



COMUNE DI CASOLE D'ELSA

REGOLAMENTO URBANISTICO VARIANTE GENERALE

SINDACO

Piero Pii

ASSESSORE ALL'URBANISTICA

Andrea Pieragnoli

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Responsabile Servizio Urbanistica Edilizia Privata

Arch. Valeria Capitani

COORDINAMENTO URBANISTICO

Arch. Alessandra Sara Blanco

Collaborazione

Rita Schirò

Giada Ticolini

VALUTAZIONE AMBIENTALE STRATEGICA

Ing. Simone Pagni

INDAGINI GEOLOGICHE

Geologo Mauro Cartocci

Collaborazione

Ing. Alessio Gabbrielli (Studio Idraulico)

Dott. Emanuele Capotorti

Dott. Alessandro Ciali

RELAZIONE GEOLOGICO-TECNICA DI SUPPORTO
AGLI STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA

INDICE GENERALE

1.SCOPI E CONTENUTI DELLE INDAGINI DI MICROZONAZIONE SISMICA.....	2
2.PERICOLOSA' SISMICA DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO.....	3
3.CLASSIFICAZIONE SISMICA DELLA REGIONE TOSCANA.....	5
4.INQUADRAMENTO GEOLOGICO.....	5
5.INDAGINI GEOLOGICHE, GEOTECNICHE E GEOFISICHE.....	6
5.1.Indagini pregresse.....	6
5.2.Campagna geofisica.....	8
6.MODELLO LITOLOGICO DEL SOTTOSUOLO.....	12
7.FREQUENZE FONDAMENTALI DEI DEPOSITI.....	16
8.ELABORATI CARTOGRAFICI.....	16
8.1.Carta geologico-tecnica e delle indagini.....	16
8.2.MICROZONAZIONE SISMICA.....	21
9.PROCEDURA SEMIQUANTITATIVA DI VALUTAZIONE DELLA QUALITA' DELLA CARTA MOPS DI LIVELLO 1.....	25
Matrice di valutazione degli studi di Microzonazione Sismica.....	27

ALLEGATI:

Allegato1 – Indagini geognostiche di archivio: sondaggi a carotaggio continuo, prove penetrometriche statiche e dinamiche, saggi.
Allegato2 – Indagini geofisiche.

ELENCO TAVOLE

ms1.1/2/3/4/5/6 Carta geologico-tecnica e delle indagini (scala 1:2000).

ms2.1/2/3/4/5/6 Carta delle Microzone in prospettiva sismica (scala 1:2000).

(1 - Il Merlo – Cavallano; 2 - Casole, Orli, La Corsina; 3 - Lucciana, Il Piano; 4 - Il Piano; 5 - Area artigianale di Pievescola; 6 - Pievescola, Mensano Monteguidi)

ELENCO FIGURE

Figura 1: ambiti territoriali cui sono stati estesi gli studi di Microzonazione Sismica

Figura 2: Zonazione sismogenetica ZS9

Figura 3: Estratto del Database of Seismogenetic Individual Sources. (In rosso le faglie attive e capaci).

Figura 4: Massima accelerazione sismica attesa per il comune di Casole d'Elsa e analisi di disaggregazione.

Figura 5: Carta geologica di sintesi (1:250.000) - Fonte: Regione Toscana.

Figura 6: Frequenze di risonanza fondamentale dei depositi: il Merlo, Cavallano

Figura 7: Frequenze di risonanza fondamentale dei depositi: Casole, la Corsina, Orli

Figura 8: Frequenze di risonanza fondamentale dei depositi: Lucciana, il Piano

Figura 9: Frequenze di risonanza fondamentale dei depositi: Pievescola, Mensano e Monteguidi

1. SCOPI E CONTENUTI DELLE INDAGINI DI MICROZONAZIONE SISMICA

Gli studi di *Microzonazione Sismica (MS)*, attraverso campagne geofisiche ed elaborati cartografici, individuano le zone in cui le condizioni locali possono modificare le caratteristiche del moto sismico atteso o quindi produrre deformazioni permanenti rilevanti per le costruzioni, per le infrastrutture e per l'ambiente. Indipendentemente dalla sismicità del luogo, gli effetti di un sisma possono essere localmente influenzati in modo negativo dai cosiddetti "effetti di sito" ossia particolari condizioni stratigrafiche, strutturali, o morfologiche in grado di produrre rifrazione e amplificazione delle onde sismiche intensificando l'effetto stesso del sisma. Allo scopo di valutare tali aspetti, sono stati acquisiti tutti gli elementi utili alla ricostruzione e rappresentazione di un modello geologico-tecnico della superficie e del sottosuolo, sia in termini di geometrie sepolte e di spessori delle litologie presenti, sia in termini di parametrizzazione dinamica del terreno - principalmente in relazione alla misura diretta delle Vs (velocità di propagazione delle onde di taglio) e delle frequenze di risonanza proprie dei depositi costituenti il substrato, sia valutando tutti gli elementi geomorfologici influenzabili da un sisma o in grado di amplificare localmente gli effetti delle onde sismiche.

Il presente studio è stato redatto per la Variante Generale al Regolamento Urbanistico comunale al fine di adeguare il Piano Strutturale comunale¹ alla vigente normativa regionale per la definizione delle azioni sismiche, come richiesto dal D.P.G.R. 53/R 2011. A tale scopo si è proceduto quindi a realizzare lo Studio di MS di Livello 1² secondo le modalità e specifiche espresse nei documenti di riferimento di seguito riportati:

- Indirizzi e Criteri di Microzonazione Sismica del Dipartimento della Protezione Civile Nazionale (ICMS) approvati il 13 novembre 2008 dalla Conferenza delle regioni e delle Province autonome;
- Specifiche tecniche regionali: Allegato A alla DGRT n.741/2012;
- Istruzioni Tecniche del Programma VEL (Valutazione Effetti Locali) della Regione Toscana;
- Volume di Ingegneria Sismica 2/2011;
- Vademecum operativo per la redazione delle indagini e studi di MS di livello 1 – Regione Toscana.

Sulla base dei risultati di tali studi è stata definita la pericolosità sismica secondo i criteri espressi dal D.P.G.R. 53/R 2011.

Gli studi sono stati condotti alla scala di dettaglio 1:2.000; come base cartografica è stata utilizzata la Cartografia Tecnica Regionale 1:2.000 per le cartografie di dettaglio, e la CTR 1:10.000 per le rappresentazioni cartografiche di sintesi.

In comune accordo con l'ufficio tecnico comunale e seguendo le indicazioni in merito della Regione Toscana, lo studio è stato esteso ai principali centri abitati e aree industriali comunali, anche tenendo conto delle previsioni urbanistiche del Regolamento Urbanistico, comprendendo le seguenti zone (fig.1):

1 Approvato con D.C.C. n. 68 del 30.06.2011 ai sensi del DPGR 26/R 2007.

2 Come previsto dalla normativa toscana, dato che il comune di Casole d'Elsa non è stato interessato dal programma VEL, ed inoltre non sono stati erogati finanziamenti regionali in merito agli studi di MS.

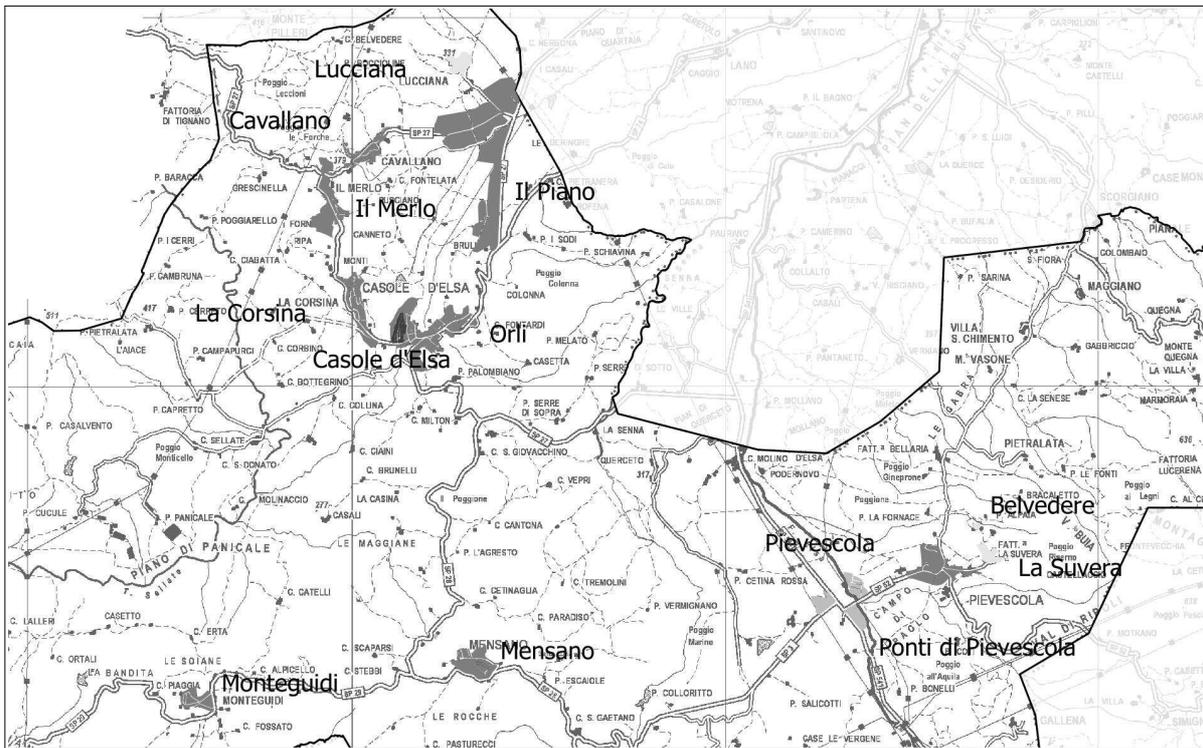


Figura 1: ambiti territoriali cui sono stati estesi gli studi di Microzonazione Sismica

- **Zona 1** - aree di maggior concentrazione della popolazione: centro storico del capoluogo comunale;
- **Zona 2** - aree con popolazione rilevante, aree industriali di rilievo: La Corsina, Orli, Cavallano, Il Merlo, Monteguidi, Mensano e Pievescola, area industriale de 'Il Piano';
- **Zona 3** - aree urbane in espansione, aree con attività industriali minori: area artigianale/industriale Ponti di Pievescola;
- **Zona 4** - frazioni e località minori con limitate previsioni urbanistiche: Lucciana.

Le cartografie sono state realizzate alla scala 1:2.000 e rappresentate su base topografica tecnica regionale alla scala 1:2.000 ove disponibile, e 1:10.000.

2. PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO

Il quadro sismico del territorio in studio fa parte della fascia tirrenica dell'appennino centro-settentrionale, ed è quindi legata ai movimenti tettonici alla base della formazione del rilievo appenninico, tutt'ora in atto; appartiene alla zona sorgente 921 della *Zonazione Sismogenetica ZS9³* redatta dal INGV, come mostrato nella fig.2. La zona sorgente 921 racchiude aree caratterizzate da elevato flusso di calore e diffusa sismicità di energia moderata con pochi eventi di magnitudo elevata.

Tutte le faglie individuate nel territorio comunale e nelle aree limitrofe possono essere ricondotte alla tettonica distensiva mio-pliocenica, con movimento prevalentemente diretto o trascorrente ed orientamento prevalentemente appenninico (NW-SE) ed antiappenninico (NE-SW). Il database delle sorgenti sismiche italiane - *Database of Individual Seismogenic Sources (DISS)* non riporta strutture

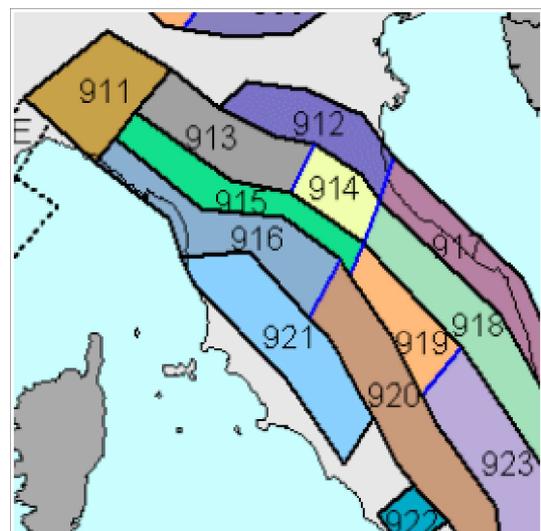


Figura 2: Zonazione sismogenetica ZS9

3 ³ Gruppo di Lavoro per la redazione della mappa di pericolosità sismica (Ordinanza PCM 20.3.03 n.3274)

tettoniche attive in grado di provocare sismi con magnitudo superiore a 5.5 all'interno del comune di Casole d'Elsa e di un suo intorno significativo (fig.3).

