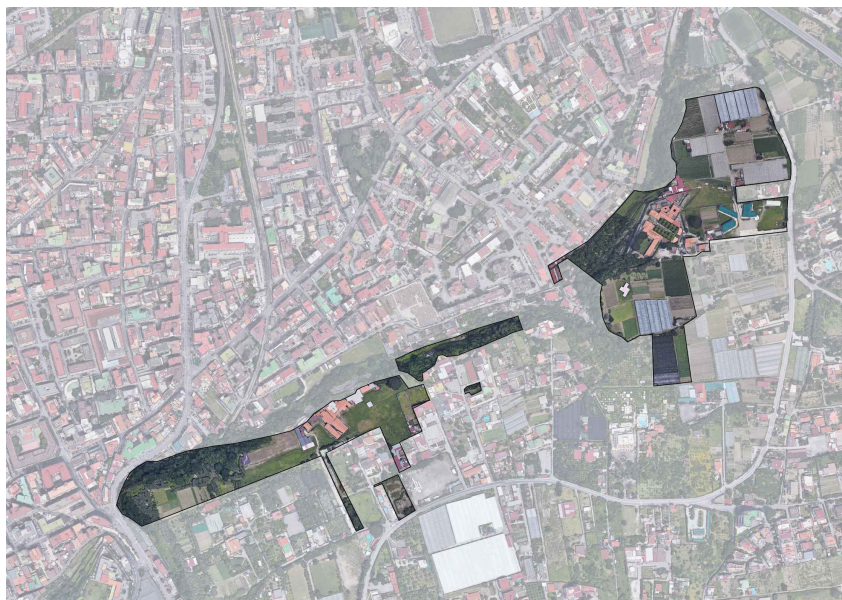


MINISTERO DELLA CULTURA
Parco Archeologico di Pompei**- PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA -**

Artt. 6/21 - Allegato I.7 - D.Lgs. 31 marzo 2023, n. 36 - Codice dei contratti pubblici

"Concessione di lavori finalizzata alla valorizzazione e al miglioramento della fruizione dell'area archeologica di Stabia"**RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO**
Dott.ssa Silvia Martina Bertesago**DIRETTORE DELL' ESECUZIONE DEL CONTRATTO**
Dott. Antonino Russo

PROGETTISTI

Studio KR e Associati s.r.l.



STUDIO KR E ASSOCIATI S.R.L.

Sede legale: Via Francesco Crispi 36/a - 80121 Napoli

Sede operativa: Vico Strettola a Chiaia 8 - 80122 Napoli

Tel. 081.664423 - 081-2486407

e-mail info@studiokr.it

ASSOCIATA

olce

confindustria



LL-C

DIRETTORI TECNICI

Ing. Giovanni Kisslinger - Ing. Francesco Ruvidi

GRUPPO DI PROGETTAZIONE:

Ing. Giovanni Kisslinger

Arch. Andrea Cassese

Arch. Loredana De Nito

Arch. Clorinda Grande

Ing. Marcello Raiano

CONSULENZA ECONOMICO FINANZIARIA



SO.N.T.E.D. S.r.l.

Elio Mendillo

Dottore Commercialista

Revisore Legale Consulente

mendillo@sonted.it

mobile 335.6200624

IL DIRETTORE GENERALE

dott. Gabriel Johannes Zuchtriegel

TITOLO ELABORATO

RELAZIONE GEOLOGICA

NUM. ELAB.
R_04

	DATA	DATA	NOME
REDATTO	06.2023	03.2024	
VERIFICATO	06.2023	03.2024	LDN
APPROVATO	06.2023	03.2024	GK
EMISSIONE	REV.02	REV.03	
SCALA			



Castellamare di Stabia, Villa Arianna e Villa San Marco, Interventi per la fruizione ampliata e per l'abbattimento delle barriere architettoniche

CIG: 9023536977 CUP: F83D21014700005

PARCO ARCHEOLOGICO DI POMPEI

IL DIRETTORE GENERALE
Dott. Gabriel Zuchriegel

**Responsabile Unico
del Procedimento**
Dott.ssa Silvia Martina Bertesago

Silvia Bertesago

Ufficio Progettazione

Progettista per aspetti architettonici: Arch. Mariano Nuzzo, PAP

Progettista per aspetti strutturali: Ing. Alessandra Zambrano, PAP

Progettista per la conservazione degli apparati decorativi: Dott.ssa Teresa Argento, PAP

Progettista per gli aspetti Archeologici: Dott. Antonino Russo, PAP

Progettista per gli aspetti impiantistici: Ing. Michele Ercolano

Supporto alla progettazione per gli aspetti architettonici: Arch. Crescenzo Mazzuoccolo

Supporto contabile: Arch. Alessandro Baldi, Ales

Coordinatore sicurezza progettazione

Crescenzo Mazzuoccolo, architetto

CODICE ELABORATO

ES_R_03

TITOLO ELABORATO

Relazione geologica

LIVELLO DI PROGETTAZIONE

ESECUTIVO (ART.147 COMMA 5 DEL D.LGS 50/16)

DATA di redazione

DICEMBRE 2021

DATA di revisione / aggiornamento

SCALA

SOMMARIO

PREMESSA	PAG. 1
1.0) INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E AMBIENTALE DI MASSIMA	PAG. 4
2.0) BREVE INQUADRAMENTO GEOAMBIENTALE E STABILITÀ DEI VERSANTI	PAG. 9
3.0) INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO DI MASSIMA	PAG. 13
3.1) BACINI MINORI DEL PIANORO DI VARANO	PAG. 15
4.0) INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO DI DETTAGLIO	PAG. 17
5.0) ANALISI DI DETTAGLIO DEI BACINI IDROLOGICI	PAG. 21
6.0) INDAGINI CONDOTTE E DATI CONSIDERATI	PAG. 23
6.1 - INDAGINI CONSIDERATE - SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO CS1	PAG. 24
6.2) PROVA SISMICA DI SUPERFICE MASW	PAG. 32
6.3) PROSPEZIONI GPR (GROUND PROBING RADAR)	PAG. 33
7.0) CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA DEI COMPLESSI LITOTECNICI E COSTITUZIONE D'INSIEME DEL SOTTOSUOLO	PAG. 40
8.0) INQUADRAMENTO DELL'AREA NELLA CARTOGRAFIA DI RISCHIO DELL'AUTORITÀ DI BACINO REGIONALE CAMPANIA CENTRALE	PAG. 44
9.0) CONCLUSIONI	PAG. 48

PREMESSA

In ambito ai lavori di Restauro di Villa San Marco e Villa Arianna nel territorio comunale di Castellammare di Stabia (NA), il Parco Archeologico di Pompei, a seguito di indagine di mercato (art. 32 comma 2/a e art. 36 comma 2, lett. A - Dlgs 2016, n. 50 e smi) ha conferito incarico diretto allo scrivente, della redazione della relazione geologica (lettera d'ordine 01/2018 prot. 744 del 19/01/2018 CIG Z38219419A). In particolare il presente referto si riferisce alla sola struttura di Villa Arianna.

La zona d'interesse insiste al margine settentrionale della falesia polifasica di abrasione marina denominata di San Marco.



Veduta d'insieme del terrazzo di San Marco e dell' area archeologica di Villa Arianna

Il terrazzo di San Marco, rappresenta un elemento morfologico tipico che caratterizza il paesaggio del territorio di Castellammare di Stabia lungo la fascia di raccordo tra il litorale ed i retrostanti Monti Lattari. I depositi che costituiscono l'ossatura di tale terrazzo morfologico/paleofalesia sono costituiti da una serie di accumuli detritico-piroclastici, di età pleistocenico-aternaria legati al disfacimento/dilavamento dei retrostanti rilievi carbonatici

dei Monti Lattari e delle relative coperture piroclastiche recenti. In ambito a tale serie, nota in letteratura scientifica con il termine di Gragnano 2, è segnalata la presenza di un consistente accumulo, sotto forma di lente/intercalare, di prodotti piroclastici tufacei legati alla messa in posto dell'Ignimbrite Campana (40.000 ka).

L'area è interessata da continue e ricorrenti fenomenologie di dissesto/sovralluvionamento coincidenti soprattutto con picchi/eventi pluviometrici particolarmente intensi. Per la mitigazione di tali fenomeni, devastanti per le strutture archeologiche della Villa, la Soprintendenza ha posto in essere in un recente passato, uno studio interdisciplinare a valle del quale sono stati definiti una serie di interventi, pozzi drenanti associati a sistemi di griglie/vasche di laminazione/decantazione del carico solido, creazione di sistemi di cordoli di contenimento/regimentazione delle acque di ruscellamento concepiti al fine di ristabilire un sufficiente grado di sicurezza in questo settore della falesia di S. Marco.



Scopo del presente lavoro è stato quello di dettagliare le problematiche generali connesse alla natura, alle caratteristiche geoambientali del territorio, geomeccaniche dei terreni, nonché la caratterizzazione sismica di sito dell'area interessata degli interventi di restauro previsti per Villa Arianna.

In tale prospettiva, il lavoro è stato coordinato in singoli momenti operativi:

- Ricerca bibliografica, rivolta alla caratterizzazione delle modalità di messa in posto dei materiali relativi allo spessore geotecnico significativo, ed al reperimento di tutte le grandezze geomeccaniche già note riguardanti i terreni di sedime.

- Dettagliato rilievo geologico-geomorfologico dei luoghi, esteso alle aree limitrofe, finalizzato alla verifica della fattibilità geologica delle opere in oggetto.

In accordo con il responsabile del procedimento è stata condotta una campagna di indagini in sito indirette nel corso della quale sono stati realizzate

- N. 1 prova sismica di superfice MASW

Per la verifica della eventuale presenza di vuoti/cavità sono state condotte una serie di battute georadar GPR in corrispondenza di varie zone della Villa di Arianna.

Per la definizione puntuale della stratigrafia e la caratterizzazione geomeccanica dei terreni costituenti il sottosuolo dell'area, sempre in accordo con il responsabile della Soprintendenza Archeologica, è stato considerato un sondaggio geomeccanico realizzato nel 2008 poco a monte del grande peristilio.

Costituiscono parte integrante della presente relazione i seguenti elaborati:

STRALCIO DA CARTA GEOLOGICA – PROGETTO CARG	"	1 : 10.000
STRALCIO CARTA DELLA PERICOLOSITÀ DA INSTABILITÀ DI VERSANTE ADB	"	1 : 5.000
STRALCIO CARTA DELLE AREE A PERICOLOSITÀ DA FRANA	"	1 : 5.000
STRALCIO CARTA DELLE AREE A RISCHIO FRANA ADB	"	1 : 5.000
STRALCIO CARTA DELLE AREE A PERICOLOSITÀ IDRAULICA	"	1 : 5.000
STRALCIO CARTA DELLE AREE A RISCHIO IDRAULICO	"	1 : 5.000

STRALCIO FOTO AEREA – 1965

N° 1 COLONNA STRATIGRAFICHE DI INTERESSE

1.0) INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E AMBIENTALE DI

MASSIMAL l'area di ubicazione delle opere in progetto, interessa il lembo meridionale della bassa Piana del F. Sarno. Nello specifico esso risulta posto a ridosso della fascia pedemontana dei rilievi carbonatici dei M.ti Lattari, ed è caratterizzato da una serie di ampie conoidi presenti allo sbocco delle principali aste vallive che conferiscono al paesaggio un aspetto decisamente articolato.

Tra gli elementi che caratterizzano quindi il paesaggio di questo area il più significativo è rappresentato proprio dalla paleofalesia che delimita il terrazzo morfologico di S. Marco, il quale tronca alla base le conoidi wurmiane (Gragnano II) di Gragnano e Castellammare: il suo andamento planimetrico piuttosto articolato è il frutto di una genesi polifasica. Al piede della falesia le quote si innalzano per la presenza di piccoli talus, colluvionali e piroclastici, e di ulteriori piccoli conoidi di deiezione caratterizzati dalla medesima composizione litologica. Il più ampio tra questi è il conoide detto Muscariello, che ha il suo apice nel fosso di Gragnano, mentre di minore estensione risultano il conoide formato dal torrente Quisisana, sul quale sorge il centro medievale di Castellammare di Stabia, ed il conoide del Sommuazzariello formato dal rio Carcarella.

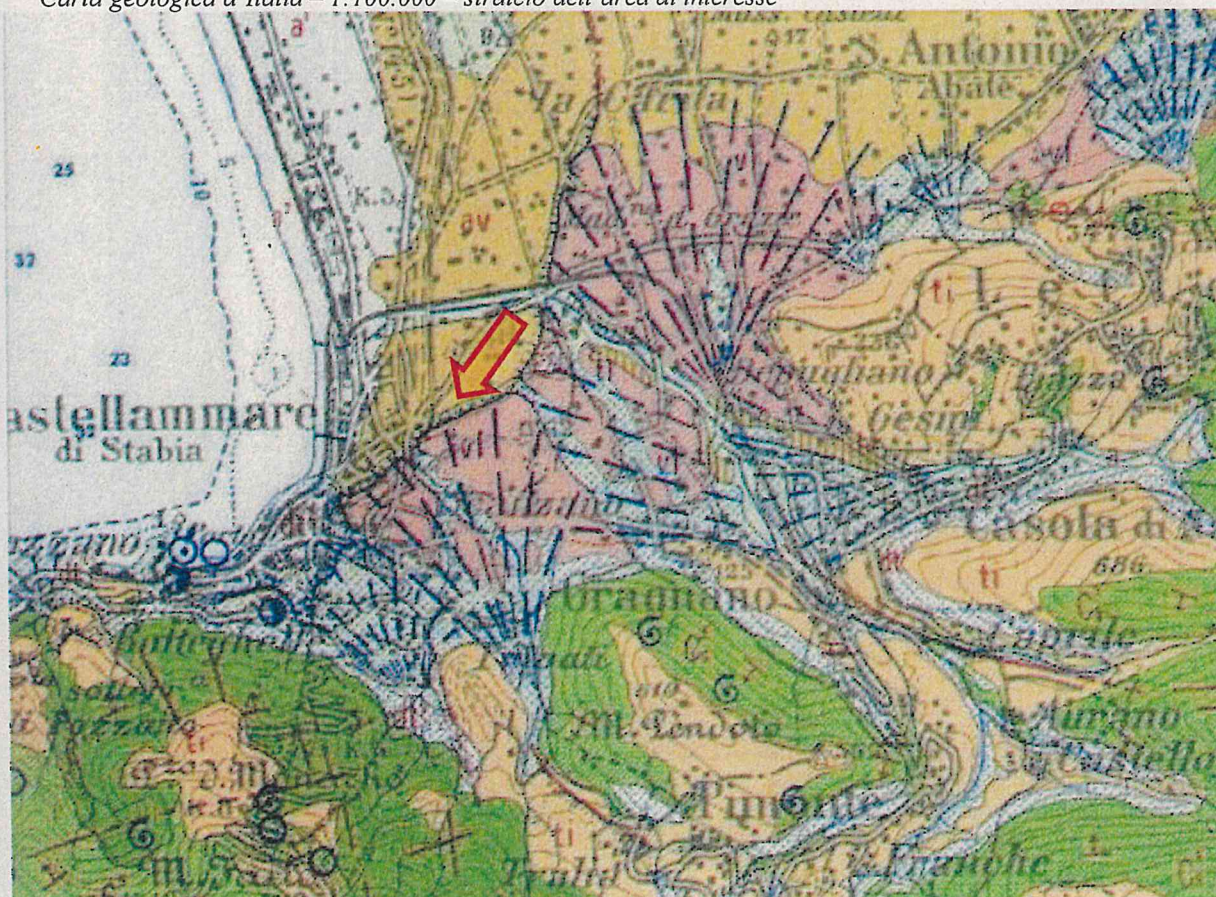
1965 – area di Villa Arianna in fase antecedente all'avvio degli scavi archeologici. La freccia gialla individua il tracciato della Circumvesuviana, all'epoca "esterno" al nucleo cittadino



In particolare il tracciato del basso corso del Rio Calcarella, incidendo i depositi della conoide più antica (indicata nella planimetria geologica come conoide wurmiana - Gragnano

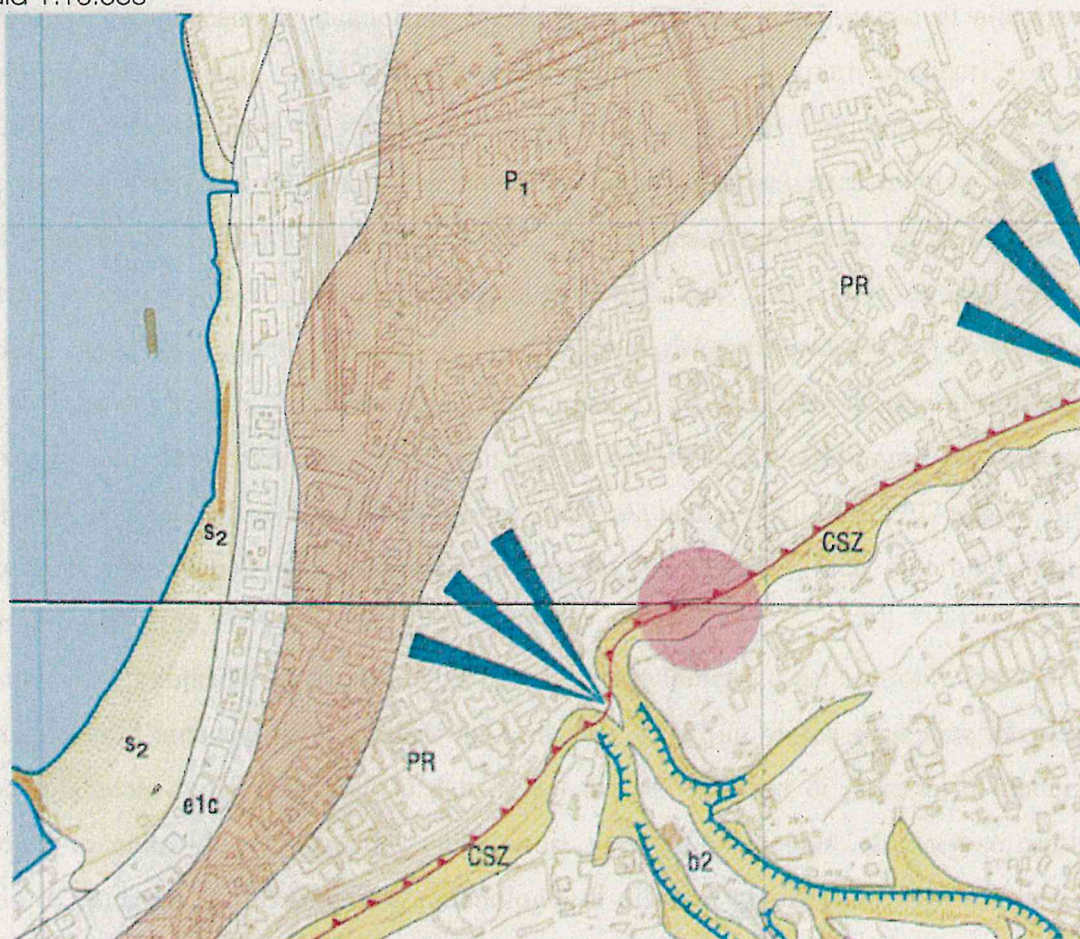
II), determina un varco in direzione mare. Questa corrivazione, caratterizzata da un regime pluviometrico con forti pulsazioni stagionali, dopo aver drenato il versante settentrionale del Monte Faito presenta un corso profondamente incassato all'interno delle coltri detritico/piroclastiche di conoide e tendenti a raccordare la fascia pedemontana della catena dei Lattari alla pianura del Sarno. Da una semplice analisi dei fotogrammi RAF realizzati durante l'ultimo conflitto mondiale e della cartografia antica, si ricostruisce chiaramente l'antica fisionomia del profondo vallone.

Carta geologica d'Italia – 1:100.000 – stralcio dell'area di interesse



Nel complesso, comunque, proprio le varie fasi di approfondimento recente (Würm) del reticolo idrografico, hanno portato all'individuazione della profonda incisione sia del Rio Calcarella che di tutte le altre corrivazioni dell'area, oltre che del grande terrazzo marino di San Marco.

Stralcio della carta geologica - progetto CARG
Scala 1:10.000



- Conglomerati di Scanzano, Castel Felino e Masseria Gragnano**
Depositi di conoidi alluvionali post-ignimbrite Campana: ghiaie a clasti carbonatici di dimensioni variabili da pochi cm a 15 cm, con matrice, spesso abbondante, di natura proclastica ed intercalati livelli proclastici in giacitura primaria ascrivibili ad attività vulcanica tardo-pleistocenica. Nell'area di Gragnano poggiano in discordanza sull'ignimbrite Campana. La superficie-limite superiore è ammantata da proclasti elocenici.
PLEISTOCENE SUPERIORE
- CSZ**
- PR**
I depositi proclastici (PP) quando ubicati sui versanti risultano prevalentemente rimaneggiati; i caratteri generali del deposito rispondono al tipo tessiturale della sabbia e del limo a composizione cineritica con nuvole e/o singoli elementi flottanti di clasti calcarei e pomici subarrotondati. In genere, tale depositi, risultano di colore marrone scuro e contengono pomici da millimetriche a centimetriche di colore grigio-chiaro-biancastro, con clasti calcarei eterometrici subarrotondati e talora sottili livelli (2-5 cm) discontinui di sabbie vulcaniche pisolitiche e di cenici; spessore variabile, compreso tra i 10 cm e 2 m nei Monti Lattari e Penisola sorrentina e tra i 0,5 e 5 metri nei Monti di Forino, Braccigliano, Solofra e Montoro (cfr. Schema Stratigrafico). In alcuni casi risultano arenati o mediamente addensati e costituiscono paleosuoli.
- Depositi alluvionali terrazzati di primo ordine e frangia di conoidi**
Ghiaie poligeniche, in banchi e strati talvolta a matrice sabbioso-limosa, sabbie limose e limi argillificati in strati decimetrici, breccie ad elementi prevalentemente calcarei, e subordinatamente arenacei, con matrice sabbioso-limosa; argille e limi argillificati; proclasti. Nella parte alta, in corrispondenza dei settori di riordito ai versanti carbonatici sono intercalate breccie ad elementi calcarei relativi alle porzioni marginali di conoidi di selezione o con detritici.
OLOCENE - PLEISTOCENE SUPERIORE
- b2**

Caratteristicamente tali elementi morfologici presentano acclivi pareti subverticali, che vanno a costituire il carattere fisiografico discriminante per buona parte del territorio cittadino e la presenza delle ricche ville dell'area archeologica dell'antica *Stabiae* ne rimarca l'importanza geoambientale.

Si tratta di orli di superfici terrazzate, incise in successioni detritico/piroclastiche dalle caratteristiche geomeccaniche buone, ma localmente deteriorati dai processi di alterazione fisico-chimica superficiale, raggiungendo così caratteristiche a tratti mediocri, se non addirittura scadenti (terre e piroclastiti rimaneggiate alternate a conglomerati e brecce a matrice terrosa), ricoperti in sommità dalla successione vulcanoclastica relativa all'evento eruttivo vesuviano, di tipo pliniano del 79 d.C.. Tali evidenze morfologiche, in ragione del loro stesso assetto generale (litologia, geologia, geomorfologia, valori delle pendenze, ecc.), ma anche a causa del degrado antropico, del particolare regime pluviometrico cui è sottoposta l'intera dorsale dei Lattari, ecc., risultano "storicamente" caratterizzate da regimi di dissesto idrogeologico cronico, tendente ad accentuarsi in concomitanza con input pluviometrici particolarmente intensi. L'evento del 6 ottobre 2007, ma anche quelli del 1997 seppur meno catastrofici, testimoniano, per il territorio in oggetto, un elevato grado di propensione al dissesto idrogeologico.¹

In particolare, proprio in corrispondenza del picco pluviometrico del 6 ottobre 2007 alcune aree prospicienti l'area archeologica di Villa Arianna e Villa San Marco sono state interessate dallo scivolamento (colata di fango e detriti) dal top del terrazzo di porzioni di materiale costituente le coltri di ricoprimento, abbattutosi verso il fondovalle. Numerose, inoltre, risultano le evidenze testimonianti fenomenologie di dissesto gravitazionale succedutesi nel tempo. Una semplice occhiata alla carta geomorfologica redatta evidenzia la presenza di più superfici di distacco di vecchi scivolamenti, con cumuli più o meno conservati e distribuiti a più altezze lungo il versante. Tali terreni, dalle caratteristiche geomeccaniche decisamente scadenti, vanno a costituire una fascia più o meno continua alla base dei costoni e all'interno del vallone scavato dal corso del Rio Calcarella.

Tutta la restante porzione della successione di interesse è costituita da una fitta alternanza di livelli conglomeratici a matrice in facies di fanglomerates, caratterizzati da un buon grado di addensamento solo a luoghi, ove comunque minore è stata l'influenza dei processi di alterazione. Mancano del tutto, invece, le evidenze di cementificazione calcitica secondaria tipiche dei depositi della c.d. conoide Gragnano di più antica formazione

¹ La storia recente del territorio in oggetto è caratterizzata dal ripetersi di fenomeni di evoluzione in massa dei versanti con modalità particolarmente disastrose per ampie fasce.

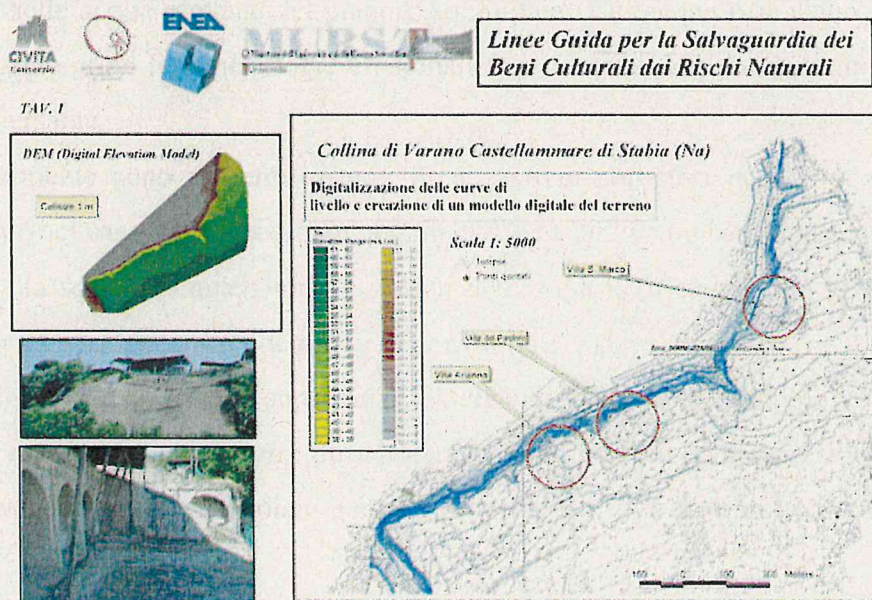
Si tratta prevalentemente di frane del cosiddetto tipo "mediterraneo" per le quali in concomitanza di eventi meteorici particolarmente intensi si realizzano condizioni tali che portano alla mobilitazione delle coltri piroclastiche superficiali ricoprenti i pendii carbonatici più acclivi. La mobilitazione avviene per scorrimento in sommità, ed evolve per colamento lungo veri e propri corridoi preferenziali che possono portare l'ammasso mobilitato anche a grande distanza dalla nicchia di origine, pertanto tali movimenti sono caratterizzati da un'energia notevolissima.

Altrove sono riconosciute frane di crollo da pareti carbonatiche, o scivolamenti e scorrimenti da pareti subverticali non in roccia.

Le porzioni affioranti dei conglomerati che costituiscono il substrato dell'area in esame, quindi sono spesso ridotte in un ammasso sciolto di ciottoli carbonatici anche di grosse dimensioni, imballati in una matrice di prodotti piroclastici rimaneggiati, ridepositati e dal rilevante grado di umificazione.

La sequenza stratigrafica evidenzia andamenti lentiformi degli arrivi ciottolosi con conservazione di angoli di riposo subverticali proprio in corrispondenza dei corpi più grossolani. A più altezze, ma in modo discontinuo, è stata riconosciuta la presenza di sottili livelli humiferi corrispondenti a vere e proprie interruzioni di stasi degli arrivi detritici, come pure sono ricorrenti arrivi di piccole lame vulcanoclastiche. Discussione a parte merita invece il riconoscimento a più altezze di orizzonti piroclastici/vulcanoclastici intercalati nella sequenza. Tali orizzonti presentano quasi sempre spessore variabili e forti eteropie di facies a testimoniare le particolari condizioni in cui sono messi in posto. Spesso mostrano carattere da semilitoide a litoide con tessitura a vacuoli diffusi, inglobando ciottoli calcarei e/o un gran numero di minuti frammenti carbonatici parzialmente metamorfosati.

Per quanto riguarda l'assetto morfologico del costone di interesse bisogna rilevare che esso costituisce parte integrante del complesso sistema di terrazzi denominato di San Marco, il quale caratterizza la morfologia di tutta l'area di Castellammare di Stabia. Il dislivello massimo misurato in destra ed in sinistra alla valle tra la parte sommitale del terrazzo ed il fondovalle stesso supera i 30,0 m, la pendenza, prossima ai 40°, appare localmente interrotta da una serie di terrazzamenti antropici e muri di sostegno realizzati per ridurre il grado di pericolosità lungo il versante.



2.0) BREVE INQUADRAMENTO GEOAMBIENTALE E STABILITÀ DEI VERSANTI

Il terrazzo morfologico di S. Marco/Varano è impostato su depositi di conoide wurmiana (Gragnano II), troncato alla base da una paleofalesia polifasica che determina un andamento planoaltimetrico piuttosto articolato. Al piede della falesia le quote si innalzano per la presenza di piccoli talus, colluvionali e piroclastici, e di ulteriori piccole conoidi di deiezione caratterizzate dalla medesima composizione litologica. La più ampia tra queste è la conoide che ha il suo apice nel fosso di Gragnano, mentre di minore estensione risultano la conoide formata dal torrente Quisisana, sulla quale sorge il centro medievale di Castellammare di Stabia, ed la conoide del Sommuazzariello formata dal rio Carcarella.

Il terrazzo di San Marco risulta storicamente esposto a gravi fenomenologie di dissesto attivatisi soprattutto in concomitanza di eventi pluviometrici particolarmente intensi; anche recentemente - ottobre 2007 - sono stati registrati nell'area di villa di Arianna e di Villa San Marco una serie di fenomeni franosi che hanno coinvolto porzioni di versante e le sottostanti strutture abitative. Naturalmente le cause principali dei dissesti sono da ricercare nella cattiva e/o inesistente regimentazione delle acque di ruscellamento/dilavamento superficiali provenienti da monte. Tali acque attualmente si incanalano lungo le direzioni di massima pendenza seguendo l'andamento del gradiente topografico. Spesso le stesse acque sono intercettate dai sistemi di suddivisione agraria e convogliate verso l'orlo del terrazzo e quindi le aree archeologiche. Infine il ciglio del terrazzo funge da zona preferenziale di drenaggio per buona parte delle acque piovane del pianoro sommitale. Tali acque ruscellano lungo il breve pendio causando gravi fenomenologie erosionali fino a veri e propri colamenti di consistenti porzioni di versante.

Solo localmente sono presenti sistemi di pozzetti e collettori per la raccolta di acque bianche, come nel caso dell'area di parcheggio dell'area archeologica. Lo stato di degrado che scaturisce dalla scarsa manutenzione di questi determina il ruscellamento lungo il contiguo asse stradale interpoderale delle acque fin li convogliate.

