PROVINCIA REGIONALE DI SIRACUSA – OGGI LIBERO
CONSORZIO COMUNALE DI SIRACUSA

DIPARTIMENTO REGIONALE TECNICO
UFFICIO DEL GENIO CIVILE DI SIRACUSA

STRADA PROVINCIALE SP 32

INTERVENTO PER IL MIGLIORAMENTO DEL LIVELLO DI SICUREZZA E DEL PIANO VIARIO DELLA SP 32 CARLENTINI - PEDAGAGGI.
PROGETTO DI COMPLETAMENTO

PROGETTO ESECUTIVO

(ai sensi dell'art.23, comma 8 D.gs. 50/2016)

STUDIO GEOLOGICO, IDROGEOLOGICO E SISMICO, RELATIVO AI VIADOTTI IN PROGETTO SULL'IMPLUVIO INTERCETTATO ALLA SEZIONE N° 157 E SUL T. GELSO

DATA PROGETTO

FASE	AMBITO	TIPO	N° / SIGLA	REV	SCALA
PE	GEN	ECO	A 02	A	

Rev.	DATA	DESCRIZIONE	STATO
A		EMISSIONE	VIGORE

RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO
Arch. Giuseppe Piccione

PROGETTISTA
Ing. Claudio Caramagno

IL GEOLOGO
Dott. Cirino Greco
firmato

COLLABORATORI ALLA PROGETTAZIONE
Geom. Santo Gennaro
Geom. Raffaele Avallone

VISTI E APPROVAZIONI

1) Premessa

Nel quadro degli interventi previsti per i lavori di adeguamento del tracciato della S.P. 32 – Carlentini-Pedagaggi (interventi di cui all'art.1 comma 2 lett. I, L. 31 dicembre 1994, n° 433), è stato effettuato, su incarico della Provincia Regionale di Siracusa, ad integrazione del progetto esecutivo, in corso di realizzazione, uno studio geologico tecnico finalizzato ad approfondire le caratteristiche fisiche e stratigrafiche dei terreni interessati dalla costruzione di un ponte all'altezza dell'impluvio, non nominato in carta, che intercetta il tracciato alla sez. 157 e del nuovo ponte in progetto sul T. Gelso, previsto in aderenza a quello esistente.

Inoltre si è provveduto ad analizzare le problematiche idrologiche dei rispettivi bacini sottesi alla alle corrispondenti sezioni di progetto.

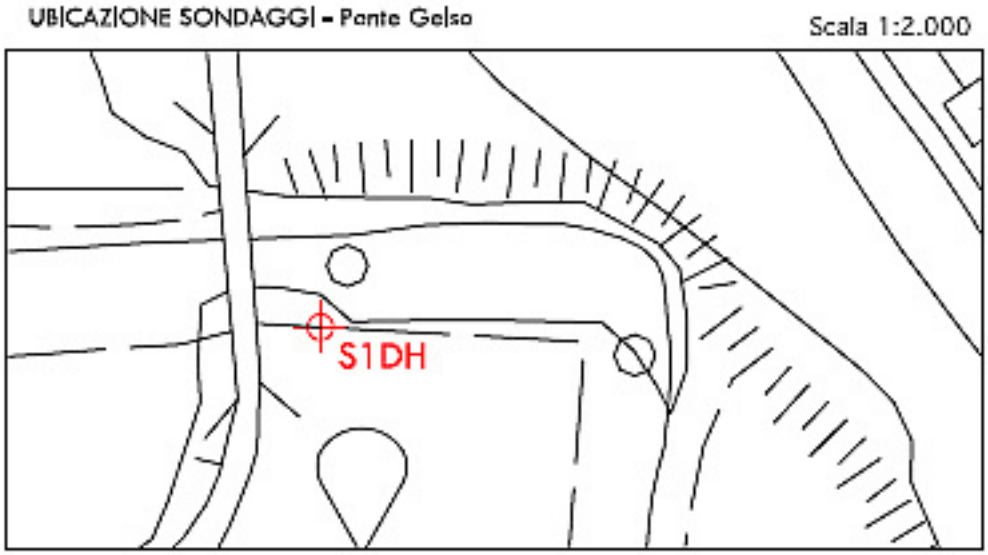
Infine alla luce della normativa vigente circa le "Nuove Norme Tecniche Per Le Costruzioni" - D.M. 14/01/2008, che comportano un diverso approccio nella determinazione della caratterizzazione sismica dei siti, rispetto alla normativa precedente a cui fa riferimento l'intero progetto generale, si è provveduto a caratterizzare dal punto di vista sismodinamico il sito in corrispondenza della stessa sez. 157 e quello interessato dal nuovo ponte in progetto sul T. Gelso.

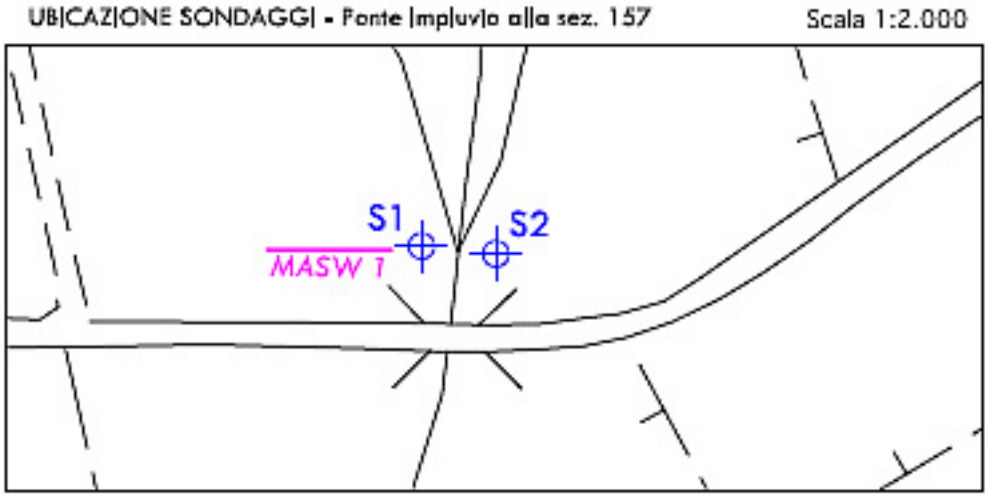
Nello specifico si è provveduto ad effettuare per le nuove opere previste, il seguente programma di indagine realizzato in campo dalla Ionica Sondaggi – Lab di Melilli:

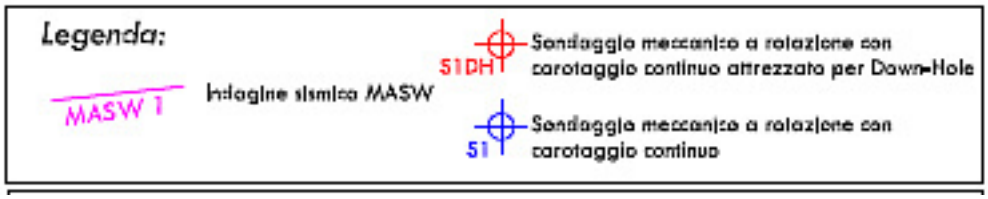
T. Gelso:
N° 1 sondaggio stratigrafico, spinto alla profondità di m. 30,00 dal p.c., attrezzato con tubo in pvc per la realizzazione di una prova sismica in foro (Down Hole), necessaria per la determinazione della velocità delle onde sismiche di taglio nei primi 30 m. (Vs30).

Impluvio sez. 157
N° 2 sondaggi tecnico stratigrafici, spinti alla profondità di m. 10,00 dal p.c., con esecuzione di prove penetrometriche discontinue (S.P.T.) nella copertura incoerente che maschera in loco il substrato lavico.

L'ubicazione delle indagini effettuate è segnata negli stralci planimetrici di seguito riportati:







Per tutto quanto riguarda le caratteristiche geologiche, morfologiche e strutturali d'insieme, si rimanda allo studio geologico tecnico esecutivo dove sono state analizzate e descritte tratta per tratta.

Impluvio Sez 157

inquadramento geografico-morfologico

L'area oggetto di studio, rientra per intero nella zona sud del territorio comunale di Carlentini, e ricade strutturalmente in prossimità del margine settentrionale del settore orientale della regione iblea.

La configurazione morfologica dell'area in studio è stata eseguita interpretando, l'evoluzione delle paleoforme e la distribuzione dei relativi sedimenti, condizionate in partenza dalle strutture tettoniche prequaternarie legate all'eustatismo che ha interessato la zona.

Benchè gli affioramenti rendano poco agevole il riconoscimento e l'analisi delle morfostrutture legate alla dinamica litorale, alcuni elementi depongono inequivocabilmente per una genesi marina di certe forme.

Nello specifico, l'attuale morfogenesi è primariamente legata all'azione erosiva delle acque di deflusso superficiali.

Questi corsi d'acqua presentano deflussi variabili dipendenti dalle precipitazioni meteoriche, con portate limitate o nulle nei periodi estivi e deflussi medio alti a seguito di intense precipitazioni.

L'indagine ha evidenziato la netta connessione tra i lineamenti morfologici e le caratteristiche geologiche e strutturali del bacino; in particolare esso è caratterizzato da una morfologia ad aspetto subpianeggiante nei pressi della nostra sezione di misura (290 mt s.l.m.) mentre la rimanente area presenta caratteristiche da bassa ad alta collina, caratteristiche che si delineano su litotipi vulcanici con la presenza di tratti dolci ed ondulati pur non mancando zone aspre con versanti più acclivi.

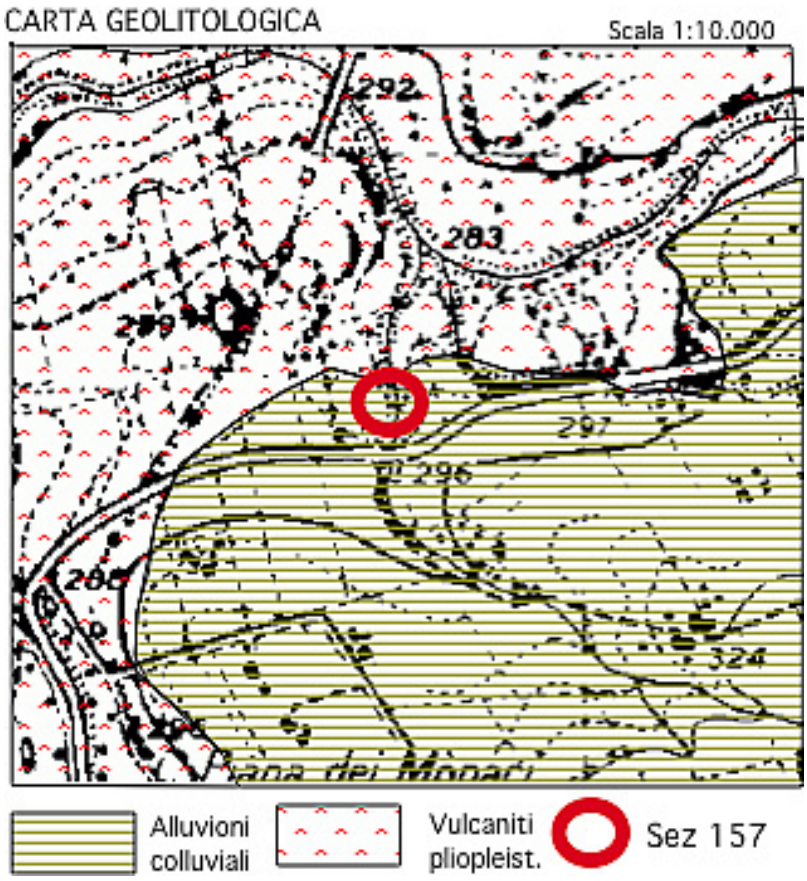
lineamenti geologici strutturali

Per quanto attiene la situazione strutturale del territorio circostante l'area in studio, essa va inquadrata nell'ambito del rapporto esistente tra i fenomeni di vulcanismo e la tettonica dell'intero settore orientale dei Monti Iblei.

