



PROVINCIA DI PARMA

S.P. 359R DI SALSOMAGGIORE E BARDI - RIQUALIFICA FUNZIONALE E
MIGLIORAMENTO DEL TRATTO STRADALE TRA BEDONIA E LOC. MONTEVACA

INTERVENTI INDIVIDUATI TRA IL KM 88+000 ED IL KM 90+000

INTERVENTI PUNTUALI DI MESSA IN SICUREZZA DELLA CARREGGIATA STRADALE ALLA PROGRESSIVA MEDIA KM 88+000

CUP D33D19000120003

PROGETTO ESECUTIVO

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

ARCH. GLORIA RESTEGHINI

RESPONSABILE DEL SERVIZIO VIABILITÀ E INFRASTRUTTURE

ING. GIANPAOLO MONTEVERDI

PROGETTISTI

ING. FILIPPO VIARO
ARCH. SERGIO BECCARELLI
ING. PAOLO CORCHIA



GEOLOGIA

DOTT. GEOL. CARLO CALEFFI
DOTT. GEOL. FRANCESCO CERUTTI

DESCRIZIONE:
STUDI SPECIALISTICI
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

TAV. N°:
PE.02.01.01

SCALA:

DATA:
GIUGNO 2020

REVISIONE: DATA: OGGETTO:



INDICE

1. PREMESSE	2
1.1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	2
1.2. UBICAZIONE E DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI	3
1.3. PARAMETRI DI PROGETTO	4
2. DOCUMENTAZIONE PREGRESSA	5
2.1. STUDI REGIONALI	5
2.2. STUDI PROVINCIALI	6
2.3. STUDI COMUNALI	6
3. INQUADRAMENTO TERRITORIALE	7
3.1. GEOLOGIA	7
3.2. GEOMORFOLOGIA	8
3.3. IDROGEOLOGIA	12
4. CARATTERISTICHE LITOSTRATIGRAFICHE E GEOTECNICHE	14
5. ASPETTI SISMICI	15
5.1. SISMICITÀ STORICA DEL TERRITORIO	15
5.2. CLASSIFICAZIONE SISMICA	17
5.3. CATEGORIA DI SOTTOSUOLO E AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA	19
5.4. RISCHIO DI LIQUEFAZIONE	26
6. POTENZIALI CAVE DI PRESTITO	27
7. COMPATIBILITÀ DEGLI INTERVENTI CON LO STATO DEI DISSESTI	29
8. CONCLUSIONI	32



1. PREMESSE

La presente relazione descrive lo studio geologico, geotecnico e sismico effettuato nell'ambito del progetto definitivo di tre interventi di messa in sicurezza della carreggiata stradale della S.P. 359R di Salsomaggiore e Bardi, individuati dall'amministrazione Provinciale di Parma ai Km 88+000, 88+760 e 88+930.

Allo scopo, sono state svolte una serie di analisi tematiche relative alle caratteristiche fisiche del territorio oggetto d'intervento, basandosi, oltre che su rilevamenti diretti in sito, sui risultati di una ricerca di informazioni pregresse, indicate nel capitolo 2.

Considerate le informazioni acquisite e le opere in esame non si è ritenuto necessario dover eseguire delle specifiche indagini geognostiche di campagna.

Per praticità di consultazione, le cartografie tematiche e i report delle prove caratterizzanti il territorio in esame sono riportati, in forma di stralcio all'interno di questa relazione, evitando la redazione di ulteriori elaborati.

1.1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici – Istruzioni per l'applicazione delle “Norme Tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 17-01-2018, Circolare 11 febbraio 2019;
- Decreto ministeriale 17-01-2018 – Norme Tecniche per le Costruzioni;
- Decreto ministeriale 14-01-2008 – Testo unitario – Norme Tecniche per le Costruzioni Allegati A e B
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici – Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale. Allegato al voto n° 36 del 27/07/2007;
- Eurocodice 8 (1998) – Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture. Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici (stesura finale 2003);
- Eurocodice 7.1 (1997) – Progettazione geotecnica –Parte I: Regole Generali – UNI;
- Eurocodice 7.2 (2002) – Progettazione geotecnica –Parte I: Progettazione assistita da prove di laboratorio – UNI;
- Eurocodice 7.3 (2002) – Progettazione geotecnica –Parte II: Progettazione assistita da prove in sito – UNI;
- O.P.C.M. n° 3274 (2003) - "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica";
- L.R. n. 19 del 30/10/2008 “Norme per la riduzione del rischio sismico”;
- D.G.R 23 luglio 2018 n.1164 “Aggiornamento della classificazione sismica di prima applicazione dei Comuni dell'Emilia-Romagna”.



1.2. UBICAZIONE E DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI

Gli interventi in esame sono situati tra il Km 88+000 e il Km 90+000 della S.P. n° 359R di Salsomaggiore e Bardi, all'interno del territorio comunale di Bedonia, a nord del Capoluogo, nei pressi di località Libbia e Castagna (cfr. Figura 1-1).