Stratigraficamente i terreni superficiali interessati da tali fenomenologie mostrano un caotico sovrapporsi di lenti di terre piroclastiche sciolte miste a pomici rimaneggiate e livelli cineritici, livelli di riporti grossolani e veri e propri crolli, fino a strutture murarie antiche in situ.

Solo localmente sono presenti le successioni in situ dell'evento esplosivo vesuviano del 79 d.C. con alla base successioni di terre piroclastiche rimaneggiate/ridepositate di età pre/protostorica su cui poggiano gli apparati fondali delle strutture archeologiche di Villa di Arianna e Villa San Marco.

In definitiva quindi i terreni interessati dalle fenomenologie di dissesto in oggetto sono assimilabili prevalentemente in terre piroclastiche e riporti antropici più o meno recenti, riferibili probabilmente anche a rinterri di vecchi scavi archeologici. Va ricordato che la zona considerata è posta lungo l'asse di sviluppo della città romana Stabiae, così come rilevato e riportato dal Weber.

Litologicamente quindi il complesso sub-superficiale di maggior interesse può essere assimilato ad un insieme di prodotti piroclastici ridepositati, veri e propri suoli e depositi di fall piroclastico (79 d.C.) in giacitura secondaria. Rilevante il grado di pedogenizzazione generale, mentre alquanto basso è il grado di addensamento. Le caratteristiche geomeccaniche di questo orizzonte possono essere ricondotte esemplificando ai seguenti valori :

SPESSORE MAX.	~	4.00 m
SPESSORE MIN.		2.50 m
PESO UNITÀ DI VOLUME γ (g/cm ³)	<	1.2
PESO SPECIFICO REALE γ' (g/cm ³)	<	1.3
DENSITÀ RELATIVA		29%
POROSITÀ		MEDIO - ALTA
4 < NSPT < 11		
ANGOLO DI ATTRITO INTERNO ϕ		30°/35°
COESIONE c (kg/cm ²)		20 kPa
PERMEABILITÀ (CONDUCIBILITÀ IDRAULICA) MEDIA (10 ⁻² - 10 ⁻⁴ cm/s)		
con repentini aumenti (fino a due ordini di grandezza) in corrispondenza di livelli ghiaioso sabbiosi (pomici prevalenti) con ridotto contenuto limoso		

In ragione delle caratteristiche geomeccaniche e della giacitura che contraddistinguono tali terreni, e per effetto del dilavamento e dell'erosione esercitata dalle acque di ruscellamento superficiale, essi rappresentano la principale fonte di "alimentazione" delle diffuse fenomenologie di dissesto che si ripetono in zona.

Si ribadisce che in occasione di apporti pluviometrici particolarmente intensi, come nel caso del gennaio 1997 o del mese di ottobre del 2007, il distacco e l'accumulo di terreni appartenenti a tale complesso possono essere istantanei e rovinosi coinvolgendo anche grossi volumi di terreno, ed essere causa di potenziali danni per uomini e cose.

CARATTERISTICHE TECNICHE GENERALI DELLE PIROCLASTITI

I prodotti piroclastici relativi alle fasi eruttive dei centri campani (Campi Flegrei e Somma-Vesuvio) costituiscono la copertura che si rinviene diffusamente su buona parte dei rilievi montuosi costituenti l'Appennino Campano lucano. In particolare i rilievi immediatamente a ridosso del Somma Vesuvio conservano spessori che possono raggiungere valori anche notevoli.

Le coltri piroclastiche, costituite per lo più da un'alternanza più o meno irregolare di pomici, lapilli, scorie e ceneri, hanno subito gli effetti dell'intensa attività esogena. Questa, attraverso fenomeni di rimaneggiamento e dilavamento, ha causato sostanziali variazioni nelle caratteristiche fisiche, meccaniche e giaciture dei materiali depositati.

Possono essere distinte piroclastiti in situ e piroclastiti fluite per trasporto trattivo e per trasporto in massa. Le prime si presentano ben stratificate in livelli uniformi e gli elementi non mostrano segni di mobilitazione meccanica e rielaborazione. Le piroclastiti fluite che hanno subito un più o meno lungo trasporto trattivo hanno caratteristiche di rielaborazione da parte delle acque dilavanti. Esse sono caratterizzate infatti da tessiture a laminazione obliqua, arrotondamento degli elementi e matrice piuttosto scarsa. Le piroclastiti rimobilizzate per trasporto in massa, invece, sono state messe in posto a seguito di correnti fangose ad elevata densità. Tali materiali quindi presentano comunemente tessiture deposizionali caotiche e sono costituiti da elementi granulometricamente eterogenei inglobati in un'abbondante matrice.

L'attuale giacitura dei depositi piroclastici è ovviamente condizionata dalla preesistente morfologia del sottostante substrato carbonatico o, come nel nostro caso, conglomeratico, caratterizzato da versanti diversamente acclivi. Le coperture piroclastiche vanno ad adattarsi a queste condizioni morfologiche, per poi rimobilizzarsi rapidamente per processi erosionali fino a raggiungere nuove condizioni topografiche compatibili con le loro caratteristiche di resistenza. In tal modo, nel tempo, si è realizzata l'asportazione delle piroclastiti dalle quote più elevate e dai versanti a maggiore acclività, mentre sono state colmate le depressioni morfologiche. Tali processi sono chiaramente ancora in atto oggi giorno.

L'evoluzione geomorfologica delle coperture piroclastiche è fortemente determinata dai processi connessi con l'azione delle acque superficiali piuttosto che dai processi gravitativi.

La maggiore diffusione dei movimenti piroclastici in massa si registra alla base dei versanti carbonatici dove lo spessore delle coltri piroclastiche è più elevato. Procedendo verso monte tale spessore va ad assottigliarsi, fino a scomparire nelle zone dove la pendenza dei rilievi è maggiore dell'angolo di attrito interno delle piroclastiti. In questa fascia l'evoluzione geomorfologica è regolata principalmente dall'intensa erosione e dilavamento.

I materiali di origine piroclastica che ricoprono i versanti carbonatici (conglomeratici) presentano generalmente caratteristiche fisico-meccaniche variabili. Queste, infatti, oltre che dipendenti dai processi vulcanici di origine e dal trasporto eolico seguente, sono connesse ai processi di rimobilitazione subiti, che hanno modificato le originarie caratteristiche deposizionali e granulometriche.

Le piroclastiti rimaneggiate sono caratterizzate da una maggiore presenza di elementi appartenenti alla frazione limoso-argillosa rispetto alle condizioni originarie. Inoltre, bisogna segnalare la frequente presenza di materiali non vulcanici, in special modo clasti carbonatici, che possono arrivare a costituire vere e proprie lenti. La presenza di maggiore abbondanza di materiale fino induce caratteri di comportamento plastico nei depositi rimaneggiati.

Per quanto riguarda le caratteristiche fisiche delle piroclastiti in situ, queste indicano pesi di volume del secco tra 1 e 1.5 g/cm³ (valore medio 1.28 g/cm³) e contenuto d'acqua medio intorno al 19%. Le piroclastiti rimaneggiate, d'altro canto, presentano valori di pesi di volume del secco più variabili, compresi tra 0.95 e 1.65 g/cm³, con contenuti d'acqua tra 11% e 53%.

Prove di compressione triassiali consolidate drenate, condotte su campioni indisturbati di piroclastiti in situ, hanno evidenziato, nell'intervallo tensionale 0.1-3 kg/cm², bassi valori di coesione (0.0-0.2 kg/cm²) con angoli di attrito tra 31° e 38°. Per i materiali rimaneggiati è stato riscontrato un comportamento ancora più variabile per la presenza di materiale a granulometria più grossolana. Da questi dati è da ritenersi praticamente nulla la coesione al contatto piroclastiti-carbonati. Per di più, inclinazioni dei versanti carbonatici/conglomeratici di 30-35° sono da ritenersi di equilibrio limite per le caratteristiche tecniche delle coltri piroclastiche.

Per quanto riguarda i coefficienti di permeabilità dei materiali piroclastici in situ, questi possono essere assunti pari ai valori relativi a terreni a prevalente contenuto sabbioso limoso. Tali valori indicano un K intorno a 10⁻⁴-10⁻⁵ cm/sec, valori relativamente inferiori alle elevate permeabilità (intorno a 10⁻³ cm/sec) della porzione più superficiale delle rocce carbonatiche sottostanti.

Se la compagine calcarea o conglomeratica riescono a smaltire in profondità le acque sotterranee, realizzano un ottimo drenaggio delle soprastanti coperture piroclastiche. Quando però tale smaltimento non risulta efficace, sia per gli elevati apporti piovosi, sia per condizioni locali di minore permeabilità, le acque sono costrette a seguire percorsi orizzontali e quindi ad interessare le coperture piroclastiche, fino a rimobilizzarle per erosione.



Ministero dell'Università e della Ricerca Scientifica
Università

Linee Guida per la Salvaguardia dei Beni Culturali dai Rischi Naturali

TAV. 4

Collina di Varano Castellammare di Stabia (Na)

Carta Geomorfologica



Intervento di sistemazione tramite rete fibrata e micropili



Intervento di sistemazione tramite rete fibrata e micropili e spritz beton



Fratture di tensione nella pavimentazione di Villa Arianna



Vegesazione d'alto fusto con evidenze di instabilità superficiale



Erosione accelerata con esposizione degli apparati radicali



Opere di contenimento in mauerati di epoche diverse

Movimenti di versante

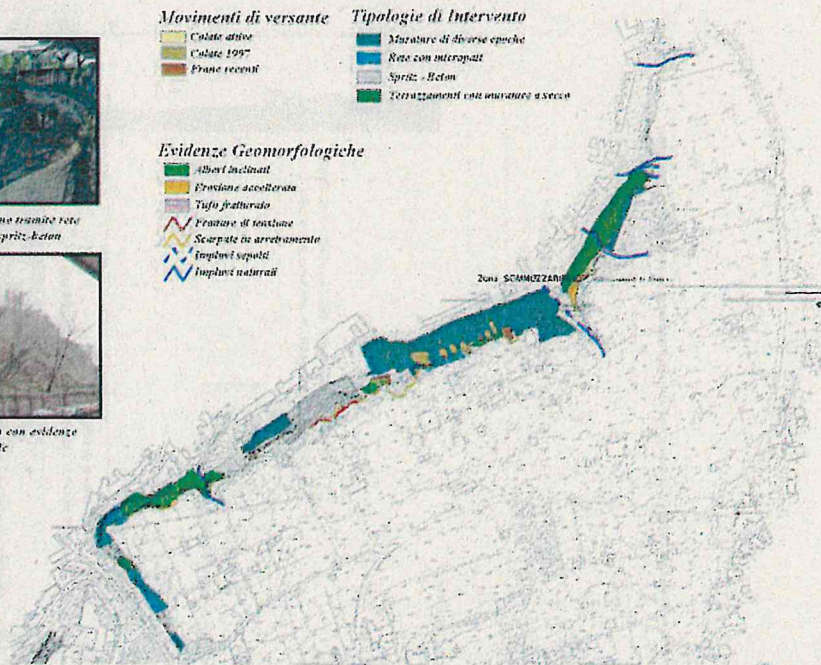
- Calate antiche
- Calate 1997
- Prati recenti

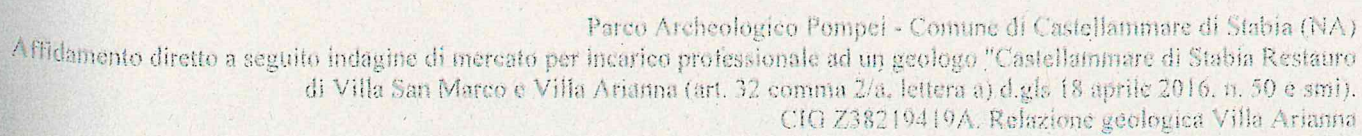
Tipologie di Intervento

- Murature di diverse epoche
- Rete con micropili
- Spritz beton
- Terrazzamenti con murature a secco

Evidenze Geomorfologiche

- Alberi inclinati
- Proiezione accelerata
- Tufo fratturato
- Fratture di tensione
- Scarpate in arretramento
- Impilati sepolti
- Impilati naturali





3.0) INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO DI MASSIMA

L'unità idrogeologica della Piana del Sarno è confinata a NE e SE rispettivamente dalle unità dei M. di Avella - Montevergine - P.zzo D'Alvano e dei Lattari ad Ovest da quella del Vesuvio; a NO da quella del Volturno - Regi Lagni; a SO raggiunge il mare. dalle unità dei M. di Avella - M. Vergine - P.zzo d'Alvano e dei M. Lattari; ad ovest da quella del Vesuvio; a nordovest (Celico et al., 1990) da quella del Volturno - Regi Lagni; a sud - sudovest, infine, essa raggiunge il mare.

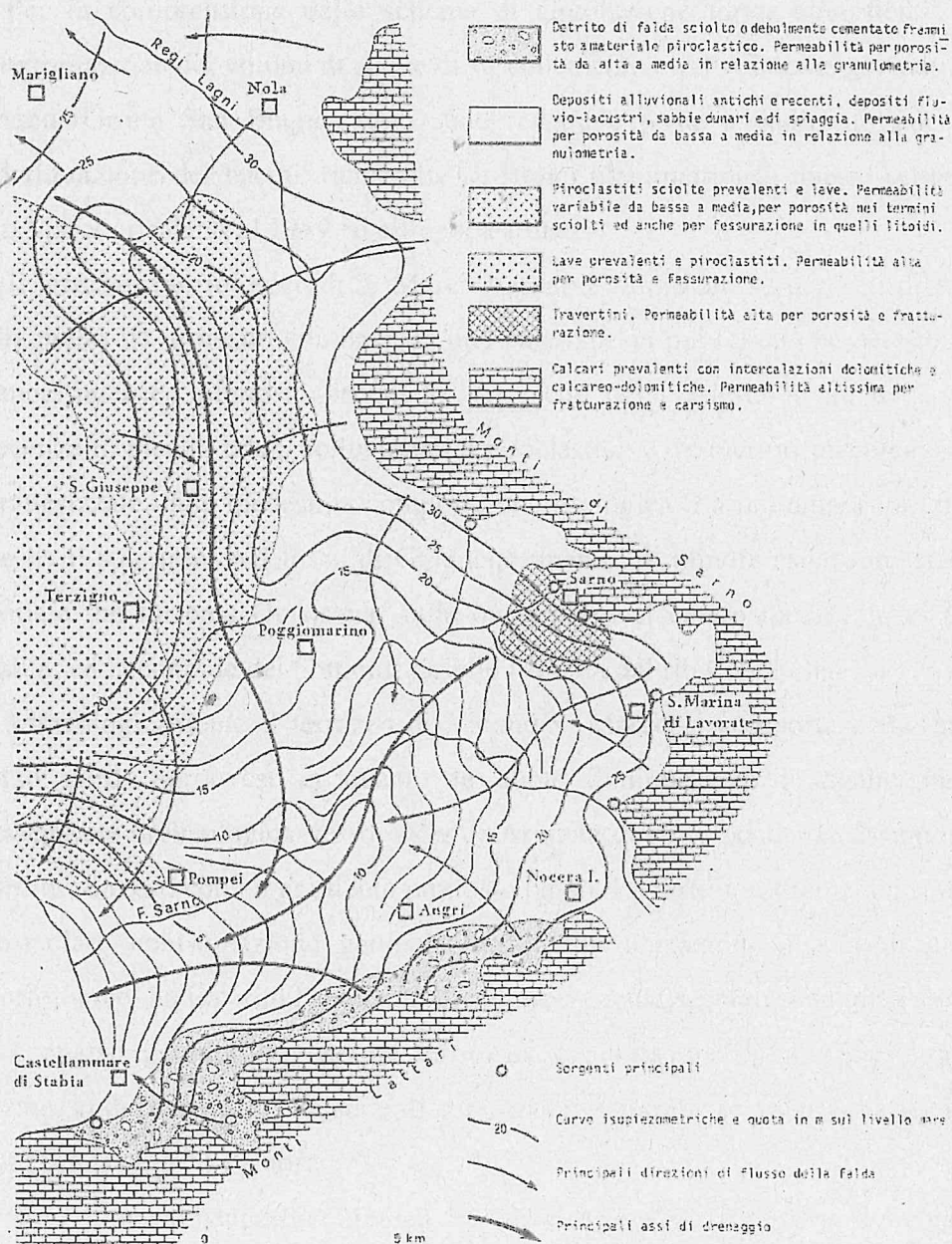
L'assetto litologico si caratterizza per la presenza di depositi eterogenei di origine diversa e tipicizzati da differenti modalità di deposizione. Il quadro idrogeologico che ne consegue è sensibilmente condizionato dal vario intercalarsi e dal differente interdigitarsi di litotipi a permeabilità relative anche notevolmente diverse, quali - ad esempio - lapilli, lave fratturate e detriti, altamente permeabili, e ceneri, assai scarsamente permeabili, ed è caratterizzato dalla presenza di falde sovrapposte, con caratteristiche (quali spessore, qualità delle acque, quote piezometriche) anche assai diverse. In un quadro generale, tuttavia, la circolazione può considerarsi unica, stante l'esistenza di interscambio tra i corpi idrici sia in verticale (per effetto delle interdigitazioni tra livelli a diversa permeabilità) che in orizzontale, essendo questi ultimi legati a fenomeni di drenanza, presenti solitamente quando manca un impermeabile *stricto sensu*.

L'alimentazione dell'unità idrogeologica della Piana del Sarno è legata segnatamente agli apporti da quella dei Monti Lattari, dei Monte di Avella - Monte Vergine - P.zzo d'Alvano e del Vesuvio. Vi è, inoltre, un asse di drenaggio preferenziale anche dalla unità idrogeologica del Volturno-Regi Lagni, connesso probabilmente ad una vecchia direttrice di basso morfologico che consente un bypass dello spartiacque superficiale.

Non trascurabile (25 milioni di mc/anno) l'alimentazione zenitale. Gli assi principali di drenaggio (ai quali sono connessi gli apporti ora schematizzati) sono ben evidenziati nella figura, che reca, tra l'altro, anche la cartografia delle direzioni di flusso più importanti. I recapiti principali delle acque sono il mare e, con portate dell'ordine massimo dei 4-5 mc/sec, il fiume Sarno.

La falda freatica principale risulta nell'area in esame risulta posta a profondità superiori ai 50,0 m dal p.c. del pianoro - ma a meno di 20 m dal p.c. della fascia di interesse alla base del versante - con gradiente prossimo ai 2,0 m sul livello del mare, ma va ricordato che i contrasti

di permeabilità esistenti tra coltri di copertura e corpi conglomeratici grossolani possono portare all'instaurarsi di accumuli idrici locali e temporanei, soprattutto in concomitanza con eventi meteorici particolarmente intensi.



Schema della circolazione idrica sotterranea della Piana del Sarno (da Celico 1990)

3.1) BACINI MINORI DEL PIANORO DI VARANO

Per la comprensione dello schema di circolazione idrica superficiale e quindi per la determinazione dei volumi di acque di ruscellamento effettivamente gravanti sull'area di Villa Arianna/Grotta San Biagio, sono state redatte e poste a confronto due planimetrie, con individuazione dei bacini, ricostruite su stralci planimetrici di questo settore del terrazzo di San Marco, risalenti al 1959 ed all'epoca attuale.

Il terrazzo morfologico di S. Marco/Varano è impostato su depositi di conoide wurmiana (Gragnano II), troncato alla base da una paleofalesia polifasica che determina un andamento planoaltimetrico piuttosto articolato. Al piede della falesia le quote si innalzano per la presenza di piccoli talus, colluvionali e piroclastici, e di ulteriori piccole conoidi di deiezione caratterizzate dalla medesima composizione litologica. La più ampia tra queste è la conoide che ha il suo apice nel fosso di Gragnano, mentre di minore estensione risultano la conoide formata dal torrente Quisisana, sulla quale sorge il centro medievale di Castellammare di Stabia, ed la conoide del Sommuazzariello formata dal rio Carcarella.

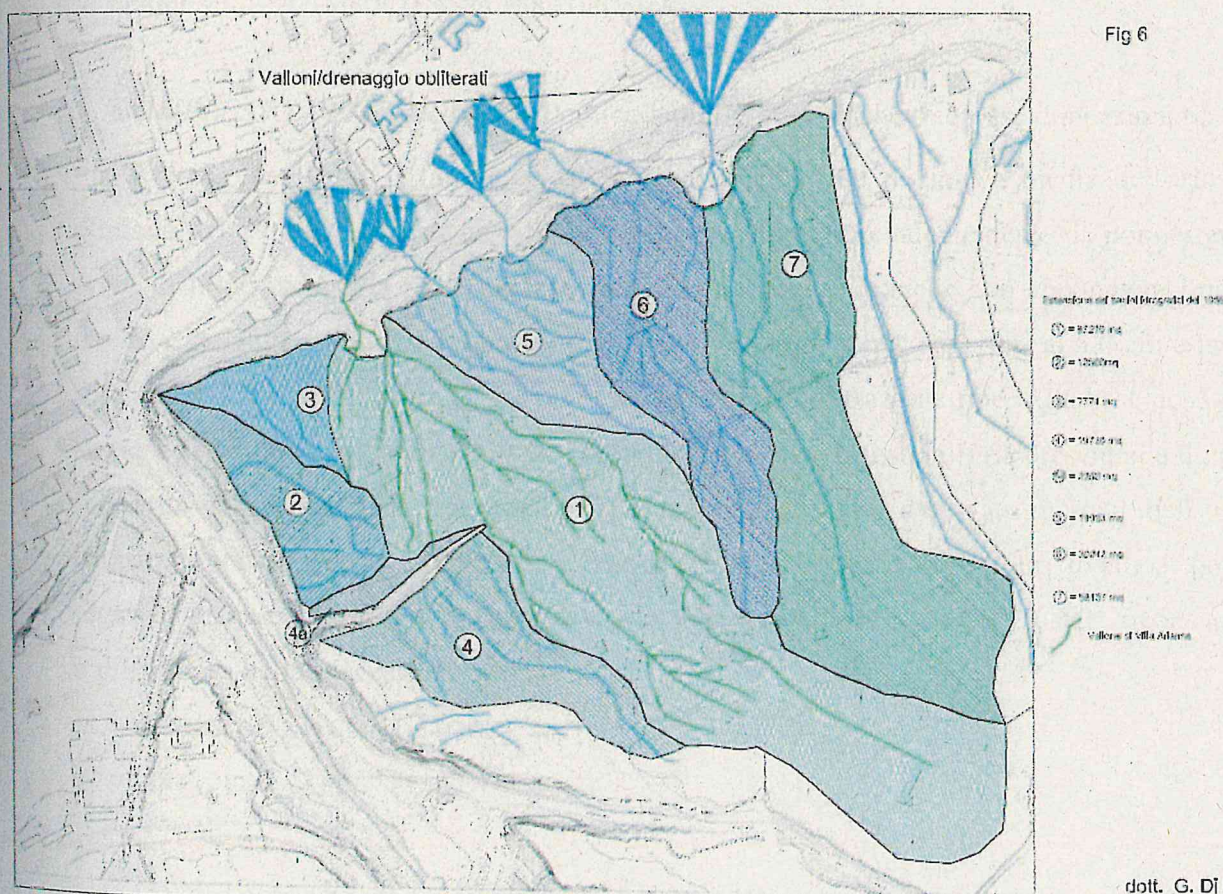
Morfologicamente il terrazzo di Varano/S. Marco si comporta come un piano inclinato verso nord, nordovest in quanto le quote diminuiscono gradualmente procedendo da passeggiata archeologica verso Villa di Arianna dove le pendenze assumono un andamento nord/nordovest, con un gradiente piuttosto basso. La fertilità estrema dei suoli piroclastici e la particolare conformazione geomorfologica con ubicazione al top di un esteso terrazzo morfologico, ha favorito l'impianto di colture agricole specializzate quali frutteti e fiori.

L'analisi geomorfologica del territorio, condotta anche sulla cartografia del 1959, ha permesso di ricostruire una serie di corrivazioni naturali con relativi bacini idrografici sottesi, che "drenavano" il Pianoro di Varano.

Uno di questi bacini (denominato B1 nella cartografia) e peraltro il più esteso, "scaricava", giù dal terrazzo di San Marco, attraverso l'area del peristilio (la Villa di Arianna non era stata ancora individuata e portata alla luce), proprio in corrispondenza dell'imbocco della galleria della Circumvesuviana. In questo punto, il costone mostrava già allora un'estesa e profonda incisione con consistente arretramento dell'orlo del versante, determinata proprio dall'azione erosiva delle acque di ruscellamento. Alla base risulta ben visibile un esteso lobo di accumulo sovralluvionamento, tanto che l'imbocco di detta galleria, insistendo quindi in un'area caratterizzata da rischio/pericolosità particolarmente elevati ed afflitta dal ricorrere di

fenomenologie di frana e allagamento, verrà quasi subito dotato di opere di canalizzazione/drenaggio finalizzate alla mitigazione del rischio.

Attualmente quindi, il reticolo idrografico superficiale, rispetto alla situazione risalente al 1959 risulta profondamente modificata dall'intervento umano che di fatto ha determinato un ampliamento della estensione dei bacini drenanti. Con la realizzazione di una serie di nuove strade (interpoderali, comunali, ecc.) che rappresentano, in assenza di un opportuno sistema di drenaggio/collettamento, vie preferenziali di drenaggio superficiale, il bacino B1 in particolare, si è ampliato verso monte, "catturando" e intercettando proprio attraverso gli assi di nuova viabilità, parte di quello che era il bacino B5.



dott. G. Di Maio

4.0) INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO DI DETTAGLIO

COMPLESSO DEI SUOLI DI ALTERAZIONE SUPERFICIALE - Tale complesso, presenta uno spessore pari a circa 1.0 m, con variazioni casuali e generalmente nette. Si tratta prevalentemente di sabbie e ghiaie quali prodotti da *weathering* di materiali vulcanici. Generalmente poco humificate si presentano ricche in proietti vulcanici, pomici, lapilli e frammenti cristallini prevalentemente augite e leucite oltre che abbondante sostanza vetrosa. Al loro interno i terreni costituenti tale complesso, soprattutto in corrispondenza della parte più superficiale, si riconoscono residui di diverse sostanze organiche diffuse.

SPESSORE CIRCA 1.20 m

PERMEABILITÀ - MEDIO BASSA PER POROSITÀ

COMPLESSO DELLE POMICI - Pomici, lapilli e litici, anche di grosse dimensioni ($\phi_{max} = 4.0$ cm), costituenti il fall piroclastico relativo alla fase iniziale e media dell'eruzione pliniana del 79 d.C. La parte alta di tale strato è costituita prevalentemente da pomici grigie prive di litici, mentre la parte bassa è costituita da pomici bianche con abbondanti litici. Il livello è quindi costituito da elementi di varie dimensioni, anche superiori ai 5.0 cm a luoghi fortemente alterate inglobate in una consistente porzione di frazione fine. Alla base dell'intero strato è generalmente riconoscibile un sottile livello di ceneri (ash fall) rappresentante il primo prodotto della summenzionata eruzione. Lo spessore massimo osservato in zona, dell'intero orizzonte non supera i 2.30 m; a tale complesso appartengono anche altri livelli di pomici legati a fenomeni eruttivi collocabili in epoca anteriore all'eruzione del 79 d.C., riconoscibili a più altezze nella successione stratigrafica

SPESSORE MAX - CIRCA 2.0 m

PERMEABILITÀ - ELEVATA PER POROSITÀ

COMPLESSO DEI SUOLI INDIFFERENZATI - Successione indifferenziata di più livelli di paleosuoli, ceneri humificate, limi humificati, veri e propri fall di pomici rimaneggiate ed humificate. A più altezze sono riconoscibili piccoli intercalari cineritici variamente addensati ed arrivi di sabbie e ghiaie.

SPESSORE MAX - CIRCA 1.00 m

PERMEABILITÀ - MEDIO BASSA

COMPLESSO DELLE PIROCLASTITI – depositi piroclastici a granulometria prevalentemente cineritico sabbiosa con pomici e litici, caratterizzata da grado di addensamento variabile e spesso dalla presenza di strutture laminari; si tratta di depositi legati ad attività eruttive correlabili con la c.d. eruzione di Mercato (9000 yrs. B. P.).

SPESSORE MAX – circa 0.85 m

permeabilità - bassa

COMPLESSO DEI DEPOSITI DI CONOIDE - Rappresenta il complesso che costituisce l'ossatura del costone. Risulta è rappresentato da una sequenza di conoide alluvionale caratterizzata da una successione costituita prevalentemente da livelli conglomeratici monogenici grossolani e livelli sabbiosi a granulometria da grossolana a sottile. I clasti sono di natura carbonatica, a spigoli smussati, spesso sciolti, inglobati in una matrice sabbiosa. I livelli sabbiosi intercalati comprendono una matrice argillosa e presentano grado di addensamento solitamente minore. Lo spessore massimo osservato in zona dell'intero orizzonte è pari a 24,00 m. Le caratteristiche idrogeologiche di tali depositi risultano classificabili come medio alte per porosità anche se localmente possono subire un decremento in corrispondenza di livelli terrosi e piroclastici formati da materiali a granulometria limo argillosa.

Al fine di verificare sperimentalmente i valori di conducibilità idraulica di tale complesso, sono state eseguite N. 2 prove Lefranc a regime costante. Il metodo, le tabelle dei valori registrati ed i coefficienti ottenuti, sono riportati nel paragrafo dedicato

SPESSORE

24.0 m

PERMEABILITÀ DA MEDIA A LOCALMENTE BASSA 2.98×10^{-4} cm/s – 8.14×10^{-5}

COMPLESSO DEI DEPOSITI DEL TUFO GRIGIO CAMPANO

A tale complesso appartengono i depositi legati alla grande eruzione che determinò 39.000 anni dal presente, la messa in posto di depositi piroclastici noti in letteratura come *Ignimbrite Campana* o *Tufo Grigio*. Si tratta di una successione costituita da ceneri e sabbie piroclastiche ricche in scorie laviche, addensate e saldate spesso caratterizzate da un elevato grado di addensamento che le conferiscono aspetto semilitoide e tipica fratturazione colonnare. Fenomeni di alterazione soprattutto in prossimità della parte alta, possono localmente rendere

le caratteristiche tecniche della compagine piuttosto scadenti ed in chiave idrogeologica costituire zone a minore permeabilità. Granulometricamente prevale la frazione sottile, composta generalmente da ceneri e sabbie che raggiungono una media che va oltre il 50% con picchi anche superiori al 90%. L'eccezionalità di questo litotipo sta nella caratteristica presenza di un elevato grado di addensamento dovuto agli stessi particolari processi di messa in posto. E' la neoformazione di minerali tipo zeoliti avvenuta prevalentemente durante le fasi di raffreddamento appena successive alla sua messa in posto, che conferisce al complesso un aspetto semi-litoide.

SPESSORE MED
PERMEABILITÀ

>20.00 m
MEDIO ALTA PER POROSITÀ E FRATTURAZIONE

Carta Idrogeologica di dettaglio del terrazzo di San Marco

**Linee Guida per la Salvaguardia dei
Beni Culturali dai Rischii Naturali**

Ministero dell'Università e della Ricerca Scientifica
P.le J.F. Kennedy 25 - 00144 Roma EUR - Tel. 06/49901 - Fax 06/4990211



Collina di Varano Castellammare di Stabia (Na)

Tav. 8

Carta idrogeologica

**Caratteristiche idrogeologiche
delle formazioni**

Sabie e colte pedogena e caratterizzata da valori di permeabilità estremamente variabili a causa della presenza di abbondante materiale vegetale e delle caratteristiche granulometriche.

