



PROTEZIONE CIVILE
Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della Protezione Civile



CONFERENZA DELLE REGIONI E
DELLE PROVINCE AUTONOME



Regione Emilia-Romagna

Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n. 77

MICROZONAZIONE SISMICA

Relazione illustrativa

Regione Emilia Romagna
Comune di Bardi (PR)



Regione	Soggetti realizzatori:	Data
Emilia Romagna	Dott. Geol. Domenico Bianco Dott. Geol. Massimiliano Trauzzi Dott. Geol. Gabriele Oppo	Maggio 2022

INDICE

1.	INTRODUZIONE	2
2.	BREVE DESCRIZIONE DELLO STUDIO	4
3.	DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO	8
4.	ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA.....	19
5.	INQUADRAMENTO SISMOTETTONICO	32
6.	DATI GEOTECNICI E GEOFISICI	38
7.	MODELLO DEL SOTTOSUOLO	39
8.	INTERPRETAZIONI E INCERTEZZE	41
	8.1 - Metodologia Sismica Attiva M.A.S.W.....	41
	8.2 - Metodologia sismica attiva "HS - Holisurface".....	44
	8.3 - Metodologia sismica passiva HVSR.....	45
9.	METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI	47
10.	ELABORATI CARTOGRAFICI	50
	10.1 - Carta delle indagini	50
	10.2 - Carte geologico-tecniche per la microzonazione sismica	52
11.	BIBLIOGRAFIA.....	84
12.	ALLEGATI.....	85

1. INTRODUZIONE

Su incarico del Comune di Bardi (Provincia di Parma), è stato eseguito uno studio di analisi del rischio sismico, finalizzato alla MICROZONAZIONE SISMICA del territorio comunale.

La microzonazione sismica (MS), cioè la suddivisione dettagliata del territorio in base al comportamento dei terreni durante un evento sismico e ai possibili effetti indotti dallo scuotimento, rappresenta uno strumento di prevenzione e riduzione del rischio sismico particolarmente efficace se realizzato e applicato già in fase di pianificazione urbanistica. Costituisce, quindi, un supporto fondamentale ai pianificatori per indirizzare le scelte verso quelle aree a minore pericolosità sismica.

Il presente lavoro ha comportato l'acquisizione di dati pregressi oltre all'esecuzione diretta di una campagna d'indagini, costituita da n. 20 indagini passive tomografiche (HVSR), n. 18 prospezioni sismiche attive di tipo MASW-HS.

Lo studio è stato realizzato nel rispetto delle seguenti disposizioni normative:

- *"Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica"* approvati in data 13 novembre 2008 dalla Conferenza delle Regioni e Province Autonome (da qui in avanti "ICMS").
- *"Microzonazione sismica - Standard di rappresentazione e archiviazione informatica" - Versioni 4.2, Roma, dicembre 2020-* Elaborato e approvato nell'ambito dei lavori della Commissione tecnica per la microzonazione sismica (da qui in avanti "SRAI").
- *Allegato A della deliberazione dell'Assemblea legislativa 2 maggio 2007, n° 12* (da qui in avanti "indirizzi regionali"): *Approvazione atto d'indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'Art. 16 della L.R. n° 20 del 24/03/2000* (ora abrogata dalla L.R. n. 24/2017) per *"Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica"*, modificati dalle *Delibere di Giunta Regionale n° 2193 del 21/12/2015 e n° 630 del 29/04/2019*;
- *Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da amplificazioni - Versione 2.0 (2022)*;

Tutte le fasi del lavoro sono state condotte in stretto accordo con il Dirigente del Servizio Tecnico Comunale Geom Antonio Foini.

L'analisi di carattere generale è stata sviluppata ed estesa all'intero territorio comunale, mentre le indagini di nuova esecuzione sono state circoscritte ai macroambiti concentrati in corrispondenza del capoluogo comunale *"Bardi"* (Ambito A_1), della frazione di *"Saliceto"* (Ambito A_2) e di *Noveglia* (Ambito A_3).

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (I° e II° livello di approfondimento) di alcuni Macroambiti del Comune di Bardi (PR)

Nel rispetto dei riferimenti normativi sopramenzionati, lo studio è stato articolato in due differenti fasi di approfondimento:

PRIMO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO, avente le seguenti finalità:

- Individuare le aree suscettibili di effetti locali in cui effettuare le successive indagini di microzonazione sismica.
- Definire il tipo di effetti attesi.
- Indicare, per ogni area, il livello di approfondimento necessario.
- Descrivere le caratteristiche delle unità geologiche del sottosuolo, in termini di litologia, stratigrafia, tettonica e geometria per definire il modello geologico di base per la microzonazione sismica.

SECONDO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO, avente le seguenti finalità:

- Conferma delle condizioni di pericolosità indicate dal precedente livello di approfondimento ed eventuale nuova perimetrazione delle aree in cui effettuare la microzonazione sismica.
- Suddivisione dettagliata del territorio, in base all'amplificazione attesa, in aree a maggiore e minore pericolosità sismica.
- Conferma o migliore definizione delle aree, indicate dal livello di approfondimento precedente, in cui si ritengono necessari approfondimenti di terzo livello e indicazione delle indagini e analisi da effettuare.

Nel corso dello studio, oltre alla presente relazione, sono stati redatti gli elaborati elencati nel *capitolo 12*.

Essi sono stati predisposti in versione digitale (*pdf*, con risoluzione 300 *dpi*).

I dati vettoriali sono forniti anche in formato vettoriale (*shapefile*).

Per l'archiviazione dei dati e l'editing dei documenti sono stati seguiti gli *standard* di riferimento forniti dall'*Allegato D* della delibera regionale e dagli *SRAI*.

L'inserimento dei dati alfanumerici dei siti, delle indagini e dei parametri delle indagini è stato facilitato dall'utilizzo dell'apposito software: "MS – SoftMS" nella versione 4.2.

- Tutte le attività sono state svolte nel rispetto delle specifiche di cui agli "*Standard di rappresentazione e archiviazione informatica*" elaborati dalla Commissione Tecnica per il monitoraggio degli studi di microzonazione sismica (OPCM 3907/2010, art. 5, comma 7), versione 4.2 di Dicembre 2020 e alle Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da amplificazioni – Versione 2.0 (2022);

2. BREVE DESCRIZIONE DELLO STUDIO

Nel presente capitolo verranno descritti in maniera sintetica le analisi condotte e i risultati raggiunti nel corso degli studi di Microzonazione Sismica di I° e II° Livello.

Gli studi di I° Livello hanno sono stati svolti sull'intero territorio comunale, mentre le successive fasi di approfondimento di II° Livello sono state concentrate all'interno dei perimetri dei centri abitati a maggior interesse edificatorio, dove risiede la maggior parte della popolazione, caratterizzati inoltre dalla presenza di edifici strategici fondamentali da un punto di vista della Protezione Civile. Nello specifico, la scelta degli ambiti da approfondire è ricaduta su Bardi capoluogo e le frazioni di Saliceto e Noveglia.

Lo studio di microzonazione è consistito nelle seguenti differenti fasi in relazione al livello di approfondimento:

I° Livello di Approfondimento

- ricostruzione del modello geologico di base alla microzonazione sismica (definizione delle unità geologiche, coperture detritiche, contatti tettonici, rapporti geometrici tra formazioni geologiche);
- Ricerca di informazioni sulle caratteristiche litostratigrafiche, geotecniche e sismiche dei terreni in esame eseguita presso l'archivio dell'Ufficio Tecnico Comunale. Nello specifico sono stati analizzati gli studi geologici di recente realizzazione, supportati da indagini geognostiche e redatti a corredo di progetti edilizi autorizzati;
- Individuazione delle aree suscettibili di effetti locali estese su tutto il territorio comunale;
- Elaborazione delle cartografie di I° livello elencate di seguito, adottando gli *standard* di rappresentazione più recenti:

- Carta delle indagini
- Carta geologico-tecnica
- Carte delle Frequenze
- Carta delle *MOPS*

II° Livello di Approfondimento

- Perimetrazione degli ambiti oggetto di Approfondimenti di II° Livello sulla base delle richieste formulate dall'Amministrazione Comunale;
- realizzazione di prove sismiche di tipo puntuale (HVSr) e lineare (HoliSurface, MASW e Sismica a Rifrazione), distribuite omogeneamente sugli ambiti oggetto di

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (I° e II° livello di approfondimento) di alcuni Macroambiti del Comune di Bardi (PR)

approfondimenti di II° livello. Successiva elaborazione dei dati desunti dalle prove sismiche eseguite in sito, implementati dalle informazioni desunte da indagini pregresse reperite in archivio;

- conferma o rideterminazione delle condizioni di pericolosità indicate dal I° livello;
- elaborazione carta delle velocità delle onde di taglio S (V_s)
- suddivisione dettagliata del territorio, in base all'amplificazione attesa, secondo aree con maggiore o minore pericolosità sismica;
- definizione delle aree all'interno delle quali si ritengono necessari approfondimenti di 3° livello con l'indicazione delle indagini e analisi da effettuare.
- calcolo dei fattori di amplificazione, per ciascuna MOPS individuata, in termini di picco di accelerazione (F_{PGA}), definito come il rapporto tra l'accelerazione massima in superficie ed il valore di riferimento per il sito su suolo rigido;
- calcolo del fattore di amplificazione di sito (FA) in termini di rapporto tra l'integrale dello spettro di risposta in accelerazione alla superficie del sito (SA) e l'integrale dello spettro di risposta in accelerazione al suolo di riferimento (SA_0) negli intervalli $0.1 s - 0.5 s$; $0.4 s - 0,8 s$; $0,7 s - 1,1 s$.
- calcolo del fattore di amplificazione di sito in termini di rapporto tra intensità dello spettro di risposta in pseudovelocità (FH) calcolato in superficie e quello calcolato su suolo rigido negli intervalli $0.1 s - 0.5 s$; $0.5 s - 1.0 s$.
- redazione delle cartografie di microzonazione sismica per i diversi FA suddetti:

- F_{PGA}

- $FA\ 0.1\ s - 0.5\ s - FA\ 0.4\ s - 0.8\ s - FA\ 0.7\ s - 1.1\ s$

- $FH\ 0.1\ s - 0.5\ s - FH\ 0.5\ s - 1.0\ s$

Oltre alle carte dei fattori amplificazione, come individuato dagli indirizzi regionali, sono state elaborate quelle che raffigurano lo scuotimento in superficie H_{SM} (cm/s^2) per l'intervallo di periodo 0,1s-0,5s:

La rappresentazione delle carte di microzonazione in termini di H_{SM} permette di analizzare in maniera più realistica e completa la pericolosità sismica del territorio, tenendo conto sia degli effetti di sito quantificati dai differenti fattori di amplificazione, sia della pericolosità di base. La combinazione tra queste due variabili si prefigura come elemento fondamentale per una valutazione più accurata del rischio sismico e quindi si pone alla base di scelte più consapevoli delle strategie per la mitigazione di tale rischio.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (I° e II° livello di approfondimento) di alcuni Macroambiti del Comune di Bardi (PR)

Il Comune di Bardi si colloca nel settore sud-occidentale della Provincia di Parma, occupando le Unità di paesaggio denominate "Dorsale Appenninica", "Alte Valli del Taro e del Ceno" e "Bassa Montagna Ovest" individuata nella Tav. C8 - "Ambiti di gestione unitaria del Paesaggio" allegata al P.T.C.P. della Provincia di Parma.

Da un punto di vista amministrativo, confina a sud con i Comuni di Borgotaro e Valmozzola, a est con i Comuni di Varsi e Bore e a ovest con i Comuni di Compiano e Bedonia (Cfr. Fig. 1).

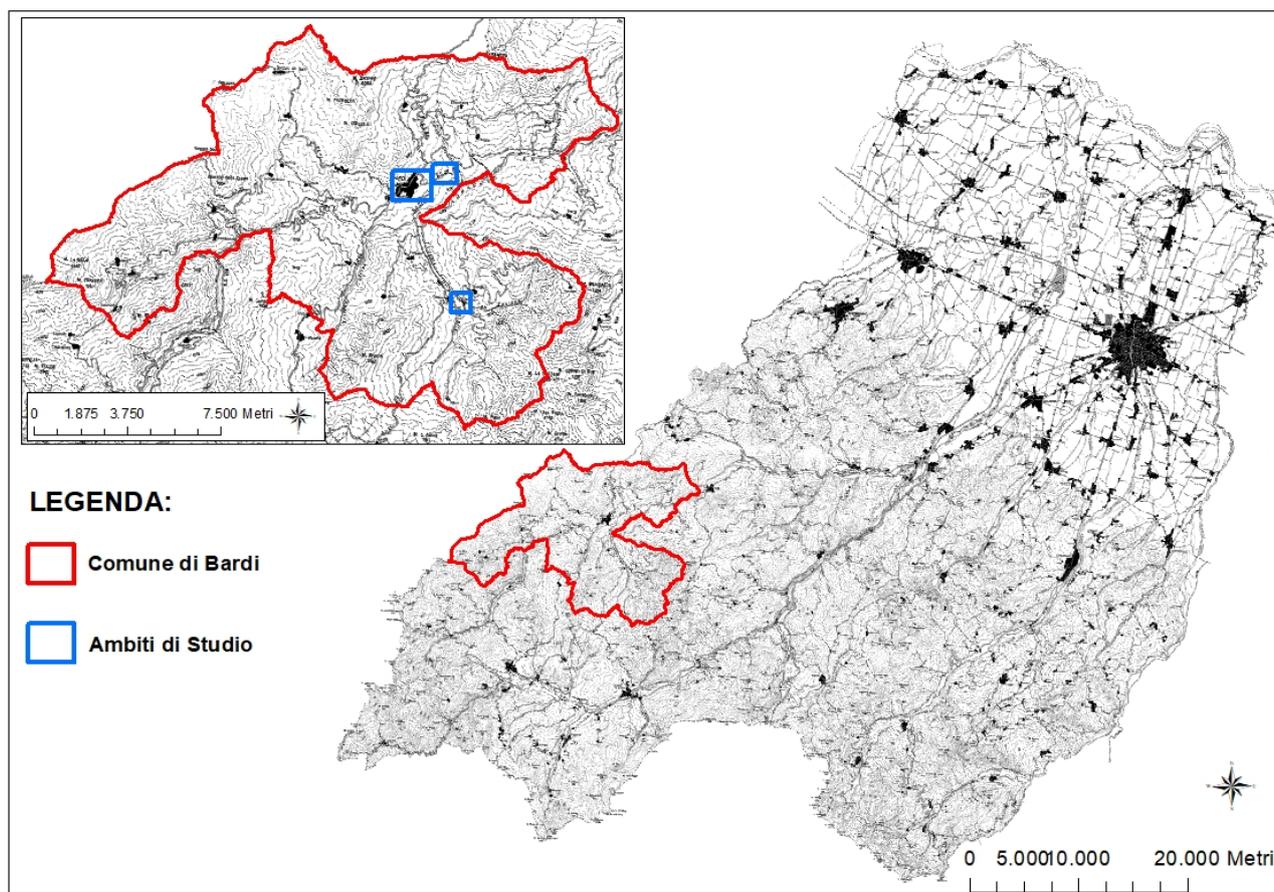


Fig. 1 - Collocazione geografica del Comune di Bardi

Il comune in esame evidenzia condizioni diverse e variabili, con forti e marcati dislivelli; le zone a minor quota corrispondono alla piana alluvionale solcata dal Corso del T. Ceno e dai suoi principali affluenti e dal suo affluente principale T. Noveglia. Il capoluogo comunale, che si sviluppa a partire dal Castello arroccato sullo sperone lapideo, si delinea a quote comprese tra 550 e 700 m s.l.m., le vette principali (comprese tra quote di 1.000 e 1.350 m s.l.m.), si trovano lungo la dorsale montuosa che separa il comune dal territorio piacentino e dal Comune di Bore. Muovendosi da ovest ad est le principali vette incontrate sono: Il Gropello (1.025,3 m slm), Groppo Sidoli (1.072 m slm), M. Cappello (1.104, 2 m

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (I° e II° livello di approfondimento) di alcuni Macroambiti del Comune di Bardi (PR)

slm), M. Roccone (1.094 m slm), Costa della Stirata (1.150 m slm), M. di Lama (1.327 m slm), Colle il Castellaccio (1.308 m slm), M. Pellizzone (1.104 m slm), M. Carameto (1.318 m slm) e M. Pratobello (1.150 m slm).

Il corso d'acqua più importante è rappresentato dal T. Ceno, che nasce dalle pendici sud del massiccio del M. Penna, attraversa la Valle omonima sino a bordare il confine meridionale del Comune di Bardi. Tra gli affluenti più importanti, si segnala il T. Noveglia, che confluisce da sud con il T. Ceno a sud dell'abitato di Bardi.

Nel presente lavoro, sono stati svolti approfondimenti in corrispondenza del capoluogo comunale "Bardi" e nelle località di "Saliceto" e "Noveglia" (Cfr. Fig. 2).

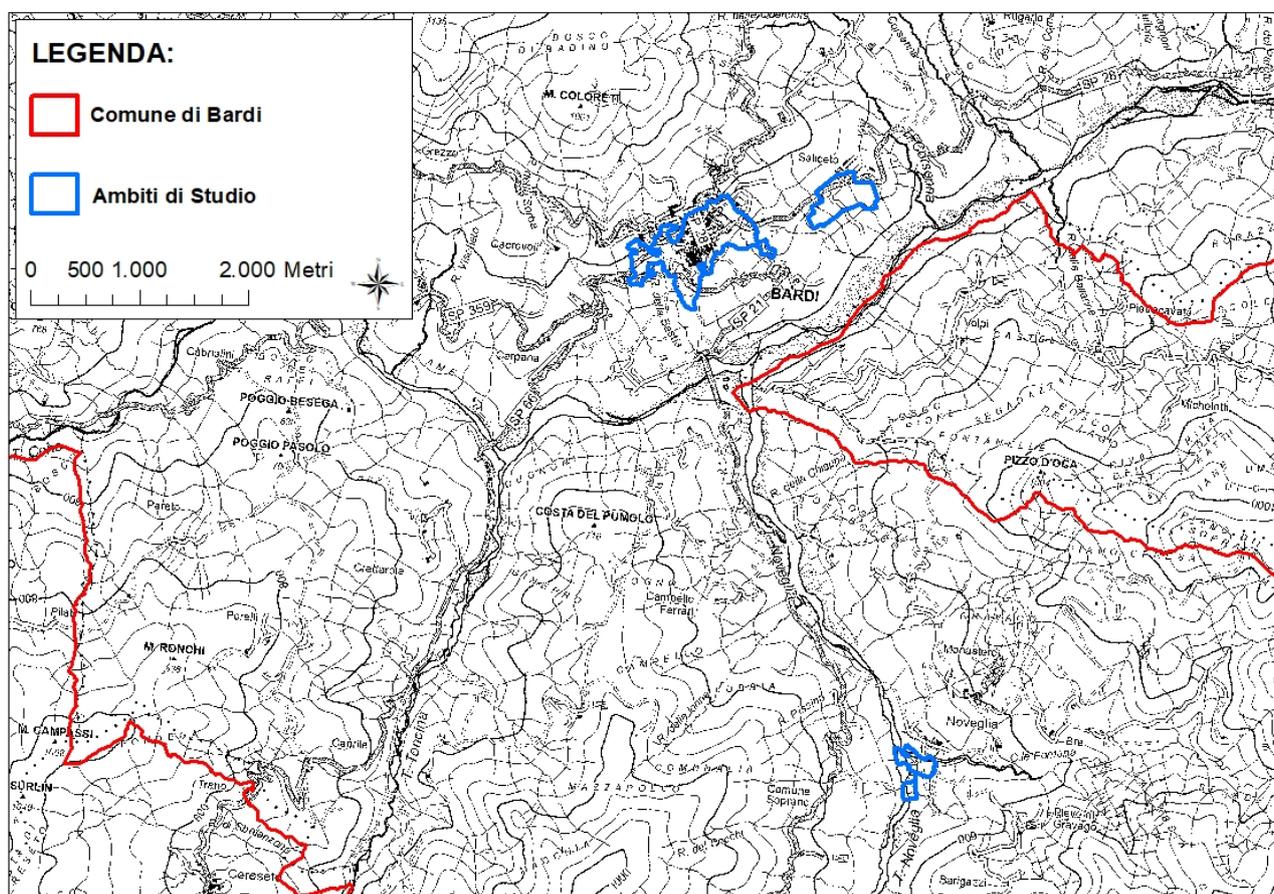


Fig. 2 – Localizzazione degli ambiti oggetto di microzonazione sismica, A1_ Bardi Capoluogo; A2_ Saliceto e A3_ Noveglia

Si ricorda infine che, per l'elaborazione della cartografia tematica ed analisi ci si è avvalsi della base topografica alla scala 1:5.000 della Carta Tecnica Regionale:

- Elementi 197121, 197122, 197123, 197124, 197151, 197152, 197161, 197162, 197163, 197164, 198091, 198092, 198093, 198094, 198101, 198102, 198103,

198104, 198113, 198131, 198132, 198133, 198134, 198141, 198142, 198143, 198144, 198153, 198154, 215031, 215032, 215033, 215041, 215042, 215043, 215044, 215081, 216011, 216012, 216013, 216014, 216021, 216022, 216023, 216024, 216033, 216034, 216051, 216054, 216061, 216064 e 216074.

3. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO

Gli studi sulla pericolosità sismica, promossi dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (I.N.G.V.), hanno portato alla definizione di una nuova zonazione sismogenetica del territorio italiano, denominata "ZS9" (cura del gruppo di lavoro coordinato da C. Meletti e G. Valensise, 2004, che prevede una suddivisione in 36 zone (Cfr. Fig. 3), i cui limiti sono stati tracciati sulla base di informazioni tettoniche, geologico - strutturali e/o di differenti caratteristiche della sismicità (distribuzione spaziale, frequenza degli eventi, massima magnitudo rilasciata, ecc.). Essa risulta estremamente importante per gli studi pianificazione territoriale ed, in particolare, nelle valutazioni di pericolosità sismica.

L'appennino nord - occidentale è caratterizzato da una sismicità da moderata a media, che si manifesta principalmente lungo le zone di accavallamento frontale del margine appenninico e secondo una fascia con direttrice appenninica che, dalla zona di Varzi, si estende quasi con continuità sino a Borgo Val di Taro e alla Lunigiana, proseguendo poi verso strutture del graben della Garfagnana. Allineamenti di terremoti si trovano anche lungo lineamenti trasversali alle due fasce longitudinali e sembrano quasi collegarle; particolarmente evidente è la distribuzione di sismi lungo la Val Parma e la Val Taro.

La fascia di territorio in cui ricade il Comune di Bardi a cavallo delle fasce sismogenetiche di riferimento denominate 913 - 915 delimitata a nord dal cosiddetto "Arco di Pavia" è interessata da faglie primarie e relative sorgenti sismogenetiche, che nel settore di interesse, immergono verso NE. Tali sorgenti hanno in genere espressioni superficiali che consentono la caratterizzazione e la quantificazione degli aspetti cinematici mediante tradizioni approcci geomorfologici e paleosismologici.

Nella precedente zonazione sismogenetica, ZS4 (1996), il territorio del Comune di Bardi si collocava in una fascia di territorio costituita da "Zone legate al margine interno della piastra padano-adriatico-ionica in subduzione alla catena appenninica" ed in particolare apparteneva ad una fascia intermedia, all'interno della quale erano attesi meccanismi di rottura misti e con prevalenza di dip - slip.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (I° e II° livello di approfondimento) di alcuni Macroambiti del Comune di Bardi (PR)

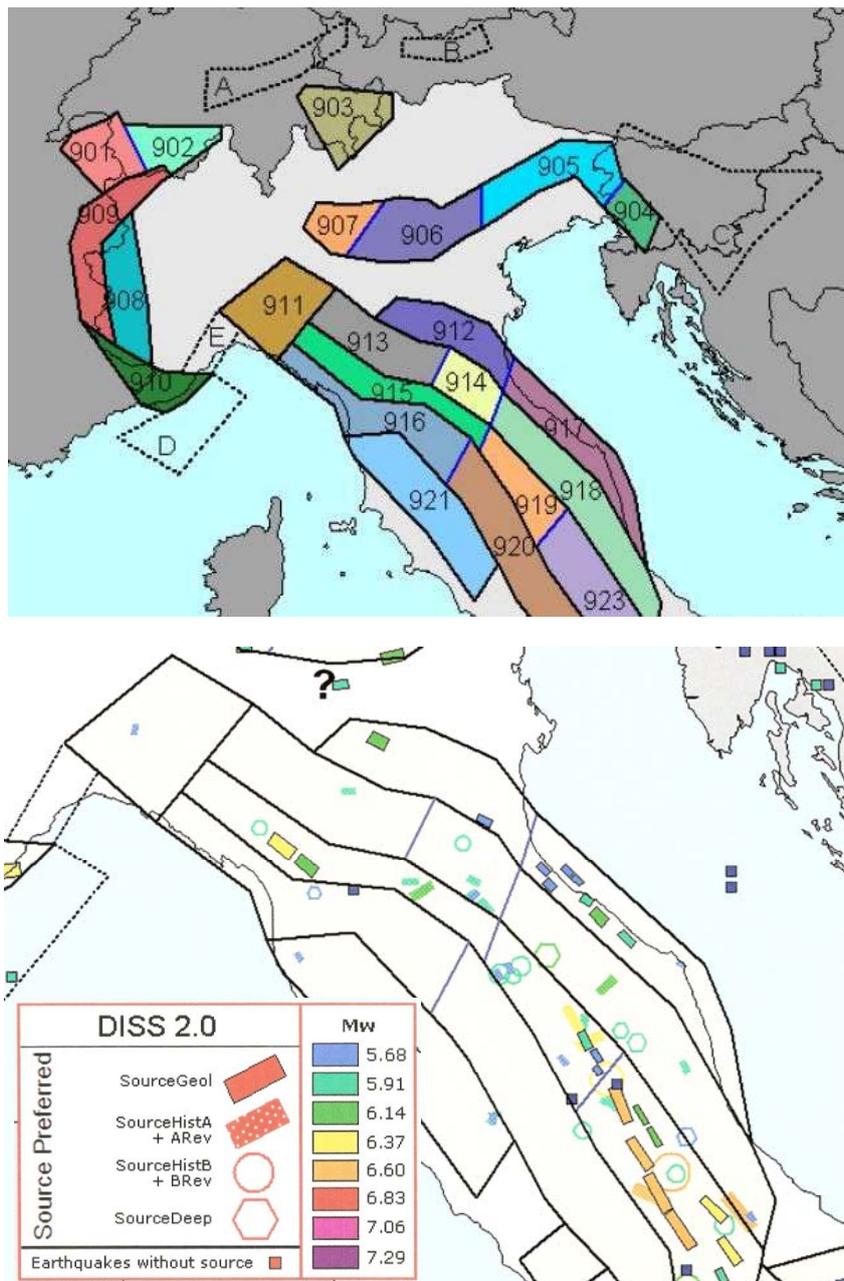


Fig. 3 – a) Zonazione sismogenetica ZS9. Da: "Redazione della Mappa di Pericolosità Sismica – Rapporto conclusivo, aprile 2004" – INGV. b) Confronto con la distribuzione delle sorgenti sismogenetiche contenute nel database DISS 2.0. Il cerchio rosso individua approssimativamente il territorio del Comune di Bardi

Il territorio del Comune di Bardi ricade nella zona "915" e nella zona "913". La prima è delimitata a nord dalla zona "913" denominata "Appennino Emiliano" e a sud dalla zona "916". La zona sismogenetica "915" è caratterizzata da faglie e sistemi di faglie legati all'estensione appenninica, con meccanismo di fagliazione prevalente di tipo normale. La maggior parte dei terremoti che si verificano in questa zona avvengono a profondità tra 8 - 12 km, con profondità

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (I° e II° livello di approfondimento) di alcuni Macroambiti del Comune di Bardi (PR)

efficace pari a 8 km, dove per profondità efficace si intende l'intervallo di profondità nel quale viene rilasciato il maggior numero di terremoto in ogni zona – sorgente.

Nella Zona "913" si verificano terremoti prevalentemente compressivi, che storicamente non hanno raggiunto valori elevati di magnitudo

Il valore di magnitudo massima prevista per la ZS915 è pari a $M_{wmax} = 6,14$, mentre per la ZS913 è pari a $M_{wmax} = 5,91$ (Fig. 3b).

Dall'analisi della Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale elaborata dall'INGV nel 2004 (Cfr. Figg. 4 e 5) si può osservare che il territorio del Comune di Bardi si colloca in un areale, in cui si possono registrare valori di accelerazione massima del suolo pari a $0.150 \div 0.200$ g, con un tempo di ritorno (T_r) pari a circa 475 anni (probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni).

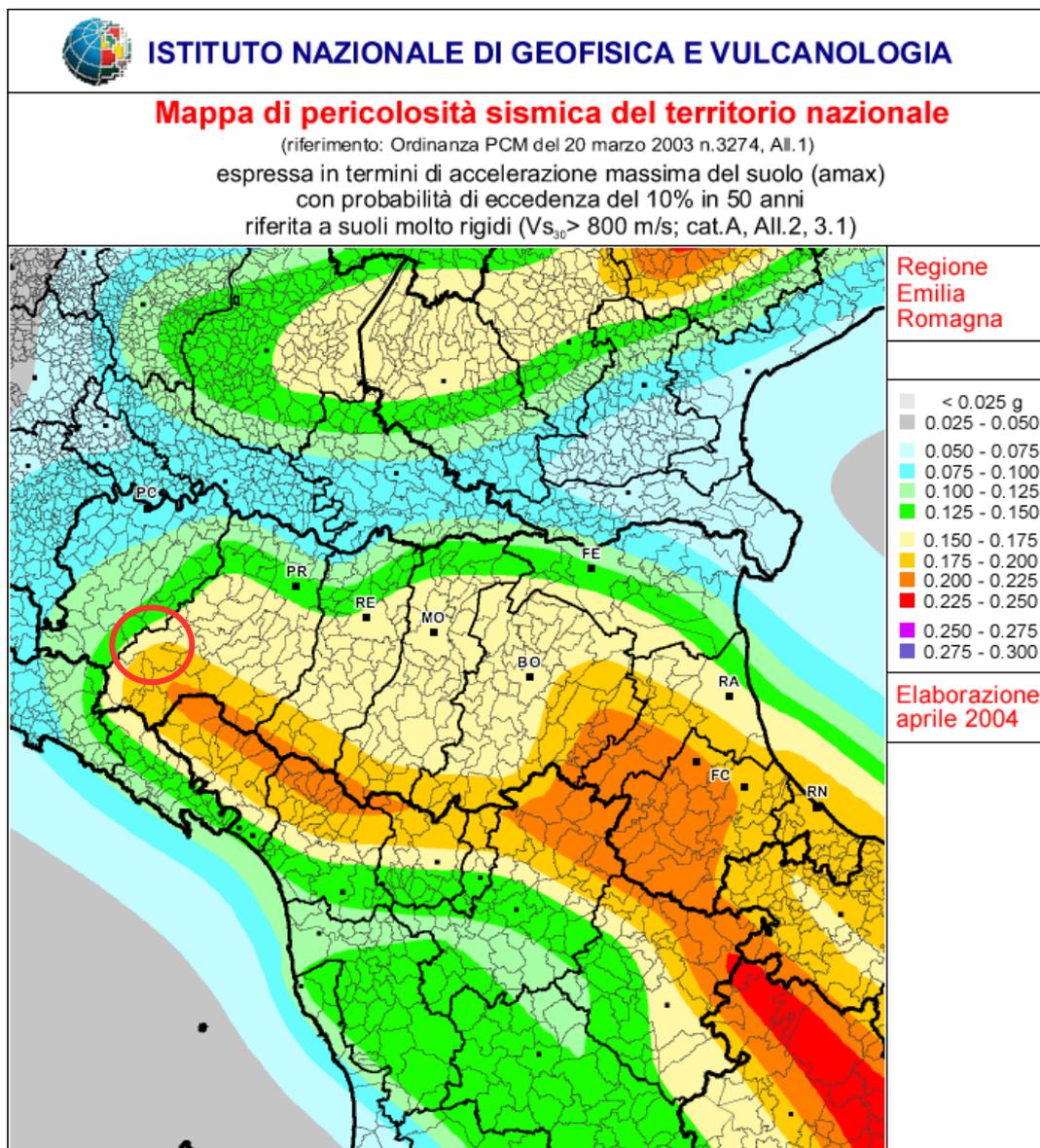


Fig. 4 - Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale (INGV). Dettaglio per la Regione Emilia-Romagna. L'ubicazione del Comune di Bardi è evidenziata dal cerchio rosso

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (I° e II° livello di approfondimento) di alcuni Macroambiti del Comune di Bardi (PR)

Pertanto l'areale in cui ricade Bardi presenta una sismicità propria di livello medio, connessa all'attività del margine appenninico parmense ed inoltre risente di terremoti prodotti da zone sismogenetiche relativamente distanti quali la "Dorsale ferrarese", il margine appenninico reggiano e modenese e soprattutto dall'attività sismica della Garfagnana (Cfr. Fig. 6).

