

COMUNE DI SAN PRISCO

Provincia di Caserta

PIANO URBANISTICO COMUNALE

...

STUDIO GEOLOGICO DEL TERRITORIO COMUNALE

TAV.	RELAZIONE GENERALE	
G1		
Scala 1/...	Data: Giugno 2010	
I Geologi		
dott. Giovanni De Falco	dott. Gennaro D'Agostino	dott. Marco Cavallaro

INDICE

1. PREMESSA.....	2
2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE.....	3
3. INDAGINI SVOLTE.....	9
3.1 Letture freatimetriche.....	10
3.2 Sondaggi meccanici a carotaggio continuo.....	11
3.3 Prove penetrometriche statiche.....	11
3.4 Indagine sismica.....	11
3.5 Analisi di laboratorio	13
4. INDAGINI DISPONIBILI ESEGUITE NEGLI ULTIMI 27NNI SUL TERRITORIO COMUNALE.....	13
5.GEOLOGIA E TETTONICA DEL TERRITORIO COMUNALE.....	14
6. GEOMORFOLOGIA E CONDIZIONI DI STABILITÀ'.....	18
7. CLIMATOLOGIA.....	23
8. IDROGEOLOGIA	26
9. STRUTTURA STRATIGRAFICA.....	29
10. CARATTERIZZAZIONE LITOLOGICA E GEOTECNICA DEI TERRENI.....	30
10.1 Aspetti generali	30
10.1.1. Sondaggi e prove eseguite	30
10.1.2.Caratterizzazione geotecnica dei terreni.....	42
10.1.2.1 Resistenza a rottura.....	43
10.1.2.2 Deformabilità.....	43
11. INDAGINE GEOFISICA E ZONAZIONE DEL TERRITORIO IN PROSPETTIVA SISMICA.....	43
12. RISCHI.....	51
13. COMMENTI ALLE CARTE.....	53
13.1. Carta geolitologica.....	53
13.2 Sezioni litostratigrafiche.....	54
13.3. Carta geomorfologica e della stabilità.....	54
13.4. Carta idrogeologica.....	55
13.5 Carta della microzonazione sismica.....	56
13.6 Carta ubicazione delle prove.....	57
14. CONCLUSIONI.....	58
BIBLIOGRAFIA.....	60

1. PREMESSA

Con Convenzione 19-05-2010, tra il dott. Giovanni De Falco in qualità di capogruppo del R.T.P. De Falco Giovanni - D'Agostino Gennaro - Cavallaro Marco ed il Responsabile dell'Area Tecnica del Comune di S. Prisco è stato affidato lo studio geologico del territorio comunale ai fini dell'adozione del Piano Urbanistico Comunale.

Tale studio è stato eseguito alla luce delle disposizioni contenute nella L.R. n. 16/2004, nel D. G. R.C. n. 834 del 11-05-2007, nel D. M. LL.PP. 11-03-1988, negli artt. 11 e 12 della L.R.C. n. 9/83 e nel D.M. 14-01-2008.

Il comune di S. Prisco (Ce), già classificato sismico di seconda categoria con l'O.P.C.M. 20-03-203 n. 3274 è stato inserito nella "zona 2".

Lo studio ha avuto l'obiettivo di:

- verificare l'eventuale esistenza di problemi stratigrafici, tettonici, neotettonici, idrogeologici che in qualche modo potessero essere pregiudizievoli per i manufatti esistenti, per quelli da realizzare nonché per le destinazioni d'uso del territorio comunale;
- ricostruire le formazioni presenti nel territorio comunale, definire il modello geologico-tecnico del sottosuolo e determinare zone omogenee per quanto riguarda il comportamento dei terreni in prospettiva sismica.

Gli scriventi pertanto, hanno proceduto ad:

- una accurata ricerca bibliografica e cartografica volta ad inquadrare le caratteristiche geologiche del territorio;
- un numero sufficiente di dettagliati sopralluoghi preliminari su tutto il territorio comunale con lo scopo di descriverne gli aspetti morfologici più significativi;
- una verifica delle eventuali condizioni di attuale attività di strutture tettoniche locali (neotettoniche) al fine di valutarne l'incidenza sull'utilizzo in sicurezza del territorio;
- uno studio geognostico di tutto il territorio abitato o destinato a nuovi insediamenti al fine di conoscere le caratteristiche litostratigrafiche più significative, le caratteristiche tecniche dei principali orizzonti e le eventuali variazioni di omogeneità di facies litologica;
- uno studio delle caratteristiche idrologiche ed idrogeologiche del territorio anche in funzione dell'eventuale utilizzazione e protezione delle risorse idriche.

Tutto ciò al fine di procedere ad una classificazione generale di sintesi adatta a valutare l'incidenza dei parametri geologici, geotecnici, idrogeologici e geofisici del terreno in relazione ad un corretto utilizzo di esso.

I risultati dello studio hanno permesso la stesura dei seguenti elaborati:

- 1) "Relazione generale" conclusiva ed esplicativa dei risultati delle indagini avente l'obiettivo di fornire indicazioni utili per l'elaborazione e l'approvazione del P.U.C. – TAV. G1;
- 2) "Prove eseguite" contenente la ricostruzione stratigrafica e stratimetrica dei terreni impegnati dai sondaggi geognostici, le analisi e prove di laboratorio su alcuni dei campioni prelevati nel corso dei sondaggi, le tabelle e i diagrammi delle prove penetrometriche statiche e le misure e la interpretazione delle prove sismiche – TAV. G2;

- 3) "Prove disponibili", eseguite negli ultimi 27 anni sul territorio comunale, fornite dall'U.T.C., contenente le stratigrafie, le tavole e diagrammi delle prove penetrometriche statiche e dinamiche, le analisi e prove di laboratorio su alcuni campioni prelevati nel corso dei sondaggi nonché i risultati di prove sismiche eseguite in varie epoche sul territorio comunale – TAV. G2/a);
- 4) "Carta geolitologica" dell'intero territorio comunale in scala 1:5.000 – TAV. G3;
- 5) "Sezioni geologiche" più significative – TAV. G4;
- 6) "Carta geomorfologica e della stabilità" dell'intero territorio comunale in scala 1: 5.000 – TAV. G5;
- 7) "Carta idrogeologica" dell'intero territorio comunale in scala 1:5.000 – TAV. G6;
- 8) "Carta della microzonazione sismica" dell'intero territorio comunale in scala 1:5.000 – TAV. G7;
- 9) "Carta ubicazione sondaggi e prove" in scala 1: 5.000 – TAV. G8;

La carta di base utilizzata è stata fornita dall'U.T.C. La direzione dei lavori per l'esecuzione delle indagini è stata svolta dagli scriventi.

2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE.

Il territorio del comune di S. Prisco è localizzato sul margine nord-orientale della Piana Campana, un'ampia e profonda depressione strutturale ("graben") colmata da depositi piroclastici e alluvionali intervallati da frequenti episodi marini e palustri.

L'assetto attuale della "Piana Campana" è conseguenza delle fasi tettoniche verificatesi dal Pliocene superiore al Pleistocene inferiore che, in conseguenza di movimenti prevalentemente extensionali, hanno determinato lo smembramento e, durante il Quaternario, il successivo pronunciato sprofondamento di alcune migliaia di metri delle unità meso-cenozoiche dell'Appennino Campano.

Gli elementi tettonici lungo i quali è avvenuto lo sprofondamento, con un rigetto variabile da 3 a 5 Km, sono prevalentemente orientati NO-SE, NE-SO ed E-O.

I blocchi monoclinali delle strutture carbonatiche, variamente ruotati e dislocati dagli eventi tettonici, degradano a gradinata verso la piana. Perforazioni profonde ed indagini geofisiche eseguite nell'ambito di una ricerca geotermica nell'Italia Meridionale hanno messo in evidenza che:

- le faglie dirette hanno fatto sprofondare i calcari e le loro coperture cenozoiche di diverse centinaia di metri già a breve distanza dei rilievi carbonatici;
- il substrato carbonatico nella piana appare dislocato a profondità maggiori di 2.000 metri e nell'area del Sebeto esso risulta dislocato a profondità superiori ai 3.000 metri (La Torre et alii, 1982).

Tutti i terreni che colmano il "graben" sono costituiti, pertanto, nella parte basale da lembi residui della serie cenozoica, quindi dai prodotti del Roccamontagna e della prima attività dei Campi Flegrei nonché dai prodotti

coevi dell'attività erosiva delle acque continentali che sfociavano nel braccio di mare che si estendeva tra i monti carbonatici e gli edifici vulcanici.

Successivamente furono depositati i terreni più superficiali costituiti dai prodotti vulcanici dei Campi Flegrei e del Somma - Vesuvio.

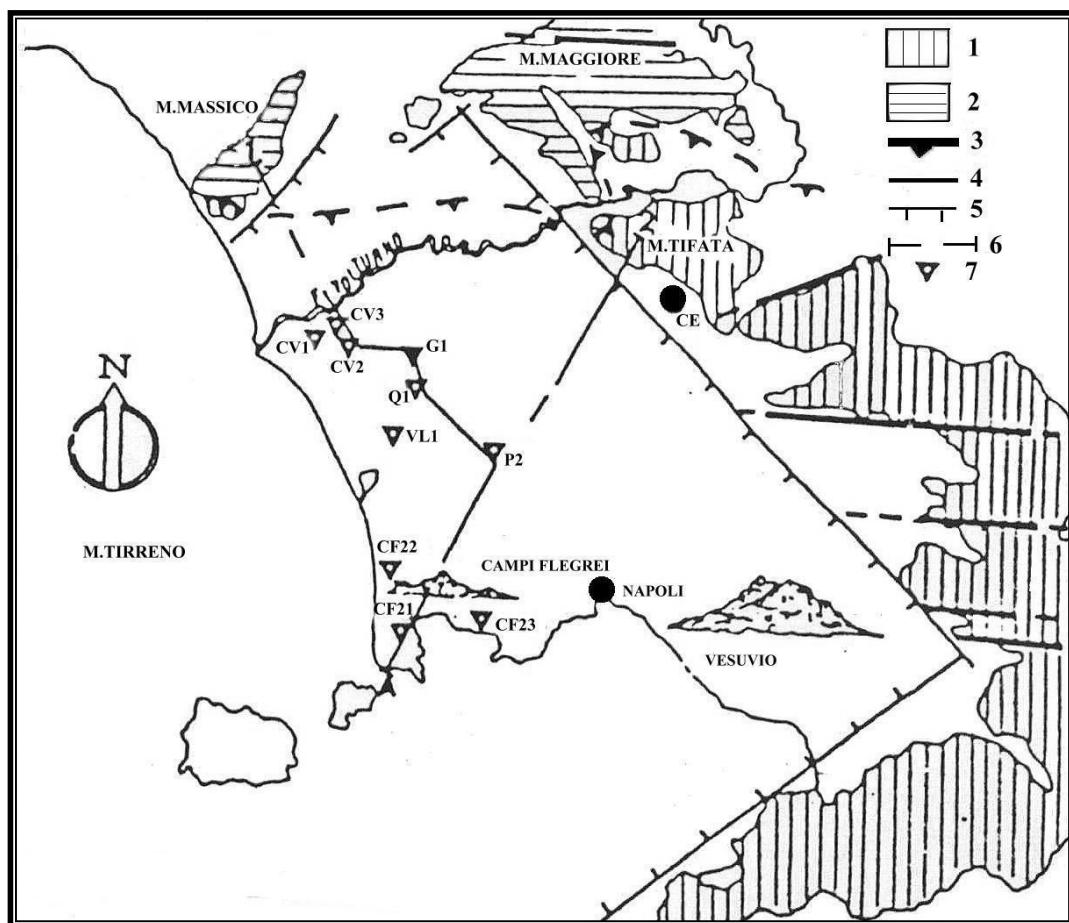


Fig. 1 – Schema tettonico della Piana Campana e delle aree circostanti (da Ortolani & Aprile, 1985) 1) Unità carbonatiche della piattaforma Campano-Lucana; 2) Unità carbonatiche della piattaforma Abruzzese-Campana; 3) Fronte di sovrascorrimento delle unità della piattaforma Campano-Lucana; 4) Strutture mioceniche; 5) Faglie dirette quaternarie; 6) Traccia delle sezioni geologiche interpretative; 7) Sondaggi meccanici.

Le linee tettoniche lungo le quali è avvenuto l'abbassamento sono ben riconoscibili ai bordi della pianura, dove si osservano faglie orientate NE-SW e NW-SE, che hanno determinato il graduale sprofondamento delle rocce carbonatiche, appartenenti a due distinte unità tettoniche sovrapposte, affioranti tutto intorno al graben al di sotto di notevoli spessori di depositi alluvionali e vulcanici quaternari, la campano-lucana e l'abruzzese campana.

In superficie, quindi, sono ben osservabili le strutture marginali del graben. Le strutture recenti principali sono rappresentate da faglie normali orientate NE-SW e NW-SE, che in almeno due fasi del Quaternario hanno determinato rigetti verticali dell'ordine di qualche migliaia di metri.

Le strutture mioceniche, osservabili ai margini della Piana, sono connesse ai fenomeni di sovrascorrimento che hanno interessato la copertura

sedimentaria triassico-miocenica e non sono legate alle deformazioni attuali del basamento cristallino.

Queste ultime hanno orientamento W-E e sono costituite da una serie di monoclinali immergenti a Nord e delimitate a Sud da faglie normali, aventi rigetti verticali fino a mille metri e che tendono ad estinguersi, verso il basso, sulle superfici di sovrascorrimento.

Le faglie recenti, cui sono connessi anche i fenomeni vulcanici del graben della Piana Campana, sono evidenti, con gli stessi orientamenti e sempre con notevoli rigetti verticali, in tutto l'Appennino Campano-Lucano.

Le aree vulcaniche marine, antistanti la Piana Campana (Isole Pontine, Ischia), sono da mettere in relazione principalmente con strutture recenti ed antiche parallele alla catena, lungo una fascia in cui, in profondità al di sotto dei depositi del Miocene superiore, Pliocene e Quaternario, si ha il probabile contatto tra la crosta assottigliata del tipo tirrenico e quella deformata ed ispessita sottostante la catena.

Lungo tale fascia, si potrebbe avere la sovrapposizione della crosta del bordo orientale tirrenico sulle unità sedimentarie ricoprenti la crosta deformata del margine continentale africano. Le strutture principali recenti che hanno controllato il vulcanismo di questa fascia, quindi, sarebbero da collegare principalmente all'assetto strutturale profondo determinatosi dal Pliocene al Quaternario.

I fenomeni vulcanici del Roccamontefina, dell'area Flegrea e del Vesuvio sono connessi a strutture recenti che interessano anche la crosta che, deformatasi probabilmente per fenomeni compressivi fino al Messiniano, sostiene le unità sedimentarie della catena.

Queste zone vulcaniche sono ubicate in corrispondenza dei graben delimitati da faglie orientate NE-SW e NW-SE, là dove si individuano le zone di massimo sprofondamento.

La struttura profonda della Piana Campana è stata indagata sia con prospezioni geofisiche che con pozzi profondi.

I sondaggi (profondi sino ad alcune migliaia di metri), però, non hanno mai raggiunto, nella parte centrale del graben, il substrato carbonatico sottostante i potenti depositi alluvionali detritici e vulcanici quaternari.

Le strutture profonde, quindi, risultano ancora oggi di difficile e controversa interpretazione per gli oggettivi limiti delle indagini finora condotte (Fig. 2).

I dati pubblicati in letteratura (CELICO, 1983; CIVITA et Alii, 1973; CORNIELLO et Alii, 1990; ORTOLANI & APRILE, 1978; 1985)(DE RISO, 1990) indicano, un sottosuolo così articolato, dall'alto:

1. terreni prevalentemente sabbiosi, dunari e di spiaggia e depositi limo-argillosi di interduna, affioranti in una fascia larga circa 1-2 km prospiciente il mare;

2. depositi limo-sabbiosi fluvio-palustri associati a depositi torbosi, che affiorano nella maggior parte dell'area in esame e raggiungono i massimi spessori (30 m) in prossimità del corso del Volturno;

3. tufo grigio campano, spesso sormontato da piroclastiti sciolte, affiorante diffusamente nella piana; il banco di tufo si approfondisce e si

assottiglia via via che ci si approssima al corso del Volturro; infatti lo spessore complessivo varia dai 40÷45 m alle pendici del recinto montuoso ai 2÷3 m in prossimità del F. Volturro dove sovente il tufo ha consistenza "terrosa" ed a luoghi è assente per locali fenomeni erosivi;

4. terreni sabbioso-limoso-ghiaiosi di ambiente marino, rinvenuti in perforazione alla base del tufo, che talora passano lateralmente o poggiano su terreni granulometricamente affini ma di origine piroclastica; lo spessore è di 50÷60 m;

5. -terreni a granulometria fine (da limo-sabbiosi a limo-argillosi), anch'essi di probabile ambiente marino, con spessori di qualche centinaio di metri;

6. -depositi vulcanici antichi (tufi e lave andesitiche e basaltiche attribuibili ad attività preflegrea) con spessori notevoli;

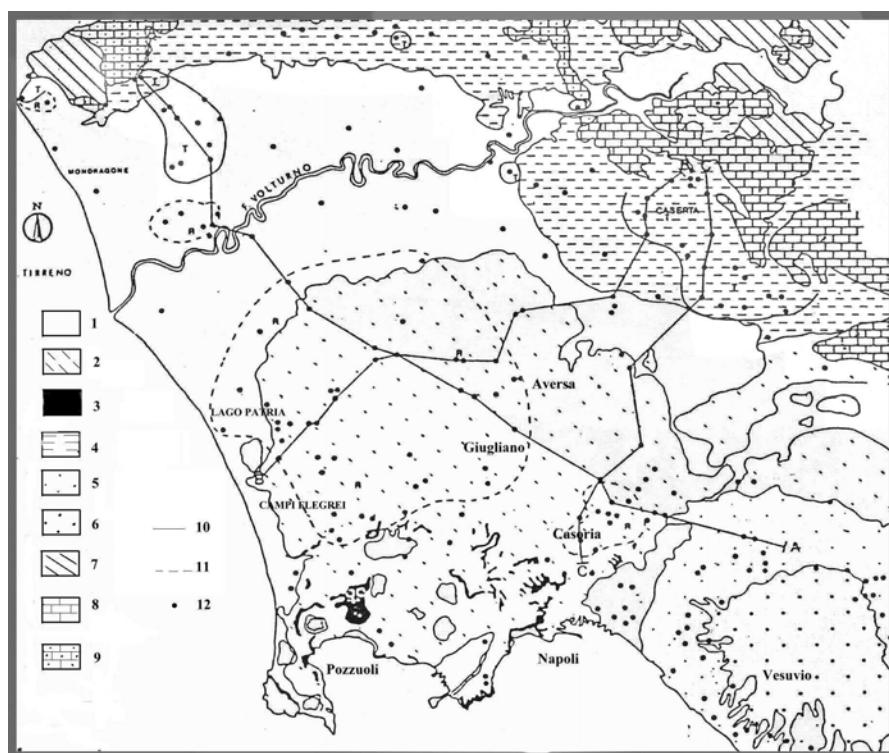


Fig. 2 – Schema geologico della Piana Campana (da Ortolani & Aprile, 1985)

1) Alluvioni recenti; 2) Piroclastiti recenti dei Campi Flegrei; 3) Tufo giallo; 4) Tufo grigio; 5) Piroclastiti del Somma Vesuvio; 6) Lave e piroclastiti del Somma Vesuvio; 7) Arenarie, argille e marne mioceniche; 8) Calcari e dolomie della piattaforma Campano-Lucana; 9) Calcari e dolomie della piattaforma Abruzzese-Campana; 10) Travertino presente nel sottosuolo; 11) Lave a piccola profondità; 12) Perforazioni;

7. -depositi clastici di età mio-pliocenica (profondità 3÷5 km) affioranti localmente al raccordo morfologico dei versanti carbonatici (M.te Tifata) con l'area di piana;

8. - terreni in facies di flysch arenaceo argilloso noti in letteratura come *Formazione delle arenarie di Caiazzo*, affioranti con rapporti tettonici nelle aree di rilievo carbonatico;

9. -terreni carbonatici di piattaforma, affioranti al M.te Tifata e mai raggiunti dalle perforazioni profonde eseguite nel settore baricentrico della Piana Campana poichè ribassati da "ripide" gradonate di faglia.

Dall'andamento del tetto del Tufo Grigio Campano, si osserva un aumento della profondità di questo ultimo dalle zone circostanti la Piana Campana verso il corso del fiume Volturno; la massima profondità si raggiunge nella parte terminale del corso (circa -20 m s.l.m.). La morfologia attuale del suolo riproduce a grandi linee l'andamento del Tufo Grigio a NW dell'allineamento Napoli-Caserta; a SE di tale allineamento ad un'immersione generale del tetto del tufo verso il Vesuvio corrisponde un andamento topografico superficiale opposto.

Nella zona del basso corso del fiume Volturno i terreni di copertura hanno spessore variabile da circa 20 m a circa 40 m. In questa zona, tra Cancello Arnone e Villa Literno, a luoghi, non si rinviene la formazione tufacea; questa mancanza è da attribuire all'azione di processi erosivi successivi alla messa in posto dell'ignimbrite (Ortolani & Aprile, 1985).

Osservando la carta delle isopache (Fig. 5), si nota chiaramente un andamento dello spessore della formazione ignimbritica decrescente a partire dai monti di Caserta e in un'area compresa tra il Lago di Patria e l'abitato di Giugliano e ad est di questo ultimo. Queste zone sono di massimo spessore e coincidenti, in pratica, con le zone di minore profondità del tetto del tufo.

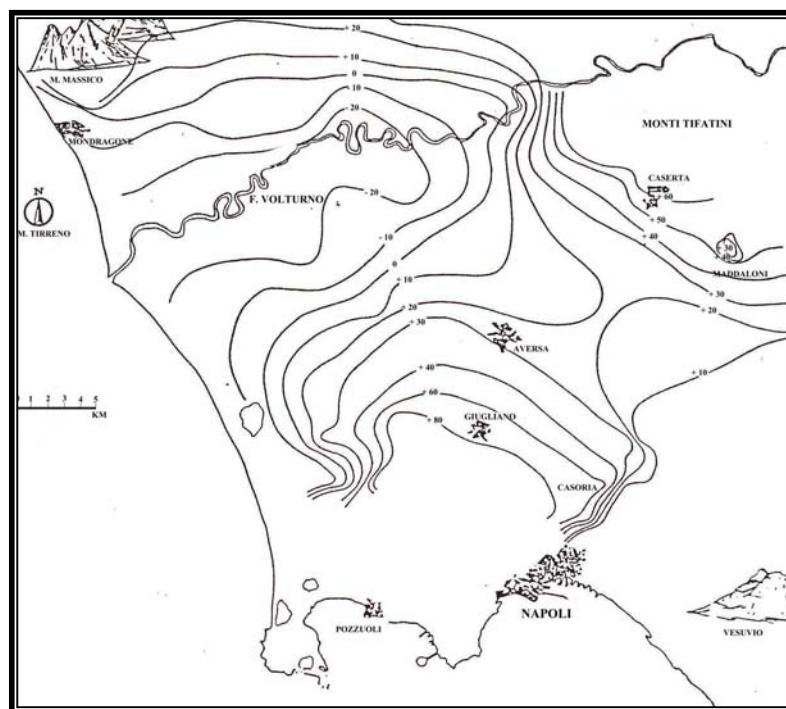


Figura 3– Carte delle isopache dell'Ignimbrite Campana(da Ortolani & Aprile, 1985)

In particolare il territorio strettamente studiato, come già ricordato, è collocato, dal punto di vista geologico, sul margine nord-orientale della "Piana campana" e la geologia di esso, infatti, è caratterizzata, a partire dal substrato, da:

- 1) dolomie e calcari dolomitici in strati e banchi fratturati e tettonizzati di colore avana soviente saccaroidi del Monte Maggiore e della dorsale del Monte Tifata (Trias superiore-Lias inferiore);
- 2) Calcarei microcristallini bianchi del rilievo Croce Santa (Cretacico inferiore-Lias);
- 3) Prodotti del I periodo flegreo costituiti essenzialmente dall'Ignimbrite Campana all'interno della quale vengono distinte due unità separate da una superficie erosionale, quella superiore riconosciuta esclusivamente a nord dei Campi Flegrei e quella inferiore, presente in tutta la Piana Campana, chiamata Tufo Grigio Campano;
- 4) Prodotti del II periodo flegreo costituiti da affioramenti discontinui di sabbie limose e/o limi sabbiosi grigio giallastri con pomice riconducibili alla facies distale del Tufo Giallo Napoletano;
- 5) Coperture piroclastiche di versante sabbioso limoso spesso rimaneggiate.