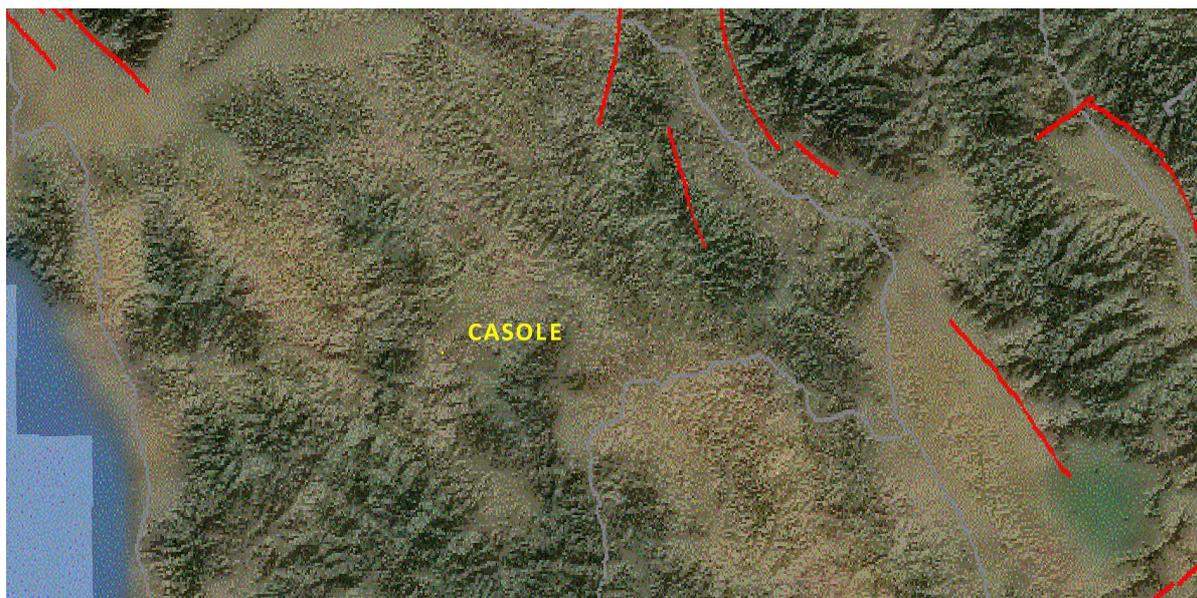


Figura 3: Estratto del Database of Seismogenetic Individual Sources. (In rosso le faglie attive e capaci).

Queste considerazioni sono in accordo con il catalogo dei forti terremoti dal 461 a.C. al 2011 (DBM11), consultabile dal sito dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, che riporta per l'area di Casole d'Elsa, 2 terremoti storici con intensità comprese tra 3 e 5 (MCS)⁴:

Seismic history of Casole d'Elsa [43.342, 11.043]

Effects	Earthquake occurred				
I [MCS]	Data	Località	Np	Io	Mw
3-4	1895 05 18 19:55:12	Fiorentino	401	8	5.43+0.08
5	1909 08 25 00:22	MURLO	283	7-8	5.37+0.10

Le mappe interattive di pericolosità sismica rese disponibili sempre dall'INGV forniscono una stima della massima accelerazione sismica attesa $a(g)$ con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, pari a valori compresi fra 0,125 e 0,150. Ancora più interessante risulta l'analisi di disaggregazione⁵ attraverso cui si evince che il maggior contributo alla pericolosità è determinato da terremoti di Magnitudo compresa fra 4,5 e 5,0 entro 10 Km di raggio (fig.4).

4 Le magnitudo per gli eventi antecedenti alle misurazioni dirette tramite sismografi sono state stimate sulla base di studi storici-macosismici di vari autori.

5 La disaggregazione è l'operazione che consente di valutare i contributi di diverse sorgenti sismiche alla pericolosità di un sito. attraverso il contributo di sorgenti sismogenetiche a distanza R capaci di generare terremoti di magnitudo M. ϵ rappresenta il numero di deviazioni standard per cui lo scuotimento (logaritmico) devia dal valore mediano predetto da una data legge di attenuazione dati M ed R.

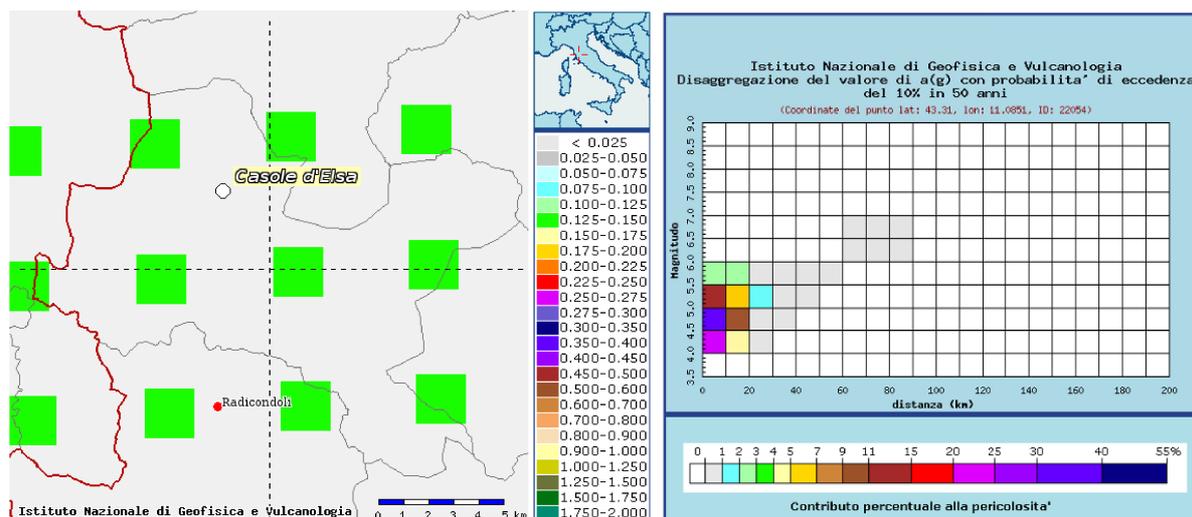


Figura 4: Massima accelerazione sismica attesa per il comune di Casole d'Elsa e analisi di disaggregazione.

3. CLASSIFICAZIONE SISMICA DELLA REGIONE TOSCANA

Il Comune di Casole d'Elsa, in base al D.G.R.T. n°431 del 19 giugno 2006 "Riclassificazione sismica del territorio regionale: Attuazione al D.M. del 14 settembre 2005 e O.P.C.M. n°3519 del 28 aprile 2006 pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale in data 11 maggio 2006", è stato confermato in **Zona 3**.

In base a tale classificazione sono individuate quattro zone (di cui le prime tre vengono suddivise in quattro intervalli caratterizzati da differenze di accelerazione pari a 0.025g, mentre la quarta, visti i bassi valori di accelerazione, non prevede ulteriori suddivisioni), sulla base di differenti valori dell'accelerazione a_g orizzontale massima convenzionale su terreno a comportamento litoide (espressa come frazione dell'accelerazione di gravità) ai quali ancorare lo spettro di risposta elastico; ciascuna zona è individuata mediante valori di accelerazione massima del suolo a_g con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, riferiti a suoli rigidi caratterizzati da $V_s30 > 800$ m/sec, secondo la tabella seguente:

Zona	Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (a_g)	Accelerazione orizzontale massima convenzionale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (a_g/g)
1	$0.25 < a_g < 0.35$	0.35g
2	$0.15 < a_g < 0.25$	0.25g
3	$0.05 < a_g < 0.15$	0.15g
4	$a_g < 0.05$	0.05g

4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Il comune di Casole d'Elsa comprende una porzione di territorio al margine Nord-orientale del bacino di Radicondoli, dove le successioni argillose, sabbiose e conglomeratiche mio-plioceniche vengono interrotte da strutture tettoniche distensive in corrispondenza dei rilievi della 'Montagnola senese'. I principali sistemi vallivi presentano invece morfologie e terreni tipici degli ambienti fluviali e lacustri controllate dalla deposizione di coltri alluvionali e lacustri; la fig.5 riporta uno stralcio della carta geologica regionale alla scala 1:250.000.

Il Capoluogo comunale e le frazioni di Mensano e Monteguidi sono caratterizzate da terreni di copertura costituiti da successioni argillose, sabbiose e conglomeratiche/calcaree da mediamente a molto consistenti (successioni 11 e 12 di fig.5), che in queste zone raggiungono spessori di centinaia di metri. I depositi conglomeratici con spessori massimi di 50-100mt, affioranti prevalentemente in corrispondenza degli alti morfologici (centro storico di Casole d'Elsa e Orli) presentano cementazione carbonatica tenace e comportamento tipicamente litoide. Presso Mensano affiorano calcari

organogeni e calciruditi in rapporti eteropici con i sottostanti conglomerati, e spessori di circa 30-50mt

La frazione de 'Il Merlo' è invece situata alla chiusura del bacino sedimentario miocenico, dove attraverso una faglia diretta le argille vengono a contatto con le formazioni del dominio toscano e ligure interno (18); queste ultime, costituite da argille grigie con calcari palombini sovrascorrono sul calcare cavernoso e le anidriti e gessi di Burano (9), ma mantengono qui spessori massimi di poche decine di metri.

Sempre tramite contatto tettonico le coperture del dominio ligure interno entrano in contatto con i depositi miocenici continentali delle brecce di Grotti (8), estremamente variabili quanto a composizione e cementazione, che costituiscono il substrato dell'abitato di Cavallano.

Anche Pievescola occupa una posizione marginale rispetto al bacino sedimentario mio-pliocenico di Radicondoli, in un'area in cui sono presenti, al di sopra dei delle formazioni in *facies* ligure discreti spessori di terreni di alterazione (terre rosse) probabilmente connesse all'alterazione delle formazioni calcaree della falda toscana (1). Più verso Est, ai margini del centro abitato, iniziano ad affiorare le formazioni metamorfiche, a composizione prevalentemente calcarea, della falda toscana (37, 38, 39). L'abitato di Lucciana sorge infine sulla formazione del calcare cavernoso che ha sviluppi di varie centinaia di metri.

Le aree industriali ed artigianali sorgono invece in ambiti decisamente vallivi: l'area artigianale/industriale dei Ponti di Pievescola è situata nella piana alluvionale del Fiume Elsa in cui il substrato è costituito appunto dai depositi di origine fluviale attuali e terrazzati con granulometria da fine a media (1) che si sono depositi qui al di sopra delle coperture del dominio ligure interno (18, 20, 21), mentre l'area industriale del Piano è collocata in una depressione il cui substrato è costituito da depositi lacustri prevalentemente limo-argillosi e spessori massimi dell'ordine di alcune decine di metri (1) al di sotto dei quali si incontrano le formazioni del dominio ligure e della falda toscana affioranti nei rilievi circostanti. Per una più approfondita descrizione delle formazioni geologiche si rimanda alla relazione geologico-tecnica di supporto al Piano Strutturale comunale e alle relative cartografie.

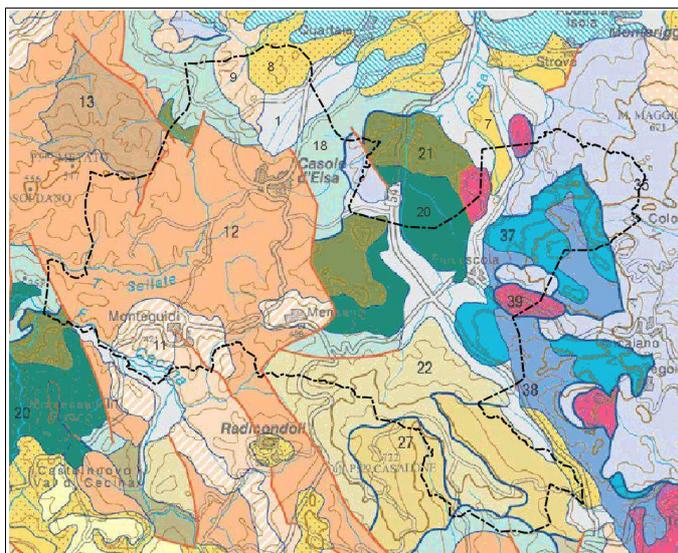


Figura 5: Carta geologica di sintesi (1:250.000) - Fonte: Regione Toscana.

5. INDAGINI GEOLOGICHE, GEOTECNICHE E GEOFISICHE

Lo studio di Microzonazione sismica si è basato, oltre che sui rilievi geologico-tecnici condotti in campagna anche sui risultati di molteplici indagini geotecniche e geofisiche condotte nel territorio comunale a supporto di lavori pubblici/privati dal 1992 ad oggi, oppure realizzate specificatamente per gli scopi del presente lavoro. Le indagini geotecniche e geofisiche consultate o realizzate *ex-novo* sono ubicate nelle TAVV. ms1 'Carta geologico-tecnica e delle indagini', mentre i risultati sono contenuti nell'Allegato 1.

