

Suolo & Sottosuolo



Studio di geologia applicata alla tutela dell'ambiente

C.F. FCLNNC67M23M088N

dott. Antonio Claudio Ficili

Geologo - O.R.G.S. N.1423

via Firenze n. 46 - 97019 - Vittoria (RG)

3383567821

E-mail: suoloesottosuolo@virgilio.it; PEC: antonioclaudio.ficili@epap.sicurezzapostale.it.

COMUNE DI VITTORIA

PROVINCIA DI RAGUSA

RELAZIONE GEOLOGICA

Circolare A.R.T.A. Sicilia n.3/DRA del 20/06/2014 - Prot. n.28807 d.1 20/06/2014

Compatibilità geomorfologica per un sito oggetto di variante urbanistica al vigente P.R.G. del Comune di Vittoria, in seguito a sentenza del TAR di Catania. Adozione di una variante puntuale al PRG vigente a seguito della decadenza dei vincoli.

COMMITTENTE: AMMINISTRAZIONE COMUNALE DI VITTORIA

Il geologo

dott. Antonio Claudio Ficili

Antonio Claudio Ficili





INDICE

1. Premessa	pag. 2
2. Caratterizzazione e modellazione geologica del sito	pag. 3
2.1 Lineamenti geomorfologici	pag. 3
2.2 Geologia	pag. 4
2.2.1 Caratteri geostrutturali	pag. 4
2.2.2 Successione litostratigrafica generale	pag. 5
2.2.3 Successione litostratigrafica locale	pag. 7
2.3 Idrologia e idrogeologia	pag. 8
2.3.1 Assetto idrogeologico dell'area	pag. 8
2.3.2 Idrogeologia locale	pag. 9
2.4 Caratteristiche litotecniche	pag. 10
2.5 Stabilità nei confronti della liquefazione	pag. 11
3. Sismicità dell'area	pag. 13
3.1 Pericolosità sismica locale	pag. 15
3.1.1 Azione sismica	pag. 15
3.1.2 Microzonazione sismica	pag. 17
4. Suscettività all'edificazione	pag. 18
5. Conclusioni	pag. 18
Allegati	
1) corografia d'inquadramento (scala 1:25000);	
2) carta delle indagini (scala 1:2000);	
3) schede sondaggi meccanici;	
Cartografia di analisi	
4) carta geologico-geomorfologica (scala 1:2000);	
5) colonna litostratigrafica (scala 1:200);	
6) carta idrogeologica (scala 1:2000);	
7) carta litotecnica (scala 1:2000);	
Cartografia di sintesi	
8) carta delle pericolosità e del rischio geomorfologico – P.A.I. (scala 1:10000);	
9) carta delle pericolosità geologiche e sismiche (microzone omogenee in prospettiva sismica) (scala 1:2000);	
10) carta della suscettività all'edificazione (scala 1:2000).	
Appendici	
1 - Relazione indagine sismica (Tromino).	
2 - Relazione indagine sismica (Masw).	



1. PREMESSA

Su incarico dell'Amministrazione Comunale di Vittoria, con Determinazione del Dirigente U.P.I.G.A. n.1927 del 15/09/2014, io sottoscritto dott. Antonio Claudio Ficili, iscritto al n° 1423 dell'Albo Regionale dei Geologi di Sicilia, ho eseguito lo studio geologico legato *all'adozione di una variante urbanistica puntuale al PRG vigente a seguito della decadenza dei vincoli*, giusta sentenza del TAR di Catania n.1799/2011, relativa ad un'area di Scoglitti, frazione del comune di Vittoria, sita tra via dei Delfini e via delle Aragoste, in catasto ascrivita al Foglio 165 particelle NN. 45, 964, 965.

Essa è geograficamente inquadrabile nel Foglio I. G. M. N° 275 tavoletta I S.E. (Scoglitti) della Carta d'Italia a scala 1:25000 ed è individuato dalle seguenti coordinate geografiche (ED₅₀): latitudine = 36,900870° Nord; longitudine = 14,428302° Est (v. all. 1 - corografia).

Tale lavoro è stato condotto in ossequio al D.M. 14/01/2008, recante "Norme tecniche per le costruzioni", alla circolare n.617 del 02/02/2009, che riporta le "Istruzioni per l'applicazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008", ed in particolare alla circolare A.R.T.A. della Regione Sicilia n.3/DRA del 20/06/2014 – Prot. n.28807 del 20/06/2014, recante "Studi geologici per la redazione di strumenti urbanistici".

Questo studio geologico è finalizzato a:

- 1) fornire un quadro conoscitivo sufficiente per illustrare le caratteristiche geologiche del territorio in esame e identificare le situazioni locali che presentino livelli di pericolosità geologica tali da poter influenzare, in modo significativo, le scelte degli strumenti urbanistici;
- 2) indicare le prescrizioni e gli accorgimenti tecnici affinché tali eventuali condizioni di pericolosità non si aggravino o si manifestino in fase di nuova urbanizzazione.

Esso mira ad affrontare i seguenti aspetti:

- caratterizzazione e modellazione geologica, geomorfologica e idrogeologica del sito;
- caratterizzazione litotecnica dei litotipi ivi affioranti;
- determinazione del rischio geologico;
- determinazione della risposta sismica locale ai fini della definizione del rischio sismico;
- individuazione della classe di suscettività all'edificazione cui ascrivere il sito.

Quanto sopra è stato fatto correlando tra loro i dati derivanti da:

- a) notizie desunte da studi biblio-cartografici esistenti in letteratura sull'assetto geologico ed idrogeologico dell'area (DI GRANDE e GRASSO, Lineamenti geologici del margine occidentale ibleo ... - Boll. Soc. Geol. It., 96 – 1977; M. GRASSO, Carta geologica del settore centro-meridionale dell'altopiano ibleo – Provincia di Ragusa – scala 1:50000 – S.E.L.C.A. Firenze, 1997; AURELI A., Carta della vulnerabilità delle falde idriche - Sicilia S.E. - scala 1:50000 - CNR - Selca, Firenze 1993; AA.VV., Piano stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) della Regione Sicilia, 2004; - DRAGO M., Studio geologico e idrogeo-



Suolo & Sottosuolo

Studio di geologia applicata alla tutela dell'ambiente
dott. Antonio Claudio Ficili

Geologo

- logico a supporto della revisione del P.R.G. del Comune di Vittoria, 1998);
- b) indagini geognostiche (sondaggi meccanici a carotaggio continuo denominati S398 e S401) allegante allo *Studio geologico a supporto della variante al P.R.G. del Comune di Vittoria (Drago M.)*;
 - c) conoscenze acquisite sul territorio dallo scrivente in occasione di precedenti lavori (indagini geognostiche: sondaggio meccanico a carotaggio continuo e sismica di superficie del tipo Masw, ditta Benvissuto, anno 2013);
 - d) indagine geofisica mediante "tecnica dei rapporti spettrali o HVSR" (con apparecchiatura Tromino) per la misurazione delle Vs, condotta all'interno del sito in esame.

Come indicato al punto 4.1.3 della Circolare ARTA n.3/DRA/2014 è stata redatta una *Carta delle indagini* in cui sono state riportate le ubicazioni di tutte le indagini geognostiche utilizzate per il presente studio (v. all. 2). La scheda del sondaggio meccanico è riportata nell'allegato tre. Le relazioni sulle indagini geofisiche sono accluse in Appendice.

Le conclusioni del presente studio sono state restituite in forma grafica nelle cartografie di analisi e di sintesi per come richiesto dalla Circolare A.R.T.A. Regione Sicilia n.3/DRA del 20/06/2014, qui riportate negli allegati e facenti parte integrante del presente studio.

2. CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO

2.1 LINEAMENTI GEOMORFOLOGICI

L'area in esame, posta ad una quota topografica di 12 m sul livello del mare, è senz'altro definibile pianeggiante, e mostra una debolissima acclività verso ovest. Tali condizioni topografiche consentono di attribuire l'area alla **categoria T1** della classificazione riportata nella Tabella 3.2.IV del DM 14/01/2008, cui corrisponde un valore del *coefficiente di amplificazione topografica* **S_T** pari a 1,0 (Tabella 3.2.VI del DM 14/01/2008).

La natura litologica dei terreni ivi affioranti, d'origine sedimentaria e con un grado di addensamento medio-alto, e la loro giacitura, localmente definibile suborizzontale, fanno sì che l'area presenti un *alto grado di stabilità geomorfologica*. Tali terreni costituiscono un terrazzo marino ascrivibile al Pleistocene medio.

Durante i diversi sopralluoghi, inoltre, dall'osservazione degli scavi realizzati nella zona per la realizzazione di alcuni fabbricati e delle opere edili esistenti nei dintorni (muri degli edifici, marciapiedi, strade), non si è evidenziata alcun'indicazione tale da lasciare supporre che l'area presenti fenomeni di dissesto in atto o potenziali.



Suolo & Sottosuolo

Studio di geologia applicata alla tutela dell'ambiente
dott. Antonio Claudio Ficili

Geologo

Quanto sopra è in pieno accordo con quanto riportato nella *Carta delle pericolosità e del rischio geomorfologico del P.A.I.* della Regione Siciliana (TAV. IP_P-R_647060-12) e con la *Carta delle pericolosità geologico-geomorfologiche* allegata al vigente P.R.G. comunale (Drago M., 1998).

In conclusione, il sito in esame ricade all'interno di un terrazzo marino pleistocenico che presenta un alto grado di stabilità geomorfologica e nell'area indagata non insistono altri elementi geomorfologici di rilievo né dissesti censiti nel PAI.

2.2 GEOLOGIA

(tratto da Studio geologico a supporto della revisione del P.R.G., Drago M., 1998)

2.2.1 Caratteri geostrutturali

Il sito d'interesse ricade all'interno di uno dei tre principali elementi strutturali dell'orogene siciliano, noto con il nome di **avampaese ibleo**, ed in particolare a nord-ovest dell'altipiano calcareo s. s. Tale altipiano, detto Plateau Ibleo, è costituito dai termini indeformati delle sequenze carbonatiche oligo-mioceniche, è relativamente stabile, ed affiora estesamente nella parte sud-orientale della Sicilia.

In particolare il sito in esame si colloca nella Piana di Vittoria, posizionata ai margini occidentali dell'Altopiano Ibleo. Essa rappresenta una depressione strutturale conseguente ad una intensa attività tettonica distensiva in cui, sotto le successioni sedimentarie plio-pleistoceniche affioranti, ritroviamo il substrato ibleo, qui ribassato da un sistema principale di faglie a sviluppo NE-SO (allineamento Comiso-Chiaramonte). L'intensa attività tettonica della zona è da riferire alla particolare posizione della stessa, che fa da transizione tra la zona di catena, caratterizzata da strutture a falde sovrapposte, la zona di avanfossa esterna e la zona di avampaese, indeformata.

Le direttrici principali della suddetta attività tettonica, relativamente al territorio del Comune di Vittoria, si possono individuare in due famiglie:

- faglie a gradinata, dirette, con andamento NNE-SSW, post-mioceniche, che hanno interessato i vari termini della Fm. Ragusa e della Fm. Tellaro, evidenti lungo gli horst di Serra S. Bartolo, Monte Calvo e Cozzo Telegrafo ed a sud di Acate;
- faglie ortogonali alle prime, con andamento NW-SE, di età compresa tra il Miocene superiore e il Pleistocene.

Le faglie più antiche, rilevabili entro il centro abitato, sono responsabili della struttura a horst (via XX Settembre) che si estende dal Vallone Canale ad est di Vittoria fino alla periferia occidentale con andamento WNW-ESE; dette faglie interessano i termini prevalentemente marnosi della Fm. Tellaro e in atto non rilevano indizi di attività neotettonica.



Suolo & Sottosuolo

Studio di geologia applicata alla tutela dell'ambiente
dott. Antonio Claudio Ficili

Geologo

Le faglie più recenti, di età post-pleistocenica, hanno interessato la Fm. dei Gessi miocenici, dei Trubi pliocenici e la successione sabbioso-calcarenitica-conglomeratica quaternaria. Queste strutture tettoniche si concentrano in prevalenza lungo la valle del fiume Ippari dove mettono a contatto terreni di diversa età e litologia.

Per quanto di stretta pertinenza del presente studio, in prossimità del luogo in esame, non è stato individuato alcun elemento tettonico di particolare rilevanza.

2.2.2 Successione litostratigrafica generale

Le fonti bibliografiche e cartografiche ufficiali esistenti sull'area in cui ricade il territorio del Comune di Vittoria, citate in premessa, portano ad individuare la presenza della successione litostratigrafica qui di seguito riportata, a partire dal termine più recente.

Spiagge attuali e depositi eolici (S; Sd)

Si tratta di sabbie fini, gialle, a prevalente composizione quarzosa ed in minor misura carbonatica, attribuibili all'Olocene. Attualmente la formazione delle dune costiere risulta poco marcata a causa degli interventi di bonifica e coltivazione del suolo operati dall'uomo, mentre l'azione marina appare indirizzata verso processi di erosione contrapposti a quelli di deposito che avvenivano in passato.

Alluvioni recenti e attuali (A)

Si tratta d'alluvioni fluviali costituite da ciottoli carbonatici di dimensioni variabili, da centimetrici a decimetrici, in matrice sabbioso-limosa giallo-brunastra. Sono attribuibili all'Olocene. Quelle attuali sono localizzate in corrispondenza dell'alveo del fiume Ippari, e litologicamente sono costituite da materiale conglomeratico-arenaceo-pelitico, di varia natura, che viene ripreso dal corso d'acqua.

Terre nere e depositi lacustri (P)

Sono depositi fluvio-lacustri e continentali, litologicamente caratterizzati da un colore dal bruno rossiccio al nero, e ricoprono in discordanza tutti gli altri litotipi presenti nell'area. Affiorano in aree depresse, presso Fornace di Calce in C.da Giardinazzo, presso C.da Fortura e C.da Boscopiano.

Terrazzi marini (Tm)

Sono depositi terrazzati marini costituiti da sabbie bianco-giallastre, carbonatiche, o da conglomerati a clasti carbonatici e arenitici appiattiti in matrice sabbiosa, distribuiti lungo la linea di costa a quote da 0 a 10 m e terrazzi marini altimetricamente correlabili con i depositi medio-pleistocenici. Si rinvengono fino a quote massime di 200 metri e risultano essere costituiti quasi sempre da spianate di



Suolo & Sottosuolo

Studio di geologia applicata alla tutela dell'ambiente
dott. Antonio Claudio Ficili

Geologo

abrasione con rari depositi costituiti da lembi di calcareniti bruno-giallastre a grana grossolana. Vengono datati come termini del Pleistocene medio.

Sabbie fini giallo-rossastre (Qms)

Sono sedimenti d'origine marina che poggiano in continuità stratigrafica sui sottostanti sedimenti lacustri e sono ascrivibili al Pleistocene medio. Litologicamente si tratta di sabbie a granulometria fine che al taglio fresco mostrano una colorazione prevalentemente giallastra e che presentano al loro interno livelli più competenti, costituiti da sabbie più cementate, oltre a delle concrezioni arenacee interpretate come strutture di paleocorrenti marine. Lo spessore varia dai 4 ai 10 metri.

Calcareniti biancastre e silts limnici (Ql)

Si tratta di sedimenti di origine lacustre, individuati per primo da CONTI (1979) e da questi ascrivibili al Pleistocene inferiore. Si presentano sotto forma di calcareniti, talora siltiti mal cementate, pulverulente, biancastre, a mostrano grande eterogeneità, oltre a presentare livelli di marne argillose bianco-azzurre e di travertini. Lo spessore potrebbe essere nell'ordine di una ventina di metri.

Calcareniti organogene marine (Qc)

Si tratta di calcareniti che al taglio fresco si presentano bianco-giallastre, talora rossastre, in grossi banchi. Nell'area di Vittoria esse hanno una litologia estremamente variabile, passando da livelli più cementati, a volte prettamente lapidei (cave di Vittoria), a livelli più teneri, a volte fino a sabbiosi.

Da un punto di vista paleogeografico, questa varietà di facies è sicuramente indicativa di condizioni ambientali e di processi diagenetici differenti, ma coesistenti durante il medesimo periodo di sedimentazione. Molto probabilmente risalgono a zone con circolazione di correnti marine più o meno accentuate, anche all'interno dello stesso bacino. Le calcareniti presentano uno spessore generalmente variabile, che però quasi mai supera i 60 metri.

Stratigraficamente poggiano sempre in discordanza o sulle marne giallastre della Formazione Telleraro o, dove questi sono presenti, sui Trubi. La presenza di macrofauna è abbondante (clamys, ostriche, briozoi ed echinodermi). Tali calcareniti indicano un ambiente marino di acque basse e possono essere ascritte al pleistocene inferiore.