Di Girolamo e Morra in "The Campanian Ignimbrite" (Rend. Acc. Sc. Fis. Mat. In Napoli. Special Issue, 1987, pp. 177-199) così descrivono i caratteri petrografici, geologici, chimici e vulcanologici di quest'ultima formazione:

- 1)- *L'Ignimbrite rappresenta una unità disposta su di un'area di circa 10.000 kmq con uno spessore che raggiunge spesso i 50 metri ed un volume superiore agli 80 kmc. E' uno dei prodotti vulcanici più caratteristici ed è usato come materiale da costruzione, in quest'area, da circa 3.000 anni;*
- 2)- *Fenomeni minerogenetici secondari (sin, post-deposizionali), hanno portato a litologie differenti per tessiture, minerali secondari, caratteristiche tecniche;*
- 3)- *I caratteri tessituraI mostrano che si tratta di un'eruzione fessurale avvenuta lungo serie di fratture ad andamento appenninico (WNW-ESE) disposte fra la parte nord dei Campi Flegrei e Napoli;*
- 4)- *L'Ignimbrite è stata, probabilmente, messa in posto con un'alta velocità di fuoriuscita del magma; è di tipo "sillar" e "low-grade ignimbrite". Infatti il flusso piroclastico ha coperto montagne e attraversato mari; inoltre tale flow non era eccessivamente caldo (alto rapporto aria/calore magmatico) e non si è saldato, ma solo "litificato" per neoformazione di minerali e altre fasi secondarie (K-feldspato, zeoliti, gel o idrossidi di ferro). Una temperatura di messa in posto fra 600° e 550 °C è stata misurata lungo una distanza di 50 Km a partire dalla frattura eruttiva.*

Oltre questa facies di flow presente in Campania esiste una facies di ash-fall molto sottile ("ash dust") ricaduta su immense aree italiane;

- 5)- *I caratteri petrochimici mostrano che tale unità è zonata e presenta una variazione compositzionale continua, verso l'alto, da sialica (alcali-trachite) a relativamente femica (trachite). Il magma subì probabilmente un frazionamento gravitativo cristalli-liquido;*

6)-L'Ignimbrite è costituita da granuli a dimensione di cenere, per più del 50% del volume, da pomice, scorie e subordinatamente da litici (frammenti di lava) e cristalli (sanidino, plagioclasi, clinopirosseni e biotite).

Roland G. in "Ignimbriti e tufi gialli nella Pianura Campana e nei Campi Flegrei: una proposta di riordino" (Convenzione di ricerca "Bradisismo e fenomeni connessi"- 4^a Rendiconto, 1988) evidenzia la presenza di due flussi ignibritici :

- *Ignimbrite basale che si rinviene in tutte le province campane, da Mondragone a Sorrento, di colore grigio, sebbene presenti localmente chiazze di trasformazione zeolitica gialle, comunque nettamente subordinate al colore predominante. Questa ignimbrite con la sua estesa distribuzione deve essere identificata nell'Ignimbrite Campana, con età 36.000 B. p. ;*
- *Ignimbrite sommitale di colore giallo, con a tetto una fascia incoerente di pozzolane rosate con pomici a nucleo verdognolo, di spessore variabile. La zona di origine di questo deposito viene individuata tra le località di Poggioreale e Paesole d'Arpino (Casoria), con un'area prossimale occidentale che si estende tra i Ponti Rossi e il Parco Grifeo (Tufi giallo-rossi di Scherillo).*

L'Ignimbrite campana è stata datata recentemente 39.28 ± 0.11 ka da De Vivo et alii (2001).

La messa in posto dell'Ignimbrite campana è avvenuta in un periodo di "bassi tassi di subsidenza della piana e con una oscillazione glacioeustatica negativa e ha contribuito al colmamento e alla definitiva emersione dei settori settentrionali e centrali dell'area" (Putignano et alii, 2007).

Nell'area casertana Di Girolamo (1968a) distingue nel tufo grigio campano, a partire dalla base, tre facies con decrescente grado di litificazione e di densità (piperno, tufo pipernoide e tufo grigio). Nella stessa area è presente talvolta a tetto una facies incoerente denominata cinerazzo. Il diverso grado di saldatura e la presenza di minerali autigenici sin- e post-deposizionali (feldspati, zeoliti secondarie) danno origine a diverse facies che passano da quella grigiastra completamente incoerente a quella gialla litificata e zeolitizzata.

La formazione più estesa che si rinviene a tetto dell'Ignimbrite Campana e degli altri terreni precedenti ad essa presenti nell'area è la facies distale del Tufo Giallo Napoletano. Questa si presenta come una coltre discontinua di cenere(limo sabbioso e/o sabbia limosa con rade e minute pomici) grigio-giallastra.

Successivamente i terreni che hanno completato il colmamento nelle parti centrale e costiera della piana sono riferibili alla sedimentazione marina e transizionale originata dalla trasgressione versiliana.

3. INDAGINI SVOLTE.

Il programma d'indagini è stato impostato tenendo conto della limitata disponibilità economica e dell'esistenza di un certo numero di prove eseguite sul territorio comunale.

In via preliminare è stato effettuato un attento rilievo geologico e geomorfologico nonché le misure freatometriche di un numero congruo di pozzi censiti dagli scriventi.

Nei giorni 07, 08, 09, 10, 11 e 17 del mese di giugno 2010, inoltre, a seguito di incarico affidato dagli scriventi, sono state eseguite dalla Soluzioni Geotecniche Srl di Caserta le seguenti prove di campagna:

- n. 3 sondaggi a carotaggio continuo di cui n. 2 profondi 30 metri ed uno profondo 20 metri;
- n. 13 prove penetrometriche dinamiche tipo SPT;

Studio geologico del territorio comunale per il P.U.C. del Comune di S. Prisco (Ce)

- n. 5 prove penetrometriche statiche CPT;
- n. 6 prove sismiche tipo M.A.S.W.

Sono state, inoltre, eseguite prove di laboratorio di n. 4 campioni indisturbati comprendenti:

- n. 4 caratteristiche fisiche generali;
- n. 4 analisi granulometriche.

Tutte le predette prove sono state riportate nel fascicolo "Indagini geognostiche" , Tav. G2 allegato alla presente relazione.

3.1 Letture freatometriche

Su un certo numero di pozzi presenti sul territorio comunale sono state eseguite dagli scriventi misure della profondità del pelo libero della falda ai fini della ricostruzione della morfologia piezometrica e dell'individuazione delle principali direttive di flusso di essa.

Di seguito si riportano le coordinate Gauss-Boaga Roma 40, le letture della profondità del pelo libero della falda e le quote piezometriche rilevate i giorni 08, 10 e 14 giugno 2010 in n. 15 pozzi censiti dagli scriventi su tutto il territorio comunale ed in n. 1 sondaggio. Il numero limitato di pozzi censiti trae origine dalle difficoltà di accesso ai luoghi di misura. I pozzi sono più frequenti nelle fasce meno urbanizzate del territorio comunale. L'ubicazione dei pozzi rilevati è riportata nella "Carta idrogeologica" (TAV. G 6).

Nella tabella I sono forniti i dati rilevati.

Tabella I- Letture freatometriche.

Numero Pozzo	X	Y	Quota testa (*) Pozzo (m.s.l.m.)	Profondità Pelo libero (m)	Quota piezometrica (m.s.l.m.)	Data lettura
1	2458627,16	4550176,32	57.00	31.70	25.30	08-06-2010
2	2459961,27	4548756,61	53.50	28.55	24.95	"
3	2460445,55	4548760,00	57.50	32.35	25.15	"
4	2459408,67	4549550,61	63.80	38.65	26.15	"
5	2459299,71	4549041,07	50.00	25.00	25.00	"
6	2458984,90	4549178,97	49.50	23.65	25.85	"
8	2459948,25	4548612,32	51.58	26.65	24.93	"
9	2460189,52	4548465,74	51.00	26.55	24.45	"
10	2458666,49	4548804,19	42.20	19.10	23.10	"
11	2458556,20	4549018,32	41.00	17.65	23.35	"
12	2459360,44	4547893,09	43.20	18.55	24.65	14-06-2010
13	2458239,79	4550015,18	46.50	21.80	24.70	"
14	2458440,30	4550731,11	79.00	51.65	27.35	"
15	2459166,68	4548728,89	44.20	20.45	23.75	"
S2	2459615,28	4547892,42	42.30	17.30	25.00	10-06-2010

(*) le quote del piano campagna sono state ricavate dal rilievo aerofotogrammetrico della R.C. in scala 1:5.000.

L'elaborazione dei suddetti dati ha consentito la costruzione della carta idrogeologica nella quale sono riportate le curve isopiezometriche e gli assi di drenaggio preferenziale della falda idrica. Il commento alla Carta Idrogeologica è riportato in un paragrafo a parte della presente relazione.

3.2 Sondaggi meccanici a carotaggio continuo

Nei giorni 08, 09, 10 e 11/06/2010 sono stati eseguiti n. 3 sondaggi a carotaggio continuo per complessivi 80 ml con una sonda MK 420 D della CMV di proprietà della Soluzioni Geotecniche Srl di Caserta. I sondaggi hanno raggiunto una profondità massima di 30 metri.

Nel corso dei sondaggi sono stati prelevati n. 4 campioni indisturbati ed eseguite n. 13 prove penetrometriche dinamiche in foro tipo SPT in corrispondenza di orizzonti significativi o comunque a quote prefissate.

La prova SPT consiste nel rilevare il numero dei colpi, di un maglio di 63,5 Kg che cade liberamente da un'altezza di 76,2 cm, occorrenti per infiggere nel terreno l'apposito attrezzo normalizzato (Campionatore Raymond) per tre tratti di 15 cm e valutando la somma dei colpi relativi agli ultimi 30 cm di infissione.

La campionatura continua del terreno ha permesso la ricostruzione delle stratigrafie dei punti di indagine. Nel corso dei sondaggi è stato rilevato che il tufo si presentava non o scarsamente litificato.

3.3 Prove penetrometriche statiche

Il giorno 11/06/2010 sono state eseguite n. 5 prove penetrometriche statiche per complessivi 75.5 ml con un penetrometro statico di tipo olandese, il PAGANI TG 63-200KN, della portata massima di 200 KN. Le prove hanno raggiunto una profondità massima di 15.80 m.

Il penetrometro, dotato di punta meccanica tipo Begemann di sezione di 10 cmq, ha misurato, ogni 20 cm., la resistenza alla punta (Rp), la resistenza laterale su manicotto (RII o RI) e la resistenza totale (Rt).

I valori sono stati rilevati mediante cella di carico di sommità (classe 0,2) e visualizzati da una centralina elettronica.

Nel nostro caso il penetrometro, un PAGANI TG 63-200 KN, era montato su cingoli di gomma, ha effettuato prove penetrometriche statiche (CPT) fino a 200 KN di spinta ed è stato ancorato mediante 2 trivelle del diametro di 300 mm che sono state infisse dal penetrometro stesso e recuperate automaticamente a prova terminata.

I risultati delle prove sono stati riportati su diagrammi in cui sulle ordinate figurano le profondità in metri dal piano di campagna e sulle ascisse i valori della resistenza alla punta Rp e della resistenza laterale RI espresse in kg/cmq.

I risultati delle prove, correlati alle analisi di laboratorio ed alle prove SPT, riportati nel fascicolo allegato "Indagini Geognostiche" (Tav. G2), contribuiscono a fornire un quadro sufficiente delle caratteristiche geotecniche dei terreni studiati.

3.4 Indagine sismica

E' stata eseguita un'indagine sismica allo scopo sia di ottenere informazioni sul comportamento sismico dei terreni che di determinare nei siti d'indagine il valore della velocità media di propagazione entro 30 metri di profondità delle onde di taglio (Vs30) di cui al D.M. 14-01-2008.

Studio geologico del territorio comunale per il P.U.C. del Comune di S. Prisco (Ce)

In data 17-06-2010 sono state eseguite n. 6 prove sismiche tipo M.A.S.W. sul territorio comunale.

Le prove sono state eseguite e interpretate per conto della GEOPROVE Sas dal dott. Gaetano Guadagni e la localizzazione delle stesse è stata riportata sulla Carta ubicazione sondaggi e prove allegata (Tav. G8).

E' stato utilizzato un sismografo a 36 canali della **M.A.E.**, modello **A6000S**, con display a colori in LCD-TFT 10.4" TouchScreen, trattamento del segnale a 24 bit, supporto di memorizzazione mediante Hard-Disk da 40 Gb, con funzione di incremento multiplo del segnale ed opzione per l'inversione di polarità, attivazione di filtri "passa alto", "passa basso" e "notch" in acquisizione o post-acquisizione. Il trigger è dato da un geofono starter esterno.

Sono stati utilizzati 24 geofoni da 4,5 Hz e, come sorgente energizzante, una massa battente (martello) da 5 Kg battuta su una piastra metallica.

I profili MASW sono stati eseguiti utilizzando n° 24 geofoni allineati sul terreno con un'interdistanza di 2,5 metri; i punti di scoppio sono stati posizionati ad una delle estremità del profilo a distanza di 5,00 m dal geofono n° 1.

I dati acquisiti sono stati elaborati con il software Geopsy e Dinver (sesarray-win) che ha consentito di ricavare le velocità delle onde sismiche P e S con la profondità.

Tale risultato è ottenuto tramite inversione delle curve di dispersione delle onde di Rayleigh, determinate tramite la tecnica MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves).

I profili indicanti gli spessori dei litotipi e le velocità riscontrate nel siti indagati sono riportati nel facicolo "Indagini geognostiche" (Tav. G2) allegato e riassunti nelle tabelle seguenti.

PROFILO 1

Profondità (m)	Spessore Strati (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)
12.5	12.5	864.8	268.1
18.4	5.9	927.1	517.0
30.0	11.6	993.0	600.2

PROFILO 2

Profondità (m)	Spessore Strati (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)
8.0	8.0	992.9	354.9
9.9	1.9	995.1	407.7
30.0	20.1	998.81	611.2

PROFILO 3

Profondità (m)	Spessore Strati (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)
9.8	9.8	953.1	198.9
30.0	20.2	974.4	540.1

PROFILO 4

Profondità (m)	Spessore Strati (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)
2.5	2.5	305.5	179.2
17.4	14.9	495.2	290.9
30.0	12.6	993.7	548.1

PROFILO 5

Profondità (m)	Spessore Strati (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)
5.2	5.2	781.6	215.6
28.4	23.2	823.2	310.3
30.0	1.6	981.8	396.1

PROFILO 6

Profondità (m)	Spessore Strati (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)
9.9	9.9	852.4	355.8
13.0	3.1	901.6	505.6
30.0	17.0	986.6	596.6

Come si può osservare, nelle sei prove sono stati individuati tre (MASW1, 2, 4, 5 e 6) o due (MASW3) sismosstrati principali.

3.5 Analisi di laboratorio

Sui quattro campioni indisturbati di terreni sciolti prelevati sono state eseguite, dal laboratorio geotecnico GEOPROVE di S. Maria Capua Vetere, le seguenti analisi di laboratorio:

- n. 4 determinazioni del contenuto naturale d'acqua;
- n. 4 determinazioni del peso di volume;
- n. 4 determinazioni del peso specifico dei grani;
- n. 4 analisi granulometriche.

Tutte le predette prove sono contenute nel fascicolo " Indagini Geognostiche" allegato (Tav. G2).

4. INDAGINI DISPONIBILI ESEGUITE SUL TERRITORIO COMUNALE NEGLI ULTIMI 27 ANNI.

Come è stato detto in premessa sono state, altresì, tenute presenti, quali utili elementi di approfondimento e di confronto, le seguenti ulteriori indagini eseguite sul territorio comunale negli ultimi 27 anni e fornite agli scriventi dall'U.T.C.:

a) la campagna di indagini eseguita nel 1983 per l'adozione del P.R.G. costituita da:

- n. 8 sondaggi a carotaggio continuo;
- il prelievo di n. 7 campioni indisturbati e/o disturbati;
- n. 11 prove penetrometriche statiche;
- n. 9 sondaggi elettrici (S.E.V.);

Studio geologico del territorio comunale per il P.U.C. del Comune di S. Prisco (Ce)

- n. 50 profili sismici a rifrazione;
 - prove geotecniche di laboratorio sui n. 7 campioni di terreno consistenti in :
 - n. 7 caratteristiche fisiche generali;
 - n. 4 analisi granulometriche;
 - n. 7 prove di taglio diretto;
 - n. 3 prove edometriche .
- b) le indagini eseguite nel 1992 per il Piano di recupero costituite da:
- n. 9 sondaggi a c.c.;
 - n. 32 prove penetrometriche dinamiche tipo S.P.T.;
 - prelievo di n. 4 campioni di terreno;
 - n. 9 prove penetrometriche dinamiche leggere;
 - n. 3 profili sismici a rifrazione;
 - n. 2 prove sismiche down-hole.
 - prove geotecniche di laboratorio sui n. 4 campioni di terreno consistenti in :
 - n. 4 caratteristiche fisiche generali.
- c) le indagini fatte eseguire nel giugno 2009 da uno degli scriventi in via Aurora per un intervento privato consistenti in:
- n. 2 prove penetrometriche statiche;
 - n. 1 prova penetrometrica dinamica superpesante (DPSH);
 - n. 1 prova sismica M.A.S.W.
- d) le indagini fatte eseguire nel 2009 per la realizzazione di un centro commerciale in località Boccardi consistenti in:
- n. 4 sondaggi a carotaggio continuo;
 - prove geotecniche di laboratorio su n. 8 campioni prelevati nel corso dei sondaggi;
 - n. 2 prove sismiche down-hole.

Tutte le predette prove sono contenute nel fascicolo "Prove disponibili" (Tav. G2/A) allegato alla presente relazione.

5. GEOLOGIA E TETTONICA DEL TERRITORIO COMUNALE.

Il territorio del Comune di S. Prisco si estende per 7,67 Km², è riportato nelle tavolette I.G.M. II S.O. (S. Maria Capua Vetere) e II N.O. (Capua) del Foglio 172 (Napoli) della Carta Geologica d'Italia ed è localizzato nel margine nord-orientale della Piana Campana.

Esso è delimitato dai territori dei comuni di Caserta, Casagiove, Casapulla, Curti, S. Maria Capua Vetere e Capua.

La costituzione geolitologica e l'assetto del territorio di S. Prisco derivano dai processi tettonici che hanno dato origine alla "Piana Campana". Il territorio comunale, infatti, è localizzato sul margine nord-orientale della Piana Campana e si adagia sulle pendici meridionali del complesso morfostrutturale del M. Tifata.

Il Monte Tifata ricade in un settore geologicamente complesso dove, com'è già stato ricordato, i termini carbonatici dell'Unità M.ti Picentini - Taburno vengono in contatto tettonico con l'Unità Matese-M.te Maggiore, anch'essa carbonatica, attraverso sovrascorimenti prevalentemente nord vergenti. Tali sovrapposizioni avvengono con l'interposizione di flysch miocenici.

Lungo il versante meridionale della collina di San Iorio che occupa la parte più a nord ovest della morfostruttura del Tifata è possibile rilevare un evidente sovrascorrimento con la sovrapposizione sui litotipi calcarei di termini arenacei marnosi in facies di flysch (Arenarie di Caiazzo), a loro volta ricoperti tettonicamente dai calcari dolomitici intensamente fratturati del Monte Tifata. La sovrapposizione si segue verso est fino alla cava sul versante settentrionale di Monte dei Lupi. Le giaciture del piano di sovrascorrimento risultano orientate in modo diverso da punto a punto a causa sia delle intense attività tettonichepressive sia di quelle successive a carattere prevalente distensivo; queste ultime tendono a ribassare il contatto verso ovest come evidenziato in alcuni sondaggi effettuati nell'area. L'età dei sovrascorimenti è sicuramente post-tortoniana come rivela il coinvolgimento del Flysch arenaceo argilloso, mentre i movimenti a prevalente carattere distensivo sono stati principalmente attivi durante il Plio-Quaternario.

Il territorio comunale di S. Prisco è caratterizzato dai seguenti litotipi affioranti:

- 1) Dolomie stromatolitiche e calcari dolomitici in strati e banchi fratturati e tettonizzati di colore avana sovente saccaroidi immersi verso Est della dorsale del Monte Tifata (Trias superiore-Lias inferiore);
- 2) Calcare microcristallini bianchi del rilievo Croce Santa (Cretacico inferiore-Lias) in strati immersi verso SSE in contatto tettonico con le dolomie e calcari dolomitici;
- 3) Tufo grigio campano;
- 4) Facies distale del Tufo Giallo Napoletano;
- 5) Depositi detritici (alluvionali e/o colluviali);
- 6) Coperture piroclastiche di versante sabbioso limoso spesso rimaneggiate.

Le dolomie stromatolitiche sono presenti nella parte settentrionale del territorio comunale e costituiscono la parte centrale del M. Tifata. Esse si rinvengono smembrate da faglie ad andamento NW-SE e NE-SW e generalmente si presentano allo stato cataclastico. Esse sono ricoperte da una modesta e discontinua copertura (max 1 metro) di materiali piroclastici che diventa a luoghi più significativa solo all'interno o nella parte terminale dei canali di drenaggio.

I Calcare microcristallini bianchi del rilievo Croce Santa si rinvengono sia nella parte orientale che nella parte nord-occidentale del territorio comunale in contatto tettonico, ad andamento NW-SE, con le dolomie stromatolitiche e si presentano spesso allo stato cataclastico in strati disposti a franapoggio immersi verso SSE. Anche i calcari sono delimitati verso la piana da una faglia ad andamento appenninico. In questi terreni è localizzata una cava "storica" non più attiva "la Cava Statuto".

A partire dalla parte più bassa del *glacis* e nella piana sottostante, al di sotto di depositi detritici di copertura e/o di sottili e discontinui depositi piroclastici più recenti (Tufo Giallo Napoletano in facies di cenere grigia e/o grigio giallastra, ecc.), è presente la formazione dell'Ignimbrite Campana in facies di tufo grigio passante a luoghi in sommità a cinerazzo.

Il Tufo Grigio riveste particolare importanza nella geologia del territorio comunale. Tutti i sondaggi utilizzati nel presente studio, infatti, hanno interessato la predetta formazione.

La facies tufo grigio si presenta spesso incoerente, con variazioni latero-verticali a tufo litificato e zeolitizzato(tufo giallo casertano), spesso di colore grigio, grigio scuro e violaceo. Nelle facies incoerenti e poco litificate si rinvengono clasti carbonatici leggermente arrotondati ed a luoghi metamorfosati.

"In alcuni casi il Tufo Grigio Campano crea lobi deposizionali allo sbocco delle valli che incidono i rilievi carbonatici" (Putignano et alii, 2007).



Figura 4– Segni di modesta attività di cava nel banco di Tufo Grigio Campano (Tifata Resort).

Lungo la fascia pedemontana (Tifata resort, Masseria De Bottis, ecc.) è spesso visibile una facies litificata grigio giallastra in cui a luoghi si possono rinvenire segni di modeste attività estrattive avvenute nel corso dei secoli.

Per quanto riguarda la struttura esso si presenta solo raramente litificato in modo omogeneo e compatto e nel corso dei sondaggi anche quando viene utilizzato il doppio carotiere il materiale estratto spesso si presenta sciolto ed è definibile dal punto di vista granulometrico come una sabbia limoso ghiaiosa e/o limo sabbioso ghiaioso.

Il Tufo Grigio Campano è stato utilizzato nel passato anche recente come materiale da costruzione . Anche nel comune di S. Prisco, fino agli anni compresi tra le due guerre mondiali, era invalsa l'abitudine, come in molti altri comuni posti a nord di Napoli, di coltivare cave in sotterraneo nel banco di tufo, spesso al di sotto dei manufatti che si realizzavano, il ché ha reso vulnerabile il territorio per il cosiddetto "rischio cavità".

Nella parte pedemontana (*glacis*) e nella parte più francamente pianeggiante del territorio comunale a luoghi si rinvengono, a tetto del tufo grigio campano e separato da esso da un modesto paleosuolo, sottili e discontinui lembi di piroclastiti sciolte limoso sabbiose e/o sabbioso limose con pomice grigiastre di colore grigio giallastre riconducibili presumibilmente alla facies distale del Tufo Giallo Napoletano. Questa formazione, anche se si rinviene in modo più frequente nelle aree a cavallo dell'autostrada A1, è difficilmente cartografabile in quanto, asportata da fenomeni erosivi, si presenta discontinua e a chiazze. Essa è stata probabilmente interessata dalla parte più superficiale dei sondaggi S2, S3, SR2, SR3, SPRG1, SPRG4, SPRG7 e SPRG8 utilizzati per il presente studio.

I depositi detritici (alluvionali e/o colluviali) comprendono sia i conoidi che presentano l'apice alla base dei principali canali di drenaggio dei rilievi carbonatici che le coltri che raccordano i versanti carbonatici e la piana.

Le coltri sono costituite da alternanze di livelli di clasti calcarei e spigoli vivi in matrice piroclastica limoso-sabbiosa e di piroclastiti rimaneggiate.