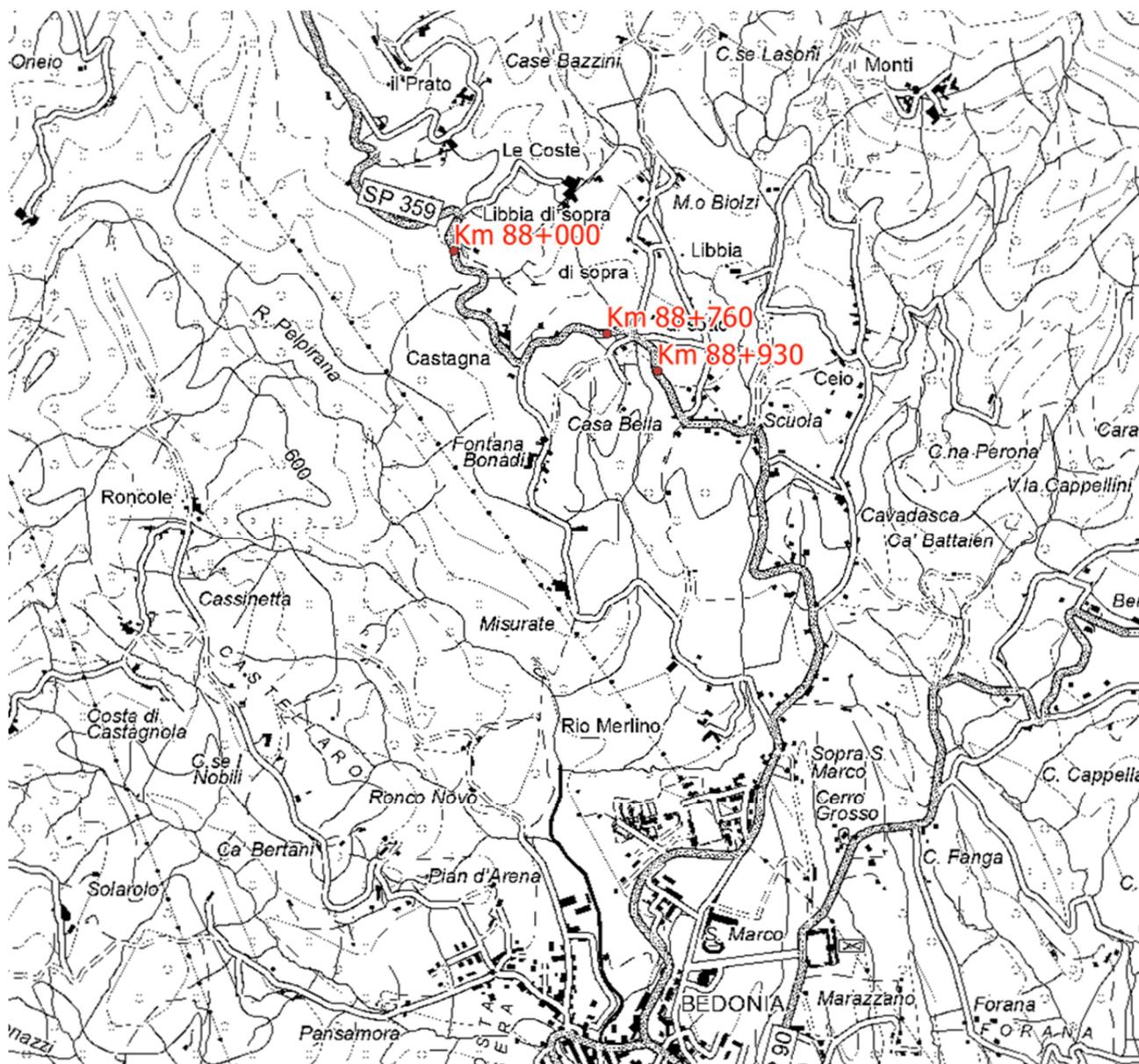


FIGURA 1-1– UBICAZIONE DEGLI INTERVENTI SU CARTA TECNICA REGIONALE

Essi consistono in una puntuale e circoscritta riconfigurazione planimetrica di 3 specifici tratti, di modesta estensione della strada provinciale, che attualmente presentano geometrie particolarmente critiche in termini larghezza delle corsie in curva, così identificati:



- **Primo tratto d'intervento**, individuato alla progressiva media **Km 88+000**, a nord di località Castagna, di estensione pari a 143 m, dove è previsto un modesto allargamento di 3 curve, oltre alla realizzazione di 2 pozzetti e altrettanti collettori di attraversamento, per la raccolta e l'allontanamento delle acque di monte
- **Secondo tratto d'intervento**, localizzato alla progressiva media **Km 88+760**, a nord dell'incrocio con strada per località Fontana Bonardi e dell'incrocio con la strada di collegamento a località Libbia, di estensione pari a 76 m, dove è previsto un modesto allargamento di 3 curve, oltre alla realizzazione di un pozzetto e un collettore di attraversamento, per la raccolta e l'allontanamento delle acque di monte
- **Terzo tratto d'intervento**, individuato alla progressiva media **Km 88+930**, a sud dell'incrocio con strada per località Fontana Bonardi e dell'incrocio con la strada di collegamento a località Libbia, di estensione pari a 72 m, dove è previsto solo un modesto allargamento di 3 curve

1.3. PARAMETRI DI PROGETTO

Coerentemente con quanto disposto nelle NTC 2018 (Cap. 2.4) e in accordo con i Progettisti, sono stati definiti i seguenti parametri di progetto, per le opere soggette a verifiche geotecniche:

- VITA NOMINALE: “Costruzioni con livelli di prestazione ordinari” la cui vita nominale è $V_n \geq 50$ anni (come definito dalla Tab. 2.4.I delle N.T.C. 01/2018);
- CLASSE D'USO: Classe III: “Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso”. (come definito dal paragrafo 2.4.2 delle N.T.C. 01/2018). Con conseguente coefficiente d'uso $C_u=1.5$ (cfr. Tab. 2.4.II delle N.T.C. 01/2018);
- PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA: Considerata la classe d'uso III, il coefficiente d'uso risulta $C_u=1.50$ (cfr. Tab. 2.4.II delle N.T.C. 01/2018), e di conseguenza la Vita di riferimento dell'opera in progetto è $V_R=V_N \cdot C_u= 75$ anni.



2. DOCUMENTAZIONE PREGRESSA

La prima attività effettuata all'interno del presente studio è consistita nella raccolta e analisi critica di tutta la documentazione esistente relativa alla zona oggetto d'intervento (carte tematiche, dati stratigrafici, studi geologici precedenti, ecc.), allo scopo di poter inquadrare le caratteristiche del territorio per le tematiche in esame.

Di seguito, sono indicate le fonti informative più utili, distinte a seconda della scala a cui sono stati esaminati i dati e redatte le relative cartografie.

2.1. STUDI REGIONALI

Sul sito internet della Regione Emilia Romagna¹ è possibile consultare, in formato vettoriale, raster, tabellare e servizi web WMS (*Web Map Service*), la cartografia tematica on-line e la documentazione relativa alle banche dati territoriali curate e aggiornate dal Servizio geologico, sismico e dei suoli della Regione Emilia-Romagna.