Calcarei marnosi e marne calcaree – Trubi (Pm)

Si tratta di calcari marnosi e marne calcaree (Trubi) di colore bianco latte, a frattura concoide, con un'intensa fratturazione secondo dei piani normali tra loro ed alle superfici di strato che spesso maschera la stratificazione.



I Trubi indicano il ripristino delle condizioni di mare aperto con normale sedimentazione pelagica dopo la crisi di salinità messiniana e sono discordanti con la formazione sottostante (Formazione Tellaro). La loro età è riferibile al Pliocene inferiore, come testimoniato dall'abbondante presenza di *globorotalia margaritae*, ed il loro spessore nell'area può essere molto variabile (sino a 70 metri).

Marne - Formazione Tellaro (Mm)

Si tratta di marne argillose e argille marnose che costituiscono la base della successione affiorante nell'area. Al taglio fresco presentano una colorazione grigio - azzurra, talora giallo - verdastra, e mostrano un aspetto compatto, frattura concoide e stratificazione poco evidente. Tali marne corrispondono alla parte sommitale della Formazione Tellaro di RIGO e BARBIERI (1959) di età Miocene medio-superiore. La Formazione Tellaro indica un ambiente da neritico a pelagico in cui una normale sedimentazione carbonatica viene inquinata da apporti terrigeni. La potenza della formazione si aggira intorno ai 160 metri, come dedotto da studi effettuati in zone limitrofe (Di Grande e Grasso, 1977).

2.2.3 Successione litostratigrafica locale

Al fine di determinarne la geologia è stato eseguito il rilevamento geologico di dettaglio di una zona significativamente estesa contenente il sito in studio. Alle conclusioni sulla ricostruzione della successione litostratigrafica locale qui di seguito riportate, e graficamente rappresentate negli allegati 4 (carta geologico-geomorfologica) e 5 (colonna litostratigrafica), si è giunti correlando e integrando tra loro i dati biblio-cartografici citati in premessa con le evidenze dirette derivanti dalle colonne litostratigrafiche ottenute dai sondaggi meccanici a carotaggio continuo qui allegati. I terreni riscontrati sono qui di seguito riportati a partire dal più recente.

Sabbie giallastre con livelli arenitici - Terrazzi marini (Tm)

Si tratta di un deposito di chiara origine marina costituito da sabbie a granulometria media, di colore bianco-giallastro, a composizione prevalentemente carbonatica, e da livelli di varia potenza di conglomerati a clasti carbonatici e arenitici appiattiti in matrice sabbiosa, più o meno cementata. Il deposito è ascrivito al Pleistocene medio. Le diverse condizioni ambientali del bacino di sedimentazione in fase diagenetica sono la causa dei differenti gradi di cementazione che la formazione presenta sia orizzontalmente che verticalmente. Localmente lo spessore è di circa 5 - 6 metri.

Sabbie fini giallo-rossastre (Qms)

Sono sedimenti d'origine marina che poggiano in continuità stratigrafica sui sottostanti sedimenti lacustri (ove presenti) e sono ascrivibili al Pleistocene medio. Dal punto di vista litologico si tratta di



Suolo & Sottosuolo

Studio di geologia applicata alla tutela dell'ambiente
dott. Antonio Claudio Ficili

Geologo

sabbie limose e limi sabbiosi, a granulometria medio-fine, che al taglio fresco mostrano una colorazione prevalentemente giallastra e che presentano, al loro interno, livelli più competenti, costituiti da sabbie più cementate, oltre a delle concrezioni arenacee interpretate come strutture di paleocorrenti marine. Lo spessore della formazione si aggira intorno ai 10 metri.

Marne argillose e argille marnose – Formazione Tellaro (Mm)

Si tratta di marne argillose e argille marnose che costituiscono la base della successione affiorante nell'area. Al taglio fresco presentano una colorazione grigio-azzurra, talora giallo-verdastra, e mostrano un aspetto compatto, frattura concoide e stratificazione poco evidente.

Tali marne corrispondono alla parte sommitale della Formazione Tellaro di RIGO e BARBIERI (1959) d'età Miocene medio-superiore. Tale Formazione è indicativa un ambiente da neritico a pelagico in cui una normale sedimentazione carbonatica è inquinata da apporti terrigeni.

Nell'area del Comune di Vittoria la potenza della formazione si aggira, presumibilmente, intorno ai 160 metri, come dedotto da studi effettuati in zone limitrofe (Di Grande e Grasso, 1977). In corrispondenza dell'area di interesse non affiorano, ma si rinvencono ad una profondità di circa 8 - 10 metri dal piano campagna, come risulta interpolando i dati delle colonne stratigrafiche dei sondaggi meccanici censiti.

2.3 IDROLOGIA E IDROGEOLOGIA

(tratto da Studio idrogeologico a supporto della revisione del P.R.G., Drago M., 1998)

2.3.1 Assetto idrogeologico dell'area

In relazione alle caratteristiche litologiche e di permeabilità delle diverse formazioni affioranti nell'area, ai relativi rapporti stratigrafici, al loro assetto strutturale e all'estensione e spessore dei depositi, può essere schematicamente distinto il seguente sistema acquifero:

1) acquifero in falda libera nei depositi calcarenitico-sabbiosi e alluvionali.

Il complesso calcarenitico-sabbioso costituisce un sistema acquifero di tipo libero, monostratificato a grande scala, mentre a scala locale può essere considerato un multistrato per la presenza di diaframmi semipermeabili. Lo spessore complessivo varia tra 10 e 70 metri.

Possiede permeabilità di grado medio-alto, di tipo misto, primario laddove prevalgono le litologie sciolte o debolmente cementate, secondario in corrispondenza dei termini prettamente calcarenitico-calciruditico, dove la permeabilità risulta accentuata, oltre che dalla fratturazione, dalla presenza di canalizzazioni carsiche. Il substrato impermeabile è dato quasi sempre dalle marne della Fm. Tellaro e solo localmente dai Trubi.



Suolo & Sottosuolo

Studio di geologia applicata alla tutela dell'ambiente
dott. Antonio Claudio Ficili

Geologo

La falda si rinviene a quote s.l.m. comprese tra 100 m e 130 m, con valori di soggiacenza variabili da pochi metri ad un massimo di 50 m. Essa è alimentata sia dall'apporto diretto delle precipitazioni sia, localmente, dalla falda presente nell'acquifero carbonatico profondo, per interconnessione. Un interscambio, inoltre, può realizzarsi con la falda freatica del subalveo dei principali corsi d'acqua.

Le potenzialità della falde acquifera, un tempo elevate, attualmente si sono molto ridotte per l'eccessivo sovra sfruttamento e solamente in quelle aree in cui essa riceve apporti dalla sottostante falda carbonatica si hanno emungimenti di rilievo. La principale direzione di deflusso sotterraneo è orientata in senso NNE-SSO. La falda contenuta nelle alluvioni, dato il loro modesto spessore, ha un interesse idrogeologico modesto.

2.3.2 Idrogeologia locale

I terreni presenti lungo la verticale dell'area indagata presentano una permeabilità di tipo primario, nell'ordine dei $10^{-2} - 10^{-3}$ cm/s, definibile medio-alta (v. all. 6 - carta idrogeologica) che favorisce l'infiltrazione delle acque meteoriche in tempi brevi.

Trovandoci in condizioni sub pianeggianti, inoltre, le acque di superficie non saranno soggette a gradienti idraulici tali da innescare elevate velocità di scorrimento che con il loro deflusso potrebbero creare particolari problematiche idrauliche. In fase di costruzione di eventuali manufatti, quindi, sarà sufficiente conservare l'attuale andamento topografico, in modo che l'azione del ruscellamento delle acque piovane non desti particolari problematiche (allagamenti, ristagni d'acqua, ecc.).

Le notizie biblio-cartografiche esistenti in letteratura circa l'assetto idrogeologico dell'area, i dati riportati nella relazione idrogeologica contenuta nello studio geologico effettuato per la revisione del P.R.G. e le informazioni riportate nelle schede dei sondaggi meccanici utilizzati (in nessuno dei quali è stata rinvenuta alcuna falda acquifera) portano ad escludere la presenza di una falda acquifera vera e propria entro i primi dodici metri di profondità dal piano campagna. Potrebbero essere presenti modesti orizzonti acquiferi superficiali, allocati nei termini sabbioso-arenitici pleistocenici, a profondità comprese tra i tre ed i sei metri.

Data la natura litologica dei possibili modesti orizzonti acquiferi si è prestata attenzione alla suscettibilità alla liquefazione dello strato in falda, trattata nel successivo paragrafo 2.6.

Vista la permeabilità dell'acquifero e la soggiacenza della falda acquifera, in media di 12 metri, è inoltre possibile affermare che lo stesso abbia una vulnerabilità medio-alta rispetto a potenziali inquinanti chimici e/o biologici.



2.4 CARATTERISTICHE LITOTECNICHE

Nello studio geologico a supporto della revisione del P.R.G. (Drago M., 1998) le formazioni che affiorano nell'area del Comune di Vittoria sono state raggruppate in un certo numero di complessi litotecnici in base ai differenti parametri di natura tecnica che maggiormente ne condizionano il comportamento.

In particolare sono stati individuati quattro gruppi: rocce incoerenti; rocce pseudocoerenti; rocce semicoerenti; rocce coerenti. Le valutazioni di carattere geotecnico riguardanti i differenti tipi di terreno scaturiscono sia da esperienze dirette di lavoro, che da bibliografia, con particolare riferimento alla campagna geognostica condotta sul territorio in occasione della stesura dello studio geologico a supporto del P.R.G. (Coltro, 1985).

Delle rocce semicoerenti fanno parte le *sabbie giallastre con livelli arenitici dei terrazzi marini pleistocenici* affioranti in corrispondenza del sito in studio. Esse hanno una composizione prevalentemente carbonatica, granulometria da fine a grossolana, a granuli sub arrotondati. Presentano un grado di cementazione molto variabile: sono infatti presenti livelli arenitici dotati di media cementazione, ma sempre di modesto spessore, sia livelli di sabbie sciolte, sia orizzonti di sabbie debolmente cementati ma ad elevato grado di costipamento, che conferiscono al litotipo una discreta resistenza all'erosione. In genere si tratta di terreni stabili, salvo che in aree particolarmente acclivi. Come terreni di fondazione sono da ritenersi buoni.

La permeabilità, in connessione con le variazioni granulometriche ed il grado di cementazione, presenta caratteri piuttosto variabili, pur se in generale non si discosta da valori medio-alti.

Tra quelle pseudocoerenti rientrano le *marne argillose e argille marnose*, presenti in profondità lungo la verticale del sito in esame.

Tali terreni, allo stato integro, assumono il comportamento di una roccia lapidea tenera, se degradate e imbibite, invece perdono di consistenza, assumendo nei casi limite il comportamento di un'argilla altamente plastica e compressibile. Sono dotate di permeabilità bassissima.

Nella carta geologico-tecnica del vigente P.R.G. (Drago M., 1998) le *sabbie giallastre con livelli arenitici dei terrazzi marini (Tm)* vengono classificate come «E31 – rocce semicoerenti a granulometria variabile da fine a grossolana, presentano un basso grado di cementazione che unito ad un elevato grado di costipamento conferisce al litotipo una buona resistenza all'erosione che aumenta in corrispondenza dei livelli arenitici; terreni con risposta sismica di tipo S1; buone come terreno di fondazione»; le *sabbie fini giallo-rossastre (Qms)* sono indicate come «E1c – rocce incoerenti, sciolte a granulometria medio-fine, uniforme con alto grado di addensamento; terreni con risposta sismica di tipo S1; buone come terreno di fondazione»; le *marne argillose e argille marnose (Mm)* sono indicate come «F1c – rocce pseudocoerenti, miste con prevalenza della componente argillosa rispetto a quella



Suolo & Sottosuolo

Studio di geologia applicata alla tutela dell'ambiente
dott. Antonio Claudio Ficili

Geologo

calcarea, caratterizzata, se integre, da un comportamento simile a quello di una roccia a consistenza lapidea; allo stato degradato perdono di consistenza ed assumono il comportamento di un'argilla altamente plastica e compressibile; terreni con risposta sismica di tipo S2. Scadenti come terreno di fondazione».

In osservanza alla circolare ARTA SICILIA n.3/DRA 20/06/2014 le unità litotecniche presenti in un congruo intorno del sito e lungo la sua verticale sono state distinte in due insiemi, l'uno relativo alla copertura e l'altro al substrato, secondo la nomenclatura riportata nell'allegato D della medesima circolare, recante "Guida schematica alla definizione di unità litotecnica", ed è stata redatta una carta litotecnica di dettaglio a scala 1.2000 (v. all. 7).

In particolare:

- i termini affioranti costituenti la Formazione marina delle SABBIE GIALLASTRE CON LIVELLI ARENITICI del PLEISTOCENE MEDIO, sono definibili come "Sedimenti della copertura a grana medio-fine del tipo G3.1 – sabbie a grana medio-fine con debole cementazione";

- i sottostanti termini, costituenti la Formazione marina delle SABBIE FINI GIALLO – ROSSASTRE del PLEISTOCENE MEDIO, sono definibili come "Sedimenti della copertura a grana medio-fine del tipo G2c – sabbie limose e limi sabbiosi inglobanti frammenti spigolosi o arrotondati";

- i termini presenti in profondità, invece, le ARGILLE MARNOSE E MARNE ARGILLOSE delle Formazione Tellaro del MIOCENE MEDIO-SUPERIORE, sono definibili come "Sedimenti del substrato a grana fine e finissima del tipo H1 – limi argillosi o argille.

Poiché le formazioni geologiche presenti nel territorio mostrano forti eterogeneità litologiche interne, sia granulometriche che geomeccaniche, dovute ai frequenti mutamenti ambientali dei bacini di sedimentazione avvenuti durante la loro storia deposizionale, e legati alle variazioni degli apporti fluviali e/o alla presenza di zone con circolazione di correnti marine più o meno accentuate, ed agli eventi diagenetici e postdiagenetici, dovranno essere eseguiti, preliminarmente ad ogni intervento progettuale ed alla richiesta di qualsiasi autorizzazione, ed in ossequio alle NTC/2008 e succ. int. e modif., opportuni studi geologici e geotecnici atti a caratterizzare i terreni di sedime.

2.5 STABILITÀ NEI CONFRONTI DELLA LIQUEFAZIONE (§ 7.11.3.4 DM 14/01/2008)

La natura litologica dei terreni che potrebbero essere sede dei modesti orizzonti acquiferi suggerisce di esaminare la loro suscettibilità alla liquefazione.

Il DM 14/01/2008, al paragrafo 7.11.3.4.1, recita: «Il sito presso il quale è ubicato il manufatto deve essere stabile nei confronti della liquefazione, intendendo con tale termine quei fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, preva-

lentemente sabbiosi, sollecitati da azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni non drenate». La verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze (Paragrafo 7.11.3.4.2 del DM 14/01/2008):

1. eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5;
2. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
3. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
4. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60} > 30$ oppure $q_{c1N} > 180$ dove $(N_1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e q_{c1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
5. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ ed in Figura 1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.

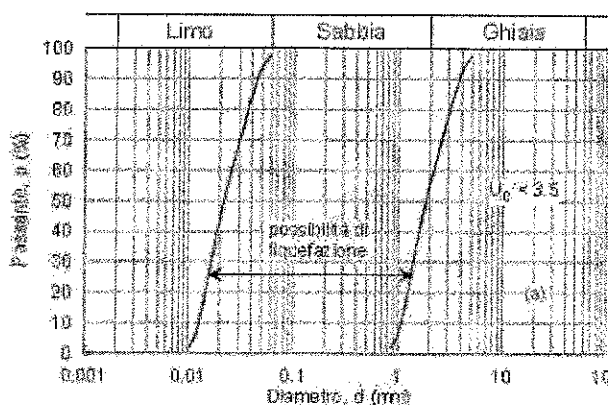


Figura 1(a)

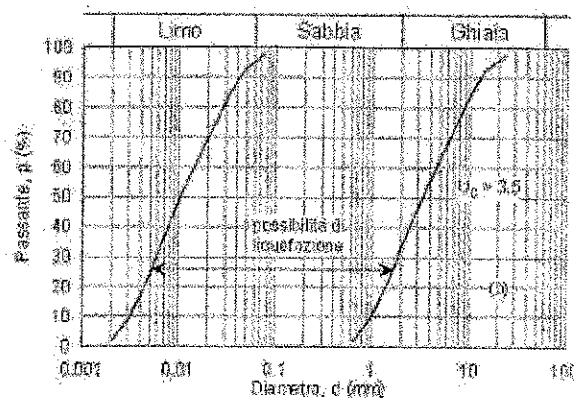


Figura 1(b)

Poiché la profondità a cui *potrebbero* rinvenirsi i “modesti orizzonti acquiferi” corrisponde a quella degli strati con livelli cementati e calcarenitici con un alto valore di SPT (v. all 3bis), si rientrerebbe nella circostanza numero quattro.