Le cui particelle sono dotate di notevole porosità primaria. Complessivamente sono assimilabili ad un deposito di ghiaia (max. 2-3 cm) piuttosto ben classato, data la scarsa presenza di retilite, e caratterizzata da una permeabilità elevata. Costituiscono quindi un mezzo di circolazione idrica preferenziale che, essendo presente esclusivamente nella porzione superficiale della collina, risulta attivo in corrispondenza di apporti meteorici.

Depositi alluvionali, sono classificabili come detriti poligenici ed eterogenei in matrice piroclastica arenacea. La variabilità granulometrica, dovuta al diverso rapporto tra clasti (schelero) e matrice nei vari settori e a varie stesze dell'ammasso, condiziona le caratteristiche idrogeologiche e la variabile permeabilità intorno a valori medi, favorendo la formazione di acquiferi sovrapposti alimentati dalle aree di ricarica poste verso monte.

Depositi piroclastici, sono costituiti da depositi vulcanici di granulometria da media a fine (piccole pomice, conchi, lapilli, etc.), quasi sempre acide o debolmente convettate. I diversi materiali sono spesso fra loro frantumati, anche se talora possono individuarsi livelli prevalentemente cherici o pomice. La difficoltà presenta di materiali fini e le frequenti sollecitazioni continue nel livello più grossolani fanno sì che il complesso piroclastico sia caratterizzato nell'insieme da una permeabilità bassa, costituendo un livello capace di sostenere locali acquiferi sospesi.

Sabie vulcaniche: le caratteristiche granulometriche indicano dei valori di permeabilità medi. Tuttavia la trasmissività è modesta a causa delle ridotte dimensioni di questi depositi.

Concreti, i processi di aridificazione che hanno interessato i silicati hanno ridotto la permeabilità delle concreti a valori molto bassi. Questi depositi, con contenuti di spessori ridotti, possono formare nella porzione di superficie, a causa delle caratteristiche mineralogiche, la formazione di concreti di tipo affini estremamente pericolosi ai fini della stabilità dei pendii.

Tufo gineo campiano: presenta una permeabilità complessivamente media che diminuisce verso il tetto diventando assimilabile a quella delle sovrastanti piroclastiche. Se nel complesso prevalgono le caratteristiche di minore permeabilità, esso costituisce il substrato per falde acquee nei materiali che lo sovrastano nonché l'elemento di confinamento per acque sotterranee più profonde. Flussi di drenaggio sono invece possibili laddove il complesso si presenta con più ridotti spessori e poco digradato.

**Caratteristiche termo-
pluviometriche dell'area**

Stazione di Castellammare di Stabia
9-18 m. s.l.m.

Temperatura media annua:
max. 21°, min. 13°, diurna 17°

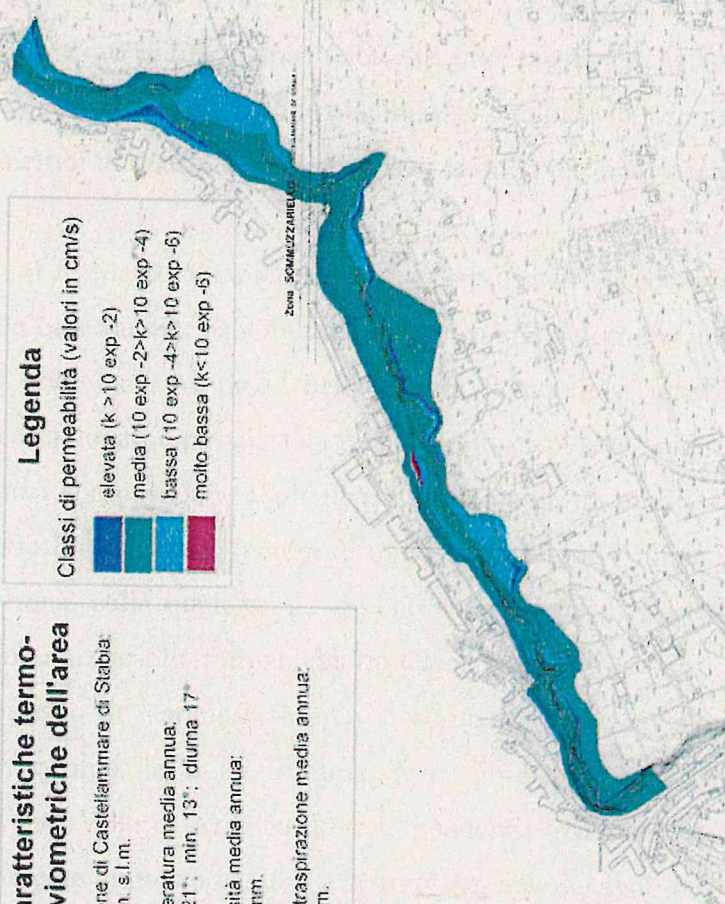
Pioggiosità media annua:
1107 mm.

Evapotraspirazione media annua:
116 mm.

Legenda

Classi di permeabilità (valori in cm/s)

- elevata ($k > 10 \exp -2$)
- media ($10 \exp -2 < k < 10 \exp -4$)
- bassa ($10 \exp -4 < k < 10 \exp -6$)
- molto bassa ($k < 10 \exp -6$)



Scala 1: 5000

5.0) ANALISI DI DETTAGLIO DEI BACINI IDROLOGICI

Per la comprensione dello schema di circolazione idrica superficiale e quindi per la determinazione dei volumi di acque di ruscellamento effettivamente gravanti sull'area di Villa Arianna, sono state redatte e poste a confronto due planimetrie, con individuazione dei bacini, ricostruite su stralci planimetrici di questo settore del terrazzo di San Marco, risalenti al 1959 ed all'epoca attuale.

Il terrazzo morfologico di S. Marco/Varano è impostato su depositi di conoide wurmiana (Gragnano II), troncato alla base da una paleofalesia polifasica che determina un andamento planoaltimetrico piuttosto articolato. Al piede della falesia le quote si innalzano per la presenza di piccoli *talus*, colluvionali e piroclastici, e di ulteriori piccole conoidi di deiezione caratterizzate dalla medesima composizione litologica. La più ampia tra queste è la conoide che ha il suo apice nel fosso di Gragnano, mentre di minore estensione risultano la conoide formata dal torrente Quisisana, sulla quale sorge il centro medievale di Castellammare di Stabia, ed la conoide del Sommuazzariello formata dal rio Carcarella.

Morfologicamente il terrazzo di Varano/S. Marco si comporta come un piano inclinato verso nord, nordovest in quanto le quote diminuiscono gradualmente procedendo da passeggiata archeologica verso Villa di Arianna dove le pendenze assumono un andamento nord/nordovest, con un gradiente piuttosto basso. La fertilità estrema dei suoli piroclastici e la particolare conformazione geomorfologica con ubicazione al top di un esteso terrazzo morfologico, ha favorito l'impianto di colture agricole specializzate quali frutteti e fiori.

L'analisi geomorfologica del territorio, condotta anche sulla cartografia del 1959, ha permesso di ricostruire una serie di corrivazioni naturali con relativi bacini idrografici sottesi, che "drenavano" il Pianoro di Varano.

Uno di questi bacini (denominato B1 nella cartografia) e peraltro il più esteso, "scaricava", giù dal terrazzo di San Marco, attraverso l'area del peristilio (la Villa di Arianna non era stata ancora individuata e portata alla luce), proprio in corrispondenza dell'imbocco della galleria della Circumvesuviana. In questo punto, il costone mostrava già allora un'estesa e profonda incisione con consistente arretramento dell'orlo del versante, determinata proprio dall'azione erosiva delle acque di ruscellamento. Alla base risulta ben visibile un esteso lobo di accumulo sovralluvionamento, tanto che l'imbocco di detta galleria, insistendo quindi in un'area caratterizzata da rischio/pericolosità particolarmente elevati ed afflitta dal ricorrere di

fenomenologie di frana e allagamento, verrà quasi subito dotato di opere di canalizzazione/drenaggio finalizzate alla mitigazione del rischio.

Attualmente quindi, il reticolo idrografico superficiale, rispetto alla situazione risalente al 1959 risulta profondamente modificata dall'intervento umano che di fatto ha determinato un ampliamento della estensione dei bacini drenanti. Con la realizzazione di una serie di nuove strade (interpoderali, comunali, ecc.) che rappresentano, in assenza di un opportuno sistema di drenaggio/raccolta, vie preferenziali di drenaggio superficiale, il bacino B1 in particolare, si è ampliato verso monte, "catturando" e intercettando proprio attraverso gli assi di nuova viabilità, parte di quello che era il bacino B5.

6.0) INDAGINI CONDOTTE E DATI CONSIDERATI

La campagna di indagini eseguita ed i dati considerati hanno permesso di giungere ad una attendibile caratterizzazione del sottosuolo interessato dai lavori in oggetto che peraltro risulta in buon accordo con quanto realizzato in precedenti campagne di indagine. Nello specifico ha permesso la caratterizzazione sismica dei terreni e geomeccanica dei terreni di sedime di Villa Arianna.

Condotta nel mese di marzo del 2018, la campagna di indagini ha previsto l'esecuzione di una serie di prove indirette così come riassunto nella sottostante nella tabella.

TABELLA RIASSUNTIVA DELLE INDAGINI CONSIDERATE E REALIZZATE		u.m.	quantità
INDAGINI CONSIDERATE	SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO		
	CS1 (2008)	m	50,0
INDAGINI REALIZZATE	PROVA SISMICA MASW		
	INDAGINI GPR (Ground Probing Radar)		

Tabella 2: Riepilogo indagini



Stralcio foto satellitare dell'area con ubicazione indagini eseguite

6.1 - INDAGINI CONSIDERATE - SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO CS1

Per la ricostruzione della stratigrafia dei terreni costituenti il sottosuolo dell'area di Villa Arianna, sono stati considerati i dati del carotaggio CS1 realizzato nel 2008 dalla Soprintendenza, in ambito al progetto "Regimentazione idraulica, consolidamento strutturale e di messa in sicurezza dell'area archeologica di Villa Arianna - Costone Varano - Castellammare di Stabia (NA)"

CAROTAGGIO CS1

Quota del sondaggio rispetto al livello del mare pari a circa 54.70 m s.l.m.;
Profondità raggiunta dal sondaggio rispetto al piano di calpestio attuale pari a circa 50.00 m.

STRATO CS1\1

- quota 54.70 m
- spessore 0.40 m
- colore bruno nerastro
- descrizione Terra piroclastica umificata massiva con pochi ciottoli grossolani di natura carbonatica
- caratt. di permeabilità medio bassa
- interpretazione *terra di riporto*

Strato CS1\2

- quota 54.30 m
- spessore 0.60 m
- colore marrone scuro
- descrizione Terra piroclastica cineritico sabbiosa evoluta massiva a fratturazione prismatica con pomici e litici del 79 d. C.
- caratt. di permeabilità da bassa a molto bassa
- interpretazione *Suolo attuale parzialmente riportato*

Strato CS1\3

- quota 53.70 m
- spessore 0.30 m
- colore beige marrone
- descrizione Terra piroclastica cineritico sabbiosa parzialmente riportata addensata contenente grosse pomici e litici del 79 d. C. ridepositate
- caratt. di permeabilità da media a bassa
- interpretazione *alluvioni terroso piroclastiche*

Strato CS1\4

- quota 53.40 m
- spessore 0.50 m
- colore grigio/verdastro
- descrizione pomici grossolane miste a litici minuti e sabbia litica/pomicee. Essenzialmente sciolte con apparente presenza di livelletti sabbioso/cineritici
- caratt. di permeabilità da media ad elevata per porosità
- interpretazione *fall di pomici dell'eruzione del 79 d.C.*

Strato CS1\5

- quota 52.90 m
- spessore 0.05 m

- colore grigio chiaro
- descrizione cinerite pseudoaddensata, essenzialmente limo/sabbiosa, massiva e a frattura prismatica
- caratt. di permeabilità bassa
- interpretazione *flusso - eruzione del 79 d.C.*

Strato CS1\6

- quota 52.85 m
- spessore 1.45 m
- colore biancastro/grigio
- descrizione pomici grossolane miste a litici anch'essi grossolani di differente natura. Sabbia di litici e pomici minuti misti a fenocristalli
- caratt. di permeabilità da media a elevata per porosità
- interpretazione *fall di pomici dell'eruzione del 79 d.C.*

Strato CS1\7

- quota 51.40 m
- spessore 0.40 m
- colore bruno/marrone/verdastrò
- descrizione terra piroclastica debolmente coesiva, evoluta massiva restituisce piccoli frammenti di ceramica
- caratt. di permeabilità bassa per porosità
- interpretazione *paleosuolo 79 d.C.*

Strato CS1\8

- quota 51.00 m
- spessore 0.60 m
- colore variabile da bruno nerastro a marrone
- descrizione terra piroclastica unificata, evoluta, massiva, a fratturazione prismatica
- caratt. di permeabilità bassa o molto bassa
- interpretazione *orizzonte pedologico di formazione neolitica*

Strato CS1\9

- quota 50.40 m
- spessore 0.05 m
- colore biancastro
- descrizione fall di pomici bianche minute in matrice cineritica terrosa
- caratt. di permeabilità medio bassa per porosità
- interpretazione *fall piroclastico dell'eruzione di Mercato (9000 Yr B.P.)*

Strato CS1\10

- quota 50.35 m
- spessore 0.85 m
- colore rosaceo
- descrizione cinerite sabbiosa debolmente addensata con qualche pomice grossolana e qualche ciottolo carbonatico
- caratt. di permeabilità molto bassa per porosità
- interpretazione *eruzione di Mercato (9000 Yr B.P.)*

Strato CS1\11

- quota 49.50 m
- spessore 2.60 m
- colore grigio
- descrizione Ghiaie e sabbie addensate in scarsa matrice cineritica; i ciottoli sono sub arrotondati ed aumentano di dimensioni verso il basso
- caratt. di permeabilità alta per porosità
- interpretazione *deposito di conoide alluvionale (Gragnano II)*

Strato CS1\12

- quota 48.90 m
- spessore 0.80 m
- colore marrone scuro, beige chiaro
- descrizione terra piroclastico sabbiosa con minuti ciottoli carbonatici; nella parte alta assume l'aspetto di un vero e proprio paleosuolo
- caratt. di permeabilità medio bassa per porosità
- interpretazione *paleosuolo*

Strato CS1\13

- quota 46.10 m
- spessore 1.70 m
- colore marrone grigiastro
- descrizione ghiaia carbonatica grossolana con elementi centimetrici a spigoli subarrotondati in scarsa matrice cineritica
- caratt. di permeabilità alta per porosità
- interpretazione *deposito di conoide alluvionale (Gragnano II)*

Strato CS1\14

- quota 44.40 m
- spessore 0.50 m
- colore verde marrone
- descrizione vulcanoclastite cineritico sabbiosa con minute pomici parzialmente ridepositate
- caratt. di permeabilità medio bassa per porosità
- interpretazione *vulcanoclastite - intercalare (Gragnano II)*

Strato CS1\15

- quota 43.90 m
- spessore 2.80 m
- colore marrone scuro
- descrizione terra piroclastica cineritico sabbiosa debolmente addensata, umificata a struttura massiva alterata, contiene pomici e qualche raro ciottolo carbonatico
- caratt. di permeabilità medio bassa per porosità
- interpretazione *paleosuolo*

Strato CS1\16

- quota 41.10 m
- spessore 0.40 m
- colore grigiastro
- descrizione ghiaia carbonatica grossolana apparentemente priva di matrice
- caratt. di permeabilità alta per porosità
- interpretazione *deposito di conoide alluvionale (Gragnano II)*

Strato CS1\17

- quota 40.70 m
- spessore 0.70 m
- colore grigio marrone
- descrizione sabbia e ghiaia carbonatica in scarsa matrice terrosa
- caratt. di permeabilità medio alta per porosità
- interpretazione *deposito di conoide alluvionale (Gragnano II)*

Strato CS1\19

- quota 40.00 m
- spessore 0.50 m
- colore verdastro

- **descrizione** sabbie piroclastiche sottilmente laminari e qualche intercalare cineritico
- **caratt. di permeabilità** medio alta
- **interpretazione** *vulcanoclastite*

Strato CS1\20

- **quota** 39.50 m
- **spessore** 1.20 m
- **colore** grigio biancastro
- **descrizione** ghiaia carbonatica minuta in abbondante matrice cineritico sabbiosa; si riconosce qualche elemento di dimensioni grossolane
- **caratt. di permeabilità** alta
- **interpretazione** *deposito di conoide alluvionale (Gragnano II)*

Strato CS1\21

- **quota** 38.30 m
- **spessore** 0.30 m
- **colore** grigio/biancastro
- **descrizione** intercalare sabbioso cineritico addensato, debolmente alterato con rari elementi carbonatici
- **caratt. di permeabilità** media per porosità
- **interpretazione** *vulcanoclastite*

Strato CS1\22

- **quota** 38.00 m
- **spessore** 0.70 m
- **colore** grigiastro
- **descrizione** ghiaia carbonatici grossolana in scarsa matrice
- **caratt. di permeabilità** alta per porosità
- **interpretazione** *deposito di conoide alluvionale (Gragnano II)*

Strato CS1\23

- **quota** 37.30 m
- **spessore** 1.10 m
- **colore** beige
- **descrizione** sabbie e subordinate ghiaie con qualche livello cineritico
- **caratt. di permeabilità** medio alta
- **interpretazione** *deposito di conoide alluvionale (Gragnano II)*

Strato CS1\24

- **quota** 36.20 m
- **spessore** 1.00 m
- **colore** marrone, beige chiaro
- **descrizione** terra piroclastica debolmente alterata umificata addensata
- **caratt. di permeabilità** media
- **interpretazione** *paleosuolo*

Strato CS1\26

- **quota** 35.20 m
- **spessore** 0.10 m
- **colore** grigio verdastro
- **descrizione** sabbie piroclastiche debolmente laminari
- **caratt. di permeabilità** alta
- **interpretazione** *vulcanoclastite*

Strato CS1\27

- **quota** 35.10 m
- **spessore** 1.00 m
- **colore** marrone verdastro

- **descrizione** cinerite debolmente alterata a tratti sabbiosa massiva; verso il basso assume una colorazione rosacea
- **caratt. di permeabilità** media per porosità
- **interpretazione** *vulcanoclastite*

Strato CS1\28

- **quota** 34.10 m
- **spessore** 2.20 m
- **colore** variabile dal grigio al grigio rosaceo
- **descrizione** ghiaie grossolane in matrice sabbioso limosa con a tratti un elevato grado di addensamento
- **caratt. di permeabilità** medio alta
- **interpretazione** *deposito di conoide alluvionale (Gragnano II)*

Strato CS1\29

- **quota** 31.90 m
- **spessore** 0.60 m
- **colore** grigio verdastro
- **descrizione** piroclastite cineritico sabbiosa con abbondati ciottoli minuti
- **caratt. di permeabilità** medio bassa
- **interpretazione** *vulcanoclastite*

Strato CS1\30

- **quota** 31.30 m
- **spessore** 2.00 m
- **colore** grigio
- **descrizione** ghiaia carbonatica grossolana in scarsa matrice cineritica
- **caratt. di permeabilità** alta
- **interpretazione** *deposito di conoide alluvionale (Gragnano II)*

Strato CS1\31

- **quota** 29.30 m
- **spessore** 2.60 m
- **colore** rosacei
- **descrizione** limi argillosi cineritici addensati sottilmente laminati con qualche livello sabbioso più grossolano
- **caratt. di permeabilità** medio alta
- **interpretazione** *vulcanoclastite*

Strato CS1\32

- **quota** 28.70 m
- **spessore** 0.50 m
- **colore** verde rosaceo
- **descrizione** sabbie piroclastiche debolmente addensate a tratti laminari
- **caratt. di permeabilità** medio - alta
- **interpretazione** *vulcanoclastite*

Strato CS1\33

- **quota** 26.20 m
- **spessore** 1.00 m
- **colore** grigiastro
- **descrizione** ghiaia carbonatica grossolana in matrice sabbiosa
- **caratt. di permeabilità** medio alta
- **interpretazione** *deposito di conoide alluvionale (Gragnano II)*

Strato CS1\33

- **quota** 25.20 m
- **spessore** 0.30 m

- colore	marrone verdastro
Descrizione	sabbie e ghiaie minute piroclastiche con pomici grossolane, litici e scorie
- caratt. di permeabilità	alta per porosità
- interpretazione	vulcanoclastite

Strato CS1\34

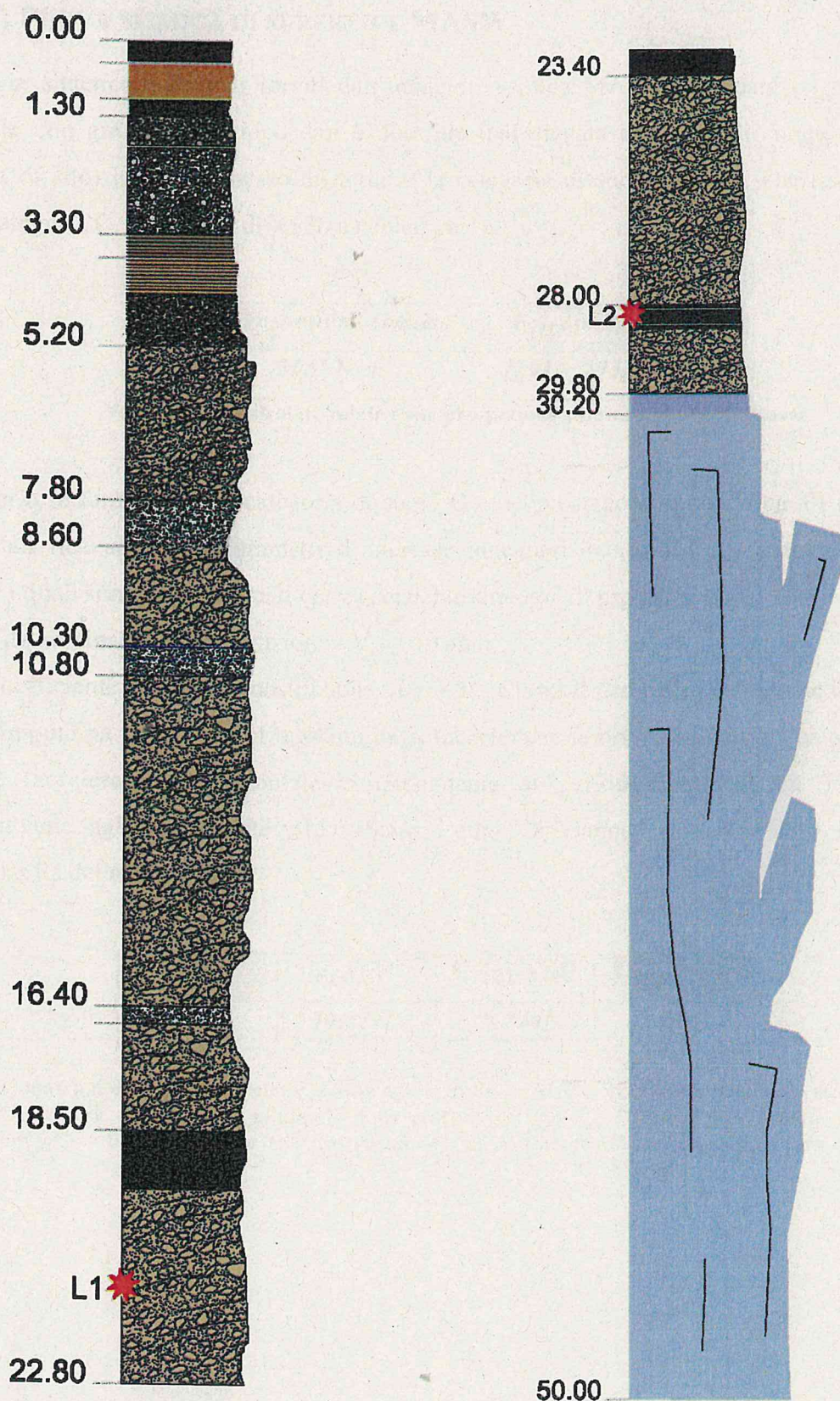
- quota	24.90 m
- spessore	0.40 m
- colore	grigiastro
- descrizione	piroclastite debolmente addensata con piccole pomici biancastre, cineritica. Locale evidenza di laminazioni (?).
- caratt. di permeabilità	media per porosità
- interpretazione	tufo grigio (Ignimbrite Campana 39.000 y.B.P.) in facies incoerente

Strato CS1\35

- quota	24.50 m
- spessore	9.80 m
- colore	grigiastro
- descrizione	piroclastite debolmente addensata cineritica con scorie e pomici grossolane
- caratt. di permeabilità	media
- interpretazione	tufo grigio (Ignimbrite Campana 39.000 y.B.P.) in facies incoerente

Strato CS1\36

- quota	14.70 m
- spessore	10.00 m
- colore	grigiastro
- descrizione	piroclastite sabbioso cineritica addensata cineritica con poche scorie e pomici. Locale evidenza di laminazioni (?).
- caratt. di permeabilità	media
- interpretazione	tufo grigio (Ignimbrite Campana 39.000 y.B.P.) in facies semicoerente



Rappresentazione grafica della stratigrafia del sondaggio SC1

6.2) PROVA SISMICA DI SUPERFICIE MASW

In via sintetica i risultati forniti dall'indagine sismica MASW effettuata (la trattazione puntuale con grafici e sviluppo dati è descritta nell'allegata relazione di caratterizzazione sismica di sito) hanno permesso di definire la categoria di suolo del sito, che risulta posta nella categoria C, con valori di VS30 calcolati pari a:

Prospezione sismica	$V_{S\ 0-30}$ (m/s)
MASW n. 1	[291 ÷ 293]

Valori di V_{S30} calcolati, relativi alla prospezione sismica MASW effettuata.

Proprio in funzione della categoria di suolo C e della categoria topografica T4 ($h/H = 1$) sono stati ricavati tutti i parametri d'interesse ingegneristico, quali gli spettri di risposta elastici, i quali sono stati effettuati con la seguente strategia di progettazione:

- Vita nominale della costruzione - $V_N \geq 50$ anni;
- Coefficiente d'uso della costruzione - $C_U = 1$ – Classe d'uso della costruzione II.

Il computo ha fornito valori massimi di a_g (accelerazione orizzontale massima al suolo) e S_e [g] (accelerazione orizzontale corrispondente ai periodi compresi tra T_B e T_C), relativamente agli stati limite SLD (Stato Limite di Danno) e SLV (Stato Limite di salvaguardia della Vita) pari a:

a_g SLD	a_g SLV	S_e [g] SLD	S_e [g] SLV
[0.049]	[0.114]	[0.244]	[0.601]

Valori massimi di a_g e S_e [g] relativamente agli stati limite SLD e SLV – componenti orizzontali degli spettri di risposta elastici. Vita nominale della costruzione - $V_N \geq 50$ anni; Coefficiente d'uso della costruzione - $C_U = 1$ – Classe d'uso della costruzione II; smorzamento 5%, fattore di struttura $q = 1.5$.

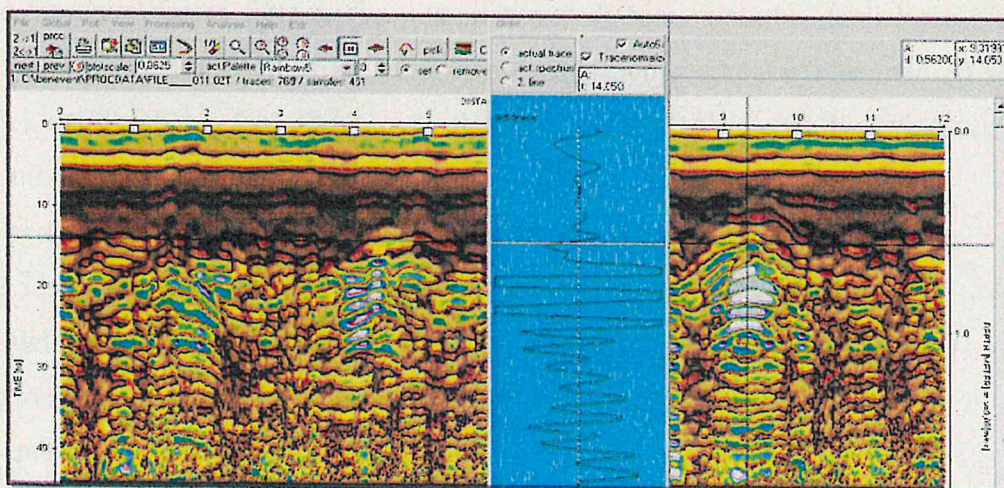
6.3) PROSPEZIONI GPR (GROUND PROBING RADAR)

6.3.1) Generalità

Col termine “georadar” o radar per sottosuolo (acronimo GPR) si designa uno strumento di prospezione geofisica che utilizza onde elettromagnetiche ad alta frequenza (0.5 - 2.5 GHz). Tali onde vengono immesse non nell'aria ma in un mezzo materiale, allo scopo di determinare alcune caratteristiche di interesse connesse alla presenza di discontinuità fisiche nel suo interno.

Si utilizzano antenne che inviano un impulso multifrequenza opportunamente calibrato e quando le onde elettromagnetiche incontrano sul loro cammino una discontinuità fisica, parte dell'energia elettromagnetica incidente ritorna nell'antenna e genera un impulso di forma simile a quello trasmesso. La forma dell'impulsi e la sua altezza massima distinguono le varie antenne disponibili, che vengono solitamente denominate dal valore mediano, chiamato frequenza centrale. Esistono varie antenne, con frequenza centrale che spazia da poche decine a centinaia di MHz. Le prime si usano per investigare contesti geologici quali ammassi rocciosi, le seconde per esplorare strutture quali calcestruzzo, i corpi stradali etc..

In tutti i casi il risultato della prospezione è una sezione verticale del suolo, fino a profondità dipendenti dal tipo di antenna utilizzato, nelle quali è possibile identificare la presenza di bersagli associabili alle preesistenze archeologiche. Il parametro considerato in queste sezioni è la riflettività, un fattore complesso definito in funzione delle caratteristiche dielettriche dei mezzi coinvolti nella prospezione. Queste sezioni – o radargrammi – sono visualizzate in tempo reale e archiviate su supporto magnetico ed un programma di analisi dei segnali è poi in grado di fornire la migliore presentazione dei risultati.



Nell'esempio sopra, l'analisi si rivolge alla grossa anomalia ubicata nella parte destra del tracciato. Per essa il puntatore indica (finestre sullo spigolo in alto a destra) una distanza di m 9,32 ca. dal punto di inizio del profilo e un ritardo di 14 ns, corrispondente ad una profondità di 0,56 dal p.c. Dalla finestra centrale si evidenzia che l'anomalia è dotata di caratteristiche strumentali (ampiezza e frequenze) molto significative e quindi di effettivo interesse ai fini delle problematiche assegnate. Dalla stessa analisi si stabilisce la qualità del segnale, che è legata alla natura e alle condizioni del terreno investigato. A questo proposito è opportuno sottolineare che come in tutte le prospezioni geofisiche esistono requisiti di massima da rispettare affinché le prestazioni del georadar siano adeguate alle esigenze dell'archeologia e dell'ingegneria civile.