Le piroclastiti rimaneggiate sono riferibili al tufo grigio campano che affiora nella parte alta della superficie pedemontana in quanto in esse si rinvengono spesso sacche di scorie nerastre e pomice rimaneggiate tipiche della predetta formazione.

Le conoidi, infine, non più attive, presentano l'apice alla base dei principali canali di drenaggio dei rilievi carbonatici ed hanno composizione carbonatica e vulcanoclastica.

Nel territorio comunale di S. Prisco la coltre e le conoidi nascondono non solo le forme antecedenti alla deposizione del Tufo Grigio Campano ma anche le linee tettoniche che mettono a contatto i depositi carbonatici del M. Tifata e le vulcanoclastiti della piana.



Figura 5– Alternanze di livelli di clasti calcarei e spigoli vivi in matrice piroclastica limoso-sabbiosa e di piroclastiti rimaneggiate in prossimità di Masseria Schettini.

Le coperture piroastiche sabbioso limose spesso rimaneggiate costituite da detrito carbonatico a spigoli vivi o subarrotondati immerso in matrice piroclastica e carbonatica, infine, si rinvengono sui versanti carbonatici ed hanno, com'è già stato ricordato, un modestissimo spessore(max 1 metro).

6. GEOMORFOLOGIA E CONDIZIONI DI STABILITÀ’.

Il territorio del comune di S. Prisco ricade nel dominio geologico del complesso morfostrutturale del monte Tifata. Esso è parte di una vasta zona impostata su morfostrutture carbonatiche, solcate da linee di drenaggio a generale controllo strutturale che, partecipando alle altre cause di erosione più comuni (gelo e disgelo, un modesto carsismo, erosione planare da acque ruscellanti) ne hanno scolpito la superficie fino a renderne attuali i lineamenti.

In particolare, l'area di studio è ubicata sul versante meridionale dell'alto morfo-strutturale di Monte Tifata che sovrasta l'abitato di San Prisco. L'area di versante si presenta disseccata da valloni che lo incidono longitudinalmente. Allo sbocco di tali valloni si rinvengono forme deposizionali tipo conoidi detritico torrentizie che lambiscono la parte alta dell'abitato.

Il territorio comunale presenta quote variabili tra i 39.50 (confine con S. Maria Capua Vetere) ed i 602.96 m. slm (cresta del M. Tifata); esso dal punto di vista delle pendenze può essere diviso in tre parti: il versante carbonatico, la

fascia pedemontana detritica alluvionale-colluviale e la piana alluvionale piroclastica.

L'area di versante ben evoluta si presenta con pendenze da sub-verticali a mediamente sempre al di sotto dei 35°, la fascia pedemontana con pendenze comprese tra il 6 ed il 2% e la parte di piana alluvionale piroclastica su cui sorge l'abitato con pendenze comprese tra 0.5 e 2%.

I versanti del Tifata realizzano un netto contrasto morfologico rispetto alle superfici piatte di aggradazione alluvionale e piroclastica della piana. Un importante elemento morfologico sui rilievi è rappresentato da relitti di terrazzi, incisi nei calcari dolomitici, che si osservano ad una quota di circa 200 m. s.l.m. Queste spianate si seguono per alcuni Km anche in area esterna a quella di studio verso sud e verso nord e rappresentano lembi di un'antica superficie di erosione relativa ad un livello di base diverso da quello attuale. Sul versante occidentale del Tifata, al di fuori dei confini di S. Prisco, tale spianata, estesa per circa 3.5 ettari, è interessata dall'appoggio di brecce calcaree cementate e carsificate. Altri depositi detritici affiorano con spessori ridotti e discontinui lungo i versanti. Si tratta, ove presente di detrito poco cementato con intercalati suoli e livelli piroclastici recenti.

La presenza di superfici di erosione a 200 m. slm e la presenza di numerose faglie, indicano che l'area è stata interessata da una tettonica rimasta attiva anche in tempi relativamente recenti (pre-olocenici). Di queste, le principali fasi sono sicuramente quaternarie e precedenti all'aggradazione piroclastica del Tufo Grigio Campano Auct. (39.000 anni b.p.).

Come già accennato in precedenza, il paesaggio montano è scolpito in rocce carbonatiche costituite da una potente pila di carbonati mesozoici (Trias sup.-Creta sup.) di ambiente di piattaforma protetta variamente fratturata e carsificata. L'azione della alterazione per processi carsici è testimoniata, inoltre, dalla presenza sulla superficie delle rocce esposte di tipiche forme carsiche epigee e ipogee.

Alla base dei versanti carbonatici regolarizzati è presente a tratti una coltre detritica clinostratificata e mediamente cementata ad elementi calcarei prevalentemente a spigoli vivi centimetrici e decimetrici. Tali depositi sono immersi in scarsa matrice calcitica. Tale deposito è riferibile in buona parte alle fasi di recessione dei versanti attive negli ultimi periodi glaciali.

I depositi detritici carbonatici ben cementati allo sbocco dei valloni assumono la tipica forma di conoidi detritico torrentizi. In particolare questi depositi sono rappresentati dall'alternanza di livelli metrici detritici eterometrici e sub arrotondati, cui si alternano livelli decimetrici di materiale piroclastico e detritico carbonatico con tipiche laminazioni e strutture sedimentarie da trasporto di tipo trattivo.

Lungo i versanti e in prossimità dell'asse dei valloni secondari è stata rilevata la presenza di una rada e discontinua coltre di copertura costituite da detrito carbonatico a spigoli vivi o subarrotondati immerso in matrice piroclastica e carbonatica; lo spessore raggiunge al massimo 1 metro.

Dal punto di vista morfoevolutivo, i versanti nell'area si presentano ben evoluti con pendenze sempre al di sotto dei 35° con eccezioni in prossimità di cornici morfostrutturali lungo i versanti e sommitali, relitte della regolarizzazione.

Tali cornici si presentano con sviluppo longitudinale e altimetrico anche di alcune decine di metri. Alla base di queste cornici è spesso presente un deposito detritico carbonatico attuale in forma sciolta (Talus di recessione). Le altitudini maggiori dell'area sono raggiunte dal Monte Tifata con i suoi 602 metri s.l.m., dal Monte dei Lupi che raggiunge i 455 metri e dal Monte San Nicola con 560 metri s.l.m.

I versanti si presentano dislocati in blocchi in conseguenza delle successive vicissitudini tettoniche che li hanno interessati con lembi regolarizzati che si raccordano ad antiche superfici di spianamento. Il controllo morfologico di origine tettonica dei versanti è testimoniato anche dalla presenza di faccette triangolari, relitti morfologici della regolarizzazione.

Il reticolo idrografico risulta scarso o assente. Tale caratteristica è determinata sia dalla elevata permeabilità delle rocce carbonatiche fratturate e carsificate, sia dalla esigua estensione dei bacini idrografici.

I bacini che sottendono le aree di conoide si presentano quindi ben evoluti. Le aree di bacino drenante si presentano di dimensioni contenute con un massimo per il vallone sotteso al conoide centrale di maggiori dimensioni.

Elemento di particolare importanza per l'area in esame, è la presenza di una estesa cava attualmente non attiva ubicata lungo il versante carbonatico nella porzione più orientale del territorio comunale. La cava di versante è coltivata a fronte unico. Il sito si presenta degradato e ad elevato rischio da crollo lungo i fronti di cava. Nelle aree di raccordo occupate dalla facies litificata del tufo grigio campano sono presenti segni di antiche attività estrattive, che si realizzano attraverso scarpate alte pochi metri e ripiani morfologici posti alla base. Tali siti si presentano attualmente molto naturalizzati.

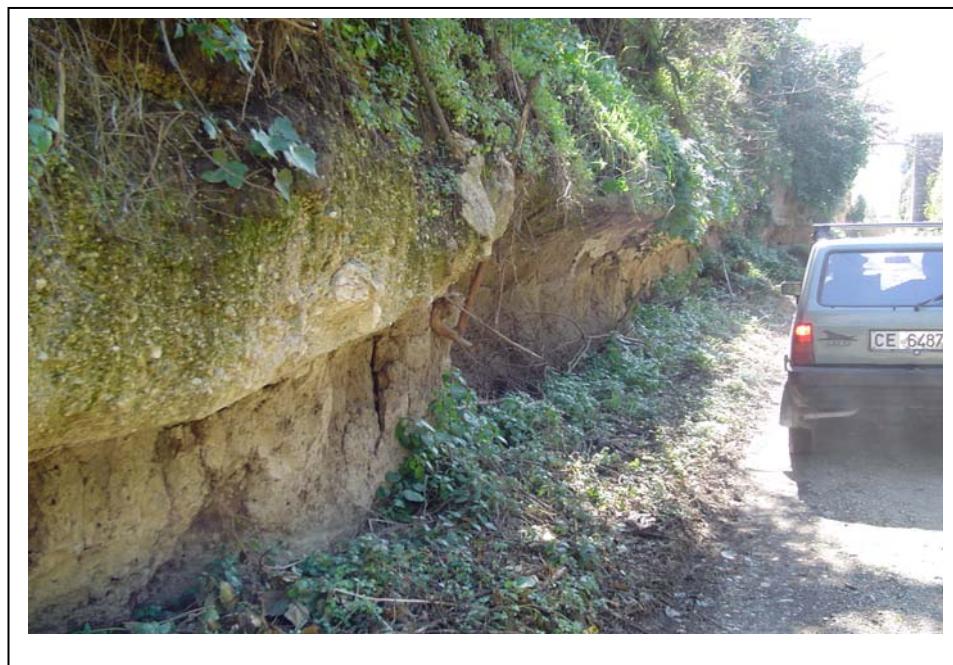


Fig. n. 6- Dal basso, contatto Ignimbrite Campana alterata e brecce carbonatiche ben cementate.

Nell'area di raccordo tra versante e piana, allo sbocco dei valloni a controllo strutturale come già precedentemente accennato, sono localizzati coni detritico-alluvionali. Partendo da nord ovest, il primo risulta di minori dimensioni in funzione della minore estensione areale del bacino di alimentazione.

Procedendo verso Sud-est si individuano altri due coni detritici alluvionali maggiori, che si incontrano e si interdigitano al raccordo morfologico dell'area di piana. La forma conoidica si protrae fino a lambire l'abitato, dove in affioramento è stata rilevata l'Ignimbrite Campana. Tale indizio evidenzia una forma del paesaggio localmente ereditata dalla presenza, al di sotto della copertura piroclastica, di un corpo conoidico.

Le aree di conoide sono state perimetrare a vario grado di Rischio nelle Carte degli Scenari di Rischio prodotte dall'Autorità di Bacino Liri-Garigliano-Volturno alla Scala 1:25.000 - Progetto di Piano Stralcio- Rischio da Frana.

I tagli stradali nei corpi di conoide rendono possibile osservare la stretta interconnessione di episodi detritico torrentizi che si accavallano e interdigitano con eventi vulcanoclastici. Di seguito si riporta una sezione stratigrafica schematica rilevata lungo un taglio stradale posto trasversalmente in ambiente di conoide in area molto prossima a quella di studio.

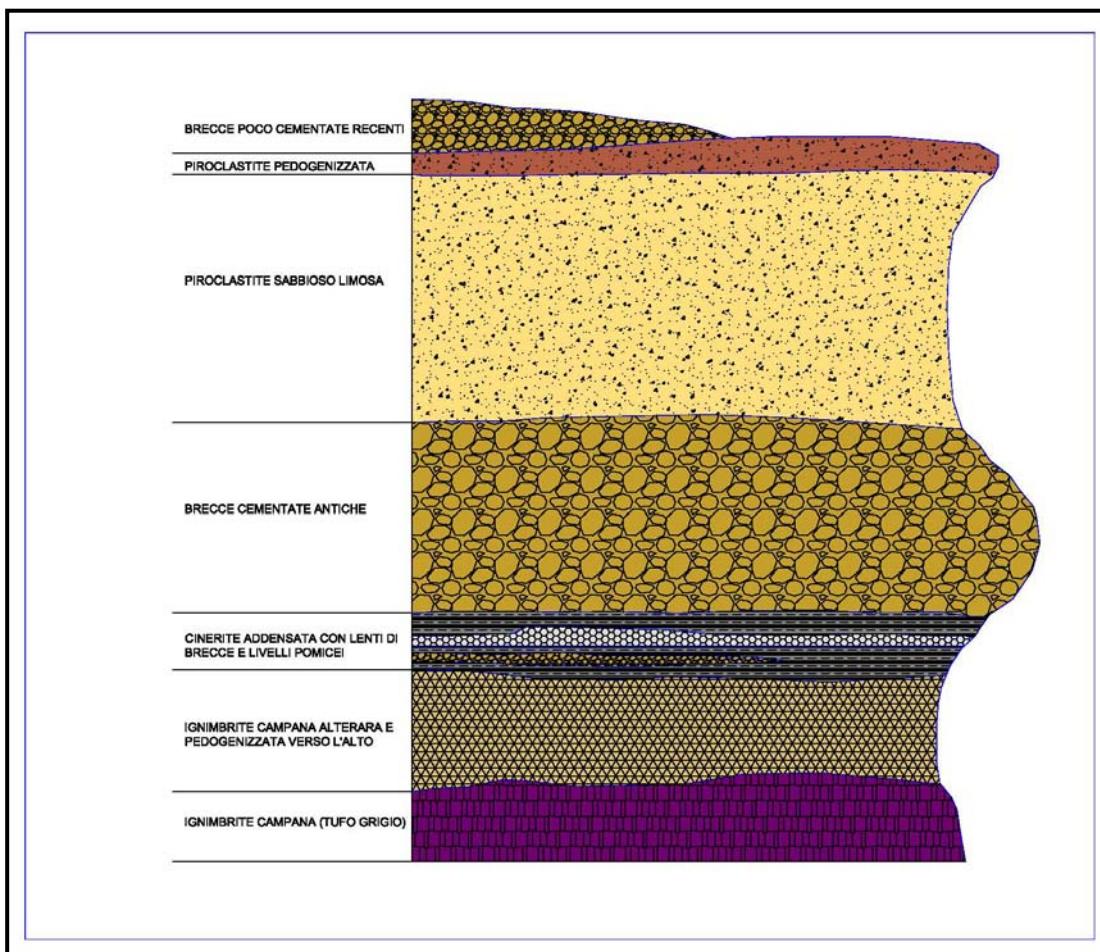


Figura 7– Sezione stratigrafica tipo rilevata lungo un taglio stradale posto trasversalmente in ambiente di conoide in area molto prossima a quella di studio (Cupa S. Angelo in Formis).

In definitiva, è possibile asserire che il detrito posto al di sopra del tufo grigio campano e/o delle pirolastici giallastre semitufacee risulta di genesi attuale e si presenta poco o nulla cementato. Quello più antico, sottoposto alle piroclastiti si presenta ben cementato. Le forme rilevate e sopra descritte sono state tutte rappresentate nella Carta Geomorfologica e della Stabilità. Ad ognuna di esse, naturali o antropiche che siano, in funzione della maturità geomorfologica e della loro attività morfodinamica è stata assegnato un potenziale grado di predisposizione alla instabilità.

Anche nell'abitato di S. Prisco, come in molti comuni posti nell'area a nord di Napoli, si rinvengono, com'è stato già detto, cavità di origine antropica anticamente adibite a cantine e a cellai per lo stivaggio di derrate alimentari.

Le cavità presenti nel sottosuolo traggono origine dagli scavi per il prelievo di materiale da costruzione (tufo, pozzolana, ecc.) per cui orientativamente il numero delle cavità si può considerare commisurato all'espansione del centro antico della città.

L'estrazione del tufo ai fini edili nei comuni dell'area Napoletano-Casertana ha rivestito particolare importanza nel corso dei secoli. Il tufo, infatti,

è una roccia tenera, facile da lavorare e fin dall'epoca greca utilizzato nell'edilizia per le sue buone caratteristiche fisico-meccaniche.

Nei predetti comuni l'estrazione del tufo avveniva sia mediante cave a fossa che mediante realizzazione di cavità nel banco di tufo superando la coltre di materiale piroclastico sciolto posta a tetto del banco di tufo stesso.

In questo secondo caso il banco di tufo veniva raggiunto con due tecniche diverse:

- la prima consisteva nell'approfondimento di un pozzo, in genere circolare e non rivestito, fino al tetto del banco di tufo e dopo averlo attraversato per 4 - 5 metri (spessore in volta) si procedeva con uno scavo circolare sino a raggiungere il letto del banco. Dalle pareti dello scavo circolare, inoltre, si dipartivano gallerie singole o multiple sviluppate nel modo più svariato;
- la seconda, più comune nel territorio di S. Prisco, utilizzava rampe di discesa (le discenderie) che consentivano un agevole raggiungimento del banco da coltivare nel quale si procedeva, poi, a realizzare gallerie orizzontali con volta circolare o ellittica.

Le gallerie, in genere a sezione ellittica o trapezoidale, hanno una larghezza di 8-10 metri, un'altezza variabile da 4 a 9 metri; le gallerie , infine, venivano talvolta messe in comunicazione tra di loro mediante cunicoli secondari.

Le gallerie , poi , venivano poste in comunicazione con la superficie del piano di campagna con condotti verticali non sempre rivestiti chiamati " occhi di monte". Tali condotti rispondevano principalmente all'esigenza d'aerazione delle gallerie e secondariamente potevano essere utilizzati per portare in superficie i blocchi di tufo.

Le cavità ipogee per l'estrazione del tufo sono state accertate nella parte più antica del nucleo abitato e quest'ultimo, peraltro, storicamente è interessata da dissesti riconducibili a cavità.

Sul numero e sulla localizzazione delle cavità c'è molta incertezza e l'unico dato di riferimento è quello che i materiali in genere venivano estratte nei luoghi stessi del loro impiego.

Il censimento e l'accertamento delle condizioni statiche delle cavità presenti sul territorio comunale esula dal presente lavoro e, pertanto, gli scriventi si sono limitati ad accettare l'esistenza delle cavità stesse mediante una ricerca storica ed al sopralluogo in di una di esse in via Costantinopoli.

Nella Carta geomorfologia e della Stabilità (Tav. G5) l'area considerata instabile è stata ricavata non solo in base alle poche conoscenze acquisite nel corso dell'attività di ricerca storica ma anche confrontando l'attuale configurazione dell'abitato con quella della parte più antica così come ricavata da vecchie cartografie.

In ogni caso nelle predette aree si consiglia, in occasione degli interventi edili o di realizzazione di manufatti, di condurre specifiche indagini volte all'individuazione delle cavità.

7. CLIMATOLOGIA

L'area d'indagine presenta una discreta piovosità, con precipitazioni medie annue, nel periodo 1921-1950, intorno ai 900 mm (ad es. a Capua 887 mm/anno – Servizio Idrografico, 1966). Il regime pluviometrico è caratterizzato

da un massimo in novembre, un periodo primaverile a piovosità intermedia ed un minimo estivo in luglio. In considerazione della limitatissima estensione delle aree con precipitazioni solide, queste ultime non sono significative rispetto al regime idrologico.

Il regime termometrico medio, valutato dai dati (1926-1955, Servizio Idrografico, 1966) delle stazioni di misura di Roccamonfina, 815 m, di Teano, 202 m, e di Caserta, 90 m, è regolare, con un periodo di crescita da gennaio a luglio ed una decrescita da agosto a gennaio, con valori medi annui di 15°-18°, più bassi per le aree montuose (10° a Roccamonfina). La variazione con l'altitudine è di 6-7 °C·km. Nell'insieme il clima dell'area d'indagine può essere descritto come marittimo per quanto riguarda il regime pluviometrico e come temperato rispetto al regime termometrico. Si riportano Temperature medie annue, espressi in °C, per le stazioni ritenute più significative (per distanza e continuità nel rilevamento dei dati (periodo di rilevamento dal 1971 al 1999). (Tab. II).

Tab. II - Temperature medie annue, espressi in °C, per le stazioni ritenute più significative (per distanza e continuità nel rilevamento dei dati (periodo di rilevamento dal 1971 al 1999))

Stazione Termometrica	Quota m s.l.m	Temperatura Media °C -1971-1999.
CAPUA	23	15,9
CASERTA	90	15,3
GRAZZANISE	14	15,9
TEANO	195	15,3
VITULAZIO	65	15,3

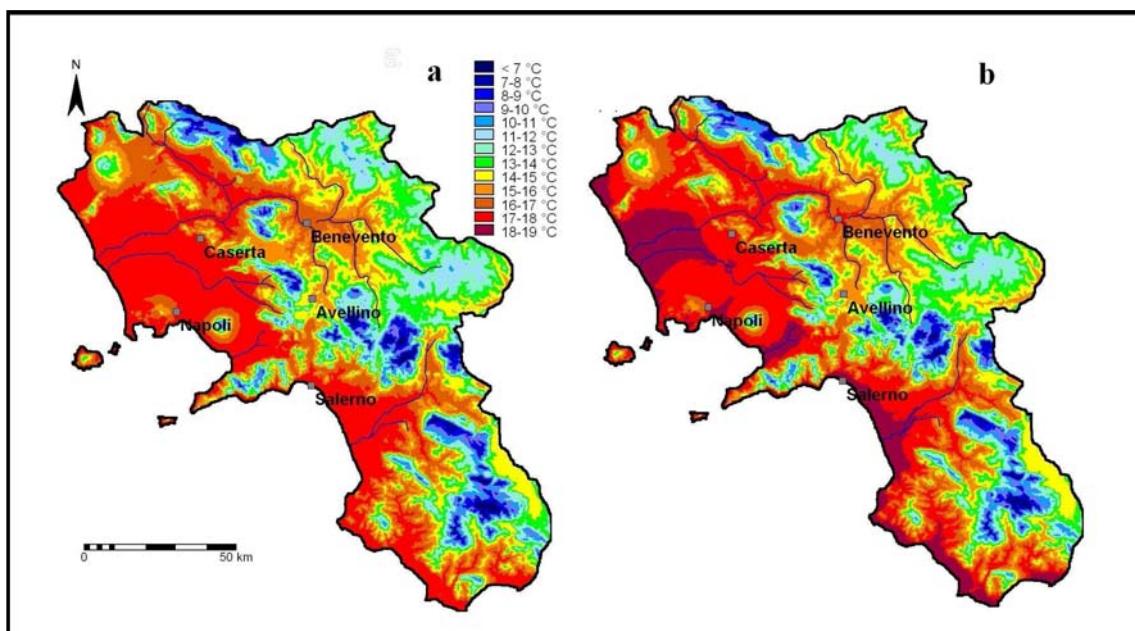


Fig. 8 - Temperatura media annua in °C relativa a l periodo 1951-1980 (a) e 1981-1999 (b) (da Ducci & Tranfaglia , 2006)

Vi è da dire che alcuni Autori hanno verificato dei cambiamenti in atto confrontando le temperatura media annua in °C relative ai periodi 1951-1980 e 1981-1999 (Fig. 8) ed anche per quanto riguarda l'infiltrazione efficace (Fig. 9).

