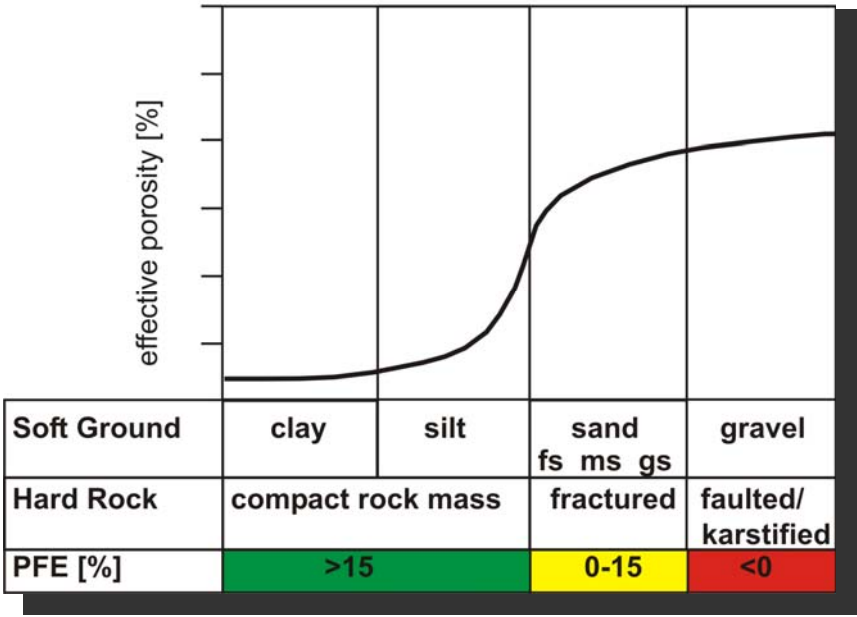


Figura 4 Relazione fra il valore di PFE, la porosità efficace e le condizioni geologiche