Modello di pericolosità sismica MPS04-S1

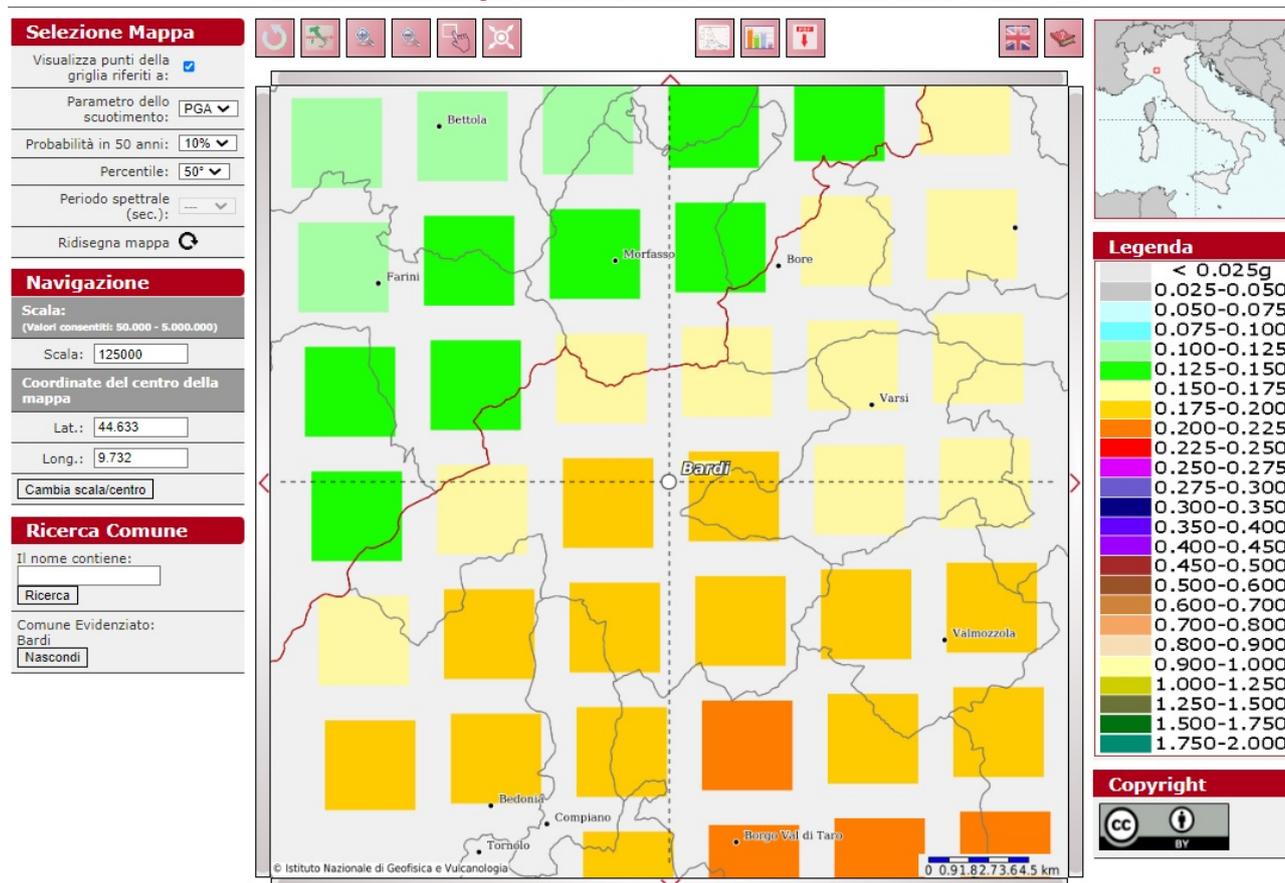


Fig. 5 – Dettaglio della carta precedente focalizzato sul territorio di Bardi, ricavata dal sito dell'Istituto di Geofisica e Vulcanologia – INGV

La storia sismica comunale è stata dedotta dal database DBMI15 utilizzato per la compilazione del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15) aggiornato al 2016 (a cura di M. Locati et al.), nel quale sono riportate le osservazioni macrosismiche relative al Comune di Bardi. Essa è riassunta nella Fig. 7, dove sono stati elencati gli eventi di maggior intensità al sito ($I_s > III$ grado della scala MCS), indicando, per ciascuno di essi, oltre alla stessa intensità al sito: l'anno, il mese (Me), il giorno (Gi) e l'ora (Or) in cui si è verificato, la denominazione dell'area dei maggiori effetti (Area Epicentrale), l'intensità massima epicentrale in scala MCS (I_o) e la magnitudo momento (M_w).

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (I° e II° livello di approfondimento) di alcuni Macroambiti del Comune di Bardi (PR)

File downloaded from CPTI15-DBMI15 v3.0

Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani - Database Macrosismico Italiano

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV)

Seismic history of Valmozzola (Mormorola)

PlaceID IT_37000

Coordinates (lat, lon) 44.569, 9.882

Municipality (ISTAT 2015) Valmozzola

Province Parma

Region Emilia-Romagna

No. of reported earthqu 12

Int. at place	N	Year	Mo	Da	Ho	Mi	Se	EpicentralArea	LatDef	LonDef	DepDef	IoDef	MwDef	
7	1126	1834	2	14	13	15		Val di Taro-Lunigiana	44,432	9,859		9	5,96	
5	2261	1920	9	7	5	55		40 Garfagnana	44,185	10,278		10	6,53	
3	2372	1928	2	21	4	37		Alta Val di Taro	44,44	9,611		5	4,16	
5-6	3300	1980	12	23	12	1		6 Piacentino	44,808	9,787		6-7	4,57	
NF	3508	1986	12	6	17	7		19,77 Ferrarese	44,947	11,444	23,5	6	4,43	
3	3597	1989	10	3	9	41		32,85 Appennino parmense	44,461	10,058	16,8	4	4,04	
3	3755	1995	3	3	16	16		40,02 Lunigiana	44,366	10,006	13	5	4,2	
2-3	3778	1995	10	10	6	54		21,72 Lunigiana	44,109	9,997	4,8	7	4,82	
NF	4032	2000	6	18	7	42		7,68 Pianura emiliana	44,785	10,746	25,6	5-6	4,4	
NF	4187	2002	11	13	10	48		3,19 Franciacorta	45,65	10,141		10	5	4,21
3	4266	2005	4	18	10	59		18,56 Valle del Trebbia	44,724	9,348	7,8	4	3,97	
5-6	4358	2008	12	23	15	24		21,77 Parmense	44,544	10,345	22,9	6-7	5,36	

Dove Io ed Mw = Intensità e Magnitudo sismica epicentrale; Is = Intensità sismica percepita

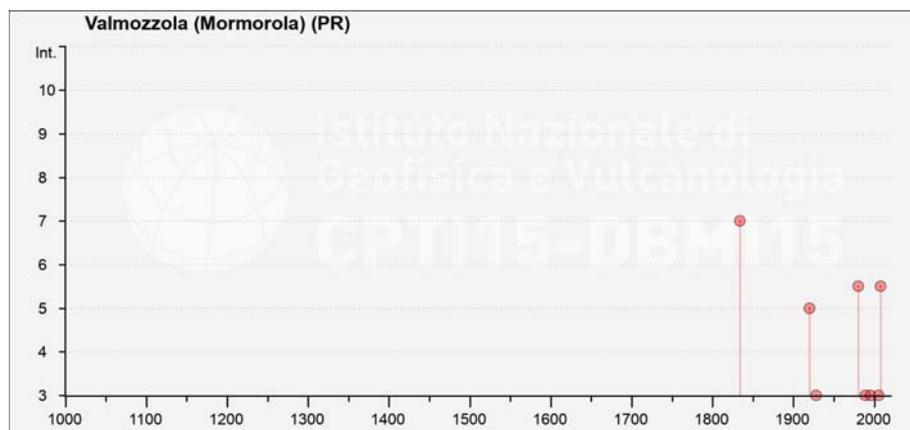


Fig. 7 - Tabella e grafico reperiti dall'Archivio DBMI15, consultabili al sito <http://emidius.mi.ing.it/DBMI15>

Un ulteriore studio che ha sviluppato una valutazione affidabile del grado di sismicità dell'area è rappresentato dal lavoro pubblicato dalla Protezione Civile, a cura di D. Molin, M. Stucchi e G. Valensise, "Massime intensità macrosismiche osservate nei comuni italiani", determinate a partire dalla banca dati macrosismici del GNDT e dai dati del Catalogo dei Forti Terremoti in Italia di ING/SGA. Secondo tale studio, basato in misura prevalente su valori realmente osservati, facendo ricorso ad aggiustamenti solo per quelle località ove questo si sia reso necessario, il territorio del Comune di Bardi è stato soggetto a terremoti di intensità massima pari al VIII° della scala MCS (Cfr. Fig. 8).

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (I° e II° livello di approfondimento) di alcuni Macroambiti del Comune di Bardi (PR)

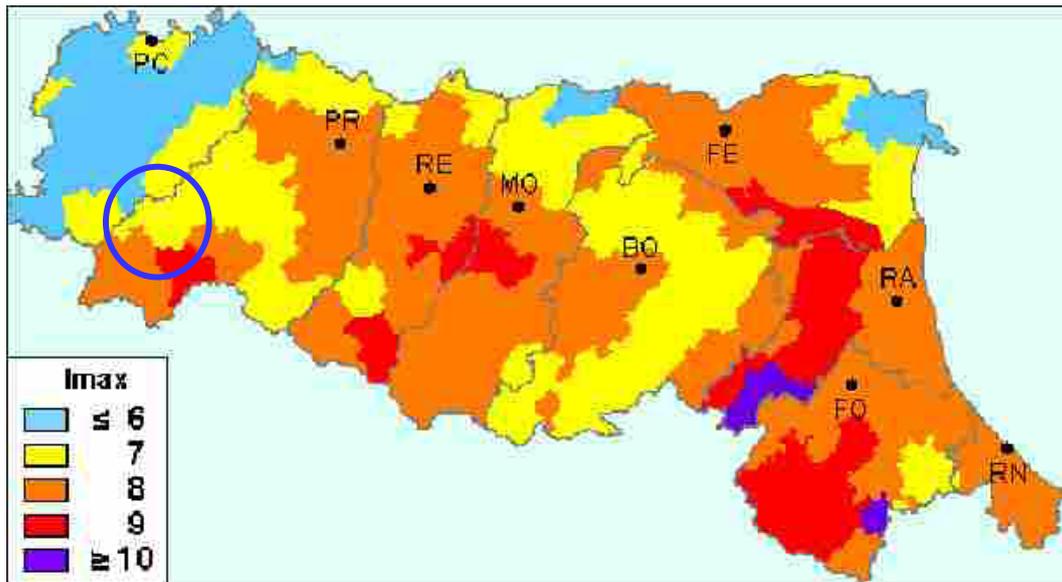


Fig. 8 – Carta della massima intensità macrosismica in Emilia – Romagna, con il cerchio blu è stato evidenziato il Comune di Bardi

In Fig. 9 viene invece rappresentato il grafico di disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10 % in 50 anni rappresentativo del Comune di Bardi, in cui si evidenzia che, il contributo maggiore alla pericolosità sismica è fornito da eventi sismici localizzati a distanze da 0 e 10 km dal comune e originati ad una profondità compresa tra 4,5 e 6,0 km

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (I° e II° livello di approfondimento) di alcuni Macroambiti del Comune di Bardi (PR)

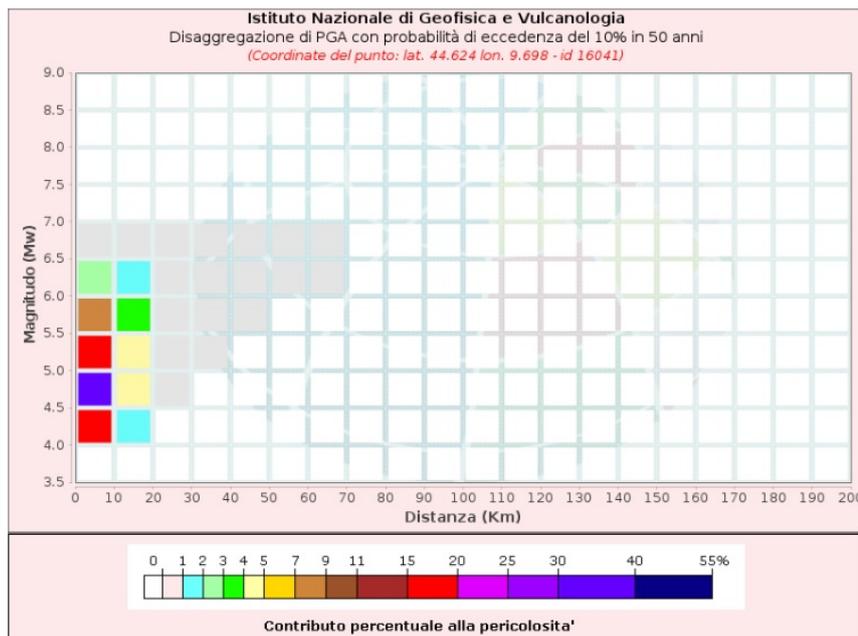


Fig. 9 – Grafico di disaggregazione per il Comune di Bardi ricavato dal sito dell'Istituto di Geofisica e Vulcanologia – INGV, in cui si nota che il contributo percentuale maggiore alla pericolosità sismica è dato da eventi a distanza compresa tra 0 e 10 km dal comune e originati ad una profondità compresa tra 4,5 e 6,0 km

Valori Medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
4.99	6.4	0.863

Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto: lat. 44.624 lon. 9.698 - id 16041)											
Distanza (Km)	Magnitudo (Mw)										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.0000	18.7000	34.1000	18.6000	8.1600	2.8300	0.2990	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	1.2900	4.4200	4.6100	3.0500	1.4900	0.2110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	0.0000	0.1130	0.6150	0.7060	0.4760	0.0842	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	0.0000	0.0000	0.0232	0.1110	0.1000	0.0218	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0078	0.0244	0.0072	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0039	0.0023	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0005	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (I° e II° livello di approfondimento) di alcuni Macroambiti del Comune di Bardi (PR)

Per quanto concerne il profilo normativo, a seguito dell'OPCM 3274/2003, che ha stabilito che tutti i comuni del territorio nazionale sono classificati sismici con diverso grado di sismicità, il Comune di Bardi è stato classificato in 3^a zona sismica. Tale classificazione corrisponde ad un livello di sismicità medio - basso.

La classificazione di cui sopra è riprodotta in Fig. 10 in cui i comuni classificati sismici in zona 2 sono rappresentati con il colore arancione in caso di nuova classificazione oppure azzurro, qualora sia stata confermata la precedente classificazione; i comuni classificati sismici in zona 3 sono rappresentati con il colore giallo ed infine i comuni sismici in zona 4 con il bianco.

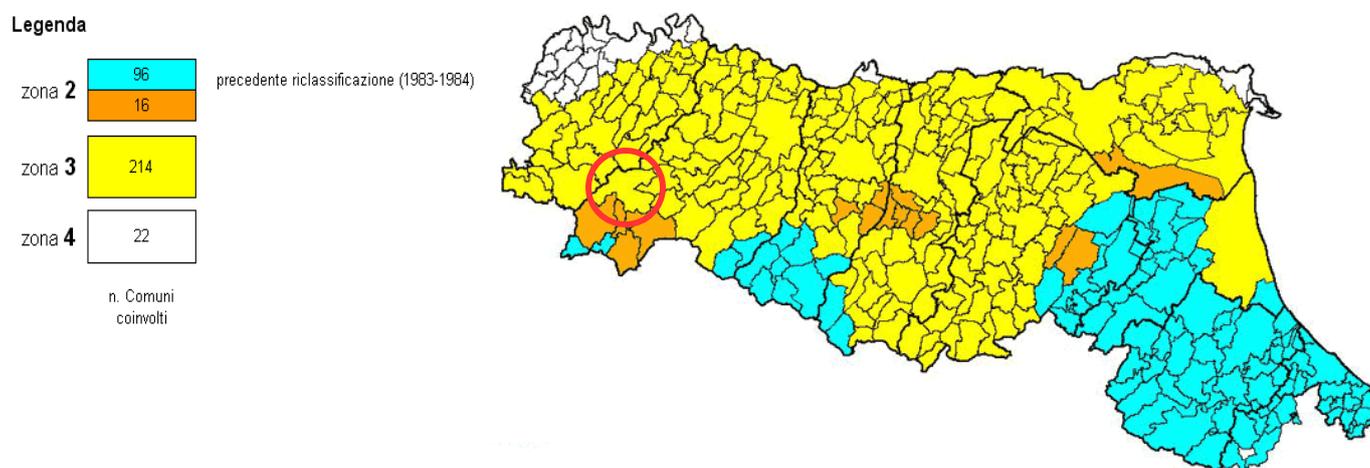


Fig. 10 – Riclassificazione sismica dell'Emilia-Romagna a seguito dell'OPCM n° 3274/2003. Regione Emilia-Romagna – Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli. Il cerchio rosso individua il territorio del Comune di Bardi.

La classificazione sismica dei comuni su tutto il territorio nazionale è stata stabilita dall'Allegato 1, punto 3 dell'Ordinanza n. 3274 del 20 marzo 2003, utilizzando e aggiornando la precedente proposta nel 1998. La suddivisione è articolata in 4 zone: le prime 3 corrispondono alle zone di sismicità alta ($S=12$), media ($S=9$) e bassa ($S=6$), contemplati nella Legge 64/74, mentre la zona 4 è di nuova introduzione.

Ciascuna zona è contraddistinta da un diverso valore dell'accelerazione di picco orizzontale del suolo (a_g) con probabilità di superamento del 10% in 50 anni (Tab. 1), eliminando di fatto la presenza di aree del territorio classificate come non sismiche: in questo modo, ad ogni area del territorio nazionale viene attribuito un differente livello di pericolosità sismica.

La classificazione vigente, identifica il Comune di Bardi in zona 3 (Fig. 10), cui corrispondono valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo (a_g), con probabilità di

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (I° e II° livello di approfondimento) di alcuni Macroambiti del Comune di Bardi (PR)

superamento pari al 10% in 50 anni, compresi tra $0,05 \cdot g$ e $0,15 \cdot g$ (dove g è l'accelerazione di gravità).

Zona	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni
1	>0.25
2	$0.15-0.25$
3	$0.05-0.15$
4	<0.05

Tab. 1 – Valori di accelerazione orizzontale associati a ciascuna zona sismica

Il Rischio Sismico è espresso quantitativamente, in funzione dei danni attesi a seguito di un terremoto, in termini di perdite di vite umane e di costo economico dovuto ai danni alle costruzioni ed al blocco delle attività produttive.

Esso è determinato dalla convoluzione probabilistica $\text{Rischio} = f [(PB \cdot PL) \cdot [V \cdot E]]$ dei seguenti tre fattori: Pericolosità, Vulnerabilità ed Esposizione.

La pericolosità sismica di un'area dipende dalle caratteristiche sismiche (sorgenti sismogenetiche, energia, tipo e frequenza dei terremoti) e da aspetti locali (geomorfologia e stratigrafia), in tal senso è suddivisibile in una pericolosità di base (PB) e in una pericolosità locale (PL).

La prima, consiste nella probabilità che, in un certo intervallo di tempo, si verifichino forti terremoti che possono provocare danni. La pericolosità sismica di base di una zona, in senso lato, è determinata dalla frequenza con cui avvengono i terremoti e dall'intensità che raggiungono. Tale dato, in senso probabilistico, è la probabilità che un valore prefissato di pericolosità, espresso da un parametro di moto del suolo (quale ad es. l'accelerazione massima PGA o il grado di intensità macrosismica), venga superato in un dato sito entro un fissato periodo di tempo.

Le caratteristiche sismiche, comunemente indicate come componenti della pericolosità sismica di base, sono quelle considerate per definire la zonazione della classificazione sismica nazionale.

La classificazione nazionale esprime la sismicità di un'area sulla base dei terremoti avvenuti in epoca storica e della distanza dalle potenziali sorgenti sismogenetiche, senza però considerare le caratteristiche locali del territorio che possono modificare il moto sismico atteso.

La pericolosità locale è influenzata dalla presenza di alcune tipologie di depositi e forme del paesaggio che possono amplificare il moto sismico in superficie favorendo fenomeni di instabilità dei terreni quali cedimenti, frane o fenomeni di liquefazione (effetti locali).

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (I° e II° livello di approfondimento) di alcuni Macroambiti del Comune di Bardi (PR)

Nella determinazione del rischio sismico interviene pertanto, oltre alla pericolosità sismica di base (frequenza e intensità dei terremoti), anche l'assetto geologico-morfologico al contorno.

A parità di pericolosità, un'area densamente popolata e caratterizzata da costruzioni poco resistenti al terremoto avrà un rischio elevato, mentre un'area deserta avrà rischio nullo.

Dunque elevata pericolosità sismica non significa necessariamente elevato rischio sismico, ma, per le ragioni sopra riportate, risulta possibile anche il verificarsi della relazione contraria.

In tal senso una suddivisione del territorio, operata sulla base della diversa risposta sismica del terreno, assume un importante ruolo nel processo di pianificazione territoriale e urbanistica come strumento di prevenzione e mitigazione del rischio sismico individuando aree a diversa pericolosità sismica.

Tale operazione è particolarmente efficace se applicata a partire dalle prime fasi della pianificazione territoriale e urbanistica (PTCP e PSC) attraverso la realizzazione di cartografia di analisi e apparati normativi che sostengano l'obiettivo comune di indirizzare le scelte di pianificazione verso ambiti a minore rischio sismico.

Ai sensi dell'art.A-2 comma 4 della L.R. 20/2000 "Disciplina Generale sulla Tutela e uso del Territorio *"nei territori regionali individuati come zone sismiche, ai sensi dell'art. 145 della L.R. n. 3 del 1999, gli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica concorrono alla riduzione ed alla prevenzione del rischio sismico, sulla base delle analisi di pericolosità, vulnerabilità ed esposizione"*.

L'art.37 della L.R. 31/2002 Disciplina Generale dell'Edilizia e s.m.i. indica che nelle zone sismiche il parere di compatibilità degli strumenti di pianificazione riguarda le *"condizioni di pericolosità locale degli aspetti fisici del territorio"*; il punto 9.3 della circolare n.6515 del 21/3/2003, sull'applicazione di alcune disposizioni della L.R. 31/2002 chiarisce che le *"condizioni di pericolosità locale degli aspetti fisici del territorio"* sono tutti gli aspetti fisici del territorio che influiscono sulla pericolosità locale, quali le caratteristiche geologiche, geomorfologiche, geotecniche e idrogeologiche che possono determinare instabilità dei versanti, effetti di amplificazione del moto sismico, addensamento e liquefazione.

Si segnala inoltre che, a seguito dell'entrata in vigore del D.M. 17.01.2018 "NTC 2018, Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni", preceduto dai D.M. 14.9.2005 e 14.01.2008 (pubblicato sul Supplemento Ordinario alla Gazzetta Ufficiale n. 42 del 20 Febbraio 2018 recante "Aggiornamento Norme Tecniche per le Costruzioni"), sono richiesti specifici studi per la valutazione della risposta sismica locale ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto (punto 3.2.1).

4. ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA

L'assetto geo-strutturale dei luoghi è da mettere in relazione con l'impilamento di unità tettoniche secondo lo schema a falde di ricoprimento ipotizzato già nel 1960 da P.Elter, vergenti in direzione nord-est, per effetto del sovrascorrimento delle unità di origine marina più antiche (Unità Liguridi) attraverso l'interposizione delle unità Subliguri, sulle più recenti Unità Toscane, che si trovano nella posizione tettonicamente più bassa. La storia geologica dell'area viene completata dalla deposizione, in discordanza con le sottostanti unità, della Successione Epiligure, caratterizzata da facies transizionali, che si depongono man mano che il fronte dell'accavallamento avanzava sulle sovrascorse unità Liguridi e da sedimenti continentali fluvio - lacustri plio - pleistocenici, anch'essi in discordanza con le sottostanti Unità, prodotti per il riempimento di conche e bacini intramontani legati alla tettonica distensiva verificatasi successivamente alla dominante fase compressiva responsabile della struttura appenninica.

Il successivo innalzamento del crinale appenninico, avvenuto nel quaternario, ha determinato una rapida erosione delle unità Liguridi e Epiliguri e la venuta a giorno delle Unità Toscane nella zona della dorsale appenninica. Schematicamente, in tale edificio, alle quote più elevate si collocano le Unità appartenenti al Dominio Ligure, mentre verso il basso affiorano prima le unità toscane seguite dalle unità appartenenti al cosiddetto Autoctono Padano (Fig. 11).

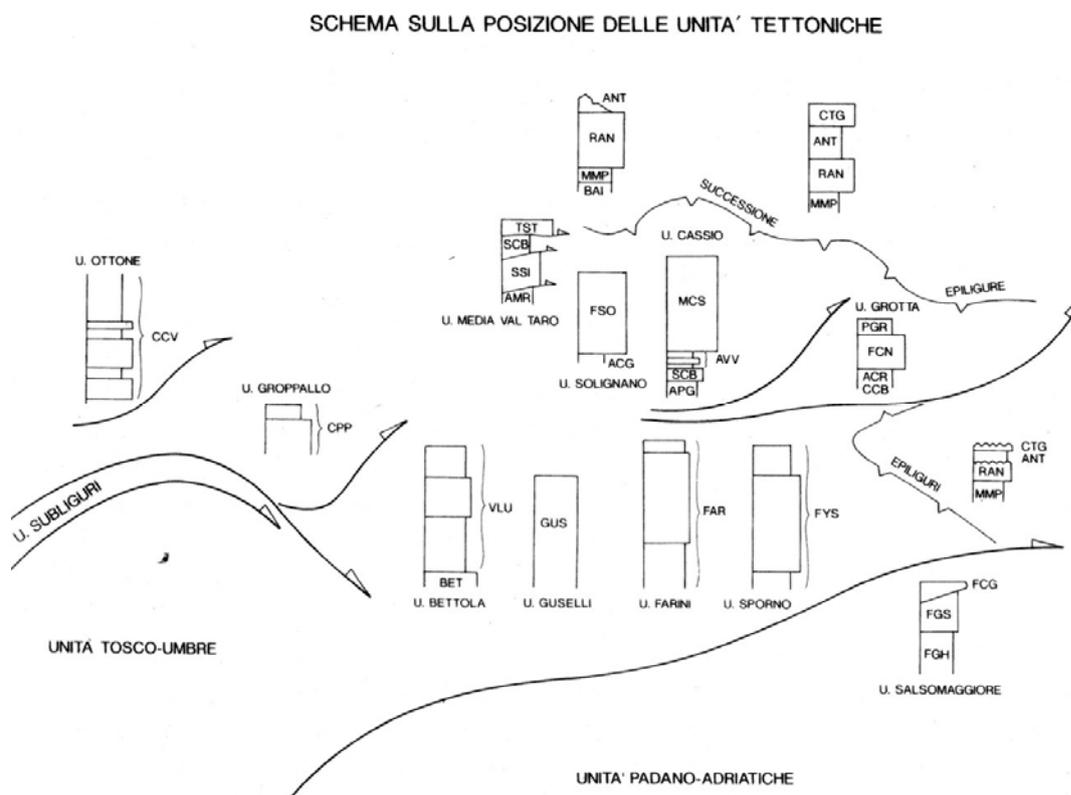


Fig. 11 – Schema sulle posizioni delle varie unità tettoniche

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (I° e II° livello di approfondimento) di alcuni Macroambiti del Comune di Bardi (PR)

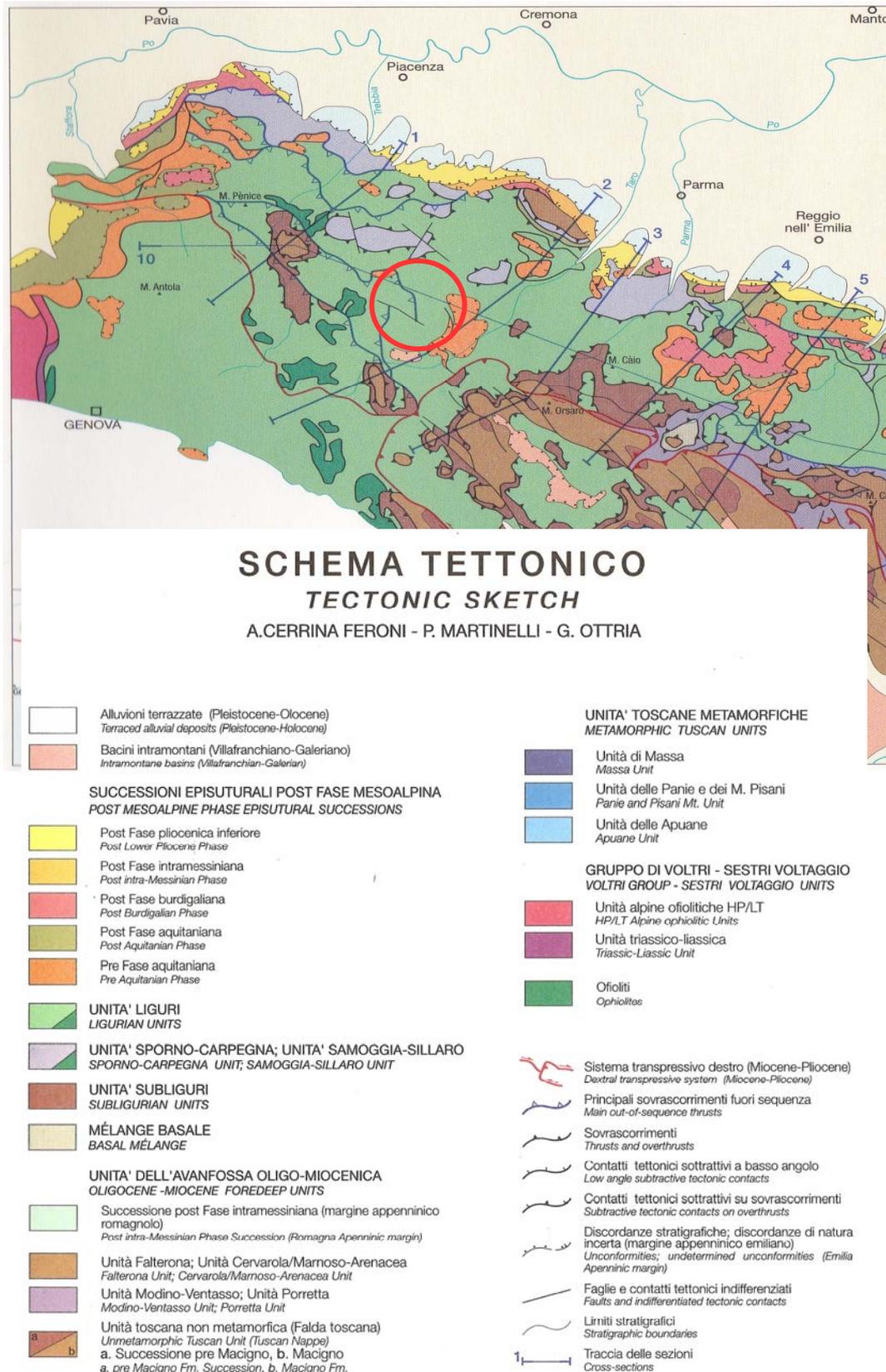


Fig. 12 – Schema tettonico - strutturale della porzione di Appennino in esame (Fonte: Carta geologico-strutturale Appennino emiliano-romagnolo. C.N.R.-Regione Emilia-Romagna).

