



PROTEZIONE CIVILE
Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della Protezione Civile



Regione Emilia-Romagna



CONFERENZA DELLE REGIONI E
DELLE PROVINCE AUTONOME

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

MICROZONAZIONE SISMICA

Relazione illustrativa

Regione Emilia – Romagna
Comune di Bedonia



Regione	Soggetto realizzatore	Data
Emilia Romagna	Dott. Geol. Gabriele Oppo Collaboratori Dott. Geol. Massimiliano Trauzzi Dott. Geol. Domenico Bianco	Settembre 2018

INDICE

1. INTRODUZIONE	2
2. BREVE DESCRIZIONE DELLO STUDIO	6
3. INDAGINI ED ANALISI	8
3.1. Sondaggio a carotaggio continuo	10
3.2. Prove di laboratorio.....	10
3.3. Indagini sismiche	11
4. APPROFONDIMENTI DI PRIMO E SECONDO LIVELLO	12
4.1. Carta delle indagini	12
4.2. Carta geologico-tecnica per la microzonazione sismica	14
<i>Area di studio A_1 - Bedonia Centro</i>	16
<i>Area di studio A_2 - Cavadasca - Ceio</i>	17
<i>Area di studio A_3 - Forana - Borio</i>	20
<i>Area di studio A_4 - Piane di Carniglia</i>	23
4.3. Carta delle frequenze naturali dei terreni	24
4.4. Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica	27
4.5. Carte delle velocità delle onde di taglio S.....	31
5. APPROFONDIMENTI DI TERZO LIVELLO	35
5.1. Analisi di risposta sismica locale	35
5.1.1 Pericolosità sismica di base e degli eventi di riferimento.....	35
5.1.2 Spettro di risposta rappresentativo	37
5.1.3 Selezione dei segnali sismici di riferimento	38
5.1.4 Modello stratigrafico e parametrizzazione sismica	39
5.1.5 Grafici di output della RSL.....	42
5.1.6 Risultati ottenuti dalla modellazione	43
5.2. Verifica di stabilità.....	63
5.2.1 Metodo di Verifica	63
5.2.2 Le ipotesi verificate	66
5.3. Carte di microzonazione sismica.....	70
6. BIBLIOGRAFIA	74
7. ALLEGATI	76

1. INTRODUZIONE

Il presente lavoro, redatto su incarico dell'*Unione dei Comuni Valli Taro e del Ceno con Determinazione n° 90 del 10/11/2017*, in seguito all'erogazione dei contributi, di cui all'*Ordinanza del Capo Dipartimento della Protezione Civile n. 344/2016* e decreto del *Capo Dipartimento della Protezione Civile del 21 giugno 2016* a favore degli enti locali, riguarda gli studi di Microzonazione Sismica con approfondimenti di III° livello del Comune di Bedonia, in Provincia di Parma (PR).

Questa fase di studio si prefigge di valutare gli scenari di pericolosità sismica emersi nel corso dei precedenti approfondimenti di I° e II° livello elaborati dallo scrivente nell'anno 2014, quindi di confermare ed eventualmente ridefinire le aree perimetrate sulla base della differente risposta sismica locale, anche attraverso l'impiego di metodologie di tipo numerico *1d*.

Nello specifico, in accordo con l'Amministrazione Comunale le indagini in sito e le analisi di microzonazione sismica di III° livello, in rapporto alle risorse economiche disponibili, sono state esclusivamente concentrate nell'ambito "*Bedonia Centro*", all'interno del quale ricadono gli edifici di maggior interesse strategico, nonché le aree potenzialmente interessate da nuova edificazione.

All'interno dello studio sono state riprodotte ed opportunamente modificate, le cartografie fondamentali del I° livello di approfondimento, in seguito all'aggiornamento degli standard di rappresentazione e alla realizzazione delle nuove indagini che hanno fatto emergere nuovi risultati, mentre quelle del II° livello sono state rielaborate e in alcuni casi sono state superate dalle corrispondenti di III° livello.

Il documento tecnico a supporto dello studio è stato svolto in conformità alle seguenti disposizioni normative:

- *Atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art. 16, comma 1, della L.R. 20/2000 "Disciplina generale sulla tutela e l'uso del territorio", in merito agli "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica" approvati con Deliberazione dell'Assemblea Legislativa della Regione Emilia Romagna n° 112 del 2 maggio 2007;*
- *"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").*
- *D.G.R. n° 1051 del 18 luglio 2011 "Approvazione dei criteri per gli studi di microzonazione sismica ed assegnazione e concessione dei contributi di cui all'O.P.C.M. 3907/2010 e ss.mm."*.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Bedonia (PR)

- *“Microzonazione sismica - Standard di rappresentazione e archiviazione informatica” - Versioni 3.0 e 4.0b, Roma, ottobre 2015 - Elaborato e approvato nell’ambito dei lavori della Commissione tecnica per la microzonazione sismica (da qui in avanti “SRAI”).*
- *Allegato A della deliberazione di Giunta regionale della Regione Emilia Romagna n. 2193 del 21/12/2015: “Art. 16 della L.R. n° 20 del 24/03/2000. Approvazione aggiornamento dell’atto coordinamento tecnico denominato “Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica di cui alla deliberazione dell’Assemblea legislativa 2 maggio 2007, n° 12” (da qui in avanti “indirizzi regionali”).*
- *Allegato A2 “Criteri per la realizzazione degli studi di microzonazione sismica e analisi della condizione limite per l’emergenza, di cui all’Ordinanza del Capo Dipartimento della Protezione Civile n. 293/2015 e Decreto del Capo Dipartimento della Protezione Civile del 14 dicembre 2015” della deliberazione di Giunta regionale n. 573 del 28/04/2016 “O.C.D.P.C. 26 Ottobre 2015, N. 293 - Annualita' 2014 - Criteri per l’attribuzione di contributi per la realizzazione di interventi di riduzione del rischio sismico in edifici pubblici strategici e rilevanti, in edifici privati e per studi di microzonazione sismica, di cui all’art. 2, comma 1, lettere A), B) E C). Modalità di concessione e liquidazione dei contributi (da qui in avanti “Allegato A2 della delibera regionale”)*

Si è fatto altresì riferimento alle pubblicazioni scientifiche in materia ed in particolare:

- *Ingegneria sismica - Anno XXVIII - n. 2 - 2011 “Indirizzi di microzonazione sismica”.*
- *“Microzonazione sismica” – uno strumento consolidato per la riduzione del rischio sismico. L’Esperienza della Regione Emilia-Romagna (a cura del Servizio Geologico Sismico e dei Suoli, 2012).*

Per “Microzonazione Sismica” si intende la valutazione della pericolosità sismica locale attraverso l’individuazione di zone del territorio caratterizzate da comportamento sismico omogeneo, ovvero nell’individuazione e caratterizzazione delle zone stabili, le zone stabili suscettibili di amplificazione locale del moto sismico e le zone suscettibili di instabilità.

Risulta perciò estremamente importante sviluppare gli studi di microzonazione già in fase pianificatoria, per poter indirizzare al meglio le scelte urbanistiche dell’Amministrazione al di fuori delle aree contraddistinte da elevata pericolosità sismica e, successivamente, per esercitare una funzione di supporto ai tecnici nella progettazione di nuove opere.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Bedonia (PR)

Contestualmente alla scala di dettaglio degli studi (*PSC, POC, PUA* ed esecutivi) e alle problematiche geologiche da affrontare, sono stati definiti 3 livelli di approfondimento, di seguito ordinati, con complessità d'analisi e costi d'esecuzione via via crescenti:

- *I° Livello di approfondimento: riguarda la raccolta e l'analisi di dati esistenti e, se possibile, la realizzazione di nuove indagini in sito. L'obiettivo finale consiste nella realizzazione della Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS), che suddivide il territorio in microzone sismicamente omogenee;*
- *II° livello di approfondimento: oltre a correggere gli studi di I° Livello, si assegna un fattore moltiplicativo di amplificazione a ciascuna zona, attraverso l'impiego di abachi regionalizzati e formule empiriche. Il documento finale prodotto è rappresentato dalla Carta di microzonazione sismica;*
- *III° Livello di Approfondimento: viene utilizzato nei casi in cui l'opera in progetto risulti particolarmente importante oppure, nei casi in cui le condizioni geologiche si presentino estremamente complesse. Vengono sviluppate analisi di tipo numerico 1d o 2d, studi paleosismici ed analisi dinamiche. Viene prodotta una Carta di microzonazione sismica con approfondimenti.*

Come già accennato in precedenza, in funzione sia dei risultati conseguiti nel corso della redazione degli studi di I° e II° livello (*Dott. Geol. Gabriele Oppo, 2014*) in corrispondenza dei centri abitati di *Bedonia Centro, Cavadasca-Ceio, Forana-Borio* e *Piane di Carniglia*, sia degli obiettivi di carattere pianificatorio manifestati dall'Amministrazione Comunale, le analisi e gli approfondimenti di III° Livello hanno riguardato unicamente l'ambito di "*Bedonia Centro*". Si evidenzia comunque che all'interno degli altri ambiti sono state apportate alcune correzioni/aggiornamenti alle cartografie in funzione dei nuovi dati reperiti nel corso degli approfondimenti eseguiti sull'areale di "*Bedonia Centro*".

In via preliminare, è stato condotto un esame bibliografico a scala comunale, per verificare la presenza di nuove indagini, rispetto a quanto già rilevato durante gli studi pregressi.

Successivamente, sono state realizzate indagini geognostiche "*ex-novo*" (sondaggi a carotaggio continuo e prove sismiche di tipo puntuale e lineare) e prove di laboratorio, in corrispondenza delle aree che necessitavano di approfondimenti. Le informazioni raccolte hanno consentito di ricostruire il modello sismo-stratigrafico del sottosuolo, la cui definizione si colloca alla base degli studi di III° Livello.

A supporto delle indagini sono stati svolti sopralluoghi e i rilievi di campagna, per evidenziare tutti quegli aspetti che possono influire sul moto sismico di base oppure, dar luogo ad effetti indotti quali, instabilità dei versanti, cedimenti differenziali e/o liquefazione, aree di faglia ecc..

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Bedonia (PR)

Una volta identificate le varie microzone presenti negli ambiti, si è proceduto al calcolo dei vari fattori di amplificazione, conseguiti localmente tramite analisi approfondite di III° Livello, con Risposta Sismica Locale, mentre nei restanti casi, comprese le aree esterne all'ambito "Bedonia Centro" non interessati da approfondimenti di III° livello, sono state impiegate procedure semplificate (utilizzo di abachi definiti dalla DGR 2193/2015).

In corrispondenza di un corpo detritico quiescente situato all'interno dell'abitato di Bedonia, in località Pansamora, oltre alla risposta sismica locale è stata effettuata una verifica di stabilità di versante.

Nel corso dello studio, a supporto della presente relazione, sono stati redatti gli elaborati elencati nel **Capitolo 7**. I dati cartografici sono stati predisposti, oltre che in versione cartacea, in formato digitale (pdf, con risoluzione 300 dpi). I dati vettoriali sono forniti anche in formato *shapefile*.

Per l'archiviazione dei dati e l'*editing* dei documenti sono stati seguiti gli standard di riferimento contenuti nell'*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 4.0.

Quale base cartografica, si sono utilizzati gli stralci della Carta Topografica Regionale alla scala 1:5.000 (Elementi 215082, 215083, 215121 e 215124), georeferenziati con il sistema di riferimento *WGS84-UTM 33N*, seguendo le raccomandazioni fornite dagli "Standard di rappresentazione e archiviazione informatica (versioni 3 e 4.0b)".

2. BREVE DESCRIZIONE DELLO STUDIO

Nel presente capitolo verranno descritti in maniera sintetica le analisi condotte e i risultati raggiunti nel corso dello studio di Microzonazione Sismica di III° Livello. In accordo con l'amministrazione comunale, le analisi e gli approfondimenti hanno riguardato le aree di maggior interesse edificatorio, interamente ricomprese all'interno dell'ambito di "Bedonia Centro", anche se sono stati riproposti ed opportunamente modificati laddove necessario. i risultati conseguiti nel corso dei precedenti studi di I° e II° Livello per gli altri ambiti (Cavadasca-Ceio, Forana-Borio e Piane di Carniglia).

Lo studio di microzonazione di terzo livello è consistito pertanto nelle seguenti fasi:

1. individuazione delle microzone omogenee definite nei precedenti studi di microzonazione di I° e II° Livello;
2. definizione di aree rappresentative di situazioni stratigrafiche tipo definite nell'analisi precedente sulle quali effettuare gli approfondimenti di III° Livello;
3. realizzazione di indagini di tipo diretto (sondaggi a carotaggio continuo con esecuzione di *Down-Hole*) e indiretto (*MASW*, *Sismica a Rifrazione*, *HoliSurface* e *HVSR*), per ampliare le conoscenze sulla sismo-stratigrafia del sottosuolo degli ambiti in esame.
4. aggiornamento e modifica delle cartografie di I° e II° livello elencate di seguito, con i dati delle nuove indagini, adottando gli *standard* più recenti:
 - a. Carta delle indagini
 - b. Carta geologico-tecnica
 - c. Carte delle Frequenze
 - d. Carta delle *MOPS*
 - e. Carta delle velocità delle onde di taglio *S* (*V_s*)
5. definizione delle curve di variazione dello smorzamento (*D*) e della rigidezza (*G/G₀*) in funzione della deformazione reperite attraverso prove di laboratorio (*colonna risonante*) e in bibliografia, per le differenti tipologie di terreno.
6. valutazione della risposta sismica locale, per ciascuna *MOPS* individuata, mediante il programma **LSR 1D**, il quale calcola la risposta dinamica monodimensionale di una colonna

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Bedonia (PR)

di terreno utilizzando un modello di propagazione lineare delle onde, con proprietà dinamiche del terreno (elastiche e smorzamento) variabili in funzione del livello deformativo;

7. calcolo dei fattori di amplificazione, attraverso procedure di III° Livello per i siti rappresentativi, in termini di picco di accelerazione (FA_{PGA}), definito come il rapporto tra l'accelerazione massima in superficie ed il valore di riferimento per il sito su suolo rigido;
8. calcolo del fattore di amplificazione, attraverso procedure di III° Livello per i siti rappresentativi, in termini di rapporto tra intensità dello spettro di risposta in pseudovelocità (FA_{IS}) calcolato in superficie e quello calcolato su suolo rigido negli intervalli 0.1-0.5 s e 0.5-1.0 s.
9. stima dei fattori di amplificazione, mediante le ultime tabelle regionali per le aree a cui non è possibile assegnare i valori ottenuti mediante risposta sismica locale, a causa del differente assetto sismo-stratigrafico. L'assegnazione dei fattori di amplificazione ha riguardato sia le aree oggetto di approfondimento del presente studio ricomprese nell'ambito "Bedonia Centro"; inoltre, si è proceduto a riassegnare i fattori di amplificazione a tutte quelle aree oggetto dei precedenti studi di I° e II° Livello realizzati nel 2014, adottando i più recenti abachi definiti dalla *DGR 2193/2015*.
10. realizzazione di un'analisi di stabilità di versante dinamica, in corrispondenza di un corpo franoso situato all'interno del centro abitato di Bedonia, inserendo come input sismico gli accelerogrammi ottenuti dall'analisi di risposta sismica locale e stima degli spostamenti massimi attesi.
11. redazione delle cartografie di microzonazione sismica per i diversi FA :
 - a. FA_{PGA}
 - b. $FA_{IS\ 0.1-0.5}$
 - c. $FA_{IS\ 0.5-1.0}$

3. INDAGINI ED ANALISI

Nel presente studio si è innanzitutto cercato di ampliare le conoscenze sulle caratteristiche sismostratigrafiche del sottosuolo, in un'area montana, come quella d'interesse, dove il numero delle indagini risulta limitato. Per tale motivo, in accordo con l'Amministrazione Comunale, tenendo conto delle somme a disposizione, tutte le prove di nuova esecuzione (geognostiche e geofisiche) nonché la ridefinizione dei fattori di amplificazione utilizzando gli abachi regionalizzati o attraverso le analisi di *Risposta Sismica Locale (RSL)* previste per gli studi di III° Livello, sono stati concentrati all'interno del perimetro urbanizzato/urbanizzabile dell'ambito di "Bedonia Centro".

Tutte le prove di nuova esecuzione sono state localizzate come raffigurato in **Fig. 1**.

La prima area oggetto di studi di III° Livello si trova in prossimità del Seminario di San Marco e delle Scuole Superiori, dove è stato realizzato un sondaggio a carotaggio continuo, all'interno del quale è stato prelevato un campione indisturbato sottoposto ad una prova di colonna risonante, che ha consentito di definire le caratteristiche dinamiche del materiale rappresentate dalle curve di variazione dello smorzamento (*D*) e della rigidità (*G/G0*). Successivamente, sempre all'interno del foro di sondaggio, opportunamente attrezzato, è stata svolta una prova sismica di tipo *Down-Hole*. Ad integrazione delle indagini suddette, nelle immediate vicinanze, sono stati eseguiti degli stendimenti sismici del tipo *MASW* e a rifrazione, oltre che una prova di microtremori a stazione singola (*HVSR*).

Sulla base dei risultati ottenuti dalle suddette indagini è stata quindi eseguita un'analisi di risposta sismica locale.

Un ulteriore approfondimento di III° livello è stato svolto nell'area localizzata in corrispondenza del vecchio campo sportivo, nell'intento di caratterizzare i depositi alluvionali di fondovalle. A supporto delle analisi è stato eseguito un sondaggio a carotaggio dal quale sono stati prelevati n° 2 campioni sottoposti in laboratorio ad altrettante prove di colonna risonante. I risultati desunti dalle prove sopraindicate sono stati integrati da stendimenti sismici del tipo *MASW* e a rifrazione, oltre che da una prova di microtremori a stazione singola (*HVSR*). Come per l'area precedente, tutte le informazioni raccolte hanno consentito di svolgere un'analisi di *Risposta Sismica Locale*.

Le analisi di III° livello hanno riguardato anche un corpo detritico di versante, classificato come frana quiescente-complessa, posizionato all'estremità nord-occidentale del Capoluogo, in località Pansamora.

Nello specifico è stata eseguita un'analisi di risposta sismica locale e una verifica di stabilità del corpo di frana.

Oltre che attraverso i risultati delle prove pregresse eseguite in sito, l'area è stata indagata mediante la realizzazione di uno stendimento sismico tipo *MASW*, dal quale si sono ottenuti profili di velocità *Vs*.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Bedonia (PR)

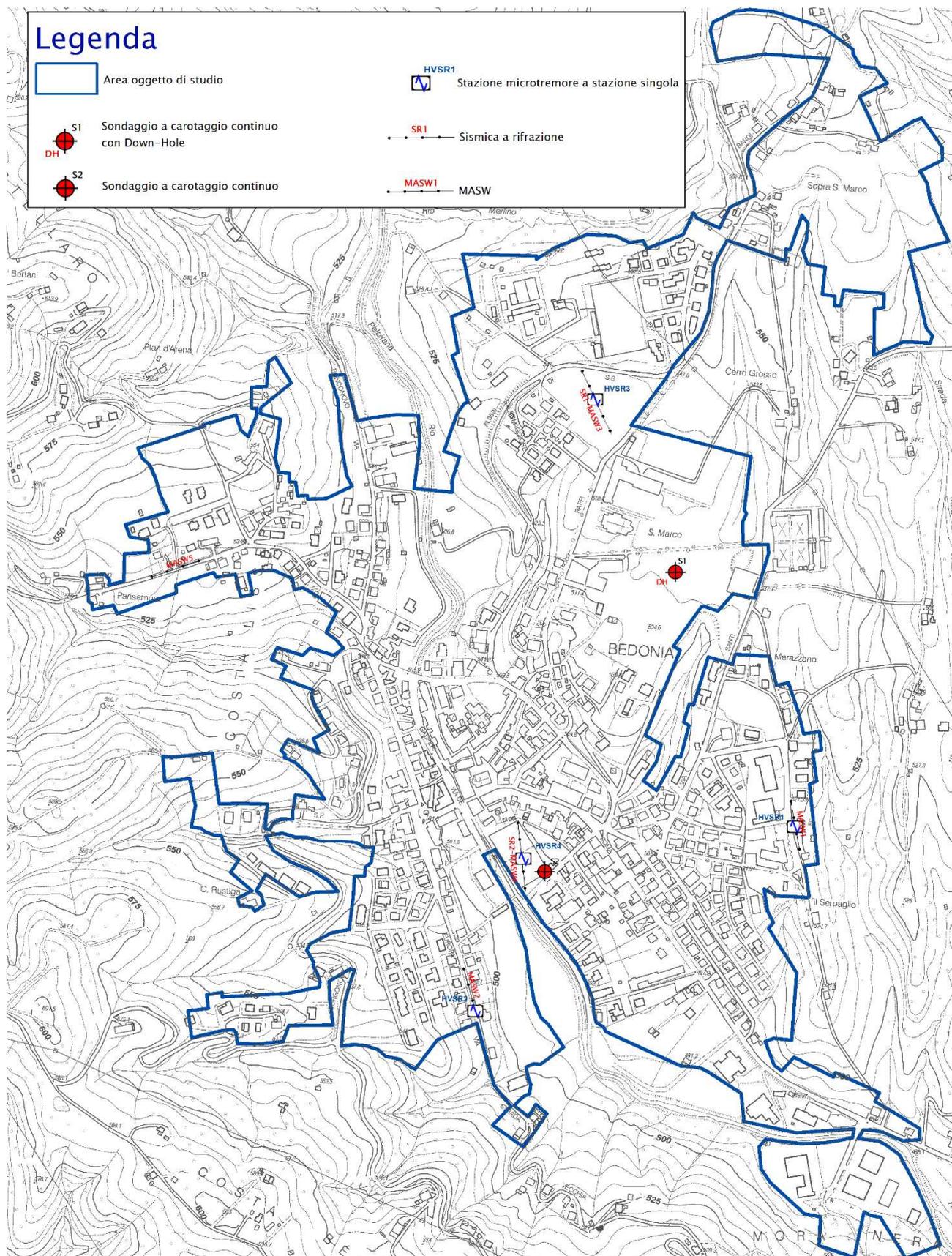


FIG. 1 – UBICAZIONE DELLE NUOVE INDAGINI NELL'AMBITO "BEDONIA CENTRO"

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Bedonia (PR)

Relativamente alle altre aree contenute nell'ambito di "Bedonia Centro", si è optato per un approccio di II° Livello che prevede, nella valutazione dei fattori di amplificazione l'impiego degli abachi regionalizzati definiti dalla *DGR 2193/2015*. Inoltre, si è proceduto a riassegnare i fattori di amplificazione a tutte quelle aree oggetto dei precedenti studi di I° e II° Livello realizzati nel 2014, adottando i più recenti abachi sopraindicati.

Di seguito vengono descritte le indagini e le analisi specifiche effettuate per la microzonazione di 3° livello.

3.1. Sondaggio a carotaggio continuo

Come già accennato, a corredo delle analisi condotte nel presente studio sono stati eseguiti dalla ditta *Elletipi s.r.l.* di Ferrara n° 2 sondaggi a carotaggio continuo dei quali, uno spinto sino alla profondità di -20,00 m da p.c. e uno sino a -30,00 m da p.c.

Al termine della perforazione di quest'ultimo sondaggio, è stato predisposto l'attrezzaggio del foro tramite un tubo in *PVC* del diametro di 3 pollici per la corretta esecuzione della prova Down-Hole.

Per la realizzazione delle indagini è stata utilizzata una sonda a rotazione impiegando per la perforazione dei carotieri semplici.

Nella litostratigrafia allegata (**Elaborato 7**) sono riportate:

- le suddivisioni stratigrafiche con relative quote e le descrizioni litologiche effettuate direttamente in campagna con metodi speditivi;
- le quote di prelievo del campione indisturbato;
- la determinazione speditiva di campagna del valore di *pocket penetrometer*, espressi in Kg/cm^2 ;
- la determinazione del valore di *RQD* della roccia;
- il livello di falda misurato durante l'esecuzione della perforazione.

3.2. Prove di laboratorio

I n° 3 campioni prelevati durante l'esecuzione dei sondaggi a carotaggio continuo *S1 ed S2* sono stati inviati al Laboratorio *Elletipi s.r.l.* di Ferrara per le analisi geotecniche.

Per i campioni prelevati sono state eseguite le seguenti prove:

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Bedonia (PR)

- Descrizione geotecnica;
- Determinazione del peso di volume;
- Determinazione dell'umidità naturale.

Inoltre sui 3 campioni, essendo indisturbati, sono state eseguite altrettante prove in colonna risonante per la determinazione dei parametri G/G_0 e D necessari per la caratterizzazione dinamica dei materiali.

I risultati delle prove di laboratorio sono riportati in allegato (**Elaborato 8**) e descritti nel paragrafo **5.1.4**.

3.3. Indagini sismiche

Per caratterizzare da un punto di vista sismico l'ambito di interesse, a corredo dello studio si sono realizzati:

- n°1 indagine con tecnica DH - "Down-Hole";
- n°5 profili sismici con tecnica MASW - "Multichannel Analysis of Surface Waves";
- n°2 stendimenti in sismica a rifrazione (SR);
- n°4 prove di microtremore sismico HVSR - "Horizontal to Vertical Spectral Ratio" (HVSR).

Si inoltre è cercato di analizzare congiuntamente i dati acquisiti, calibrandoli in relazione ai risultati forniti dai sondaggi a carotaggio continuo di nuova esecuzione e dalle indagini geotecniche pregresse, con l'intento di definire modelli stratigrafico-sismici il più possibile rappresentativi delle aree indagate. Le elaborazioni, le rappresentazioni grafiche e i risultati delle indagini sismiche condotte sono riportate nell'**Elaborato 9**.

4. APPROFONDIMENTI DI PRIMO E SECONDO LIVELLO

4.1. Carta delle indagini

La redazione delle tavole alla scala 1:5.000, ha previsto l'utilizzo di tutte le prove raccolte a corredo degli studi di microzonazione sismica di I° e II° livello (*Dott. Geol. Gabriele Oppo, 2014*) a cui ha fatto seguito una ulteriore ricerca negli archivi comunali, per verificare se nell'intervallo di tempo intercorso tra lo studio citato e quello attuale fossero stati realizzati ulteriori studi ed indagini da inserire nella banca dati. E' stata inoltre elaborata una "*Carta delle indagini raccolte nello studio*" alla scala 1:15.000, rappresentativa di tutto il territorio comunale.

Tutte le prove, sono state opportunamente codificate, analizzate ed elaborate, secondo gli ultimi standard di archiviazione (*software: "MS – SoftMS"* nella versione 4.0), per consentire una corretta ricostruzione del modello geologico e dei mutui rapporti tra il substrato e la copertura.

L'ulteriore ricerca ha permesso di inserire un discreto numero di indagini, che accompagnate a quelle di nuova esecuzione a corredo del presente studio, ha permesso di acquisire e raggiungere una conoscenza del modello geologico stratigrafico maggiormente approfondita e dettagliata.

Le indagini in sito di nuova realizzazione con le relative rappresentazioni grafiche, suddivise per tipologia in sondaggi a carotaggio continuo, prove di laboratorio, e prove sismiche (tomografie, MASW, downhole e sismiche a rifrazione), sono contenute rispettivamente negli **elaborati 7, 8 e 9** e ubicate come raffigurato nella **Fig. 1**.

All'interno degli elaborati grafici, sono state distinte le prove in base alla tipologia, in:

- Trincea o pozzetto esplorativo
- sondaggio a carotaggio continuo (distinguendo se intercetta o meno il substrato)
- prova penetrometrica statica con punta meccanica (CPT)
- prova penetrometrica dinamica pesante
- prova penetrometrica dinamica super pesante
- stazione microtremore a stazione singola
- Prova sismica a rifrazione
- MASW

come raffigurato nella legenda riportata in **Fig. 2**.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Bedonia (PR)

Indagini

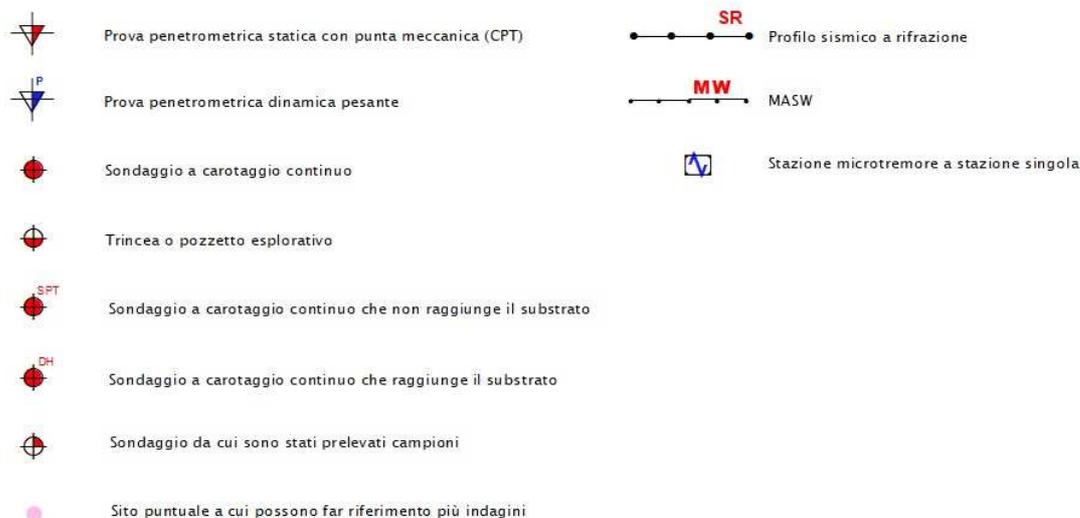


FIG. 2 – RAPPRESENTAZIONE DELLA LEGENDA DELLA CARTA DELLE INDAGINI

Nelle carte sono indicate anche alcune indagini esterne al perimetro del territorio urbanizzato e urbanizzabile dell'ambito di studio, ove sono state concentrate le analisi, ma ugualmente utili a definirne le caratteristiche litostratigrafiche. In **Tab. 1** vengono riportati il numero e la tipologia di indagini presenti sul territorio studiato, acquisite mediante la ricerca effettuata presso l'archivio dell'Ufficio Tecnico Comunale o riprese dal database del Servizio Geologico regionale.