Quest'ultimo è caratterizzato da una successione di prodotti vulcanici basici sia marini che subaerei localmente definiti da una serie di spianate di abrasione marina e da alcuni lembi di calcareniti.

Geologicamente, dalle ricognizioni effettuate sul luogo, si é potuto constatare nell'area la presenza di due unita litostratigrafiche costituita dal basso verso l'alto, da:

- Vulcaniti plioceniche
- Alluvioni terrazzate (Colluvium)



-Vulcaniti plioceniche

Affiorano nell'area con marcata continuità e sono dati in generale da lave a blocchi e lave a fessurazione colonnare con scarsi prodotti vulcanoclastici.

Le lave a blocchi sono formate da elementi sferoidali, ovoidi e pseudo-poligonali (poliedrici), presentano una giacitura caotica ed ammassata, colore grigio scuro e sono molto compatte.

Le dimensioni diametriche dei blocchi lavici più comuni vanno dai 50 a 150 cm, non tralasciando però elementi di dimensioni più piccole, che insieme a prodotti vulcanoclastici costituiscono la matrice di questi grossi massi.

Spesso la roccia presenta un nucleo interno scuro non alterato ed una crosta di raffreddamento più chiara, friabile ed alterata.

Le lave a giacitura colonnare, a differenza delle lave a blocchi che sono molto compatte e poco alterate, sono in uno stadio evidente di alterazione causata dalla fessurazione colonnare, che favorisce l'introduzione e la consequenziale azione alteratrice dell'acqua.

Alluvioni terrazzate (Colluvium)

Trattasi di depositi alluvionali sciolti, legati alla paleoidrografia ed all'idrografia attuale.

L'associazione granulometrica è molto variabile, con zone in cui prevalgono gli elementi grossolani (ciottoli e ghiaie) con forme da sub-arrotondate a spigolose, di natura litologica prevalentemente basaltica e solo parzialmente calcarea, immersi in matrice costituita prevalentemente da materiale limoso sabbioso, a fronte di zone in cui prevalgono le classi fini limoso sabbiose con rara ghiaia e ciottoli.

Presentano spessore variabile da qualche metro nelle aree prossime ai versanti più acclivi, fino a diversi metri nelle zone centrali più depresse.

Da un punto di vista sedimentologico, anche in considerazione della brevità del percorso tra le aree di erosione e quelle di deposizione, sono da considerarsi a tutti gli effetti come un colluvium.

I sondaggi eseguiti nell'area sulle sponde dell'impluvio, hanno evidenziato la presenza di un substrato vulcanico costituito da lave pliopleistoceniche, sottostante una copertura sedimentaria a carattere colluviale, umificata in superficie, dello spessore globale variabile da 6,50 a 8,00 m.

Il basamento vulcanico, costituito da lave compatte, a tratti vacuolari e fratturate, è interessato nella sua porzione sommitale, per circa un metro di spessore, da fenomeni di alterazione che ne deteriorano le caratteristiche meccaniche.

I sondaggi effettuati sul sito hanno rilevato la seguente successione litostratigrafica:

S.1

m. 0,00 – m. 2,40	Terreno vegetale, di colore bruno scuro, costituito da limo argilloso con inclusi elementi di ghiaia e ciottoli di natura carbonatica.
m. 2,40 – m. 6,50	Colluvium di colore bruno, prevalentemente argilloso, inglobante frequenti elementi lapidei di natura carbonatica e vulcanica a pezzatura ghiaiosa.
m. 6,50 – m. 7,50	Lave intensamente fratturate ed alterate di colore bruno-rossiccio.
m. 7,50 – m. 10,00	Basalto vacuolare compatto, fratturato, di colore grigio scuro.

S. 2

m. 0,00 – m. 1,00	Terreno vegetale, di colore bruno scuro, costituito da limo argilloso con inclusi elementi di ghiaia e ciottoli di natura carbonatica.
m. 1,00 – m. 8,00	Colluvium di colore bruno, prevalentemente argilloso, inglobante frequenti elementi lapidei di natura carbonatica e vulcanica a pezzatura ghiaiosa.
m. 8,00 – n. 9,00	Lave intensamente fratturate ed alterate di colore bruno-rossiccio.
m.9,00 – m. 10,00	Basalto vacuolare, compatto, fratturato di colore grigio scuro.

CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE

L'area in studio é caratterizzata da terreni che presentano caratteristiche di permeabilità anche molto variabili all'interno dello stesso litotipo.

L'analisi di dette condizioni ha permesso di distinguere le seguenti classi di permeabilità in funzione del tipo di permeabilità primaria (per porosità) e secondaria (per fessurazione):

A) • Terreni a permeabilità elevata per fessurazione;

B) • Terreni a permeabilità da media a bassa per porosità.

Alla prima classe (A) appartengono tutti i livelli vulcanici in facies effusiva di tipo lavico.
Questi ultimi possono risultare localmente impermeabilizzati a seguito di processi di argillificazione della roccia nelle interconnessure che formano i labbri della discontinuità.
Appartengono infine alla seconda classe (B) i sedimenti incoerenti dove la permeabilità per porosità varia notevolmente da zona a zona in relazione alla composizione granulometrica.

I termini vulcanoclastici, quando si trovano in avanzato stato di argillificazione, sono caratterizzati da una permeabilità molto bassa o addirittura quasi nulla.

Idrologia

Il tracciato stradale in studio intercetta, all'altezza della sez 157 un asse di drenaggio secondario, non nominato in carta, attraversato da un ponte la cui progettazione è strettamente legata alle problematiche idrologiche dei relativo bacino sotteso a monte dello stesso.

Sono state quindi analizzate le problematiche idrologiche del bacino, considerando tutto l'insieme morfometrico, geologico e climatico che interviene a caratterizzarne il comportamento in caso di eventi climatologicamente eccezionali .

In particolare si è proceduto al calcolo delle portate massime prevedibili di tale torrente per periodi di ritorno di 5-20-50-100-200 anni, in corrispondenza della sezione idraulica di quota 290 s.l.m.

Per la valutazione di tale comportamento ci si é avvalsi anche dello studio geologico generale per l'adeguamento dell'arteria in esame, eseguito dallo scrivente, dove sono evidenziati la natura dei terreni affioranti nel bacino in esame, nonché le rispettive condizioni morfometriche globali.

Con tali presupposti sono state elaborate le seguenti carte tematiche a scala 1:10.000:
-Carta della gerarchizzazione del T. Gelso (All. 1)
-Carte delle superfici per fasce altimetriche omogenee (All. 2)

LINEAMENTI DEL BACINO

Il bacino idrografico sotteso dalla sezione di progetto 157 ricade per intero in un'area a sud del centro Urbano di Carlentini.

L'intero bacino ha uno sviluppo areale di 1,81 Kmq e presenta una forma allungata in direzione N/NE - S/SO .

L'altitudine massima del bacino è di 510 mt s.l.m., mentre la quota più bassa (sezione di misura), 290 mt. s.l.m., è quella subito a valle della S.P. 32.

La lunghezza dell'asta principale, che ha origine nei pressi di Serra Paradiso è pari a 2,4

Km.

Il reticolo idrografico del bacino risulta di tipo asimmetrico, con due affluenti ubicati sul versante ovest.

Le aste fluviali hanno regime idraulico pluviale, caratterizzato da un decorso parallelo tra precipitazioni e deflusso, ciò si manifesta con un regime discontinuo di tipo torrentizio.

Nell'ambito dell'analisi morfologica, il reticolo idrografico del bacino è stato classificato in funzione dei segmenti che sono compresi tra le varie confluenze.

Il sistema di drenaggio è stato classificato numericamente suddividendo i vari rami secondo un ordine gerarchico convenzionale (All. 1) iniziando dai corsi minori privi di affluenti (asta di I° ordine), i quali alla loro confluenza danno origine alle aste di II ordine e così via fino ad arrivare all'asta principale ossia a quella che raccoglie le acque di tutti gli affluenti.

Risulta evidente come le aree caratterizzate da un raffittimento delle aste di I° e II° ordine coincidono con un incremento dei fenomeni erosivi e di degradamento dei versanti.

Per completare l'informazione morfometrica del bacino è stata stabilita la distribuzione delle aree elementari che compongono lo stesso in relazione alla progressione delle curve di livello che delimitano le suddette aree.

In particolare, l'informazione altimetrica consente di determinare l'altitudine media del bacino tramite la costruzione della curva ipsografica che fornisce la distribuzione delle superfici nelle diverse fasce altimetriche.

Nel caso in esame è stata costruita la curva "ipsometrica" del bacino sotteso dalla sezione a quota 290 s.l.m.

La curva, unitamente alle distribuzioni areali, è riportata nell'All. 2.

Analisi Pluviometrica

Al fine di pervenire ad una valutazione della portata massima del bacino in esame, sotteso dalla sezione segnata da ponte Gelso, si è proceduto ad una analisi dei dati pluviometrici rilevati nella stazione di Lentini dal 1951 al 2003, considerando i massimi annuali delle altezze di pioggia di durata 1, 3,6,12,24 ore, e tempi di ritorno T = 5,20,50,100 e 200 anni.

Esaminando i dati pluviometrici è stato possibile eseguire le elaborazioni necessarie per ottenere le curve che descrivono l'altezza delle precipitazioni per definiti periodi di ritorno in funzione della loro durata .

Indicando con ht,T l'altezza di pioggia ht di assegnata durata t e tempo di ritorno T, dalla seguente relazione, derivata dalla legge di Gumbel si ottiene:

$$ht,T = \mu(ht) - \sigma(ht)\ [0,45 + 0,78 \ln \ln (T/T-1)\ ]$$

con $\mu(ht)$ e $\sigma(ht)$ corrispondenti rispettivamente alla media ed allo scarto quadratico medio dei valori di precipitazione per ciascuna durata (t).

Sostituendo i valori ottenuti, si ottiene per ciascun valore (T) cinque valori di (ht,T) corrispondenti alle cinque durate 1,3,6,12,24 ore; i punti (t, ht;T) individuano una curva, a parametro (T), denominata curva di probabilità pluviometrica di tempo di ritorno (T).