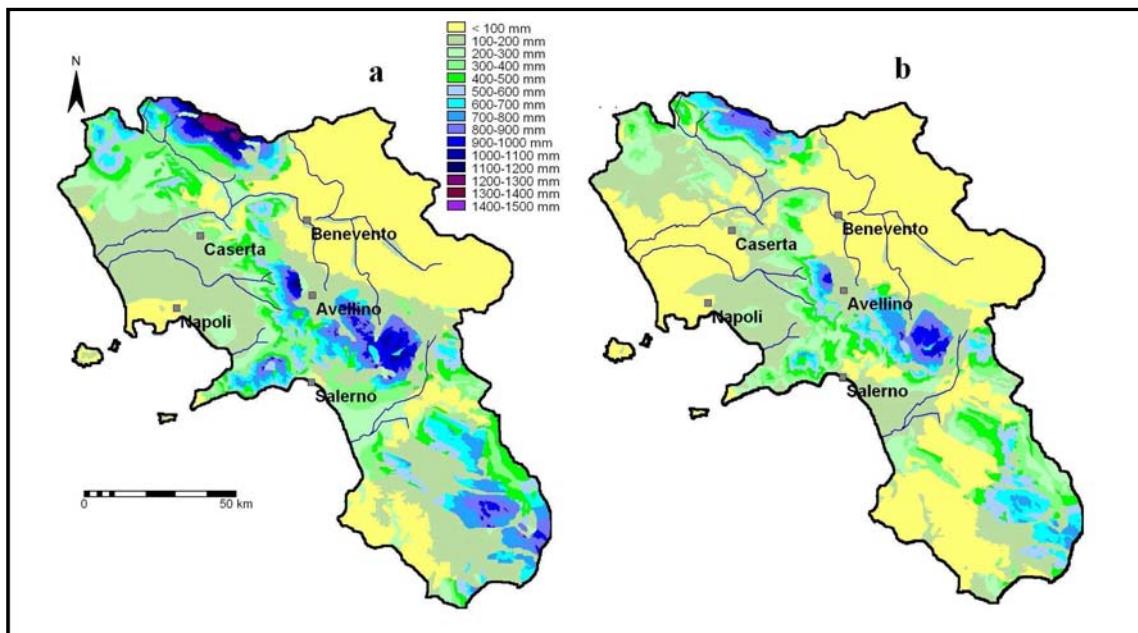


Fig. 9 - Infiltrazione efficace media annua (mm/anno) relativa al periodo 1951-1980 (a) e 1981-1999 (b) (da Ducci & Tranfaglia , 2006)

Le stesse considerazioni si possono fare riguardo la pluviometria (Fig. 10)

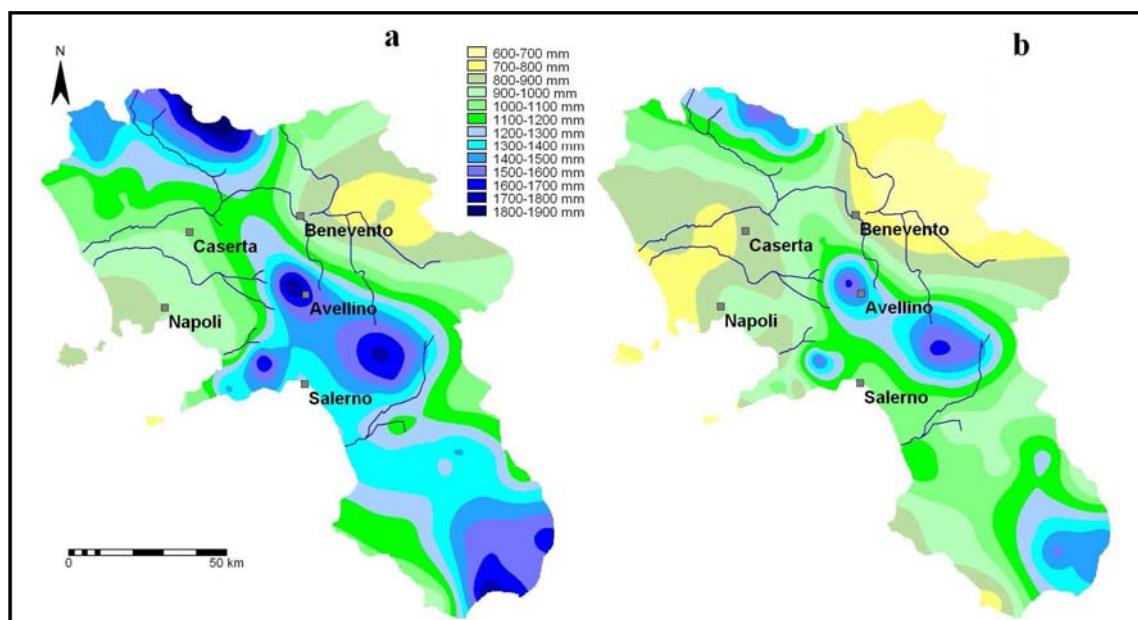


Fig. 10 - Precipitazioni medie annue (mm/anno) relative al periodo 1951-1980 (a) e 1981-1999 (b) (da Ducci & Tranfaglia , 2006)

8. IDROGEOLOGIA

Dal punto di vista idrogeologico l'area studiata appartiene all'unità idrogeologica del M. Tifata che presenta una circolazione idrica molto frazionata sia a causa della presenza di importanti linee strutturali che per l'accavallamento tettonico, con l'interposizione di depositi terrigeni, tra la piattaforma esterna e quella interna.

Le complicazioni tettoniche, ed in particolare la faglia inversa che determina la sovrapposizione delle dolomie del versante orientale del M. Tifata sulla rimanente parte della struttura, hanno determinato una struttura a scaglie idrogeologicamente separate.

Sondaggi eseguiti in prossimità del territorio studiato hanno consentito di accettare che il M. Tifata è sovrascorso sulle argille varicolori attraverso un piano avente quote più alte rispetto ai margini del massiccio e, pertanto, si è determinata una forte azione di condizionamento della circolazione idrica sotterranea evidenziata fino a pochi anni addietro dalle sorgenti di S. Sofia; queste ultime sono attualmente in secca probabilmente a causa della realizzazione dei campi pozzi, realizzati in galleria, di S. Sofia e Monte Tifata, e di S. Prisco che hanno una potenzialità effettiva di circa 1900 l/s.

Spostandosi più a sud, la falda di pianura viene alimentata lateralmente dalla falda di base dei massicci carsici e trova sede nella pila di sedimenti vulcanoclastici che riempie questa parte del graben "Piana Campana" in cui si rinvengono livelli a varia litologia e granulometria il cui andamento è spesso lenticolare.

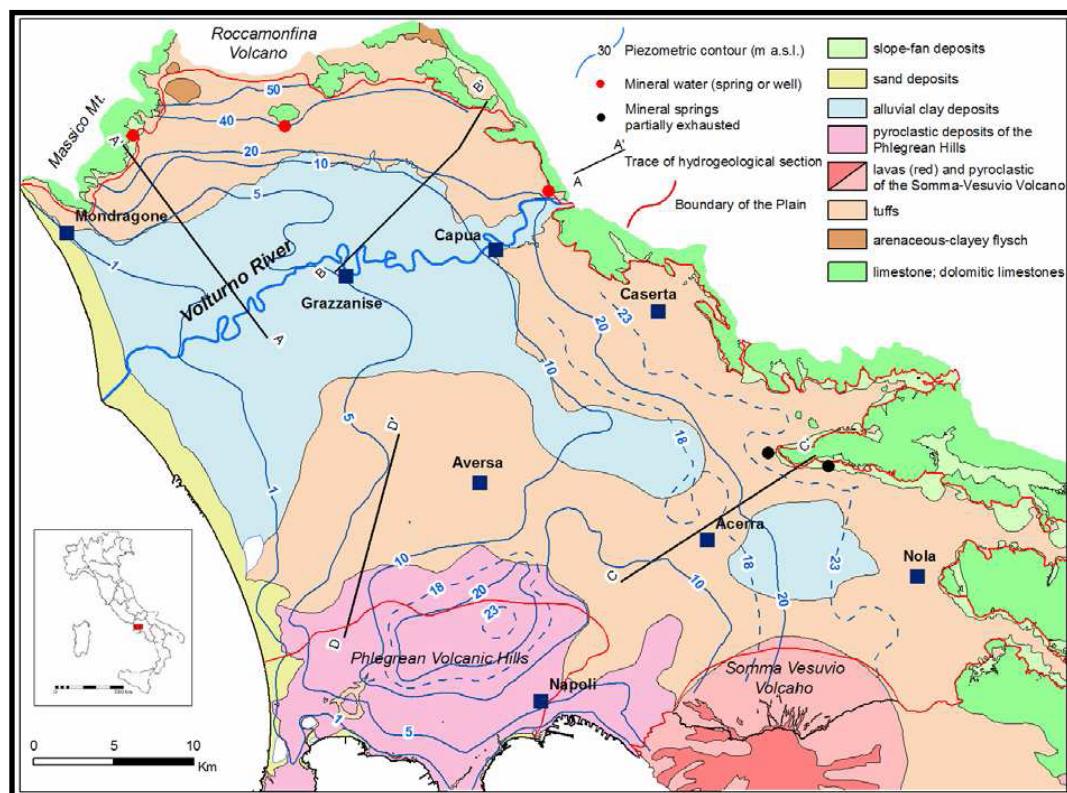


Fig. 11 - Carta idrogeologica della Piana Campana (da Ducci, 2007).

La circolazione idrica sotterranea avviene per falde sovrapposte e gli orizzonti acquiferi corrispondono ai livelli a granulometria grossolana.

L'acquifero principale, alimentato dalla struttura carbonatica, trova sede nel forte spessore di piroclastiti e/o di depositi sedimentari sciolti e grossolani che generalmente si rinvengono a letto del banco di "tufo grigio campano" che spesso, in funzione dello stato di litificazione e fratturazione, si comporta da elemento di confinamento.

Questa situazione idrogeologica è molto comune nella Piana Campana, a cui appartiene la zona esaminata, dove è presente una spessa coltre di depositi vulcanici, alluvionali e marini, con caratteristiche litologiche ed idrogeologiche molto diverse tra loro.

Questa configurazione lito-stratigrafica connessa alla presenza delle strutture vulcaniche dei Campi Flegrei e del Somma-Vesuvio, porta all'instaurarsi di flussi sotterranei complessi con presenza di più falde sovrapposte e molte volte intercomunicanti.

Dal punto di vista dei complessi idrogeologici nell'ambito del territorio comunale si individuano:

Complesso piroclastico sciolto

E' il complesso che caratterizza per buona parte il centro cittadino di S. Prisco. E' costituito da piroclastiti, di granulometria da media a fine (piccole pomicei, ceneri, lapilli etc.), quasi sempre sciolte o debolmente cementate. I diversi materiali sono spesso fra loro frammati, anche se talora possono individuarsi livelli prevalentemente cineritici o pomicei. Nel caso di specie trattasi, granulometricamente, di sabbie o sabbie-ghiaiose con subordinata frazione limosa. I sondaggi che hanno attraversato il complesso indicano una notevole variabilità granulometrica sia in senso areale che lungo le verticali investigate. Il complesso è estesamente affiorante soprattutto nella Piana Campana dove è presente con spessori assai significativi. In termini di area vasta gli acquiferi che si evidenziano costituiscono a grande scala una falda unica (sovente pozzi attestati nei differenti acquiferi hanno fatto registrare le stesse quote piezometriche) con una circolazione idrica talora a pelo libero, talora in pressione laddove la porzione a granulometria più fine dei terreni limosabbiosi fluvio-palustri oppure i livelli continui di tufo lapideo non fratturato, tamponano superiormente la falda (dE RISO, 1990). Presentano una permeabilità per porosità variabile da media a bassa in funzione della granulometria dei terreni.

Complesso piroclastico litoide (Tufo Grigio)

Tale complesso caratterizza in buona parte il sottosuolo del Centro Urbano di S. Prisco. Esso è ubicato al di sotto delle pirolastici sciolte o è incluso in esse. Nella zona a nord dell'allineamento A1-SS265, tale formazione è presente praticamente in affioramento, o in genere sotto deboli spessori di coperture piroclastiche (1-2 m). Dal punto di vista strutturale, tale complesso si presenta più o meno cementato e fessurato. Le fessure sono di origine singenetica e legate a fenomeni di decompressione dell'ammasso all'atto del raffreddamento.

In funzione dello spessore e delle caratteristiche strutturali e tessiturali (grado di litificazione, e principalmente grado di fessurazione) il complesso

presenta una permeabilità per porosità e fessurazione variabile da media a bassa.

Complesso carbonatico

Caratterizza la porzione di territorio più settentrionale. Trattasi dei rilievi carbonatici del Monte Tifata caratterizzato da calcari, calcari dolomitici e calcari detritici in banchi e strati generalmente fratturati e più o meno carsificati. Presentano una permeabilità per fessurazione mediamente alta in funzione del grado di fratturazione.

Complesso detritico

Caratterizza in maniera più o meno continua la fascia pedemontana dei rilievi carbonatici e comprende sia i detriti di falda pedemontana, sia i detriti caratterizzanti i corpi di conoide che sottendono i bacini montani. I depositi comprendono un'alternanza di livelli prettamente detritici, in matrice variabile da carbonatica a piroclastica e livelli più prettamente piroclastici. La permeabilità per porosità, estremamente variabile lateralmente e verticalmente, in funzione della presenza di matrice e/o livelli prevalentemente piroclastici, si presenta da media a alta.

Nel sottosuolo comunale si ha, in conseguenza dell'alternanza, spesso disordinata, di terreni a permeabilità medio-alta (sabbie, ghiaie, ecc.) con altri a permeabilità bassa (limi, paleosuoli, ecc.), una circolazione idrica sotterranea, come già ricordato, "per falde sovrapposte"; la distinzione delle falde non è sempre possibile in quanto esse sono tra loro interconnesse sia attraverso il "flusso di drenanza" che attraverso le soluzioni di continuità dei sedimenti meno permeabili.

Il corpo idrico più superficiale si rinviene con livello piezometrico posto a quote comprese tra 28 e 23 metri slm.

La generalità dei pozzi, ormai, attingono alle falde sottostanti il banco di "tufo grigio campano" che in genere presentano una buona produttività e talvolta hanno caratteri di artesianità.

La distinzione tra falde poste a diversa profondità è praticamente impossibile a causa della non omogeneità che contraddistingue lo spessore, la granulometria, la giacitura e l'estensione dei singoli strati che è conseguenza delle modalità di deposizione dei terreni (carattere di unicità della falda). Questo ultimo fatto è messo in evidenza dalla sufficiente concordanza dei livelli piezometrici dei pozzi che pescano a diverse profondità.

Le curve isopiezometriche della carta idrogeologica, che sarà commentata in seguito, mettono in evidenza che il pelo libero della falda idrica è profondo circa 17 metri nella parte meridionale e occidentale del territorio comunale, è profondo oltre i 50 metri nella fascia pedemontana settentrionale.

Per quanto riguarda il chimismo la falda ha caratteristiche simili a quella di base degli acquiferi calcarei adiacenti e subisce modificazioni chimiche e mescolamenti durante il percorso nei sedimenti di pianura.

Per quanto riguarda i fattori che rendono la falda vulnerabile all'inquinamento è necessario ricordare che la maggior parte dei pozzi presenti sul territorio comunale, con l'esclusione dei pozzi dell'Acquedotto Campano, sono privi di un'adeguata cementazione dell'intercapedine tra tubo di rivestimento e terreno circostante. Tale situazione unita al fatto che

alcuni pozzi mettono in comunicazione la falda freatica posta al di sopra del banco di tufo e la falda semiconfinata posta al di sotto si traduce in un potenziale rischio di inquinamento.

Si ricorda, inoltre, che l'area cimiteriale è posizionata a monte di molti pozzi e lungo un asse di drenaggio preferenziale che trova recapito nell'area di piana.

Le acque superficiali non assorbite, infine, trovano recapito nelle fogne cittadine.

9. STRUTTURA STRATIGRAFICA DEL TERRITORIO INTERESSATO DALL'ABITATO.

Lo studio delle colonne stratigrafiche dei sondaggi eseguiti a sud dell'allineamento A1-SS265 ha fornito indicazioni abbastanza attendibili sulle caratteristiche dei terreni e sulle loro variazioni verticali ed orizzontali.

Il sottosuolo di questa parte di territorio studiato è caratterizzato, sino alle profondità investigate dalla presenza del Tufo Grigio Campano.

La facies tufo grigio si presenta spesso incoerente, con variazioni latero-verticali a tufo litificato e zeolitizzato (tufo giallo casertano), spesso di colore grigio, grigio scuro e violaceo. Nelle facies incoerenti e poco litificate si rinvengono clasti carbonatici leggermente arrotondati.

Nella parte più francamente pianeggiante del territorio comunale a luoghi si rinvengono, a tetto del tufo grigio campano e separato da esso da un modesto paleosuolo, sottili e discontinui lembi di piroclastiti sciolte limoso sabbiose e/o sabbioso limose con pomice grigiastre di colore grigio giallastre riconducibili presumibilmente alla facies distale del Tufo Giallo Napoletano.

La distribuzione dei terreni messa in evidenza dai sondaggi meccanici eseguiti per la presente indagine, per quanto evidenzi variazioni verticali ed orizzontali, mostra una cospicua uniformità. La successione stratigrafica può essere sintetizzata e riassunta, a partire dal piano di campagna, come segue:

- terreno vegetale limoso sabbioso e/o sabbioso limoso grigio-giallastro fino alla profondità di 1.00 metro circa;
- limo sabbioso con rade e minute pomice grigio giallastro passante lateralmente a grigio in livelli e lenti aventi spessori compresi tra 1.0 e 2.00 m., con a letto un paleosuolo discontinuo di colore marrone chiaro;
- Sabbia fine a luoghi debolmente limosa e/o limo sabbioso con rade e minute pomice passante in basso a sabbia a luoghi debolmente limosa con scorie ed elementi calcarei (tufo grigio campano) di colore grigio e/o violaceo con variazioni latero-verticali a tufo litificato e zeolitizzato giallastro.

Le stratigrafie dei sondaggi relativi alle "prove disponibili" confermano la predetta successione stratigrafica.

10. CARATTERIZZAZIONE LITOLOGICA E GEOTECNICA DEI TERRENI.

10.1 Aspetti generali

La costituzione geolitologica e l'assetto del territorio di S. Prisco derivano dai processi tettonici che hanno dato origine alla "Piana Campana". Il territorio comunale, infatti, è localizzato sul margine nord-orientale della Piana Campana e si adagia sulle pendici meridionali del M. Tifata.

Per quanto riguarda i terreni in affioramento, la costituzione geolitologica del territorio di S. Prisco può essere distinto in due parti, caratterizzate quella più settentrionale da calcari, calcari dolomitici e dolomie appartenenti alla struttura complessa del M. Tifata e quella subpianeggiante più meridionale da cineriti rimaneggiate con pomice e scorie.

I terreni che si rinvengono, nel centro abitato e nei dintorni di esso e nell'ambito delle profondità tecnicamente significative, sono da attribuire all'attività eruttiva degli apparati vulcanici del Roccamonfina e dei Campi Flegrei episodicamente intervallati e frammisti a terreni riferibili alle paleosuperfici (paleosuoli).

I sondaggi a carotaggio continuo ed il rilevamento geologico hanno messo in evidenza materiali che si inseriscono perfettamente nello schema sopra riportato.

L'andamento della resistenza alla punta Rp delle prove penetrometriche statiche (CPT) mette in evidenza che la struttura del sottosuolo è articolata; si rinvengono infatti frequenti livelli di materiale a granulometria più grossa (rappresentati dai picchi della resistenza alla punta) alternati a materiali a minor resistenza.

La distribuzione areale di tali livelli, per quanto questi siano lenticolari, rende spesso possibile una loro correlazione.

10.1.1. Sondaggi e prove eseguite.

I sondaggi e le prove, ai fini di una maggiore omogeneità, sono stati raggruppati per macroaree, e in particolare:

- a) area a sud dell'allineamento via Gianfrotta - via Verdi - via Colombo - via S. Giovanni.

Per la caratterizzazione dei terreni sono stati presi in considerazione le prove penetrometriche statiche 1A, 2A, 3A e 4A eseguite per la presente indagine e le prove penetrometriche statiche eseguite per il P.R.G. (C1, C2, C5, C6, C7 e C9).

I profili delle prove predette evidenziano un primo picco più o meno pronunciato in tutte le prove entro i primi quattro metri di profondità. Tutti i profili, inoltre, presentano fino ad altre quattro cuspidi più o meno pronunciate a partire dalla profondità di 4.00 metri (vedi Fig. n. 12a, 12b, 12c, 12d e 12e).

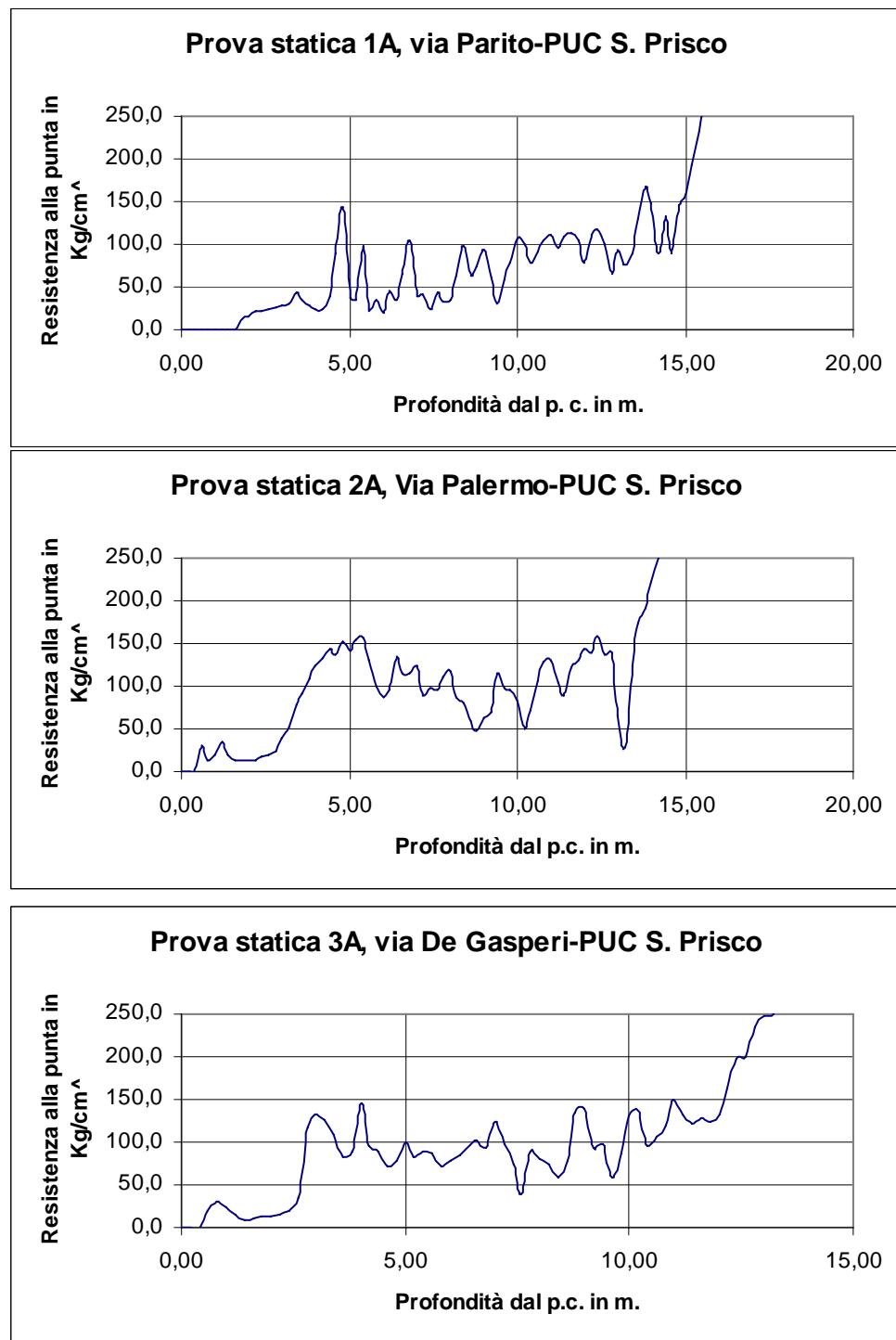


Fig. 12.a- Prove eseguite per il PUC di S. Prisco nel 2010 -Confronto resistenza alla punta.

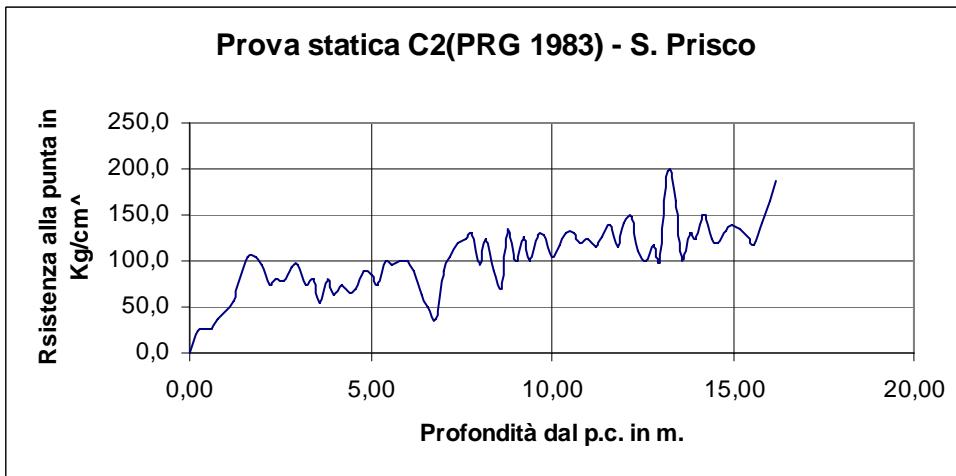
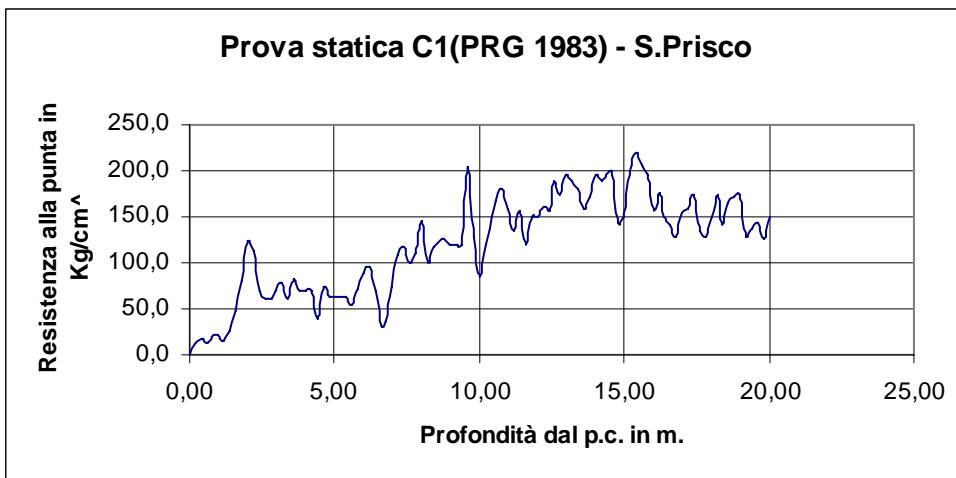
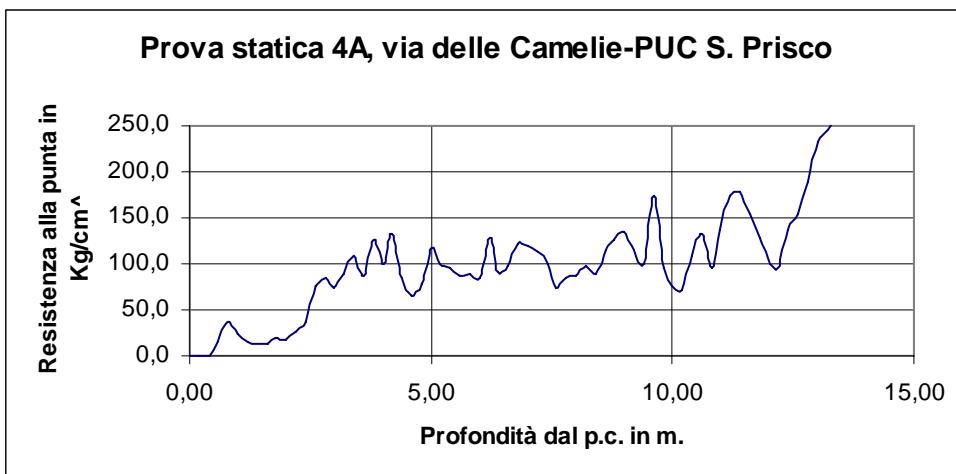


Fig. 12.b- Prove eseguite per il P.U.C e per il P.R.G. del comune di S. Prisco rispettivamente nel 2010 e nel 1983 -Confronto resistenza alla punta.