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (I° e II° livello di approfondimento) di alcuni Macroambiti del Comune di Bardi (PR)

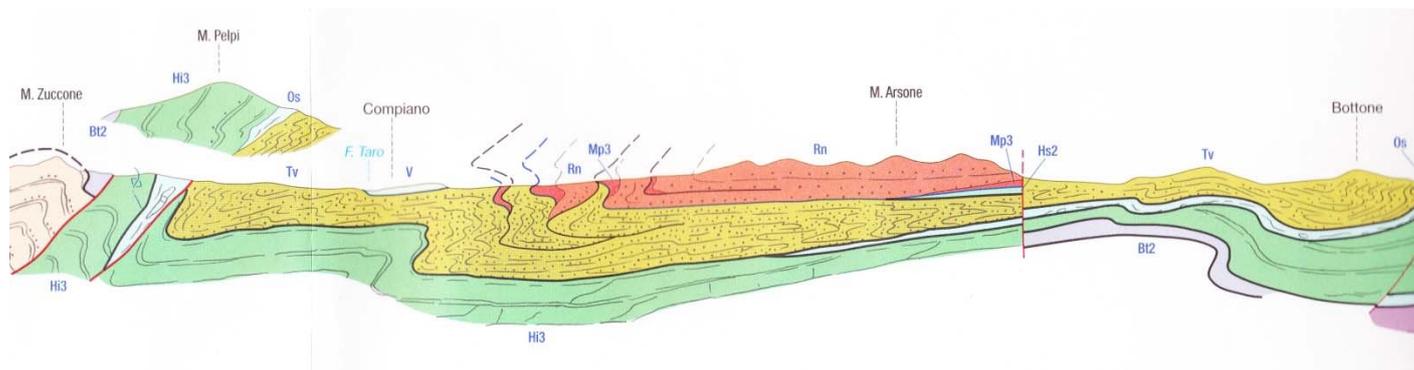


Fig. 13 – Sezione tettonico - strutturale passante per la porzione di Appennino in esame (Fonte: Carta geologico-strutturale Appennino emiliano-romagnolo. C.N.R.-Regione Emilia-Romagna).

Gran parte del territorio, evidenzia corpi rocciosi riconducibili alle *Unità Liguridi Esterne* (Cfr. Figg. 12, 13 e 14), mentre la collocazione della *Successione Epiligure* risulta limitata ad una vasta placca, che dalla vallata del Fiume taro, si estende a nord sino alla porzione centromeridionale del territorio di Bardi, in cui si rinviene l'esclusiva presenza del Membro della Val Pessola della Formazione di Ranzano e limitate zone di affioramento delle strutturalmente sottostanti Marne di Piano.

Le unità liguri, rappresentate in prevalenza, dalle formazioni definite come "Complessi di Base" preflysch, costituenti il basamento delle sequenze torbiditiche terziarie dei Flysch ad helmintoidi (Flysch di M. Caio) e appartenenti all'"Unità tettonica Media Val Taro", sono rappresentate dalle *Argilliti di S. Siro*, dal *Complesso di Casanova*, dalle *Arenarie di Scabiazza*, dalle *Argille a Palombini ecc..* (Cfr. Fig. 15), appaiono fortemente deformate attraverso strutture plicative e di taglio a piccola e grande scala, per effetto della lunga storia evolutiva che le ha contraddistinte.

Lo stato deformativo, in aggiunta all'assetto lito-stratigrafico delle compagini rocciose, costituiscono i fattori geologici fondamentali che influiscono sulla risposta sismica dei terreni, in termini di amplificazione e velocità di propagazione delle onde S. Pertanto, alla base degli studi di microzonazione sismica non deve mai mancare un'attenta ed approfondita analisi degli aspetti geologico-morfologici generali e di dettaglio delle aree in esame.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (I° e II° livello di approfondimento) di alcuni Macroambiti del Comune di Bardi (PR)

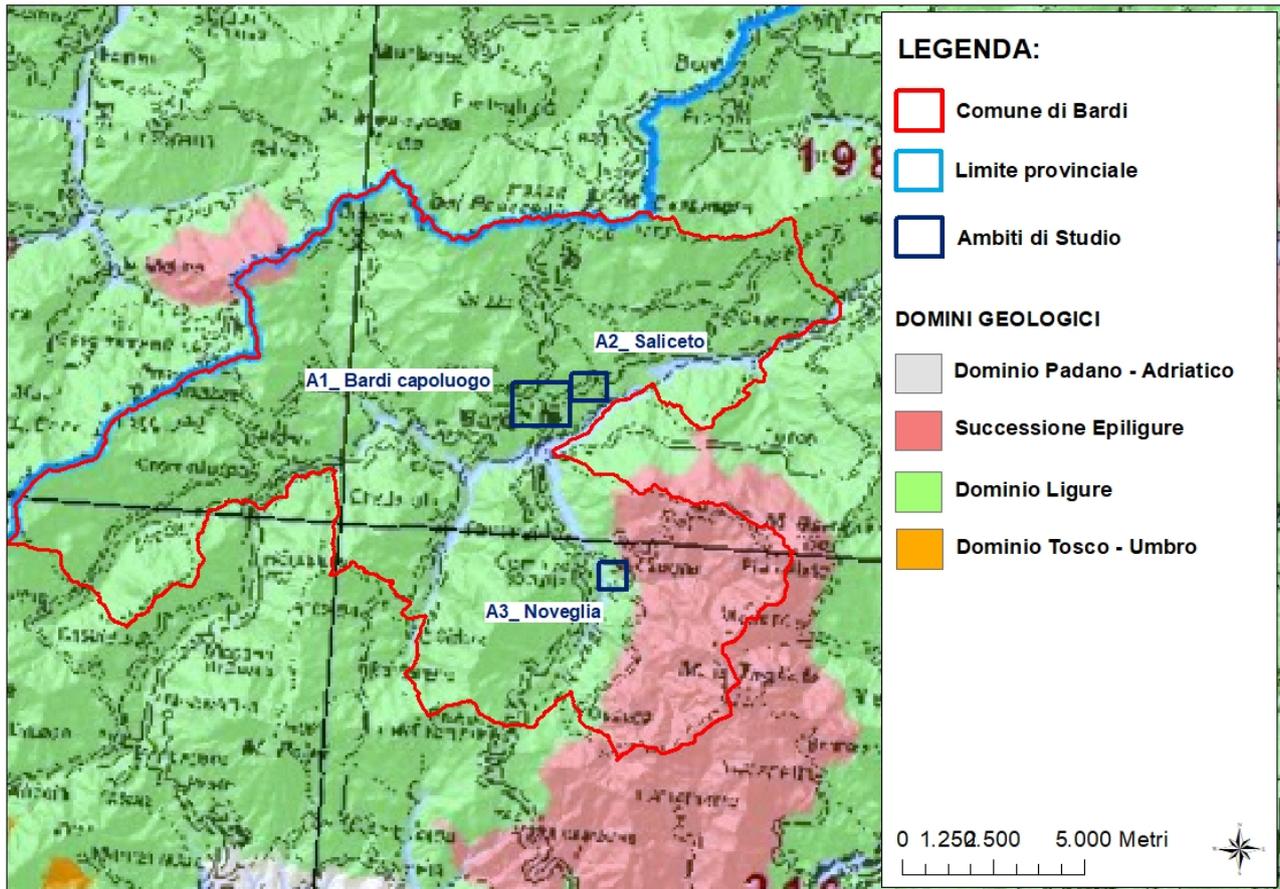


Fig. 14 – Inquadramento geologico di sintesi della porzione di Appennino in esame (Fonte: Progetto CARG della regione Emilia – Romagna, Servizio Geologico e Sismico dei Suoli)

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (I° e II° livello di approfondimento) di alcuni Macroambiti del Comune di Bardi (PR)

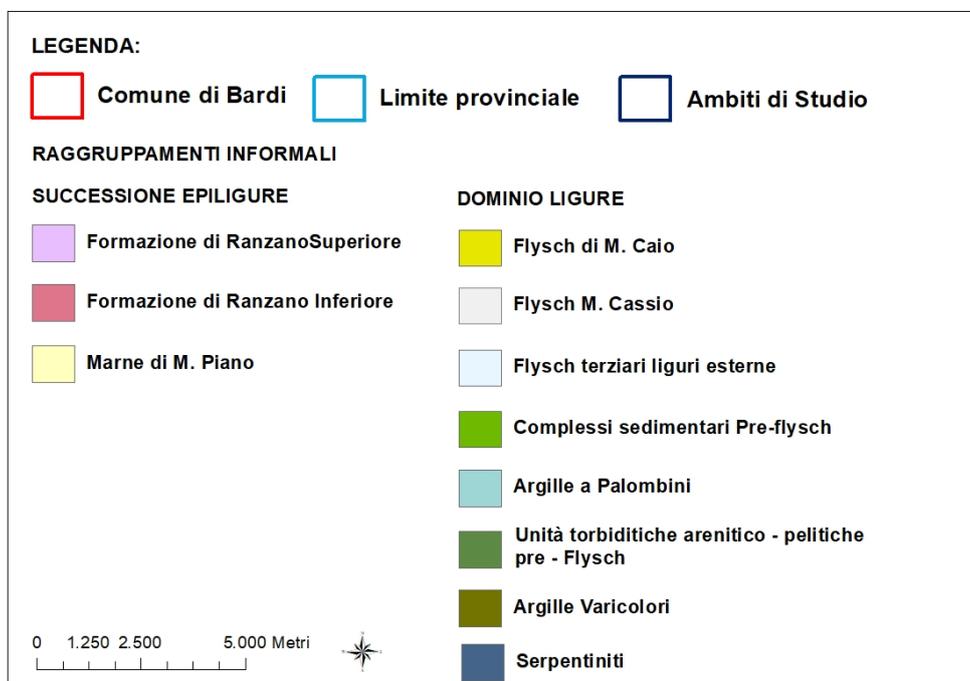


Fig. 15 – Inquadramento geologico della porzione di Appennino in esame (Fonte: Progetto CARG della regione Emilia – Romagna, Servizio Geologico e Sismico dei Suoli)

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (I° e II° livello di approfondimento) di alcuni Macroambiti del Comune di Bardi (PR)

Di seguito saranno brevemente descritte le formazioni affioranti nel territorio comunale di Bardi, seguendo la distinzione operata nelle Carte Geologiche dell'Appennino Emiliano – Romagnolo, alla scala 1:10.000, realizzate dalla Regione Emilia – Romagna nell'ambito del Progetto CARG.

L'analisi sarà limitata alle unità interessanti gli ambiti di studio e sarà di tipo schematico e limitata alle principali caratteristiche petrografiche e giaciture, al fine di definire le proprietà geomeccaniche di resistenza caratteristiche di tali rocce.

Le unità tettonico-sedimentarie presenti sono state raggruppate nelle seguenti classi:

Depositi Quaternari Continentali

- a1_ DEPOSITI DI FRANA ATTIVA
- a2_ DEPOSITI DI FRANA QUIESCENTE
- a3_ DEPOSITI DI VERSANTE
- a4_ DEPOSITI ELUVIO COLLUVIALI
- a6_ DETRITO DI FALDA
- b_ DEPOSITI ALLUVIONALI
- i_ CONOIDE ALLUVIONALE
- c_ TILL INDIFFERENZIATO

Successione Neogenico – quaternaria del margine appenninico - padano

Successione Epiligure

- AES8_ SUCCESSIONE DI RAVENNA
- AES8a_ UNITA' D IMODENA

Unità Liguri

- FLYSCH AD HELMINTOIDI
- MCS_ FLYSCH DI M. CASSIO
- BET_ FLYSCH DI BETTOLA
- CAO_ FLYSCH DI M. CAIO
- FAR_ FLYSCH DI FARINI D'OLMO
- COMPLESSI DI BASE
- AVV_ ARGILLE VARICOLORI DI CASSIO
- SCB_ ARENARIE DI SCABIAZZA
- SSI_ ARGILLITI DI S. SIRO
- APA_ ARGILLE A PALOMBINI
- CSU_ ARENARIE DI CASANOVA
- CCV_ COMPLESSO DI CASANOVA

Successione ofiolitica

- CCL_ CALCARI A CALPIONELLE
- DSD_ DIASPRI

- Gr_ ROCCE GRANITOITI
- oc_ OFICALCITI
- sigma_ SERPENTINE
- beta_ Basalti

Depositi Quaternari Continentali

- **a1 – Depositi di Frane attive.** Depositi gravitativi con evidenze di movimenti in atto o recente, costituiti da litotipi eterogenei raramente monogenici, ed eterometrici, più o meno caotici. La tessitura prevalente risulta costituita da clasti di dimensione variabile e natura calcarea e arenitica, immersi in una abbondante matrice pelitica e/o sabbiosa. La cinematica dei fenomeni è prevalentemente attribuibile a processi complessi, di scivolamento.
- **a2 – Depositi di frana quiescente.** Terreni detritici costituiti da depositi caotici a dominante matrice pelitica, con inclusi litoidi eterometrici ed eterogenei, apparentemente stabilizzati, legati prevalentemente a processi complessi, di scivolamento.
- **a3_ Deposito di versante.** Accumulo di detrito su versante sulla cui attribuzione genetica permane un grado di incertezza, non escludendo che sia dovuto a fenomeni franosi, mancando spesso i caratteri di forma tipici delle frane stesse. Solo una indagine più approfondita del semplice rilevamento sul terreno potrebbe chiarire la natura dei processi che hanno generato il deposito. Generalmente l'accumulo si presenta con una tessitura costituita da clasti di dimensioni variabili immersi e sostenuti da una matrice pelitica e/o sabbiosa (che può essere alterata per ossidazione e pedogenesi), solo localmente stratificato e/o cementato. Come indicato sopra la genesi può essere gravitativa, da ruscellamento superficiale, da soliflusso.
- **a4_ Depositi eluvio – colluviali.** Coltre di materiale detritico, generalmente fine (frammenti di roccia, sabbie, limi e peliti) prodotto da alterazione "in situ" o selezionato dall'azione mista delle acque di ruscellamento e della gravità (subordinata), con a luoghi clasti a spigoli vivi o leggermente arrotondati.
- **a6_ Detrito di falda.** Accumulo detritico costituito da materiale eterogeneo ed eterometrico, generalmente a quote elevate o molto elevate, con frammenti litoidi di dimensioni variabili tra qualche cm³ e decine di m³, privo di matrice o in matrice sabbioso-pelitica alterata e pedogenizzata, di origine gravitativa frequentemente alla base di scarpate e lungo i versanti più acclivi. Il detrito può essere stato anche rielaborato da fenomeni di gelo-disgelo e dal ruscellamento delle acque superficiali.
- **b1_ Depositi alluvionali in evoluzione.** Deposito costituito da materiale detritico generalmente non consolidato (ghiaie, talora embriate, sabbie e limi argillosi) di

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (I° e II° livello di approfondimento) di alcuni Macroambiti del Comune di Bardi (PR)

origine fluviale, attualmente soggetto a variazioni dovute alla dinamica fluviale. Può essere talora fissato da vegetazione (b1a).

- **i_ Depositi di conoide alluvionale.** Depositi alluvionali, prevalentemente ghiaiosi, a forma di ventaglio aperto verso valle, in corrispondenza dello sbocco di valli e vallecole trasversali ai corsi d'acqua principali ove la diminuzione di pendenza provoca la sedimentazione del materiale trasportato dall'acqua, soggetti ad evoluzione dovuta alla dinamica torrentizia.
- **c_ Till indifferenziato.** Breccie in matrice sabbiosa e pelitica costituite da litotipi eterogenei, frequentemente spigolose e con stratificazione male visibile; depositi di origine glaciale o periglaciale, dubitativamente rimobilizzati per processi gravitativi.

Successione Neogenico – quaternaria del margine appenninico – padano Successione Epiligure

- **AES8a - Unità di Modena.** Ghiaie prevalenti e sabbie, ricoperte da una coltre limoso argillosa discontinua: depositi alluvionali intravallivi. Il profilo di alterazione è di esiguo spessore (poche decine di cm) e di tipo A/C, localmente A/Bw/C. Lo spessore massimo dell'unità è di alcuni metri. (Olocene)

SUCCESSIONE EPI LIGURE

Formazione di Ranzano

- **RAN2_ Membro della Val Pessola.** Litofacies molto variabili, da pelitico-arenacee ad arenaceo-conglomeratiche. Strati da medi a molto spessi con geometria generalmente tabulare, talora lenticolare quella degli strati grossolani. Torbiditi marnose di colore grigio con intercalazioni di strati o banchi arenacei con $A/P < 1$. Litoareniti grigio-verdi, a marcata componente ofiolitica, e modeste quantità di rocce sedimentarie, in letti da medi a molto spessi, talora con base grossolana, alternati a peliti siltoso-marnose scure (A/P generalmente > 1). Localmente distinte una litofacies arenaceo-pelitica (RAN2ap) ed una litofacies pelitico-arenacea (RAN2pa). Contatto discontinuo, spesso erosivo e a luoghi discordante su MMP e su RAN1. (Priaboniano terminale - Rupeliano inf.).
- **RAN3_ Membro di Varano de' Melegari.** Litoareniti grigie, talora a base conglomeratica, a prevalenti clasti carbonatici, alternate a peliti marnose grigie; strati da sottili a spessi, talora molto spessi; A/P molto variabile, da $>$ a $\ll 1$; alla base è presente un orizzonte di frana sottomarina non cartografabile, nella parte medioalta sono presenti livelli sottili di areniti vulcanoclastiche. Localmente è presente una litofacies arenaceo-pelitica con areniti grigio piombo a grana media, in strati da medi a molto spessi, senza apparente gradazione, con intercalazioni di sottili livelli vulcanoclastici. Localmente distinta una litofacies pelitica (RAN3d). Passaggio inferiore

netto su RAN2 e su MMP. Potenza massima di varie centinaia di metri. (Rupeliano medio - sup.)

UNITA' LIGURI

Flysch ad helmintoidi

- **MCS_ Flysch di M. Cassio.** Torbiditi a base calcarenitica fine e media passante a marne calcaree grigio-biancastre, marne e calcari marnosi in strati da spessi a molto spessi, passanti gradualmente ad un tetto argilloso-siltoso, alternate a pacchi di strati torbiditici arenaceo-pelitici da sottili a spessi, grigiastri. Intercalazioni regolari di sottili livelli pelitici grigio-verdastri e neri e di arenarie medie e fini, quarzoso-feldspatiche, grigio chiare, in strati medi e sottili. Torbiditi e fanghi intrabacinali, in ambiente di piana, sotto la superficie di compensazione dei carbonati. Contatto per alternanze su AVV, localmente tettonizzato. Potenza parziale di un migliaio di metri.
- **BET_ Flysch di Bettola.** Torbiditi carbonatiche costituite da calcari marnosi e marne grigio-nocciola a base calcarenitica, passanti ad argille nerastre, in strati spessi e banchi oltre i 10m, e da areniti e peliti grigie in strati da sottili a spessi (A/P<1). Bacino profondo a sedimentazione torbiditica, prevalente su quella emipelagica. Potenza massima stimata 500m. (Campaniano terminale - Daniano basale?)
- **CAO_ Flysch di M. Caio.** Torbiditi calcareo-marnose, grigio-scure, in strati da medi a molto spessi con una base arenitica media o fine passante a marna; a tetto intervalli sottili e medi di argilla nerastra fissile. Si alternano a pacchi di torbiditi arenaceo-pelitiche da sottili a medie e a torbiditi calcareo-pelitiche chiare in strati sottili e medi. Si intercalano localmente (Flysch di Testanello Auctt.) areniti grigio-nocciola da fini a grossolane passanti a marne siltose, in strati da medi a spessi e strati spessi di breccie monogeniche ad elementi calcareo-marnosi. Torbiditi di piana abissale e fanghi intrabacinali. Contatto inferiore netto con SSI. Potenza fino ad alcune centinaia di metri. (Campaniano sup. - Maastrichtiano).

Complessi di base

- **AVV_ Argille Varicolori di Cassio.** Argille, argilliti ed argille siltose rosse, violacee, grigio scure e verdastre, con intercalazioni di strati sottili o medi di arenarie litiche fini grigio chiare o scure, mangesifere e localmente cloritiche, di calcilutiti silicizzate grigio-verdine e di calclititi chiare, calcareniti, conglomerati poligenici, in strati medi e spessi, i cui elementi provengono da crosta continentale e arenarie litiche e feldspatiche grossolane. Nell'area del Foglio 218 presenti sporadici strati medio-sottili di arenarie a composizione ofiolitica. Contatti per lo più tettonizzati con SCB. Sedimentazione pelagica intervallata da correnti di torbidità s.l. e flussi concentrati di locale

alimentazione insubrica. Potenza geometrica variabile da qualche decina a qualche centinaio di metri. (Turoniano? - Campaniano sup.).

- **SCB_ Arenarie di Scabiazza.** Torbiditi arenaceo-pelitiche e pelitico-arenacee con arenarie litiche grigio-nocciola, grigio-scure o grigio-verdastre, fini e medie in strati sottili e medi regolarmente alternate a peliti grigie o verdastre o marne siltose debolmente marnose; si intercalano talora marne grigio chiare a base arenacea fine e molto fine in strati da molto sottili a spessi (rapporto A/P da <1 a >1), conglomerati e calciliti in strati spessi. Possono essere presenti marne siltose grigie in strati molto spessi con base arenitica e conglomeratica fine ad elementi sedimentari. Nell'area di Ostia Parmense si individua una litofacies a brecce argillose (SCBa) costituita da brecce a blocchi di calcari grigio-verdini e biancastri e lembi eterometrici di marne grigiogiallastre, inglobati in matrice argillitica nera e verdastra, di potenza variabile da pochi metri a 50 m circa e una litofacies arenaceo-pelitica (SCBb); Sedimentazione torbiditica di ambiente marino profondo. Potenza geometrica affiorante può raggiungere 700 metri. (Cenomaniano – Santoniano).
- **SSI_ Argilliti di S.Siro.** Argilliti rosso-violacee, brune o variegata, manganesifere, alternate con straterelli calcilutitici o siltitici ed arenitici grigi e grigio-verdastri ad alterazione color ocra o ruggine, e spessore mediamente compreso fra 10 e 30 cm, molto discontinui e deformati e con intercalazioni di areniti torbiditiche in livelli medio-sottili e calcareniti sottili. Depositi di debris flow a matrice argillitica e clasti eterogenei: palombini, ofioliti e rocce granitoidi (Gr). Localmente si interpongono lembi da metrici a decametrici di marne grigio-ocracee (litofacies marnosa - SSIa) e lembi di successioni pelitiche policrome fittamente stratificate (SSIb - litofacies argillitica). Passaggio stratigrafico netto al sovrastante Flysch di M. Caio (nei Fogli 198 e 216 contatto discordante con APA). (Cenomaniano? - Santoniano?).
- **APA_ Argille a Palombini.** Argilliti o argilliti siltose grigio scure, più raramente verdi, ocracee, rossastre, fissili, alternate a calcilutiti silicizzate grigio chiare e grigio-verdi, biancastre o giallastre in superficie alterata, talora a base calcarenitica laminata, e più rari calcari marnosi grigi e verdi in strati spessi; intercalazioni di siltiti ed arenarie torbiditiche fini in letti molto sottili e sottili di colore grigio scuro o di calcareniti medio-grossolane in strati da medi a spessi; localmente si intercalano argilliti marnose grigie in strati spessi, marne grigio-verdastre in strati medi e arenarie fini laminate in strati sottili; gli strati calcilutitici sono spesso "boudinati", a luoghi silicizzati, pervasivamente fratturati e caratterizzati da una fitta rete di vene di calcite, spalmature verdastre sulle superfici di strato e frattura concoide. Si possono presentare in brecce monogeniche con scarsa matrice arenacea. Localmente distinta una litozona argillitica (APAA). Sedimentazione pelagica argillosa, intervallata da risedimentazione di fanghi

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (I° e II° livello di approfondimento) di alcuni Macroambiti del Comune di Bardi (PR)

carbonatici. Potenza geometrica variabile da alcune decine ad alcune centinaia di metri. (Berriasiano - Santoniano p.p).

- **CSU_ Arenarie di Casanova.** Areniti verdastre o grigio scure medio-grossolane a composizione marcatamente ofiolitica e subordinatamente sedimentaria, ruditi e peliti in strati gradati da medi a molto spessi. Frequenti intercalazioni di areniti medio-fini a composizione subarkosica e peliti scure fortemente diagenizzate e laminate in strati gradati medio-sottili. Presenti strati spessi e molto spessi di calcari marnosi e marne a basi arenacee medie grigio chiare, micacee. Potenza da 0 a 100 m. (Campaniano inf.).
- **CCV_ Complesso di Casanova.** Argille caotiche inglobanti lembi di ofioliti (Basalti sbrecciati e serpentine), brecce, arenarie, conglomerati, calcari e marne (*Cretaceo*). Si distingue una formazione: CCVb - Complesso di Casanova - litofacies a brecce mono e poligeniche a matrice pelitica, costituite da brecce monogeniche (prevalenti) e poligeniche, in strati molto spessi e banchi a geometria lenticolare, con abbondante matrice pelitica grigio scura e clasti eterometrici, da angolari a subarrotondati, di calcilutiti chiare, più rari clasti di areniti scure e calcareniti (nell'area del Foglio 216 anche serpentiniti e basalti); si interpongono spezzoni di alternanze argillitico-calcaree e calcareo-marnose sempre molto deformate; lembi intensamente fratturati di Argille a Palombini. Potenza geometrica da 0 a 120 m circa. (*Campaniano inf.*).

Successione ofiolitica

- **CCL_ Calcari a Calpionelle.** Calcari e calcari marnosi biancastri e grigi in strati da medi a spessi, talora molto spessi; calcareniti fini e finissime, gradate.
- **DSD_ Diaspri.** Radiolariti verdastre e rosse in strati sottili, intensamente fratturate. (Dogger - Malm)
- **Gr_ Rocce granitoidi.**
- **Beta_ Basalti.** Basalti compatti color verde scuro, rosso all'alterazione, talora brecciati, con struttura a "pillow" spesso ben evidente;
- **sigma_ Serpentine.** Rocce magmatiche intrusive ed ultrabasiche metamorfosate, verdi e nero-bluastre, con superfici azzurrognole (serpentiniti). Spesso brecciate e con frequenti vene di calcite bianca (oficalciti).(*Cretaceo*).

L'attuale assetto geomorfologico dell'ambito territoriale del Comune di Bardi è il risultato dell'effetto combinato di alterne vicende climatiche di varia intensità, lente deformazioni tettoniche ed interventi antropici, che si sono imposti negli ultimi millenni ed hanno direttamente interagito sull'andamento morfologico del territorio.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (I° e II° livello di approfondimento) di alcuni Macroambiti del Comune di Bardi (PR)

Uno dei parametri geomorfologici più importanti nella modifica ed evoluzione del territorio è costituito dal diverso grado di morfoselezione presente, che risulta strettamente correlato con le litologie presenti e dipendente da altri fattori come clima, acclività, coperture boschive e arboree ecc...

La morfoselezione può essere definita come la tendenza dei terreni e delle rocce ad evolversi verso forme e strutture selettive sotto l'azione dei processi e degli agenti morfogenetici principali (acque superficiali e meteoriche, vento, gelo-disgelo, gravità, ecc.).

In questa ottica, la morfoselezione risulta correlata all'impedenza (capacità dei suoli di opporsi all'erosione operata dalle acque superficiali dilavanti) ed alla ritenzione idrica dei suoli (quantità di acque superficiali assorbita dai terreni superficiali), a loro volta condizionate dal tipo e grado di copertura vegetale esistente e dalla geologia e litologia del substrato; litofacies argillose o pelitiche offrono infatti una minore resistenza all'erosione rispetto a rocce arenacee o calcaree e, quindi, hanno meno possibilità di queste ultime di originare nel tempo forme selettive (picchi o rilievi rocciosi, scarpate strutturali, ecc.).

Tutti questi elementi condizionano in ultima analisi la stabilità idrogeologica dei versanti ed i tempi di corrivazione (velocità di ruscellamento delle acque superficiali verso valle) e quindi i tempi di formazione delle piene fluviali.

La bassa morfoselettività delle rocce pelitiche e di quelle argilloso-marnose in genere, è di norma abbinata ad una elevata e diffusa franosità, che col tempo si evolve verso morfologie più dolci e meno acclivi (ossia più stabili), che consentono, di conseguenza, una più agevole e conveniente utilizzazione antropica dei suoli e dei terreni.

Non a caso, infatti, le zone meno densamente antropizzate della fascia appenninica risultano quelle in cui affiorano le rocce maggiormente morfoselettive, ossia quelle che originano una morfologia impervia, con acclività e pendenze elevate e che comportano la formazione di suoli di ridotto spessore e produttività; su tali superfici, localizzate per lo più nelle zone di crinale, si sviluppano quindi boschi, cespugli e praterie.

Alla luce delle caratteristiche geologiche e litologiche principali delle rocce affioranti negli ambiti di studio, in grado di determinare un comportamento geomorfologico piuttosto omogeneo anche su grandi areali, sono state individuate le 4 classi di morfoselezione seguenti:

- Terreni con grado di morfoselezione da basso a molto basso: comprendono, di norma, le litofacies pelitiche (argillose) e marnoso-argillose, ma anche quelle in cui la fitta stratificazione o l'alternanza di litologie diverse o l'elevato grado di fratturazione delle stesse (tipo rocce argilloso-caotiche), portano ad evidenziare un comportamento poco resistente nei confronti dell'erosione e dell'alterazione morfologica. In tale classe sono state pertanto comprese le formazioni argillose quali le Argille Varicolori di Cassio, le Argille a Palombini, le Argilliti di S. Siro.
- Terreni con grado di morfoselezione da basso a medio: sono composti litologie con comportamento geomorfologico intermedio, in quanto costituiti da litofacies marnose,

marnoso-argillose, marnoso-calcaree e marnoso-arenacee resistenti, ma condizionate negativamente dal grado di fratturazione della compagine rocciosa, o dalla costante presenza di livelli a bassa resistenza, che li rendono poco stabili o sufficientemente stabili. In tale classe sono state considerate le formazioni costituite da fitte alternanze pelitico – arenacee come le Arenarie di Scabiazza.

- Terreni con grado di morfoselezione da medio ad alto: ricadono in questa classe i le litofacies riferibili alle note sequenze flyschiodi, spesso intensamente fratturate, anche se porzioni di flysch particolarmente marnose possono far rientrare tali unità più tipicamente nella classe precedente. La stratificazione massiccia più o meno regolare di tali litofacies, porta alla formazione, o di rilievi selettivi tabulari (in condizioni geologico-strutturali particolari), o di picchi rocciosi e linee di crinale ben definite rispetto al territorio circostante. In tale classe sono state comprese le formazione dei Flysch (M. Caio, Cassio, Bettola) e la formazione di Casanova, che affiora limitatamente anche negli ambiti territoriali individuati nel presente studio.
- Terreni con grado di morfoselezione da alto a molto alto: Le litofacies che presentano tali caratteristiche di morfoselezione, sono quelle ad alta resistenza e spiccata energia di rilievo e comprendono nel nostro territorio formazioni lapidee come i massicci di diaspro, gabbrici e serpentinitici, che ad esempio caratterizzano lo sperone roccioso su cui sorge il Castellod i Bardi.

In generale si può affermare che il territorio di Bardi è contraddistinto da una morfologia "giovanile" caratterizzata da versanti più o meno acclivi, con incisioni vallive spesso pronunciate, dovute prevalentemente all'azione erosiva dei corsi d'acqua. Le forme di accumulo fluviale sono evidenti specie nel tratto fluviale in cui sorge l'abitato di Bardi Stazione, dove diversamente dal resto del territorio hanno estensione significativa, mentre nel resto del territorio i depositi alluvionali occupano il fondo di valli strette (comprese fra versanti ricoperti da depositi gravitativi o incassate in pendii rocciosi). Molto diffuse sono le forme di erosione fluviale, specialmente sulle sponde geologicamente instabili o costituite da depositi detritici o litologie "tenere" (argilliti, argille, formazioni flyschoidi ecc.). Spesso tali fenomeni sono la causa dell'innescio di movimenti franosi di neoformazione sui versanti o della riattivazione di vecchie frane quiescenti.

Risultano evidenti gli stretti legami esistenti tra l'aspetto morfologico ed i motivi stratigrafico – tettonici e le caratteristiche geomeccaniche delle rocce. Laddove predominano i litotipi arenacei e calcarei, il rilievo si presenta accidentato, con pendii ripidi che seguono quasi fedelmente l'inclinazione degli strati, quando disposti a franappoggio; mentre sono caratterizzati da una forte acclività con strati a reggipoggio. Al contrario dove affiorano i terreni prevalentemente marnoso – argillosi la morfologia assume caratteri attenuati ed un aspetto

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (I° e II° livello di approfondimento) di alcuni Macroambiti del Comune di Bardi (PR)

relativamente addolcito e si osservano frequentemente versanti interessati da diffusi e talora ampi fenomeni di dissesto.

