

REGIONE LAZIO  
ASSESSORATO ALL'AMBIENTE E SVILUPPO SOSTENIBILE  
AREA DIFESA DEL SUOLO

**MICROZONAZIONE SISMICA DI LIVELLO 1  
COMUNE DI VALMONTONE**



**Studio Tecnico di Geologia Applicata**

Via del Piscarello, 15  
00036 Palestrina (RM)  
tel/fax 06-9538316 - carelli@memgeo.it  
P. IVA 01610070706

**Il responsabile**

Dott. Geol. Massimiliano Carelli

**Il gruppo di lavoro**

Dott. Salomon Hailemikael

Dott. ssa Mariaelena Lulli

Dott. Geol. Matteo Costantino

**RELAZIONE GEOLOGICO-TECNICA ILLUSTRATIVA**

EMISSIONE		REVISIONE	
n°	data	n°	data
1	OTTOBRE 2011		

CODICE ELABORATO

**MS11001**

SCALA

-

## INDICE

<b>1 - INTRODUZIONE</b> .....	<b>2</b>
1.1 - Articolazione dello studio .....	3
<b>2 - UBICAZIONE DELL'AREA E INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO</b> .....	<b>6</b>
<b>3 - DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO</b> .....	<b>8</b>
<b>4 - GEOLOGIA</b> .....	<b>14</b>
4.1 - Sintesi geologico-strutturale .....	14
4.2 - Assetto geologico locale.....	19
<b>5 - INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO</b> .....	<b>23</b>
5.1 - Assetto geomorfologico locale .....	25
<b>6 - DATI GEOTECNICI E GEOFISICI</b> .....	<b>29</b>
6.1 - Caratteristiche geotecniche .....	29
Rocce tenere .....	30
Terre .....	31
6.2 - Analisi delle vibrazioni ambientali .....	32
<b>7 - MODELLO GEOLOGICO-TECNICO DEL SOTTOSUOLO</b> .....	<b>41</b>
<b>8 - ELABORATI CARTOGRAFICI</b> .....	<b>44</b>
8.1 - Carta delle indagini.....	44
8.2 - Carta delle frequenze fondamentali di vibrazione del sottosuolo.....	45
8.3 - Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica.....	46
<b>9 - INTERPRETAZIONI E INCERTEZZE</b> .....	<b>51</b>
<b>10 - BIBLIOGRAFIA</b> .....	<b>53</b>

### ALLEGATI

<b>MS11002</b>	Carta geologico-tecnica con elementi geomorfologici e sezioni geologico-tecniche
<b>MS11003</b>	Carta delle indagini
<b>MS11004</b>	Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica
<b>MS11005</b>	Carta delle frequenze fondamentali di vibrazione del sottosuolo

## 1 - INTRODUZIONE

Ai sensi della D.G.R. del 26 novembre 2010, n° 545 "Approvazione Linee Guida per l'utilizzo degli Indirizzi e Criteri generali per gli studi di Microzonazione Sismica nel territorio della Regione Lazio di cui alla D.G.R. n° 387/2009. Modifica della D.G.R. n° 2649/1999" pubblicata sul B.U.R.L. n° 48 del 28 dicembre 2010, Supplemento ordinario n° 22 ed in relazione alla Determina comunale di incarico n° 23 del 29/04/2011 e alla lettera della Regione Lazio, Area Difesa del Suolo e Concessioni Demaniali – Prot. n° 200225, Fasc. 77MS sono state condotte le attività di Microzonazione Sismica di livello 1 (di seguito MS) del comune di Valmontone (RM).

Le diverse attività che hanno consentito il raggiungimento degli obiettivi prefissati sono state svolte dal Gruppo di Lavoro del **Soggetto Realizzatore** così costituito:

1. **Dott. Geol. Massimiliano Carelli:** *Project Manager*, rapporti con il Soggetto Proponente, progettazione delle indagini, rilevamenti geologici di controllo sul terreno, supervisione tecnico-scientifica, redazione degli Elaborati Finali, Responsabile delle attività di MS;
2. **Dott.ssa Mariaelena Lulli:** raccolta dati, rapporti con il Soggetto Proponente, analisi e sintesi delle informazioni raccolte, caricamento ed elaborazione dei dati di base, architettura GIS;
3. **Dott. Geol. Matteo Costantino:** raccolta dati, rilevamenti geologici di controllo sul terreno, caricamento ed elaborazione dei dati di base, indagini geofisiche;
4. **Dott. Salomon Hailemikael:** responsabile delle attività di indagine geofisica e delle misure di frequenza fondamentale del sito, analisi e sintesi delle informazioni raccolte, caricamento ed elaborazione dei dati di base, redazione degli Elaborati Finali.

### OBIETTIVI

Il principale obiettivo dello studio è la valutazione della pericolosità sismica locale attraverso l'individuazione di zone del territorio caratterizzate da comportamento sismico omogeneo (gruppo di lavoro MS, 2008), ovvero la suddivisione del territorio in:

- zone stabili;
- zone stabili suscettibili di amplificazione locale del moto sismico;
- zone suscettibili di instabilità.

Oltre alla suddivisione del territorio in microzone omogenee, ai sensi della D.G.R. n° 387/2009, nel presente studio si indica il livello di approfondimento necessario per ciascuna microzona distinta, si definiscono le tipologie di effetto atteso e si determina il modello geologico-tecnico del sottosuolo finalizzato alla MS.

In particolare, al fine di elaborare il suddetto modello geologico-tecnico di riferimento, lo studio è stato orientato alla individuazione dei principali caratteri geologico-geomorfologici del territorio ed alla stima dei principali parametri geotecnici e geofisici relativi alle unità geologico-tecniche distinte nell'area comunale, con particolare attenzione a:

- identificazione dei rapporti stratigrafici fra le unità geologico-tecniche distinte;
- stima della velocità di propagazione delle onde di taglio nelle unità geologico-tecniche distinte e del periodo fondamentale di vibrazione del sottosuolo;
- valutazione delle caratteristiche morfologiche superficiali e sepolte del territorio ed in particolare della profondità ed andamento del contatto tra substrato rigido (ove identificato) e coperture;
- identificazione delle aree soggette o potenzialmente soggette a fenomeni di instabilità di versante, liquefazione e cedimenti differenziali.

### **1.1 - ARTICOLAZIONE DELLO STUDIO**

Le fasi di studio che hanno permesso la definizione del quadro conoscitivo finalizzato alla MS di livello 1, sono state eseguite secondo la seguente scansione di attività:

#### 1. ACQUISIZIONE DEI DATI DISPONIBILI

La prima fase di studio è consistita nella perimetrazione preliminare delle aree soggette agli studi di MS e di quelle esentate; ciò è stato possibile mediante una proficua collaborazione con gli uffici tecnici comunali e mediante l'analisi approfondita degli strumenti urbanistici locali che ha definito l'assenza di aree per le quali le condizioni territoriali o normative non consentano trasformazioni insediative o infrastrutturali (aree tutelate, aree naturali protette, SIC, ZPS, aree a verde pubblico di grandi dimensioni che non siano già infrastrutturale, destinate a nuove edificazioni, ristrutturazioni o che non rientrino in aree vincolate dal PAI).

In seguito è stata condotta un lavoro di reperimento, consultazione ed acquisizione dei dati già presenti negli archivi comunali, del Genio Civile e nelle banche dati di privati e di enti presenti nel territorio e relativi a indagini geognostiche (sondaggi a distruzione di

nucleo, sondaggi a carotaggio continuo), indagini sismiche (prove Down-hole e Cross-hole, MASW, SASW, tomografia sismica, sismica a rifrazione, analisi HVSR applicata a registrazioni di rumore sismico), indagini geoelettriche (SEV, tomografia elettrica), cartografie tematiche e rilievi di dettaglio. Tale fase di analisi è stata corredata dalle informazioni di carattere geologico-tecnico fornite dal Soggetto Validatore (carta geolitologica del Lazio, aree classificate dalle autorità di bacino e fonti bibliografiche) e dall'esame della cartografia DEM (Digital Earth Model) in formato .grd.

Tutte le informazioni reperite sono state archiviate in apposite tabelle e georeferite in ambiente GIS (sistema di riferimento WGS 84 – UTM fuso 33N) in modo da ottenere un *database* di riferimento secondo le indicazioni previste dagli standard descritti nella D.G.R. 545/2010.

## 2. PROGRAMMAZIONE, ESECUZIONE ED INTERPRETAZIONE DELLA CAMPAGNA INDAGINI

Al fine di verificare il quadro conoscitivo ricavato dall'esame delle indagini pregresse sono state effettuate le seguenti indagini:

- rilevamento geologico-geomorfologico di terreno realizzato su base cartografica in scala 1:4000;
- fotointerpretazione di immagini aeree;
- registrazione delle vibrazioni ambientali mediante sensore tromometrico singolo ed analisi dei dati acquisiti mediante tecnica HVSR (Nakamura, 1989; 2000; Sesame, 2005). In particolare le indagini sismometriche effettuate sono state programmate e realizzate in relazione alla distribuzione spaziale delle aree insediate, alla presenza di aree prive di informazioni di dettaglio ed in base alle indicazioni di utilizzo delle aree previste dai piani urbanistici. Le attività di misura del rumore ambientale hanno tenuto in debita considerazione l'accessibilità dei luoghi, la presenza di sorgenti monodirezionali, la distribuzione spaziale e temporale dei rumori nonché le condizioni topografiche, geologiche e geomorfologiche locali. La presente fase si è conclusa con l'informatizzazione dei dati acquisiti e con l'elaborazione e l'interpretazione delle misure.

A seguito di tali indagini, unitamente all'esame del quadro conoscitivo desunto alla fase precedente, è stato possibile determinare il modello geologico-tecnico di riferimento del territorio finalizzato alla MS.

## 3. ANALISI DEI RISULTATI, REDAZIONE DELLE ELABORAZIONI CARTOGRAFICHE E DELLA RELAZIONE GEOLOGICA ILLUSTRATIVA

L'ultima fase di studio ha permesso la redazione degli elaborati obbligatori previsti

dalla D.G.R. n° 545/2010 e della presente relazione illustrativa. Gli elaborati realizzati sono:

- carta geologico-tecnica con elementi geomorfologici e sezioni geologico-tecniche;
- carta delle indagini;
- carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica;
- carta delle frequenze fondamentali di vibrazione del sottosuolo.

In dettaglio all'interno dell'elaborato carta delle indagini sono state riportate, mediante differenti simbologie e cromatismi, tutte le indagini reperite e quelle appositamente realizzate nel corso dello studio.

La carta geologico-tecnica con elementi geomorfologici contiene le informazioni di carattere litologico, litostratigrafico e geomorfologici locali, nonché la distribuzione spaziale delle unità geologiche individuate e la ricostruzione bidimensionale dell'immediato sottosuolo secondo n° 3 allineamenti ritenuti significativi ai fini del lavoro.

La carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica rappresenta l'elaborato di sintesi degli approfondimenti realizzati e il documento fondamentale delle attività di MS di livello 1. In esso sono riportate le informazioni necessarie per l'adeguamento delle pianificazioni urbanistico territoriali generali (fatte salve le pianificazioni già approvate e vigenti) in termini di risposta qualitativa dei terreni in caso di terremoto. A tal proposito il territorio comunale è stato suddiviso in areali omogenei e sintomatici della presenza di effetti amplificativi del moto sismico a causa delle caratteristiche litostratigrafiche del terreno e/o geomorfologiche.

Infine, la presente relazione geologico-tecnica illustrativa espone in dettaglio le attività realizzate, il modello geologico, geomorfologico e geologico-tecnico locale e gli elementi caratterizzanti i prodotti cartografici; in aggiunta sono riportati i risultati delle indagini geofisiche, geotecniche e del rumore ambientale e sono fornite delle indicazioni in merito alle aree in cui si rileva la necessità di effettuare nuove indagini nei successivi livelli di MS mediante la stima della classe di qualità delle elaborazioni cartografiche prodotte, con riferimento alla "Procedura semiquantitativa per stabilire la classe di qualità della carta di livello 1 di MS".

## 2 - UBICAZIONE DELL'AREA E INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO



Il territorio comunale di Valmontone ricopre un'area di circa 41 km<sup>2</sup> ed è ubicato a SE di Roma, in zona distale rispetto all' apparato vulcanico dei Colli Albani; esso confina a W con i comuni di Palestrina e Labico, a N con quello di Cave, a E con Colleferro e a S con Artena. Valmontone è posizionato al confine con il bordo settentrionale della Valle Latina, una vasta depressione tettonica orientata circa NW-SE e colmata da depositi flyschoidi appartenenti alla formazione di Frosinone, oggi solcata dal fiume Sacco. L'intero comprensorio è interessato dalla presenza dei depositi vulcanici dei Colli Albani che risultano delimitati a S-SE dai calcari di piattaforma dei Monti Lepini e a N dai litotipi di transizione Sabina dei Monti Prenestini.

Sul comune di Valmontone insistono importanti vie di comunicazione quali la SS6 "Casilina", l'autostrada Roma-Napoli A1 e le linee ferroviarie Roma-Cassino e dell'Alta Velocità (T.A.V.).

Buona parte del comune di Valmontone è stato raso al suolo durante la seconda guerra mondiale e di conseguenza il centro storico si mostra poco esteso e rappresentato unicamente dal Palazzo Dora Pamphilj e dall'adiacente chiesa dell'Assunta, ubicati su un rilievo collinare di forma allungata in direzione NW-SE, avente quota massima di 301.5 m s.l.m.

I punti topograficamente più rilevati sono posti all'estremo nord del territorio comunale e raggiungono quote medie di 360 m s.l.m.; i fondovalle, invece, hanno quote medie di circa 230 m s.l.m. e sono, nella maggior parte dei casi, attraversati da esigui corsi d'acqua a meno dell'alveo del fosso Savo che rappresenta uno dei più importanti affluenti del fiume Sacco, nel quale fa convogliare le sue acque in prossimità del confine col comune di Colleferro.

Con riferimento alla Carta Tecnica Regionale della Regione Lazio (scala 1:10.000) l'area di studio si individua all'interno degli Elementi nn° 375150, 375160, 388030, 388040, 388070, 388080; in base alla cartografia edita dall'Istituto Geografico Militare Italiano (I.G.M.I. – Serie 25v) il territorio comunale di Valmontone è posizionati nelle tavolette 150 II-NE "Valmontone" e 151 III-NW "Paliano", in scala 1:25.000.

### 3 - DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO

La D.G.R. n° 387 del 22/05/2009 pubblicata sul BURL n° 24 del 27/06/2009 - Supplemento ordinario 106 ha approvato la "Nuova classificazione sismica della Regione Lazio" secondo i criteri dell'OPCM 3519/06 e aggiornando la "Riclassificazione sismica del territorio regionale" dettata dalla Deliberazione n° 766 della Regione Lazio del 01/08/2003. Questa moderna proposta di classificazione sismica è stata redatta dal servizio geologico regionale dell'area difesa del suolo in collaborazione con l'ENEA, al quale ha commissionato la ricerca sismologica di base. Novità di rilievo è l'istituzione di sottozone sismiche, al fine di differenziare in modo dettagliato la pericolosità sismica sul territorio regionale e di poter caratterizzare e gestire in modo più idoneo, moderno e preventivo i gradi di pericolosità sismica attraverso studi di MS. Secondo tale Delibera il territorio comunale di Valmontone è classificato in zona **sismica 2B** con  $0.15 \leq a_g < 0.20$  (accelerazione di picco orizzontale su suolo rigido e pianeggiante con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni). La classificazione precedente inserisce il comune di Valmontone in zona **sismica 2** con  $0.15 \leq a_g < 0.25$  e accelerazione orizzontale massima convenzionale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico pari a 0.25g.

Il territorio comunale di Valmontone ricade nella zona sismogenetica 44 (ZS4, 1996), in cui i meccanismi attesi sono di tipo misto, con prevalenza di tipo *dip-slip* (fig. 3.1).



Figura 3.1: Mappa della Nuova Classificazione Sismica della Regione Lazio con evidenziato il territorio comunale di Valmontone.

Nelle figure 3.2 e 3.3 vengono riportati, in ordine di intensità, i terremoti risentiti a Valmontone, di cui si ha memoria storica. I dati, estratti dal catalogo INGV-DBMI04, evidenziano come, l'area oggetto di studio non è mai stata sede di epicentri di terremoti. I periodo di tempo per cui si hanno informazioni significative su risentimenti percepiti al sito va dal 1873 (terremoto di Alvito) al 1927 (terremoto della Marsica). In particolare la massima intensità riferita al sito, pari al nono grado MCS, sia stata registrata in occasione del terremoto di Avezzano del 1915.

