



AUTORITA' DI BACINO

COMUNE DI STIO

Parco del Cilento
e Vallo di Diano

COMUNE DI STIO

Provincia di Salerno

MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO

ALLA FRAZIONE GORGA

ELABORATI PROGETTO ESECUTIVO

Data: novembre 2013		Elabor.	Verif.	Approv.
Riferimenti:	Distinta materiale n°			
Progettisti: Maria Rosaria Reielli Ingegnere	Giuseppe Santangelo Ingegnere			
Geologo Luigi Lillo				
Committente: Amministrazione Comunale di Stio	Scala:	Foglio di		
Tavola: RELAZIONE GEOLOGICA	Disegno n :			1.5

PREMESSA

Nella presente relazione vengono riportati i risultati dell'indagine geologica eseguita su incarico dell'Amministrazione Comunale di Stio, a corredo del progetto "lavori di mitigazione del rischio idrogeologico alla frazione Gorga. "

L'intervento in esame ha come scopo la mitigazione ed l'eliminazione del rischio idrogeologico in un settore di territorio dichiarato a rischio erosione ai sensi della legge 267/98 e a rischio frane dall'autorità di Bacino Sinistra Sele nell'ambito del piano Stralcio per l'assetto idrogeologico.

Nell'ambito di un progetto generale di tali intervento, in questa fase è stato redatto un progetto stralcio di sistemazione riguardante la realizzazione di un canale di raccolta acque a monte dell'abitato di Gorga in modo da evitare che quest'ultime raggiungano l'abitato,

Finalità dell'indagine è stata quella di acquisire tutti i dati relativi agli aspetti geologici - geomorfologici ed idrogeologici dell'area in studio in modo da comprendere gli attuali processi erosionali in atto. Una prerogativa allo studio è stata la lettura e l'interpretazione delle foto aeree della zona e della cartografia topografica e tematica esistente nonché la ricerca bibliografica di lavori eseguiti da vari autori nell'area in oggetto.

Successivamente in campagna si è eseguito un accurato rilevamento geologico di dettaglio nell'ambito del tratto di bacino in studio, che ha consentito di accertare le caratteristiche litologiche-giacitoriali ed idrogeologiche dei terreni affioranti e di trovare un riscontro insito di quelle situazioni morfologiche individuate in prima analisi dalla lettura delle foto aeree e della cartografia topografica.

L'attenta analisi di questi dati ha permesso di valutare e definire le opere di sistemazione e prevenzione più idonee, e di proporre soluzioni tecniche più adeguate alle locali condizioni geologiche ed integrabili nel contesto paesaggistico ed ambientale della zona.

L'area infatti, rientra in parte nel Parco Nazionale del Cilento e Vallo di Diano ed è compresa nella zona 2.

Per la restituzione dati, oltre alla presente relazione, sono stati prodotti tre elaborati cartografici quali:

la carta geolitologica Sc 1:5000

la carta geomorfologica

la carta delle frane Sc 1:5000.

INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Il territorio comunale di Stio, dal punto di vista geologico, si sviluppa su un'area alquanto complessa in quanto in essa vengono a contatto, in un rapporto tettonico, termini ascrivibili alle unità terrigene dell'Appennino meridionale. Questo settore di territorio, così come l'intera area cilentana, è caratterizzata da un motivo strutturale dominante, rappresentato dalla sovapposizione dei terreni ascrivibili alle varie coltri di ricoprimento che compongono l'Appennino, sui sedimenti della "piattaforma carbonatica campano lucana avvenuta nel miocene.

E' ormai generalmente accertato che l'Appennino sia una catena a falde di ricoprimento, derivata in gran parte dalla deformazione dell'articolato bordo settentrionale del continente africano. Infatti "l'Appennino centro-meridionale" è una catena che si è realizzata in più fasi di compressione con vergenza nell'insieme Adriatica.

La deformazione delle zone esterne appenniniche si è spostata nel tempo e nello spazio dall'inizio del miocene sino almeno al pliocene medio, coinvolgendo, prima le zone attualmente prospicienti in Mar Tirreno e poi via via fasce più esterne fino all'avampaese adriatico, che è rimasto pressoché deformato.

Infatti la zona che nell'ambito dell'appennino meridionale ha raggiunto per prima un sostanziale equilibrio è quella più interna (Cilento, Monti

Picentini, Penisola Sorrentina). In questa fascia le grossi fasi surrettive si esauriscono nel corso del quaternario medio, determinandone la gran parte dell'assetto morfo strutturale.

L' attuale assetto morfologico del tenitorio comunale di Stio quindi, è conseguenza delle fasi tettoniche plio -pleistoceniche, a cui è da collegare il complesso sistema di faglie che hanno contribuito alla formazione di horst -carbonatici quali il blocco del M. Cervati prevalentemente monoclinale e bassi strutturali (Valle del Calore e dell' Alento) in cui prevalgono termini tenigeni.

Le formazioni terrigene affioranti nel territorio di Stio ancora oggi costituiscono oggetto di studio nella loro collocazione paleogeografica ed nel loro assetto stratigrafico nel contesto geologico dell'intera catena appenninica.

Recenti studi condotti da BONARDI (1988) definiscono un assetto strutturale delle formazioni del Cilento, dando una nuova collocazione alle varie formazioni affioranti. A partire dal basso l' Autore individua le Unità Liguridi in s.s. comprendenti l'Unità del Frido e il Melange di Episcopia-S.Severino, sottoposte sia alle Unità Nord - Calabrese costituita dalle ofioliti e dalla Formazione di Timpa della Murge, dalla formazione delle crete nere e dalla formazione del saraceno sia all' Unità dei " Terreni ad affinità sicilidi".Su tali unità poggia l' Unità o

Gruppo del Cilento, che risulta costituita dalle formazioni di Pollica, di Torrente Bruca, di S. Mauro, di Momonte Sacro e di Albidonia.

Quest' ultima unità è legata ad un ciclo sedimentario sinorogenico di età Burdigaliano -Langhiano, discordante sul substrato deformato, e viene assimilato per affinità litologiche e cronostratigrafiche ai depositi miocenici dell 'Unità Alburno cervati del secondo ciclo miocenico Calciruditi di Piaggine (SGROSSO 1981).

GEOMORFOLOGIA

Il territorio comunale di Stio rientra entro i limiti morfologici dei bacini idrografici .del Fiume Alento e Fiume Calore salernitano e ricade nella tavoletta I G M Laurino. La ima più elevata corrisponde a M.te le Coma 1000 m s.l.m.m. sulle cui pendici trovano origine le testate del Fiume Alento.

Dal punto di vista geomorfologico la zona in studio può essere raggruppato in un unico dominio ben delineabile, che con l' area di affioramento dei terreni flyschiodi delle varie unità terrigene.

In questi terreni mancano o sono molto rari le forme a controllo strutturale e questo, non perche mancano situazioni geologiche idonee, bensì le litologie affioranti sono poco conservative rispetto alle forme endogene(tipo i versanti di faglia) le quali vengono velocemente cancellate dai processi erosionali.

Le linee di drenaggio superficiale, quindi, raramente rimarcano i lineamenti tettonici presenti nella massa rocciosa, il loro andamento spesso risente di antiche situazioni morfologiche riconducibili talvolta alla fisiografia grossomodo tabulare modellata dal ciclo erosionale pre calabriano.

Le pendenze in questo dominio sono molto variabili ed i pendii hanno profili trasversali composti con diverse concavo, convessità.

La morfodinamica in atto è potenziale ed è dominata dall'erosione lenta per ruscellamento disordinato e diffuso sulle zone piane o con pendenze medio basse, dove agiscono spesso fenomeni di creep lento della coltre eluviale allentata.

Nelle zone di impluvio, prevale l'erosione lineare che innesca in alcuni casi frane di richiamo sui fianchi vallivi e nelle zone di testata. Tale fenomenologia si rinviene nel ventaglio di testata del fiume Alento dove lungo i versanti incisi dalle varie aste torrentizie sono interessate da diffusi fenomeni franosi.

Le frane attive, oggi presenti nel territorio, risultano retaggio della morfogenesi passata, come il caso del dissesto che coinvolge l'abitato di Gorga.

Lungo l'intero versante occidentale di Tempa Casalicchio che degrada verso il fondovalle dell'Alento, si rinvengono tre fenomeni gravitativi

profondi di grandi proporzioni con fenomenologia e cinematismo complesso. Non si esclude che trattasi di un unico e grosso fenomeno in parte quiescente, la cui corona è posta a c.a. 700 m di quota , dove nell'ambito del corpo centrale principale si sono innescati e/o riattivati dissesti minori.

argilloso caotico su cui nella zona sommatiale del rilievo di Tempa Casalicchio La maturità del fenomeno e le evidenze geomorfologiche accertate nell' area fanno ritenere che possa trattarsi di tre distinti fenomeni gravitativi profondi di tipo colamento lento. Il fenomeno interessa il membro calcareo poggia il membro calcareo politico

Due fenomeni gravitativi interessano il centro abitato di Gorga, il più esteso coinvolge la zona occidentale del paese, la corona di distacco ben distinguibile nell' ambito del versante, appare oggi modellata con chiari segni di maturità, ed è posta a valle della strada provinciale Stio Gorga a monte dell'abitato ad una quota di ca.600 m il fenomeno si estende poi lungo l'intero versante sino a raggiungere il fondo valle dell'F. Alento.