Per quanto esposto, quindi, in accordo col punto 4 del paragrafo 7.11.3.4.2 del DM 14/01/2008, la verifica alla liquefazione, in questa fase in cui si sta operando per fini urbanistici, può essere omessa.

Vale ad ogni modo la pena di ricordare che la Circola ARTA n.3/DRA del 20/06/2014, al punto 2.1 riporta: «Gli studi e le indagini descritte più avanti, devono fornire le informazioni sulle caratteri-



Suolo & Sottosuolo

Studio di geologia applicata alla tutela dell'ambiente
dott. Antonio Claudio Ficili

Geologo

stiche geologiche del territorio utilizzabili in sede di formazione/adequamento degli strumenti urbanistici, ma non possono sostituire gli studi geologici inerenti ai singoli progetti di nuova edificazione, di demolizione e ricostruzione e di miglioramento ed adeguamento sismico. Gli studi geologici dei singoli progetti esecutivi, infatti, costituendo parte integrante degli atti progettuali (D. Lgs. 163/2006, coordinato con le norme della legge regionale 12/2011 e ss. mm. e ii.), devono tenere conto delle prescrizioni degli strumenti urbanistici, ed essere redatti in funzione delle caratteristiche specifiche del sito».

In conclusione, prima del rilascio di eventuali autorizzazioni edilizie, dovrà essere effettuata una adeguata e puntuale campagna di indagini geognostiche e geofisiche che permetta di classificare il sito dal punto di vista sismico e di valutarne la suscettibilità alla liquefazione, secondo quanto riportato nelle NTC2008: «Se il terreno dovesse risultare suscettibile di liquefazione e gli effetti conseguenti dovessero apparire tali da influire sulle condizioni di stabilità del manufatto, occorrerà procedere ad interventi di consolidamento del terreno e/o trasferire il carico a strati di terreno non suscettibili di liquefazione (§ 7.11.3.4.1 DM 14/01/2008)».

3. SISMICITÀ DELL'AREA

(tratto da Studio geologico a supporto della revisione del P.R.G., Drago M., 1998)

Allo scopo di valutare il livello di sismicità che caratterizza il territorio comunale sono state svolte delle ricerche bibliografiche tendenti ad accertare gli effetti macrosismici registrati in passato sull'area.

Dall'esame dei cataloghi dei terremoti risulta che sebbene gli eventi sismici con epicentro nel territorio comunale non abbiano mai superato un'intensità del VI grado della scala M.C.S., l'evento sismico del 1693, con epicentro nella Val di Noto, ha prodotto effetti catastrofici nel paese di Vittoria con effetti di intensità maggiori del X grado della scala M.C.S.

Recenti ricerche nell'ambito di progetti del C.N.R., Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti, (G.N.D.T.) per la nuova proposta di classificazione sismica del territorio e per l'elaborazione di carte della pericolosità, hanno permesso di effettuare una macrozonazione sismica del territorio italiano, elaborando una zonazione sismogenetica del territorio, con il riconoscimento nel territorio di zone o strutture responsabili della sismicità (sorgenti sismogenetiche), quantificando il loro grado di attività e calcolando gli effetti provocati da tali sorgenti alle diverse distanze. Nell'ambito del progetto "Pericolosità sismica del territorio nazionale" del Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti, sono stati utilizzati due indicatori di pericolosità che rappresentano due aspetti diversi dello stesso fenomeno.



Suolo & Sottosuolo

Studio di geologia applicata alla tutela dell'ambiente.
dott. Antonio Claudio Ficili

Geologo

I risultati possono essere interpretati come quel valore di scuotimento che nel 10% dei casi si prevede che verrà superato in 50 anni, oppure come la vibrazione che mediamente si verifica ogni 475 anni. In particolare, nella zona del territorio comunale, si raggiungono valori dell'intensità macrosismica con $T = 475$ anni dell'VIII grado MCS e valori dell'accelerazione orizzontale di picco con $T = 475$ anni compresi tra 0,16 e 0,20 g.

In ogni caso va ricordato che in entrambi i casi i risultati forniti non contemplano le situazioni di anomalia particolare, legati a possibili amplificazioni locali dello scuotimento per caratteristiche geomorfologiche sfavorevoli.

L'Istituto Nazionale di Geofisica (I.N.G.), sulla base di una banca dati sui terremoti con intensità maggiore del VI grado della scala MCS, che corrisponde alla soglia minima per cui si possono avere effetti sui manufatti, ha definito su scala regionale alcune caratteristiche della propagazione degli effetti in superficie elaborando una MAPPA DELLA MASSIMA INTENSITÀ MACROSISMICA RILEVATA IN ITALIA.

Il territorio comunale è caratterizzato da effetti compresi tra l'VIII e il X grado MCS, mentre dalla CARTA DELLA DENSITÀ DEL RILASCIO DELL'ENERGIA SISMICA si evince come l'attività sismica di tutta la Sicilia sud-orientale sia caratterizzata dai terremoti energicamente più rilevanti avvenuti in Italia, collegabili a strutture sismogenetiche estese e facenti parte di un'area più vasta tettonicamente molto attiva.

L'analisi del CATALOGO DEI FORTI TERREMOTI IN ITALIA DAL 461 A. C. AL 1990, ha consentito all'I.N.G. l'elaborazione di una CARTA DELLE MASSIME INTENSITÀ MACROSISMICHE OSSERVATE NEI COMUNI ITALIANI che riporta, per il territorio di Vittoria, valori dell'intensità maggiori del X grado MCS.

Quindi è evidente che pur non rientrando il territorio di Vittoria in una zona sismo genetica, risente fortemente degli effetti della sismicità legati ad una sorgente sismica.

Considerata l'elevata pericolosità sismica del territorio comunale, l'ipotesi principale è che il terremoto di scenario sia una plausibile ripetizione di quello che nel 1693, con una magnitudo 7.0-7.3 nella scala Richter, ha colpito la parte orientale della Sicilia.

Tra le ipotesi suggerite per la localizzazione della sorgente quella meglio suffragata da osservazioni geofisiche e neotettoniche associa la sorgente del terremoto al sistema di faglie della scarpata Ibleo-Maltese, orientate parallelamente alla costa, con un meccanismo di rottura che coinvolge segmenti diversi della stessa struttura e con meccanismi di accumulo e rilascio dell'energia che statisticamente individuano un tempo di ritorno di 250-300 anni.



3.1 PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE

La delibera della Giunta Regionale Siciliana n.408 del 19/12/2003 riporta la zonizzazione sismica del territorio dell'isola. In particolare l'area del comune di Vittoria ricade in zona 2, definita come "a sismicità media", ma in cui sono prescritte, per le strutture strategiche e rilevanti di cui al comma 2 art.3 dell'Ordinanza 3274/2003, le verifiche e le limitazioni tecniche previste per la zona 1.

Nell'ambito della pianificazione territoriale e urbanistica, gli studi di Microzonazione Sismica integrano la conoscenza delle componenti che determinano il rischio sismico, nonché forniscono alcuni criteri di scelta finalizzati alla prevenzione e alla riduzione dello stesso, secondo un approccio graduale e programmatico alle varie scale e ai vari livelli di pianificazione.

A scala urbana, l'identificazione della pericolosità sismica locale (PSL), associata alla conoscenza dei diversi livelli di vulnerabilità degli elementi e dei sistemi esposti, è determinante per la valutazione delle aree a rischio e per l'introduzione di elementi di sicurezza come fattori chiave per lo sviluppo del territorio. Gli studi di livello 1 rappresentano comunque la condizione conoscitiva di base per tutti i comuni classificati nelle zone a sismicità alta (zona 1), media (zona 2), bassa (zona 3) ed, eventualmente, molto bassa (zona 4).

Il sito in esame è stato quindi classificato secondo la procedura di cui alla Circolare ARTA n.3/DRA/2014 (punto 4.3.2) ed agli Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica (MS) e succ. agg., approvati dal Dipartimento della Protezione Civile e dalla Conferenza Unificata delle Regioni e delle Province autonome.

Si è quindi mirato ad ascrivere i terreni di sedime ad una delle categorie di sottosuolo riportate nella tabella 3.2.II del DM 14/01/2008 ed a classificare l'areale in cui essi affiorano secondo le Linee Guida dei predetti "Indirizzi e Criteri".

3.1.1 Azione sismica

Nelle Norme Tecniche per le costruzioni del D.M. 14/01/2008 le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A (Tabella 3.2.II del § 3.2.2 delle NTC), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} (Tabella 3.2.I del § 3.2.1 delle NTC), nel periodo di riferimento V_R .

Il periodo di riferimento V_R è dato dal prodotto tra la vita nominale dell'opera (V_N) ed il valore del coefficiente d'uso C_U .



Suolo & Sottosuolo

Studio di geologia applicata alla tutela dell'ambiente
dott. Antonio Claudio Ficili

Geologo

Nel DM 14/01/2008 le forme spettrali sono definite, per ciascuna P_{VR} , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

a_g = accelerazione orizzontale massima al sito (espressa in g/10);

F_0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale (adimensionale); T^*_c = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale (espresso in secondi).

I valori dei suddetti parametri di pericolosità sismica per i periodi di ritorno T_R associati ai diversi stati limite sono determinati in corrispondenza dei vertici (nodi) di un reticolo di riferimento a maglia quadrata e lato lungo cinque chilometri, per diverse probabilità di superamento in 50 anni e per diversi periodi di ritorno (variabili tra 30 e 975 anni).

Ad oggi, la pericolosità sismica su reticolo di riferimento nell'intervallo di riferimento è fornita dai dati pubblicati sul sito dell'INGV.

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto è necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale, individuando la categoria di sottosuolo di riferimento (§ 3.2.2 DM 14/01/2008).

Tale classificazione può essere effettuata in base ai valori della *velocità equivalente* $V_{s,30}$ di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 metri di profondità dal piano di posa della fondazione superficiale, definita dall'espressione (par. 3.2.2. DM 14/01/2008):

$$V_{s,30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{s,i}}} \text{ [m/s]}$$

con h_i = spessore in metri dell'i-esimo strato compreso nei primi 30 m di profondità;

$V_{s,30}$ = velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato.

A tal fine, all'interno del sito in esame, è stata eseguita una indagine geofisica basata sulla "metodologia dei rapporti spettrali o HVSR di Nakamura", mediante apparecchiatura Tromino® Micromed ed elaborata con software Grilla® Micromed.

Rimandando all'Appendice 1 per quel che riguarda la metodologia operativa della prova, l'attrezzatura utilizzata, la modalità di acquisizione dei dati, la loro elaborazione, nonché per la relativa documentazione fotografica, viene qui riportata la conclusione:

i terreni investigati hanno rivelato una $V_{s,30}$ pari a **394 m/s**.

I risultati dell'indagine sono stati corroborati dal confronto con quelli di un'altra indagine sismica eseguita in precedenza dallo scrivente in un sito posto a circa 130 m a nord da quello in esame.

Si tratta questa volta di una tecnologia di "sismica attiva a bassa risoluzione", denominata MASW, che si basa sulla registrazione delle onde superficiali di Rayleigh (V_r), da cui è possibile risalire alla velocità delle onde di taglio (V_s) secondo la relazione $V_r = 0,91 V_s$ (Achenbach, 1999).



Suolo & Sottosuolo

Studio di geologia applicata alla tutela dell'ambiente
dott. Antonio Claudio Ficili

Geologo

Rimandando all'Appendice 2 (rapporto di prova indagine MASW) per quel che riguarda la metodologia della prova MASW, l'attrezzatura utilizzata, la modalità di acquisizione dei dati, la loro elaborazione, nonché per la relativa documentazione fotografica, viene qui riportata la conclusione:

i terreni investigati hanno rivelato una $V_{s,30}$ pari a **476,70 m/s**.

I valori ricavati per le $V_{s,30}$ con le due differenti metodologie sono senz'altro comparabili e garantiscono una buona omogeneità dell'area.

Con questi valori i terreni di sedime possono essere ascritti alla **CATEGORIA B** delle categorie di sottosuolo riportate nella tabella 3.2.II del DM 14/01/2008: «*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina)*».

3.1.2 Microzonazione sismica

Secondo le "Linee Guida" (par. 2.3) il sito in studio può essere così classificato:

Zona	K + 1
Litologia	Sabbia con livelli a vario gradi di cementazione (Calcareao) e livelli arenitici ghiaiosi.
Pericolosità geomorfologica	Bassissima
Pericolosità geomorfologica P.A.I.	Bassissima
Velocità onde di taglio $V_{s,30}$	394 m/s; 476,70 m/s.
Categoria sismica di sottosuolo NTC/2008	B
Pericolosità sismica locale	Zona stabile suscettibile di amplificazioni locali K+1

Tabella - 6

Di ciò è stata redatta la carta delle pericolosità geologico-sismiche (microzone omogenee in prospettiva sismica), come da circolare (v. all. 9).

Si rammenta che si tratta unicamente di una analisi di primo livello, valida ai fini urbanistici ed avente esclusivamente una valenza pianificatoria, che dovrà naturalmente essere seguita da analisi di secondo e terzo livello, da eseguire preventivamente a qualsivoglia forma di progettazione esecutiva.



Suolo & Sottosuolo

Studio di geologia applicata alla tutela dell'ambiente
dott. Antonio Claudio Ficili

Geologo

4. SUSCETTIVITÀ ALL'EDIFICAZIONE

Nel vigente studio geologico allegato al PRG il sito è classificato come Classe 1: «Aree edificabili - Area dalle pericolosità geologiche e sismiche tali da non imporre limitazioni alle scelte urbanistiche, ma sempre nel rispetto del D.M. 11/03/1988 e della L.R. 64/74».

Sulla base delle informazioni contenute nella carta delle pericolosità geologiche e sismiche è stata redatta la carta della suscettività all'edificazione (v. all.10), per come indicato al punto 4.3.3 della Circolare ARTA n.3/DRA/2014. Essa è una carta di sintesi che fornisce tutte le indicazioni in ordine alle limitazioni (vincoli e restrizioni definite da strumenti di pianificazione territoriale) ed ai condizionamenti (criticità di carattere geologico s.l.) che implicino la necessità di prevedere specifiche cautele nella realizzazione degli interventi consentiti nell'uso del territorio.

Dal presente studio, dalle risultanze geognostiche, dalle cartografie geologico-geomorfologica, idrogeologica, litotecnica, e di pericolosità geologica-sismica è possibile ascrivere il sito in esame alla **CLASSE 1 (bianca) - Suscettività d'uso non condizionata**.

Tale classe comprende «*quelle aree che non presentano particolari limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso e per le quali deve essere direttamente applicato quanto previsto dalle vigenti Norme Tecniche*».

Viene quindi prescritta, preliminarmente al rilascio di una qualsivoglia autorizzazione edilizia, una puntuale e adeguata campagna di indagini geofisiche e geognostiche che permetta:

- 1) di definire la morfologia del bedrock, la valutazione del periodo fondamentale del deposito e le caratteristiche di amplificazione del moto sismico, sì da classificare sismicamente il sito come dalle vigenti NTC;
- 2) di valutare, vista la litologia dei terreni di sedime e la possibile presenza di orizzonti acquiferi superficiali in sottosuolo, la suscettibilità alla liquefazione del deposito, verificandone la reale possibilità o meno e stimandone il potenziale di liquefazione, come dalle vigenti normative Circolare Consiglio Superiore LL. PP. C7.11.3.4.

5. CONCLUSIONI

Ricordando che la circolare A.R.T.A. della Regione Sicilia n.3/DRA del 20/06/2014 – Prot. n.28807 del 20/06/2014 recante "Studi geologici per la redazione di strumenti urbanistici", al punto 2.1 riporta: «Gli studi e le indagini descritte più avanti, devono fornire le informazioni sulle caratteristiche geologiche del territorio utilizzabili in sede di formazione/adeguamento degli strumenti urbanistici, ma non possono sostituire gli studi geologici inerenti ai singoli progetti di nuova edificazione, di demolizione e ricostruzione e di miglioramento ed adeguamento sismico. Gli studi geologici dei sin-



Suolo & Sottosuolo

Studio di geologia applicata alla tutela dell'ambiente
dott. Antonio Claudio Ficili

Geologo

goli progetti esecutivi, infatti, costituendo parte integrante degli atti progettuali (D. Lgs. 163/2006, coordinato con le norme della legge regionale 12/2011 e ss. mm. e ii.), devono tenere conto delle prescrizioni degli strumenti urbanistici, ed essere redatti in funzione delle caratteristiche specifiche del sito», vengono qui di seguito riassunte le conclusioni del presente studio.

