



COMUNE DI SAN MARCELLINO

Provincia di Caserta

OGGETTO: Studio Geologico a corredo del Piano Urbanistico Comunale (P.U.C.)

COMMITTENTE: Amministrazione Comunale di San Marcellino (CE)

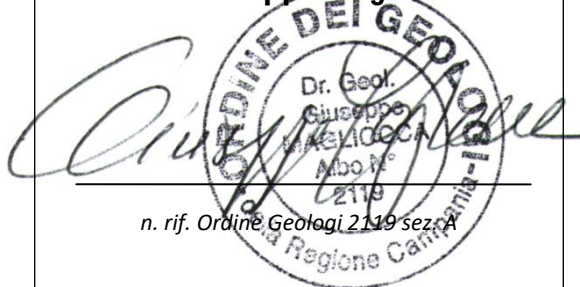
PIANO URBANISTICO COMUNALE



Data: Giugno 2019

RELAZIONE GEOLOGICA

Il consulente Geologo
Dr. Giuseppe Magliocca



n. rif. Ordine Geologi 2119 sez. A

Servizi per la Geologia
l'Ingegneria e l'Ambiente



GIUSEPPE MAGLIOCCA
Geologo

Via Scampia, 2 - 81027
San Felice a Cancellone (CE)
☎ 0823.80.10.43/340.2671556

✉ gmagliocca@alice.it

p.e.c.: giuseppe.magliocca@epap.sicurezzapostale.it

INDICE

1. PREMESSA.....	3
2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE.....	5
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E TETTONICO.....	7
3.1 ASSETTO STRATIGRAFICO LOCALE.....	9
3.2 CARTA GEOLITOLOGICA CON UBICAZIONE INDAGINI - SEZIONI GEOLOGICHE.....	11
3.3 MORFOLOGIA LOCALE.....	15
4. ASSETTO IDROGEOLOGICO E VULNERABILITA' DELLA RISORSA IDRICA.....	15
5. CARTA DELLA STABILITÀ' DEL TERRITORIO	17
6. VINCOLI P.A.I.....	19
7. CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI LITOTIPI	20
8. CONSIDERAZIONI SULLA SISMICITA' DELL'AREA.....	26
<i>Quadro normativo e pericolosità sismica di base</i>	26
<i>Storia sismica di San Marcellino</i>	27
8.1 CARATTERISTICHE LITODINAMICHE.....	29
8.2 CARTA DELLA MICROZONAZIONE SISMICA	31
Microzone omogenee stabili suscettibili di amplificazione locale	33
ZONA 1	33
Microzonazione sismica di livello 2	35
8.3 LIQUEFAZIONE SPONTANEA	37
9. PRESCRIZIONI D'USO A CARATTERE GEOLOGICO.....	38

APPENDICE ED ALLEGATI

- ⇒ Tavola 1: CARTA GEOLITOLOGICA CON UBICAZIONE INDAGINI *scala 1:5.000*
- SEZIONI GEOLITOLOGICHE *scala 1:5.000 – 1:500*
- ⇒ Tavola 2: CARTA IDROGEOLOGICA *scala 1:5.000*
- ⇒ Tavola 3: CARTA GEOMORFOLOGICA E DELLA STABILITA' *scala 1:5.000*
- ⇒ Tavola 4: CARTA DELLA MICROZONAZIONE SISMICA *scala 1:5.000*
- ⇒ ALLEGATO CD-ROM "ELABORATI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE PREGRESSE"

1. PREMESSA

Con Determinazione Registro Ufficio n°7 del 13/02/2015 del Responsabile Area Edilizia Pubblica e LL.PP. del Comune di San Marcellino (CE), l'Amministrazione Comunale di San Marcellino, in provincia di Caserta, ha conferito al sottoscritto dott. geol. Giuseppe Magliocca, regolarmente iscritto all'Albo dei Geologi della Regione Campania con n°2119 sez. A, l'incarico di redigere lo studio geologico a corredo del redigendo Piano Urbanistico Comunale secondo quanto prescritto dalla L.R. n° 9 dello 07.01.1983 "*Norme in materia di difesa dal rischio sismico*" e ss.mm.ii.

Il territorio di San Marcellino (CE) è stato classificato sismico per la prima volta a seguito dell'aggiornamento della classificazione sismica dei comuni della Regione Campania (D.G.R. n. 5447/2002), in quanto rientrava nel gruppo di 81 comuni che non erano stati classificati nel 1981, anno dell'ultima classificazione sismica della Campania. Con tale aggiornamento, il Comune di San Marcellino è stato inserito tra i comuni a media sismicità corrispondente alla seconda categoria. In virtù di ciò, tutte le costruzioni devono essere progettate e realizzate nel rispetto della normativa tecnica contenuta nei decreti ministeriali [D.M. 17 gennaio 2018 "Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni" (NTC 2018)].

Per la redazione di tale studio sono state condotte le seguenti attività preliminari:

- o Lettura e consultazione della cartografia geologica italiana ufficiale all'interno della quale ricade l'area in studio sia in scala 1:100.000 (Foglio n°183-184 "Napoli") che 1:50.000 Foglio CARG n. 446-447 "Napoli";
- o Raccolta, verifica ed analisi critica dei dati esistenti, messi a disposizione dall'Amministrazione Comunale, e di relazioni tecniche inerenti l'area in esame, tra cui si menzionano i seguenti lavori:
 - Indagini geologiche-geognostiche per la Variante al PRG (anno 1999);
 - Studi geologici a corredo di numerosi Piani Attuativi redatti in anni recenti ai sensi del Piano Comunale di Edilizia Residenziale Sociale art. 7 c.2 della LR n. 19/2009;
- o raccolta bibliografica per l'acquisizione delle conoscenze più aggiornate in ordine ai parametri geologici-geomorfologici-idrogeologici-geotecnici e sismologici di tutto il territorio da pianificare;
- o rilevamento geologico, geomorfologico ed idrogeologico di campagna dettagliato

- all'intero territorio comunale;
- o attività di concertazione con gli Enti presenti sul territorio;
- o omogeneizzazione della documentazione e degli studi acquisiti con quelli già in possesso dell'ex Autorità di Bacino Campania Centrale;
- o organizzazione ed esame immediato delle fonti raccolte;

Dopo aver compiuto le varie fasi di cui sopra ed elaborato e interpretato i dati a disposizione, si è stesa la presente Relazione Geologica conclusiva. Tale studio è stato, inoltre, redatto in coerenza con le *“Linee Guida finalizzate alla mitigazione del rischio sismico”* approvate dalla Regione Campania – Assessorato ai Lavori Pubblici con D.G.R. n. 17/01/2006 e ha tenuto conto degli *“Indirizzi e criteri generali per la microzonazione sismica”* elaborati dal gruppo di lavoro del Dipartimento Protezione Civile nell'anno 2008.

Sono parte integrante del presente studio tutte le indagini geognostiche di archivio eseguite a corredo di precedenti campagne d'indagini a vario titolo effettuate sul territorio comunale, cui si rimanda per ogni consultazione e riscontro, opportunamente selezionate e verificate per gli scopi del presente studio (cfr. Allegato CD-ROM *“Elaborati ed Indagini geognostiche pregresse”*).

2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Il territorio comunale di San Marcellino (CE) rientra nel Foglio 184 "Napoli" in scala 1:100.000, ed, in particolare, nel "IV" Quadrante NE, Tavoletta " Trentola-Ducenta", in scala 1:25.000 della cartografia ufficiale I.G.M., mentre nella cartografia topografica regionale in scala 1:25.000 è riportato nella Tav. 22 "Iago Patria".

I suoi confini amministrativi sono definiti:

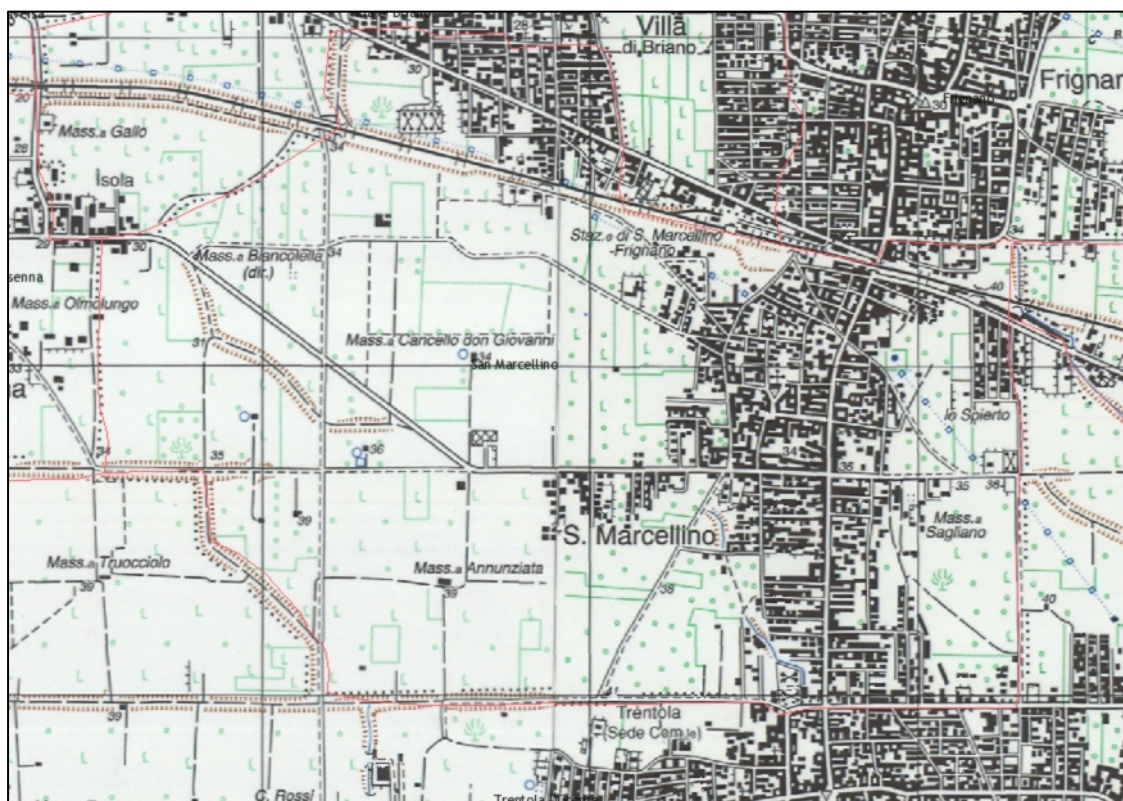
- a **nord** dal comune di Frignano e Villa di Briano (CE)
- a **est** dal comune di Aversa (CE),
- a **sud** dal comune di Trentola Ducenta (CE),
- ad **ovest** dal comune di Casapesenna (Ce).

L'estensione comunale è di 4.61 Km² pari a 461 ha.

La quota altimetrica media è di circa 40 m sul livello del mare con escursione compresa tra min 27.50 e max 42 metri slm.

Il territorio comunale ricade nel bacino del fiume Volturno e dei Regi Lagni, rientrando, quindi, nelle competenze del Distretto Idrografico dell'Appennino Meridionale.