In tale contesto, è chiaro che i fenomeni di gran lunga più significativi e diffusi nel territorio e che per i loro effetti hanno più rilevanti e significative ricadute sul territorio, a causa delle limitazioni e dei danni che provocano, sono i fenomeni legati alla gravità.

Nel presente studio, per la definizione dei movimenti gravitativi che interessano le aree in esame, si è fatto riferimento, principalmente, alla Carta del Dissesto della Provincia di Parma, alla scala 1:10.000, che ne prevede l'identificazione e la classificazione sulla base dello stato di attività e della tipologia.

Più precisamente, sulla base dello stato di attività, si distinguono solo due classi:

- **frana attiva:** movimento gravitativo ritenuto attivo o riattivato (in un settore di corpo di frana quiescente) all'atto dell'indagine fotointerpretativa, ovvero rilevato o confermato da controllo sul terreno; l'attività può trovare conferma anche in dati documentali recenti (pubblicazioni, carte geologiche, relazioni tecniche, ecc.);
- **frana quiescente:** riguarda tutti i tipi di dissesto in cui è possibile desumere, da indizi di natura geomorfologica e considerazioni di evoluzione morfoclimatica del territorio appenninico, la temporanea inattività del corpo di frana e della scarpata principale ad essa connessa;

Infatti, nelle porzioni di territorio cartografate, non sono mai stati individuati corpi di frana ritenuti inattivi in quanto le cause ed i processi che li hanno generati non sono più presenti o sono stati rimossi (definiti "frane relitte" nella Carta del Dissesto della Provincia di Parma).

Quanto alla tipologia, esaminando la Carta del Dissesto della Provincia di Parma, che fa riferimento alla classificazione dei movimenti gravitativi di *Cruden & Varnes* (1996), e tenendo conto delle classi stabilite dagli ICMS, nel territorio in esame, si sono distinte le seguenti frane:

- **Scorrimento:** classe in cui sono accorpati gli scivolamenti rotazionali e quelli traslazionali o planari
- **Colata:** che può essere di terra o di fango
- **Complessa:** data dalla combinazione di 2 o più movimenti di tipo semplice
- **Non definita:** indicata, altrimenti, come indeterminata (quando la tipologia di movimento non è chiara)

5. INQUADRAMENTO SISMOTETTONICO

L'Appennino settentrionale è una catena a *thrusts* facente parte del sistema alpino, formatosi in gran parte a spese della placca Adriatica per l'interazione fra le placche Africana ed Euroasiatica.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (I° e II° livello di approfondimento) di alcuni Macroambiti del Comune di Bardi (PR)

Si tratta di un edificio costituito da una pila di unità tettoniche riferibili a due principali domini (Fig. 16): il Dominio Ligure, i cui sedimenti si sono depositi originariamente su crosta oceanica (Liguridi s.l., Auctt.) e il Dominio Tosco-Umbro-Marchigiano, rappresentato da successioni del margine continentale dell'Adria la cui età inizia a partire dal Triassico.

Le formazioni rocciose appartenenti al Dominio Toscano, sono localizzate essenzialmente lungo la zona di crinale, mentre le unità liguri caratterizzano la fascia che si estende fino al di sotto dei depositi alluvionali della pianura.

Il fronte appenninico è evidenziato dalle strutture ad arco delle pieghe emiliane e ferraresi, posizionate quasi a ridosso del fiume Po, dove sovrascorre con direzione settentrionale la piattaforma padano-veneta.

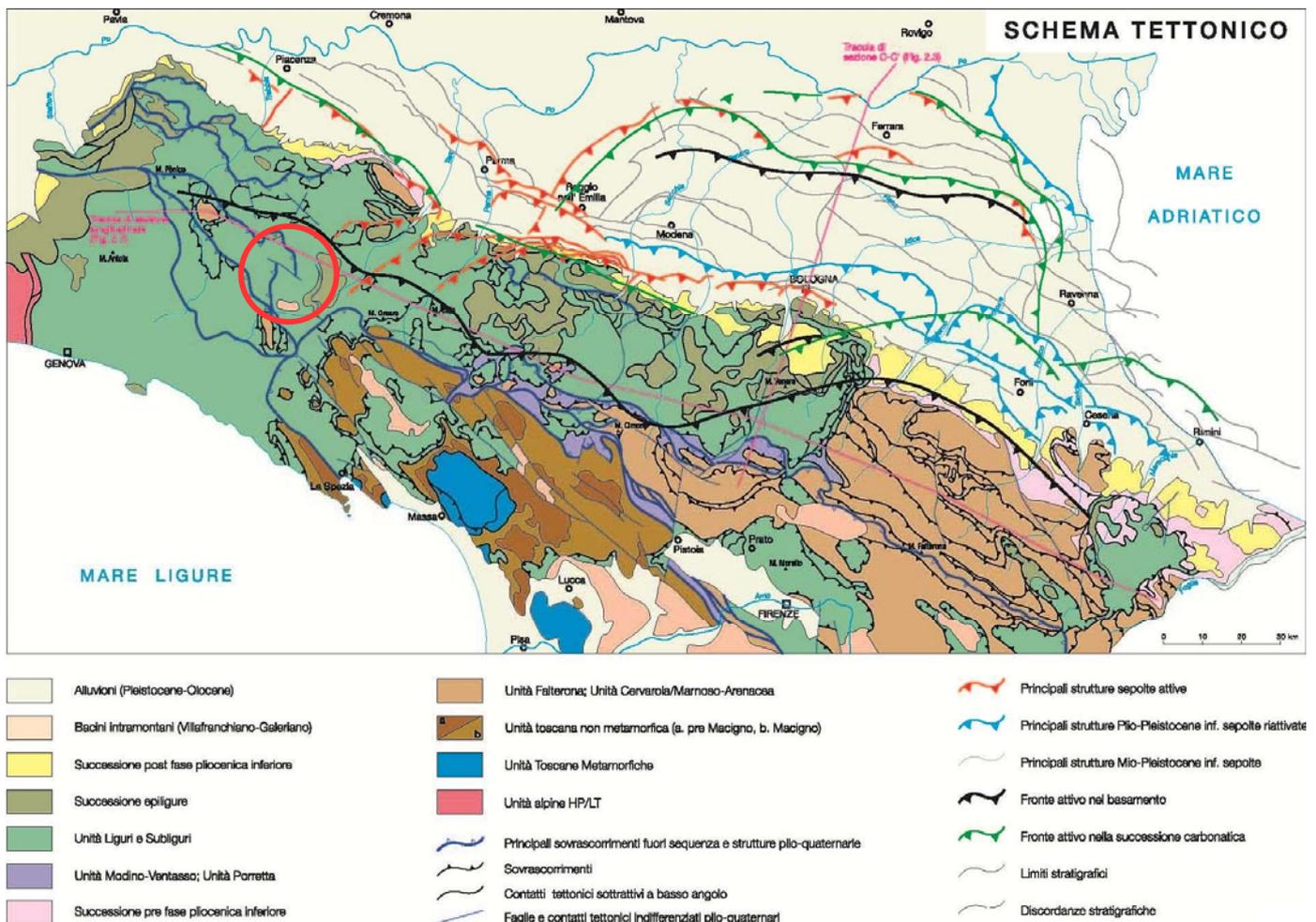


Fig. 16 - Schema tettonico generale della Regione Emilia Romagna. Cerchiata in rosso l'area indicativamente coincidente con il Comune di Bardi

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (I° e II° livello di approfondimento) di alcuni Macroambiti del Comune di Bardi (PR)

Oltre che al contatto tra unità tettoniche differenti, si possono rinvenire all'interno di ciascun dominio strutture attive, il cui studio risulta estremamente importante per definire i meccanismi di rottura che generano i terremoti.

Dall'analisi sull'attività neotettonica in Emilia-Romagna (Fig. 17), emerge che le zone a maggiore sollevamento, con tassi >1 mm/anno, sono individuabili nella parte alta della catena, corrispondente al settore a monte del principale raddoppio crostale a conferma dell'attività di questa struttura.

L'area a sollevamento intermedio, con tassi mediamente ≥ 1 mm/anno, corrisponde al settore immediatamente retrostante la struttura superficiale del margine che da Bologna si estende verso NW fino alla valle del Taro.

Le aree a minore sollevamento (<1 mm/anno) si collocano immediatamente a valle della struttura crostale.

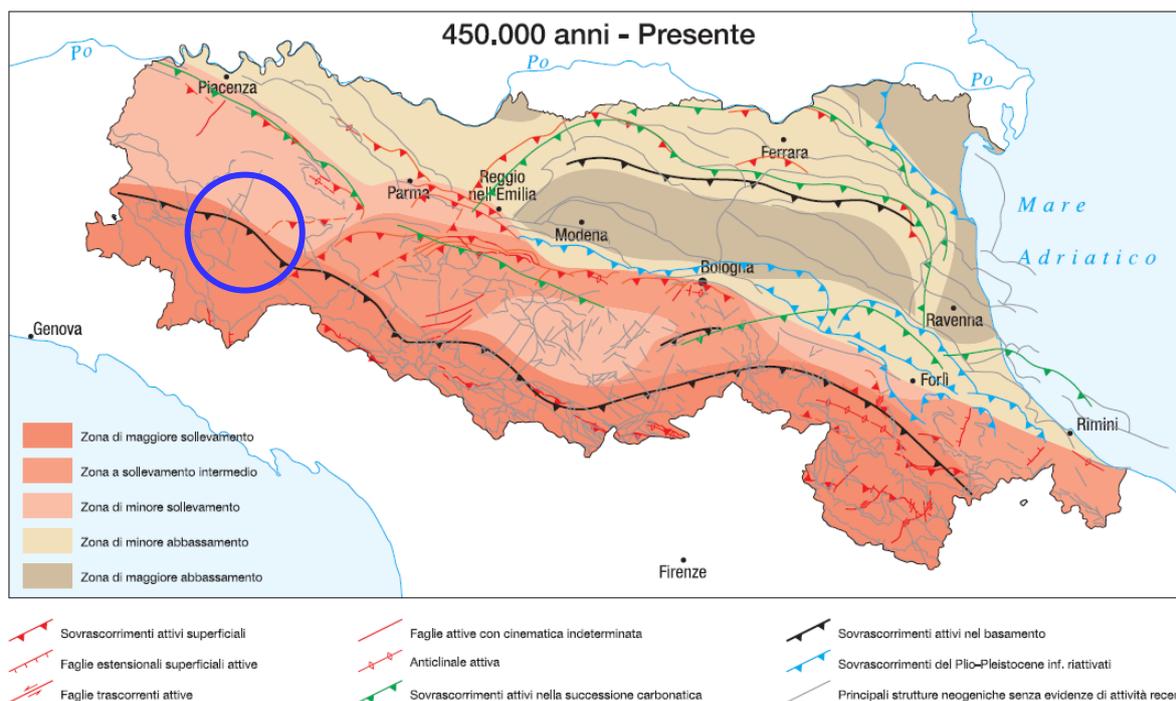


Fig. 17 - Schema dell'attività neotettonica della Regione Emilia Romagna. Cerchiata in blu l'area indicativamente coincidente con il Comune di Bardi

La sismicità legata alle strutture superficiali, con ipocentri mediamente ad una profondità inferiore a 15 km, risulta molto diffusa in catena e più localizzata in pianura, soprattutto in corrispondenza della dorsale ferrarese.

I meccanismi focali calcolati risultano compressivi e trascorrenti indicando direzioni di compressione sia NE-SW che NW-SE. I meccanismi focali distensivi sono nettamente secondari. Risulta quindi che la cinematica delle principali strutture attive superficiali è di tipo transpressivo.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (I° e II° livello di approfondimento) di alcuni Macroambiti del Comune di Bardi (PR)

La sismicità crostale, con ipocentri mediamente compresi tra 15 e 35 km, mostra una distribuzione simile a quella più superficiale ma con una densità inferiore. Anche in questo caso i meccanismi focali risultano compressivi e trascorrenti con direzioni di compressione sia NW-SE che NE-SW ed i meccanismi distensivi sono rari e ben localizzati.

La sismicità più profonda, con ipocentri oltre i 35 km, fino ad oltre 50 km, è sempre diffusa nel settore di catena e in corrispondenza del margine appenninico-padano, e decisamente minore in pianura. I meccanismi focali calcolati sono in accordo con quanto riscontrato nei livelli strutturali superiori.

Risulta così un modello geodinamico attivo in cui le strutture superficiali della copertura, quelle crostali nonché quelle del mantello, sebbene tra loro distinte, sono tutte coerenti e inquadrabili in un sistema transpressivo che rispetto alle zone esterne dell'avampaese padano, relativamente stabili, assume il significato di un sistema di ordine inferiore all'interno di una zona di trascorrenza destra.

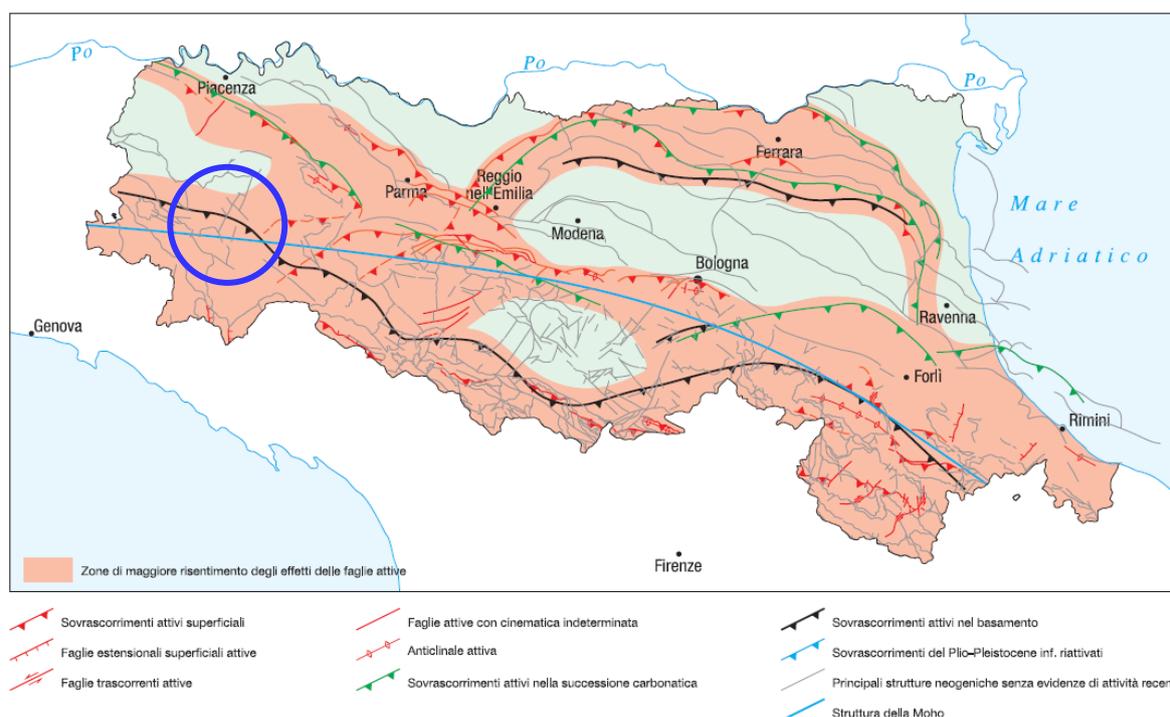


Fig. 18 – Carta della zonizzazione di maggiore risentimento degli effetti delle faglie attive della Regione Emilia Romagna. In blu l'area indicativamente coincidente con il Comune di Bardi

In Fig. 18 è riportata la distribuzione delle strutture attive rispettivamente della copertura, della crosta e del mantello con una zonazione delle aree che maggiormente risentono della loro attività. Per questa zonazione si è tenuto conto anche degli effetti superficiali quali le aree di maggiore sollevamento in catena e di minore abbassamento in pianura, come pure della distribuzione delle aree a maggiore frequenza di fenomeni franosi. Si osserva che il territorio del Comune di V è situato in una zona di discreto risentimento degli effetti delle faglie attive.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (I° e II° livello di approfondimento) di alcuni Macroambiti del Comune di Bardi (PR)

La Carta sismotettonica della Regione Emilia Romagna alla scala 1:250.000, rappresenta il documento fondamentale per la definizione della pericolosità sismica locale e all'individuazione di strutture potenzialmente sismo genetiche ed ha consentito di ottenere il quadro neotettonico e sismotettonico dell'area di studio.

Lo stralcio della Carta sismotettonica della Regione Emilia-Romagna riferito al territorio del Comune di Bardi è riportato in Fig. 19b e 19c.

Nel dettaglio, in Fig. 19, all'interno del perimetro comunale di Bardi e nel suo immediato intorno, si evidenziano numerose strutture affioranti e sepolte (sovrascorrimenti e faglie) attive, affioranti e recenti (< 1 MA), inoltre il territorio comunale è segnato diagonalmente da un importante fronte di accavallamento del basamento a conferma del sensibile grado di sismicità dell'area. I principali epicentri di eventi macrosismici sono di magnitudo M compresa tra 5 e 5,5.

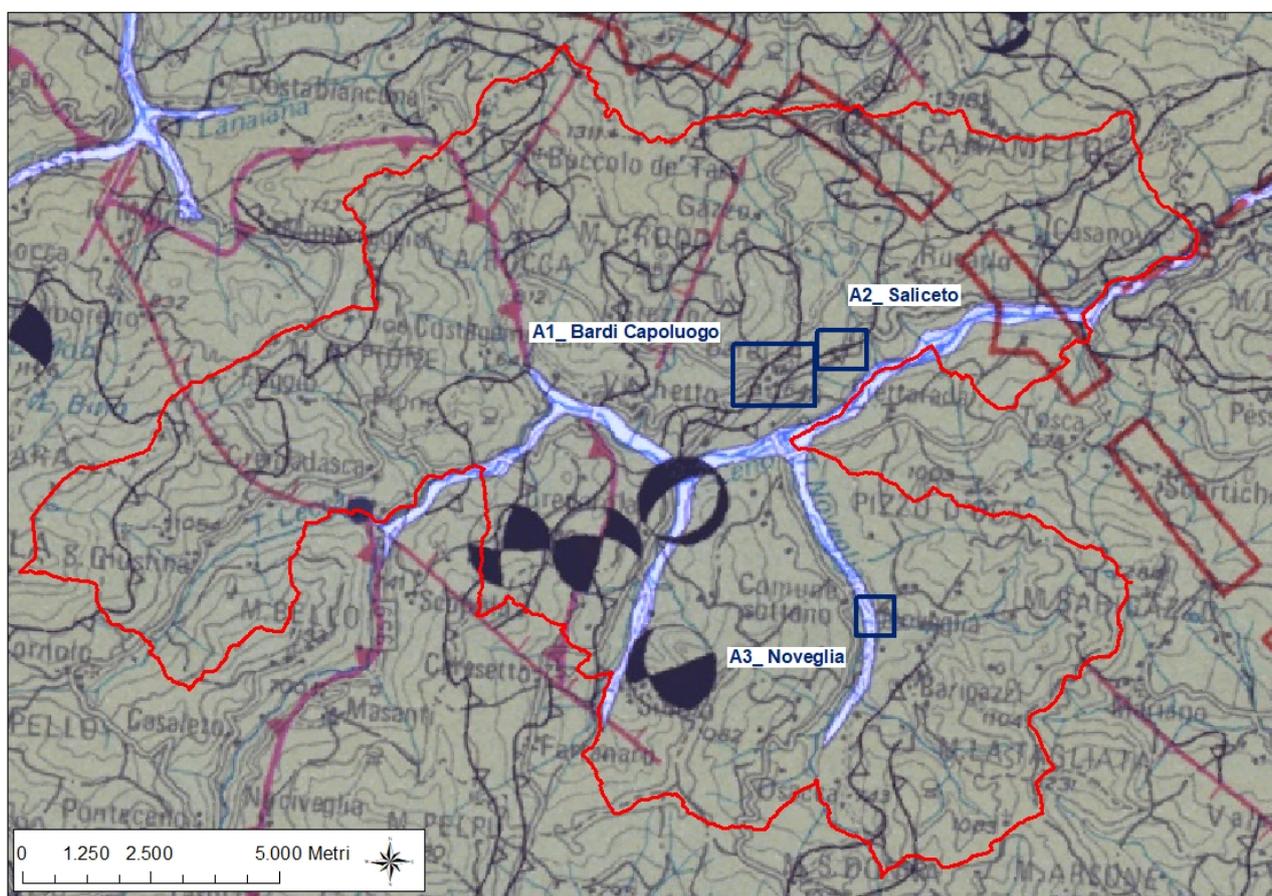


Fig. 19a - Stralcio Carta Sismo - Tettonica della Regione Emilia-Romagna con indicazione degli areali di studio.

CARTA SISMOTETTONICA DELLA REGIONE EMILIA-ROMAGNA

SEISMOTECTONIC MAP OF THE EMILIA-ROMAGNA REGION

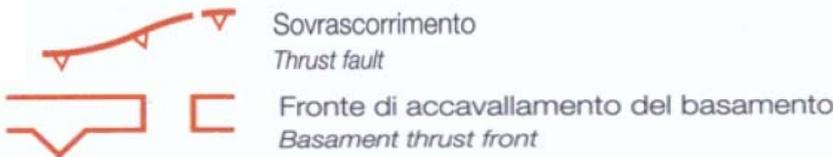
Scala 1:250 000 Scale
0 5 10 15 20 25 km

- 1** Depositi di conoide e alluvionali intramontani (Pleistocene medio-Olocene, 0,8 Ma - Presente)
Alluvial fan and intramountain alluvial deposits (Middle Pleistocene-Holocene, 0,8 My - Present)
- 10** Unità Liguri, Subliguri ed Epiliguri (Giurassico - Miocene, 205 - 6,8 Ma)
Ligurian, Subligurian and Epiligurian Units (Jurassic - Miocene, 205 - 6,8 My)

Strutture sepolte *Buried structures*

Strutture attive e recenti (<1 Ma), determinate sulla base di dati morfologici di superficie e di dati geologici di sottosuolo

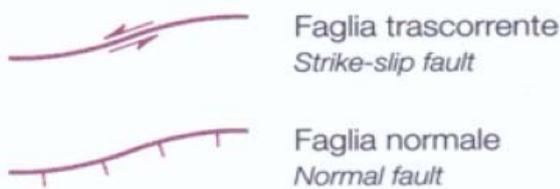
Active and recent structures (<1 My), recognized on the basis of surface morphological data and subsoil geological data



Strutture affioranti *Outcropping structures*

Strutture attive e recenti (<1 Ma), determinate su base morfostrutturale (M) e/o geologica (G)

Active and recent structures (<1 My), recognized on the basis of morphostructural (M) and/or geological (G) data



Strutture plio-quadernarie (4,5 - 1 Ma)
Plio-Quaternary structures (4,5 - 1 My)

Meccanismi focali *Earthquake focal solutions*



Fig. 19b - Stralcio Legenda Carta Sismo – Tettonica

6. DATI GEOTECNICI E GEOFISICI

I dati geotecnici necessari alla realizzazione dello studio sono stati reperiti presso l'archivio dell'Ufficio Tecnico Comunale, dove è stato possibile consultare numerose relazioni geologiche, prodotte a corredo di progetti edilizi e di opere pubbliche e di acquisire copia delle indagini geognostiche eseguite.

Tutte le indagini sono state trasformate in formato digitale con modalità georiferita, al fine di consentirne l'elaborazione in ambiente GIS.

A tal proposito sia i dati di base, che i dati elaborati sono stati organizzati in formato vettoriale (shapefile) nel rispetto delle indicazioni per l'archiviazione informatica, rappresentazione e fornitura dei dati degli studi di microzonazione sismica e dell'analisi della Condizione Limite per l'Emergenza, di cui all'OPCM 4007/2012 e al Decreto del 16.03.2012 del Capo del Dipartimento della Protezione Civile".

Relativamente al territorio in esame non sono stati individuati dati nell'archivio geognostico della Regione Emilia-Romagna.

Inoltre ad integrazione dei dati esistenti è stata progettata ed eseguita una specifica campagna di indagine.

In considerazione del fatto che per le aree oggetto di studio è emersa la disponibilità di un discreto numero di prove pregresse, che consentono di ricostruire con adeguata approssimazione la stratigrafia del sottosuolo sino alla profondità di interesse, ai fini del presente studio si è ritenuta sufficiente l'esecuzione di nuove indagini geofisiche finalizzate alla definizione dei profili di Vs e alla misura delle frequenze naturali dei terreni, ritenendo viceversa superflua l'esecuzione di prove geotecniche in sito.

Più in particolare sono state eseguite n° 20 indagini di sismica passiva mediante misure di ascolto delle vibrazioni ambientali secondo la tecnica HVSr a stazione singola, accompagnate da n° 6 prospezioni sismiche di tipo MASW e da n° 12 prospezioni sismiche di tipo HS (MASW o SASW).

La strumentazione hardware utilizzata è costituita da:

- GEOFONO 3D tricomponente a stazione singola - 24 bit della PASI, Modello MOD. "GEMINI 2" nel nostro caso utilizzato per indagini sismiche attive MASW-HS e indagini passive HVSr.

Per maggiori dettagli si può consultare il sito della casa produttrice: <http://www.pasisrl.it>

Il software di elaborazione e restituzione dei dati è costituito da:

SOFTWARE DI ELABORAZIONE DATI:

- WinMASW Academy - Versione 2019 per MASW e HVSr

- HoliSurface - Versione 2019 per HS e HVSR

I dati acquisiti sono stati poi elaborati e restituiti graficamente, producendo per ogni indagine un report illustrativo riportante:

- coordinate geografiche;
- ubicazione in pianta;
- documentazione fotografica;
- immagini e grafici illustrativi;
- modello sismico del sottosuolo (dove possibile).

Le risultanze delle indagini eseguite sono state riportate nell' "Allegato 1 - Nuove indagini tromografiche_ HVSR, MASW e HS (MASW o SASW)

7. MODELLO DEL SOTTOSUOLO

La base per uno studio di microzonazione sismica è la definizione, quanto più accurata possibile, del modello geologico del sottosuolo, cercando di individuare come varia la successione stratigrafica all'interno delle aree in esame e a che profondità si possa trovare il substrato sismico.

A tale scopo, per il Comune di Bardi, sono stati esaminati e confrontati tra loro tutti i dati geognostici raccolti oltre a differenti cartografie tematiche, con scale di diverso grado di dettaglio.

Rimandando al corrispondente paragrafo la descrizione specifica delle caratteristiche delle tre porzioni di territorio comunale oggetto del presente studio, di seguito, ci si limita a proporre alcune considerazioni generali su come il complesso assetto geologico rilevato possa modificare il moto sismico in superficie e quali problematiche comporti per la determinazione degli effetti locali.

A riguardo, in primo luogo, va considerato che gli ambiti in esame e oggetto di approfondimento ricadono completamente all'interno del Dominio Ligure, formazioni e sedimenti che nel quadro evolutivo appenninico, hanno subito la massima traslazione. Al di sotto delle coperture quaternarie, sono presenti, quasi esclusivamente formazioni flyschoidi calcareo – marnose, argillose e argillitiche e pelitico arenacee: infatti, prevalgono le argilliti massive di S. Siro e in subordine le Argille a palombini e le Arenarie di Scabiazza, ma sono presenti anche vasti corpi olistolitici di rocce lapidee magmatiche, costituenti lembi di crosta oceanica strappati e coinvolti nell'evoluzione appenninica, come ad esempio il massiccio gabbrico su cui si arrocca il castello di Bardi.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (I° e II° livello di approfondimento) di alcuni Macroambiti del Comune di Bardi (PR)

In ogni caso, si tratta di depositi a natura prevalentemente argillosa e secondariamente arenacea e calcarea, a struttura massiva e solo raramente sono contraddistinti da una stratificazione ben definita (flysch ed in parte le Arenari di Scabiazza). Nelle porzioni più superficiali di tali compagini rocciose le velocità di propagazione delle onde sismiche non raggiungono mai gli 800 m/s; valori simili si possono incontrare a profondità più elevate dove il substrato risulta più compatto e, conseguentemente, le velocità delle onde S tendono ad aumentare a valori prossimi a quelli del *bedrock* sismico, ad eccezione dell'area del castello dove le rocce lapidee presenti determinano un repentino e superficiale aumento della velocità delle onde S.

Si consideri, inoltre, che dette velocità risultano fortemente condizionate anche dal grado di fratturazione degli ammassi rocciosi, determinato da vari fattori, primi fra tutti, l'azione tettonica, la gravità e gli agenti atmosferici. Ciò interessa, in particolare, il livello di roccia più superficiale, di spessore variabile, fortemente alterato (regolite).

Spesso la roccia del substrato, quando affiorante, si presenta profondamente alterata o fratturata, tanto da avere un comportamento nello strato più superficiale ed allentato praticamente detritico.

Le coperture detritiche sono vaste e diffuse, prevalentemente di genesi gravitativa o con caratteristiche genetiche non chiare e definite in modo generico come depositi di versante. Il loro spessore è variabile, ma generalmente potente e regolare nel fondovalle e lungo i versanti dolci e moderatamente inclinati, mentre risulta piuttosto irregolare e assente nei fianchi ripidi e scoscesi.

Anche nei depositi quaternari si osservano significative variazioni nei profili delle V_s , sia in relazione allo stato di addensamento dei depositi, generalmente maggiore all'aumentare della profondità, che al tipo di litologie attraversate, con significativi incrementi al passaggio tra un orizzonte fine ad uno prevalentemente ghiaioso.

Spesso il passaggio tra coperture sciolte detritiche e substrato roccioso non è ben visibile, in quanto marcato da uno spessore rilevante di roccia alterata e fratturata, con comportamento misto, ma altre volte esso risulta piuttosto netto, specie quando il substrato è costituito da massicci di rocce lapidee magmatiche come quelli inglobati nella formazione di Casanova.

Le conoscenze geognostiche, quando possibile, consentono di individuare le prime superfici di discontinuità, ad esempio al contatto tra i depositi quaternari e il substrato marino. Quanto alle discontinuità più profonde, come potrebbe essere il limite regolite/roccia in posto o determinate dal passaggio tra strati costituiti da litotipi differenti, all'interno del substrato marino, è difficile che si abbiano informazioni attendibili.

D'altra parte, come verrà illustrato nel prosieguo della relazione, le indagini di sismica attiva e passiva effettuate restituiscono curve H/V in cui sotto i 20 Hz, sono talvolta presenti

più picchi, con contrasti d'impedenza bassi e simili tra loro, a frequenze associabili a differenti profondità.

E' evidente che, in un tale contesto, definire la risposta sismica locale non sia sempre facile, così come risulta spesso una discreta forzatura assimilare l'assetto geologico delle varie zone ad un modello fisico monodimensionale.

Per tali ragioni il modello individuato risulta essere schematico e semplificativo, per meglio rappresentare le varie situazioni che un ambiente montano propone.

8. INTERPRETAZIONI E INCERTEZZE

Come già indicato, il presente studio, oltre ad utilizzare una grande quantità di dati pregressi, ha previsto l'esecuzione di una nuova campagna d'indagini sismiche (MASW-HS e HVSR).

Di seguito si riassumono brevemente i principi base relativi alle metodologie sismiche più utilizzate nella determinazione dei parametri sismici di sottosuolo.

8.1 - Metodologia Sismica Attiva M.A.S.W.

Il metodo MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves) è un metodo di caratterizzazione sismica basato sull'analisi della dispersione geometrica delle onde superficiali. Esistono due tipi fondamentali di onde sismiche (Cfr. Fig. 20) che rivestono un ruolo fondamentale nella perturbazione del segnale sismico in superficie:

- Le onde di Rayleigh:

si muovono su un piano radiale secondo un moto detto retrogrado; hanno una componente verticale e una parallela alla direzione di propagazione (radiale);

- Le onde di Love:

si muovono solamente sul piano orizzontale con un'oscillazione la cui direzione è perpendicolare rispetto alla direzione di propagazione dell'onda.

Il principio che sta alla base della metodologia è che le modalità di propagazione delle onde di superficie sono intrinsecamente determinate dalle proprietà del mezzo in profondità (in particolare dalle sue variazioni verticali), per cui analizzando in dettaglio la dispersione delle onde di Rayleigh e di Love si possono ricavare alcune importanti informazioni sulle caratteristiche del terreno. L'utilizzo della metodologia sismica attiva MASW, può essere applicata a entrambi i tipi di onda, quindi, in base a come si generano e registrano le onde di superficie in fase di acquisizione, sarà possibile analizzare le curve di dispersione generate dalle prime o delle seconde (MASW in onde di Rayleigh e MASW in onde di Love).