Tra i molti tematismi pubblicati, per il contesto e le problematiche oggetto del presente studio, sono risultati interessanti:

- Carta Geologica in scala 1:10.000, al cui interno sono contenuti i seguenti livelli informativi:
 - ✓ Punti di osservazioni geologiche
 - ✓ Risorse e prospezioni
 - ✓ Elementi geomorfologici e antropici puntuali e lineari
 - ✓ Affioramenti puntuali di particolare interesse
 - ✓ Elementi strutturali
 - ✓ Limiti delle coperture quaternarie
 - ✓ Limiti di unità cartografabili geologiche
 - ✓ Processi geologici particolari
 - ✓ Affioramenti geologici
 - ✓ Ambienti deposizionali e litologie
 - ✓ Coperture quaternarie e sintemi
 - ✓ Unità cartografabili geologiche
- Inventario del dissesto
- Archivio storico delle frane
- Paesaggio geologico
- Indagini geognostiche
- Sezioni geologiche

¹ <https://ambiente.regione.emilia-romagna.it/it/geologia/cartografia/webgis-banchedati#e-banche-dati-territoriali>



- Sorgenti e unità geologiche sede di acquiferi

2.2. STUDI PROVINCIALI

A scala provinciale la fonte di informazioni più interessante è rappresentata dal Quadro Conoscitivo del vigente Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (PTCP) di Parma, che, per definire il Sistema naturale e ambientale, si avvale, tra le altre, delle seguenti cartografie:

- C.2 – Carta del dissesto (1:10.000)
- C.4 – Carta del rischio ambientale e dei principali interventi di difesa (1:50.000)

2.3. STUDI COMUNALI

All'indirizzo <https://geo.regione.emilia-romagna.it/schede/pnsrs/index.jsp?id=34003> si sono potuti visionare gli elaborati facenti parte degli studi di microzonazione sismica del Comune di Bedonia, redatti dal dott. geol. Gabriele Oppo, con la collaborazione dei colleghi Domenico Bianco e Massimiliano Trauzzi, ovvero:

- ✓ Studio di microzonazione di secondo livello validato in data 20/07/2016
 - Relazione illustrativa
 - Carta delle indagini
 - Carta geologico-tecnica
 - Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica
 - Carta delle velocità delle onde S (Vs)
 - Carte di microzonazione sismica Livello 2
 - Prove tromografiche e indagine MASW
- ✓ Studio di microzonazione di terzo livello validato in data 08/05/2019
 - Relazione illustrativa
 - Carta delle indagini
 - Carta delle indagini raccolte nello studio
 - Carta geologico-tecnica per la microzonazione-sismica
 - Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica
 - Carta delle velocità delle onde S (Vs)
 - Carte di microzonazione sismica Livello 3
 - Sondaggi a carotaggio continuo
 - Analisi di laboratorio
 - Prove sismiche



3. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

3.1. GEOLOGIA

Come già indicato, gli interventi in esame sono situati tra il Km 88+000 e il Km 90+000 della S.P. n° 359R di Salsomaggiore e Bardi, all'interno del territorio comunale di Bedonia, a nord del Capoluogo, nei pressi di località Libbia e Castagna.

L'attuale conformazione del territorio è il risultato delle complesse interazioni tra l'azione tettonico-sedimentaria, che ha condizionato la messa in posto dei corpi rocciosi, e il modellamento della superficie operato dagli agenti esogeni.

L'assetto delle unità geologiche e delle coperture quaternarie dell'area in esame, desunto da rilievi di campagna e dallo studio della documentazione pregressa, in particolare, la Carta Geologica dell'Appennino Emiliano-Romagnolo, alla scala 1:10.000, consultabile sul sito del Servizio geologico, sismico e dei suoli della Regione Emilia Romagna, è riportato in Figura 3-1.

In tale figura si osserva che la formazione dominante in questa porzione di territorio è quella denominata Flysch di Monte Caio (CAO), del Campaniano superiore – Maastrichtiano, facente parte delle Unità Liguri.

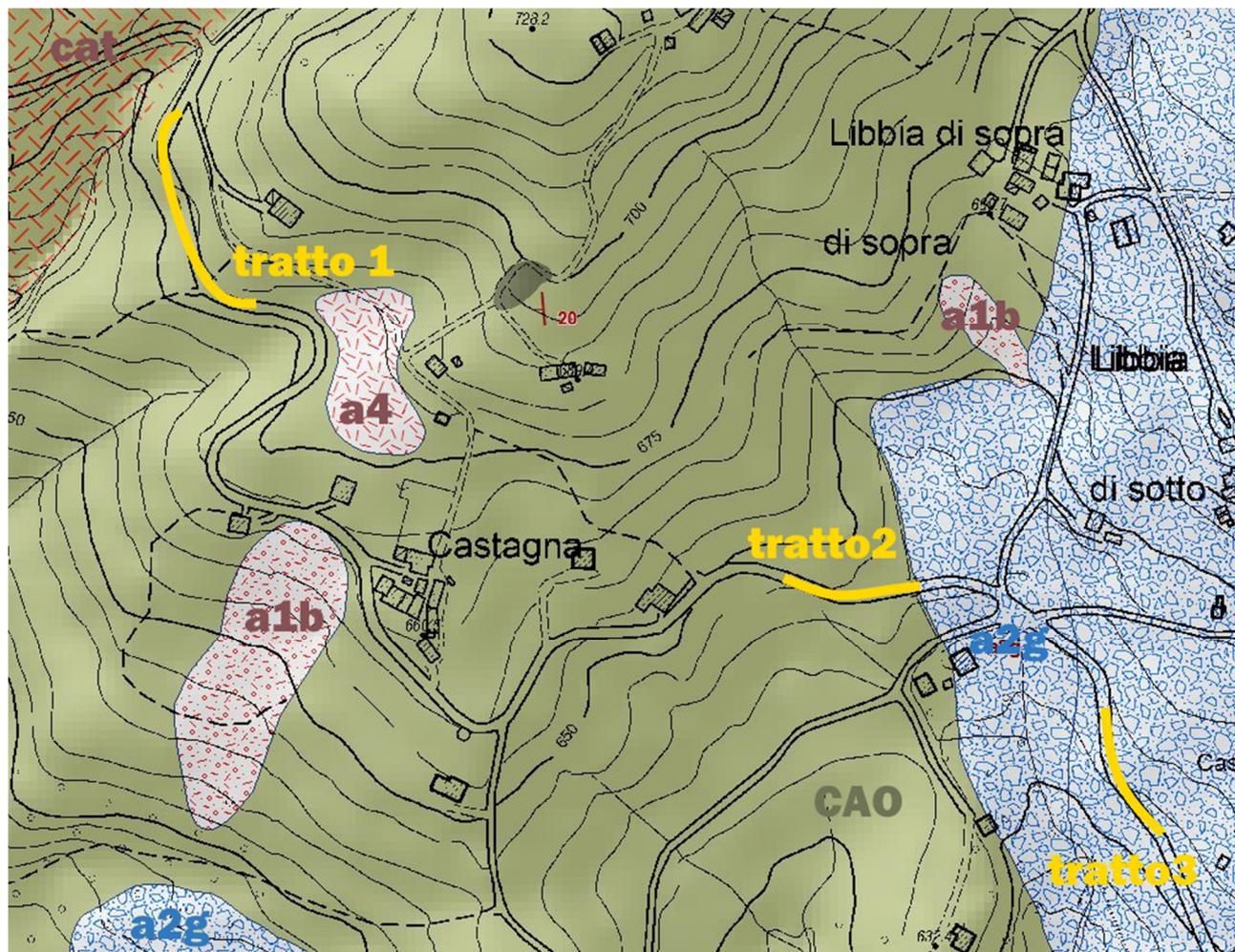
Trattasi di torbiditi di piana abissale calcareo-marnose, grigio-scure, in strati da medi a molto spessi, con una base arenitica, media o fine, passante a marna e, al tetto, intervalli sottili e medi di argilla nerastra fissile. Queste si alternano a pacchi di torbiditi arenaceo-pelitiche da sottili a medie e a torbiditi calcareo-pelitiche chiare in strati sottili e medi; ma si rinvengono anche intercalazioni di areniti grigio-nocciola da fini a grossolane passanti a marne siltose, in strati da medi a spessi e strati spessi di brecce monogeniche ad elementi calcareo-marnosi.