Il secondo dissesto si sviluppa nella zona orientale dell' abitato, la cui corona, anch' essa con segni di maturità morfologica, si individua a valle della chiesa ed anche in tal caso il fenomeno si estende sino al fondovalle. Sul lato esterno il cumulo è inciso da una asta torrentizia Vallone Fescali la cui azione erosiva al piede genera continui dissesti

sui bordi del cumulo con sensibili arretramenti del ciglio superiore della scarpata.

Entrambi i fenomeni pur se quiescenti, lungo i bordi e nella parte centrale subiscono locali riattivazioni come avvenne nel 1954 quando si ebbe un crollo di un'abitazione.

IDROGEOLOGIA

L'abitato di Gorga rientra esclusivamente entro i limiti morfologici del bacino idrografico dell'Alento,

Quest'ultimo trova origine sulle pendici occidentali di M.te Corna con un ampio ventaglio di testate le cui aste drenanti si uniscono dando origine al F. Alento a valle dell'abitato di Gorga.

Tutte le incisioni torrentizie presenti nella zona si sviluppano nei materiali terrigeni.

Il loro reticolo drenante è stato decisamente condizionato dai fenomeni franosi e si presenta come una fitta rete costituita da incisioni alquanto ravvicinate la cui morfologia è classica di alvei in forte approfondimento verticale.

La portata di tali incisioni, è a carattere torrenziale, ossia nulla o quasi nulla nei periodi di scarsa piovosità, elevata nel periodo di massima che gli conferisce, grazie al notevole trasporto solido, un elevato potere erosivo.

Nei termini argillosi che affiorano estesamente nel territorio comunale, data la loro bassa o quasi nulla permeabilità, la circolazione idrica sotterranea è alquanto limitata e di difficile individuazione.

Su tali materiali infatti, non è possibile ipotizzare alcun modello basato su situazioni strutturali e su tipi di permeabilità sicuramente definibili.

Le acque di ruscellamento, quindi, non potendo penetrare nel sottosuolo scorrono lungo i versanti alterando la roccia in posto e generando spesso fenomeni di intensa erosione.

RILEVAMENTO GEOLOGICO

L'abitato di Gorga, frazione del Comune di Stio, ricade nell'ambito territoriale dell'Autorità di Bacino Sx Sele, e ricade sul versante destro orografico del Fiume Alento le cui sorgenti si trovano nelle vicinanze dell'abitato sulle pendici del Monte Corna.

Nel territorio comunale affiorano terreni i e appartenenti alle varie Unità tenigene che costituiscono buona parte dell'ossatura dei rilievi collinari del Cilento Unità Del Flysch del Cilento, Unità Nord Calabrese, Unità Terreni ad affinità Sicilide. nel territorio comunale affiorano terreni i e appartenenti alle varie Unità tenigene che costituiscono buona parte dell'ossatura dei rilievi collinari del Cilento Unità Del Flysch del Cilento, Unità Nord Calabrese, Unità Terreni ad affinità Sicilide.

Il substrato dell' area è costituito dalla formazione dell' Unita Silentina nota in geologia regionale come Formazione di S. mauro la quale è presente con il membro basale arenaceo pelitico inferiore.

Trattasi di un ' alternanza ritmica di arenarie quarzoso - micacee di colore variabile da grigio chiaro ad ocre, a livelli pelitici grigio verdastri. Tale formazione affiora estesamente sul versante sx del Fiume Alento e nella zona occidentale e settentrionale dell ' abitato di Gorga.

Questo membro si presenta notevolmente tettonizzato con pieghe a piccolo raggio di curvatura e orientamento degli assi secondo la direzione NW - SE.

Dall'osservazione di alcuni tagli naturali nelle vicinanze del lotto si evince che l'assetto degli strati è abbastanza regolare e la giacitura è pressappoco suborizzontale, lo stato di fratturazione è alquanto spinto.

Su tale formazione, è sempre presente un manto eluviale pedogenizzato, con spessore dell' ordine del metro, costituito da pezzame litoide arenaceo di medie dimensioni immerso in un abbondante matrice argillosa sabbiosa grigio giallastra.

COSTITUZIONE DEL SOTTOSUOLO DELL'AREA

Per l'accertamento stratigrafico del sottosuolo dell'area si è fatto ricorso a un sondaggio geognostico a carotaggio continuo spinti sino alla profondità di 20 ml eseguito lungo la strada provinciale oggetto di intervento in località Tempa a corredo del Piano Regolatore Generale redatto dal sottoscritto.

Il sondaggio di cui si allega la stratigrafia è stato eseguito dalla ditta GEODIR di Salerno lungo la strada laddove sarà realizzata il canale e può ritenersi rappresentativo dell'area oggetto di intervento

Durante l'esecuzione del foro a più quote sono state realizzate prove penetrometriche del tipo SPT e prelevato un campione allo stato indisturbato su cui sono state eseguite prove di laboratorio geotecnico di cui si allegano i risultati.

Partendo dal piano campagna e procedendo verso il basso, si rinviene uno strato di materiale coerente costituito da pezzame litoide arenaceo di medie dimensioni immerso in una matrice argillosa grigio giallastra a luoghi prevalente. Trattasi della formazione flyschioide in posto alterata e destrutturata che si spinge sino alla profondità di - 3.00 m dal p.c. Segue un'alternanza regolare di livelli di strati di arenarie siltite ed argille siltose di colore grigio e grigio scuro e giallastre, in strati di spessore variabile tra i 5 e i 10 cm;

L'ammasso risulta compatto. Trattasi di terreni secondo la classificazione AGI di terreni estremamente consistenti.

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE E SISMICHE DEL SITO

Il sottosuolo del sito è costituito essenzialmente dalla formazione arenacea argillosa solitamente fratturata, ma nel complesso assimilabile ad un ammasso roccioso.

Sulla formazione flyschioide è presente una coltre alteritica con spessori che nell'ambito dell'area in esame mediamente variano dai 2 a 3 m ca, granulometricamente trattasi di argille sabbiose inglobanti pezzate litico di medie dimensioni. Secondo correlazione con i dati ottenuti con le indagini in sito (SPT) tale strato è assimilabile a materiale coerente mediamente compatto ben correlabili con i dati che la Letteratura Tecnica Ufficiale assegna, a questi terreni.

Le indagini di laboratorio geotecnico hanno fornito i seguenti valori dei parametri geotecnici:

$$\gamma (\text{peso di volume}) = 1,956 \text{ g/cm}^3;$$

$$c (\text{coesione}) = 0.61 \text{ Kg/cm}^2;$$

$$\varphi (\text{angolo di attrito interno}) = 23^{\circ}60'.$$

ed in condizioni non drenate (con $\varphi = 0$):

LL (limite liquido) = 41,33%;

LP (Limite plastico) = 22,26%;

Ip (indice plastico) = 19.07

I dati acquisiti con il profilo MASW ed elaborati come riportato nel paragrafo precedente, hanno consentito di investigare fino ad una profondità di circa 35 m dal piano campagna e di risalire ad un modello di sottosuolo costituito da 6 sismostrati.

Per quanto attiene alla O.P.C.M. n°3274 del 20/03/2003 e s.m.i. e al D.M. 14/1/2008 e segnatamente, in relazione al punto 3.2.2 del D.M. del 14/01/08, che individua cinque categorie di sottosuolo di riferimento per la definizione dell'azione sismica di progetto in funzione della velocità delle onde S nei primi 30 metri di sottosuolo (V_{S30}) secondo la seguente relazione:

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$

dove h_i è lo spessore in metri dello strato i-esimo compreso nei primi 30 m di profondità, V_i è la velocità delle onde di taglio nello stesso strato ed N è il numero di strati presenti nei primi 30 m di profondità del sottosuolo, la categoria di sottosuolo che caratterizza il sito è la categoria B della Tab. 3.2.II, atteso che per esso è stata determinata una $V_{S30} = 632$ m/s.

COMPATIBILITA' IDROGEOLOGICA

L'intervento in esame ha come scopo la mitigazione ed l'eliminazione del rischio idrogeologico nella zona dell'abitato di Gorga interessato da un vecchio movimento franoso.

L'abitato di Gorga rientra esclusivamente entro i limiti morfologici del bacino idrografico dell'Alento. Quest'ultimo trova origine sulle pendici occidentali di M.te Corna con un ampio ventaglio di testate le cui aste drenanti si uniscono danno origine al F. Alento.

L'intervento in esame consiste nella realizzazione di un canale di raccolta di acque piovane, previsto a monte dell'abitato in località Trone con l'obiettivo di intercettare ed allontanare le acque dalle aree interessate dal dissesto. Tale intervento risulta essere parte integrante di un progetto generale che prevede interventi sul reticolo idrografico presente nell'area il cui obiettivo finale è quello di mitigare il rischio idrogeologico da frana che attualmente incombe sull'abitato di Gorga. Dalla Carta del Rischio e della Pericolosità del Piano Stralcio, elaborate dall'Autorità di Bacino Sx Sele, le aree d'intervento rientrano in buona parte in zone a basso rischio sola per un piccolo tratto lungo la strada provinciale interessa due aree a rischio elevato così come si può evincere dalla cartografia allegata al progetto. L'abitato di Gorga infatti risulta interessato da un antico movimento franoso che coinvolge il

tratto di versate compreso fra la località Tempa ed il sottostante Fiume Alento.