5.1. Indagini pregresse

Le indagini geotecniche e geofisiche pregresse, realizzate nel periodo 1992-2013, sono state reperite principalmente attraverso una ricerca dettagliata su vari archivi a disposizione:

- archivio informatico/cartaceo della Soc. GEOSOL S.r.l.;
- archivio cartaceo dell'ufficio urbanistica del comune di Casole d'Elsa;
- Banca dati indagini geotematiche della Regione Toscana;
- database dei punti di captazione idrica della Regione Toscana (SIRA – Sistema Informativo Regionale Ambientale);
- banca dati delle captazioni di acque superficiali e profonde della provincia di Siena.

La ricerca ha portato al reperimento di 160 indagini geotecniche fra sondaggi a carotaggio continuo, prove penetrometriche dinamiche/statiche e saggi geognostici, mostrati in dettaglio in tab.1; la banca dati delle indagini geotematiche non ha fornito dati nel territorio comunale di Casole d'Elsa.

PROVE GEOTECNICHE		n°	Prof. Med.	Prof. Max
Saggi geognostici		9	-	-
Sondaggi a carotaggio continuo		39	-11,2	-30,0
	Campionamento*	14	-4,9	-10,4
	SPT**	34	-5,0	-12,0
Prove penetrometriche Statiche (CPT)		24	-10,9	-16,0
Prove penetrometriche dinamiche (DP)		88	-5,3	-11,6
	Leggere (DPL)	8	-2,9	-5,4
	Pesanti (DPSH)	80	-5,6	-11,6
TOTALE		160	-6,6	-30,0
CAPTAZIONI DI ACQUE SOTTERRANEE		66	44,7	180,0
	Con stratigrafia	65	45,0	180,0
* Sondaggi in cui sono stati prelevati campioni indisturbati; prof. media e max dei campionamenti				
** Sondaggi in cui sono state effettuate prove SPT in foro				

Tabella 1: Sintesi delle indagini geognostiche di archivio.

Se da un lato è stato possibile reperire un buon numero di indagini, d'altro canto la distribuzione spaziale è ovviamente legata allo sviluppo urbano stesso del territorio dell'ultimo ventennio, quindi le informazioni si concentrano principalmente nelle aree di urbanizzazione e completamenti edilizi recenti, fatto che non contribuisce ad una ottimale distribuzione delle stesse ai fini della caratterizzazione geotecnica dei terreni; va detto tuttavia che in ogni caso tutte le aree di studio risultano coperte almeno da una indagine geognostica (sondaggio con prove SPT o prove penetrometriche tipo CPT o DP). Il problema principale infine è rappresentato dal fatto che, come si può vedere dalla tab.1, essendo le indagini geotecniche raccolte eseguite a fini edificatori, esse non raggiungono mai profondità superiori ai 30 metri, mantenendosi in realtà su valori mediamente più bassi (5-10mt); le penetrometrie raggiungono profondità massime di 5mt, di conseguenza si è potuto avere una lettura diretta delle caratteristiche geotecniche e delle stratigrafie solamente della porzione più superficiale del substrato delle aree in studio, fino ad una profondità massima di 30mt, ma mediamente contenuta nei primi 5-10mt di terreno; si è potuto ricostruire stratigrafie tipo più complete in corrispondenza delle captazioni idriche, nei casi in cui è stata realizzata una descrizione stratigrafica attendibile della perforazione, in tutti gli altri casi le sezioni stratigrafiche sono state ricostruite tenendo conto degli spessori, degli assetti strutturali e dei contatti delle unità litotecniche individuate in campagna.

Per quanto riguarda le prospezioni geofisiche pregresse, si è potuto raccogliere ed esaminare un buon numero di indagini geofisiche essenzialmente costituite da profili sismici a rifrazione e stendimenti MASW, misure del rumore di fondo e DownHole realizzate nel territorio comunale a partire dal 2005 (Tab.2). I profili hanno fornito molti dati soprattutto per quanto riguarda la velocità di trasmissione delle onde sismiche, dato questo di fondamentale importanza per individuare la profondità di eventuali orizzonti di amplificazione sismica. La lunghezza degli stendimenti è inoltre risultata quasi sempre maggiore o uguale a 36mt (19 MASW su 30 e 11 profili a rifrazione su 13), ciò ha permesso di poter analizzare un congruo spessore di terreno.

PROSPEZIONI GEOFISICHE	n°	Lunghezza media	Profondità
Profili sismici a rifrazione (Sr)	13	50	-
MASW	30	36	-
Misure del rumore di fondo (HVSR)	4	-	-
DownHole (DH)	1	-	30

Tabella 2: Sintesi delle indagini geofisiche di archivio.

Sono state reperite anche 4 misure del rumore di fondo e un *DownHole*. I rilievi tromometrici di archivio purtroppo non erano accompagnati da sufficiente documentazione, presentavano disturbi sulle registrazioni della traccia, o comunque non rispettavano le specifiche tecniche richieste, quindi sono stati considerati solo quando confrontabili con altre misure attendibili eseguite nelle vicinanze. Il *DownHole* realizzato nell'area industriale/artigianale di Pievescola è stato invece estremamente utile per ricostruire il modello sismico del substrato per l'area in questione.

5.2. Campagna geofisica

A completamento del quadro analitico delle indagini geofisiche, sono state realizzate 27 nuove misure di rumore di fondo e 5 stendimenti *MASW*, distribuite nel territorio in modo da coprire tutte le aree urbanizzate e produttive esistenti o di trasformazione oggetto degli studi di Microzonazione .

Rilievi tromometrici. Le tecniche di sismica passiva note anche con il nome *H/V*, si basano sull'analisi del campo delle vibrazioni ambientali e sono finalizzate alla determinazione delle caratteristiche del sottosuolo al di sotto del punto di osservazione. Il metodo *HVSR* (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*) analizza i rapporti di ampiezza spettrale fra le componenti orizzontali (H) e la componente verticale (V) delle vibrazioni ambientali sulla superficie del terreno misurati in un punto con un apposito sismometro a stazione singola. I punti in cui la curva *H/V* mostra dei massimi sono legate alle frequenze di risonanza del terreno al di sotto del punto di misura ed indicano orizzonti in cui il contrasto di impedenza sismica fra gli strati del terreno è tale da poter causare una amplificazione dell'onda sismica stessa. Tramite la relazione $f_0 = V_s/4h$ (dove f_0 è la frequenza fondamentale di risonanza, V_s la velocità delle onde di taglio nello strato ed h lo spessore di detto strato) è possibile conoscere la profondità dell'orizzonte di amplificazione. L'intervallo di frequenze di interesse ingegneristico 0,1-20Hz acquisisce particolare interesse ai fini del rischio sismico poiché corrisponde alle frequenze dei modi di vibrare della maggior parte delle strutture).

I rilievi *H/V* sono stati condotti in campagna utilizzando un tromino *Micromed TRZ-0135/01-11*; le registrazioni sono state analizzate con software *Grilla*. Lo strumento è stato posizionato a terra dopo aver eliminato il primo strato di suolo, messo in bolla, opportunamente orientato e reso solidale con il terreno; la registrazione si è protratta per almeno 20 minuti. L'analisi dei risultati è trattata in maniera dettagliata per ogni area in studio più avanti; in linea generale i rilievi hanno fornito risultati congruenti con il modello geologico attendibile; l'ambito prevalentemente urbano in cui sono state effettuate le registrazioni ha implicato che le stesse siano state spesso affette da parziale direzionalità del segnale o da disturbi di carattere antropico soprattutto nelle zone produttive di Pievescola e del Piano (prevalentemente intorno a 3,5Hz, 18Hz e sopra i 20Hz), pur tuttavia non inficiando la bontà delle registrazioni. La scelta di effettuare più rilievi per una stessa zona ha potuto permettere di confrontare le tracce con quelle di rilievi limitrofi.

Stendimenti MASW. Il metodo di indagine attivo *MASW* (*Multichannel Analysis of Surface Waves*) è basato su una energizzazione sismica artificiale del suolo e sull'analisi spettrale delle onde superficiali di *Rayleigh* presenti nel segnale captato da un allineamento di sensori. La curva di dispersione delle onde di *Rayleigh*, che rappresenta la variazione di velocità di fase di tali onde al variare della frequenza, è essenzialmente condizionata dalla struttura del sottosuolo ed in particolare dalle variazioni con la profondità delle velocità delle onde S. Pertanto, utilizzando appositi formalismi è possibile stabilire una relazione (analiticamente complessa ma diretta) fra la forma della curva di dispersione e la velocità delle onde S nel sottosuolo. Tale relazione consente il calcolo di curve di dispersione teoriche a partire da modelli del sottosuolo a strati piano-paralleli e quindi l'individuazione del modello spessori degli strati - velocità di propagazione delle onde S, che meglio si adatta alle acquisizioni di campagna.

I rilievi *MASW* sono stati eseguiti tramite sismografo *PASi 16SGN-24*, che ha registrato i segnali captati da 12 geofoni da 4,5Hz posti a distanza di 5mt lungo uno stendimento totale di 60mt. L'energizzazione è stata fornita da una massa battente di 10Kg. I risultati, analizzati tramite software *WinMasw* hanno fornito una sezione monodimensionale, riferibile al punto centrale di ogni stendimento, costituita dallo spessore dei vari sismostrati e la relativa velocità di propagazione V_s delle onde *Sh*; per ogni stendimento è stata calcolata la V_{s30} . I *MASW*, congiuntamente ai rilievi *H/V* hanno permesso quindi conoscere la profondità di eventuali orizzonti di maggiore impedenza sismica che possono generare effetti di risonanza ed ampliamento degli effetti sismici di sito.

Di seguito vengono trattati i risultati delle indagini *H/V* e *MASW*.

PONTI DI PIEVESCOLA

Nell'area dei Ponti di Pievescola sono stati condotti 2 rilievi *H/V*: i rilievi *Tr1* e *Tr2* mostrano risultati concordi, delineando ambedue la presenza di un orizzonte di risonanza che produce notevole amplificazione sismica intorno ai 2Hz, compatibile con la presenza di substrato sismico rigido a circa 50-60mt di profondità. I picchi secondari sono compatibili con gli spessori delle alluvioni ricavabili dai dati geognostici e sismici di archivio. Gli spessori sono stati stimati sulla base del profilo *MASW* 6010 e del *Downhole* 6012. Le registrazioni sono affette da disturbi di carattere antropico a varie frequenze (prevalentemente intorno a 3,5Hz, 18Hz e sopra i 20Hz), si ritiene comunque che rimangano interpretabili ai fini del presente studio.

Nome	Luogo	PICCO	Frequenza di picco (Hz)	Ampiezza (H/V)	Profondità stimata (mt) ⁽¹⁾	Spessore stimato Copertura ⁽¹⁾
Tr1	Ponti di Pievescola	f0	1.88	3.8	~ 60	~ 60mt
		f1	16	2.6	~ 7	
Tr2	Ponti di Pievescola	f0	2.38	3.5	~ 50	~ 50mt
		f1	16	2.5	~ 7	

⁽¹⁾ Lo spessore della copertura è stato stimato con la formula $f = Vs / 4h$ e ricavando le velocità Vs dai profili MASW appositamente realizzati.

PIEVESCOLA

Nell'area di Pievescola le misure del rumore di fondo Tr3 e Tr4 mostrano un picco rilevante (ampiezza superiore a 3) a frequenze variabili da 1.75 a 2.5Hz, che in base alle Vs stimabili dai profili MASW 6014, 6015, 6018 collocherebbero l'orizzonte di risonanza a 40-50 metri di profondità; le stratigrafie relative dei pozzi reperiti in archivio riportano la presenza di terreni di alterazione limo-argillosi e sabbiosi che sormontano un orizzonte di detriti e calcare alterato, al di sopra del substrato rigido in posto, i cui spessori sono compatibili con le profondità stimate dei picchi HV.

Il rilievo Tr5 invece ha un profilo piuttosto piatto e mostra solo un picco alle alte frequenze, individuando la sensibile riduzione dello spessore dei sedimenti in aree limitrofe agli affioramenti di substrato roccioso della serie toscana.

I rilievi Tr1, Tr2 e Tr3 mostrano un evidente disturbo di origine industriale nell'intervallo 3-4Hz, intervallo che quindi non è stato considerato attendibile ai fini della caratterizzazione sismica dell'area.

Nome	Luogo	PICCO	Frequenza di picco (Hz)	Ampiezza (H/V)	Profondità stimata (mt) ⁽¹⁾	Spessore stimato Copertura ⁽¹⁾
Tr3	Pievescola	f0	1.75	3.6	~ 50	~ 50mt
Tr4	Pievescola	f0	2.5	3.2	40 - 45	40 - 45mt
		f1	25	2.9	< 5	
Tr5	Pievescola	f0	47,81	2.5	< 5	< 5mt

⁽¹⁾ Lo spessore della copertura è stato stimato con la formula $f = Vs / 4h$ e ricavando le velocità Vs dai profili MASW appositamente realizzati.