La potenza raggiunge alcune centinaia di metri e il contatto inferiore, con la formazione pre-flysch delle Argilliti di San Siro è netto.

All'estremità nord occidentale di Figura 3-1 è stata indicata una zona (cat) in cui le caratteristiche di questi ammassi rocciosi sono state modificate da un processo di cataclasi (cat).

Il substrato raramente risulta affiorante, essendo quasi sempre mascherato da 2 tipologie di depositi quaternari:

- depositi eluvio-colluviali (A4), a tessitura prevalentemente fine (limi e argille), prodotti da alterazione “in situ” o selezionati dall'azione mista delle acque di ruscellamento e della gravità, con, a luoghi, clasti a spigoli vivi o leggermente arrotondati, che generalmente, costituiscono una copertura detritica, modesta (al massimo pochi metri);
- depositi di frana (a1b e a2g), caratterizzati da litotipi eterogenei, raramente monogenici, ed eterometrici, più o meno caotici: la loro tessitura, generalmente, costituita da clasti di dimensioni variabili immersi in una abbondante matrice pelitica e/o sabbiosa, è condizionata dalla litologia del substrato e dal tipo di movimento (cfr. paragrafo successivo).



LEGENDA

CAO - Flysch di Monte Caio

cat – zona cataclastica

a4 – Deposito eluvio-colluviale

A1b – Deposito di frana attiva per scivolamento

a2g – Deposito di frana quiescente complessa

FIGURA 3-1– STRALCIO DELLA CARTA GEOLOGICA DELL'APPENNINO EMILIANO-ROMAGNOLO, ALLA SCALA 1:10'000, CONSULTABILE SUL SITO DEL SERVIZIO GEOLOGICO, SISMICO E DEI SUOLI DELLA REGIONE EMILIA ROMAGNA

3.2. GEOMORFOLOGIA

Il tratto di strada oggetto di studio è ubicato su un versante della valle del Rio Pelpirana, affluente in sponda sinistra del fiume Taro, a quote comprese tra 640 e 680 m s.l.m.

L'inclinazione media del pendio è nell'ordine dei 20°.



La zona è contraddistinta da un paesaggio montano “giovanile”, caratterizzato da pendii acclivi e incisioni pronunciate, dovute sia all'azione erosiva delle acque che alle condizioni strutturali (cfr. Figura 3-2).