- 1) **Dallo studio geomorfologico** (cfr. par. 2.1) è emerso che l'area è pianeggiante. Tale condizione topografica consente di attribuire l'area alla **categoria T1** della classificazione riportata nella Tabella 3.2.IV del DM 14/01/2008, cui corrisponde un valore del *coefficiente di amplificazione topografica* S_T pari a 1,0 (Tabella 3.2.VI del DM 14/01/2008). Durante i vari sopralluoghi effettuati personalmente non sono stati constatati elementi tali da fare supporre che l'area presenti fenomeni di dissesto in atto e/o potenziali, motivo per cui la stessa può ritenersi stabile. *Nell'area cartografata, in conclusione, non insistono elementi geomorfologici di rilievo né dissesti censiti nel PAI e la stessa presenta un alto grado di stabilità geomorfologica.*
- 2) **Dallo studio geologico** (cfr. par. 2.2), vista la ricostruzione stratigrafica locale, è emerso che affiorano le *sabbie giallastre con livelli arenitici (Tm) del Pleistocene medio*, che insistono sulle sottostanti sabbie fini giallo-rossastre del Pleistocene medio, che a loro volta poggiano sui termini sedimentari della Formazione Tellaro, costituiti da argille marnose e marne argillose, attribuibili al Miocene medio-superiore. Dal punto di vista della tettonica (cfr. par. 2.2.1) è possibile affermare che *per l'area in studio non sono note particolari problematiche geostrutturali o evidenze tettoniche rilevanti.*
- 3) **Per quanto riguarda l'idrologia superficiale** (cfr. par. 2.3) si è visto che la permeabilità del litotipo affiorante, in prevalenza di tipo primario e dai valori medio-alti, favorisce l'infiltrazione delle acque meteoriche in tempi brevi. Trovandoci in condizioni sub pianeggianti, inoltre, le acque di superficie non saranno soggette a gradienti idraulici tali da innescare elevate velocità di scorrimento che con il loro deflusso potrebbero creare particolari problematiche idrauliche. *La pericolosità idraulica del sito è quindi bassa.*
- 4) **Dal punto di vista idrogeologico** (cfr. par. 2.3.2) per l'area investigata *è da escludere la presenza di una falda acquifera vera e propria entro i primi dodici metri di profondità dal piano campagna* (v. all. 6 – carta idrogeologica). Potrebbero essere presenti modesti orizzonti acquiferi superficiali, allocati nei termini sabbioso-arenitici pleistocenici, a profondità comprese tra i tre ed i sei metri.
- 5) **Dal punto di vista litotecnico** (cfr. par. 2.4) i termini affioranti costituenti la formazione marina delle *sabbie giallastre con livelli arenitici del Pleistocene medio*, sono definibili come “Sedimenti della copertura a grana medio-fine del tipo G3.1 – sabbie a grana medio-fine con debole cementazione”.



Suolo & Sottosuolo

Studio di geologia applicata alla tutela dell'ambiente

dott. Antonio Claudio Ficili

Geologo

- 6) **Dal punto di vista della stabilità nei confronti della liquefazione** (cfr. par. 2.5) si è visto che la profondità a cui potrebbero rinvenirsi i "modesti orizzonti acquiferi" corrisponde a quella degli strati con livelli cementati e calcarenitici con un alto valore di SPT (v. all 3bis), per cui, in accordo col punto 4 del paragrafo 7.11.3.4.2 del DM 14/01/2008, la verifica alla liquefazione, in questa fase in cui si sta operando per fini urbanistici, può essere omessa.
- 7) **In relazione alla pericolosità sismica locale** (cfr. par. 3.2), secondo la procedura di cui alla Circolare ARTA n.3/DRA/2014 (punto 4.3.2) ed agli Indirizzi e Criteri per la Microzonazione sismica (MS) e succ. agg., approvati dal Dipartimento della protezione Civile e dalla Conferenza Unificata delle Regioni e delle Province autonome, il sito è stato così classificato: microarea omogenea K+1, *zona stabile suscettibile di amplificazioni locali*; valore di $V_{S,30}$ pari a $394 \text{ m/s} \div 476,70$; **CATEGORIA B** delle categorie di sottosuolo riportate nella tabella 3.2.II del DM 14/01/2008.
- 8) **Per quanto attiene alla suscettività all'edificazione** (par. 4), per come indicato al punto 4.3.3 della Circolare ARTA n.3/DRA/2014, il sito è ascrivibile alla *Classe 1 - Suscettività d'uso non condizionata* «comprendente quelle aree che non presentano particolari limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso e per le quali deve essere direttamente applicato quanto previsto dalle vigenti Norme Tecniche». Viene quindi prescritta, preliminarmente al rilascio di una qualsivoglia autorizzazione edilizia, una puntuale e adeguata campagna di indagini geofisiche e geognostiche che permetta: a) di definire la morfologia del bedrock, la valutazione del periodo fondamentale del deposito e le caratteristiche di amplificazione del moto sismico, si da classificare sismicamente il sito come dalle vigenti NTC; b) di valutare, vista la litologia dei terreni di sedime e la possibile presenza di orizzonti acquiferi superficiali in sottosuolo, la suscettibilità alla liquefazione del deposito, verificandone la reale possibilità o meno e stimandone il potenziale di liquefazione, come dalle vigenti normative Circolare Consiglio Superiore LL. PP. C7.11.3.4.

In ossequio all'incarico ricevuto e nel rispetto delle vigenti norme.

Vittoria, lì Novembre 2014











Il geologo

dott. Antonio Claudio Ficili

Antonio Claudio Ficili





-  Corografia d'inquadramento (scala 1:25000).
-  Carta delle indagini (scala 1:2000).
-  Scheda sondaggio meccanico.
-  Carta geologico-geomorfologica (scala 1:2000).
-  Colonna litostratigrafica (scala 1:200).
-  Carta idrogeologica (scala 1:2000).
-  Carta litotecnica (scala 1:2000).
-  Carta delle pericolosità e del rischio geomorfologico – P.A.I. (scala 1:10000).
-  Carta delle pericolosità geologiche e sismiche (microzone omogenee in prospettiva sismica - scala 1:2000).
-  Carta della suscettività all'edificazione (scala 1:2000).



Allegato 1

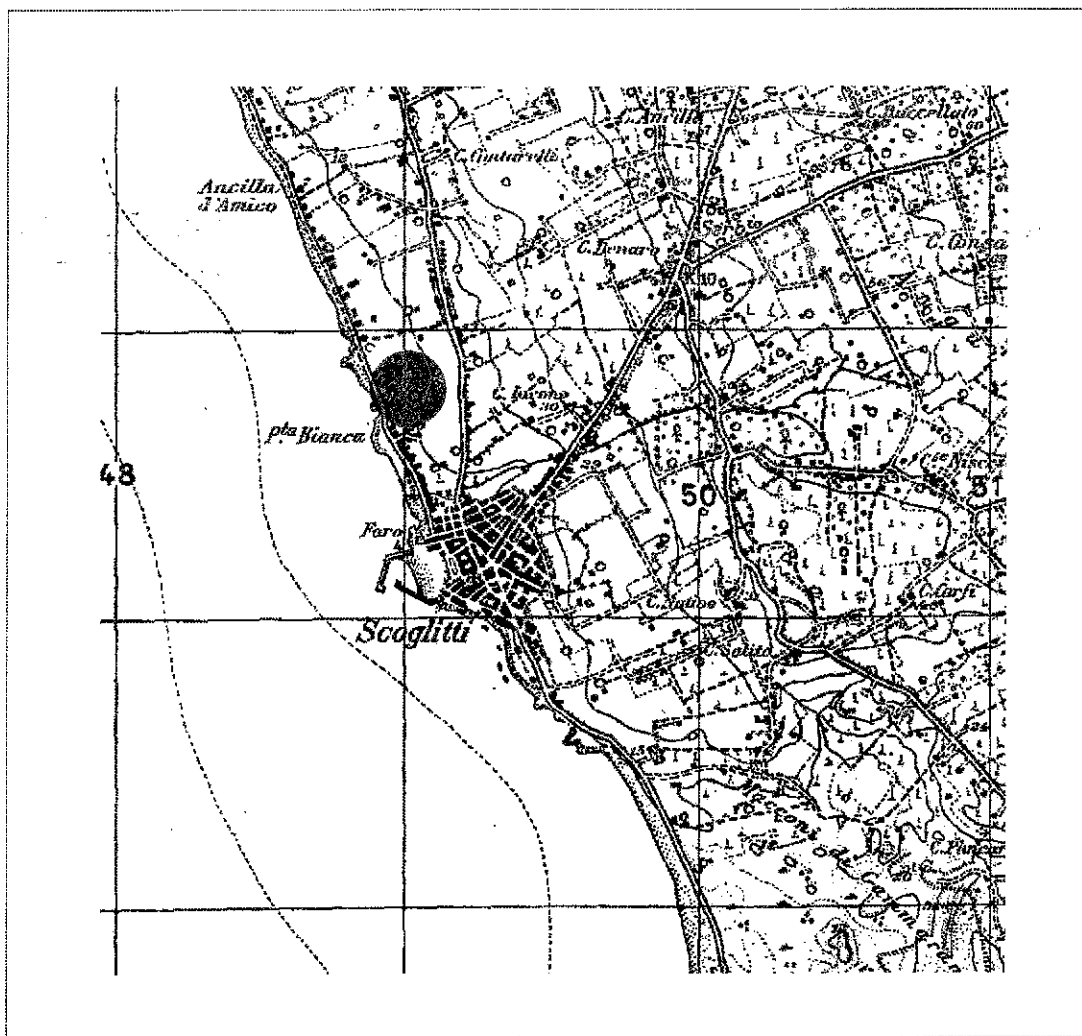
COROGRAFIA D'INQUADRAMENTO

Scala 1:25000

F.° 275 della Carta d'Italia

Scoglitti

I S.E.

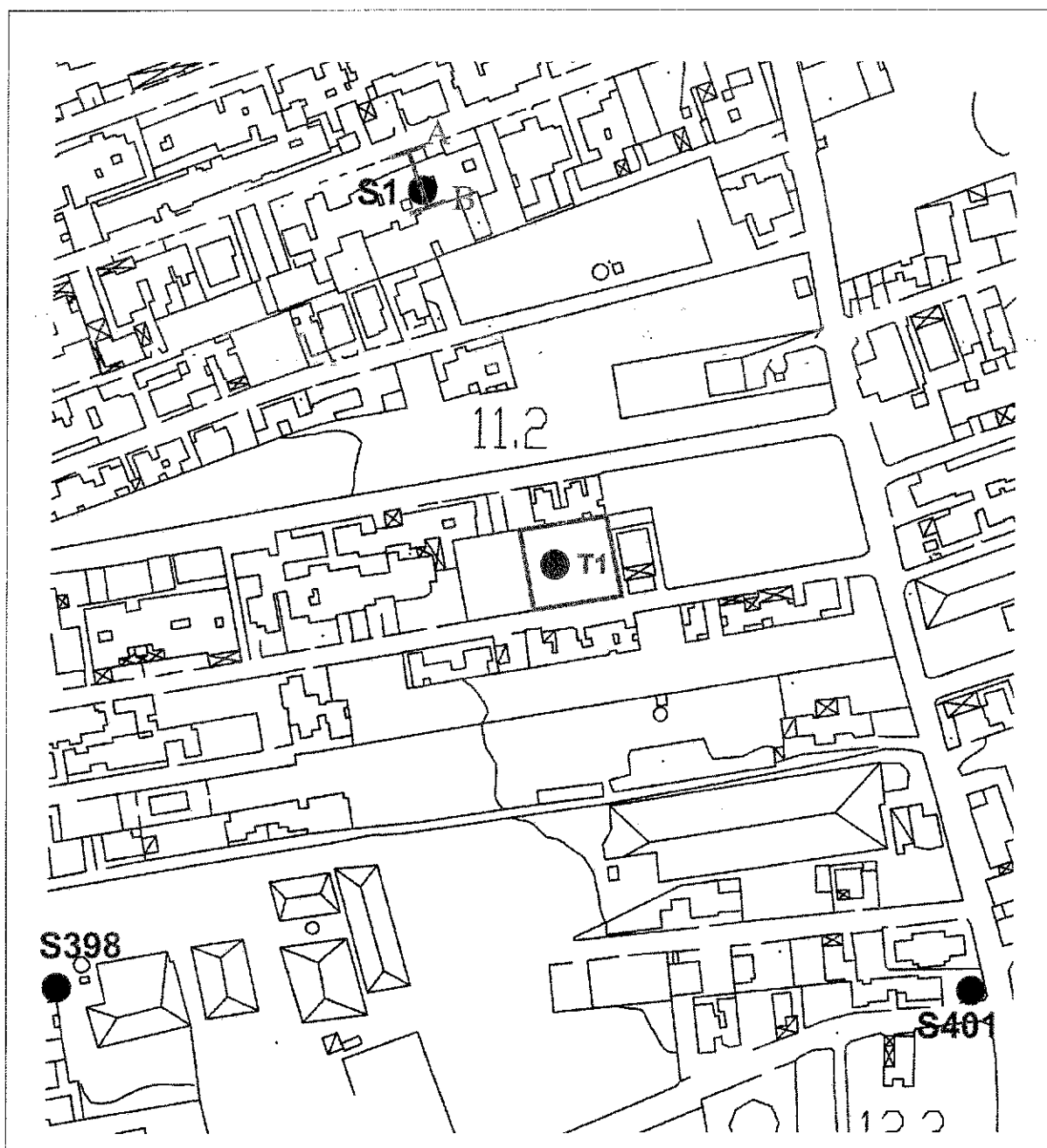


= Sito d'interesse



CARTA DELLE INDAGINI

Scala 1:2000



Legenda



Area d'intervento



T1

Indagine geofisica (Tromino)



S1 Sondaggi geognostici



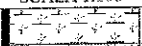
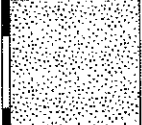
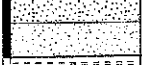

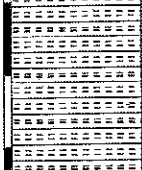

Indagine geofisica - Masw





SCHEDE SONDAGGI MECCANICI

Sondaggio S1, eseguito dallo scrivente in occasione di un precedente lavoro e sondaggi allegati allo studio geologico a supporto della variante al vigente P.R.G. con la numerazione S398 e S401.

				COMMITTENTE: Benvissuto Gianna									
				CANTIERE: Via delle Sardine									
				LOCALITA': Scoglitti (RG).									
				DATA: 11 Gennaio 2013					SONDAGGIO A ROTAZIONE: S1				
Quota assoluta (m)	Profondità progressiva (m)	Spessore dello strato (m)	Log stratigrafico	Descrizione litologica del terreno	Diametro del sondaggio (mm)	Carotaggio %	R.Q.D. %	Campioni		S.P.T.		Falda acquifera	Piezometro
								Tipo di campione	Quota di prelievo	H.	N.		
0,00			SCALA 1:100										
	0,50	0,50		Massetto in calcestruzzo									
	2,10			Sabbie medio-grosse di colore marrone							2,00	12	A s s e n t e
	0,50	2,60		Sabbie fini di colore giallastro								16	
		3,10		Sabbie fini di colore giallastro							4,00	29	
	3,10			Calcareni sabbiose, cementate, debolmente limose, di colore bianco- giallastro								19	
		6,20		Sabbie fini, limose, di colore nocciola								38	
	8,80											50	
	15,00												

COMMITTENTE: Comune di Vittoria

CANTIERE: Indagini geognostiche per la realizzazione di una condotta fognaria lungo la via Riviera Gela, tratto compreso tra via L. Rizzo e via Dentici in Scoglitti.

SONDAGGIO

Nº
2

[illegible]

note:

- | | |
|---|--|
| A | Quota passaggio stratigrafico (m) |
| B | N° identificazione campione
(i= indisturbato; r = rimaneggiato) |
| C | Quota superiore prelievo campione (m) |
| D | Quota iniziale prova SPT |
| E | Numero di colpi, prova SPT, per intervalli di 15 cm |

Seaf S.r.l.

Indagini geognostiche, fondazioni speciali e lavori verticali.

Laboratorio geotecnico A.L.G.I. n° 31
Via Mongibello, 82 - 97100 RAGUSA -

398

O S S E R V A Z I O N I

LOCALITA': Scoglitti

CONTRADA : Anguilla

CANTIERE :

SONDAGGIO N. 251

MACCHINA OPERATRICE:

DATA :

L.S.