CASOLE D'ELSA

I rilievi tromometrici effettuati mostrano vari picchi secondari per lo più contenuti in ampiezza (Tr10) in corrispondenza delle aree di affioramento dei conglomerati; i tracciati H/V tendono ad appiattirsi ulteriormente su ampiezze prossime a 1 dove gli spessori di conglomerati sono più potenti (Tr8). In questi casi la presenza di litotipi più rigidi al di sopra di sequenze costituite da sedimenti meno addensati o compatti può mascherare orizzonti di netto contrasto di impedenza sismica. Laddove la successione risulta invece costituita da coperture sabbiose (SM12) sui conglomerati (GP11), viene evidenziato un orizzonte di amplificazione sismica di interesse (lettura tromometrica Tr9), il cui picco (di frequenza 14,22Hz e ampiezza > 3) è riferibile proprio al contatto fra successioni sabbiose e conglomeratiche cementate. Anche la lettura Tr7 evidenzia un passaggio fra litologie a diversa impedenza sismica, dove tuttavia l'ampiezza risulta inferiore a 3Hz.

Parimenti, le letture tromometriche effettuate nell'area de La corsina, non registrano picchi di interesse, con ampiezze contenute al di sotto di 3H/V (TrM1, Tr11, Tr20); la presenza di picchi di risonanza è comunque riconducibile, per spessori e tipologia, al contatto fra le successioni sabbiose-conglomeratiche e le sottostanti argille. La lettura del rilievo tromometrico Tr21 posizionato all'estremo Nord dell'area di recente edificazione indica invece un forte picco di amplificazione sismica, distribuito fra 10 e 20Hz di frequenza ed ampiezza massima di 3.

Il profilo MASW1 ha permesso di definire le velocità sismiche nei sedimenti sabbiosi e argillosi costituenti il substrato dell'area della Corsina.

Nome	Luogo	PICCO	Frequenza di picco (Hz)	Ampiezza (H/V)	Profondità stimata (mt) ⁽¹⁾	Spessore stimato Copertura ⁽¹⁾
Tr7	Casole d'Elsa (complesso scolastico)	f0	0.5	2.8	> 100	-
		f1	27	2.7	~ 7	
		f2	2.5	2	40 - 45	
Tr8	Casole d'Elsa	f0	0.63	2.1	> 100	-
		f1	28	1.6	< 5	

Nome	Luogo	PICCO	Frequenza di picco (Hz)	Ampiezza (H/V)	Profondità stimata (mt) ⁽¹⁾	Spessore stimato Copertura ⁽¹⁾
Tr9	Casole d'Elsa - Orli	f0	14.22	3.6	5 - 8	-
		f1	5	2.6	~ 25	
		f2	0.6	2.5	> 100	
Tr10	Casole d'Elsa - Orli	f0	9.25	2.6	10 - 15	-
Tr11	Casole d'Elsa - La Corsina	f0	7,72	2,5	15 - 20	-
		f1	0,7	2,1	> 100	
TrM1	Casole d'Elsa - La Corsina	f0	7.0	2,4	15 - 20	-
		f1	22,0	2,0	< 5	
Tr20	Casole d'Elsa - La Corsina	f0	0.63	3.0	> 100	> 100
		f1	45	2,4	< 5	
Tr21	Casole d'Elsa - La Corsina	f0	13	3.0	8 - 10	> 100
		f1	0.6	2.5	> 100	

⁽¹⁾ Lo spessore della copertura è stato stimato con la formula $f = Vs / 4h$ e ricavando le velocità Vs dai profili MASW appositamente realizzati.

Nome	Luogo	lunghezza	N°geofoni	Vs30	Spessore stimato Copertura ⁽¹⁾
MASW1	La Corsina	60mt	12	517 m/s	-

MENSANO

Presso Mensano, in corrispondenza dell'area di nuova espansione residenziale, è stato effettuato un MASW (MASW5) ed il rilievo tromometrico TrM5. Lo stendimento MASW ha individuato un primo sismostrato di 12 metri di spessore caratterizzato da velocità di propagazione delle onde S fra 400 e 450m/s, che poi passano a 600m/s attraverso terreni più compatti. Il rilievo HVSR ha restituito un tracciato H/V sostanzialmente privo di picchi rilevanti; il picco di risonanza f0 è da mettere in relazione con l'orizzonte di discontinuità individuato anche dal MASW a circa 12mt.

Nome	Luogo	PICCO	Frequenza di picco (Hz)	Ampiezza (H/V)	Profondità stimata (mt) ⁽¹⁾	Spessore stimato Copertura ⁽¹⁾
TrM5	Mensano	f0	14.22	2.5	7 - 10	-
		f1	28	2.0	< 5	

⁽¹⁾ Lo spessore della copertura è stato stimato con la formula $f = Vs / 4h$ e ricavando le velocità Vs dai profili MASW appositamente realizzati.

Nome	Luogo	lunghezza	N°geofoni	Vs30	Spessore stimato Copertura ⁽¹⁾
MASW5	Mensano	60mt	12	527 m/s	-

MONTEGUIDI

Sono state realizzate due misure tromometriche per valutare il possibile contrasto di impedenza fra le coperture detritiche / conglomeratiche e le sottostanti argille. Il rilievo Tr18, eseguito quasi alla sommità del rilievo di Monteguidi non presenta un picco nitido, piuttosto un tratto di tracciato da 2.5 a 6Hz, in cui tuttavia l'ampiezza risulta rilevante (~3); il rilievo Tr19 invece presenta un picco più netto a 2,72Hz, di ampiezza superiore a 3; dal confronto delle 2 misure si può considerare il valore di 2.7Hz come la risonanza fondamentale del sito.

Nome	Luogo	PICCO	Frequenza di picco (Hz)	Ampiezza (H/V)	Profondità stimata (mt) ⁽¹⁾	Spessore stimato Copertura ⁽¹⁾
Tr18	Monteguidi	f0	6.6	2.8	15 - 20	-
		f1	21	2.0	< 5	
Tr19	Monteguidi	f0	2.72	3.1	30 - 40	-
		f1	50	1.8	< 5	

⁽¹⁾ Lo spessore della copertura è stato stimato con la formula $f = Vs / 4h$ e ricavando le velocità Vs dai profili MASW appositamente realizzati.

IL MERLO

La stratigrafia tipo dell'area del Merlo, ricostruita attraverso indagini di campagna e dati geognostici di archivio, è costituita una successione di argilliti grigie con strati calcarei micritici decimetrici (argillite

a Palombini) sovrascorse alle formazioni della falda toscana delle anidriti, dolomie e gessi (Anidriti di Burano).

Sono stati condotti nella zona 3 rilievi tromometrici e uno stendimento MASW di 60mt. Lo stendimento MASW4 è stato realizzato nel versante opposto all'ex sito estrattivo "Liggiano", ed ha individuato 5 sismostrati: i primi 3 sismostrati, che comprendono uno spessore di suolo di 12mt sono caratterizzati da velocità di propagazione delle onde S che aumenta progressivamente da 280 a 400 m/s, al di sotto è presente substrato sismico con Vs che passa da 600 a 700 m/s. I rilievi HVSR TrM4 e Tr14 presentano picchi importanti con ampiezza > 3 nell'intervallo 3 – 9 Hz, collocando quindi la profondità del substrato sismico a profondità variabili da 8 a 15mt. La misura Tr23 è stata fatta in prossimità di installazioni industriali in funzione, ed è quindi affetta da intensi disturbi, che tuttavia si manifestano prevalentemente nell'intervallo di frequenza sopra i 10 Hz, permettendo di cogliere il picco f_0 a 4.47 Hz, originato dal contatto copertura – substrato sismico posto a circa 15 – 20mt di profondità.

Nome	Luogo	PICCO	Frequenza di picco (Hz)	Ampiezza (H/V)	Profondità stimata (mt) ⁽¹⁾	Spessore stimato Copertura ⁽¹⁾
TrM4	Il Merlo	f_0	4.5	3	~ 15	~ 15mt
Tr14	Il Merlo	f_0	8.69	3.5	8 - 10	8 – 10mt
Tr23	Il Merlo	f_0	4.47	4.5	15 – 20	15 – 20mt

⁽¹⁾ Lo spessore della copertura è stato stimato con la formula $f = Vs / 4h$ e ricavando le velocità Vs dai profili MASW appositamente realizzati.

Nome	Luogo	lunghezza	N°geofoni	Vs30	Spessore stimato Copertura ⁽¹⁾
MASW4	Liggiano	60mt	12	462 m/s	~ 16

CAVALLANO

Le misure tromometriche effettuate a Cavallano (Tr 12, Tr13) hanno fornito risultati non correlabili fra di loro, indicando che il substrato è qui molto variabile dal punto di vista della velocità di propagazione delle onde sismiche. Il rilievo Tr12 non presenta picchi significativi, mentre il rilievo Tr13 presenta un picco di ampiezza 4 originato a 3.91Hz di frequenza; tale risultato sembrerebbe correlabile con il picco a 5Hz evidenziato dal rilievo tromometrico di archivio 4952002, il quale tuttavia mostra anche un picco più importante a 8.09Hz. I rilievi MASW di archivio restituiscono risultati non concordanti pur essendo stati realizzati in prossimità l'uno dall'altro (3433001, 6019, 4952001). Il substrato, costituito qui da breccie eterometriche in matrice limo-sabbiosa talvolta prevalente (Nrbr) presenta estrema variabilità quanto a composizione e cementazione, rendendo difficile una più accurata distinzione.

Nome	Luogo	PICCO	Frequenza di picco (Hz)	Ampiezza (H/V)	Profondità stimata (mt) ⁽¹⁾	Spessore stimato Copertura ⁽¹⁾
Tr12	Cavallano	f_0	3.0	2.2	-	-
Tr13	Cavallano	f_0	3.91	4	~ 20	~ 20mt
4952002	Cavallano	f_0	8.09	5.5	~ 10	~ 10mt
		f_1	5	4.2	~ 30	

⁽¹⁾ Lo spessore della copertura è stato stimato con la formula $f = Vs / 4h$ e ricavando le velocità Vs dai profili MASW appositamente realizzati.

IL PIANO

I rilievi tromometrici eseguiti nell'area del Piano individuano tutti dei chiari picchi, di ampiezza > 3H/V che individuano quindi orizzonti di forte amplificazione del segnale; in base alle frequenze è inoltre possibile distinguere 2 gruppi di risposte, coesistenti anche all'interno della stessa traccia (Tr15): i picchi con frequenza < di 2.5Hz sono quelli di ampiezza maggiore (fino a 7H/V) e corrispondono probabilmente alla base del substrato sismico rigido collocabile a profondità variabili fra 30 e 40mt, mentre i picchi a frequenza fra 3-5Hz potrebbero riferirsi alla base dei sedimenti lacustri (profondità stimabili in 15-25mt) ove sormontano formazioni argillitiche non rigide.

Quasi tutte le misure sono affette da disturbi legati alle attività industriali dell'area, a frequenze di 6 – 9Hz, che tuttavia non si sovrappongono ai picchi osservati e hanno permesso comunque una soddisfacente interpretazione dei tracciati HVSR.

I MASW realizzati hanno restituito velocità sismiche Vs variabili da 150 a 280m/s; presso gli impianti sportivi, si è registrato un progressivo innalzamento delle velocità oltre i 30mt.

Nome	Luogo	PICCO	Frequenza di picco (Hz)	Ampiezza (H/V)	Profondità stimata (mt) ⁽¹⁾	Spessore stimato Copertura ⁽¹⁾
TrM2	Il Piano	f0	2,03	4	30-35	30-35mt,
		f1	21	2	< 5	
Tr15	Il Piano	f0	4,91	4,3	~ 15	35-40mt,
		f1	1,9	3,2	40-50	
TrM3	Il Piano	f0	2,25	6,9	30-35	30-35mt,
Tr16	Il Piano	f0	3,06	6,5	20-25	20-25mt,
		f1	31	2	< 5	
Tr17	Il Piano	f0	2,38	7	25-30	25-30mt,

⁽¹⁾ Lo spessore della copertura è stato stimato con la formula $f = Vs / 4h$ e ricavando le velocità Vs dai profili MASW appositamente realizzati.

Nome	Luogo	lunghezza	N°geofoni	Vs30	Spessore stimato Copertura ⁽¹⁾
MASW2	Il Piano – Impianti sportivi	60mt	12	257 m/s	~60
MASW3	Il Piano - S.P. Casole n°27	60mt	12	292 m/s	-

LUCCIANA

Il rilievo tromometrico Tr22 è stato eseguito in un campo limitrofo ad aree di affioramento di calcare cavernoso. La registrazione ha individuato alcuni picchi nell'intervallo 3 – 22Hz, il cui principale a frequenza 3.06Hz. Tali picchi non sono tuttavia ritenuti importanti (ampiezza < 3H/V) soprattutto per quelli con frequenza di interesse ingegneristico e sono probabilmente da mettere in relazione ad eventuali discontinuità più o meno profonde del calcare cavernoso. La misura risulta affetta da alcuni disturbi non penalizzanti a 5-6Hz.