L'andamento di queste curve è del tutto analogo a quelle delle curve di possibilità pluviometrica e pertanto, possono essere anche rappresentate dall'equazione di tipo a potenza:

$$ht,T = a\ t^n$$

in cui i parametri (a) ed (n), caratteristici della stazione, sono stati determinati e riportati nel tabulato allegato in appendice unitamente ai massimi valori delle precipitazioni annuali per le durate (t); ai valori per ciascuna durata (t) della media $\mu(ht)$ e dello scarto quadratico medio $\sigma(ht)$ ed ai valori delle altezze di pioggia ht,T, corrispondenti alle durate 1,3,6,12,24 ore per T = 5,20,50,100, e 200 anni.

Dalla elaborazione di queste ultime, infine, sono state ricostruite le curve di probabilità pluviometrica per i tempi di ritorno (T) sopra indicati.

DETERMINAZIONE DELLA MASSIMA PORTATA

Viene qui di seguito effettuato il calcolo della portata di massima piena sulla scorta dei dati esplicitati nel capitolo precedente.

Si adotta il metodo della "Corrivazione", in cui si determinano i valori di altezza di pioggia critica di durata pari al tempo di corrivazione della porzione di bacino sottesa dalla sezione segnata dalla progressiva 157.

Per il tempo di corrivazione (Tc) si adotta la formula di Giandotti:

$$T_c = \frac{4 \times \sqrt{S} + 1,5\ L}{0,8 \times \sqrt{H_m}}$$

Dove:

S = 1,8 kmq (superficie del bacino imbrifero sotteso)

L = 2,4 Km (lunghezza asta torrentizia)

Hm = 370 m (altitudine media del bacino)

Sostituendo i valori si ottiene :

Tc = 1,255 = 1h 15'18" = 4519 sec.

La massima portata viene calcolata con la formula di Turazza:

$$Q_{max} = \frac{h_c \times S \times 10^3}{T_c}$$

dove hc = altezza di pioggia critica, espressa in mm, di durata pari al tempo di corrivazione

Analiticamente l'altezza di pioggia critica hc per un tempo di corrivazione tc = 1,225 sarà data da:

$hc = a * tc^n$

da cui si ottiene :

T (tempo di ritorno)	5 anni	hc (mm) =	47,17
T (tempo di ritorno)	20 anni	hc (mm) =	65,40
T (tempo di ritorno)	50 anni	hc (mm) =	76,94
T (tempo di ritorno)	100 anni	hc (mm) =	85,59
T (tempo di ritorno)	200 anni	hc (mm) =	94,20

Sostituendo i vaqlori si ottiene un valore di Qmax:

T (tempo di ritorno)	5 anni	Qmax = 18,9 mc/sec
T (tempo di ritorno)	20 anni	Qmax = 26,2 mc/sec
T (tempo di ritorno)	50 anni	Qmax = 30,8 mc/sec
T (tempo di ritorno)	100 anni	Qmax = 34,3 mc/sec
T (tempo di ritorno)	200 anni	Qmax = 37,7 mc/sec

I valori di Qmax sopra riportati vengono ulteriormente corretti per il fattore di ragguaglio, che tiene conto della non contemporaneità degli eventi in tutto il bacino e del coefficiente di deflusso, per cui la portata effettiva sarà:

Qeff. = Qmax x R x D

Con R = fattore di ragguaglio

D = coefficiente di deflusso, fissato prudenzialmente in 0,85

Il fattore di ragguaglio è

$$R = \frac{1}{1 + \left(0,0015 \times S \times t_c^{-0,2}\right)}$$

Per tc = 1,255 h si ha : R = 0,999

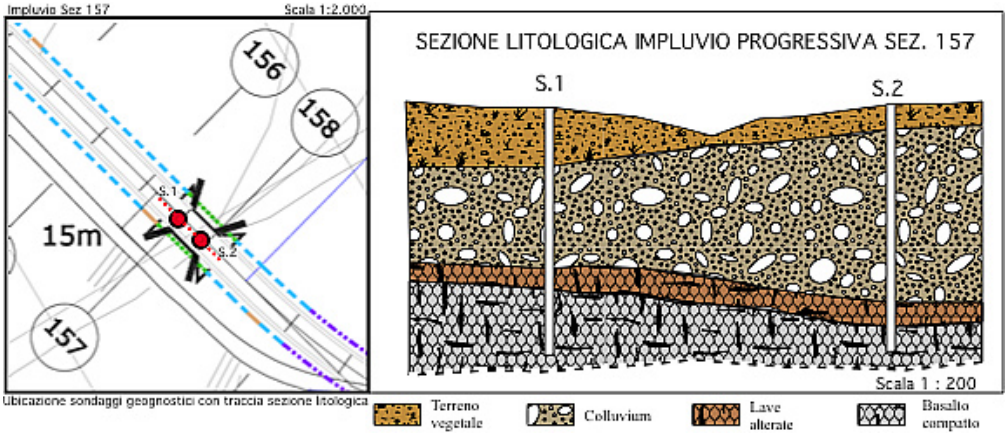
La portata effettiva diventa quindi:

T (tempo di ritorno)	5 anni	Qeff = 16 mc/sec
T (tempo di ritorno)	20 anni	Qeff = 22 mc/sec
T (tempo di ritorno)	50 anni	Qeff = 26 mc/sec
T (tempo di ritorno)	100 anni	Qeff = 29mc/sec
T (tempo di ritorno)	200 anni	Qeff = 32 mc/sec

Tutti i dati sopra riportati sono stati riassunti e visualizzati nell'elaborato grafico dell'allegato n° 3.

Caratterizzazione geomeccanica

La ricostruzione della sezione litologica di primo substrato ha permesso di individuare, per quanto riguarda i litotipi compresi nel volume di terreno di interesse geotecnico, la seguente successione litologica:



Nel corso del sondaggio n° 2, ogni circa m. 1,50 di avanzamento nell'ambito della copertura sedimentaria, sono state effettuate prove di penetrazione discontinua (SPT).

Escludendo la copertura vegetale, presente nell'area con spessori variabili ad m. 1,00 a m. 2,40, che è da escludere nelle applicazioni tecniche per le scadenti caratteristiche meccaniche, in particolare di resistenza al taglio (Cu< 0,3 Kg/cmq) e di compressibilità (Eem< 30 – 40 Kg/cmq), la situazione stratigrafica globale può essere suddivisa in due macrostrati geotecnici, costituiti superiormente da sedimenti di tipo colluviale, per una profondità variabile da m. 7,50 a m, 9,00, comprendente la parte superficiale alterata della sottostante formazione delle lave compatte e fratturate della formazione vulcanitica pliocenica che nell'area si spinge in profondità per almeno 50 – 60 mt

Depositi colluviali

I depositi colluviali derivanti dall'azione combinata della gravità e del ruscellamento costituiscono i resti di antichi riempimenti di fondi vallivi con un trasporto circoscritto nell'ambito del bacino, l'impluvio della sez 157 interessa questi depositi che risultano caratterizzati da una associazione granulometrica variabile dai limi sabbiosi con ghiaia alle ghiaie-ciottolose in matrice sabbioso-limosa, con elementi litici spigolosi, indice di un trasporto breve e che confermano nella fattispecie le caratteristiche di un deposito detritico colluviale.

Trattasi pertanto di un deposito sedimentario la cui caratterizzazione meccanica è stata rilevata dalle prove SPT, mediando i valori ottenuti nelle diverse prove eseguite.

litotipo	sondaggio	profondità	Nspt
Colluvium		1,50 – 1,95	46
		3,00 – 3,45	25
		4,50 – 4,95	36
		6,00 – 6,45	41
		7,50 – 7,95	54

Il valore medio corretto, rilevato nelle prove, risulta pari ad Nspt = 40.
Inserendo un fattore correttivo pari a ad 1/5, per tenere conto della presenza di elementi granulari grossolani nell'ambito del sedimento, il valore di Nspt da considerare nei calcoli viene, cautelativamente, assunto pari a Nspt 30

Per tale valore di Nspt é possibile assegnare ai terreni in questione, sulla scorta di diverse correlazioni eseguite da più Autori, i seguenti parametri geotecnici:

- Angolo di attrito interno

Per la detrminazione dell'angolo di attrito interno é stata adottata la relazione di SHIOI - FUKUNI (1982) per la quale:

φ = 0,3 Nspt + 27 = 36°

- Coesione

Trattandosi di depositi incoerenti prevalentemente a struttura fango sostenuta il sedimento risulta dotato di coesione valutabile, cautelativamente nell'ordine di :

C = 0,10 Kg/cmq

- Densità relativa

Per la definizione di questo parametro é stata utilizzata la relazione di MEYERHOFF (1957) per cui:

$$Dr = 21\sqrt{\frac{Nspt}{(\sigma v + 0,7)}}$$

dove σv rappresenta la tensione litostatica di riferimento, pari ad 1,00 Kg/cmq.

Sostituendo si ottiene:

Dr = 88%

- Modulo di compressibilità

Per la determinazione del modulo di compressibilità é stata utilizzata l'espressione suggerita da D'APOLLONIA ed ALTRI, ricavata da dati sperimentali raccolti su campioni su sabbia normal-consolidata, per cui:

E = 216 + 10,6 Nspt = 534 Kg/cmq

- Peso di volume

Assunto pari a: γ = 1,80 g/cc

I parametri suddetti saranno adottati anche per la parte lavica superficiale del substrato, interessata per circa un metro di spessore, da fenomeni di alterazione molto intensi per cui assume l'aspetto e la consistenza di un terreno incoerente e parzialmente argillificato.

<u>Lave compatte e fratturate</u>

Il comportamento meccanico delle lave integre e compatte viene invece rilevato facendo ricorso al sistema di classificazione dell'ammasso roccioso proposto da Beniawski che permette di formulare un giudizio non solo qualitativo ma anche quantitativo sulle caratteristiche globali dell'ammasso stesso.

Questa classificazione tiene conto di 5 parametri caratteristici definiti indici di qualità della roccia, dati da:

- Indice di resistenza a compressione uniassiale della roccia intatta;
- Indice RQD
- Indice della spaziatura dei giunti;
-Condizioni dei giunti: scabrezza, apertura, alterazione,etc
-Condizioni idrauliche (presenza/assenza di acqua)

L'applicazione dei parametri di cui sopra alla roccia lavica compatta conduce alla seguente valutazione quantitativa :
- Indice di resistenza a compressione uniassiale

Le prove di compressione uniassiale, eseguite su campioni di lave, hanno permesso di caratterizzare l'ammasso roccioso come una roccia a resistenza meccanica elevata con valori di resistenza alla rottura compresi tra 750 e 826 kg/cmq.

Tali valori comportano nella classificazione in uso un valore indice pari a 7.

Indice RQD
La determinazione dell'indice RQD, é stata eseguita conteggiando la percentuale di carotaggio ottenuta relativamente agli spezzoni di carota di lunghezza superiore ai 10 cm, ottenendo un valore di percentuale di carotaggio modificata variabile dal 40 all' 60%; assumendo cautelativamente il valore minimo pari al 40%, come rappresentativo dell'ammasso, a cui fa riscontro una roccia di qualità scadente, si ottiene un valore indice pari a 8.

-Spaziatura dei giunti
La roccia in esame presenta un elevato grado di fratturazione, il che permette di inquadrarla nella classificazione di Bieniawski come un litotipo con spaziatura dei giunti tra 20 e 50 cm, a cui fa riscontro un indice pari a 10.