L. D.

Q(1/5)

QUOTA
ASSOLUTA

PROFONDITA'
PROGRESSIVA

SPESSORE
DELLO STRATO

LEGENDA

CODICI STRATIGRAFICI

65.00 00.00

5-2

05.00	05.00
-------	-------

00	00	01	00
----	----	----	----

5-1

10.00	04.00
-------	-------

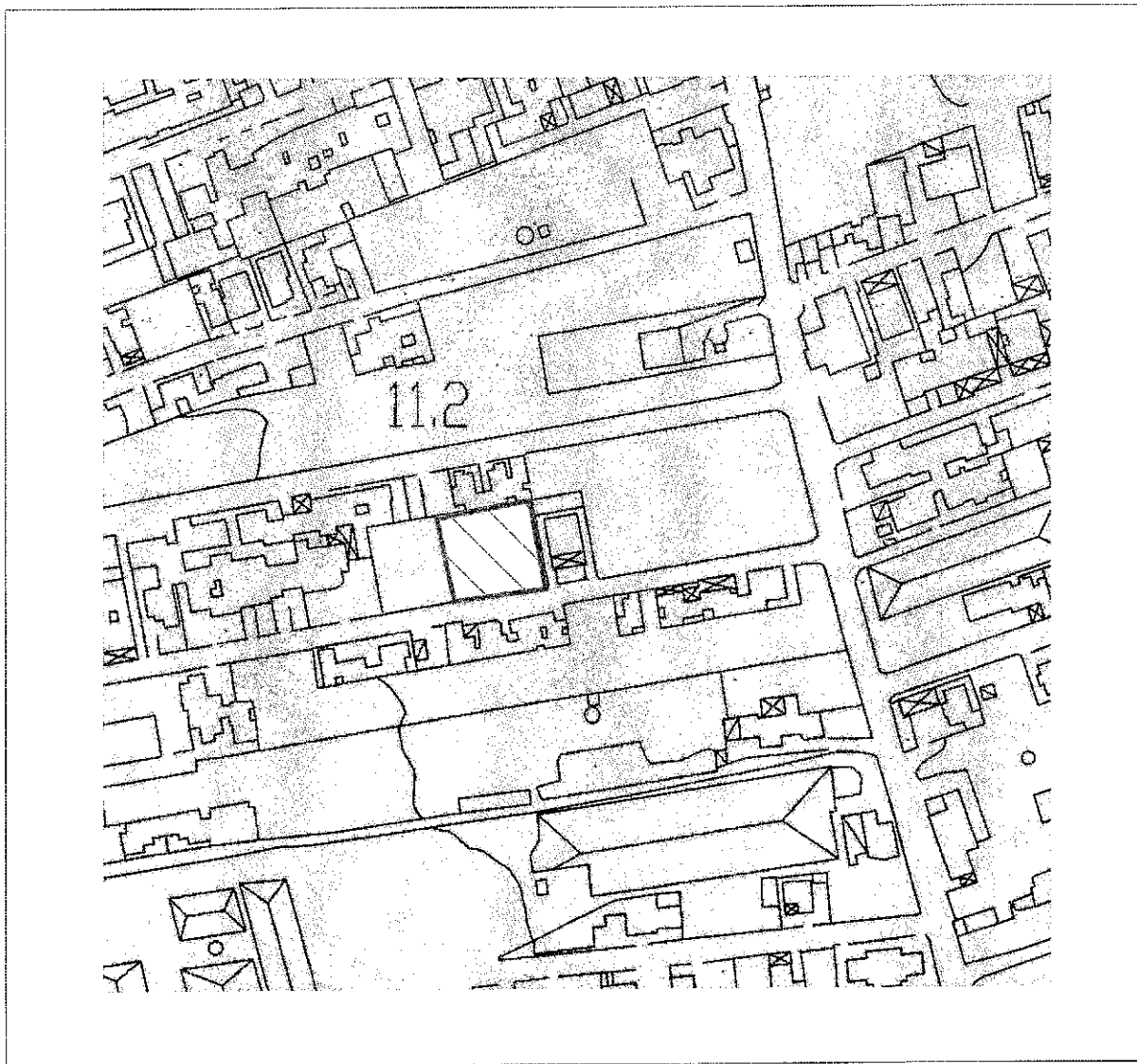
E-1

401



CARTA GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICA

Scala 1:2000



Legenda



Terrazzi marini (Tm)
Sabbie giallastre con livelli arenitici
Pleistocene medio



Sito

Il sito in esame ricade all'interno di un terrazzo marino pleistocenico che presenta un alto grado di stabilità geomorfologica. Nell'area indagata, inoltre, non sono stati riscontrati altri elementi geomorfologici di rilievo né sono presenti, per come

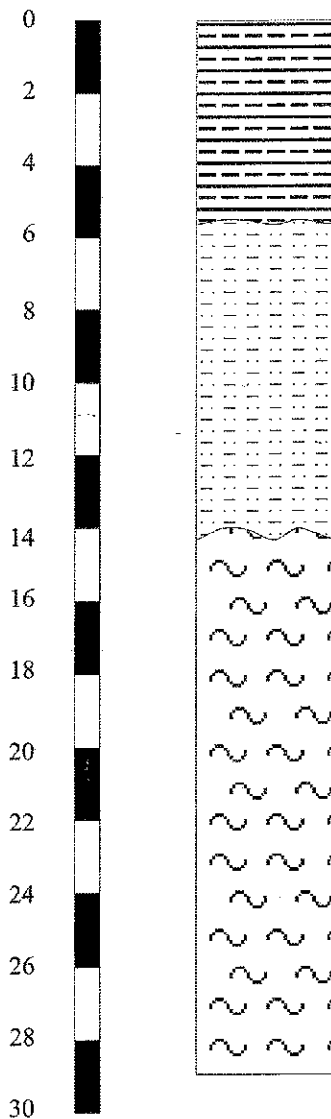




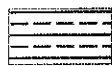
COLONNA LITOSTRATIGRAFICA

Scala 1:200

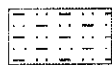
Profondità
(in m dal p. c.)



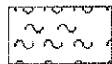
Legenda



Sabbie giallastre con livelli arenitici del Pleistocene medio (Tm)



Sabbie limose e limi sabbiosi del Pleistocene medio (Qms)



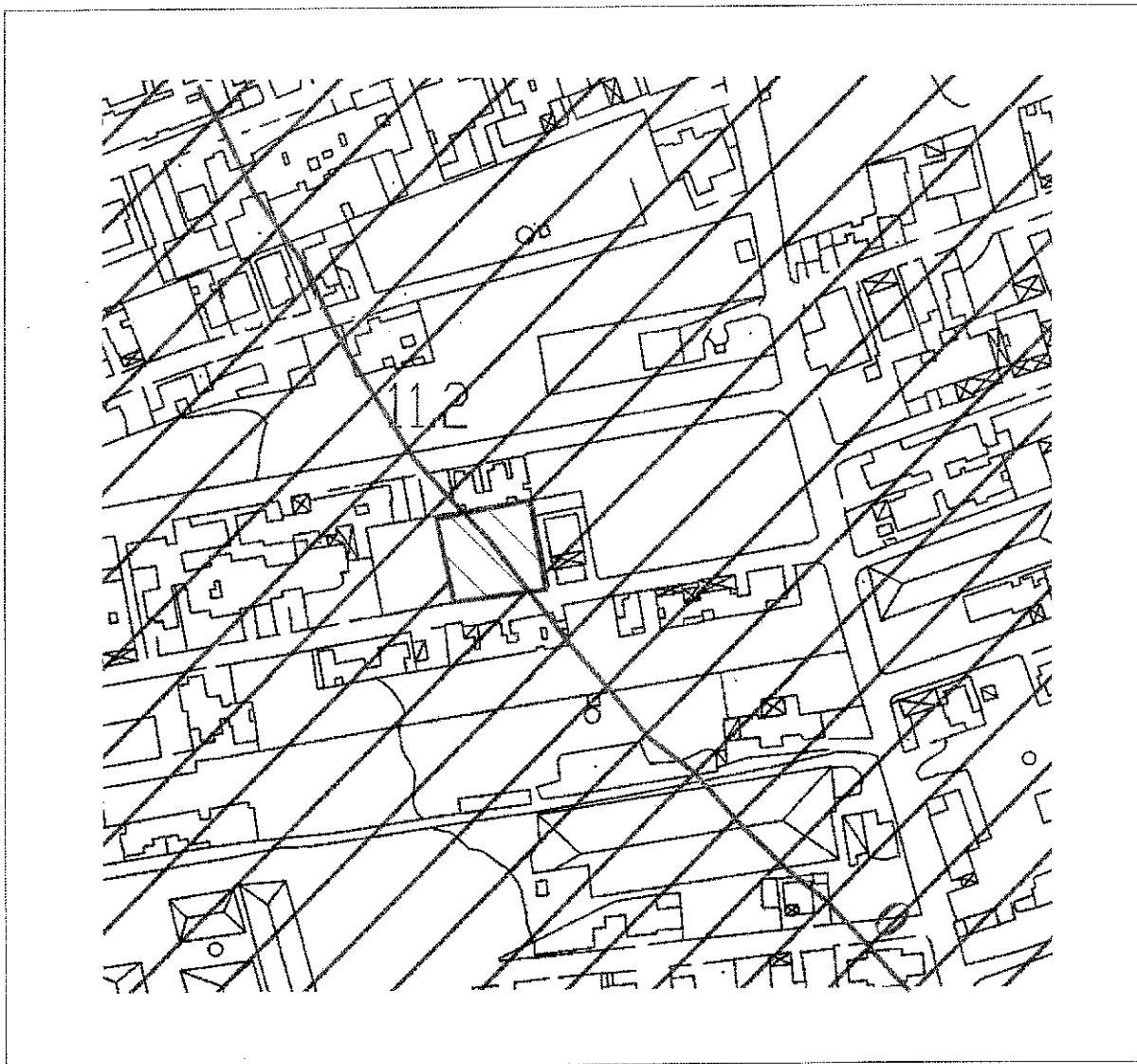
Argille marnose e marne argillose del Miocene medio-sup. (Mm)



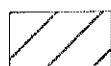


CARTA IDROGEOLOGICA

Scala 1:2000



Legenda



Sabbie giallastre
con livelli arenitici (Tm)
Pleistocene medio
Terreni a permeabilità medio-alta,
prevalentemente di tipo primario,
con valori dell'ordine
dei 10^{-2} - 10^{-3} cm/sec.



Linee isopiezometriche
e relative quote della
falda libera superficiale
(in m s.l.m.)



Sito

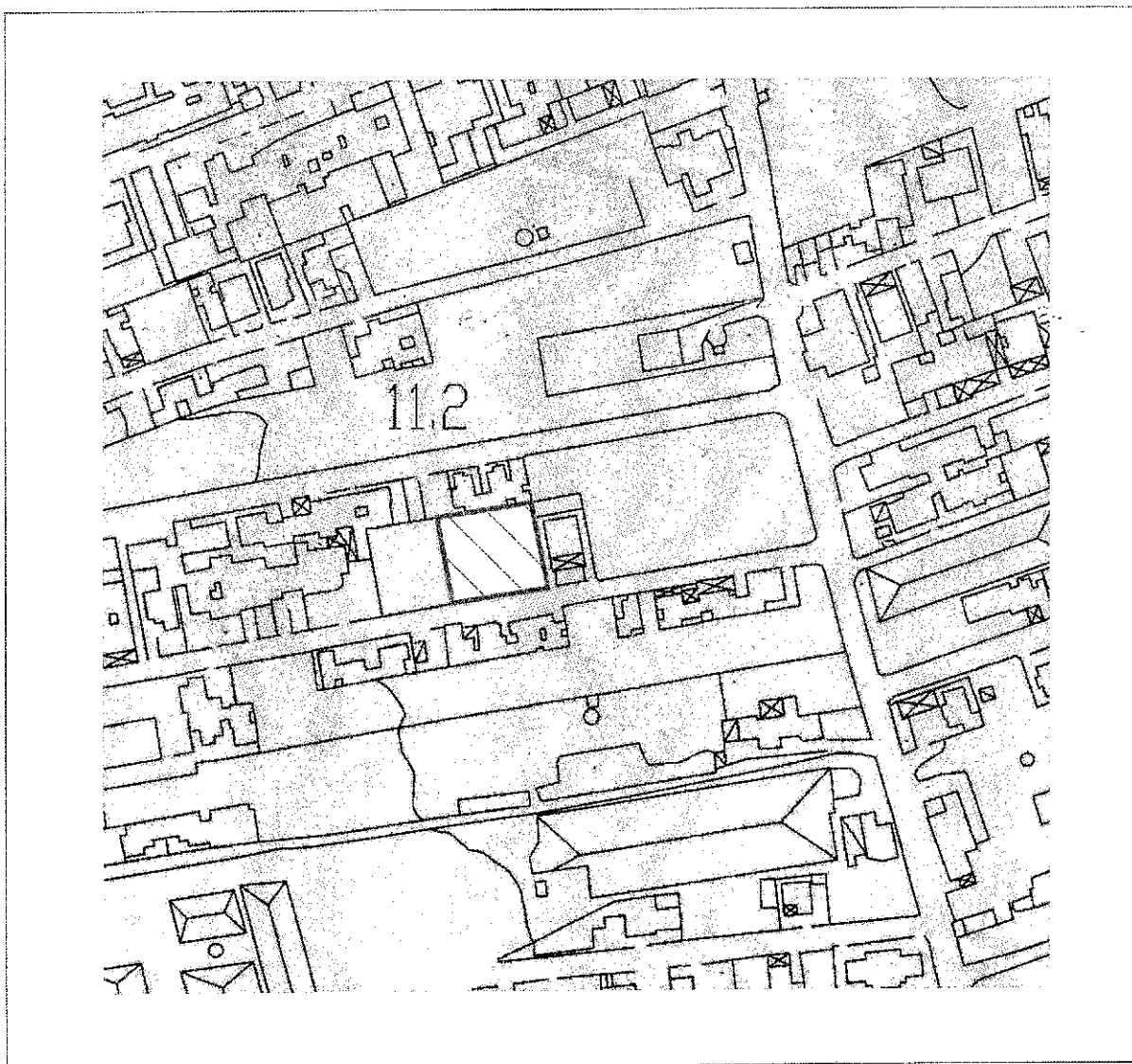




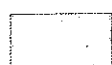
CARTA LITOTECNICA

(Circolare ARTA SICILIA 3/DRA Prot. N.28807 del 20/06/2014 - Allegato D)

Scala 1:2000



Legenda



Sabbie giallastre con livelli arenitici (Tm)

Pleistocene medio

Sedimenti della copertura a grana medio-fine del tipo G3.1:
sabbie a grana medio-fine con debole cementazione.



Sito



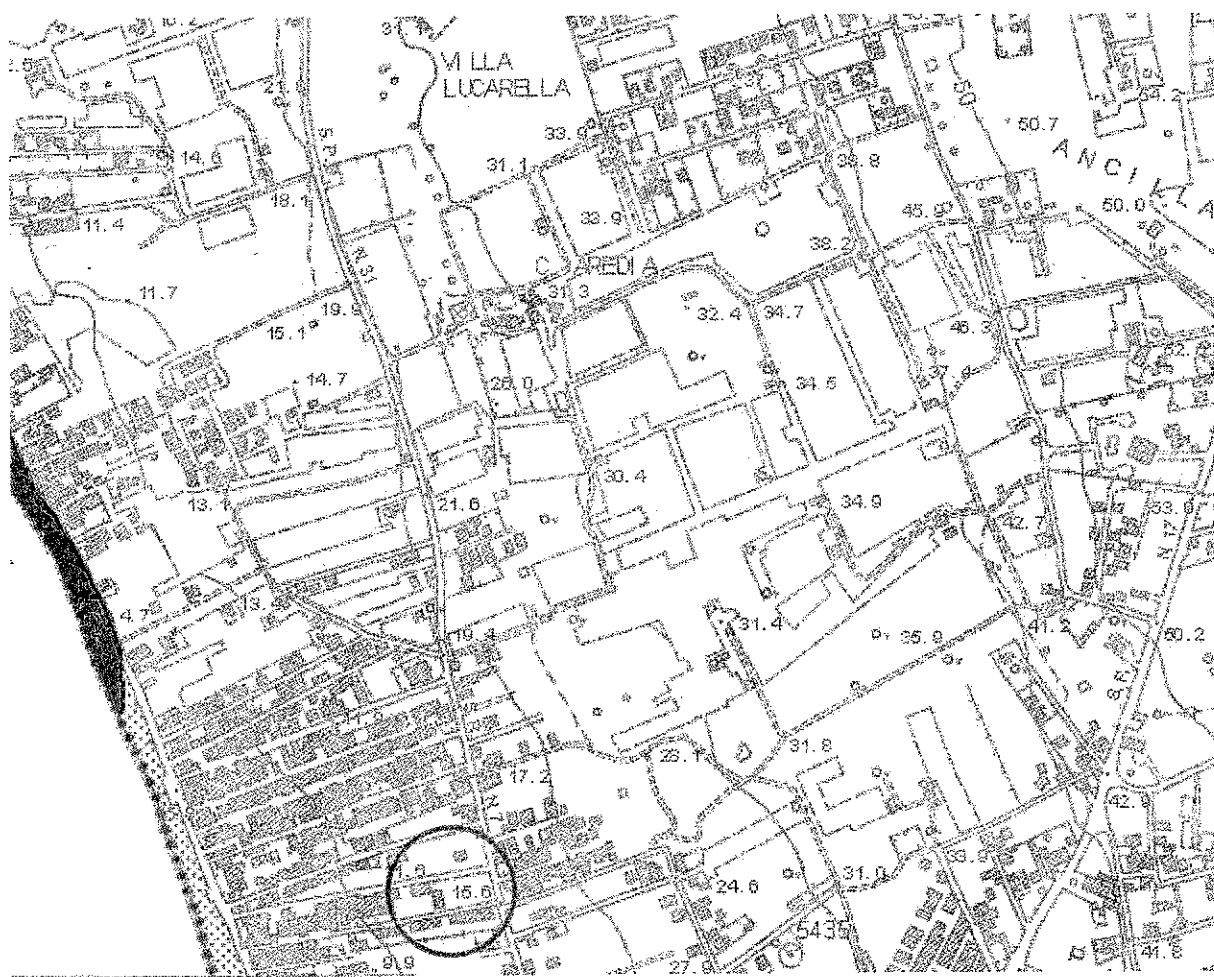


Allegato 8

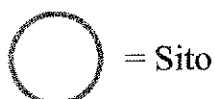
CARTA DELLE PERICOLOSITÀ E DEL RISCHIO GEOMORFOLOGICO - P.A.I.