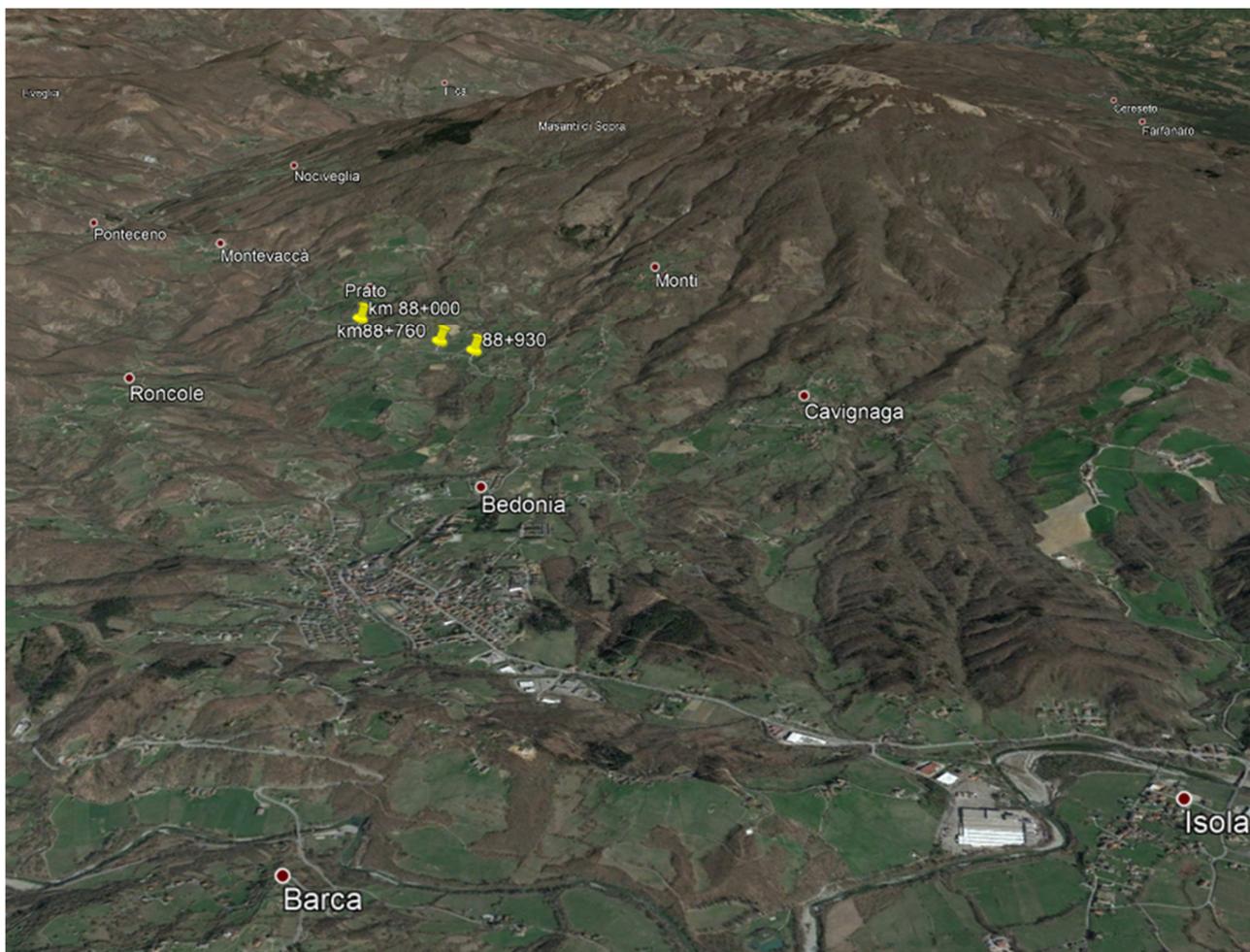


FIGURA 3-2– VISTA 3D DA SATELLITE DELL'AREA DI STUDIO (DA GOOGLE EARTH)

I fenomeni morfogenetici di gran lunga più importanti e diffusi e che, per i loro effetti, hanno più significative ricadute sul territorio, a causa delle limitazioni e dei danni che provocano, sono quelli legati alla gravità.

In Figura 3-1 gli elementi censiti sono stati raffigurati, distinguendoli, a seconda del loro stato di attività, nelle seguenti classi:

- ***Frana attiva*** - Si considera attiva una frana che ha manifestato evidenze di movimenti in atto nell'ultimo ciclo stagionale, indipendentemente dall'entità e dalla velocità degli stessi. Vengono incluse in questa categoria anche frane che, pur non presentando sicure evidenze di movimento nell'ultimo ciclo stagionale, denotano comunque una recente attività segnalata da indizi evidenti (lesioni a manufatti, assente o scarsa vegetazione, terreno smosso) all'occhio del tecnico rilevatore. Sono altresì incluse anche frane con movimento rilevabile solo attraverso monitoraggi (inclinometri, estensimetri, dati interferometrici), qualora esistenti.



- Frana quiescente - Si tratta di un fenomeno gravitativo senza evidenze di movimenti in atto o recenti, alla data del rilevamento o dell'aggiornamento. Generalmente si presenta con profili regolari, vegetazione con grado di sviluppo analogo a quello delle aree circostanti non in frana, assenza di terreno smosso e assenza di lesioni recenti a manufatti, quali edifici o strade. Per queste frane sussistono oggettive possibilità di riattivazione poiché le cause preparatorie e scatenanti che hanno portato all'origine e all'evoluzione del movimento gravitativo non hanno, nelle attuali condizioni morfoclimatiche, esaurito la loro potenzialità. Sono quindi frane ad attività intermittente con tempi di ritorno lunghi, generalmente superiori a vari anni. Rientrano in questa categoria anche i corpi franosi oggetto di interventi di consolidamento, se non supportati da adeguate campagne di monitoraggio o da evidenze di drastiche modifiche all'assetto dei luoghi.

Gli stessi elementi sono stati differenziati anche, sulla base della tipologia di movimento, in:

- Frana per scivolamento- Una frana per scivolamento è caratterizzata da un movimento verso la base del versante di una massa di terra o roccia, che avviene in gran parte lungo una superficie di rottura ben definita o entro una fascia, relativamente sottile, di intensa deformazione di taglio. Non vengono distinti tra loro gli scivolamenti traslativi o rotazionali.
- Frana complessa – Le frane complesse sono date dalla combinazione di due o più tipologie di movimento. Quelle più frequenti sul territorio appenninico sono costituite da scivolamenti accompagnati da colamenti di fango o detrito.

Nello specifico, si osserva che il tratto d'intervento individuato alla progressiva media Km 88+930 (terzo tratto), ricade all'interno di una vasta area interessata da un movimento gravitativo quiescente di tipo complesso, storicamente documentato.

Questo dissesto è, infatti, censito nell'Archivio Storico delle Frane della Regione Emilia Romagna al n° 12485 (cfr. stralcio cartografico di Figura 3-3) dove sono indicati i seguenti 5 eventi:

1. Evento della fine del 1300
"Dirupo chiamato dai valligiani "Guriu", nel quale possiamo trovare bei cristalli di calcite e impronte fossili di elmintoidi. Questo dirupo è stato generato dalla grande frana che, staccatasi dal Pelpi, raggiunse l'attuale periferia di Bedonia." Ciò avvenne, secondo il dott. Severino Musa, verso la fine del 1300. Frana quiescente
2. Evento del 1618
"Un altro movimento della frana, come diceva don Silvio Bianchi, risale al 1618."
3. Evento del 28/08/1905
"Antichissima è, ad es., la grande frana della Libbia, al Nord di Bedonia, estesa poco meno di due kmq (200 he, S.; 160 he, IF.) che in passato sconvolse tutta la plaga fino al Seminario di Bedonia, oggi in gran parte rassodata (piccolo movimento nella parte più elevata il 28 agosto 1905):"
4. Evento del 16/05/1996
Smottamento di terreno che minaccia alcuni fabbricati.