-Condizione delle discontinuità
La condizione delle discontinuità viene valutata mediante la sommatoria di sottoindici dipendenti dai seguenti parametri:

Lunghezza : 2 m sottoindice 4

Separazione : da 0,1 a 0,5 mm	sottoindice	4
Rugosità : molto rugosa	sottoindice	6
Riempimento: assente	sottoindice	6
Alterazioni dei labbri : moderatamente alterati	sottoindice	6
	indice	26

-Condizioni idrauliche

I terreni in esame non risultano sede di falda acquifera e soo asciutti, pertanto ai fini della classificazione può essere assegnato un valore indice pari a 15.

Riassumendo quanto sopra esposto i parametri indice esaminati forniscono il seguente quadro:

- Indice di resistenza a compressione	7
- Indice RQD	8
- Indice della spaziatura dei giunti	10
- Indice condizioni dei giunti	26
- Indice condizioni idrauliche	15
Sommatoria indici Σni =	66

L'Autore propone infine di applicare un fattore correttivo, che tiene conto della direzione ed immersione sia delle discontinuità che degli strati.

Tale fattore risulta variabile in funzione del fatto che la ricerca dei parametri geomeccanici sia finalizzata allo studio di una fondazione o di un pendio.

Nel caso in esame verranno applicati, stante le condizioni favorevoli di immersione e direzione delle discontinuità, i seguenti fattori correttivi pari rispettivamente -2 e -5.

Ne consegue che la sommatoria degli indici sopra riportata assumerà i seguenti valori:

Σni =66 - 2 = 64 (problematiche relative allo studio di fondazioni)

Σni = 66 - 5 = 61 (problematiche relative allo studio di pendii)

Per i suddetti valori la roccia esaminata verrà inquadrata in funzione della finalità prescelta nell'ambito della II classe, che individua una qualità dell'ammasso roccioso di tipo "buono" a cui possono essere assegnati i seguenti parametri di taglio secondo le relazioni proposte dallo stesso Autore:

per $\Sigma ni = 64$:

$\varphi = 5 + \Sigma ni/2 = 37°$ (angolo di attrito interno)

$c = (5 \times \Sigma ni)/100 = 3,2$ Kg/cmq (coesione apparente)

Eed = 32.000 Kg/cmq
con $\gamma = 2,28$ t/mc

per $\Sigma ni = 61$:

$\varphi = 5 + \Sigma ni/2 = 35°$ (angolo di attrito interno)

$c = (5 \times \Sigma ni)/100 = 3,0$ Kg/cmq (coesione apparente)

Eed = 32.000 Kg/cmq

con $\gamma = 2,28$ t/mc

NUOVO PONTE GELSO

Ai fini della progettazione di un nuovo ponte, le caratteristiche geomorfologiche del bacino del T. Gelso, sotteso a monte del medesimo, determinano alcune problematiche idrologiche che vengiono valutate in relazione ai parametri fisici del bacino nedesimo.

Lo studie è stato eseguito accertando la natura dei terreni affioranti nel bacino, nonché le rispettive condizioni morfometriche globali, integrate con i dati pluviometrici della stazione di Lentini città, relativamente agli anni 1951-1997, ha permesso di definire le massime portate prevedibili del Torrente, per periodi di ritorno di 5-20-50-100-200 anni, in corrispondenza della sezione sottesa allo stesso a quota 274 s.l.m.

Con tali presupposti sono state elaborate delle carte tematiche a scala 1:25.000, che vengono riportate in appendice al presente paragrafo:

-Carta geologica (All. i)
-Carta della gerarchizzazione del T. Gelso (All. ii)
-Carta della acclività (All. iii)
-Carte delle superfici per fasce altimetriche omogenee (All. iiii)

INQUADRAMENTO GEOGRAFICO-MORFOLOGICO

Cartograficamente l'area in studio trova rappresentazione nelle tavolette I.G.M, a scala 1:25.000, M. Pancali , Francofonte, Buccheri e Sortino della carta topografica d'Italia.

La configurazione morfologica dell'area in studio è stata eseguita interpretando, l'evoluzione delle paleoforme e la distribuzione dei relativi sedimenti, condizionate in partenza dalle strutture tettoniche prequaternarie legate all'eustatismo che ha interessato la zona.

Benchè gli affioramenti rendano poco agevole il riconoscimento e l'analisi delle morfostrutture legate alla dinamica litorale, alcuni elementi depongono inequivocabilmente per una genesi marina di certe forme.

L'attuale morfogenesi è primariamente legata all'azione erosiva delle acque di deflusso superficiale.

Le acque meteoriche pervenute al suolo, a contatto con i termini vulcanoclastici e

vulcanici parzialmente argillificati, scarsamente permeabili, trovano agevole deflusso in superficie, dapprima arealmente quindi organizzandosi in reticolo dando origine a corsi torrentizi di vario ordine gerarchico.

Questi corsi d'acqua presentano deflussi variabili dipendenti dalle precipitazioni meteoriche, con portate limitate o nulle nei periodi estivi e deflussi medio alti a seguito di intense precipitazioni.

Lo studio ha evidenziato la netta connessione tra i lineamenti morfologici e le caratteristiche geologiche e strutturali del bacino; in particolare esso è caratterizzato da una morfologia ad aspetto pianeggiante nei pressi del Ponte Gelso (274 mt s.l.m.) mentre la rimanente area presenta caratteristiche da bassa ad alta collina, caratteristiche che si delineano su litotipi carbonatici e vulcanici con la presenza di tratti dolci ed ondulati pur non mancando zone aspre con versanti molto acclivi.

lineamenti geologici strutturali

Per quanto attiene la situazione strutturale del territorio circostante l'area in studio, essa va inquadrata nell'ambito del rapporto esistente tra i fenomeni di vulcanismo e la tettonica dell'intero settore orientale dei Monti Iblei.

Quest'ultimo è caratterizzato da una successione di prodotti vulcanici basici sia marini che subaerei localmente definiti da una serie di spianate di abrasione marina e da alcuni lembi di calcareniti.

Geologicamente, dalle ricognizioni effettuate sul luogo, il sito su cui insiste il ponte Gelso, come rilevato dai sondaggi eseguiti, sia precedentemente che in questa fase, hanno permesso di individuare, con sufficiente attendibilità, la presenza di vulcanoclastiti della Formazione Carlentini, non affiorante nell'area, mascherata dalla copertura alluvionale recente.

Più in dettaglio è stato possibile indicare per l'area in studio la seguente successione litostratigrafica rilevata nel sondaggio :

p.c. - m. 0,60	Terreno vegetale, di colore bruno-rossiccio, costituito da limo argilloso debolmente sabbioso con presenza di frustoli vegetali e apparati radicali.
m- 0,60 – 5,10	Alluvioni costituite da ghiaie e ciottoli in matrice debolmente limosa di colore bruno, con presenza di blocchi basaltici, compatti, di colore grigio da centimetrici a decimetrici.
m. 5,10 - m. 9,70	Vulcanoclastite di colore bruno, costituita da brecciole vulcaniche in matrice cineritica a tratti stratificate ed

	intensamente alterte con subordinati livelli di lave a blocchi, bollose e compatte.
m. 9,70 – m. 16,00	Lave molto fratturate, di colore grigio, con intercalati livelli vulcanoclastici, di colore bruno, da mt 12,00 a mt 13,60.
m. 16,00 – m. 30,00	Vulcanoclastite, di colore da bruno a grigio nella parte finale, costituita da brecciole vulcaniche in matrice cineritica a tratti stratificate ed intensamente alterte con subordinati livelli decimetrici di lave a blocchi, bollose e compatte, e livelli decimetrici calcarei.

I litotipi sopra riportati rientrano nella successione litostratigrafica riscontrata dal basso verso l'alto, nell'ambito del bacino, che comprende (All. i):

- Formazione Monti Climiti (Miocene inf.)
- Formazione Palazzolo (Miocene Med.)
- Formazione Carlentini
- Formazione M. Carrubba
- Vulcaniti plioceniche
- Superfici terrazzate e d'abrasione (Pleistocene med.)
- Alluvioni recenti ed attuali

MORFOMETRIA DEL BACINO T. GELSO

Il bacino idrografico in esame ricade per intero in un'area a sud del centro Urbano di Carlentini.

L'intero bacino ha uno sviluppo areale di 11,37 Km e presenta una forma allungata in direzione N/NE - S/SO.

L'altitudine massima del bacino è di 860 mt s.l.m., mentre la quota più bassa, 274 mt. s.l.m., è quella in prossimità del ponte omonimo sulla S.P. 32.

La lunghezza dell'asta principale, che ha origine nei pressi di Monte S. Venera è pari a 8,67 Km.

Il reticolo idrografico del bacino risulta di tipo sub-dentritico, dove è riconoscibile un andamento più o meno parallelo dei rami affluenti.

Le aste fluviali hanno regime idraulico prevalentemente pluviale, caratterizzato da un decorso parallelo tra precipitazioni e deflusso, ciò si manifesta con un regime discontinuo di tipo torrentizio.

Nell'ambito dell'analisi morfologica, il reticolo idrografico del bacino è stato classificato in funzione dei segmenti che sono compresi tra le varie confluenze.

Il sistema di drenaggio è stato classificato numericamente suddividendo i vari rami secondo un ordine gerarchico convenzionale (All. ii) iniziando dai corsi minori privi di affluenti (asta di I ordine), i quali alla loro confluenza danno origine alle aste di II ordine e così via fino ad arrivare all'asta principale ossia a quella che raccoglie le acque di tutti gli affluenti.
Risulta evidente come le aree caratterizzate da un raffittimento delle aste di I e II ordine coincidono con un incremento dei fenomini erosivi e di degradamento dei versanti.

Al fine di evidenziare i lineamenti morfometrici del bacino e considerata l'influenza che le condizioni topografiche esercitano sulla stabilità delle aree, il bacino è stato fatto oggetto di una suddivisione in classi di acclività (All. iii).

L'analisi dell'acclività è stata condotta attraverso l'elaborazione cartografica basata su un metodo statistico applicato alla densità delle isoipse rilevate dalla cartografia.

Sono stati così individuate aree con valori di pendenza media compresi nelle seguenti cinque classi di acclività

a) classe I	tra lo 0% ed il 5%
b) classe II	tra il 5% ed il 15%
c) classe III	tra il 15% ed il 30%
d) classe IV	tra il 30% ed il 50%
e) classe V	maggiore del 50%

a) La prima classe è presente con uno sviluppo areale molto limitato e puntualizzato; essa interessa la morfometria della parte bassa dove il bacino si innesta nella Piana dei Monaci.

La classe è presente con un'estensione pari al 3,34% dell'intera superficie del bacino.

b) La seconda classe è presente in una fascia regolare che interessa la parte medio alta del bacino.

La classe è presente con un'estensione pari al 17,59% dell'intera superficie del bacino.

c) La classe di acclività compresa tra il 1 ed il 30% (III classe) si sviluppa in corrispondenza delle parti medio-alte dei versanti occupando, globalmente, un'area pari al 44,85% dell'intero bacino.

d) La quarta classe caratterizza la morfologia medio bassa delle incisioni vallivi, essa è presente in lembi di diversa estensione in tutta l'area occupandone cumulativamente il 24,01 %.

e) La quinta classe è presente in due lembi di modesta estensione che sicuramente non segnano l'andamento morfometrico predominante del bacino occupandone di questo il 10,20 %.