(Tav. IP_P-R_647060-12)

Scala 1:10000



LEGENDA



Nell'area in studio non sono presenti elementi di pericolosità e di rischio geomorfologico e idrogeologico

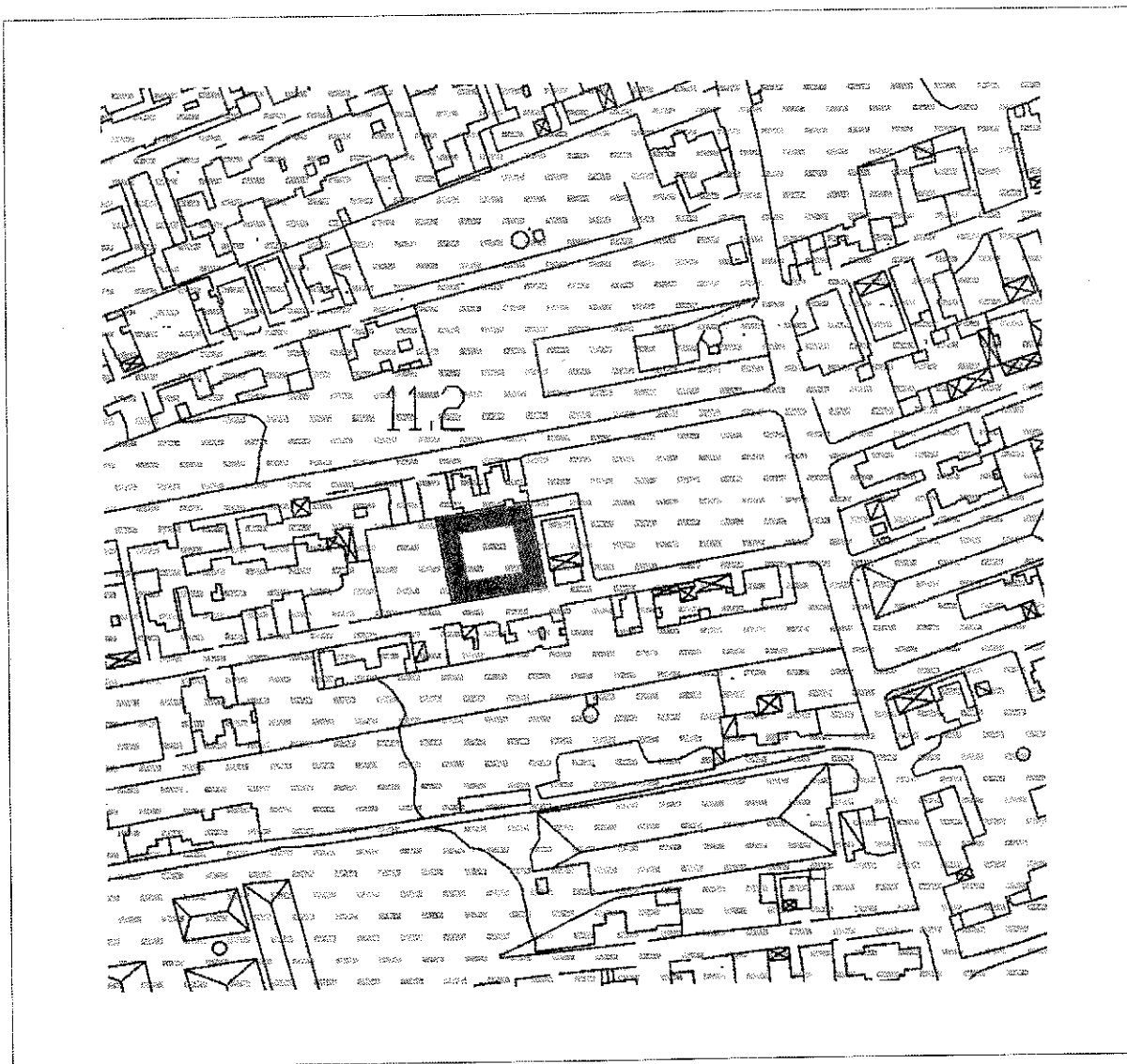




Allegato 9

CARTA DELLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE E SISMICHE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA (Circolare ARTA SICILIA 3/DRA Prot. N.28807 del 20/06/2014)

Scala 1:2000



Carta di microzonazione di livello 1

Legenda

Zone stabili suscettibili
di amplificazioni locali
(K+1).



Area con terreni sabbiosi, a differenti gradi
di cementazione (calcarea) e livelli arenitici
e ghiaiosi.



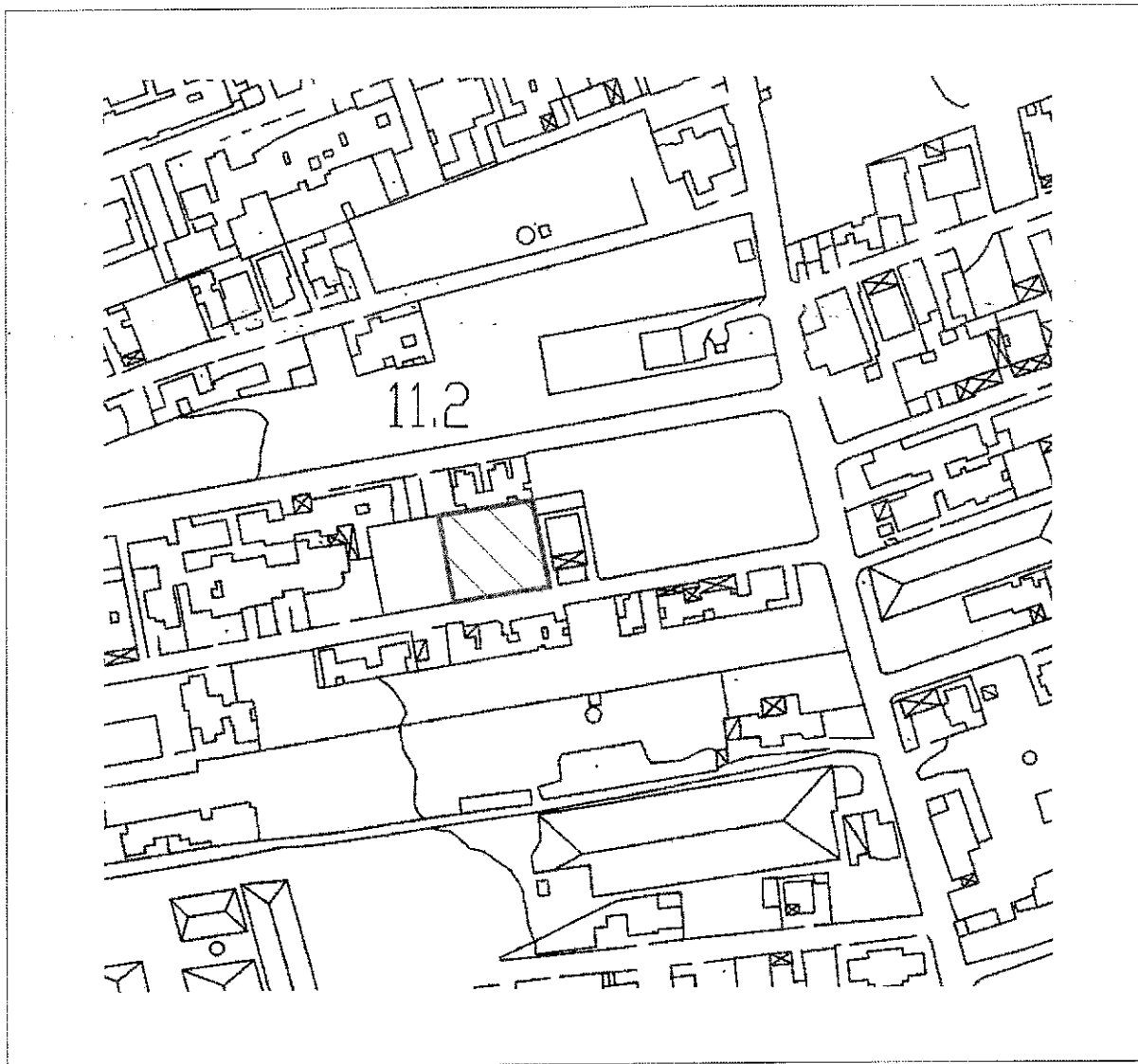
Sito





CARTA DELLA SUSCETTIVITÀ ALL'EDIFICAZIONE (Circolare ARTA SICILIA 3/DRA Prot. N.28807 del 20/06/2014)

Scala 1:2000



Legenda



Classe 1: Suscettività d'uso non condizionata
Prima del rilascio di eventuali autorizzazioni edilizie dovrà in ogni caso essere effettuata una adeguata e puntuale campagna di indagini geognostiche e geofisiche che permetta di classificare il sito dal punto di vista sismico (NTC2008).



Sito





APPENDICE 1

RAPPORTO INDAGINE GEOFISICA TROMINO

SCOGLITTI VARIANTE

Strumento: TRZ-0046/01-09

Formato dati: 16 byte

Fondo scala [mV]: n.a.

Inizio registrazione: 03/12/13 17:03:05 Fine registrazione: 03/12/13 17:23:05

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h20'00". Analisi effettuata sull'intera traccia.

Freq. campionamento: 128 Hz

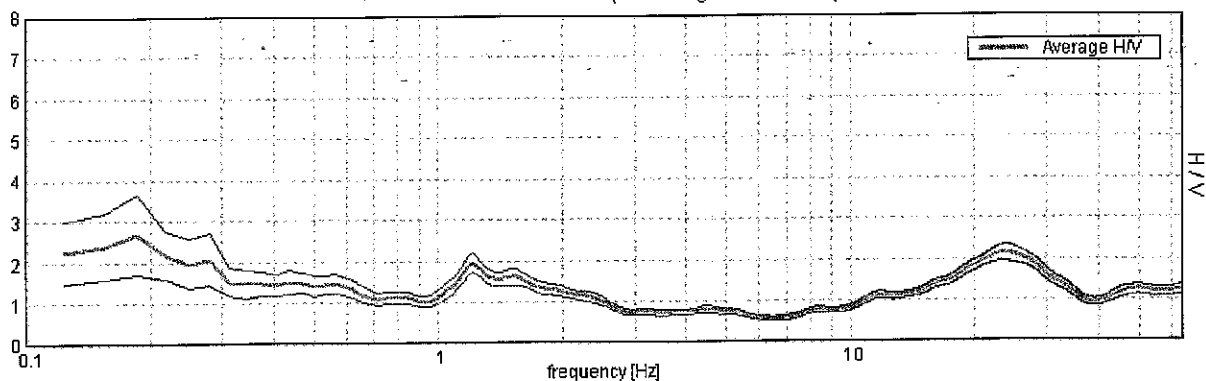
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Konno & Omachi window

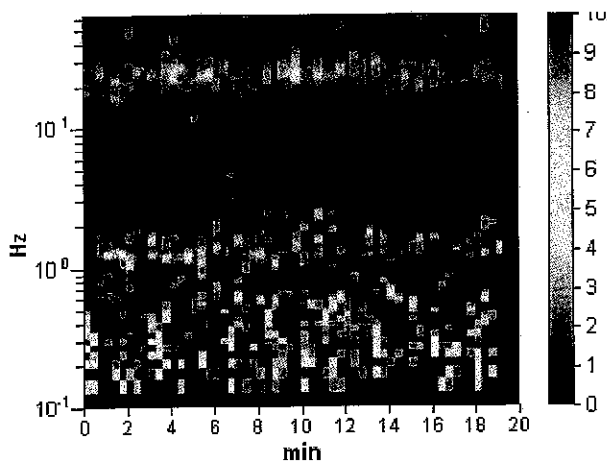
valore b: 40

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

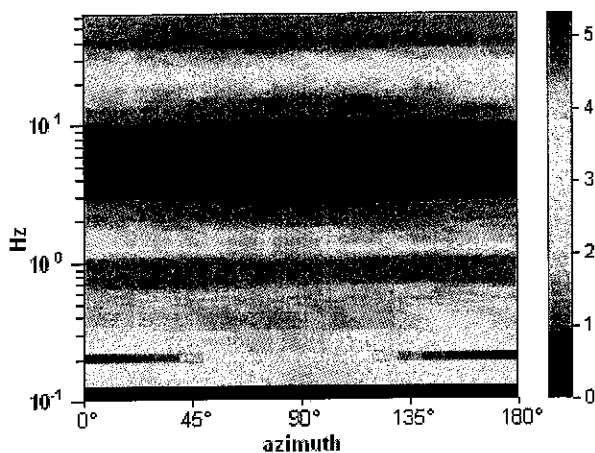
Max. H/V at 0.19 ± 0.06 Hz. (In the range 0.0 - 32.0 Hz).



SERIE TEMPORALE H/V

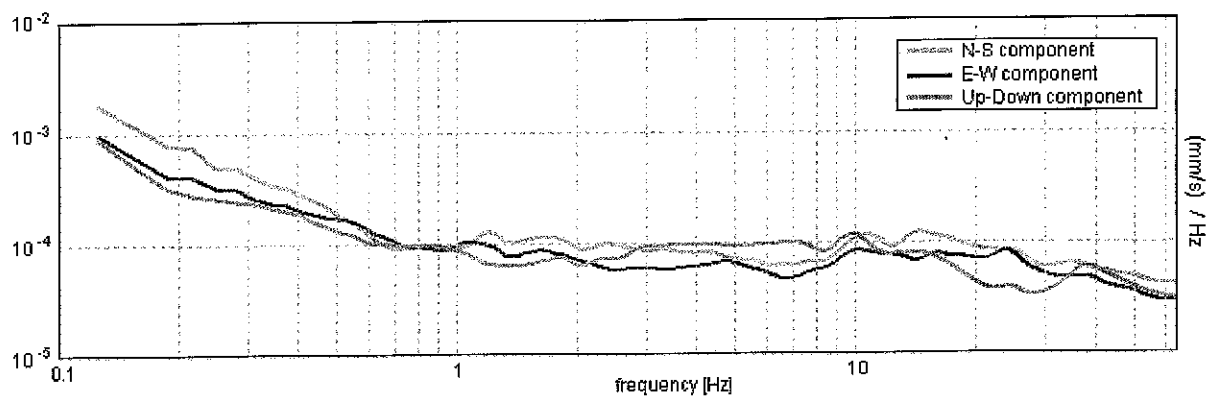


DIREZIONALITA' H/V



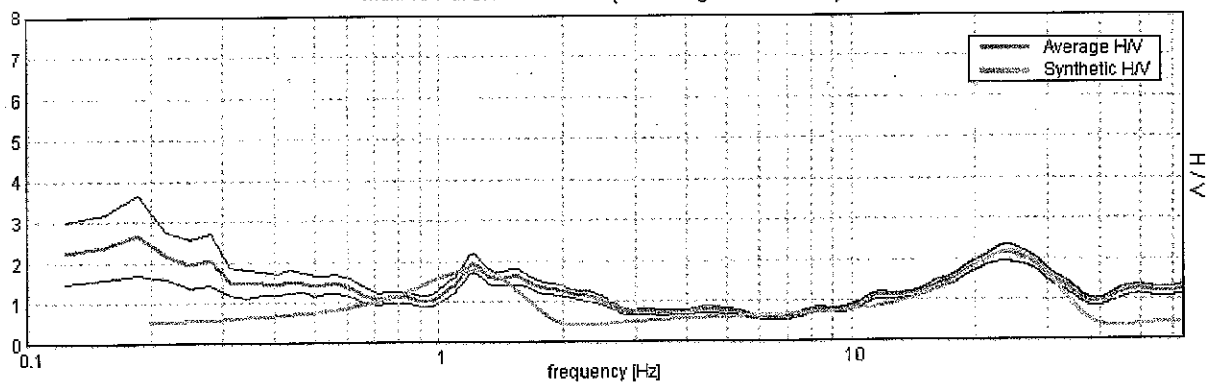
SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI

22222222222222



H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Max. H/V at 0.19 ± 0.06 Hz. (In the range 0.0 - 32.0 Hz).