DATI GENERALI				
CODICE ISTAT:	061077	N. ABITANTI:	14.155 al 31/12/2015	
PROVINCIA:	CASERTA	SUP. TOTALE (Kmq):	4,61	
REGIONE:	CAMPANIA	SUP. DI APPARTENENZA AL BACINO:	100,0 (%)	4,61 (kmq)
BACINO:	Regi Lagni e Volturno			



Stralcio Carta topografica IGM in scala 1:25000 Tavole Trentola Ducenta (scala n.d.)



Immagine aerea dell'area di studio con estensione del territorio del Comune di San Marcellino.

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E TETTONICO

Il territorio di San Marcellino è ubicato nel settore centrale della Piana Campana, in sx idrografica del F. Volturno e a sud del corso idrico dei Regi Lagni; la Piana Campana rappresenta una estesa depressione strutturale delimitata ad ovest dal Mar Tirreno, a nord dall'area di M. Massico e Roccamonfina, e ad est e sud dai rilievi carbonatici appenninici; la Piana si è individuata a partire dal Pliocene Superiore in coincidenza dell'inizio di una deformazione tettonica distensiva che ha cominciato ad interessare il bordo peritirrenico della catena appenninica. Questa intensa tettonica distensiva è connessa con le fasi geodinamiche che hanno visto l'apertura del bacino tirrenico che ha comportato lo smembramento delle unità appenniniche carbonatiche bordiere in una serie di horst e graben ribassandole, in quest'ultimo caso, tra 3000 e 5000 metri di profondità¹. L'apertura del Mar Tirreno e l'associata intensa subsidenza regionale hanno avuto come conseguenza la risalita di materiale caldo astenosferico che ha alimentato un vulcanismo orogenico attivo nel Tirreno meridionale e nella provincia Campana (Ischia, Campi Flegrei, Vesuvio) condizionando fortemente l'assetto sia morfologico che stratigrafico della piana (Fig.1). In effetti l'attività eruttiva di tipo ignimbrico è stata particolarmente intensa ca 39 ka allorquando sono stati eruttati ca 310 km³ di flussi piroclastici (Formazione dell'Ignimbrite Campana IC) i cui depositi di spessore compresi tra 30-50 mt rappresentano marker chiave per la ricostruzione stratigrafica dell'area.

¹ Ortolani F & Aprile F. (1978) - *"Nuovi dati sulla struttura profonda della Piana Campana a Sud Est del fiume Volturno"* - Boll. Soc. Geol. It., 97 (1978), 591- 608, 13ff.

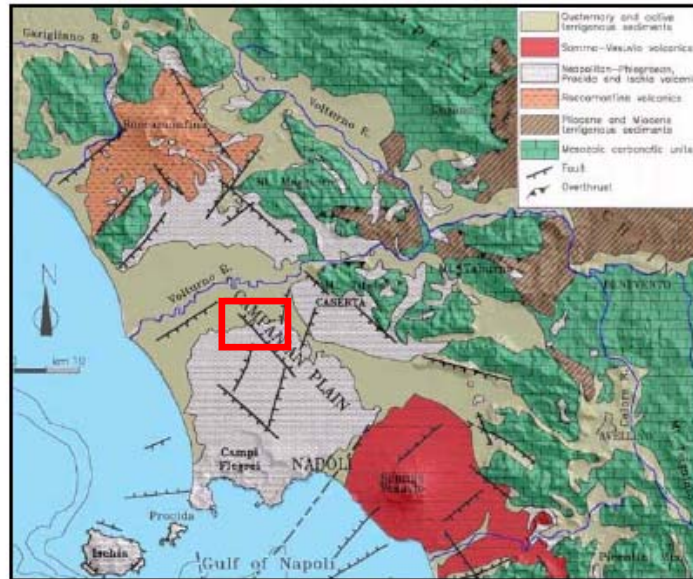


Fig. 1 Stralcio Schema Geologico della Campania con indicazione area di studio

La Piana Campana si è evoluta attraverso fenomeni di subsidenza regionali che hanno permesso all'inizio del Quaternario una persistente sedimentazione marina in tutta l'area cui ha fatto seguito, a partire dal Pleistocene sup. una intensa aggradazione piroclastica proveniente dai limitrofi apparati vulcanici accompagnata da una riduzione del tasso di subsidenza (Fig. 2)².

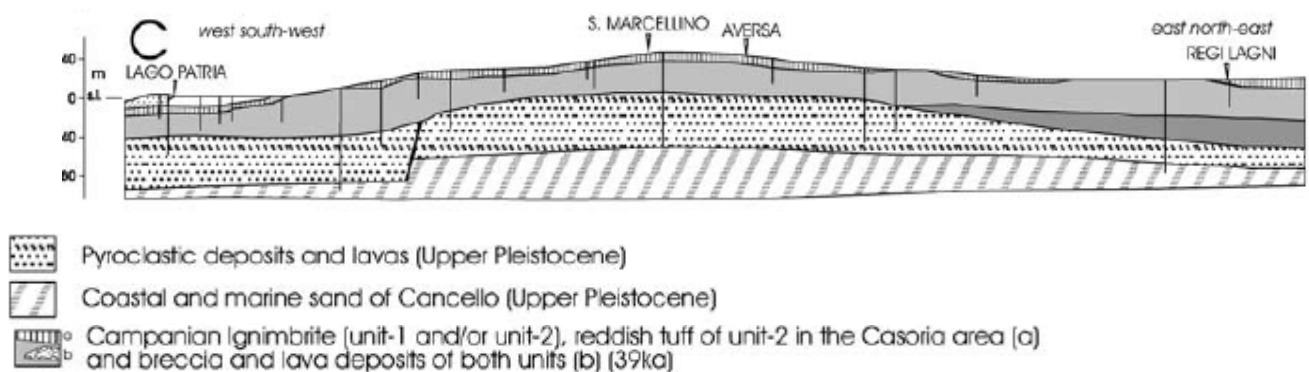


Fig. 2 Sezione geologica regionale (da Rolandi et al., 2003 e Romano et al., 1994)

² Romano P., Santo A. Voltaggio (1994) - *"L'evoluzione geomorfologica della pianura del F. Volturno durante il tardo Quaternario"* - Il Quaternario 7(1), 41-56.
Rolandi G., Bellucci F., B. De Vivo (2003) - *"Tectonic controls on the genesis of ignimbrites from the Campanian Volcanic Zone, southern Italy"* - Mineralogy and Petrology 79, 3-31

3.1 ASSETTO STRATIGRAFICO LOCALE

I litotipi che affiorano in tutta l'estensione del territorio di San Marcellino sono costituiti in prevalenza da depositi piroclastici provenienti prevalentemente dai Campi Flegrei, la cui attività, secondo la più recente bibliografia, è stata suddivisa in 3 cicli³:

- **1° Ciclo:** ca 39 Ka messa in posto dell'**Ignimbrite Campana** (Tufo Grigio Campano)⁴. La messa in posto del tufo grigio è da mettere in relazione ad un'attività fissurale, determinata da fratture con direzione appenninica, che originariamente ha coperto un'area vasta circa 7.000 Km²; attualmente gli affioramenti ricoprono circa 500 Km² di superficie. L'area sorgente dell'IC è ancora oggetto di studio; alcuni ricercatori individuano la sorgente nella caldera dei Campi Flegrei, altri nella depressione di Acerra. L'IC presenta due differenti facies: quella inferiore di colore grigio-violaceo con differenti gradi di saldatura e quella superiore di colore prevalentemente giallastro a luoghi rossastra-rosacea.
- **2° Ciclo:** di questo periodo è la messa in posto del "**Tufo Giallo Napoletano**", utilizzato anch'esso come marker stratigrafico data l'enorme diffusione nell'area Flegrea; il "Tufo Giallo" forma, infatti, l'ossatura di gran parte dei rilievi tra i Campi Flegrei e Napoli. L'età di queste formazioni è valutata intorno ai 15.000 anni.
- **3° Ciclo:** le formazioni di quest'ultimo ciclo d'attività partono da 10.000 anni fino al 1538 con la formazione di M. Nuovo; in questo periodo si è avuta la formazione dei vulcani piroclastici monogenici che attualmente formano i Campi Flegrei.

I dati utilizzati per la ricostruzione stratigrafica nel presente studio derivano da numerose perforazioni di archivio eseguite nel territorio in tempi e per finalità diverse. A tal fine sono state infatti prese in considerazione i dati provenienti dagli studi geologici di lavori pregressi come specificato in premessa. L'analisi critica di tali dati è stata effettuata tenendo conto della soggettività e sensibilità dell'estensore nonché dall'importanza dell'opera per la quale le indagini sono state

³ Di Girolamo P. et alii (1984) "**Vulcanologia e petrologia dei Campi Flegrei**". Boll. Soc Geol It 103: 349-413

⁴ De Vivo et alii (2001) - "**New constraints on the pyroclastic eruptive history of the Campanian volcanic Plain (Italy)**" Mineralogy and Petrology, 73: 47-65.

espletate. Alla luce di tali risultanze, è possibile attribuire i terreni costituenti il sottosuolo di più stretto interesse al 1° Ciclo ed al 2° Ciclo flegreo.

In effetti il quadro geologico scaturito è chiaro ed evidenzia una sostanziale omogeneità dei materiali presenti nell'immediato sottosuolo e dei relativi spessori. In particolare affiorano estesamente in superficie sia in direzione orizzontale che lungo la verticale i prodotti (Fig. 3) incoerenti (pozzolane grigie), di spessore mediamente compreso tra 4.5-5.5 metri, a granulometria limo-sabbioso e/o sabbioso-limoso debolmente ghiaioso per la presenza di pomici sparse, ascrivibili al 2° ciclo (porzioni distali di prodotti prevalentemente da caduta della formazione del Tufo Giallo Napoletano -TGN- datata ca 15.000 anni bp) che, verso l'alto, per processi pedogenetici, divengono terreni agrari.

Tali prodotti sovrastano quelli della Formazione dell'Ignimbrite Campana (1° ciclo), costituiti da materiale piroclastico rinvenibile nelle due distinte facies: quella giallastra e quella grigia.

La facies giallastra si presenta da litificata a parzialmente litificata con spessori compresi tra 5-8 metri, costituita da abbondanti pomici ocra, eterometriche, frammenti litici e fenocx di sanidino in matrice cineritica giallo-ocra. Inferiormente la facies diviene grigio plumbea a tratti violacea, cineritica a grana medio-fine con pomici sub arrotondate sparse, scorie nere, a consistenza arealmente e verticalmente diversa determinando tratti più saldati da tratti non saldati ma generalmente addensati. Lo spessore supera i 25-30 metri.