Tipologia di prova	Indagini provenienti da precedente studio di 2° livello	Indagini di nuova esecuzione	Totale
Prova penetrometrica con punta meccanica CPT	30	1	31
Prova penetrometrica dinamica pesante	42	-	42
Prova penetrometrica dinamica super - pesante	-	16	16
Sondaggio a carotaggio continuo	10	-	10
Sondaggio a carotaggio continuo che intercetta il substrato	-	3*	3
Trincea o pozzetto esplorativo	5	2	7
Misura microtremore a stazione singola	49	25	74
Profilo sismico a rifrazione	2	-	2
MASW	17	13**	30

TAB. 1 – RIEPILOGO DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE PRESENTI SUL TERRITORIO COMUNALE

*DI CUI UNO CON RIVESTIMENTO ED ESECUZIONE DOWNHOLE; **DUE DI QUESTE ESEGUITE CON MASW + SR

4.2. Carta geologico-tecnica per la microzonazione sismica

In tale elaborato sono state riportate le informazioni di base (geologia, geomorfologia, caratteristiche litotecniche, geotecniche e idrogeologiche) derivate da elaborati esistenti, da indagini geognostiche pregresse e di nuova realizzazione.

Questi dati hanno consentito di definire il modello geologico del sottosuolo e sono risultate funzionali alla realizzazione della Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica, che sarà descritta nel successivo paragrafo **4.3**.

Per la stesura della Carta geologico tecnica, si è fatto riferimento, in particolare, alla seguente documentazione, opportunamente verificata mediante sopralluoghi di campagna:

- “Carta Geologica della Regione Emilia-Romagna”. Sezione 215080 “*Bedonia*” e Sezione 215120 “*Tornolo*”, alla scala 1:10.000, Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna
- “Nuova Carta del dissesto della Provincia di Parma”. Sezione 215080 “*Bedonia*” e Sezione 215120 “*Tornolo*”, alla scala 1:10.000, Servizio di Programmazione e Pianificazione Territoriale della Provincia di Parma (*Variante Specifica: aggiornamento Carta del dissesto, 2016*).
- indagini geognostiche eseguite in sito, per la descrizione delle quali si rimanda al precedente paragrafo **4.1**.

La carta geologico tecnica realizzata nel presente studio costituisce un aggiornamento di quella già redatta per gli studi di microzonazione di 1° e 2° livello. La riproposizione di tale cartografia di analisi è risultata necessaria, innanzitutto a seguito delle variazioni di codifica e classificazione di categorie descrittive del substrato geologico introdotti dai più recenti *standard*. Inoltre, ulteriori correzioni sono state apportate in adeguamento ai recenti aggiornamenti della Carta del dissesto della Provincia di Parma che hanno interessato alcuni corpi detritici, senza dimenticare nuove conoscenze acquisite sul territorio. Le modifiche alla cartografia hanno riguardato sia l'abitato di Bedonia Centro, sia tutti gli altri ambiti non interessati dagli approfondimenti di III° livello.

Le unità geologico-litotecniche sono state distinte tra terreni di copertura (cartografati quando presentano uno spessore minimo di 3 m) e substrato geologico che, nelle zone di studio, risulta sempre non rigido (caratterizzato da $V_s \leq 800$ m/s) con alternanza di litotipi (riconducibile al *Sintema di Compiano*) o con alternanza di litotipi, stratificato (formazioni del *Flysch di Monte Caio*, delle *Arenarie di Scabiazza* e delle *Argille a palombini*).

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Bedonia (PR)

Rispetto ai precedenti studi, la formazione lacustre del *Sintema di Compiano*, prima classificata come substrato geologico non rigido del tipo granulare cementato, in seguito al conseguimento dei risultati emersi nel corso dell'esecuzione dei sondaggi, che hanno evidenziato la presenza di diversi litotipi (ghiaie, sabbie e argille), è stata riproposta come "*substrato geologico non rigido con alternanza di litotipi*".

Allo stesso modo, l'unità delle *Argille a palombini*, in passato fatta ricadere nella tipologia substrato coesivo sovraconsolidato, è stata ricondotta all'interno del gruppo "substrato geologico non rigido, con alternanza di litotipi, stratificato". Infatti, seppur la parte più rilevante di quest'unità sia costituita da argilliti, si è appurato come ad esse si intercalino livelli di natura prevalentemente calcarea che vanno a costituire corpi stratificati, anche se non sempre ben distinguibili.

Ciascuna unità litotecnica è stata identificata da un codice unico nel caso del substrato, mentre, nel caso delle coperture, ivi rappresentate esclusivamente da depositi alluvionali, è stato impiegato un codice multiplo che individua sia le caratteristiche tessiturali che l'ambiente genetico-deposizionale.

Alle aree contraddistinte dalla presenza di substrato geologico non rigido con alternanza di litotipi è stato assegnato il codice **AL**, mentre nei casi in cui i corpi rocciosi presentano stratificazione è stato attribuito il codice **ALS**. I depositi alluvionali sono stati separati quelli costituiti da litotipi più grossolani e scarsa matrice, localizzati lungo il l'alveo fluviale, individuati dal codice **GPes**, dai depositi terrazzati riconducibili al *Subsintema di Ravenna* e all'*Unità di Modena*, contraddistinti da una maggior percentuale di matrice fine (**GCtf**).

A parte sono state raffigurate le aree interessate da instabilità di versante, con retini che ne indicano la tipologia e lo stato di attività.

Nella Carta geologico-tecnica sono stati indicati anche gli elementi tettonico-strutturali. Altri elementi geologici rappresentati sono i sondaggi distinti a seconda che raggiungano o meno il substrato, con indicazione della loro profondità.

La scala di rilevamento e di rappresentazione è 1:5.000.

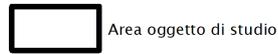
Sulla base degli studi e delle analisi effettuate la legenda della carta geologico-tecnica diventa la seguente (Cfr. **Fig. 3**).

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

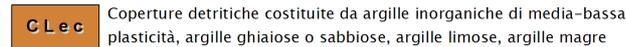
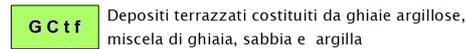
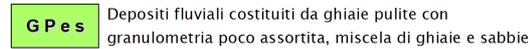
Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Bedonia (PR)

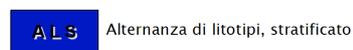
Legenda



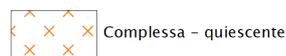
Terreni di copertura



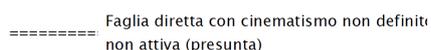
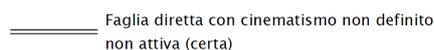
Substrato geologico



Instabilità di versante



Elementi tettonico-strutturali



Elementi geologici e idrogeologici

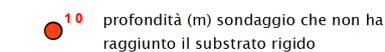


FIG. 3 – RAPPRESENTAZIONE DELLA LEGENDA DELLA CARTA GEOLOGICO-TECNICA PER LA MICROZONAZIONE SISMICA

Area di studio A_1 - Bedonia Centro

Entrando nel dettaglio dell'assetto geologico-geomorfologico dell'ambito Bedonia Centro, si osserva come il capoluogo insista prevalentemente sul fondovalle originato dal T. Pelpirana e sulle prime pendici dei versanti sottesi, con quote del piano campagna che variano dai 480,00 m s.l.m. rilevate all'estremità orientale sino ai 580,00 m s.l.m. raggiunti in prossimità della frazione Sopra S. Marco. Le pendenze si mantengono su bassi valori in prossimità del torrente (circa 2°) ed aumentano sino ai 15°÷18° sul versante in destra idrografica,

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Bedonia (PR)

valori che risultano concentrati a piccoli areali e non costituiscono pertanto una problematica nei confronti dell'amplificazione sismica, in particolare per quell'aliquota generata dagli effetti topografici.

Sul versante in sinistra idrografica il substrato è costituito interamente dai depositi lacustri del **Sistema di Compiano**, che ricoprono con spessori anche superiori ai 30 metri sequenze calcarenitico-marnose e arenaceo pelitiche del **Flysch di M. Caio**. Sul versante opposto si denota un generale affioramento di terreni riconducibili all'unità delle **Argille a palombini**, ad esclusione di alcune aree dalle quali emergono lembi del **Flysch di Monte Caio**. Verso il limite orientale del capoluogo, le **Argille a palombini** vengono sostituite da una formazione sempre dei **Complessi di Base**, costituita da alternanze di litotipi, stratificate, denominata **Arenarie di Scabiasza**. Nelle aree adiacenti al T. Pelpirana tutte queste unità vengono ricoperte da depositi alluvionali recenti, a prevalente ossatura ghiaiosa e matrice sabbiosa e sempre più argilloso sabbiosa, man mano che ci si allontana dal corso d'acqua. Lungo i versanti il substrato roccioso appare spesso ricoperto da una coltre detritica di origine eluvio-colluviale (con spessore massimo inferiore ai 3 metri), prevalentemente argillosa, con inclusi elementi litoidi poligenici, spigolosi e di dimensioni variabili da centimetriche a decimetriche, con tessitura variabile in funzione delle caratteristiche ereditate dalla roccia madre. Lo spessore della copertura tende a diminuire, sino ad annullarsi, nelle zone a maggior pendenza, dove si osserva il sub-affioramento degli strati rocciosi. In altri casi, si sono evidenziati corpi detritici più sviluppati, cartografati separatamente al substrato roccioso ed identificati come coperture detritiche, in ragione delle caratteristiche geotecniche distintive e spessori tali da incidere sulla risposta sismica locale.

Nell'intorno in esame, si sono rilevati limitati fenomeni morfo-evolutivi quiescenti, cartografati nelle località Pansamora, Sopra S. Marco e in prossimità dell'area artigiana sud-orientale del centro abitato.

Tutte le informazioni di carattere geologico-tecnico sopradescritte sono state raffigurate nell'**Elaborato 2 - Carta geologico-tecnica per la microzonazione sismica**, nonché attraverso le due sezioni geologiche riportate in **Fig. 4**.

Area di studio A_2 - Cavadasca - Ceio

Da un punto di vista geografico, le località Cavadasca e Ceio si collocano a mezza costa sul versante in sinistra idrografica del T. Pelpirana, al di sopra del capoluogo comunale, in prossimità della Ex S.S. n° 357 che collega Bedonia con Bardi.

L'ambito d'interesse presenta pendenze massime pari a 8° verso l'estremità orientale, immediatamente a ridosso di un dosso morfologico, dove affiorano terreni appartenenti al **Flysch di Monte Caio**; nel resto dell'area il paesaggio mostra una topografia più dolce, per la presenza di un corpo franoso quiescente di notevoli dimensioni. Infatti, la zona di coronamento, ormai mascherata dalla vegetazione si trova a breve distanza dalla cima del Monte Pelpi, mentre la propaggine detritica più avanzata si spinge sin quasi all'abitato di Bedonia.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Bedonia (PR)

Questi depositi detritici, costituiti da ghiaie, ciottoli e blocchi sub-angolosi, inglobati in matrice argilloso-limosa, prevalente in superficie e via via in diminuzione andando in profondità, ricoprono con spessori variabili (si ipotizzano spessori massimi di circa 10÷15 metri) il substrato roccioso sempre appartenente alla formazione del ***Flysch di Monte Caio***.

Il movimento principale non mostra generali segni di riattivazione, solo nelle aree marginali si denotano piccoli corpi franosi innescatisi per effetto del cattivo drenaggio delle acque superficiali.

La **sezione 5** raffigurata in **Fig. 5** contiene le informazioni necessarie per una migliore comprensione dell'assetto geologico negli ambiti di studio.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Bedonia (PR)

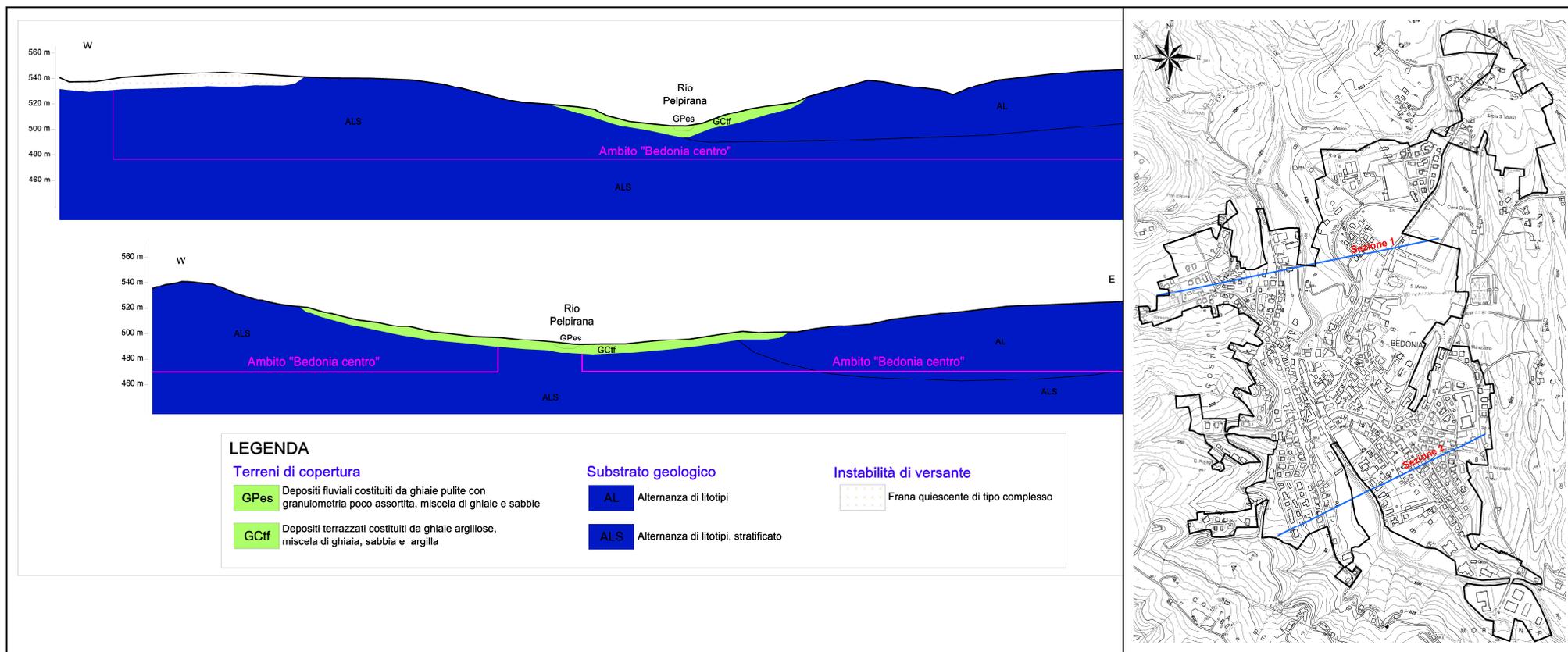
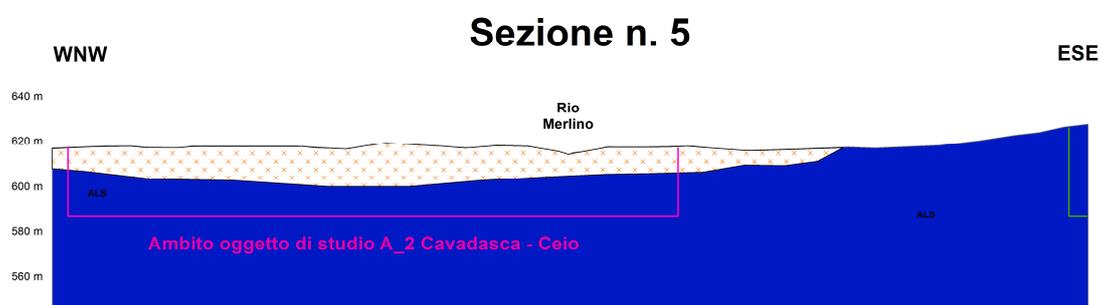
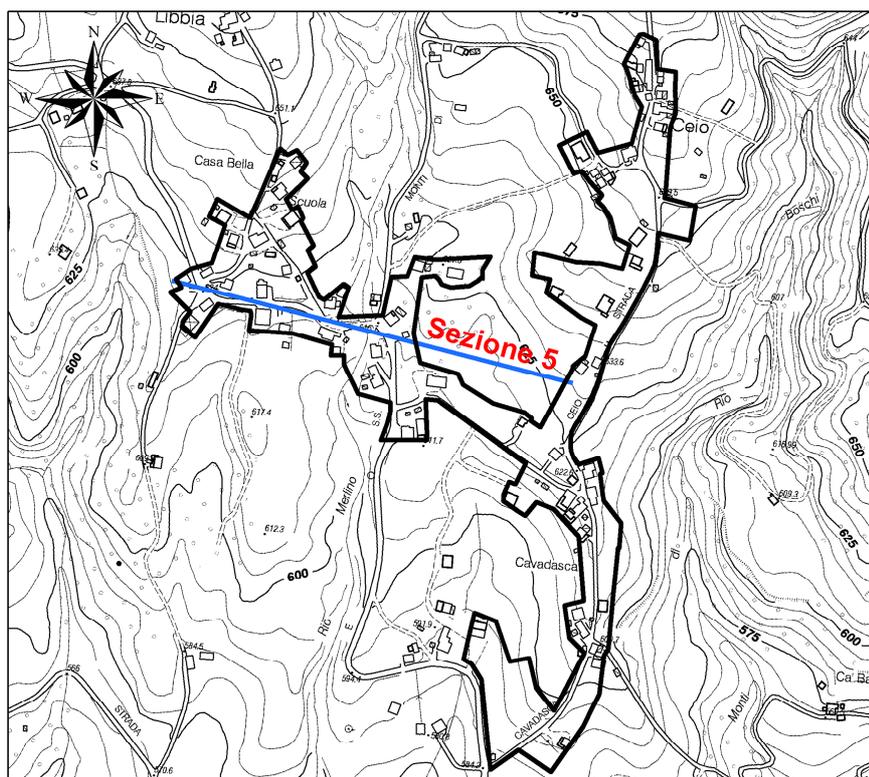


FIG. 4 – SEZIONI GEOLOGICHE INTERPRETATIVE DELL'AMBITO BEDONIA CENTRO

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Bedonia (PR)



Legenda:

Terreni di copertura

 Frana quiescente di tipo complesso

Substrato

 ALS Alternanza di litotipi. Stratificato

FIG. 5 – SEZIONE GEOLOGICA NELL'AMBITO CAVADASCA - CEIO

Area di studio A_3 - Forana - Borio

Gli ambiti di interesse rappresentati nella finestra denominata **A_3 - Forana - Borio** sono molteplici e risultano caratterizzati da differenti condizioni morfologiche (aree di versante o fondovalle) e geologiche (substrato roccioso o depositi alluvionali), pertanto verranno descritte in maniera distinta.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Bedonia (PR)

Partendo dalle quote più elevate si individua l'area denominata "*Forana*", posta sul versante in sinistra idrografica del T. Pelpirana, nella vallecola edificata dal Rio di Cavignaga. Le quote variano da 485,00 m s.l.m. a 507,00 m s.l.m., mentre le pendenze si attestano su bassi valori dell'ordine $3^{\circ}\div 4^{\circ}$ nella porzione centrale dell'area, in aumento verso i confini orientali ed occidentali a valori prossimi ai 10° , per effetto del sub-affioramento del substrato riconducibile al **Sintema di Compiano**. Questa unità viene ricoperta per gran parte dell'ambito da terreni alluvionali depositati dal Rio Cavignaga, con spessori massimi stimabili attorno ai 10 metri (Cfr. **sezione 7 - Fig. 6**). Verso il basso, nella zona di fondovalle, ai due lati del T. Pelpirana, in prossimità della confluenza con il F. Taro, sono state individuate alcune aree, ad insediamento prevalentemente artigianale, identificate con diversi toponimi, quali: Il Follo, La Fornace la Costa, ecc.. Le pendenze massime, possono raggiungere i 20° , seppur per zone ridotte concentrate in sinistra idrografica, tali da non influire in alcun modo sull'amplificazione sismica; la restante parte di territorio mostra acclività decisamente inferiori pari a circa $2^{\circ}\div 3^{\circ}$.

La quasi totalità degli ambiti è contraddistinta in superficie da depositi alluvionali, prima di pertinenza del T. Pelpirana, quindi del F. Taro, che ricoprono con spessori variabili, ma sempre inferiori ai 20 metri, il substrato roccioso del **Sintema di Compiano** e, per un piccolo areale posta verso l'estremità orientale, delle **Marne di Monte Piano**, relativamente alla sponda in sinistra idrografica (Cfr. **sezione 3 - Fig. 6**). Sul lato opposto, i corpi rocciosi evidenziano caratteristiche litostratigrafiche estremamente differenti, dato che vengono ricomprese nella formazione dei **Complessi di Base**, denominata **Arenarie di Scabiazza** (Cfr. **sezione 4 - Fig. 6**).

Per quanto concerne la componente dissesto, ad oggi non si osservano importanti movimenti gravitativi in atto o zone predisposte al dissesto, ad esclusione di piccoli dissesti localizzati lungo aree con drenaggio difficoltoso.

L'abitato di Borio, è situato su di un dosso morfologico che separa il bacino idrografico del F. Taro con quello del T. Pelpirana, con quote del piano campagna che passano da 502,00 m s.l.m. ai 531,00 m s.l.m. e pendenze piuttosto costanti di $9^{\circ}\div 10^{\circ}$.

Da un punto di vista geologico, si rinvennero corpi rocciosi stratificati attribuibili alle **Arenarie di Scabiazza** (Cfr. **sezione 4 - Fig. 6**), spesso ricoperti da una coltre detritica di origine eluvio-colluviale (con spessore massimo inferiore ai 3 metri). Solo una piccola porzione di ambito risulta interessata dal coronamento di un modesto corpo detritico attivo contraddistinto dalla tipica forma dei fenomeni di colata.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Bedonia (PR)

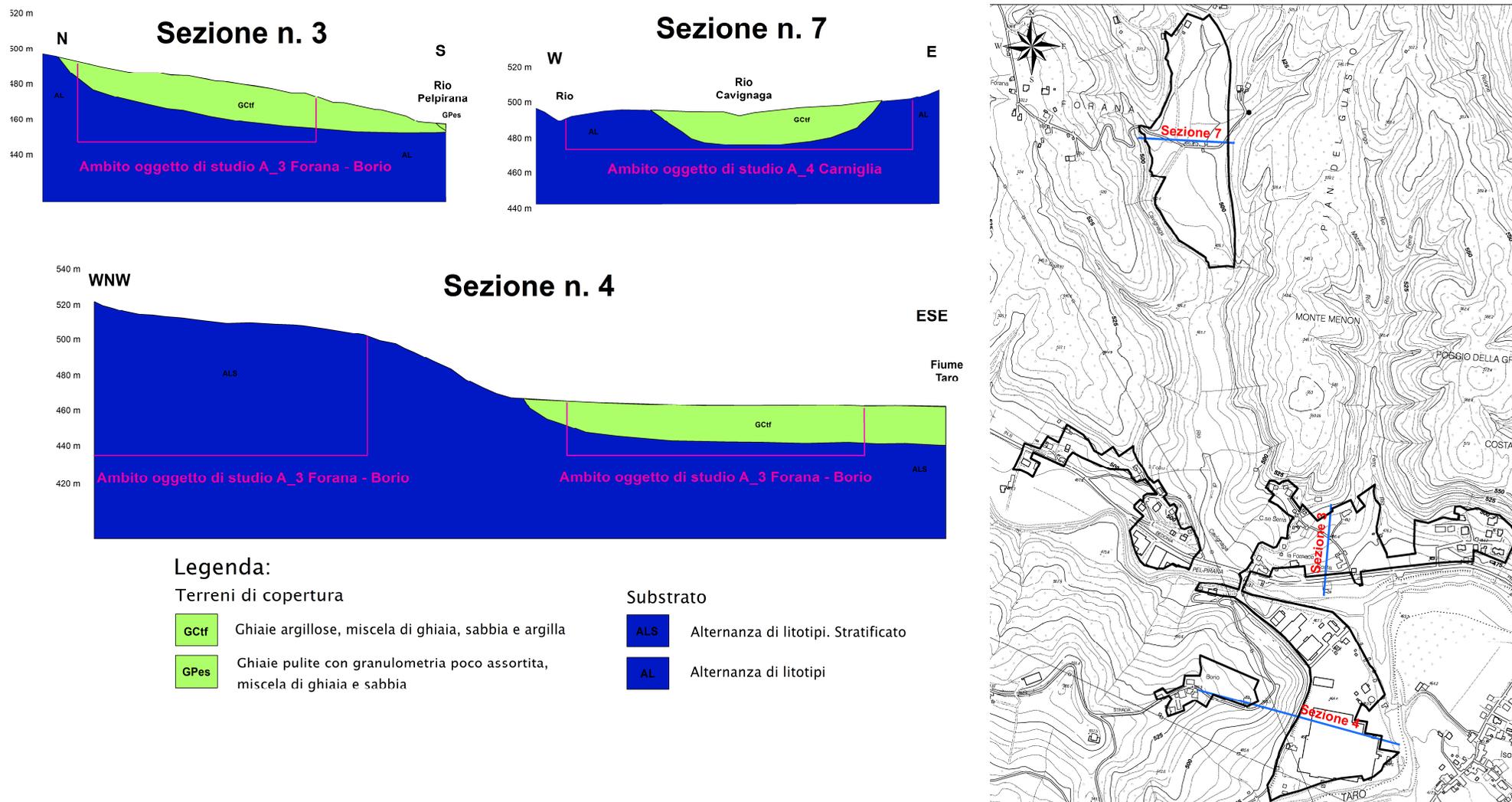


Fig. 6 – SEZIONE GEOLOGICA NELL'AMBITO FORANA - BORIO

Dott. Geol. Gabriele Oppo

Vicolo San Clemente, 1 - 43043 - Borgo Val di Taro (PR)

e-mail: gabrieleoppo.geo@libero.it

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Bedonia (PR)

Area di studio A_4 - Piane di Carniglia

Il centro abitato di Piane di Carniglia si trova al di sopra di un'area terrazzata in sinistra idrografica del F. Taro, all'estremità orientale del Comune di Bedonia a ridosso del confine con il Comune di Tornolo. Le pendenze medie risultano basse ($3^{\circ}\div 4^{\circ}$), con locali aumenti verso il limite occidentale dell'ambito, in corrispondenza del primo affioramento del substrato roccioso, ivi rappresentato dal **Flysch di Monte Caio**. La restante e prevalente porzione di territorio mette in luce una copertura alluvionale edificata dal F. Taro in epoca recente, della quale si attribuisce uno spessore medio di circa 5 metri (Cfr. **sezione 6 - Fig. 7**).

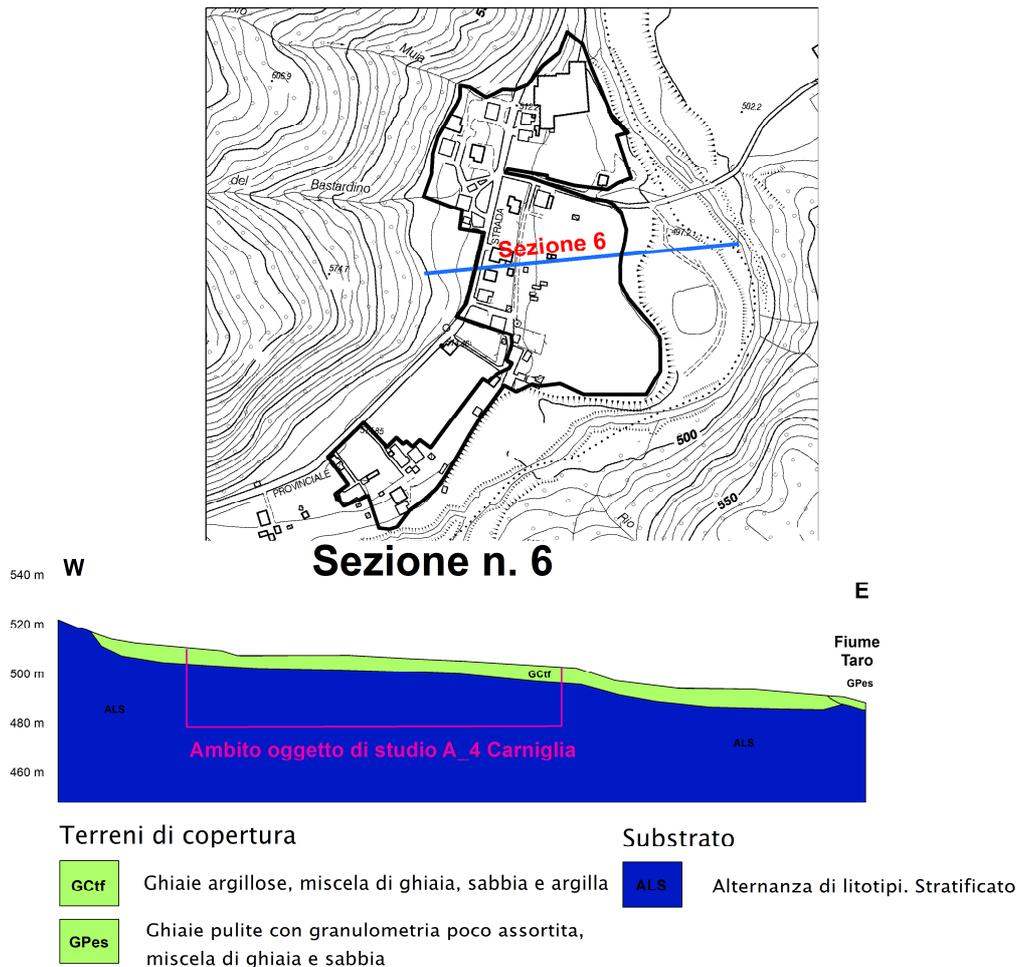


Fig. 7 – SEZIONE GEOLOGICA NELL'AMBITO PIANE DI CARNIGLIA

4.3. Carta delle frequenze naturali dei terreni

Partendo dai dati tomografici disponibili, sia pregressi, sia di nuova acquisizione, è stata redatta la Carta delle frequenze naturali dei terreni, sempre a scala 1:5.000.