Dal punto di vista idrogeologico, è da notare che i tempi di corrivazione e la capacità idrica di ritenuta crescono in maniera inversamente proporzionale all'acclività.

Per completare l'informazione morfometrica del bacino è stata stabilita la distribuzione delle aree elementari che compongono lo stesso in relazione alla progressione delle curve di livello che delimitano le suddette aree.

In particolare, l'informazione altimetrica consente di determinare l'altitudine media del bacino tramite la costruzione della curva ipsografica che fornisce la distribuzione delle superfici nelle diverse fasce altimetriche.

Nel caso in esame è stata costruita la curva "ipsometrica" del bacino sotteso dalla sezione a quota 274 s.l.m.

La curva, unitamente alle distribuzioni areali, è riportata nell'All. (iiii)

ANALISI PLUVIOMETRICA

Al fine di pervenire ad una valutazione della portata massima del bacino in esame, sotteso dalla sezione segnata da ponte Gelso, si è proceduto ad una analisi dei dati pluviometrici rilevati nella stazione di Lentini dal 1951 al 1997, considerando i massimi annuali delle altezze di pioggia di durata 1, 3,6,12,24 ore, e tempi di ritorno T = 5,20,50,100 e 200 anni.

Esaminando i dati pluviometrici è stato possibile eseguire le elaborazioni necessarie per ottenere le curve che descrivono l'altezza delle precipitazioni per definiti periodi di ritorno in funzione della loro durata .

Indicando con ht,T l'altezza di pioggia ht di assegnata durata t e tempo di ritorno T, dalla seguente relazione, derivata dalla legge di Gumbel o del valore estremo EV1, si ottiene:

$$ht,T = \mu(ht) - \sigma(ht) [0,45 + 0,78 \ln \ln (T/T-1)]$$

con $\mu(ht)$ e $\sigma(ht)$ corrispondenti rispettivamente alla media ed allo scarto quadratico medio dei valori di precipitazione per ciascuna durata (t).

Sostituendo i valori ottenuti, si ottiene per ciascun valore (T) cinque valori di (ht,T) corrispondenti alle cinque durate 1,3,6,12,24 ore; i punti (t, ht;T) individuano una curva, a parametro (T), denominata curva di probabilità pluviometrica di tempo di

ritorno (T).

L'andamento di queste curve è del tutto analogo a quelle delle curve di possibilità pluviometrica e pertanto, possono essere anche rappresentate dall'equazione di tipo a potenza:

$ht,T = a\ t^n$

in cui i parametri (a) ed (n), caratteristici della stazione, sono stati determinati e riportati nel tabulato allegato in appendice al presente paragrafo, unitamente ai massimi valori delle precipitazioni annuali per le durate (t); ai valori per ciascuna durata (t) della media μ(ht) e dello scarto quadratico medio σ(ht) ed ai valori delle altezze di pioggia ht,T, corrispondenti alle durate 1,3,6,12,24 ore per T = 5,20,50,100, e 200 anni.

Dalla elaborazione di queste ultime, infine, sono state ricostruite le curve di probabilità pluviometrica per i tempi di ritorno (T) sopra indicati.

- 6.5 Determinazione della massima portata

Viene qui di seguito effettuato il calcolo della portata di massima piena sulla scorta dei dati esplicitati nel paragrafo precedente.

Si adotta il metodo della "Corrivazione", in cui si determinano i valori di altezza di pioggia critica di durata pari al tempo di corrivazione della porzione di bacino sottesa dalla sezione segnata dal ponte Gelso.

Per il tempo di corrivazione (Tc) si adotta la formula di Giandotti:

$$T_c = \frac{4 \times \sqrt{S} + 1,5\ L}{0,8 \times \sqrt{H_m}}$$

Dove:

S = 11,37 kmq (superficie del bacino imbrifero sotteso)

L = 8,67 Km (lunghezza asta torrentizia)

Hm = 525 m (altitudine media del bacino)

Sostituendo i valori si ottiene :

Tc = 1,445 = 1h 26' 42" = 5202 sec.

La massima portata viene calcolata con la formula di Turazza:

$$Q_{max} = \frac{h_c \times S \times 10^3}{T_c}$$

dove hc = altezza di pioggia critica, espressa in mm, di durata pari al tempo di corrivazione

Analiticamente l'altezza di pioggia critica hc per un tempo di corrivazione tc = 1,445 sarà data da:

$hc = a * tc^n$

da cui si ottiene :

T (tempo di ritorno)	5 anni	hc (mm) =	49
T (tempo di ritorno)	20 anni	hc (mm) =	67
T (tempo di ritorno)	50 anni	hc (mm) =	78
T (tempo di ritorno)	100 anni	hc (mm) =	87
T (tempo di ritorno)	200 anni	hc (mm) =	96

Sostituendo i vaqlori si ottiene un valore di Qmax:

T (tempo di ritorno)	5 anni	Qmax = 87 mc/sec
T (tempo di ritorno)	20 anni	Qmax = 119 mc/sec
T (tempo di ritorno)	50 anni	Qmax = 138 mc/sec
T (tempo di ritorno)	100 anni	Qmax = 154 mc/sec
T (tempo di ritorno)	200 anni	Qmax = 170 mc/sec

I valori di Qmax sopra riportati vengono ulteriormente corretti per il fattore di ragguaglio, che tiene conto della non contemporaneità degli eventi in tutto il bacino e del coefficiente di deflusso, per cui la portata effettiva sarà:

Qeff. = Qmax x R x D

Con R = fattore di ragguaglio

D = coefficiente di deflusso, fissato prudenzialmente in 0,95

Il fattore di ragguaglio è

$$R = \frac{1}{1 + \left[0,0015 \times S \times t_c^{-0,2}\right]}$$

Per tc = 1,445 si ha :

R = 0,98

La portata effettiva diventa quindi

T (tempo di ritorno)	5 anni	Qeff = 87 x 0,98 x 0,95 = 81 mc/sec
T (tempo di ritorno)	20 anni	Qeff = 119 x 0,98 x 0,95 = 111 mc/sec
T (tempo di ritorno)	50 anni	Qeff = 138 x 0,98 x 0,95 =128 mc/sec
T (tempo di ritorno)	100 anni	Qeff = 154 x 0,98 x 0,95 = 143 mc/sec
T (tempo di ritorno)	200 anni	Qeff = 170x 0,98 x 0,95 = 158 mc/sec

CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

La valutazione delle proprietà indici e delle caratteristiche geomeccaniche è stata effettuata per i litotipi rinvenuti nell'area di pertinenza ad esclusione del terreno agrario, per il quale non si rileva alcun interesse geotecnico.

Vulcanoclastiti

Si tratta di prodotti eruttivi di origine esplosiva, prevalentemente submarina, costituiti principalmente da brecciole vulcaniche in matrice cineritica, spesso stratificate ed intensamente alterate, con subordinati livelli di lave a blocchi, bollose e fratturate.

Da un punto di vista geomeccanico sono assimilabili ad un deposito incoerente molto addensato, a tratti debolmente cementato.

Tali caratteristiche strutturali escludono la possibilità di procedere ad un prelievo di campioni significativi da sottoporre a prove di taglio e pertanto la caratterizzazione geomeccanica di questo litotipo è stata affidata a prove di penetrazione dinamica del tipo S.P.T

le prove SPT effettuate su questi terreni hanno fornito valori di Nspt elevati e spesso a rifiuto, questi ultimi certamente determinati dai numerosi elementi litoidi grossolani presenti e/o dovuti alla presenza di livelli lavici litoidi, pertanto si ritiene sufficientemente rappresentativo il valore medio ottenuto nelle diverse prove eseguite nel corso delle indagini per il progetto esecutivo, depurato dei valori a rifiuto, ed ulteriormnte corretto, cautelativamente ed a favore della sicurezza, di un'aliquota pari ad 1/3.

Con siffatte premesse il valore rappresentativo di Nspt, da assumersi per la definizione delle caratteristiche meccaniche per il litotipo vulcanoclastico risulta come si rileva dalla seguente tabella :

Pari a Nspt = 36

Per tale valore di Nspt é possibile assegnare ai terreni in questione, sulla scorta di diverse correlazioni eseguite da più Autori, i seguenti parametri geotecnici:

- Angolo di attrito interno:

φ = 38°

- Coesione

Considerato che la finalità della prova è quella di determinare i parametri di taglio in termini di tensioni efficaci, la coesione è da considerarsi nulla.

Tuttavia l'esistenza di un processo di cementazione a livello della matrice conferisce all'ammasso vulcanoclastico una certa coesione valutabile in un intervallo variabile tra:

C = 0,00 ÷ 0,500 Kg/cmq

- Densità relativa:
Dr = 97%

- Modulo di compressibilità

E = 700 Kg/cmq

- Peso di volume

γ = 2,00 g/cc

Lave

Questo litotipo si presenta, dal punto di vista della resistenza al taglio sotto due distinti aspetti, essendo interessato a tratti da fenomeni di alterazione che ne penalizzano le caratteristiche meccaniche, per cui si ritiene corretto procedere ad una analisi che tenga conto dei tratti alterati distinguendo tra lave alterate e lave integre comunque fratturate.

- Lave alterate

Il comportamento meccanico delle lave alterate risulta condizionato dalle discontinuità che interessano l'ammasso roccioso, e dallo stato di alterazione dei giunti per cui i parametri geomeccanici che possono essere, responsabilmente utilizzati per il litotipo lavico alterato saranno:

$\varphi^* = 36°$ (angolo di attrito interno)
C = 0,9 Kg/cmq (coesione apparente)
γ = 2,10 ton/mc (peso di volume)

- Lave integre e compatte

Il comportamento meccanico delle lave integre e compatte è stato rilevato facendo ricorso al sistema di classificazione dell'ammasso roccioso proposto da Beniawski, che permette di formulare un giudizio non solo qualitativo ma anche quantitativo sulle caratteristiche globali dell'ammasso stesso.
Dall'analisi dei parametri caratteristici medi, definiti indici di qualità, della roccia lavica riscontrata è stato possibile per la stessa definire il seguente quadro di parametri geomeccanici:

φ = 37° (angolo di attrito interno)
c = 3,2 Kg/cmq (coesione apparente)
Eed = 32.000 Kg/cmq
con γ = 2,28 t/mc

Alluvioni recenti

Si intendono con questo termine i depositi alluvionali depositati ed in corso di deposizione all'interno degli argini. Si tratta di depositi incoerenti con granulometria variabile in funzione delle caratteristiche idrauliche del corso d'acqua che le ha

prodotte.

Le alluvioni riscontrate nel corso delle indagini risultano caratterizzate da un'associazione granulometrica estremamente grossolana, con prevalenza di blocchi e ciottoli, che hanno fornito valori alle prove SPT molto elevati e non rappresentativi delle caratteristiche meccaniche in relazione all'età del deposito.

Si è ritenuto, pertanto, più corretto trascurare i risultati ottenuti dalle prove eseguite, assumendo per questi termini un valore determinato dall'esperienza su sedimenti affini a granulometria più fina, per cui il valore di Nspt è da assumere é nell'ordine di 20 colpi.