5. Evento del 22-24/11/2007

Frana

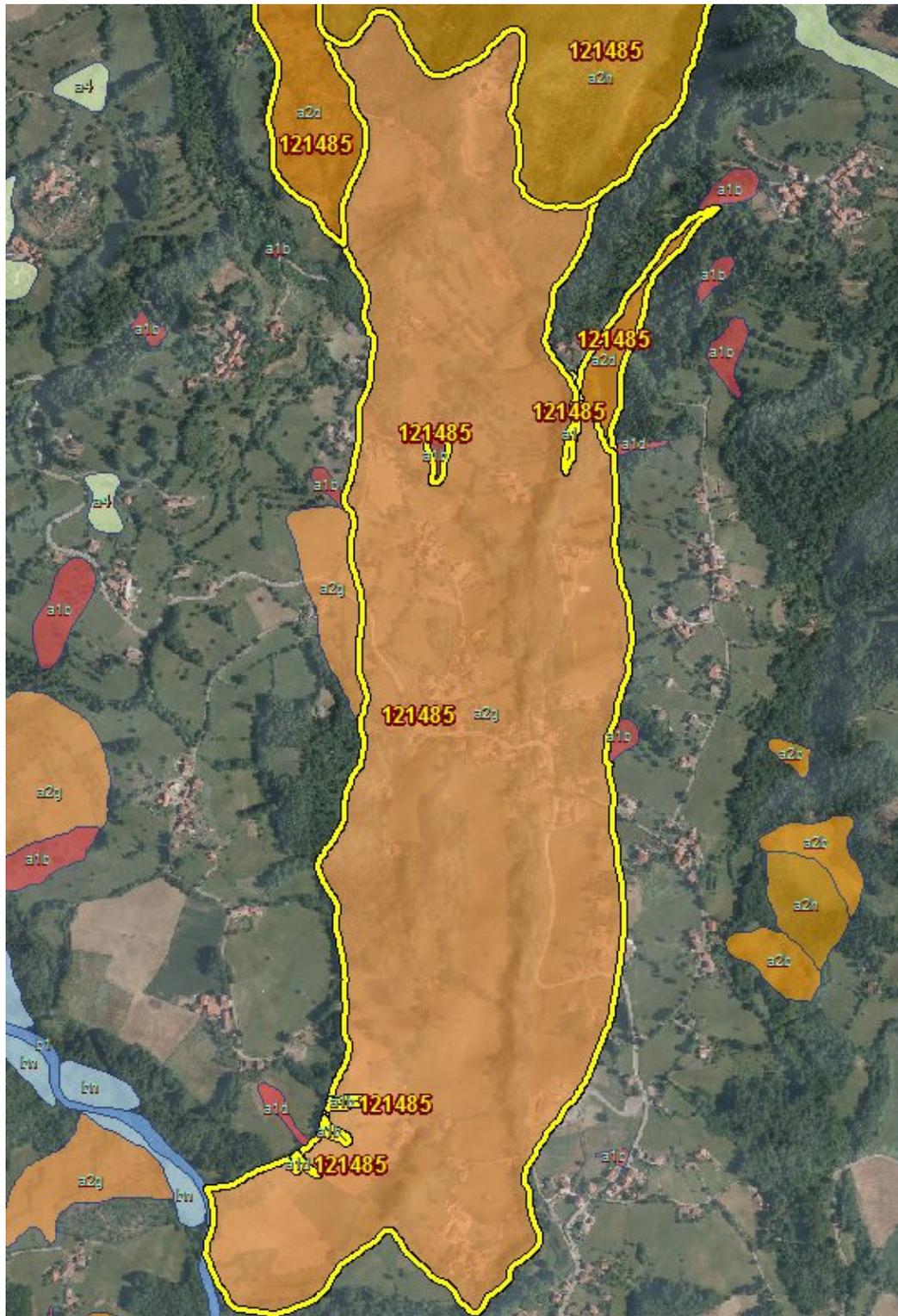


FIGURA 3-3– STRALCIO DELLA CARTA INVENTARIO DELLE FRANE CONSULTABILE SUL SITO DEL SERVIZIO GEOLOGICO, SISMICO E DEI SUOLI DELLA REGIONE EMILIA ROMAGNA



In generale, si segnala che, nel corso dei sopralluoghi, non è stata rilevata alcuna forma di pregio, meritevole di particolare tutela.

3.3. IDROGEOLOGIA

Relativamente agli aspetti idrogeologici (geometria dei corpi acquiferi e schema di circolazione delle acque sotterranee), la porzione del territorio in esame, ubicata in un contesto montano, è caratterizzata da acquiferi situati in rocce magazzino che si manifestano in superficie mediante sorgenti, per cui il quadro risulta particolarmente complesso e con carenze di informazioni.

Solo recentemente, l'Ufficio Geologico della Regione Emilia-Romagna ha iniziato un lavoro di ricerca e acquisizione di dati, tutt'ora in corso, nella prospettiva di elaborazione di carte tematiche che consentano di sviluppare argomenti di immediato interesse applicativo, utilizzando come base geologica la cartografia approntata nel corso dell'ultimo ventennio.

Tra gli argomenti sviluppati nell'ambito di questo progetto di cartografia, che sintetizza la distribuzione delle aree-problema (vulnerabili e critiche) in ambito regionale, figura la localizzazione e perimetrazione delle aree interessate dalla presenza dei principali acquiferi sfruttati nell'Appennino emiliano-romagnolo.

Va, infatti, considerato che si tratta di aree strategiche per l'approvvigionamento di risorse idriche di buona qualità, destinate all'uso idropotabile, con alta vulnerabilità nei confronti degli inquinanti e, per ora, studiate solo per settori.

Ad oggi, quello che si ha a disposizione è una zonizzazione ottenuta attraverso il confronto tra i risultati di una prima raccolta dati sulla localizzazione delle sorgenti captate e la geologia. Si sono identificate in prima approssimazione, le cosiddette “rocce-magazzino”, aree interessate da concentrazioni di sorgenti, sede dei complessi idrogeologici maggiormente permeabili e quindi di risorse idriche sotterranee da tutelare. Questa ricerca è stata sviluppata per la preparazione dello “Schema Direttore della pericolosità geoambientale”.

Nella perimetrazione delle “rocce-magazzino” la Regione ha tentato di individuare le formazioni geologiche (singole o raggruppate) corrispondenti ai serbatoi alimentatori, con l'approssimazione consentita dalla restituzione finale a grande scala. I limiti di tali aree possono essere di tipo geologico o localmente ricavati applicando il criterio altimetrico-geomorfologico.

All'interno di queste aree sono contenuti i settori delle zone di protezione che corrispondono alle aree di alimentazione delle sorgenti captate per l'approvvigionamento idropotabile e alle eventuali aree di riserva.

La cartografia delle “rocce-magazzino” ripresa dal sito web del Servizio geologico, sismico e dei suoli della Regione Emilia Romagna è riportata in Figura 3-4.

In tale figura, si osserva che l'intera area oggetto di studio ricade all'interno di zone con presenza di livelli acquiferi, nel primo sottosuolo, cartografate come “rocce-magazzino” o “coperture detritiche di versante in connessione”.