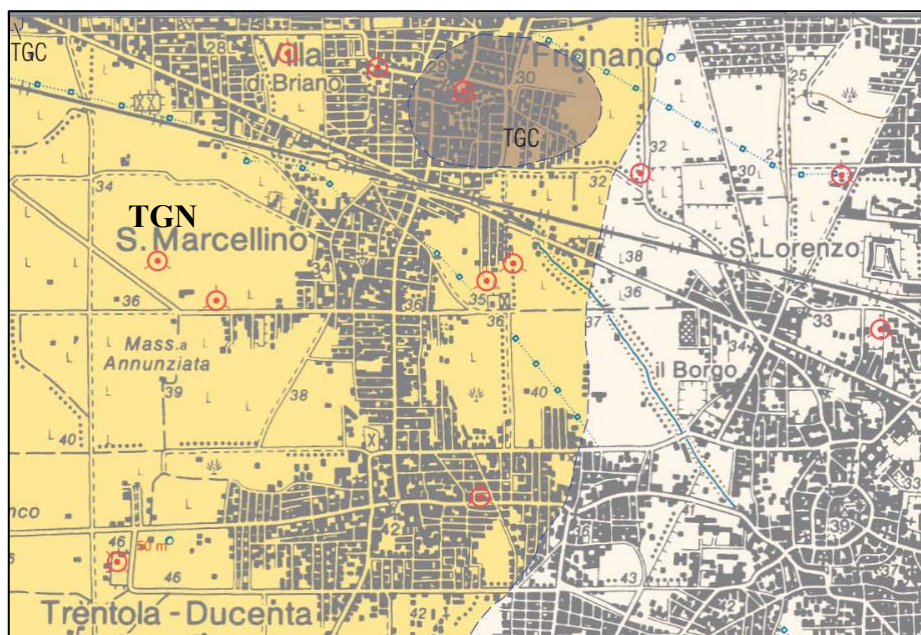


Fig. 3 Stralcio Carta Geologica Foglio 446-447 Napoli in scala 1:50000

3.2 CARTA GEOLITOLOGICA CON UBICAZIONE INDAGINI - SEZIONI GEOLOGICHE

La Carta Geolitologica riportata in Tav. 1 è stata realizzata su base vettoriale da aerofotogrammetria comunale in scala 1:5000 attraverso il rilevamento geologico di campagna, l'interpretazione di foto aeree e la consultazione di numerosi studi pregressi. Sono state riportate le informazioni standard della cartografia geologica ufficiali quali la litologia e gli aspetti strutturali. I litotipi che costituiscono il rilievo sono stati cartografati in tutta la loro distribuzione areale e raggruppati in complessi geolitologici. Il campo cartografico riporta in affioramento un'unica unità geologico-tecnica:

- ⇒ **COMPLESSO PIROCLASTICO SUPERFICIALE:** trattasi di depositi piroclastici cineritici incoerenti (pozzolane grigie), sia in condizioni di giacitura primaria che rimaneggiati, di spessore mediamente compreso tra 4.5-5.5 metri, a granulometria limo-sabbioso e/o sabbioso-limoso debolmente ghiaioso per la presenza pomici sparse, ascrivibili al 2° ciclo (porzioni distali di prodotti prevalentemente da caduta della formazione del Tufo Giallo Napoletano -TGN- datata ca 15.000 anni bp) che, verso l'alto, per processi

pedogenetici, divengono terreni agrari.

Nella tav. 1 sono riportate anche l'ubicazione e l'indicazione delle varie indagini preesistenti ritenute più significative per le finalità del presente studio. Complessivamente i dati raccolti hanno consentito di disporre di un totale di 115 dati puntuali da sondaggi geognostici a c.c. a vario titolo effettuati sul territorio. Per semplicità di lettura della carta non tutte le terebrazioni sono state riportate, per le quali si rimanda all'allegato CD-ROM "Elaborati ed Indagini geognostiche pregresse". Le indagini pre-esistenti provengono dai seguenti studi di archivio:

tab. 1: Elenco studi geologici di archivio e relative indagini preesistenti

id sito	denominazione	n. sondaggi	n. Camp. Ind.	prove DH	prove DP	masw	SPT
a	PUA "Baldascino e alii" A86-A87	3	3	1	5	2	
b	PUA Conte e alii" A35-A72	2	1	1	3	1	
c	PUA Intervento P2 Via Limitone	3	3	1	5	1	3
d	PUA "Verazzo e alii" e PUA "Roma e Alii" int. A85	5	2	2	5	2	
e	PUA "Cantile A." loc. Starza	3	2	1	1		3
f	PUA "Bortone" trav. Via Starza	3	3	1	1		3
g	PUA "Della gatta A." Via ischia	1	1	1	1	1	2
h	PUA Corso Europa	3	3	1	1		3
i	PUA "Cassandra C." Via Starza	3	2	2	3	1	
j	Pua De Cristofaro Via Starza	3	3	1	1		3
k	Pua Vitolo e Pagano A. Via Larga	3	3	1	1		3
l	PUA "Cantile D." trav. Via Starza	3	3	1	1		3
m	PUA Guida e alii Trav. Via Cappella Bovari	3	3	1	1		3
n	PUA "Clarelli O" Via Tagliamento	3	2	1	1		1
o	PUA De Santis Trav. Via Cupa	3	3	1	1		3

id sito	denominazione	n. sondaggi	n. Camp. Ind.	prove DH	prove DP	masw	SPT
p	PUA "Ferrauiuolo M." via lommelli	3	3	1	1		3
q	Pua "Fabozzi P." Via Limitone	3	3	1	1		3
r	PUA "Zagaria R." Strada Prov. San Marc.-Casapesenna	3	3	1	1		3
s	Pua "Cantile A." Via Campana	3	3	1	1		3
t	Pua Conte N.	3	3	1	1		3
u	Pua Magliulo V. - Via Limitone	2	1	1	2	1	4
v	Pua Cantile M. trav. Via Cupa	3	3	1	1		3
w	Pua Conte A. Via Gargano	3	3	1	1		3
x	Indagini per costruzione fabbricato via Vinci ex alifana	3	3	1	2	2	4
y	Pua Di Chiara e alii trav. Via Starza	3	3	1	1		3
z	Pua Guarino trav. Via Roma	3	3	1	1		3
aa	Pua Della Corte E. Loc. Annunziata	3	3	1	1		3
bb	Pua Picone F. Via Cappella dei Bovari	3	3	1	1		3
cc	Pua Via leopardi	3	2	1			
dd	Pua parco Ferrovia	3	3	1	3		
ee	Pua S. Croce	3	2	1	2		
ff	Pua Cacciapuoti V.	2	1	1	2	1	
gg	Pua Via Limitone "D'Angelo A."	2	2		4		5
hh	PUA Aversano L. Strada Prov. San Marc. - Casap.	3	3	1	1		3
ii	Pua Diana S. Via lazio	3	3	1	1		3
jj	Pua Cassandra C.	3	3	1	1		3
kk	Pua Pezone - Verdino Via Starza	2		1	1		3

id sito	denominazione	n. sondaggi	n. Camp. Ind.	prove DH	prove DP	masw	SPT
II	Pua palumbo et alii Via Foscolo	2	2	1	5		5
mm	Pua Coronella - Gefè	2		1	5		5
nn	Pua Cipullo e alii Via Messina	3	3	1	1		3
oo	Pua Conte e Coviello	1	1	1	1	1	2
pp	Indagini variante PRG	1					
vvv	PUA Carbone – Via Gargano	2			10		6

La ricostruzione geolitologica mostrata nelle sezioni (Tav. 1) ha una validità di insieme in quanto ottenuta dall'interpolazione dei log stratigrafici esistenti, per cui nel dettaglio la situazione potrebbe differire da quanto rappresentato.

SEZIONE A-B lunghezza 2176 mt

La sezione geologica si sviluppa in direzione nord – sud dall'estremo settentrionale posto ad una quota topografica di ca 27.50 m slm all'estremo meridionale posto a quota di ca 41.7 mt slm. Il gradiente topografico evidenzia un graduale aumento di quota verso S cioè verso l'alto topografico dei Campi Flegrei; la situazione geologica è sostanzialmente caratterizzata da omogeneità in quanto affiorano in modo ubiquitario i termini piroclastici superficiali incoerenti di spessore medio compreso tra 4.5-5.5 mt riconducibili ai prodotti distali del 2° ciclo flegreo; tali depositi sovrastano la Formazione dell'IC che si presenta nelle due tipiche facies litologiche giallastra e grigia; la facies giallastra, debolmente litificata, presenta uno spessore compreso mediamente tra 5-8 mt, mentre quella grigia ha spessori superiori ai 25 mt. Nell'ambito della facies giallastra nel nucleo storico di San Marcellino sono state in passato ricavate cavità antropiche adibite a diversi usi, delle quali allo stato non esiste un censimento né una ricognizione sullo stato di conservazione e sicurezza.

SEZIONE C-D lunghezza 3004 mt

La sezione geologica si sviluppa in direzione est – ovest ad una quota topografica media di ca 35.50 m slm.; la situazione geologica è sostanzialmente caratterizzata da omogeneità in quanto affiorano in modo ubiquitario i termini piroclastici superficiali incoerenti di spessore medio compreso

tra 4.5-5.5 mt riconducibili ai prodotti distali del 2° ciclo flegreo; tali depositi sovrastano la Formazione dell'IC che si presenta nelle due tipiche facies litologiche giallastra e grigia; la facies giallastra, debolmente litificata, presenta uno spessore compreso mediamente tra 5-8 mt, mentre quella grigia ha spessori superiori ai 25 mt. Nell'ambito della facies giallastra nel nucleo storico di San Marcellino sono state in passato ricavate cavità antropiche adibite a diversi usi, delle quali allo stato non esiste un censimento né una ricognizione sullo stato di conservazione e sicurezza.

3.3 MORFOLOGIA LOCALE

Dal punto di vista morfologico, il comune di San Marcellino è ubicato lungo il margine settentrionale del complesso vulcanico dei Campi Flegrei che, dalla quota più alta rappresentata dai 458 m. s.l.m. della Collina dei Camaldoli, degrada con modesta pendenza verso la Piana Campana ed il Fiume Volturno. La superficie topografica è pertanto sub pianeggiante ($< 5^\circ$) con un debole declivio verso nord (escursione altimetrica compresa tra 21-42 metri slm)

4. ASSETTO IDROGEOLOGICO E VULNERABILITA' DELLA RISORSA IDRICA

Al fine di caratterizzare il territorio dal punto di vista idrogeologico è stato distinto un solo corpo idrico sotterraneo (cfr. Tav. 2 "Carta Idrogeologica") caratterizzato da più complessi idrogeologici; per complesso idrogeologico s'intende un insieme di litotipi simili aventi una comprovata unità spaziale e giaciturale, un tipo di permeabilità prevalente ed un grado di permeabilità relativa che si mantiene in un campo di variazione piuttosto ristretto.

- **Complesso Piroclastico Superficiale:** trattasi di piroclastiti sia in sede che rimaneggiate a granulometria limo-sabbiosa o sabbio-limoso debolmente ghiaiose comprendenti anche il suolo agrario attuale ed eventuali paleosuoli sepolti; la conducibilità idraulica è medio-bassa per la prevalenza di materiali fini. Tale complesso sia per la permeabilità che per i ridotti spessori non è sede di falda acquifera.
- **Complesso Ignimbrítico:** si estende lungo tutto il territorio comunale ed è costituito dai depositi ignimbríticos in facies tufacea nella parte sommitale di colore giallastra (spessore 5-8

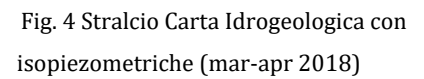
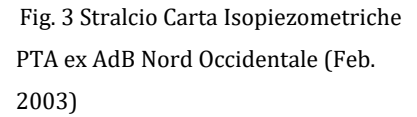
mt) e cineritica verso il basso per spessori superiori a 25 mt. Si tratta in effetti di tufi debolmente saldati e cineriti grigie associate a scorie nere e frammenti di lava riconducibili all'eruzione dell'Ignimbrite Campana. Il grado di diagenesi è variabile sia arealmente che lungo la verticale. Tale complesso non è affiorante in superficie ma sottoposto al complesso piroclastico di superficie. Il complesso presenta una conducibilità idraulica bassa laddove è più lapideo e di maggiore potenza, medio-bassa laddove si presenta incoerente o poco diagenizzato. Pertanto la falda idrica è allocata in corrispondenza dei livelli a permeabilità maggiore.