La metodologia richiede due requisiti fondamentali:

- 1 - la trasparenza elettromagnetica dei terreni sovrastanti il bersaglio.
- 2 - l'instaurarsi di contrasti di riflettività tra bersaglio e terreno circostante;

Questo significa innanzitutto che i terreni devono possedere scarso contenuto di acqua sia in superficie che in profondità. Ma è difficile individuare strutture di interesse anche nei terreni secchi se i materiali costruttivi possiedono le stesse qualità elettriche dei terreni circostanti e sono nello stesso stato fisico. Come esempio di bersaglio facilmente individuabile si cita un grosso condotto metallico interrato in una sabbia a circa 150 cm di profondità. Lo stesso bersaglio sarà difficilmente individuabile se la sabbia è sommersa o se comporta una ingente componente argillosa.

Nelle migliori condizioni la metodologia consente – con la strumentazione applicata in questa occasione - di esplorare il terreno fino a profondità di circa 4 metri con elevata risoluzione e stabilire con buona precisione la profondità delle anomalie individuate.

Attenzione deve essere fatta anche alla presenza di fonti disturbo quali linee elettriche A.T., alternatori, ripetitori televisivi etc. Il rumore elettrico si traduce in segnali ad alta (nel dominio dei tempi) o bassa (nel dominio spaziale) frequenza, solitamente di agevole rimozione mediante procedure di calcolo automatico.

La procedura di elaborazione prevede innanzitutto un filtraggio passa-banda finalizzato ad eliminare i segnali spuri (i picchi estranei alla banda efficiente dello spettro, fissata in funzione del tipo di antenna impiegata e, nel caso specifico, pari a 50-500 MHz). Dopo l'eliminazione dei disturbi è però indispensabile applicare altre procedure a serie di segnali contigui, per sottrarre l'effetto di riflessioni parassite a bassa frequenza spaziale e così

enfaticizzare le riflessioni di interesse. Il fondo si rimuove sottraendo le frequenze orizzontali sopra i 20 m mentre eventuali "noise" (ad. es. quelli determinati dalla prossimità con motori elettrici) mediando 3-4 tracce consecutive.



battuta radar area 1 (GPR1)



battuta radar area 2 (GPR2)



battuta radar area 3 (GPR3)

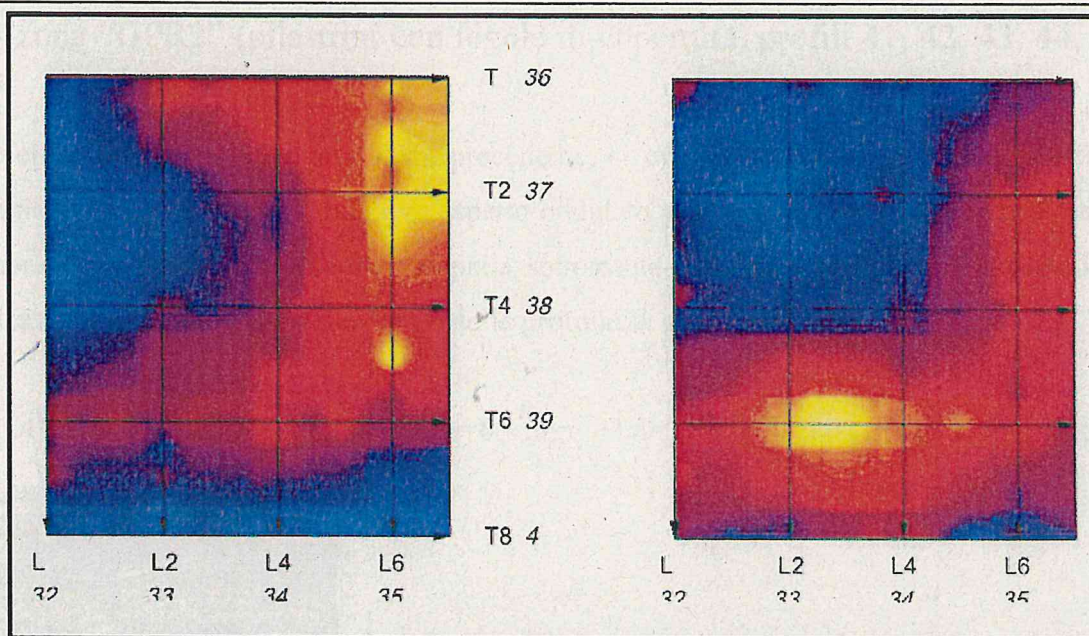
6.4.2) Risultati delle indagini e osservazioni



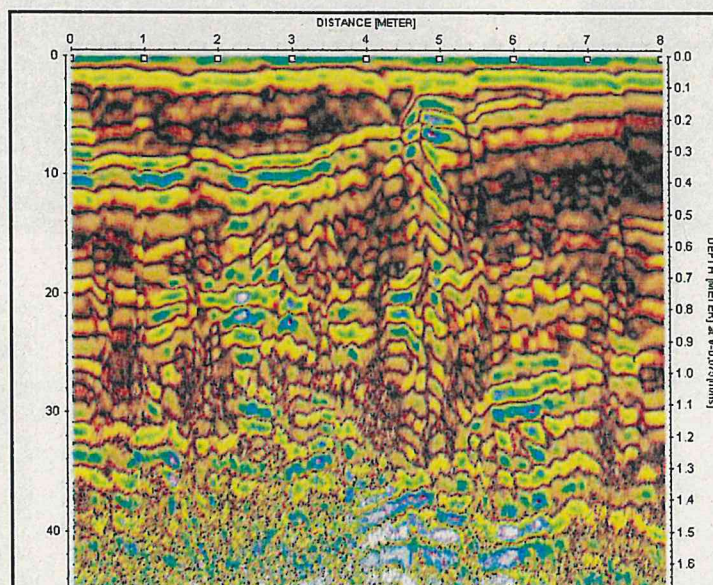
Planimetria di dettaglio con ubicazione delle indagini GPR

- Maglia zona "GPR1"

L'area rilevabile con reticolo risulta limitata allo spazio compreso tra due ambienti coperti direttamente prospicienti il versante. I risultati evidenziano l'assenza di vere e proprie anomalie focalizzate, sicchè la riflettività anomala è definita da locali intensificazioni lungo una fascia preferenziale. Le due mappe, riferite allo stesso areale geografico ma distinte per fascia verticale di indagine, evidenziano che procedendo verso SW la fascia tende ad approfondirsi lievemente, passando da circa 40 cm a circa 100 cm. E' probabile che la mappa raccordi zone anomale di distinta natura.



Il profilo 35 (L6) evidenzia che l'anomalia più superficiale è individuata con ogni probabilità da una interfaccia stratigrafica nel materiale riportato. Di interesse maggiore appare quindi la parte più profonda che però, in considerazione della limitatissima superficie disponibile per l'indagine (meno di due metri) non è in grado di mettere in evidenza con adeguata accuratezza la possibile natura dei bersagli connessi.

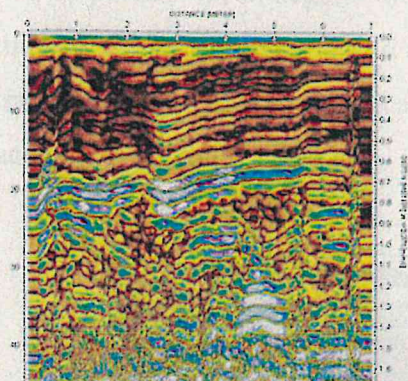


prof. 35 - L6

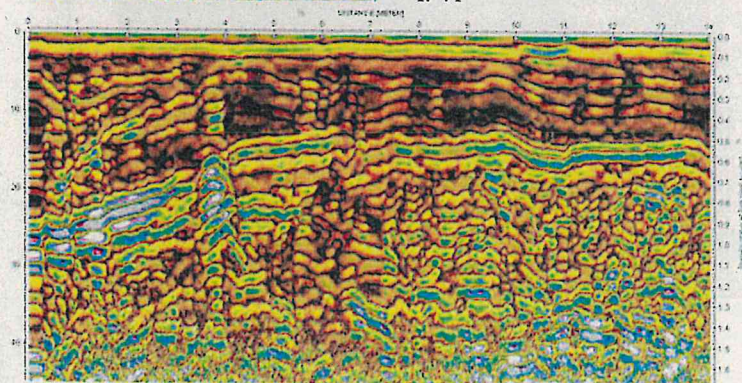
- zona "GPR2" (pilastrini con tegole di copertura, profili 41, 42, 43, 44, 45 e 46)

Nell'area, ubicata a monte della precedente, si evidenzia innanzitutto una superficie di origine schiettamente stratigrafica di aspetto ondulato a profondità tra 60 e 80 cm. Essa però sembra condizionata da qualche anomalia sottostante, che appare sui profili seguenti (con indicazione della distanza dallo zero e della profondità della anomalia)

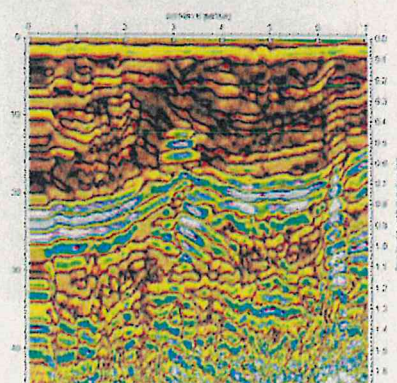
f. 41 d=0,70 p=80cm; f. 42 d=3,60 p=60cm; f. 43 d=3,00 p=80cm; f. 44 d=4,00 p=80cm



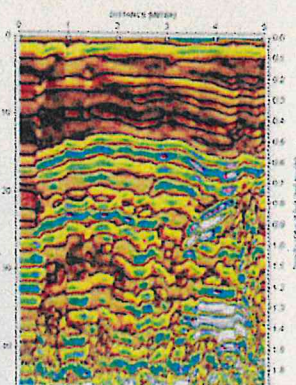
f. 41



f. 42



f. 43



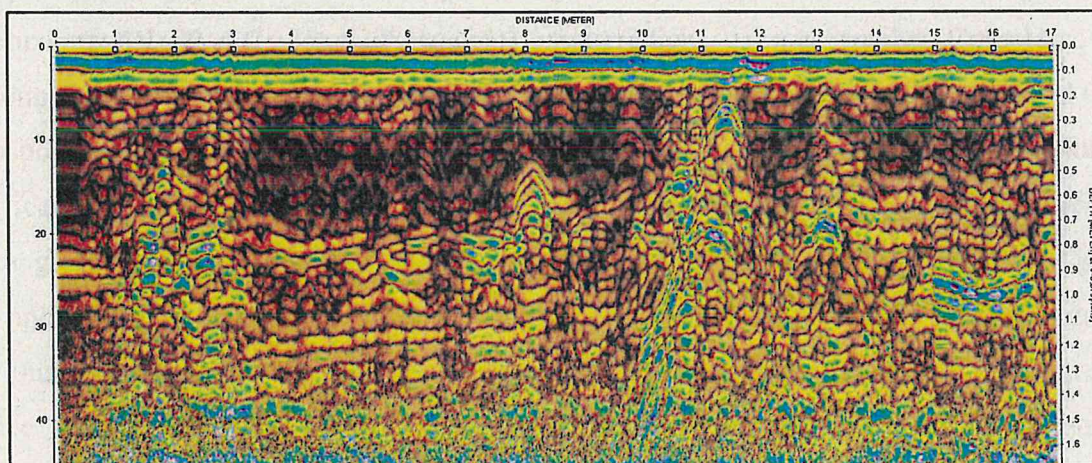
f. 44

Come si osserva, si tratta di anomalie molto localizzate che assumono una certa significatività solo in f. 43.

- zona "GPR3" -area esterna antistante il peristilio (profili 47, 48, 48, 50, 51 e 52)

Nella zona scoperta, ubicata alla base della scarpata di accesso e compresa tra la fila di colonne e il peristilio ricoperto con tettoia di recente realizzazione, si rilevano esclusivamente un orizzonte a 70-80 cm di profondità, di intensità molto debole, e una serie di anomalie estremamente focalizzate, di aspetto schiettamente iperbolico, poste al di sopra dell'interno della suddetta superficie, ossia tra 30 e 80 cm di profondità.

Nel profilo 48, di seguito allegato, tali anomalie restituiscono l'aspetto caratteristico delle tubazioni così come si rilevano nelle strade in zona urbana. Si tratta con ogni probabilità delle tracce connesse al network locale recente connesso all'impianto elettrico e smaltimento delle acque piovane.



f.48

7.0) CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA DEI COMPLESSI LITOTECNICI E COSTITUZIONE D'INSIEME DEL SOTTOSUOLO

Le indagini eseguite hanno permesso di definire l'assetto geologico - stratigrafico di dettaglio dell'area interessata dagli interventi di restauro di Villa San Marco, nel territorio comunale di Castellammare di Stabia, fornendo i dati per la comprensione delle problematiche geologiche connesse alla progettazione delle opere in oggetto.

L'analisi dei dati desunti dalla realizzazione dei due sondaggi geognostici correlati dalla esecuzione delle prove SPT in foro, della prova sismica di superficie MASW, ha permesso di accorpare i livelli con simili valori dei parametri geotecnici in complessi geomeccanici di riferimento.

Al di sotto di una coltre di terreni piroclastici misti a riporto privi di interesse geotecnico (Complesso A) si rinviene la serie dei prodotti piroclastici da fall - essenzialmente pomicei - dell'eruzione del 79 d.C. dotati di scadenti caratteristiche geomeccaniche (Complesso B). Seguono depositi terroso piroclastici molto evoluti tra i quali il paleosuolo del 79 d.C., i paleosuoli policiclici di formazione neolitica e paleolitica, livelli di piroclastiti ridepositate e humificate, prodotti vulcanoclastici, sempre caratterizzati da un elevato grado compressibilità, quindi globalmente dotati di grandezze geomeccaniche molto scadenti (Complesso C). La serie indagata prosegue verso il basso con la potente successione di depositi di conoide alluvionale (Gragnano 2) costituita prevalentemente da ciottoli grossolani di natura calcarea in matrice terroso piroclastica globalmente caratterizzata da buone grandezze geomeccaniche (Complesso D). La successione si arresta in corrispondenza dei depositi piroclastici mediamente addensati dell'Ignimbrite Campana (Complesso D) caratterizzati da medie grandezze geomeccaniche, ma prive di qualsiasi interesse geotecnico per le problematiche in essere.

A - COMPLESSO DEI SUOLI DI ALTERAZIONE SUPERFICIALE E DEI RIPORTI

Tale complesso, presenta uno spessore pari a circa 1.0 m, con variazioni casuali e generalmente nette. Si tratta prevalentemente di sabbie e ghiaie quali prodotti da *weathering* di materiali vulcanici. Generalmente poco humificate si presentano ricche in proietti vulcanici, pomici, lapilli e frammenti cristallini prevalentemente augite e leucite oltre che abbondante sostanza vetrosa. Al loro interno i terreni costituenti tale complesso, soprattutto in corrispondenza della parte più superficiale, si riconoscono residui di diverse sostanze organiche diffuse. Sono assimilati in tale gruppo anche gli ingenti accumuli di crolli/riporti sottostanti la parete di San Marco.

- spessore misurato pari a tra 1,30 m
- orizzonte privo di interesse geotecnico

B - COMPLESSO DELLE POMICI

Pomici, lapilli e litici, anche di grosse dimensioni ($\phi_{\max} = 4.0$ cm), costituenti il fall piroclastico relativo alla fase iniziale e media dell'eruzione pliniana del 79 d.C. La parte alta di tale strato è costituita prevalentemente da pomici grigie prive di litici, mentre la parte bassa è costituita da pomici bianche con abbondanti litici. Il livello è quindi costituito da elementi a luoghi fortemente alterati inglobati in una consistente porzione di frazione fine. intercalati nello strato e alla base è generalmente riconoscibile un sottile livello di ceneri (ash fall) rappresentante il primo prodotto della summenzionata eruzione; a tale complesso appartengono anche altri livelli di pomici legati a fenomeni eruttivi collocabili in epoca anteriore all'eruzione del 79 d.C., riconoscibili a più altezze nella successione stratigrafica

Caratterizzazione geomeccanica complesso B	u.m.	Valore medio
Spessore	m	2,00
Peso di volume dei grani medio γ_s **	KN/mc	10,00
Peso di volume naturale dei grani medio γ_n **	KN/mc	9,00
NSPT**		2
Angolo di attrito interno **	(°)	20,48
Coesione c **	(KPA)	Nulla
Permeabilità (k) **	m/s	Elevata per porosità

** valori desunti da bibliografia

C - COMPLESSO DEI PALEOSUOLI INDIFFERENZATI

Successione indifferenziata di più livelli di paleosuoli, ceneri humificate, limi humificati, piroclastiti argillificate rimaneggiate ed humificate, paleosuoli policiclici A più altezze sono riconoscibili piccoli intercalari cineritici variamente addensati ed arrivi di sabbie e ghiaie. In detto spessore vengono inglobati terreni dalle caratteristiche geomeccaniche eterogenee, ma assunte generalmente molto scadenti. Complessivamente possiamo assumere:

Caratterizzazione geomeccanica complesso C	u.m.	Valore medio
Spessore	m	1,00
Peso di volume dei grani medio γ_s **	KN/mc	24,92
Peso di volume naturale dei grani medio γ_n **	KN/mc	13,62
NSPT **		3,7
Angolo di attrito interno **	(°)	21,45
Coesione c **	(KPA)	nulla
Permeabilità (k) ***	m/s	4,02E-03

** valori desunti da bibliografia

D - COMPLESSO DEI DEPOSITI DI CONOIDE

Rappresenta il complesso che costituisce l'ossatura dei costoni; esso risulta costituito da una sequenza di conoide alluvionale caratterizzata da una successione di livelli conglomeratici monogenici grossolani e livelli sabbiosi a granulometria da grossolana a sottile. I clasti sono di natura carbonatica, a spigoli smussati, spesso sciolti, inglobati in una matrice sabbiosa. I livelli sabbiosi intercalati comprendono una matrice argillosa e presentano grado di addensamento solitamente minore. Lo spessore massimo osservato in zona dell'intero orizzonte supera i 15.00 m.

Le caratteristiche geomeccaniche di tali depositi risultano variabili per l'eterogeneità dei materiali costituenti, andando da molto buone (conglomerati) a mediocri (sabbie) rendendo l'intero orizzonte soggetto a fenomeni di dissesto comunque limitati. I parametri geomeccanici riconosciuti sono:

Caratterizzazione geomeccanica complesso D	u.m.	Valore medio
Spessore	m	24,00
Peso di volume dei grani medio γ_s **	KN/mc	20,82
Peso di volume naturale dei grani medio γ_n **	KN/mc	18,62
NSPT **		>30
Angolo di attrito interno **	(°)	>40°
Coesione c **	(KPA)	nulla
Permeabilità (k) ***	m/s	elevata

** valori desunti da bibliografia.

E - COMPLESSO DEI DEPOSITI DEL TUFO GRIGIO CAMPANO

A tale complesso appartengono i depositi legati alla grande eruzione che determinò 39.000 anni dal presente, la messa in posto di depositi piroclastici noti in letteratura come *Ignimbrite Campana* o *Tufo Grigio*. Si tratta di una successione costituita da ceneri e sabbie piroclastiche ricche in scorie laviche, addensate e saldate spesso caratterizzate da un elevato grado di addensamento che le conferiscono aspetto semilitoide e tipica fratturazione colonnare. Fenomeni di alterazione soprattutto in prossimità della parte alta, possono localmente rendere le caratteristiche tecniche della compagine piuttosto scadenti ed in chiave idrogeologica costituire zone a minore permeabilità. Granulometricamente prevale la frazione sottile, composta generalmente da ceneri e sabbie che raggiungono una media che va oltre il 50% con picchi anche superiori al 90%. L'eccellenza di questo litotipo sta nella caratteristica presenza di un elevato grado di addensamento dovuto agli stessi particolari processi di messa in posto. E' la neoformazione di minerali tipo zeoliti avvenuta prevalentemente durante le fasi di raffreddamento appena successive alla sua messa in posto, che conferisce al complesso un aspetto semi-litoide.

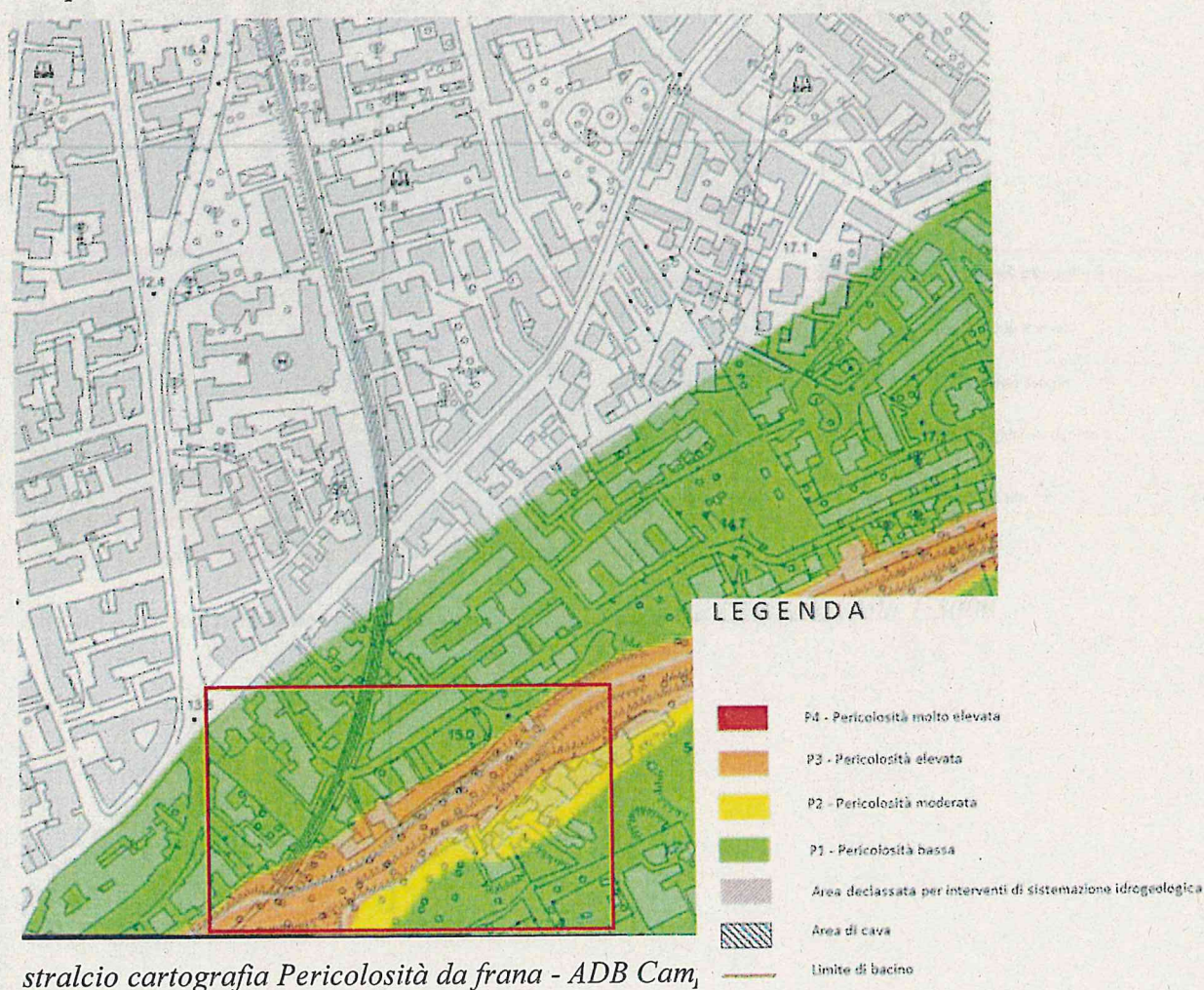
Caratterizzazione geomeccanica complesso E	u.m.	min.	max.	medio
Spessore	m	> 20,00		
Peso di volume dei grani medio γ_s **	KN/mc	10,04	13,4	
Peso di volume naturale dei grani medio γ_n **	KN/mc	-	-	
NSPT*		10	18	14,67
Angolo di attrito interno **		27,25	31,43	29,72
Coesione c **	(KPA)	nulla		

Permeabilità (k)**	m/s	elevata per fessurazione e fratturazione
Resistenza a compressione**	MPA	1,1-7,1

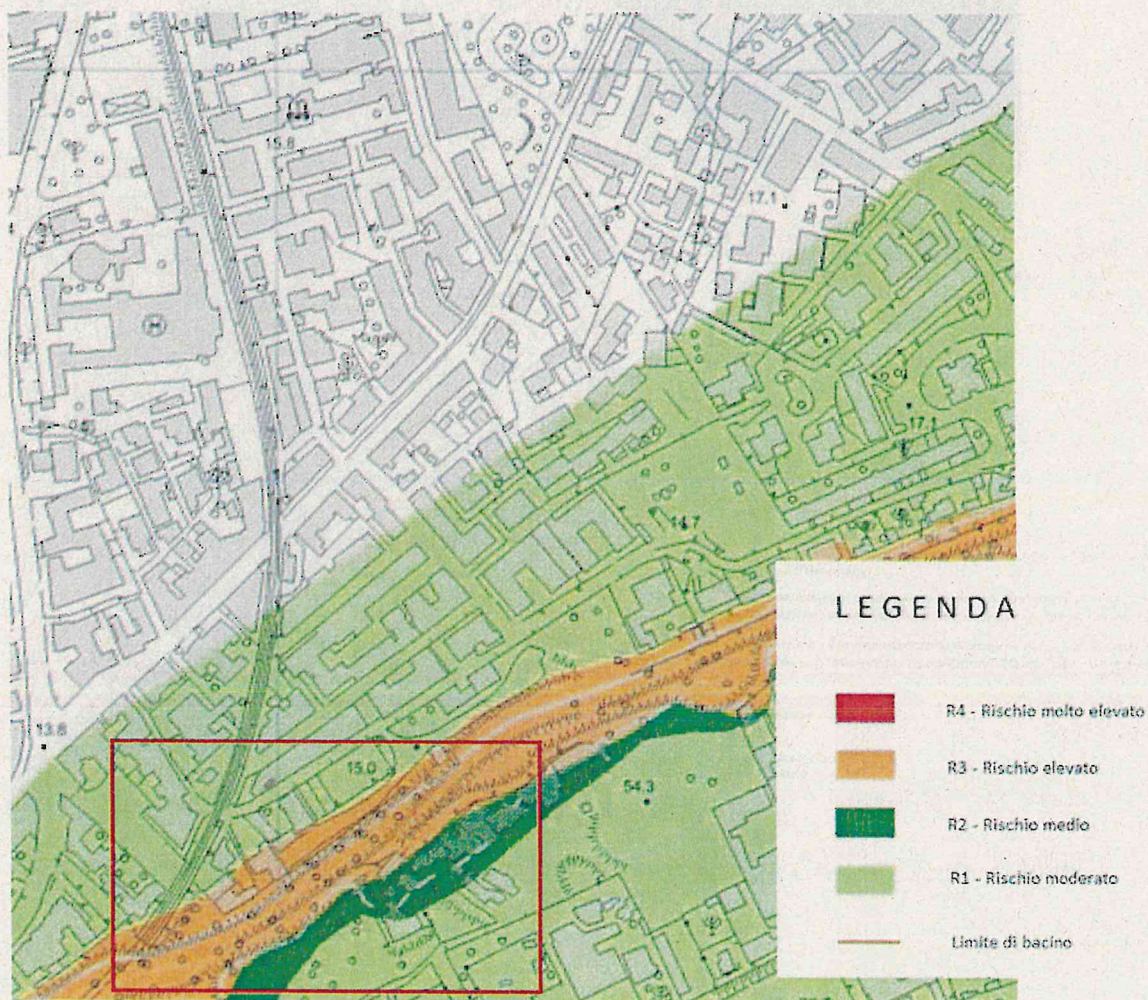
** valori desunti da bibliografia

8.0) INQUADRAMENTO DELL'AREA NELLA CARTOGRAFIA DI RISCHIO DELL'AUTORITÀ DI BACINO REGIONALE CAMPANIA CENTRALE

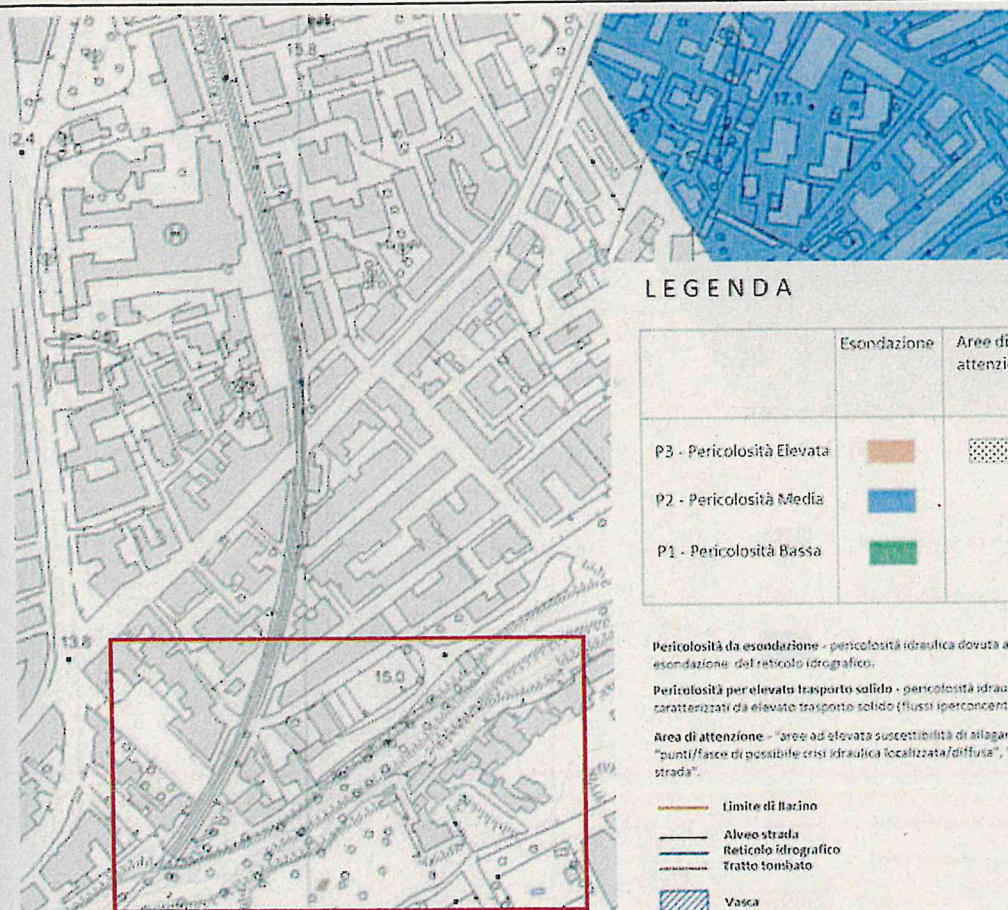
In base al Piano stralcio Idrogeologico adottato dal AdB competente territorialmente, rispetto al rischio/pericolosità da frana, (vedi stralci cartografici di seguito allegati), le strutture di Villa Arianna poste sul piano e prossime al versante, risultano afflitte da rischio medio R2 e pericolosità moderata P2, il ripido versante di raccordo tra la superficie spianata del terrazzo di Varano ed il sottostante piano, è caratterizzato da rischio/pericolosità da frana elevato. Le strutture archeologiche di Villa Arianna non ricadono in area perimetrata a rischio/pericolosità idraulica



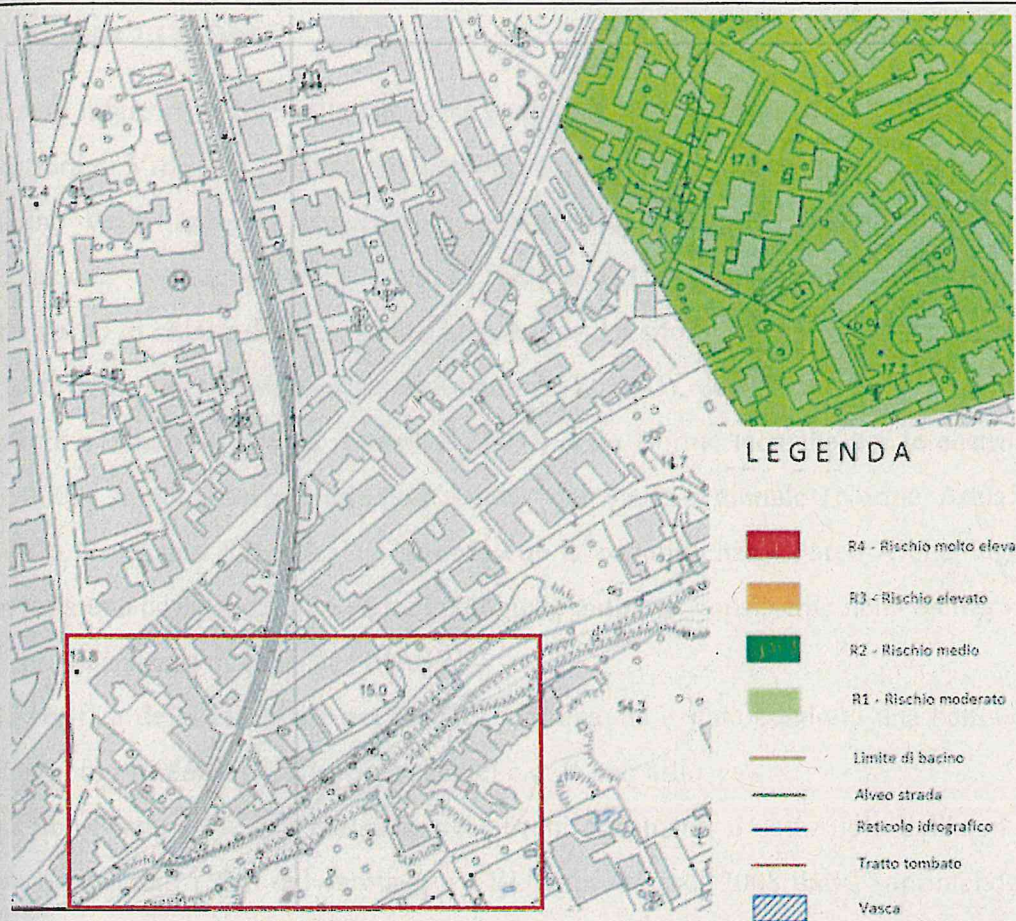
stralcio cartografia Pericolosità da frana - ADB Cam,



Stralcio cartografia Rischio da frana - ADB Campania Centrale scala 1:5000



Stralcio cartografia Pericolosità Idraulica- ADB Campania Centrale scala 1:5000



Stralcio cartografia Rischio Idraulico- ADB Campania Centrale scala 1:5000

9.0) CONCLUSIONI

Il presente referto riferisce sulla fattibilità geologico-tecnica degli interventi di restauro da realizzarsi sulla struttura di Villa San Arianna nel territorio comunale di Castellammare di Stabia (NA).