Effetti	In occasione del terremoto del:								
Is	Anno	Me	Gi	Or	Mi	Area epicentrale	Np	Ix	Mw
4-5	1873	03	12	20	04	Marche meridionali	196	9	5.88
4	1874	12	06	15	50	Monti della Meta	43	8	5.47
5	1876	10	26	14	18	PALESTRINA	29	7	5.03
4	1877	08	16	12	24	ROCCA DI PAPA	15	6	4.63
6	1877	08	24	02	45	Lazio meridionale	54	7	5.29
5	1892	01	22			COLLI ALBANI	81	7	5.17
4	1895	11	01			CASTELPORZIANO	98	6-7	4.83
NF	1913	10	04	18	26	MATESE	205	8	5.40
7	1915	01	13	06	52	AVEZZANO	1040	11	6.99
4-5	1919	10	22	06	10	ANZIO	142	7	5.53
4	1922	12	29	12	22	SORA	102	7	5.60
3	1925	09	24	13	33	Molise occidentale	50	7-8	5.40
4	1927	10	11	14	45	MARSICA	77	7	5.27
NF	1990	05	05	07	21	POTENTINO	1374	7-8	5.84
NF	1998	08	15	05	18	MONTI REATINI	233	6	4.49

Figura 3.2: Storia sismica di Valmontone per valori di intensità al sito decrescenti (Is). (Dati forniti dall' INGV, catalogo sismico DBMI04).

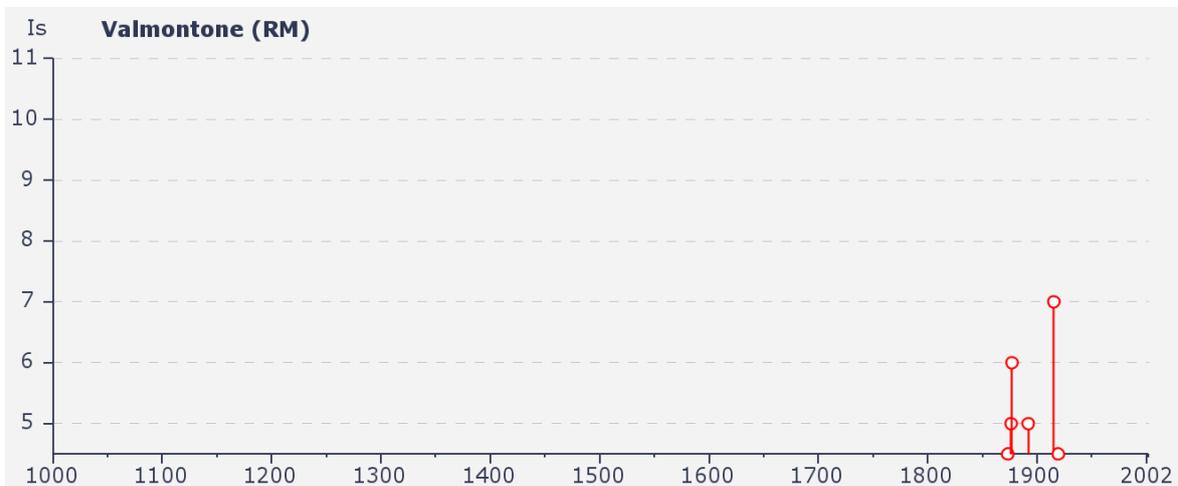


Figura 3.3: Diagramma della storia sismica di Valmontone limitatamente ai valori con  $I_s (x10) \geq 45$  (Dati forniti dall' INGV, catalogo sismico DBMI04).

Nell'ambito dello studio sono stati presi in considerazione i dati relativi a 13 eventi sismici che hanno avuto come epicentro località comprese tra la costa tirrenica e l'entroterra appenninico. Tali eventi sismici sono legati in parte all'evoluzione della catena appenninica e connessi con movimenti di faglie sismogenetiche come quelli aventi come epicentro Alvito, Veroli, Matese, Avezzano, Anzio, Sora, Sannio, Marsica ed in parte al vulcano dei Colli Albani, tuttora considerato quiescente (Karner et al. 2001a, b) con zone

epicentrali rappresentate dai Colli Albani e dall'abitato di Rocca di Papa. In particolare l'attività sismica dei Colli Albani risulta essere concentrata essenzialmente nel settore occidentale, all'interno dell'area dove si è sviluppata l'attività freato-magmatica del Vulcano Laziale (Chiarabba et al., 1997), non interessando l'area orientale dove è collocato il comune di Valmontone.

Attraverso uno studio relativo ai contenuti in frequenza dei fronti d'onda registrati nello sciame sismico verificatosi tra il 1989÷1990 nell'area albana (Chiarabba et al., 1997) si è supposto che i terremoti possano avere due origini: una legata alla tettonica regionale, l'altra alla tettonica locale generata dal sistema vulcanico.

L'analisi della figura 3.3 mostra sull'asse delle ascisse gli anni e sull'asse delle ordinate le intensità sismiche misurate attraverso la scala MCS (Mercalli, Cancani, Sierberg) moltiplicate per 10; si evidenzia che i risentimenti sismici più elevati hanno intensità sismica prossima a 7, con epicentri ubicati a Veroli, Monti Ernici, Avezzano e Conca del Fucino. Le intensità sismiche più significative sono comprese tra 4.5 e 7.0 e concentrate in un lasso di tempo di circa 46 anni (1873÷1919). Si nota una maggiore concentrazione di eventi sismici tra il 1873 ed il 1877 quando nell'area di Valmontone sono stati registrati 4 sismi. A tale periodo segue una stasi ed una successiva "ripresa sismica" intorno al primo ventennio del XX secolo.

Di seguito sono riportate le schematizzazioni fornite dall' INGV (catalogo sismico NT4.1) riferite ad alcuni dei terremoti registrati nel territorio comunale di Valmontone e rappresentanti l'epicentro del terremoto e le zone, compresa l'area oggetto di studio, in cui il sisma si è manifestato secondo differenti intensità (figure 3.4÷3.10).

Dall'analisi delle figure si evince che l'abitato di Valmontone è stato coinvolto da differenti eventi sismici, la cui intensità è compresa tra  $4 \leq IS \leq 5$ , a meno del terremoto di Veroli del 1877 che presenta  $IS=7$  a causa della vicinanza dell'area oggetto di studio rispetto all'epicentro del sisma.

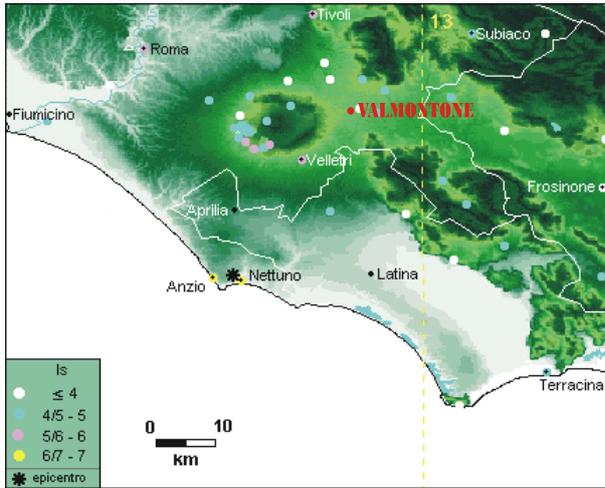


Figura 3.5: ANZIO 1919 (INGV)



Figura 3.5: MARSICA 1927 (INGV)

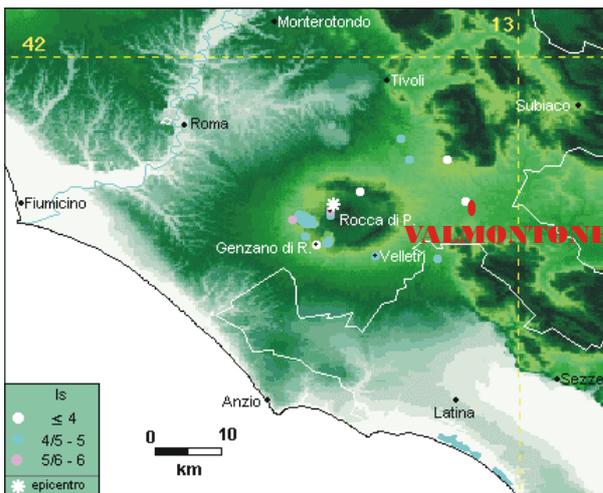


Figura 3.6: ROCCA DI PAPA 1877 (INGV)

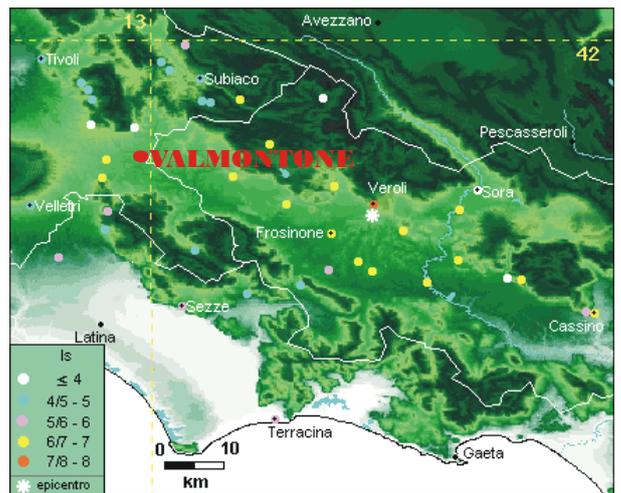


Figura 3.7: VEROLI 1877 (INGV)

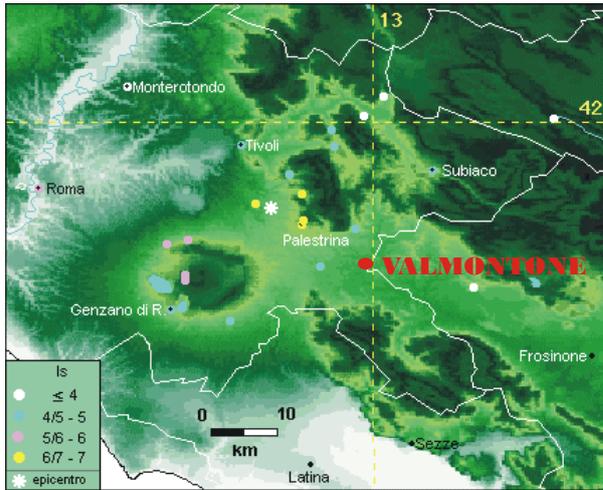


Figura 3.8: PALESTRINA 1876 (INGV)

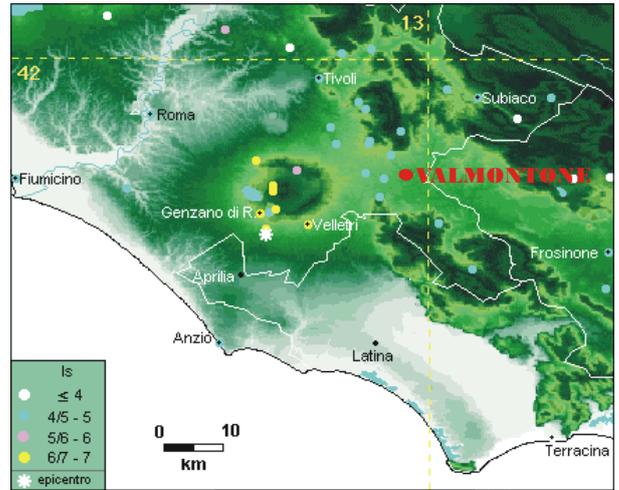


Figura 3.9: COLLI ALBANI 1892 (INGV)

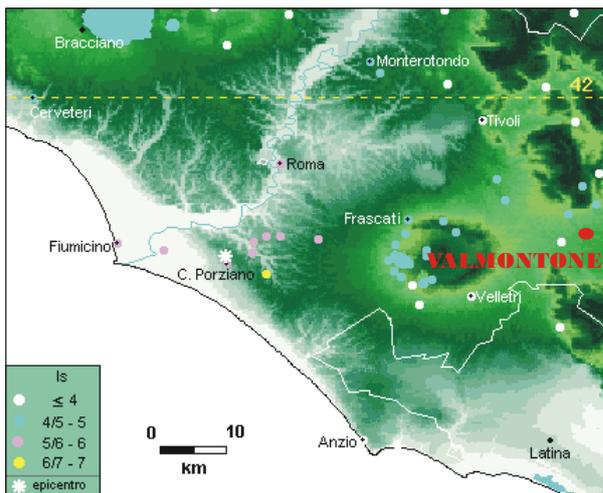


Figura 3.10: CASTEL PORZIANO 1895 (INGV)

## 4 - GEOLOGIA

### 4.1 - SINTESI GEOLOGICO-STRUTTURALE

L'assetto geologico di questo settore della regione laziale risulta fortemente condizionato dall'attività eruttiva del Complesso di Albano. Il Vulcano Laziale si estende a sud di Roma e ricopre con la sua struttura un'areale complessivo di circa 1500 km<sup>2</sup> che confina a nord-ovest con la valle del fiume Aniene, ad est e a sud-est con i rilievi appenninici dei Monti Tiburtini, Prenestini e Lepini, a sud si estende fino alle propaggini settentrionali della pianura pontina e ad ovest arriva fino alla parte basse della valle del Tevere fino allo sbocco tirrenico.

Ad ampia scala, la regione Lazio si individua nella zona di passaggio tra domini paleogeografici e paleotettonici molto differenti tra di loro e che hanno dato origine a depositi diversi per litologia, composizione e messa in posto. In prossimità dell'area romana, infatti, convergono le strutture dell'Appennino Umbro-Marchigiano-Sabino e quelle della piattaforma Laziale-Abruzzese che un tempo erano separate a causa della presenza di un lineamento strutturale profondo (Faccenna et al., 1996) corrispondente ad una fascia di transizione scarpata-bacino, larga qualche km (Figura 4.1.1). Le unità paleogeografiche presenti definiscono un'azione deposizionale molto diversificata: si passa dai depositi carbonatici delle piattaforme ai sedimenti di origine silicoclastica cui si alternano i depositi di *slope*. All'interno di tale scenario i Monti Lepini rappresentano la piattaforma carbonatica s.s. e i monti Prenestini la zona di soglia (Boni et al., 1980).

Dal punto di vista strutturale l'area risulta caratterizzata da due direttrici principali separate tra di loro dalla linea tettonica Olevano-Antrdoco: la prima, orientata N-S, interessa il settore occidentale, la seconda, ad allineamento NW-SE, contraddistingue la zona orientale. Tale quadro viene ulteriormente arricchito dall'azione tettonica che all'inizio del Miocene causa la surrezione della catena appenninica. Nel settore laziale, quindi, a partire dal Tortoniano inizia una fase tettonica compressiva fragile con vergenza nord-orientale che determina il sovrascorrimento dei depositi litoidi mesozoici sui depositi fli-sciodi posti ad oriente. Si vengono a definire numerosi elementi tettonici rappresentati da faglie di particolare interesse, pieghe di notevoli dimensioni e pieghe-faglie. In aggiunta durante la fase in atto si depositano al fronte delle falde in compressione sedimenti fli-sciodi torbiditici sinorogenetici. In questa fase si genera l'embrione dell'attuale Valle Lati-

na, colmata nel Tortoniano da una massiccia deposizione di flysch argilloso-arenacei (formazione di Frosinone) e da una successiva fase compressiva con direzione di trasporto verso E-NE con conseguente accavallamento dei depositi flyschoidi sulla catena Simbruino-Ernica (Funciello, 1978).