Nome	Luogo	PICCO	Frequenza di picco (Hz)	Ampiezza (H/V)	Profondità stimata (mt) ⁽¹⁾	Spessore stimato Copertura ⁽¹⁾
tr22	Lucciana	f0	3.06	2.7	> 50	-
		f1	9	1.7	~ 20	
		f2	22	2.4	~ 8	

⁽¹⁾ Lo spessore della copertura è stato stimato con la formula $f = Vs / 4h$ e ricavando le velocità Vs dai profili MASW appositamente realizzati.

6. MODELLO LITOLOGICO DEL SOTTOSUOLO

Il modello litologico del sottosuolo è stato ricostruito a partire dalla cartografia geologica ufficiale CARG fornita dalla Regione Toscana. Effettuando controlli incrociati in campagna e sui dati di base descritti al Cap.5 la cartografia di base non è risultata sufficientemente dettagliata per gli scopi del presente studio. Si è quindi proceduto ad effettuare rilievi geologico-tecnici mirati nelle aree urbane di cui alla Fig.1; i rilievi a terra sono stati accompagnati da interpretazione su foto aeree e ortofotocarte reperite presso la Regione Toscana e la Provincia di Siena. È stato così possibile ricostruire gli assetti litologici, stratigrafici e strutturali dei terreni costituenti il substrato.

Le unità litologico-tecniche sono state suddivise in substrato rigido/non rigido, e terreni di copertura. Di seguito sono riportate le descrizioni in dettaglio.

SUBSTRATO RIGIDO - Rientrano in questo gruppo i litotipi che, in base ai rilievi di campagna ed ai risultati delle indagini geognostiche, presentano carattere litoide rigido; le indagini simiche indicano per queste unità delle Vs > 800 m/s.

LP – Substrato geologico lapideo costituito da ammassi rocciosi non stratificati con livello di fratturazione da basso a medio.

LPS – Substrato geologico lapideo costituito da ammassi rocciosi stratificati con livello di fratturazione da basso a medio.

AL – Substrato geologico rigido costituito da alternanza di litotipi con stratificazione assente o comunque non pervasiva sull'ammasso roccioso e fratturazione media.

GR – Substrato geologico rigido granulare.

SUBSTRATO NON RIGIDO - Sono stati inseriti in questa classificazione i litotipi che possiedono caratteristiche litologiche intermedie fra quelle delle coperture e del substrato geologico, oppure pur presentando localmente cementazione tenace o forte coesione, sono caratterizzati comunque da estrema variabilità sia in senso orizzontale che verticale. Le indagini sismiche su questi litotipi restituiscono velocità delle onde Sh inferiori a 750 m/s.

NRgr – Conglomerati puliti con granulometria poco assortita in matrice sabbiosa e limosa scarsa, clasto-sostenuti, molto addensati ed estremamente cementati negli affioramenti tipici. Associate anche bancate arenacee a grana medio-grossa, tenaci.

Sondaggio	Tipo	Profondità strato		Prof. (SPT)	Statistiche penetrometrie			Nspt
		Da (m)	A (m)		min.	max	media	
6003	SPT	-	-	-1	-	-	-	24
		-	-	-3	-	-	-	Rif.
6004	N20	0	-0.8	-	3	8	5	-
		-0.8	-1.2	-	51	69	60	-
6016	SPT	-1	-6.8	-2	-	-	-	36
		-1	-6.8	-5	-	-	-	66
		-5.8	-14.5	-8	-	-	-	72
		-5.8	-14.5	-12	-	-	-	87
1379004	SPT	-	-	-1.5	-	-	-	40
		-	-	-3.2	-	-	-	Rif.
2567001	SPT	-	-	-2	-	-	-	Rif.
		-	-	-3	-	-	-	31
		-	-	-5.1	-	-	-	Rif.
4554002	N20	0	-1.2	-	1	3	2	-
		-1.2	-4.6	-	3	8	6	-
		-4.6	-6.0	-	10	20	16	-
		-6	-64.0	-	29	50	40	-

NRbr – Breccie calcaree eterometriche in matrice limo-sabbiosa talvolta prevalente, a tratti cementate, da consistente a estremamente consistente.

Sondaggio	Tipo	Profondità strato		Prof. (SPT)	Statistiche penetrometrie			Nspt
		Da (m)	A (m)		min	max	media	
6019	SPT	-	-	-2.4	-	-	-	27
		-	-	-5.5	-	-	-	36
		-	-	-8.5	-	-	-	Rif.
6030	N20	0	-1.4	-	2	6	4	-
		-1.4	-2.2	-	17	26	21	-
3433002	N20	0	-1	-	2	6	4	-
		-1	-8	-	8	24	14	-
		-8	-8.4	-	26	45	36	-
4952005	N20	0	-0.4	-	5	6	6	-
		-0.4	-7.6	-	4	75	13	-
		-7.6	-8.6	-	16	48	24	-

NRcos – Argilliti grigie sovraconsolidate stratificate con livelli decimetrici di calcare micritico grigio con netta prevalenza della componente pelitica; spesso presenti in affioramento in assetto caotico a causa dell'alterazione della compagine argillitica.

Sondaggio	Tipo	Profondità strato		Prof. (SPT)	Statistiche penetrometrie			Nspt
		Da (m)	A (m)		min	max	media	
6012	SPT	-	-	-12	-	-	-	Rif.
2876002	N20	0	-1	-	1	2	1	-
		-1	-4	-	2	15	7	-

TERRENI DI COPERTURA - Rispetto alla classificazione adottata per gli studi di Microzonazione Sismica, i depositi mio-pliocenici risultano difficilmente inquadrabili, poiché soprattutto le formazioni arenacee e sabbiose presentano caratteristiche talvolta variabili sia verticalmente che planimetricamente: infatti la cementazione dei clasti è spesso tenace, Tuttavia queste formazioni

sono anche facilmente alterabili in superficie esposta e spesso sono presenti almeno 3-5 metri di suolo classificabile come terreno di copertura più o meno consistente o compatto. Quindi, anche in base alle risposte delle indagini sismiche (MASW, profili a rifrazione, tomometrie) le formazioni argillose o sabbioso - conglomeratiche mioceniche e plioceniche sono state annesse ai terreni di copertura.

RI – Terreni con resti di attività antropica, terreni di riporto, terrapieni. Terreni di riempimento eterogenei. Possono essere compattati artificialmente o inconsistenti.

GM11 – Conglomerati poligenici con ciottoli di dimensioni medie o piccole in matrice sabbioso argillosa matrice-sostenuti o clasto-sostenuti, soprattutto negli orizzonti costituiti da ciottolame di pezzatura più fine. Addensati e localmente cementati.

Sondaggio	Tipo	Profondità strato		Prof. (SPT)	Statistiche penetrometrie			Nspt
		Da (m)	A (m)		min	max	media	
2495001	SPT	-7.5	-8	-7.5	-	-	-	Rif.
2495002	SPT	-1.5	-3	-1.5	-	-	-	14
2495003	SPT	-2.9	-3.1	-3	-	-	-	Rif.
2495003	SPT	-4.5	-4.7	-4.5	-	-	-	Rif.
2495003	SPT	-8	-10	-9	-	-	-	17

GM13tf – Depositi alluvionali terrazzati costituiti prevalentemente da ghiaie e ciottoli con sabbie in matrice limosa più o meno abbondante. Poco consistenti.

Sondaggio	Tipo	Profondità strato		Prof. (SPT)	Statistiche penetrometrie			Nspt
		Da (m)	A (m)		min	max	media	
6010	N10	0	-0.9	-	2	60	23	-
6010	N10	-0.9	-3.6	-	9	52	27	-
6011	N10	0	-1.2	-	2	6	4	-
6011	N10	-1.2	-5.4	-	18	60	34	-

GM13fd – Falda detritica costituita da sabbie limose poco addensate con breccie\conglomerati di dimensioni eterometriche con addensamento molto variabile.

Sondaggio	Tipo	Profondità strato		Prof. (SPT)	Statistiche penetrometrie			Nspt
		Da (m)	A (m)		min	max	media	
Mensano								
3658002	N20	0	-1.4	-	3	5	4	5
3658002	N20	-1.4	-4.6	-	7	37	22	17
3670001	N20	0	-0.8	-	5	10	8	5
3670001	N20	-0.8	-7.4	-	11	20	15	23
9002001	SPT	-3.7	-6.7	-3.7	-	-	-	30
9002001	SPT	-6.7	-8.7	-7	-	-	-	53
9002001	SPT	-8.7	-12	-8.7	-	-	-	41
9002001	SPT	-8.7	-12	-12	-	-	-	71
Monteguidi								
9002001	SPT	-3.7	-6.7	-3.7	-	-	-	30

SM12 – Sabbie e sabbie limose con grana per lo più medio fine con subordinati livelli conglomeratici matrice-sostenuti (conglomerati fino a 5 cm di diametro). Generalmente hanno addensamento moderato anche se sono presenti bancate più cementate.

Sondaggio	Tipo	Profondità strato		Prof. (SPT)	Statistiche penetrometrie			Nspt
		Da (m)	A (m)		min	max	media	
6001	SPT	-2	-9.6	-5.5	-	-	-	53
6001	SPT	-8.6	-14.0	-12	-	-	-	48
1770001	SPT	-0.8	-3.8	-3.4	-	-	-	20
1770001	SPT	-3.8	-9	-5.2	-	-	-	30
1770001	SPT	-3.8	-9	-8.2	-	-	-	Rif.
2260002	N20	0	-0.8	-	12	14	13	-
2260002	N20	-0.8	-1.6	-	20	50	35	-
4970002	N20	0	-4.8	-	5	15	9	-
4970002	N20	-4.8	-5	-	45	45	45	-

OL25ec – depositi eluvio-colluviali costituiti da limi organici e argille limose organiche di bassa

plasticità con subordinate sabbie e occasionali ciottoli, poco consistenti. Si localizzano prevalentemente come riempimento di vallecole secondarie su formazioni mio-plioceniche.

Sondaggio	Tipo	Profondità strato		Prof. (SPT)	Statistiche penetrometrie			Nspt
		Da (m)	A (m)		min	max	media	
2412001	SPT	0	-3.5	-3	-	-	-	11
4399001	N20	0	-4.8	-	2	8	4	-
4399001	N20	-4.8	-7.8	-	7	11	9	-
4554004	N20	0	-2.6	-	1	15	8	-
4554004	N20	-2.6	-6.8	-	5	25	12	-

ML13ec – Limi argillosi, sabbie fini con rari ciottoli centimetrici: mediamente addensati e consistenti, possono essere presenti orizzonti sabbiosi addensati. Derivano processi di alterazione e trasporto di entità non precisabile.

Sondaggio	Tipo	Profondità strato		Prof. (SPT)	Statistiche penetrometrie			Nspt
		Da (m)	A (m)		min	max	media	
6012	SPT	-0.3	-2.8	-1.5	-	-	-	41
6012	SPT	-2.8	-5.2	-3	-	-	-	19
6012	SPT	-2.8	-5.2	-4.5	-	-	-	28
6032	N20	0	-9.6	-	1	25	11	-
6033	N20	0	-9.6	-	1	47	15	-
9001003	SPT	-1	-5.2	-4.7	-	-	-	33
9001003	SPT	-6.5	-10.5	-9.8	-	-	-	28
9001008	Rp	-0.8	-2	-	10	20	15	-
9001008	Rp	-2	-6.2	-	32	55	43	-
9001008	Rp	-6.2	-8.2	-	70	220	116	-
9001018	N20	-0.8	-8.4	-	6	18	10	10
9001024	Rp	-1	-3.6	-	70	80	75	-
9001024	Rp	-3.6	-8	-	25	30	27	-
9001024	Rp	-8	-8.8	-	35	45	40	-
9001024	Rp	-8.8	-13.8	-	35	50	40	-

ML24lc – Limi argillosi di bassa plasticità, di ambiente deposizionale lacustre. Le prove penetrometriche statiche e dinamiche pesanti effettuate su questi depositi indicano una consistenza moderata - media.

Sondaggio	Tipo	Profondità strato		Prof. (SPT)	Statistiche penetrometrie			Nspt
		Da (m)	A (m)		min	max	media	
1288001	Rp	0	-2	-	4	55	24	-
1288001	Rp	-2	-6	-	23	60	37	-
1288002	Rp	0	-2	-	19	63	41	-
1288002	Rp	-2	-4	-	63	350	219	-
1784002	Rp	-1	-10.2	-	23	48	34	-
2893001	Rp	-1.6	-8	-	25	234	45	-
2893001	Rp	-8	-11	-	37	77	45	-
2893001	Rp	-11	-12	-	33	37	35	-
4984001	N20	-0.6	-3	-	2	5	3	-
4984007	N20	-1.2	-2.2	-	3	4	4	-

CL21 – Argille inorganiche di media plasticità estremamente consistenti. Subordinati livelli più sabbiosi e talvolta lenti o livelletti arenacei o ghiaiosi. E' riferita la presenza di livelli di lignite.