Insieme delle indagini condotte e considerate, ha fornito la stratigrafia di interesse e la caratterizzazione geotecnica dei litotipi costituenti il sottosuolo oltre che rendere possibile l'inquadramento in chiave di microzonazione sismica del sito.

Alla luce della Normativa sismica regionale (L.R. 9/83), della Normativa sismica nazionale (D.M. Infrastrutture e Trasporti del 14 settembre 2005), delle Norme tecniche per le costruzioni (N.T.C. del febbraio 2008) nonché della Normativa Difesa del suolo regionale (Norme Attuazione Autorità di Bacino della Campania Centrale), in accordo con la committenza - Parco Archeologico di Pompei - è stata condotta una campagna di indagini geologiche indirette, consistente nella realizzazione di

- N. 1 prova sismica di superfice MASW

Per la verifica della eventuale presenza di vuoti/cavità è stata condotta una battuta di indagini GPR (Ground Probing Radar) in corrispondenza del c.d. II peristilio.

Per la ricostruzione della stratigrafia dei terreni costituenti il sottosuolo dell'area di Villa Arianna, sono stati considerati i dati del carotaggio CS1 realizzato nel 2008 dalla Soprintendenza, in ambito al progetto "Regimentazione idraulica, consolidamento strutturale e di messa in sicurezza dell'area archeologica di Villa Arianna - Costone Varano - Castellammare di Stabia (NA)"

Al di sotto di una coltre di terreni piroclastici misti a riporto privi di interesse geotecnico (Complesso A) si rinviene la serie dei prodotti piroclastici da fall - essenzialmente pomicei - dell'eruzione del 79 d.C. dotati di scadenti caratteristiche geomeccaniche (Complesso B). Seguono depositi terroso piroclastici molto evoluti tra i quali il paleosuolo del 79 d.C., i paleosuoli policiclici di formazione neolitica e paleolitica, livelli di piroclastiti ridepositate e humificate, prodotti vulcanoclastici, sempre caratterizzati da un elevato grado compressibilità, quindi globalmente dotati di grandezze geomeccaniche molto scadenti (Complesso C). La serie indagata prosegue verso il basso con la potente successione di depositi di conoide alluvionale (Gragnano 2) costituita prevalentemente da ciottoli grossolani di natura calcarea in matrice terroso piroclastica globalmente caratterizzata da buone grandezze geomeccaniche (Complesso D). La successione si arresta in corrispondenza dei depositi piroclastici mediamente addensati dell'Ignimbrite Campana (Complesso D) caratterizzati da medie grandezze geomeccaniche, ma prive di qualsiasi interesse geotecnico per le problematiche in essere.

Nel corso delle terebrazioni non è stata rinvenuta la presenza della falda acquifera.

In base al sistema di caratterizzazione geofisica e geotecnica del profilo stratigrafico del suolo proposta dall' Ordinanza O.P.C.M. n. 3274 del 20 marzo 2003, il sito è stato indagato attraverso l'esecuzione di N. 1 prova sismica di superficie MASW. In allegato sono state ampiamente descritte le modalità di esecuzione della prova e discussi i risultati ottenuti.

In via sintetica il sito ove si colloca Villa San Marco ricade nella categoria C con Vs 30 pari a 291-293 m/s.

In base alla delibera di Giunta Regionale n° 5447 del 07.11.2002, il Comune di Castellammare di Stabia è stato classificato in terza zona sismica. In tali zone il grado di sismicità da considerare è $S = 6$ con $a_g = 0.15$ (g);

Le indagini GPR condotte in vari settori di Villa Arianna non rivelato anomalie correlabili alla presenza di vuoti o aree che possano arrecare pregiudizio alla stabilità.

In base al Piano stralcio Idrogeologico adottato dall'AdB regionale della Campania Centrale, l'area dove si colloca Villa Arianna, non risulta esposta a rischio/pericolosità idraulica. Diversamente le strutture archeologiche poste sul piano e prossime al versante, risultano afflitte da rischio medio R2 e pericolosità moderata P2, il ripido versante di raccordo tra la superficie spianata del terrazzo di Varano ed il sottostante piano, è caratterizzato da rischio/pericolosità da frana elevato.

Scafati aprile 2018

il responsabile

dott. G. Di Maio



RELAZIONE GEOLOGICA VILLA SAN MARCO-CASTELLAMARE DI STABIA (NA)

SOMMARIO

PREMESSA	PAG. 1
1.0) INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E AMBIENTALE DI MASSIMA	PAG. 4
2.0) BREVE INQUADRAMENTO GEOAMBIENTALE E STABILITÀ DEI VERSANTI	PAG. 9
3.0) INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO DI MASSIMA	PAG. 13
4.0) INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO DI DETTAGLIO	PAG. 15
5.0) ANALISI DI DETTAGLIO DEI BACINI IDROLOGICI	PAG. 18
6.0) INDAGINI CONDOTTE E DATI CONSIDERATI	PAG. 19
6.1) SONDAGGI A CAROTAGGIO CONTINUO	PAG. 20
6.2) PROVE PENETROMENTRICHE DINAMICHE IN FORO SPT	pag. 27
6.3) PROVA SISMICA DI SUPERFICE MASW	PAG. 35
6.4) PROSPEZIONI GPR (GROUND PROBING RADAR)	PAG. 36
7.0) CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA DEI COMPLESSI LITOTECNICI E COSTITUZIONE D'INSIEME DEL SOTTOSUOLO	PAG. 41
8.0) INQUADRAMENTO DELL'AREA NELLA CARTOGRAFIA DI RISCHIO DELL'AUTORITÀ DI BACINO REGIONALE CAMPANIA CENTRALE	PAG. 44
9.0) CONCLUSIONI	PAG. 48

PREMESSA

In ambito ai lavori di Restauro di Villa San Marco e Villa Arianna nel territorio comunale di Castellammare di Stabia (NA), il Parco Archeologico di Pompei, a seguito di indagine di mercato (art. 32 comma 2/a e art. 36 comma 2, lett. A - Dlgs 2016, n. 50 e smi) ha conferito incarico allo scrivente, della redazione della relazione geologica (lettera d'ordine 01/2018 prot. 744 del 19/01/2018 CIG Z38219419A). In particolare il presente referto si riferisce alla sola struttura di Villa San Marco.

La zona d'interesse insiste a ridosso della falesia polifasica di abrasione marina denominata di San Marco.



Veduta d'insieme del terrazzo di San Marco e dell' area archeologica di Villa San Marco

Il terrazzo di San Marco, rappresenta un elemento morfologico tipico che caratterizza il paesaggio del territorio di Castellammare di Stabia lungo la fascia di raccordo tra il litorale ed i retrostanti Monti Lattari. I depositi che costituiscono l'ossatura di tale terrazzo morfologico/paleofalesia sono costituiti da una serie di accumuli detritico-piroclastici, di età pleistocenico-aternaria legati al disfacimento/dilavamento dei retrostanti rilievi carbonatici dei Monti Lattari e delle relative coperture piroclastiche recenti. In ambito a tale serie, nota in

letteratura scientifica con il termine di Gragnano 2, è segnalata la presenza di un consistente accumulo, sotto forma di lente/intercalare, di prodotti piroclastici tufacei legati alla messa in posto dell'Ignimbrite Campana (40.000 ka).

L'area è interessata da continue e ricorrenti fenomenologie di dissesto/sovralluvionamento coincidenti soprattutto con picchi/eventi pluviometrici particolarmente intensi. Tali fenomenologie dallo sviluppo generalmente ridotto risultano più intense in corrispondenza dell'orlo della falesia di San Marco (dove presentano dimensioni anche considerevolmente più estese) e lungo le principali opere di terrazzamento/gradonamento antropico (sia se si tratta di strutture realizzate a scopo agricole che per il mantenimento/delimitazione dei fronti di scavo perimetrali alle aree archeologiche) nonché ai margini dei principali solchi di corrivazioni.



Scopo del presente lavoro è stato quello di dettagliare le problematiche generali connesse alla natura, alle caratteristiche geoambientali del territorio e geomeccaniche dei terreni, nonché la stratigrafia del sottosuolo interessato dagli interventi progettazione delle opere di restauro da realizzarsi all'interno della struttura archeologica di Villa San Marco

In tale prospettiva, il lavoro è stato coordinato in singoli momenti operativi:

- Ricerca bibliografica, rivolta alla caratterizzazione delle modalità di messa in posto dei materiali relativi allo spessore geotecnico significativo, ed al reperimento di tutte le grandezze geomeccaniche già note riguardanti i terreni di sedime.
- Dettagliato rilievo geologico-geomorfologico dei luoghi, esteso alle aree limitrofe, finalizzato alla verifica della fattibilità geologica delle opere in oggetto.

In accordo con il responsabile del procedimento è stata condotta una campagna di indagini in sito dirette ed indirette nel corso della quale sono stati realizzati

- N. 2 sondaggi meccanici a rotazione continua spinti fino alla profondità di 20,00 m dal p.c.
- N. 8 prove SPT (N. 4 per foro di carotaggio)
- N. 1 prova sismica di superficie MASW

Per la verifica della eventuale presenza di vuoti/cavità è stata condotta una battuta di indagini GPR (Ground Probing Radar) in corrispondenza del c.d. II peristilio.

I sondaggi a carotaggio continuo le prove SPT sono state condotte dalla Geomed S.r.l. con sede in Scafati (NA) via L. Sicignano, 48 – dotata di OS20B II classifica.

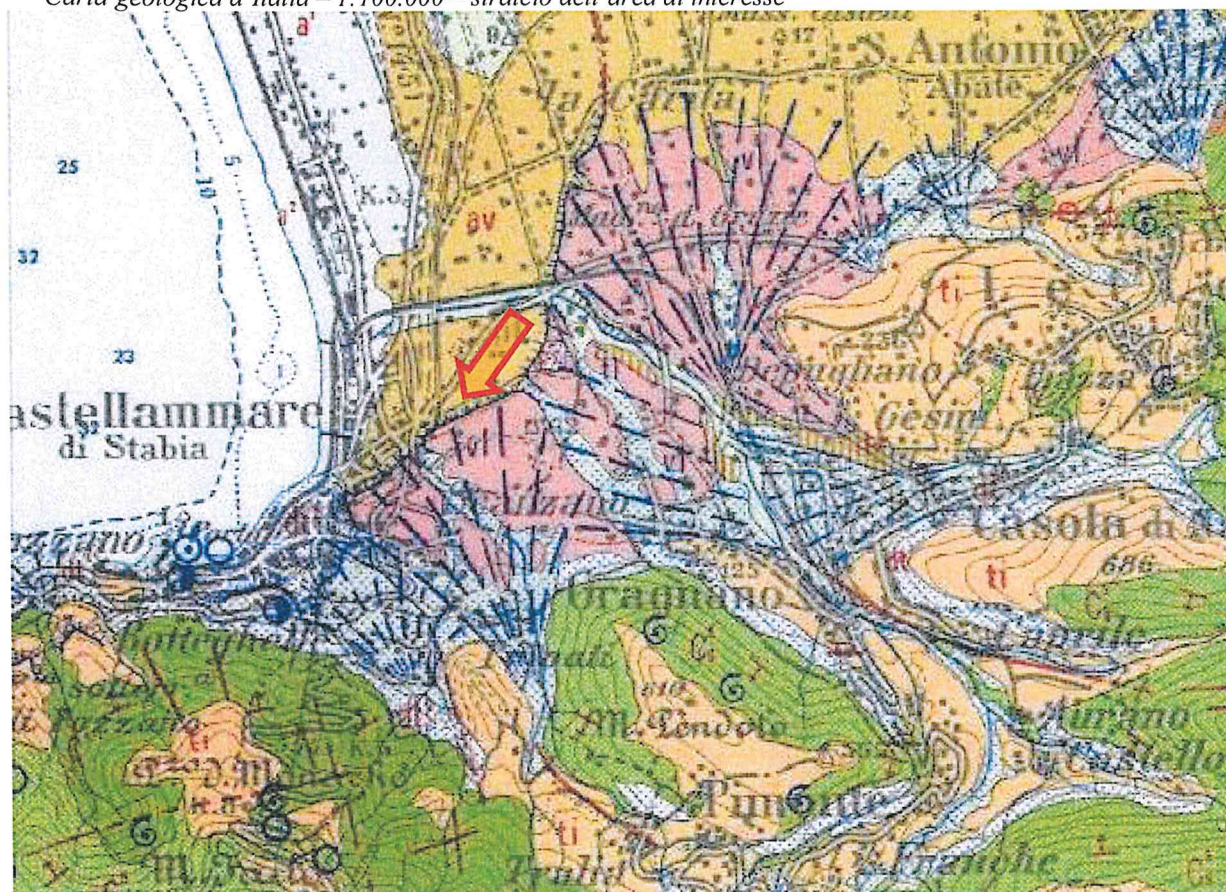
Costituiscono parte integrante della presente relazione i seguenti elaborati:

STRALCIO CARTA DELLA PERICOLOSITÀ DA INSTABILITÀ DI VERSANTE ADB	1 : 5.000
STRALCIO CARTA DELLE AREE A PERICOLOSITÀ DA FRANA	1 : 5.000
STRALCIO CARTA DELLE AREE A RISCHIO FRANA ADB	1 : 5.000
STRALCIO CARTA DELLE AREE A PERICOLOSITÀ IDRAULICA	1 : 5.000
STRALCIO CARTA DELLE AREE A RISCHIO IDRAULICO	1 : 5.000
STRALCIO FOTO AEREA – 1965	
N° 2 COLONNE STRATIGRAFICHE DI INTERESSE	

In allegato copia della relazione sulla caratterizzazione sismica di sito

1.0) INQUADRAMENTO GEOLOGICO GEOMORFOLOGICO E AMBIENTALE

Carta geologica d'Italia – 1:100.000 – stralcio dell'area di interesse



L'area di interesse, individuabile nel Foglio 185 III SO della Carta Geologica d'Italia 1:100.000, Salerno, ricade in corrispondenza del limite settentrionale dei rilievi montuosi dei M.ti Lattari (Monte Faito 1.103 m s.l.m., Monte Pendolo 610 m s.l.m.), che vanno a raccordarsi, verso settentrione, con la piana del Fiume Sarno e con l'estremità sudorientale della fascia costiera del golfo di Napoli (vedi stralcio in scala 1:5.000 – ubicazione dell'area).

L'accidentata dorsale dei M.ti Lattari è costituita prevalentemente da litotipi facenti parti del dominio paleogeografico della piattaforma carbonatica mesozoica Campano-Lucana, dislocata e deformata dalla tettonogenesi dell'Appennino Meridionale avvenuta principalmente a partire dal Miocene. Tali formazioni, essenzialmente carbonatiche, sono note in letteratura come appartenenti all'Unità "Alburno-Cervati-Pollino" ed a luoghi sono ricoperti da sottili spessori di materiali terrigeni miocenici.

La serie carbonatica, il cui spessore è valutato intorno a qualche migliaio di metri, comprende calcari e dolomie che vanno dal Triassico Superiore, fino al Cretacico Superiore, con facies variabili da scogliera a retroscogliera.

I terreni del Triassico Superiore sono costituiti da dolomie ben stratificate, di colore grigio, con sottili alternanze di livelli argillosi e bituminosi, seguiti verso l'alto da strati di dolomie e calcari dolomitici, generalmente cristallini, di colore dal grigio al bianco. Tali terreni non affiorano in zona. Nell'area considerata, infatti, si rinvencono esclusivamente i terreni più giovani dell'Unità "Alburno-Cervati" di età Albiano-Senoniano. Il Cretacico Inferiore è rappresentato da un'alternanza di calcari detritici, talora conglomeratici, di colore grigio ed avana, intercalati da strati dolomitici microcristallini. La macrofauna di questi terreni appare caratterizzata da abbondanti diceratidi. Il limite superiore di questa formazione è costituito da un caratteristico livello marnoso localmente ricco in orbitoline di età Aptiano-Albiano. Questo livello testimonia, inoltre, un generale evento di abbassamento eustatico del livello del mare, poi seguito da una successiva fase di trasgressione atta a ristabilire le originarie condizioni sedimentarie di piattaforma.

I terreni sedimentari continuano nel Cretacico Superiore con calcari detritici, in cui possono essere distinti livelli conglomeratici e di bioclastiti, di colore grigio, bianco o avana. Questi depositi mostrano macrofaune fossili tipiche, rappresentate da ippuritidi e radiolaritidi.

Alla successione carbonatica seguono i sedimenti Miocenici neritici, in trasgressione sui terreni Cretacei. Tali sedimenti sono costituiti prevalentemente da calcareniti provenienti dal disfacimento della piattaforma carbonatica, seguiti verso l'alto da sedimenti arenacei e depositi torbiditici. I depositi in facies di flysch comprendono arenarie micacee di colore giallastro, con intercalazioni di argille, argille siltose e marne arenacee. Al loro interno si ritrovano intercalazioni di frammenti di calcari con selce, calcareniti e calcari marnosi riconducibili al Complesso delle "Argille Varicolori". Tali terreni affiorano a lembi nell'area di Pimonte in corrispondenza della testata d'impluvio del Rio Calcarella.

Strutturalmente i blocchi carbonatici costituiscono monoclinali limitate da faglie ad andamento sia appenninico (NW-SE), che anti-appenninico (NE-SW), generalmente dirette, anche se con forte componente trascorrente. Spesso presentano un'inclinazione sub-verticale e si mostrano ancora attive per tutto il Quaternario. L'immersione dei blocchi monoclinali è generalmente verso nord, con un'inclinazione di circa 35°. Ciò, del resto, non ha trovato riscontro negli strati del blocco del Monte Pendolo, che presentano un'immersione verso sud-ovest ed un'inclinazione intorno a 40°. Questi andamenti strutturali sono legati alle fasi di

deformazione plio-pleistoceniche che hanno interessato tutto l'Appennino Meridionale. Non mancano, tuttavia, evidenze di dislocazioni più antiche caratterizzate soprattutto da orientazione N-S ed E-W.

Nell'area in esame sono inoltre rinvenibili i prodotti relativi all'attività vulcanica campana. Così, possono essere distinti, oltre ai materiali relativi all'Ignimbrite Campana (35.000 y b. p.), anche i prodotti delle eruzioni vesuviane più antiche, ma soprattutto più recenti, tra le quali spiccano i depositi di fall piroclastico relativi all'eruzione di Pompei del 79 d.C.

L'erosione dei blocchi carbonatici ad opera dei corsi d'acqua risulta essere sia precedente, sia contemporanea alla messa in posto dei depositi piroclastici dell'Ignimbrite Campana. L'attività erosiva è ben rappresentata dalla deposizione verso valle di abbondanti sedimenti clastici in facies di conoide di deiezione.

Tali morfologie alluvionali costituiscono il raccordo tra i resti della piattaforma carbonatica mesozoica, rappresentata dai M.ti Lattari, e i prodotti alluvionali-piroclastici che colmano la depressione costiera della bassa piana del Fiume Sarno.

I materiali più antichi ascrivibili alle successioni di conoide vanno a formare depositi osservabili a nord-ovest del Monte Pendolo, dallo spessore pari a circa 100 m, indicati in letteratura rispettivamente come "Conoide di Gragnano 1" e "Conoide di Quisisana".

La "Conoide di Gragnano 1" è costituita da breccie eterometriche ben cementate, con scarsa matrice piroclastica conservata solo nella parte apicale, essendo troncata frontalmente e reincisa longitudinalmente. La mancanza di prodotti piroclastici relativi all'attività vulcanica campana induce a ritenere che la loro messa in posto debba riferirsi ad un periodo anteriore all'inizio della stessa attività collocabile circa 135.000 y. B.P..

La "Conoide di Quisisana", invece, è composta da una successione di sedimenti conglomeratici in alternanza, ben stratificati e ricchi in matrice piroclastica, in cui sono intercalati livelli di piroclastiti più o meno rimaneggiate. Questo corpo alluvionale è bruscamente interrotto verso valle da una falesia inattiva, sub-verticale, alta circa 50 m, che corre immediatamente a monte dell'abitato di Castellammare di Stabia.

Alla "Conoide di Gragnano 1" segue cronologicamente un'altra generazione di alluvioni, nota in letteratura come "Conoide di Gragnano 2", che va a collocarsi a cannocchiale all'interno delle conoidi più vecchie.

I sedimenti della "Conoide di Gragnano 2" sono costituiti da clasti smussati, di varie dimensioni, di natura calcarea e calcareo-dolomitica. A differenza dei depositi di conoide più antichi, questi sedimenti sono caratterizzati da abbondante matrice, soprattutto di natura

piroclastica, in cui si intercalano prodotti tufacei appartenenti all'Ignimbrite Campana. Pertanto, la "Conoide di Gragnano 2" deve avere un'età almeno pari a quella di messa in posto del Tufo Grigio Campano inglobato (35.000 y. B. P.).

Depositi di *fanglomerates* ancor più recenti vanno a costituire i coni allo sbocco del Rio Calcarella e Rio Gragnano a valle della "paleofalesia" di San Marco.

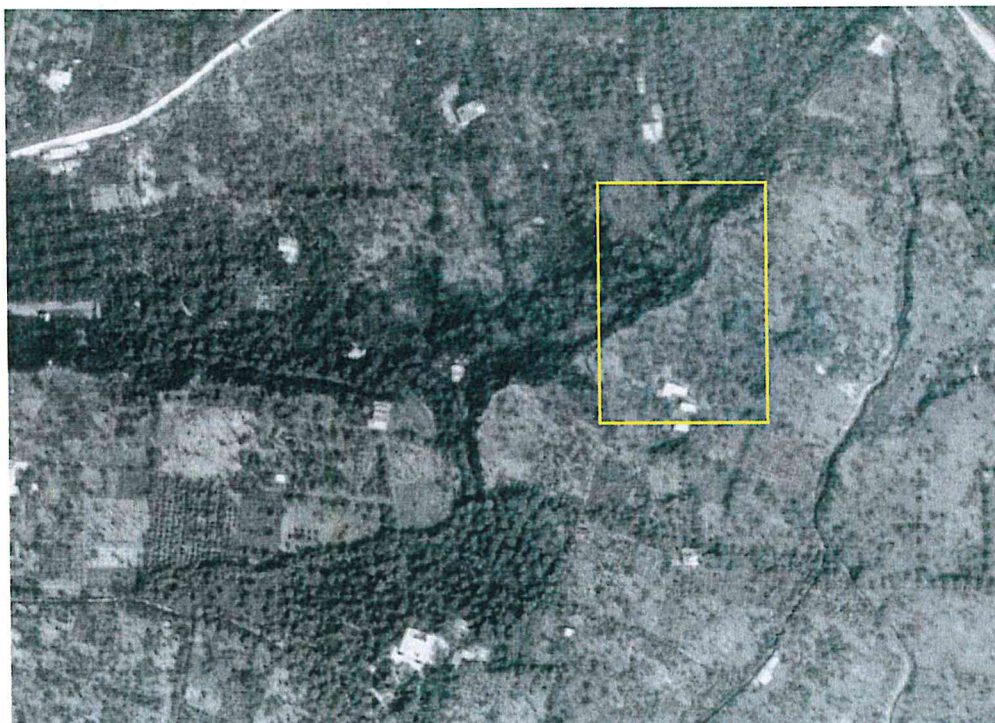
I prodotti piroclastici, spesso humificati, che ricoprono i versanti dei rilievi carbonatici ed i bassi morfologici, sono attribuibili prevalentemente all'attività recente del Somma-Vesuvio e, in particolare, risultano chiaramente riconoscibili i prodotti da *fall* dell'eruzione pliniana del 79 d.C. e sottili residui dei prodotti emessi durante le fasi esplosive più recenti fino all'ultimo evento del 1944.

Discorso a parte meritano le successioni detritico-piroclastiche (di seguito denominate successioni vulcanoclastiche nell'accezione più generale del termine) messe in posto durante, ma soprattutto appena dopo la caduta delle successioni piroclastiche dell'eruzione del 79 d.C. . Si tratta di meccanismi particolari ancora poco studiati, caratterizzati da un'estrema eterogeneità di mobilitazione e accumulo. Verosimilmente, in base anche a quanto osservato a Positano, Amalfi, Sant'Antonio Abate, Corbara, Gragnano, Vico Equense e Minori, tali fenomenologie sembrano aver interessato buona parte dei valloni della catena dei Lattari per un periodo piuttosto breve a partire da momenti appena successivi alla stessa eruzione. Le coltri piroclastiche, cadute sugli acclivi versanti dei Lattari, depositate quindi in condizioni di particolare instabilità, hanno cominciato, praticamente già durante la deposizione, a mobilitarsi sotto forma di "colate". Naturalmente gli impluvi hanno rappresentato delle direttrici di accumulo e transito preferenziale delle colate, permettendo alle stesse di percorrere distanze considerevoli. L'ammasso fluido, ancora ad alta temperatura ha raggiunto e distrutto con particolare violenza le ville romane di Positano e Amalfi, ma allo stesso modo ha raggiunto, percorrendo i profondi valloni del Calcarella e del Gragnano le aree archeologiche dell'antica Stabia poste alla base del terrazzo di San Marco.

Le coperture più superficiali/recenti comprendono suoli e materiali piroclastici sciolti, di granulometria sabbiosa con frazioni limo-argillose, inglobanti clasti e ciottoli litoidi di natura carbonatica. La giacitura è influenzata dalla morfologia delle superfici del substrato carbonatico. Lo spessore di tali coperture tende ad aumentare verso le depressioni, in quanto l'attività dilavante delle acque correnti ha eroso ed asportato nel tempo i materiali delle coltri a quote più elevata andando a ridepositarli a quote inferiori verso valle.

La stratigrafia coinvolta nei dissesti in oggetto è praticamente formata solo da successioni subsuperficiali di terre vegetali, riporti recenti e prodotti rimaneggiati della successione piroclastica dell'evento del 79 d.C.. Solo alla base sono state osservate successioni di piroclastiti rimaneggiate, ridepositate ed argillificate di età pre/protostorica.

1965 – area di Villa San Marco in fase antecedente all'avvio degli scavi archeologici



2.0) BREVE INQUADRAMENTO GEOAMBIENTALE E STABILITÀ DEI VERSANTI

Il terrazzo morfologico di S. Marco/Varano è impostato su depositi di conoide wurmiana (Gragnano II), troncato alla base da una paleofalesia polifasica che determina un andamento planoaltimetrico piuttosto articolato. Al piede della falesia le quote si innalzano per la presenza di piccoli *talus*, colluvionali e piroclastici, e di ulteriori piccole conoidi di deiezione caratterizzate dalla medesima composizione litologica. La più ampia tra queste è la conoide che ha il suo apice nel fosso di Gragnano, mentre di minore estensione risultano la conoide formata dal torrente Quisisana, sulla quale sorge il centro medievale di Castellammare di Stabia, ed la conoide del Sommuazzariello formata dal rio Carcarella.

Il terrazzo di San Marco risulta storicamente esposto a gravi fenomenologie di dissesto attivatisi soprattutto in concomitanza di eventi pluviometrici particolarmente intensi; anche recentemente - ottobre 2007 - sono stati registrati nell'area di villa di Arianna e di Villa San Marco una serie di fenomeni franosi che hanno coinvolto porzioni di versante e le sottostanti strutture abitative. Naturalmente le cause principali dei dissesti sono da ricercare nella cattiva e/o inesistente regimentazione delle acque di ruscellamento/dilavamento superficiali provenienti da monte. Tali acque attualmente si incanalano lungo le direzioni di massima pendenza seguendo l'andamento del gradiente topografico. Spesso le stesse acque sono intercettate dai sistemi di suddivisione agraria e convogliate verso l'orlo del terrazzo e quindi le aree archeologiche. Infine il ciglio del terrazzo funge da zona preferenziale di drenaggio per buona parte delle acque piovane del pianoro sommitale. Tali acque ruscellano lungo il breve pendio causando gravi fenomenologie erosionali fino a veri e propri colamenti di consistenti porzioni di versante.

Solo localmente sono presenti sistemi di pozzetti e collettori per la raccolta di acque bianche, come nel caso dell'area di parcheggio dell'area archeologica. Lo stato di degrado che scaturisce dalla scarsa manutenzione di questi determina il ruscellamento lungo il contiguo asse stradale interpodereale delle acque fin li convogliate.