Nell'area di studio si rinviene preferenzialmente una falda principale a carattere freatico accolta nella parte bassa della facies grigia del complesso ignimbrítico (laddove poco diagenizzata). La quota assoluta della falda si attesta tra 8-14.00 metri s.l.m.; il pannello piezometrico evidenzia per gran parte del territorio un regolare gradiente della superficie piezometrica con una direzione generale della circolazione idrica sotterranea verso il quadrante N-W, cioè verso i Regi Lagni, in accordo con i dati a carattere regionale (fig. 3). Si evidenzia dallo stesso pannello il delinearsi di un asse di drenaggio preferenziale, probabilmente dovuto a variazioni litologiche, nel settore settentrionale-occidentale del territorio (Fig. 4).

Il territorio di San Marcellino ricade nel bacino idrografico dei Regi Lagni, che è delimitato a nord dall'argine sinistro del fiume Volturno e dai monti Tifatini, a sud dai Campi Flegrei e dal massiccio Somma-Vesuvio e ad est dalle pendici dei monti Avella; tale bacino sottende una superficie di circa 1300 kmq con in pratica l'unico recapito delle acque superficiali rappresentato dal canale dei Regi Lagni.

I venti dominanti provengono dal settore NE-NNE nel periodo prevalentemente invernale e dal settore S-SO nel periodo estivo.

Dal punto di vista quantitativo della risorsa idrica sotterranea si rileva che l'impatto delle attività antropiche è significativo con un'incidenza notevole sulla disponibilità della stessa con un rischio di impoverimento della quantità di risorse disponibile; anche dal punto di vista qualitativo la risorsa riceve un impatto negativo ed esteso per la forte pressione antropica.



Tale carta è stata realizzata sintetizzando i risultati degli studi effettuati e descritti in precedenza. Il territorio comunale è stato, pertanto, diviso in zone con un differente grado di stabilità rispetto alla presenza o meno di problematiche di tipo idrogeologico-geomorfologico.

- Aree stabili;

- Aree potenzialmente instabili;

Nell'ambito del nucleo urbano storico di San Marcellino si rilevano forme sepolte nel sottosuolo rappresentate da cavità artificiali per lo più isolate delle quali gran parte non risultano accessibili e delle quali non risulta rilevabile lo stato di conservazione e le condizioni geostatiche.

Aree stabili

Rientra in questa area la quasi totalità del territorio comunale caratterizzata da una morfologia superficiale pianeggiante con leggero declivio verso S e dall'affioramento di terreni piroclastici sia parzialmente rimaneggiati che in giacitura primaria, con spessori compresi tra 4.50-5.50 m. In tali settori non è esclusa la presenza di cavità sotterranee, anche se non si riferiscono notizie storiche di avvenuti cedimenti associabili alla presenza di cavità.

Aree potenzialmente instabili

Rientrano tra queste:

- il centro storico di San Marcellino dove molti edifici sono stati realizzati attraverso il prelievo di tufo dal sottosuolo (cavatura a rapina); le cavità sono state successivamente in parte abbandonate ovvero utilizzate come cisterne o depositi.

La "Tavola 3" evidenzia, per queste zone, areali più vasti rispetto alle evidenze legate alla presenza delle cavità; tale scelta deriva dal fatto che esistono rilevanti problemi di individuazione delle cavità stesse. In base all'epoca dell'edificato si è ritenuto, quindi, di ampliare le zone considerate potenzialmente instabili supponendo che le tecniche di costruzione degli edifici ed il conseguente sfruttamento del sottosuolo per i materiali da costruzione siano stati simili.

Le cavità ipogee traggono origine dagli scavi per il prelievo di materiale da costruzione (tufo, pozzolana e lapilli); l'estrazione del tufo avveniva con tre tecniche fondamentali: a) approfondimento di un pozzo, in genere circolare e non rivestito, fino al tetto del banco tufaceo attraversato per 3-5 metri (spessore del tufo in volta) e raggiungimento del letto del banco. Dalle pareti dello scavo in genere si sviluppavano gallerie singole o multiple; b) realizzazione di una rampa di scale fino al raggiungimento del banco tufaceo da coltivare nel quale si procedeva alla realizzazione di gallerie

orizzontali con volta circolare, trapezoidale o ellittica; c) realizzazione di un pozzo a pianta quadrata, generalmente avente lato da 3-5 metri, con il quale si raggiungeva il tetto del banco di tufo che veniva attraversato per 8-12 metri per poi intraprendere lo scavo di gallerie dalle pareti del pozzo all'altezza del banco di tufo. Le gallerie spesso venivano messe in comunicazione tra di loro tramite cunicoli secondari e con la superficie tramite condotti verticali rivestiti chiamati "occhi di monte" la cui funzione era quella di areare le gallerie.

6. VINCOLI P.A.I.

Il comune di San Marcellino non presenta areali classificati a rischio frana e rischio idraulico secondo il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico, adottato dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di bacino ex Campania Centrale con Delibera n.1 del 23/02/2015 [fig. 5-6].

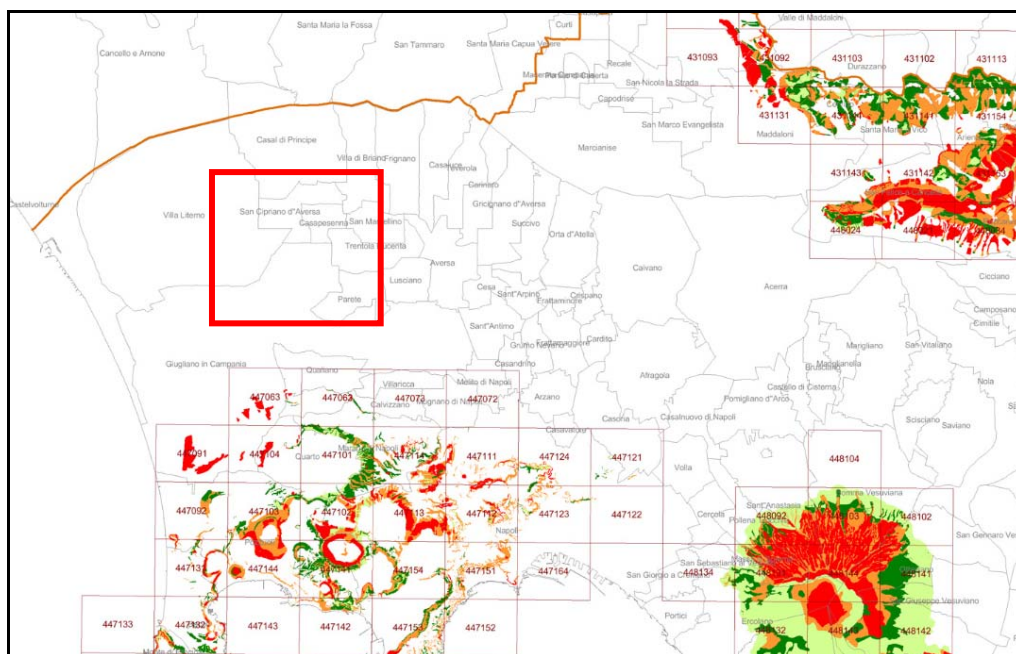


Fig.5 Stralcio Quadro Unione PSAI rischio Frana ex AdB Campania Centrale (agg. 2015)

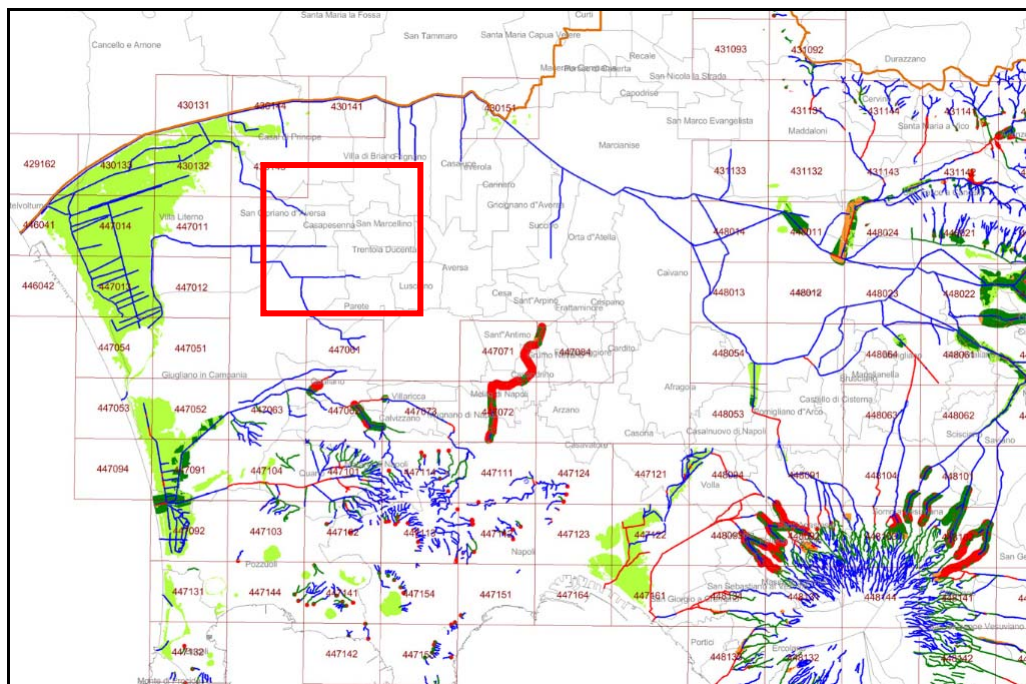


Fig.6 Stralcio Quadro Unione PSAI rischio Idraulico ex AdB Campania Centrale (agg. 2015)

7. CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI LITOTIPI

Le caratteristiche geotecniche dei terreni scaturiscono dalle indagini e dai risultati delle numerose indagini espletate in passato per studi a vario titolo eseguiti nel territorio di San Marcellino. A tal fine sono state consultate ed analizzate criticamente le risultanze provenienti da n. 94 analisi di laboratorio geotecnico, n. 103 prove SPT in foro e n. 73 prove in situ DPSH (cfr. tab. 1).

La globalità dei dati ottenuta (cfr. Tab. 2) ha permesso di ottenere le seguenti caratterizzazioni:

- **FORMAZIONI DI COPERTURA**

In tale formazione rientrano:

- *Depositi piroclastici superficiali di spessore compreso tra 4.5-5.5 mt*

Materiali piroclastici di colore variabile dal bruno al grigio, costituiti da livelli cineritici alternati a livelli pomicei grossolani. Da un punto di vista granulometrico, possono essere classificati come limi sabbiosi debolmente ghiaiosi o sabbie con limo/limose debolmente ghiaiose; la compressibilità assume valori medi, così come lo stato di addensamento che diventa maggiore quando il grado di cementazione è elevato ovvero la componente sabbioso-ghiaiosa è predominante.