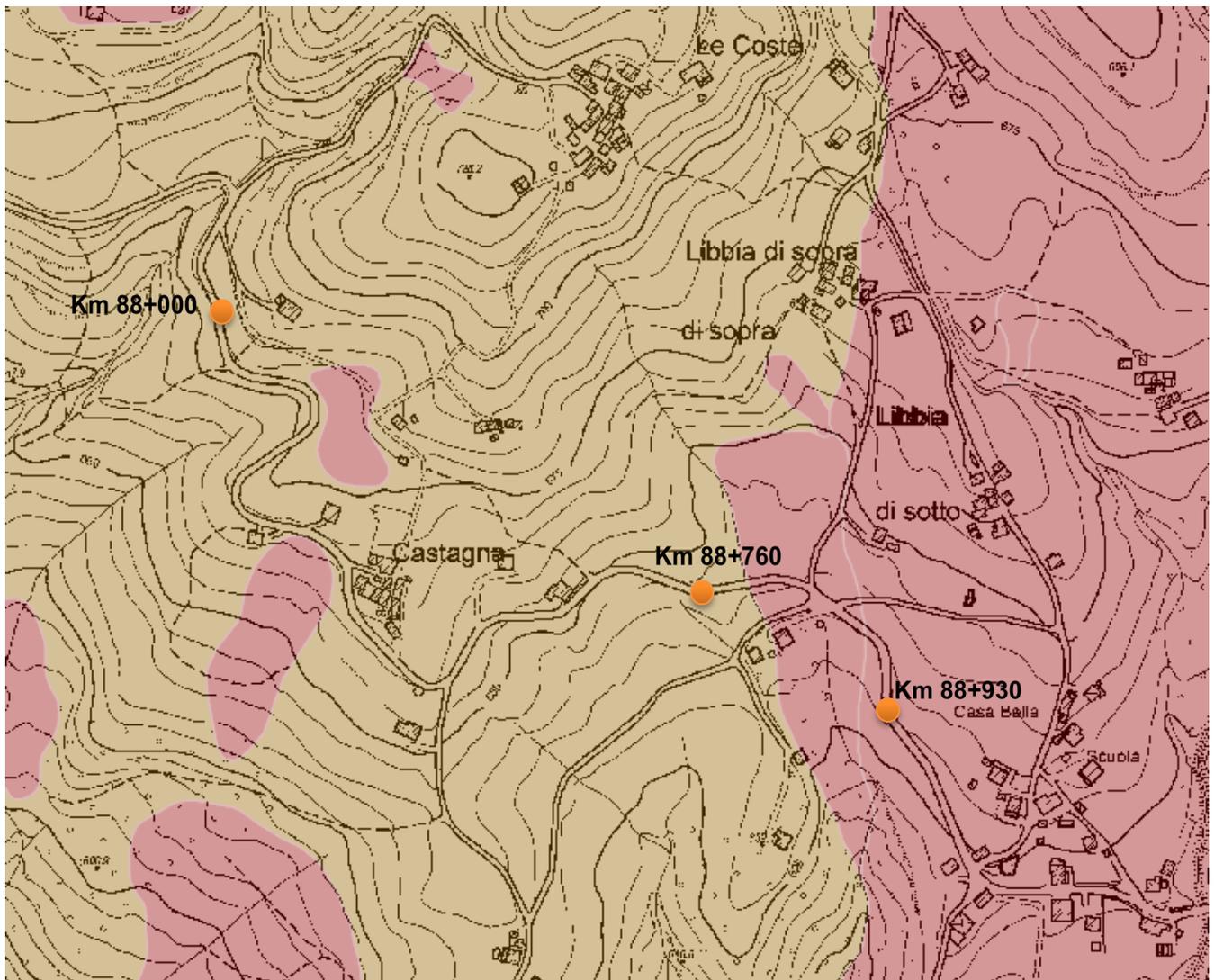


FIGURA 3-4– STRALCIO DELLA CARTOGRAFIA DELLE “ROCCE-MAGAZZINO”, RIPRESA DAL SITO WEB DEL SERVIZIO GEOLOGICO, SISMICO E DEI SUOLI DELLA REGIONE EMILIA ROMAGNA



4. CARATTERISTICHE LITOSTRATIGRAFICHE E GEOTECNICHE

L'assetto del territorio in esame desunto da rilievi di campagna e dallo studio della documentazione pregressa, evidenzia che in zona è presente un substrato, costituito dalla formazione del Flysch di Monte Caio, caratterizzato da alternanze di livelli calcarenitici (crf. Figura 4-1), marnosi e argillosi, quasi sempre mascherato da depositi quaternari eluvio-colluviali o di frana.



FIGURA 4-1– AFFIORAMENTO DI UN LIVELLO CALCARENITICO DEL FLYSCH DI MONTE CAIO POCO A MONTE DEL PRIMO TRATTO D'INTERVENTO

Risultando complicato e oneroso determinare gli spessori della copertura che, in corrispondenza dei differenti interventi in progetto, possono presentare una forte variabilità, nella ricostruzione litostratigrafica del presente studio, in maniera prudentiale, si è optato per trascurare le formazioni marine.

Dunque, si considera il sottosuolo sempre costituito da terreni a tessitura prevalentemente fine (limi e argille), contenenti clasti eterometrici.

Dal punto di vista geotecnico si tratta di depositi a comportamento coesivo cui, facendo riferimento a quanto determinato per materiali simili e adottando sempre un approccio molto cautelativo, possono essere attribuiti i seguenti parametri caratteristici:

- peso specifico $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$.
- coesione non drenata $c_u = 50 \text{ kPa}$
- coesione efficace $c' = 10 \text{ kPa}$
- angolo di resistenza al taglio $\phi = 20^\circ$
- modulo edometrico $E_{ed} = 3.5 \text{ MPa}$



5. ASPETTI SISMICI

5.1. SISMICITÀ STORICA DEL TERRITORIO

La storia sismica del territorio in esame è stata desunta da "DBMI15, database macrosismico italiano"², realizzato dal Gruppo Nazionale per la Difesa dei Terremoti che contiene i dati macrosismici provenienti da studi dello stesso GNDT e di altri enti.

In particolare, si è fatto riferimento alla storia di Bedonia, che tra le località vicine, è quella che contiene una serie più lunga di dati.

Secondo quanto indicato in DBMI15, la storia sismica a Bedonia è riassunta graficamente nel diagramma riportato in Figura 5-1, mentre in Tabella 5-1 sono elencate le osservazioni, aventi la maggiore intensità, indicando per ciascuna di esse, oltre alla stessa intensità al sito (MCS), la data (comprendente anno, mese, giorno, ed, eventualmente, ora, minuti e secondi) in cui si è verificata, la zona dell'epicentro, l'intensità massima epicentrale in scala MCS (I_0) e la magnitudo momento (M_w).