Stratigraficamente i terreni superficiali interessati da tali fenomenologie mostrano un caotico sovrapporsi di lenti di terre piroclastiche sciolte miste a pomici rimaneggiate e livelli cineritici, livelli di riporti grossolani e veri e propri crolli, fino a strutture murarie antiche in situ.

Solo localmente sono presenti le successioni in situ dell'evento esplosivo vesuviano del 79 d.C. con alla base successioni di terre piroclastiche rimaneggiate/ridepositate di età pre/protostorica su cui poggiano gli apparati fondali delle strutture archeologiche di Villa di Arianna e Villa San Marco.

In definitiva quindi i terreni interessati dalle fenomenologie di dissesto in oggetto sono assimilabili prevalentemente in terre piroclastiche e riporti antropici più o meno recenti, riferibili probabilmente anche a rinterri di vecchi scavi archeologici. Va ricordato che la zona considerata è posta lungo l'asse di sviluppo della città romana *Stabiae*, così come rilevato e riportato dal Weber.

Litologicamente quindi il complesso sub-superficiale di maggior interesse può essere assimilato ad un insieme di prodotti piroclastici ridepositati, veri e propri suoli e depositi di fall piroclastico (79 d.C.) in giacitura secondaria. Rilevante il grado di pedogenizzazione generale, mentre alquanto basso è il grado di addensamento. Le caratteristiche geomeccaniche di questo orizzonte possono essere ricondotte esemplificando ai seguenti valori :

SPESSORE MAX.	~	4.00 m
SPESSORE MIN.		2.50 m
PESO UNITÀ DI VOLUME γ (g/cm ³)		< 1.2
PESO SPECIFICO REALE γ (g/cm ³)		< 1.3
DENSITÀ RELATIVA		29%
POROSITÀ		MEDIO - ALTA
4 < NSPT < 11		
ANGOLO DI ATTRITO INTERNO ϕ		30°/35°
COESIONE c (kg/cm ²)		20 kPa
PERMEABILITÀ (CONDUCIBILITÀ IDRAULICA) MEDIA (10 ⁻² - 10 ⁻⁴ cm/s)		
con repentini aumenti (fino a due ordini di grandezza) in corrispondenza di livelli ghiaioso sabbiosi (pomici prevalenti) con ridotto contenuto limoso		

In ragione delle caratteristiche geomeccaniche e della giacitura che contraddistinguono tali terreni, e per effetto del dilavamento e dell'erosione esercitata dalle acque di ruscellamento superficiale, essi rappresentano la principale fonte di "alimentazione" delle diffuse fenomenologie di dissesto che si ripetono in zona.

Si ribadisce che in occasione di apporti pluviometrici particolarmente intensi, come nel caso del gennaio 1997 o del mese di ottobre del 2007, il distacco e l'accumulo di terreni appartenenti a tale complesso possono essere istantanei e rovinosi coinvolgendo anche grossi volumi di terreno, ed essere causa di potenziali danni per uomini e cose.

CARATTERISTICHE TECNICHE GENERALI DELLE PIROCLASTITI

I prodotti piroclastici relativi alle fasi eruttive dei centri campani (Campi Flegrei e Somma-Vesuvio) costituiscono la copertura che si rinviene diffusamente su buona parte dei rilievi montuosi costituenti l'Appennino Campano lucano. In particolare i rilievi immediatamente a ridosso del Somma Vesuvio conservano spessori che possono raggiungere valori anche notevoli.

Le coltri piroclastiche, costituite per lo più da un'alternanza più o meno irregolare di pomici, lapilli, scorie e ceneri, hanno subito gli effetti dell'intensa attività esogena. Questa, attraverso fenomeni di rimaneggiamento e dilavamento, ha causato sostanziali variazioni nelle caratteristiche fisiche, meccaniche e giaciture dei materiali depositati.

Possono essere distinte piroclastiti in situ e piroclastiti fluite per trasporto trattivo e per trasporto in massa. Le prime si presentano ben stratificate in livelli uniformi e gli elementi non mostrano segni di mobilitazione meccanica e rielaborazione. Le piroclastiti fluite che hanno subito un più o meno lungo trasporto trattivo hanno caratteristiche di rielaborazione da parte delle acque dilavanti. Esse sono caratterizzate infatti da tessiture a laminazione obliqua, arrotondamento degli elementi e matrice piuttosto scarsa. Le piroclastiti rimobilizzate per trasporto in massa, invece, sono state messe in posto a seguito di correnti fangose ad elevata densità. Tali materiali quindi presentano comunemente tessiture deposizionali caotiche e sono costituiti da elementi granulometricamente eterogenei inglobati in un'abbondante matrice.

L'attuale giacitura dei depositi piroclastici è ovviamente condizionata dalla preesistente morfologia del sottostante substrato carbonatico o, come nel nostro caso, conglomeratico, caratterizzato da versanti diversamente acclivi. Le coperture piroclastiche vanno ad adattarsi a queste condizioni morfologiche, per poi rimobilizzarsi rapidamente per processi erosionali fino a raggiungere nuove condizioni topografiche compatibili con le loro caratteristiche di resistenza. In tal modo, nel tempo, si è realizzata l'asportazione delle piroclastiti dalle quote più elevate e dai versanti a maggiore acclività, mentre sono state colmate le depressioni morfologiche. Tali processi sono chiaramente ancora in atto oggi giorno.

L'evoluzione geomorfologica delle coperture piroclastiche è fortemente determinata dai processi connessi con l'azione delle acque superficiali piuttosto che dai processi gravitativi.

La maggiore diffusione dei movimenti piroclastici in massa si registra alla base dei versanti carbonatici dove lo spessore delle coltri piroclastiche è più elevato. Procedendo verso monte tale spessore va ad assottigliarsi, fino a scomparire nelle zone dove la pendenza dei rilievi è maggiore dell'angolo di attrito interno delle piroclastiti. In questa fascia l'evoluzione geomorfologica è regolata principalmente dall'intensa erosione e dilavamento.

I materiali di origine piroclastica che ricoprono i versanti carbonatici (conglomeratici) presentano generalmente caratteristiche fisico-meccaniche variabili. Queste, infatti, oltre che dipendenti dai processi vulcanici di origine e dal trasporto eolico seguente, sono connesse ai processi di rimobilizzazione subiti, che hanno modificato le originarie caratteristiche deposizionali e granulometriche.

Le piroclastiti rimaneggiate sono caratterizzate da una maggiore presenza di elementi appartenenti alla frazione limoso-argillosa rispetto alle condizioni originarie. Inoltre, bisogna segnalare la frequente presenza di materiali non vulcanici, in special modo clasti carbonatici, che possono arrivare a costituire vere e proprie lenti. La presenza di maggiore abbondanza di materiale fino induce caratteri di comportamento plastico nei depositi rimaneggiati.

Per quanto riguarda le caratteristiche fisiche delle piroclastiti in situ, queste indicano pesi di volume del secco tra 1 e 1.5 g/cm³ (valore medio 1.28 g/cm³) e contenuto d'acqua medio intorno al 19%. Le piroclastiti rimaneggiate, d'altro canto, presentano valori di pesi di volume del secco più variabili, compresi tra 0.95 e 1.65 g/cm³, con contenuti d'acqua tra 11% e 53%.

Prove di compressione triassiali consolidate drenate, condotte su campioni indisturbati di piroclastiti in situ, hanno evidenziato, nell'intervallo tensionale 0.1-3 kg/cm², bassi valori di coesione (0.0-0.2 kg/cm²) con angoli di attrito tra 31° e 38°. Per i materiali rimaneggiati è stato riscontrato un comportamento ancora più variabile per la presenza di materiale a granulometria più grossolana. Da questi dati è da ritenersi praticamente nulla la coesione al contatto piroclastiti-carbonati. Per di più, inclinazioni dei versanti carbonatici/conglomeratici di 30-35° sono da ritenersi di equilibrio limite per le caratteristiche tecniche delle coltri piroclastiche.

Per quanto riguarda i coefficienti di permeabilità dei materiali piroclastici in situ, questi possono essere assunti pari ai valori relativi a terreni a prevalente contenuto sabbioso limoso. Tali valori indicano un K intorno a 10⁻⁴-10⁻⁵ cm/sec, valori relativamente inferiori alle elevate permeabilità (intorno a 10⁻³ cm/sec) della porzione più superficiale delle rocce carbonatiche sottostanti.

Se la compagine calcarea o conglomeratica riescono a smaltire in profondità le acque sotterranee, realizzano un ottimo drenaggio delle soprastanti coperture piroclastiche. Quando però tale smaltimento non risulta efficace, sia per gli elevati apporti piovosi, sia per condizioni locali di minore permeabilità, le acque sono costrette a seguire percorsi orizzontali e quindi ad interessare le coperture piroclastiche, fino a rimobilizzarle per erosione.



Ministero dell'Università e della Ricerca Scientifica
Università

Linee Guida per la Salvaguardia dei Beni Culturali dai Rischi Naturali

TAV. 4

Collina di Varano Castellammare di Stabia (Na)

Carta Geomorfologica



Intervento di sistemazione tramite rete tirantata e micropali

Intervento di sistemazione tramite rete tirantata e micropali e spritz-beton



Fratture di tensione nella pavimentazione di Villa Arianna



Vegetazione d'alto fusto con evidenze di instabilità superficiale



Erosione accelerata con esposizione degli apparati radicali



Opere di contenimento in murature di epoche diverse

Movimenti di versante

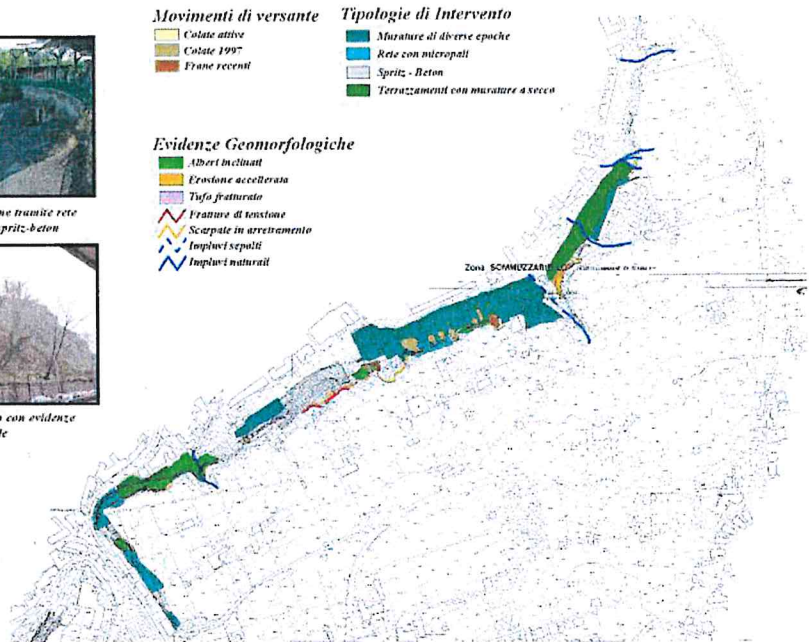
- Colate attive
- Colate 1997
- Frane recenti

Tipologie di Intervento

- Murature di diverse epoche
- Rete con micropali
- Spritz - Beton
- Terrazzamenti con murature a secco

Evidenze Geomorfologiche

- Alberi inclinati
- Erosione accelerata
- Tufo fratturato
- Fratture di tensione
- Scarpate in arretramento
- Impianti sepolti
- Impianti naturali



3.0) INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO DI MASSIMA

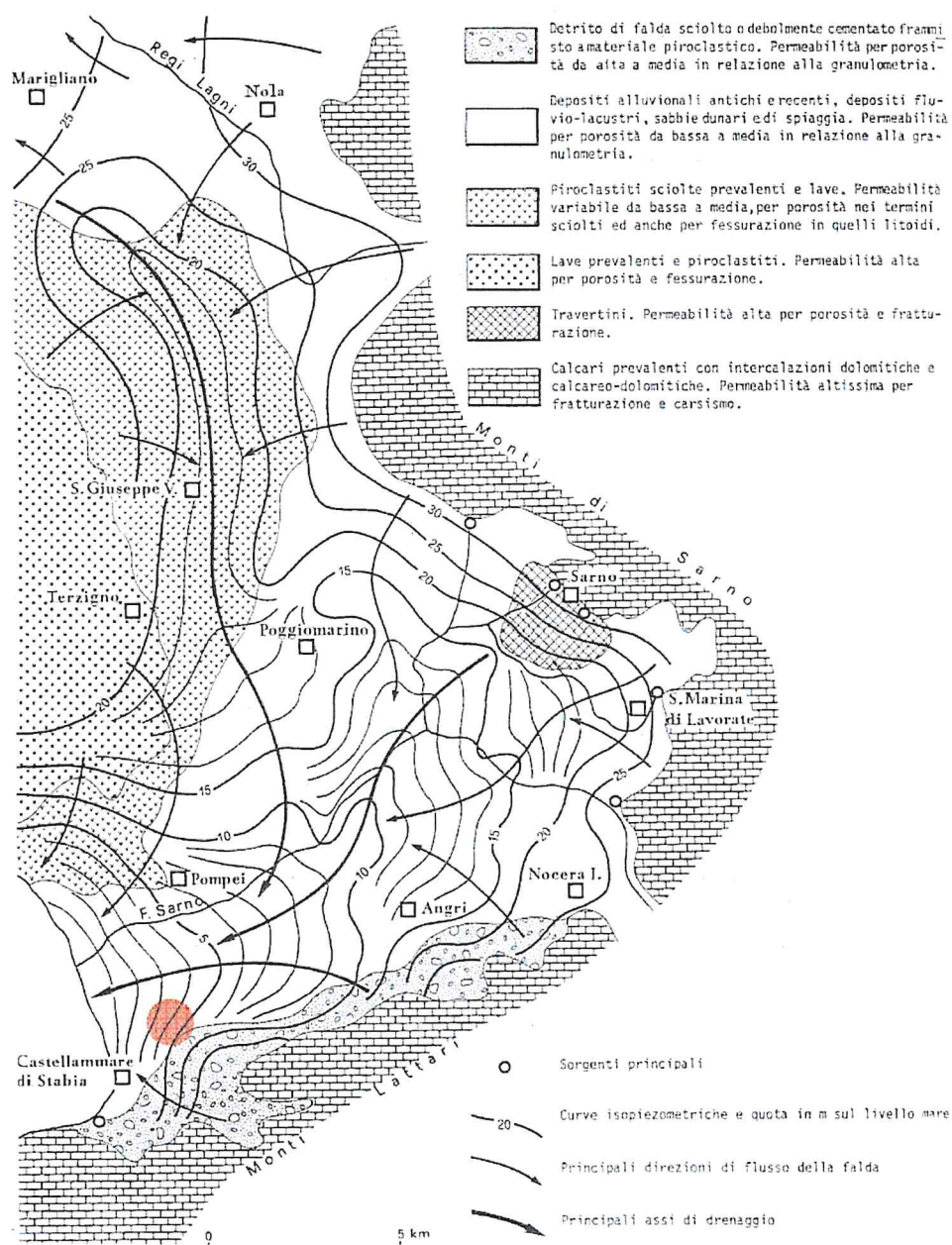
L'unità idrogeologica della Piana del Sarno è confinata a NE e SE rispettivamente dalle unità dei M. di Avella - Montevergine - P.zzo D'Alvano e dei Lattari ad Ovest da quella del Vesuvio; a NO da quella del Volturno - Regi Lagni; a SO raggiunge il mare. dalle unità dei M. di Avella - M.Vergine - P.zo d'Alvano e dei M.Lattari; ad ovest da quella del Vesuvio; a nordovest (Celico et al.,1990) da quella del Volturno - Regi Lagni; a sud - sudovest, infine, essa raggiunge il mare.

L'assetto litologico si caratterizza per la presenza di depositi eterogenei di origine diversa e tipicizzati da differenti modalità di deposizione. Il quadro idrogeologico che ne consegue è sensibilmente condizionato dal vario intercalarsi e dal differente interdigitarsi di litotipi a permeabilità relative anche notevolmente diverse, quali - ad esempio - lapilli, lave fratturate e detriti, altamente permeabili, e ceneri, assai scarsamente permeabili, ed è caratterizzato dalla presenza di falde sovrapposte, con caratteristiche (quali spessore, qualità delle acque, quote piezometriche) anche assai diverse. In un quadro generale, tuttavia, la circolazione può considerarsi unica, stante l'esistenza di interscambio tra i corpi idrici sia in verticale (per effetto delle interdigitazioni tra livelli a diversa permeabilità) che in orizzontale, essendo questi ultimi legati a fenomeni di drenanza, presenti solitamente quando manca un impermeabile assoluto.

L'alimentazione dell'unità idrogeologica della Piana del Sarno è legata segnatamente agli apporti da quella dei Monti Lattari, dei Monte di Avella - Monte Vergine - P.zo d'Alvano e del Vesuvio. Vi è, inoltre, un asse di drenaggio preferenziale anche dalla unità idrogeologica del Volturno-Regi Lagni, connesso probabilmente ad una vecchia direttrice di basso morfologico che consente un bypass dello spartiacque superficiale.

Non trascurabile (25 milioni di mc/anno) l'alimentazione zenitale. Gli assi principali di drenaggio (ai quali sono connessi gli apporti ora schematizzati) sono ben evidenziati nella figura, che reca, tra l'altro, anche la cartografia delle direzioni di flusso più importanti. I recapiti principali delle acque sono il mare e, con portate dell'ordine massimo dei 4-5 mc/sec, il fiume Sarno.

La falda freatica principale risulta nell'area in esame risulta posta a profondità superiori ai 50,0 m dal p.c. con gradiente prossimo ai 2,0 m sul livello del mare, ma va ricordato che i contrasti di permeabilità esistenti tra coltri di copertura e corpi conglomeratici grossolani possono portare all'instaurarsi di accumuli idrici locali e temporanei, soprattutto in concomitanza con eventi meteorici particolarmente intensi.



Schema della circolazione idrica sotterranea della Piana del Sarno (da Celico 1990)

4.0) INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO DI DETTAGLIO

In base alle caratteristiche di permeabilità che contraddistinguono i vari orizzonti litologici individuati nel sottosuolo dell'area di Villa San Marco comparati con quanto noto per il contiguo complesso di Villa Arianna, è possibile osservare come il contesto sia caratterizzato al top della paleosuperficie, per uno spessore pari a circa 1.50 m a partire dal p.c., da una successione di depositi formata da terreni piroclastici di copertura, cui seguono i prodotti di fall pomiceo del 79 d.C., che fossilizzano successioni di paleosuoli e prodotti piroclastici preistorici. La serie poggia su di un complesso conglomeratico generalmente dotato di permeabilità media per porosità (complesso alluvionale della conoide Gragnano II), cui si intercalano livelli terroso piroclastici a bassa permeabilità per porosità. La parte bassa della successione infine risulta formata da una serie di prodotti legati alla messa in posto dell'Ignimbrite Campana nel complesso caratterizzati da una permeabilità medio alta per fratturazione.

Precendenti carotaggi realizzati in corrispondenza del versante sottoposto alla c.d. Porta di Mare al contrario hanno portato al riconoscimento di una impressionante coltre di riporti, crolli ed accumuli eluviali di età "storica". Le due sezioni allegate ben evidenziano tale situazione.

Riassumendo, e come peraltro confermato da quanto riportato nella carta idrogeologica di dettaglio dell'area riportata nel presente capitolo, è possibile suddividere il sottosuolo in una serie di complessi idrogeologici all'interno dei quali sono stati accorpati diversi terreni aventi comuni caratteristiche di permeabilità.

COMPLESSO DEI SUOLI DI ALTERAZIONE SUPERFICIALE E DEI RIPORTI - Tale complesso, presenta uno spessore pari a circa 1.0 m, con variazioni casuali e generalmente nette. Si tratta prevalentemente di sabbie e ghiaie quali prodotti da *weathering* di materiali vulcanici. Generalmente poco humificate si presentano ricche in proietti vulcanici, pomici, lapilli e frammenti cristallini prevalentemente augite e leucite oltre che abbondante sostanza vetrosa. Al loro interno i terreni costituenti tale complesso, soprattutto in corrispondenza della parte più superficiale, si riconoscono residui di diverse sostanze organiche diffuse. Sono assimilati in tale gruppo anche gli ingenti accumuli di crolli/riporti sottostanti la parete di San Marco.

SPESSORE CIRCA 1.20 m – estremamente variabile nel caso delle coltri di base del versante.

PERMEABILITÀ – MEDIO BASSA PER POROSITÀ

COMPLESSO DELLE POMICI - Pomici, lapilli e litici, anche di grosse dimensioni ($\phi_{\max} = 4.0$ cm), costituenti il fall piroclastico relativo alla fase iniziale e media dell'eruzione pliniana del 79 d.C. La parte alta di tale strato è costituita prevalentemente da pomici grigie prive di litici, mentre la parte bassa è costituita da pomici bianche con abbondanti litici. Il livello è quindi costituito da elementi di varie dimensioni, anche superiori ai 5.0 cm a luoghi fortemente alterate inglobate in una consistente porzione di frazione fine. Alla base dell'intero strato è generalmente riconoscibile un sottile livello di ceneri (ash fall) rappresentante il primo prodotto della summenzionata eruzione. Lo spessore massimo osservato in zona, dell'intero orizzonte non supera i 2.30 m; a tale complesso appartengono anche altri livelli di pomici legati a fenomeni eruttivi collocabili in epoca anteriore all'eruzione del 79 d.C., riconoscibili a più altezze nella successione stratigrafica

SPESSORE MAX – CIRCA 2.0 m

PERMEABILITÀ - ELEVATA PER POROSITÀ

COMPLESSO DEI SUOLI INDIFFERENZATI - Successione indifferenziata di più livelli di paleosuoli, ceneri humificate, limi humificati, veri e propri fall di pomici rimaneggiate ed humificate. A più altezze sono riconoscibili piccoli intercalari cineritici variamente addensati ed arrivi di sabbie e ghiaie.

SPESSORE MAX – CIRCA 1.00 m

PERMEABILITÀ – MEDIO BASSA

COMPLESSO DEI DEPOSITI DEL TUFO GRIGIO CAMPANO

A tale complesso appartengono i depositi legati alla grande eruzione che determinò 39.000 anni dal presente, la messa in posto di depositi piroclastici noti in letteratura come *Ignimbrite Campana* o *Tufo Grigio*. Si tratta di una successione costituita da ceneri e sabbie piroclastiche ricche in scorie laviche, addensate e saldate spesso caratterizzate da un elevato grado di addensamento che le conferiscono aspetto semilitoide e tipica fratturazione colonnare. Fenomeni di alterazione soprattutto in prossimità della parte alta, possono localmente rendere le caratteristiche tecniche della compagine piuttosto scadenti ed in chiave idrogeologica costituire zone a minore permeabilità. Granulometricamente prevale la frazione sottile, composta generalmente da ceneri e sabbie che raggiungono una media che va oltre il 50% con picchi anche superiori al 90%. L'eccezionalità di questo litotipo sta nella caratteristica presenza di un elevato grado di addensamento dovuto agli stessi particolari processi di messa in posto. E' la

neoformazione di minerali tipo zeoliti avvenuta prevalentemente durante le fasi di raffreddamento appena successive alla sua messa in posto, che conferisce al complesso un aspetto semi-litoide.

SPESSORE MED
PERMEABILITÀ

>20.00 m
MEDIO ALTA PER POROSITÀ E FRATTURAZIONE

Carta Idrogeologica di dettaglio del terrazzo di San Marco



Ministero dell'Università e della Ricerca Scientifica
P.le J.F. Kennedy 30 - 00144 Roma EUR - Mail: webmaster@mur.it

**Linee Guida per la Salvaguardia dei
Beni Culturali dai Rischi Naturali**

Tav. 8

Collina di Varano Castellammare di Stabia (Na)

Carta idrogeologica

Caratteristiche idrogeologiche delle formazioni

Suolo: la coltre pedogenetica è caratterizzata da valori di permeabilità estremamente variabili a causa della presenza di abbondante materiale vegetale e delle caratteristiche granulometriche.

Pomici: si tratta di pomici eterometriche frammentate a proclastiti e le cui particelle sono dotate di notevole porosità primaria.

Complessivamente sono assimilabili ad un deposito di ghiaia (max. 2-3 cm.) piuttosto ben classato, data la scarsa presenza di matrice, e caratterizzato quindi da permeabilità elevata. Costituiscono quindi un livello di circolazione idrica preferenziale che, essendo presente esclusivamente nella porzione superficiale della collina, risulta attivo in corrispondenza di apporti meteorici.

Depositi alluvionali: sono classificabili come detrito poligenico ed eterometrico in matrice piroclastica arenacea. La variabilità granulometrica, dovuta al diverso rapporto fra classi (scheletro) e matrice nei vari settori e a varie altezze dell'ammasso, condiziona le caratteristiche idrogeologiche e fa variare la permeabilità interna a valori medi, favorendo la formazione di acquiferi sospesi alimentati dalle aree di ricarica poste verso monte.

Depositi piroclastici: sono costituiti da depositi vulcanici di granulometria da media a fine (piccole pomici, cenere, lapilli etc.), quasi sempre sciolte o debolmente cementate. I diversi materiali sono spesso fra loro frammentati, anche se talora possono individuarsi livelli prevalentemente cineritici o pomice. La diffusa presenza di materiali fini e le frequenti soluzioni di continuità nei livelli più grossolani fanno sì che il complesso piroclastico sia caratterizzato nell'insieme da una permeabilità bassa, costituendo un livello capace di sostenere locali acquiferi sospesi.

Sabbie vulcaniche: le caratteristiche granulometriche indicano dei valori di permeabilità medi. Tuttavia la trasmissività è modesta a causa delle ridotte dimensioni di questi depositi.

Cineriti: i processi di argillificazione che hanno interessato i silicati hanno ridotto la permeabilità delle cineriti a valori molto bassi. Questi depositi, non continui e di spessore ridotto, possono favorire nelle porzioni soprastanti, a causa delle caratteristiche mineralogiche, la formazione di accumuli idrici effimeri estremamente pericolosi ai fini della stabilità dei pendii.

Tufo grigio campano: presenta una permeabilità complessivamente media che diminuisce verso il tetto diventando assimilabile a quella delle sovrastanti proclastiti. Se nel complesso prevalgono le caratteristiche di minore permeabilità, esso costituisce il substrato per falde accolte nei materiali che lo sovrastano nonché l'elemento di confinamento per acque sotterranee più profonde; flussi di drenanza sono invece possibili laddove il complesso si presenta con più ridotti spessori e poco diafanezzato.

Caratteristiche termo- pluviometriche dell'area

Stazione di Castellammare di Stabia:
9-18 m. s.l.m.

Temperatura media annua:
max. 21°; min. 13°; diurna 17°

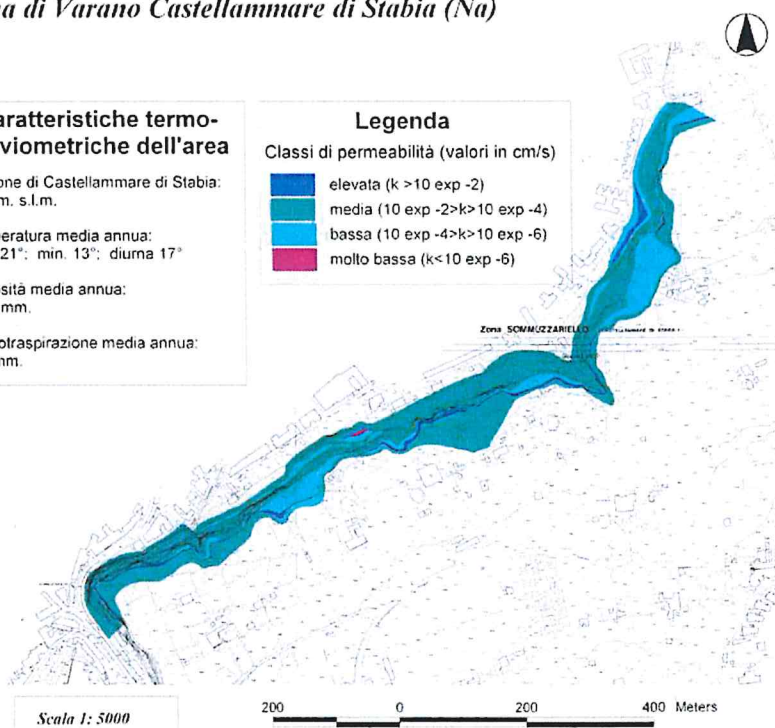
Pioggiosità media annua:
1107 mm.

Evapotraspirazione media annua:
116 mm.

Legenda

Classi di permeabilità (valori in cm/s)

- elevata ($k > 10 \exp -2$)
- media ($10 \exp -2 > k > 10 \exp -4$)
- bassa ($10 \exp -4 > k > 10 \exp -6$)
- molto bassa ($k < 10 \exp -6$)



Scala 1:5000

200 0 200 400 Meters

5.0) ANALISI DI DETTAGLIO DEI BACINI IDROLOGICI

Per la comprensione dello schema di circolazione idrica superficiale e quindi per la determinazione dei volumi di acque di ruscellamento effettivamente gravanti sull'area di Villa San Marco, sono state redatte e poste a confronto due planimetrie, con individuazione dei bacini, ricostruite su stralci planimetrici di questo settore del terrazzo di San Marco, risalenti al 1959 ed all'epoca attuale.

Il terrazzo morfologico di S. Marco/Varano è impostato su depositi di conoide wurmiana (Gagnano II), troncato alla base da una paleofalesia polifasica che determina un andamento planoaltimetrico piuttosto articolato. Al piede della falesia le quote si innalzano per la presenza di piccoli *talus*, colluvionali e piroclastici, e di ulteriori piccole conoidi di deiezione caratterizzate dalla medesima composizione litologica. La più ampia tra queste è la conoide che ha il suo apice nel fosso di Gagnano, mentre di minore estensione risultano la conoide formata dal torrente Quisisana, sulla quale sorge il centro medievale di Castellammare di Stabia, ed la conoide del Sommuazzariello formata dal rio Carcarella.

Morfologicamente il terrazzo di Varano/S. Marco si comporta come un piano inclinato verso nord, nordovest in quanto le quote diminuiscono gradualmente procedendo da passeggiata archeologica verso Villa San Marco dove le pendenze assumono un andamento nord/nordovest, con un gradiente piuttosto basso. La fertilità estrema dei suoli piroclastici e la particolare conformazione geomorfologica con ubicazione al top di un esteso terrazzo morfologico, ha favorito l'impianto di colture agricole specializzate quali frutteti e fiori.

6.0) INDAGINI CONDOTTE E DATI CONSIDERATI

La campagna di indagini eseguita ha permesso di giungere ad una attendibile caratterizzazione del sottosuolo interessato dai lavori in oggetto che peraltro risulta in buon accordo con quanto realizzato in precedenti campagne di indagine. Nello specifico ha permesso la caratterizzazione geotecnica e sismica dei terreni di sedime di Villa San Marco

Condotta nel mese di marzo del 2018, essa ha previsto l'esecuzione di una serie di prove dirette ed indirette così come riassunto nella sottostante nella tabella.