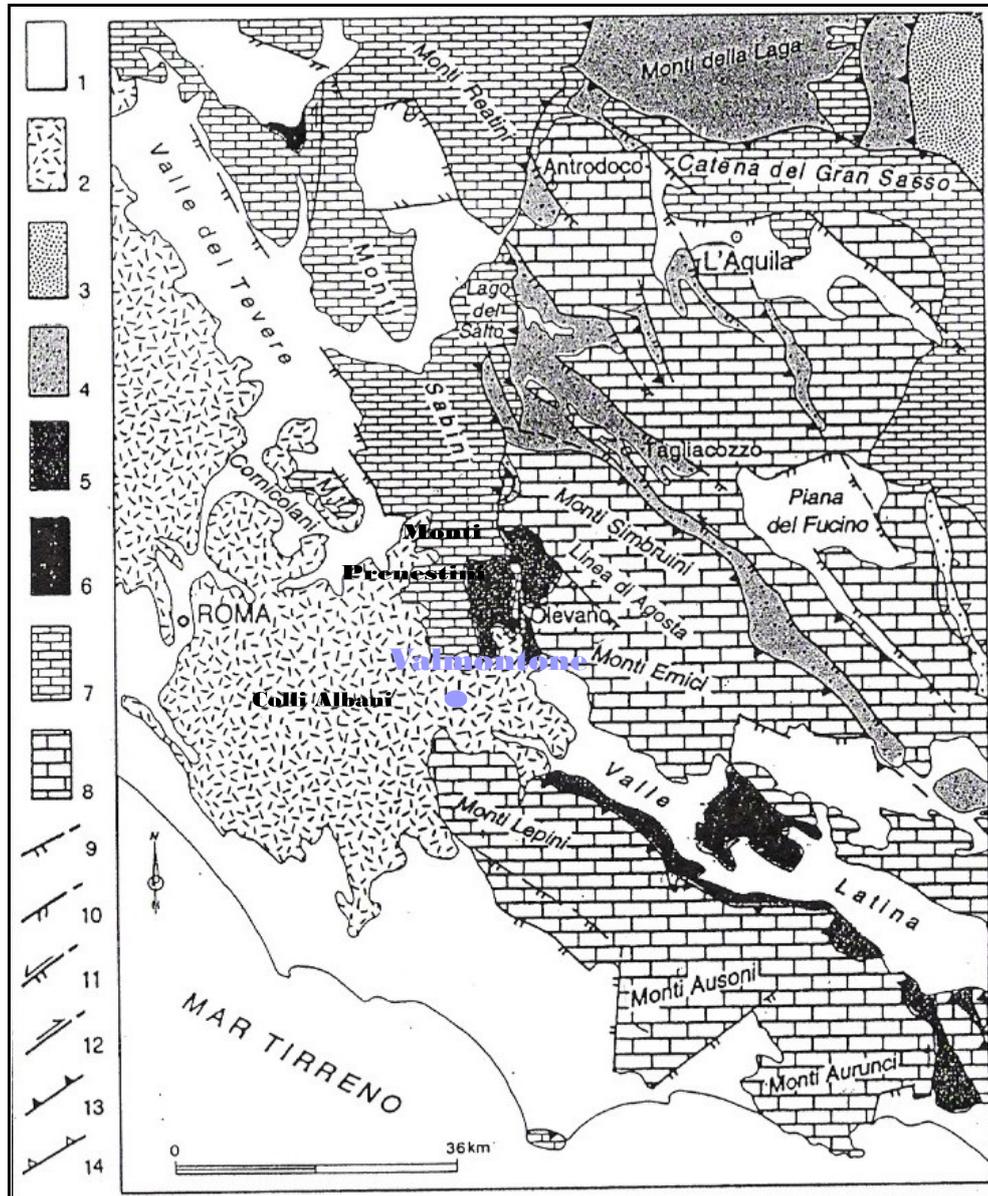


Figura 4.1.1: Schema geologico-strutturale: 1) Depositi marini e continentali del Plio-Pleistocene e coperture alluvionali recenti; 2) Vulcaniti (Pleistocene); 3-4-5-6) Depositi terrigeni sintettonici vari; 7) Successione stratigrafica in facies di transizione (Triassico sup. – Miocene inf.); 8) Successione stratigrafica in facies di piattaforma carbonatica (Triassico sup. – Miocene medio); 9) Faglia diretta; 10) Faglia trastensiva; 11) Faglia con cinematica complessa; 12) Faglia trascorrente; 13) Sovrascorrimento; 14) Retroscorrimento (da Salvini et alii, 1986).

Durante il Messiniano ed il Pleistocene inferiore una nuova fase compressiva a ver-

genza orientale interessa i Monti Prenestini generando accavallamenti verso E sulla piattaforma laziale-abruzzese e in direzione dei Monti della Laga. La fine di questo ciclo tettonico da inizio a movimenti di tipo trascorrente, mentre a partire dal Pliocene medio la fase tettonica distensiva provoca notevoli cambiamenti al panorama precedentemente descritto. La modifica del cinematismo, infatti, da luogo ad elementi tettonici diretti, spesso ricalcanti quelli già presenti, che favoriscono la risalita di ingenti masse di magma dando così origine all'intensa attività vulcanica dei distretti Vulsini, Sabatini e di Albano.

L'attività eruttiva del Vulcano Laziale ha origine circa 600.000 anni fa (intorno a 530.000 anni fa secondo alcune fonti radiometriche) e tutt'ora è considerata quiescente (De Rita et al, 1995). Essa può essere suddivisa in tre differenti cicli eruttivi, distinguibili in relazione alla tipologia di attività, modalità di messa in posto e caratteristiche dei depositi eruttati. La successione può essere sintetizzata come segue:

**FASE TUSCOLANO-ARTEMISIA (De Rita et al., 1988) o LITOSOMA VULCANO LAZIALE e TUSCOLANO-ARTEMISIA (Giordano et al., 2006)**

Tutti i depositi relativi a intervallo di tempo provengono dal vulcano-strato del Tuscolano-Artemisio che comprende quattro cicli eruttivi e la messa in posto di circa il 90% dei depositi eruttati (circa 283 km<sup>3</sup>). Si tratta di flussi piroclastici e subordinatamente di prodotti di ricaduta e colate laviche.

- **Primo ciclo del Tuscolano-Artemisio (0.7-0.5 Ma)**

L'unità è costituita da diverse sottounità le cui caratteristiche sono sintomatiche di una interazione acqua-magma. I depositi vulcanici corrispondenti non sono stati rinvenuti a Valmontone, né in affioramento, né attraverso dati di sondaggio.

- **Secondo ciclo del Tuscolano-Artemisio (0.5-0.4 Ma)**

L'unità in esame è caratterizzata da un flusso piroclastico ("Pozzolane Rosse" di Fornaseri et al., 1963) con un livello basale di ricaduta ("Paleosuolo C", Fornaseri et al., 1963) costituito da scorie e lapilli (settore sud-occidentale del vulcano). La colata piroclastica si presenta massiva e sciolta con una matrice cineritica rossiccia in cui sono immerse scorie rosse, litici, cristalli di leucite e pirosseni.

- **Terzo ciclo del Tuscolano-Artemisio (0.4-0.38 Ma)**

Tale flusso piroclastico del Tuscolano-Artemisio ("Pozzolane Nere", Fornaseri et al., 1963) presenta alla base un livello di ricaduta di scorie e lapilli, che lo separa dai prodotti del II ciclo ("Paleosuolo D", Fornaseri et al., 1963). L'unità si presenta sciolta e massiva con una matrice cineritica di colore nerastro contenente scorie nere, litici di natura sedimentaria, frammenti di lava, cristalli di pirosseni e scarsi cristalli di leucite. Lo spessore è

estremamente variabile da 1 m a sud della città di Roma fino a 20 m nel settore orientale.

- **Quarto ciclo del Tuscolano-Artemisio (0.38 Ma).**

Si tratta dell' "Unità eruttiva di Villa Senni" (Fornaseri et al., 1963), che comprende due membri:

- **Unità di flusso piroclastico inferiore (LFU)**, ("Tufo lionato", Fornaseri et al., 1963) con alla base un deposito da *surge* di spessore variabile ed un paleosuolo di passaggio alle sottostanti Pozzolane nere. Il Tufo lionato è caratterizzato da una matrice cineritica di colore fulvo, all'interno della quale sono immerse scorie vescicolate grigie o nere di varie dimensioni, pomici giallastre, cristalli di leucite e pirosseni. La frazione vitrificata nella matrice è di solito composta dai minerali appartenenti alla famiglia delle zeoliti (di seconda generazione), responsabili dell'aspetto litoide del deposito.
- **l'unità di flusso piroclastico superiore (UFU)**, ha un aspetto assai variabile, da sciolto ("Pozzolanelle", Fornaseri et al., 1963) a consolidato ("tufo di Villa Senni", Fornaseri et al., 1963). In essa sono riconoscibili clasti di litici di dimensioni variabili, scorie di colore nerastro e/o violaceo immersi in una matrice cineritica ricca in cristalli. Presenza abbondante di cristalli di pirosseni e leucite non alterata con abito ben definito.

La transizione tra le unità è definita da un rapido cambiamento nelle caratteristiche tessiturali e nella percentuale dei componenti. La messa in posto della quarta unità di flusso piroclastico causa il collasso della caldera e la fine del ciclo Tuscolano-Artemisio.

**FASE DELLE FAETE O DEI CAMPI DI ANNIBALE (De Rita et al., 1988) o LITOSOMA FAETE (Giordano et al., 2006)**

A seguito del collasso della caldera ed allo sviluppo di un'attività sin-post calderica di tipo stromboliano, all'interno dell' area collassata si forma un nuovo edificio (detto delle Faete) di dimensioni minori rispetto a quello del Tuscolano-Artemisio e contraddistinto da colate piroclastiche eruttate da bocche differenti come la "Colata di Capo di Bove" e la "Colata dei Campi di Annibale". L'attività prevalente è di tipo stromboliano con la messa in posto di effusioni laviche di ingenti dimensioni soprattutto nell'ultimo periodo di attività.

In particolare, tra i livelli scoriacei si rinviene un deposito di flusso piroclastico ("Campi di Annibale") che affiora unicamente all'interno del cratere del lago di Nemi.

L'attività delle Faete termina con il collasso della caldera, al quale segue la formazione della caldera dei Campi di Annibale sul cui orlo si sviluppano i coni di scorie di Colliano e Monte Calvo.

**FASE IDROMAGMATICA (De Rita et al., 1988) o LITOSOMA VIA DEI LAGHI (Giordano et al., 2006)**

Si tratta della attività eruttiva più recente dei Colli Albani, rappresentata da esplosioni idromagmatiche sviluppatasi in diversi crateri localizzati soprattutto nel settore occidentale e, subordinatamente, in quello settentrionale. In dettaglio i centri eruttivi di Pantano Secco, Prata Porci, Valle Marciana e Castiglione presentano piccoli crateri monogenici, mentre nel settore occidentale i centri di Ariccia, Nemi, Giuturna e Albano mostrano un'attività poligenica caratterizzata da più crateri coalescenti allineati lungo le fratture regionali (N-S e NW-SE). L'ultima attività del vulcano dei Colli Albani, è stata datata da attraverso il metodo della termoluminescenza e sembra risalire a 0,019 Ma (Triglia, 1995), anche se secondo ulteriori studi stimano un periodo finale di 7,5 Ka (Villa et al., 1999).

Al fine di rappresentare una sintesi delle differenti fasi e dei vari prodotti eruttati dal distretto vulcanico dei Colli Albani di seguito è riportata (Figura 4.1.2) una rappresentazione schematica della colonna stratigrafica di riferimento.

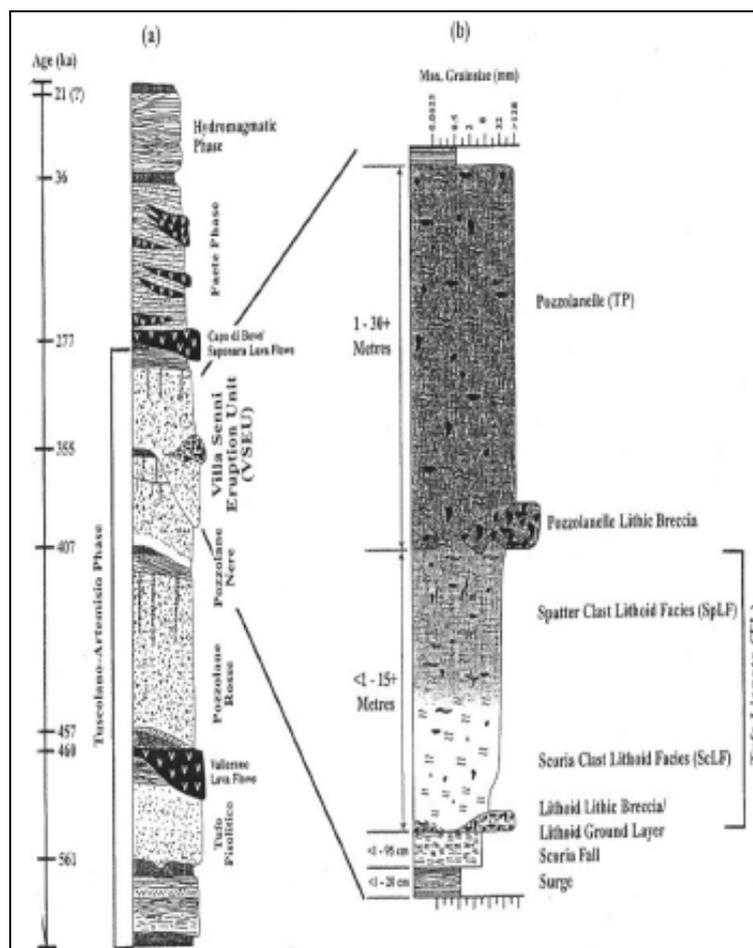


Figura 4.1.2: Stratigrafia schematica dell'attività vulcanica dei Colli Albani (Kamer et al.,

2001).

#### **4.2 - ASSETTO GEOLOGICO LOCALE**

Nell'ambito del presente lavoro e al fine di comprendere la distribuzione delle differenti tipologie di depositi vulcanici nel territorio comunale (circa 41 km<sup>2</sup>) è stato condotto uno studio di dettaglio consistito in:

- acquisizione e consultazione delle cartografie ufficiali;
- reperimento dei dati e degli elaborati tematici disponibili presso gli archivi;
- esecuzione di mirati approfondimenti di campo allo scopo di validare le informazioni conseguite e di rilevare le porzioni di territorio non coperte da cartografia geologica.

Tutti gli approfondimenti realizzati hanno definito un modello geologico e geologico-tecnico di riferimento, esaustivo per quello che concerne gli assetti stratigrafici locali, i rapporti tra le diverse unità riconosciute e la distribuzione spaziale dei corpi geologici riconosciuti.

Di seguito viene proposta una descrizione dettagliata dalle varie unità geologiche individuate, illustrata a partire dai termini più antichi.

##### **1. Unità eruttiva delle Pozzolane rosse (0,5-0,4 Ma)**

Nell'area di Valmontone, il litotipo vulcanico basale e non affiorante è quello delle Pozzolane Rosse (Fornaseri et al., 1963). Essa è costituita da una colata piroclastica del II ciclo del T.A., massiva o sciolta con una matrice cinerifica rossiccia in cui sono immerse scorie rosse, litici, cristalli di leucite e pirosseni, nell'area oggetto di studio non è noto lo spessore massimo, in quanto non si hanno a disposizione dati di sondaggi che ne raggiungano la base; lo spessore massimo ipotizzato, comunque, è pari a circa 15÷20 metri.

##### **2. Unità eruttiva delle Pozzolane nere (0,4-0,38 Ma)**

Trattasi di un deposito di flusso costituito da scorie grigio-nerastre, litici lavici e sedimentari; inoltre, nella porzione superiore del deposito, vi sono delle strutture di degassamento ("pipes"), mentre nella zona centrale si rinviene la presenza di litici. Le caratteristiche di tali depositi sono quelle tipiche delle pozzolane scoriacee.

Nell'area di studio le Pozzolane Nere sono presenti nei settori basali degli allineamenti idrici di Valle di Ninfa e Valle Signori (settore NW), Valle la Cacciata e Valle dei Preti (settore meridionale), in limitati affioramenti rinvenibili nelle porzioni orientali del territorio comunale e nel basso versante dei rilievi del centro urbano; gli spessori sono abbastanza consistenti e pari a circa 15-20 metri.



Figura 4.2.1: Pozzolane nere (Località "Valle di Ninfa").

**3. Unità eruttiva di Villa Senni (membro del Tufo lionato e membro delle Pozzolanelle) (0,38 Ma)**

Tale unità comprende due membri, uno inferiore, corrispondente al Tufo Lionato, ed uno superiore, corrispondente alle Pozzolanelle.

Nell'area oggetto di studio è il Tufo Lionato quello più rappresentato; esso è costituito da una piroclastite scoriacea cementata, avente una matrice fortemente zeolitizzata, devetrificata e contenente scorie vescicolate, il cui colore originario, nero ed opaco, è divenuto rosso o giallastro in conseguenza diretta dell'alterazione. Si riconosce la presenza di cristalli e fenocristalli di leucite (a tratti analcimizzata), pirosseni, xenocristalli sia di natura vulcanica che di natura sedimentaria. Alla base del deposito è evidente un livello da *surge* dello spessore di 30÷40 cm con una tipica colorazione grigiastra. Il Tufo Lionato è diffuso uniformemente in tutto il territorio comunale, soprattutto in corrispondenza degli allineamenti idrici ed in corrispondenza della porzione medio-alta dei versanti; lo spessore medio è prossimo a 25-30 metri.

Le Pozzolanelle presentano una tipica colorazione marrone-rossastra ed una grande abbondanza di cristalli di leucite ben conservati con il tipico abito euedrale, le cui dimensioni raggiungono anche il centimetro, pirosseni e miche. Lo spessore non supera 4÷5 m ed anche la loro estensione risulta assai limitata.



Figura 4.2.2: *Membro delle Pozzolanelle (Località "Colle S. Angelo").*

#### **4. Unità di Madonna degli Angeli**

Essa è caratterizzata da più unità eruttive di ricaduta che per semplicità sono state riunite in un'unica successione. I depositi sono sciolti, con una matrice cineritica rossastra, contenente lapilli, ceneri e frammenti di biotite e pirosseni. A causa dell'esposizione agli agenti atmosferici tale successione si presenta debolmente argillificata e raggiunge, nell'area oggetto di studio, uno spessore massimo di circa 25m. In alcuni casi, all'interno di tale successione si rinvengono lenti laviche, fortemente alterate e fratturate, alla cui base è possibile notare dei livelli di cottura legati all'elevata temperatura.