In questa carta, sono stati riportati tutti i punti di misura ricadenti nell'ambito di studio e nelle sue immediate vicinanze e comunque utili a definire il modello geologico sismico dell'area di studio (33), 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).

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:

- $F_0 \leq 0,6$ 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 contrasto di impedenza elevato ($H/V \geq 3$), moderato ($2 \leq H/V < 3$), basso ($1,5 \leq H/V < 2$) e assente ($H/V < 1,5$) (Cfr. **Fig. 8**).

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Bedonia (PR)

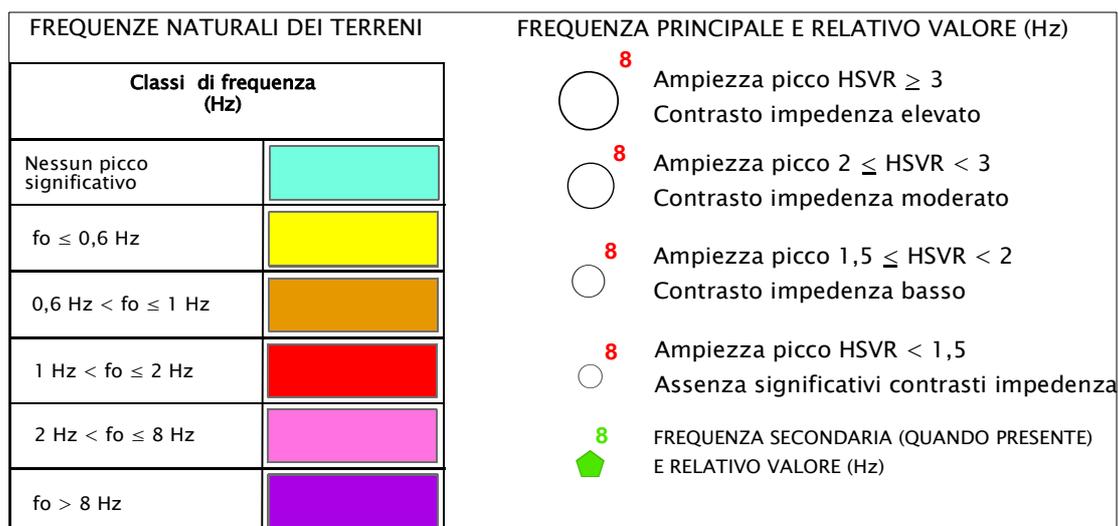


FIG. 8 - STRALCIO DA LEGENDA DELLA CARTA DELLE FREQUENZE NATURALI DEI TERRENI

Di seguito, viene proposta una tabella riepilogativa dei risultati delle prove tomografiche raccolte ed eseguite ricadenti nell'ambito di studio o nelle sue immediate vicinanze, specificando, per ciascuna di esse, frequenza e ampiezza dei picchi principali e frequenze dei picchi secondari, se presenti:

prova	picco principale F0		picco secondario F1
	Frequenza (Hz)	ampiezza H/V	Frequenza (Hz)
034003P36	2,09	1,73	-
034003P37	1,88	1,75	-
034003P38	2	1,85	-
034003P102	15,9	3,2	-
034003P103	6,9	1,9	14,5
034003P105	5,9	2,8	-
034003P106	1,1	2,8	14,5
034003P109	1,2	2,5	6,22
034003P110	13,6	2,4	-
034003P111	18	2,1	5,62
034003P112	6,7	1,8	-
034003P113	1,4	2,5	9,24
034003P114	14,8	2,6	-
034003P115	20	2,6	6,87
034003P116	15,9	2,2	-
034003P117	15	4,7	-
034003P118	14,8	3,5	-
034003P119	3,4	4	-

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Bedonia (PR)

prova	picco principale F0		picco secondario F1
	Frequenza (Hz)	ampiezza H/V	Frequenza (Hz)
034003P120	4,4	2,9	-
034003P121	16,3	4,4	-
034003P122	9,8	4	-
034003P123	10,4	6,1	-
034003P124	10,3	3,6	-
034003P127	3	2,7	12,7
034003P128	18,7	3,3	12,7
034003P141*	1,6	2	-
034003P144*	6,3	3,1	-
034003P145*	3	1,2	-
034003P146*	1,4	2,7	8,5
034003P147*	6	5,2	9,5
034003P181*	19,9	2,2	-
034003P182*	10	2,1	-
034003P183*	2,7	2,2	-

TAB. 2– RIEPILOGO DEI RISULTATI DELLE PROVE TROMOGRAFICHE A BEDONIA, (*) PROVE REALIZZATE E REPERITE NELL'AMBITO DEL PRESENTE STUDIO

I dati relativi ai picchi principali sono stati rappresentati nel grafico di **Fig. 9**.

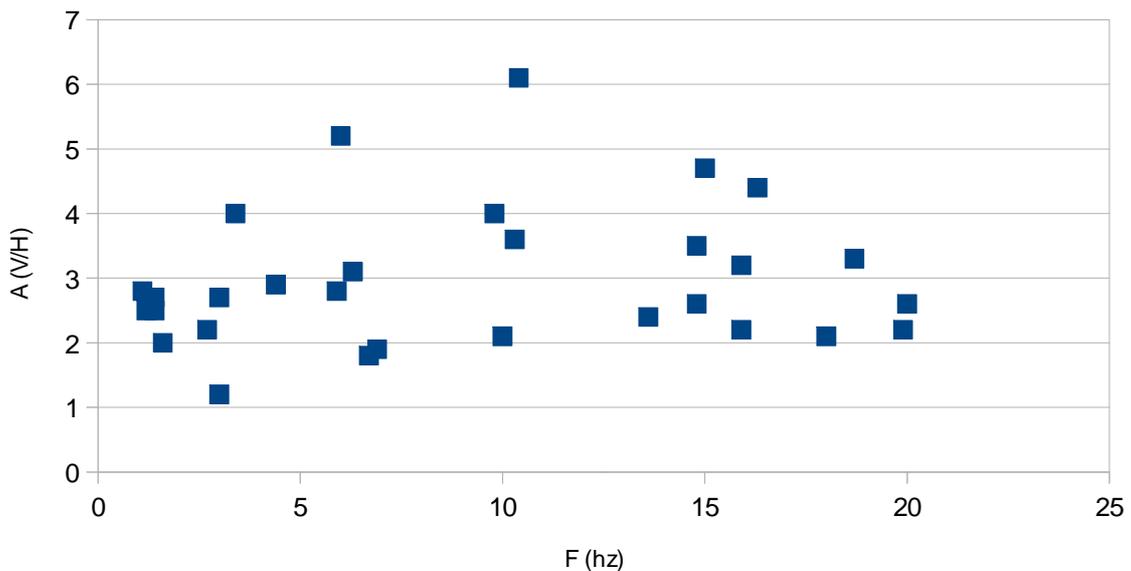


FIG. 9 – DISTRIBUZIONE DEI PICCHI DI FREQUENZA FONDAMENTALI E RELATIVE AMPIEZZE NELL'AMBITO DI STUDIO

4.4. Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica

Rappresenta il documento fondamentale del I° livello di approfondimento in quanto, si ottiene mediante elaborazione dei tematismi geologico-morfologici e dei dati litostratigrafici forniti dalle indagini geognostiche e geofisiche.

L'obiettivo principale di detto elaborato, riguarda la suddivisione del territorio in aree omogenee caratterizzate da una diversa suscettibilità a fenomeni di amplificazione locale indotti dal sisma.

Viene predisposta con l'intento di definire, per ciascuna area, gli effetti attesi prodotti dall'azione sismica (amplificazioni, instabilità di versante, liquefazione, ecc.) e gli eventuali approfondimenti da affrontare.

Nel presente studio viene proposta una revisione di tale cartografia alla luce delle informazioni aggiuntive ottenute nel corso della realizzazione delle nuove indagini, tenendo inoltre conto dell'aggiornamento normativo e le variazioni che hanno subito gli *standard* di rappresentazione avvenuti in seguito all'elaborazione degli studi di I° e II° Livello.

In generale, nella cartografia delle **MOPS** il territorio può essere suddiviso nelle seguenti tre classi:

- **Zone stabili:** riguardano quelle zone che, ad esclusione dello scuotimento, funzione dell'energia e della distanza dell'evento, non presentano effetti di alcuna natura. Trattasi di aree in cui il substrato roccioso, caratterizzato da velocità di propagazione delle onde di taglio $V_s > 800$ m/s, risulta affiorante o sub-affiorante (con spessori delle coperture minori di 3 m), con morfologia pianeggiante o poco inclinata (versanti con inclinazione inferiore a circa 15°). All'interno di queste aree non sono richiesti approfondimenti supplementari. Si evidenzia comunque che, in nessuna delle realtà studiate, si sono rilevate le condizioni suddette;
- **Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali:** all'interno di queste aree sono attese amplificazioni del moto sismico, come effetto della situazione litostratigrafica e morfologica locale. Raggruppano le zone dove sono presenti terreni di copertura, coltri di alterazione del substrato, substrato molto fratturato, o substrato caratterizzato da velocità di propagazione delle onde di taglio $V_s < 800$ m/s.
- **Zone suscettibili d'instabilità:** rientrano in questa categoria le aree che, oltre ad essere soggette ad amplificazioni del moto sismico, possono dar luogo a instabilità (aree di frana attiva, aree di frana quiescente, aree soggette a cedimenti differenziali e/o liquefazione, aree di faglia, ecc.). Per tali aree sono previsti approfondimenti di III° Livello.

Ad ogni microzona, è stata associata una successione stratigrafica rappresentativa, ricostruita attraverso l'analisi dei dati forniti sia dalle indagini geognostiche preesistenti, che da quelle realizzate *ex-novo*.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Bedonia (PR)

Proprio la realizzazione delle nuove indagini, la successiva analisi dei dati stratigrafici, nonché l'adeguamento alle cartografie di analisi di supporto agli strumenti di pianificazione sovraordinata (ad es. Variante Carta del dissesto del *P.T.C.P.* 2016) hanno permesso di rivedere la tipologia e le perimetrazioni delle microzone individuate durante gli studi pregressi.

Riassumendo, sono state identificate le seguenti 5 microzone omogenee in prospettiva sismica per le zone stabili suscettibili di amplificazioni locali, ciascuna contraddistinta da un proprio profilo stratigrafico tipo (Cfr.

Fig. 10):

- **Zona 1:** Successione stratigrafica costituita da substrato non rigido con alternanza di litotipi, ricoperto da una coltre di depositi eluvio-colluviali di spessore medio inferiore a 3,00 m. Caratterizza gran parte del versante in sinistra idrografia del T. Pelpirana.
- **Zona 2:** Successione stratigrafica costituita da substrato non rigido con alternanza di litotipi, stratificato ricoperto da una coltre di depositi eluvio-colluviali di spessore medio inferiore a 3,00 m. Si rinviene a sud-ovest dell'ambito Bedonia Centro e sul versante in destra idrografia del T. Pelpirana.
- **Zona 3:** Successione stratigrafica costituita da substrato non rigido con alternanza di litotipi, ricoperto da una coltre di depositi alluvionali, a granulometria mista, prevalentemente ghiaiosi, di spessore medio pari a 5 m. Si inserisce lungo la fascia più esterna dei depositi alluvionali in sponda sinistra del T. Pelpirana.
- **Zona 4:** Successione stratigrafica costituita da substrato non rigido con alternanza di litotipi, stratificato ricoperto da una coltre di depositi alluvionali, a granulometria mista, prevalentemente ghiaiosi, di spessore medio pari a 5 m. E' identificabile con gran parte delle alluvioni depositate dal T. Pelpirana.
- **Zona 5:** Successione stratigrafica costituita da substrato non rigido ricoperto da depositi di origine alluvionale, a granulometria mista, prevalentemente ghiaiosi, di spessore medio pari a 10 m. Caratterizza le alluvioni di fondovalle depositate dal Fiume Taro in corrispondenza dell'ambito "Forana Borio".

Le prime 4 zone suddette rappresentano una ri-definizione di quelle precedentemente individuate attraverso gli studi di I° e II° livello, sulla base degli approfondimenti svolti nel presente studio, mentre la Zona 5 è stata riproposta tal quale dallo studio pregresso essendo localizzata unicamente nell'ambito "Forana Borio", posto al di fuori delle aree di analisi di III° livello.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Bedonia (PR)

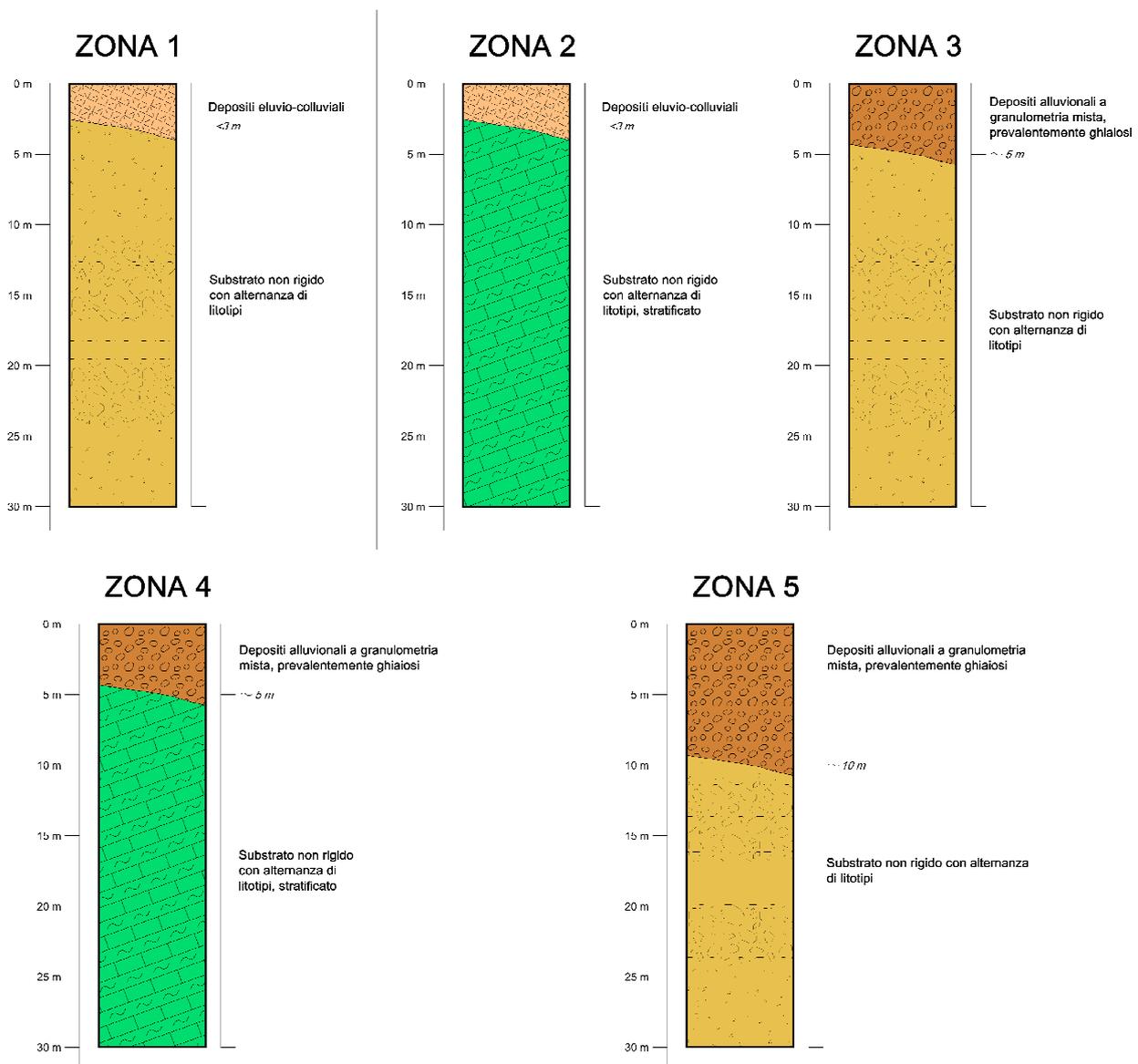


FIG. 10 – PROFILI STRATIGRAFICI RAPPRESENTATIVI DELLE ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI LOCALI

Alcune zone, collocate sui versanti, sono inoltre interessate da zone di attenzione per instabilità, per effetto della presenza di coperture detritiche di tipo franoso. Nelle aree sottoposte agli studi pregressi di I° e II° Livello è stata mantenuta la grossolana suddivisione tra frane attive e quiescenti, mentre per i corpi oggetto di approfondimenti nel presente studio, localizzate all'interno dell'ambito "Bedonia Centro", sono state individuate diverse zone di attenzione per instabilità, ciascuna definita da un proprio profilo stratigrafico tipo e numerate a partire dalla ultima microzona individuata nelle MOPS (Cfr. Fig. 11):

- **ZA_FR – Zona di attenzione per instabilità di versante – Zona 6**, Corrisponde alla zona di accumulo di un corpo franoso situato all'estremità meridionale dell'ambito Bedonia Centro. E' caratterizzata da una successione stratigrafica costituita da uno spessore medio di circa 10 metri, di depositi di frana del tipo scorrimento-quiescente, con elementi litoidi eterometrici immersi in una

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Bedonia (PR)

matrice prevalentemente argilloso-limosa, posti al di sopra di un substrato non rigido con alternanza di litotipi, stratificato.

- **ZA_FR – Zona di attenzione per instabilità di versante – Zona 7**, Si trova al limite nord-occidentale dell'ambito e costituisce parte di un più vasto movimento gravitativo di versante, del tipo complesso-quiescente. E' caratterizzata da una successione stratigrafica avente spessore medio di circa 10 metri, di depositi di frana costituiti da elementi litoidi eterometrici immersi in una matrice prevalentemente argilloso-limosa, posti al di sopra di un substrato non rigido con alternanza di litotipi.
- **ZA_FR – Zona di attenzione per instabilità di versante – Zona 8**, E' situata al confine nord-orientale dell'ambito, essendo parte di un più vasto fenomeno di versante del tipo complesso-quiescente. E' costituita da elementi litoidi eterometrici immersi in una matrice prevalentemente argilloso-limosa. Lo spessore dei depositi franosi, è stato stimato a 10 metri.

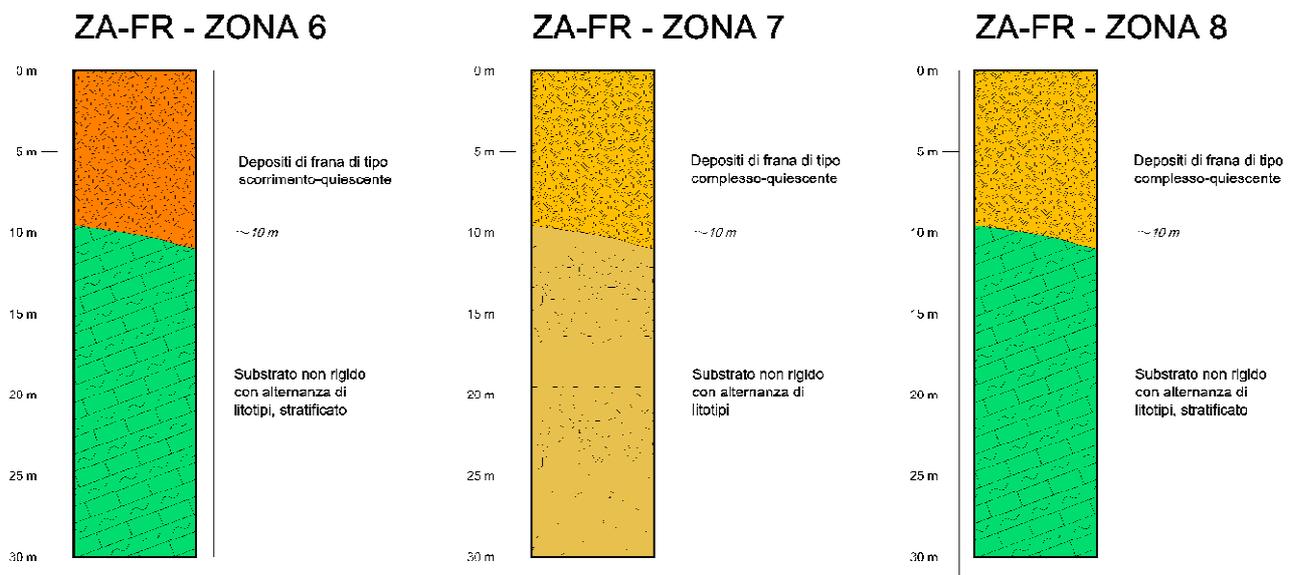


FIG. 11 – PROFILI STRATIGRAFICI RAPPRESENTATIVI DELLE ZONE DI ATTENZIONE PER INSTABILITÀ DI VERSANTE

4.5. Carte delle velocità delle onde di taglio S

In ottemperanza ai riferimenti tecnici citati nelle premesse, è stata redatta per l'ambito oggetto di studio la Carta delle velocità delle onde di taglio S (V_s).

Tale cartografia limitatamente all'ambito individuato, costituisce un aggiornamento, anche alla luce delle nuove indagini, di quella già redatta per gli studi di microzonazione di 2° livello.

In tali elaborati sono ubicati tutti i punti di misura, distinguendoli a seconda della tipologia di prova effettuata (prova tromografica (HVSR, MASW e Downhole) e indicando il corrispondente valore 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*);

o di V_{s30} (sempre in m/s), dove:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum \frac{h_i}{V_{s_i}}}$$

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).

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. 12 – STRALCIO LEGENDA DELLA CARTA DELLA VELOCITÀ DELLE ONDE DI TAGLIO S

RELAZIONE ILLUSTRATIVA*Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)***Comune di Bedonia (PR)**

Di seguito, vengono proposte due tabelle riepilogative dei risultati delle prove puntuali e lineari raccolte ed eseguite ricadenti nell'ambito di studio o nelle sue immediate vicinanze, specificando, per ciascuna di esse, la coppia di valori H e V_{sH} ed in alternativa il Valore di V_{s30} , nel caso di $H < 3,00$ m:

Prova puntuale	V_{sH} (m/s)	H (m)	V_{s30} (m/s)
034003P102	229	4	-
034003P103	228	8	-
034003P105	198	8,2	-
034003P106	245	5,6	-
034003P109	240	9,4	-
034003P110	264	5,3	-
034003P111	-	-	470
034003P112	-	-	491
034003P113	283	8,2	-
034003P114	-	-	556
034003P115	-	-	534
034003P116	285	4	-
034003P117	179	3,4	-
034003P118	260	6	-
034003P119	244	17	-
034003P120	198	11	-
034003P121	-	-	408
034003P122	212	6,2	-
034003P123	204	6,4	-
034003P124	212	6,2	-
034003P127	241	6,4	-
034003P128	-	-	542
034003P141*	219	6	-
034003P142*	329	20	-
034003P144*	312	8,7	-
034003P146*	233	22	-
034003P147*	261	14	-

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Bedonia (PR)

Prova puntuale	VsH (m/s)	H (m)	Vs30 (m/s)
034003P102	229	4	-
034003P103	228	8	-
034003P105	198	8,2	-
Prova Lineare	VsH (m/s)	H (m)	Vs30 (m/s)
034003L1	224	3,35	-
034003L2	421	5,6	-
034003L4	315	5	-
034003L5	305	19,17	-
034003L6	326	17,64	-
034003L8	256	3,4	-
034003L9	414	6,23	-
034003L10	281	13,48	-
034003L11	-	-	717
034003L13	289	19,3	-
034003L14	191	6,6	-
034003L15	289	5,06	-
034003L17	339	36	-
034003L19	212	6,2	-
034003L20*	301	8,7	-
034003L21*	303	3	-
034003L22*	232	22	-
034003L23*	259	14	-
034003L32*	293	10	-

TAB. 3 – RIEPILOGO DEI RISULTATI DELLE MISURE DI VS NELL'AMBITO "BEDONIA CENTRO", (*) PROVE REALIZZATE E REPERITE NELL'AMBITO DEL PRESENTE STUDIO

I risultati sopraindicati, una volta mediati e con alcune correzioni a favore di sicurezza, hanno consentito di definire dei valori di Vs_{30} o di Vs_H da assumere per ciascuna MOPS, definita nel paragrafo 4.4, e che sono serviti per calcolare i fattori di amplificazione sismica nel successivo paragrafo 5.3.

Di seguito viene proposta una tabella riepilogativa di tali valori:

RELAZIONE ILLUSTRATIVA*Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)***Comune di Bedonia (PR)**

Zona	Livello di approfondimento	Vsh	Vs30
Zona 1 - Bedonia Centro (Substrato di tipo AL)	3	/	/
Zona 1 - Altri ambiti (Substrato di tipo AL)	2	/	450
Zona 2 (Substrato di tipo ALS)	2	/	500
Zona 3 (Copertura spessore = 5m tipo GCTf su substrato AL)	3	/	/
Zona 4 - Bedonia Centro (Copertura spessore = 5 m di tipo GCTf e GPes su substrato ALS)	3	/	/
Zona 4 - Altri ambiti (Copertura spessore = 5 m di tipo GCTf e GPes su substrato ALS)	2	250	/
Zona 5 (Copertura spessore = 10 m di tipo GCTf e GPes su substrato AL)	2	250	/
Zona 6 (Zona di attenzione per instabilità di versante)	2	250	/
Zona 7 (Zona di attenzione per instabilità di versante)	3	/	/
Zona 8 (Zona di attenzione per instabilità di versante)	2	250	/

TAB. 4 - TABELLA RIEPILOGATIVA DELLE VELOCITÀ DELLE ONDE DI TAGLIO S MEDIE PER CIASCUNA ZONA DEGLI AMBITI DI STUDIO DEL COMUNE DI BEDONIA

5. APPROFONDIMENTI DI TERZO LIVELLO

5.1. Analisi di risposta sismica locale

5.1.1 Pericolosità sismica di base e degli eventi di riferimento

La sismicità storica del Comune di Bedonia è stata estrapolata dal *Database Macrosismico Italiano 2015 (DBMI15)*, redatto nell'ambito delle attività del Tema Trasversale Coordinato INGV 5.1 "Banche dati e metodi macrosismici", in cui sono stati classificati e catalogati 122701 dati di intensità per 3212 terremoti. I dati derivano da 185 tra studi, *data-base*, rapporti e bollettini pubblicati sino al 2016. Il numero di terremoti supportati da dati di intensità è quasi raddoppiato rispetto alla precedente versione (DBMI11) da 1681 a 3212, pari rispettivamente al 53% e al 70% dei terremoti in catalogo, che fanno parte del "Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani" (CPTI15).

La sismicità del territorio comunale di Bedonia è riassunta graficamente nel diagramma di **Fig. 13.a**. Nella tabella a fianco (**Fig. 13.b**) sono elencate le osservazioni, disponibili per il territorio comunale, contraddistinte da maggiore intensità al sito. Oltre alla stessa intensità al sito (*I_s*), sono indicati l'anno, il mese, il giorno e l'ora in cui si è verificato, il numero dei dati puntuali d'intensità disponibili (*N_p*), l'intensità massima epicentrale in scala MCS (*I_o*), e la magnitudo momento (*M_w*).

Il primo riferimento per una stima della pericolosità sismica di base è rappresentato dalla "Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale" (MPS04 - edizione aprile 2004). Successivamente, tale Mappa è stata revisionata e la versione definitiva è stata approvata con OPCM n° 3519 del 28 aprile 2006 (all. 1b) e pubblicata in G.U. n° 108 del 11.05.2006. In questa mappa sono indicati i valori di accelerazione di picco al suolo *a(g)* con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (per un Tempo di ritorno di 475 anni) riferita a suoli molto rigidi (*V_{s30}* > 800 m/s, Cat. A, punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005) per l'intero territorio nazionale.

L'accelerazione orizzontale massima del suolo corrisponde a quella che in ambito internazionale viene chiamata PGA. A questo sono seguiti altri progetti, tra cui quello che ha portato alla consultazione interattiva della MPS04 stessa.

Consultando il sito dell'INGV (<http://esse1-gis.mi.ingv.it>) si può accedere ad un sistema che consente di visualizzare e interrogare mappe probabilistiche della pericolosità sismica del territorio nazionale, espressa con diversi parametri dello scuotimento su una griglia regolare a passo 0.05°.

Le mappe riportano due distinti parametri dello scuotimento: *a(g)* (accelerazione orizzontale massima del suolo) e *Se(T)* (Spettro di risposta Elastico in accelerazione, in funzione del periodo *T*). Si è quindi provveduto a raffigurare le mappe relative al Comune di Bedonia (**Fig. 14**).