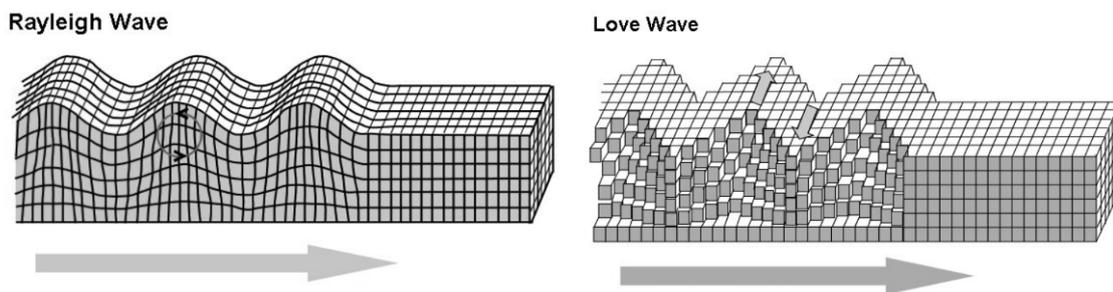


Fig. 20 - Schema rappresentativo illustrante la modalità di propagazione delle "Onde di Rayleigh" e delle "Onde di Love"

Procedura di acquisizione in sismica attiva M.A.S.W.

Nella metodologia di analisi sismica MASW adottata, per prima cosa si stabilisce come orientare lo stendimento sismico nell'area da investigare, scegliendo un'opportuna direzione in modo che siano minimizzate eventuali variazioni laterali nel sottosuolo; inoltre va stabilita la lunghezza dello stendimento sismico in funzione della profondità di indagine che si vuole raggiungere.

Si procede poi con l'accoppiamento fra geofoni e terreno. Nel nostro caso è stato utilizzato un unico geofono triassiale con sensori da 2 Hz (GEMINI 2 - PASI s.r.l.). Il geofono viene collegato tramite un apposito cavo USB al PC. Questo cavo è dotato di un ulteriore ingresso per la connessione del cavo trigger, che a sua volta va collegato al geofono starter opportunamente posizionato nel punto di energizzazione.

Completata questa operazione di terreno si procede alla configurazione dei seguenti parametri grazie all'utilizzo del computer:

- **Offset Minimo:** distanza minima fra il punto di energizzazione e la sorgente.
- **Incremento:** distanza fra i diversi punti di energizzazione o anche **distanza intergeofonica** (nel caso di acquisizioni con sismografi multicanale tradizionali).
- **Tracce:** numero di tracce creabili attraverso la procedura guidata, selezionabile da un numero minimo di 2 a fino ad un massimo di 24. La lunghezza totale dello stendimento viene calcolata automaticamente moltiplicando il numero di tracce per l'incremento selezionato in precedenza.
- **Tipo di Onda:** selezionabili onde di Rayleigh, onde di Love e onde di Rayleigh +onde di Love. A seconda dell'onda che si va ad acquisire, sarà necessario effettuare i dovuti accorgimenti relativi all'orientamento della sorgente energizzante rispetto al geofono triassiale.
- **Lunghezza dell'acquisizione:** valore selezionabile tra 0,5s, 1s, 2s, 5s.
- **Periodo di campionamento:** indicato in millisecondi (ms); selezionabile tra 0,5ms, 1ms, 2ms, che corrispondono rispettivamente a 2KHz, 1KHz, 500Hz.
- **Stacking,** corrisponde alla somma di più acquisizioni in uno stesso punto di misura, con valori selezionabili da 1 fino a 10.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (I° e II° livello di approfondimento) di alcuni Macroambiti del Comune di Bardi (PR)

Al termine di questa operazione si prosegue, iniziando ad acquisire i dati. Si generano una serie di energizzazioni (mazza, maglio battente o fucile sismico) a varie distanze dal geofono triassiale (che resta fisso), a seconda del numero di tracce che si desidera acquisire, partendo dalla massima distanza e avvicinandosi progressivamente al punto di registrazione in base al valore della distanza intergeofonica stabilita in partenza. Quando viene fatta una battuta nel punto sorgente, il geofono starter invia un l'input al computer per registrare la perturbazione sismica generata. Così facendo si raggiunge il valore dell'offset minimo. Per ogni punto di energizzazione possono essere effettuate più battute in modo da sommare algebricamente i segnali ottenuti (stacking), rendendo in tal modo la potenza del segnale superiore a quella del rumore di fondo. Le acquisizioni effettuate, vengono salvate automaticamente sul computer nella cartella di progetto selezionata all'inizio di ogni schermata di acquisizione. La fase di acquisizione può considerarsi terminata.

I dati registrati vengono poi analizzati ed elaborati.

Nel caso seguente si è utilizzato il software "WinMASW Academy - Versione 2019". Le singole tracce acquisite alle varie distanze dal punto di registrazione vengono poi affiancate e combinate una all'altra per restituire quanto registrato lungo l'intero stendimento (Cfr. Fig. 21). Nella cartella di lavoro si troveranno ora tre nuovi files (in formato sgy e Matlab) (riferiti alle tre componenti del geofono triassiale): componente radiale (R), verticale (V) e trasversale (T).

Se la sorgente utilizzata era una forza verticale (VF) si avranno allora i seguenti dati:

- RVF (componente radiale delle onde di Rayleigh)
 - ZVF (componente verticale delle onde di Rayleigh)
 - TVF (qualcosa di non troppo lontano da un'onda di Love)
- e così via in base al tipo di sorgente utilizzata.

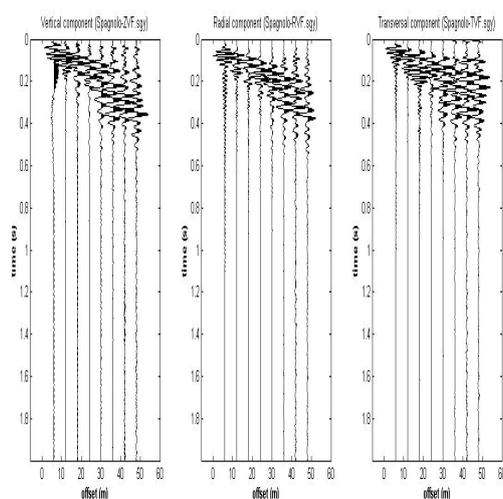


Fig. 21 – Esempio di "dataset" derivante dalla somma delle singole tracce sismiche in relazione alla tipologia di sorgente utilizzata. In questo caso è stata utilizzata una forza verticale FV (Onde di Rayleigh generate da battute perpendicolari al terreno su piattello in alluminio).

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (I° e II° livello di approfondimento) di alcuni Macroambiti del Comune di Bardi (PR)

Le tracce, una volta sommate, vengono processate ed elaborate per ottenere gli spettri di velocità. In questo modo si passa dal dominio $x-t$ "offset- tempo" al dominio $f-v$ "frequenze-velocità". Una volta ottenuti gli spettri di velocità (Cfr. Fig. 22), si può procedere con:

- Un metodo di inversione diretto, basato sulla stima del profilo di velocità V_s , introducendo i valori di velocità media V_s e i relativi spessori degli strati, per individuare il modello avente le curve di dispersione più coerenti allo spettro.
- Un metodo di inversione basato sul "picking" delle curve di dispersione e la successiva elaborazione delle curve "piccate" per individuare il modello che meglio approssima il dato di input.

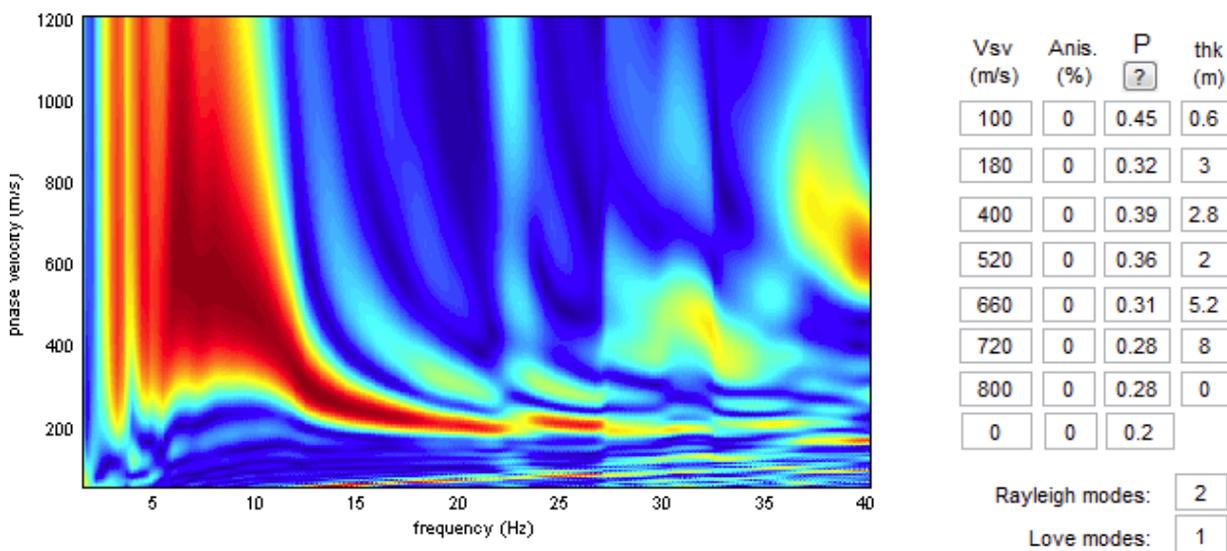


Fig. 22 - Esempio di "Spettro di velocità": la modellizzazione diretta permette di ricavare le curve di dispersione agendo direttamente sugli spessori e sulle velocità.

Entrambi i metodi permettono di determinare:

- un profilo relativo alla velocità di propagazione delle onde S in caso monodimensionale (1D) a circa metà dello stendimento;
- lo spessore degli strati
- il "Parametro V_s30 " per ogni profilo
- Una stima del "Modulo di rigidezza al taglio dinamico" G_0 in funzione della profondità.

8.2 - Metodologia sismica attiva "HS - Holisurface"

La metodologia "Holisurface" è in linea di principio del tutto simile alla metodologia MASW, con la differenza che in questo caso si acquisisce una sola traccia.

È importante che il software di acquisizione del sismografo utilizzato consenta di effettuare lo stack verticale dei dati. È naturalmente possibile acquisire sia le onde di Rayleigh

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (I° e II° livello di approfondimento) di alcuni Macroambiti del Comune di Bardi (PR)

che quelle di Love. Se effettuiamo prima un'acquisizione per le onde di Rayleigh (quindi con martellata verticale o sorgente esplosiva) otterremo un primo file in cui la prima traccia rappresenta la componente verticale delle onde di Rayleigh mentre la seconda la componente radiale (la terza traccia può essere ignorata). Se poi effettuiamo una seconda acquisizione per le onde di Love (chiaramente utilizzando una sorgente orizzontale) otterremo un secondo file in cui la terza traccia (quella trasversale) conterrà appunto i dati relativi alle onde di Love (in questo caso ignoreremo le prime due tracce).

Nel caso seguente, per l'elaborazione e l'analisi dei dati viene utilizzato il software "Holisurface Versione 2019"

Con lo strumento "assemble", potremo unire i due files registrati ed ottenere così un unico file in cui le prime due tracce rappresentano il moto delle onde di Rayleigh, mentre la terza quello delle onde di Love.

In questo caso la sismica attiva è essenzialmente svolta analizzando gli spettri di velocità di gruppo delle varie componenti verticale (ZVF), radiale (RVF) e trasversale (THF).

Ciò che si va ad analizzare è sempre legato alla propagazione delle onde di superficie e ciò che si ottiene permette, anche in questo caso di determinare:

- un profilo relativo alla velocità di propagazione delle onde S in caso monodimensionale (1D) a circa metà dello stendimento;
- lo spessore degli strati;
- il "Parametro Vs30" per ogni profilo
- Una stima del "Modulo di rigidezza al taglio dinamico" GO in funzione della profondità.

8.3 - Metodologia sismica passiva HVSR

L'apparecchiatura utilizzata per tali misurazioni è del tutto simile a quella utilizzata per la sismica attiva (GEMINI 2 - PASI s.r.l. - per maggiori dettagli vedi dati tecnici della strumentazione in ALLEGATO B) anche se con alcune sostanziali differenze:

- non si genera la perturbazione come nella sismica attiva, ma si registrano i micro-tremori indotti nel terreno;
- I tempi di registrazione sono decisamente più lunghi.

Procedura di acquisizione in sismica passiva H.V.S.R.

Una volta posizionato lo strumento sul terreno, questo, grazie a tre sensori elettrodinamici ortogonali fra loro (velocimetri), inizia a registrare i micro-tremori indotti nel terreno lungo le due direzioni orizzontali (X, Y) e lungo quella verticale (Z) su un ampio range frequenziale (0,1-500 Hz) per una durata sufficientemente lunga di registrazione (mediamente 15-20 minuti). Le misure registrate vengono poi processate ed elaborate con un programma di calcolo che consente la restituzione grafica del segnale sottoforma di:

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (I° e II° livello di approfondimento) di alcuni Macroambiti del Comune di Bardi (PR)

- spettri delle singole componenti (componente verticale del moto in funzione della frequenza per ognuna delle tre direzioni (Esempio Fig. 23 – Indagine HVSUR10);
- spettri H/V (rapporto spettrale tra la componente orizzontale del rumore e quella verticale in funzione della frequenza, (Esempio Fig. 24 – Indagine HVSUR10).

Nel caso seguente, come per le acquisizioni in sismica attiva, si è utilizzato il software "WinMASW Academy - Versione 2019".

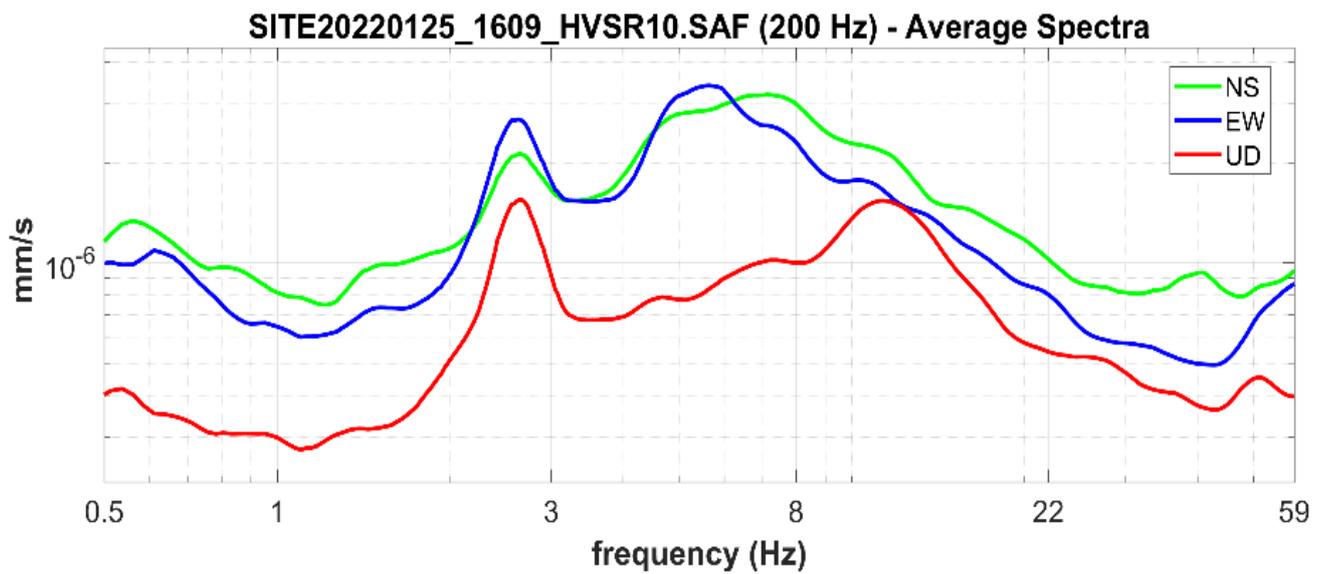
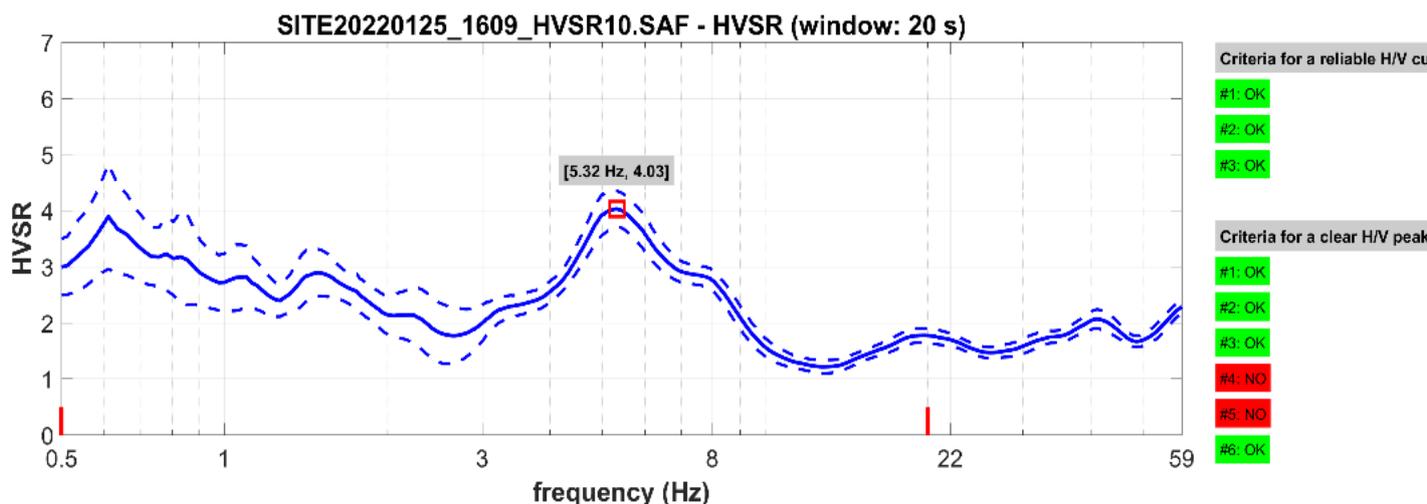


Fig. 23 - Esempio di grafico con spettri delle singole componenti riferito all' indagine HVSUR10, fra quelle eseguite a corredo del presente studio



To model the HVSR (also jointly with MASW or ReMi/ESAC data), go to the "Velocity Spectrum/s, Modeling & Picking" panels and upload the saved HV curve

Fig. 24 - Esempio di elaborazione di misura HVSR registrata dal geofono triassiale: rapporto spettrale H/V riferito all' indagine HVSUR10 e relativa verifica dei criteri SESAME sul picco identificato fra 0,5 e 20 Hz.

L' HVSr rappresenta una metodologia in grado di fornire stime affidabili delle frequenze principali di risonanza in sito.

Inoltre, nota la profondità di un singolo livello stratigrafico, ottenuta attraverso l'elaborazione dei dati ricavati da eventuali indagini geotecniche o di sismica attiva superficiale, il valore del rapporto H/V viene correlato con la frequenza di risonanza determinata dal passaggio tra due strati con una differenza significativa del contrasto di impedenza acustica (velocità delle onde e densità del materiale) tramite la seguente relazione:

$$f(Hz) = \frac{Vs}{4H}$$

Questo permette di determinare la velocità media delle onde di taglio Vs per ogni singolo strato.

Le frequenze di risonanza possono poi essere convertite in stratigrafia a condizione che sia disponibile una stima delle velocità delle onde elastiche. Questo fa sì che, con le opportune precauzioni necessarie, il metodo HVSr possa essere in linea di principio utilizzato come strumento stratigrafico.

Dalle acquisizioni HVSr si riesce così a determinare

- la frequenza di risonanza dei terreni (Nakamura Y., 1989).
- Una stima approssimativa della velocità media delle onde sismiche di taglio Vs (Castellaro S. e Mulargia F., 2009).

Ogni singola indagine utilizzata nel presente studio, a prescindere dalle verifiche sopra descritte, è stata confrontata con le risultanze di quelle adiacenti e riferite al medesimo contesto litostratigrafico e geomorfologico. Inoltre il loro utilizzo e la loro interpretazione è stata supportata dal confronto e dalla relativa taratura con altre indagini geofisiche e profili stratigrafici derivanti dai sondaggi geognostici disponibili.

Tale confronto e la conoscenza acquisita in anni di attività professionale sul territorio hanno portato in taluni casi a privilegiare le informazioni ricavate dalle indagini geognostiche esistenti a discapito delle risultanze della campagna geofisica svolta a corredo del presente studio, mentre in altri, i più numerosi, si è osservato accordo e congruenza tra di essi.

I risultati ottenuti per ciascuna indagine sono riportati nell'Elaborato 7 del presente studio.

9. METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI

Nella prima fase di lavoro, di concerto con l'Ufficio Tecnico Comunale, sono stati definiti i limiti degli areali da sottoporre allo studio di Microzonazione Sismica. Infatti, dal momento che

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (I° e II° livello di approfondimento) di alcuni Macroambiti del Comune di Bardi (PR)

il percorso di formazione del nuovo strumento di pianificazione urbanistica (PSC) è stato completato e i suoi contenuti approvati e adottati, si è potuto operare nel rispetto delle indicazioni in esso contenute coinvolgendo nel presente studio, oltre alle porzioni di territorio già urbanizzate, aree contraddistinte dalla presenza di edifici strategici, quelle che saranno presumibilmente interessate da nuove edificazioni, nuove infrastrutture o sostanziali trasformazioni urbanistiche o aree di particolare interesse artigianale.

Molto spesso tali aree si sviluppano in buona parte nelle porzioni mediane dei versanti, dove l'acclività è minore, ma dove purtroppo insistono numerosi corpi detritici di genesi gravitativa e legati a fenomeni di deposizione come ad esempio corpi di frana quiescente, che saranno soggetti ad analisi di terzo livello di approfondimento; tuttavia, in accordo con l'Ufficio tecnico del Comune, si è scelto di distribuire anche su di essi alcune delle stazioni tomografiche, per avere un quadro generale delle aree e per acquisire informazioni, che, in ogni caso, saranno utili per studi e approfondimenti futuri.

Una volta eseguita tale operazione, sono stati acquisiti dati bibliografici e di archivio, sono stati condotti rilievi sul territorio ed è stata analizzata la cartografia geologica e geomorfologica disponibile.

Successivamente è stata eseguita la campagna indagini di sismica attiva e passiva (misure HVSR, indagini MASW-HS) ai fini della definizione delle frequenze fondamentali dei terreni e delle caratteristiche geofisiche dei terreni presenti.

Gli elaborati prodotti in questa prima fase sono costituiti da:

- **Carte delle indagini:** in tale cartografia sono riportate le indagini pregresse e quelle di nuova esecuzione; tutte le prove sono state classificate in base alla tipologia;
- **Carte geologico-tecniche:** tali carte sono state derivate dalla revisione a scala dettagliata dei rilievi disponibili. In questa cartografia sono rappresentati gli elementi geologici e morfologici che possono modificare il moto sismico in superficie;
- **Carte delle frequenze naturali dei terreni:** tali carte riportano i punti di misura e i risultati di indagini di sismica passiva (misure HVSR); in particolare, sono stati indicati il valore F_0 del picco significativo, corrispondente alla frequenza di risonanza fondamentale (frequenza principale) e, quando presente, di un secondo picco significativo (frequenza secondaria), meno evidente del primo (F_1).
- **Carte delle microzone omogenee in prospettiva sismica:** in questa cartografia, sviluppata su tutto il territorio comunale sono indicati i livelli di approfondimento ritenuti necessari, distinguendo tra zone suscettibili di instabilità, ove sono richiesti approfondimenti di terzo livello, e zone suscettibili di amplificazioni locali, oggetto di approfondimenti di secondo livello, all'interno delle quali sono state operate ulteriori distinzioni, identificando delle microzone omogenee, sulla base delle caratteristiche litostratigrafiche.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (I° e II° livello di approfondimento) di alcuni Macroambiti del Comune di Bardi (PR)

In diretta continuità con la prima, è stata svolta la seconda fase di lavoro (II Livello di approfondimento), che ha come obiettivo la Microzonazione Sismica del territorio indagato.

In questa fase sono stati prodotti i seguenti elaborati:

- Carte delle velocità delle onde di taglio S: carte in cui sono ubicati tutti i punti di misura di V_s con indicazione, per ogni punto misura, del valore di V_{SH} o di V_{S30} .
- Carte di microzonazione sismica: carte in cui sono raffigurate le amplificazioni stimate, tramite procedure semplificate, per i vari settori di territorio in esame.

Le elaborazioni sono state rappresentate nelle varie cartografie, ciascuna delle quali costituita da una tavola contenente i macroambiti individuati (Cfr. Fig. 25):

- A_1. Bardi Capoluogo;
- A_2. Saliceto;
- A_3. Noveglia.

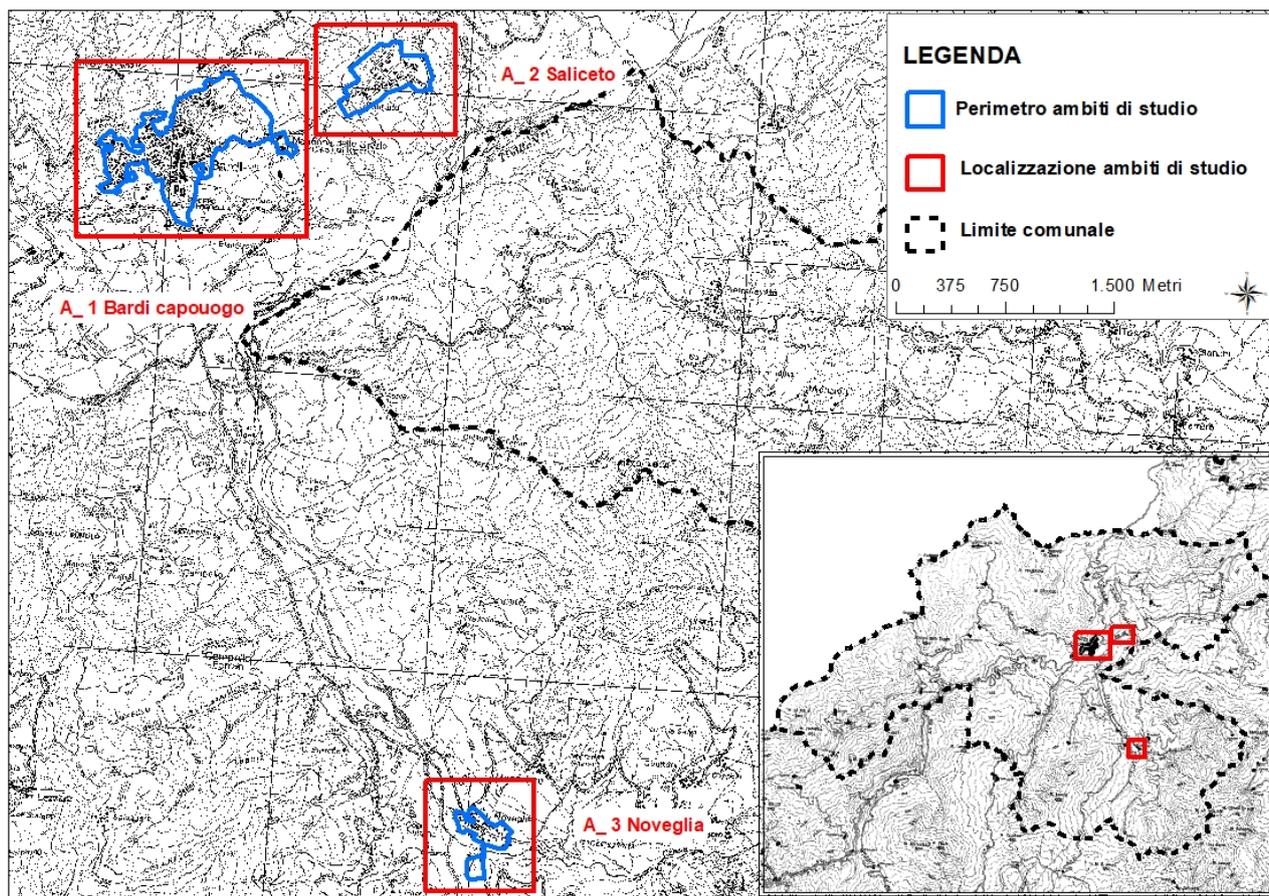


Fig. 25 – Localizzazione del Comune di Bardi nel quadro della Provincia di Parma e individuazione degli Ambiti di studio del presente lavoro: A_1 Bardi capoluogo, A_2 Saliceto, A_3 Noveglia

10. ELABORATI CARTOGRAFICI

10.1 – Carta delle indagini

Nelle Carte delle indagini, alla scala 1:5.000, sono state riportate le ubicazioni delle prove di nuova esecuzione (per i cui report si faccia riferimento all'Allegato 1 – *Nuove indagini HVSR, MASW e HS - SASW*) e dei dati pregressi, relativi a indagini geognostiche e/o sismiche a corredo di pratiche edilizie depositate presso l'Ufficio Tecnico Comunale o eseguite da enti pubblici, come Università e Servizio Tecnico di Bacino.

Esse sono state distinte in base alla tipologia in:

- sondaggio a carotaggio continuo (distinguendo se intercetta o meno il substrato)
- prova penetrometrica statica con punta meccanica (CPT)
- prova penetrometrica dinamica super pesante
- prova penetrometrica dinamica pesante
- trincea o pozzetto esplorativo
- prove SPT in foro
- stazione microtremore a stazione singola HVSR
- MASW
- HS (SASW)
- ReMi

come raffigurato nella legenda riportata in Fig. 26

Indagini

	Prova penetrometrica statica con punta meccanica (CPT)		Sito puntuale a cui possono far riferimento più indagini
	Prova penetrometrica dinamica pesante DP		SASW
	Prova penetrometrica dinamica super pesante DS		MASW
	Sondaggio a carotaggio continuo che intercetta il substrato		Prova REfractionMicrotremors REMI
	Sondaggio a carotaggio continuo		Stazione microtremore a stazione singola
	Trincea o pozzetto esplorativo		Stratigrafia zona MS (teorica)
	Prova penetrometrica in foro (SPT)		

Fig. 26 – Legenda delle Carte delle indagini

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (I° e II° livello di approfondimento) di alcuni Macroambiti del Comune di Bardi (PR)

Nelle carte e nei relativi software di archiviazione sono indicate anche diverse indagini esterne ai perimetri degli ambiti di studio, ove sono state concentrate le analisi, ma ugualmente utili a definire il modello geologico e le caratteristiche litostratigrafiche.

Nei successivi paragrafi vengono specificati numero e tipologia di indagini con riferimento agli otto ambiti oggetto di studio, indicando solo le indagini che ricadono completamente o parzialmente al loro interno.

A_1. Bardi Capoluogo

La ricerca effettuata e la nuova campagna di indagini hanno consentito relativamente a tale settore, di disporre delle seguenti indagini:

- N° 3 Sondaggi a carotaggio continuo che hanno raggiunto il substrato;
- N° 5 prove penetrometriche dinamiche super pesanti;
- N° 15 misura di ascolto di microtremori a stazione singola (HVSr);
- N° 10 MASW;
- N° 3 SASW.

A_2. Saliceto

La ricerca effettuata, relativamente a tale settore e la campagna geofisica di nuova realizzazione hanno consentito di disporre delle seguenti indagini:

- N° 5 misura di ascolto di microtremori a stazione singola (HVSr);
- N° 1 Sondaggio a carotaggio continuo che ha raggiunto il substrato;
- N° 1 MASW;
- N° 4 SASW.

A_3. Noveglia

La ricerca effettuata, relativamente a tale settore e la campagna geofisica di nuova realizzazione hanno consentito di disporre delle seguenti indagini:

- N° 4 misura di ascolto di microtremori a stazione singola (HVSr);
- N° 1 MASW;
- N° 3 SASW.

Complessivamente a corredo del presente studio, per integrare i dati raccolti, sono state realizzate 38 nuove indagini, di cui **12 SASW, 6 MASW e 20 HVSr**

10.2 – Carte geologico-tecniche per la microzonazione sismica

Nelle Carte geologico-tecniche per la microzonazione sismica, redatte su tutto il territorio comunale, sono state riportate le informazioni di base (geologia, geomorfologia, caratteristiche litotecniche, geotecniche e idrogeologiche) derivate da elaborati esistenti e da indagini geognostiche pregresse.

Questi dati hanno consentito di definire il modello di sottosuolo e sono risultate funzionali alla realizzazione delle Carte delle microzone omogenee in prospettiva sismica (livello 1), che saranno descritte nel successivo paragrafo 10.3.