Tale fenomeno franoso con cinematismo e tipologia complessa allo stato originale, evoluta successivamente ad un movimento di tipo colamento lento, interessa gran parte dell'abitato). Trattasi di un antico fenomeno gravitativo allo stato quiescente nella zona di testata e nella parte centrale del corpo di frana.

Chiari segni di movimenti in atto si registrano nella zona centrale dell'abitato compresa fra Via Monsignor Stromillo e piazza IV novembre dove sui fabbricati si evidenziano quadri fessurativi in evoluzione e con un incremento sensibile negli ultimi due anni .

Alcuni fabbricati ristrutturati nell'ultimo decennio ripresentano segni di dissesto nelle strutture sia orizzontali che verticali, la pavimentazione stradale realizzate in pietra negli anni 90-92 presenta numerose lesioni di trazione anche di quattro cinque centimetri . In Via Firenze tale lesione lo scorso anno è stata riparta mediante la rimozione e sostituzione delle pietre, attualmente la lesione si è ripresentata con maggiore ampiezza ed interessando in parte un fabbricato. Immediatamente a monte di quest'area nel 1954 a seguito degli eventi atmosferici che colpirono la regione, si ebbe il crollo di un edificio a seguito di una riattivazione del fenomeno franoso.

Situazione quest'ultima da non escludere anche in futuro visto che la ns zona è interessata negli ultimi tempi da eventi atmosferici di eccezionale portata, e che eventuali forti e copiose adduzioni di acqua nel sottosuolo fanno sì che il fenomeno si riattivi con una ipoetica evoluzione a colamento rapido con gravissime conseguenze a persone e patrimonio.

Infine i fenomeni franosi che interessano l'abitato e zone limitrofe, sono dissecati e/o limitati sui bordi da incisioni naturali in forte approfondimento verticale con chiari fenomeni di scalzamento alla base con successivo richiamo delle sponde. Gli interventi di bonifica e di sistemazione idraulica realizzati dal genio Civile di Salerno negli anni 60 – 70 lungo il Vallone che attraversa l'abitato e nel vallone Fescali nella zona di confluenza con il fiume Alento, allo stato attuale risultano fortemente danneggiati e pertanto del tutto inefficaci.

Pertanto è necessario intervenire nell'area con opere indirizzate alla salvaguardia del territorio, all'incolumità delle persone, proponendo per tale area degli interventi che limitano l'attuale livello di rischio migliorando l'equilibrio degli stessi e quindi della sicurezza del territorio prevedendo opere di difesa idrogeologica idrauliche e opere di ripristino e miglioramento delle reti scolanti.

Nel limite delle risorse disponibili in questa fase è prevista la sola realizzazione del canale di gronda a monte dell'abitato integrando gli interventi già eseguiti in zona da parte del Genio Civile di Salerno.

In nessun caso l'opera è causa di appesantimento lungo il versante in frana, e non è altro che la sostituzione della zanella esistente della strada, nel caso del canale previsto lungo la strada mentre negli altri casi non è altro che la politura e/o piccoli ampliamenti di canali in terra già esistenti.

In tal caso non vengono alterate le attuali condizioni di stabilità dell'area risultando migliorative rispetto alla pericolosità potenziale delle aree di attenzione.

Gli interventi progettati infatti, non interferiscono negativamente con le condizioni di franosità dell'area e non aggravano lo stato di rischio attuale, ma tendono complessivamente ad abbassarlo in quanto contribuiscono al consolidamento dei fenomeni erosivi ed alla sicurezza del territorio in accordo con le norme di attuazione del Piano Stralcio.

Gli interventi, previsti inoltre risultano di basso impatto ambientale e sono tali da favorire la ricostruzione dei processi e degli equilibri naturali, nonché la ricostruzione della vegetazione spontanea ed autoctona.

Le opere a farsi risultano essere migliorative rispetto alle attuali condizioni di sicurezza in cui versano attualmente le aree.

Sulla base delle considerazioni su esposte, si ritiene pienamente verificata la compatibilità idrogeologica degli interventi da effettuare, in quanto del tutto compatibili con i vari vincoli esistenti sul territorio, perché sono volti al miglioramento della situazione idrogeologica dell'area interessata ed alla salvaguardia delle infrastrutture e delle opere d'arte esistenti.

In conclusione si può affermare che **gli interventi previsti non alterano il preesistente equilibrio naturale, confermando la compatibilità idrogeologica.**

CONCLUSIONI

Il progetto in esame è stato finalizzato al massimo contenimento dei movimenti di terra, evitando in tal modo di deturpare il meno possibile la paesaggistica esistente e di non alterare le attuali condizioni di stabilità.

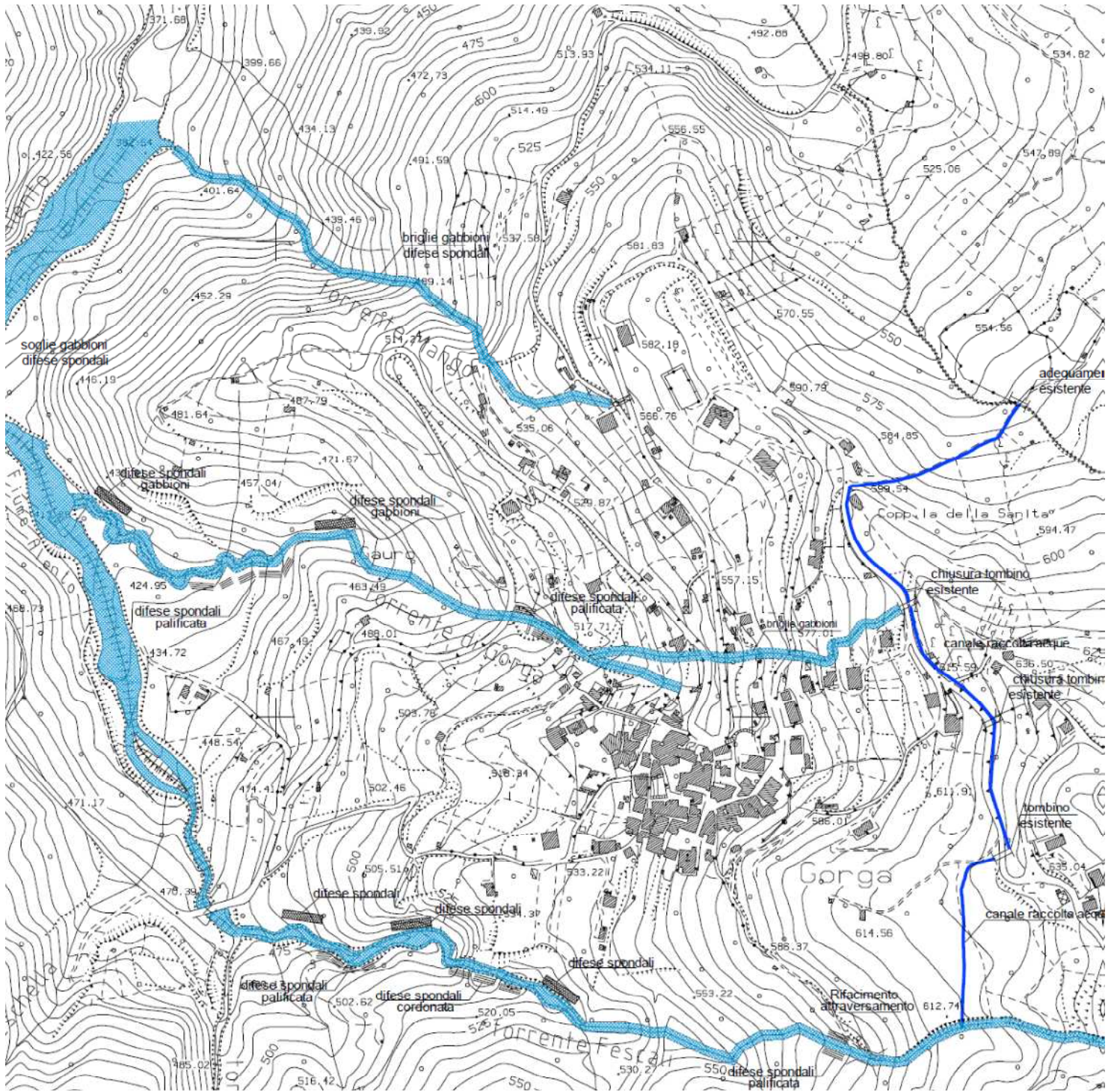
Tutti gli interventi previsti non sono altro che interventi stabilizzanti oltre che essere migliorativi per la salvaguardia e conservazione del territorio.

In conclusione si può affermare che l'intervento in generale migliora notevolmente la situazione idraulica delle aree e conseguenzialmente le condizioni idrogeologiche e statiche di insieme del territorio.