Per tale valore di Nspt é possibile assegnare ai terreni in questione, sulla scorta di diverse correlazioni eseguite da più Autori, i seguenti parametri geotecnici:

- Angolo di attrito interno

φ = 33°

- Coesione

Trattandosi di depositi incoerenti la coesione risulta nulla per cui:

C = 0,00 Kg/cmq

- Densità relativa

Dr = 72%

- Modulo di compressibilità

E = 428 Kg/cmq

- Peso di volume

γ = 1,89 g/cc

INDAGINE GEOFISICA

SISMICITA'

Interazione terreno-struttura

Le Nuove Norme Tecniche sulle Costruzioni (D. Min. Infrastrutture 14 gennaio 2008) raccolgono, modificano e organizzano le norme introdotte con il D.M. N°3274/2003 in base alle direttive dell'Eurocodice 8 e riconoscono che anche in terreni ricadenti all'interno di un'area avente la stessa classificazione, la risposta sismica può non essere omogenea, e subire incrementi o riduzioni strettamente dipendenti dalle situazioni geologiche, lito-stratigrafiche e geomorfologiche locali.

Il moto sismico è significativamente influenzato dalle caratteristiche dei terreni nei quali la perturbazione sismica si propaga.

La caratterizzazione dei terreni in campo sismico ha perciò importanti riflessi di natura progettuale ed operativa.

Il terreno costituisce il mezzo entro il quale la perturbazione sismica si propaga dalla sorgente al sito. Il passaggio attraverso il terreno, che in generale è un mezzo deformabile, non lascia però le onde sismiche inalterate, ma ne modifica le caratteristiche, per esempio, quelle di ampiezza e frequenza.

Il terreno rappresenta anche l'elemento che trasferisce le sollecitazioni sismiche alla struttura su di esso realizzata, interagendo con essa per dar luogo al moto risultante. In qualche caso, inoltre il terreno può presentare problemi di instabilità durante i terremoti, e causare severi danni alle opere su di esso edificate.

Da queste considerazioni appare evidente che il terreno in campo sismico interviene in modo significativo nella definizione dell'atto di moto, ne consegue che le valutazioni delle caratteristiche fisico-meccaniche locali dei terreni di fondazione assumono un ruolo fondamentale nell'analisi delle possibile sollecitazioni indotte nella struttura.

Pertanto, alla sismicità generale dell'area descritta in precedenza, deve essere associato uno studio specifico sulla risposta sismica locale che in sostanza deriva dalla storia geologica del sito.

Per caratterizzare e classificare al meglio i terreni da un punto di vista sismico, così come richiesto dall'O.P.C.M. 3274/2003 e D. M. 14.01.2008, si è proceduto all'esecuzione di prospezioni geofisiche di tipo MASW (Multichannel Analysis Surface Waves) e di tipo Down Hole.

Per una descrizione completa e peculiare delle caratteristiche tecniche delle strumentazioni, delle procedure operative e delle metodologie di analisi utilizzate, si rimanda alla lettura della relazione relativa all' indagine MASW curata dal Dott. Francesco Amodeo e all' indagine geofisica D.H. Curata dal Dott. Pietro Sanfilippo per conto della Ionica Sondaggi – Lab s.r.l.

Qui di seguito si riportano soltanto dei brevi cenni sul tipo d'indagine eseguita.

INDAGINE GEOFISICA MASW

La prospezione geofisica tipo MASW, eseguita in prossimità del "Ponte impluvio alla sez. 157", consente di individuare il profilo verticale di velocità delle onde di taglio Vs monodimensionale, assumendo un valore medio di velocità lungo lo stendimento dei ricevitori, basandosi sull'analisi della dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di tipo Rayleigh (R), che viaggiano con una velocità correlata alla rigidezza della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde.

Le onde elastiche sono generate artificialmente da più scoppi, posizionati alle estremità dello stendimento. Ai fini dell'elaborazione della curva di dispersione sperimentale viene scelta la misura che da la migliore concentrazione e distribuzione dei dati acquisiti in campagna.

Risultati delle indagini (MASW)

L'indagine geofisica ha consentito di definire le caratteristiche elastiche dei terreni investigati, tenendo conto dei passaggi di litologia individuati dall'indagine geofisica, andando così a segnare degli intervalli di terreno con uniformi caratteristiche elastiche e quindi con medesime caratteristiche geodinamiche.

Nella seguente tabella si riportano i valori calcolati dei principali parametri elastici relativi ai sismostrati individuati:

H	Vp	Vs	Densità	Coeff. Poisson v
m	m/sec	m/sec	g/cm^3	
4	859	252	1,8	0,3
6	888	667	2	0,28
20	769	786	2,2	0,25
10	771	1412	2,4	0,25
∞	945	1602	2,6	0,18
Σ hi/Vi = 0,05031 Vs_{30} = 30/0,05031 = 596 m/s				

La velocità media equivalente delle onde di taglio misurata di nei primi 30 metri di profondità (VS30) a partire dall'attuale piano campagna risulta essere pari a 596 m/s, così come si evince dall'indagine MASW.

Per i dettagli relativi alla metodologia di indagine, nonché per lo sviluppo completo delle risultanze si rimanda al fascicolo prodotto dalla Ditta esecutrice.

INDAGINE GEOFISICA DOWN HOLE

La prospezione geofisica tipo D.H, è stata eseguita all'interno del foro di sondaggio "S1 Ponte Torrente Gelso" opportunamente attrezzato con tubi spessorati in pvc e cementato.

Lo scopo della prova sismica consiste nel determinare la velocità di propagazione delle onde di volume, di compressione (onde P) e di taglio (S), misurando il tempo che esse impiegano nel tragitto tra la sorgente, posta in superficie, e i ricevitori, posti all'interno del foro di sondaggio, considerando nota la distanza sorgente-ricevitori.

Il terreno è stato energizzato battendo con una mazza su una piastra metallica appoggiata sulla superficie del suolo in prossimità del sondaggio; Per la registrazione dei dati è stato adoperato un sismografo a 24 canali della Seismic Source modello DAQLink II a 24 bit, eseguendo le registrazioni con un intervallo costante di 2 mt fino al raggiungimento della superficie.

Risultati dell' indagine Down Hole

L'indagine geofisica ha consentito di definire le caratteristiche elastiche dei terreni investigati, tenendo conto dei passaggi di litologia individuati dall'indagine geofisica, andando così a segnare degli intervalli di terreno con uniformi caratteristiche elastiche e quindi con medesime caratteristiche geodinamiche.

Nella seguente tabella si riportano i valori calcolati dei principali parametri elastici relativi ai sismostrati individuati:

H	Vp	Vs	Densità	Coeff. Poisson v	Modulo di taglio G	Mod. di compres. K	Mod. di Young E
m	m/sec	m/sec	g/cm^3		Kg/cm^2*10^4	Kg/cm^2*10^4	Kg/cm^2*10^4
2	421	126	1,8	0,45	291	2864	845
4	576	173	1,8	0,45	549	5357	1593
6	1574	474	1,8	0,45	40123	39975	11960
8	1666	545	1,8	0,44	5451	43676	15702
10	2020	788	1,8	0,41	11397	59699	32146
12	1904	743	1,8	0,41	10132	53030	28578
14	1980	773	1,8	0,41	10967	57335	30930
16	2020	824	1,8	0,40	12462	58278	34900
18	1666	732	1,8	0,38	9835	37831	27152
20	1869	822	1,8	0,38	12402	47580	34232
22	1818	772	1,8	0,39	10939	46079	30411
24	1785	728	1,8	0,39	9727	45512	27242
26	1818	742	1,8	0,40	10105	47191	28296
28	1818	742	1,8	0,40	10105	47191	28296
30	1834	778	1,8	0,39	11109	46924	30891
Σ hi/Vi = 0,064		Vs_{30} = 448 m/s					

La velocità media equivalente delle onde di taglio misurata di nei primi 30 metri di profondità (VS30) a partire dall'attuale piano campagna risulta essere pari a 448 m/s, così come si evince dall'indagine D.H. Della Ionica .

Per i dettagli relativi alla metodologia di indagine, nonché per lo sviluppo completo delle risultanze si rimanda al fascicolo prodotto dalla Ditta esecutrice.

CARATTERIZZAZIONE SISMICA

Azione sismica

Con l'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008 la stima della pericolosità sismica, intesa come accelerazione massima orizzontale su suolo rigido (Vs30>800 m/s), viene definita mediante un approccio “sito dipendente” e non più tramite un criterio “zona dipendente”.

Ciò comporta delle non trascurabili differenze nel calcolo dell’accelerazione sismica di base rispetto alle precedenti normative.

Dovendo stimare l'azione sismica di progetto nel sito in esame, ubicato nel territorio di Carlentini nei pressi della SP 32, con le precedenti normative in campo antisismico, applicando il criterio “zona dipendente” avremmo potuto stimare l’accelerazione di base (senza considerare l’incremento dovuto ad effetti locali dei terreni) in maniera automatica, poiché essa sarebbe stata direttamente correlata alla Zona sismica di appartenenza del comune (nel caso di Carlentini, Zona sismica 2).

Con l’entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008 la classificazione sismica del territorio è scollegata dalla determinazione dell’azione sismica di progetto per zone.

Nell’allegato A del D.M. 14 gennaio 2008 viene descritta la procedura per il calcolo della Pericolosità Sismica come strumento per la definizione degli spettri sismici necessari per il calcolo delle strutture.

Gli spettri sono definiti in base a tre parametri fondamentali:

a_g : accelerazione massima del terreno
Fo: valore massimo di amplificazione dello spettro
T^*_c : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione

Questi parametri sono calcolati in funzione del reticolo di riferimento (All.B).

Sul territorio italiano è stato individuata una maglia di circa 5,5 Km di lato, associando a ciascun nodo la definizione di tali parametri.

AZIONE SISMICA RIFERITA AL SITO: " PONTE IMPLUVIO SEZ. 157 "

Partendo dai valori dei nodi, per ogni punto individuato sul territorio nazionale mediante le sue coordinate geografiche (Latitudine e Longitudine) che per il sito in studio corrispondono rispettivamente a

Latitudine	Longitudine
37,2121	14,9625

e attraverso l'interpolazione è possibile individuare, per i diversi stati limite, i suddetti parametri spettrali (ag, Fo e T*c) propri del sito in esame per un periodo di ritorno (Tr) assegnato.

Il periodo di ritorno, utilizzato come parametro caratterizzante la pericolosità sismica, viene valutato in funzione della "Vita di Riferimento" (Vr) ed in base alla corrispondente probabilità del suo superamento allo stato limite (Pvr) che si intende verificare.