Profondità alla base
dello strato [m]

2.20

82.20

inf.

Spessore [m]

2.20

80.00

inf.

Vs [m/s]

220

420

770

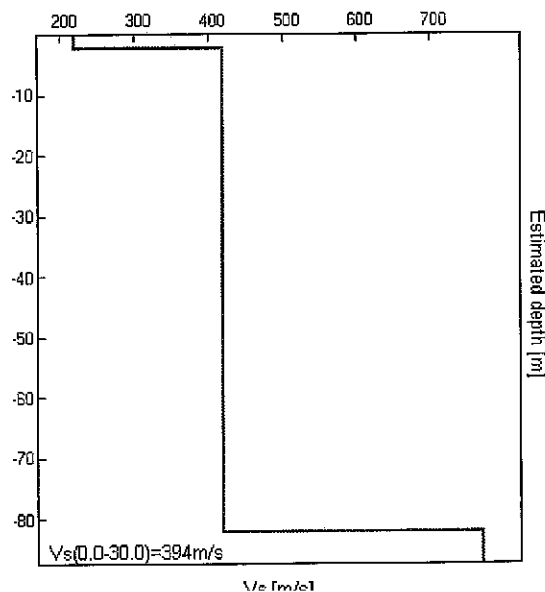
Rapporto di Poisson

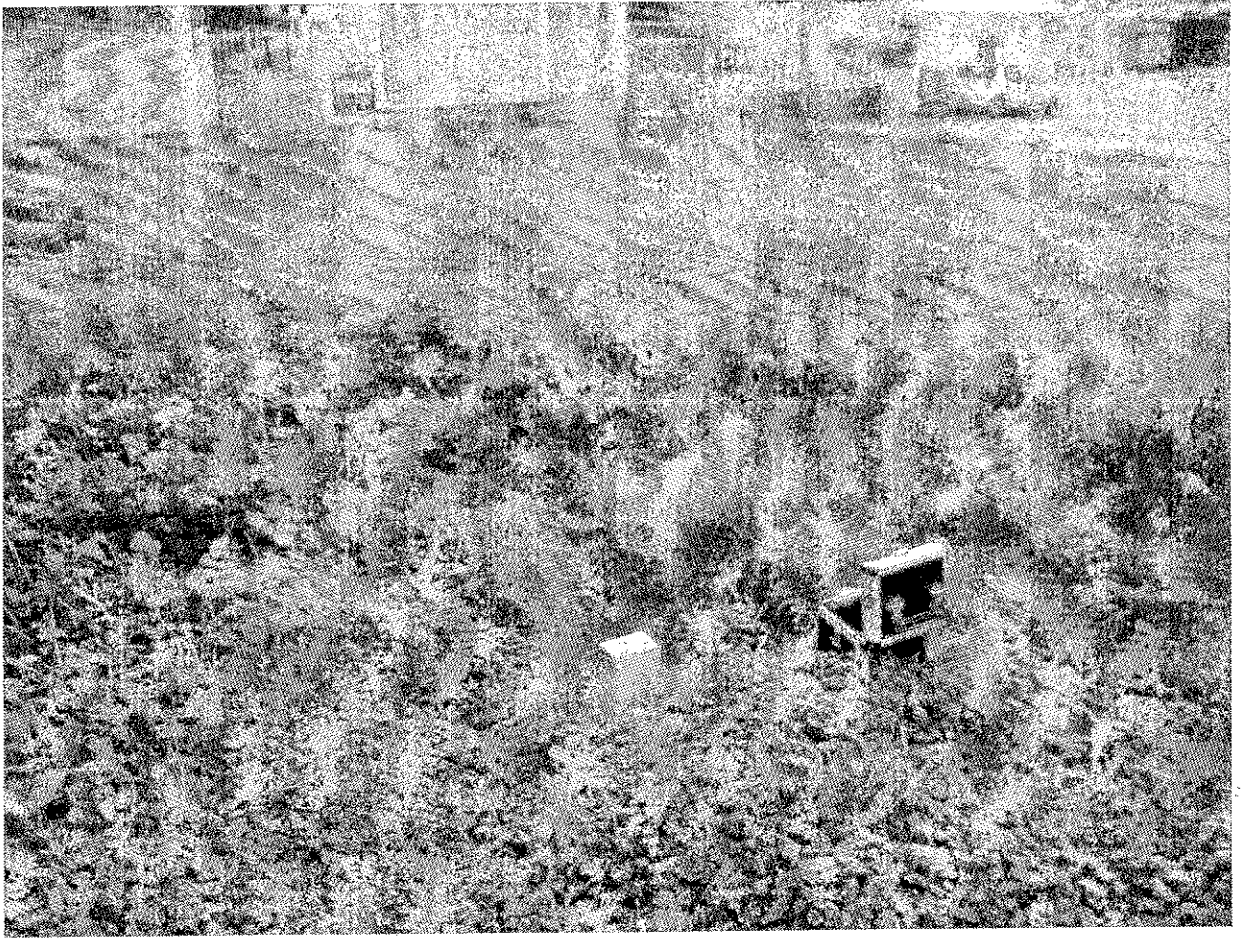
0.40

0.40

0.40

$V_s(0.0-30.0)=394\text{m/s}$







APPENDICE 2

RAPPORTO INDAGINE GEOFISICA MASW

DRILLING S.R.L.

Via Toselli, 7 - 94018 Troina (EN) - P. IVA: 01105080863

COMUNE DI VITTORIA

Provincia di Ragusa

**NUOVA EDIFICAZIONE DI UN FABBRICATO MULTIPIANO IN
SCOGLITTI, FRAZIONE DEL COMUNE DI VITTORIA, VIA DELLE
SARDINE S.N..**

Committente: *BENVISSUTO Gianna*

Località: *Via delle Sardine – Scoglitti - Comune di Vittoria (RG)*

Data: *Dicembre 2013*

**RELAZIONE TECNICA
INDAGINE GEOFISICA**

(Multichannel Analysis of Surface Waves)

Visti

L'Impresa

PREMESSA

Su incarico e per conto della ditta **BENVISSUTO Gianna**, è stata eseguita, nell'ambito del progetto di cui in oggetto, una indagine sismica di superficie di tipo attivo (MASW) al fine di valutare l'andamento della velocità delle onde di taglio Vs con la profondità e fornire i parametri per la classificazione della categoria di suolo di fondazione, nonché contribuire a ricostruire l'andamento litostratigrafico del sottosuolo dell'area in oggetto.

La traccia è stata scelta in modo da interessare una zona particolarmente significativa ed arealmente diffusa all'interno della superficie esame.

Il modello sismico monodimensionale (1D) ottenuto, costituisce infatti l'aspetto principale sia nella stima degli effetti sismici di sito che nella definizione dell'azione sismica di progetto, in quanto consente di conoscere l'incidenza delle locali condizioni stratigrafiche nella modifica della pericolosità sismica di base (amplificazioni di natura litologica).

Ciò permette una corretta progettazione strutturale in relazione alle condizioni sismiche del sito, garantendo un adeguato livello di protezione antisismica delle costruzioni.

La presente indagine è stata eseguita in ottemperanza al D.M. 14/01/2008 "*Norme tecniche per le costruzioni*" e relativa Circolare esplicativa, nonché all' O.P.C.M. n° 3274 del 20/03/2003 riportante "*Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*".

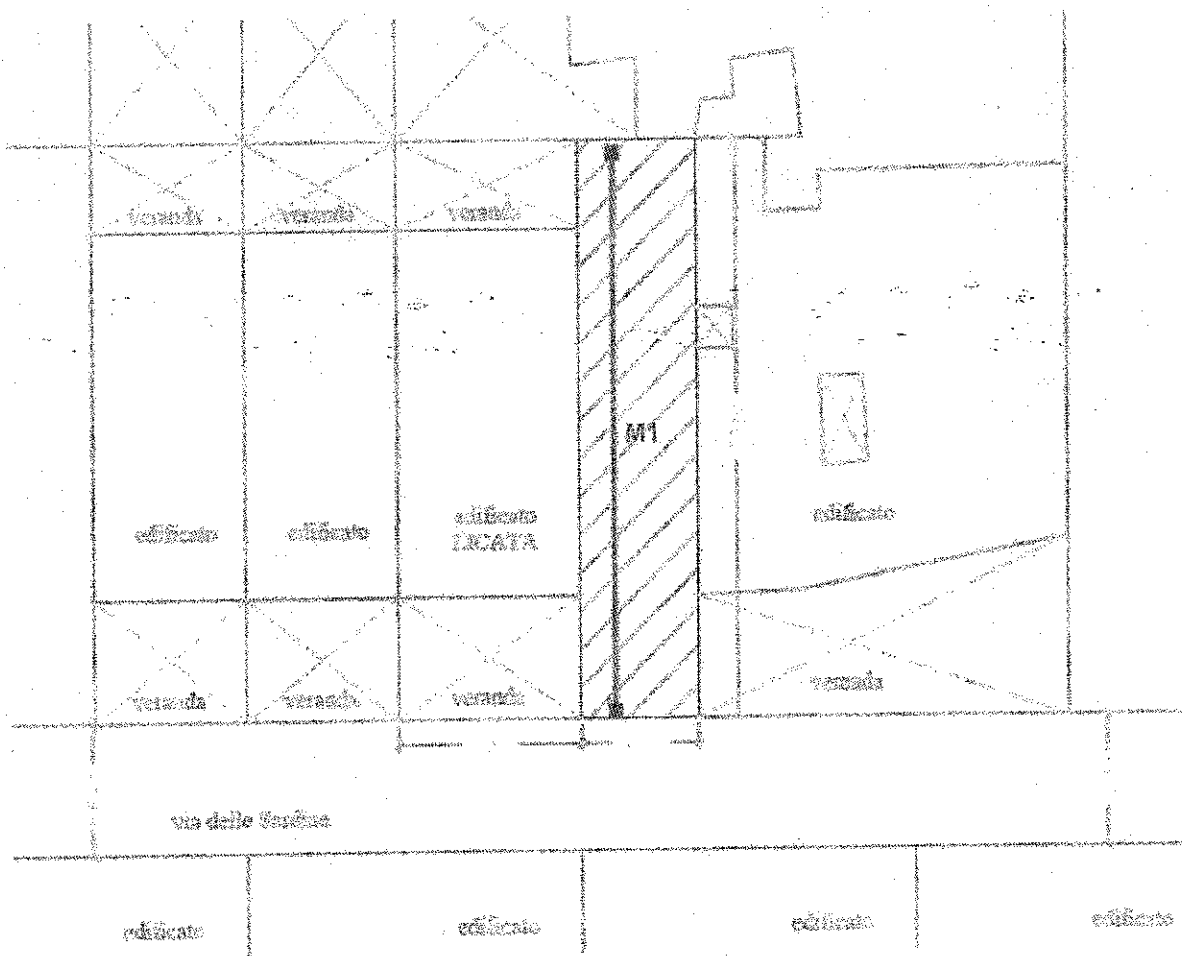
Le risultanze delle indagini di cui sopra, vengono illustrate nella presente relazione, completa, in allegato, dei seguenti elaborati esplicativi:

- ☐ Planimetria generale
- ☐ Documentazione fotografica
- ☐ Elaborati indagine sismica

PLANIMETRIA GENERALE

Carta Ubicazione Indagini

SCALA 1:500



Base: planimetrica scala 1:500 - STATO DIFATTO



Stendimento MASW

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



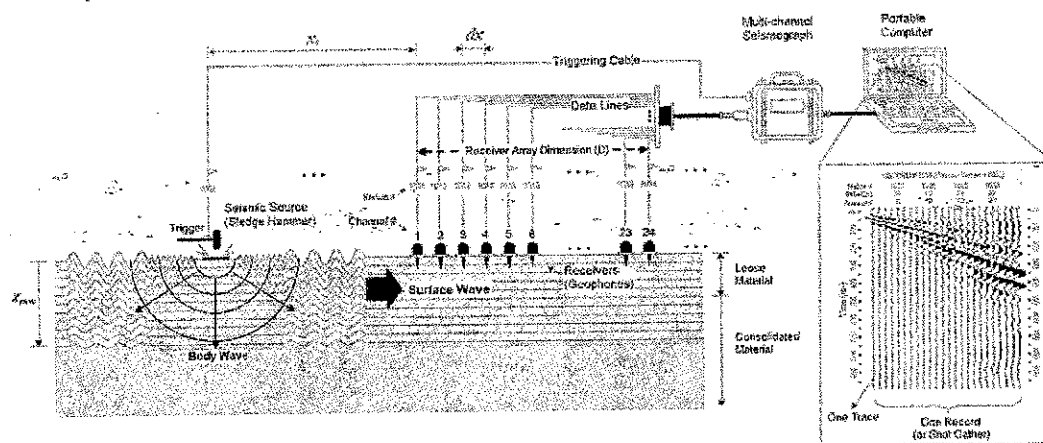
Stendimento linea MASW

INDAGINE SISMICA

MASW (*Multichannel Analysis of Surface Waves*)

Metodologia di indagine

Il metodo MASW (*Multichannel Analysis of Surface Waves*) è una tecnica di indagine non invasiva, che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (geofoni) posti sulla superficie del suolo.



Nel metodo MASW proposto si usano le sole onde di Rayleigh (Rayleigh, 1885) e si trascurano gli effetti dovuti alle onde P e S. Sebbene una sorgente puntiforme verticale generi anche le onde P e le onde S oltre alle onde Rayleigh, intervengono due aspetti che rendono il contributo delle onde di Rayleigh prevalente sul contributo delle onde P e S. Il primo aspetto è che le onde Rayleigh trasportano circa i due terzi dell'energia generata dalla sorgente. Il secondo aspetto è che allontanandosi dalla sorgente le onde di Rayleigh subiscono un'attenuazione geometrica inferiore rispetto alle onde P e S, poichè le onde Rayleigh si propagano secondo fronti d'onda cilindrici, mentre le onde P e S si propagano secondo fronti d'onda sferici.

Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde.

In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo (Achenbach, J.D., 1999, Aki, K. and Richards, P.G., 1980) o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione.

La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo.

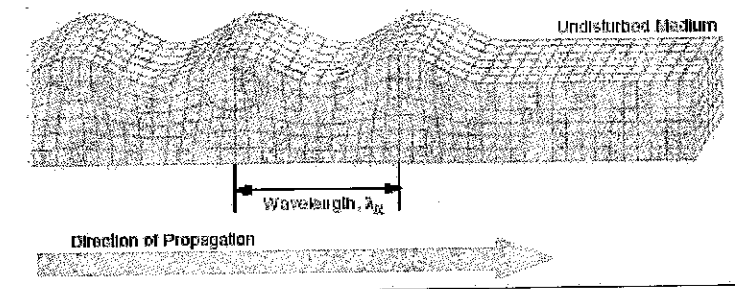
L'onda di Rayleigh è il risultato della combinazione di onde P e S in modo che siano soddisfatte le seguenti due condizioni:

1. Il moto associato all'onda di Rayleigh si attenua rapidamente con la profondità;
2. lo stato tensionale è nullo sulla superficie libera del semispazio solido.

La velocità con cui si propaga l'onda di Rayleigh sulla superficie libera di un semispazio omogeneo è leggermente inferiore alla velocità c_s delle onde di taglio S (tra $0,862 \cdot c_s$ e $0,955 \cdot c_s$) e dipende dal coefficiente di Poisson ν (Achenbach, 1999):

$$C_r = \frac{0.862 + 1.14\nu}{1 + \nu} C_s$$

Le componenti orizzontali e verticali sono sfasate di 90° , quindi durante il moto le particelle descrivono un'ellisse. L'asse maggiore dell'ellisse è parallela alla superficie libera orizzontale fino alla profondità di circa 0.2λ (λ è la lunghezza d'onda), dove lo spostamento orizzontale cambia segno e quindi gli assi e il senso di percorrenza dell'ellisse si invertono. L'ampiezza degli spostamenti decresce rapidamente con la profondità, così che l'onda di Rayleigh è confinata nella parte superficiale del semispazio, in una striscia di spessore pari a circa $1,5 \lambda$.