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Bedonia (PR)

Dalla carta si evince che il territorio del Comune di Bedonia ricade in un areale in cui si possono verificare terremoti caratterizzati da un'accelerazione massima del suolo (a_{max}) pari a $0,150 \pm 0,200 g$. Tali valori sono coerenti con quanto riportato nell'Allegato A4 della D.A.L. Regione Emilia-Romagna n° 112 del 2.5.2007, che attribuisce al Comune di Bedonia un valore di accelerazione di picco al suolo (cioè per $T = 0$, espressa in frazione dell'accelerazione di gravità g a_{refg} , con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni) pari a **0,189 g**.

Effetti	In occasione del terremoto del								
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io Mw
7	1834	02	14	13	15		Val di Taro-Lunigiana	112	9 5.96
5-6	1835	04	25	02	45		Val di Taro	6	5-6 4.77
4-5	1878	09	10	13	31		Lunigiana	12	6-7 4.98
F	1886	10	15	02	20		Collecchio	44	6 4.70
5	1887	02	23	05	21	5	Liguria occidentale	1511	9 6.27
3	1898	03	04	21	05		Parmense	313	7-8 5.37
4	1903	07	27	03	46		Lunigiana	79	7-8 5.19
NF	1904	11	17	05	02		Pistoiese	204	7 5.10
NF	1906	08	25	03	11		Parmense	31	5 4.25
6	1906	11	10	17	55		Alta Val di Taro	43	5 4.22
4	1909	01	13	00	45		Emilia Romagna orientale	867	6-7 5.36
5	1910	01	23	01	50		Piacentino	118	5 4.39
4	1910	09	06	03	20		Appennino ligure	19	5 4.13
3	1913	03	27	02	25	4	Val Trebbia	58	4-5 4.24
F	1914	10	27	09	22		Lucchesia	660	7 5.63
7	1920	09	07	05	55	4	Garfagnana	750	10 6.53
4-5	1926	11	18	22	57		Lunigiana	17	5 4.25
6	1927	10	28	21	49		Alta Val di Taro	39	6 4.66
5	1928	02	21	04	37		Alta Val di Taro	8	5 4.16
6	1928	07	20	19	53		Alta Val di Taro	13	6 4.39
2	1929	04	10	05	44		Bolognese	87	6 5.05
4	1929	04	19	04	16		Bolognese	82	6-7 5.13
4	1929	04	20	01	10		Bolognese	109	7 5.36
2	1929	04	28	19	40		Bolognese	20	6 4.73
3	1929	04	29	18	36		Bolognese	45	6 5.20
3-4	1929	05	11	19	23		Bolognese	64	6-7 5.29
5	1934	06	13	09	06		Val di Taro-Lunigiana	29	6 5.14
3	1936	10	18	03	10		Alpago Consiglio	269	9 6.06
3	1939	10	15	14	05		Garfagnana	62	6-7 4.96
2	1939	10	31	06	47		Lunigiana	19	5-6 4.85
3-4	1951	05	15	22	54		Lodigiano	179	6-7 5.17
5	1959	01	26	05	35	4	Alta Val di Taro	14	5 4.27
5	1971	07	15	01	33	2	Parmense	228	8 5.51
4-5	1974	04	15	21	49	1	Alta Val di Taro	13	5 4.14
5	1976	08	22	02	49	1	Alta Val di Taro	26	5 4.54
5	1980	12	23	12	01	0	Piacentino	69	6-7 4.57
4	1983	11	09	16	29	5	Parmense	850	6-7 5.04
5	1985	08	15	18	58	0	Appennino parmense	7	7 4.51
NF	1986	12	06	17	07	1	Ferrarese	604	6 4.43
NF	1989	10	03	09	41	3	Appennino parmense	91	4 4.04
4	1995	10	10	06	54	2	Lunigiana	341	7 4.82
NF	2005	04	13	18	46	0	Valle del Trebbia	163	4 3.68
NF	2005	04	18	10	59	1	Valle del Trebbia	284	4 3.97

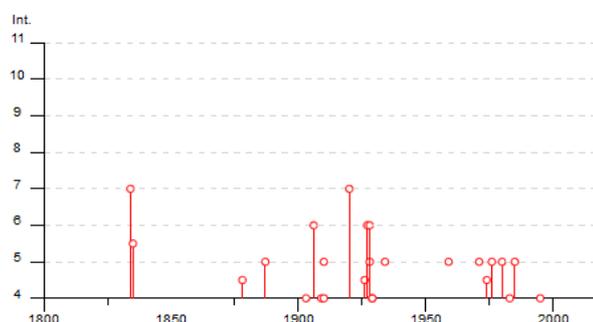


FIG. 13.A) DIAGRAMMA DELLA STORIA SISMICA DI BEDONIA, LIMITATAMENTE AI TERREMOTI CON INTENSITÀ EPICENTRALE UGUALE O SUPERIORE A 4-5; 13.B) ELENCO DEI TERREMOTI PIÙ FORTI RISENTITI NELL'AREA DI PARMA TRA IL 1800 E IL 2018. FONTE DATI: INGV DATABASE MACROSISMICO ITALIANO 2015 - [HTTP://EMIDIUS.MI.INGV.IT/DBMI15/](http://emidius.mi.ingv.it/DBMI15/)

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Bedonia (PR)

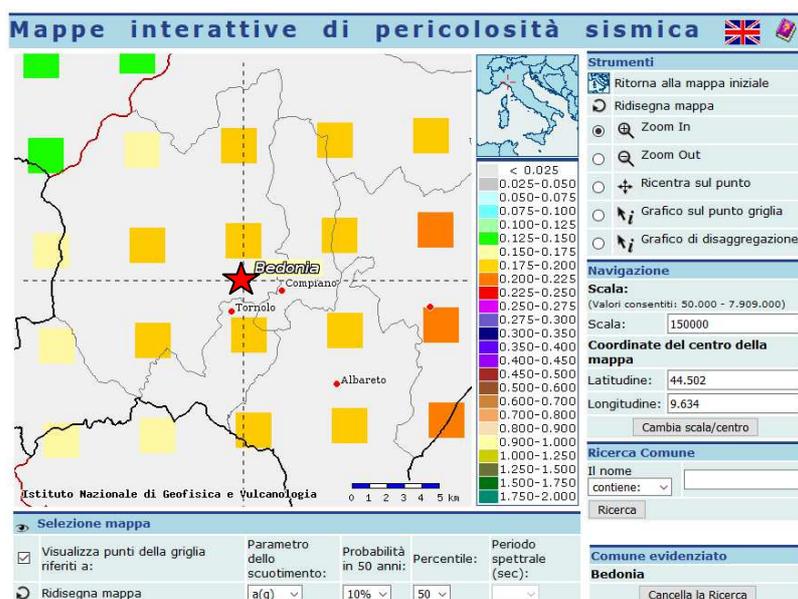


FIG. 14 - MAPPA DI PERICOLOSITÀ SISMICA PER IL TERRITORIO DEL COMUNE DI BEDONIA ESPRESSA IN TERMINI DI $A(g)$ E PROBABILITÀ DI ECCEDENZA DEL 10% IN 50 ANNI ($TR = 475$ ANNI) (INGV); GLI ASSI SONO CENTRATI SUL SITO DI INTERESSE.

5.1.2 Spettro di risposta rappresentativo

Per la valutazione della pericolosità sismica di base, sono stati impiegati i risultati pubblicati dalla Regione Emilia Romagna (Cfr. *Allegato 4 - DAL 112/2007*), relativamente all'attribuzione a ciascun comune, di un valore di accelerazione orizzontale massima attesa su suolo rigido di riferimento, per terremoti con tempo di ritorno di 475 anni (equivalenti al 10% di probabilità di superamento in 50 anni). Tale valore, che deriva dalla media di tutti corrispondenti valori associati ai nodi del reticolo di riferimento con maglie di $0,05^\circ$, definiti dall'*Allegato B del D.M. 14/01/2008 recante "Norme Tecniche per le Costruzioni"*, equivale a **0,189 g** nel caso del Comune di Bedonia.

Partendo da tale valore, corrispondente all'accelerazione massima orizzontale attesa al sito su suolo rigido al periodo $T=0$, è stato possibile ricostruire lo spettro di risposta a probabilità uniforme, semplicemente moltiplicando **0,189 g** per i valori $Se(g)/a_{ref}$ che definiscono l'equivalente spettro normalizzato previsto per l'Emilia Romagna (rappresentativo del moto sismico atteso per un periodo di ritorno di 475 anni, con smorzamento del 5%).

Lo spettro di risposta caratteristico del comune, riportato in **Fig. 15** è stato sovrapposto a quello normalizzato ricavato dal *D.M. 14/01/2008* per un suolo di tipo **A**.

Il grafico mostra un buon grado di correlazione tra i due spettri inoltre, si evidenzia come i valori di amplificazione massima si verifichino per periodi (T) compresi tra $0,15$ s e $0,30$ s.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Bedonia (PR)

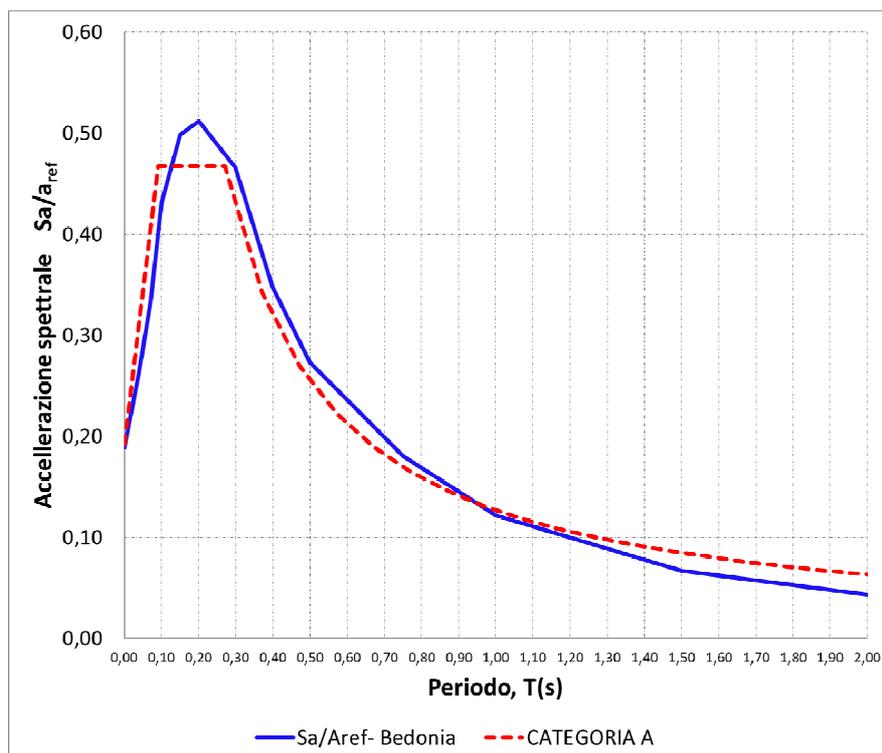


FIG. 15 – SPETTRO DI RISPOSTA NORMALIZZATO (D.A.L. 112/2007 - $T_r= 475$ ANNI, SMORZAMENTO= 5%) RAFFRONTATO A QUELLO DI CATEGORIA A (DA NTC 2008), PER IL COMUNE DI BEDONIA

5.1.3 Selezione dei segnali sismici di riferimento

L'input sismico, rappresentativo del moto atteso sul sito di riferimento rigido affiorante utilizzato nelle analisi è rappresentato da n.3 "time history" dell'accelerazione, che sono state selezionate dalla banca dati accelerometrica "European Strong Motion Database" (http://www.isesd.hi.is/ESD_Local/frameset.htm, denominata anche come *ISESD*) attraverso una procedura che valuta la similarità tra una forma spettrale di riferimento (nel caso in esame questa forma spettrale corrisponde alla forma dello spettro di risposta isoprobabile con il 10% di probabilità di eccedenza in 50 anni di **Fig.15**) e la forma degli spettri di risposta dei segnali contenuti nella banca dati *ISESD*.

I segnali di riferimento sono stati normalizzati affinché la loro ampiezza massima assoluta fosse unitaria. I files con i segnali di riferimento normalizzati sono stati scaricati dal sito web del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia Romagna, tema "Sismica - Microzonazione Sismica".

Nello specifico trattasi di tre files:

- 000046xa.xy;
- 000126xa.xy;
- 000354xa.xy.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Bedonia (PR)

Il nome dei *files* corrisponde al codice identificativo *ISESD* delle registrazioni accelerometriche.

Ciascun *file* contiene due colonne: la prima corrisponde al tempo, espresso in secondi, la seconda il valore di accelerazione normalizzata.

Gli accelerogrammi *000046xa.xy*, *000126xa.xy* e *000354xa.xy* sono stati inseriti nel *software* di elaborazione per il calcolo della *Risposta Sismica Locale "LSR 1D"* (Version 4.1.1 della *STACEC*), quindi sono stati opportunamente scalati, rispetto al valore della *PGA* al *bedrock* attesa in sito, considerando un substrato rigido affiorante (Cat. A) (Cfr. **Fig. 16**).

ACCELEROGRAMMI DI INPUT

SCALATI $ag/g = 0,189$

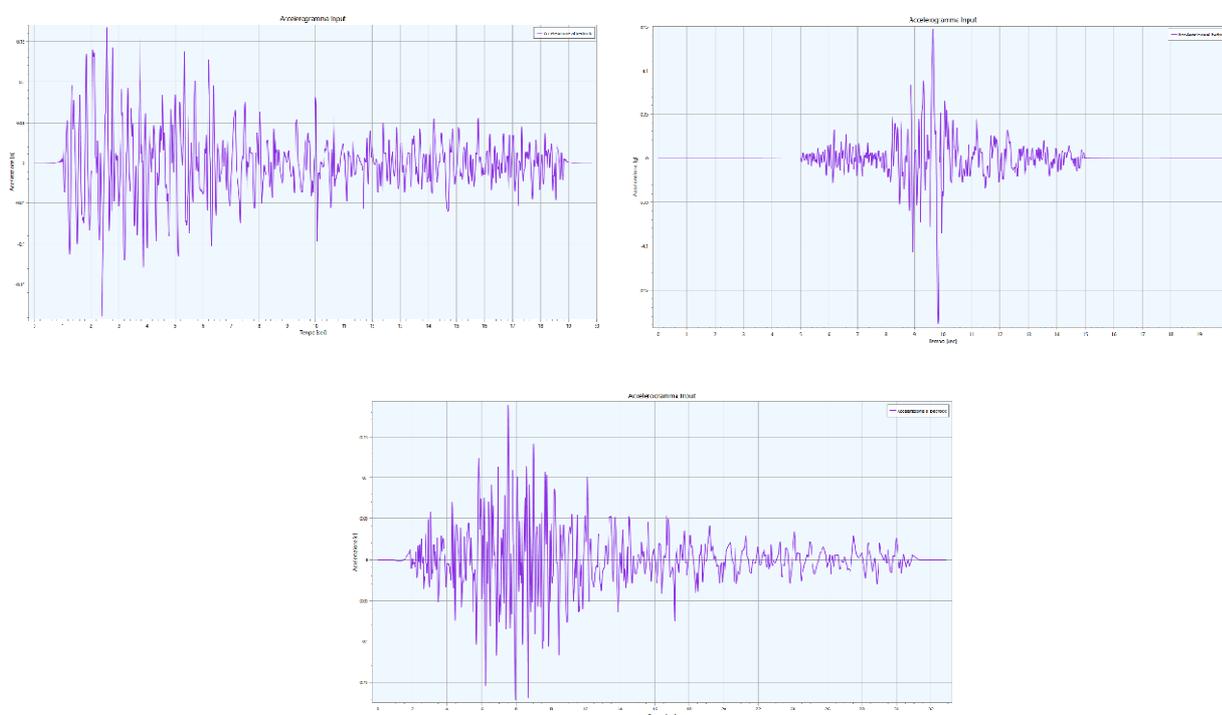


FIG. 16 - SERIE TEMPORALI ACQUISITE E RISCALATE IN FUNZIONE DELLA P.G.A. ATTESA AL BEDROCK SISMICO (SOTTOSUOLO DI CAT. A).

5.1.4 Modello stratigrafico e parametrizzazione sismica

Attraverso un'attenta analisi delle indagini geotecniche e sismiche di nuova realizzazione eseguite in sito (vedi Elaborati **7** e **9**), a cui si aggiungono le indagini pregresse consultabili nel *data-base* a corredo di questo studio, si è cercato di ricostruire un modello sismo-stratigrafico semplificato rappresentativo di ciascuna *MOPS* di interesse.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Bedonia (PR)

E' stata quindi calcolata la risposta dinamica monodimensionale ($1D$), optando per una analisi equivalente lineare (EQL), basata su un modello di propagazione lineare delle onde in cui le proprietà dinamiche del terreno, quali "Modulo di taglio G " e "Rapporto di smorzamento D ", vengono fatti variare in funzione del livello deformativo.

Pertanto, a ciascuno strato, come definito nel modello, è stato attribuito un valore rappresentativo del peso di volume, delle V_s e del Coefficiente di Poisson N_i . Si è poi proceduto assegnando al medesimo strato una coppia di curve che definisce il comportamento non lineare del terreno in funzione di un aumento percentuale della deformazione di taglio:

- la curva di decadimento del Modulo di rigidità al taglio G alle basse deformazioni, espresso come rapporto G/G_0 (Cfr. **Fig. 17.a**);
- la curva di variazione dello smorzamento D (Cfr. **Fig. 17.b**).

Per i casi in esame sono stati utilizzati i risultati delle prove di laboratorio (Cfr. **Elaborato 8**), ottenuti dall'analisi secondo la metodologia della "Colonna Risonante" su:

- **n°3 campioni** prelevati durante l'esecuzione del sondaggio **S1** e **S2**.

Ad integrazione delle curve desunte da prove in laboratorio ne sono state estrapolate altre presenti in letteratura, attingendo al portale WEB-GIS <http://150.217.73.23/BancaDatiVEL/> sviluppato dalla Regione Toscana con la collaborazione tecnica del Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Firenze, nell'ambito del "Programma VEL" (*Valutazione Effetti Locali*). I risultati sperimentali contenuti nella banca dati VEL possono essere selezionati secondo numerosi criteri (geografico, per litologia, per formazione geologica, etc...) e direttamente tradotti in curve di decadimento scegliendo i parametri delle equazioni di *Yokota* che meglio approssimano i dati sperimentali.

Nel presente lavoro si è cercato di optare per quelle curve relative a campioni che presentavano maggiori affinità sia dal punto di vista stratigrafico sia da un punto di vista litologico con le formazioni geologiche caratterizzanti l'area di studio.

Così facendo è stato possibile valutare in maniera più accurata il comportamento deformativo dei terreni superficiali analizzati.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Bedonia (PR)

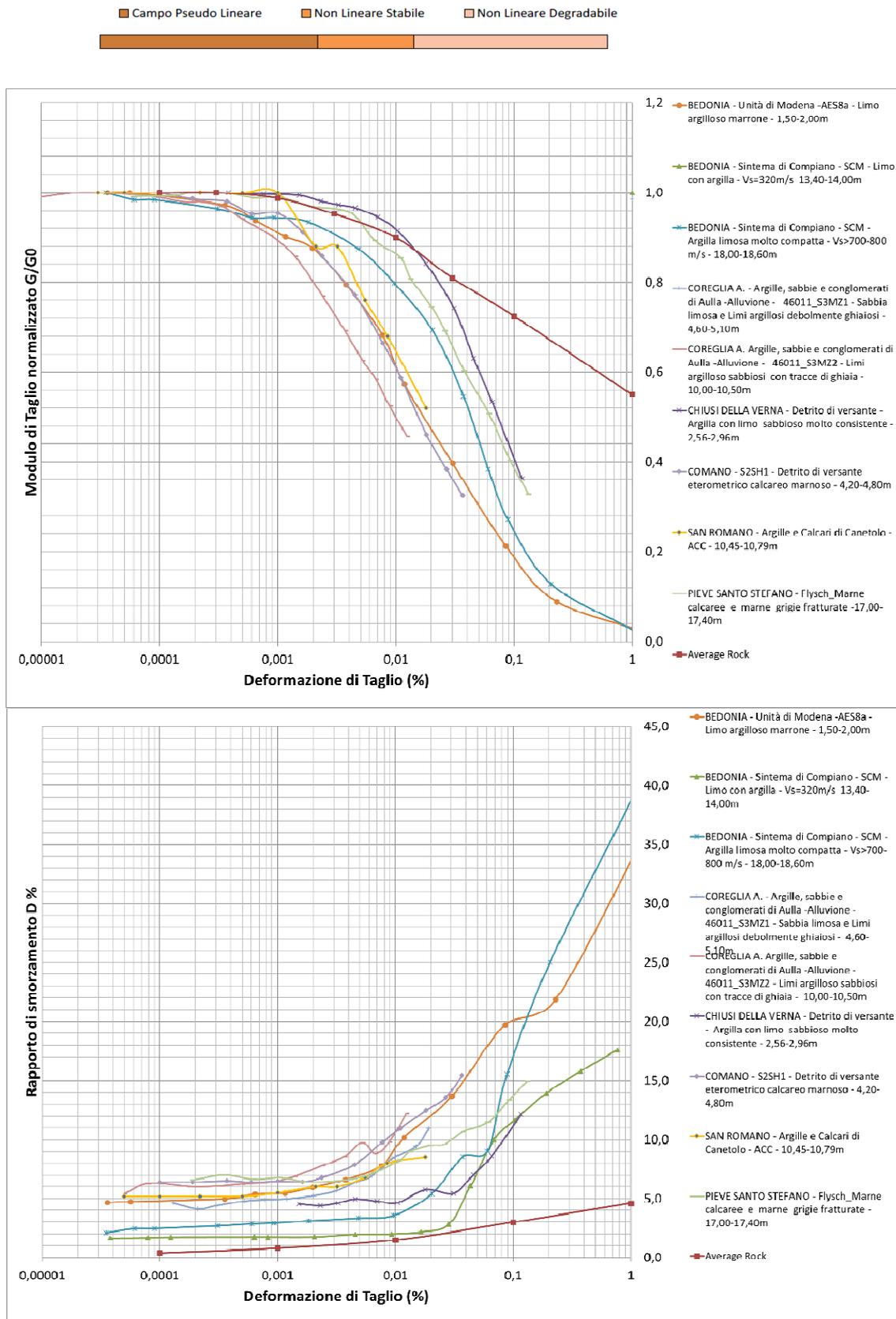


FIG. 17.A; 17.B - CURVE DI DECADIMENTO ESPRESSE COME RAPPORTO G/G0 E CURVE DELLO SMORZAMENTO D(%) ENTRAMBE IN FUNZIONE DELLO SFORZO DI TAGLIO APPLICATO, ASSOCIATE AD OGNI SINGOLO STRATO CHE DEFINISCE IL MODELLO STRATIGRAFICO-SISMICO DI INPUT.

5.1.5 Grafici di output della RSL

A seguito della modellazione numerica e dell'ottenimento dei grafici di *output* dalla simulazione in **LSR 1D**, possono essere ricavate diverse informazioni, che permettono di descrivere in maniera dettagliata il comportamento sismico della colonna stratigrafica soprastante il *bedrock* di riferimento.

Sono state prese in considerazione soltanto alcune delle informazioni ricavate dallo studio di *RSL*, in particolare quelle che solitamente vengono richiesti in uno studio microzonazione sismica di terzo livello e che possono avere un impiego ai fini progettuali delle opere ingegneristiche.

1) **Acceleration Response Spectrum - Spettri di risposta in accelerazione**

Rappresenta l'elaborato fondamentale richiesto per i calcoli strutturali e in "*LSR 1D*" può essere calcolato sia in superficie che per una profondità di interesse.

Nei casi in esame (è stato calcolato per gli *SLV* a piano campagna, con un coefficiente di smorzamento viscoso equivalente del 5%).

2) **Housner Intensity - Intensità di Housner**

L'intensità spettrale è definita come:

$$SI = \int_{T_1}^{T_2} PSV(T_0, \xi) dT_0$$

dove *PSV* è lo pseudospettro di risposta in velocità, *T₀* è il periodo proprio e ξ è lo smorzamento.

Questo parametro di severità del moto sismico è correlato al danno potenziale atteso per effetto del terremoto in oggetto, dal momento che la maggior parte delle strutture hanno un periodo fondamentale di vibrazione nell'intervallo compreso tra 0,1 e 2,5 secondi.

Si ritiene opportuno valutare un duplice intervallo di integrazione: il primo tra 0,1 e 0,5 secondi, significativo per le strutture più rigide, a basso periodo proprio, il secondo per quelle più flessibili, ad elevato periodo proprio.

3) **P.G.A. Profile - Peak Ground Acceleration Profile**

Definisce la massima accelerazione per ogni profondità, in unità di gravità. Consente di valutare l'entità dell'amplificazione locale, intesa come rapporto fra il valore della *P.G.A.* in superficie e il valore della *P.G.A.* al *bedrock* (sottosuolo di categoria *A*). Gli esiti mostrano le variazioni fra le risposte del modello di sottosuolo in relazione ai diversi *input* sismici assegnati.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Bedonia (PR)

5.1.6 Risultati ottenuti dalla modellazione

Nel presente studio sono stati elaborati i modelli di *input* riguardanti le seguenti microzone, tutte contenute all'interno dell'ambito Bedonia Centro:

- A. Zona 1 - Ambito Bedonia Centro;
- B. Zona 3 - Ambito Bedonia Centro;
- C. Zona 4 - Ambito Bedonia Centro;
- D. Zona 7 - Ambito Bedonia Centro.

Di seguito si riportano le risultanze per ogni modello sismo-stratigrafico considerato.

Zona 1 - Ambito Bedonia Centro

Le indagini di riferimento utilizzate per la ricostruzione del modello geotecnico-sismico semplificato e identificate secondo il codice di archiviazione attribuito nel database a corredo dello studio, rappresentativo della MOPS di interesse, sono le seguenti:

- Indagine n° 034003P142SS156; 034003P142SC157; 034003P142DH161; 034005P106HVSR106; 034003L22MASW22; 034003L22SR23; 034005P146HVSR164.

Nella **Fig. 18** sono rappresentati i dati di ingresso al software **LSR 1D** impiegato per le elaborazioni di III° Livello, mentre in **Fig. 19** vengono raffigurati gli spettri di *input* adottati.

Strato	Spessore [m]	ρ [Kg/m ³]	Vs [m/s]	Ni	Modello geotecnico	Colore
1	5.00	1900.00	250.00	0.45	BEDONIA -S2SH1 - Unità di Mod	
2	8.00	2020.00	415.00	0.35	COREGLIA ANTELMINELLI - 46011_	
3	7.00	1920.00	275.00	0.35	BEDONIA -S1SH1 - Sintema di Con	
4	3.00	2060.00	495.00	0.35	COREGLIA ANTELMINELLI - 46011_	
5	7.00	1940.00	300.00	0.35	BEDONIA -S1SH1 - Sintema di Con	
6	20.00	1980.00	360.00	0.30	BEDONIA -S1SH1 - Sintema di Con	
7	1.00	2120.00	700.00	0.20	BEDONIA -S2SH2 - Sintema di Con	
8	4.00	2150.00	900.00	0.20	BEDONIA -S2SH2 - Sintema di Con	

FIG. 18 - SCHERMATA DI INPUT TRATTE DAL SOFTWARE "LSR 1D", DOVE VIENE DEFINITO IL MODELLO SISMO-STRATIGRAFICO DEL SITO DI INTERESSE: **ZONA 1 - AMBITO BEDONIA CENTRO**

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Bedonia (PR)

SPETTRI DI INPUT

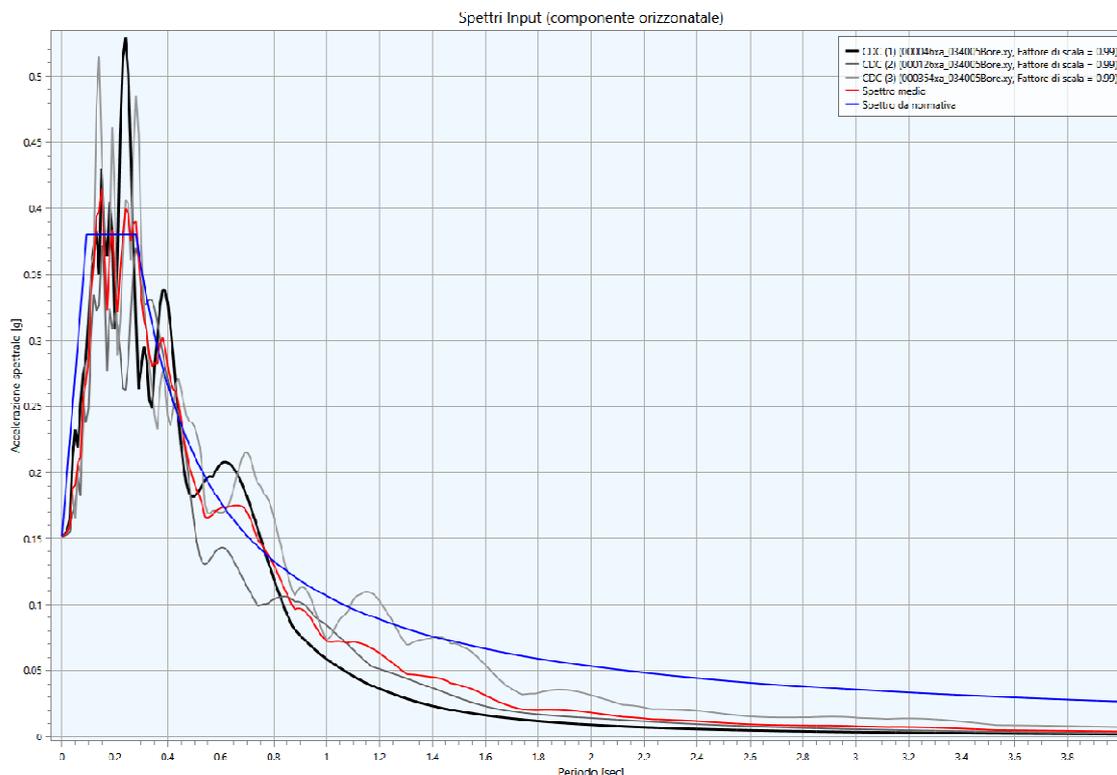


FIG. 19 - SPETTRI DI RISPOSTA ELASTICA AL *BEDROCK*, CALCOLATI PER *SLV* CON SMORZAMENTO DEL 5%.