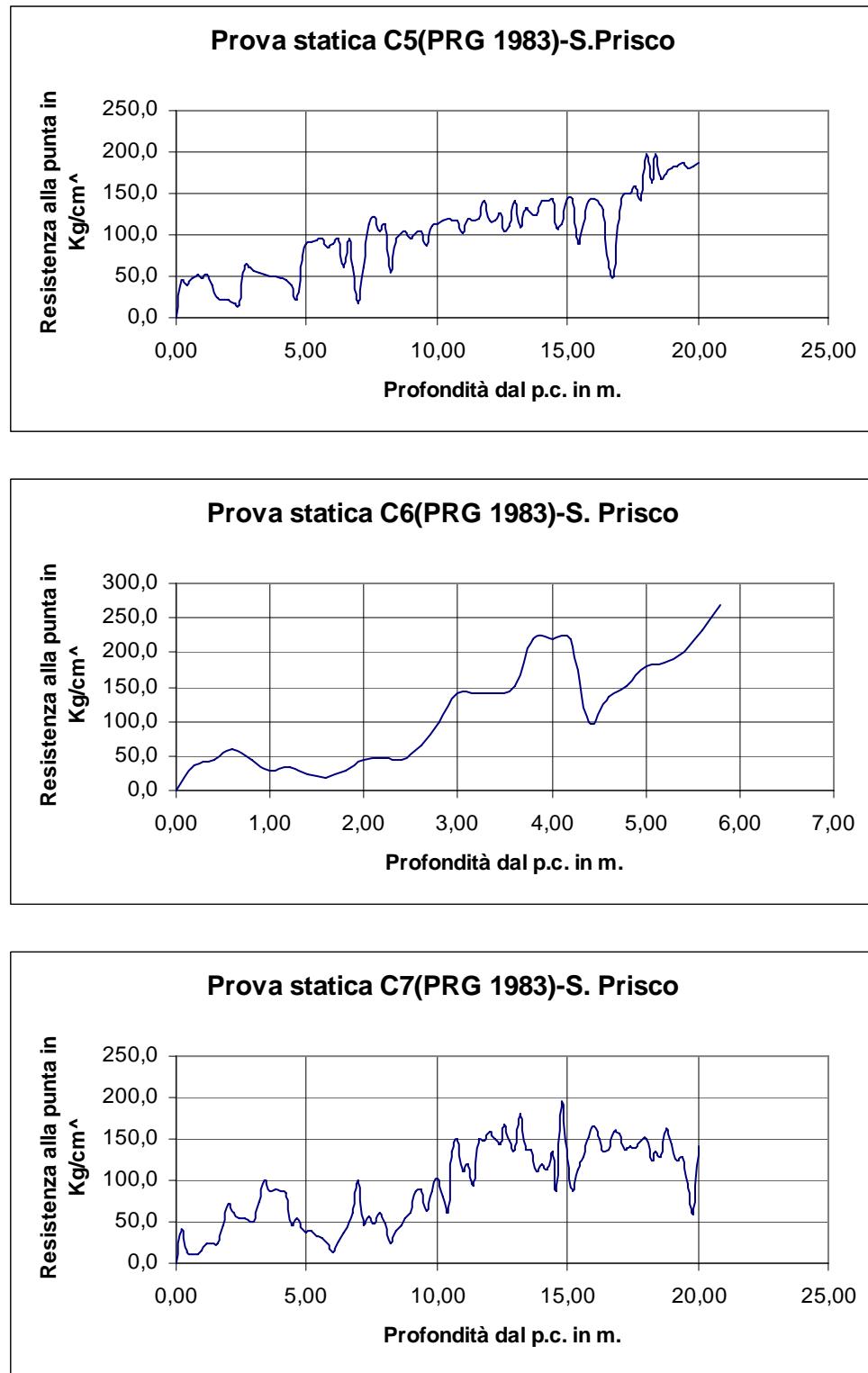


Fig. 12.c- Prove eseguite nel 1983 per il P.R.G. del comune di S. Prisco-Confronto resistenza alla punta.

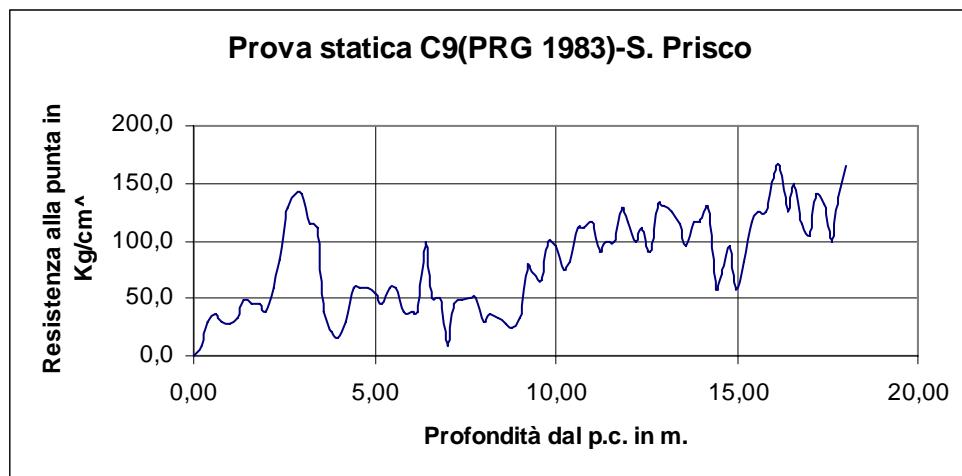


Fig. 12 d- Prove eseguite nel 1983 per il P.R.G. del comune di S. Prisco-Confronto resistenza alla punta.

Come si può osservare dai profili, i terreni lungo le verticali presentano un comportamento alquanto omogeneo. Quanto detto è messo ben in evidenza nella fig. 13 dall'ampiezza del campo definito dalla media \pm lo scarto della resistenza alla punta calcolata per ogni metro sui risultati delle quattordici prove CPT.

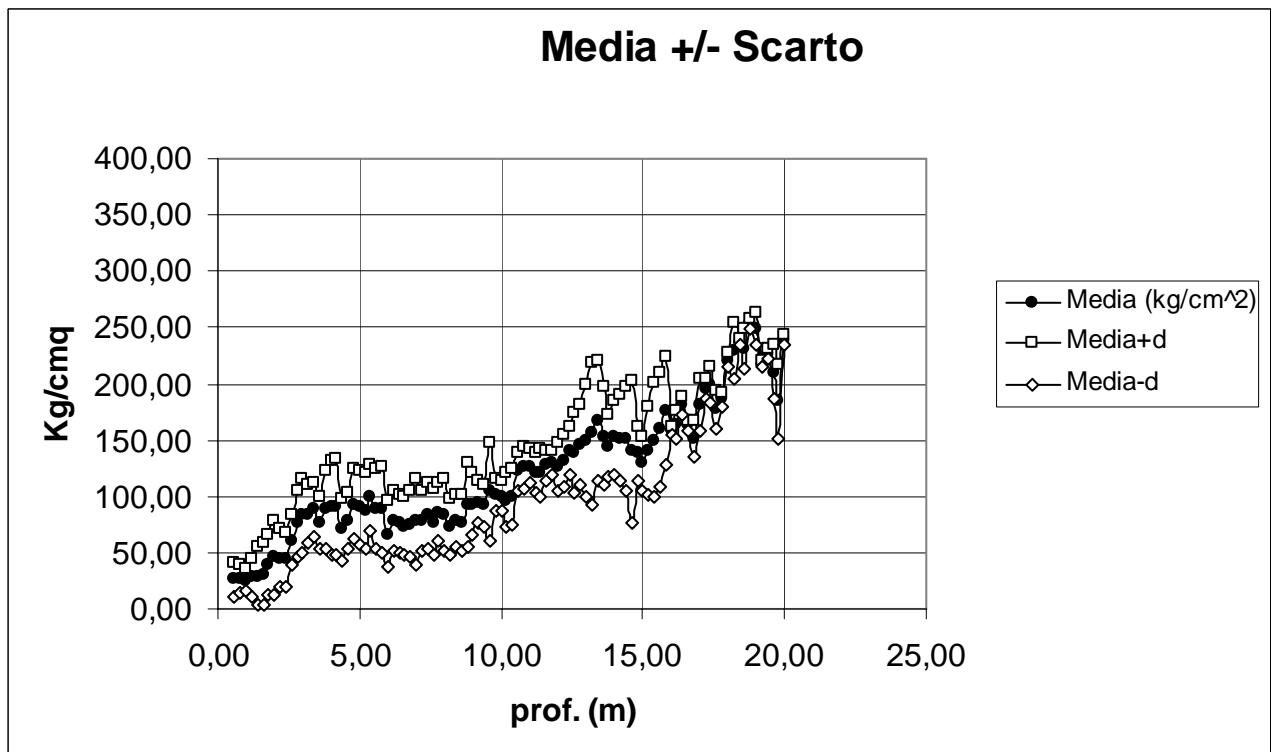


Fig. 13- Media, media-scarto, media + scarto della resistenza alla punta calcolate per metro e per le dieci prove CPT eseguite a sud dell'allineamento via Gianfrotta-via Verdi-via Colombo-via S. Giovanni.

Oltre alle prove penetrometriche statiche, sono state eseguite, come detto nei paragrafi precedenti, ventinove prove SPT durante la perforazione dei sondaggi S2 eseguito per il P.U.C. nel 2010 e SR1, SR2, SR3, SR4, SR5, SR6, SR7 e SR8 eseguiti per il Piano di Recupero nel 1992.

Come è noto tali prove possono essere correlate con le prove CPT attraverso la relazione:

$$q_c = \alpha \times N_{SPT}$$

dove α è un coefficiente dipendente dalla granulometria del terreno (nel caso di terreni piroclastici si pone in genere $\alpha = 4$).

Nella figura n. 3 è stata riportata la resistenza alla punta misurata con il penetrometro statico in termini di media dei valori misurati nelle dieci prove precedentemente riportate alla stessa profondità dal p.c.

Confrontando i valori delle prove SPT, relative ai sondaggi S2, SR1, SR2, SR3, SR4, SR5, SR6, SR7, SR8 e i valori della resistenza alla punta media nelle dieci prove (Fig. n. 14) si può notare che, pur essendo state prese in considerazione prove molto distanti tra loro, l'accordo tra le due sperimentazioni si può definire sufficiente.

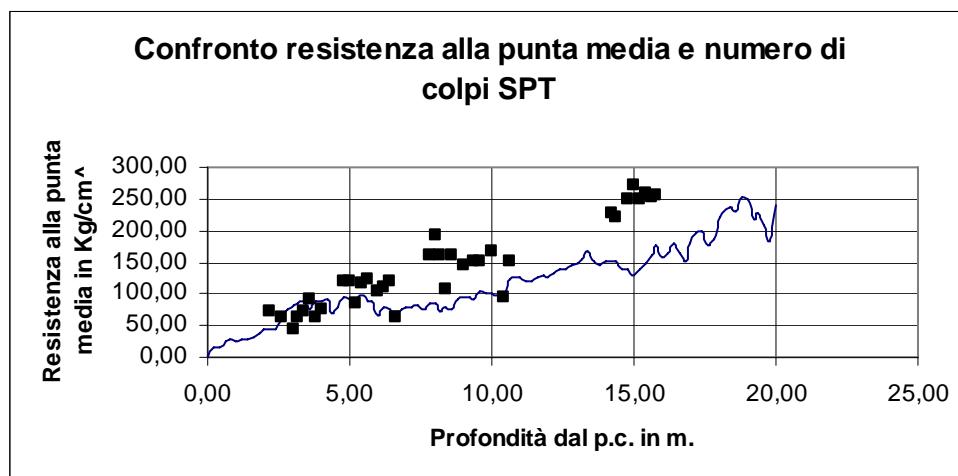


Fig. 14-Valore medio della resistenza alla punta qc per le dieci prove eseguite a sud dell'allineamento via Gianfrotta-via Verdi-via Colombo-via S. Giovanni e confronto con le prove SPT dei sondaggi eseguiti nella stessa area.

I risultati delle prove SPT, inoltre, possono fornire una valutazione dell'angolo di attrito ϕ' attraverso correlazioni empiriche; una tra le più usate è quella proposta da DE MELLO (1977), in cui l'angolo di attrito è correlato ai risultati delle prove SPT attraverso lo stato tensionale effettivo agente alla profondità alla quale è stata eseguita la prova.

Nella Fig. n. 15 sono stati riportati nel citato abaco i risultati delle ventinove prove SPT eseguite nell'area interessata; tutti i punti sperimentali si dispongono al di sopra della curva $\phi' = 35^\circ$.

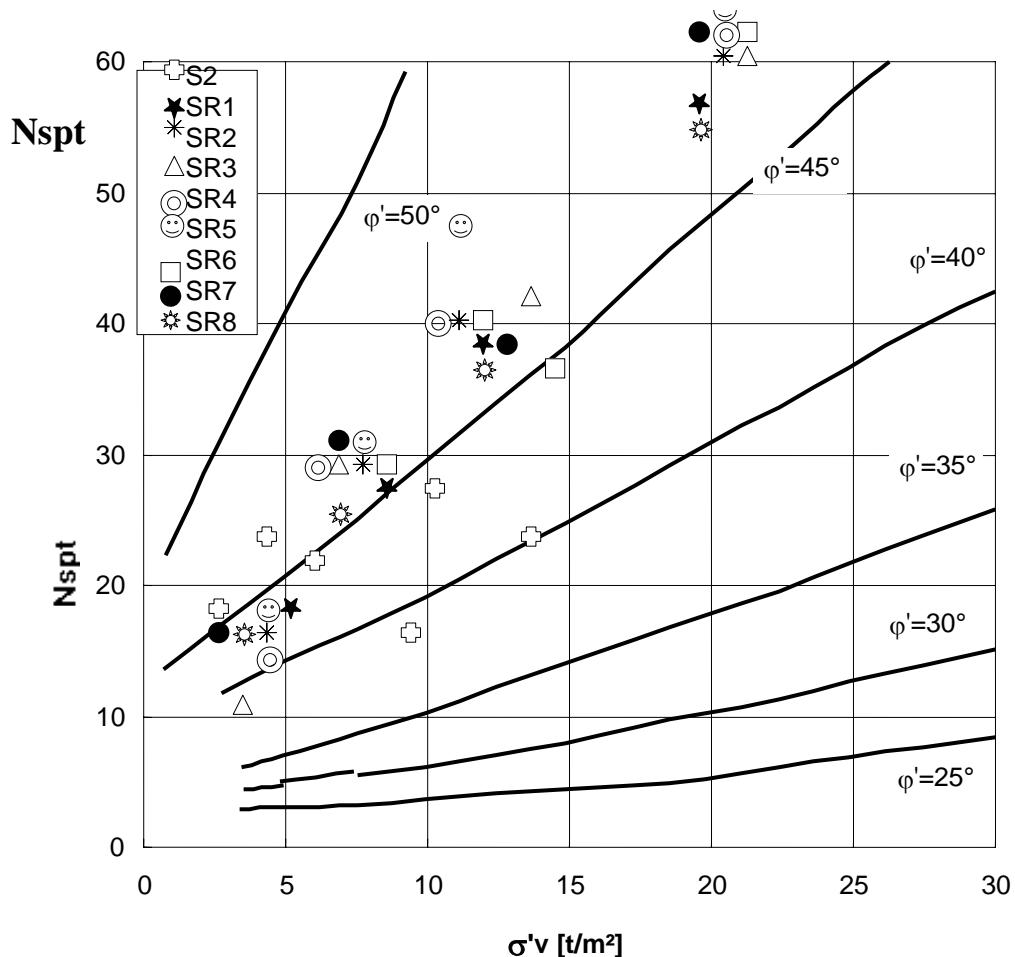


Fig. 15- Abaco di DE MELLO (1977)

b) area a nord dell'allineamento via Gianfrotta - via Verdi - via Colombo - via S. Giovanni.

Per la caratterizzazione dei terreni dell'area sono state prese in considerazione le prove penetrometriche statiche eseguite nel 2010 per il P.U.C. (5A), nel 2009 per un intervento privato in via Aurora (CA1 e CA2) e nel 1992 per il Piano di Recupero (C3, C4, C8, C10 e C11). Anche queste prove evidenziano un primo picco più o meno pronunciato entro i primi 3.00 metri di profondità. Tutti i profili, inoltre, presentano fino ad altre tre cuspidi più o meno pronunciate a partire dalla profondità di 3.50 metri (vedi Fig. n. 16a, 165b e 16c).

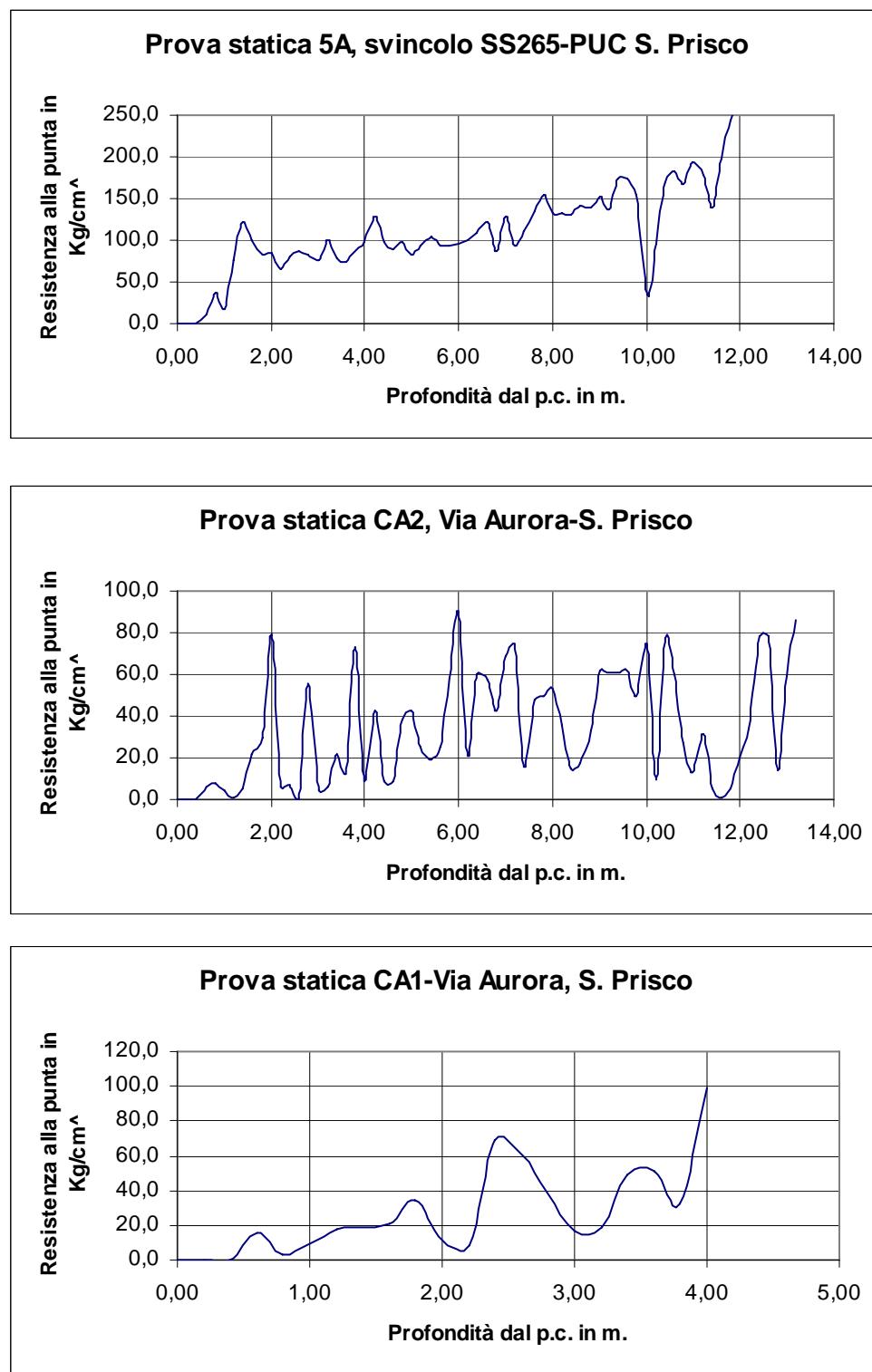


Fig. n. 16a – Prove penetrometriche statiche eseguite a nord dell'allineamento via Gianfrotta-via verdi-via Colombo-via S. Giovanni-Confronto resistenza alla punta.

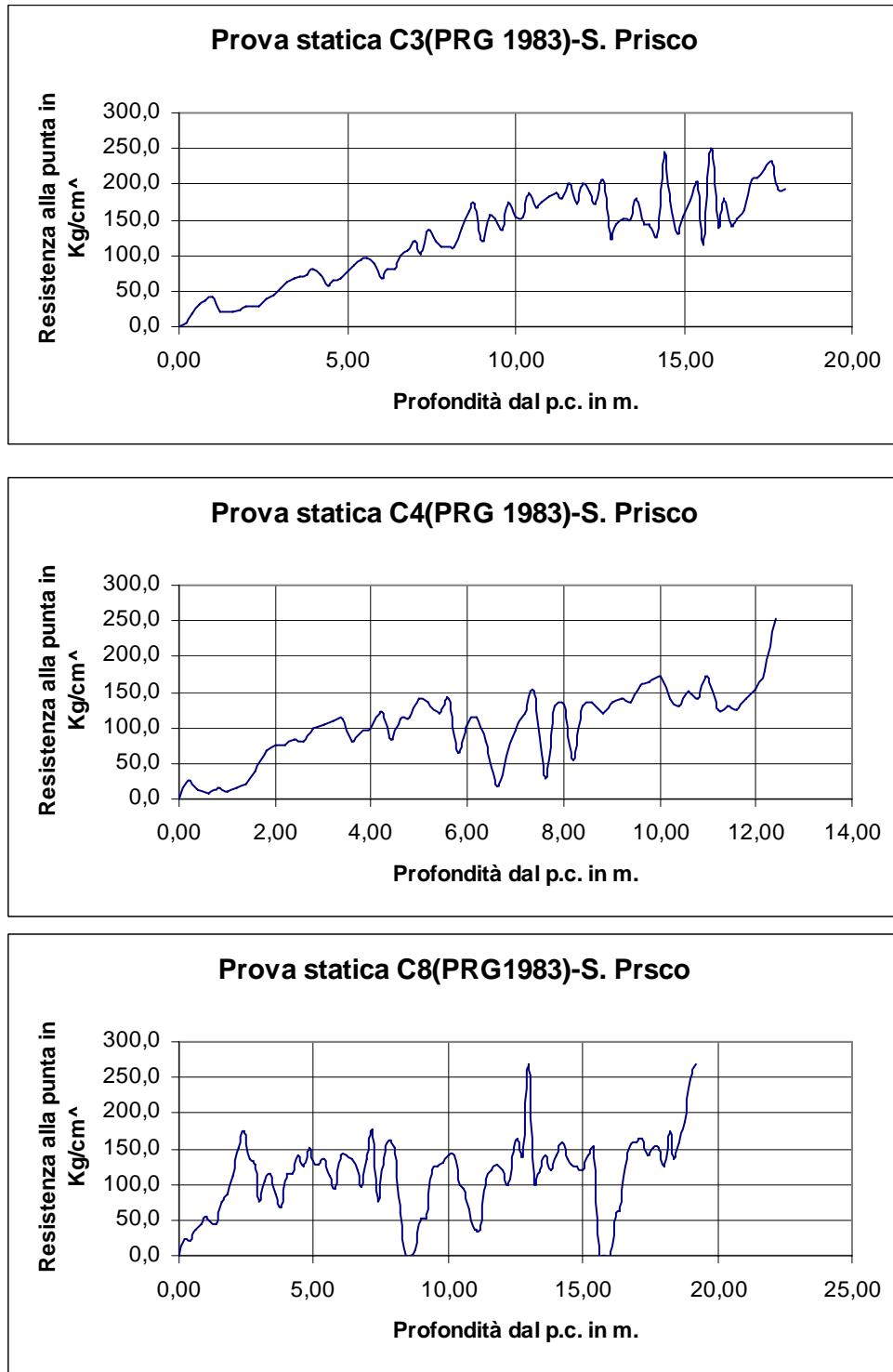


Fig. 16b- Prove penetrometriche statiche eseguite a nord dell'allineamento via Gianfrotta-via verdi-via Colombo-via S. Giovanni-Confronto resistenza alla punta.