Figura 4.2.3: *Unità di Madonna degli Angeli con all'interno lenti di lava (Località "Colle Quadri").*

I termini di tale unità rappresentano il deposito maggiormente esteso dal punto di vista areale e risultano affioranti e/o sub-affioranti in corrispondenza del settore sommitale di tutte le dorsali e i rilievi caratterizzanti il territorio comunale di Valmontone. Lo spessore stimato è compreso nell'intervallo 20-30 m.

#### **5. Alluvioni**

Tali sedimenti sono ampiamente rappresentati nel territorio comunale a causa della presenza di numerosi corsi d'acqua. Il litotipo di riferimento è rappresentato da depositi rimaneggiati di natura vulcanica raggiungenti uno spessore massimo di 20÷40 metri circa, che hanno subito trasporto da parte di corsi d'acqua. Si tratta di limi, limi sabbiosi e sabbie limose di colore marrone e marrone-ocraceo con inclusi lapidei da sub-angolari a sub-arrotondati di natura vulcanica (pirosseni, elementi scoriacei, pomice e bombe) e sedimentaria. Presenza di livelli ghiaioso-ciottolosi sub-arrotondati immersi in matrice limoso-sabbiosa.

In relazione a quanto descritto si evince che i depositi prevalenti nel territorio comunale di Valmontone sono rappresentati da piroclastiti da flusso, che durante il loro movimento hanno eroso la superficie e, subordinatamente, da prodotti piroclastici da ricaduta, che obliterano la superficie topografica originaria.

In dettaglio l'unità eruttiva delle Pozzolane Nere ha raggiunto e superato il territorio comunale di Valmontone, andando a colmare le paleovalle e depositandosi con una giacitura sub-orizzontale. Dopo una breve stasi dell'attività vulcanica, messa in evidenza dalla presenza di paleosuoli, si ha una nuova fase eruttiva che determina la messa in posto dell'unità di Villa Senni (Tufo Lionato e Pozzolanelle) e il nuovo riempimento delle paleovalle, per lo più dal Tufo Lionato. L'assenza di un paleosuolo tra le Pozzolanelle ed il Tufo Lionato mette in evidenza che la loro deposizione deve essere stata separata da un breve lasso di tempo. L'unità di Madonna degli Angeli è il deposito vulcanico più recente che ammantava tutta l'area di studio ed in parte oblitera le sottostanti unità eruttive.

La distribuzione dei prodotti vulcanici nel territorio comunale non risulta omogenea soprattutto a causa della condizione morfologica del paesaggio molto più dolce nel settore orientale e più acclive ed articolata in quello occidentale.

Infine, la maggior parte degli allineamenti idrici si manifesta attraverso l'affioramento e/o il sub-affioramento di depositi alluvionali connessi con il trasporto, l'alterazione e la deposizione dei materiali erosi dai corsi d'acqua.

## 5 - INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

L'aspetto geomorfologico locale ricopre un ruolo fondamentale per quello che concerne la MS e, nello specifico, per la risposta sismica locale.

La morfologia dell'area albana è da ricollegarsi alla storia eruttiva del Vulcano Laziale e all'azione degli agenti esogeni, quali le acque di scorrimento superficiale e la gravità, nonché all'attività antropica che ha influenzato ed influenza notevolmente l'attuale assetto del territorio.



In linea generale l'attività vulcanica albana ha livellato e obliterato in parte o in toto la morfologia pre-vulcanica; infatti la messa in posto dei depositi ha in genere seguito l'andamento dei paleovalvei, colmandoli, almeno in parte, e ha definito la locale deviazioni dei corsi d'acqua dal loro tragitto originario. Il paesaggio che ne consegue è quindi composto da forme relitte pre-eruzione, evidenze vulcaniche e situazioni successive, sovrainposte alle precedenti connesse in prevalenza con l'azione erosiva degli agenti esogeni. Lo scenario geomorfologico del circondario dei Colli Albani è contraddistinto da evidenti forme vulcaniche che differiscono in forma, tipologia e origine. Tali morfologie

sono rappresentative e caratteristiche di ognuna delle fasi eruttive sintetizzate in precedenza; in esse è possibile individuare peculiari informazioni morfologiche che spesso risultano parzialmente obliterare o modificate in base allo stato di conservazione o di frequente sono fortemente condizionate dalle fasi eruttive succedutesi nel tempo e dall'azione erosiva degli agenti esogeni.

L'assetto morfologico ad ampia scala si manifesta attraverso forme positive rappresentate dai coni di scorie e da forme negative evidenziate da depressioni sub-circolari.

Da una osservazione dettagliata del territorio emerge quindi che soprattutto i *crateri* e le *caldere* sono le forme vulcaniche che influenzano maggiormente la morfologia dell'area albana.

Le **forme negative**, infatti, sono tutte ben conservate con bordo craterico definito e forma praticamente invariata dal momento del collasso calderico. Un esame generale del Vulcano Laziale evidenzia una struttura calderica principale riferibile alla fase Tuscolano-Artemisia al cui interno è possibile individuare depressioni circolari secondarie relative a centri di emissione secondarie. Questi crateri sono dei *maar* connessi con gli ultimi cicli eruttivi e mostrano la classica forma di un edificio vulcanico ormai svuotato che molto spesso nascondono veri e propri inghiottitoi. Le depressioni di maggiore importanza sono quelle di Albano e Nemi (attualmente occupate dagli omonimi laghi), la valle di Ariccia (anch'essa con bordo craterico ben definito), la Valle di Castiglione, la Valle Marciana, Giuturna, la depressione con ristagno idrico di Giulianello, Pantano Secco e Grata Porci. Le forme più piccole, considerate dei veri e propri crateri, si rinvengono soprattutto nel settore nord-occidentale del complesso vulcanico; le più importanti sono la Valle di Castiglione e la Valle Marciana (ad ovest di Grottaferrata). A sud-est si ritrova un'altra depressione con una forma rettangolare o ellittica, che ospitante un inghiottitoio, contiene il piccolo lago di Giulianello profondo 10 m e avente un'area di 0.121 km<sup>2</sup>.

Le **forme positive** (coni di scorie) sono abbondanti lungo il settore settentrionale del complesso vulcanico ed ospitano importanti nuclei insediati quali Monte Porzio Catone, Monte Compatri, Rocca Priora, Colonna; tali forme si trovano anche nella zona meridionale esterna al recinto vicino l'area dei laghi di Albano e Nemi. In questa zona i coni di Colle Tondo, Monte Pennolo, Colle delle Vacche e Monte Fiore sono rilevati, isolati e quindi facili da localizzare. Sull'orlo del muro, dalla parte interna, le scorie assumono forma conica come a Colle Iano (a Nord) e Monte Cavo (a Ovest); mentre Monte Vescovo nasce al centro della caldera.

Ciò che resta dell'apparato Tuscolano-Artemisio è una struttura a forma di ferro di

cavallo, non completa nel settore SSW e con un'altezza massima di 921 m s.l.m. L'edificio delle Faete, al contrario, è notevolmente più piccolo e meglio conservato e raggiunge un raggio massimo di circa 2 km e una quota di 956 m s.l.m. In questo edificio si riconosce una depressione (Atrio della Molara) posta all'interno delle cime più elevate che mostra una forma anulare e una morfologia pseudo pianeggiante con quote medie nell'ordine di circa 650 m s.l.m.

Dal punto di vista morfoevolutivo, appare opportuno segnalare i *processi di denudazione*, che risultano attivi e di notevole importanza in questa zona. Essi sono legati principalmente alle acque di scorrimento superficiale e alla gravità, la cui azione morfogenetica è fortemente condizionata dalle differenti litologie vulcaniche e dalle caratteristiche tettoniche dell'area.

I *processi legati alla gravità* si trovano principalmente dove il versante è molto acclive e dove affiorano litologie a differente erodibilità; i processi tipici sono rappresentati da *debris fall* e *rock fall* che localmente possono trasformarsi in vere e proprie frane

I *processi legati alle acque di scorrimento superficiale* sono presenti nella parte dei versanti dove le litologie affioranti sono più facilmente erodibili e dove la vegetazione è più rada.

In aggiunta si sottolinea l'azione erosiva e destabilizzante operata dalle *acque incanalate*. Le forme che derivano da questo processo sono evidenti in tutta l'area e consistono in valli di genesi differentemente, spesso controllate e ricalcanti pregressi allineamenti tettonici e forme strutturali e influenzate dal microclima notevolmente variabile con l'altitudine.

I depositi litificati di flusso piroclastico spesso originano scarpate alte e ripide; quelli piroclastici scoriacei originano, invece, scarpate ad ampio raggio, dolci e poco acclivi.

L'ultimo fattore che ha modificato il paesaggio in modo assai sensibile è *l'attività antropica*. Le cave, sia attive che inattive già dai tempi dei Romani, e l'espansione urbanistica dell'ultimo secolo hanno influenzato in maniera evidente l'area dei Colli Albani.

### **5.1 - ASSETTO GEOMORFOLOGICO LOCALE**

L'assetto geomorfologico dell'area di Valmontone è stato ricostruito attraverso il confronto e l'integrazione delle informazioni derivanti sia dai dati reperiti (studi di dettaglio e cartografie ufficiali), sia dal rilevamento di campagna che dalla fotointerpretazione.

Nell'analisi geomorfologica si è tenuto conto degli elementi *topografici* e *idrografici*, costituenti la base di riferimento:

- i dati **morfometrici** sono stati ricavati direttamente dall'analisi delle isoipse della base aerofotogrammetrica (per alcune forme è stata prevista una distinzione basata su criteri morfometrici, come nel caso delle scarpate di altezza differente);
- le informazioni **litologiche** sono state ottenute mediante la distinzione dei differenti litotipi e delle loro caratteristiche tessiturali e composizionali in genere; inoltre si è tenuto conto del loro grado di resistenza ai processi di degradazione ed erosione;
- i dati **morfogenetici** hanno tenuto in considerazione i processi che determinano il modellamento e l'evoluzione del rilievo.

Le forme riconosciute sono state distinte in:

### FORME STRUTTURALI

Per quel che riguarda le **forme strutturali**, la principale evidenza è quella delle **superfici strutturali**. Queste superfici rappresentano l'elemento geomorfologico più facilmente visibile, in quanto occupano la sommità di una serie di dorsali il cui *top* è ricoperto dai depositi vulcanici appartenenti all'unità di Madonna degli Angeli, aventi disposizione sub-orizzontale e con pendenze massime di 7÷9%.

Esse sono bordate da **scarpate poligeniche** originatesi a seguito dell'erosione operata dai corsi d'acqua e suddivisibili in due classi: 10÷20 e >20 m di altezza. Il settore centrale dell'area e quello ad occidentale sono caratterizzati da pendii più pronunciati e ad elevata pendenza a causa della presenza di litotipi molto competenti ed a minore grado di erodibilità, quali la Pozzolana Nera ed il Tufo Lionato. Le porzioni orientali al contrario evidenziano scarpate meno aspre e persistenti con altezze spesso inferiori ai 10 metri.

Dalla descrizione fatta si evince che il paesaggio collinare è alternato alle incisioni vallive; esso in origine era un *plateau* vulcanico unico a giacitura sub-orizzontale, che, a seguito all'impostarsi del reticolo idrografico attuale, si mostra smembrato in altopiani e dorsali a superficie sommitale circa piatta. Tali elementi raggiungono quote massime di circa 390 m s.l.m. (Colle Quadri), mentre il centro storico di Valmontone sorge in corrispondenza di un rilievo con quota massima pari a 301.5 m s.l.m.

Nello specifico l'assetto morfologico generale si manifesta attraverso un decremento delle quote massime procedendo da NW verso SE di circa 10 metri ogni chilometro. Infatti si passa dai 370 metri s.l.m. in prossimità del confine con Palestrina (Colle del Rapioglio) a 250 metri s.l.m. circa in prossimità di Colleferro (Colle Sacco, Colle S. Ilario).

In base a ciò è possibile suddividere il territorio comunale attraverso due assetti geomorfologici differenti, evidenziabili dalle figure di seguito riportate.

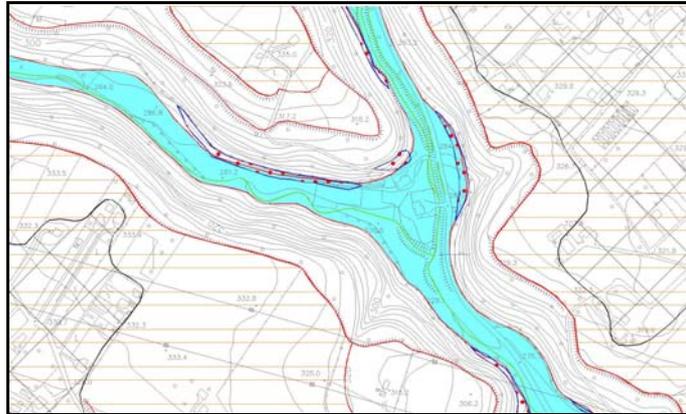


Figura 5.1.1: Dettaglio del settore centro-settentrionale (Località "Acqua di Maggio").

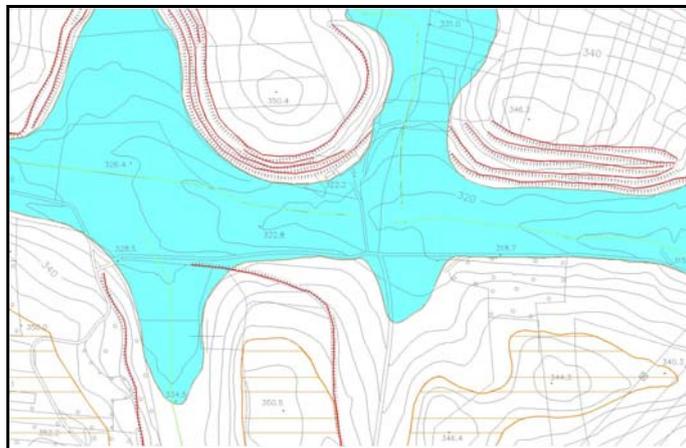


Figura 5.1.2: Dettaglio del settore orientale (Località "Valle Carbone").

#### FORME, PROCESSI E DEPOSITI PER ACQUE CORRENTI SUPERFICIALI:

Le forme predominanti nel territorio sono quelle legate alle acque correnti superficiali quali *solchi in approfondimento*, *alvei con tendenza all' approfondimento*, *depositi alluvionali* e *conoidi alluvionali*.

La maggior parte dei corsi d'acqua sono a carattere torrentizio e scorrono da NW verso SE, in direzione del Fiume Sacco. Nel settore nord-occidentale i corsi d'acqua sono caratterizzati da valli asimmetriche tipicamente a V, profonde, strette e con sponde subverticali che, in alcuni tratti, reincidono i depositi fluviali stessi. Nel settore centrale gli alvei sono in erosione e contraddistinti da sponde costituite da Tufo Lionato e Pozzolane Nere. Nei settori orientali e sud-orientali le sponde sono meno acclivi, le valli si ampliano notevolmente ed assumono una morfologia piatta con andamento asimmetrico più marcato ed evidente che nel tratto di monte.

Le *conoidi alluvionali* o di *deiezione* sono inattive e poco distinguibili sia in campagna che dalle foto aeree. Si tratta di materiali di disaggregazione delle pareti rocciose di

monte con superfici poco inclinate e apici difficilmente visibili.

#### FORME, PROCESSI E DEPOSITI GRAVITATIVI DI VERSANTE:

I fenomeni gravitativi più diffusi nel territorio comunale di Valmontone, sono i ***crolli*** ed i ***ribaltamenti***. Essi coinvolgono indistintamente sia il Tufo Lionato che le Pozzolane Nere e sono da ricollegarsi allo stato di fratturazione del materiale e all'alterazione. Le evidenze macroscopiche sono rappresentate dall'accumulo di blocchi che, disponendosi lungo il piede del versante (figura 5.1.3), creano ampie fasce di detrito. Si tratta di elementi di materiale di dimensioni variabili, da qualche decina di centimetri fino a 3÷4 metri di diametro circa, immersi in rara matrice cineritico-lapillosa.

I fenomeni franosi sono spesso presenti in prossimità delle vie di comunicazione come nel caso della strada statale SS6 Casilina.