I parametri geotecnici min-medi presentano i seguenti valori:

Peso dell'unità di volume " γ_n "	10.74-14.70 KN/m ³
Peso secco " γ_d "	8.53-11.08 KN/m ³
Porosità "n"	50-64 %
Indice dei vuoti "e"	0.87-1.30
Angolo di Attrito Interno " ϕ "	25-29°
Coesione efficace "c" (sabbie limose/con limo)	0,23 -4.75 KPa
Nspt	15-20
Densità relativa "Dr"	30-60 %

- Tufo Grigio Campano

Si rinviene nella facies da incoerente-semicoerente di colore grigio, da mediamente addensata a ad addensata; i parametri geotecnici min/med sono di seguito evidenziati in sintesi.

Facies inferiore grigia-livelli cineritici sabbio ghiaiosi e limosi

• Peso dell'unità di volume " γ_n " min/med	13.33-16.841 KN/m ³
• Peso secco " γ_d "	9.44-13.47 KN/m ³
• Porosità "n"	52-54 %
• Indice dei vuoti "e"	1.09-1.19
• Nspt	22-48
• Angolo di Attrito Interno " ϕ " min/med	31.17-32.34°
• Coesione efficace "c" min/med	1.67 -4.60 KPa

Facies giallastra semilitoide

• Massa Volumica Naturale " γ_n "	9.79-16.20 KN/m ³
• Angolo di Attrito Interno " ϕ "	30-35°
• Resistenza a compressione " δ "	1216 - 1992 KPa

id sito	sample	prof.(m)	granulom	γ_{nat} (KN/m ³)	γ_{dry} (KN/m ³)	γ_{sol}	w(%)	n	e	S (%)	φ (°)	c'(Kpa)	σ (Kpa)	litologia
a	S1C1	2,40-2,80	L,S[G]	13,43	10,01	25,09	34,15	0,6	1,51	58	27,25	2,67		Piroclastite sciolta
	S1C2	12-12,50	S,G(L)	13,49	11,58	24,74	16,5	0,53	1,14	37	31,38	1,87		Cinerite grigia
	S2C1	3,50-4	L,S[G]	14,77	10,71	25,19	39	0,58	1,37	74	28,72	2,47		Piroclastite sciolta
	S1C	6,50-7		12,2									1850	TUFO GIALLASTRO
b	S1C1	3,50-4	L,S	15,67	11,24	25,19	39,46	0,55	1,24	82	28,41	1,77		Piroclastite sciolta
c	S1C1	2,5-3	L(S)[G]	15,11	10,77	25	48	0,57	1,32	78	27,25	2,5		Piroclastite sciolta
	S3C1	3-3,50	L,S	14,8	10,33	25,15	43,28	0,59	1,43	77	28,5	2,63		Piroclastite sciolta
	S3C2	11-11,5	S,G(L)	13,53	11,54	24,74	17,23	0,53	1,14	38	31,17	1,67		Cinerite grigia
d	S3C1	2,5-3,0	L,S[G]	13,24	9,59	25,15	38	0,62	1,62	60	27,02	2,27		Piroclastite sciolta
	S4C1	3,1-3,6	L,S[G]	15,1	10,72	25	41	0,57	1,33	78	27,02	2,7		Piroclastite sciolta
e	S1C1	2,2-2,7		11,26	9,37	24,83	23	0,62	1,65	35	33,66	4,03		Piroclastite sciolta
	S1C2	7,5-7,7		11,46									1481	TUFO GIALLASTRO
	S2C1	15-15,5		16,27	12,61									Cinerite grigia
f	S1C1	3,10-3,60		13,7	10,09	24,8	29	0,59	1,46	50	29,72	1,84		Piroclastite sciolta
	S2C1	14,00-14,50		19	14,89									Cinerite grigia
	S1C2	7-7,20		17,22									2075	TUFO GIALLASTRO
g	S1C1	3,5-4	S,L[AG]	16,82	12,43	26,61	36	0,53	1,14	82	28,6	10,6		Piroclastite sciolta
h	S1C1	2,4-2,9		13,89	9,89	25,02	43	0,6	1,53	72	29,08	1,73		Piroclastite sciolta
	S1C2	7,5-7,7		15,71									2302	TUFO GIALLASTRO
	S2C1	14,2-14,7		19	14,89									Cinerite grigia
i	S1C1	3-3,5	S,L[G]	15,57	11,53	25,04	35	0,54	1,17	76	25,55	3,73		Piroclastite sciolta
	S3C1	2,50-3,0	S,L[G]	15,18	12,13	25,22	25	0,52	1,08	60	26,47	3,17		Piroclastite sciolta
j	S1C1	2,5-2,8		13,92	10,71	25,05	34	0,54	1,34	65	31,64	3,86		Piroclastite sciolta
	S1C2	7,2-7,4		18,46									2308	TUFO GIALLASTRO
	S2C1	14,14,5		18,48	14,95									Cinerite grigia
k	S1C1	3,30-3,8		16,06	11,85	24,99	35	0,53	1,11	83	27,56	1,04		Piroclastite sciolta

	S1C2	7-7,2		14,87									1368	TUFO GIALLASTRO
	S2C1	13,7-14,20		17,39	9,44									Cinerite grigia
l	S1C1	2,3-2,6		14,59	10,69	24,97	36	0,57	1,34	68	27,83	2,82		Piroclastite sciolta
	S1C2	7,1-7,3		19,63									2440	TUFO GIALLASTRO
	S2C1	14-14,5		16,8	13,06									Cinerite grigia
m	S1C1	3,10-3,5		13,5	10,22	24,92	29	0,59	1,44	51	26,21	0,57		Piroclastite sciolta
	S2C1	7,4-7,6											1957	TUFO GIALLASTRO
	S2C1	14,5-15		16,99	13,69									Cinerite grigia
n	S1C1	3-3,5		17,98	15,14	24,95	16	0,39	0,65	64	29,44	2,08		Piroclastite sciolta
	S2C1	14-14,5		17,96	14,5									Cinerite grigia
o	S1C1	3,50-4		16,42	12,05	25,09	32	0,52	1,08	75	31,4	3,56		Piroclastite sciolta
	S1C2	7,8-8		9,79									1245	TUFO GIALLASTRO
	S2C1	15,0-15,5		17,51	13,88									Cinerite grigia
p	S1C1	2,5-3		13,3	10,26	24,9	28	0,59	1,43	50	27,56	1,04		Piroclastite sciolta
	S1C2	7,3-7,5		16,52									2108	TUFO GIALLASTRO
	S2C1	15-15,5		18,47	16,41									Cinerite grigia
q	S1C1	3-3,5		10,74	8,74						29,03	0,57		Piroclastite sciolta
	S1C2	14-14,5												Cinerite grigia
	S3C1	7-7,3		14,06									1708	TUFO GIALLASTRO
r	S1C1	2,2-2,7		13,49	9,99	24,99	39	0,6	1,5	58				Piroclastite sciolta
	S1C2	7,0-7,2		18,45									2050	TUFO GIALLASTRO
	S2C1	14-14,5		19,36	15,78									Cinerite grigia
s	S1C1	3,1-3,6		14,31	11,04	24,95	28	0,56	1,26	57	29,11	0,88		Piroclastite sciolta
	S1C2	7,4-7,6		17,88									1788	TUFO GIALLASTRO
	S2C1	14-14,5		19	14,89									Cinerite grigia
t	S1C1	3-3,5		16,11	11,31	24,31	42	0,53	1,5	92	30,17	19,7		Piroclastite sciolta
	S1C2	7,5-7,8											4400	TUFO GIALLASTRO
	S2C1	14,0-14,50		17,35										Cinerite grigia

u	S1C1	3-3,5	L,S[GA]	16,32	13,21	26,6	24	0,5	1,01	62	27,7	10,43		Piroclastite sciolta
v	S1C1	3-3,5		14,05	10,65	25,01	30	0,57	1,35	56	33,07	4,93		Piroclastite sciolta
	S1C2	7-7,2		17,31									2037	TUFO GIALLASTRO
	S2C1	15,0-15,5		19,24	15,48									Cinerite grigia
w	S1C1	3,2-3,7		16,9	12,52	24,94	33	0,5	0,99	83	32,29	0,23		Piroclastite sciolta
	S1C2	7,5-7,7		17,45									2340	TUFO GIALLASTRO
	S2C1	14,50-15		18,19	14,23									Cinerite grigia
x	S1C1	3-3,5		15,58	11,33	25,12	35	0,55	1,22	74	31,06	14,69		Piroclastite sciolta
	S1C2	7-7,5		18,87									2767	TUFO GIALLASTRO
	S2C1	12,5-13	S(G)[L]	14,38	10,66	24,88	21	0,57	1,33	39				Cinerite grigia
y	S1C1	3-3,5		13,32	9,78	24,87	33	0,61	1,34	61	28,65	0,34		Piroclastite sciolta
	S1C2	7,4-7,6		16,11									1295	TUFO GIALLASTRO
	S2C1	14,5-15		17,36	13,37									Cinerite grigia
z	S1C1	2,8-3,3		15,87	11,78	25,04	34	0,53	1,13	76	30,71	4,01		Piroclastite sciolta
	S1C2	7,4-7,6		17,06									1216,1	TUFO GIALLASTRO
	S2C1	14,5-15		18,38	15,4									Cinerite grigia
aa	S1C1	3,1-3,5		13,65	10,44	24,97	27	0,58	1,39	50	28,89	2,6		Piroclastite sciolta
	S1C2	7,5-7,7		18,18									1633,6	TUFO GIALLASTRO
	S2C1	14,50-14,8		18,19	14,07									Cinerite grigia
bb	S1C1	2,8-3,2		12,14	9,04	24,93	32	0,64	1,76	46	35	4,56		Piroclastite sciolta
	S1C2	7,1-7,3		16,08									2318	TUFO GIALLASTRO
	S2C1	13,5-14		15,58	12,25									Cinerite grigia
cc	S1C1	3,2-3,6	S,L(G)	16,86	12,06	25,78	36	0,53	1,14	83				Piroclastite sciolta
	S1C2	10-10,5	S(GL)	13,33	11,57	26,08	13	0,56	1,25	28				Cinerite grigia
dd	S1C1	14-14,50		15,29										Cinerite grigia
	S2C1	2,5-3		15,58	11,27			0,5	1,02	81	33,92	30,58		Piroclastite sciolta
ee	S1C1	2,8-3,3		10,98	8,53	24,41	34	0,65	1,86	85				Piroclastite sciolta
	S1C2	7-7,2		13,78									1961	TUFO GIALLASTRO

ff	S1C1	2-2,5	L,S[A]	15	10,65	25,58	41	0,58	1,4	76	26,34	3,33		Piroclastite sciolta
gg	S1C1	3-3,5		16,67	12,84	24	30	0,47	0,87	84	33,12	16,76		Piroclastite sciolta
	S1C2	13,0-13,5		14,84	11,16	23,34	33	0,52	1,09	72	34,47	10,58		Cinerite grigia
hh	S1C1	1,40-1,90		15,51	11,52	24,89	33	0,54	1,16	72	27,66	1,76		Piroclastite sciolta
	S1C2	7,50-7,7		16,98									1585	TUFO GIALLASTRO
	S2C1	14,50-15,0		15,69	13,58									Cinerite grigia
jj	S1C1	3,20-3,70		14,07							36,5	11,08		Piroclastite sciolta
	S1C2	7,50-7,70											1570	TUFO GIALLASTRO
	S2C1	14,14,5		14,95										Cinerite grigia
ll	S1C1													Piroclastite sciolta
	S1C2													Cinerite grigia
oo	S1C1	3-3,5	S,L(A)	16,39	13,45	26,79	22	0,5	0,99	59	27,7	18,33		Piroclastite sciolta

Tab. 2 elenco delle analisi di laboratorio geotecnico condotto su campioni prelevati nel corso di indagini geognostiche di archivio

8. CONSIDERAZIONI SULLA SISMICITA' DELL'AREA

Quadro normativo e pericolosità sismica di base

Il comune di San Marcellino (CE) non era classificato sismico ai sensi della L. 219/81 ss.mm.ii.; successivamente ai sensi della Delibera di G.R. n° 5447/2002 al territorio del comune di San Marcellino è stato invece attribuita la seconda categoria (media sismicità – fig. 7). L'OPCM 3274/2003 ha attribuito alle varie zone un differente livello energetico corrispondente ad un valore dell'accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico A_g che per il territorio di San Marcellino è pari a 0,25g.