Sondaggio	Tipo	Profondità strato		Prof. (SPT)	Statistiche penetrometrie			Nspt
		Da (m)	A (m)		min	max	media	
6049	SPT	-3.2	-10	-4	-	-	-	Rif.
6049	SPT	-3.2	-10	-5.9	-	-	-	Rif.
2213001	SPT	-6.1	-12.5	-7	-	-	-	37
2412001	SPT	-7	-10	-9	-	-	-	Rif.
2412003	SPT	-5.3	-10	-5.5	-	-	-	37
2620001	N20	0	-2	-	1	3	1	-
2620001	N20	-2	-6	-	4	23	12	-
2620001	N20	-6	-9.4	-	14	44	30	-
9002001	SPT	-6.7	-8.7	-7	-	-	-	53

Le indagini geologiche e i dati di base hanno permesso di suddividere il territorio in studio in zone per le quali è stata definita una stratigrafia tipo delle unità litologiche e una stima indicativa degli spessori e della profondità dell'orizzonte ipotizzato essere il substrato rigido quando presente. La distribuzione

areale delle varie zone è riportata nelle Tavv.ms2 – *Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica*.

7. FREQUENZE FONDAMENTALI DEI DEPOSITI

I risultati della campagna di misure H/V sono stati elaborati per definire i valori, o l'intervallo di valori, delle frequenze fondamentali (tipicamente corrispondenti al picco f_0) dei terreni di copertura per i quali si sono registrati picchi più o meno significativi di risonanza. In tal modo le successioni sedimentarie costituenti il substrato possono essere caratterizzate in funzione della frequenza di risonanza principale e, utilizzando la correlazione se ne può stimare lo spessore.

Le misure H/V utilizzate sono riportate nelle TAVV. ms2 'Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica' alla scala 1:2.000 e nelle figg.6,7,8,9 alla scala 1:10.000; i picchi di risonanza f_0 sono rappresentati utilizzando cerchi di dimensioni proporzionali alla frequenza di risonanza e colore dipendente dall'ampiezza del picco (distinguendo fra ampiezze minori di 2, comprese fra 2 e 3 e maggiori di 3).

8. ELABORATI CARTOGRAFICI

Di seguito sono descritti gli elaborati cartografici prodotti per lo studio di MS. La rappresentazione cartografica segue le specifiche tecniche e grafiche del '*Vademecum operativo per la redazione delle indagini e studi di MS di livello 1*' – Regione Toscana.

8.1. Carta geologico-tecnica e delle indagini

La carta geologico-tecnica e delle indagini (Tavv. Ms1) rappresenta in scala 1:2.000 gli elementi litologici, strutturali e geomorfologici evidenziando gli aspetti che risultano importanti per la definizione degli effetti di sito. Tutti gli elementi geomorfologici derivano dalle indagini effettuate per il PS, riveduti ed aggiornati in base a nuovi rilievi di campagna e fotointerpretazione; in alcuni limitati casi si è proceduto a piccole modifiche rientranti nell'adattamento cartografico dalla scala 1:10.000 (PS) alla scala 1:2.000 (MS). In particolare, sono riportati:

1) Classificazione geologico-tecnica delle unità descritte al Cap.6; le unità litologico-tecniche sono state individuate a partire dalla cartografia geologica CARG e rivista per le finalità degli studi di MS tramite rilievi geologici specifici in campagna.

2) Ubicazione delle indagini geotecniche e geofisiche di archivio o realizzate ex-novo, sono state indicate:

Indagini geognostiche

- Sondaggi a carotaggio continuo, con prelievo di campioni, prove SPT in foro
- prove penetrometriche statiche
- prove penetrometriche dinamiche leggere\pesanti
- Trincee\saggi esplorativi
- Piezometri
- Perforazioni per captazione idrica

Indagini geofisiche

- Rilievi tromometrici
- DownHole
- MASW
- Stendimenti sismici a rifrazione

sono stati riportati anche i numeri di archivio relativi ai risultati contenuti nell'allegato 1.

In corrispondenza dei piezometri e delle captazioni idriche sono riportati anche dati idrogeologici disponibili (profondità del sondaggio e della falda).

3) Elementi tettonico-strutturali. Sono riportate le faglie (dirette o trascorrenti) derivanti dalla carta geologica CARG ed eventualmente riviste sulla base di evidenze di campagna e fotointerpretazione. Sono state segnalate anche alcune lineazioni individuate esclusivamente da evidenze morfologiche e fotointerpretative.

4) Elementi geologici. Riportano le giaciture degli strati, derivati dalla cartografia CARG o misurate direttamente in campagna.