La "Vita di riferimento" (Vr) viene calcolata in funzione della "Vita Nominale" e del "Coefficiente d'uso" (Cu)

Vita Nominale:
indica il numero di anni nel quale la struttura deve essere usata per lo scopo per cui è stata progettata. Dalla tabella 2.4.1 delle NTC per un'opera ordinaria si rileva per un edificio ordinario un tempo minimo Vn = 50 anni

Coefficiente d'uso:

Parametro definito in base al livello di affollamento degli edifici o al loro interesse strategico, nella nuova normativa una rete viaria extraurbana con normali affollamenti viene assegnato alla classe III^ con un coefficiente Cu = 1,5

Stati limite e probabilità di superamento (Pvr):

Con riferimento agli stati limite dalla Tab. 3.2.1 si rileva una probabilità di superamento nel periodo di riferimento pari a

Stati limite di esercizio SLE	SLO	Pvr = 81%
	SLD	Pvr = 63%
Stati limite ultimi SLU	SLV	Pvr = 10%
	SLC	Pvr = 5%

PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA

Le azioni sismiche sulla costruzione vengono determinate, come già accennato, in funzione del periodo di riferimento Vr che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicando la Vita Nominale Vn per il Coefficiente d'uso Cu, nel nostro caso:

Vr = Vn x Cu = 50 x 1 = 75 anni

Fissata la vita di riferimento e la probabilità di superamento Pvr si ricava il periodo di ritorno Tr mediante l'espressione

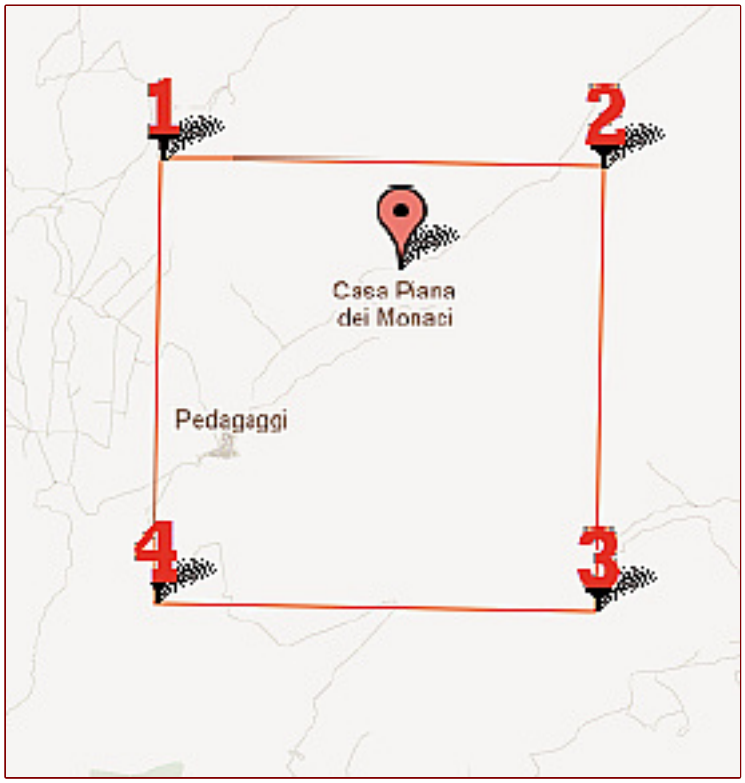
$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1-Pvr} = \frac{50}{\ln\ (1-0.10)} = 712\ anni$$

Per Vr = 75 anni e per i valori di Pvr prima riportati si avranno per i diversi stati limite i seguenti valori di Tr:

PERIODI DI RITORNO PER LA DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA			
Stati limite di esercizio SLE	SLO	Pvr = 81%	Tr = 45 anni
	SLD	Pvr = 63%	Tr = 75 anni
Stati limite ultimi SLU	SLV	Pvr = 10%	Tr = 712 anni
	SLC	Pvr = 5%	Tr = 1462 anni

DETERMINAZIONE DEI PARAMETRI SPETTRALI (A_g, F_o e T^*_C)

Nella figura che segue è rappresentata l'ubicazione del sito di progetto con riferimento a 4 nodi della griglia INGV, che comprendono il sito medesimo, numerati da 1 a 4.



Come indicato nell'Allegato A del D.M. 14 gennaio 2008, sarà possibile ottenere il valore dei parametri spettrali (a_g, F_0 e T^*_c) propri del sito in esame tramite media pesata con i 4 punti della griglia di accelerazioni (Tabella 1 in Allegato B) che comprendono l'area, mediante la seguente formula :

$$p = \frac{\sum_{i=1}^{4} \frac{Pi}{di}}{\sum_{i=1}^{4} \frac{1}{di}}$$

dove:

p = valore del parametro di interesse nel punto in esame;

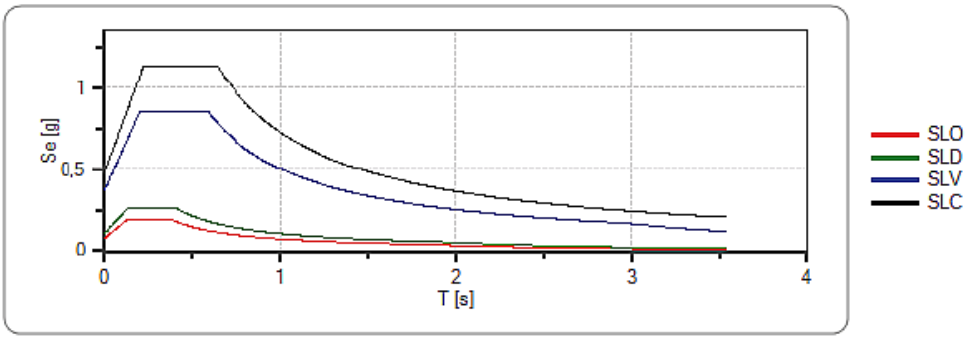
pi = valore del parametro di interesse nell'i-esimo punto della maglia elementare contenente il punto in esame;

di = distanza del punto in esame dall'i-esimo punto della maglia suddetta.

Nella tabella che segue, per ciascun punto della griglia, individuato dal codice identificativo ID, sono riportate le rispettive coordinate geografiche, in gradi decimali, con le distanze dal sito in esame ed i relativi parametri spettrali riferiti ai tempi di ritorno per i quattro stati limite.

NODI	PUNTI IMPIEGATI SULLA MAGLIA DI RIFERIMENTO			
ID	LATITUDINE	LONGITUDINE	DISTANZA DA SITO IN m	
(1) 49196	37,2254	14,9295	3284,48	
(2) 49197	37,2245	14,9921	2843,24	
(3) 49419	37,1745	14,9910	4945,9	
(4) 49418	37,1754	14,9285	5211,71	
SITO	DATI SUL SITO			
Coordinate geografiche	LATITUDINE	37,2121	LONGITUDINE	14,9625
	DATI SULLA COSTRUZIONE			
	SLO	SLD	SLV	SLC
Classe d'uso	III			
Vita nominale	50 anni			
Coefficiente d'uso	1,5			
Vita di riferimento	75 anni			
Pvr	0,81	0,63	0,1	0,05
Periodo di ritorno	45	75	712	1462
PARAMETRI	VALORI FINALI CALCOLATI			
ag	0,064g	0,090g	0,340g	0,483g
F_0	2,499	2,442	2,306	2,330
T*c (sec)	0,265	0,282	0,455	0,511

I valori dei parametri a_g Fo e T*c, così determinati, sono relativi a situazioni geologiche corrispondenti ad un sito con assenza di effetti locali dei terreni, ovvero con presenza di substrato sismico (Vs30>800m/s) affiorante o subaffiorante ed in condizioni morfologiche pianeggianti,(<15°), i cui spettri di risposta elastici,di seguito riportati, costituiscono gli spettri elastici di riferimento al substrato rigido per i diversi stati limite.



Pertanto per la definizione dell'azione sismica di progetto e dei relativi spettri in accelerazione sarà necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale facendo riferimento alla categoria del suolo su cui insiste il sito, ed in rapporto a quest'ultima valutare l'incremento dovuto all'amplificazione stratigrafica (Ss) e topografica (T).

Si è provveduto quindi ad individuare la categoria del suolo inerente l'area in studio mediante la determinazione dei valori della velocità media delle onde sismiche di taglio (Vs_{30}) da 0,00 a 30,00 m.

A tale scopo è stata effettuata una prova sismica MASW, le cui risultanze sono riportate in appendice.

In particolare l'esecuzione della prova ha permesso di quantificare le velocità sismiche longitudinali e trasversali lungo la verticale del sito, caratterizzando, dal punto di vista dinamico, la porzione di terreno compresa tra il piano di campagna e la quota di – 30,00 m., rappresentativa di quell'orizzonte di terreno soggetto a fenomeni di amplificazione dinamica delle onde sismiche.

Dai dati relativi alla colonna sismostratigrafica rilevata, si evince che la velocità media delle onde di taglio Vs_{30} è pari a 596 m/sec e pertanto i terreni in esame vanno inquadrati nella categoria di suolo di fondazione "B" a cui fanno riscontro:

"Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzate da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs_{30} compresi tra 360 e 800 m/sec."

Conseguentemente i fattori di amplificazione stratigrafica e topografica, ricavati rispettivamente dall' espressioni della tab. 3.2.V e dalla tabella 3.2.VI, per suoli di cat. "B", saranno pari, relativamente alla condizione di SLV, a:

$Ss = 1,40 - 0,40 \times Fo \times a_g / g = 1,09 < 1.20$

$S_T = 1,00$ con riferimento a caratteristiche topografiche di cat. T1 con superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media <= 15° (il sito in esame insiste su un pianoro con pendenza inferiori 5% pari a 3° < 15°)

per cui l'accelerazione massima attesa al suolo, per il sito in studio sarà:

$a_{max} = a_g \times Ss \times S_T = 3,63$ m/sec^2 con un valore di accelerazione massima a_{max}/g pari a 0.37

La conoscenza di a_g/g permette inoltre di determinare i coefficienti sismici orizzontale e verticale Kh e Kv, necessari per la determinazione dei fattori sismici inerziali Zq, Zγ e Zc nel calcolo della capacità portante, in funzione delle seguenti espressioni:

$Kh = ßs \times a_{max} / g$ e $Kv = +- 0.5\ Ko$

Dove:

ßs = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

I valori di ßs sono tabulati nella tabella 7.11.1 delle NTC, dove per suoli di categoria "B" e per un'accelerazione massima compresa tra 0.20 e 0.40 assume il valore 0.28, per cui sostituendo si ottiene

Kh = 0.28 x 0,37 = 0.10 con Kv = 0.052.

Un ulteriore fattore di amplificazione stratigrafica è dato dal coefficiente Cc (tab 3.2.V) necessario al Progettista per la determinazione del valore del periodo "Tc" che vale:

$Cc = 1.10 \times (T^*c)^{-0.20} = 1.29$

Vengono qui di seguito riassunti i parametri relativi all'azione sismica sopra determinati:

Azione sismica

Parametri di riferimento su sito rigido orizzontale (SLV)

Accelerazione orizzontale massima al sito di riferimento rigido	a_g = 3,34 m/sec²
Valore massimo fattore di amplificazione spettro in accelerazione orizzontale	Fo = 2,306
Periodo di inizio tratto a velocità costante spettro in accelerazione orizzontale	T*c = 0,455 sec

Parametri di Zona

Categoria sottosuolo	B
Categoria topografica	T1

Coefficienti

Amplificazione stratigrafica Ss	1,09
Coef. funzione categoria suolo Cc	1,29
Amplificazione topografica T	1,0
Accelerazione orizzontale massima attesa al sito	a_{max} = 3,63 m/sec²
Accelerazione massima (a_{max}/g)	0,37
Coefficiente riduzione acceler. massima attesa al sito ßs	0,28
Coefficiente sismico orizzontale Kh	0,104
Coefficiente sismico verticale Kv	0,052

AZIONE SISMICA RIFERITA AL SITO: " S.1 PONTE TORRENTE GELSO "

Partendo dai valori dei nodi, per ogni punto individuato sul territorio nazionale mediante le sue coordinate geografiche (Latitudine e Longitudine) che per il sito in studio corrispondono rispettivamente a

Latitudine	Longitudine
37,2074	14,9578

e attraverso l'interpolazione è possibile individuare, per i diversi stati limite, i suddetti parametri spettrali (ag, Fo e T*c) propri del sito in esame per un periodo di ritorno (Tr) assegnato.