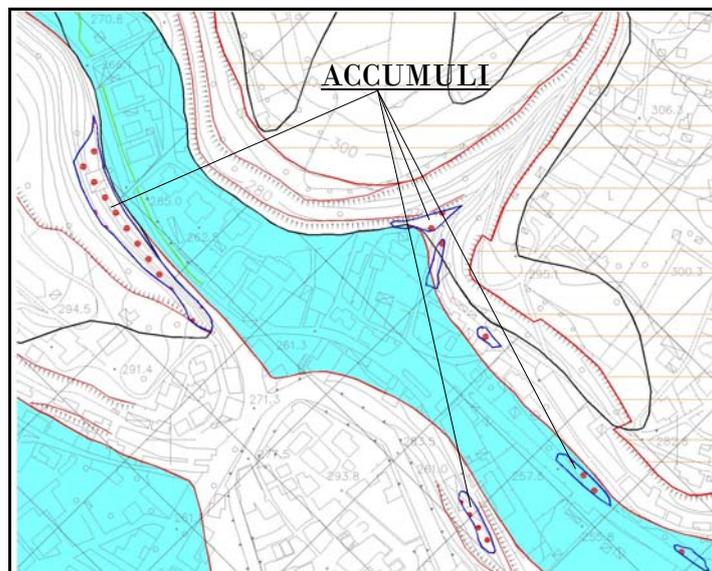


Figura 5.1.3: Dettaglio degli accumuli da crollo (Località "Valle della Ninfa").

#### FORME ANTROPICHE

Tali aree risultano ubicate in prossimità delle superfici circa orizzontali tipo *plateau*, costituenti la parte alta delle dorsali vulcaniche (superfici strutturali) ed interessate dalle opere di infrastrutturazione ed espansione di Valmontone. In linea generale tutta l'area comunale risulta caratterizzata da forme dovute all'azione antropica con particolare riferimento al nucleo insediato, agli allineamenti delle vie di comunicazione e alle zone orientali (zona Outlet e Parco divertimenti); anche le zone alluvionali, ai piedi delle dorsali, risultano spesso in via di urbanizzazione.

## 6 - DATI GEOTECNICI E GEOFISICI

### 6.1 - CARATTERISTICHE GEOTECNICHE

La ricostruzione dello scenario geotecnico di riferimento è stata condotta a partire dalla conoscenza del territorio e dai dati reperiti nel corso dello studio, opportunamente filtrati e reinterpretati in funzione del contesto geologico locale. Le informazioni sono state riportate all'interno del *database.xls* Tabella parametri puntuali, analizzate da un punto di vista statistico e confrontate con dati bibliografici inerenti alle caratteristiche meccaniche delle rocce e terre tipiche del vulcanismo albano. Ciò ha permesso di ottenere un quadro analitico di riferimento mediante il quale ogni unità litostratigrafica è stata discretizzata tramite parametri di stato, caratteristiche fisico-meccaniche e sismiche.

In dettaglio sono state consultate n° 38 stratigrafie di sondaggio, analisi e prove di laboratorio eseguite su n° 14 campioni indisturbati di terreno, n° 46 prove penetrometriche dinamiche continue del tipo DPH e n° 1 prova penetrometrica statica del tipo CPT. Durante tale fasi è stato analizzato con cura lo studio condotto dal CERI nel luglio 2006<sup>1</sup>, comprendente le indagini ITALFER, con particolare riguardo alle caratterizzazioni geotecniche proposte ed alle specifiche analisi realizzate. Ciò si è reso necessario a causa della carenza di dati geotecnici e geofisici a livello comunale che ha definito la presenza di areali totalmente scoperti dal punto di vista geognostico. In corrispondenza di tali settori sono state eseguite mirate indagini di campagna, consistenti in prove speditive di sito sui fronti di scavo presenti mediante *pocket penetrometer*, *pocket scissometer* e *Schmidt hammer* secondo le "Raccomandazioni ISRM"<sup>2</sup>.

In relazione alle caratteristiche macroscopiche proprie dei depositi riconosciuti nel circondario di Valmontone si è deciso di suddividere i litotipi in due macro unità:

- ROCCE TENERE
- TERRE

---

<sup>1</sup> "Convenzione quadro per la definizione dei caratteri geologici, idrogeologici e di risposta sismica locale dei terreni del Comune di Valmontone" CERI, luglio 2006; cfr. Cartella "Documenti" – 139.pdf.

<sup>2</sup> Metodologie per la descrizione quantitativa delle discontinuità nelle masse rocciose - Prove di indice manuale per rocce e terreni coesivi (ad es. argille, argille limose e miscele di limi e argille con sabbia) secondo le "Raccomandazioni ISRM". Rivista Italiana di Geotecnica. Vol. 2, 1993.

In relazione ai valori specifici di resistenza a compressione uniassiale delle rocce piroclastiche presenti nel territorio in esame i campi d'appartenenza delle due classi sono legati al valore di 1.2 MPa (limite superiore secondo Geological Society of London (1970).

Inoltre, in ambito vulcanologico, i terreni di natura vulcanica vengono descritti da un punto di vista granulometrico, tramite il diagramma triangolare di Fisher, il quale prende in considerazione le dimensioni dei granuli presenti: bombe e blocchi (>64 mm), lapilli e pomici (64-2 mm), cenere (< 2mm).

Per quello che concerne le informazioni di carattere geofisico sono stati analizzati n° 1 indagine Down Hole, n° 2 indagini Cross Hole, n° 2 stendimenti di sismica a rifrazione e n° 2 indagini MASW.

Di seguito viene fornita la descrizione dettagliata delle unità geologiche individuate nella Carta geologico-tecnica con elementi geomorfologici e sezioni geologico-tecniche (cfr. elaborato MS11002) corrispondenti ad altrettante unità litotecniche e corredate dai parametri di riferimento.

#### ROCCE TENERE

##### TUFO LIONATO

Deposito piroclastico massivo e litoide a seguito di processi di zeolitizzazione, di colore da marrone-rossastro a giallo costituito da matrice cineritico-lapillosa prevalente con presenza abbondante di fenocristalli analcimizzati di leucite bianca, pirosseni scuri e xenocristalli di natura vulcanica e sedimentaria. Si riscontrano bombe e lapilli di colore bruno e rossastro e scorie policrome. A luoghi il materiale si presenta meno consistente a causa di processi di saldatura/zeolitizzazione poco spinti. Tale membro rappresenta la porzione inferiore dell'Unità eruttiva di Villa Senni. (*Pleistocene medio*)

Peso dell'unità di volume	$1.65 \leq \gamma \leq 1.75$	g/cm <sup>3</sup>
Angolo di attrito interno	$36^\circ \leq \phi' \leq 42^\circ$	
Resistenza a compressione	$5.0 \leq R \leq 70.0$	kg/cm <sup>2</sup>
Velocità onde S	$500 \leq V_s \leq 650$	m/s

##### POZZOLANE NERE

Deposito massivo di natura piroclastica a tessitura variabile da granosostenuta a matrice sostenuta, di colore nero, marrone e localmente rossastro. Gli affioramenti mo-

---

strano la presenza di clasti (dai lapilli alle bombe) e cristalli (clinopiroseni, leucite e miche) immersi nella matrice cineritico-lapillosa. A più livelli si rinvengono orizzonti e/o lenti centimetriche di cineriti a comportamento semilitoide, mentre nella porzione bassa del deposito sono presenti lapilli scoriacei poco cementati. L'unità è riconducibile ad un ingente episodio ignimbrico della fase Tuscolano-Artemisia. (*Pleistocene medio*)

I dati inerenti ai parametri fisici ed alle prove di laboratorio eseguite su tale litotipo fanno riferimento a quattro sondaggi ubicati nel territorio comunale di Valmontone. Per ciò che concerne la granulometria del materiale essa risulta variabile, in linea generale è classificabile come un materiale granulare grossolano, in cui è predominante la granulometria delle ghiaie e delle sabbie.

Peso dell'unità di volume	$1.55 \leq \gamma \leq 1.65$	g/cm <sup>3</sup>
Coesione drenata	$0.00 \leq c' \leq 0.30$	kg/cm <sup>2</sup>
Angolo di attrito interno	$34^\circ \leq \phi' \leq 42^\circ$	
Resistenza a compressione	$0.6 \leq R \leq 20.0$	kg/cm <sup>2</sup>
Velocità onde S	$600 \leq V_s \leq 800$	m/s

#### TERRE

##### RIPORTI

Depositi di genesi antropica connessi con l'accumulo di materiali costituiti da miscele variabili di limo e sabbie con presenza abbondante di clasti poligenici (laterizi, cocci, materiali da costruzione e inclusi di origine vulcanica). (*Attuale*)

Peso dell'unità di volume	$1.75 \leq \gamma \leq 1.85$	g/cm <sup>3</sup>
Coesione drenata	$0.00 \leq c' \leq 0.20$	kg/cm <sup>2</sup>
Coesione non drenata	$0.20 \leq c_u \leq 0.50$	kg/cm <sup>2</sup>
Angolo di attrito interno	$18^\circ \leq \phi' \leq 24^\circ$	

##### ALLUVIONI

Depositi rimaneggiati di natura vulcanica che hanno subito trasporto da parte di corsi d'acqua. Si tratta di limi, limi sabbiosi e sabbie limose di colore marrone e marrone-ocraceo con inclusi lapidei da sub-angolari a sub-arrotondati di natura vulcanica (piroseni, elementi scoriacei, pomici e bombe) e sedimentaria. Presenza di livelli ghiaiosociottolosi sub-arrotondati immersi in matrice limoso-sabbiosa. (*Olocene*).

Peso dell'unità di volume	$1.75 \leq \gamma \leq 1.80$	g/cm <sup>3</sup>
Coesione drenata	$0.05 \leq c' \leq 0.20$	kg/cm <sup>2</sup>
Coesione non drenata	$0.20 \leq c_u \leq 0.70$	kg/cm <sup>2</sup>
Angolo di attrito interno	$20^\circ \leq \phi' \leq 26^\circ$	
Velocità onde S	$200 \leq V_s \leq 350$	m/s

#### UNITÀ DI MADONNA DEGLI ANGELI

Depositi scoriacei a struttura afirica con elementi di dimensioni variabili dai lapilli, alle ceneri fino alle bombe (piuttosto limitate in frequenza); locale struttura porfirica con presenza di fenocristalli di leucite immersi in matrice di colore giallastra e marrone-ocracea. Il deposito presenta una colorazione variabile dal marrone al grigio al giallastro e gradazione diretta. (*Pleistocene medio*).

Peso dell'unità di volume	$1.55 \leq \gamma \leq 1.70$	g/cm <sup>3</sup>
Coesione drenata	$0.05 \leq c' \leq 0.20$	kg/cm <sup>2</sup>
Coesione non drenata	$0.10 \leq c_u \leq 0.50$	kg/cm <sup>2</sup>
Angolo di attrito interno	$24^\circ \leq \phi' \leq 35^\circ$	
Velocità onde S	$200 \leq V_s \leq 350$	m/s

#### POZZOLANELLE

Colate piroclastiche da massive a incoerenti/sciolte (pozzolane) di colore marrone-ocraceo. Matrice cineritica prevalente o a luoghi lapillosa con numerosi fenocristalli di leucite bianca, clinopirosseno e rare biotiti. Presenza di lapilli e blocchi lavici di aspetto litoide. Tale membro rappresenta la porzione superiore dell'Unità eruttiva di Villa Senni. (*Pleistocene medio*).

In relazione alla limitata estensione di tale deposito ed all'assenza di informazioni di dettaglio la seguente parametrizzazione è stata condotta unicamente su fonti bibliografiche e rappresenta un comportamento meccanico medio stimato e cautelativo.

Peso dell'unità di volume	$1.50 \leq \gamma \leq 1.65$	g/cm <sup>3</sup>
Coesione drenata	$0.05 \leq c' \leq 0.35$	kg/cm <sup>2</sup>
Angolo di attrito interno	$26^\circ \leq \phi' \leq 32^\circ$	

### 6.2 - ANALISI DELLE VIBRAZIONI AMBIENTALI

Nell'area esaminata sono state realizzate n° 107 misure di vibrazione ambientale allo scopo di:

- ottenere indicazioni in merito alla presenza di marcati contrasti d'impedenza nel sottosuolo;
- misurare le eventuali frequenze fondamentali di vibrazione ( $f_0$ ) dei depositi individuati dalle precedenti analisi;
- stimare lo spessore delle coperture sul substrato rigido e/o la velocità media di propagazione delle onde di taglio entro le coperture.

Per tali scopi si è utilizzata una singola stazione di misura costituita da tromometro triassiale digitale portatile del tipo TROMINO ZERO dotato di un sistema di acquisizione a 24 bit equivalenti.

Le misure sono state eseguite esclusivamente su terreno libero (escludendo mezzi artificiali quali asfalto o pavimentazioni), registrando il campo di vibrazioni ambientali per una durata totale di 16 o 20 minuti ed una frequenza di campionamento fissata in 128 sps.

I dati sono stati analizzati mediante la tecnica HVSR o di Nakamura (Nakamura, 2000; Sesame, 2005).

L'elaborazione delle tracce ha incluso le seguenti fasi:

- divisione delle registrazioni in finestre di ampiezza variabile (20 o 30s) in funzione della presenza di transienti distinti attraverso esame visivo della registrazione stessa;
- rimozione della deriva lineare eventualmente presente ed applicazione di un *tapering* del tipo coseno per una frazione pari al 5% della durata totale della finestra considerata;
- calcolo degli spettri delle tre componenti del segnale e lisciamiento mediante l'utilizzo di finestra mobile triangolare di estensione pari al 5% della frequenza centrale;
- calcolo dell'ampiezza spettrale della componente orizzontale come media quadratica delle due componenti orizzontali (N-S; E-W) e successivo calcolo del rapporto spettrale H/V per ciascuna finestra;
- calcolo della funzione HVSR quale media delle curve HVSR ottenute dalle singole finestre con il relativo intervallo di confidenza al 95%.

Al fine di verificare l'attendibilità delle funzioni HVSR ottenute e dei valori di  $f_0$  eventualmente osservabili, sono stati utilizzati i criteri fisico-statistici elaborati a seguito del progetto SESAME (Sesame, 2005); inoltre si è deciso di utilizzare la classificazione proposta da Albarello e Castellaro (2011) al fine di distinguere le elaborazioni ottenute sulla base di criteri più stringenti quali direzionalità ed eventuale presenza di rumore elettromagnetico. La classificazione ottenuta è sintetizzata nella tabella seguente.

Classe misura	Numero misure
A1	55
A2	13
B1	34
B2	3
C	2

Le misure sono state distribuite sul terreno in maniera tale da caratterizzare tutte le unità geologico-tecniche distinte sulla base del rilevamento di terreno e dall'analisi delle informazioni ottenute dall'esame dell'archivio comunale. In particolare tale distribuzione spaziale vede concentrate le misure in corrispondenza delle aree maggiormente urbanizzate o destinate a future infrastrutturazioni ed una minore densità di misure in corrispon-

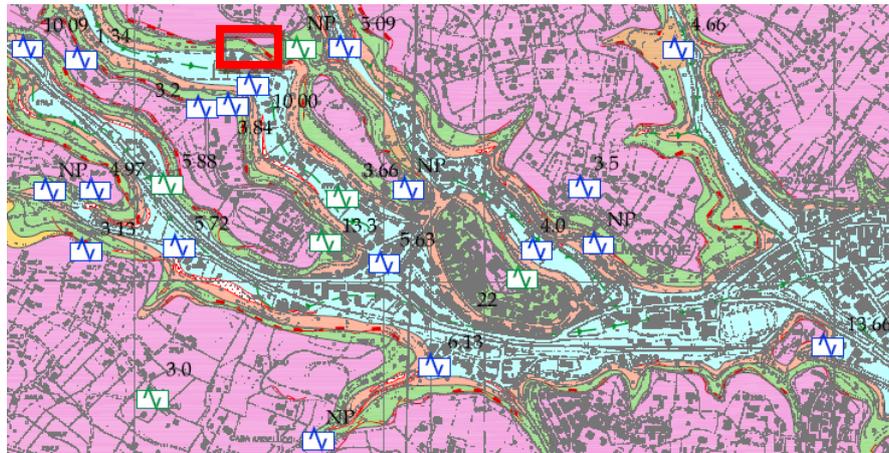
denza delle numerose aree agricole del comune.

I risultati delle misure verranno di seguito descritti in funzione dell'ubicazione sul territorio ed in particolare rispetto all'ambito morfologico in cui l'indagine è stata realizzata; in tal senso si è distinto fra aree di fondovalle, in generale caratterizzate dall'affioramento di depositi alluvionali sovrapposti all'unità delle Pozzolane Nere, aree collinari, caratterizzate dall'affioramento dell'unità di Madonna degli Angeli sovrapposta all'unità del Tufo Lionato, e aree di versante o in generale di raccordo fra le aree collinari e gli adiacenti fondovalle, caratterizzate dall'affioramento delle unità del Tufo Lionato, delle Pozzolanelle, delle Pozzolane Nere o di depositi di accumulo legati a instabilità di versante.