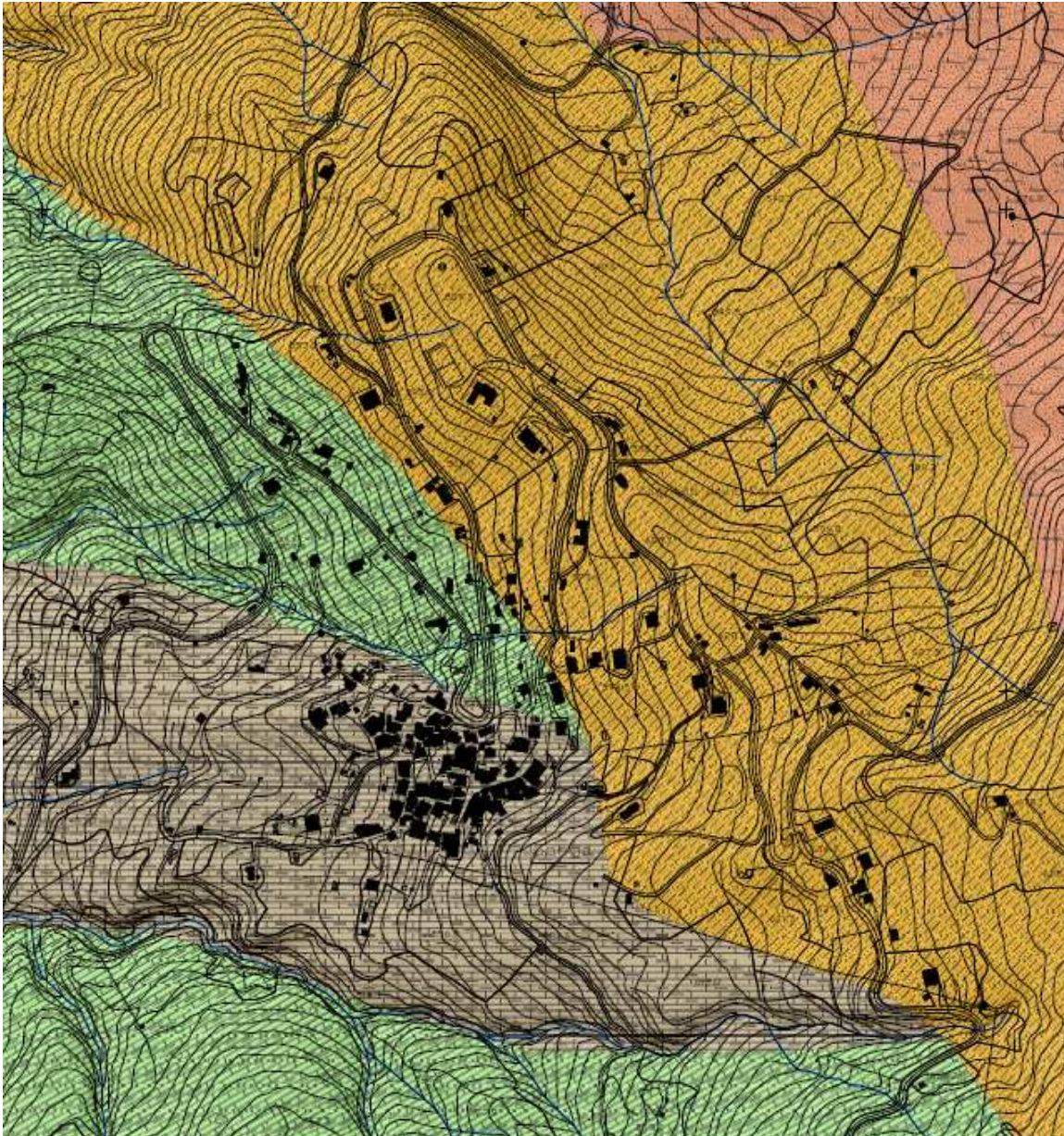
Va precisato che gli scavi necessari per la realizzazione delle opere previste in alveo, vengano realizzate nel più breve tempo possibile alla presenza di un geologo che ne stabilisca ogni volta i tempi e le modalità di esecuzione.

Del che è relazione

dr geol. Luigi Lillo

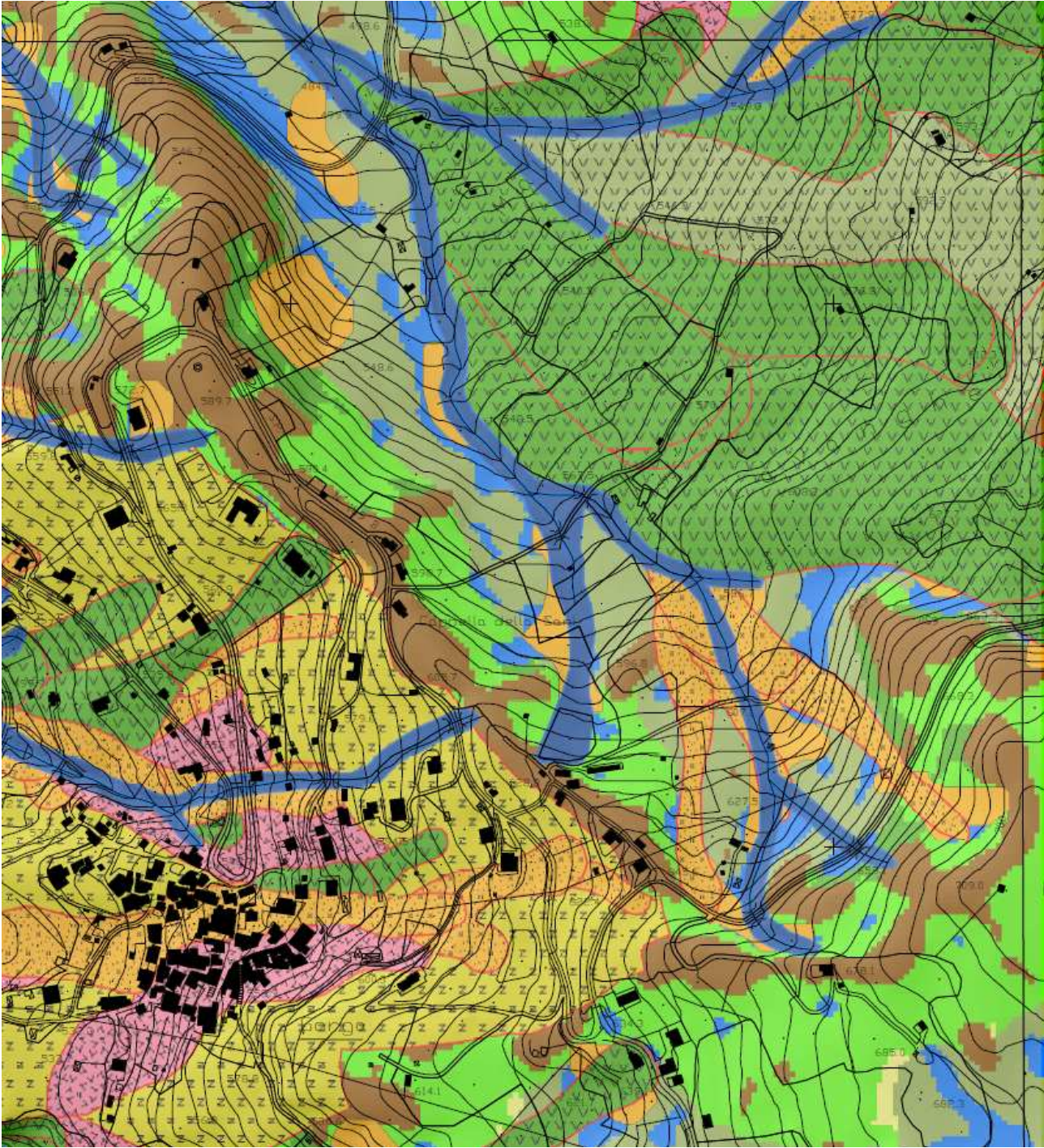


CARTA GEOLITOLOGICA



Gruppo del Cilento	Formazione di Monte Sacro		SRO	Conglomerati arenarie		CGA	Conglomerati ed arenarie in strati e locali banchi, a luoghi amalgamati, verso l'alto banconi. Fratturazione elevata.
	Formazione di San Mauro	Membro	MAU	Arenarie grossolane peliti marnose calcareniti conglomerati		ARMCG_B1	Arenarie in strati a banchi a luoghi amalgamati con membri pelitico-marnosi e verso l'alto conglomerati. Fratturazione media.
		Isca di Masi	MAU ₂	Arenarie conglomerati		CGA_B1	Arenarie e conglomerati in strati e banchi, subordinatamente orizzonti pelitico-marnosi Fratturazione media, alterazione elevata
		Vallone Cugnolo stretto	MAU ₁	Arenarie fini siltiti marnose calcilutiti		ARM_B1	Alteranza di arenarie, siltiti e marnose, regolarmente stratificati fratturazione media, deformazione media
		Fogliarina	f ₄	Calcilutiti marnose marnose		MC	Banchi e banconi di calcareniti e calcilutiti passanti a marnose con fratturazione amigdaloidale. Fratturazione media
		Fogliarina	f ₃	Calcilutiti marnose marnose		MC	Banchi e banconi di calcareniti e calcilutiti passanti a marnose con fratturazione amigdaloidale. Fratturazione media
		Fogliarina	m	Calcilutiti marnose marnose		MC	Banchi e banconi di calcareniti e calcilutiti passanti a marnose con fratturazione amigdaloidale. Fratturazione media
		Olistostroma	ol ₃	Olistostroma		AOBK_B3	Membro a struttura caotica con matrice pelitica fluidale e blocchi da varia natura e volumetria. Spessore variabile fino e oltre 50 m
		Fogliarina	f ₂	Calcilutiti marnose marnose		MC	Banchi e banconi di calcareniti e calcilutiti passanti a marnose con fratturazione amigdaloidale. Fratturazione media.
		Olistostroma	ol ₂	Olistostroma		AOBK_B3	Membro a struttura caotica con matrice pelitica fluidale e blocchi da varia natura e volumetria. Spessore variabile fino e oltre 50 m
	Fogliarina	f ₁	Calcilutiti marnose marnose		MC	Banchi e banconi di calcareniti e calcilutiti passanti a marnose con fratturazione amigdaloidale. Fratturazione media.	
	Olistostroma	ol ₁	Olistostroma		AOBK_B3	Membro a struttura caotica con matrice pelitica fluidale e blocchi da varia natura e volumetria. Spessore variabile fino e oltre 50 m	