Di seguito vengono rappresentati tutti gli spettri ottenuti per ciascun fattore amplificazione analizzato.

1A) Acceleration Response Spectrum - Spettri di risposta in accelerazione

Sulla base delle indagini geofisiche effettuate, si è calcolato un valore di V_{s30} pari **355 m/s**, caratteristico di un terreno di "**Categoria C**". Osservando in dettaglio il grafico di **Fig. 20** si può notare come il valore dello spettro medio si vada a collocare leggermente al di sopra di quello semplificato di **Categoria C**; pertanto i dati emersi dallo studio di *RSL* risultano più cautelativi. Lo spettro medio è stato poi adattato alla tipica forma spettrale semplificata, utilizzando come riferimento i valori della "*media*".

Si rammenta che per il sito di interesse, il valore di ag_{max} su sottosuolo rigido (*P.G.A.0*) per gli *SLV* è di **0,189 g**.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Bedonia (PR)

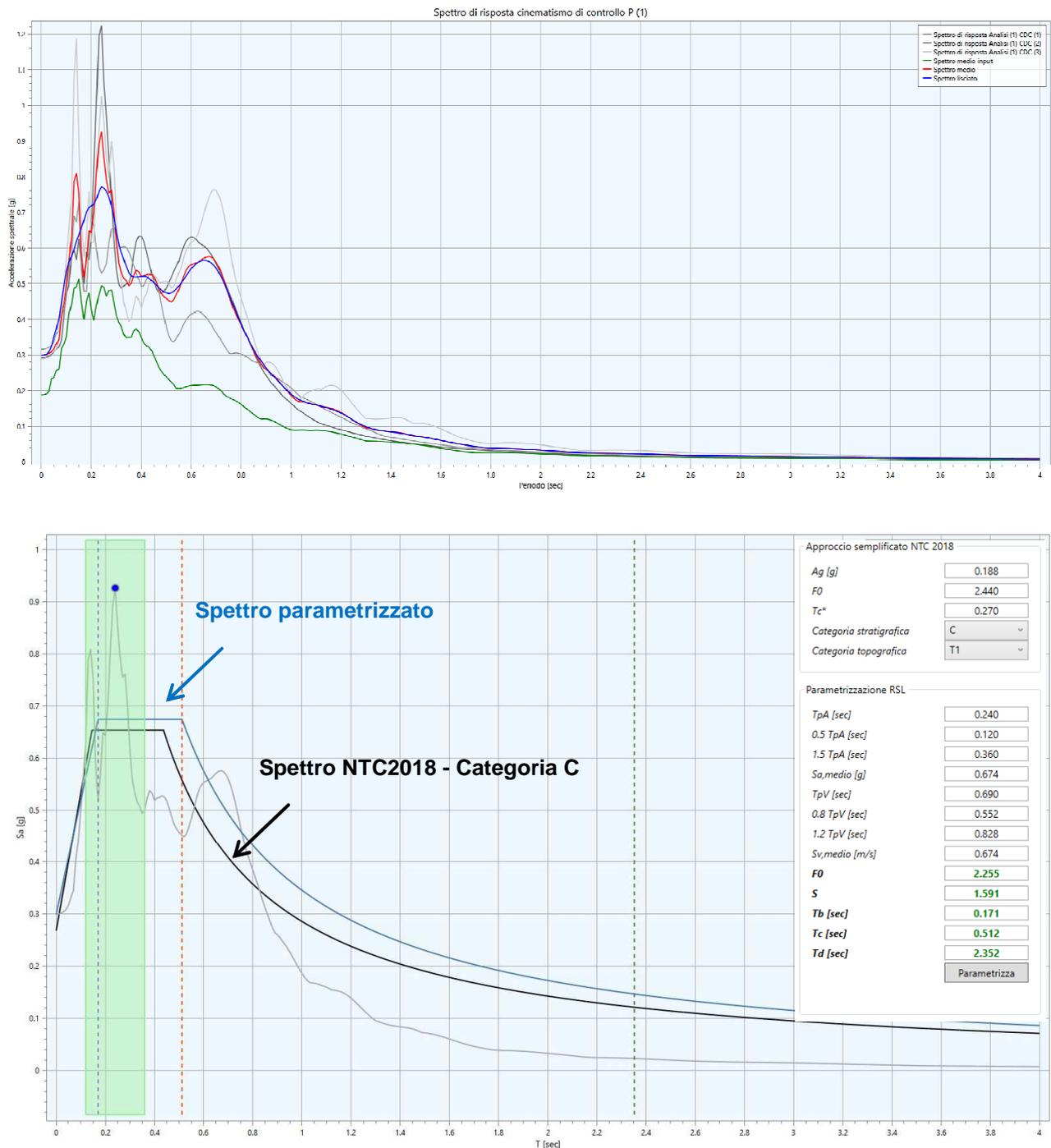


Fig. 20 - SPETTRI DI RISPOSTA ELASTICA IN SUPERFICIE, CALCOLATI PER SLV CON SMORZAMENTO DEL 5%. SULLA DESTRA SONO INDICATI I VALORI RAPPRESENTATIVI DELLO SPETTRO MEDIO PARAMETRIZZATO SECONDO NORMATIVA (LINEA BLU), CONSIDERANDO UNO SMORZAMENTO DEL 5%; LO SPETTRO RICAVATO CON APPROCCIO SEMPLIFICATO, CHE FA RIFERIMENTO ALLA "CATEGORIA DI SOTTOSUOLO SISMICO" (CATEGORIA C) DETERMINATA SULLA BASE DELLE INDAGINI GEOFISICHE IN SITO, È INVECE RAPPRESENTATO CON LA LINEA NERA.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Bedonia (PR)

2A) Housner Intensity – Intensità di Housner

Nei due grafici raffigurati di seguito vengono rappresentati gli spettri relativi all'intensità di *Housner* negli intervalli $0,1 < SI < 0,5$ e $0,5 < SI < 1,0$.

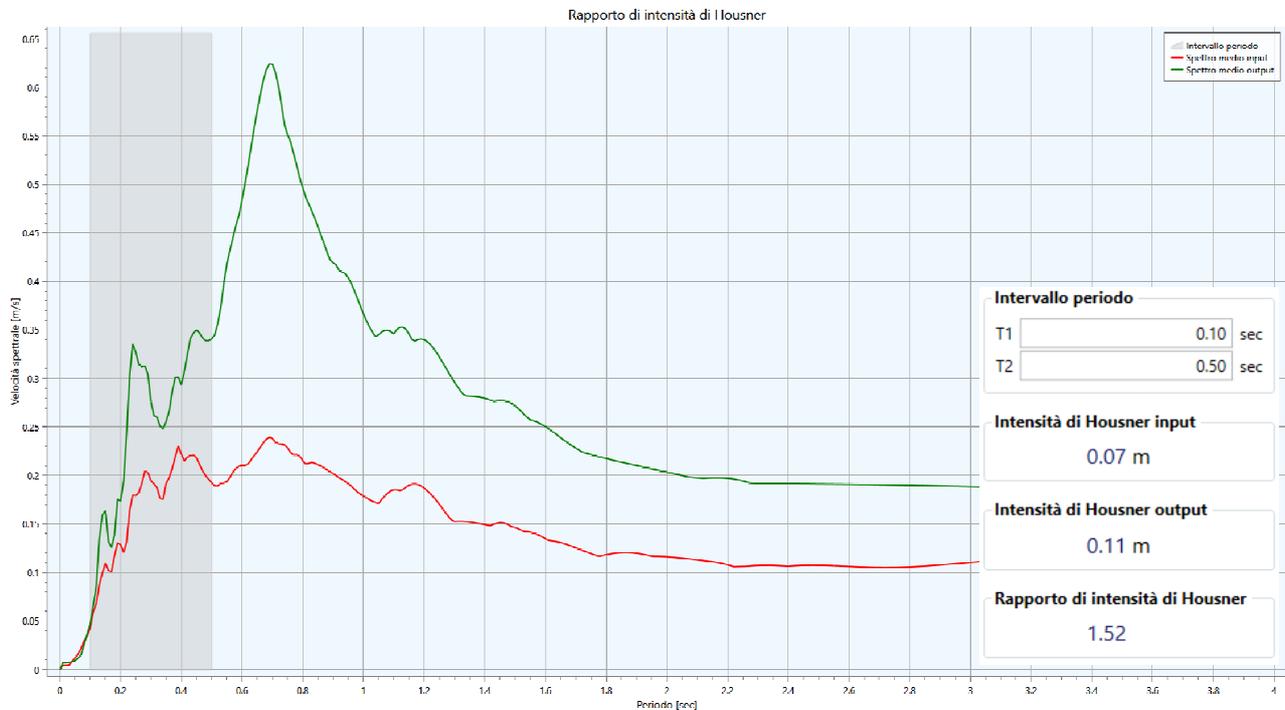


FIG. 21 - INTENSITÀ DI *HOUSNER* NELL'INTERVALLO $0,1 < SI < 0,5$.

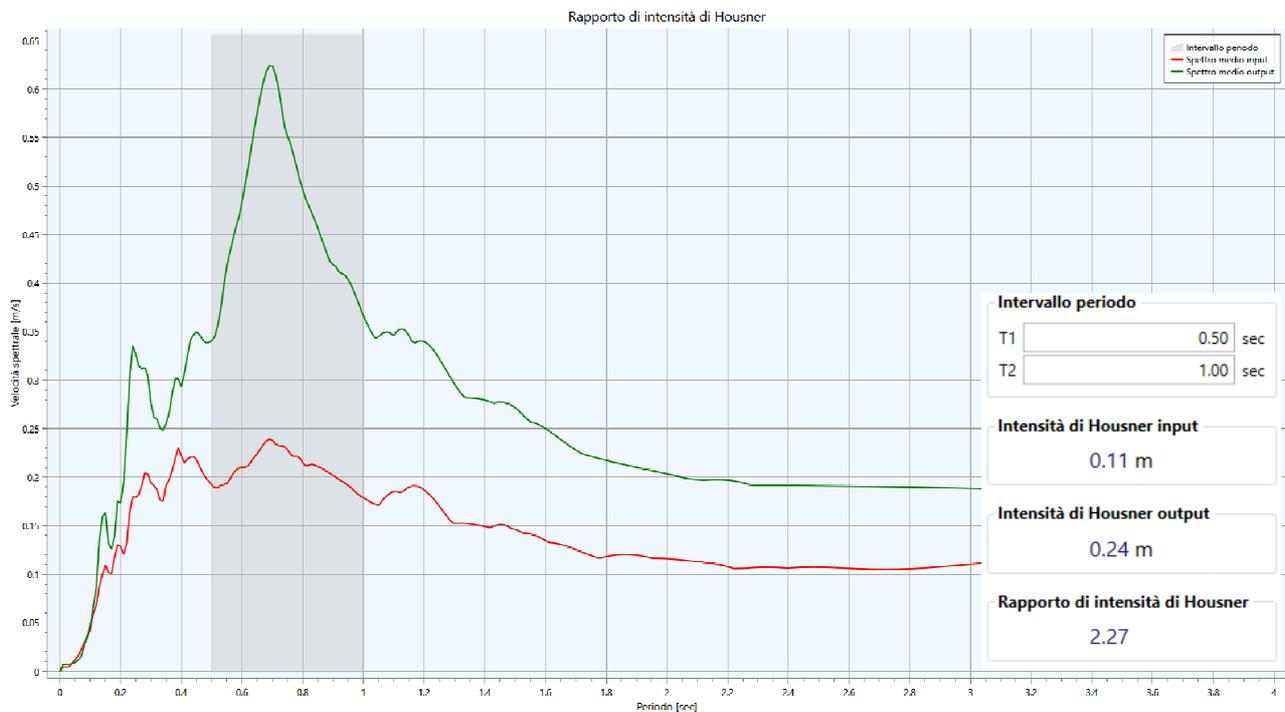


FIG. 22 - INTENSITÀ DI *HOUSNER* NELL'INTERVALLO $0,5 < SI < 1,0$.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Bedonia (PR)

3A) P.G.A. Profile - Peak Ground Acceleration Profil

Nella **Fig. 23** viene rappresentata la massima accelerazione per ogni profondità, in unità di gravità (rapporto fra il valore della P.G.A. in superficie e il valore della P.G.A.₀ al bedrock).

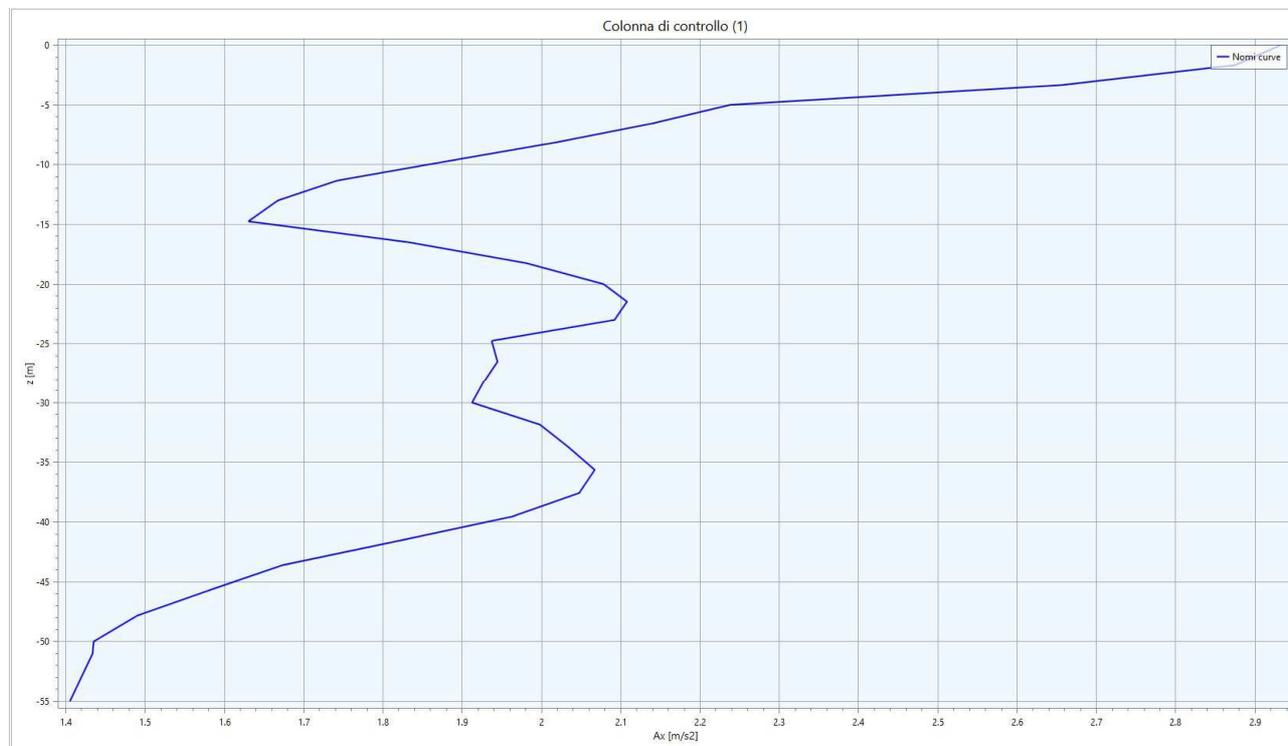


Fig. 23 - P.G.A. PROFILE: SI PUÒ NOTARE UNA MAGGIORE INCIDENZA DEI FENOMENI DI AMPLIFICAZIONE A PARTIRE DAGLI ORIZZONTI PIÙ SUPERFICIALI AVENTI VS INFERIORE (DA 0 A 15M).

Nella tabella sottostante vengono riassunti i valori dei F.A. determinati con l'analisi di RSL di III° livello:

Zona 1 - Ambito Bedonia Centro	
Fattori di amplificazione	RSL
F.A. P.G.A.	1,59
F.A. Is (0.1s < T ₀ < 0.5s)	1,52
F.A. Is (0.5s < T ₀ < 1.0s)	2,27

TAB. 5 – TABELLA RIASSUNTIVA DEI FATTORI DI AMPLIFICAZIONE DELLA ZONA "ZONA 1 - AMBITO BEDONIA CENTRO"

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Bedonia (PR)

Zona 3 - Ambito Bedonia Centro

Nel caso in esame sono state analizzate ed elaborate le seguenti indagini:

- Indagine n° 034003L23MASW24; 034003L23SR25; 034003P143SS158; 034003P143SC159; 034003P143SC160; 034003P147HVSR165.

Nella **Fig. 24** sono rappresentati i dati di ingresso al software **LSR 1D** impiegato per le elaborazioni di III° Livello, mentre in **Fig. 25** vengono raffigurati gli spettri di *input* adottati.

Strato	Spessore [m]	ρ [Kg/m ³]	Vs [m/s]	Ni	Modello geotecnico	Colore
Strato (1)	0.30	1600.00	60.00	0.45	BEDONIA -S2SH1 - Unità di Mod	
Strato (2)	1.70	1770.00	150.00	0.35	BEDONIA -S2SH1 - Unità di Moder	
Strato (3)	2.00	2060.00	500.00	0.35	COREGLIA ANTELMINELLI - 46011_	
Strato (4)	3.50	1890.00	240.00	0.35	BEDONIA -S1SH1 - Sintema di Con	
Strato (5)	6.50	1970.00	340.00	0.30	BEDONIA -S1SH1 - Sintema di Con	
Strato (6)	1.00	2150.00	700.00	0.20	BEDONIA -S2SH2 - Sintema di Con	
Strato (7)	4.00	2200.00	900.00	0.20	BEDONIA -S2SH2 - Sintema di Con	

FIG. 24 - SCHERMATA DI INPUT TRATTE DAL SOFTWARE "LSR 1D", DOVE VIENE DEFINITO IL MODELLO SISMO-STRATIGRAFICO DEL SITO DI INTERESSE: ZONA 3 - AMBITO BEDONIA CENTRO

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Bedonia (PR)

SPETTRI DI INPUT

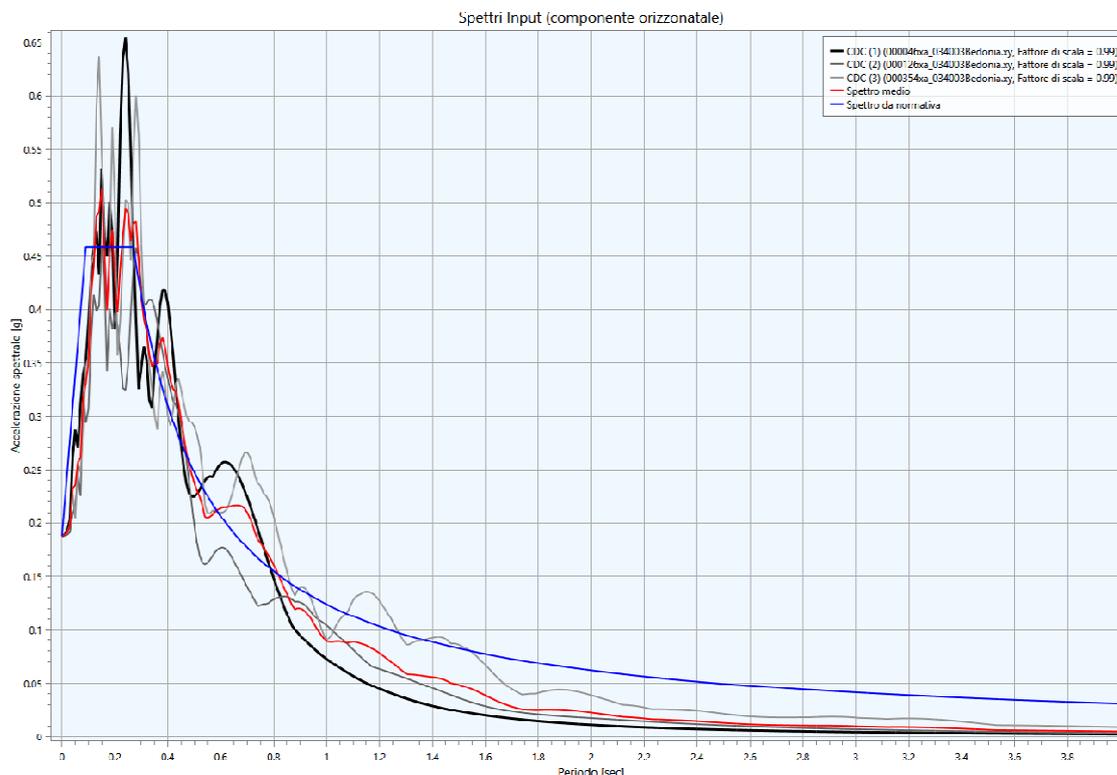


FIG. 25 - SPETTRI DI RISPOSTA ELASTICA AL BEDROCK, CALCOLATI PER SLV CON SMORZAMENTO DEL 5%.

1B) Acceleration Response Spectrum - Spettri di risposta in accelerazione

Sulla base delle indagini geofisiche effettuate, è stato calcolato un valore di V_{s30} di **416 m/s**, per il quale viene attribuita ai terreni in esame la "Categoria B". Osservando in dettaglio il grafico (Cfr. Fig. 23) si può notare come il valore dello spettro medio si vada a collocare al di sopra di quello semplificato di categoria B; pertanto i dati emersi dallo studio di RSL risultano leggermente più cautelativi. Lo spettro medio è stato poi adattato alla tipica forma spettrale semplificata, utilizzando come riferimento i valori della "media".

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Bedonia (PR)

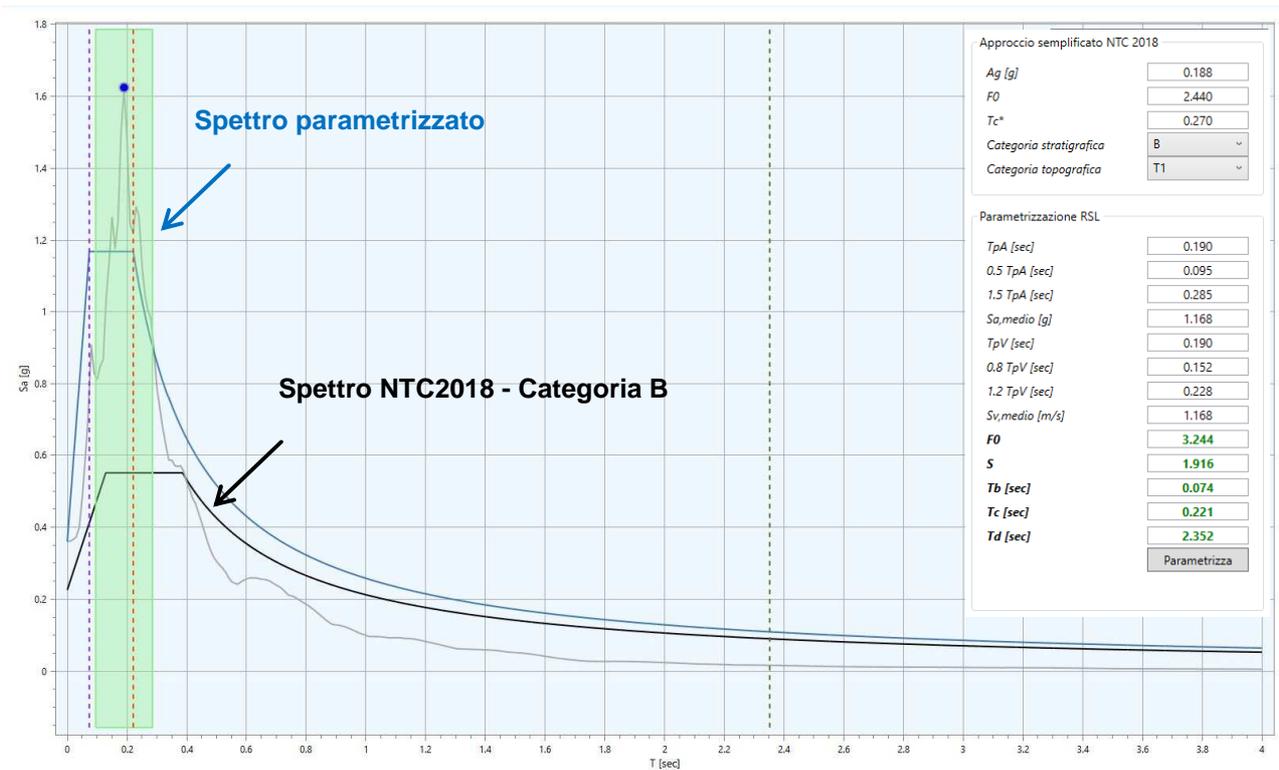
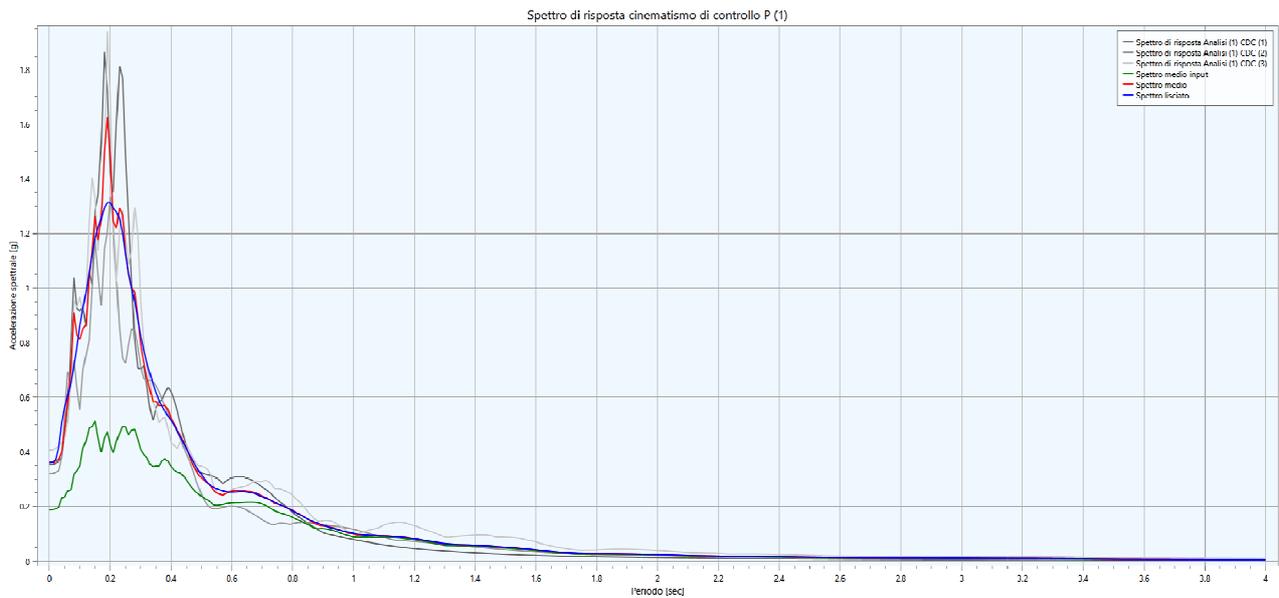


FIG. 26 - SPETTRI DI RISPOSTA ELASTICA IN SUPERFICIE, CALCOLATI PER SLV CON SMORZAMENTO DEL 5%.

SULLA DESTRA SONO INDICATI I VALORI RAPPRESENTATIVI DELLO SPETTRO MEDIO PARAMETRIZZATO SECONDO NORMATIVA (LINEA BLU), CONSIDERANDO UNO SMORZAMENTO DEL 5%; LO SPETTRO RICAVATO CON APPROCCIO SEMPLIFICATO, CHE FA RIFERIMENTO ALLA "CATEGORIA DI SOTTOSUOLO SISMICO" (CATEGORIA B) DETERMINATA SULLA BASE DELLE INDAGINI GEOFISICHE IN SITO, È INVECE RAPPRESENTATO CON LA LINEA NERA.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Bedonia (PR)

2B) Housner Intensity – Intensità di Housner

Nei due grafici raffigurati di seguito vengono rappresentati gli spettri relativi all'intensità di *Housner* negli intervalli $0,1 < SI < 0,5$ e $0,5 < SI < 1,0$.