#### **Aree di fondovalle**

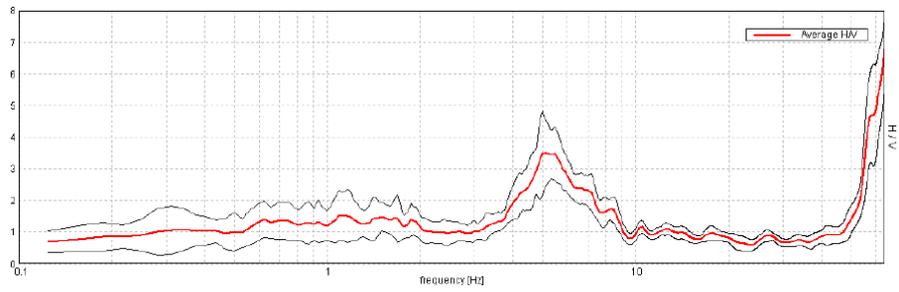
Le 36 misure realizzate in questa specifica condizione morfologica raggiungono nel 75% dei casi il massimo livello di qualità rispetto alla classificazione utilizzata (Albarello e Castellaro, 2011), inoltre mostrano in genere un evidente picco della funzione HVSR associabile alla frequenza fondamentale di vibrazione del sottosuolo.

Il valore di  $f_0$  assume per lo più valori compresi nell'intervallo 3.5-5.5 Hz al centro delle valli (fig. 6.2.1), mentre valori di frequenza maggiori sono stati calcolati ai bordi delle stesse. L'ampiezza del picco associato ai valori di  $f_0$  misurati risulta in genere compresa nell'intervallo di valori 3-5 con massimi fino a 6 a conferma della presenza di un marcato contrasto d'impedenza sismica tra i depositi alluvionali, caratterizzati da valori di  $V_s$  nell'intervallo compreso tra circa 200 e 350 m/s e le sottostanti formazioni pozzolanacee, individuate rispettivamente nei fori di sondaggio 058110P196 e 058110P197, caratterizzate da valori di  $V_s$  superiori a 700 m/s (cfr. par. 6.1). Valori anomali di  $f_0$  sono stati osservati nel settore sud orientale del territorio, ove alcune misure hanno fatto registrare picchi nella curva HVSR prossimi al limite superiore dell'intervallo di frequenze d'interesse (8-9 Hz) e nel settore sud occidentale ove una misura posta in corrispondenza dell'asse centrale del fondovalle ha fatto registrare un valore di  $f_0$  insolitamente ridotto (circa 1.3 Hz). Tali valori risultano difficilmente interpretabili a meno di non considerare anomalie, quali locali riduzioni o aumenti nel valore della profondità dell'interfaccia risonante.



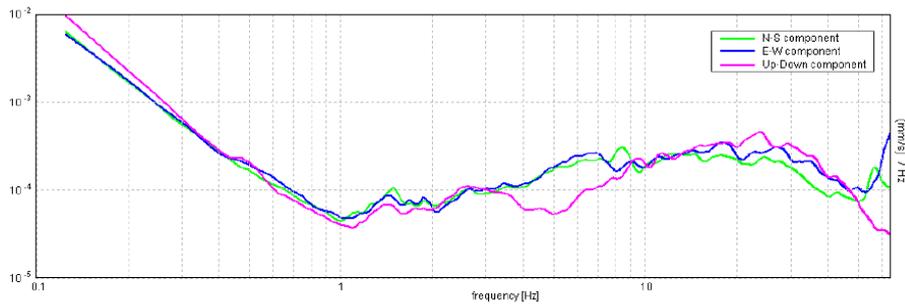
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

Max. HVV at 5.09 ± 0.06 Hz. (In the range 0.0 - 15.0 Hz).



a

SINGLE COMPONENT SPECTRA



b

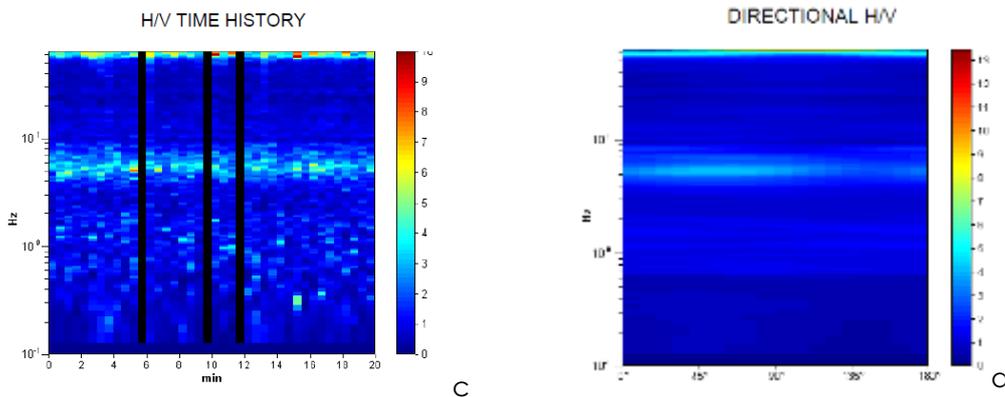


Figura 6.2.1: Risultati della misura di rumore ambientale 058110P010 espressi in termini di: a) funzione HVSR; b) densità spettrale di potenza relativa alle tre componenti del segnale; c) variazione temporale del rapporto spettrale; d) variazione azimutale del rapporto spettrale. In alto ubicazione della misura (rettangolo rosso) sullo stralcio della carta delle frequenze fondamentali di vibrazione del sottosuolo (Allegato MS11005).

### Aree collinari

Le 58 misure realizzate in corrispondenza delle cime dei rilievi collinari che presentano morfologia piuttosto dolce contraddistinta da sommità con superficie ampia e pressoché pianeggiante, mostrano in genere un evidente picco della funzione HVSR il cui valore di frequenza risulta interpretabile quale valore di  $f_0$ . Il 60 % circa delle misure realizzate in tale contesto geomorfologico è stato classificato nel gruppo contraddistinto dal massimo livello di qualità.

In genere  $f_0$  assume valori compresi nell'intervallo 2-4.5 Hz (fig. 6.2.2); i valori di frequenza minori sono osservati in corrispondenza delle sommità dei rilievi in particolare nel settore settentrionale e sud-occidentale del territorio, mentre valori di frequenza maggiore si osservano presso il margine dei rilievi. La presenza di una evidente risonanza è imputabile al contrasto d'impedenza sismica tra i depositi afferenti all'unità geologico-tecnica di Madonna degli Angeli, contraddistinta da valori di  $V_s$  nell'intervallo 200-350 m/s, e l'unità del Tufo Lionato, caratterizzata da valori di  $V_s$  prossimi a 600 m/s, come riscontrato dall'esame del risultato dell'indagine MASW archiviata con codice 058110L4.

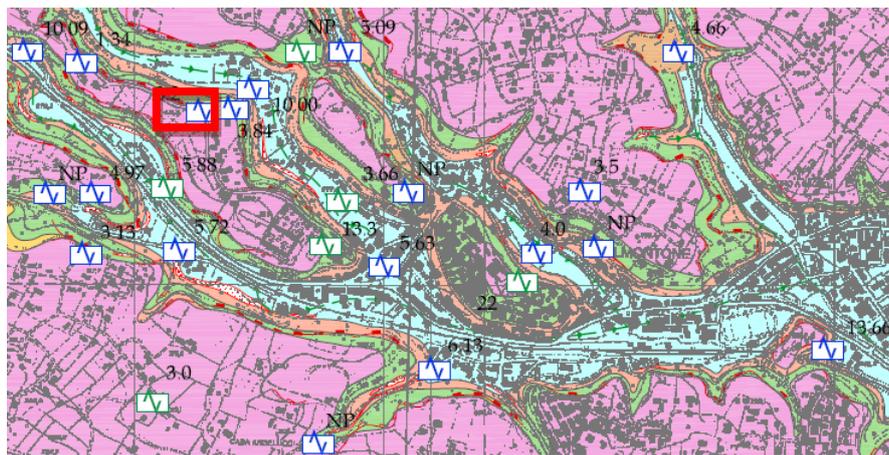
E' importante sottolineare che l'esame delle indagine DH 058110P195 ha evidenziato valori di  $V_s$  stimati per il Tufo Lionato minori (500 m/s) e maggiori (circa 300 m/s) per l'unità sovrastante, pertanto riscontrando un ridotto contrasto d'impedenza sismica fra le due unità, rispetto all'indagine precedentemente descritta.

In tale contesto le variazioni di  $f_0$  osservate tra sommità dei rilievi e aree prossime al versante sarebbero imputabili alle riduzioni di spessore dell'unità di Madonna degli Angeli al passaggio tra cime e versanti.

Locali riduzioni nello spessore di tale unità potrebbero inoltre spiegare l'aumento del valore di  $f_0$  osservato nel settore centrale del comune.

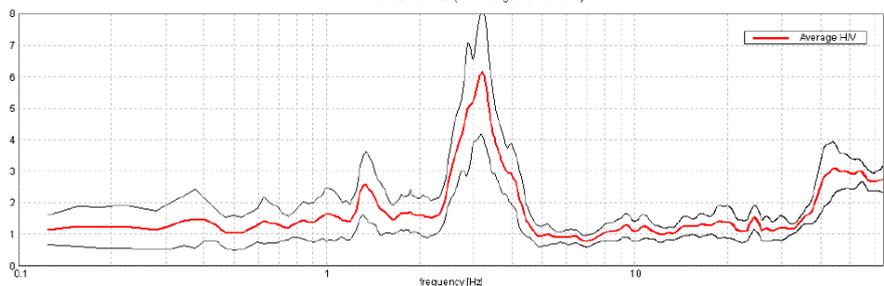
Condizioni peculiari sono state registrate in corrispondenza dei rilievi collinari posti nel settore nord orientale e centro orientale dell'abitato di Valmontone ove non è stato possibile osservare alcuna evidenza della presenza di marcati contrasti d'impedenza del sottosuolo. La scarsità di dati d'archivio nell'area non ha reso possibile una chiara interpretazione di tale evidenza sperimentale anche se l'esame del profilo di Vs ottenuto dalla prova MASW archiviata con codice 058110PL5 ha evidenziato l'assenza di un contrasto d'impedenza sismica sino alla profondità di circa 30 m.

L'ampiezza del picco associato al valore di  $f_0$  mostra in genere valore compreso nell'intervallo 2.5-4 anche se localmente (Colle Verdone, Colle Casalupi) l'ampiezza supera il valore 6.5 sino ad un massimo di 8.



HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

Max. HV at 3.19 ± 0.01 Hz. (In the range 0.0 - 15.0 Hz).



a

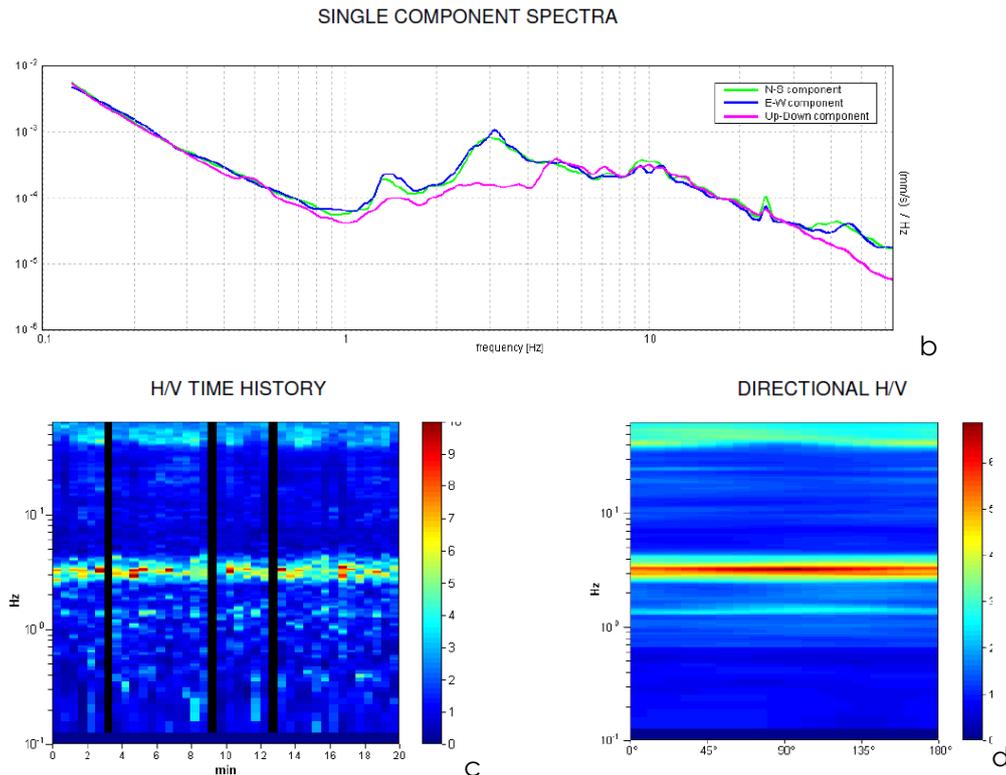


Figura 6.2.2: Risultati della misura di rumore ambientale 058110P014 espressi in termini di: a) funzione HVSR; b) densità spettrale di potenza relativa alle tre componenti del segnale; c) variazione temporale del rapporto spettrale; d) variazione azimutale del rapporto spettrale. In alto ubicazione della misura (rettangolo rosso) sullo stralcio della carta delle frequenze fondamentali di vibrazione del sottosuolo (Allegato MS11005).

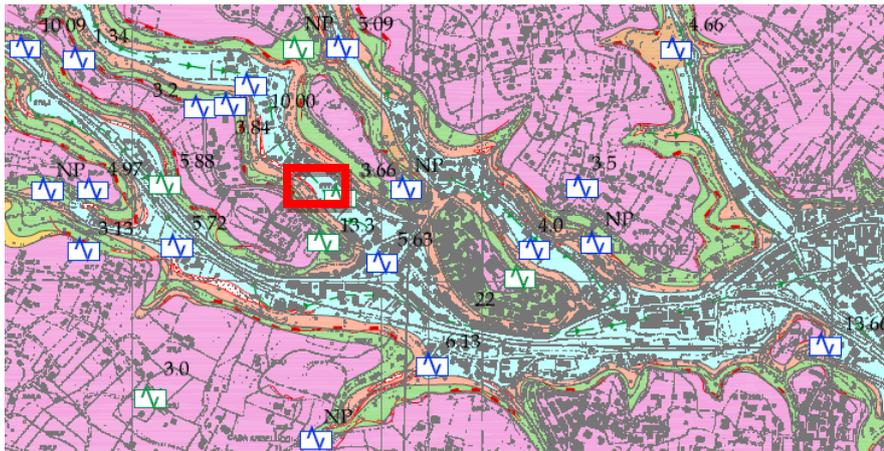
### Aree di versante

Le 13 misure realizzate in tale contesto morfologico sono posizionate su affioramenti delle unità geologico-tecniche delle Pozzolane Nere, del Tufo Lionato o dell'unità di Madonna degli Angeli.

In corrispondenza delle prime due unità le misure hanno evidenziato l'assenza di un picco nella funzione HVSR associabile alla frequenza fondamentale di vibrazione del sottosuolo, oppure un valore di  $f_0$  a frequenza maggiore di 7.5 Hz (fig. 6.2.3). Le osservazioni lasciano ipotizzare che entrambe le unità sopracitate mostrino in caso di evento sismico un comportamento riferibile al substrato rigido poichè si osserva l'assenza di contrasti d'impedenza tra tali unità e all'interno delle unità stesse; fa eccezione il passaggio tra coltri d'alterazione di spessore metrico e le stesse unità, responsabile della risonanza ad alta frequenza.

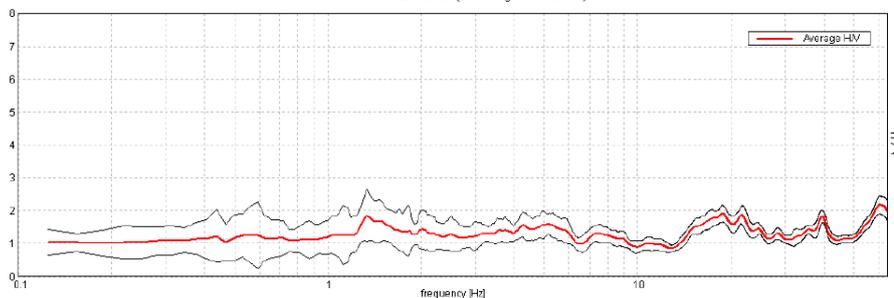
Le misure poste in corrispondenza dell'affioramento della terza unità, che come già sottolineato non presenta caratteristiche litoidi a differenza delle precedenti, mostrano

l'emergenza di massimi posti nell'intervallo di frequenza 3-5 Hz nella curva dei rapporti spettrali, ed associabili a alla frequenza fondamentale di vibrazione del sottosuolo. Tale condizione presenta analogie con le osservazioni descritte nelle aree collinari, ovvero l'evidente contrasto d'impedenza tra l'unità di Madonna degli Angeli e la sottostante unità del Tufo Lionato e la correlazione tra valore di  $f_0$  e lo spessore dell'unità affiorante.