Attualmente nelle zone classificate sismiche le costruzioni dovranno essere progettate e realizzate nel rispetto della nuova normativa tecnica contenuta nel D.M. 17/01/2018, che ha aggiornato le NTC del 14/01/2008. Infatti si dispone che la stima della pericolosità sismica venga definita mediante un approccio "sito-dipendente" e non più tramite un criterio "zona-dipendente". L'azione sismica di progetto in base alla quale valutare il rispetto dei diversi stati limiti presi in considerazione viene definita a partire dalla pericolosità sismica di base del sito di costruzione.

Secondo la mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale l'accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico A_g varia tra 0,100- 0,125 espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferita a suoli rigidi (OPCM 3519/2006 - $V_{s30} > 800$ m/s; cat. A, punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005)(Fig. 8).

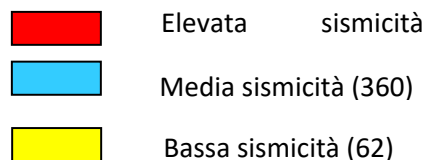
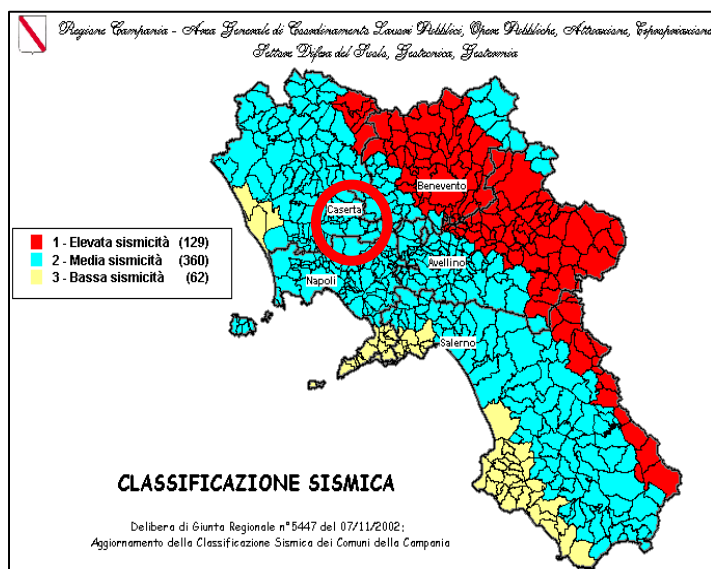


Fig.7 Classificazione sismica della Regione Campania ai sensi della DGR 5447/2002

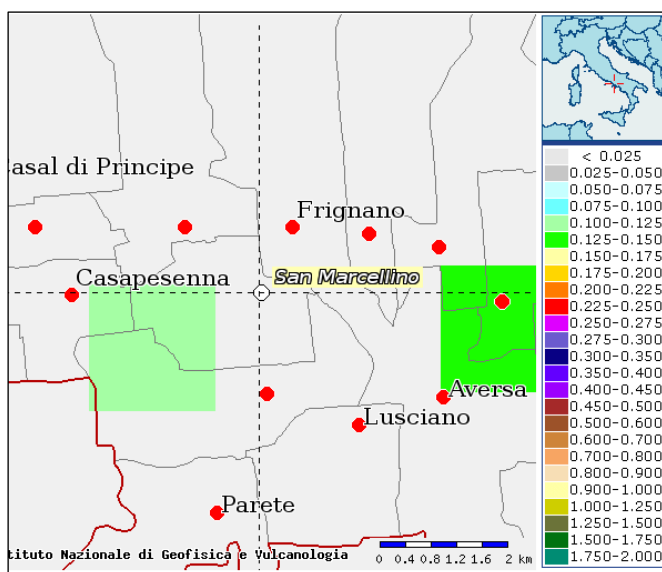


Fig.8: Mappa di pericolosità sismica per il comune di San Marcellino (da <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>).

Storia sismica di San Marcellino

Il territorio di San Marcellino ricade in un settore regionale che presenta un rischio sismico derivante dalla sua posizione rispetto alla catena appenninica. Questa è, infatti, ancora in fase di prevalente sollevamento rispetto al margine tirrenico ed è caratterizzata dalla presenza di strutture sismogenetiche lungo le quali si distribuiscono maggiormente i principali eventi sismici (§ Fig. 9 “Distribuzione degli epicentri nel periodo 1000-1980”). Un lavoro del C.N.R. (“Catalogo dei terremoti italiani dall’anno 1000 al 1980”), per l’area compresa nel foglio 173 e 174 della carta d’Italia in scala 1:100.000, ha messo in evidenza una frequenza medio-alta di eventi sismici aventi un’intensità massima del IX – X grado della scala Mercalli (§ Fig. 9 “Frequenza e caratteristiche degli eventi sismici registrati nell’Italia centro-meridionale”).

Per la verifica del grado di sismicità è stato, infatti, condotto uno studio storico-statistico finalizzato ad individuare le aree epicentrali più significative e prossime all’area in studio.

Lo studio della bibliografia esistente e del catalogo dei terremoti italiani ha permesso di individuare i sismi ritenuti più significativi avvenuti nel passato, i cui effetti sono stati avvertiti nell’area in studio; questi sono di seguito elencati:

- Terremoto anno 927 - epicentro Ariano - Benevento (X);
- Terremoto anno 981 - epicentro Benevento (X);

- Terremoto anno 990 - epicentro BN - AV - Ariano - Conza (X);
- Terremoto anno 1095 - epicentro Benevento (X);
- Terremoto anno 1125 - epicentro Benevento (X);
- Terremoto anno 1139 - epicentro Benevento (IX);
- Terremoto anno 1139 - epicentro Benevento (IX);
- Terremoto anno 1158 - epicentro Benevento (IX);
- Terremoto anno 1180 - epicentro Ariano Irpino (X);
- Terremoto anno 1349 - epicentro Benevento (IX);
- Terremoto anno 1688 - epicentro Benevento - Ariano Irpino (IX);
- Terremoto anno 1694 - epicentro Alto Sele - Ariano Irpino (IX);
- Terremoto anno 1702 - epicentro Benevento - Ariano Irpino (X);
- Terremoto anno 1732 - epicentro Benevento-Avellino-Ariano Irpino (X);
- Terremoto anno 1805 - epicentro Ariano Irpino - Avellino - Melfi (X);
- Terremoto anno 1885 - epicentro Benevento (IX);
- Terremoto anno 1905 - epicentro Benevento (IX);
- Terremoto anno 1905 - epicentro Benevento - Montesarchio (X);
- Terremoto anno 1962 - epicentro Ariano Irpino - Melito (X);
- Terremoto anno 1980 - epicentro Alto Sele-Ofanto (X).

Il territorio comunale è ubicato ai margini della zona sismogenetica 927, che comprende le strutture sismogenetiche appenniniche caratterizzate dal massimo rilascio di energia legata alla distensione generalizzata che, da circa 700.000 anni, sta interessando l'Appennino meridionale. L'intensità massima con la quale i suddetti sismi si sono manifestati nell'ambito del territorio comunale è del VI-VII°(MCS).

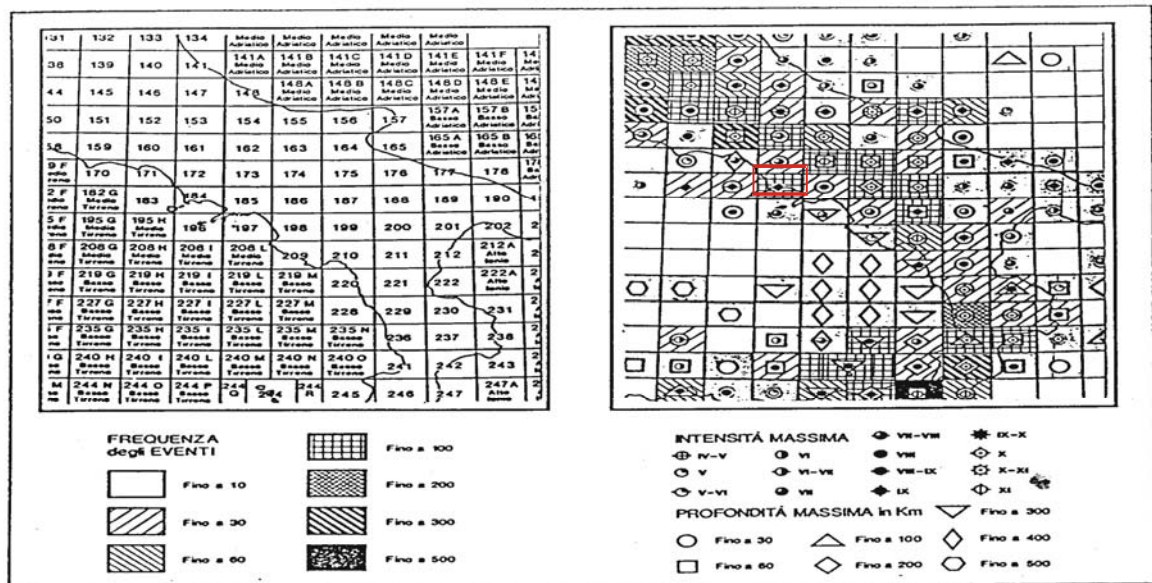


Fig.9: Frequenza e caratteristiche degli eventi sismici registrati nell'Italia centro-sud.
Dal "Catalogo dei terremoti italiani dall'anno 1000 al 1980"- C.N.R.

8.1 CARATTERISTICHE LITODINAMICHE

Per una corretta pianificazione urbanistica, risulta fondamentale conoscere il comportamento dinamico del terreno sotto le sollecitazioni sismiche. Per raggiungere questo obiettivo è necessario conoscere il livello di scuotibilità regionale e la risposta sismica del sito in esame. La prima conoscenza si raggiunge con gli studi di pericolosità sismica che permettono di sapere qual'è l'accelerazione massima che non verrà superata con un certo valore di probabilità in un fissato periodo di tempo. Di questo si è già discusso nel paragrafo precedente. La microzonazione sismica fornisce lo scostamento dovuto alle caratteristiche geologico-tecniche e morfologiche del sito dal livello delle vibrazioni di riferimento.