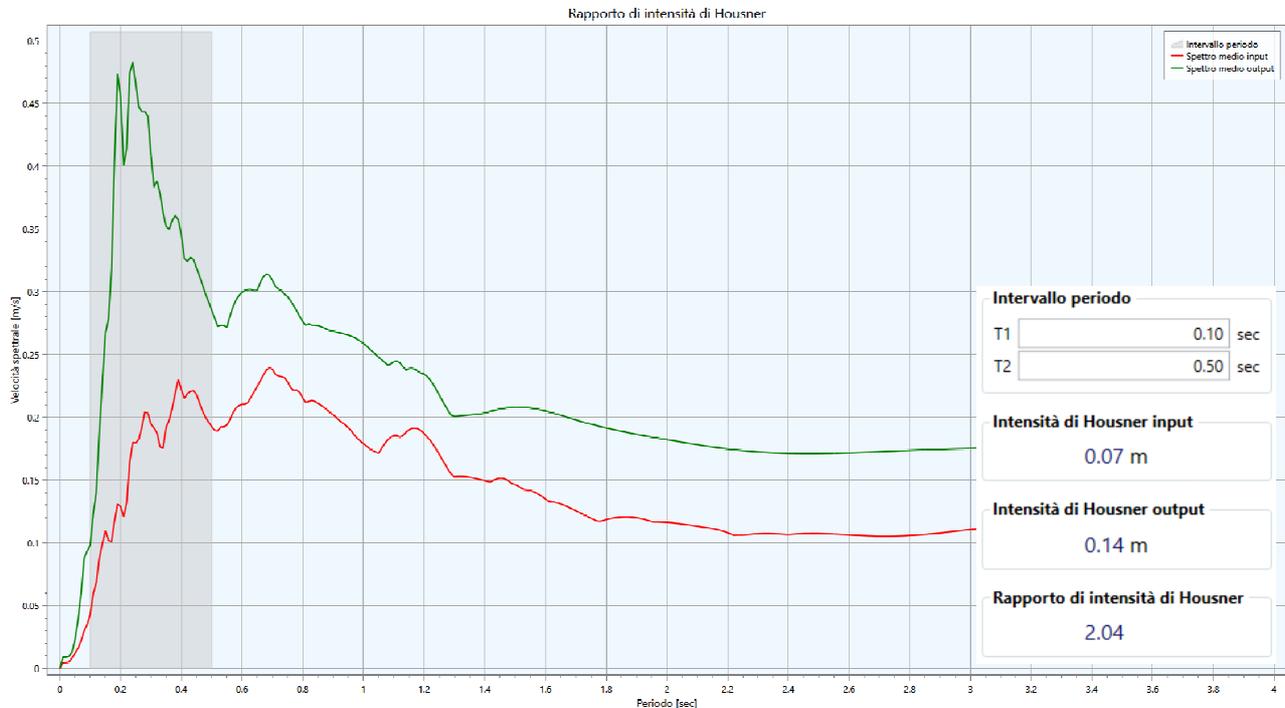


FIG. 27 - INTENSITÀ DI *HOUSNER* NELL'INTERVALLO $0,1 < SI < 0,5$.

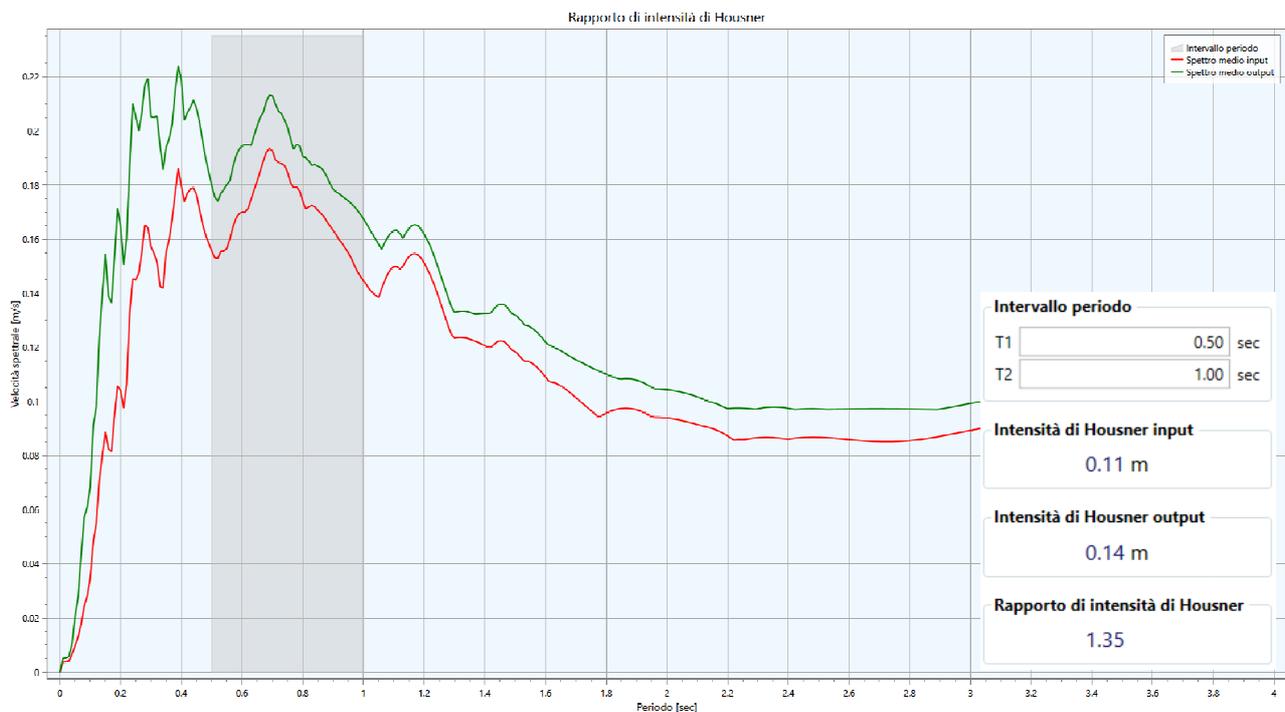


FIG. 28 - INTENSITÀ DI *HOUSNER* NELL'INTERVALLO $0,5 < SI < 1,0$.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Bedonia (PR)

3B) P.G.A. Profile - Peak Ground Acceleration Profile

Nella **Fig. 29** viene rappresentata la massima accelerazione per ogni profondità, in unità di gravità (rapporto fra il valore della P.G.A. in superficie e il valore della P.G.A.₀ al bedrock).

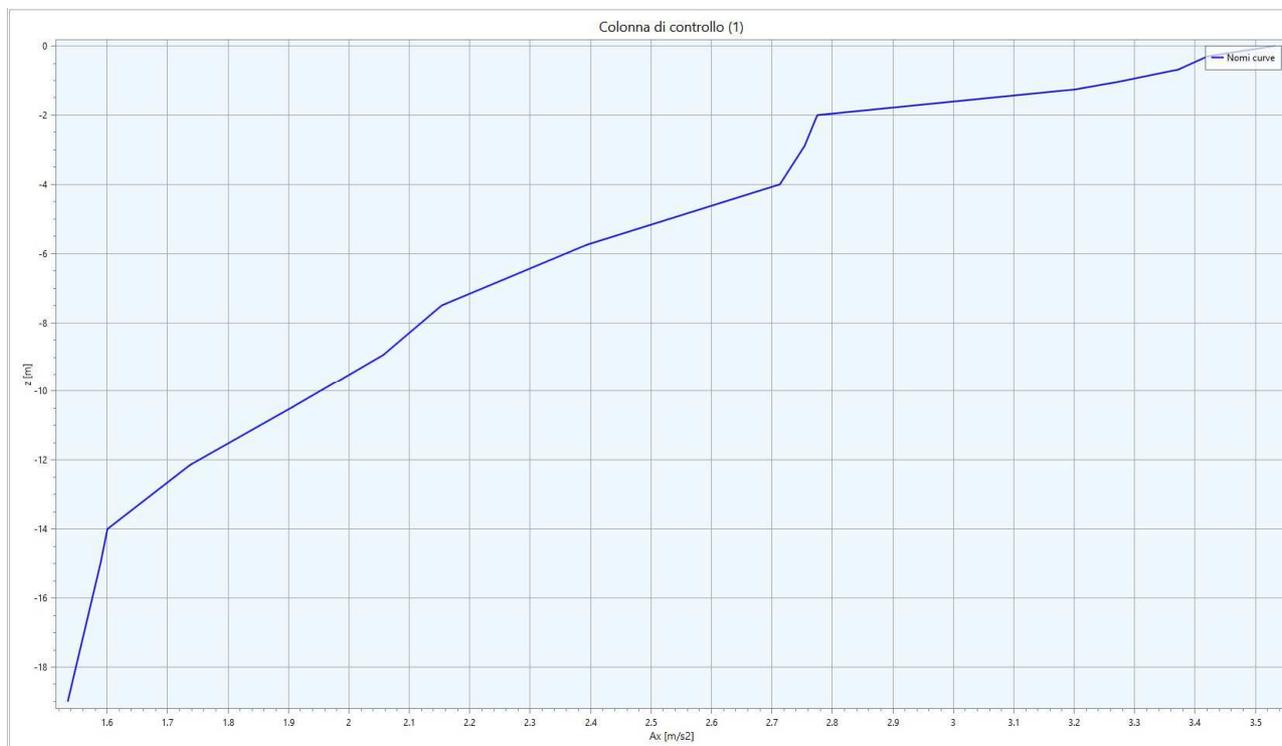


Fig. 29 - P.G.A. PROFILE: SI PUÒ NOTARE UNA MAGGIORE INCIDENZA DEI FENOMENI DI AMPLIFICAZIONE A PARTIRE DAGLI ORIZZONTI PIÙ SUPERFICIALI AVENTI VS INFERIORE (DA 0 A 14M).

Nella tabella sottostante vengono riassunti i valori dei F.A. determinati con l'analisi di RSL di III° livello:

Zona 3 - Ambito Bedonia Centro	
Fattori di amplificazione	RSL
F.A. P.G.A.	1,91
F.A. Is (0.1s < T ₀ < 0.5s)	2,04
F.A. Is (0.5s < T ₀ < 1.0s)	1,35

TAB. 6 – TABELLA RIASSUNTIVA DEI FATTORI DI AMPLIFICAZIONE DELLA "ZONA 3 - AMBITO BEDONIA CENTRO"

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Bedonia (PR)

Zona 4 - Ambito Bedonia Centro

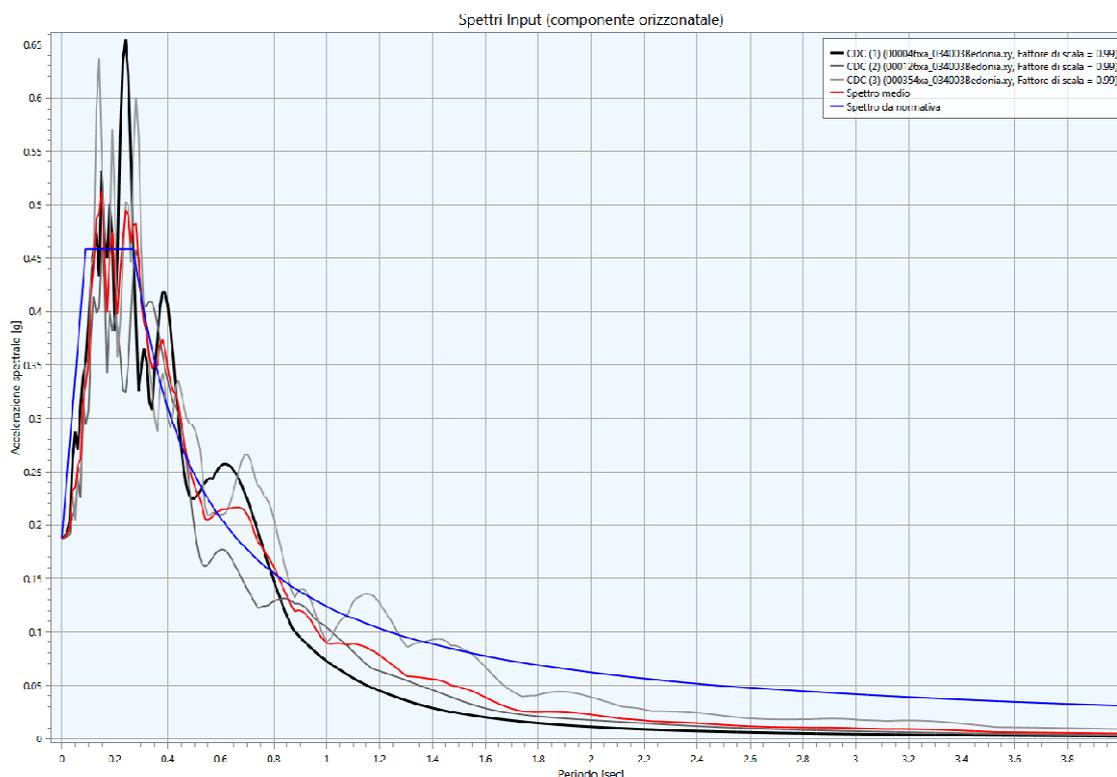
Le indagini di riferimento (secondo il codice identificativo di archiviazione attribuito nel database a corredo di questo studio), utilizzate per la ricostruzione del modello geotecnico-sismico semplificato, rappresentativo della MOPS di interesse, sono le seguenti:

- Indagine n° 034003L21MASW21; 034003P20SS20; 034003P21SS21; 034003P145HVS163.

Nella **Fig. 30** sono rappresentati i dati di ingresso al software *LSR 1D* impiegato per le elaborazioni di III° Livello, mentre in **Fig. 31** vengono raffigurati gli spettri di *input* adottati.

Strato	Spessore [m]	ρ [Kg/m ³]	Vs [m/s]	Ni	Modello geotecnico	Colore
1 Strato (1)	7.00	2020.00	310.00	0.43	BEDONIA - S2SH1 - Unità di Mod...	[Yellow]
2 Strato (2)	3.30	2150.00	510.00	0.43	PIEVE SANTO STEFANO_MLL_51030_	[Orange]
3 Strato (3)	7.70	2110.00	530.00	0.39	PIEVE SANTO STEFANO_MLL_51030_	[Grey]
4 Strato (4)	8.00	2070.00	580.00	0.28	PIEVE SANTO STEFANO_MLL_51030_	[Grey]
5 Strato (5)	10.00	2060.00	650.00	0.17	Average Rock	[Grey]
6 Strato (6)	24.00	2130.00	700.00	0.32	Average Rock	[Dark Grey]

FIG. 30 - SCHERMATA DI INPUT TRATTE DAL SOFTWARE "LSR 1D", DOVE VIENE DEFINITO IL MODELLO SISMO-STRATIGRAFICO DEL SITO DI INTERESSE: ZONA 4 - AMBITO BEDONIA CENTRO.

SPETTRI DI INPUT**FIG. 31 - SPETTRI DI RISPOSTA ELASTICA AL BEDROCK, CALCOLATI PER SLV CON SMORZAMENTO DEL 5%.****1C) Acceleration Response Spectrum - Spettri di risposta in accelerazione**

Sulla base delle indagini geofisiche effettuate, si è calcolato un valore di V_{s30} pari a **529 m/s**, con il quale viene attribuita ai terreni in esame la **“Categoria B”** **“Categoria B”**. Osservando in dettaglio il grafico (Cfr. **Fig. 32**) si può notare come il valore dello spettro medio si vada a collocare al di sopra di quello semplificato di **categoria B**; pertanto i dati emersi dallo studio di *RSL* sono leggermente più cautelativi. Lo spettro medio è stato poi adattato alla tipica forma spettrale semplificata, utilizzando come riferimento i valori della *“media”*. Si rammenta che per il sito di interesse, il valore di ag_{max} su sottosuolo rigido (*P.G.A.0*) per gli SLV è di **0,189 g**.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Bedonia (PR)

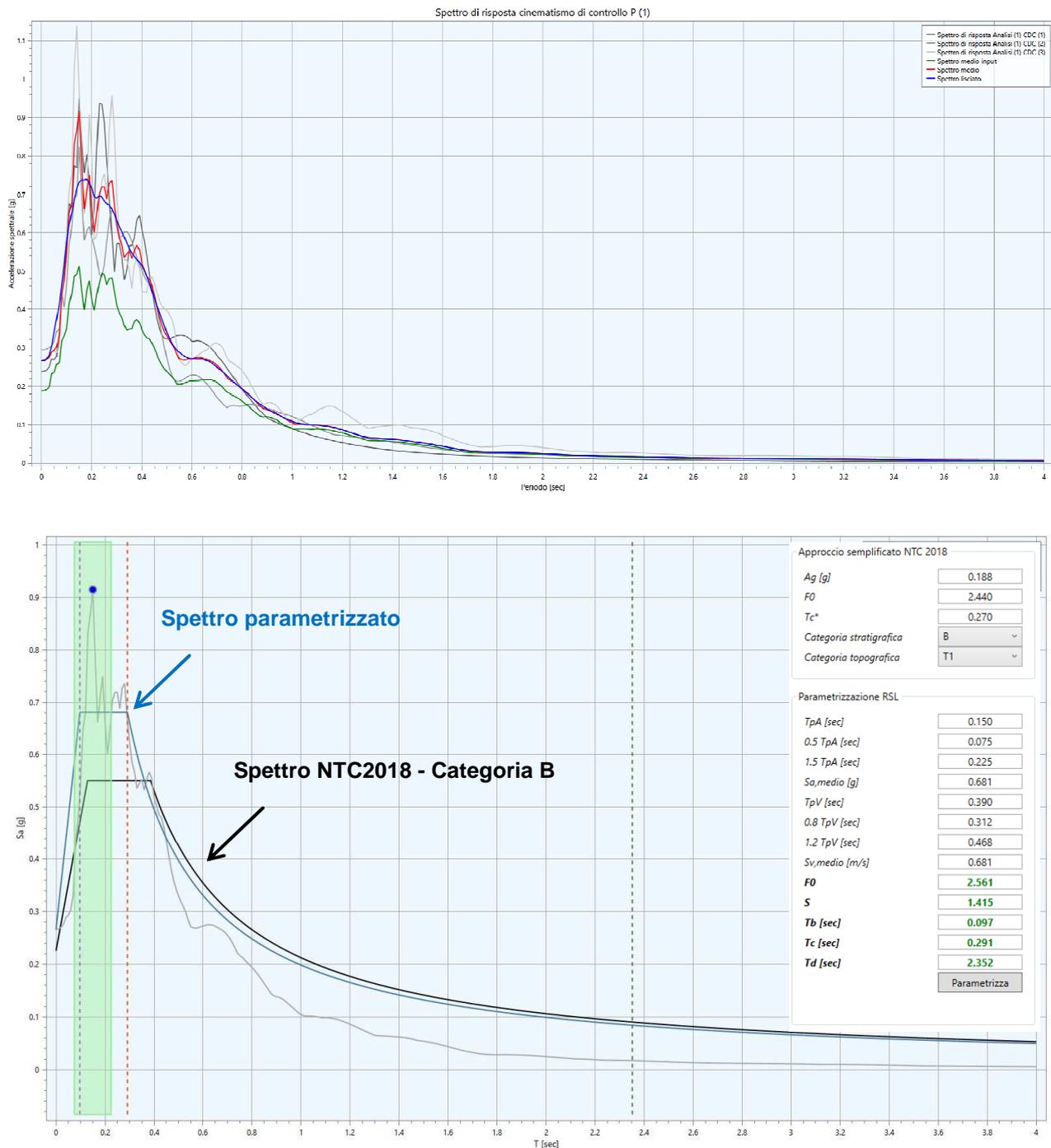


FIG. 32 - SPETTRI DI RISPOSTA ELASTICA IN SUPERFICIE, CALCOLATI PER SLV CON SMORZAMENTO DEL 5%.

SULLA DESTRA SONO INDICATI I VALORI RAPPRESENTATIVI DELLO SPETTRO MEDIO PARAMETRIZZATO SECONDO NORMATIVA (LINEA BLU), CONSIDERANDO UNO SMORZAMENTO DEL 5%; LO SPETTRO RICAVATO CON APPROCCIO SEMPLIFICATO, CHE FA RIFERIMENTO ALLA "CATEGORIA DI SOTTOSUOLO SISMICO" (CATEGORIA B) DETERMINATA SULLA BASE DELLE INDAGINI GEOFISICHE IN SITO, È INVECE RAPPRESENTATO CON LA LINEA NERA.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Bedonia (PR)

2C) Housner Intensity – Intensità di Housner

Nei due grafici raffigurati di seguito vengono rappresentati gli spettri relativi all'intensità di *Housner* negli intervalli $0,1 < SI < 0,5$ e $0,5 < SI < 1,0$.

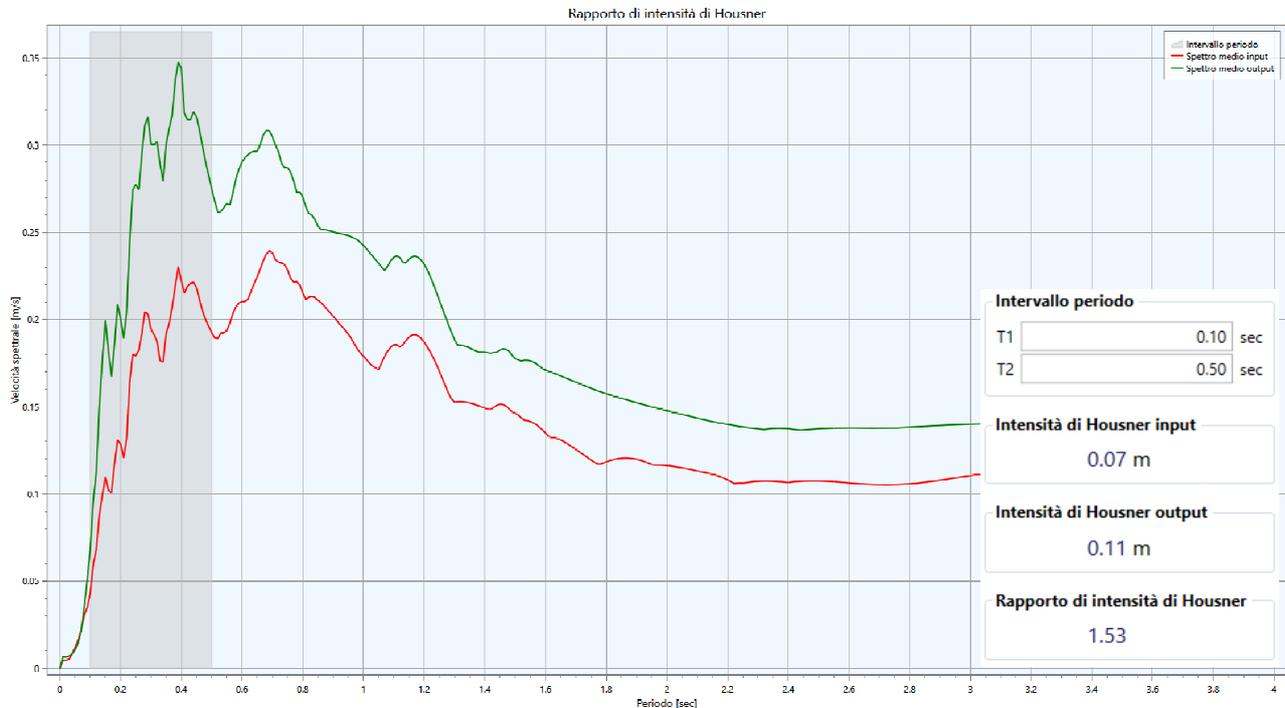


FIG. 33 - INTENSITÀ DI *HOUSNER* NELL'INTERVALLO $0,1 < SI < 0,5$.

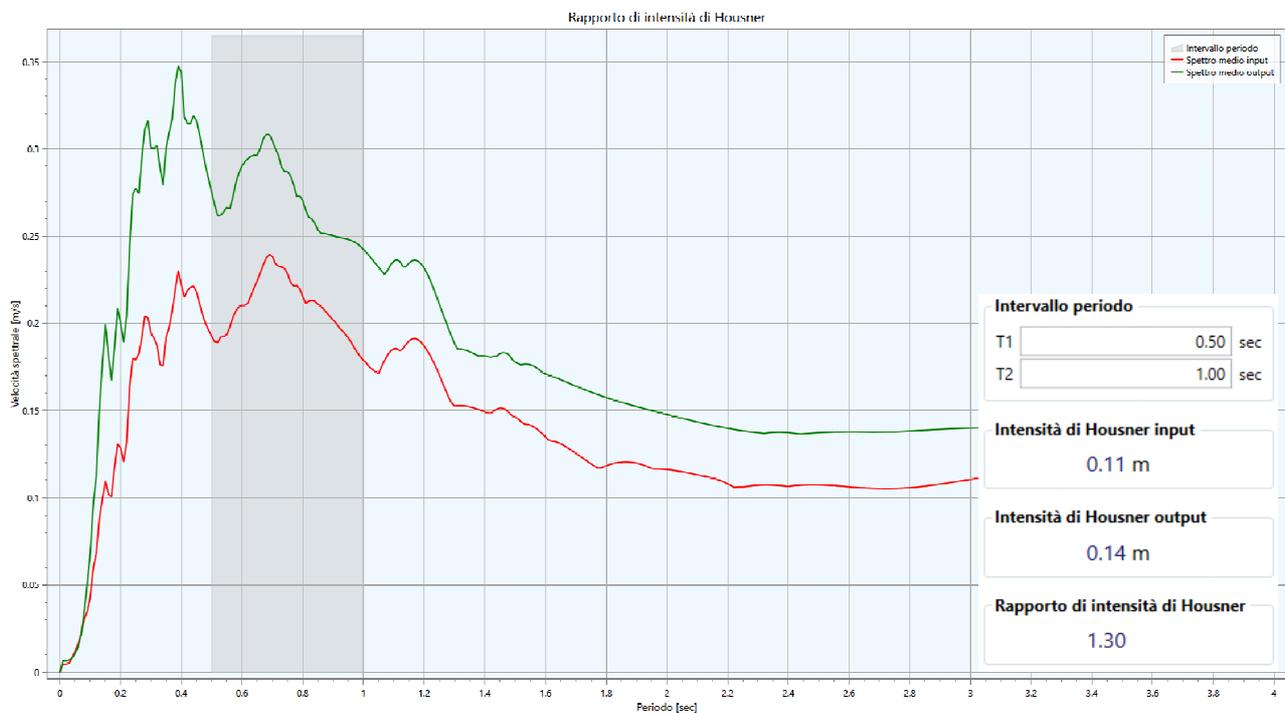


FIG. 34 - INTENSITÀ DI *HOUSNER* NELL'INTERVALLO $0,5 < SI < 1,0$.

3C) P.G.A. Profile - Peak Ground Acceleration Profile

Nella **Fig. 35** viene rappresentata la massima accelerazione per ogni profondità, in unità di gravità (rapporto fra il valore della P.G.A. in superficie e il valore della P.G.A.₀ al bedrock).

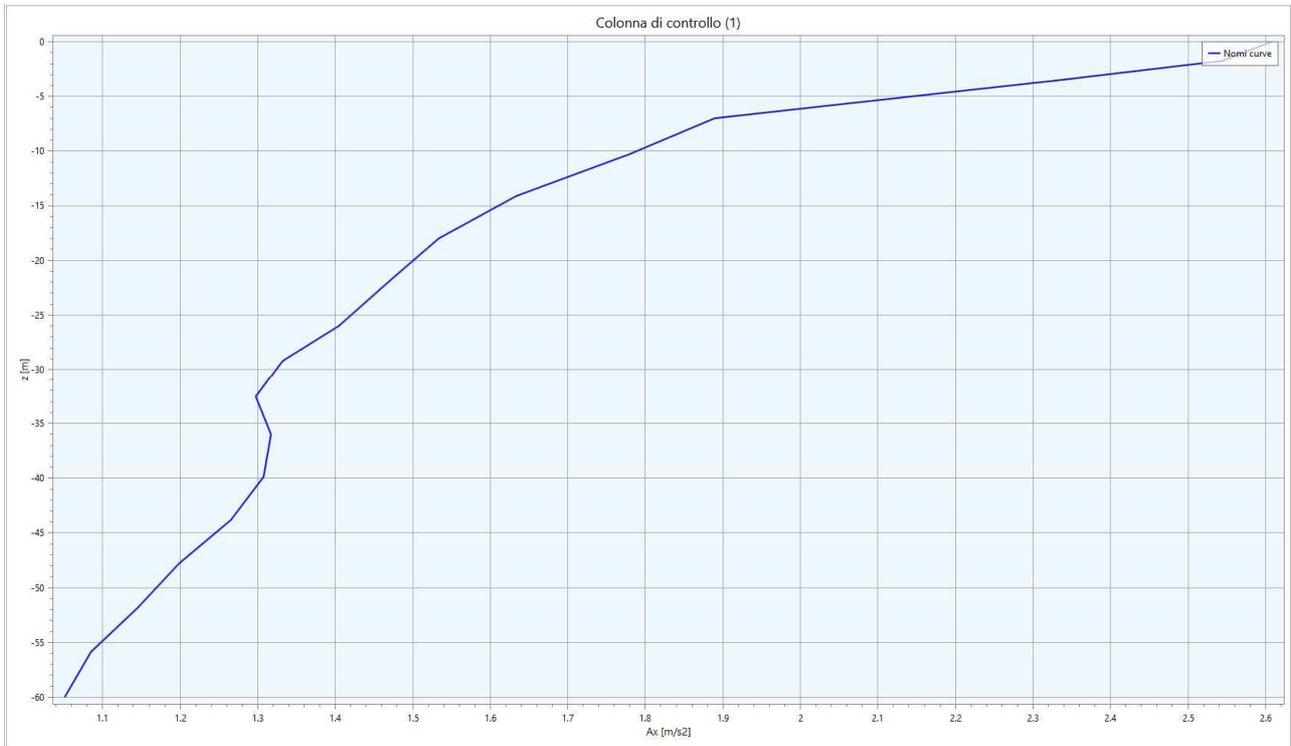


FIG. 35 - P.G.A. PROFILE: SI PUÒ NOTARE UNA MAGGIORE INCIDENZA DEI FENOMENI DI AMPLIFICAZIONE A PARTIRE DAGLI ORIZZONTI PIÙ SUPERFICIALI AVENTI VS INFERIORE (DA 0 A 7M).