Nel presente studio, per la stesura delle Carte geologico-tecniche, si è fatto riferimento, in particolare, alla seguente documentazione, opportunamente verificata mediante sopralluoghi di campagna:

- “Carta Geologica della Regione Emilia-Romagna”. Tavola n° 197SE, 198SW, 198SE, 215NE, 216NW e 216NE, alla scala 1:25.000, e Sezioni 197120, 197150, 197160, 198090, 198100, 198110, 198130, 198140, 198150, 215030, 215040, 215080, 216010, 216020, 216030, 216050, 216060 e 216070 alla scala 1:10.000, Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna.
- “Carta del dissesto” da Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale di Parma”. Sezioni 197120, 197150, 197160, 198090, 198100, 198110, 198130, 198140, 198150, 215030, 215040, 215080, 216010, 216020, 216030, 216050, 216060 e 216070 alla scala 1:10.000. Servizio di Programmazione e Pianificazione Territoriale della Provincia di Parma.
- indagini puntuali, per la descrizione delle quali si rimanda al precedente paragrafo.

Sulla base di tali fonti informative, e in accordo con gli standard di rappresentazione definiti dagli SRAI (si riporta la legenda della carta geologico-tecnica in Fig. 27), le unità geologico-litotecniche sono state distinte tra terreni di copertura (cartografati quando presentano uno spessore minimo maggiore di 3 m) e substrato geologico che, nelle zone di studio, risultano sia di tipo non rigido (caratterizzato da $V_s \leq 800$ m/s) sia di tipo rigido (caratterizzato da $V_s > 800$ m/s).

Nel caso delle coperture, sono stati classificati i terreni sia sulla base delle caratteristiche tessiturali che dell’ambiente genetico-deposizionale, ed identificati attraverso le descrizioni, i simboli e codici riportati in Fig. 27.

Diversamente, le coperture franose sono state raggruppate in diverse classi in relazione alla tipologia (scorrimento, colata, complessa e non definito) e al grado di attività (attiva e quiescente).

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (I° e II° livello di approfondimento) di alcuni Macroambiti del Comune di Bardi (PR)

Per quel che concerne il substrato, è stato eseguito l'accorpamento di unità geologiche affini in categorie debitamente codificate, come descritto di seguito:

• **substrato lapideo (LP)**. All'interno di tale categoria sono state inserite le seguenti unità:

- *sigma – Serpentiniti*
- *beta – Basalti*
- *oc - Oficalciti*
- *Gr - Rocce granitoidi*

• **substrato lapideo stratificato (LPS)**. Ricomprendono:

- *CCL – Calcari a calpionelle*
- *Ta – Torbiditi arenacee*
- *DSD - Diaspri*

• **alternanza di litotipi (AL)**. Includono le seguenti unità:

- *CCVb - Complesso di Casanova - Litofacies a brecce mono e poligeniche a matrice pelitica*
- *CCVc - Complesso di Casanova – Brecce poligeniche a matrice arenitica*
- *CCVc2 - Complesso di Casanova - Litofacies a brecce prevalentemente pelitiche*
- *RAN3a – Formazione di Ranzano membro di Varano de' Melegari – litofacies caotica*
- *MRAb – Complesso di Monte Ragola – litofacies a brecce mono e poligeniche a matrice pelitica*
- *MRAc – Complesso di Monte Ragola - litofacies a brecce poligeniche a matrice arenitica*

• **alternanza di litotipi stratificato (ALS)**. Sono presenti:

- *RAN3 - Formazione di Ranzano - membro di Varano de' Melegari*

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (I° e II° livello di approfondimento) di alcuni Macroambiti del Comune di Bardi (PR)

- *RAN3d - Formazione di Ranzano - membro di Varano de' Melegari - litofacies pelitico - arenacea*
 - *RAN2a - Formazione di Ranzano - membro della Val Pessola - litofacies arenaceo-conglomeratica*
 - *RAN2ap - Formazione di Ranzano - membro della Val Pessola - litofacies arenaceo-pelitica*
 - *RAN2pa - Formazione di Ranzano - membro della Val Pessola - litofacies pelitico-arenacea*
 - *MMP- Marne di Monte Piano*
 - *CAO - Flysch di Monte Caio*
 - *BET - Flysch di Bettola*
 - *FAR2 - Flysch di Farini d'Olmo - membro di Rigolo*
 - *FAR1 - Flysch di Farini d'Olmo - membro di Predalbora*
 - *mr1 - Orizzonte "marne rosate" in FAR1*
 - *FAR1a - Flysch di Farini d'Olmo - membro di Predalbora - litofacies di Case Poncini*
 - *CCVd - Complesso di Casanova - litofacies argillitico-siltosa*
 - *CSU - Arenarie di Casanova*
 - *ACM - Arenarie di Campi*
 - *SCB - Arenarie di Scabiazza*
 - *SCBb - Arenarie di Scabiazza - litofacies arenaceo-pelitica*
 - *SCBc - Arenarie di Scabiazza - litofacies calcareo-marnosa*
- **Alternanza di litotipi fratturato o alterato (SFAL).** Sono incluse:
- *RAN2sl – Formazione di Ranzano – membro della Val Pessola – litofacies caotica*
 - *AVV – Argille varicolori di Cassio*
 - *APA – Argille a palombini*

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (I° e II° livello di approfondimento) di alcuni Macroambiti del Comune di Bardi (PR)

- APAa – Argille a palombini – litozona argillitica
- SCBp – Arenarie di Scabiazza – litofacies argillitica
- SSI – Argilliti di San Siro

Legenda

 Area oggetto di studio

 Confine comunale

Terreni di copertura

 **ML** Depositi costituiti da limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità

 **CL** Depositi costituiti da argille inorganiche di media e bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre

 **PT** Depositi costituiti da argille inorganiche di media e bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre

 **GP** Depositi costituiti da ghiaie pulite con granulometria poco assortita, miscela di ghiaie e sabbie

 **GM** Depositi costituiti da ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo

Substrato geologico

 **LP** Lapideo non stratificato

 **LPS** Lapideo stratificato

 **AL** Alternanza di litotipi

 **ALS** Alternanza di litotipi, stratificato

 **SFAL** Alternanza di litotipi fratturato o alterato

Instabilità di versante

 Crollo o ribaltamento – attiva

 Scorrimento – attiva

 Colata – attiva

 Complessa – attiva

 Non definita – attiva

 Scorrimento – quiescente

 Colata – quiescente

 Complessa – quiescente

 Non definita – quiescente

Forme di superficie e sepolte

 Conoide alluvionale

Elementi tettonico-strutturali

 Orlo di scarpata morfologica naturale o artificiale (10-20 m)

 Orlo di scarpata morfologica naturale o artificiale (>20 m)

 Faglia inversa, non attiva (certa)

 Faglia inversa non attiva (incerta)

 Faglia con cinematisimo non definito, non attiva (certa)

 Faglia con cinematisimo non definito non attiva (incerta)

 Giacitura strati

Ambienti genetico-deposizionali dei terreni di copertura

ca Conoide alluvionale

tf Terrazzo fluviale

ec Eluvi/colluvi

es Argini/barre/canali

fd Falda detritica

pa Palustre

ti Till

Elementi geologici ed idrogeologici

 **15** Pozzo o sondaggio che ha raggiunto il substrato geologico

 **15** Pozzo o sondaggio che non ha raggiunto il substrato geologico

 Traccia della sezione geologica rappresentativa del modello del sottosuolo

Fig. 27 – Legenda delle Carte geologico-tecniche

Nelle Carte geologico-tecniche sono stati indicati anche gli elementi tettonico-strutturali quali, giaciture degli strati, e le forme di superficie (ad es.: conoide alluvionale) che possono modificare il moto sismico.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (I° e II° livello di approfondimento) di alcuni Macroambiti del Comune di Bardi (PR)

La scala di rilevamento e di rappresentazione è 1:10.000.

Nei successivi paragrafi viene sinteticamente descritto l'assetto litostratimetrico che caratterizza i tre ambiti oggetto di approfondimento.

A_1. Bardi Capoluogo

Il Capoluogo è posto a mezza costa su di un versante in sinistra idrografica del torrente Ceno.

Le porzioni più esterne nord-orientale e sud-occidentale del centro abitato sono ricoperte da terreni di origine detritica (detrito di versante, corpi franosi) in relazione all'elevata componente argillosa delle formazioni rocciose presenti (Cfr. Elaborato 2a - Fig. 28). I fenomeni franosi, prevalentemente di tipo quiescente, in parte risultano riattivati e vengono alimentati da diversi collettori laterali, sino a raggiungere il torrente Ceno.

Il resto del capoluogo ricade comunque direttamente su substrato roccioso in posto, in parte classificato come *ALS* e solo marginalmente come *AL*, mentre il centro storico risiede su uno sperone di terreni lapidei, talora stratificati, che si erge sul paesaggio circostante con scarpate acclivi, che raggiungono le pendenze massime anche di 45°÷50° in prossimità dell'antico castello.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (I° e II° livello di approfondimento) di alcuni Macroambiti del Comune di Bardi

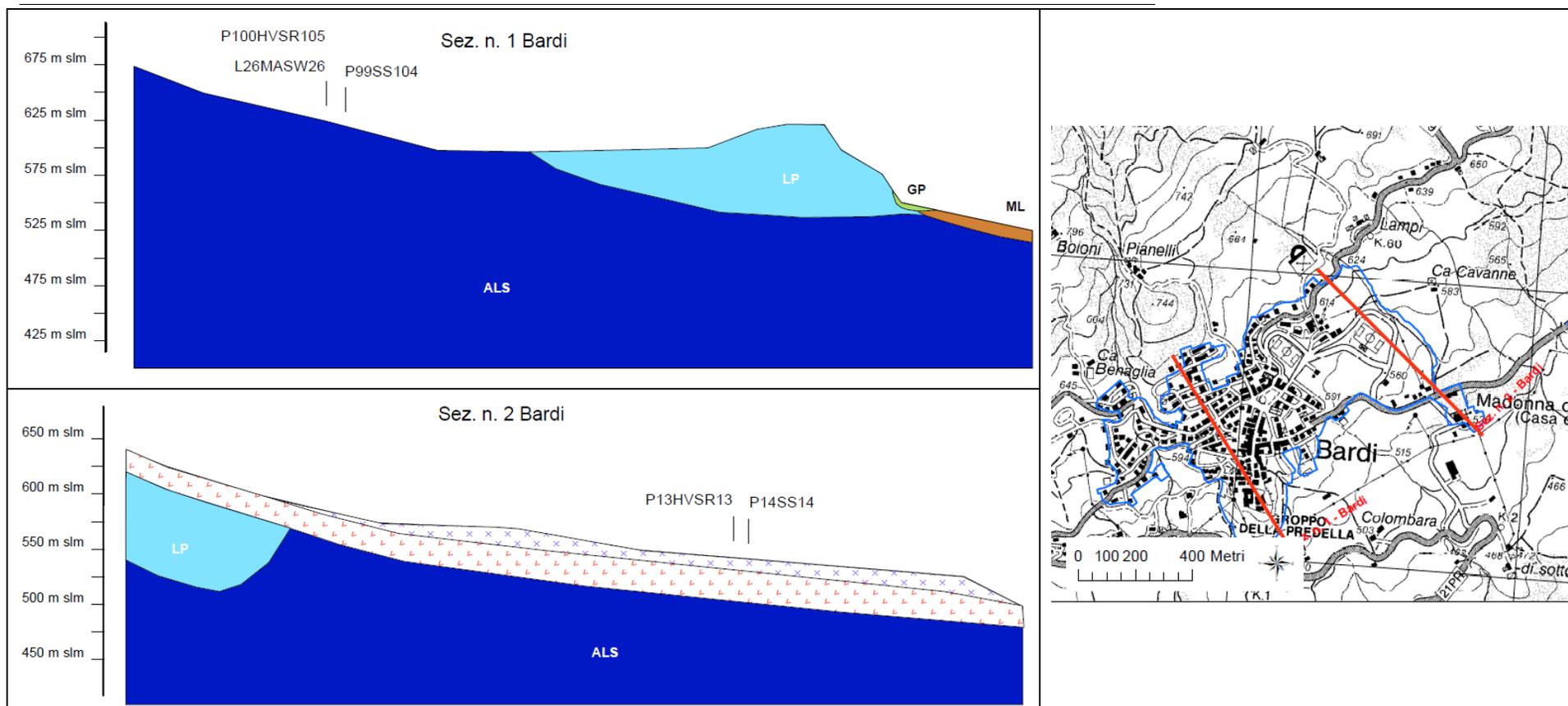


Fig. 28 – Sezioni geologiche a Bardi Capoluogo

A_2. Saliceto

La località di Saliceto rappresenta buona parte dell'area artigianale del Comune di Bardi. Si trova a poco più di 500 metri dal Capoluogo, in direzione nord-orientale.

L'area mostra il subaffioramento di un substrato del tipo ad Alternanza di Litotipi Stratificato (ALS) e in parte del tipo fratturato o Alterato ad Alternanza di Litotipi (SFALS). Laddove lo spessore delle coperture detritiche, prodotte in sito per effetto dei processi erosivi agenti sulle unità rocciose, aumenta, i depositi sono stati classificati come terreni di copertura ed indicati con la sigla *MLec*.

Da un punto di vista geomorfologico, le aree mostrano una sufficiente stabilità, i fenomeni gravitativi si concentrano al di fuori o al margine dell'ambito, nelle aree immediatamente a ridosso dei corsi d'acqua principali.

La sezione riportata in Fig. 29 raffigura quanto sopradescritto.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (I° e II° livello di approfondimento) di alcuni Macroambiti del Comune di Bardi

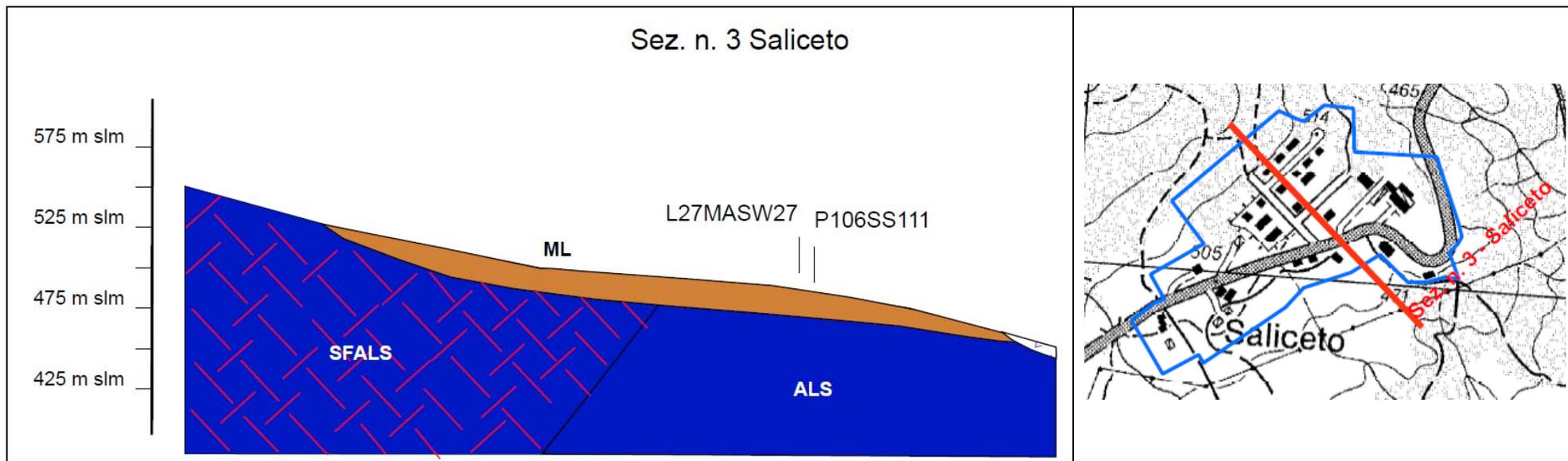


Fig. 29 – Sezione geologica in località Saliceto

A_3. Noveglia

Il centro abitato di Noveglia si colloca nella porzione bassa di un versante, alla confluenza del Canale Fontana con il T. Noveglia.

La porzione di ambito prospiciente i corsi d'acqua è contraddistinta da depositi di origine alluvionale terrazzati, costituiti da ghiaie prevalenti in matrice sabbioso-limosa in percentuale variabile.

Allontanandosi dal corso d'acqua, in direzione del confine settentrionale, a monte della strada comunale, si rilevano depositi detritici, in parte prodotti in sito a causa di processi erosivi sulle unità rocciose (depositi di tipo *MLec*) e in parte di origine gravitativa per presenza di frane quiescenti, talora oggetto di parziale riattivazione.

L'appendice interessata dal campo sportivo, classificata come area di emergenza è impostata quasi interamente su depositi terrazzati, ad esclusione di un piccolo lembo che poggia su terreni di origine detritica tipo *Mlec* (Cfr. Fig. 30).

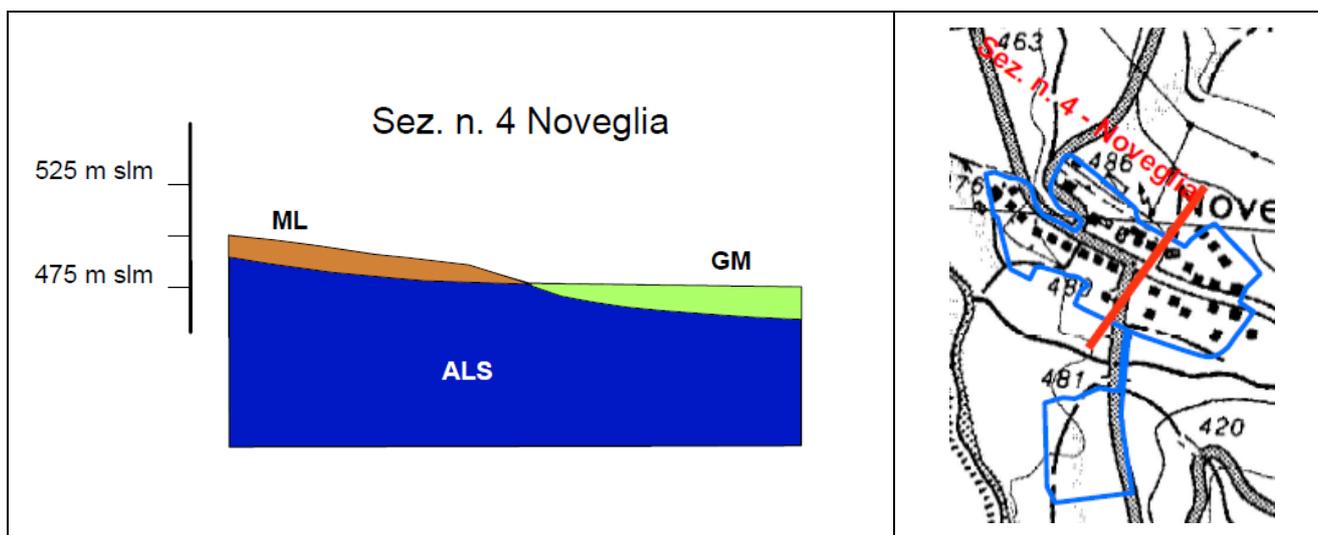


Fig. 30 - Sezione geologica in località Noveglia

10.3 - Carte delle frequenze naturali dei terreni

Sulla base di tutti i dati tomografici disponibili, sono state redatte delle Carte delle frequenze naturali dei terreni, sempre a scala 1:5.000.

In queste carte sono stati riportati tutti i punti di misura ricadenti o prossimi agli ambiti di studio (24), con associati i risultati delle singole prove. In particolare, sono stati indicati il valore F_0 del picco significativo, corrispondente alla frequenza di risonanza fondamentale (frequenza principale) e, quando presente, di un secondo picco significativo (frequenza secondaria), meno evidente del primo (F_1).

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (I° e II° livello di approfondimento) di alcuni Macroambiti del Comune di Bardi

Sono stati tralasciati i picchi con frequenze superiori ai 20 Hz, in quanto di scarso significato ai fini del presente studio.

Gli indirizzi tecnici a cui si è fatto riferimento prescrivono, per rendere graficamente più evidenti le variazioni in relazione alla posizione, di utilizzare colorazioni differenti per distinguere le prove a seconda della frequenza principale ottenuta, definendo le seguenti classi (Cfr. Fig. 30):

- Nessun picco significativo
- $F_0 \leq 0,6$ Hz
- $0,6 \text{ Hz} < F_0 \leq 1$ Hz
- $1 \text{ Hz} < F_0 \leq 2$ Hz
- $2 \text{ Hz} < F_0 \leq 8$ Hz
- $F_0 > 8$ Hz

Inoltre, sono state utilizzate simbologie diverse a seconda che la prova sia caratterizzata, in corrispondenza della frequenza principale, da un alto contrasto di impedenza ($H/V > 3$) o da un basso contrasto di impedenza (ampiezza $H/V \leq 3$).

Nei successivi paragrafi vengono descritti e commentati i risultati a cui si è pervenuti nei tre ambiti oggetto di studio.

FREQUENZE NATURALI DEI TERRENI		FREQUENZA PRINCIPALE E RELATIVO VALORE (Hz)	
Classi di frequenza (Hz)			
Nessun picco significativo			Ampiezza picco $HSVR \geq 3$ Contrasto impedenza elevato
$f_0 \leq 0,6$ Hz			Ampiezza picco $2 \leq HSVR < 3$ Contrasto impedenza moderato
$0,6 \text{ Hz} < f_0 \leq 1$ Hz			Ampiezza picco $1,5 \leq HSVR < 2$ Contrasto impedenza basso
$1 \text{ Hz} < f_0 \leq 2$ Hz			Ampiezza picco $HSVR < 1,5$ Assenza significativi contrasti impedenza
$2 \text{ Hz} < f_0 \leq 8$ Hz			
$f_0 > 8$ Hz			FREQUENZA SECONDARIA (QUANDO PRESENTE) E RELATIVO VALORE (Hz)

Fig. 31 – Legenda delle Carte delle Frequenze naturali dei Terreni

• A_1. Bardi Capoluogo (Sede Comunale)

Di seguito, viene proposta una tabella riepilogativa dei risultati delle prove tromografiche eseguite in tale Ambito, specificando, per ciascuna di esse, frequenza e ampiezza dei picchi principali e secondari, oltre all'ubicazione e le caratteristiche geologiche:

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (I° e II° livello di approfondimento) di alcuni Macroambiti del Comune di Bardi

prova	ubicazione	caratteristiche geologico – stratigrafiche e Tipo z	picco principale F0		picco secondario F1	
			frequenza Hz	ampiezza H/V	frequenza Hz	ampiezza H/V
034002P17HVS18	Bardi Capoluogo	Corpo di frana, di spessore medio di circa 10 metri, costituito da elementi litoidi eterometrici immersi in una matrice prevalentemente argilloso-limosa, impostato su substrato non rigido ($V_s < 800$ m/s) - 2010	12,8	4,3	-	-
034002P129HVS148	Bardi Capoluogo	Corpo di frana, di spessore medio di circa 10 metri, costituito da elementi litoidi eterometrici immersi in una matrice prevalentemente argilloso-limosa, impostato su substrato non rigido ($V_s < 800$ m/s) - 2010	5,3	4	-	-
034002P100HVS105	Bardi Capoluogo	Successione stratigrafica costituita da substrato non rigido ($V_s < 800$ m/s) di tipo ALS ricoperto da una coltre di depositi eluvio-colluviali di spessore medio inferiore a 3 metri - 2002	9,3	2,5	-	-
034002P136HVS155	Bardi Capoluogo	Successione stratigrafica costituita da substrato non rigido ($V_s < 800$ m/s) di tipo ALS ricoperto da una coltre di depositi eluvio-colluviali di spessore medio inferiore a 3 metri - 2002	1,2	4,3	-	-
034002P97HVS98	Bardi Capoluogo	Successione stratigrafica costituita da substrato rigido ($V_s > 800$ m/s) ricoperto da una coltre di depositi di falda (Ghiaia, ciottoli e blocchi prevalenti), di spessore medio pari a circa 20 metri - 2005	1,1	2,2	-	-
034002P130HVS149	Bardi Capoluogo	Successione stratigrafica costituita da substrato rigido ($V_s > 800$ m/s) ricoperto da una coltre di depositi di falda (Ghiaia, ciottoli e blocchi prevalenti), di spessore medio pari a circa 20 metri - 2005	1,1	7,2	-	-
034002P96HVS97	Bardi Capoluogo	Substrato lapideo non stratificato - 1010	8,5	1,4	-	-
-034002P139HVS159	Bardi Capoluogo	Substrato lapideo stratificato - 1011	1,2	7,2	-	-
034002P138HVS158	Bardi Capoluogo	Substrato lapideo stratificato - 1011	1,4	8	-	-
034002P137HVS156	Bardi Capoluogo	Substrato lapideo stratificato - 1011	0,9	5,7	-	-
034002P128HVS147	Bardi Capoluogo	Successione stratigrafica costituita da substrato non rigido ($V_s < 800$ m/s) di tipo AL ricoperto da una coltre di depositi eluvio-colluviali di spessore medio inferiore a 3 metri - 2001	0,7	4	1,5	3,4
034002P135HVS157	Bardi Capoluogo	Substrato lapideo non stratificato - 1010	0,5	6,2	-	-
034002P134HVS153	Bardi Capoluogo	Corpo di frana, di spessore medio di circa 10 metri, costituito da elementi litoidi eterometrici immersi in una matrice prevalentemente argilloso-limosa, impostato su substrato non rigido ($V_s < 800$ m/s) - 2010	0,6	5,5	-	-
034002P133HVS152	Bardi Capoluogo	Corpo di frana, di spessore medio pari a circa 15 metri costituito da elementi litoidi eterometrici immersi in una matrice prevalentemente argilloso-limosa,	0,7	3,7	-	-

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (I° e II° livello di approfondimento) di alcuni Macroambiti del Comune di Bardi

prova	ubicazione	caratteristiche geologico – stratigrafiche e Tipo z	picco principale F0		picco secondario F1	
			frequenza Hz	ampiezza H/V	frequenza Hz	ampiezza H/V
		impostato su substrato non rigido (Vs<800 m/s) - 2011				
034002P13HVSR13	Bardi Capoluogo	Corpo di frana, di spessore medio pari a circa 15 metri costituito da elementi litoidi eterometrici immersi in una matrice prevalentemente argilloso-limosa, impostato su substrato non rigido (Vs<800 m/s) - 2011	14,3	1,3	-	-

- **A_2. Saliceto**

Di seguito, viene proposta una tabella riepilogativa dei risultati delle prove tromografiche eseguite in tale Ambito, specificando, per ciascuna di esse, frequenza e ampiezza dei picchi principali e secondari, oltre all'ubicazione e le caratteristiche geologiche:

prova	ubicazione	caratteristiche geologico – stratigrafiche e tipo z	picco principale F0		picco secondario F1	
			frequenza Hz	ampiezza H/V	frequenza Hz	ampiezza H/V
034002P127HVSR146	Saliceto	Corpo di frana, di spessore medio di circa 10 metri, costituito da elementi litoidi eterometrici immersi in una matrice prevalentemente argilloso-limosa, impostato su substrato non rigido (Vs < 800 m/s) - 2010	0,5	5,1	-	-
034002P21HVSR22	Saliceto	Successione stratigrafica costituita da substrato non rigido (Vs < 800 m/s) ricoperto da una coltre di depositi eluvio-colluviali e/o detrito di versante, a granulometria prevalentemente argillosa, di spessore medio pari a 10 metri - 2003	1,6	2,7	-	-
034002P126HVSR145	Saliceto	Successione stratigrafica costituita da substrato non rigido (Vs< 800 m/s) fratturato e alterato ricoperto da una coltre di depositi eluvio-colluviali di spessore medio inferiore a 3 metri - 2099	0,5	3,4	-	-
034002P125HVSR144	Saliceto	Successione stratigrafica costituita da substrato non rigido (Vs < 800 m/s) ricoperto da una coltre di depositi eluvio-colluviali e/o detrito di versante, a granulometria prevalentemente argillosa, di spessore medio pari a 10 metri - 2003	0,6	3,7	-	-
034002P124HVSR143	Saliceto	Successione stratigrafica costituita da substrato non rigido (Vs < 800 m/s) di tipo ALS ricoperto da una coltre di depositi eluvio-colluviali di spessore medio inferiore a 3 metri - 2002	1,8	3,7	-	-

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (I° e II° livello di approfondimento) di alcuni Macroambiti del Comune di Bardi

• A_3. Noveglia

Di seguito, viene proposta una tabella riepilogativa dei risultati delle prove tromografiche eseguite in tale Ambito, specificando, per ciascuna di esse, frequenza e ampiezza dei picchi principali e secondari, oltre all'ubicazione e le caratteristiche geologiche:

prova	ubicazione	caratteristiche geologico - stratigrafiche	picco principale F0		picco secondario F1	
			frequenza Hz	ampiezza H/V	frequenza Hz	ampiezza H/V
034002P123HVSR142	Noveglia	Successione stratigrafica costituita da substrato non rigido ($V_s < 800$ m/s) ricoperto da una coltre di depositi eluvio-colluviali e/o detrito di versante, a granulometria prevalentemente argillosa, di spessore medio pari a 10 metri - 2003	0,7	19,6	-	-
034002P120HVSR139	Noveglia	Successione stratigrafica costituita da substrato non rigido ($V_s < 800$ m/s) ricoperto da una coltre di depositi eluvio-colluviali e/o detrito di versante, a granulometria prevalentemente argillosa, di spessore medio pari a 10 metri - 2003	0,5	4,3	6,5	3
034002P121HVSR140	Noveglia	Successione stratigrafica costituita da substrato non rigido ($V_s < 800$ m/s) ricoperto da depositi di origine alluvionale, a granulometria prevalentemente ghiaiosa, di spessore medio pari a 15 metri - 2007	0,5	4,3	-	-
034002P122HVSR141	Noveglia	Corpo di frana, di spessore medio di circa 10 metri, costituito da elementi litoidi eterometrici immersi in una matrice prevalentemente argilloso-limosa, impostato su substrato non rigido ($V_s < 800$ m/s) - 2010	0,5	3,6	-	-

L'esame dei valori di frequenza del picco principale non sempre evidenzia una buona correlazione con le caratteristiche stratigrafiche delle zone in cui è stato suddiviso l'areale oggetto di studio. Tali anomalie possono essere imputabili alla complessità litologica e strutturale dei terreni interessati e alla non sufficiente conoscenza degli stessi o a problematiche di acquisizione di tipo ambientale (traffico, vento ecc.), che hanno inquinato o alterato il dato.

Gli elaborati cartografici prodotti e proposti sono quindi una sintesi ragionata, ottenuta pesando e valutando il dato strumentale emerso dalle prove tromografiche e le conoscenze geologiche e stratigrafiche dell'area (derivate dalle indagini geognostiche raccolte e dall'esperienza acquisita sul territorio). In taluni casi quindi si è privilegiato il dato emerso dalle

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (I° e II° livello di approfondimento) di alcuni Macroambiti del Comune di Bardi

indagini HVSR, mentre in altri, dove esso appariva non reale e attendibile, si è preferito privilegiare l'interpretazione geologico - stratigrafica

Sulla base dell'esame delle tabelle sopra esposte si possono formulare le seguenti osservazioni:

- mediamente si registrano picchi con elevati contrasti di impedenza ($H/V > 3$); e generalmente questi sono compresi tra 3 e 6, mentre i valori < 3 sono rari.
- Relativamente alla classe di frequenza risulta complesso fare valutazioni e trovare qualche correlazione evidente a causa della forte disomogeneità delle litologie e delle coperture presenti
- le classi di frequenze in cui ricadono la maggior parte dei picchi, indipendentemente dalle caratteristiche geologico-tecniche del territorio in esame, sono quelle con $f_0 < 0,6$ hz e con f_0 compresa tra i 0,6 e gli 1 Hz.
- Inoltre si può osservare che la porzione centro occidentale dell'ambito A1_ Bardi ha valori di f_0 sempre maggiori di 1hz, mentre la restante parte presenta valori sempre $<$ di 1 hz.
- L'ambito di noveglia presenta in tutti i punti di misura valori di $f_0 < 0,6$ hz.

10.4 – Carte delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS)

La Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS), rappresenta il documento fondamentale del primo livello di approfondimento. In relazione alle indicazioni fornite dagli indirizzi regionali, la copertura territoriale ha interessato tutto il comune.