CARTA GEOMORFOLOGICA



LEGENDA CARTA GEOMORFOLOGICA



SISTEMA DI VERSANTE



Versante aperto (< 30°)



Versante aperto (> 30°)



Talus e concavità morfologiche, piane e ripiani intermedi e sommitali



Valli e impluvi da poco a molto incisi, fossi di incisione, scarpate naturali ed artificiali



Aree con fenomeni gravitativi



Forra o valle fluviale molto incisa



Fosso



Fosso in approfondimento



Inghiottitoio



Limite di probabile esondazione



Vallette a fondo concavo



Area a franosità diffusa



Colata



Creep



Crollo



Deformazioni gravitative profonde di versante



Espansione laterale

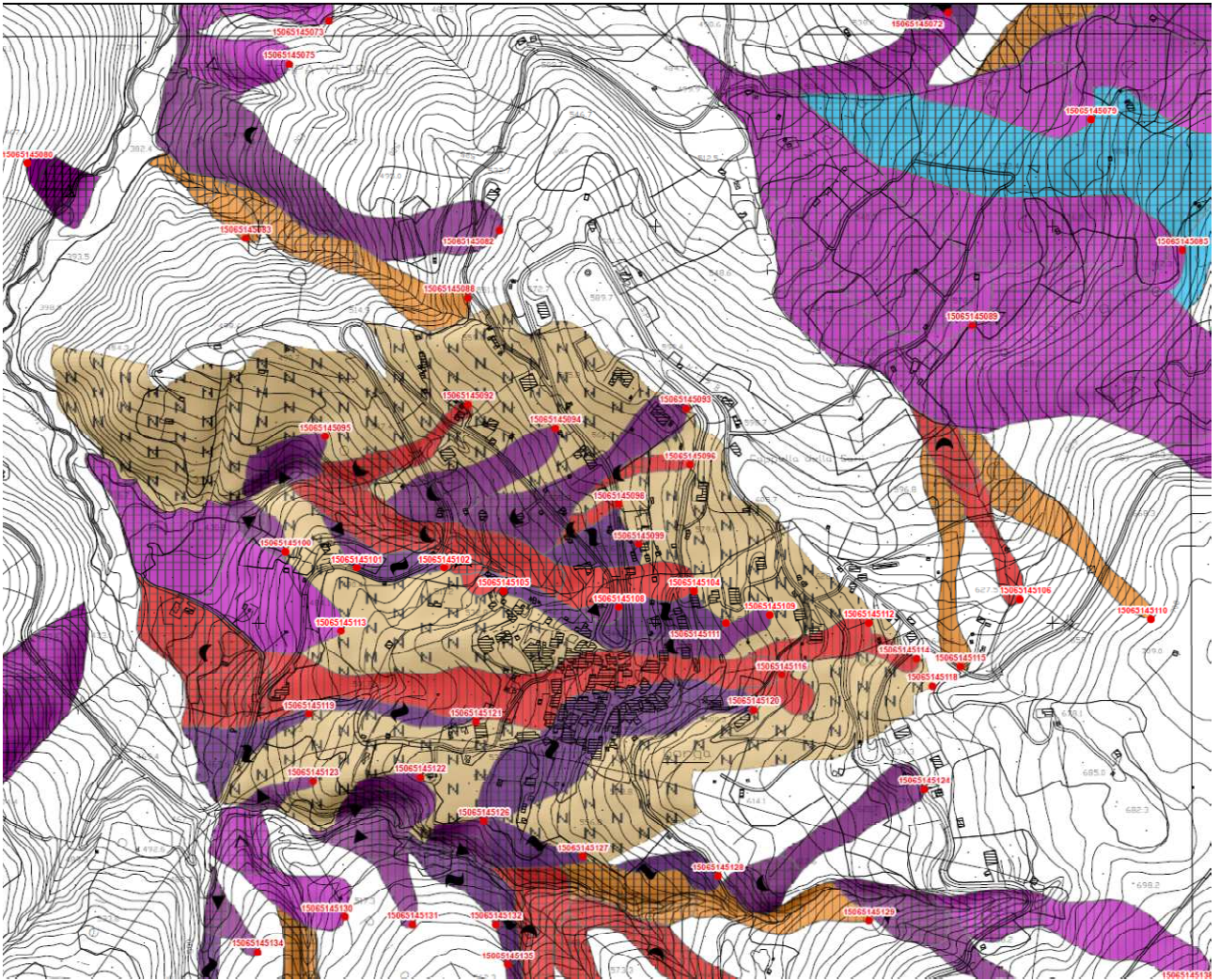


Scorrimento rotazionale



Scorrimento traslativo

CARTA INVENTARIO FRANE



LEGENDA

Tipo di Movimento	Applicabile ai poligoni Frana						Applicabile ai centroidi Frana		
	Retini			Colore (AutoCAD index color)			Simbolo		
	ZD	Zona ZT	ZA	A (R)	Q Stato o Attività (S,SA,SN,RE)	IN	A (R)	Q	IN (S,SA,SN,RE)
ACD Arce soggette a crolli/ribaltamenti diffusi (non definibili singolarmente)				46	56	66			
AFD Arce soggette a franosità diffusa (non definibili singolarmente)				42	58	72			
CLD Colata di detrito				100	110	111			
CLF Colata di fango				95	105	25			
CLR Colata rapida di terra				70	80	90			
CLT Colata lenta				81	91	41			
CLT_CLD Colata lenta_colata di detrito				87	97	47			
CLT_CLR Colata lenta_colata rapida di terra				81	91	41			
CRL Crollo				95	105	35			
CRL_CLD Crollo_Colata di detrito				95	105	35			
CRL_CLF_CLD Crollo_Colata di fango_Colata di detrito				95	105	35			
CRL_SCR Crollo Scorrimento rotazionale				95	105	35			
CRP Creep				200	210	101			
DGP Deformazioni gravitative profonde di versante				48	49	49			
ESP Espansione				70	71	30			
SCR Scorrimento rotazionale				216	217	201			
SCR_CLD Scorrimento rotazionale_Colata di detrito				216	217	201			
SCR_CLR Scorrimento rotazionale_Colata rapida di terra				216	217	201			
SCR_CLT Scorrimento rotazionale_Colata lenta				216	217	201			
SCR_CRL Scorrimento rotazionale_Crollo				216	217	201			
SCT Scioglimento traslativo				100	100	111			
SCT_CLT Scioglimento traslativo_Colata lenta				100	100	111			

4463000

4463000

4462500

4462000

**STUDIO ASSOCIATO
INTRAGEO - SERVIZI DI GEOLOGIA
DI CORRADINO & D'AGOSTINO**

*Via III Settembre n° 3 - 82100 Benevento
Tel/Fax: 0824 42207
Cel: 333 3244725*

*P.IVA: 01497220622
geologi3@libero.it*

**COMUNE DI STIO
PROVINCIA DI SALERNO**

RAPPORTO SULLE INDAGINI GEOFISICHE PER IL PROGETTO DI:

*“MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO
ALLA FRAZIONE GORGA”*

COMMITTENTE:

Dott. Geol. Lillo Luigi per conto dell'Amministrazione Comunale di Stio

DATA DELL'INDAGINE: 23-11-2013



**Il Responsabile dell'indagine:
Dott. Giuseppe D'Agostino**

A handwritten signature in black ink, appearing to be "G. D'Agostino", written over a horizontal line.



INDAGINI GEOFISICHE E RISCHIO SISMICO

Generalità sulle tecniche di indagine utilizzate

E' stata eseguita una indagine MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) al fine di determinare il parametro Vs30, nel rispetto delle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni, di cui al D.M. 14-01-08.

Nelle prospezioni sismiche per le quali si utilizzano le onde di tipo **P**, la maggior parte dell'energia sismica totale generata si propaga come onde superficiali di tipo **Rayleigh**. Ipotizzando una variazione di velocità dei terreni in senso verticale, ciascuna componente in frequenza di queste onde è caratterizzata da una diversa velocità di propagazione (chiamata velocità di fase) e quindi da una diversa lunghezza d'onda. Questa proprietà si chiama *dispersione*. Sebbene le onde superficiali siano considerate rumore per le indagini sismiche che utilizzano le onde di volume (riflessione e rifrazione), la loro proprietà dispersiva può essere utilizzata per studiare le proprietà elastiche dei terreni superficiali.