TABELLA RIASSUNTIVA DELLE INDAGINI		u.m.	quantità
INDAGINI DIRETTE	SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO		
	S1	m	20,0
	S2	m	20,0
	PROVE S.P.T. IN FORO		
	S1	cad.	4
INDAGINI INDIRETTE	S2	cad.	4
	PROVA SISMICA MASW		
	INDAGINI GPR (Ground Probing Radar)		

Tabella 2: Riepilogo indagini eseguite



stralcio foto satellitare dell'area con ubicazione indagini eseguite

6.1 - Sondaggi a carotaggio continuo

Per la ricostruzione della stratigrafia dei terreni costituenti il sottosuolo sono stati realizzati N. 2 sondaggi a carotaggio continuo, denominati S1, S2, spinti fino a profondità max. di 20,0 da p.c..



postazione sondaggio S1



postazione sondaggio S2

I carotaggi eseguiti sono stati realizzati con una sonda idraulica CMV420 dotata delle seguenti caratteristiche tecniche:

- testa di rotazione 320 kg di coppia
- slitta di avanzamento (senza prolunga) 1.80 m
- centralina oledinamica
- cingoli con pattini di gomma
- argano idraulico
- freno blocca aste pompa a pistone

Utensili utilizzati

- aste di manovra in acciaio armonico (diam. 50 mm)
- carotiere semplice (diam. 101)
- tubazione di rivestimento (diam. 127 mm)
- corona e scarpe con prismetti in widia

I terreni estratti sono stati conservati in apposite cassette catalogatrici e analizzati da un geologo. Di seguito si riportano le immagini relative e le stratigrafie dei sondaggi.

Sondaggio S1



sondaggio S1 - cassetta C1



sondaggio S1 - cassetta C2



sondaggio S1 - cassetta C3



sondaggio S1 - cassetta C4

dott. Giovanni Di Maio - geologo					S1-1									
lavoro:	Parco Archeologico di Pompei													
	Affidamento diretto a seguito Indagine di mercato per incarico professionale ad un geologo "Castellammare di Stabia - Restauro di Villa San Marco e Villa Arianna (art. 32 comma 2/a, lettera a) d.lgs 18 aprile 2016, n. 50 e smi) - CIG Z38219419A Villa San Marco Relazione geologica - Modellazione simica di sito													
metodo di perforazione: rotazione continua					coordinate: 40.702933° - 14.499376°									
quota boccaforo (m s.l.m.): 48,00					inclinazione: 0°									
livello della falda	profondità dal p.c. (m)	potenza strat. (m)	simbologia	descrizione geoarcheologica	NSpt					Campioni Indisturbati	Complesso litologico			
					10	20	30	40	50					
	0,20	0,20		terra vegetale di natura prevalentemente piroclastica di colore grigio mista a materiali eterogenei di riporto								A		
	1,00	0,60		ceneri vulcaniche di colore grigio-verdastro, debolmente addensate. Inglobano qualche litico e qualche pomice										
	1,10	0,10		lapilli di minute scorie nerastre in ammasso sciolto. Eruzione 1944 ?										
	1,60	0,50		pomici grigiastre in ammasso di matrice terrosa. Rimaneggiamento antropico.										
	1,70	0,10		lapilli di minute scorie nerastre in abbondante sabbia nerastra vulcanica.								B		
	2,10	0,40		ceneri vulcaniche di colore grigio-verdastro, debolmente addensate. Inglobano qualche litico e qualche pomice. Ash fall evento pliniano 79 d.C.										
	2,20	0,10		pomici grossolane di colore grigiastro, sciolte, miste a pochi litici. Pumice fall dell'evento pliniano del 79 d.C..										
	2,60	0,50		cineriti addensate stratoidi di colore verdastro - intercalare										
	2,90	0,30		pomici grossolane di colore grigiastro, sciolte, miste a pochi litici. Pumice fall dell'evento pliniano del 79 d.C..										
	3,00	0,10		cineriti addensate stratoidi di colore verdastro - intercalare										
	3,30	0,30		pomici grossolane di colore grigiastro, sciolte, miste a pochi litici. Pumice fall dell'evento pliniano del 79 d.C..										
	3,50	0,20		cineriti addensate stratoidi di colore verdastro - intercalare										
	3,95	0,45		SPT 2,1,1	2									
	4,50	0,50		pomici grossolane di colore biancastro, sciolte, miste a pochi litici. Pumice fall dell'evento pliniano del 79 d.C..										
	4,60	0,10		sabbia fine di pomici miste a ceneri grigiastre								C		
	5,20	0,60		terra piroclastica sabbioso-limosa, evoluta, leggermente coesiva. Colore bruno—qualche elemento ceramico non caratterizzante. Paleosuolo 79 d.C..										
	5,50	0,30		terra piroclastica omogenea di colore bruno, limosa, debolmente argillosa. Fratturazione prismatica irregolare, a tratti subconcoide. Assenza di inclusi, non areata/rimaneggiata. Pedomarker B/paleosuolo policiclico										
	5,80	0,30		terra piroclastica impostata su piroclastiti rielaborate di colore bruno-arancio. Ammasso debolmente argillificato, debolmente coesivo, granulometricamente omogeneo. Paleosuoli policiclici - Paleolitico										
	8,30	2,50		successione indifferenziata di terre piroclastiche di colore bruno, piuttosto evolute. Aspetto massivo debolmente coesive. Paleosuoli policiclici - Paleolitico										
	8,50	0,20		cinerite verdastra debolmente addensata								B		
	9,00	0,50		pomici di forma aciculare, ben vescicolate, biancastre, immerse in matrice terroso-argillosa. Fallout relativo ad evento esplosivi di età paleolitica.										
	9,45	0,45		SPT 1,1,0	1							C		
	9,70	0,25		successione indifferenziata di terre piroclastiche, fragili, da evolute a poco evolute impostate su successioni di piroclastiti rimaneggiate limo-sabbiose. Colore bruno prevalente										
	~ ~ ~			Alternanza indifferenziata di piroclastiti rimaneggiate essenzialmente sabbioso-										

dott. Giovanni Di Malo - geologo					S1-2						
lavoro:	Parco Archeologico di Pompei										
	Affidamento diretto a seguito indagine di mercato per incarico professionale ad un geologo "Castellammare di Stabia - Restauro di Villa San Marco e Villa Arianna (art. 32 comma 2/a, lettera a) d.lgs 18 aprile 2016, n. 50 e smi) - CIG Z38219419A Villa San Marco Relazione geologica - Modellazione simica di sito										
metodo di perforazione: rotazione continua				coordinate: 40.702933° - 14.499376°							
quota boccaforo (m s.l.m.): 48,00				inclinazione: 0°							
livello della falda	profondità dal p.c. (m)	potenza strati (m)	simbologia	descrizione geoarcheologica	NSpt					Campioni Indisturbati	Complesso litologico
					10	20	30	40	50		
		2,00		Piroclastiti addensate di colore grigio-violaceo-nerastro, essenzialmente cineritico sabbiose, massive, addensate. Ignimbrite Campana 40.000 yB.P.							
	12,00										
	12,45	0,45		SPT 3,4,6		10					
		2,50		Piroclastiti addensate di colore grigio-violaceo-nerastro, essenzialmente cineritico sabbiose, massive, addensate. Ignimbrite Campana 40.000 yB.P.							
	15,00										
	15,45	0,45		SPT 7,7,9		15					
	4,50		Piroclastiti addensate di colore grigio-violaceo-nerastro, essenzialmente cineritico sabbiose, massive, addensate. Ignimbrite Campana 40.000 yB.P.								
20,00											

Sondaggio S2



sondaggio S2 - cassetta C1



sondaggio S2 - cassetta C2



sondaggio S2 - cassetta C3



sondaggio S2 - cassetta C4

dott. Giovanni Di Malo - geologo					S2-1							
lavoro:	Parco Archeologico di Pompei											
	Affidamento diretto a seguito indagine di mercato per incarico professionale ad un geologo "Castellammare di Stabia - Restauro di Villa San Marco e Villa Arianna (art. 32 comma 2/a, lettera a) d.lgs 18 aprile 2016, n. 50 e smi) - CIG Z38219419A Villa San Marco											
	Relazione geologica - Modellazione simica di sito											
metodo di perforazione: rotazione continua				coordinate: 40.702555° - 14.498716°								
quota boccaforo (m s.l.m.): 48,00				Inclinazione: 0°								
livello della falda	profondità dal p.c. (m)	potenza strati (m)	simbologia	descrizione geoarcheologica	NSpt					Campioni Induriti	Complesso litologico	
					10	20	30	40	50			
	0,50	0,50		terra vegetale di natura prevalentemente piroclastica di colore grigio mista a materiali eterogenei di riporto. Riporto								A
	1,30	0,80		terra vegetale di natura essenzialmente piroclastica di colore grigiastro piuttosto evoluto. Granulometria essenzialmente limo-sabbiosa. Suolo attuale								
	2,00	0,70		ceneri vulcaniche di colore grigio-verdastro, debolmente addensate. Inglobano qualche litico e qualche pomice. Ash fall evento pliniano 79 d.C.							B	
	2,40	0,40		ponici grossolane di colore grigiastro, sciolte, miste a pochi litici. Pumice fall dell'evento pliniano del 79 d.C.								
	3,00	0,60		ponici grossolane di colore biancastro, sciolte, miste a pochi litici. Pumice fall dell'evento pliniano del 79 d.C.								
	3,45	0,45		SPT 1,1,1	2							
	3,60	0,15		terra piroclastica sabbioso-limosa, evoluta, leggermente coesiva. Colore bruno-rossastro. Paleosuolo 79 d.C.							C	
	5,00	1,40		terra piroclastica omogenea di colore bruno, limosa, debolmente argillosa. Fratturazione prismatica irregolare, a tratti subconcoide. Assenza di inclusi, non areata/rimaneggiata. Pedomarker B/paleosuolo policiclico								
	6,50	1,50		piroclastiti rielaborate e pedogenizzate/argillificate, debolmente coesive, granulometricamente omogene, prive di inclusi.								
	6,95	0,45		SPT 1,3,6	9							
	7,70	0,75		cineriti sabbiose stratoidi di colore grigio-ocra-verdstro. Si riconoscono livelli centimetrici induriti/addensati. Gli elementi pomicei risultano subarrotondati. Grado di humificazione apprezzabile soprattutto nella parte alta. Vulcanoclastiti relative ad eventi esplosivi di età paleolitica							B	
	7,90	0,20		terra piroclastica di colore bruno piuttosto evoluta. Aspetto massivo debolmente coesive. Paleosuolo di età paleolitica								
	8,00	0,10		ponici di forma aciculare, ben vesciolate, biancastre, immerse in matrice terroso-argillosa. Fallout relativo ad evento esplosivi di età paleolitica								
8,45	0,45		SPT 1,1,0	1						C		
10,00	0,55		successione indifferenziata di terre piroclastiche, fragili, da evolute a poco evolute impostate su successioni di piroclastiti rimaneggiate limo-sabbiose. Colore bruno prevalente.									

dott. Giovanni Di Maio - geologo					S2-2						
lavoro:	Parco Archeologico di Pompei										
	Affidamento diretto a seguito indagine di mercato per incarico professionale ad un geologo "Castellammare di Stabia - Restauro di Villa San Marco e Villa Arianna (art. 32 comma 2/a, lettera a) d.gls 18 aprile 2016, n. 50 e smi) - CIG Z38219419A										
	Villa San Marco Relazione geologica - Modellazione simica di sito										
metodo di perforazione: rotazione continua				coordinate: 40.702555° - 14.498716°							
quota boccaforo (m s.l.m.): 48,00				Inclinazione: 0°							
livello della falda	profondità dal p.c. (m)	potenza strati (m)	simbologia	descrizione geoarcheologica	N Spt					Campioni indisturbati	Complesso litologico
					10	20	30	40	50		
		4,00		Piroclastiti addensate di colore grigio-violaceo, essenzialmente cineritico sabbiose, massive, addensate. Ignimbrite Campana 40.000 yB.P.							
	14,00										
	14,45	0,45		SPT 8,8,10		18					
		5,55		Piroclastiti addensate di colore grigio-violaceo, essenzialmente cineritico sabbiose, massive, addensate. Ignimbrite Campana 40.000 yB.P.							
	20,00										

6.2) PROVE PENETROMENTRICHE DINAMICHE IN FORO SPT

La prova S.P.T. viene eseguita nei fori di sondaggio, in sostituzione del prelievo e dell'analisi di campioni indisturbati, allorché si voglia caratterizzare un terreno a granulometria medio grossolana o dotato di coesione.

La prova viene eseguita misurando il numero di colpi necessario alla infissione della punta conica, di 30 cm nel terreno, dopo avere effettuato un avanzamento preliminare di 15 cm, necessario all'attraversamento di eventuali detriti franati sul fondo.

L'operazione è stata eseguita in entrambi i fori dei sondaggi S1, S2, a profondità diverse, in modo da verificare le caratteristiche dei vari orizzonti litotecnici.

Di seguito si riportano le caratteristiche delle attrezzature utilizzate:

- diametro punta conica	5,08 cm
- lunghezza delle aste	152,4 cm
- peso delle aste	4,99 Kg
- peso massa battente	63,5 Kg
- altezza di caduta della massa battente	76 cm

SONDAGGIO S1

Profondità (m)	Nr. Colpi
3,65	2
3,80	1
3,95	1
9,15	1
9,30	1
9,45	0
12,15	3
12,30	4
12,45	6
15,15	7
15,30	7
15,45	9

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI DESUNTI DALLE PROVE SPT ESEGUITE LUNGO IL SONDAGGIO S1

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
COMPLESSO B	2	3,95	2	Gibbs & Holtz 1957	35,5
COMPLESSO C	1	9,45	1	Gibbs & Holtz 1957	25,1
COMPLESSO D	10	12,45	10	Gibbs & Holtz 1957	79,37
COMPLESSO D	16	15,45	16	Gibbs & Holtz 1957	100

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
COMPLESSO B	2	3,95	2	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	20,48
COMPLESSO C	1	9,45	1	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	18,87
COMPLESSO D	10	12,45	10	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	27,25
COMPLESSO D	16	15,45	16	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	30,49

Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Mpa)
COMPLESSO B	2	3,95	2	Bowles (1982) Sabbia Media	---
COMPLESSO C	1	9,45	1	Bowles (1982) Sabbia Media	---
COMPLESSO D	10	12,45	10	Bowles (1982) Sabbia Media	---
COMPLESSO D	16	15,45	16	Bowles (1982) Sabbia Media	15,20

Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Mpa)
COMPLESSO B	2	3,95	2	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	3,10
COMPLESSO C	1	9,45	1	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	2,89
COMPLESSO D	10	12,45	10	Begemann 1974	4,71

				(Ghiaia con sabbia)	
COMPLESSO D	16	15,45	16	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	5,92

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
COMPLESSO B	2	3,95	2	Classificazione A.G.I. 1977	SCIOLTO
COMPLESSO C	1	9,45	1	Classificazione A.G.I. 1977	SCIOLTO
COMPLESSO D	10	12,45	10	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO
COMPLESSO D	16	15,45	16	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAME NTE ADDENSATO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (KN/m³)
COMPLESSO B	2	3,95	2	Meyerhof ed altri	13,73
COMPLESSO C	1	9,45	1	Meyerhof ed altri	13,24
COMPLESSO D	10	12,45	10	Meyerhof ed altri	16,97
COMPLESSO D	16	15,45	16	Meyerhof ed altri	18,73

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (KN/m³)
COMPLESSO B	2	3,95	2	Terzaghi-Peck 1948-1967	18,34
COMPLESSO C	1	9,45	1	Terzaghi-Peck 1948-1967	18,24
COMPLESSO D	10	12,45	10	Terzaghi-Peck 1948-1967	18,83
COMPLESSO D	16	15,45	16	Terzaghi-Peck 1948-1967	19,22

Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
COMPLESSO B	2	3,95	2	(A.G.I.)	0,35
COMPLESSO C	1	9,45	1	(A.G.I.)	0,35
COMPLESSO D	10	12,45	10	(A.G.I.)	0,33
COMPLESSO D	16	15,45	16	(A.G.I.)	0,32

Modulo di deformazione a taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Mpa)
COMPLESSO B	2	3,95	2	Ohsaki (Sabbie pulite)	12,23

COMPLESSO C	1	9,45	1	Ohsaki (Sabbie pulite)	6,37
COMPLESSO D	10	12,45	10	Ohsaki (Sabbie pulite)	55,52
COMPLESSO D	16	15,45	16	Ohsaki (Sabbie pulite)	86,36

Velocità onde

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde m/s
COMPLESSO B	2	3,95	2		77,78
COMPLESSO C	1	9,45	1		55
COMPLESSO D	10	12,45	10		173,93
COMPLESSO D	16	15,45	16		220

Liquefazione

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Potenziale Liquefazione
COMPLESSO B	2	3,95	2	Seed (1979) (Sabbie e ghiaie)	< 0.04
COMPLESSO C	1	9,45	1	Seed (1979) (Sabbie e ghiaie)	< 0.04
COMPLESSO D	10	12,45	10	Seed (1979) (Sabbie e ghiaie)	< 0.04
COMPLESSO D	16	15,45	16	Seed (1979) (Sabbie e ghiaie)	0.04-0.10

Modulo di reazione Ko

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
COMPLESSO B	2	3,95	2	Navfac 1971-1982	0,27
COMPLESSO C	1	9,45	1	Navfac 1971-1982	0,02
COMPLESSO D	10	12,45	10	Navfac 1971-1982	2,10
COMPLESSO D	16	15,45	16	Navfac 1971-1982	3,32

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Mpa)
COMPLESSO B	2	3,95	2	Robertson 1983	0,39
COMPLESSO C	1	9,45	1	Robertson 1983	0,20
COMPLESSO D	10	12,45	10	Robertson 1983	1,96
COMPLESSO D	16	15,45	16	Robertson 1983	3,14

Sondaggio S2

Profondità (m)	Nr. Colpi
3,15	1
3,30	1
3,45	1
6,65	1
6,80	3
6,95	6
8,15	1
8,30	1
8,45	0
14,15	8
14,30	8
14,45	10

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI DESUNTI DALLE PROVE SPT ESEGUITE LUNGO IL SONDAGGIO S2 TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
COMPLESSO B	2	3,45	2	Gibbs & Holtz 1957	35,5
COMPLESSO C	9	6,95	9	Gibbs & Holtz 1957	75,3
COMPLESSO C	1	8,45	1	Gibbs & Holtz 1957	25,1
COMPLESSO D	18	14,45	18	Gibbs & Holtz 1957	100

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
COMPLESSO B	2	3,45	2	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	20,48
COMPLESSO C	9	6,95	9	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	26,62
COMPLESSO C	1	8,45	1	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	18,87
COMPLESSO D	18	14,45	18	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	31,43

Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Mpa)
COMPLESSO B	2	3,45	2	Bowles (1982) Sabbia Media	---
COMPLESSO C	9	6,95	9	Bowles (1982) Sabbia Media	---
COMPLESSO C	1	8,45	1	Bowles (1982) Sabbia Media	---
COMPLESSO D	18	14,45	18	Bowles (1982) Sabbia Media	16,18

Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Mpa)
COMPLESSO B	2	3,45	2	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	3,10
COMPLESSO C	9	6,95	9	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	4,51
COMPLESSO C	1	8,45	1	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	2,89
COMPLESSO D	18	14,45	18	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	6,32

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
COMPLESSO B	2	3,45	2	Classificazione A.G.I. 1977	SCIOLTO
COMPLESSO C	9	6,95	9	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO
COMPLESSO C	1	8,45	1	Classificazione A.G.I. 1977	SCIOLTO
COMPLESSO D	18	14,45	18	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAME NTE ADDENSATO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (KN/m³)
COMPLESSO B	2	3,45	2	Meyerhof ed altri	13,73
COMPLESSO C	9	6,95	9	Meyerhof ed altri	16,67
COMPLESSO C	1	8,45	1	Meyerhof ed altri	13,24
COMPLESSO D	18	14,45	18	Meyerhof ed altri	19,12

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (KN/m³)
COMPLESSO B	2	3,45	2	Terzaghi-Peck 1948-1967	18,34
COMPLESSO C	9	6,95	9	Terzaghi-Peck 1948-1967	18,73
COMPLESSO C	1	8,45	1	Terzaghi-Peck 1948-1967	18,24
COMPLESSO D	18	14,45	18	Terzaghi-Peck 1948-1967	19,32

Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
COMPLESSO B	2	3,45	2	(A.G.I.)	0,35
COMPLESSO C	9	6,95	9	(A.G.I.)	0,34
COMPLESSO C	1	8,45	1	(A.G.I.)	0,35
COMPLESSO D	18	14,45	18	(A.G.I.)	0,32

Modulo di deformazione a taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Mpa)
COMPLESSO B	2	3,45	2	Ohsaki (Sabbie pulite)	12,23
COMPLESSO C	9	6,95	9	Ohsaki (Sabbie pulite)	50,28
COMPLESSO C	1	8,45	1	Ohsaki (Sabbie pulite)	6,37
COMPLESSO D	18	14,45	18	Ohsaki (Sabbie pulite)	96,47

Velocità onde

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde m/s
COMPLESSO B	2	3,45	2		77,78
COMPLESSO C	9	6,95	9		165
COMPLESSO C	1	8,45	1		55
COMPLESSO D	18	14,45	18		233,35

Liquefazione

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Potenziale Liquefazione
COMPLESSO B	2	3,45	2	Seed (1979) (Sabbie e ghiaie)	< 0.04
COMPLESSO C	9	6,95	9	Seed (1979) (Sabbie e ghiaie)	< 0.04
COMPLESSO C	1	8,45	1	Seed (1979) (Sabbie e ghiaie)	< 0.04
COMPLESSO D	18	14,45	18	Seed (1979) (Sabbie e ghiaie)	0.04-0.10

Modulo di reazione Ko

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
COMPLESSO B	2	3,45	2	Navfac 1971-1982	0,27
COMPLESSO C	9	6,95	9	Navfac 1971-1982	1,89
COMPLESSO C	1	8,45	1	Navfac 1971-1982	0,02
COMPLESSO D	18	14,45	18	Navfac 1971-1982	3,69

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Mpa)
COMPLESSO B	2	3,45	2	Robertson 1983	0,39
COMPLESSO C	9	6,95	9	Robertson 1983	1,77
COMPLESSO C	1	8,45	1	Robertson 1983	0,20
COMPLESSO D	18	14,45	18	Robertson 1983	3,53

6.3) PROVA SISMICA DI SUPERFICIE MASW

In via sintetica i risultati forniti dall'indagine sismica MASW effettuata (la trattazione puntuale con grafici e sviluppo dati è descritta nell'allegata relazione di caratterizzazione sismica di sito) hanno permesso di definire la categoria di suolo del sito, che risulta posta nella categoria C, con valori di VS30 calcolati pari a:

<i>Prospezione sismica</i>	<i>$V_{S\ 0-30}$ (m/s)</i>
<i>MASW n. 1</i>	<i>[284 ÷ 285]</i>

Valori di V_{S30} calcolati, relativi alla prospezione sismica MASW effettuata.

Proprio in funzione della categoria di suolo **C** e della categoria topografica **T4** ($h/H = 1$) sono stati ricavati tutti i parametri d'interesse ingegneristico, quali gli spettri di risposta elastici, i quali sono stati effettuati con la seguente strategia di progettazione:

- Vita nominale della costruzione - $V_N \geq 50$ anni;
- Coefficiente d'uso della costruzione - $C_U = 1$ – Classe d'uso della costruzione II.

Il computo ha fornito valori massimi di a_g (accelerazione orizzontale massima al suolo) e S_e [g] (accelerazione orizzontale corrispondente ai periodi compresi tra T_B e T_C), relativamente agli stati limite SLD (Stato Limite di Danno) e SLV (Stato Limite di salvaguardia della Vita) pari a:

<i>a_g SLD</i>	<i>a_g SLV</i>	<i>S_e [g] SLD</i>	<i>S_e [g] SLV</i>
<i>[0.050]</i>	<i>[0.115]</i>	<i>[0.246]</i>	<i>[0.606]</i>

Valori massimi di a_g e S_e [g] relativamente agli stati limite SLD e SLV – componenti orizzontali degli spettri di risposta elastici. Vita nominale della costruzione - $V_N \geq 50$ anni; Coefficiente d'uso della costruzione - $C_U = 1$ – Classe d'uso della costruzione II; smorzamento 5%, fattore di struttura $q = 1.5$.

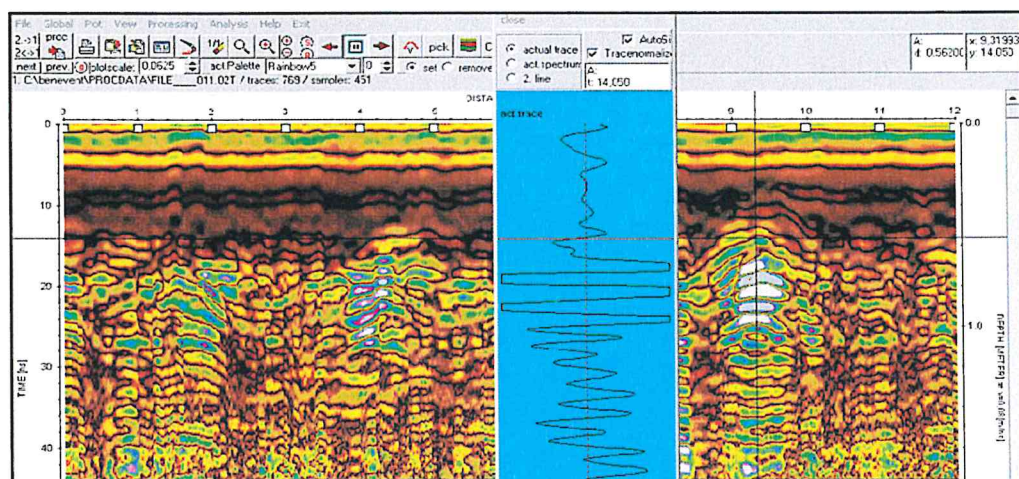
6.4) PROSPEZIONI GPR (GROUND PROBING RADAR)

6.4.1) Generalità

Col termine “georadar” o radar per sottosuolo (acronimo GPR) si designa uno strumento di prospezione geofisica che utilizza onde elettromagnetiche ad alta frequenza (0.5 - 2.5 GHz). Tali onde vengono immesse non nell’aria ma in un mezzo materiale, allo scopo di determinare alcune caratteristiche di interesse connesse alla presenza di discontinuità fisiche nel suo interno.

Si utilizzano antenne che inviano un impulso multifrequenza opportunamente calibrato e quando le onde elettromagnetiche incontrano sul loro cammino una discontinuità fisica, parte dell'energia elettromagnetica incidente ritorna nell'antenna e genera un impulso di forma simile a quello trasmesso. La forma dell’impulsi e la sua altezza massima distinguono le varie antenne disponibili, che vengono solitamente denominate dal valore mediano, chiamato frequenza centrale. Esistono varie antenne, con frequenza centrale che spazia da poche decine a centinaia di MHz. Le prime si usano per investigare contesti geologici quali ammassi rocciosi, le seconde per esplorare strutture quali calcestruzzo, i corpi stradali etc..

In tutti i casi il risultato della prospezione è una sezione verticale del suolo, fino a profondità dipendenti dal tipo di antenna utilizzato, nelle quali è possibile identificare la presenza di bersagli associabili alle preesistenze archeologiche. Il parametro considerato in queste sezioni è la riflettività, un fattore complesso definito in funzione delle caratteristiche dielettriche dei mezzi coinvolti nella prospezione. Queste sezioni – o radargrammi – sono visualizzate in tempo reale e archiviate su supporto magnetico ed un programma di analisi dei segnali è poi in grado di fornire la migliore presentazione dei risultati.



Nell'esempio sopra, l'analisi si rivolge alla grossa anomalia ubicata nella parte destra del tracciato. Per essa il puntatore indica (finestre sullo spigolo in alto a destra) una distanza di m 9,32 ca. dal punto di inizio del profilo e un ritardo di 14 ns, corrispondente ad una profondità di 0,56 dal p.c. Dalla finestra centrale si evidenzia che l'anomalia è dotata di caratteristiche strumentali (ampiezza e frequenze) molto significative e quindi di effettivo interesse ai fini delle problematiche assegnate. Dalla stessa analisi si stabilisce la qualità del segnale, che è legata alla natura e alle condizioni del terreno investigato. A questo proposito è opportuno sottolineare che come in tutte le prospezioni geofisiche esistono requisiti di massima da rispettare affinché le prestazioni del georadar siano adeguate alle esigenze dell'archeologia e dell'ingegneria civile.

La metodologia richiede due requisiti fondamentali:

- 1 - la trasparenza elettromagnetica dei terreni sovrastanti il bersaglio.
- 2 - l'instaurarsi di contrasti di riflettività tra bersaglio e terreno circostante;

Questo significa innanzitutto che i terreni devono possedere scarso contenuto di acqua sia in superficie che in profondità. Ma è difficile individuare strutture di interesse anche nei terreni secchi se i materiali costruttivi possiedono le stesse qualità elettriche dei terreni circostanti e sono nello stesso stato fisico. Come esempio di bersaglio facilmente individuabile si cita un grosso condotto metallico interrato in una sabbia a circa 150 cm di profondità. Lo stesso bersaglio sarà difficilmente individuabile se la sabbia è sommersa o se comporta una ingente componente argillosa.

Nelle migliori condizioni la metodologia consente – con la strumentazione applicata in questa occasione - di esplorare il terreno fino a profondità di circa 4 metri con elevata risoluzione e stabilire con buona precisione la profondità delle anomalie individuate.

Attenzione deve essere fatta anche alla presenza di fonti disturbo quali linee elettriche A.T., alternatori, ripetitori televisivi etc. Il rumore elettrico si traduce in segnali ad alta (nel dominio dei tempi) o bassa (nel dominio spaziale) frequenza, solitamente di agevole rimozione mediante procedure di calcolo automatico.

La procedura di elaborazione prevede innanzitutto un filtraggio passa-banda finalizzato ad eliminare i segnali spuri (i picchi estranei alla banda efficiente dello spettro, fissata in funzione del tipo di antenna impiegata e, nel caso specifico, pari a 50-500 MHz). Dopo l'eliminazione dei disturbi è però indispensabile applicare altre procedure a serie di segnali

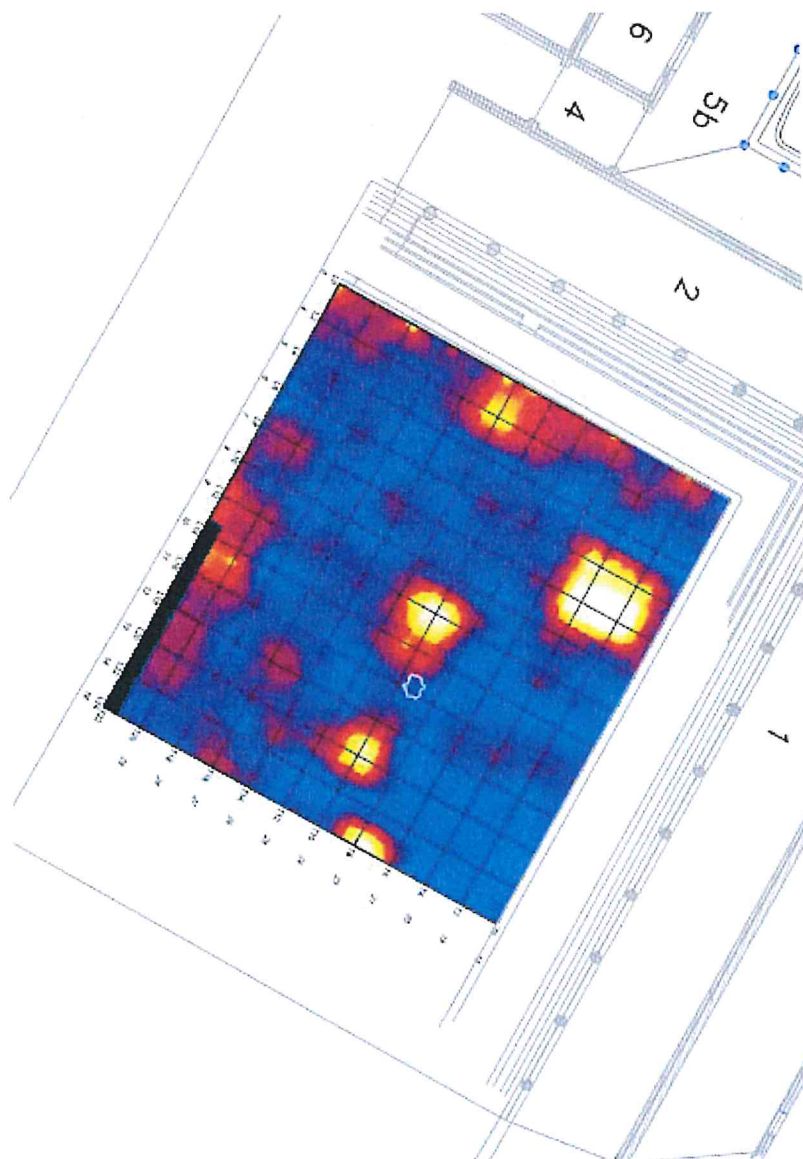
contigui, per sottrarre l'effetto di riflessioni parassite a bassa frequenza spaziale e così enfatizzare le riflessioni di interesse. Il fondo si rimuove sottraendo le frequenze orizzontali sopra i 20 m mentre eventuali "noise" (ad. es. quelli determinati dalla prossimità con motori elettrici) mediando 3-4 tracce consecutive.