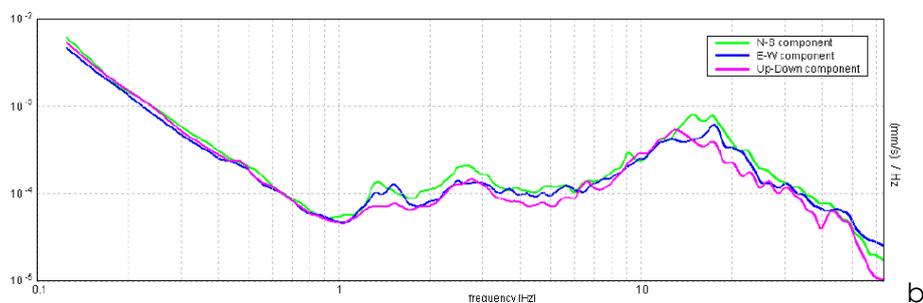


#### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

Max. HV at 1.34 ± 0.12 Hz. (In the range 0.0 - 15.0 Hz).



#### SINGLE COMPONENT SPECTRA



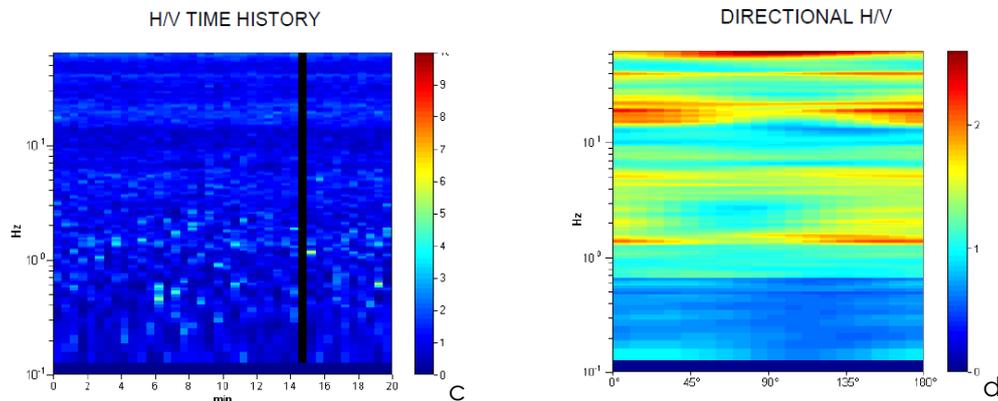


Figura 6.2.3: Risultati della misura di rumore ambientale 058110P005 espressi in termini di: a) funzione HVSR; b) densità spettrale di potenza relativa alle tre componenti del segnale; c) variazione temporale del rapporto spettrale; d) variazione azimutale del rapporto spettrale. In alto ubicazione della misura (rettangolo rosso) sullo stralcio della carta delle frequenze fondamentali di vibrazione del sottosuolo (Allegato MS11005).

Si sottolinea che in molte misure realizzate nell'intera area comunale è emersa la presenza di un disturbo nello spettro delle tre componenti del segnale a frequenza di circa 1.3 Hz; tale disturbo in genere non ha influito nella determinazione del valore di  $f_0$ , usualmente maggiore, ma esclusivamente nella determinazione della classe di qualità delle misure.

## 7 - MODELLO GEOLOGICO-TECNICO DEL SOTTOSUOLO

In base agli elementi precedentemente illustrati è stato possibile elaborare il modello geologico-tecnico dell'area finalizzato agli studi di MS. Tale modello è sintetizzato nella carta geologico-tecnica comprensiva di sezioni geologico-tecniche di riferimento (cfr. MS11002). È importante sottolineare come i rapporti geometrici tra le unità geologico-tecniche individuate siano stati ricostruiti principalmente attraverso il rilevamento di terreno e l'esame dei dati di sondaggio archiviati (cfr. Par. Carta delle indagini). In particolare sono state distinte 4 unità principali:

- Alluvioni
- Madonna degli Angeli
- Tufo Lionato
- Pozzolane nere

La caratterizzazione geotecnica e geofisica dei termini geologici è stata descritta nel capitolo precedente. Indicazioni fondamentali in merito alle caratteristiche elastiche dinamiche delle unità sopracitate sono state raccolte attraverso le indagini sismiche già citate nel capitolo precedente e brevemente descritte nel par. Analisi delle vibrazioni ambientali.

Con riferimento alla suddivisione utilizzata per la descrizione dei risultati ottenuti a seguito dell'analisi delle vibrazioni ambientali, è possibile utilizzare la stessa classificazione nella descrizione del modello geologico-tecnico dell'area in cui è possibile distinguere 3 condizioni geologico-geomorfologiche rappresentative:

### **Aree di fondovalle**

Le aree di fondovalle sono caratterizzate da morfologia pianeggiante e dalla presenza dei depositi alluvionali con spessori compresi tra i 2 e i 25-30 m. Al di sotto di essi sono presenti le unità vulcaniche. Lo spessore delle alluvioni potrebbe registrare variazioni considerevoli anche in corrispondenza del centro delle valli, così come registrato dai valori di  $f_0$  determinati nei fondovalle compresi nell'intervallo 3.5-9 Hz. In particolare in corrispondenza dei valori minimi di  $f_0$ , ovvero di massimo spessore delle alluvioni, gli stessi depositi alluvionali potrebbero poggiare direttamente al di sopra dell'unità delle Pozzolane Nere. Poiché il territorio è caratterizzato dalla presenza di fondovalle piuttosto stretti, soprattutto nei settori nord-occidentali e centro-settentrionali del territorio comunale, tale situazione geologico-morfologica non può essere ricondotta ad una condizione monodi-

mensionale ma piuttosto bidimensionale.

### Aree collinari

Le aree collinari sono caratterizzate da morfologia pianeggiante e dall'affioramento dell'unità di Madonna degli Angeli sovrapposta alle unità vulcaniche del Tufo Lionato e delle Pozzolane Nere. In particolare quest'ultima unità rappresenterebbe, secondo le informazioni raccolte, il substrato rigido dell'area, poiché le velocità di propagazione delle onde di taglio all'interno dell'unità in oggetto risultano superiori a 700 m/s.

E' importante sottolineare che le misure di vibrazioni ambientali realizzate in corrispondenza dell'affioramento dell'unità del Tufo Lionato mostrano caratteristiche assimilabili a quelle osservabili in corrispondenza dell'affioramento del substrato rigido.

Ad eccezione delle zone con superficie limitata dalle aree di versante (vedi di seguito), all'interno di questi settori le condizioni geologico tecniche possono essere assimilate quali monodimensionali, in cui importante influenza assume lo spessore dell'unità più superficiale, in genere compreso tra pochi metri e sino ad un massimo stimato di 25-30 m. Tale parametro influenza fortemente la frequenza, o il periodo, in cui è lecito attendersi l'amplificazione spettrale del moto rispetto allo stesso atteso su substrato rigido pianeggiante.

### Aree di versante

Le aree di versante sono caratterizzate da morfologia articolata non pianeggiante, ma pendente e dall'affioramento dell'unità del Tufo Lionato al di sopra delle Pozzolane Nere. Appare importante sottolineare che in questi settori è possibile ipotizzare che quest'ultima unità presenti moduli elastici ridotti rispetto a quelli misurati direttamente in foro di sondaggio a causa dell'esposizione agli agenti atmosferici ed al detensionamento. In generale tali aree sono indiziate della presenza o potenziale insorgere di instabilità di versante, principalmente frane di crollo e/o ribaltamento. Ovviamente anche in questo caso il sistema geologico-morfologico deve essere ricondotto a condizioni bidimensionali.

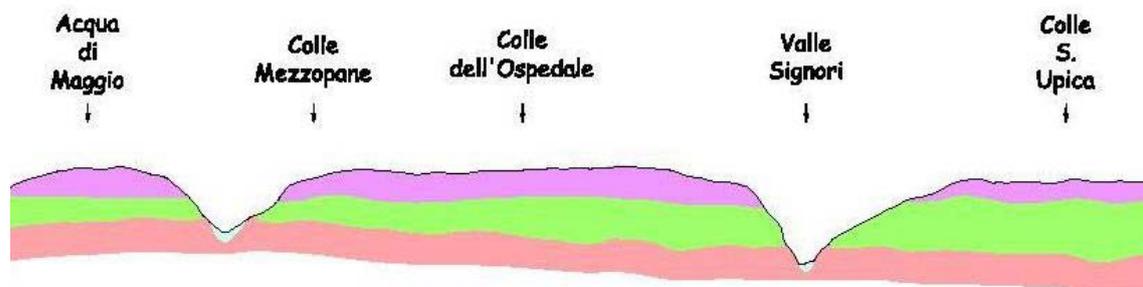


Figura 7.1: Sezione schematica mostrante la successione stratigrafica locale, contraddistinta dal basso verso l'alto da: Pozzolane Nere, Tufo Lionato, Madonna degli Angeli. All'interno dei fossi sono

*presenti i depositi alluvionali.*

Si sottolinea infine che qualora si rendesse necessario realizzare modellazioni mono e bidimensionali della risposta sismica locale finalizzata alla realizzazione di MS di livello 3, dalle indicazioni sinora emerse, le unità di Madonna degli Angeli e l'unità delle alluvioni dovrebbero essere assimilate a *layers* caratterizzati da comportamento viscoelastico. Diversamente il Tufo Lionato e le Pozzolane Nere mostrerebbero un comportamento assimilabile a quello di *layer* elastico, in cui l'ultima unità corrisponderebbe al substrato rigido (a meno della presenza di coltri di alterazione).

## 8 - ELABORATI CARTOGRAFICI

### 8.1 - CARTA DELLE INDAGINI

In tale elaborato sono sintetizzate le informazioni ottenute dalla consultazione delle varie basi di dati esaminate ed archiviati secondo lo standard di informatizzazione predisposto dal Dipartimento della Protezione Civile Nazionale<sup>3</sup>. In particolare la carta in oggetto rappresenta la distribuzione spaziale su carta topografica in scala 1:10.000 (CTR Regione Lazio - Elementi nn° 375150, 375160, 388030, 388040, 388070, 388080) delle informazioni di ubicazione delle indagini riassunte in tabella 8.1.1.

TIPOLOGIA INDAGINE	NUMERO DELLE INDAGINI	PROFONDITÀ INVESTIGATA DAL P.C. [M]
Sondaggi	38	1-36
Sondaggi con campioni analizzati in laboratorio	14	2-16.5 *
CPT	1	1-10
SPT	80	1-27
Prova penetrometrica dinamica pesante	46	1-19
Down-hole	1	1-24
Cross-hole	2	1-32
HVSR	107	
SEV	2	1-50
ERT	1	1-35
Sismica rifrazione	2	1-9
MASW	2	1-30

\*Profondità riferita al campione

Tabella 8.1.1: Sintesi delle informazioni riportate nella Carta delle indagini

In particolare la distribuzione spaziale delle indagini risulta, come era lecito attendersi, molto disomogenea. Ad eccezione delle misure delle vibrazioni ambientali, descritte al par. 6.2, le misure geotecniche si concentrano principalmente nell'area del centro di Valmontone e in corrispondenza delle zone di fondovalle. In tale zona sono inoltre ubicate le uniche indagini sismiche in foro realizzate nell'area.

<sup>3</sup> Standard di rappresentazione e archiviazione informatica. Specifiche tecniche per la redazione in ambiente gis degli elaborati cartografici della Microzonazione Sismica. *Versione 1.5*. Commissione Tecnica per il monitoraggio degli studi di Microzonazione Sismica (articolo 5, comma 7 dell'OPCM 13 novembre 2010, n. 3907).

Particolare concentrazione di indagini geotecniche si riscontra presso il sito di ubicazione di una importante zona commerciale di recente costruzione (Outlet e Parco divertimenti). Le indagini sono principalmente sondaggi con prelievo di campioni a basso grado di disturbo e prove SPT oltre a prove penetrometriche dinamiche continue.

Le indagini geotecniche (sondaggi e prove penetrometriche dinamiche pesanti) raggiungono in media profondità di circa 11 m dal p.c. e nella maggior parte dei casi non hanno fornito indicazioni sulla caratterizzazione del substrato rigido.

Ad eccezione delle già citate prove in foro, le uniche prove geofisiche archiviate comprendono prove indirette sia sismiche che geoelettriche, ubicate in corrispondenza delle località di Colle Ventrano e Colle S. Upica, a meno delle due prove sismiche a rifrazione ubicate anch'esse in corrispondenza dell'area di fondovalle posta a SE del rilievo del centro storico.

## **8.2 - CARTA DELLE FREQUENZE FONDAMENTALI DI VIBRAZIONE DEL SOTTOSUOLO**

L'elaborato rappresenta il risultato delle misure di vibrazioni ambientali realizzate nell'area. Tali risultati sono espressi in termini di valore di  $f_0$  oppure dalla dicitura N.P., ad indicare l'assenza di risonanza nell'ambito di una misura ritenuta affidabile. Inoltre l'affidabilità stessa delle singole misure viene rappresentata nell'elaborato tramite tre diversi cromatismi riferiti alla classificazione adottata (Albarello e Castellaro, 2011) e già descritta al precedente par. 6.2.

Le postazioni di misura sono rappresentate in sovrapposizione alla carta geologico-tecnica in scala 1:10.000 predisposta nell'ambito di questo studio.

Tra le elaborazioni intermedie prodotte per definire la zonazione del territorio in termini di microzone omogenee in prospettiva sismica, i dati di vibrazioni ambientali sono stati inoltre elaborati allo scopo di ottenere indicazioni in merito alla distribuzione spaziale delle caratteristiche della risposta sismica locale. In particolare attraverso una operazione di interpolazione spaziale dei dati di  $f_0$  ricavati per le zone collinari, utilizzando il metodo *Spline*, è stato possibile distinguere all'interno delle suddette aree delle zone omogenee contraddistinte da locali variazioni del valore di tale parametro (Fig. 8.2.1)



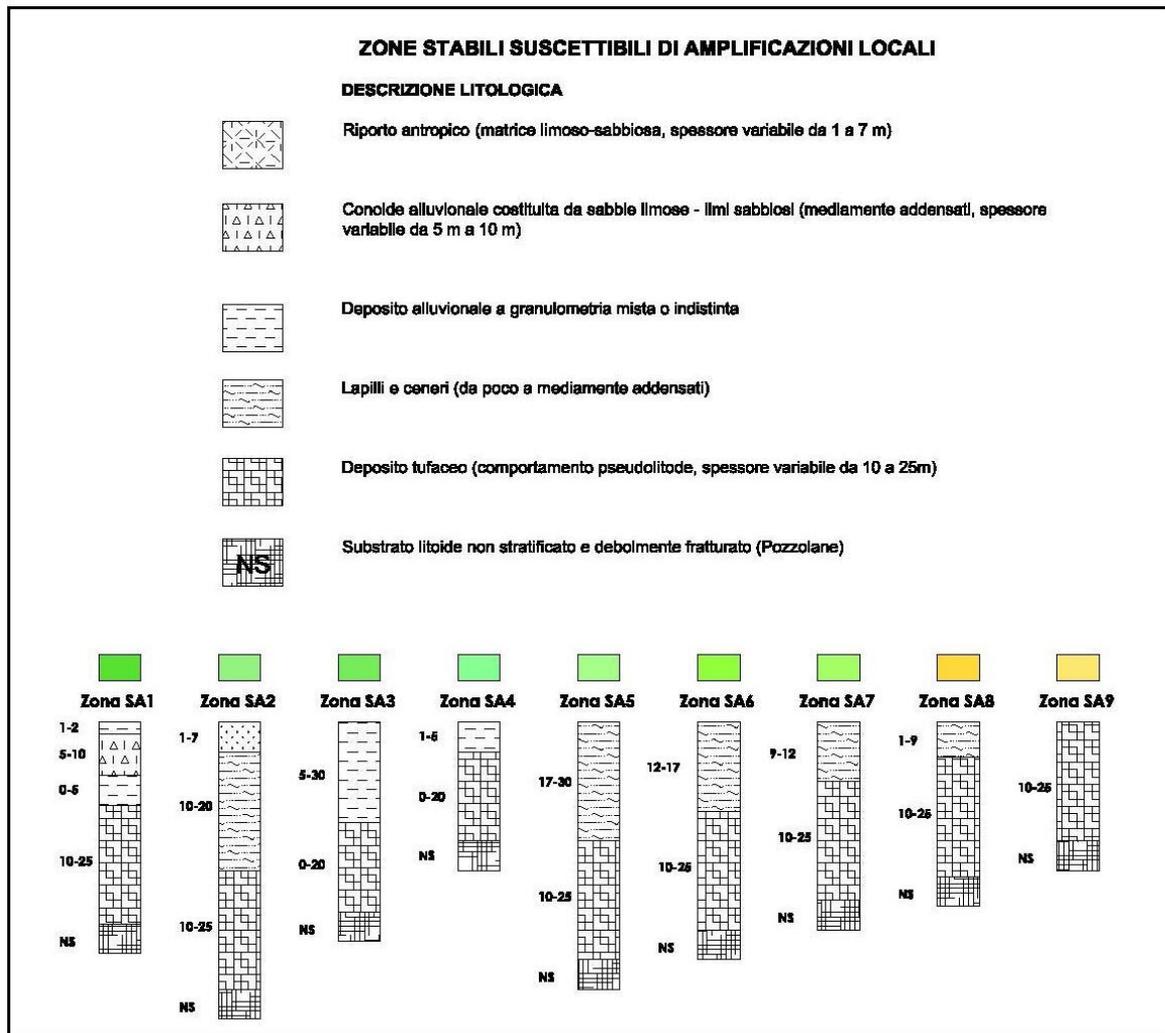


Fig. 8.3.1: Modelli monodimensionali delle singole microzone omogenee stabili suscettibili di amplificazione

### SA1

La zona SA1 presenta limitata estensione areale in quanto è stata individuata unicamente in corrispondenza del settore settentrionale del territorio comunale in cui si è riscontrata la presenza di conoidi. Il modello monodimensionale rappresentativo della zona vede la presenza di spessori di ordine metrico di depositi di conoide eterometrici e intercalati o sovrapposti a depositi alluvionali. Tali unità a loro volta sono sovrapposte alla unità vulcaniche (fig. 8.3.1).