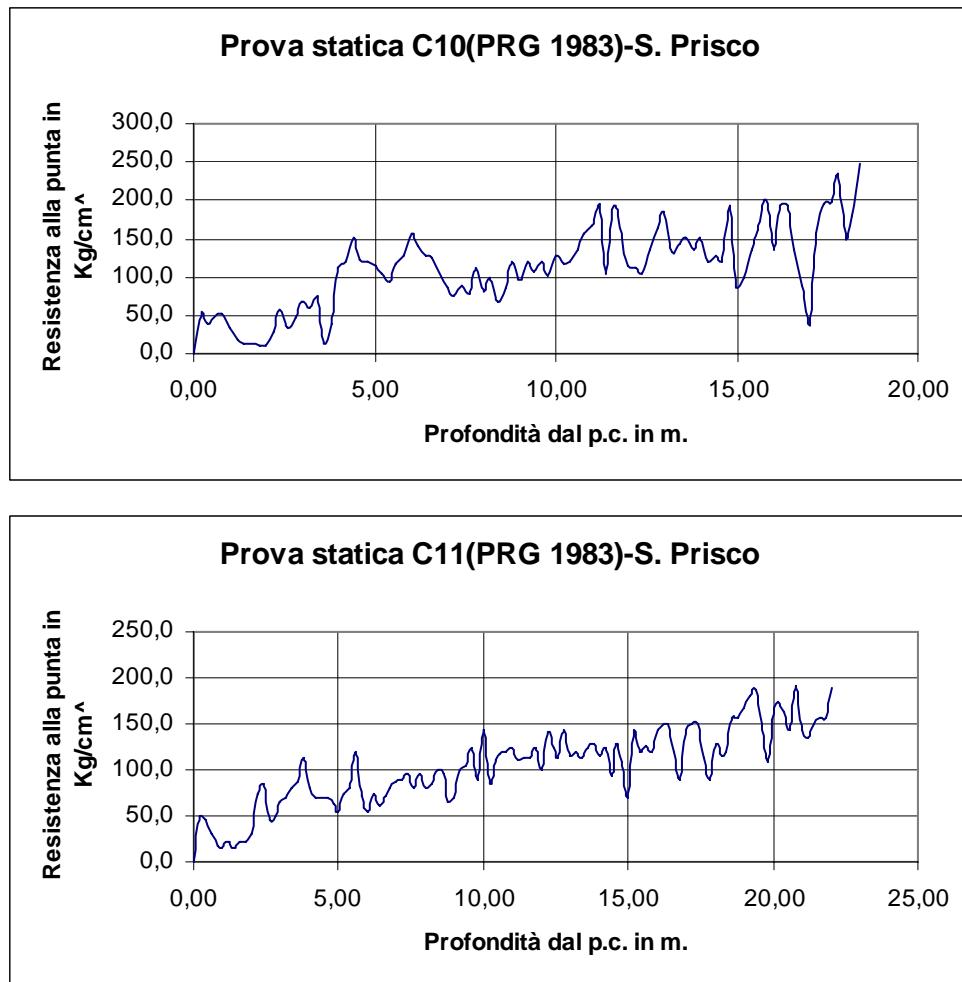


Fig. 16c- Prove penetrometriche statiche eseguite a nord dell'allineamento via Gianfrotta-via verdi-via Colombo-via S. Giovanni-Confronto resistenza alla punta.

Come si può osservare dai profili, i terreni lungo le verticali presentano un comportamento sufficientemente omogeneo. Quanto detto è messo ben in evidenza nella Fig. 17 dall'ampiezza del campo definito dalla media \pm lo scarto della resistenza alla punta calcolata per ogni metro sui risultati delle sei prove CPT.

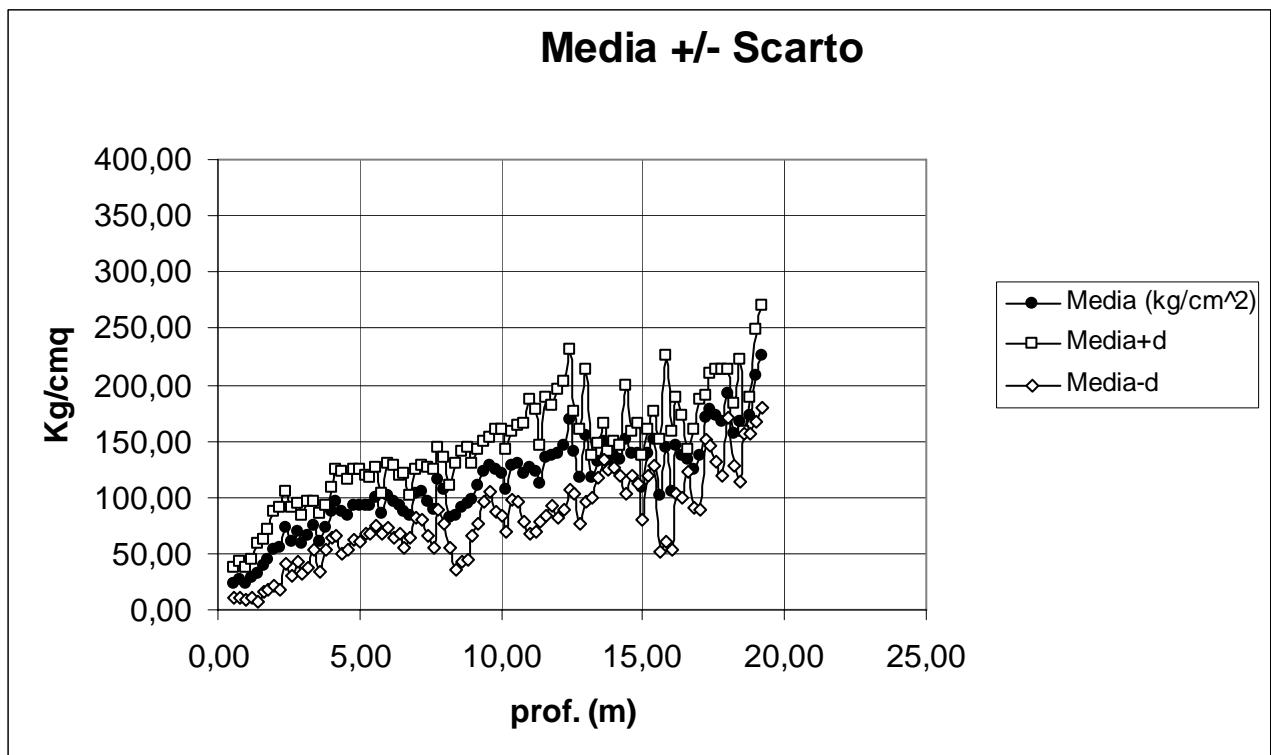


Fig. n. 17- Media, media -scarto, media + scarto della resistenza alla punta calcolata per metro di profondità e per le sei prove.

Oltre alle prove penetrometriche statiche, sono state eseguite, come detto nei paragrafi precedenti, quattordici prove SPT di cui n. 7 durante la perforazione dei sondaggi S1 e S3 eseguiti nel 2010 per il P.U.C. e n. 7 durante i sondaggi Scc2, Scc3 e Scc4 eseguiti nel 2009 per la realizzazione di un centro commerciale in località Boccardi.

Come è stato già detto tali prove possono essere correlate con le prove CPT attraverso la relazione:

$$q_c = \alpha \times N_{SPT}$$

dove α è un coefficiente dipendente dalla granulometria del terreno (nel caso di terreni piroclastici si pone in genere $\alpha = 4$).

Nella Fig. n. 18 è stata riportata la resistenza alla punta misurata con il penetrometro statico in termini di media dei valori misurati nelle sei prove alla stessa profondità dal p.c.

Confrontando i valori delle prove SPT e i predetti valori della resistenza alla punta media si può notare che, pur essendo state prese in considerazione prove eseguite in luoghi abbastanza distanti tra loro, l'accordo tra le due sperimentazioni è di buon livello.

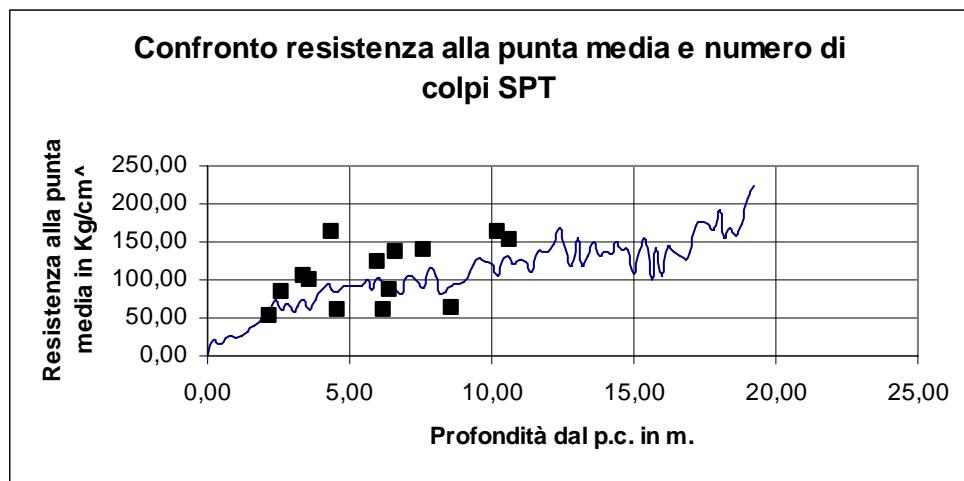


Fig. 18- Valore medio della resistenza alla punta qc nelle sei prove alla stessa profondità e confronto con le prove SPT.

Anche in questo caso i risultati delle prove SPT sono stati utilizzati per fornire una valutazione dell'angolo di attrito φ' attraverso la correlazione empirica di DE MELLO (1977).

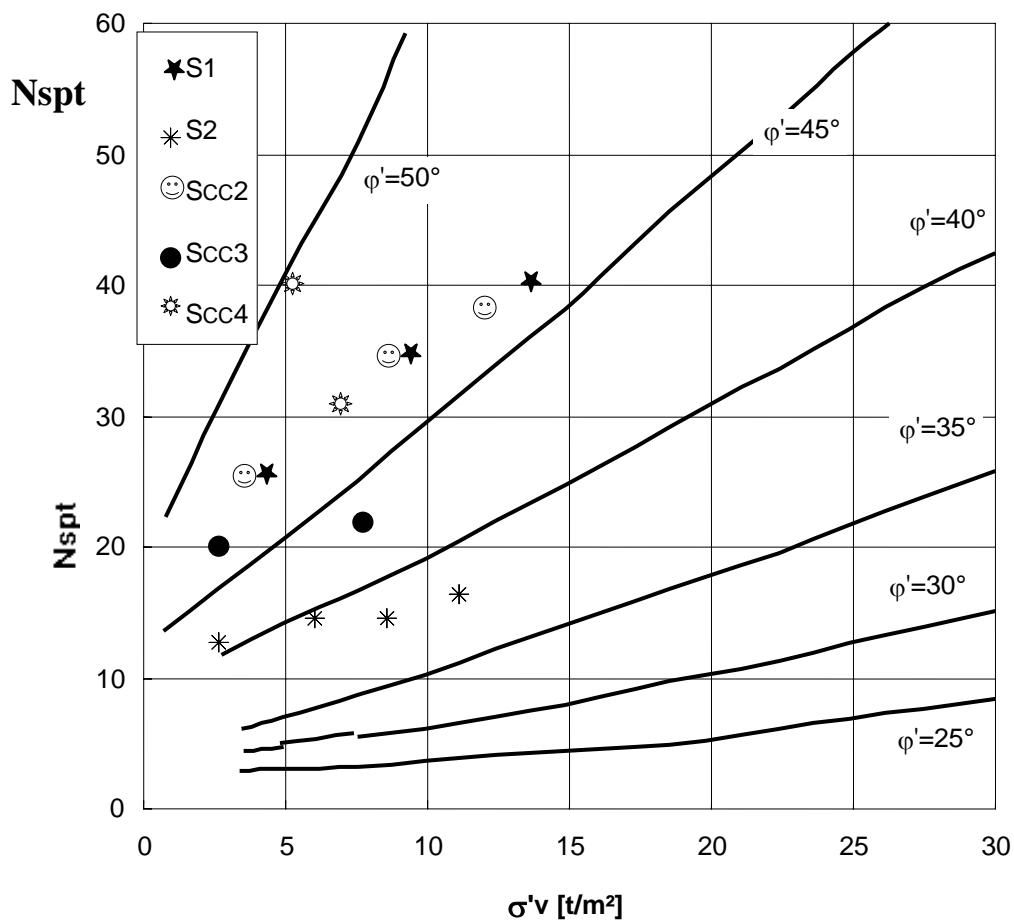


Fig. 15- Abaco di DE MELLO (1977)

Nella Fig. n. 19 sono stati riportati nel citato abaco i risultati delle sette prove SPT eseguite nell'area interessata; tutti i punti sperimentali si dispongono al di sopra della curva $\phi' = 35^\circ$.

10.1.2. Caratterizzazione geotecnica dei terreni

Sui campioni indisturbati prelevati nel corso dei sondaggi a carotaggio continuo eseguiti per la presente indagine nonché degli ulteriori sondaggi eseguiti sul territorio comunale consultati (Vedi fascicolo delle Indagini disponibili TAV. G2/a) sono state eseguite, tra l'altro, le determinazioni del peso dell'unità di volume (γ) e del peso dell'unità di volume secco (γ_d).

La lettura dei dati consente di affermare che il peso dell'unità di volume dei terreni non varia di molto con la profondità e si presenta, salvo poche eccezioni, più frequentemente con valori compresi tra 1.0 e 1.5 g/cm³.

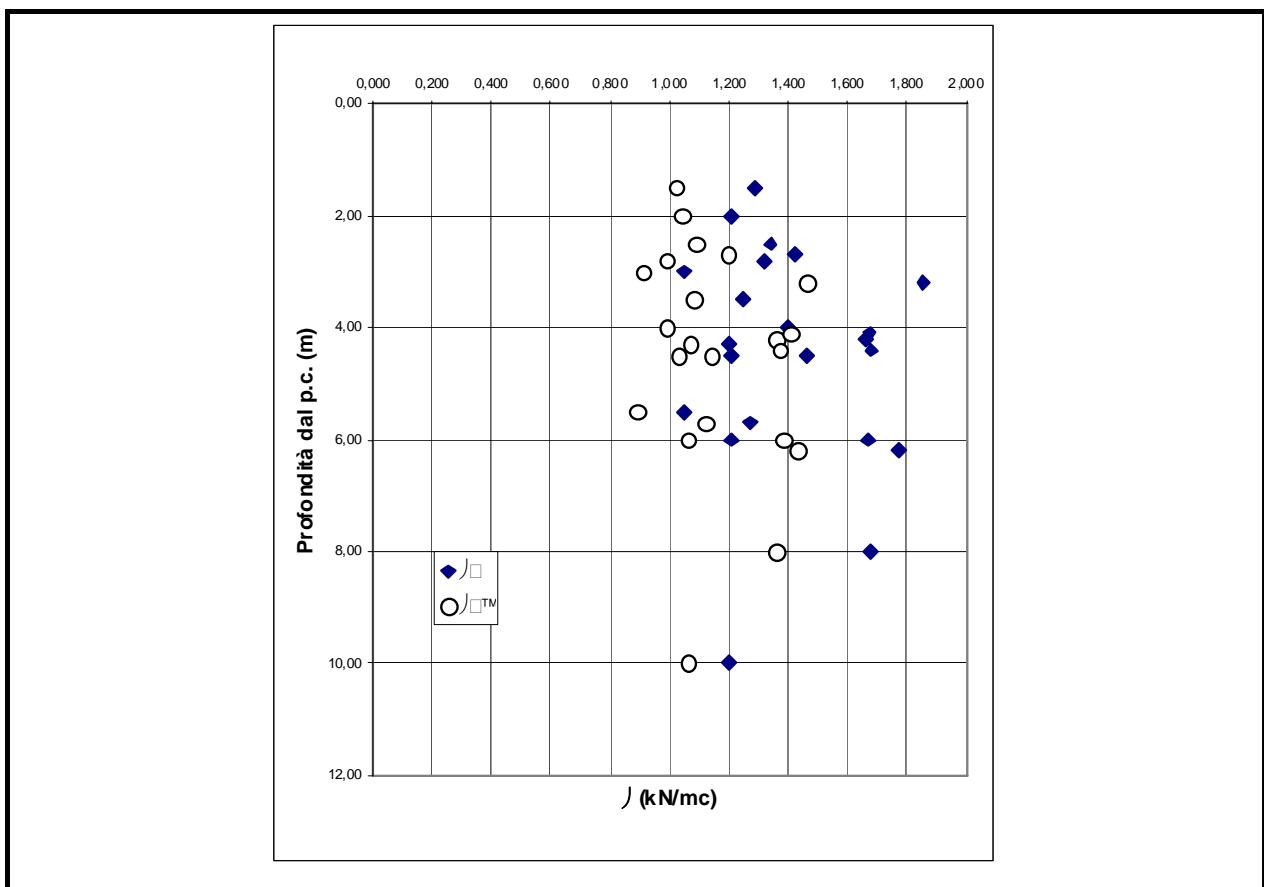


Fig. 20- Andamento del peso dell'unità di volume e dell'unità di volume secco con la profondità.

Le analisi granulometriche hanno messo in evidenza, come del resto era già stato osservato nel corso dei sondaggi, una certa abbondanza della frazione sabbiosa e una limitata presenza della frazione limosa quasi sempre accompagnate da una frazione ghiaiosa a luoghi abbondante.

10.1.2.1. Resistenza a rottura

Le prove CPT e SPT possono fornire una valutazione dell'angolo di attrito ϕ' attraverso correlazioni empiriche in cui l'angolo di attrito stesso è correlato ai risultati delle prove attraverso lo stato tensionale effettivo agente alla profondità alla quale è stata eseguita la prova.

Alcune di queste valutazioni sono state già presentate in precedenza.

Sui n. 7 campioni indisturbati prelevati nel corso delle indagini per il P.R.G. del 1983 furono eseguite sette prove di taglio diretto.

I punti sperimentali appaiono ben correlati ed in generale si può affermare che i risultati delle predette prove appaiono in buon accordo con le interpretazioni delle prove in situ (SPT e CPT).

Gli angoli di attrito ϕ' rilevati con le prove di taglio predette, su campioni prelevati tra le profondità di 1.50 e 5.50 m., infatti, hanno valori compresi tra 33° e 41°.

La coesione effettiva c' in tutti questi terreni può essere considerata nulla.

10.1.2.2 Deformabilità

Su n. 3 campioni prelevati nel corso dei sondaggi eseguiti nel 1983 per il P.R.G. furono eseguite prove di compressione edometrica le cui curve carichi-cedimenti sono riportate nel fascicolo "Indagini Disponibili" Tav. G2/a.

Si tratta comunque di materiali molto deformabili, caratterizzati da porosità elevate.

Per quanto riguarda il decorso dei cedimenti nel tempo si osserva che le curve di consolidazione mostrano che il processo di consolidazione avviene in tempi talmente rapidi da non essere rilevabile e tutte le curve presentano, infatti, andamenti quasi rettilinei.

11. INDAGINE GEOFISICA E ZONAZIONE DEL TERRITORIO IN PROSPETTIVA SISMICA

Il territorio di S. Prisco non presenta, nei suoi confini amministrativi, strutture sismogenetiche note; esso risente dei fenomeni sismici che si originano nella catena appenninica e nelle aree vulcaniche dei Campi Flegrei e del Somma-Vesuvio.

Per quanto concerne la sismicità dell'area, con particolare riferimento alla macroseismologia, la ricerca su quanto avvenuto in passato si è avvalsa dei cataloghi predisposti dalla Comunità Scientifica ed in particolare della documentazione prodotta dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (I.N.G.V.).

Più in dettaglio sono stati esaminati:

- il Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (ultima edizione CPTI04);
- il Database "DOM4.1" collegato al Catalogo NT4.1.1;

I dati di questa analisi sono riassunti nella Tab. III, dalla quale si evince che la **massima intensità sismica** risentita nel territorio comunale di San Prisco è relativa al terremoto dell'Irpinia – Basilicata del 23/11/1980 ed è pari al **VII grado MCS**.

Tab. III: osservazioni macrosismiche per il comune di S. Prisco; Is rappresenta l'intensità di sito espressa nella scala MCS (Mercalli-Cancani-Sieberg, 1930), mentre Ix l'intensità epicentrale (Mercalli-Cancani-Sieberg, 1930), Mw rappresenta la magnitudo momento dell'area epicentrale.

Effetti	Terremoti accaduti				
	Is	Anno Me Gi Or	Area epicentrale	Io	Mw
6	1930 07 23 00 08		Irpinia	10	6.72
NF	1960 01 11 11 27		ROCCAMONFINA	7	5.17
	1980 11 23 18 34				
7	52		Irpinia-Basilicata	10	6.89
	1990 05 05 07 21				
4	17		POTENTINO	7	5.84
	1997 03 19 23 10				
2	50		MATESE	6	4.59

L'O.P.C.M. 20-03-2003 n. 3274 ha individuato n. 4 "macrozone", nelle quali sono stati inseriti tutti i Comuni d'Italia, caratterizzate ciascuna da un valore dell'accelerazione orizzontale massima su suolo di categoria "A". Il territorio del comune di S. Prisco è stato inserito nella "zona 2" caratterizzata da una accelerazione orizzontale massima su suolo di categoria "A" $a_g = 0.25g$.

Il 4 febbraio 2008 sono state pubblicate sulla Gazzetta Ufficiale le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni elaborate dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici. L'allegato A di tali Norme prevede che l'azione sismica di riferimento per la progettazione (paragrafo 3.2.3) venga definita sulla base dei valori di pericolosità sismica proposti dal Progetto S1 dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. Di seguito si riporta la mappa di sintesi di pericolosità sismica di riferimento proposta dall'INGV (Fig. n. 21).

Queste stime di pericolosità sismica sono state successivamente elaborate dal Consiglio Superiore per ottenere i parametri che determinano la forma dello spettro di risposta elastica; tali parametri sono proposti nell'allegato A del Decreto Ministeriale.

In riferimento alla mappa del territorio nazionale per la pericolosità sismica derivante dal progetto S1 dell'INGV (Fig. n. 22), disponibile on-line sul sito dell'INGV, si indica che il territorio comunale di San Prisco (CE) rientra nelle celle contraddistinte da valori di a_g di riferimento compresi tra **0.100g e 0.125g** (punti della griglia riferiti a: parametro dello scuotimento a_g ; probabilità in 50 anni 10%; percentile 50).