Il periodo di ritorno, utilizzato come parametro caratterizzante la pericolosità sismica, viene valutato in funzione della "Vita di Riferimento" (Vr) ed in base alla corrispondente probabilità del suo superamento allo stato limite (Pvr) che si intende verificare.

La "Vita di riferimento" (Vr) viene calcolata in funzione della "Vita Nominale" e del "Coefficiente d'uso" (Cu)

Vita Nominale:

indica il numero di anni nel quale la struttura deve essere usata per lo scopo per cui è stata progettata. Dalla tabella 2.4.1 delle NTC per un'opera ordinaria si rileva per un edificio ordinario un tempo minimo Vn = 50 anni

Coefficiente d'uso:

Parametro definito in base al livello di affollamento degli edifici o al loro interesse strategico, nella nuova normativa un edificio per civile abitazione con normali affollamenti viene assegnato alla classe III^ con un coefficiente Cu = 1,5

Stati limite e probabilità di superamento (Pvr):

Con riferimento agli stati limite dalla Tab. 3.2.1 si rileva una probabilità di superamento nel periodo di riferimento pari a

Stati limite di esercizio SLE	SLO	Pvr = 81%
	SLD	Pvr = 63%
Stati limite ultimi SLU	SLV	Pvr = 10%
	SLC	Pvr = 5%

PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA

Le azioni sismiche sulla costruzione vengono determinate, come già accennato, in funzione del periodo di riferimento Vr che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicando la Vita Nominale Vn per il Coefficiente d'uso Cu, nel nostro caso:
Vr = Vn x Cu = 50 x 1,5 = 75 anni

Fissata la vita di riferimento e la probabilità di superamento Pvr si ricava il periodo di ritorno Tr mediante l'espressione.

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1-Pvr} = \frac{50}{\ln\,(1-0.10)} = 712\ anni$$

Per Vr = 75 anni e per i valori di Pvr prima riportati si avranno per i diversi stati limite i seguenti valori di Tr:

PERIODI DI RITORNO PER LA DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA			
Stati limite di esercizio SLE	SLO	Pvr = 81%	Tr = 45 anni
	SLD	Pvr = 63%	Tr = 75 anni
Stati limite ultimi SLU	SLV	Pvr = 10%	Tr = 712 anni
	SLC	Pvr = 5%	Tr = 1462 anni

DETERMINAZIONE DEI PARAMETRI SPETTRALI (A_g, F_o e T^*_C)

Nella figura che segue è rappresentata l'ubicazione del sito di progetto con riferimento a 4 nodi della griglia INGV, che comprendono il sito medesimo, numerati da 1 a 4.

Come indicato nell'Allegato A del D.M. 14 gennaio 2008, sarà possibile ottenere il valore dei parametri spettrali (a_g, F_0 e T^*_c) propri del sito in esame tramite media pesata con i 4 punti della griglia di accelerazioni (Tabella 1 in Allegato B) che comprendono l'area, mediante la seguente formula

$$p = \frac{\sum_{i=1}^{4} \frac{Pi}{di}}{\sum_{i=1}^{4} \frac{1}{di}}$$

dove:

p = valore del parametro di interesse nel punto in esame;

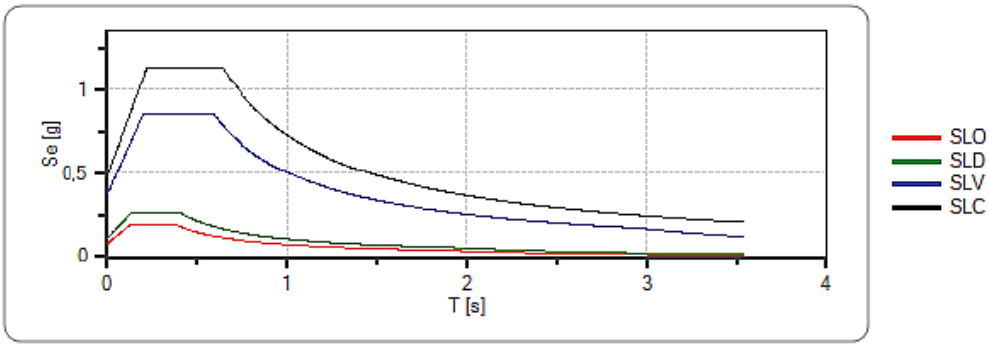
pi = valore del parametro di interesse nell'i-esimo punto della maglia elementare contenente il punto in esame;

di = distanza del punto in esame dall'i-esimo punto della maglia suddetta.

Nella tabella che segue, per ciascun punto della griglia, individuato dal codice identificativo ID, sono riportate le rispettive coordinate geografiche, in gradi decimali, con le distanze dal sito in esame ed i relativi parametri spettrali riferiti ai tempi di ritorno per i quattro stati limite.

NODI	PUNTI IMPIEGATI SULLA MAGLIA DI RIFERIMENTO			
ID	LATITUDINE	LONGITUDINE	DISTANZA DA SITO IN m	
(1) 49196	37,2254	14,9295	3187,8	
(2) 49197	37,2245	14,9921	3459,8	
(3) 49419	37,1745	14,9910	4738,8	
(4) 49418	37,1754	14,9285	4544,2	
SITO	DATI SUL SITO			
Coordinate geografiche	LATITUDINE	37,2074	LONGITUDINE	14,9578
	DATI SULLA COSTRUZIONE			
	SLO	SLD	SLV	SLC
Classe d'uso	III			
Vita nominale	50 anni			
Coefficiente d'uso	1,5			
Vita di riferimento	75 anni			
Pvr	0,81	0,63	0,1	0,05
Periodo di ritorno	45	75	712	1462
PARAMETRI	VALORI FINALI CALCOLATI			
ag	0,064g	0,090g	0,340g	0,484g
F_0	2,499	2,442	2,305	2,329
T*c (sec)	0,265	0,282	0,456	0,512

I valori dei parametri a_g Fo e T*c, così determinati, sono relativi a situazioni geologiche corrispondenti ad un sito con assenza di effetti locali dei terreni, ovvero con presenza di substrato sismico (Vs30>800m/s) affiorante o subaffiorante ed in condizioni morfologiche pianeggianti,(<15°), i cui spettri di risposta elastici,di seguito riportati, costituiscono gli spettri elastici di riferimento al substrato rigido per i diversi stati limite.



Pertanto per la definizione dell'azione sismica di progetto e dei relativi spettri in accelerazione sarà necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale facendo riferimento alla categoria del suolo su cui insiste il sito, ed in rapporto a quest'ultima valutare l'incremento dovuto all'amplificazione stratigrafica (Ss) e topografica (T).

Si è provveduto quindi ad individuare la categoria del suolo inerente l'area in studio mediante la determinazione dei valori della velocità media delle onde sismiche di taglio (Vs_{30}) da 0,00 a 30,00 m.

A tale scopo è stata effettuata una prova sismica D.H., le cui risultanze sono riportate in appendice.

In particolare l'esecuzione della prova ha permesso di quantificare le velocità sismiche longitudinali e trasversali lungo la verticale del sito, caratterizzando, dal punto di vista dinamico, la porzione di terreno compresa tra il piano di campagna e la quota di – 30,00 m., rappresentativa di quell'orizzonte di terreno soggetto a fenomeni di amplificazione dinamica delle onde sismiche.

Dai dati relativi alla colonna sismostratigrafica rilevata, si evince che la velocità media delle onde di taglio Vs_{30} è pari a 448 m/sec e pertanto i terreni in esame vanno inquadrati nella categoria di suolo di fondazione "B" a cui fanno riscontro:

"Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzate da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs_{30} compresi tra 360 e 800 m/sec."

Conseguentemente i fattori di amplificazione stratigrafica e topografica, ricavati rispettivamente dall' espressioni della tab. 3.2.V e dalla tabella 3.2.VI, per suoli di cat. "B", saranno pari, relativamente alla condizione di SLV, a:

$Ss = 1,40 - 0,40 \times Fo \times a_g / g = 1,09 < 1.20$

$S_T = 1,00$ con riferimento a caratteristiche topografiche di cat. T1 con superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media <= 15° (il sito in esame insiste su un pianoro con pendenza inferiori 5% pari a 3° < 15°)

per cui l'accelerazione massima attesa al suolo, per il sito in studio sarà:

$a_{max} = a_g \times Ss \times S_T = 3,63$ m/sec^2 con un valore di accelerazione massima a_{max}/g pari a 0.37

La conoscenza di a_g/g permette inoltre di determinare i coefficienti sismici orizzontale e verticale Kh e Kv, necessari per la determinazione dei fattori sismici inerziali Zq, Zγ e Zc nel calcolo della capacità portante, in funzione delle seguenti espressioni:

$Kh = ßs \times a_{max} / g$ e $Kv = +- 0.5\ Ko$

Dove:

ßs = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

I valori di ßs sono tabulati nella tabella 7.11.1 delle NTC, dove per suoli di categoria "B" e per un'accelerazione massima compresa tra 0.20 e 0.40 assume il valore 0.28, per cui sostituendo si ottiene

$Kh = 0.28 \times 0,37 = 0.104$ con $Kv = 0.052$.

Un ulteriore fattore di amplificazione stratigrafica è dato dal coefficiente Cc (tab 3.2.V) necessario al Progettista per la determinazione del valore del periodo "Tc" che vale:

$Cc = 1.10 \times (T^*c)^{-0.20} = 1.29$

Vengono qui di seguito riassunti i parametri relativi all'azione sismica sopra determinati:

Azione sismica

==========

Parametri di riferimento su sito rigido orizzontale (SLV)

Accelerazione orizzontale massima al sito di riferimento rigido	a_g = 3,34 m/sec²
Valore massimo fattore di amplificazione spettro in accelerazione orizzontale	Fo = 2,305
Periodo di inizio tratto a velocità costante spettro in accelerazione orizzontale	T*c = 0,456 sec

Parametri di Zona

Categoria sottosuolo	B
Categoria topografica	T1

Coefficienti

Amplificazione stratigrafica Ss	1,09
Coef. funzione categoria suolo Cc	1,
Amplificazione topografica T	1,0
Accelerazione orizzontale massima attesa al sito	a_{max} = 3,63 m/sec²
Accelerazione massima (a_{max}/g)	0,37
Coefficiente riduzione acceler. massima attesa al sito ßs	0,28
Coefficiente sismico orizzontale Kh	0,104
Coefficiente sismico verticale Kv	0,052

Il geologo
Dott. Cirino Greco
Ord. Reg.le Geologi Sicilia n° 230