In questo grafico è possibile distinguere il "modo fondamentale" delle onde di superficie, in quanto le onde di Rayleigh presentano un carattere marcatamente dispersivo che le differenzia da altri tipi di onde (onde riflesse, onde rifratte, onde multiple).

Sullo spettro di frequenza sono stati selezionati i punti della curva di dispersione (Picking), i quali sono stati successivamente riportati su un diagramma frequenza-velocità di fase, selezionando un range di frequenza definito, per l'analisi della curva di dispersione e l'ottimizzazione di un modello interpretativo.

Metodologia esecutiva

Per l'acquisizione della prova MASW è stata utilizzata la seguente strumentazione:

N°	Strumentazione	Caratteristiche
1	Unità di acquisizione	Sismografo Do.Re.Mi. 12 canali
12	Geofoni verticali	Geospace con $f_0=4,5\text{Hz}$ High-gain.
1	Cavo sismico	L = 60 m
1	Sorgente	Mazza battente da 5kg
1	Software di acquisizione	Do.Re.Mi. Vers. 1.1.25

La lunghezza dello stendimento di 24,00 m è stata ottenuta disponendo 12 ricevitori ad interasse costante di 2,0 m.

La sorgente è stata posta ad una distanza di 2,00 m dal primo ricevitore dello stendimento.

La prova è stata eseguita spostando la sorgente ai due estremi dello stendimento ed effettuando n° 3 registrazioni per ogni lato.

L'acquisizione del treno di onde, generate dalla sorgente impulsiva, è stata eseguita utilizzando un intervallo temporale di $\Delta t=1\cdot 10^{-3}$ s per un tempo totale di acquisizione di circa 2s (circa 1000 campioni temporali).

I parametri di acquisizione temporale sopra riportati consentono di avere frequenza di *Nyquest* e risoluzione in frequenza della curva di dispersione pari a

$$f_{\text{Nyquest}} = 1/2\Delta t = 500 \text{ Hz}$$

dove Δt è l'intervallo di acquisizione temporale.

La risoluzione in frequenza della curva di dispersione è pari a:

$$\Delta f = 1/M\Delta t = 0,976 \text{ Hz}$$

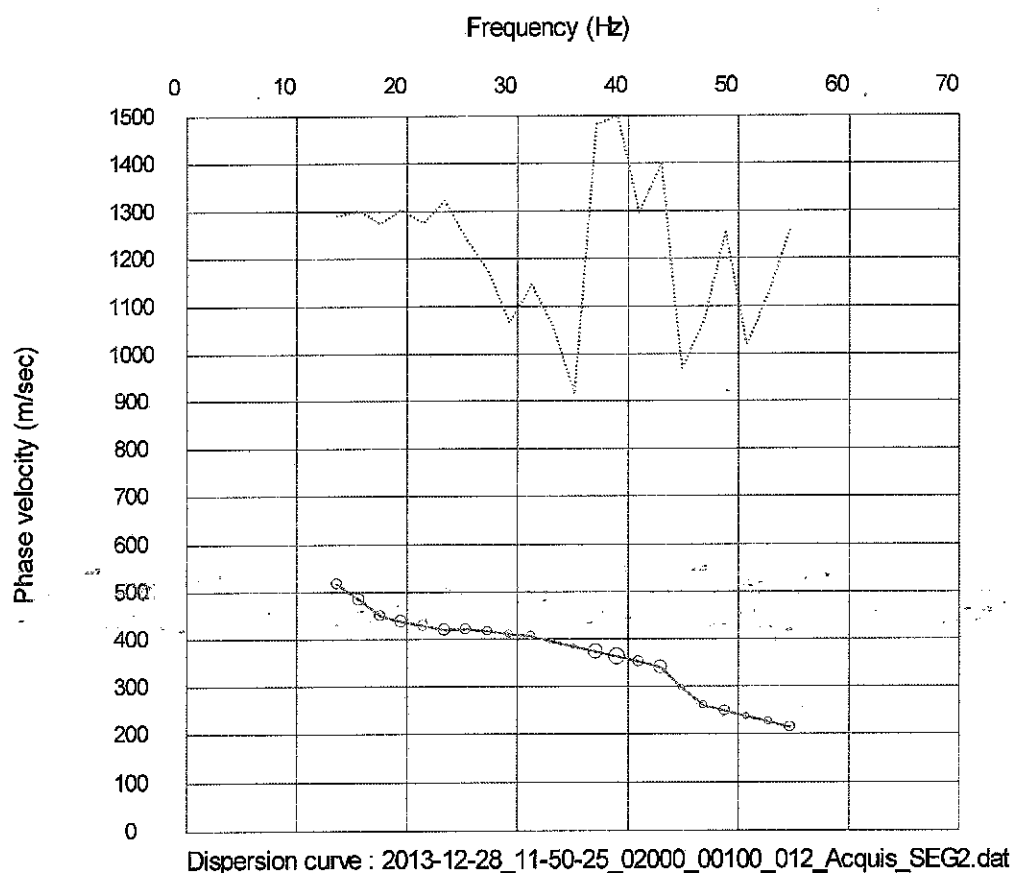
dove M=1024 è il numero di campioni temporali acquisiti per ogni battuta.

Pertanto, la profondità investigata dalle onde di Rayleigh dipende dalla lunghezza d'onda, dalla velocità delle onde di taglio V_s e dalla frequenza. (*Stokoe II and Santamarina, 2000*).

Quindi onde di Rayleigh di diversa lunghezza d'onda forniscono informazioni a diverse profondità del sito. Le informazioni sulla velocità delle onde di taglio V_s del sito fornite sono da intendersi come informazioni medie lungo la profondità.

Nel metodo MASW *attivo* (Park et al., 1999) le onde superficiali generate in un punto sulla superficie del suolo sono misurate da uno stendimento lineare di sensori che consentono di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente nel range di frequenze compreso tra 5Hz e 70Hz, quindi dà informazioni sulla parte più superficiale del suolo, sui primi 30m-50m, in funzione della rigidità del suolo.

Pertanto, il metodo MASW *attivo* consente la classificazione sismica dei suoli poiché fornisce il profilo di velocità entro i primi 30m di profondità.

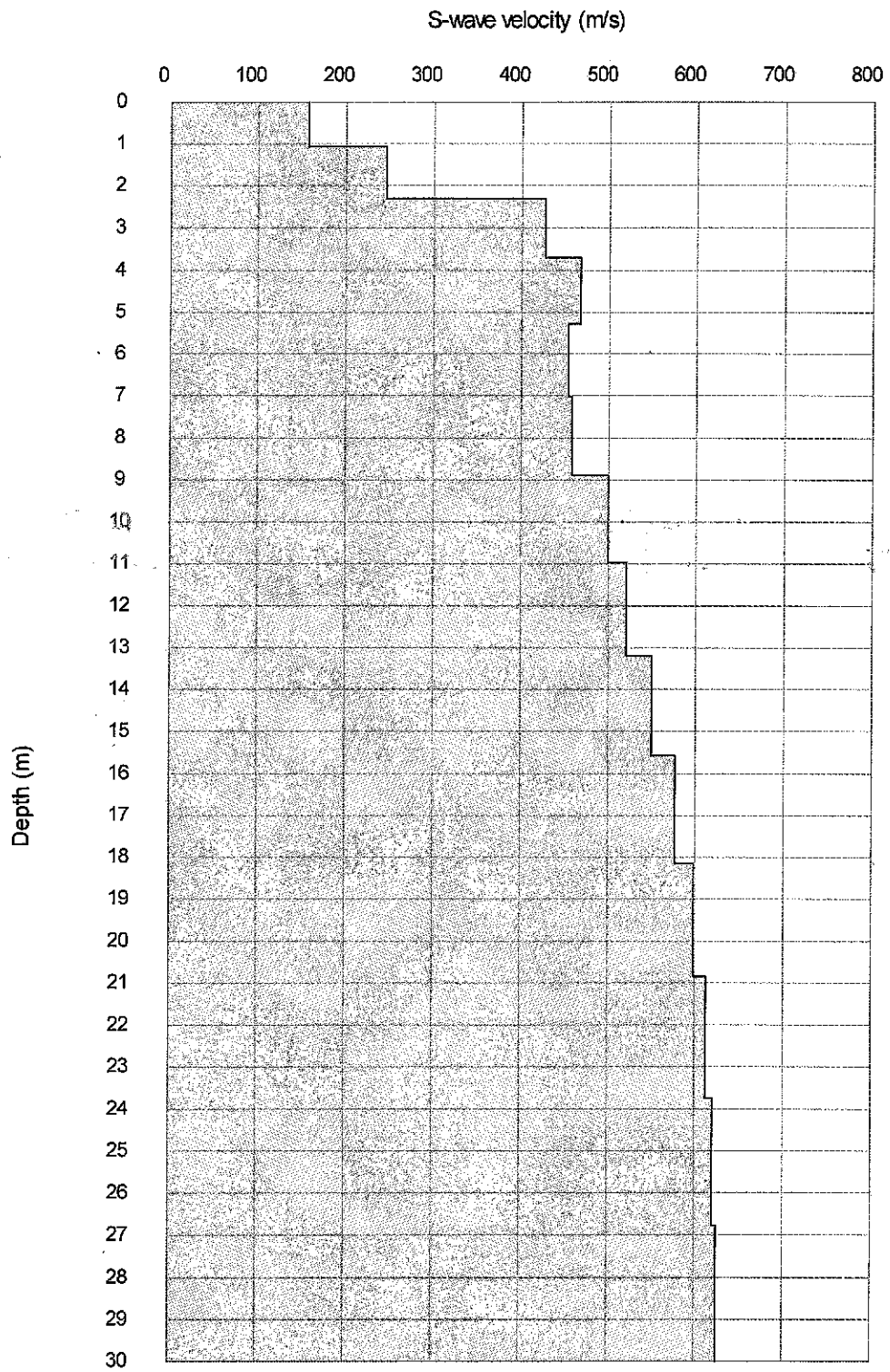


La fase successiva ha previsto l'elaborazione del modello di Inversione al fine di ottenere un profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s (profondità- velocità V_s), utilizzando il software SeisImager - WaveEq Vers. 2.3.0.8.

Nella procedura automatica (Joh, 1998) la ricerca del profilo di velocità ottimale è affidata ad un algoritmo di ricerca globale o locale che cerca di minimizzare l'errore tra la curva sperimentale e la curva numerica.

In genere quando l'errore relativo tra curva sperimentale e curva numerica è \leq al 10% si ha un soddisfacente accordo tra le due curve e il profilo di velocità delle onde di taglio V_s e quindi, il tipo di suolo sismico conseguente, rappresentano una soluzione valida da un punto di vista ingegneristico; nel caso specifico si ha un "Root Mean Square Error" (RMSE) = 2,99%.

Successivamente alla determinazione del profilo di velocità delle onde di taglio V_s , è stata calcolata la velocità equivalente nei primi 30m di profondità " V_{s30} " e, conseguentemente, è stato possibile determinare la categoria sismica del suolo.



S-wave velocity model (inverted): 2013-12-28_11-50-25_02000_00100_012_Acquis_SEG2.dat

Average Vs 30m = 476.7 m/sec

CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL SITO

L'Ordinanza P.C.M. n° 3274 del 20 marzo 2003, così come il DM 14/01/2008 "*Norme tecniche per le costruzioni*" definiscono l'azione sismica di progetto, in assenza di analisi specifiche, sulla base della zona sismica di appartenenza del sito e la categoria sismica di suolo su cui sarà realizzata l'opera.

All'interno del territorio nazionale fino ad oggi sono state individuate 4 zone sismiche, contraddistinte dal valore a_g dell'accelerazione di picco al suolo, normalizzata rispetto all'accelerazione di gravità.

I valori convenzionali di a_g assegnati nelle 4 zone sismiche fanno riferimento all'accelerazione di picco in superficie per suolo di tipo A, cioè roccia affiorante o suolo omogeneo molto rigido, per il quale il moto sismico al bedrock non subisce variazioni sostanziali. In presenza di suoli di tipo B, C, D, E, S1, S2 il moto sismico in superficie in genere risulta modificato rispetto al moto sismico al bedrock, in funzione dell'intensità e del contenuto in frequenza dell'input sismico e delle caratteristiche geotecniche sismiche e dello spessore del suolo attraversato dalle onde sismiche per giungere in superficie.

In assenza di una specifica analisi di amplificazione sismica locale per il suolo in esame, per valutare l'accelerazione sismica spettrale in presenza di suoli di tipo B, C, D, E la normativa introduce un fattore di amplificazione S e i periodi T che definiscono lo spettro di risposta di un oscillatore semplice con smorzamento pari al 5%. In presenza di suoli speciali di tipo S1 e S2 la normativa impone uno studio specifico per determinare gli effetti di amplificazione sismica locale.

La classificazione del suolo è convenzionalmente eseguita sulla base della velocità media equivalente di propagazione delle onde di taglio entro 30m di profondità V_{s30} :

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^N H_i / V_i}$$

dove H_i e V_i indicano rispettivamente lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio $\gamma < 10^{-6}$) dello strato i -esimo, per un totale di N strati presenti nei 30 m superiori.

Il sito di interesse è stato classificato in funzione dei valori ricavati dalla indagine sismica di superficie utilizzando il metodo MASW attivo, che ha fornito valori di **$V_{s30} = 476,70$ m/s.**

CLASSIFICAZIONE DEL SITO

Classificazione del tipo di suolo secondo la normativa sismica O.P.C.M. n. 3274/2003 e D.M. 14/01/2008 "Norme tecniche per le costruzioni".

Committente	Benvissuto Gianna
Oggetto	Nuova edificazione di un fabbricato multipiano
Località	Via delle Sardine s.n. – Scoglitti -Comune di Vittoria (RG)
Strumentazione utilizzata	Sismografo Do.Re.Mi. - 12 canali -
Metodo di indagine	MASW
Metodo di energizzazione	Mazza da 5 kg
Geometria dello stendimento	Lineare con 12 geofoni (4,5Hz) – interasse 2,00 m

VELOCITA' SISMICA ONDE DI TAGLIO Vs30 (m/s)	476,70
Dati i risultati, il sito in esame risulta classificato alla categoria di suolo di tipo	B

SUOLO	DESCRIZIONE LITOTECNICA	Vs30 (m/s)
A	Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi caratterizzati da valori di Vs30>800m/s, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 5m	>800
B	Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 360m/s e 800m/s	360+800 (Nspt > 50) (Cu >250 kPa)
C	Depositi di sabbie o ghiaie mediamente addensate o argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di Vs30 compresi tra 180m/s e 360m/s	180+360 (15 < Nspt < 50) (70<Cu< 250 kPa)
D	Depositi di granulari da sciolti a poco addensati o coesivi da poco a mediamente consistenti, caratterizzati da valori di Vs30 < 180 m/s	< 180 (Nspt < 15) (Cu < 70 kPa)
E	Profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali, con valori di Vs simili a quelli dei tipi C o D e spessore compreso tra 5m e 20m, giacenti su di un substrato di materiale più rigido con Vs > 800m/s	
S1	Depositi costituiti da, o che includono, uno strato spesso almeno 10 m di argille/limi di bassa consistenza, con elevato indice di plasticità (IP>40) e contenuto d'acqua, caratterizzati da valori di Vs30 < 100m/s	< 100 (10 < Cu < 20 kPa)
S2	Depositi di terreni soggetti a liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti	

MODELLAZIONE SISMICA INTERPRETATIVA

I dati ottenuti evidenziano un andamento regolare della linea dei punti di arrivo e quindi dimostrano una certa continuità strutturale del sedime fondale, escludendo, in tal senso, la presenza di vistose anomalie strutturali.

L'analisi dello spettro bidimensionale F-K, ha permesso di ricostruire un modello sismico monodimensionale del sottosuolo (1D), il quale risulta rappresentato dall'andamento della velocità delle onde di taglio V_s in funzione della profondità.

Dall'inversione della curva di dispersione si è ottenuto il seguente modello medio di velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità, rappresentativo dell'area investigata:

MODELLO DI VELOCITA'			
<i>N° strato</i>	<i>Velocità V_s (m/s)</i>	<i>Spessore (m)</i>	<i>Profondità (m)</i>
0	156.634495	1.071	1.071
1	246.108323	1.236	2.308
2	426.616997	1.401	3.709
3	467.594862	1.566	5.275
4	453.885645	1.731	7.005
5	457.767457	1.896	8.901
6	499.970317	2.060	10.962
7	521.179080	2.225	13.187
8	549.751818	2.390	15.577
9	577.033043	2.555	18.132
10	598.187089	2.720	20.852
11	612.176538	2.885	23.736
12	620.216787	3.049	26.786
13	624.826968	3.214	30.000

L'andamento delle velocità delle onde S (V_s) ha permesso di evidenziare sostanzialmente un graduale incremento delle velocità sismiche con la profondità.

L'Impresa