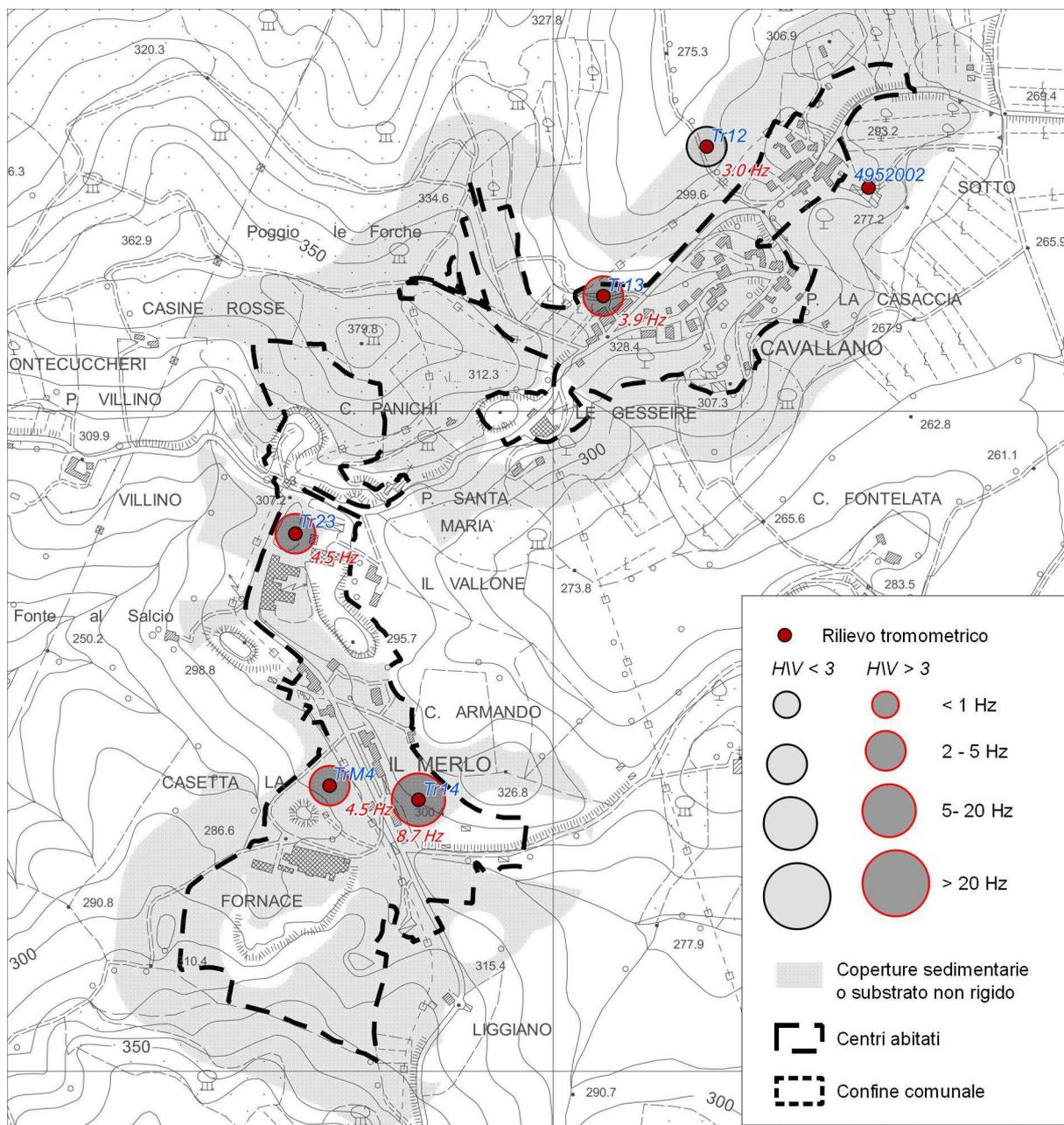


Figura 6: Frequenze di risonanza fondamentale dei depositi: il Merlo, Cavallano

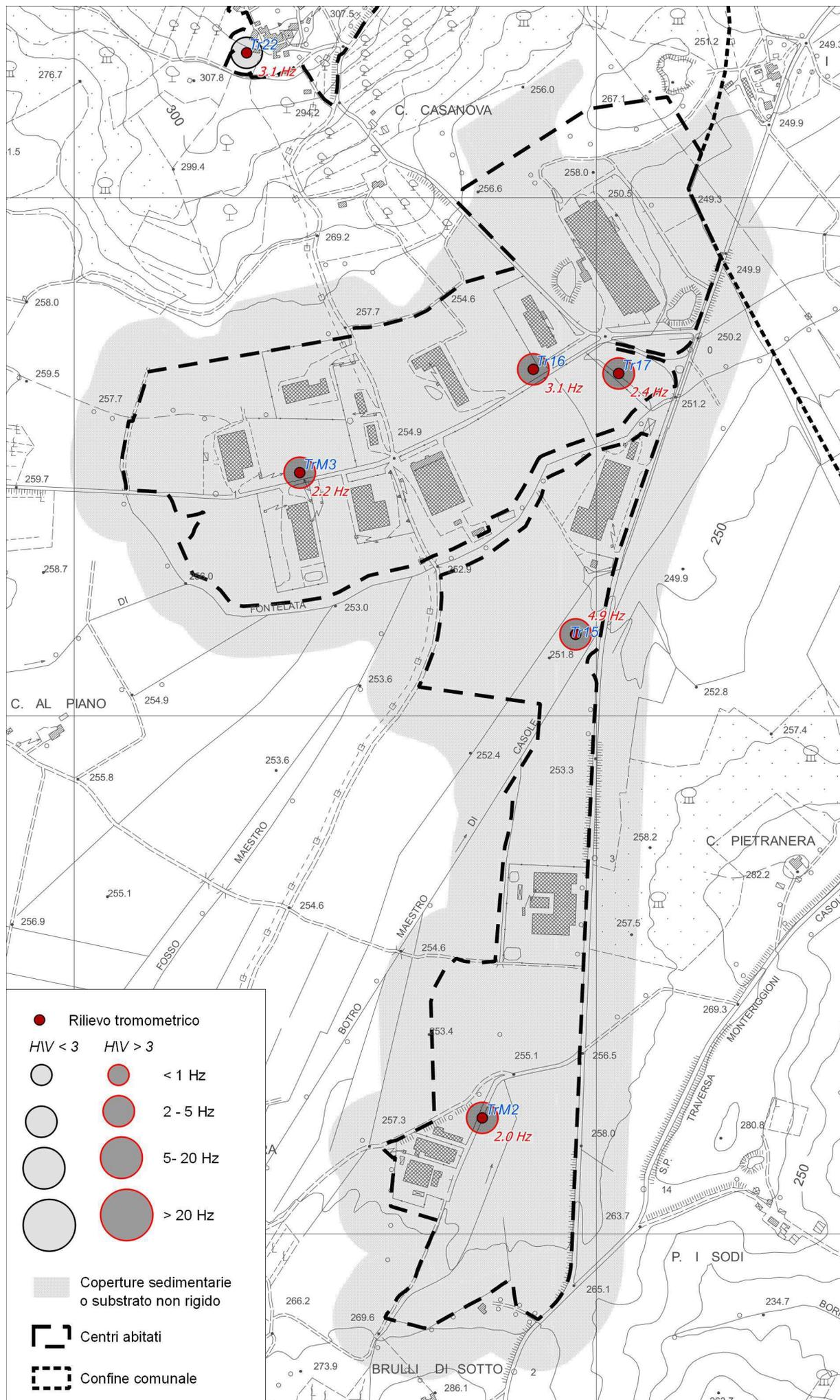


Figura 8: Frequenze di risonanza fondamentale dei depositi: il Piano, Lucciana

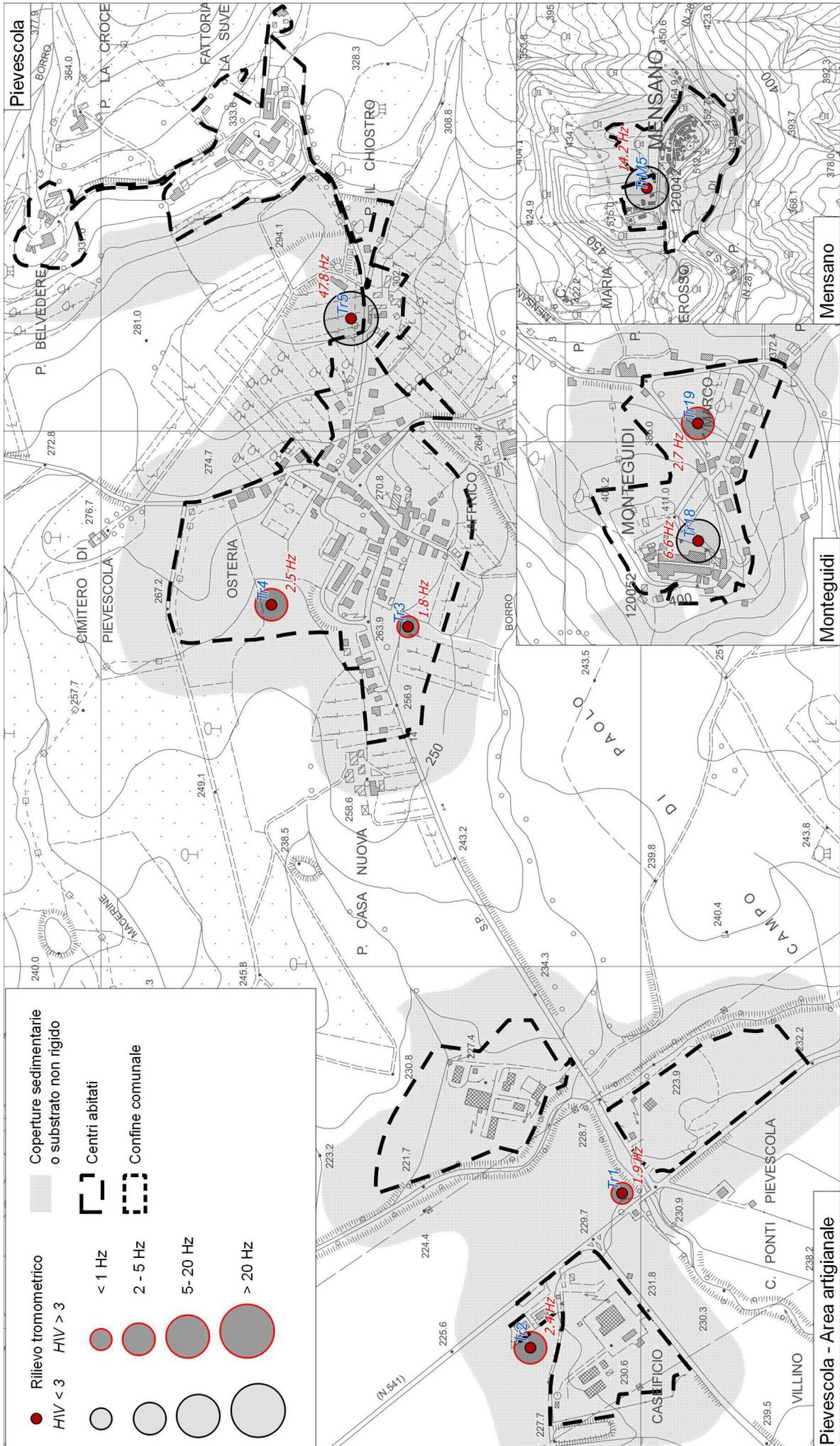


Figura 9: Frequenze di risonanza fondamentale dei depositi: Pevescola, Mensano e Monteguidi

5) Instabilità di versante. Gli elementi geomorfologici relativi alla stabilità dei versanti sono stati ripresi dai rilievi effettuati per il PS comunale e verificati in campagna: in occasione di questi controlli sono state rilevate 2 frane: una, attivatasi nel periodo maggio-giugno 2013 nel versante a monte della S.P. di Casole d'Elsa – Cavallano presso le gesserie; l'altra è una integrazione alle cartografie del PS trattandosi di un corpo di frana inattivo sottostante il centro storico di Casole precedentemente non cartografato. Gli elementi geomorfologici sono stati classificati in base alla tipologia (frana complessa, - distinte in nicchia di distacco, zona di distacco e zona di accumulo, franosità diffusa superficiale, calanchi, versanti/scarpate) e all'attività (attiva, quiescente e inattiva).

6) Forme sepolte e di superficie. Sono costituite dagli elementi lineari descrittivi la morfologia dell'area:

- scarpate, con altezza < di 10mt, compresa fra 10 e 20mt, o > di 20mt;
- orli di terrazzo fluviale con altezza compresa entro 10mt;
- creste;
- vallecicole sepolte strette ($C \geq 0,25$) e larghe ($C < 0,25$);

8.2. MICROZONAZIONE SISMICA

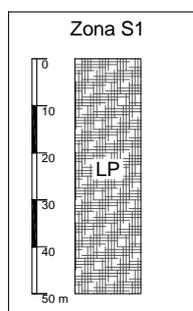
La carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica rielabora gli elementi litologico-tecnici, strutturali e geomorfologici di cui al Cap.8.1 con lo scopo di individuare le aree in cui è possibile il verificarsi, durante un sisma, di effetti di amplificazione dell'onda sismica stessa o la riattivazione/accelerazione di processi gravitativi.

A tale scopo il substrato è classificato in tre categorie:

- a) **zone stabili**, caratterizzate da substrato geologico rigido in affioramento o entro i 3mt dal p. c. nelle quali non si ipotizzano effetti locali di rilievo di alcuna natura;
- b) **zone stabili** suscettibili di amplificazioni locali, nelle quali sono attese amplificazioni del moto sismico, quale effetto della successione stratigrafica tipo che le caratterizza;
- c) **zone suscettibili di instabilità**, nelle quali gli effetti sismici attesi e predominanti sono riconducibili a fenomeni gravitativi di versante in atto o riattivabili da un evento tellurico.

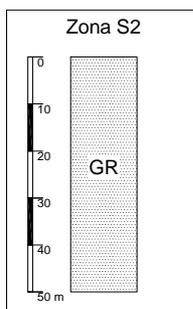
Sono state individuate 18 microzone omogenee determinate in funzione dei criteri sopra esposti che vengono descritte di seguito. Si precisa che i terreni di riporto o le coperture detritiche con spessori stimati inferiori a 5mt non sono state riportate nelle stratigrafie pur essendo stati per correttezza cartografati:

ZONE STABILI

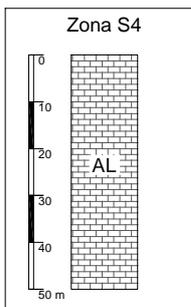


La **zona S1** corrisponde alle aree con substrato lapideo costituito da:

- 1) litotipi massicci e generalmente omogenei, privi di stratificazione quali Calcarea Cavernoso, peridotiti, basalti e diaspri (*LP*). I MASW realizzati su queste zone (area di Lucciana e dei Ponti di Pievescola) hanno restituito Vs comprese fra 790 e 1350m/s. (Aree dei Ponti di Pievescola-Val d'Arbia, Lucciana).
- 2) litotipi di natura carbonatica o siltitico-carbonatica, in cui è presente una stratificazione più o meno accentuata (*LPS*). Anche per i litotipi costituenti questa zona non esistono misure dirette delle Vs che tuttavia possiamo ipotizzare maggiori di 800m/s considerando le condizioni degli ammassi rocciosi esaminate in affioramento. (Aree di Pievescola, Mensano).

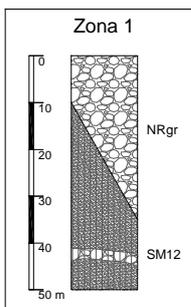


La **zona S2** corrisponde alle aree di affioramento dei litotipi lapidei granulari, corrispondenti alle anageniti metamorfiche, con spessori stimati superiori ai 50mt.

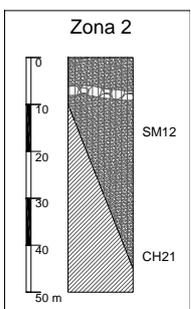


La **zona S4** è individuata in corrispondenza degli affioramenti di substrato geologico rigido costituito da dolomie e anidriti per lo più idrate (gessi) (*AL*). Non sono state reperite o effettuate indagini sismiche su questo litotipo, tuttavia date le caratteristiche in affioramento è possibile ipotizzare delle $V_s > 800\text{m/s}$. (Aree de Il Merlo).

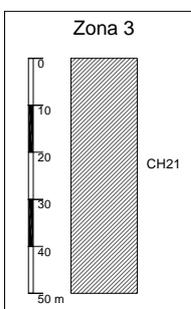
ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI LOCALI



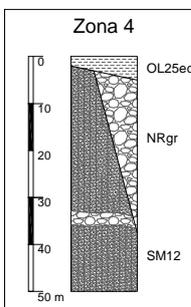
La **zona 1** si riferisce alle aree con substrato costituito da conglomerati clasto-sostenuti e cementati (*NRgr*) con spessori stimati fino a 35mt, che poggiano direttamente o sono alternati a sabbie limose ed arenarie con livelli di ciottoli (*SM12*). I vari MASW e profili a rifrazione realizzati nelle aree di Casole d'Elsa-Orli in corrispondenza degli affioramenti più estesi, indicano per i conglomerati velocità V_s rapidamente crescenti fino a superare i 575 m/s, con caratteristiche quasi simili a quelle di un vero e proprio substrato sismico rigido. Gli HV non registrano picchi di risonanza importanti per la zona 1.



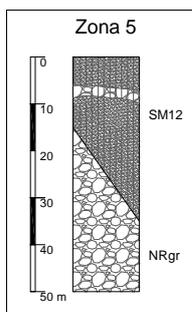
Come stratigrafia la **zona 2** è caratterizzata da substrato sabbioso-limoso da mediamente compatto a molto compatto o cementato (arenarie) (*SM12*), di spessore osservato nell'area di studio variabile da 10 a 45mt, poggiate su argille massicce (*CH21*). La velocità di trasmissione delle onde Sh misurata nell'area-tipo de La Corsina tramite MASW ha raggiunto valori massimi di 500 m/s, che passano poi a 650-750 m/s nelle sottostanti argille. In accordo, i rilievi HV non individuano picchi di ampiezza importante ($H/V = 2.4$). (Area di Casole d'Elsa).



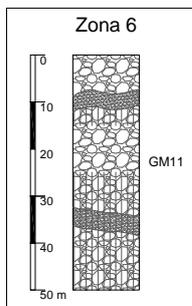
La **zona 3** accomuna le aree di affioramento di Argille massicce estremamente consistenti con livelletti sabbiosi e conglomerati. Le indagini sismiche effettuate Ovest del capoluogo hanno indicato velocità V_s di 650-750 m/s già a circa 15mt di profondità ma è presumibile che in superficie tendano a decrescere notevolmente. (Area di Casole d'Elsa, Il Merlo, Mensano e Monteguidi).



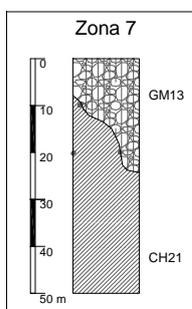
La **zona 4** presenta una stratigrafia-tipo analoga alle zone 1 e 2, con la presenza di uno strato superficiale di alcuni metri (max. 3-5mt) costituito da depositi eluvio-colluviali costituiti da limo-argillosi con subordinate sabbie e occasionali ciottoli, poco consistenti di origine colluviale (*OL25ec*). Le velocità attese delle Sh per questi depositi sono dell'ordine di 200-250 m/s, tuttavia gli esigui spessori non sono sufficienti per generare effetti di amplificazione dell'onda sismica. (Area di Casole d'Elsa).



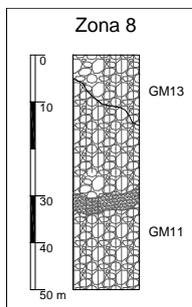
Nella **zona 5** la stratigrafia è costituita da sabbie limose da mediamente compatte a molto compatte o cementate (SM12), di spessore compreso fra 15 e 35mt, poggianti direttamente su conglomerati cementati del litotipo NRgr. *I rilievi HV hanno registrato picchi importanti con $H/V > 3$ in corrispondenza dell'orizzonte di contatto.* (Area di Casole d'Elsa, Orli e La Corsina).



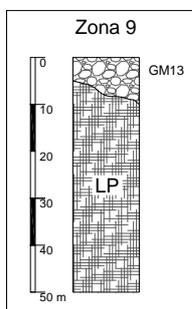
La stratigrafia della **zona 6** è caratterizzata da conglomerati poligenici con ciottoli di dimensioni medie o piccole in matrice sabbioso argillosa, addensati e localmente cementati (GM11), di spessori variabili da 30 a > 50mt Nell'area di Mensano le velocità di trasmissione delle Vs misurata tramite MASW vanno da 400 a 600 m/s nei primi 15mt Non si evidenziano picchi di risonanza importanti per questa zona (Area Mensano, Monteguidi).