In questa cartografia il territorio in esame viene distinto a seconda dell'appartenenza ad una delle seguenti 3 categorie:

- **zone stabili.** Si tratta di zone con affioramento di un substrato rigido e morfologia pianeggiante o poco acclive, nelle quali non si ipotizzano effetti locali di alcuna natura e in cui non sono richiesti ulteriori approfondimenti.
- **zone stabili suscettibili di amplificazioni locali.** Si tratta di aree in cui sono attese amplificazioni del moto sismico, causate dall'assetto litostratigrafico e/o morfologico locale. In queste zone sono richiesti approfondimenti di secondo livello.
- **zone suscettibili di instabilità.** Si tratta di zone nelle quali effetti sismici attesi e predominanti, oltre i fenomeni di amplificazione, sono riconducibili a deformazioni permanenti del territorio, quali instabilità di versante (frane attive e quiescenti), liquefazioni e densificazione. In queste zone sono richiesti approfondimenti di terzo livello.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (I° e II° livello di approfondimento) di alcuni Macroambiti del Comune di Bardi

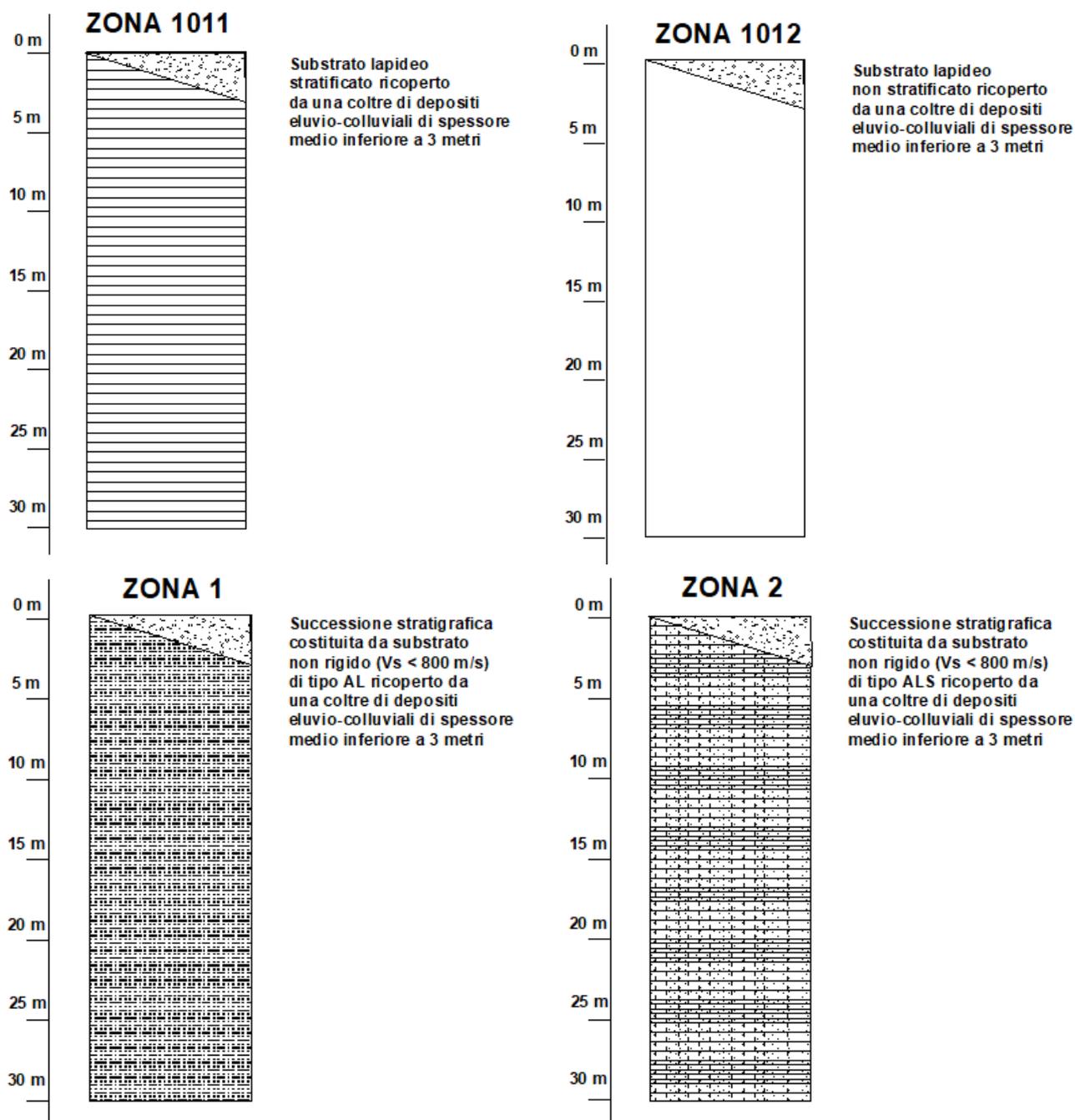
Dalla lettura delle Carte delle microzone omogenee in prospettiva sismica si osserva che, all'interno del Comune di Bardi, sono presenti alcune aree dove affiora il substrato lapideo, riconducibile alla zona 1, mentre prevalgono le Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali. Di seguito viene descritta ciascuna microzona omogenea in funzione del differente profilo stratigrafico, raffigurato nelle colonnine stratigrafiche di Fig. 32:

- **Zona 1011** - Successione stratigrafica costituita da substrato rigido stratificato ($V_s > 800$ m/s) ricoperto da depositi eluvio-colluviali di spessore medio inferiore a 3,00 m.
- **Zona 1012** - Successione stratigrafica costituita da substrato rigido non stratificato ($V_s > 800$ m/s) ricoperto da depositi eluvio-colluviali di spessore medio inferiore a 3,00 m.
- **Zona 1** - Successione stratigrafica costituita da substrato non rigido ($V_s < 800$ m/s) di tipo lapideo AL ricoperto da depositi eluvio-colluviali di spessore medio inferiore a 3,00 m.
- **Zona 2** - Successione stratigrafica costituita da substrato non rigido ($V_s < 800$ m/s) di tipo lapideo ALS ricoperto da depositi eluvio-colluviali di spessore medio inferiore a 3,00 m.
- **Zona 3** - Successione stratigrafica costituita da substrato non rigido ($V_s < 800$ m/s) ricoperto da una coltre di depositi eluvio-colluviali e/o detrito di versante, a granulometria prevalentemente argillosa, di spessore medio pari a 10 metri.
- **Zona 4** - Successione stratigrafica costituita da substrato non rigido ($V_s < 800$ m/s) ricoperto da una coltre di depositi eluvio-colluviali e/o detrito di versante, a granulometria prevalentemente argillosa, di spessore non definibile per mancanza di dati litostratigrafici.
- **Zona 5** - Successione stratigrafica costituita da substrato rigido ($V_s > 800$ m/s) ricoperto da una coltre di depositi di falda (Ghiaia, ciottoli e blocchi prevalenti), di spessore medio pari a circa 20 metri.
- **Zona 6** - Successione stratigrafica costituita da substrato non rigido ($V_s < 800$ m/s) ricoperto da una coltre di depositi di falda (Ghiaia, ciottoli e blocchi prevalenti), di spessore non definibile per mancanza di dati litostratigrafici.
- **Zona 7** - Successione stratigrafica costituita da substrato non rigido ($V_s < 800$ m/s) ricoperto da depositi di origine alluvionale, a granulometria prevalentemente ghiaiosa, di spessore medio pari a 15 metri.
- **Zona 8** - Successione stratigrafica costituita da substrato non rigido ($V_s < 800$ m/s) ricoperto da depositi di origine alluvionale, glaciale e periglaciale a granulometria prevalentemente ghiaiosa, di spessore non definibile per mancanza di dati litostratigrafici.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

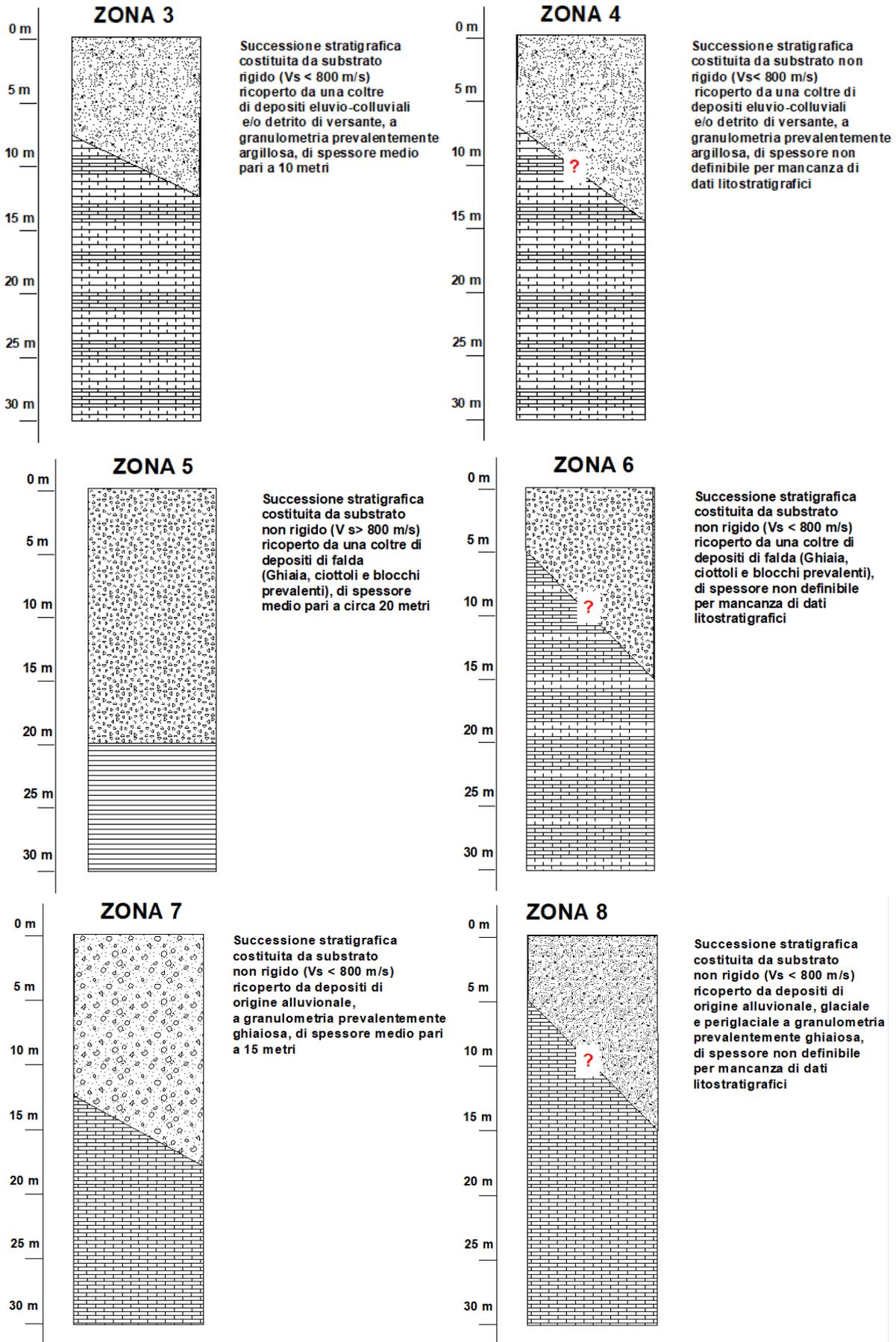
Studio di Microzonazione sismica (I° e II° livello di approfondimento) di alcuni Macroambiti del Comune di Bardi

- **Zona 9** - Successione stratigrafica costituita da substrato non rigido ($V_s < 800$ m/s) ricoperto da depositi di origine palustre, a granulometria prevalentemente limosa e argillosa, di spessore non definibile per mancanza di dati litostratigrafici.
- **Zona 10** - Successione stratigrafica costituita da substrato rigido ($V_s > 800$ m/s) ricoperto da depositi eluvio-colluviali di spessore medio inferiore a 3,00 m, suscettibile di amplificazione topografica.
- **Zona 99** - Successione stratigrafica costituita da substrato non rigido ($V_s < 800$ m/s) fratturato e alterato ricoperto da una coltre di depositi eluvio-colluviali di spessore medio inferiore a 3 metri.



RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (I° e II° livello di approfondimento) di alcuni Macroambiti del Comune di Bardi



RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (I° e II° livello di approfondimento) di alcuni Macroambiti del Comune di Bardi

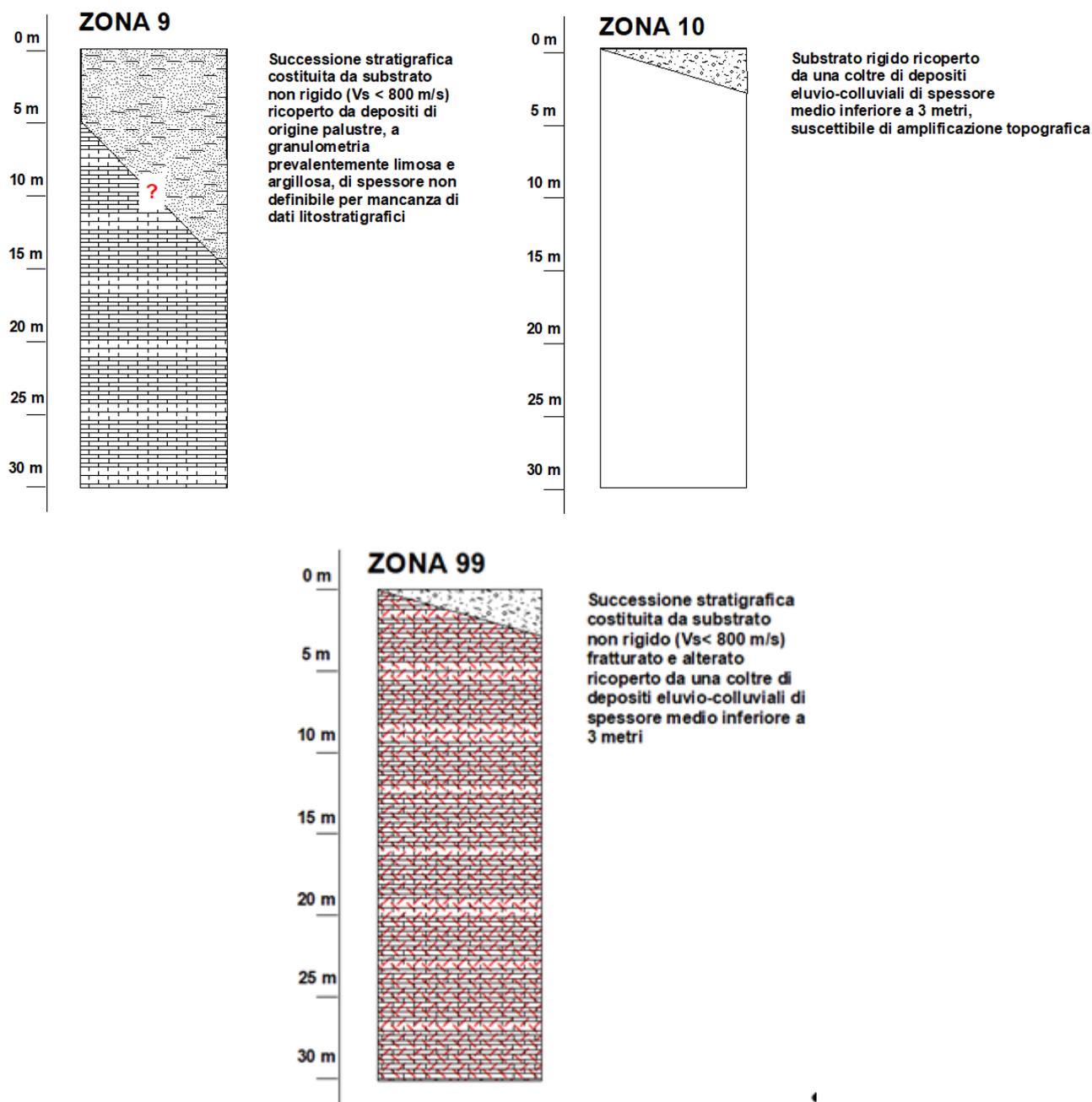


Fig. 32 – Colonne litostratigrafiche sintetiche, rappresentative delle microzone individuate nello studio

Sempre nella Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica sono state raffigurate anche 3 Zone di attenzione per instabilità di versante (Cfr. Fig. 33):

- ZA_FR – ZA_FR - Zona di attenzione per instabilità di versante - Zona 11, corpo di frana, di spessore medio di circa 10 metri, costituito da elementi litoidi eterometrici immersi in una matrice prevalentemente argilloso-limosa, impostato su substrato non rigido ($V_s < 800$ m/s)
- ZA_FR – Zona di attenzione per instabilità di versante – ZA_FR - Zona 12, corpo di frana, di spessore medio pari a circa 15 metri, costituito da elementi litoidi

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (I° e II° livello di approfondimento) di alcuni Macroambiti del Comune di Bardi

eterometrici immersi in una matrice prevalentemente argilloso-limosa, impostato su substrato non rigido ($V_s < 800$ m/s)

- ZA_FR – Zona di attenzione per instabilità di versante – Zona 13, corpo di frana, di spessore non definibile per mancanza di dati litostratigrafici, impostato su substrato non rigido ($V_s < 800$ m/s)

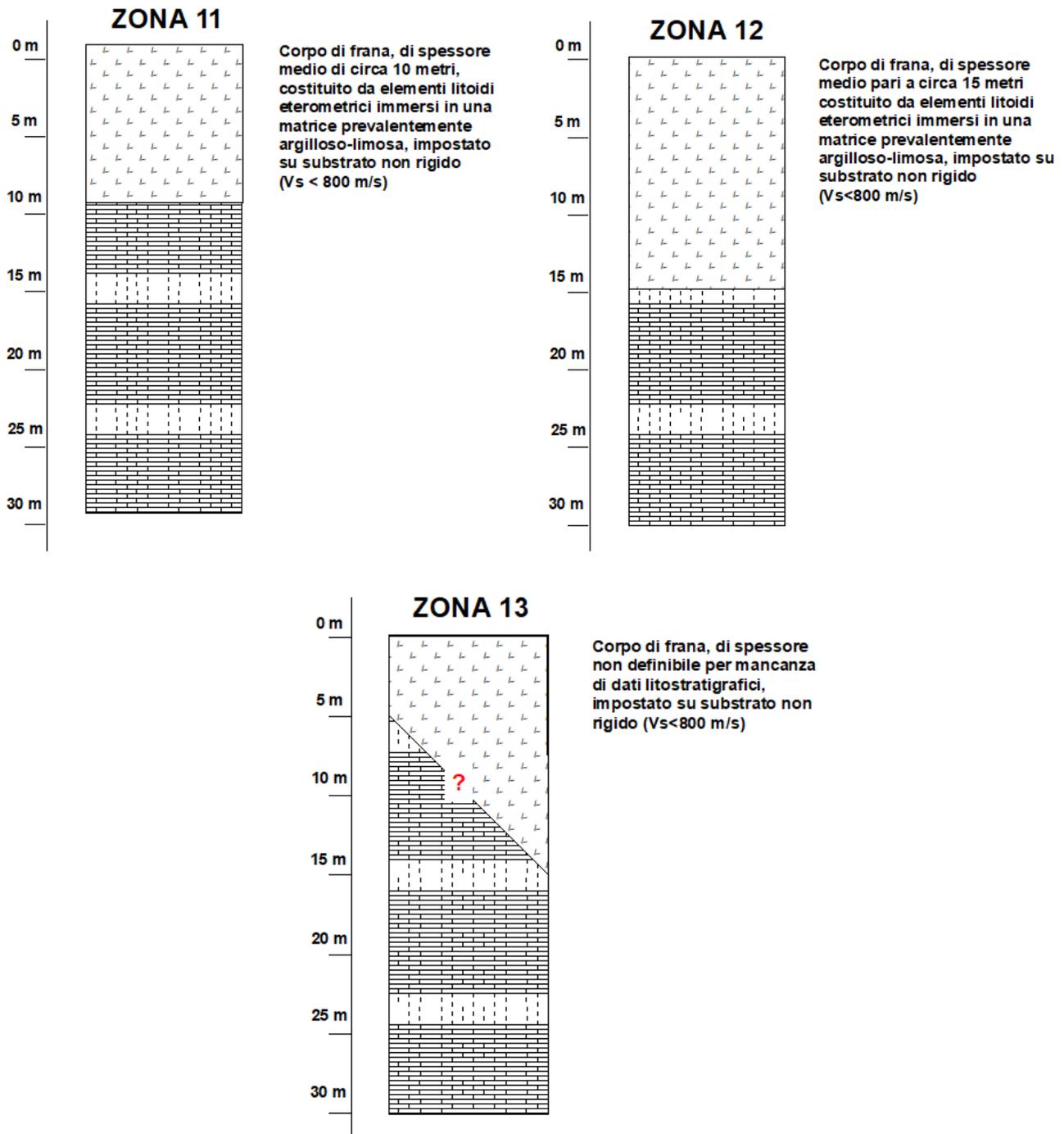


Fig. 33 – Colonne litostratigrafiche sintetiche, rappresentative delle microzone di attenzione per instabilità di versante

10.5 - Carte delle velocità delle onde di taglio S

In ottemperanza ai riferimenti tecnici citati nelle premesse, sono state redatte per tutte le aree oggetto di studio delle Carte delle velocità delle onde di taglio S (V_S).

In tali elaborati sono ubicati tutti i punti di misura, distinguendoli a seconda della tipologia di prova effettuata (prova tromografica, MASW e HS/SASW) e indicando il corrispondente valore di V_{S30} o di V_{SH} (in m/s), dove:

$$V_{SH} = \frac{H}{\sum \frac{h_i}{V_{S_i}}}$$

H = spessore totale (in metri) dei terreni di copertura o profondità del *bedrock*

h_i = spessore (in metri) dello strato i -esimo (fino al *bedrock*)

V_{S_i} = velocità (in m/s) dello strato i -esimo (fino al *bedrock*);

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum \frac{h_i}{V_{S_i}}}$$

h_i = spessore (in metri) dello strato i -esimo (fino alla profondità di 30 m);

V_{S_i} = velocità (in m/s) dello strato i -esimo (fino alla profondità di 30 m).

A riguardo, va chiarito che, si è indicato V_{SH} quando la profondità (H , anch'essa rappresentata nelle carte) da p.c. del contrasto di velocità più significativo individuato dalla prove è risultata compresa tra 3 e 50 m, mentre, per profondità inferiori a 3 m o superiori a 50 m è stato riportato il valore di V_{S30} .

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (I° e II° livello di approfondimento) di alcuni Macroambiti del Comune di Bardi



8	H	Profondità (m) da p.c. del contrasto di velocità più significativo individuato dalle misure di microtremore ambientale HVSR e riconducibile all'interfaccia terreni di "copertura" / "substrato rigido" ($V_s \geq 800$ m/s) o "non rigido" ($V_s < 800$ m/s) sottostante.
250	VSH	Velocità V_s (m/s) delle onde di taglio S dei terreni di "copertura" sovrastanti al "substrato rigido" ($V_s \geq 800$ m/s) o "non rigido" ($V_s < 800$ m/s).
450	VS30	Velocità V_s (m/s) delle onde di taglio S nei primi 30 m di terreno

Fig. 34 – Legenda delle Carte delle Velocità delle Onde di Taglio S (V_s)

Nei successivi paragrafi vengono riportati i risultati a cui si è pervenuti nei tre ambiti oggetto di studio.

• A_1. Bardi Capoluogo

Di seguito, viene proposta una tabella riepilogativa delle misure di velocità delle onde di taglio S, relativamente al Capoluogo:

prova	V_{SH} (m/s) - H (m)	V_{S30} (m/s)
034002P17HVSR18	213 – 10	-
034002P129HVSR148	276 – 13	-
034002P100HVSR105	290 – 6,3	-
034002P136HVSR155	305 – 15	-
034002P97HVSR98	351 – 7,7	-
034002P130HVSR149	235 – 12,7	-
034002P96HVSR97	415 – 13	-
-034002P139HVSR159	322 – 5	-
034002P138HVSR158	322 – 5	-
034002P137HVSR156	322 – 5	-
034002P128HVSR147	318 – 3	524
034002P135HVSR157	387 – 25,6	-
034002P134HVSR153	296 – 11,2	-
034002P133HVSR152	277 - 15	-
034002P13HVSR13	360 – 24,3	-

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (I° e II° livello di approfondimento) di alcuni Macroambiti del Comune di Bardi

prova	V _{SH} (m/s) - H (m)	V _{S30} (m/s)
034002L5MASW5	213 – 10	-
034002L37SASW37	276 – 13	-
034002L26MASW26	290 – 6,3	-
034002L45MASW45	305 – 15	-
034002L46MASW46	322 – 5	-
034002L38SASW38	235 – 12,7	-
034002L1MASW1	375 – 13,12	-
034002L44MASW44	367 – 25,6	-
034002L2MASW2	302 – 5,86	-
034002L36SASW36	318 – 3	524
034002L28MASW28	280 – 7	-
034002L43MASW43	296 – 11,2	-
034002L42MASW42	277 – 15	-

Tab. 2 – Risultati delle misure di velocità delle onde di taglio S - Ambito A_1

- **A_2. Saliceto**

Di seguito, viene proposta una tabella riepilogativa delle misure di velocità delle onde di taglio, per l'abitato di Boschetto:

prova	V _{SH} (m/s) - H (m)	V _{S30} (m/s)
034002P127HVS146	225 – 9	-
034002P21HVS22	404 – 17,2	-
034002P126HVS145	379 – 4,7	-
034002P125HVS144	293 – 6,5	-
034002P124HVS143	335 – 11	-
034002L35SASW35	288 – 19	-
034002L34SASW34	378 – 4,7	-
034002L33SASW33	293 – 6,5	-
034002L27MASW27	228 – 10,3	-
034002L32SASW32	335 – 11	-

Tab. 3 – Risultati delle misure di velocità delle onde di taglio S - Ambito A_2

- **A_3. Noveglia**

Di seguito, viene proposta una tabella riepilogativa delle misure di velocità delle onde di taglio, per l'abitato di Bardi Stazione:

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (I° e II° livello di approfondimento) di alcuni Macroambiti del Comune di Bardi

prova	V _{SH} (m/s) - H (m)	V _{S30} (m/s)
034002P123HVSR142	346 - 13	-
034002P120HVSR139	249 - 10	-
034002P121HVSR140	359 - 13	-
034002P122HVSR141	306 - 11	-
034002L41MASW41	346 - 13	-
034002L30SASW30	359 - 13	-
034002L31SASW31	306 - 11	-
034002L29SASW29	249 - 10	-

Tab. 4 – Risultati delle misure di velocità delle onde di taglio S - Ambito A_3

I risultati sopraindicati, una volta mediati e con alcune correzioni a favore di sicurezza, hanno consentito di definire dei valori di V_{S30} o di V_{SH} da assumere per calcolare i fattori di amplificazione sismica come riportato nel successivo paragrafo, limitatamente alle aree ricomprese all'interno degli ambiti dedicati ad approfondimento di II° Livello.

Di seguito viene proposta una tabella riepilogativa di tali valori:

ZONA	V _{S30} (m/s)	V _{SH} (m/s)	H (m)
Zona 1011	800		< 3
Zona 1012	800		< 3
Zona 1	500		< 3
Zona 2	400		< 3
Zona 3		300	10
Zona 5		250	20
Zona 7		350	15
Zona 10	800		< 3
Zona 11		250	10
Zona 12		300	15
Zona 99	600		< 3

Tab. 5 – Tabella riepilogativa delle velocità delle onde di taglio S degli ambiti del Comune di Bardi

10. 6 - Carte di microzonazione sismica (Livello 2)

Le Carte dei fattori di amplificazione, anch'esse redatte alla scala 1:5.000, raffigurano le amplificazioni stimate per i vari ambiti di approfondimento.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (I° e II° livello di approfondimento) di alcuni Macroambiti del Comune di Bardi

La stima dell'amplificazione stratigrafica è stata effettuata tramite procedure semplificate (utilizzo di abachi e formule), possibile laddove l'assetto geologico è assimilabile ad un modello fisico monodimensionale.

L'amplificazione è stata quantificata considerando un tempo di ritorno $TR= 475$ anni, uno smorzamento $\zeta= 5\%$ in termini di:

- $F_{PGA} = PGA/PGA_0$, rapporto tra l'accelerazione massima orizzontale in superficie (PGA) al periodo $T= 0$ e l'accelerazione massima orizzontale al suolo di riferimento (PGA_0) al periodo $T= 0$;
- $FA = SA/SA_0$ dove SA è l'integrale dello spettro di risposta in accelerazione in superficie e SA_0 l'integrale dello spettro di risposta in accelerazione al suolo di riferimento, da calcolare per i seguenti intervalli di periodo T:
 - SA1 per $0,1s \leq T \leq 0,5s$
 - SA2 per $0,4s \leq T \leq 0,8s$
 - SA3 per $0,7s \leq T \leq 1,1s$
- $FH = SI/SI_0$ in cui SI è l'integrale dello spettro di risposta in velocità in superficie (o corrispondente grandezza di Intensità di Housner) e SI_0 l'integrale dello spettro di risposta in velocità al suolo di riferimento Intensità di Housner (SI/SI_0) per prefissati intervalli di periodi T:
 - SI1 per $0,1s \leq T \leq 0,5s$
 - SI2 per $0,5s \leq T \leq 1,0s$

La scelta dell'abaco per la stima è stata valutata sulla base delle caratteristiche stratigrafiche del sottosuolo.

Nel dettaglio, si sono usate le seguenti tabelle, proposte nell'Allegato A2 dei più recenti indirizzi della Regione Emilia Romagna (Cfr. DGR 630 del 29/04/2019), paragrafo A2.1.1 - APPENNINO (zone collinari e montane):

- Tabelle riportate in Tab. 6 in caso di coperture direttamente poggianti su substrato rigido, ovvero bedrock sismico, generalmente caratterizzato da $V_s \geq 800$ m/s (cfr. Zona 5 della Carta delle MOPS);
- Tabelle riportate in Tab. 7 quando il substrato sismico risulta affiorante o sub-affiorante (cfr. Zone 1, 2 e 99 della Carta delle MOPS).
- Tabelle riportate in Tab. 8 quando il substrato sismico non risulta affiorante o sub-affiorante (cfr. Zone 3, 7, 11 e 12 della Carta delle MOPS).