Nella tabella sottostante vengono riassunti i valori dei F.A. determinati con l'analisi di RSL di III° livello:

Zona 4 - Ambito Bedonia Centro	
Fattori di amplificazione	RSL
F.A. P.G.A.	1,41
F.A. Is (0.1s < T ₀ < 0.5s)	1,53
F.A. Is (0.5s < T ₀ < 1.0s)	1,30

TAB. 7 – TABELLA RIASSUNTIVA DEI FATTORI DI AMPLIFICAZIONE DELLA "ZONA 4 - AMBITO BEDONIA CENTRO "

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Bedonia (PR)

Zona 7 - Ambito Bedonia Centro

Le indagini di riferimento (secondo il codice identificativo di archiviazione attribuito nel database a corredo di questo studio), utilizzate per la ricostruzione del modello geotecnico-sismico semplificato, rappresentativo della MOPS di interesse, sono le seguenti:

- Indagine n° 034005L32MASW34.

Nella **Fig. 36** sono rappresentati i dati di ingresso al software *LSR 1D* impiegato per le elaborazioni di III° Livello, mentre in **Fig. 37** vengono raffigurati gli spettri di *input* adottati.

Strato	Spessore [m]	ρ [Kg/m ³]	Vs [m/s]	Ni	Modello geotecnico	Colore
1 Strato (1)	0.30	1860.00	180.00	0.45	CHIUSI DELLA VERNA_51015_S4SH	[Yellow]
2 Strato (2)	1.70	1880.00	230.00	0.35	CHIUSI DELLA VERNA_51015_S4SH1	[Orange]
3 Strato (3)	3.50	1910.00	270.00	0.35	CHIUSI DELLA VERNA_51015_S4SH1	[Grey]
4 Strato (4)	4.50	1970.00	335.00	0.35	COMANO_a1q_51030_45005_S2SH1	[Grey]
5 Strato (5)	5.00	2120.00	620.00	0.30	SAN ROMANO_ACC_46027_S3CR2_f	[Grey]
6 Strato (6)	8.00	2150.00	700.00	0.20	SAN ROMANO_ACC_46027_S3CR2_f	[Dark Grey]

FIG. 36 - SCHERMATA DI INPUT TRATTE DAL SOFTWARE "LSR 1D", DOVE VIENE DEFINITO IL MODELLO SISMO-STRATIGRAFICO DEL SITO DI INTERESSE: ZONA 7 - AMBITO BEDONIA CENTRO.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Bedonia (PR)

SPETTRI DI INPUT

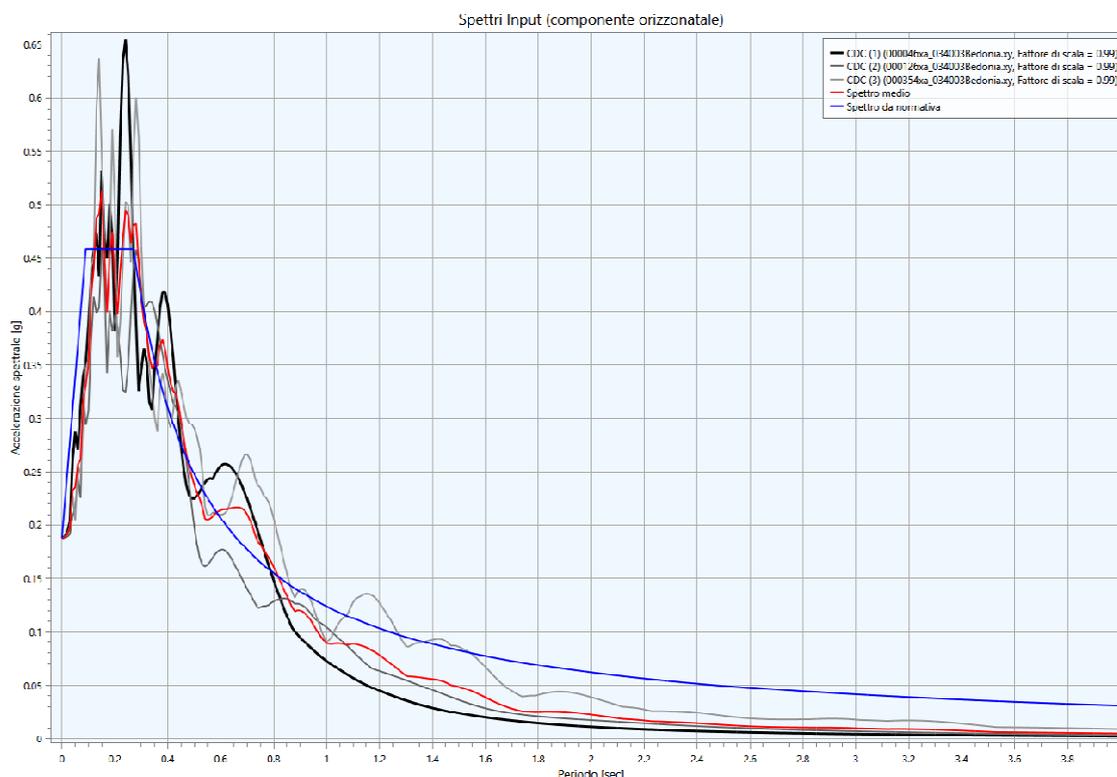


FIG. 37 - SPETTRI DI RISPOSTA ELASTICA AL BEDROCK, CALCOLATI PER SLV CON SMORZAMENTO DEL 5%.

1D) Acceleration Response Spectrum - Spettri di risposta in accelerazione

Sulla base delle indagini geofisiche effettuate, si è calcolato un valore di V_{s30} pari a **471 m/s**, con il quale viene attribuita ai terreni in esame la “**Categoria B**” “**Categoria B**”. Osservando in dettaglio il grafico (Cfr. **Fig. 38** si può notare come il valore dello spettro medio si vada a collocare al di sopra di quello semplificato di **categoria B**; pertanto i dati emersi dallo studio di RSL sono leggermente più cautelativi. Lo spettro medio è stato poi adattato alla tipica forma spettrale semplificata, utilizzando come riferimento i valori della “*media*”. Si rammenta che per il sito di interesse, il valore di ag_{max} su sottosuolo rigido ($P.G.A.0$) per gli SLV è di **0,189 g**.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Bedonia (PR)

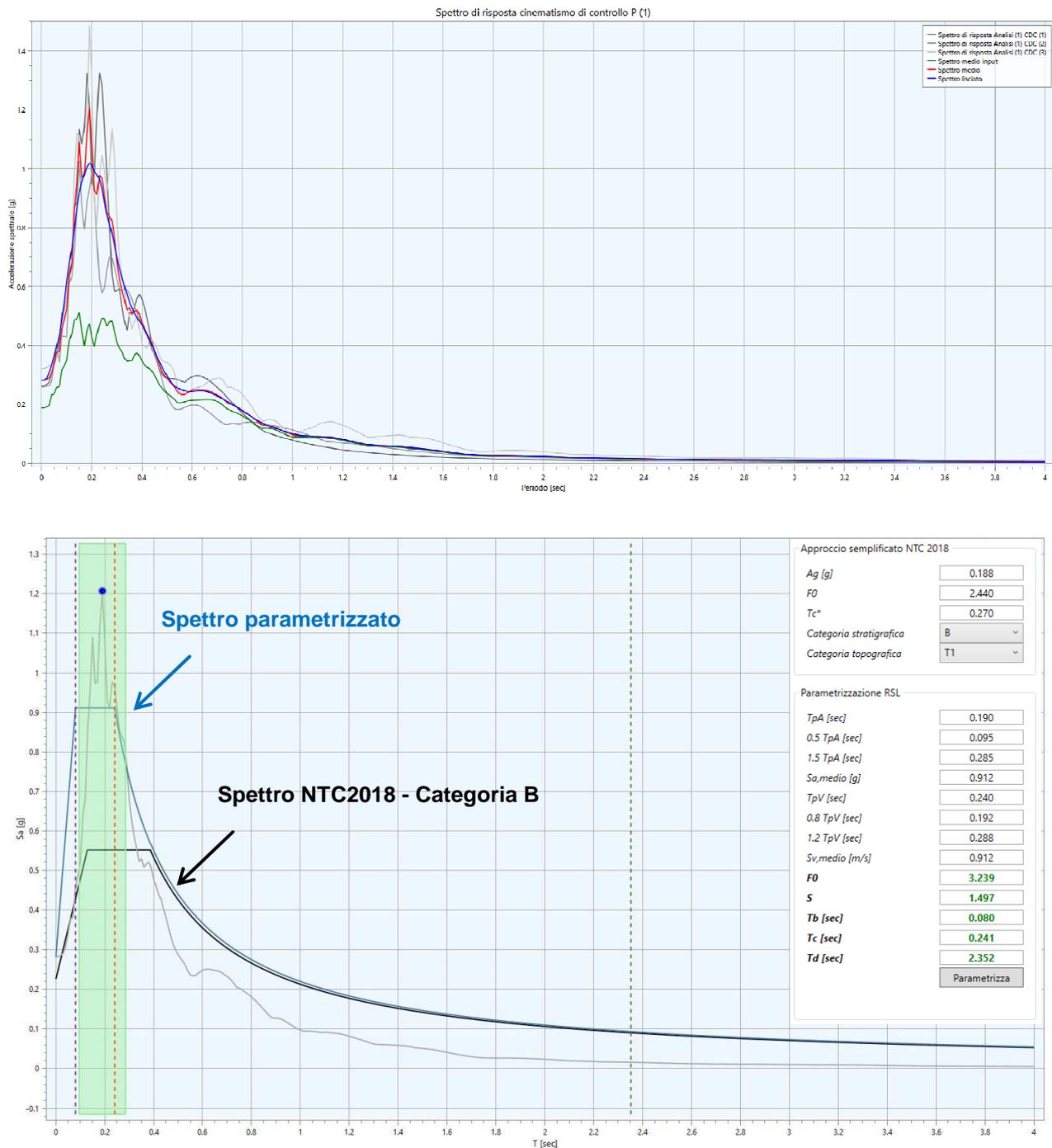


FIG. 38 - SPETTRI DI RISPOSTA ELASTICA IN SUPERFICIE, CALCOLATI PER SLV CON SMORZAMENTO DEL 5%.

SULLA DESTRA SONO INDICATI I VALORI RAPPRESENTATIVI DELLO SPETTRO MEDIO PARAMETRIZZATO SECONDO NORMATIVA (LINEA BLU), CONSIDERANDO UNO SMORZAMENTO DEL 5%; LO SPETTRO RICAVATO CON APPROCCIO SEMPLIFICATO, CHE FA RIFERIMENTO ALLA "CATEGORIA DI SOTTOSUOLO SISMICO" (CATEGORIA B) DETERMINATA SULLA BASE DELLE INDAGINI GEOFISICHE IN SITO, È INVECE RAPPRESENTATO CON LA LINEA NERA.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Bedonia (PR)

2D) Housner Intensity – Intensità di Housner

Nei due grafici raffigurati di seguito vengono rappresentati gli spettri relativi all'intensità di *Housner* negli intervalli $0,1 < SI < 0,5$ e $0,5 < SI < 1,0$.

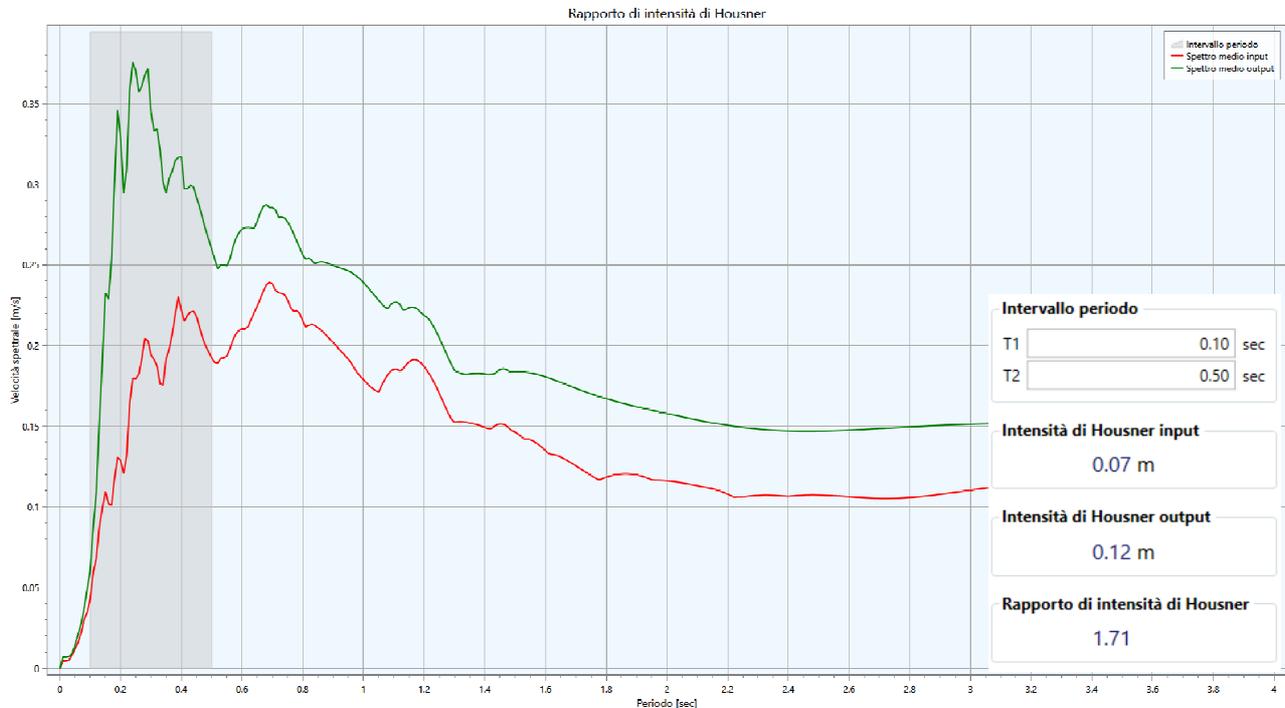


FIG. 39 - INTENSITÀ DI *HOUSNER* NELL'INTERVALLO $0,1 < SI < 0,5$.

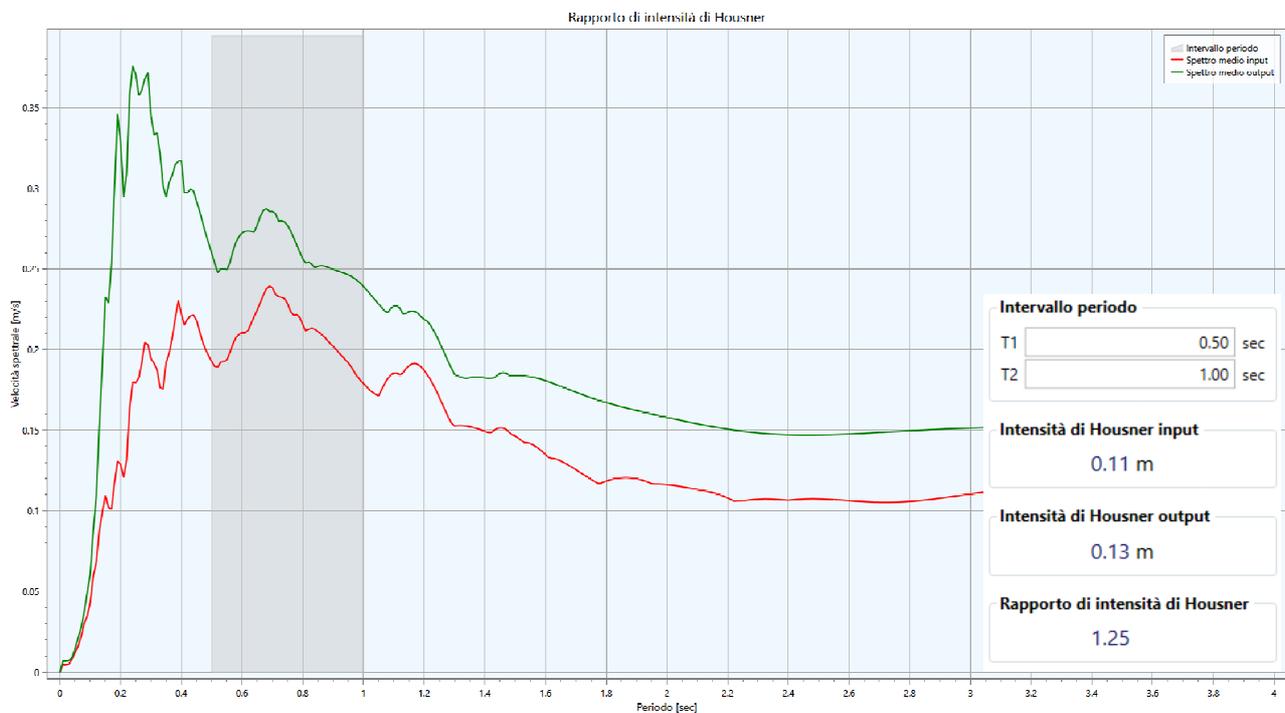


FIG. 40 - INTENSITÀ DI *HOUSNER* NELL'INTERVALLO $0,5 < SI < 1,0$.

3D)P.G.A. Profile - Peak Ground Acceleration Profile

Nella **Fig. 41** viene rappresentata la massima accelerazione per ogni profondità, in unità di gravità (rapporto fra il valore della P.G.A. in superficie e il valore della P.G.A.₀ al bedrock).

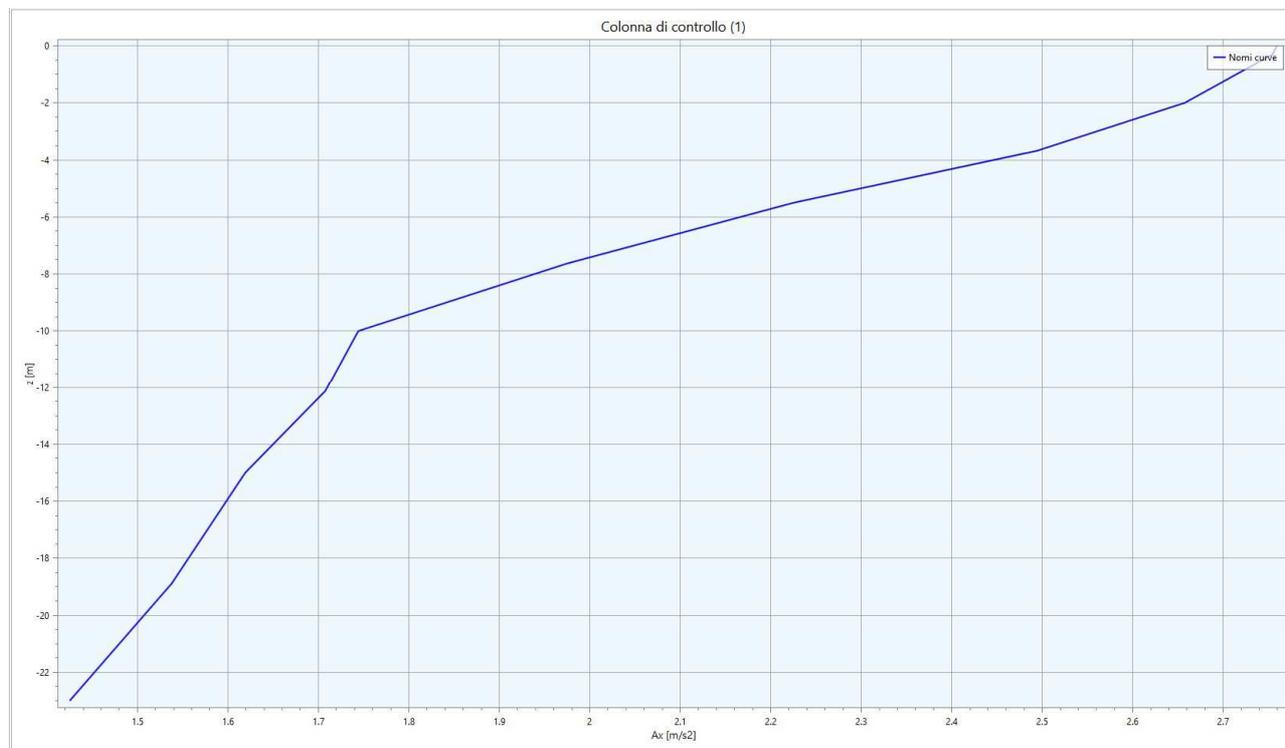


FIG. 41 - P.G.A. PROFILE: SI PUÒ NOTARE UNA MAGGIORE INCIDENZA DEI FENOMENI DI AMPLIFICAZIONE A PARTIRE DAGLI ORIZZONTI PIÙ SUPERFICIALI AVENTI VS INFERIORE (DA 0 A 10M).

Nella tabella sottostante vengono riassunti i valori dei F.A. determinati con l'analisi di RSL di III° livello:

Zona 7 - Ambito Bedonia Centro	
Fattori di amplificazione	RSL
F.A. P.G.A.	1,48
F.A. Is (0.1s < T ₀ < 0.5s)	1,71
F.A. Is (0.5s < T ₀ < 1.0s)	1,25

TAB. 8 – TABELLA RIASSUNTIVA DEI FATTORI DI AMPLIFICAZIONE DELLA "ZONA 7 - AMBITO BEDONIA CENTRO"

5.2. Verifica di stabilità

Nel settore orientale dell'Ambito "Bedonia Centro", in località Pensamora si osserva la presenza di un fenomeno franoso quiescente di tipo complesso, che interessa infrastrutture ed abitazioni e che prevede, secondo i criteri adottati negli studi di III livello, una verifica di stabilità per determinare lo spostamento del corpo di frana in condizioni dinamiche.

Pertanto su quest'area, oltre all'analisi di riposta sismica locale illustrata nel capitolo precedente, è stata eseguita analisi di stabilità di versante come di seguito illustrato.

5.2.1 Metodo di Verifica

La valutazione dei fattori di sicurezza alla stabilità è stata condotta mediante il programma di calcolo **SLOPE** della **GEOSTRU**. In particolare, in questa sede si è fatto riferimento al metodo di *Jambu*, che prevede l'utilizzo di superfici di scivolamento di forma qualsiasi.

Il metodo di *Jambu* è un semplice, ma accurato, metodo per l'analisi di stabilità dei pendii, basato sul principio dell'equilibrio limite e delle strisce, pertanto viene considerato l'equilibrio di una potenziale massa di terreno in scivolamento suddivisa in n strisce verticali di spessore sufficientemente piccolo da ritenere ammissibile l'assunzione che lo sforzo normale N_i agisce nel punto medio della base della striscia.

Le equazioni da prendere in considerazione sono:

- L'equazione di equilibrio alla traslazione orizzontale del singolo concio;
- L'equazione di equilibrio alla traslazione verticale del singolo concio;
- L'equazione di equilibrio dei momenti.

Il fattore di sicurezza risulta calcolato dalla seguente formula:

$$F = \frac{\sum \{c_i \times b + (W_i - u_i \times b_i + \Delta X_i) \times \tan \varphi_i\} \times \frac{\sec^2 \alpha_i}{1 + \tan \alpha_i \times \tan \varphi_i / F}}{\sum W_i \times \tan \alpha_i}$$

in cui i diversi parametri assumono i significati descritti in **Fig. 42**.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Bedonia (PR)

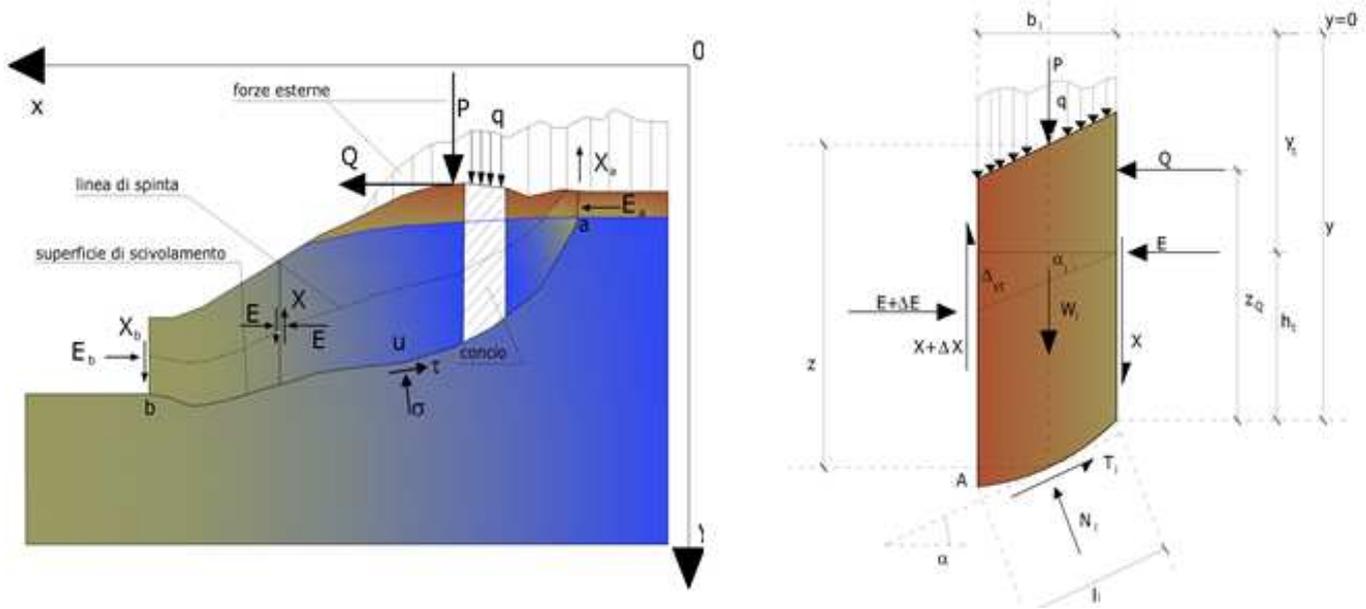


FIG. 42 - AZIONI SUL CONCIO I-ESIMO SECONDO LE IPOTESI DI JANBU E RAPPRESENTAZIONE D'INSIEME DELL'AMMASSO

Il metodo di *Janbu*, inoltre, introduce un metodo per la correzione del fattore di sicurezza in funzione della forma della frana e dei parametri geotecnici:

$$F_{\text{corretto}} = f_0 \times F$$

dove f_0 è riportato in grafici funzione di geometria e parametri geotecnici (Cfr. **Fig. 43**). Tale correzione è molto attendibile per pendii poco inclinati, come quello che caratterizza l'area di interesse.

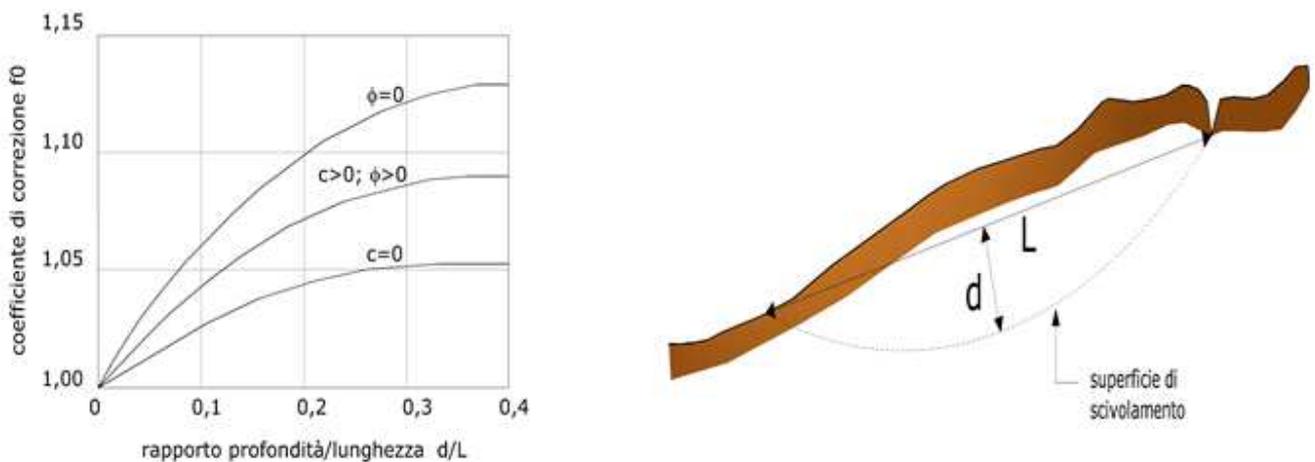


FIG. 43 - CORREZIONE DEL FATTORE DI SICUREZZA IN FUNZIONE DELLA FORMA DELLA FRANA E DEI PARAMETRI GEOTECNICI

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Bedonia (PR)

La stabilità nei confronti dell'azione sismica viene verificata con il metodo pseudostatico considerando un incremento della spinta a tergo del blocco dovuta all'accelerazione (verticale ed orizzontale) provocata dal sisma stesso. Tali valori dell'accelerazione provocata dal sisma sono valutati come una frazione dell'accelerazione di gravità g e i coefficienti moltiplicatori di g (K_x e K_y) variano con le caratteristiche sismiche della zona. Per i terreni che sotto l'azione di un carico ciclico possono sviluppare pressioni interstiziali elevate viene considerato un aumento in percento delle pressioni neutre che tiene conto di questo fattore di perdita di resistenza.

Ai fini della valutazione dell'azione sismica vengono quindi considerate le seguenti forze:

$$F_H = K_x W$$

$$F_V = K_y W$$

Essendo F_H e F_V rispettivamente la componente orizzontale e verticale della forza d'inerzia applicata al baricentro di ogni concio, W il peso del concio e K_x e K_y i coefficienti sismici orizzontale e verticale già introdotti in precedenza.