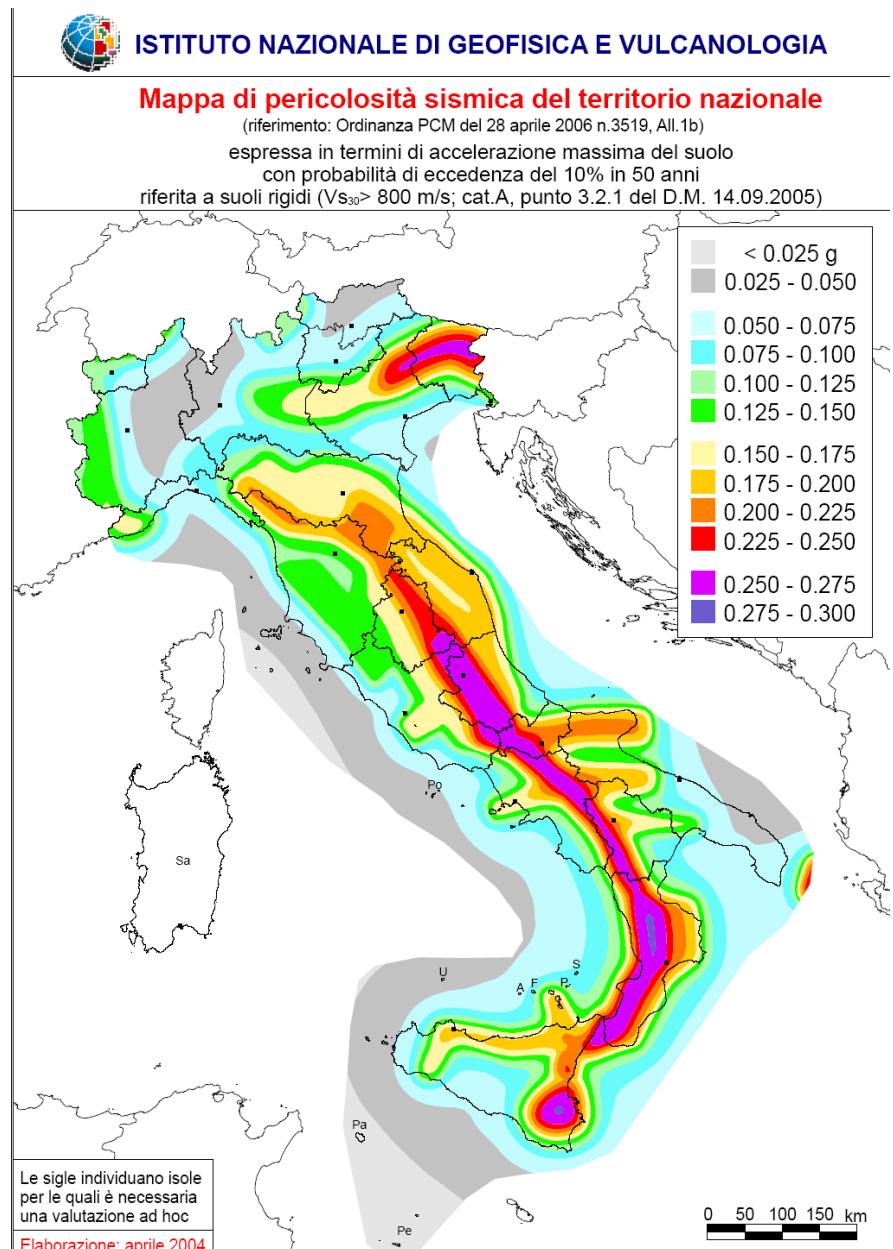


Fig. 21- mappa di pericolosità sismica(INGV,2004).

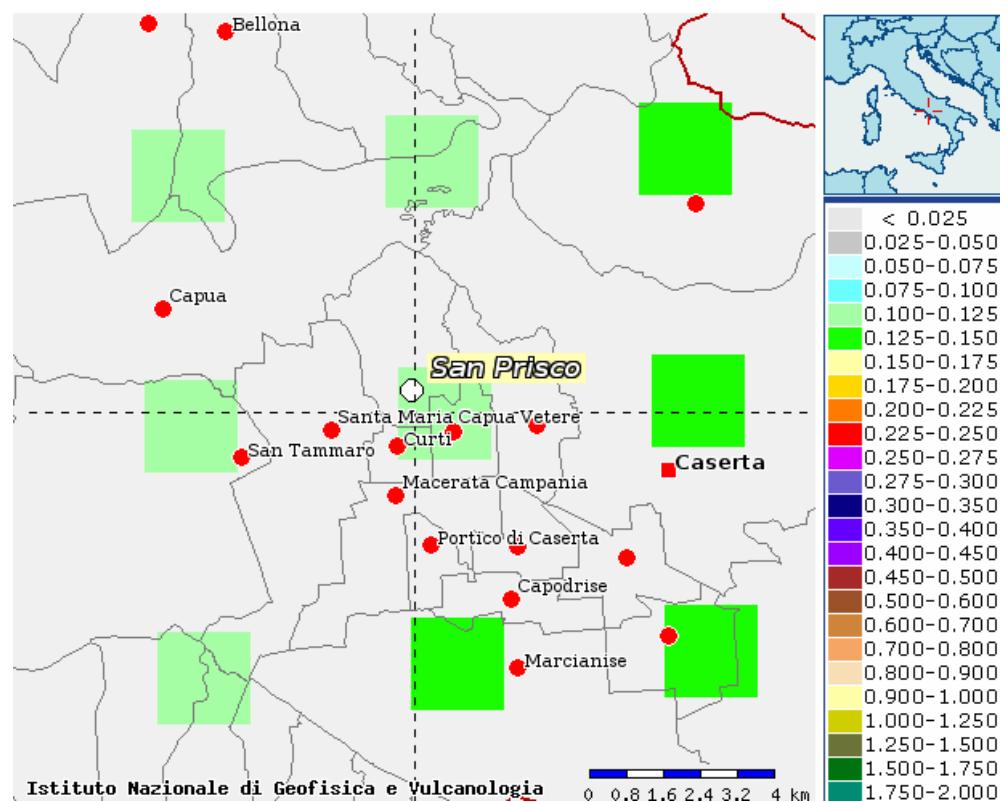


Figura 22: mappa di pericolosità sismica redatta a cura dell'INGV secondo le Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14/01/2008) - Punti della griglia riferiti a: parametro dello scuotimento a_g ; probabilità in 50 anni 10%; percentile 50.

a) Microzonazione sismica, generalità.

Le prove eseguite sul territorio di S. Prisco per la presente indagine e le prove disponibili sono state utilizzate per la caratterizzazione sismica dei terreni e la elaborazione della Carta di "microzonazione sismica".

La microzonazione sismica è un criterio volto a prevedere e mitigare gli effetti sismici in un territorio di limitata estensione. Le indagini di microzonazione sismica, pertanto, hanno lo scopo di riconoscere, a scala di dettaglio, le condizioni di sito (microzone) che possono modificare sensibilmente le caratteristiche del moto sismico atteso (moto sismico di riferimento) o produrre effetti cosismici rilevanti (fratture, liquefazioni, ecc.).

Nel nostro caso, alla luce delle prove che hanno portato alla caratterizzazione sismica dei terreni, sono state individuate zone nel territorio compreso nei limiti amministrativi del comune di S. Prisco a comportamento omogeneo dal punto di vista sismico.

b) Caratterizzazione sismica dei terreni

I parametri caratterizzanti il comportamento sismico dei terreni sono stati dedotti dalle n. 6 prove M.A.S.W. eseguite per la presente indagine, dalla prova M.A.S.W. eseguita nel 2009 per privati in via Aurora, dalle n. 2 prove MASW eseguite in località Boccardi per la realizzazione di un centro commerciale, dalle n. 2 prospezioni sismiche in foro tipo down-hole e dalle n. 3 prospezioni sismiche a rifrazione eseguite nel 1992 in occasione delle indagini

per l'adozione del Piano di Recupero. Tutti i dati relativi alle prove predette sono riportati nei fascicoli allegati alla presente relazione (Tav. G2 e Tav. G2/a).

Il valore della velocità delle onde sismiche in un litotipo dipende, dalla sua rigidezza e dalla sua densità. In pratica viene energizzato il terreno mediante una massa battente rilevando, poi, al sismografo i tempi d'arrivo degli impulsi. Dalla conoscenza dei tempi d'arrivo è possibile risalire, attraverso appositi algoritmi, alla determinazione delle velocità e degli spessori dei livelli sismici individuati. L'indagine geofisica conferma che litologicamente, nella parte più superficiale dei terreni, ci si trova al cospetto di materiali sciolti, caratterizzati da velocità sismiche basse, seguiti da un banco di tufo grigio campano caratterizzato da velocità medie.

I risultati delle prove M.A.S.W. mostrano l'esistenza generalmente di almeno 3 e a volte di n. 2 strati sismici.

In una delle prove down-hole eseguite per il piano di recupero, inoltre, è stata messa in evidenza una modesta inversione di velocità nell'ambito del banco di tufo.

Ai fini del confronto tra le prove sismiche eseguite per la presente indagine e quelle eseguite in precedenza, riportate nel fascicolo "Indagini disponibili" allegati alla presente relazione, si riportano nelle tabelle che seguono le velocità medie delle onde di taglio nei primi 10, 20 e 30 metri di profondità.

Tabella IV – Valori medi delle Vs nei primi 10, 20 e 30 m. di profondità ricavate dalle prove M.A.S.W. eseguite sul territorio comunale.

Prova down-hole	Velocità media delle onde di taglio (Vs) nei primi 10 metri di profondità in m/s	Velocità media delle onde di taglio (Vs) nei primi 20 metri di profondità in m/s	Velocità media delle onde di taglio (Vs) nei primi 30 metri di profondità in m/s
MASW1	268	368	445
MASW2	367	489	529
MASW3	206	373	428
MASW4	263	310	389
MASW5	261	285	298
MASW6	357	463	507
MASW _A	228	325	407
MASW Scc1	240	351	380
MASW Scc4	279	367	417

In primo luogo si è proceduto, ai fini dell'omogeneizzazione dei dati, alla stima dei valori medi delle Vs nei primi 10 e 20 metri di profondità mediante i dati ricavati dalle prove down-hole e dalle prove di sismica a rifrazione eseguiti sul territorio comunale nel 1992 per l'adozione del Piano di Recupero. I dati riportati nella tabella III mostrano la sostanziale congruenza dei dati delle prove disponibili con quelli delle prove M.A.S.W..

Tabella V – Stima dei valori medi delle Vs nei primi 10 e 20 m. di profondità ricavati dalle prove down-hole e dalle prove di sismica a rifrazione eseguite nel 1992 per il P.d.R.

Prova down-hole	Velocità (Vs) media nei primi 10 metri Vs in m/s	Velocità (Vs) media nei primi 20 metri Vs in m/s
D-H _(PdR) 1	267	401
D-H _(PdR) 2	259	348
SS _R 1	318	353
SS _R 2	353	469
SS _R 3	332	392

La denominazione e localizzazione delle prove sismiche sono quelle riportate nella "Carta ubicazione sondaggi e prove" (TAV. G 8).

c) Determinazione del periodo proprio del sottosuolo T_s

Nel territorio studiato è stato calcolato il periodo proprio del sottosuolo (spessore 20 metri) con il metodo dello "strato equivalente". Nelle tabelle VI e VII sono riportati i relativi valori.

Tabella VI – Velocità media delle onde trasversali nei primi 20 metri di profondità, periodo proprio e frequenza del sottosuolo ricavato dalle prove M.A.S.W.

Prova down-hole	Velocità media (Vs) nei primi 20 metri Vs in m/s	$T_s = 4H/Vs$ Periodo proprio del sottosuolo in secondi	Frequenza in Hz
MASW1	368	0.22	4.54
MASW2	489	0.16	6.25
MASW3	373	0.21	4.76
MASW4	310	0.26	3.84
MASW5	285	0.28	3.57
MASW6	463	0.17	5.88
MASW _A	325	0.24	4.16
MASW Scc1	351	0.23	4.34
MASW Scc4	367	0.22	4.54

Tabella VII – Velocità media delle onde trasversali nei primi 20 metri di profondità, periodo proprio e frequenza del sottosuolo ricavato dalle prove down-hole e dalle prove di sismica a rifrazione disponibili

Prova Sismiche: a)D-H, prova down-hole b)SS, Prova di sismica a rifrazione	Velocità (Vs) media nei primi 20 metri Vs in m/s	$T_s = 4H/Vs$ Periodo proprio del sottosuolo in secondi	Frequenza in Hz
D-H _(PdR) 1	401	0.20	5
D-H _(PdR) 2	348	0.23	4.34
SS _R 1	353	0.22	4.54
SS _R 2	469	0.17	5.88
SS _R 3	392	0.20	5

I dati riportati nelle tabelle consentono di affermare che il periodo proprio del sottosuolo del territorio comunale varia tra 0,16 e 0,28 sec. e le frequenze tra 6.25 e 3.57 Hz.

E' necessario ricordare che quanto più il periodo proprio del sottosuolo si approssima al periodo proprio del manufatto vincolato ad esso tanto più il manufatto stesso viene sollecitato per cui, nel territorio studiato, si consiglia di realizzare manufatti con periodo proprio lontano dai valori di T_s riportati nelle tabelle.

d) Liquefazione

Per quanto riguarda la possibilità che in occasione di eventi sismici si possa verificare il fenomeno della "liquefazione" si può affermare che la natura e consistenza dei terreni nonchè la profondità del pelo libero della falda idrica portano ad escludere il verificarsi del predetto fenomeno.

e) Categorie di sottosuolo di riferimento (D.M. 14-01-2008).

La suddivisione in categorie di sottosuolo di riferimento del territorio di S. Prisco è stata eseguita secondo le norme contenute nel D.M. 14-01-2008 riportate di seguito.

Categorie	Descrizione profilo stratigrafico
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di Vs30 superiori a 800 m/s, comprendenti in superficie uno strato di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 3m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, con spessori superiori a 30 metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 360 e 800 m/s (ovvero NsPT,30 > 50 nei terreni a grana grossa e cu,30>250 kPa nei terreni a grana fina).</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m., caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 180 e 360 m/s (ovvero 15< NsPT,30<50 nei terreni a grana grossa e 70<cu,30<250 kPa nei terreni a grana fina) .</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 < 180 m/s (ovvero NsPT,30<15 nei terreni a grana grossa e cu,30<70 kPa nei terreni a grana fina).</i>
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti su di un substrato di riferimento (con Vs30 > 800 m/s).</i>

Oltre a dette categorie il predetto D.M. ne prevede altre due per le quali sono richiesti studi speciali per la definizione dell'azione sismica da considerare:

Categorie	Descrizione profilo stratigrafico
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di Vs,30 inferiori a 100 m/s (ovvero 10 < cu,30 < 20 kPa che includono uno strato di almeno 8 m. di terreno a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m. di torba o di argille altamente organiche.
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

La predetta suddivisione, utile alla scelta dell'azione sismica di progetto, è stata eseguita tenendo presente i valori delle velocità medie di propagazione entro 30 metri di profondità delle onde di taglio (Vs₃₀) che viene calcolata con la seguente espressione:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$

Nelle tabelle VIII e IX, oltre alle Vs₃₀, sono riportate le categorie di sottosuolo di riferimento nei siti d'indagine.

Tabella VIII –Velocità media di propagazione entro 30 m. di profondità delle onde di taglio Vs₃₀ e categorie di sottosuolo di riferimento (D.M. 14-01-2010) ricavate dalle prove M.A.S.W. eseguite sul territorio comunale.

Prova down-hole	Velocità (Vs) media di propagazione entro 30 metri di profondità Vs ₃₀ in m/s	Categorie di sottosuolo di riferimento
MASW1	388	B
MASW2	499	B
MASW3	346	C
MASW4	340	C
MASW5	291	C
MASW6	480	B
MASW _A	330	C
MASW Scc1	320	C
MASW Scc4	345	C

Tabella IX –Velocità media di propagazione entro 30 m. di profondità delle onde di taglio Vs₃₀ e categorie di sottosuolo di riferimento (D.M. 14-01-2010) stimate dalle prove down-hole e sismica a rifrazione “disponibili” eseguite sul territorio comunale.

Prova down-hole	Velocità (Vs) media di propagazione entro 30 metri di profondità Vs ₃₀ in m/s	Categorie di sottosuolo di riferimento
D-H _(PdR) 1	390	B
D-H _(PdR) 2	383	B
SS _R 1	349	C
SS _R 2	377	B
SS _R 3	365	B

Come si può osservare dalle tabelle le categorie di suolo di fondazione sono risultati di "Categoria B" e di "Categoria C".

Il numero di colpi rilevati nel corso delle prove SPT eseguite durante l'esecuzione dei sondaggi effettuati sul territorio comunale, infine, sono congruenti con i dati desunti dalle prove sismiche riportate nelle tabelle VIII e IX.

12. I RISCHI

Il territorio comunale di S. Prisco, per propria conformazione geolitologica- morfologica-idrogeologica e per vicissitudini storiche presenta peculiari caratteristiche che determinano particolari situazioni ambientali che rappresentano elementi di pericolosità intrinseca e che quindi possono tramutarsi in Rischio per le strutture presenti sul territorio e ovviamente per le persone che usufruiscono o vivono in dette strutture.

Di tale situazione si trova riscontro nella cartografia allegata al PSAI - Piano Stralcio per L'assetto Idrogeologico e relative Norme di Attuazione e Misure di Salvaguardia redatto dall'ADB Liri Garigliano Volturno relativa al Rischio Frana. (Cfr Figure successive).

Di seguito si riporta uno stralcio della situazione attuale della Carta del PSAI RF per l'area di S. Prisco.

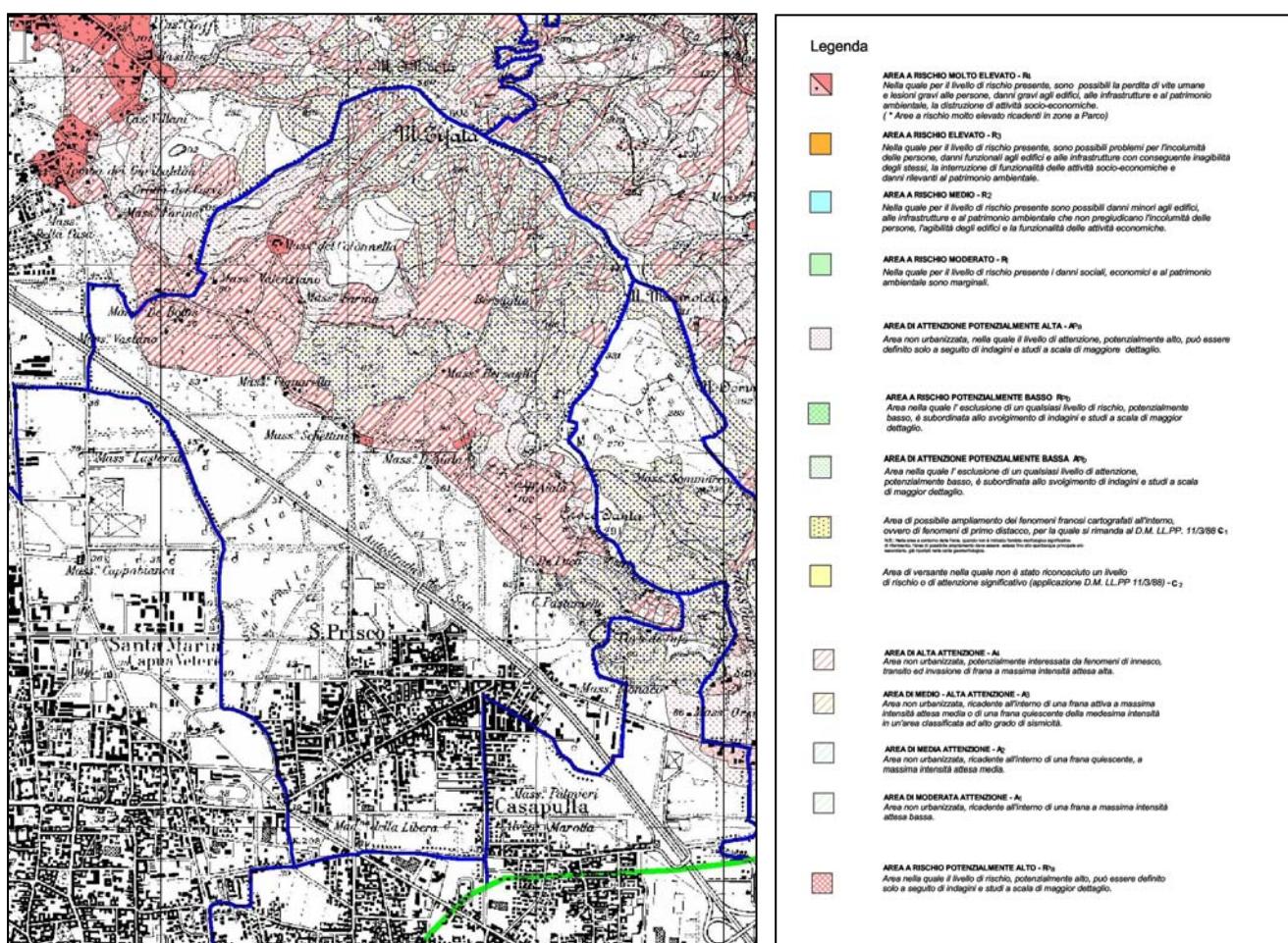


Fig. 23: Stralcio PSAI RF Area Comunale di S. Prisco

Come si può chiaramente notare, la parte settentrionale del territorio comunale, caratterizzato dalla presenza dei rilievi carbonatici e dei corpi sedimentari conoidici e detritici in generale, risulta classificato a vario grado di pericolosità e rischio. Sono presenti aree Classificate a rischio R4 e Attenzione A4 per le quali è vietata qualsiasi trasformazione antropica dei luoghi in quanto aree ad elevato Rischio o Attenzione. E' opportuno ricordare all'uopo che entrambe le aree su indicate sono esposte allo stesso grado di pericolosità, e si differenziano per la presenza di strutture antropiche nelle aree classificate a Rischio (R) e dall'assenza di esse nelle aree di Attenzione (A).

Le aree di versante sono invece classificate in Area di Attenzione Potenzialmente Alta (APA) per le quali il grado di rischio può essere determinato a seguito di approfondimenti locali e Aree di ampliamento dei fenomeni franosi in atto C1.

Sempre per quanto concerne il PSAI -Piano Stralcio per L'assetto Idrogeologico e relative Norme di Attuazione e Misure di Salvaguardia ADB Liri Garigliano Volturno, l'Art. 29 -Modificazioni ed integrazioni al Piano Stralcio- TITOLO IV (Adeguamento dei piani al PSAI-Rf, varianti al PSAI-Rf e disposizioni finali) recita che il PSAI può subire modifiche a seguito di:

b) richieste di Amministrazioni Pubbliche corredate dalle risultanze di studi, redatti secondo le specifiche tecniche predisposte dall'Autorità di Bacino;

.....
e) nuove conoscenze scientifiche, tecniche, storiche ed equivalenti derivanti da indagini e studi specifici o dallo svolgimento di azioni finalizzate alla elaborazione del Piano di Bacino;

Sulla scorta di quanto sopra, L'Amministrazione Comunale di San Prisco , in aderenza con quanto sancito nelle NDA del PSAI (Art. 29-Modificazioni ed integrazioni al Piano Stralcio) potrà approfondire tali aspetti con uno studio approfondito delle aree perimetrati a rischio onde valutare la reale sussistenza alla scala di maggior dettaglio degli indicatori di rischio, quindi proporre eventualmente una riperimetrazione delle suddette aree.

Altre aree a rischio sono state individuate in tutte le porzioni di territorio attraversate da faglie in quanto aree a rischio sismico per potenziali amplificazioni locali ed in particolare è stata individuata, in corrispondenza della presunta faglia bordiera, una zona di transizione tra le categorie di sottosuolo B,C,E poste a nord e BC poste a sud nella quale la pericolosità sismica dovrà essere definita puntualmente mediante studi di dettaglio.

Altri elementi di rischio individuati nel territorio comunale di S. Prisco sono legati alla utilizzazione antropica del territorio.

La presenza, lungo il versante carbonatico posto più ad est, di una cava non più attiva che presenta fronti di cava dell'altezza stimabile in circa 50 – 70 m. determina condizioni di alta pericolosità in considerazione delle peculiari caratteristiche di fratturazione e carsificazione di dette litologie. Infatti accumuli detritici di frane da crollo sono diffusamente visibili e rilevabili nell'area di cava in prossimità dei fronti.

Le cavità sotterranee, ricavate per l'estrazione di materiali da costruzione (Tufo, pozzolana) e poi utilizzate per lo stivaggio di derrate alimentari e vino, presenti al di sotto di alcuni fabbricati realizzati nel passato

nel centro antico possono determinare condizioni di rischio sprofondamento in area urbana. Esse in quanto tali, se correttamente realizzate e con corretta manutenzione, in assenza condizioni destabilizzanti, quali infiltrazioni erosioni, crolli parziali ecc..., non dovrebbero costituire un elemento di rischio.

L'incuria, l'abbandono e l'assenza di manutenzione, però, hanno creato nel tempo condizioni potenziali di rischio.