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (I° e II° livello di approfondimento) di alcuni Macroambiti del Comune di Bardi

V _{SH} (m/s) → H (m) ↓	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	1,8	1,7	1,4	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
10	2,0	2,0	1,9	1,7	1,5	1,4	1,2	1,1	1,0	1,0
15	2,0	2,0	2,0	1,9	1,8	1,6	1,4	1,3	1,2	1,0
20	2,0	2,0	2,0	2,0	1,9	1,7	1,6	1,4	1,3	1,0
25	2,0	2,0	2,0	1,9	1,8	1,8	1,6	1,5	1,3	1,0
30		1,9	1,9	1,9	1,8	1,7	1,6	1,5	1,4	1,2
35		1,9	1,9	1,9	1,9	1,7	1,6	1,4	1,4	1,2
40		1,9	1,9	1,9	1,9	1,7	1,6	1,4	1,4	1,2
50		1,9	1,9	1,9	1,9	1,8	1,6	1,4	1,4	1,2

Fattore di Amplificazione PGA

V _{SH} (m/s) → H (m) ↓	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	1,7	1,4	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
10	2,1	2,0	1,7	1,4	1,2	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0
15	2,2	2,2	2,0	1,8	1,5	1,4	1,2	1,1	1,0	1,0
20	2,2	2,2	2,2	2,0	1,8	1,6	1,4	1,3	1,1	1,1
25	2,2	2,2	2,2	2,1	1,9	1,7	1,6	1,4	1,3	1,1
30		2,2	2,2	2,1	2,0	1,8	1,6	1,5	1,3	1,2
35		2,1	2,1	2,1	2,1	1,9	1,7	1,5	1,4	1,2
40		2,1	2,1	2,1	2,0	1,9	1,7	1,6	1,4	1,2
50		2,0	2,0	2,0	2,0	1,9	1,7	1,6	1,5	1,2

Fattore di Amplificazione SA1 (0,1s≤T≤0,5s)

V _{SH} (m/s) → H (m) ↓	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	1,5	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
10	2,1	2,0	1,6	1,3	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
15	2,4	2,3	2,1	1,7	1,4	1,3	1,1	1,0	1,0	1,0
20	2,4	2,4	2,3	2,0	1,7	1,5	1,3	1,2	1,1	1,0
25	2,4	2,4	2,4	2,2	1,9	1,7	1,5	1,3	1,2	1,0
30		2,4	2,4	2,3	2,1	1,8	1,6	1,5	1,3	1,1
35		2,3	2,3	2,3	2,2	1,9	1,7	1,5	1,4	1,2
40		2,2	2,2	2,2	2,2	2,0	1,8	1,6	1,4	1,2
50		2,1	2,1	2,1	2,1	2,0	1,8	1,6	1,5	1,3

Fattore di Amplificazione SII (0,1s≤T≤0,5s)

V _{SH} (m/s) → H (m) ↓	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
10	1,3	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
15	1,6	1,4	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
20	2,6	1,9	1,5	1,2	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
25	2,9	2,5	1,9	1,4	1,2	1,1	1,1	1,0	1,0	1,0
30		2,9	2,3	1,6	1,4	1,2	1,1	1,1	1,0	1,0
35		3,2	2,8	1,9	1,5	1,4	1,2	1,1	1,1	1,0
40		3,4	3,1	2,4	1,8	1,5	1,4	1,2	1,1	1,0
50		3,2	3,2	2,9	2,2	1,9	1,6	1,4	1,3	1,1

Fattore di Amplificazione SI2 (0,5s≤T≤1,0s)

V _{SH} (m/s) → H (m) ↓	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
10	1,5	1,3	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
15	2,2	1,8	1,4	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
20	2,8	2,5	1,9	1,4	1,2	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0
25	2,9	2,8	2,4	1,7	1,4	1,2	1,1	1,1	1,0	1,0
30		3,0	2,7	2,0	1,7	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0
35		3,1	2,9	2,4	1,9	1,6	1,4	1,3	1,2	1,1
40		3,1	3,0	2,6	2,2	1,9	1,6	1,4	1,2	1,1
50		2,9	2,9	2,7	2,5	2,2	1,9	1,6	1,4	1,2

Fattore di Amplificazione SA2 (0,4s≤T≤0,8s)

V _{SH} (m/s) → H (m) ↓	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
10	1,2	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
15	1,4	1,3	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
20	2,0	1,5	1,3	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
25	2,7	1,9	1,5	1,2	1,1	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0
30		2,5	1,8	1,4	1,2	1,1	1,1	1,0	1,0	1,0
35		3,1	2,3	1,5	1,3	1,2	1,2	1,1	1,1	1,0
40		3,4	2,9	1,9	1,5	1,3	1,2	1,2	1,1	1,0
50		3,5	3,3	2,8	1,8	1,6	1,4	1,3	1,2	1,1

Fattore di Amplificazione SA3 (0,7s≤T≤1,1s)

Tab. 6 – Tabelle da utilizzare per la stima di F.A. in funzione di PGA, SA e SI, per APPENNINO in caso di coperture direttamente poggianti su substrato rigido, ovvero bedrock sismico, generalmente caratterizzato da Vs≥800 m/s

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (I° e II° livello di approfondimento) di alcuni Macroambiti del Comune di Bardi

V _{S30} (m/s) →	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
PGA					1,9	1,8	1,6	1,4	1,2	1,1

Fattore di Amplificazione **PGA**

V _{S30} (m/s) →	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
SA1					1,9	1,7	1,6	1,4	1,2	1,1
SA2					1,7	1,6	1,5	1,4	1,3	1,3
SA3					1,4	1,4	1,3	1,3	1,3	1,2

Fattori di Amplificazione **SA1** (0,1s≤T≤0,5s), **SA2** (0,4s≤T≤0,8s), **SA3** (0,7s≤T≤1,1s)

V _{S30} (m/s) →	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
SI1					1,9	1,7	1,6	1,4	1,3	1,2
SI2					1,5	1,5	1,4	1,4	1,3	1,3

Fattori di Amplificazione **SI1** (0,1s≤T≤0,5s), **SI2** (0,5s≤T≤1,0s)

Tab. 7 – Tabelle da utilizzare per la stima di F.A. in funzione di PGA, SA e SI, per APENNINO in caso di substrato marino affiorante (copertura sciolta < 3 m), caratterizzato da Vs << 800 m/s (da Allegato 2 degli indirizzi della Regione Emilia Romagna - DGR 630 del 29/04/2019)

V _{SH} (m/s) → H (m) ↓	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	2,3	2,0	1,6	1,5	1,4	1,3	1,3	1,2	1,2	
10	2,3	2,2	2,0	1,8	1,6	1,4	1,3	1,3	1,2	
15	2,2	2,2	2,1	2,0	1,8	1,6	1,4	1,3	1,2	
20	2,1	2,1	2,1	2,0	1,9	1,7	1,5	1,4	1,2	
25	2,1	2,1	2,1	2,0	1,9	1,8	1,6	1,4	1,3	
30		2,1	2,1	2,0	1,9	1,8	1,6	1,4	1,3	
35		2,1	2,1	2,0	1,9	1,8	1,6	1,5	1,4	1,2
40		2,0	2,0	2,0	1,9	1,8	1,6	1,5	1,4	1,2
50		1,9	1,9	1,9	1,9	1,8	1,6	1,5	1,4	1,2

Fattore di Amplificazione **PGA**

V _{SH} (m/s) → H (m) ↓	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	1,6	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,3	
10	2,3	1,8	1,5	1,4	1,4	1,4	1,4	1,3	1,3	
15	2,8	2,3	1,9	1,5	1,4	1,4	1,4	1,4	1,3	
20	3,2	2,9	2,3	1,8	1,5	1,5	1,4	1,4	1,3	
25	3,4	3,2	2,7	2,0	1,7	1,5	1,5	1,4	1,3	
30		3,3	2,9	2,3	1,9	1,6	1,5	1,4	1,4	
35		3,3	3,0	2,5	2,1	1,8	1,6	1,5	1,4	1,2
40		3,2	3,1	2,7	2,3	2,0	1,7	1,5	1,4	1,2
50		3,0	3,0	2,8	2,5	2,2	1,9	1,7	1,5	1,3

Fattore di Amplificazione **SA2** (0,4s≤T≤0,8s)

V _{SH} (m/s) → H (m) ↓	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	2,2	1,8	1,5	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	1,2	
10	2,5	2,3	1,9	1,7	1,5	1,4	1,3	1,3	1,2	
15	2,5	2,5	2,2	1,9	1,7	1,5	1,4	1,3	1,2	
20	2,4	2,4	2,3	2,1	1,8	1,6	1,5	1,3	1,3	
25	2,4	2,4	2,3	2,2	2,0	1,7	1,6	1,4	1,3	
30		2,3	2,3	2,2	2,0	1,8	1,6	1,5	1,3	
35		2,2	2,2	2,2	2,1	1,9	1,7	1,5	1,4	1,2
40		2,1	2,1	2,1	2,1	1,9	1,7	1,5	1,4	1,2
50		2,0	2,0	2,0	2,0	1,9	1,7	1,5	1,4	1,2

Fattore di Amplificazione **SA1** (0,1s≤T≤0,5s)

V _{SH} (m/s) → H (m) ↓	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	
10	1,6	1,5	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	
15	1,9	1,7	1,5	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	
20	2,4	2,1	1,6	1,4	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	
25	3,4	2,5	1,9	1,5	1,4	1,4	1,3	1,3	1,3	
30		3,0	2,3	1,7	1,5	1,4	1,4	1,3	1,3	
35		3,3	2,7	1,9	1,6	1,5	1,4	1,3	1,3	1,1
40		3,6	3,1	2,2	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2
50		3,6	3,4	2,9	2,1	1,8	1,6	1,5	1,4	1,2

Fattore di Amplificazione **SA3** (0,7s≤T≤1,1s)

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (I° e II° livello di approfondimento) di alcuni Macroambiti del Comune di Bardi

V _{SH} (m/s) → H (m) ↓	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	2,1	1,7	1,5	1,4	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	
10	2,6	2,3	1,9	1,6	1,5	1,4	1,3	1,3	1,3	
15	2,7	2,6	2,3	1,9	1,6	1,5	1,4	1,3	1,3	
20	2,6	2,6	2,4	2,1	1,8	1,6	1,5	1,4	1,3	
25	2,6	2,6	2,5	2,3	2,0	1,7	1,6	1,4	1,3	
30		2,4	2,4	2,3	2,1	1,8	1,6	1,5	1,3	
35		2,4	2,4	2,3	2,2	1,9	1,7	1,5	1,4	1,2
40		2,2	2,2	2,2	2,2	2,0	1,8	1,6	1,4	1,2
50		2,1	2,1	2,1	2,1	2,0	1,8	1,6	1,5	1,3

Fattore di Amplificazione **SI1** (0,1s ≤ T ≤ 0,5s)

V _{SH} (m/s) → H (m) ↓	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	1,4	1,4	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	
10	1,8	1,6	1,4	1,4	1,3	1,4	1,3	1,3	1,3	
15	2,3	1,9	1,6	1,4	1,4	1,4	1,3	1,3	1,3	
20	2,9	2,6	1,9	1,6	1,4	1,4	1,4	1,3	1,3	
25	3,6	3,0	2,3	1,7	1,5	1,4	1,4	1,4	1,3	
30		3,3	2,7	1,9	1,7	1,5	1,4	1,4	1,3	
35		3,5	3,0	2,2	1,8	1,6	1,5	1,4	1,3	1,1
40		3,5	3,2	2,6	2,0	1,8	1,6	1,5	1,4	1,2
50		3,3	3,3	3,0	2,4	2,0	1,8	1,6	1,5	1,3

Fattore di Amplificazione **SI2** (0,5s ≤ T ≤ 1,0s)

Tab.8 – Tabelle da utilizzare per la stima di F.A. in funzione di PGA, SA e SI, per APPENNINO in caso di substrato marino non affiorante (copertura sciolta > 3 m), caratterizzato da Vs < 800 m/s (da Allegato 2 degli indirizzi della Regione Emilia Romagna - DGR 630 del 29/04/2019)

Il calcolo dei singoli fattori di amplificazione è stato effettuato considerando la profondità del substrato e le velocità già definite, per ciascuna microzona, nel paragrafo precedente.

Per completare l'analisi della microzonazione sismica di II° livello, è stato valutato il contributo di amplificazione sismica fornito dalla topografia, allo scopo di ricavare il fattore di amplificazione sismica totale (S), determinabile dalla seguente formula:

$$S = S_S \times S_T$$

Dove:

S_S= fattore di amplificazione stratigrafica

S_T= fattore di amplificazione topografica

Il calcolo di S_T è stato opportunamente delimitato ad un'area ricadente all'interno dell'ambito Bardi Capoluogo (Zona 10 nella carta delle MOPS) in prossimità del sedime dell'antico castello, contraddistinto da scarpate ad elevata pendenza, per la presenza di unità lapidee a composizione ofiolitica altamente coerenti. Nel settore maggiormente critico sono stati tracciati n° 4 profili topografici (seguendo il più possibile la linea massima pendenza).

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (I° e II° livello di approfondimento) di alcuni Macroambiti del Comune di Bardi

Sono state seguite le procedure di calcolo contenute nell'Allegato 2 degli ultimi indirizzi regionali, che riportano l'algoritmo per la determinazione del fattore di amplificazione sismica indotto da fattori topografici, come raffigurato nella figura seguente.

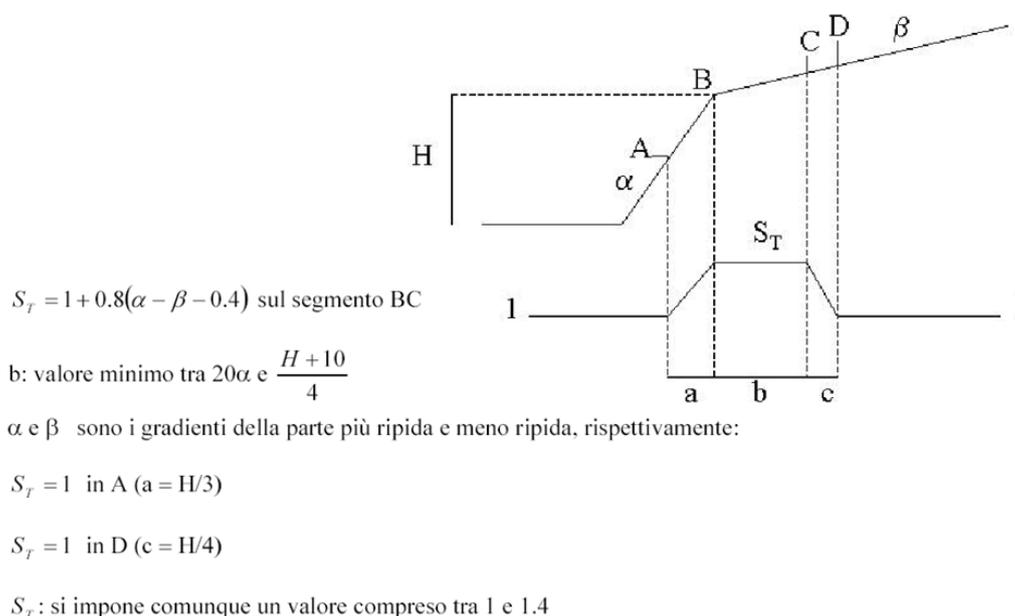


Fig. 35 - Calcolo del Fattore di amplificazione secondo gli indirizzi della Regione Emilia Romagna - Allegato A2 "Tabelle e formule per la valutazione dei fattori di amplificazione sismica per le analisi del secondo Livello di approfondimento e per la valutazione degli effetti topografici"

Tutti i calcoli dei gradienti, dell'estensione delle aree d'influenza e dei fattori di amplificazione topografica risultanti dal presente studio sono riportati in Tab. 9, mentre in Fig. 36 sono state rappresentate le sezioni analizzate, contraddistinte dai profili rappresentati nelle immagini delle Figg. 37, 38, 39 e 40.

Sia nella planimetria che nelle sezioni sono stati evidenziati i tratti delle aree con amplificazione topografica maggiore di 1, con colori differenti a seconda del valore di S_T . Come si evince in Tab. 9 i valori massimi di S_T variano da 1,200 a 1,400.

Profili	α	β	H	b	a	c	St
1	0,84	-0,05	50,0	15	16,7	12,5	1.390
2	0,93	0,00	50,0	15,0	16,7	12,5	1.400
3	0,70	0,03	50,0	15,0	16,7	12,5	1.200
4	0,53	0,00	50,0	15,0	16,7	12,5	1.104

Tab. 9 - Tabella riassuntiva dei parametri topografici contenuti nell'allegato 2 degli MZS della Regione Emilia Romagna, per le quattro sezioni analizzate nel presente studio

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (I° e II° livello di approfondimento) di alcuni Macroambiti del Comune di Bardi

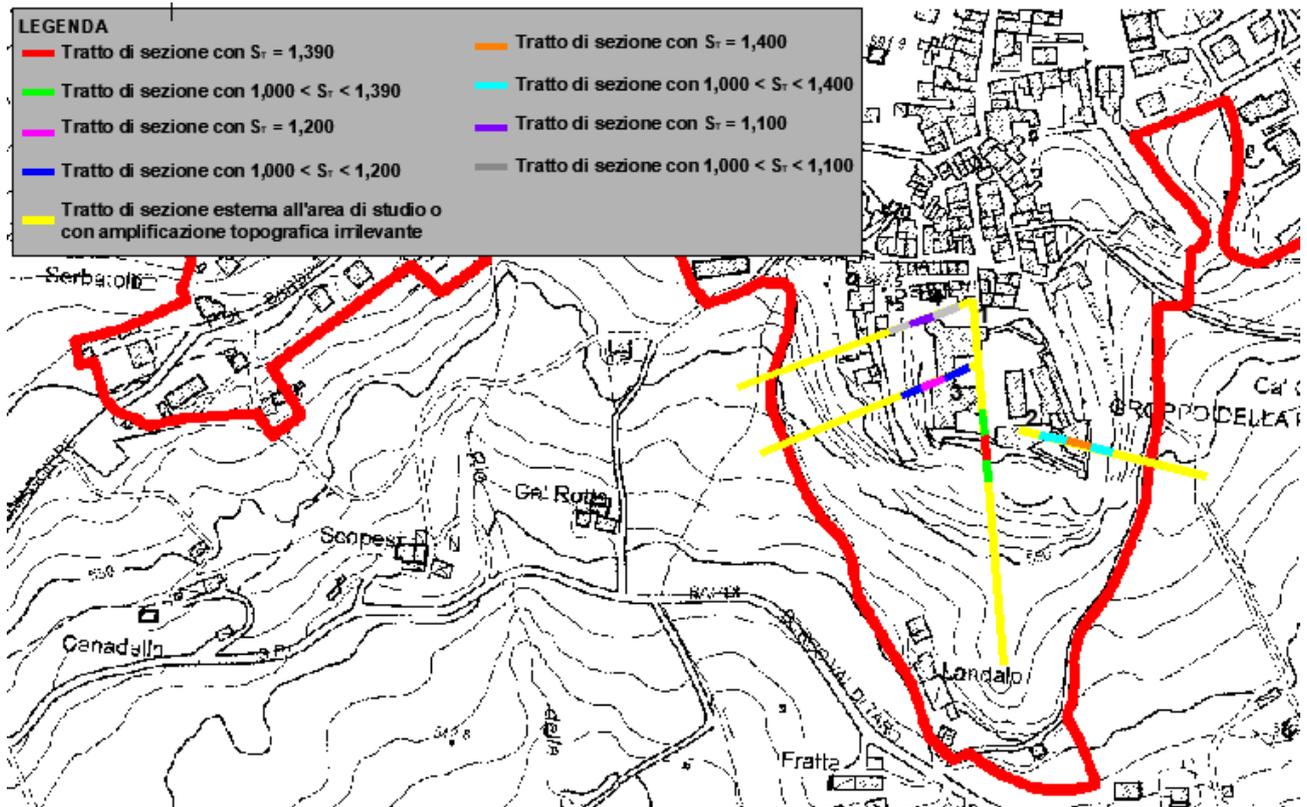


Fig. 36 – Planimetria con ubicazione sezioni topografiche

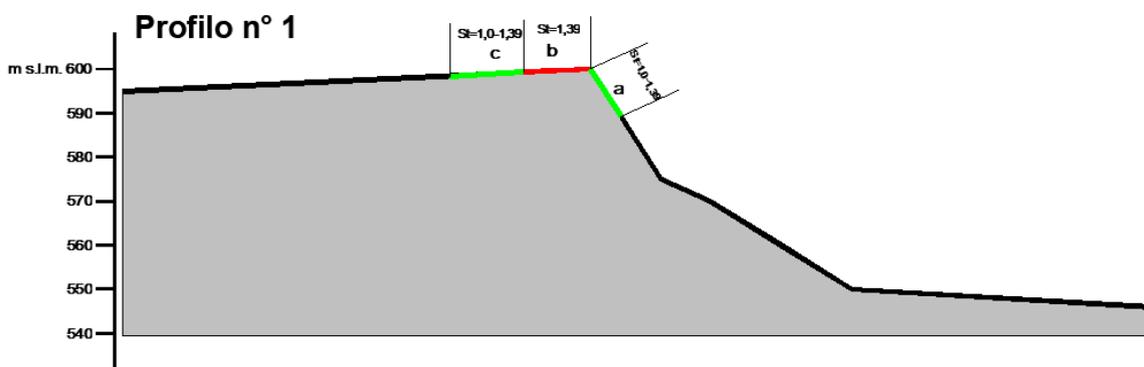


Fig. 37 – Rappresentazione grafica del profilo 1

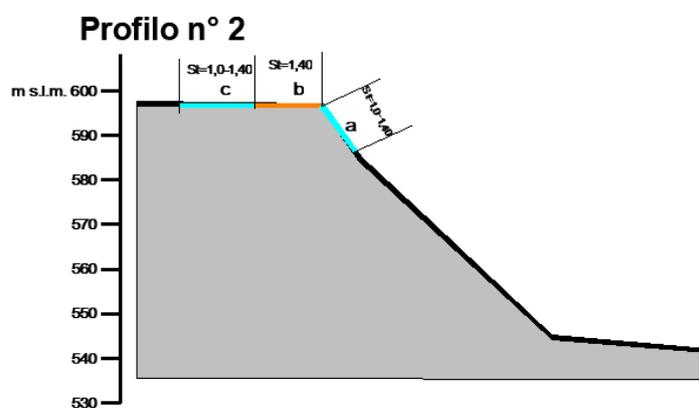


Fig. 38 – Rappresentazione grafica del profilo 2

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (I° e II° livello di approfondimento) di alcuni Macroambiti del Comune di Bardi

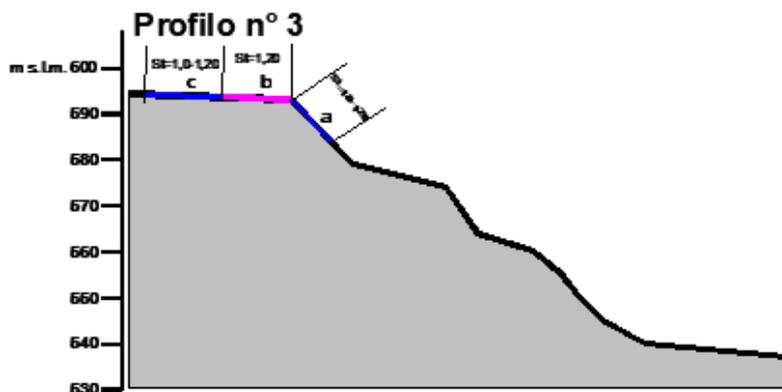


Fig. 39 – Rappresentazione grafica del profilo 3

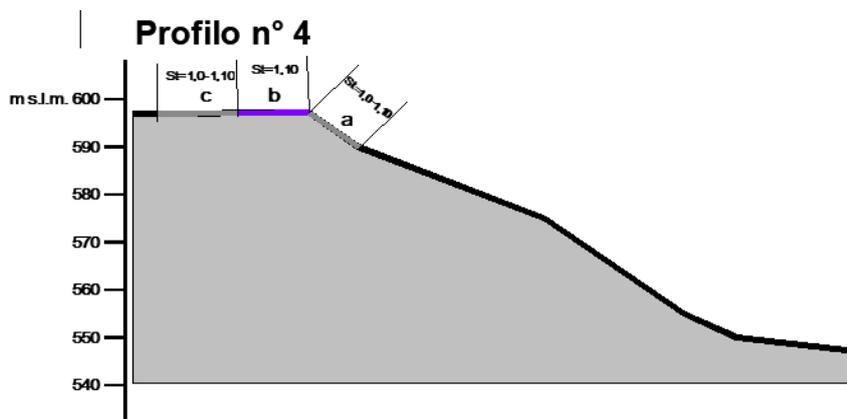


Fig. 40 – Rappresentazione grafica del profilo 4

Conseguentemente, per gli areali oggetto di microzonazione sono stati attribuiti i valori riportati nella seguente tabella:

ZONA	Rif. Tabella abachi Regionali	V_{Sh}/V_{S30} (m/s)	Spessore copertura (m)	F.T.	FPGA	FA 0,1-0,5 s	FA 0,4-0,8 s	FA 0,7-1,1 s	FH 0,1-0,5 s	FH 0,5-1,0 s
Zona 1011	Appennino - Substrato rigido con $V_s \geq 800$ m/s	800	<3	1	1	1	1	1	1	1
Zona 1012	Appennino - Substrato rigido con $V_s \geq 800$ m/s			1	1	1	1	1	1	1
Zona 1	Appennino - Substrato affiorante $V_s < 800$ m/s	500	<3	1	1.	1.4	1.4	1.3	1.4	1.4
Zona 2	Appennino - Substrato affiorante $V_s < 800$ m/s	400	<3	1	1.8	1.7	1.6	1.4	1.7	1.5
Zona 3	Appennino - substrato non affiorante (copertura sciolta > 3 m) $V_s < 800$ m/s	300	10	1	1.8	1.7	1.4	1.3	1.6	1.4
Zona 5	Appennino - substrato non affiorante (copertura sciolta > 3 m) $V_s \geq 800$ m/s	250	20	1	2	2.2	1.9	1.3	2.3	1.5

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (I° e II° livello di approfondimento) di alcuni Macroambiti del Comune di Bardi

Zona 7	Appennino - substrato non affiorante (copertura sciolta > 3 m) Vs << 800 m/s	350	15	1	1.8	1.7	1.4	1.3	1.6	1.4
Zona 10	Appennino - Substrato rigido con Vs ≥ 800 m/s	800	<3	1.15	1	1	1	1	1	1
				1.25						
				1.35						
				1.40						
Zona 11	Appennino - substrato non affiorante (copertura sciolta > 3 m) Vs << 800 m/s	250	10	1	2	1.9	1.5	1.4	1.9	1.4
Zona 12	Appennino - substrato non affiorante (copertura sciolta > 3 m) Vs << 800 m/s	300	15	1	2	1.9	1.5	1.4	1.9	1.4
Zona 99	Appennino - Substrato affiorante Vs << 800 m/s	600	<3	1	1.2	1.2	1.3	1.3	1.3	1.3

Tab. 10 - Tabella dei Fattori di amplificazione sismica

I fattori di amplificazione calcolati, come sopradescritto sono stati rappresentati nelle relative carte, effettuando gli accorpamenti indicati dagli SRAI e riportati nella seguente figura.

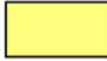
Zona stabile (parametro di amplificazione uguale a 1)	
1.1 - 1.2	
1.3 - 1.4	
1.5 - 1.6	
1.7 - 1.8	
1.9 - 2.0	
2.1 - 2.2	
2.3 - 2.4	
2.5 - 3.0	
3.1 - 3.5	
>3.5	

Fig. 41 - Legenda adottata per l'accorpamento dei fattori di amplificazione nelle "zone stabili" e nelle "zone stabili suscettibili di amplificazioni locali"

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (I° e II° livello di approfondimento) di alcuni Macroambiti del Comune di Bardi

Nelle stesse carte le zone di attenzione per instabilità di versante, per le quali sono richiesti approfondimenti di terzo livello, sono state cartografate a parte, contrassegnandole con l'apposito retino, ma con colore di fondo dato dall'amplificazione calcolata con gli Abachi.

Oltre alle carte dei fattori amplificazione, come richiesto dagli indirizzi regionali e dalle "Linee Guida per la gestione del territorio in aree interessate da amplificazioni - Versione 2.0", sono stati redatti gli elaborati che raffigurano lo scuotimento atteso in superficie H_{SM} calcolato in funzione di g , dato dal prodotto del parametro *Acceleration Spectrum Intensity* (ASI_{UHS}), valore integrale dello spettro di riferimento in accelerazione calcolato per l'intervallo di periodi 0,1s-0,5s, diviso per ΔT e moltiplicato per il fattore di amplificazione in accelerazione (FA) determinato per lo stesso intervallo di periodo:

$$H_{SM} = \frac{ASI_{UHS}}{\Delta T} \times FA$$

I valori di $ASI_{UHS}/\Delta T$ sono stati estratti dalla griglia INGV riportati nel file all4_coord.kmz, ed assegnati a ciascun punto baricentrico di ogni microzona omogenea, per un tempo di ritorno T_R pari a 475 anni. L'elaborato finale raffigura tutti i diversi poligoni contenuti all'interno degli ambiti di studio contraddistinti da un determinato valore di H_{SM} . Il colore di fondo viene attribuito ad una specifica classe omogenea, ognuna definita per i seguenti intervalli di accelerazione, come indicato negli indirizzi regionali e dalle Linee Guida nazionali:



Fig. 42 - Legenda adottata per l'accorpamento dei valori dello scuotimento atteso in superficie H_{SM}

La rappresentazione delle carte di microzonazione in termini di H_{SM} permette di analizzare in maniera più realistica e completa la pericolosità sismica del territorio, tenendo conto sia degli effetti di sito quantificati dai differenti fattori di amplificazione, sia della pericolosità di base. La combinazione tra queste due variabili si prefigura come elemento fondamentale per una valutazione più accurata del rischio sismico e quindi si pone alla base di scelte più consapevoli delle strategie per la mitigazione di tale rischio.

11. BIBLIOGRAFIA

- Albarello D., Castellaro S. (2011) - TECNICHE SISMICHE PASSIVE: INDAGINI A STAZIONE SINGOLA, Ingegneria Sismica Anno XXVIII - n. 2 - 2011, Appendice I e II, pp 50-62
- Baldi M., Baldini U., Bevivino R., Castagnetti S., Daminelli R., Gianferrari C., Marcellini A., Martelli L. e Tento A., 2010: UNIONE TERRE DI CASTELLI: VALIDAZIONE DELLA MICROZONAZIONE SISMICA DI II LIVELLO (2010) - 29° Convegno Nazionale Gruppo Nazionale Geofisica della Terra Solida, Prato.
- 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.
http://www.protezionecivile.it/cms/view.php?dir_pk=395&cms_pk=15833
- Locati M., Camassi, R. e Stucchi M. (a cura di) (2011) . BDMI11, LA VERSIONE 2011 DEL DATABASE MICROSISMICO ITALIANO. Milano,Bologna,
<http://Emidius.mi.ingv.it/DBMI11>
- Marcellini A., Martelli L, Tento A., Daminelli R. - L'AMPLIFICAZIONE SISMICA NEGLI "INDIRIZZI PER GLI STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA IN EMILIA-ROMAGNA PER LA PIANIFICAZIONE TERRITORIALE E URBANISTICA" (2009)
- Meletti C. e Valensise G., (2004). ZONAZIONE SISMOGENETICA ZS9-APP. 2 AL RAPPORTO CONCLUSIVO. In: "Gruppo di Lavoro MPS (2004).Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCm 3274 del 20 marzo 2003 ". Rapporto per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici.
- Petrucci F., Carreggio M., Cavazzini R. e Piccin A. "EVOLUZIONE QUATERNARIA DI UN TRATTO DI VERSANTE IN LOCALITA' BORGO VAL DI TARO (PARMA)". Estratto da ACTA NATURALIA de "L'Ateneo Parmense". Vol. 25 - N. 4 - 1988.
- CARTA SISMOTETTONICA DELLA REGIONE EMILIA-ROMAGNA - Scala 1:250.000 (2004) - Regione Emilia-Romagna, Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli - CNR - Istituto di Geoscienze e Georisorse, Sezione di Firenze
- GUIDELINES FOR THE IMPLEMENTATION OF THE H/V SPECTRAL RATIO TECHNIQUE ON AMBIENT VIBRATIONS MEASUREMENTS, PROCESSING AND INTERPRETATION - SESAME European research project, dicembre 2004
- MICROZONAZIONE SISMICA, UNO STRUMENTO CONSOLIDATO PER LA RIDUZIONE DEL RISCHIO. L'esperienza della Regione Emilia-Romagna (2012) - Regione Emilia-Romagna, Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli
- NOTE ILLUSTRATIVE DELLA CARTA GEOLOGICA D'ITALIA - FOGLIO 199 APAT - REGIONE EMILIA-ROMAGNA

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (I° e II° livello di approfondimento) di alcuni Macroambiti del Comune di Bardi

12. ALLEGATI

Nel corso dello studio sono stati redatti i seguenti elaborati grafici:

Elaborato 1	Carta delle indagini	scala 1:10.000
Elaborati 2a, 2b e 2c	Carta Geologico – tecnica per la microzonazione sismica	scala 1:10.000
Elaborato 3	Carta delle frequenze naturali dei terreni	scala 1:5.000
Elaborati 4a, 4b e 4c	Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica	scala 1:10.000
Elaborato 5	Carta delle velocità delle onde di taglio S (Vs)	scala 1:5.000
Elaborato 6	Carta di Microzonazione sismica Livello 2 – F _{PGA}	scala 1:5.000
Elaborato 7	Carta di Microzonazione sismica Livello 2 – FA _{0,1-0,5s}	scala 1:5.000
Elaborato 8	Carta di Microzonazione sismica Livello 2 – FA _{0,4-0,8s}	scala 1:5.000
Elaborato 9	Carta di Microzonazione sismica Livello 2 – FA _{0,7-1,1s}	scala 1:5.000
Elaborato 10	Carta di Microzonazione sismica Livello 2 – FH _{0,1-0,5s}	scala 1:5.000
Elaborato 11	Carta di Microzonazione sismica Livello 2 – FH _{0,5-1,0s}	scala 1:5.000
Elaborato 12	Carta di Microzonazione sismica Livello 2 – H _{SM}	scala 1:5.000
Allegato 1	Nuove indagini tromografiche_ HVSR, MASW e HS (SASW)	
Allegato 2	Sezioni geologiche	
	Relazione illustrativa	

Borgo Val di Taro, Maggio 2022