La costruzione di un profilo verticale di velocità delle onde di taglio (**Vs**), ottenuto dall'analisi delle onde piane della modalità fondamentale delle onde di **Rayleigh** è una delle pratiche più comuni per utilizzare le proprietà dispersive delle onde superficiali.

Per ottenere un profilo verticale di velocità **Vs** bisogna produrre un treno d'onde superficiali a banda larga e registrarlo minimizzando il rumore. Una molteplicità di tecniche diverse sono state utilizzate nel tempo per ricavare la curva di *dispersione*, ciascuna con i suoi vantaggi e svantaggi.

La configurazione base di campo e la routine di acquisizione per la procedura MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) sono generalmente le stesse utilizzate in una convenzionale indagine a rifrazione.

La tecnica MASW può essere efficace anche con solo dodici canali di registrazione collegati a geofoni verticali a bassa frequenza (4.5 Hz).

Le componenti a bassa frequenza (lunghezze d'onda maggiori), sono caratterizzate da forte energia e grande capacità di penetrazione, mentre le componenti ad alta frequenza (lunghezze d'onda corte), hanno meno energia e una penetrazione superficiale. Grazie a queste proprietà, una metodologia che utilizzi le onde superficiali può fornire informazioni sulle variazioni delle proprietà elastiche dei materiali prossimi alla superficie al variare della profondità. La velocità delle onde S (**Vs**) è il fattore dominante che governa le caratteristiche della dispersione.



La procedura MASW può sintetizzarsi in tre stadi distinti:

- acquisizione dei dati sperimentali;
- estrazione della curva di dispersione;
- inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle Vs (profilo 1-D), che descrive la variazione di Vs con la profondità.

L'elaborazione del MASW con software specifico ha consentito di determinare il profilo verticale delle velocità di propagazione delle onde sismiche di taglio, il valore del parametro Vs30 e la relativa classe di terreno, nonché la frequenza di risonanza caratteristica del sito.

Seguono gli elaborati completi per ciascuna indagine sismica realizzata.



MASW

Al fine di caratterizzare la risposta sismica del sito in esame è stata effettuata una serie di acquisizioni MASW (*Multi-channel Analysis of Surface Waves*, analisi della dispersione delle onde di Rayleigh da misure di sismica attiva – e.g. Park et al., 1999) utili a definire il profilo verticale della V_S (velocità di propagazione delle onde di taglio) e, tramite valutazione dell'equazione della risonanza e modellazione del rapporto spettrale H/V, stimare il periodo proprio di sito.

Nel loro insieme, le procedure adottate sono state eseguite in accordo alle norme tecniche per le costruzioni del DM 14 gennaio 2008 (ex DM 14/09/2005).

Queste, in buona misura, fanno risalire la stima dell'effetto di sito alle caratteristiche del profilo di velocità delle onde di taglio (V_S).

L'analisi dei dati ha consentito di definire i valori del profilo verticale V_S (quindi del parametro V_{s30}) e, successivamente, ottenere una stima della *frequenza di risonanza* di sito in relazione all'amplificazione litologica.

La classificazione dei terreni è stata svolta sulla base del valore della V_{s30} (il valore *medio* della V_S nei primi 30m di profondità) definita dalla relazione:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum \frac{h_i}{V_{S_i}}} \quad \text{eq. (1)}$$

in cui V_{S_i} e h_i sono rispettivamente la velocità delle onde di taglio e lo spessore dell'*i*-esimo strato.



Acquisizione ed elaborazione dati

Strumentazione impiegata

Lo strumento adoperato per l'indagine in oggetto è il DOREMI, prodotto dalla "Sara Electronic Instruments" di Perugia; si tratta di un sismografo a trasmissione digitale del segnale, concepito per garantire la massima flessibilità di utilizzo in tutte le indagini geofisiche ed è costituito da unità miniaturizzate e indipendenti che distribuiscono l'elettronica lungo tutto lo stendimento. È uno strumento adatto ai seguenti tipi di indagine: rifrazione; rifrazione e Microtremori (ReMi); M.A.S.W.; S.A.S.W.; riflessione; down-hole, crosshole; up-hole. L'architettura innovativa del sismografo DoReMi offre una eccezionale silenziosità ed immunità ai rumori raggiungendo una dinamica totale di 155dB la quale permette, ad esempio in una indagine per rifrazione, il superamento dei 70 metri energizzando con una mazza da un solo Kg.

I geofoni adoperati sono i geofoni Geospace GS11D 4.5Hz 4kΩ.

Nel caso specifico in esame, l'acquisizione è stata eseguita posizionando 20 geofoni da 4.5 Hz lungo un profilo lineare con le seguenti caratteristiche:

- distanza intergeofonica: 1.50 m;
- offset sorgente: 5.0 m;
- durata acquisizione: 1000 ms;
- intervallo di campionamento: 0.5 ms.

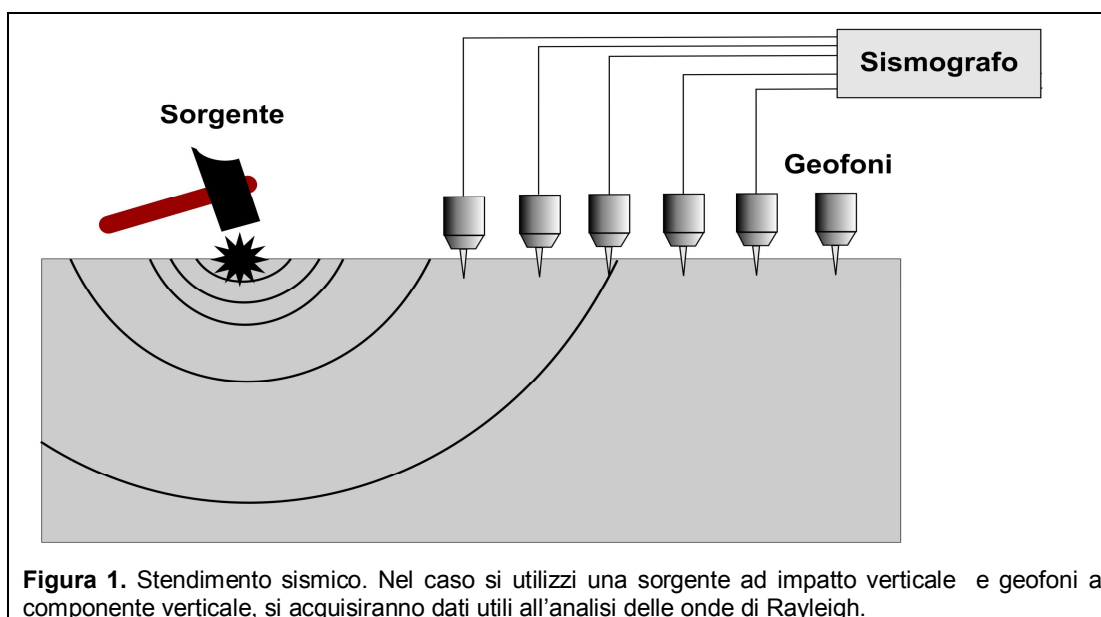


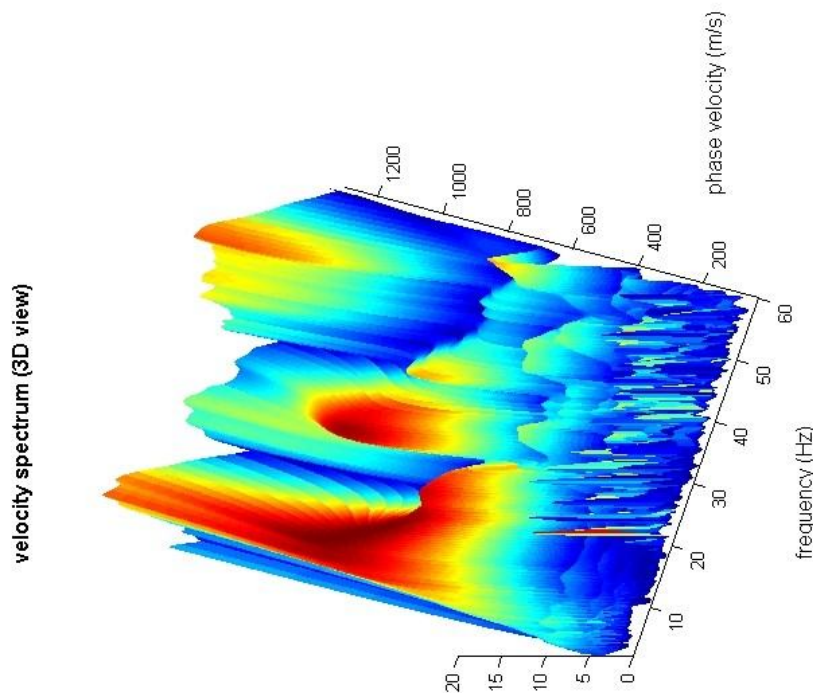
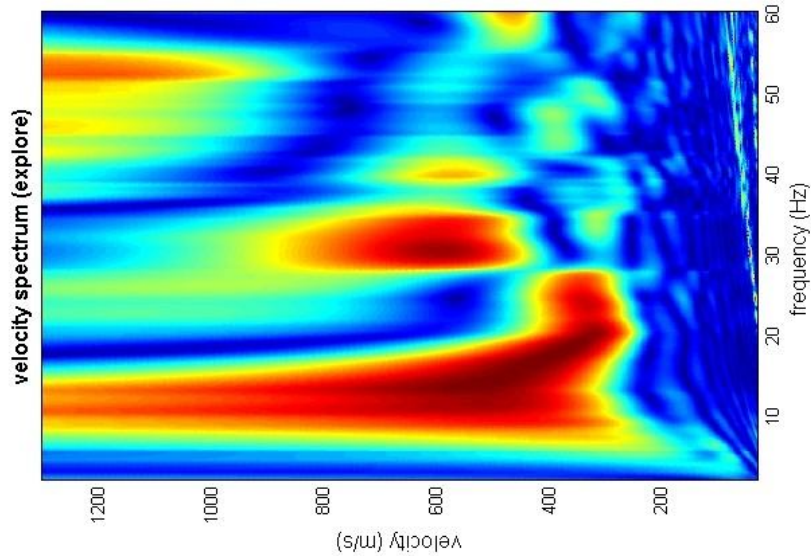
Figura 1. Stendimento sismico. Nel caso si utilizzi una sorgente ad impatto verticale e geofoni a componente verticale, si acquisiranno dati utili all'analisi delle onde di Rayleigh.