### SA2

La zona SA2 presenta anch'essa estensione limitata e in dettaglio si caratterizza per la presenza di riporti antropici con spessori consistenti (sino a 7 m). Le coltri di riperto risultano sovrapposte ai depositi riferibili all'unità di Madonna degli Angeli, che presenta spes-

sore decametrico, a loro volta giustapposti alle unità vulcaniche pseudolitoidi (fig. 8.3.1). Le aree sono ubicate in corrispondenza di zone contraddistinte dalla realizzazione di recenti manufatti (aree commerciali, infrastrutture autostradali e ferroviarie, centrali solari) principalmente nel settore centrale e meridionale del territorio.

Le zone SA3 e SA4, successivamente descritte, sono state distinte in base allo spessore stimato dei termini alluvionali al di sopra delle unità vulcaniche. Tale stima si fonda sull'analisi dei dati di sondaggio e sui risultati delle indagini HVSR.

### **SA3**

La zona SA3 è caratterizzata dalla sovrapposizione di depositi alluvionali, che presentano spessore stimato sino a circa 30 m, al di sopra delle unità vulcaniche. In particolare nel settore centro-settentrionale di Valmontone, in corrispondenza delle zone aree caratterizzate dal massimo spessore delle alluvioni, tali depositi si trovano direttamente sovrapposti al substrato rigido (Pozzolane Nere). In questa zona si ritrovano estensioni considerevoli poiché in corrispondenza dei settori di fondovalle nel settore centro-meridionale del territorio, in prossimità del centro storico, la superficie riferibile alla microzona si presenta densamente urbanizzata e di conseguenza riveste un notevole importanza.

### **SA4**

La zona SA4 è caratterizzata come la precedente dalla sovrapposizione di depositi alluvionali al di sopra delle unità vulcanica delle Pozzolane Nere, ma con spessore stimato delle alluvioni inferiore, di ordine metrico. In particolare, nel settore centro-settentrionale del territorio comunale i termini alluvionali risultano direttamente sovrapposti al substrato rigido; mentre nelle porzioni meridionali le alluvioni poggiano sull'unità del Tufo Lionato. Tale zona, che presenta estensione molto limitata in corrispondenza dei fondovalle posti nell'area settentrionale del territorio, non riveste particolare importanza dal punto di vista della densità di edifici insistenti sull'area, ad eccezione delle numerose arterie stradali che la attraversano. Nel settore sud orientale tale microzona, presenta valori elevati di  $f_0$ , a testimonianza di un ridotto spessore delle alluvioni.

Le zone SA5, SA5, SA7 e SA8, di seguito descritte, sono state suddivise in relazione allo spessore dell'unità Madonna degli Angeli, posta al di sopra dei termini vulcanici sottostanti. Tale stima si fonda sull'analisi dei dati di sondaggio e sui risultati delle analisi HVSR.

### **SA5**

La zona SA5 presenta estensione considerevole e le superfici riferibili a tale microzo-

na sono situate principalmente nel settore SW e NW del territorio. La microzona è caratterizzata da un modello monodimensionale del sottosuolo contraddistinto dalla presenza dei depositi dell'unità di Madonna degli Angeli direttamente sovrapposti alle unità vulcaniche. In particolare lo spessore stimato dell'unità geologico-tecnica più superficiale risulta essere in genere consistente (da un minimo di circa 17 m e fino a circa 30 m). Le aree risultano scarsamente urbanizzate ad eccezione di località Colle Quadrelle e Colle Verdone.

#### **SA6**

Analogamente al caso precedente, la zona SA6 è caratterizzata da modello esemplificativo del sottosuolo contraddistinto dalla sovrapposizione dell'unità di Madonna degli Angeli alle unità vulcaniche sottostanti. In questo caso la microzona viene distinta dalla precedente sulla base della distribuzione spaziale del valore di  $f_0$  che presenta valori maggiori rispetto alla precedente microzona, ovvero spessori inferiori dell'unità superficiale, stimati nell'intervallo pari a circa 12-17 m. La zona SA6 occupa una porzione estesa di territorio ubicata nel settore centro settentrionale. L'areale, così come le zone SA7 e SA8 successivamente descritte e la precedente SA3, riveste una particolare importanza in considerazione della forte urbanizzazione che la caratterizza.

#### **SA7**

La zona SA7 si differenzia dalla precedente per una minore potenza dell'unità Madonna degli Angeli, che mostra spessori stimati compresi nell'intervallo 9-12 m. Tale microzona caratterizza i settori orientali e un areale individuabile nella porzione nord-orientale del territorio comunale.

#### **SA8**

La zona SA8 vede come nei casi precedenti, la sovrapposizione dell'unità di Madonna degli Angeli sulle unità vulcaniche. L'area, che interessa principalmente i rilievi collinari posti al margine orientale del territorio comunale è contraddistinta da assenza di risonanza nell'intervallo di frequenza investigato. Nello studio tale evidenza sperimentale è stata interpretata quale effetto del ridotto spessore dell'unità superficiale al di sopra dell'interfaccia risonante che potrebbe essere ricondotta al passaggio tra le unità di Madonna degli Angeli e del Tufo Lionato. Appare significativo sottolineare l'importanza dello svolgimento di ulteriori indagini allo scopo di verificare tale ipotesi.

#### **SA9**

La zona SA9 è sintetizzabile attraverso una colonna rappresentativa costituita dalla sovrapposizione dell'unità Tufo Lionato, con spessore variabile, sul substrato rigido (Pozzo-

lane Nere). Essa si ritrova in corrispondenza dei versanti adiacenti i numerosi fossi e/o allineamenti idrici caratterizzanti il settore centrale e nord-occidentale del territorio comunale.

#### **SI**

La suddivisione della zona SI è stata ottenuta a partire dai dati provenienti dal Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del Bacino dei fiumi Liri, Garigliano e Volturno – Rischio Frana. In particolare sono stati riportate le perimetrazioni degli areali classificati R4, R3, Rpa e Rpb e le zone urbanizzate classificate con la sigla A4 e A3. In aggiunta, a seguito del rilevamento di terreno, sono stati individuati e cartografati ulteriori settori interessati da instabilità di versante, verificando nel contempo i dati IFFI. La maggior parte dei movimenti riconosciuti può essere ricondotta a fenomeni di crollo e/o movimenti complessi.

L'eventuale utilizzo di queste zone dovrà essere preceduto da interventi volti a stabilizzare il versante, attraverso la sigillatura e stabilizzazione delle discontinuità e/o disgiungimento di blocchi non stabilizzabili.

## 9 - INTERPRETAZIONI E INCERTEZZE

Al termine delle presenti note appare opportuno effettuare delle considerazioni sulle informazioni reperite e sui risultati ottenuti in modo da fornire indicazioni per i successivi livelli di MS ed elencare le incertezze scaturite a seguito del presente lavoro.

Il modello geologico-tecnico elaborato risulta affidabile in quanto il riconoscimento delle unità geologiche ed i loro rapporti stratigrafici è stato ottenuto mediante il rilevamento di campagna e l'analisi dei dati geognostici di archivio.

La maggior parte del territorio comunale di Valmontone mostra la presenza di areali potenzialmente suscettibili a fenomeni amplificativi del moto sismico in conseguenza dell'assetto litostratigrafico. Difatti, ad eccezione della zona SA8, sono state riscontrate evidenze della presenza di un significativo contrasto di impedenza sismica tra le unità vulcaniche superficiale, quelle alluvionali e il substrato rigido, rappresentato dalle Pozzolane Nere. In tale contesto si sottolinea che le condizioni morfo-stratigrafiche presenti nei fondovalle non sono assimilabili a monodimensionali e di conseguenza, nei successivi livelli di approfondimento, si consiglia il ricorso ad approcci 2D. La stessa riflessione può essere svolta per quanto concerne i rilievi collinari posti nella porzione NW del territorio che, a differenza dei restanti, presentano alla sommità una morfologia più accentuata. A tal proposito si evidenzia che in corrispondenza dei versanti sono presenti criticità morfologiche potenziali e/o in atto che andranno analizzate nei successivi studi di MS. Quindi, nel caso in cui tali aree fossero incluse all'interno di zone di espansione degli strumenti urbanistici esse andranno investigate mediante specifici approfondimenti geomorfologici, geognostici e tramite simulazioni numeriche volte alla valutazione della stabilità dei versanti in condizioni dinamiche.

Dalle analisi delle vibrazioni ambientali (cfr. par. 6.2) è emersa la possibilità che l'unità del Tufo Lionato possa in alcuni casi, laddove gli affioramenti mostrino caratteristiche pseudo-lapidee per fenomeni di zeolitizzazione spinta, comportarsi come substrato rigido; tale elemento andrebbe attentamente valutato tramite indagini sismiche.

L'esame dei dati reperiti rivela una marcata scarsità di indagini geofisiche-geognostiche dal punto di vista spaziale; ciò comporta notevoli carenze in termini di dati di velocità di propagazione delle onde di taglio nel sottosuolo, ad eccezione dell'area del centro storico. In questo settore i risultati delle indagini in foro (Cross-hole e Down-hole) sono di ottima qualità e mostrano una spiccata coerenza. In aggiunta si sottolinea che le

verticali geognostiche raggiungono raramente il substrato rigido a meno delle indagini riportate all'interno dell'elaborato MS11004 (Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica). Inoltre, risultano assenti dati ottenuti da analisi cicliche di laboratorio necessari per la realizzazione di simulazioni numeriche ai fini di una quantificazione dell'amplificazione del moto previste per gli studi di MS di livello 3.

Per quello che concerne la "Procedura semiquantitativa per stabilire la classe di qualità della carta di livello 1 di MS" proposta nei "Contributi per l'aggiornamento degli ICMS 2008" è stato ottenuto un valore del Fattore di Qualità pari a 63.4%. Nel dettaglio è stato possibile riscontrare che la cartografia geologica è di ottima qualità in quanto è stato svolto un rilevamento ad *hoc* che soddisfa i criteri proposti per oltre il 90%; i sondaggi a carotaggio continuo soddisfano le condizioni al 66%, ma è importante sottolineare, come già scritto, che non è presente una copertura spaziale omogenea; le indagini geotecniche e quelle geofisiche sono scarse e mostrano un indice inferiore al 25%; le misure di frequenza di sito sono state realizzate in grande numero e con una sufficiente copertura territoriale; la percentuale ottenuta, pari al 57%, si spiega con la grande quantità di misure classificate in categoria B (affidabilità intermedia), conseguente alla presenza di un disturbo ineliminabile a frequenza pari a circa 1.3 Hz nello spettro del rumore delle vibrazioni ambientali nelle tre componenti. In base all'analisi effettuata, nei livelli successivi di MS, si suggerisce di incrementare il numero di indagini geofisiche e geotecniche al fine di caratterizzare la risposta sismica delle microzone individuate.

Palestrina (RM), ottobre 2011

IL RESPONSABILE

Dott. Geol. Massimiliano CARELLI

IL GRUPPO DI LAVORO

Dott. Salomon HAILEMIKAEI

Dott.ssa Mariaelena LULLI

Dott. Geol. Matteo COSTANTINO

## 10 - BIBLIOGRAFIA

Albarello D. e Castellaro S. (2011). Tecniche sismiche passive: indagini a stazione singola. Supplemento alla rivista Ingegneria Sismica - anno xxviii n. 2, 2011.

Boni C., Bono P., Calderoni G., Lombardi S. e Turi B. (1980). Indagine idrogeologica e geochemica sui rapporti tra ciclo carsico e circuito idrotermale nella pianura pontina (Lazio meridionale). Geol. Appl. e Idrogeologia, 15: 203-247.

Camassi R. e Stucchi M. (1997). NT4.1.1, un catalogo parametrico di terremoti di area Italiana al di sopra della soglia del danno. G.N.D.T., rapporto interno, Milano, 95 pp..

Chiarabba C., Amato A. e Delaney P.T. (1997). Crustal structure, evolution, and volcanic unrest of the Alban Hills, central Italy. Bull. Volcanol. 59: 161-170.

De Rita D., Funiciello R. e Parotto M. (1988) – Carta geologica del Complesso vulcanico dei Colli Albani, scala 1:50.000. C.N.R. 1992, *Volcanica activity and drainage network evoluto of Alban Hills (Rome, Italy)*. Acta Vulcanologica, Marinelli, vol 2: 185-198.

De Rita D., Faccenna M., Funiciello R. e Rosa C. (1995). Stratigraphy and Volcano-Tectonics.

Faccenna C., Funiciello R. e Marra F. (1996). Inquadramento geologico-strutturale dell'area romana. Geologica Romana: 32-112.

Fornaseri M., Scherillo A. e Ventriglia U. (1963). La regione vulcanica dei Colli Albani. CNR Roma.

Funiciello R. e Parotto M. (1978). Il substrato sedimentario nell'area dei Colli Albani: considerazioni geodinamiche e paleogeografiche sul margine firrenico dell'appennino centrale. Geologica Romana, 17: 233-287.

Gruppo di lavoro SPTI (2004). Catalogo parametrico dei terremoti italiani, versione

2004 (CPTI04), INGV, Bologna. <http://emidius.mi.ingv.it/cpti04/>

Gruppo di lavoro MS, 2008. Indirizzi e criteri per la Microzonazione Sismica. Conferenza delle regioni e delle province autonome - Dipartimento della Protezione Civile, Roma, 3 vol. E dvd.

D.G.R. del 26 novembre 2010, n° 545 "Approvazione Linee Guida per l'utilizzo degli Indirizzi e Criteri generali per gli studi di Microzonazione Sismica nel territorio della Regione Lazio di cui alla D.G.R. n° 387/2009. Modifica della D.G.R. n° 2649/1999" pubblicata sul B.U.R.L. n° 48 del 28 dicembre 2010, Supplemento ordinario n° 22.

Karner D.B., Marra F. e Renne P.R., 2001a. The history of the Monti Sabatini and Alban Hills volcanoes: groundwork for assessing volcanic-tectonic hazards for Rome. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 107: 185-219.

Karner D.B., Marra F., Florindo F. e Boschi E., 2001b. Pulsed uplift estimated from terrace elevations in the coast of Rome: evidence for a new phase of volcanic activity? *Earth and Planetary Science Letters* 188: 135-148.

Meletti C., Patacca E., Scandone P., (2000a). Construction of a seismotectonic model: the Case of Italy. *Pageoph*, 157, 11-35.

Nakamura Y. (1989). A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremor on the ground surface. *Quarterly report of railway technical research institute (rtri)*, 30(1), february 1989.

Nakamura Y.(2000). Clear identification of fundamental idea of Nakamura's technique and its applications. In *proceedings of the 12th world conference on earthquake engineering*, Auckland, New Zeland, 2000.

Salvini F. e Tozzi M. (1986). Evoluzione tettonica recente del margine tirrenico dell'appennino centrale in base a dati strutturali: implicazioni per l'evoluzione del mare Tirreno. *Mem. Soc. Geol. It*, 36: 233-241.

Sesame (2005). Guidelines for the implementation of the h/v spectral ratio technique

on ambient vibrations measurements, processing and interpretation [1], 62 pages.

Stucchi M. et al. (2007). DBMI04, il database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani utilizzate per la compilazione del catalogo parametrico CPTI04. <http://emidius.mi.ingv.it/dbmi04/>. Quaderni di geofisica, vol 49, pp.38.

Villa M., Calanchi N., Dinelli E. e Lucchini F. (1999). Age and evolution of the Albano crater lake. Acta Vulcanologica 11: 305-310.

Trigila R. (1995). The volcano of Alban Hills. University of Roma "La Sapienza".