I terreni che si rinvenivano in un'area di studio in virtù delle loro variabili caratteristiche intrinseche comportano differenti comportamenti sotto il profilo dinamico. A tal fine, facendo esplicito riferimento ai dettami delle leggi specifiche emanate, sono state realizzate all'interno del territorio comunale, oggetto di previsioni di piano, idonee indagini e ricerche bibliografiche per l'acquisizione dei parametri che possano caratterizzare i diversi materiali se attraversati da un treno d'onde sismiche. Per quanto concerne le indagini, la cui ubicazione è riportata nella Tavola n°1 e n. 4, si è fatto

riferimento alle terebrazioni eseguite sul territorio comunale a vario titolo in lavori di archivio. Tali indagini consistono di n. 42 prove in foro Down Hole e n. 13 prove superficiali del tipo MASW (cfr. Allegato CD-ROM "Elaborati ed Indagini geognostiche pregresse")

Le caratteristiche litodinamiche dei terreni affioranti presentano i seguenti valori medi; tali velocità in genere tendono ad aumentare con la profondità e con l'aumento dello stato di addensamento del terreno.

Piroclastiti sciolte in facies primaria

Velocità delle onde di compressione "Vp": 287-409	m/sec	
Velocità delle onde di taglio "Vs":	138-289	m/sec
Rigidità litotipo "R":	203-425	t/m ² s
Modulo di Young "E":	61-242	MPa
Coefficiente di Poisson "v":	0,34-0,35	
Modulo di taglio "G":	164-269	MPa

Tufo Grigio Campano

Facies gialla incoerente-semilitoide

Velocità delle onde di compressione "Vp": 586-1003	m/sec	
Velocità delle onde di taglio "Vs":	281-522	m/sec
Rigidità litotipo "R":	477-877	t/m ² s
Modulo di Young "E":	341-1287	MPa
Coefficiente di Poisson "v":	0,30-0,31	
Modulo di taglio "G":	126-489	MPa

Facies grigia incoerente-semilitoide

Velocità delle onde di compressione "Vp": 724-1700	m/sec	
Velocità delle onde di taglio "Vs":	584-733	m/sec
Rigidità litotipo "R":	947-1187	t/m ² s
Modulo di Young "E":	950-2840	MPa
Coefficiente di Poisson "v":	0,30	
Modulo di taglio "G":	489-1019	MPa

8.2 CARTA DELLA MICROZONAZIONE SISMICA

La Carta delle Microzonazione Sismica, redatta in scala 1:5.000, riporta la suddivisione del territorio comunale in varie sottozone o microzone differenziate in funzione dei profili stratigrafici e soprattutto dei profili associati di velocità delle onde S nei primi 30 metri di profondità (micro zonazione di primo livello o microzonazione in prospettiva sismica). All'informazione qualitativa si accompagna un approccio numerico al fine di quantificare la variazione del moto sismico in superficie determinabile con metodi semplificati (cfr. par. Microzonazione livello 2).

La redazione ha tenuto conto degli *“Indirizzi e criteri generali per la microzonazione sismica”* elaborati dal gruppo di lavoro del Dipartimento Protezione Civile nell'anno 2008 e delle *Linee guida finalizzate alla mitigazione del rischio sismico* emanate nel 2007 dalla Regione Campania. Pertanto il territorio comunale è stato suddiviso in zone stabili, zone stabili suscettibili di amplificazione locale e zone instabili. Le **zone stabili** sono quelle nelle quali non si ipotizzano effetti di natura stratigrafica; in tali zone sono però riscontrabili effetti morfologici laddove i pendii superano i 15° di pendenza con altezza maggiore di 30 metri. Queste zone si contraddistinguono per la presenza del substrato geologico affiorante. Laddove la morfologia è pianeggiante o poco inclinata (pendii con inclinazione inferiore a circa 15°) si annullano gli effetti morfologici locali.

Le zone stabili suscettibili di amplificazioni locali sono quelle nelle quali sono attese amplificazioni del moto sismico, come effetto della situazione litostratigrafica e morfologica locale. Sono le zone dove sono presenti terreni di copertura detritico-colluviale, piroclastica sia incoerente che coerente, coltri di alterazione del substrato, substrato molto fratturato, o substrato caratterizzato da velocità di propagazione delle onde di taglio ($V_s < 800$ m/s). Gli spessori di questi terreni devono essere superiori ai 5 m.

Le zone suscettibili di instabilità sono quelle nelle quali gli effetti sismici attesi e predominanti sono riconducibili a deformazioni permanenti del territorio (non sono naturalmente esclusi per queste zone anche fenomeni di amplificazione del moto).

Ad ogni microzona è stata inoltre anche associata la corrispondente categoria di suolo di fondazione così come previsto dal D.M.17/01/2018 attraverso la determinazione del parametro V_{s30eq} .

Il calcolo di V_{s30eq} è avvenuto tramite l'interpretazione ed elaborazione dei numerosi dati provenienti da indagini geofisiche (n. 42 prove Down Hole e n. 13 prove MASW) sufficientemente rappresentative del territorio comunale di San Marcellino utilizzando l'equazione di seguito riportata.

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

h_i spessore dell'i-esimo strato;
 $V_{S,i}$ velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;
 N numero di strati;
 H profondità del substrato

Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

Microzone omogenee stabili suscettibili di amplificazione locale

ZONA 1

Il territorio comunale di San Marcellino può essere ricondotto a questa microzona in quanto caratterizzata da una sostanziale omogeneità geolitologica-sismica-morfologica e geotecnica. Trattasi di depositi di origine piroclastica da sciolti a poco addensati, in giacitura sia rimaneggiata che in giacitura primaria con spessore totale variabile tra 4.5-5.50 metri, sovrapposti alla formazione dell'Ignimbrite Campana distinta in una facies tufacea sommitale di colore giallastro e debolmente litificata, di spessore variabile tra 5-8 mt, ed una facies inferiore grigiastra cineritica, addensata, di spessore superiore ai 25 mt (cfr. Fig. 10). In effetti tale sequenza litostratigrafica si rileva in modo ubiquitario con rare varianti in termini di spessore e giacitura. La Formazione dell'IC rappresenta un ottimo marker stratigrafico ed è considerabile come substrato geologico locale non rigido.

Non si rilevano forme superficiali né elementi sepolti.

Pertanto nella Zona 1 sono attese amplificazioni del segnale sismico come effetto dell'assetto litostratigrafico (effetto stratigrafico 1D); il valore delle velocità delle onde di taglio tende ad aumentare gradualmente con la profondità senza apprezzabili contrasti di impedenza e senza inversioni. I profili sperimentali delle velocità delle onde S, desunti dalle numerose terebrazioni preesistenti, non hanno permesso di individuare la profondità del substrato rigido ($V_s > 800$ m/sec); a tale fine se si assume, come anche da evidenze sperimentali di sito, che il profilo di V_s aumenti gradualmente con la profondità, estrapolando in profondità i dati di velocità delle onde di taglio misurate nel corso delle prove DH, si ricava una soggiacenza del substrato sismico variabile, a seconda dei luoghi, tra **ca 40 mt a 70 mt**.

Nell'ambito della Zona 1, in corrispondenza dei nuclei abitati storici, si rilevano cavità antropiche scavate all'interno del banco tufaceo lapideo, potenzialmente oggetto di cedimenti e sprofondamenti. Per tale motivo si sono perimetrati tre areali identificati come ZONE DI ATTENZIONE PER CEDIMENTI DIFFERENZIALI/CROLLO CAVITA'/SINKHOLE.

Nello spazio cartiglio è riportata anche una colonna stratigrafica schematica relativa alla Zona 1 con una breve descrizione dei litotipi ed indicazioni su spessore, addensamento e Vs.

Nell'area si rinviene la falda acquifera a partire da ca -21/-27 dal p.c. (con escursione stagionale di $\pm 2,0$ metri) metri a seconda della zona in quanto la profondità del pelo libero si riduce da sud est verso nord-ovest gradualmente in concomitanza della diminuzione della quota topografica.

Il Catalogo Faglie Capaci ITHACA (ITaly HAZard from CApable faults) redatto dall'I.S.P.R.A. non riporta per l'area la presenza di *faglie sismo genetiche* per cui si escludono scorrimenti di faglie in superficie.

In virtù delle considerazioni esposte è possibile definire l'area in esame a **rischio sismico medio-basso**.

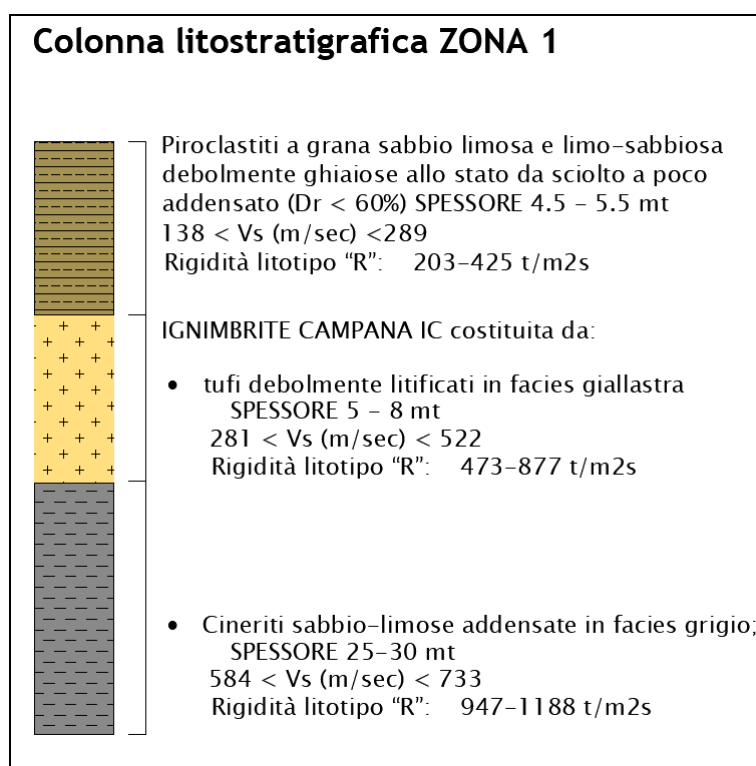


Fig. 10: Colonna litostratigrafica tipo relativa alla microzona 1

Microzonazione sismica di livello 2

Per gli aspetti numerici è possibile ricorrere all'impiego di parametri che quantificano la variazione del moto sismico in superficie e che sono determinabili con metodi semplificati (microzonazione livello 2). Tali parametri sono organizzati in abachi riferiti alle singole condizioni stratigrafiche per le quali sono applicabili. Le amplificazioni sono espresse attraverso due fattori di amplificazione (FA e FV) da applicare alle ordinate spettrali a basso periodo (FA) e alto periodo (FV) per la cui determinazione analitica si rimanda al par. 2.5 di IMCS, 2008 vol. 1.

Secondo ICMS 2008, i criteri generali per la composizione degli abachi per gli effetti litostratigrafici e topografici sono di competenza regionale. Dal momento che la Regione Campania allo stato non è dotata di tali abachi si è fatto riferimento agli abachi presenti negli stessi IMCS 2008 elaborati dal gruppo di lavoro del Dipartimento Protezione Civile nell'anno 2008 secondo le procedure definite al par. 2.5 Volume 1 di IMCS, 2008 e le risultanze contenute in volume 3 par. 3.2 "Abachi di riferimento" [*Indirizzi e criteri generali per la microzonazione sismica* IMCS, 2008].