Elaborazione

Per le analisi dei dati acquisiti si è adottato il software **WinMASW 5.1 Academy della Eliosoft**.

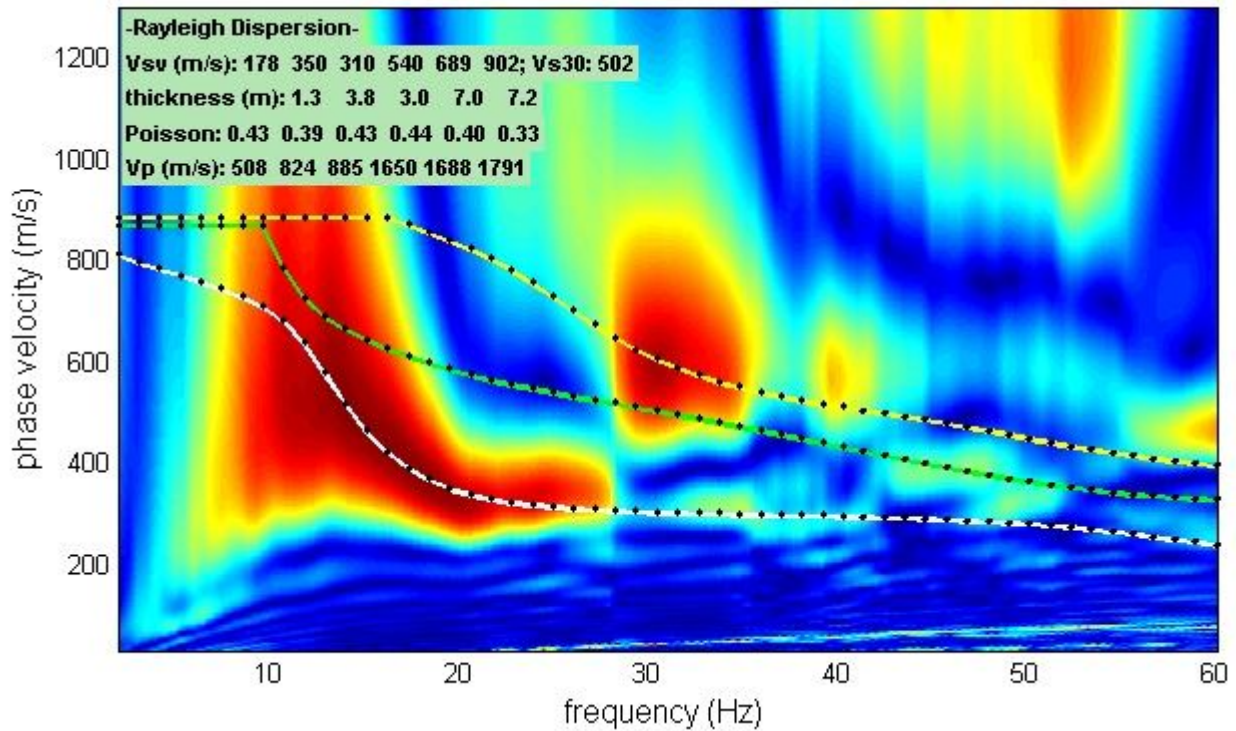
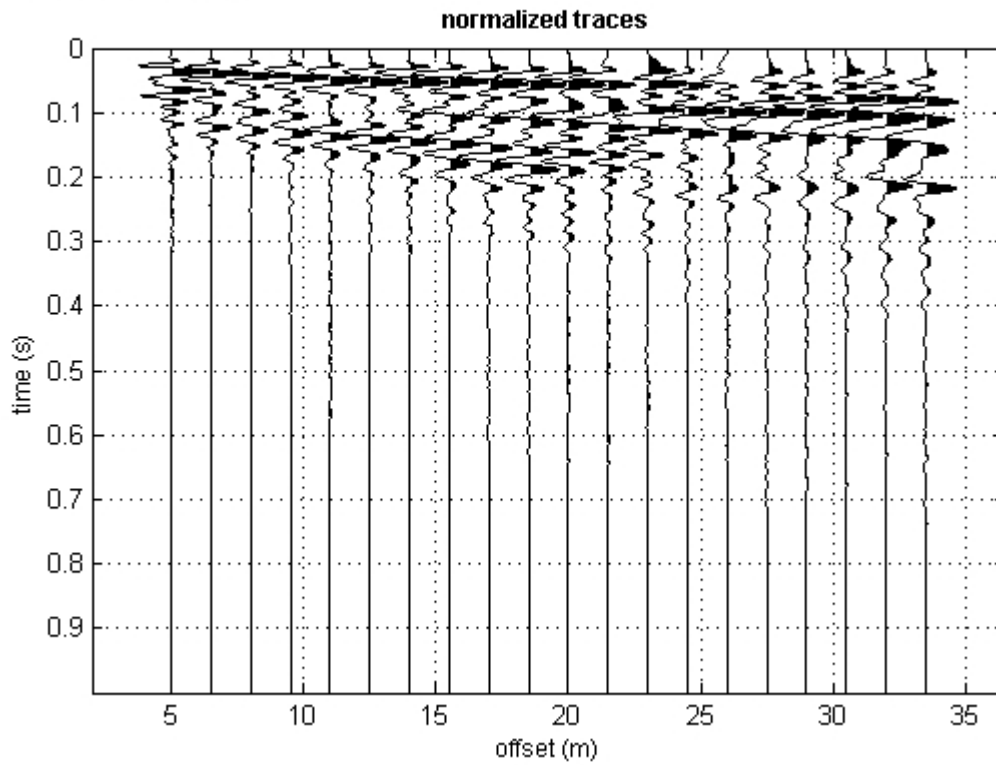
I dati *MASW* sono stati elaborati (determinazione spettro di velocità, identificazione curve di dispersione, inversione/modellazione di queste ultime) per ricostruire il profilo verticale della velocità delle onde di taglio (V_S).



spettro 3D frequenza/velocità di fase



dataset: 2013-05-08_16-52-13_02000_0100_020_Acquis_EG2.dat
 sampling: 0.5 ms
 minimum offset: 5 m
 geophone spacing: 1.5 m