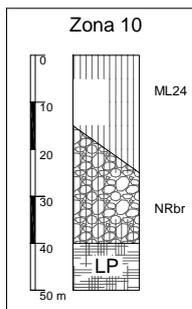
La **zona 7** è costituita dalle argille già descritte per la zona 3 (CH21) sottostanti una copertura composta da sabbie limose poco addensate con breccie/conglomerati che possono appartenere a detriti di falda (GM13) o ad alterazioni del litotipo GM11. La profondità del contatto è molto variabile (da pochi metri a 30mt). *I rilievi tromometrici effettuati a Monteguidi hanno restituito picchi importanti ($H/V = 3$) in corrispondenza di questo orizzonte.*



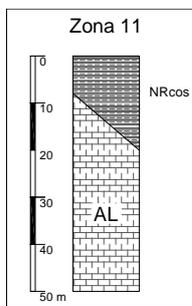
La **zona 8** si riferisce alle zone 6, costituite da conglomerati del litotipo GM11, coperte da una coltre di detrito di falda di spessore stimabile dai 5 ai 15mt (Area di Mensano).



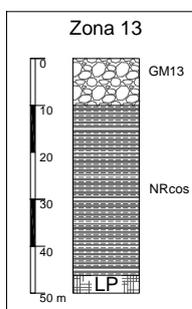
La **zona 9** caratterizza le aree a substrato sismico rigido descritto per la zona 3 (LPS) per le quali in campagna si è osservata una copertura detritica di spessore stimato attraverso prove geognostiche in circa 5-10mt Data la posizione marginale rispetto ad aree di interesse urbanistico non si sono effettuate indagini sismiche su tale zona, tuttavia *si può ipotizzare cautelativamente in forte contrasto di impedenza sismica fra il substrato e la copertura detritica soprastante.* (Area di Mensano)



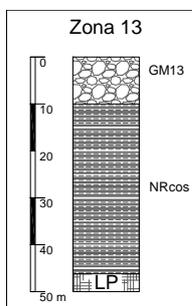
La **zona 10** si localizza nell'area de Il Piano e presenta una successione stratigrafica costituita da depositi lacustri (Limi argillosi di bassa plasticità - *ML24lc*) di consistenza media e Vs stimabile da 250 a 270 m/s; lo spessore è ipotizzabile in 15-25mt Al di sotto, sulla base delle indagini sismiche, si ipotizza la presenza di un possibile orizzonte di substrato non rigido con Vs 400-600 m/s che poggiano direttamente sul substrato sismico alla profondità di 35-50mt *I rilievi HV hanno restituito per questa zona picchi di interesse ingegneristico a profondità variabili da 20 a 50mt Dal p.c. I terreni appartenenti a questa zona potrebbero inoltre essere a rischio di liquefazione.*



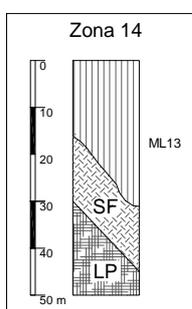
La **Zona 11** è stata individuata al Merlo e comprende i depositi argillitici sovraconsolidati con livelli decimetrici di calcare micritico grigio (*NRcos*) che poggiano direttamente sul substrato sismico rigido (*AL*) individuato ad una profondità variabile da 8 a 20mt *L'orizzonte di contatto ha prodotto nei tracciati HV picchi di interesse ingegneristico con ampiezze di 3-4.5 H/V.*



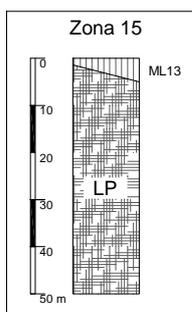
Presso Cavallano il substrato è costituito da brecce calcaree eterometriche in matrice limo-sabbiosa estremamente variabili quanto a composizione e cementazione, che sono state comprese nella **Zona 12**. I rilievi H/V e le altre indagini sismiche hanno restituito risultati difficilmente correlabili fra di loro, e che tuttavia hanno mostrato la presenza seppure in maniera discontinua, di orizzonti di amplificazione importanti con picchi superiori a 4, collocabili a profondità variabili da 10 a 30mt, quindi nell'intervallo di interesse ingegneristico. *Seguendo una logica cautelativa, nell'impossibilità di definire con più precisione l'assetto stratigrafico, si è preferito considerare questa zona come possibile sede di amplificazioni sismiche importanti.*



La **Zona 13** è costituita da depositi alluvionali attuali e terrazzati (*GM13tf*) composti prevalentemente da ghiaie e ciottoli con sabbie in matrice limosa più o meno abbondante e poco consistenti, con spessore medio intorno a 10mt; la Vs misurata su questi depositi è di circa 320 m/s. Al di sotto è presente uno spessore di argilliti compatte (*NRcos*) di circa 40mt che poggiano su substrato sismico rigido. *I rilievi tromometrici hanno individuato a profondità compatibili con questo orizzonte, dei picchi di risonanza di interesse ($H/V \geq 3.5$). (Area Ponti di Pievescola). I terreni appartenenti a questa zona potrebbero inoltre essere a rischio di liquefazione.*



La **Zona 14** comprende depositi costituiti da limi argillosi, sabbie e rari ciottoli centimetrici mediamente addensati e consistenti (*ML13ec*), con spessori variabili di 10-30mt che sormontano un orizzonte di calcari alterati e brecce fino alla profondità di 40-50mt a cui si incontra il substrato rigido della serie toscana. La velocità attendibile di trasmissione delle onde *Sh* aumenta con la profondità passando da 210 m/s -fino a 600 m/s già a 15mt di profondità. *I rilievi HV hanno mostrato picchi di interesse, con ampiezze > 3 H/V, al contatto con il substrato sismico rigido. (Area di Pievescola)*



La **Zona 15** presenta stratigrafia costituita da substrato sismico rigido su cui esiste una copertura di pochi metri di depositi descritti per la Zona 14. La curva dei rilievi tromometrici non presenta picchi e ha andamento riferibile alla presenza di substrato sismico rigido al di sotto di alcuni metri dal p.c..

N.B.: Riguardo la definizione delle aree a rischio di liquefazione, va precisato che la scelta della loro individuazione ha risposto a motivazioni cautelative rispetto alla possibilità che un sisma possa realmente generare tale effetto locale. I parametri geologici necessari alla individuazione del rischio di liquefazione di depositi granulari non sono desumibili dai dati geotecnici ed idrologici attualmente conosciuti per il territorio in esame, quindi a favore della sicurezza, si sono individuate due aree - la zona industriale del Piano e quella artigianale di Pievescola - i cui terreni potrebbero essere soggetti a liquefazione in caso di eventi tellurici intensi, rimandando con prescrizione ai piani attuativi, le opportune indagini per determinare con maggiore certezza la reale sussistenza di questo rischio.

9. PROCEDURA SEMIQUANTITATIVA DI VALUTAZIONE DELLA QUALITA' DELLA CARTA MOPS DI LIVELLO 1

Gli ICMS e la regione Toscana indicano la metodologia semiquantitativa per la valutazione della qualità della carta MOPS di livello 1, che avviene mediante foglio di calcolo messo a disposizione on-line dal servizio sismico della regione stessa.

Si è proceduto alla creazione di un reticolo di riferimento con maglia 250x250 mt, a copertura dell'area studiata; è stata poi compilata la tabella allegata, composta da 6 parametri ad ognuno dei quali viene assegnato un peso dipendente dal tipo di parametro stesso e dalla valutazione. La tabella fornisce il grado di attendibilità che risulta dalla sommatoria dei pesi parziali.

La carta risulta appartenere alla Classe B con un punteggio di 69.9%; per tale classe viene suggerito di migliorare almeno un uno dei parametri.

Dall'analisi della tabella risulta che la maggior penalizzazione in termini di punteggio è da ricondurre a 2 parametri:

- bassa percentuale di indagini geognostiche raggiungenti il substrato rispetto al totale delle indagini: questo fattore tuttavia è motivato dalla presenza, in gran parte del territorio studiato, di coperture sedimentarie, con spessori superiori ai 30 mt., profondità che non vengono generalmente raggiunte dalle indagini geognostiche o geofisiche.
- Classe di affidabilità delle misure del rumore di fondo: le misure del rumore di fondo effettuate per gli studi di Microzonazione Sismica, pur essendo in numero sufficiente a coprire l'area in studio, sono per lo più classificabili in classe B; in molte registrazioni il segnale presenta direzionalità e disturbi elettromagnetici, comunque non compromettenti l'interpretazione delle letture tromometriche; si deve tener presente tuttavia che la maggior parte delle registrazioni sono state effettuate necessariamente in ambiti urbani o in prossimità di impianti industriali/artigianali, ove tali fattori non sono evitabili.

Si ritiene quindi che il punteggio ottenuto non sia ulteriormente migliorabile.

a	Parametro	4
---	-----------	---

b	Carta Geologica tecnica	1	Anno Rilevamento	1	Progetto	1	Scala
	<i>Punteggi indicatori</i>						
	<i>Pesi indicatori</i>		0.33	0.33	0.33	0.33	0.33

c	Sondaggi a distruzione	0.5	Numero sondaggi	% celle occupate	Num. Sondaggi bedrock
	<i>Punteggi indicatori</i>		1	0.66	0.33
	<i>Pesi indicatori</i>		0.33	0.33	0.33

d	Sondaggi a carotaggio continuo	1	Numero sondaggi	% celle occupate	Num. Sondaggi bedrock
	<i>Punteggi indicatori</i>		1	0.33	0.33
	<i>Pesi indicatori</i>		0.33	0.33	0.33

e	Indagini geofisiche	0.5	Numero misure	% celle occupate	% indagini al bedrock
	<i>Punteggi indicatori</i>		1	0.33	0.33
	<i>Pesi indicatori</i>		0.33	0.33	0.33

f	Prove geotecniche	0.25	Numero prove	% celle occupate	% prove al bedrock
	<i>Punteggi indicatori</i>		1	0.66	0.33
	<i>Pesi indicatori</i>		0.33	0.33	0.33

g	Misure Frequenze	0.75	Numero misure	% celle occupate	Classe di affidabilità
	<i>Punteggi indicatori</i>		1	0.66	0.33
	<i>Pesi indicatori</i>		0.33	0.33	0.33

a	25	punteggi parziali
b	0.99	24.8
c	0.33	8.2
d	0.55	13.7
e	0.27	6.8
f	0.16	4.1
g	0.49	12.3
To	69.9	69.9 classe B

Inserire il valore *solo* nelle celle colorate in viola

Tabella 1 - Quadro riassuntivo dei parametri e dei relativi indicatori con l'attribuzione dei pesi e dei punteggi

Parametro (peso parametro)	Peso Indicatore	Indicatore	Valutazione Indicatore (punteggi)	
			Bassa (0.33)	Alta (1)
Carta geologico-technica (1)	0.33	Anno rilevamento	Nulla (0)	> 2000
		Progetto	No data	Ad hoc
		Scala rilevamento	No data	Allegato piano urbanistico
		Numero di sondaggi a distruzione	No data	10.000-2.000
Sondaggi a distruzione (0.50)	0.33	Percentuale di celle occupate da sondaggi a distruzione	1-5	> 10
		Numero sondaggi che arrivano al substrato rigido	1-33%	> 66%
Sondaggi a carotaggio continuo (1)	0.33	Numero di sondaggi a carotaggio	1-5	> 10
		Percentuale di celle occupate da sondaggi a carotaggio	1-33%	> 66%
Indagini geofisiche (0.50)	0.33	Numero sondaggi che arrivano al substrato rigido	1-5	> 10
		Numero di misure	1-5	> 10
		Percentuale di celle occupate da indagini geofisiche	1-33%	> 66%
		Percentuale di sondaggi che arrivano al substrato rigido	1-33%	> 66%
Prove geotecniche in situ (Prove Penetrometriche, ecc.) e di laboratorio (0.25)	0.33	Numero di prove occupate da prove geotecniche	1-5	> 10
		Percentuale di prove occupate da prove geotecniche	1-33%	> 66%
Misure delle frequenze del sito (0.75)	0.33	Numero di misure	1-5	> 10
		Percentuale di misure affidabili	1-33%	> 66%

* D. Albaricco, C. Ces. V. Talli, F. Guerin, E. Lunedi, E. Paoletti, D. Pileggi, L.M. Trazzini - Il contributo della sismica passiva nella microzonazione di due macroaree abruzzesi. In stampa su Boll Geofis. Ter. Appl.

CLASSE	VALORI	INDICAZIONI
A	75%	Carta di livello 1 di ottima qualità
B	50%-74%	Sarebbero auspicabili migliorare almeno uno dei parametri
C	25%-49%	Sarebbero auspicabili ulteriori indagini che mancano o che sono valutate di scarsa qualità
D	≤ 25%	Carta di livello 1 di scarsa qualità: non risponde ai requisiti minimi richiesti da ICMS08 e Linee Guida Regione Toscana

REGIONE TOSCANA