Battute GPR nell'area del II peristilio

6.4.2) Risultati delle indagini e osservazioni

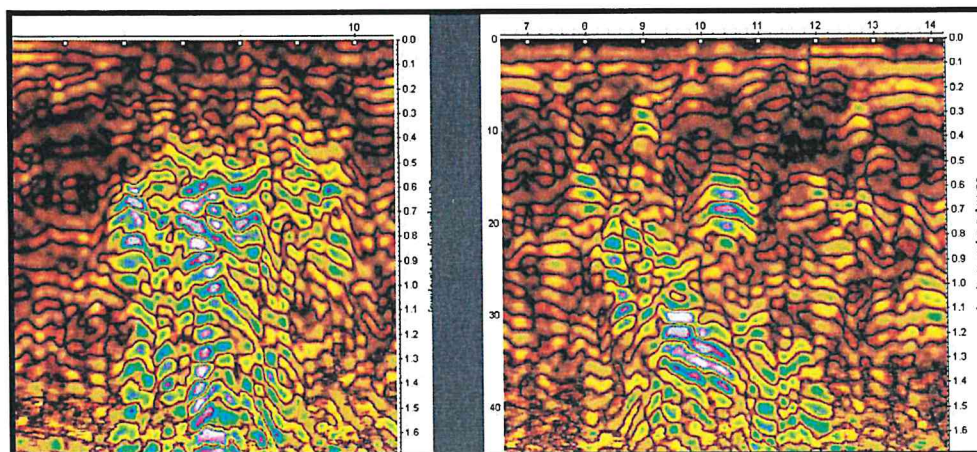
La carta delle anomalie GPR realizzata per l'area del peristilio di Villa San Marco indica la presenza di almeno 5 aree anomale, una della quali (quella più in alto rispetto alla traversa di riferimento ossia sez. T0) relativamente isolata, mentre le restanti sembrano allineate.



Slice tomografica nell'area del peristilio con ubicazione delle maglie georadar eseguite

La profondità dell'area più estesa, di forma pressoché rettangolare e dimensioni indicativamente pari a m 3x4, appare essere a circa 60 cm. la profondità delle restanti quattro, definite solo dai due profili tra loro ortogonali e dunque di dimensioni significativamente minori (e

comunque non superiori a m 2x2) risulta mediamente superiore (80-120 cm), come mostra il raffronto tra i tracciati.



La profondità, la forma e le dimensioni dei due diversi gruppi di anomalie sembrano essere originati da bersagli relativamente differenti tra loro. Dal punto di vista strumentale e/o statistico, l'anomalia più estesa assume sempre significato più rilevante, perché - come già indicato - essa è definita dall'incrocio di ben 4 profili. La sua presenza potrebbe essere compatibile con un vuoto, con buona probabilità una cisterna presente nell'area del peristilio.

7.0) CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA DEI COMPLESSI LITOTECNICI E COSTITUZIONE D'INSIEME DEL SOTTOSUOLO

Le indagini eseguite hanno permesso di definire l'assetto geologico - stratigrafico di dettaglio dell'area interessata dagli interventi di restauro di Villa San Marco, nel territorio comunale di Castellammare di Stabia, fornendo i dati per la comprensione delle problematiche geologiche connesse alla progettazione delle opere in oggetto.

L'analisi dei dati desunti dalla realizzazione dei due sondaggi geognostici correlati dalla esecuzione delle prove SPT in foro, della prova sismica di superficie MASW, ha permesso di accorpare i livelli con simili valori dei parametri geotecnici in complessi geomeccanici di riferimento.

Al di sotto di una coltre di terreni piroclastici misti a riporto privi di interesse geotecnico (Complesso A) si rinviene la serie dei prodotti piroclastici da fall - essenzialmente pomicei - dell'eruzione del 79 d.C. dotati di scadenti caratteristiche geomeccaniche (Complesso B). Seguono depositi terroso piroclastici molto evoluti tra i quali il paleosuolo del 79 d.C., i paleosuoli policiclici di formazione neolitica e paleolitica, livelli di piroclastiti ridepositate e humificate, prodotti vulcanoclastici, sempre caratterizzati da un elevato grado compressibilità, quindi globalmente dotati di grandezze geomeccaniche molto scadenti (Complesso C). La serie indagata si arresta in corrispondenza dei depositi piroclastici mediamente addensati dell'Ignimbrite Campana (Complesso D) caratterizzati da medie grandezze geomeccaniche.

A - COMPLESSO DEI SUOLI DI ALTERAZIONE SUPERFICIALE E DEI RIPORTI

Tale complesso, presenta uno spessore pari a circa 1.0 m, con variazioni casuali e generalmente nette. Si tratta prevalentemente di sabbie e ghiaie quali prodotti da *weathering* di materiali vulcanici. Generalmente poco humificate si presentano ricche in proietti vulcanici, pomici, lapilli e frammenti cristallini prevalentemente augite e leucite oltre che abbondante sostanza vetrosa. Al loro interno i terreni costituenti tale complesso, soprattutto in corrispondenza della parte più superficiale, si riconoscono residui di diverse sostanze organiche diffuse. Sono assimilati in tale gruppo anche gli ingenti accumuli di crolli/riporti sottostanti la parete di San Marco.

- spessore compreso tra 1,30 e 1,60 m
- orizzonte privo di interesse geotecnico

B - COMPLESSO DELLE POMICI

Pomici, lapilli e litici, anche di grosse dimensioni ($\phi_{\max} = 4.0$ cm), costituenti il fall piroclastico relativo alla fase iniziale e media dell'eruzione pliniana del 79 d.C. La parte alta di tale strato è costituita prevalentemente da pomici grigie prive di litici, mentre la parte bassa è costituita da pomici bianche con abbondanti litici. Il livello è quindi costituito da elementi a luoghi fortemente alterati inglobati in una consistente porzione di frazione fine. intercalati nello strato e alla base è generalmente riconoscibile un sottile livello di ceneri (ash fall) rappresentante il primo prodotto della summenzionata eruzione; a tale complesso appartengono anche altri livelli

di pomici legati a fenomeni eruttivi collocabili in epoca anteriore all'eruzione del 79 d.C., riconoscibili a più altezze nella successione stratigrafica

Caratterizzazione geomeccanica complesso B	u.m.	min.	max.	medio
Spessore	m	0,5	2,6	1,55
Peso di volume dei grani medio γ_s **	KN/mc	10,00		
Peso di volume naturale dei grani medio γ_n **	KN/mc	9,00		
NSPT*		2	2	2
Angolo di attrito interno *	(°)	20,48	20,48	20,48
Coesione c **	(KPA)	Nulla		
Permeabilità (k) **	m/s	Elevata per porosità		

* valori desunti da prove SPT

** valori desunti da bibliografia

C - COMPLESSO DEI PALEOSUOLI INDIFFERENZATI

Successione indifferenziata di più livelli di paleosuoli, ceneri humificate, limi humificati, piroclastiti argillificate rimaneggiate ed humificate, paleosuoli policiclici A più altezze sono riconoscibili piccoli intercalari cineritici variamente addensati ed arrivi di sabbie e ghiaie. In detto spessore vengono inglobati terreni dalle caratteristiche geomeccaniche eterogenee, ma assunte generalmente molto scadenti. Complessivamente possiamo assumere:

Caratterizzazione geomeccanica complesso C	u.m.	min.	max.	medio
Spessore	m	1,00	4,40	2,70
Peso di volume dei grani medio γ_s **	KN/mc	24,83	25,83	24,92
Peso di volume naturale dei grani medio γ_n **	KN/mc	12,42	15,88	13,62
NSPT *		1	9	3,7
Angolo di attrito interno *	(°)	18,87	26,62	21,45
Coesione c **	(KPA)	nulla		
Permeabilità (k) ***	m/s	4,02E-03		

* valori desunti da prove SPT

** valori desunti da bibliografia

D - COMPLESSO DEI DEPOSITI DEL TUFO GRIGIO CAMPANO

A tale complesso appartengono i depositi legati alla grande eruzione che determinò 39.000 anni dal presente, la messa in posto di depositi piroclastici noti in letteratura come *Ignimbrite Campana* o *Tufo Grigio*. Si tratta di una successione costituita da ceneri e sabbie piroclastiche ricche in scorie laviche, addensate e saldate spesso caratterizzate da un elevato grado di addensamento che le conferiscono aspetto semilitoide e tipica fratturazione colonnare. Fenomeni di alterazione soprattutto in prossimità della parte alta, possono localmente rendere le caratteristiche tecniche della compagine piuttosto scadenti ed in chiave idrogeologica costituire zone a minore permeabilità. Granulometricamente prevale la frazione sottile, composta generalmente da ceneri e sabbie che raggiungono una media che va oltre il 50% con picchi anche superiori al 90%. L'eccellenza di questo litotipo sta nella caratteristica presenza di un elevato grado di addensamento dovuto agli stessi particolari processi di

messa in posto. E' la neoformazione di minerali tipo zeoliti avvenuta prevalentemente durante le fasi di raffreddamento appena successive alla sua messa in posto, che conferisce al complesso un aspetto semi-litoide.

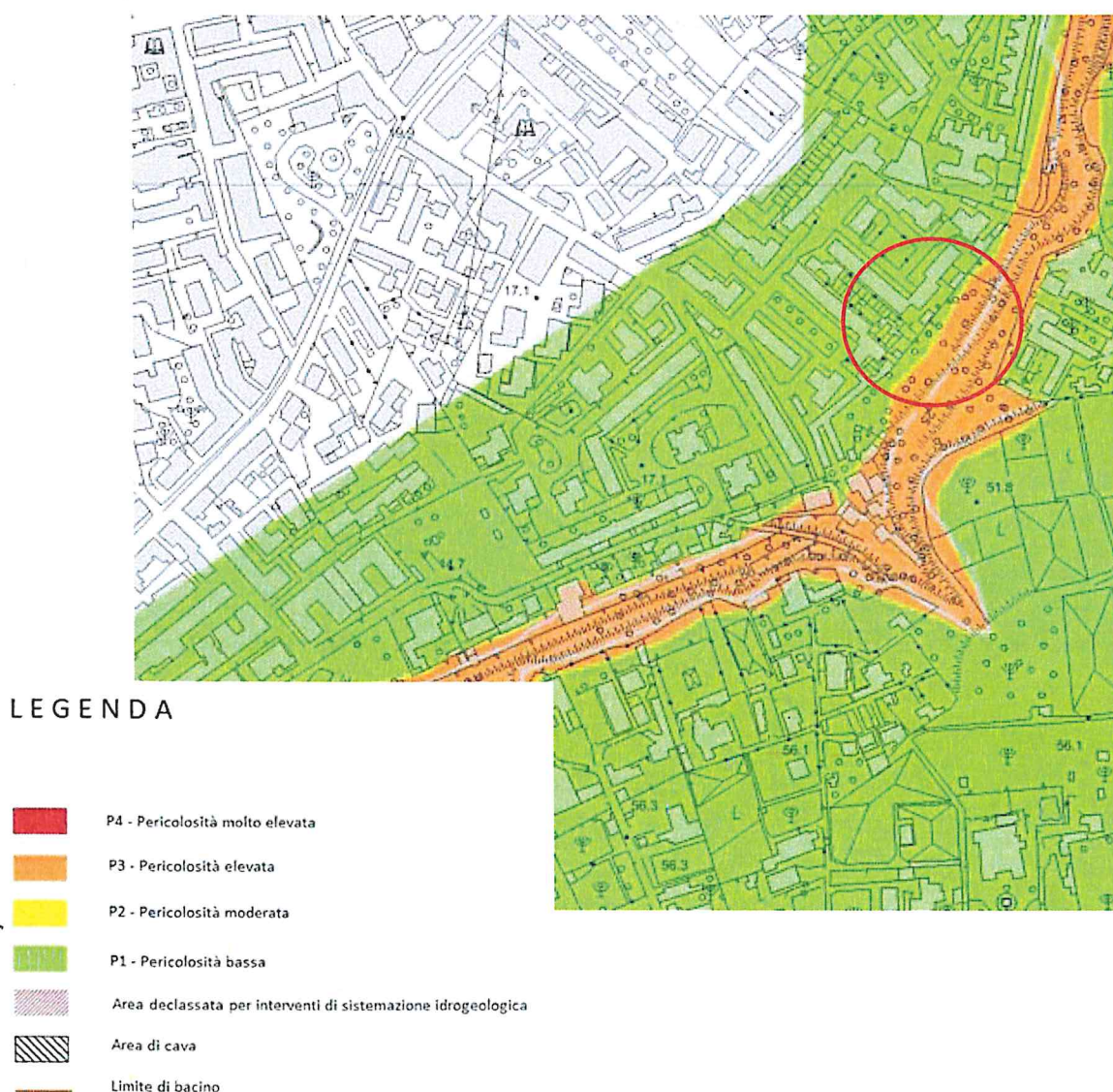
Caratterizzazione geomeccanica complesso D	u.m.	min.	max.	medio
Spessore	m	> 10,00		
Peso di volume dei grani medio γ_s **	KN/mc	10,04	13,4	
Peso di volume naturale dei grani medio γ_n **	KN/mc	-	-	
NSPT*		10	18	14,67
Angolo di attrito interno **		27,25	31,43	29,72
Coesione c **	(KPA)	nulla		
Permeabilità (k)**	m/s	elevata per fessurazione e fratturazione		
Resistenza a compressione**	MPA	1,1-7,1		

* valori desunti da prove SPT

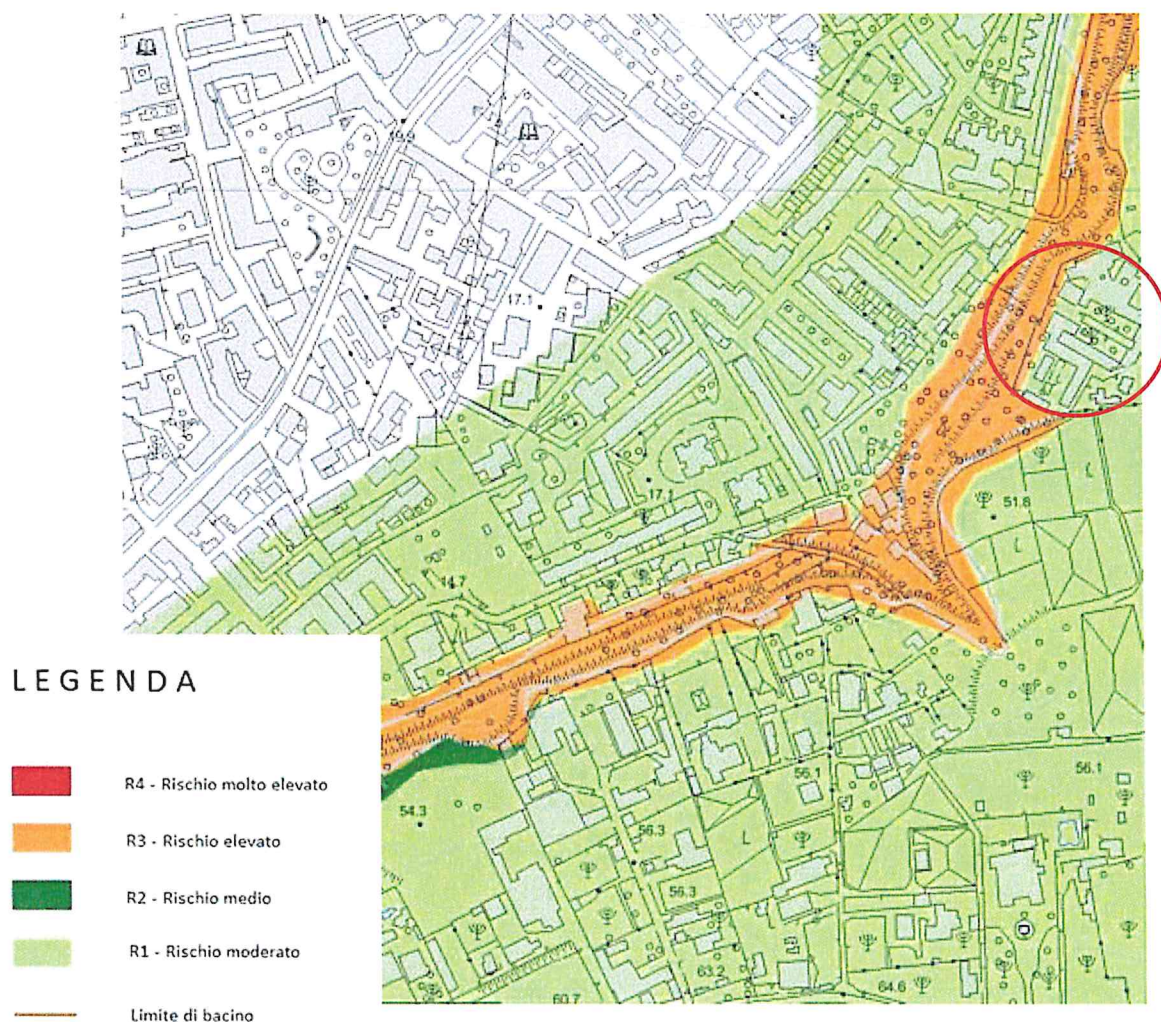
** valori desunti da bibliografia

8.0 – INQUADRAMENTO DELL'AREA NELLA CARTOGRAFIA DI RISCHIO DELL'AUTORITÀ DI BACINO REGIONALE CAMPANIA CENTRALE

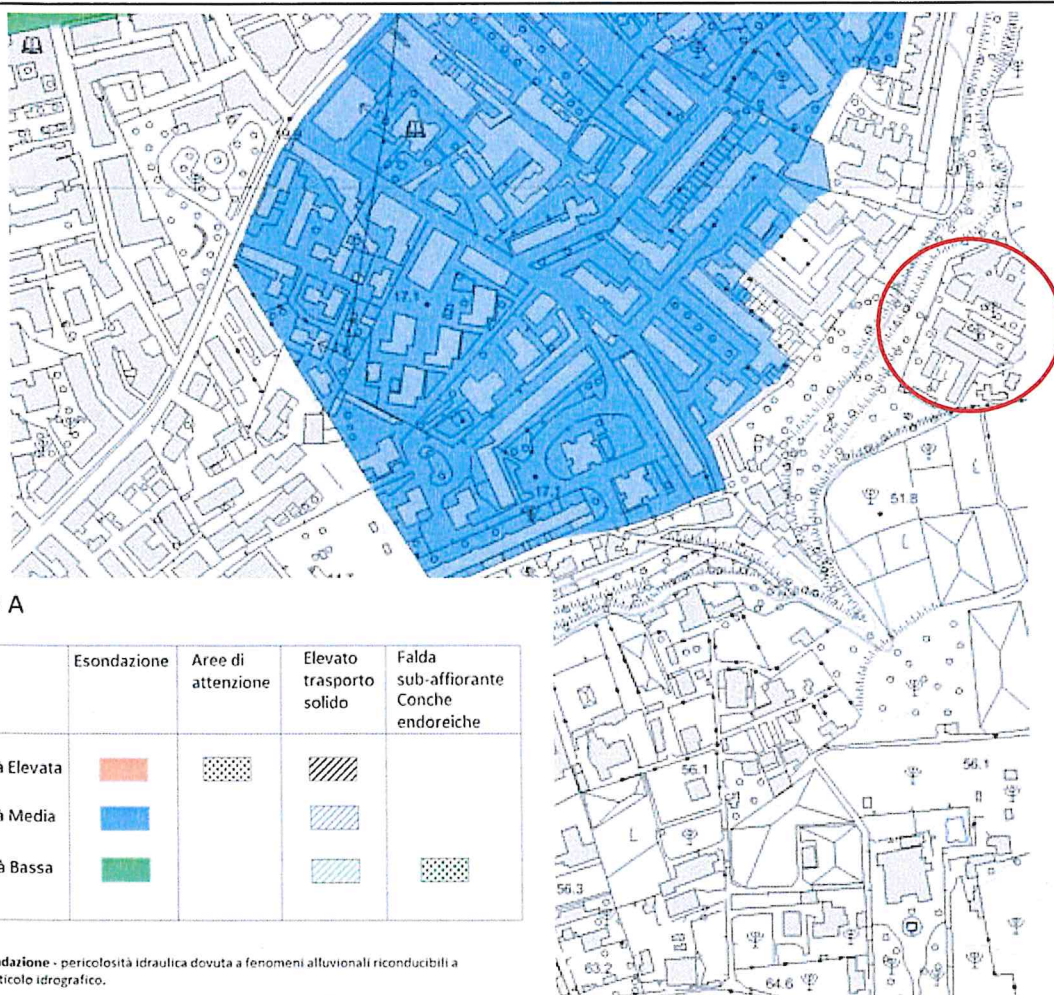
In base al Piano stralcio Idrogeologico adottato dall'AdB regionale della Campania Centrale, l'area dove si colloca Villa di San Marco, non risulta esposta a rischio/pericolosità idraulica. Diversamente, la parte della struttura archeologica edificata sul piano del terrazzo di Varano, ricade in area perimetrata a rischio da frana moderato e pericolosità da frana bassa. La parte delle strutture di Villa San Marco poste al margine nord occidentale, in corrispondenza dell'acclive parete del terrazzo di Varano, risulta caratterizzato da rischio/pericolosità da frana elevato.



Stralcio cartografia Pericolosità da frana - ADB Campania Centrale scala 1:5000



Stralcio cartografia Rischio da frana - ADB Campania Centrale scala 1:5000



LEGENDA

	Esondazione	Aree di attenzione	Elevato trasporto solido	Falda sub-affiorante Conche endoreiche
P3 - Pericolosità Elevata				
P2 - Pericolosità Media				
P1 - Pericolosità Bassa				

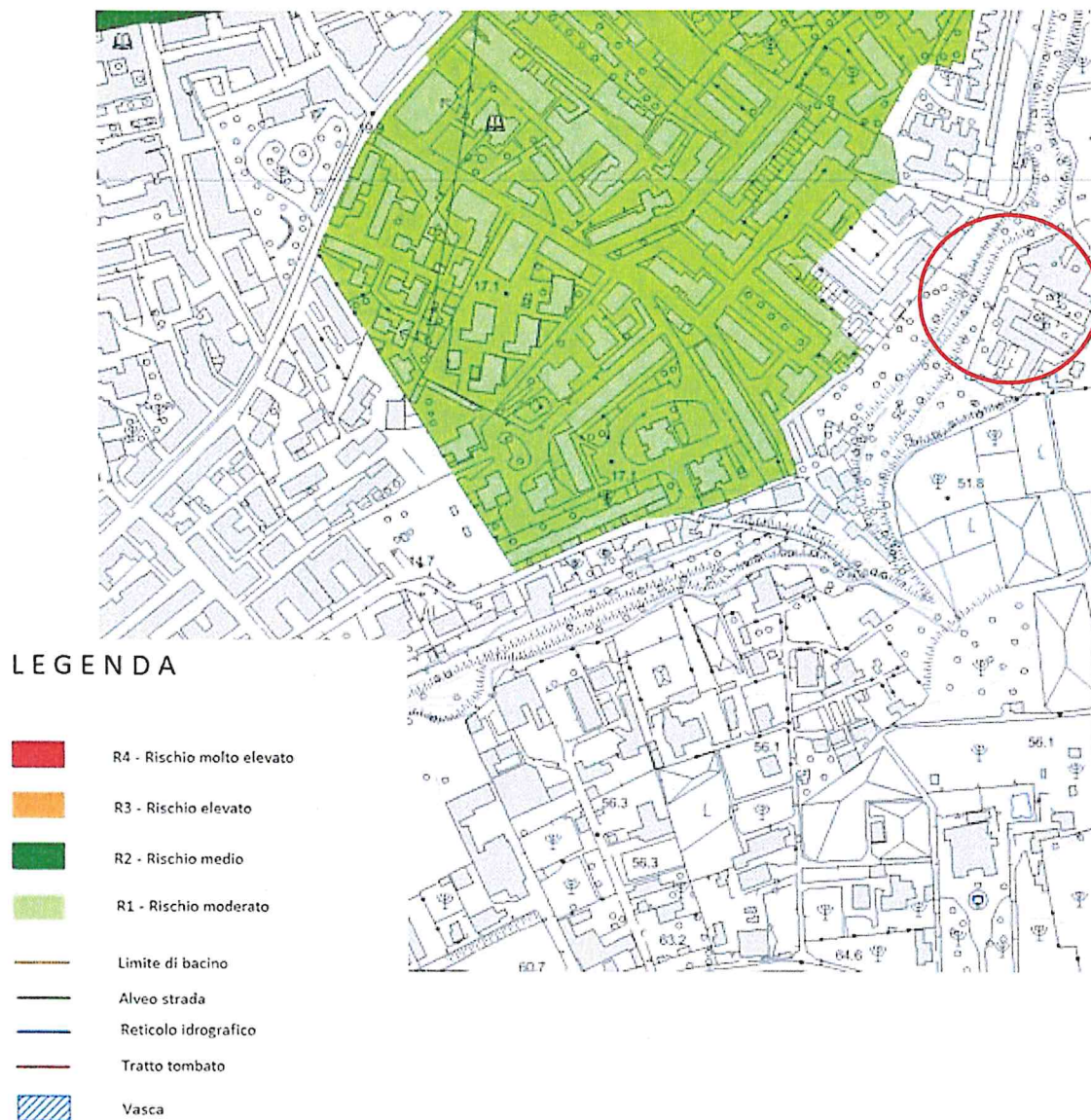
Pericolosità da esondazione - pericolosità idraulica dovuta a fenomeni alluvionali riconducibili a esondazione del reticolo idrografico.

Pericolosità per elevato trasporto solido - pericolosità idraulica dovuta a fenomeni alluvionali caratterizzati da elevato trasporto solido (flussi iperconcentrati, colate detritiche, debris - flow, etc).

Area di attenzione - "aree ad elevata suscettibilità di allagamento ubicate al piede di valloni", "punti/fasce di possibile crisi idraulica localizzata/diffusa", "fasce di attenzione per la presenza di alvei strada".

- Limite di Bacino
- Alveo strada
- Reticolo idrografico
- Tratto tombato
- Vasca

Stralcio cartografia Pericolosità Idraulica- ADB Campania Centrale scala 1:5000



Stralcio cartografia Rischio Idraulico- ADB Campania Centrale scala 1:5000

9.0 – CONCLUSIONI

Il presente referto riferisce sulla fattibilità geologico-tecnica degli interventi di restauro da realizzarsi per la struttura di Villa San Marco nel territorio comunale di Castellammare di Stabia (NA).

L'insieme delle indagini condotte ha fornito la stratigrafia di interesse e la caratterizzazione geotecnica dei litotipi costituenti il sottosuolo oltre che rendere possibile l'inquadramento in chiave di microzonazione sismica del sito.

Alla luce della Normativa sismica regionale (L.R. 9/83), della Normativa sismica nazionale (D.M. Infrastrutture e Trasporti del 14 settembre 2005), delle Norme tecniche per le costruzioni (N.T.C. febbraio 2008) nonché della Normativa Difesa del suolo regionale (Norme Attuazione Autorità di Bacino della Campania Centrale), in accordo con la committenza - Parco Archeologico di Pompei - è stata condotta una campagna di indagini geologiche dirette ed indirette. Nello specifico sono state realizzati:

- N. 2 sondaggi meccanici a rotazione continua spinti fino alla profondità di 20,00 m dal p.c.
- N. 8 prove SPT (N. 4 per foro di carotaggio)
- N. 1 prova sismica di superficie MASW

Per la verifica della eventuale presenza di vuoti/cavità è stata condotta una battuta di indagini GPR (Ground Probing Radar) in corrispondenza del c.d. II peristilio.

Al di sotto di una coltre di terreni piroclastici misti a riporto privi di interesse geotecnico (Complesso A) si rinviene la serie dei prodotti piroclastici da fall - essenzialmente pomicei - dell'eruzione del 79 d.C. dotati di scadenti caratteristiche geomeccaniche (Complesso B). Seguono depositi terroso piroclastici molto evoluti tra i quali il paleosuolo del 79 d.C., i paleosuoli policiclici di formazione neolitica e paleolitica, livelli di piroclastiti ridepositate e humificate, prodotti vulcanoclastici, sempre caratterizzati da un elevato grado compressibilità, quindi globalmente dotati di grandezze geomeccaniche molto scadenti (Complesso C). La serie indagata si arresta in corrispondenza dei depositi piroclastici mediamente addensati dell'Ignimbrite Campana (Complesso D) caratterizzati da medie grandezze geomeccaniche. Nel corso delle terebrazioni non è stata rinvenuta la presenza della falda acquifera.

In base al sistema di caratterizzazione geofisica e geotecnica del profilo stratigrafico del suolo proposta dall' Ordinanza O.P.C.M. n. 3274 del 20 marzo 2003, il sito è stato indagato

attraverso l'esecuzione di N. 1 prova sismica di superficie MASW. In allegato sono state ampiamente descritte le modalità di esecuzione della prova e discussi i risultati ottenuti.

In via sintetica il sito ove si colloca Villa San Marco ricade nella categoria C con Vs 30 pari a 284-285 m/s.

In base alla delibera di Giunta Regionale n° 5447 del 07.11.2002, il Comune di Castellammare di Stabia è stato classificato in terza zona sismica. In tali zone il grado di sismicità da considerare è $S = 6$ con $a_g = 0.15$ (g);

Le indagini GPR condotte all'interno del c.d. II peristilio hanno rivelato la presenza di una sola anomalia di rilievo, riconducibile con buona approssimazione, alla presenza di una cisterna.

In base al Piano stralcio Idrogeologico adottato dall'AdB regionale della Campania Centrale, l'area dove si colloca Villa di San Marco, non risulta esposta a rischio/pericolosità idraulica. Diversamente, la parte della struttura archeologica edificata sul piano del terrazzo di Varano, ricade in area perimetrata a rischio da frana moderato e pericolosità da frana bassa. La parte delle strutture di Villa San Marco poste al margine nord occidentale, in corrispondenza dell'acclive parete del terrazzo di Varano, risulta caratterizzato da rischio/pericolosità da frana elevato.

Scafati aprile 2018

il responsabile
dott. G. Di Maio