Sismogramma del dataset e curve di dispersione del modello elaborato

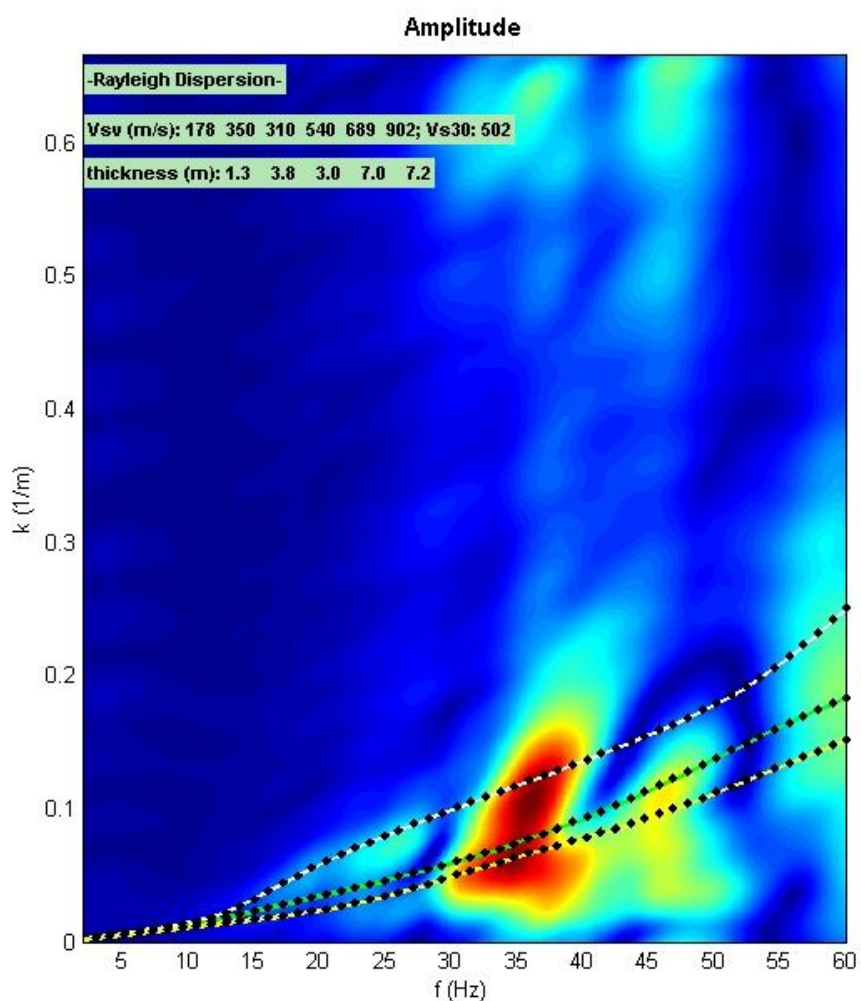


Tabella riepilogativa con stima dei principali moduli elastici dinamici

Strato	Profondità dello strato dal p.c.	Vp (m/sec)	Vs (m/sec)	Modulo di Young (MPa)	Modulo di Taglio (MPa)	Poisson
1	0,00 - 1,30 m	508	178	154	54	0.43
2	1,30 - 5,10 m	824	350	613	221	0.39
3	5,10 - 8,10 m	885	310	495	173	0.43
4	8,10 - 15,10 m	1650	540	1596	554	0.44
5	15,10 - 22,30 m	1688	689	2659	949	0.40
6	22,30 - 30,00 m	1791	902	4329	1627	0.33

Vs30 = 502 m/sec (al piano campagna)
Vs30 = 632 m/sec (a -5.0 metri dal piano campagna)

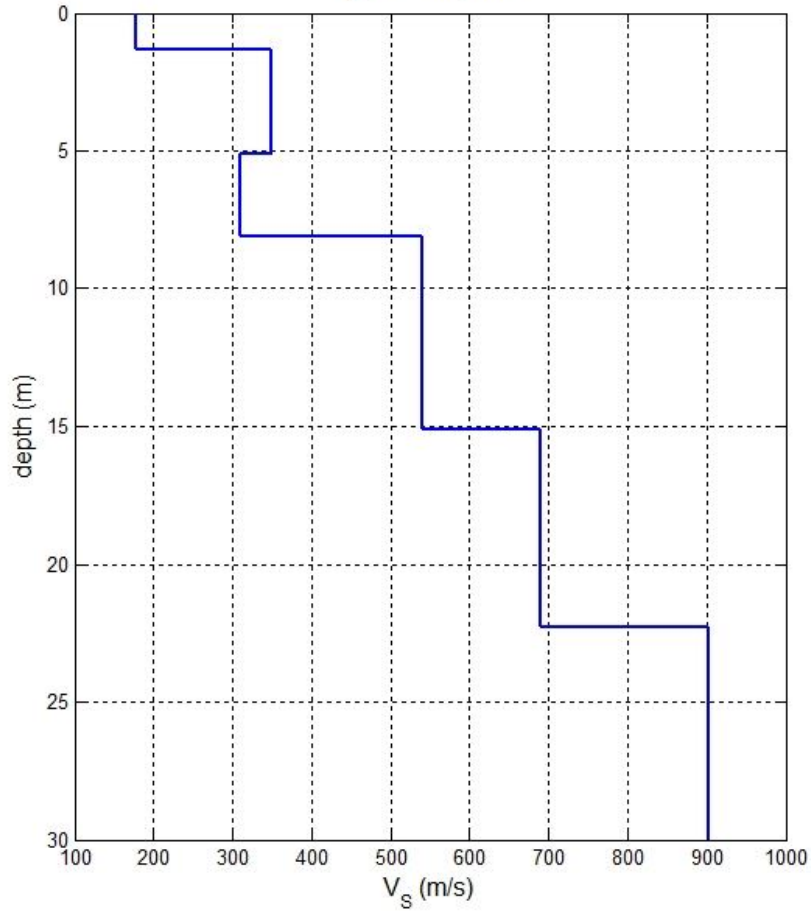
Categoria Suolo di Fondazione: B



Spettro f/k (frequenza/numero d'onda) del dataset acquisito, con curve di dispersione del modello elaborato

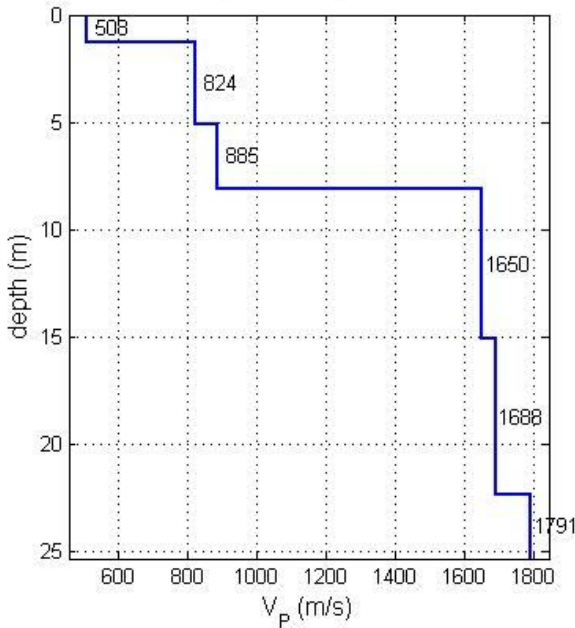


V_s vertical profile

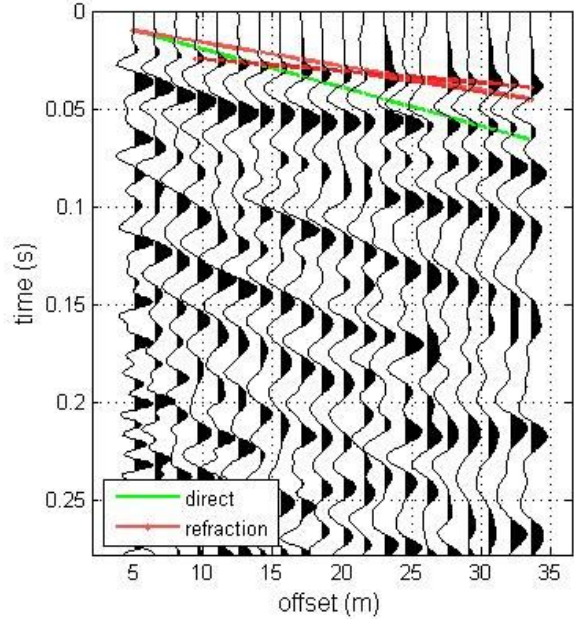


profilo verticale di V_s

V_p vertical profile



data & refraction travel times



Modellazione dei primi arrivi dell'onda rifratta e profilo verticale di V_p



La Normativa Italiana prevede una classificazione del sito in funzione sia della velocità delle onde S nella copertura, che dello spessore della stessa. Vengono identificate, in tal modo, 5 classi, ad ognuna delle quali è associato uno spettro di risposta elastico. Lo schema indicativo di riferimento per la determinazione della classe del sito è il seguente:

Classe	Descrizione
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di V_{s30} superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione di spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi a grana grossa molto addensati o a grana fina molto consistenti, con spessori superiori a 30 metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi fra 360 m/s e 800 m/s ($N_{spt} > 50$ o coesione non drenata > 250 kPa).
C	Depositi a grana grossa mediamente addensati o a grana fina mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi fra 180 e 360 m/s ($15 < N_{spt} < 50$, $70 < cu < 250$ kPa).
D	Depositi a grana grossa scarsamente addensati o a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} < 180 m/s ($N_{sp} < 15$, $cu < 70$ kPa).
E	Profili di terreno costituiti da strati superficiali non litoidi (granulari o coesivi), con valori di V_{s30} simili a quelli delle classi C o D e spessore non superiore a 20 m, giacenti su un substrato più rigido con $V_{s30} > 800$ m/s.

In generale il fenomeno dell'amplificazione sismica diventa più accentuato passando dalla classe A alla classe E. Alle cinque categorie descritte se ne aggiungono altre due per le quali sono richiesti studi speciali per la definizione dell'azione sismica da considerare.

Classe	Descrizione
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s30} < 100$ m/s ($10 < cu < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 metri di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 metri di torba o argille altamente organiche.
S2	Depositi di terreni soggetti a liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria non rientrante <i>nelle</i> classi precedenti.



In riferimento ai dati della campagna di indagini geofisiche che lo scrivente ha eseguito a corredo del presente studio e di cui ai paragrafi precedenti, il sito in esame può essere classificato come appartenente alla **Categoria Suolo di Fondazione B.**

Benevento, 25-11-2013



Lo sperimentatore,
Dott. Giuseppe D'Agostino