Per la determinazione dei valori di FA e FV si è fatto riferimento pertanto alle seguenti assunzioni:

- macrozona di pericolosità sismica pari $a_g = 0,18g$ (valore conservativo in quanto la pericolosità sismica di base del territorio di San Marcellino rientra nel range $0.100 < a_g < 0.125$)
- litologia prevalente: Sabbia
- Profilo di velocità con aumento lineare a pendenza intermedia
- Velocità media delle onde di taglio nella copertura ($H = 40-70$ mt) sovrastante il basamento ($V_{sh(dH)} = 400-500$ m/sec);

$$FA_{min-max} = 1.13-1.38$$

$$FV_{min-max} = 1.37-1.78$$

Inoltre, ai sensi del D.M. 14/01/2018 (NTC), mediante l'approccio semplificato basato sull'attribuzione di una categoria di suolo al profilo stratigrafico, è possibile ricondurre i terreni della Zona 1 alla categoria di suolo "C" e, a luoghi, alla categoria di suolo B (Tab. 3.2.II).

Fattore di amplificazione		Tipo di terreno		$a_g(g)$		Profilo di velocità					
FA		Sabbia		0.18g		Lineare pendenza intermedia					
		$V_{sp}(m/s)$									
		150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
H	5	-	1.97	1.67	1.53	1.32	1.18	1.10	1.06	1.02	1.01
	10	-	2.24	2.13	1.85	1.59	1.40	1.28	1.19	1.08	1.03
	15	-	1.93	2.09	1.97	1.78	1.61	1.45	1.32	1.16	1.06
	20	-	1.64	1.88	1.92	1.80	1.65	1.52	1.40	1.21	1.08
	25	-	1.42	1.69	1.75	1.73	1.63	1.52	1.41	1.24	1.11
	30	-	-	1.48	1.64	1.60	1.58	1.49	1.40	1.24	1.11
	35	-	-	1.43	1.46	1.51	1.47	1.45	1.36	1.23	1.10
	40	-	-	1.37	1.41	1.38	1.38	1.35	1.32	1.20	1.09
	50	-	-	1.23	1.34	1.33	1.29	1.25	1.20	1.14	1.06
	60	-	-	1.10	1.23	1.27	1.25	1.20	1.16	1.09	1.02
	70	-	-	0.97	1.13	1.18	1.20	1.17	1.13	1.05	0.98
	80	-	-	0.89	1.04	1.11	1.14	1.14	1.11	1.03	0.97
	90	-	-	0.82	0.95	1.04	1.08	1.10	1.08	1.02	0.95
	100	-	-	0.76	0.91	0.98	1.02	1.04	1.06	1.00	0.94
	110	-	-	0.71	0.84	0.91	0.97	1.00	1.01	0.98	0.92
	120	-	-	0.67	0.80	0.89	0.92	0.96	0.98	0.96	0.91
130	-	-	0.62	0.76	0.85	0.90	0.92	0.95	0.94	0.90	
140	-	-	0.58	0.72	0.81	0.87	0.90	0.91	0.91	0.88	
150	-	-	0.54	0.69	0.76	0.84	0.87	0.89	0.89	0.86	

Fattore di amplificazione		Tipo di terreno		$a_g (g)$		Profilo di velocità					
FV		Sabbia		0.18g		Lineare pendenza intermedia					
		$V_{sp}(m/s)$									
		150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
H	5	-	1.11	1.06	1.03	1.02	1.01	1.01	1.01	1.00	1.00
	10	-	1.80	1.31	1.14	1.09	1.06	1.04	1.03	1.01	1.00
	15	-	2.34	1.83	1.45	1.22	1.14	1.09	1.06	1.03	1.01
	20	-	2.55	2.18	1.76	1.46	1.27	1.17	1.12	1.05	1.02
	25	-	2.46	2.37	2.00	1.68	1.44	1.28	1.18	1.08	1.03
	30	-	-	2.39	2.11	1.79	1.57	1.39	1.26	1.11	1.05
	35	-	-	2.32	2.20	1.91	1.64	1.47	1.33	1.15	1.06
	40	-	-	2.29	2.17	1.97	1.74	1.53	1.37	1.18	1.08
	50	-	-	2.10	2.10	1.95	1.78	1.63	1.48	1.23	1.10
	60	-	-	2.05	1.99	1.89	1.77	1.62	1.49	1.27	1.11
	70	-	-	1.89	1.90	1.81	1.71	1.61	1.49	1.28	1.13
	80	-	-	1.75	1.82	1.73	1.63	1.55	1.47	1.28	1.13
	90	-	-	1.71	1.74	1.69	1.58	1.50	1.43	1.27	1.13
	100	-	-	1.69	1.62	1.64	1.55	1.46	1.39	1.25	1.12
	110	-	-	1.67	1.59	1.58	1.52	1.43	1.35	1.22	1.11
	120	-	-	1.63	1.58	1.49	1.48	1.41	1.32	1.20	1.07
130	-	-	1.60	1.57	1.46	1.42	1.38	1.31	1.17	1.06	
140	-	-	1.55	1.53	1.44	1.37	1.35	1.28	1.15	1.05	
150	-	-	1.45	1.50	1.45	1.35	1.31	1.26	1.13	1.04	

8.3 LIQUEFAZIONE SPONTANEA

Il fenomeno della liquefazione dinamica assume una particolare pericolosità in presenza di materiali granulari poco addensati saturi; il meccanismo di tale fenomeno dipende sia dalle caratteristiche relative al sisma (magnitudo, durata, distanza dall'epicentro, accelerazione massima al sito) che da quelle del terreno (distribuzione granulometrica, uniformità, saturazione, densità relativa, pressioni efficaci di confinamento, stato tensionale in situ iniziale, etc.). La previsione della pericolosità di liquefazione si basa, oltre che sui parametri del sisma atteso, sulla stima di un "potenziale di liquefazione" del terreno, il quale dipende da una serie di parametri geotecnici quali ad esempio:

- a) distribuzione granulometrica: sono suscettibili di liquefazione i terreni con diametro medio dei grani D_{50} compreso fra 0.075mm e 2mm e coefficiente di uniformità compreso fra 2 e 5 (sabbie e sabbie limose);
- b) indice di plasticità: il fenomeno è possibile in terreni caratterizzati da un indice di plasticità inferiore a 10%;
- c) densità relativa: sono suscettibili di liquefazione i terreni sciolti con densità relativa $D_r < 50\%$ o nei quali $N < 2z$, dove N è il numero di colpi della prova penetrometrica standard (SPT) e z la profondità in metri;
- d) saturazione: sono suscettibili di liquefazione i terreni in cui la falda è prossima al piano di campagna;
- e) profondità: in genere il fenomeno di liquefazione si può verificare entro i primi 20 m di terreno o comunque per pressioni verticali di confinamento inferiori a 200kPa.

Nel territorio di San Marcellino la falda acquifera si rinviene nel complesso idrogeologico ignimbrico ed in particolare nella facies cineritica grigio-scura sabbio-limosa e ghiaiosa della Formazione dell'IC a profondità comprese generalmente di -21/-27 metri ca dal p.c. (cfr. Tav. 2). Lo stato di addensamento dei materiali saturi è piuttosto elevato ($D_r > 80\%$) con valori di $N_{spt} > 20$ per cui si verifica nella generalità dei casi $N > 2z$; inoltre il coefficiente di uniformità U , determinato sulla scorta delle analisi granulometriche disponibili, risulta molto maggiore di 5. In considerazione di tutto ciò, pertanto, si ritiene di poter asserire che la suscettibilità alla liquefazione dei litotipi che ospitano la falda nelle microzone individuate risulti praticamente nulla.

9. PRESCRIZIONI D'USO A CARATTERE GEOLOGICO

Nel presente studio si è investigato riguardo gli ambiti geologici s.l. del territorio comunale di San Marcellino (CE), a partire da conoscenze pregresse e da documentazione tecnica già disponibile, riveduta ed aggiornata sulla base di dettagliati rilievi geologici e geomorfologici di superficie, nel rispetto del quadro normativo vigente. Del resto dato il carattere generale di orientamento ed indirizzo di questo studio, seppur specialistico e specifico, nei confronti della suscettività d'uso dei vari ambiti geologici, si rimanda alle fasi di attuazione di questo livello di pianificazione, per l'esecuzione di ulteriori rilevamenti sia di superficie che attraverso l'ausilio di indagini geognostiche, dirette ed indirette, finalizzati a caratterizzare la litostratigrafia locale, gli aspetti geotecnici del volume significativo del sottosuolo investito dalle strutture, le condizioni geomorfologiche al contorno, la risposta sismica del singolo sito con l'individuazione dei fattori di amplificazione delle onde sismiche.

Pertanto, sulla base dei risultati scaturiti dal presente studio, ai fini del corretto uso del territorio, si riportano le seguenti prescrizioni per le diverse aree così perimetrate e classificate nella Tav. 3 "Carta Geomorfologica e della Stabilità" e nella tavola di sintesi n. 4 "Carta della Microzonazione Sismica".

Aree Stabili/ZONA 1: sono consentiti qualsiasi tipo di intervento previa acquisizione dei parametri geologico-geomorfologici-geotecnici-geofisici secondo le modalità previste dalla normativa vigente.

Aree Potenzialmente Instabili/Zona di attenzione per cedimenti differenziali/crollo cavità/Sinkhole: prima di qualsiasi intervento saranno espletate indagini geologiche e geotecniche finalizzate alla definizione puntuale della stratigrafia del sottosuolo e delle caratteristiche geotecniche dei terreni almeno fino alla prof. di 30.00 metri dal piano campagna o dal piano di posa delle fondazioni di una eventuale struttura edificanda al fine di verificare anche l'eventuale esistenza di cavità sotterranee o riempimenti delle stesse. Dovranno essere valutate le condizioni di stabilità derivanti dall'interazione terreno – struttura in condizioni statiche e dinamiche. Inoltre dovranno essere valutate le azioni sismiche di progetto che prevedono specifiche analisi di risposta sismica locale (RSL) da eseguire con le modalità indicate nella normativa vigente (NTC 2018) oppure in

alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie di tab. 3.2.II, si può fare riferimento ad un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo con il parametro della velocità di propagazione delle onde di taglio Vs.

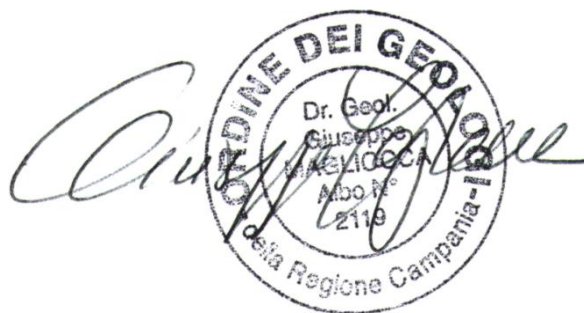
Si segnala la necessità che nelle Norme di Attuazione dello strumento urbanistico venga esplicitamente richiesto che nelle relazioni tecniche progettuali sia dichiarato che sono state tenute in considerazione le risultanze della microzonazione sismica del territorio.

DATA

Giugno 2019

Il Consulente Geologo

Dr. Geol. Giuseppe Magliocca



The image shows a handwritten signature in black ink, which appears to read 'Giuseppe Magliocca', written over a circular professional stamp. The stamp is from the 'ORDINE DEI GEOL. DELLA REGIONE CAMPANIA' and contains the following text: 'Dr. Geol. Giuseppe MAGLIOCCA', 'Albo n° 2119', and 'della Regione Campania-I'.