Gli effetti dello spostamento indotto dal sisma sono stati calcolati con il metodo di *Newmark*.

L'analisi alla *Newmark* è un metodo di analisi numerica utile alla definizione dello spostamento di una frana potenziale, considerata come un blocco rigido disposto su un pendio, imponendo le forze dinamiche (sisma) agenti sul blocco stesso. In sostanza il metodo valuta lo spostamento di un blocco di massa pari a quella del corpo in frana, sottoposto alla accelerazione indotta dal sisma (Cfr. **Fig. 44**).

Una volta definita la superficie di scorrimento il programma utilizzato (**QSIM** della **GEOSTRU**) definisce l'accelerazione critica che determina il movimento del blocco equivalente al volume della frana e successivamente confronta tale valore con l'accelerogramma del sito per valutare per quanto tempo il blocco rimane in condizioni di accelerazione superiori a quella critica (Cfr. **Fig. 45**).

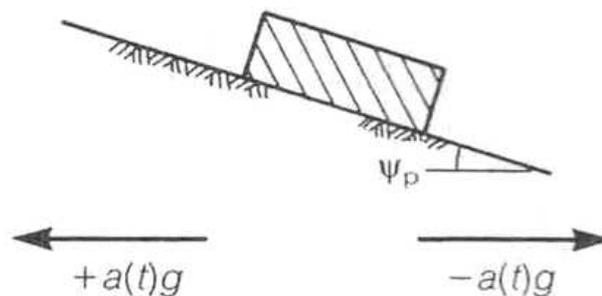


FIG. 44 - SCHEMATIZZAZIONE DEL METODO DI NEWMARK

Il calcolo degli spostamenti permanenti avviene attraverso la doppia integrazione (accelerazione>>velocità>>spostamento) delle porzioni dell'accelerogramma che supera il valore di accelerazione critica (al di sopra del quale si ha instabilità).

In pratica il programma calcola lo spostamento massimo per ciascun accelerogramma considerato di riferimento, per la porzione di pendio di cui il metodo pseudostatico ha definito il fattore di sicurezza minimo.

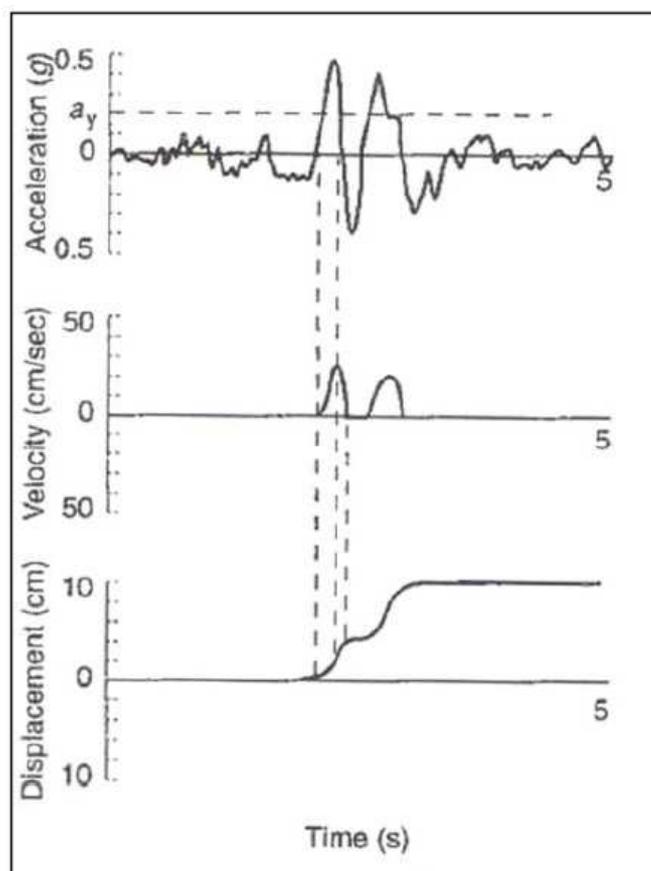


FIG. 45 - ESEMPLIFICAZIONE DELLA METODOLOGIA DI NEWMARK, CON DOPPIA INTEGRAZIONE DELL'ACCELEROGRAMMA

5.2.2 Le ipotesi verificate

Le verifiche sono state effettuate in corrispondenza della zona di attenzione per instabilità di versante localizzata nel settore orientale del Capoluogo in località Pensamora, sulla parte bassa del versante in destra idrografica del Rio Pelpirana.

Gli approfondimenti sono stati condotti attraverso l'analisi delle seppur scarse informazioni stratigrafiche integrate dai dati desunti durante la realizzazione di una indagine sismica tipo MASW. Le indagini hanno permesso di valutare lo spessore medio del corpo di frana, pari a 10 metri, ma non di ricavare parametri geotecnici affidabili dei materiali coinvolti, necessari per eseguire la verifica di stabilità in condizioni sismiche.

Per questo motivo si è preferito procedere con una metodologia di verifica mediante *back analysis*: definita la superficie di scorrimento della frana sulla base dell'indagine sismica, si è effettuata una verifica in condizioni non sismiche che ha fornito le coppie dei parametri geotecnici ϕ' e c' che determinano un coefficiente di sicurezza $F_s=1$ (Cfr. **Fig. 46**), imponendo una falda a circa 3,00 m dal piano campagna, ipotesi severa e a favore di sicurezza.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Bedonia (PR)

Considerato che si tratta di una frana quiescente, il cui coefficiente di sicurezza non è noto, ma che deve risultare $F_s \geq 1$, si è quindi proceduto con successive verifiche, aumentando progressivamente i parametri di resistenza al taglio ottenendo fattori di sicurezza crescenti.

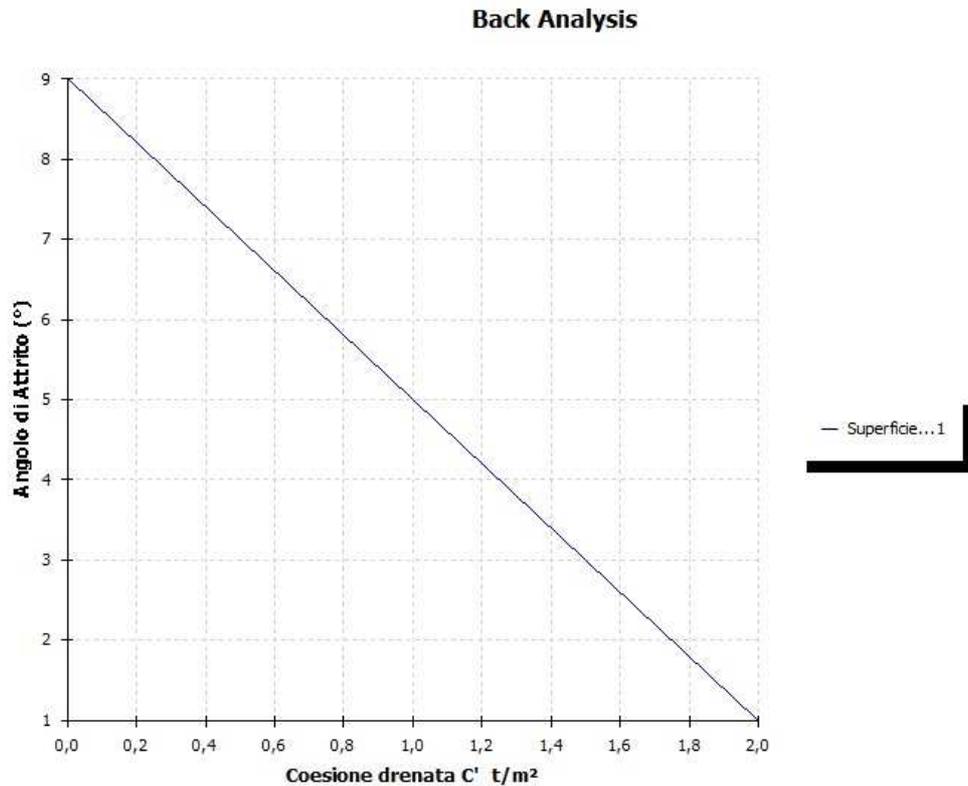


FIG. 46 –BACK ANALYSIS EFFETTUATA IN CORRISPONDENZA DELLA FRANA SITA IN LOCALITÀ PANSAMORA

Successivamente è stata calcolata l'accelerazione critica ed è quindi stata effettuata l'analisi dinamica.

La verifica dinamica è stata effettuata per i tre accelerogrammi forniti dalla regione Emilia Romagna, già descritti nel paragrafo **5.1.3**, opportunamente scalati mediante i metodi della risposta sismica locale (accelerogrammi di output di "**LSR 1D**").

I valori di spostamento del corpo di frana calcolati utilizzando gli accelerogrammi proposti dalla regione Emilia Romagna correttamente scalati e modificati, sono i seguenti: M1 (7,70 cm), M2 (1,96 cm) e M3 (12,61 cm)

Nella Carta di microzonazione sismica che saranno descritte nel paragrafo **5.3**, il valore di spostamento riportato è quello massimo registrato (12,61 cm) con $F_s=1$.

Di seguito si riportano in modo sintetico la rappresentazione grafica della sezione analizzata e gli accelerogrammi risultanti dalle verifiche eseguite.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Bedonia (PR)

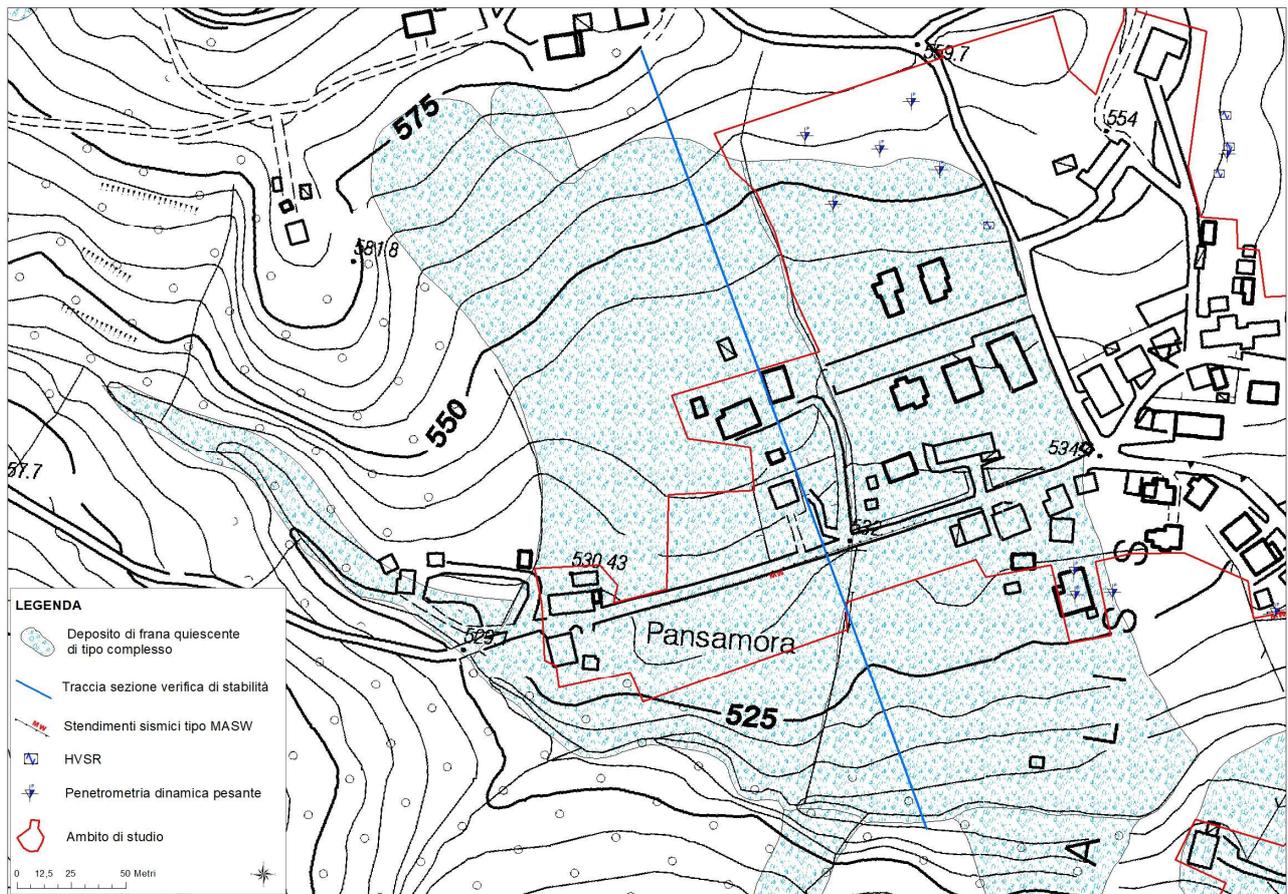


FIG. 47 – UBICAZIONE DELLA SEZIONE ANALIZZATA

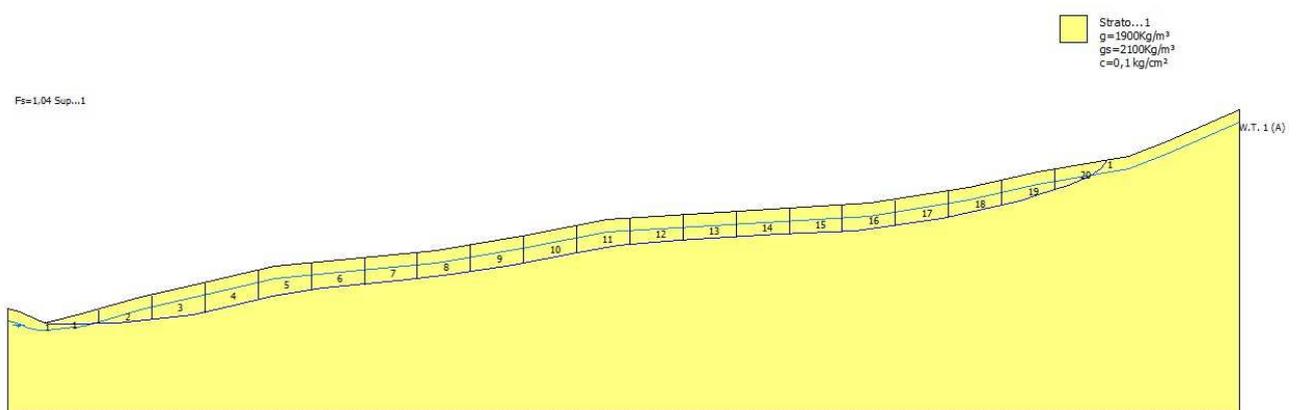
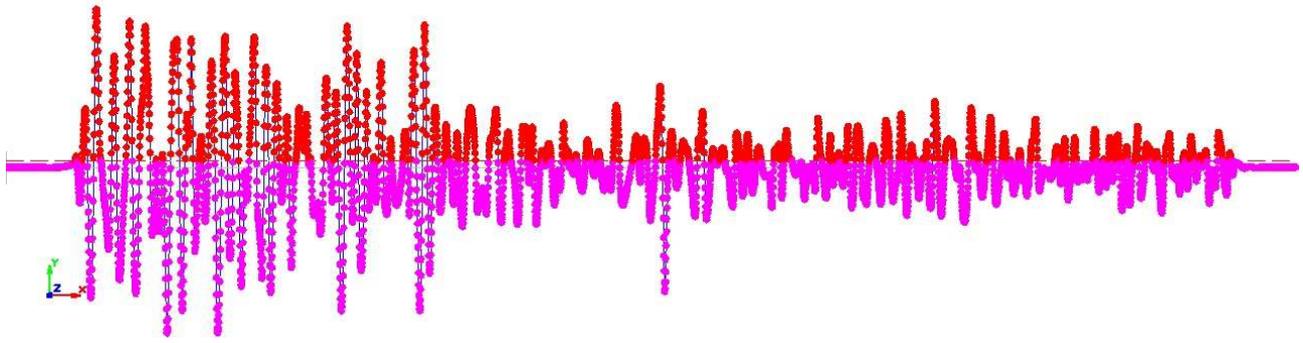


FIG. 48 – SEZIONE ANALIZZATA CON SUDDIVISIONE IN CONCI DEL CORPO DELLA FRANA DI BEDONIA - PANSAMORA

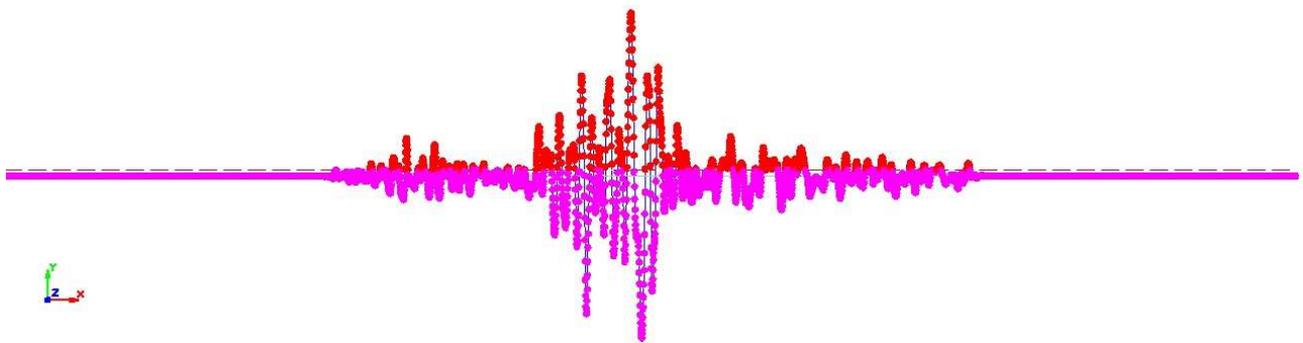
RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

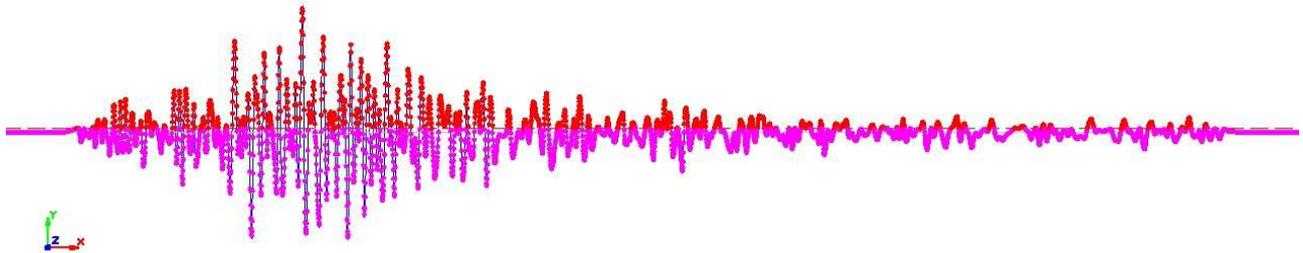
Comune di Bedonia (PR)



Sisma M1 da Regione Emilia-Romagna



Sisma M2 da Regione Emilia-Romagna



Sisma M3 da Regione Emilia-Romagna

5.3. Carte di microzonazione sismica

Gli elaborati conclusivi del presente studio sono rappresentati dalle Carte di microzonazione sismica, anch'esse redatte alla scala 1:5.000, nelle quali sono raffigurate le amplificazioni sismiche stimate, le zone di attenzione e quelle suscettibili di instabilità, presenti all'interno degli ambiti di studio.

L'amplificazione è stata calcolata in termini di rapporto di accelerazione massima orizzontale ($PGA/PGA0$) sia di rapporto di Intensità di *Housner* ($SI/SI0$) per prefissati intervalli di periodi.

In corrispondenza delle zone **1**, **3**, e **4** individuate nelle *MOPS*, limitatamente all'ambito "*Bedonia Centro*", sulla base dei risultati ottenuti nel corso dell'esecuzione di indagini geognostiche, sismiche e di laboratorio, sono stati eseguiti approfondimenti di III° Livello che hanno permesso il calcolo dei suddetti fattori di amplificazione.

Allo stesso modo, alla zona suscettibile d'instabilità di versante situata al confine nord-occidentale dell'ambito "*Bedonia Centro*" (**Zona 7**), sono stati attribuiti i fattori di amplificazione desunti con l'analisi approfondita di terzo livello descritta nel paragrafo **5.1**, inserendo all'interno del database i vari spettri rappresentativi, in accelerazione e in velocità. Sempre all'interno di tale area, oltre ai fattori di amplificazione è stato inoltre indicato lo spostamento massimo atteso (*FRT*) stimato come illustrato nel paragrafo **5.2**.

Nelle zone in cui non sono stati effettuati gli approfondimenti di III° Livello (**zone 2, 6 e 8**) la stima dell'amplificazione stratigrafica è stata effettuata tramite procedure semplificate (utilizzo di abachi definiti dalla *DGR 2193/2015*). Allo stesso modo, per le **zone 1, 3 e 4** individuate negli altri ambiti (*Cavadasca-Ceio*, *Forana-Borio* e *Piane di Carniglia*) si è ritenuto opportuno ricalcolare i fattori di amplificazione, impiegando abachi aggiornati.

Nel dettaglio, in relazione alle caratteristiche stratigrafiche riscontrate nel sottosuolo degli ambiti di studio, sono state impiegate unicamente le seguenti tabelle, contenute nell'*Allegato 2* degli indirizzi regionali:

- Tabelle riportate in **Tab. 9**, rappresentative di un profilo stratigrafico di tipo APPENNINO costituito da depositi di copertura, con spessori fino a 50 metri, sovrastanti il substrato marino non rigido (depositi marini caratterizzati da $V_s < 800\text{m/s}$).
- Tabella riportata in **Tab. 10** relativa ad un profilo stratigrafico tipo APPENNINO, caso substrato marino non rigido affiorante o sub affiorante (ovvero depositi marini caratterizzati da $V_s < 800\text{m/s}$, con spessore della copertura o della coltre di alterazione inferiore a 2,50 m).

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Bedonia (PR)

	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

Tabella 4: Substrato marino caratterizzato da $V_s < 800m/s$. Fattori di Amplificazione **PGA**. Colonna 1 $H(m)$, riga 1 $V_{sH}(m/s)$

	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

Tabella 5: Substrato marino caratterizzato da $V_s < 800m/s$. Fattori di Amplificazione **SI1** ($0.1s \leq T_0 \leq 0.5s$). Colonna 1 $H(m)$, riga 1 $V_{sH}(m/s)$

	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

Tabella 6: Substrato marino caratterizzato da $V_s < 800m/s$. Fattori di Amplificazione **SI2** ($0.5s \leq T_0 \leq 1.0s$). Colonna 1 $H(m)$, riga 1 $V_{sH}(m/s)$ **TAB. 9 – TABELLE UTILIZZATE PER LA STIMA DI F.A. PER APPENNINO CARATTERIZZATO DA DEPOSITI DI COPERTURA, CON SPESSORI FINO A 50 METRI, SOVRASTANTI IL SUBSTRATO MARINO NON RIGIDO (DEPOSITI MARINI CARATTERIZZATI DA $V_s < 800m/s$)**

$V_{s30}(m/s) \rightarrow$	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
F.A. PGA					1.9	1.8	1.6	1.4	1.2	1.1
F.A. SI1					1.9	1.7	1.6	1.4	1.3	1.2
F.A. SI2					1.5	1.5	1.4	1.4	1.3	1.3

Tabella 7: Substrato marino caratterizzato da $V_s < 800m/s$ affiorante. Fattori di Amplificazione **PGA**, **SI1** e **SI2****TAB. 10 – TABELLE UTILIZZATE PER LA STIMA DI F.A. PER APPENNINO, CASO SUBSTRATO MARINO NON RIGIDO AFFIORANTE O SUB AFFIORANTE (OVVERO DEPOSITI MARINI CARATTERIZZATI DA $V_s < 800m/s$, CON SPESSORE DELLA COPERTURA O DELLA COLTRE DI ALTERAZIONE INFERIORE A 2,50 M**

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Bedonia (PR)

Nella tabella rappresentata di seguito vengono riportati sia i fattori di amplificazione desunti dagli abachi regionali, che quelli ottenuti con approfondimenti di III° Livello secondo le procedure descritte nel paragrafo 5.1.

Zona	Livello di approfondimento	F.A. P.G.A.	F.A. I_s ($0.1s < T_0 < 0.5s$)	F.A. I_s ($0.5s < T_0 < 1.0s$)
2001 - Ambito Bedonia Centro	3	1.59	1.52	2.27
2001 - Altri ambiti	2	1.6	1.6	1.4
2002	2	1.4	1.4	1.4
2003 - Ambito Bedonia Centro	3	1.91	2.04	1.35
2004 - Ambito Bedonia Centro	3	1.41	1.53	1.3
2004 - Altri ambiti	2	1.6	1.5	1.4
2005	2	2	1.9	1.4
2006 - Ambito Bedonia Centro	2	2	1.9	1.4
2007 - Ambito Bedonia Centro	3	1.49	1.71	1.25
2008 - Ambito Bedonia Centro	2	2	1.9	1.4

TAB. 11– VALORI DEI FATTORI DI AMPLIFICAZIONE SISMICA

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

Parametro di amplificazione ²⁹	Simbolo
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. 49 – LEGENDA ADOTTATA PER L'ACCORPAMENTO DEI FATTORI DI AMPLIFICAZIONE NELLE ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI LOCALI

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Bedonia (PR)

Nelle stesse carte sono state raffigurate anche le zone di attenzione, rappresentate da un retino con righe oblique di colore nero sovrapposto a un colore di fondo derivante dal fattore di amplificazione calcolato con gli abachi; inoltre nelle aree sulle quali sono stati effettuati approfondimenti di III° Livello (zone suscettibili di instabilità di versante) sono stati indicati il parametro che quantifica tali fenomeni: ovvero, il massimo movimento (FRT, in centimetri). Questo è stato assunto, cautelativamente, uguale al massimo tra i valori calcolati come descritto nel paragrafo **5.2.2**. In funzione del valore dello spostamento massimo calcolato pari a 12,61 cm, in legenda è stato indicato un retino trasparente con triangoli pieni posto al di sopra a un colore di fondo dato dal fattore di amplificazione determinato con Risposta Sismica Locale.

Infine, nelle zone suscettibili d'instabilità esterne all'ambito di "*Bedonia Centro*", non interessate nel presente studio da approfondimenti di II° e III° Livello, non è stato calcolato alcun fattore di amplificazione, ed è stata mantenuta la rappresentazione grafica stabilita dagli *standard versione 3.0*.

6. BIBLIOGRAFIA

- *PIANO TERRITORIALE DI COORDINAMENTO PROVINCIALE (PTCP) DELLA PROVINCIA DI PARMA - VARIANTE DI ADEGUAMENTO ALLA NORMATIVA SISMICA REGIONALE (L.R. n.19/2008 "Norme per la Riduzione dei Rischio Sismico"). Variante approvata dal Consiglio Provinciale con delibera n.23 del 17.04.2013.*
- *PIANO TERRITORIALE DI COORDINAMENTO PROVINCIALE (PTCP) DELLA PROVINCIA DI PARMA - VARIANTE SPECIFICA - AGGIORNAMENTO DELLA CARTA DEL DISSESTO (ai sensi dell'art.27bis della L.R. 20/2000 e s.m.i.). Variante approvata dal Consiglio Provinciale con delibera n. 41 del 25.07.2016*
- *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*
- *STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA (I° E II° LIVELLO DI APPROFONDIMENTO) DEL COMUNE DI BEDONIA (Dott. Geol. Gabriele Oppo, 2014).*
- *Ingegneria sismica - Anno XXVIII - n. 2 - 2011 "INDIRIZZI DI MICROZONAZIONE SISMICA"*
- *Locati M., Camassi, R. e Stucchi M. (2011) BDMI11, LA VERSIONE 2011 DEL DATABASE MICROSISMICO ITALIANO. Milano,Bologna, <http://Emidius.mi.ingv.it/DBMI11>*
- *Albarelo 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*
- *Marcellini A., Martelli L, Tenta A., Daminelli R. - L'AMPLIFICAZIONE SISMICA NEGLI "INDIRIZZI PER GLI STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA IN EMILIA-ROMAGNA PER LA PIANIFICAZIONE TERRITORIALE E URBANISTICA" (2009)*
- *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.*

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Bedonia (PR)

- *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*
- *CARTA GEOLOGICA DELLA REGIONE EMILIA-ROMAGNA – PROGETTO CARG (Servizio Geologico Sismico e dei Suoli – Regione Emilia Romagna)*

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Bedonia (PR)

7. ALLEGATI

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

Elaborato 1	Carta delle indagini	scala 1:5.000
Elaborato 1.a	Carta delle indagini raccolte nello studio	scala 1:15.000
Elaborato 2	Carta geologico - tecnica per la microzonazione sismica	scala 1:5.000
Elaborato 3	Carta delle frequenze	scala 1:5.000
Elaborato 4	Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica	scala 1:5.000
Elaborato 5	Carta delle velocità delle onde di taglio S (Vs)	scala 1:5.000
Elaborato 6.a	Carta delle microzonazione sismica FA_{PGA}	scala 1:5.000
Elaborato 6.b	Carta delle microzonazione sismica $FA_{Is\ 0,1s < T_0 < 0,5\ s}$	scala 1:5.000
Elaborato 6.c	Carta delle microzonazione sismica $FA_{Is\ 0,5s < T_0 < 1,0\ s}$	scala 1:5.000
Elaborato 7	Sondaggi a carotaggio continuo	
Elaborato 8	Analisi di laboratorio	
Elaborato 9	Prove sismiche	

Borgo Val di Taro, 15/09/2018

Il tecnico incaricato

Dott. Geol. Gabriele Oppo