Le predette cavità sono presenti in particolare nelle aree di centro antico (edifici di costruzione precedente agli anni sessanta). In queste aree, quindi, ai fini della scelta "consapevole" del miglioramento, della tipologia e del dimensionamento del sistema fondale dei manufatti, si consiglia, in occasione della realizzazione di singoli fabbricati o di attuazione di piani esecutivi comunali, di condurre opportune indagini volte alla individuazione delle eventuali cavità e, nel caso ne fosse accertata la presenza, delle loro condizioni statiche.

14. COMMENTI ALLE CARTE.

14.1 CARTA GEOLITOLOGICA (Tav. G3)

La carta sintetizza, per quanto possibile, le principali informazioni contenute nei capitoli "Geologia e tettonica del territorio" e "Struttura stratigrafica" ai quali si rimanda per più dettagliate informazioni.

I territorio di S. Prisco è stato diviso in tre aree, una di versante posta più a Nord costituita principalmente da dolomie e calcari, una di piana posta a Sud ed Est costituita da prodotti piroclastici riconducibili principalmente al Tufo Grigio Campano ed una di raccordo costituita da materiali detritici.

L'area di versante è costituita da Dolomie stromatolitiche e calcari dolomitici del Trias superiore-Lias Inferiore in strati immergenti verso NE nonché da calcari microcristallini bianchi in contatto tettonico con i terreni predetti in strati immergenti verso SE. Tutti questi terreni si presentano fratturati e tettonizzati. Sui calcari del rilievo Croce Santa è stata evidenziata una cava, la "Cava Statuto", non più attiva.

Sui termini carbonatici predetti la carta evidenzia la presenza di depositi e coperture detritiche e piroclastiche negli assi drenanti nonché i sottili lembi di depositi piroclastici.

Nell'area di piana la carta riporta depositi piroclastici riconducibili al Tufo Grigio Campano che si presenta generalmente incoerente, di colore grigio e/o violaceo, e con variazioni latero-verticali a tufo zeolitzato e litificato. A tetto del tufo grigio, non cartografati, si rinvengono, con l'interposizione di un modesto paleosuolo, lembi e chiazze di depositi piroclastici grigio giallastri riconducibili alla facies distale del Tufo Giallo Napoletano.

Nelle aree di raccordo tra versante e piana la carta riporta depositi detritici in coltri e conoidi costituiti rispettivamente da elementi carbonatici a spigoli vivi o subarrotondati incoerenti in matrice carbonatica e/o piroclastica e da brecce mediamente cementate in matrice carbonatica e/o piroclastica intervallate da episodi prettamente piroclastici e paleosuoli.

La carta, inoltre, riporta le faglie che evidenziano lo smembramento dei terreni carbonatici. La faglia bordiera "presunta" segnalata in carta risulta ricoperta dai depositi detritici e piroclastici.

Sulla carta sono evidenziate, infine, le tracce di n. 3 sezioni rappresentate su una tavola a parte (Tav. G4). Tale tavola deve essere considerata solo un approfondimento della "Carta geolitologica".

14.2 – SEZIONI LITOSTRATIGRAFICHE (Tav. G4).

Il rilievo di campagna, le prove eseguite e le ricerche bibliografiche hanno consentito di mettere in evidenza i rapporti e la distribuzione latero-verticale dei terreni.

I terreni sono stati raggruppati in cinque gruppi principali e sono state elaborate n. 3 sezioni litostratigrafiche. Le sezioni fanno riferimento, a partire dal piano di campagna, ai seguenti terreni:

- piroclastici mediamente semilitoidi della serie ignimbritica (Tufo Grigio);
- detrito carbonatico con livelli piroclastici intervallati;
- Calcaro;
- Dolomie.

14.3 CARTA GEOMORFOLOGICA E DELLA STABILITÀ' (Tav. G 5)

Le informazioni riportate sulla carta sintetizzano gli aspetti morfologici più significativi del territorio di S. Prisco e forniscono un quadro di insieme delle condizioni di stabilità dell'intero territorio comunale.

Il territorio comunale si adagia sulle pendici meridionali del M. Tifata il cui versante si presenta disseccato longitudinalmente da valloni. Allo sbocco di tali valloni si rinvengono forme deposizionali tipo conoidi detritico torrentizie che arrivano a lambire la parte alta dell'abitato.

Il versante realizza un netto contrasto morfologico rispetto alla piana alluvionale e piroclastica su cui è insediato l'abitato.

Sul versante si rinvengono lembi di un'antica superficie di erosione e depositi detritici costituiti da brecce calcareo-dolomitiche con intercalati suoli e livelli piroclastici.

Alla base dei versanti è presente una coltre detritica che raccorda il rilievo con la piana costituita principalmente da conoidi nei quali si può osservare la stretta interconnessione tra episodi detritico torrentizi ed eventi vulcanoclastici.

Nella piana, infine, affiora diffusamente il tufo grigio campano sovrastato, a luoghi e con l'interposizione di un paleosuolo, da terreni piroclastici grigio giallastri riconducibili alla facies distale del tufo giallo napoletano.

Sulla carta sono state evidenziati:

- gli spartiacque principali e secondari classificati potenzialmente instabili;
- le cornici morfostrutturali classificate instabili per distacco di blocchi;
- gli impluvi considerati potenzialmente instabili per invasione o distacco di materiale detritico;
- i versanti strutturali regolarizzati considerati mediamente stabili in assenza di depositi di copertura o elevata fratturazione;

- le superfici di spianamento con presenza discontinua di modeste coperture piroclastiche classificate stabili;
- le faccette triangolari classificate mediamente stabili in assenza di depositi di copertura o elevata fratturazione;
- le coperture e depositi detritici di asse drenante e da trasporto torrentizio rimobilizzabili classificate instabili;
- i fronti ed i piazzali di cava considerati instabili rispettivamente per crollo e per invasione di detrito staccato dal fronte;
- un'area di conoide caratterizzata da ripiani e scarpate legate ad intensa trasformazione antropica classificata potenzialmente instabile per invasione di materiale detritico;
- i coni detritici costituiti da brecce mediamente cementate classificate mediamente instabili per invasione di materiale detritico;
- detriti incoerenti ad elementi carbonatici a spigoli vivi o sub arrotondati classificati instabili;
- area di piana in tufo grigio classificata stabile in cui viene delimitata un'area urbana suscettibile alla presenza di cavità antropiche classificata potenzialmente instabile.

Per quanto riguarda il centro abitato, un fattore di rischio da tenere sempre presente è la presenza accertata o presumibile di cavità.

Le cavità ipogee per l'estrazione dei materiali piroclastici e del tufo sono presenti nella parte più antica del nucleo abitato che, peraltro, storicamente è interessata da dissesti riconducibili a cavità.

In queste aree, ai fini della scelta "consapevole" del miglioramento, della tipologia e del dimensionamento del sistema fondale dei manufatti, si consiglia, in occasione degli interventi edilizi, di condurre opportune indagini volte alla individuazione delle eventuali cavità e, nel caso ne fosse accertata la presenza, delle loro condizioni statiche.

14.4 – CARTA IDROGEOLOGICA (Tav. G 6).

Sulla carta sono stati riportati i seguenti complessi idrogeologici presenti sul territorio comunale:

- 1) Complesso piroclastico.
a)Pirolastiti sciolte

E' il complesso che caratterizza per buona parte il centro urbano di S. Prisco. E' costituito da pirolastiti, di granulometria da media a fine (piccole pomice, ceneri, lapilli etc.), quasi sempre sciolte o debolmente cementate. I diversi materiali sono spesso fra loro frammisti, anche se talora possono individuarsi livelli prevalentemente cineritici o pomicei. Dal punto di vista granulometrico si tratta di sabbie o sabbie-ghiaiose con subordinata frazione limosa. Presentano una permeabilità per porosità variabile da media a bassa in funzione della granulometria dei terreni.

- b) Tufo litoide (Tufo Grigio Campano).

Esso è ubicato al di sotto delle pirolastici sciolte o è incluso in esse. Dal punto di vista strutturale, tale complesso si presenta più o meno cementato e fessurato. Le fessure sono di origine singenetica e legate a fenomeni di decompressione dell'ammasso all'atto del raffreddamento. Il complesso

presenta una permeabilità per porosità e fessurazione variabile da media a bassa.

2) Complesso carbonatico

Caratterizza la porzione di territorio più settentrionale. Trattasi dei rilievi carbonatici del Monte Tifata caratterizzato da calcari, calcari dolomitici e calcari detritici in banchi e strati generalmente fratturati e più o meno carsificati. Presentano una permeabilità per fessurazione mediamente alta in funzione del grado di fratturazione.

3) Complesso detritico

Caratterizza in maniera più o meno continua la fascia pedemontana dei rilievi carbonatici ed è costituito da un'alternanza di livelli prettamente detritici, in matrice variabile da carbonatica a piroclastica e livelli più prettamente piroclastici. La permeabilità per porosità, estremamente variabile lateralmente e verticalmente, in funzione della presenza di matrice e/o livelli prevalentemente piroclastici, si presenta da media a alta.

Sulla carta è stata riportata, inoltre, la posizione dei pozzi in cui è stata letta la profondità della falda idrica nei giorni 08, 10 e 14-06-2010.

Le curve isopiezometriche riportate sulla carta idrogeologica hanno equidistanza di 0.5 metri ed il centro abitato è compreso tra le isopiezometriche 27 e 23 m. s.l.m. Le curve isopiezometriche della carta idrogeologica, che sarà commentata in seguito, mettono in evidenza che il pelo libero della falda idrica è profondo circa 17 metri nella parte meridionale e occidentale del territorio comunale e oltre i 50 metri nella fascia pedemontana settentrionale.

L'andamento delle isopiezometriche, costruite sulla base delle predette letture, mette in evidenza almeno n. 2 linee di drenaggio preferenziale, tutte dirette verso il territorio di S. M. Capua Vetere: quella più settentrionale avente mediamente direzione NE – SW e quella più meridionale avente direzione E/SE-W/NW.

La ricostruzione dell'andamento piezometrico, anche se presenta motivi di indeterminazione dovuti al fatto che le quote assolute sono state rilevate dal rilievo aerofotogrammetrico e non determinate mediante livellazione di precisione, è in accordo con i dati di letteratura.

14.5 – CARTA DELLA MICROZONAZIONE SISMICA. (Tav. G 7)

L'O.P.C.M. 20-03-203 n. 3274 ha individuato n. 4 "macrozone", nelle quali sono stati inseriti tutti i Comuni d'Italia, caratterizzate ciascuna da un valore dell'accelerazione orizzontale massima su suolo di categoria "A". Il territorio del comune di S. Prisco è stato inserito nella "zona 2" caratterizzata da una accelerazione orizzontale massima su suolo di categoria "A" $a_g = 0.25g$.

Il 4 febbraio 2008 sono state pubblicate sulla Gazzetta Ufficiale le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni elaborate dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici. L'allegato A di tali Norme prevede che l'azione sismica di riferimento per la progettazione (paragrafo 3.2.3) venga definita sulla base dei valori di pericolosità sismica proposti dal Progetto S1 dell'Istituto Nazionale di Geofisica e vulcanologia che per il territorio comunale di San Prisco (CE) rientra nelle

celle contraddistinte da valori di ag di riferimento compresi tra **0.110g e 0.125g**.

I valori riguardanti le velocità Vs sono stati ricavati dalle prove sismiche M.A.S.W eseguite per la presente indagine e da prove di sismica a rifrazione, down-hole e M.A.S.W. "disponibili" eseguite per il P. d. R. e per altre indagini eseguite sul territorio comunale.

Le predette prove hanno permesso la stima delle velocità Vs nei siti di esecuzione delle prove e hanno consentito di valutare compiutamente il comportamento sismico dei terreni.

I valori di velocità Vs e gli spessori dei sismostrati, riportati nel paragrafo "Indagine geofisica e zonazione del territorio in prospettiva sismica", hanno consentito di constatare la sostanziale omogeneità del territorio comunale compreso nella piana.

La carta, inoltre, riporta, ai fini della valutazione preliminare dell'azione sismica di progetto, la definizione delle Categorie di sottosuolo di riferimento presenti sul territorio comunale(D. M. 14-01-2008).

Il territorio comunale, infatti, è stato suddiviso nelle tre seguenti macroaree:

- 1) aree di versante carbonatico con copertura modesta (max 1 metro) e discontinua di pirolastiti sciolte rimaneggiate: Categorie di sottosuolo di riferimento "A";
- 2) aree pedemontane comprese tra i versanti carbonatici e la faglia bordiera in cui è presente una coltre detritica costituita da elementi carbonatici a spigoli vivi e/o leggermente arrotondati e da un'alternanza di livelli detritici eterometrici e sub arrotondati a cui si alternano livelli di materiale piroclastico: Categorie di sottosuolo di riferimento "B" e/o "C" e subordinatamente "E";
- 3) aree di piana di aggradazione prevalentemente piroclastica costituite essenzialmente da terreni riconducibili al tufo grigio campano con a tetto, e separato da esso da un modesto paleosuolo, livelli discontinui di terreni riconducibili alla facies distale del tufo giallo napoletano: Categorie di sottosuolo di riferimento "C" e/o "B".

A cavallo della linea di faglia bordiera sepolta sulla carta viene individuata una fascia di transizione tra le categorie B, C, E e quelle B, C della piana in cui la pericolosità sismica dovrà essere definita puntualmente mediante studi di maggiore dettaglio.

Le prove sismiche eseguite e disponibili utilizzate per l'elaborazione del presente elaborato sono ubicate nella relativa cartografia (Cfr. Tav. G8)

14.6 – CARTA DI UBICAZIONE DELLE PROVE (Tav. G 8)

Sulla carta sono state riportate la tipologia e la posizione dei sondaggi a carotaggio continuo, delle prove penetrometriche e delle prove sismiche hole eseguiti per la presente indagine che delle innumerevoli prove "disponibili" eseguite sul territorio comunale.

Per queste ultime viene indicato il tipo di prova e l'indagine per cui sono state eseguite.

15. CONCLUSIONI

Gli studi e le prove effettuate per lo studio del territorio ai fini dell'approvazione del P.U.C. unitamente alle indagini disponibili eseguite sul territorio comunale portano a concludere che il territorio del comune di S. Prisco può in generale essere utilizzato ai fini edilizi.

Va chiarito, in via prioritaria, che tutte le indicazioni concernenti le caratteristiche dei terreni fornite nella presente relazione sono utilizzabili solo per la programmazione urbanistica del territorio in quanto la variabilità dell'assetto geologico del sottosuolo impone il ricorso ad indagini puntuali dirette così come previsto dal DM 11.03.88 e dalla L.R. n. 9/83 e, pertanto, prima della realizzazione di un qualsiasi manufatto si dovrà procedere ad accurate indagini geognostiche, geotecniche e geofisiche volte ad evidenziare le interazioni tra terreno e struttura.

Nella parte più antica del nucleo abitato è stata accertata la presenza di cavità ipogee per l'estrazione del tufo. L'area interessata, individuata nella carta geomorfologia e della stabilità, peraltro, storicamente è interessata da dissesti riconducibili a cavità.

La predetta situazione rende indispensabile la verifica delle attuali condizioni statiche delle cavità ancora visitabili, l'accertamento sul tipo e modalità di riempimento delle cavità nonché uno studio specifico volto alla ricerca di elementi morfologici riconducibili a cavità interrate e/o mai rilevate o censite. In ogni caso prima degli interventi edilizi si rendono necessarie apposite indagini volte alla ricerca di eventuali cavità presenti nel sottosuolo.

In tutte le aree soggette ad interventi edilizi, inoltre, sarà necessario provvedere al convogliamento razionale delle acque meteoriche nella rete fognaria bianca onde evitare di aggravare la già precaria situazione delle acque sotterranee nonché evitare i rischi di erosione dei terreni superficiali e del sottosuolo che in tutto il territorio di S. Prisco sono facilmente erodibili. Su questo terreno particolare attenzione dovrà essere prestata allo stato e alle eventuali perdite delle condotte fognarie e dei tubi dell'acquedotto presenti nel sottosuolo cittadino. Gli sprofondamenti e i crolli, infatti, spesso si determinano esclusivamente a causa dei fenomeni erosivi e, in presenza di gradienti idraulici notevoli, dei sifonamenti causati dalle copiose infiltrazioni d'acqua. Le infiltrazioni d'acqua, peraltro, sono abbastanza frequenti laddove le fogne sono malandate per scarsa manutenzione o sono mal dimensionate e per questa ragione, entrando in pressione anche per eventi piovosi non eccezionali, corrono il pericolo di rotture.

Per quanto riguarda la vulnerabilità delle acque sotterranee si fa presente che la presenza di numerosi pozzi idrici, non tutti costruiti a regola d'arte, rende la falda idrica potenzialmente inquinabile; ciò impone la necessità di sistemazioni razionali per i pozzi esistenti nonché una corretta progettazione ed esecuzione dei pozzi nuovi, adatta a prevenire la possibilità di inquinamento.

L'indagine sismica ha consentito la divisione del territorio comunale in tre aree:

- 1) aree di versante carbonatico con copertura modesta (max 1 metro) e discontinua di piroclastiti sciolte rimaneggiate: Categorie di sottosuolo di riferimento "A";

- 2) aree pedemontane comprese tra i versanti carbonatici e la faglia bordiera in cui è presente una coltre detritica costituita da elementi carbonatici a spigoli vivi e/o leggermente arrotondati e da un'alternanza di livelli detritici eterometrici e sub arrotondati a cui si alternano livelli di materiale piroclastico: Categorie di sottosuolo di riferimento "B" e/o "C" e subordinatamente "E";;
- 3) aree di piana di aggradazione prevalentemente pirolastica costituite essenzialmente da terreni riconducibili al tufo grigio campano con a tetto, e separato da esso da un modesto paleosuolo, livelli discontinui di terreni riconducibili alla facies distale del tufo giallo napoletano: Categorie di sottosuolo di riferimento "C" e/o "B".

Sulla carta della microzonazione sismica, inoltre, a cavallo della linea di faglia bordiera sepolta, è stata individuata una fascia di transizione tra le categorie B, C, E e quelle B, C della piana in cui la pericolosità sismica dovrà essere definita puntualmente mediante studi di maggiore dettaglio.

Si ricorda, infine, che sulla carta geomorfologia e della stabilità sono state evidenziate soggette a vari gradi di instabilità e in particolare:

- a) aree instabili: - cornice morfostrutturale;
 - coperture e depositi detritici di asse drenante e da trasporto torrentizio rimobilizzabili;
 - piazzale e fronte di cava;
 - detrito ad elementi cartonatici a spigoli vivi o subarrotondati.
- b) aree potenzialmente instabili: - impluvi;
 - spartiacque principali e secondari;
 - aree di conoide.
- c) Aree mediamente instabili: - versanti strutturali regolarizzati;
 - faccette triangolari;
 - coni detritici.

Pomigliano d'Arco li 30/06/2010

I geologi incaricati

dr. Giovanni De Falco dott. Gennaro D'Agostino dott. Marco Cavallaro

BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE

- 1) APRILE F. , ORTOLANI F. – *Sulla struttura profonda della Piana Campana*. Boll. Soc. Natur. In Napoli, vol. 88, 1979, pp.19, 12f.
- 2) BARBERI F. , INNOCENTI F. , LIRER L. , MUNNO R. , PESCATORE T. & SANTACROCE R. (1978) – *The Campanian Ignimbrite: a Major Prehistoric Eruption in the Neapolitan Area (Italy)*. Bull. Volcanol. , 41, 1, 1-22.
- 3) BELLUCCI F. , CORNIELLO A. , DE RISO R. & RUSSO D. (1990) – *Idrogeologia della Piana a N-E di Napoli*. Mem. Soc. Geol. It. , 45 (1990), 339-349, 5 ff. , 1 tav.
- 4) BUDETTA P., Celico P., Corniello A., de Riso R., Ducci D., Nicotera P. (1994) – *Carta idrogeologica della Campania 1/200.000 e relativa memoria illustrativa*. Atti IV Geoengineering International Congress: Soil and Groundwater Protection, 2, Geda, Torino.
- 5) CELICO P. , BARTOLOMEI C. , PECORARO A. , RUSSO D. (1980)- *Vulnerabilità potenziale all'inquinamento delle falde idriche dell'area di intervento del P.S. n. 29 – Relazione preliminare. Progetto speciale n. 29*.
- 6) CELICO N. , CELICO P. , GHIARA M. R. , PISCOPO V. , STANZIONE D. , AQUINO S. (1994) – *Caratteristiche geochimiche delle acque sotterranee dell'area del Somma-Vesuvio (Campania, Italia)*- Geologica Romana, 30: 709-724, 19 fig., Roma (1994).
- 7) CELICO P. & STANZIONE D. e di ESPOSITO L. , GHIARA M. R. , PISCOPO V. , CALIRO S. & LA GIOIA P. (1997) – *Caratterizzazione idrogeologica e idrogeochimica dell'area vesuviana*. Boll. Soc. Geol. It. 116 (1997), 00-00, 10 ff. , 2 tabb.
- 8) CIVITA M. , dé MEDICI G.B. , DE RISO R. , NICOTERA P. , NOTA d'ELOGIO E. (1973) – *Carta idrogeologica della Campania Nord-Occidentale e relativa memoria descrittiva*. Atti del II Convegno Internazionale sulle acque sotterranee, Palermo.
- 9) CORNIELLO A. , DE RISO R.& DUCCI D. (1990) – *Idrogeologia e idrogeochimica della Piana Campana*. Mem. Soc. Geol. It. 45 (1990), 351-360, 2 ff., 1 tav.
- 10) DI GIROLAMO P. (1968a)- *Petrografia dei tufi campani: il Processo di pipernizzazione (tufo→tufo pipernoide→piperno)*. Rend. Accad. Sci. Fis. Mat., ser. 4, 35, 329-394.
- 11) DI GIROLAMO P. , LIRER L. , PORCELLI C. & STANZIONE D. (1972)- *Correlazioni stratigrafiche fra le principali formazioni piroclastiche della Campania (Roccamonfina, Campi Flegrei, Somma-Vesuvio)*. Rend. Soc. It. Mineral. Petrol. , 28, 77-123.
- 12) DUCCI D., Onorati G. (2005) – *L'impatto dei cambiamenti climatici sulle risorse idriche sotterranee in Campania* - Geologi 1-4 2005 Bollettino dell'Ordine dei Geologi della Campania Napoli.
- 13) DUCCI D., Onorati G. (1993) – *Analisi di una lunga serie di dati piezometrici in Piana Campana*. Atti 2° Convegno Nazionale di Geoidrologia - Quaderni di Tecniche di Protezione Ambientale – Protezione delle acque sotterranee, 49, Pitagora, Bologna.

- 14)ESPOSTO L. (1998) - *Nuove conoscenze sulle caratteristiche idrogeochimiche della falda ad Oriente della città di Napoli (Campania)*.Quaderni di geologia Applicata, 5 - I(1998).
- 15)FACCIOLI E. (1986) - *Elementi per una guida alle indagini di Microzonazione Sismica*.Quaderni de "La Ricerca Scientifica"- Progetto Finalizzato "Geodinamica". C.N.R. .Roma. Vol. 7-Monografie Finali.
- 16)LANDI G. & STANZIONE D. (1984)- *Vulcanologia e petrologia dei Campi Flegrei*. Boll. Soc. Geol. It. 103, 349-413.
- 17)LANZO G. & SILVESTRI F. (1999)- *Risposta sismica locale*.Hevelius Edizioni.
- 18)LA TORRE P. , NANNINI R. & SBRANA A. (1982) - *Geothermal exploration in Southern Italy: geophysical interpretation of the Vesuvian area*. 44th Meeting Eur. Ass. Explor. Geophys., Cannes.
- 19)ORTOLANI F. & PAGLIUCA S. (1988) - *Struttura e vulcanismo del margine tirrenico dell'Appennino Campano e tettonica compressiva recente*.Mem..
- 20)PUTIGNANO M.L., RUBERTI D., TESCIONE M. & VIGLIOTTI M. (2007) – *Evoluzione tardo quaternaria del margine casertano della Piana Campana*. Boll. Soc. Geol. It., Vol. 126, No 1, pp. 11-24.
- 21)ROLANDI G. (1988)- *Ignibriti e tufi gialli nella Pianura Campana e nei Campi Flegrei: una proposta di riordino*. Convegno "Bradisismo e fenomeni connessi" 4th Rendiconto 26-26 marzo 1988, 436-446.
- 22)ROSI M. & SBRANA A. (1987)-Fhlegrean Fields. Quaderni de " La Ricerca Scientifica", Progetto finalizzato " Geodinamica", n. 114, 9, 1-168. Napoli maggio 1997
- 23)SCHERILLO A. & SCHERILLO M. (1990) – *I Campi Flegrei e la stratigrafia napoletana*. Quaderni dell'accademia pontaniana, 11.
- 24)VINALE F. (1988) – *Caratterizzazione del sottosuolo di un'area campione di Napoli ai fini d'una microzonazione sismica*. Rivista Italiana di Geotecnica - Anno XXII, n. 2 e 3. Edizioni Scientifiche Italiane. Napoli.

—·—·—·—·—·—·—·—·—