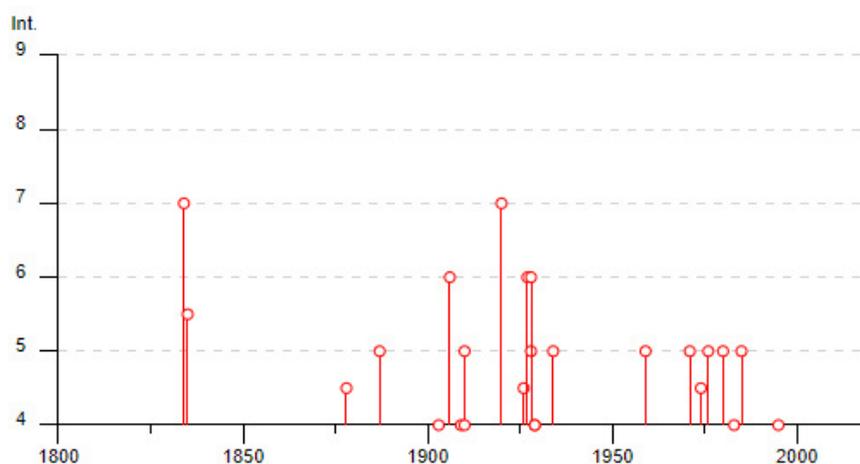


FIGURA 5-1– GRAFICO RAPPRESENTANTE LA STORIA SISMICA DI BEDONIA

Intensità di sito	An Me Gi Or Mi Se	Area epicentrale	I_0	M_w
7	1834 02 14 13 15	Val di Taro-Lunigiana	9	5,96
5-6	1835 04 25 02 45	Val di Taro	5-6	4,77
4-5	1878 09 10 13 31	Lunigiana	6-7	4,98
F	1886 10 15 02 20	Collecchio	6	4,7

² Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A., Azguro R., D'Amico S., Conte S., Rocchetti E. (2016). DBMI15, the 2015 version of the Italian Macro seismic Database. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. doi:<http://doi.org/10.6092/INGV.IT-DBMI15>



Intensità di sito	An Me Gi Or Mi Se	Area epicentrale	Io	M _w
5	1887 02 23 05 21 50.00	Liguria occidentale	9	6,27
3	1898 03 04 21 05	Parmense	7-8	5,37
4	1903 07 27 03 46	Lunigiana	7-8	5,19
NF	1904 11 17 05 02	Pistoiese	7	5,1
NF	1906 08 25 03 11	Parmense	5	4,25
6	1906 11 10 17 55	Alta Val di Taro	5	4,22
4	1909 01 13 00 45	Emilia Romagna orientale	6-7	5,36
5	1910 01 23 01 50	Piacentino	5	4,39
4	1910 09 06 03 20	Appennino ligure	5	4,13
3	1913 03 27 02 25 44.00	Val Trebbia	4-5	4,24
F	1914 10 27 09 22	Lucchesia	7	5,63
7	1920 09 07 05 55 40.00	Garfagnana	10	6,53
4-5	1926 11 18 22 57	Lunigiana	5	4,25
6	1927 10 28 21 49	Alta Val di Taro	6	4,66
5	1928 02 21 04 37	Alta Val di Taro	5	4,16
6	1928 07 20 19 53	Alta Val di Taro	6	4,39
2	1929 04 10 05 44	Bolognese	6	5,05
4	1929 04 19 04 16	Bolognese	6-7	5,13
4	1929 04 20 01 10	Bolognese	7	5,36
2	1929 04 28 19 40	Bolognese	6	4,73
3	1929 04 29 18 36	Bolognese	6	5,2
3-4	1929 05 11 19 23	Bolognese	6-7	5,29
5	1934 06 13 09 06	Val di Taro-Lunigiana	6	5,14
3	1936 10 18 03 10	Alpago Cansiglio	9	6,06
3	1939 10 15 14 05	Garfagnana	6-7	4,96
2	1939 10 31 06 47	Lunigiana	5-6	4,85
3-4	1951 05 15 22 54	Lodigiano	6-7	5,17
5	1959 01 26 05 35 40.00	Alta Val di Taro	5	4,27
5	1971 07 15 01 33 23.00	Parmense	8	5,51
4-5	1974 04 15 21 49 12.00	Alta Val di Taro	5	4,14
5	1976 08 22 02 49 13.00	Alta Val di Taro	5	4,54
5	1980 12 23 12 01 06.00	Piacentino	6-7	4,57
4	1983 11 09 16 29 52.00	Parmense	6-7	5,04
5	1985 08 15 18 58 03.78	Appennino parmense	7	4,51
NF	1986 12 06 17 07 19.77	Ferrarese	6	4,43
NF	1989 10 03 09 41 32.85	Appennino parmense	4	4,04
4	1995 10 10 06 54 21.72	Lunigiana	7	4,82
NF	2005 04 13 18 46 07.69	Valle del Trebbia	4	3,68
NF	2005 04 18 10 59 18.56	Valle del Trebbia	4	3,97

TABELLA 5-1 - PRINCIPALI EVENTI SISMICI I CUI EFFETTI SI SONO RISENTITI A BEDONIA



Dalla lettura di Tabella 5-1, e dal grafico di Figura 5-1, si evidenzia che i massimi eventi censiti a Bedonia si sono verificati il 14 febbraio 1834 e il 7 settembre 1920, entrambi con un'intensità del VII della scala MCS.

5.2. CLASSIFICAZIONE SISMICA

L'Ordinanza n. 3274 del 20 marzo 2003, suddivide il territorio italiano in 4 zone sismiche con diversi livelli di accelerazione sismica di progetto.

La delibera della giunta regionale 23 luglio 2018 n.1164 aggiorna la classificazione sismica di prima applicazione dei comuni dell'Emilia Romagna, riclassificando il territorio. Secondo tale aggiornamento, come indicato in Figura 5-2, il comune di Bedonia, all'interno dei cui confini ricade l'area oggetto di studio, è stato identificato in zona 2 (a sismicità media), cui corrispondono valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo (a_g), con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, compresi tra $0,15 \cdot g$ e $0,25 \cdot g$ (dove g è l'accelerazione di gravità).

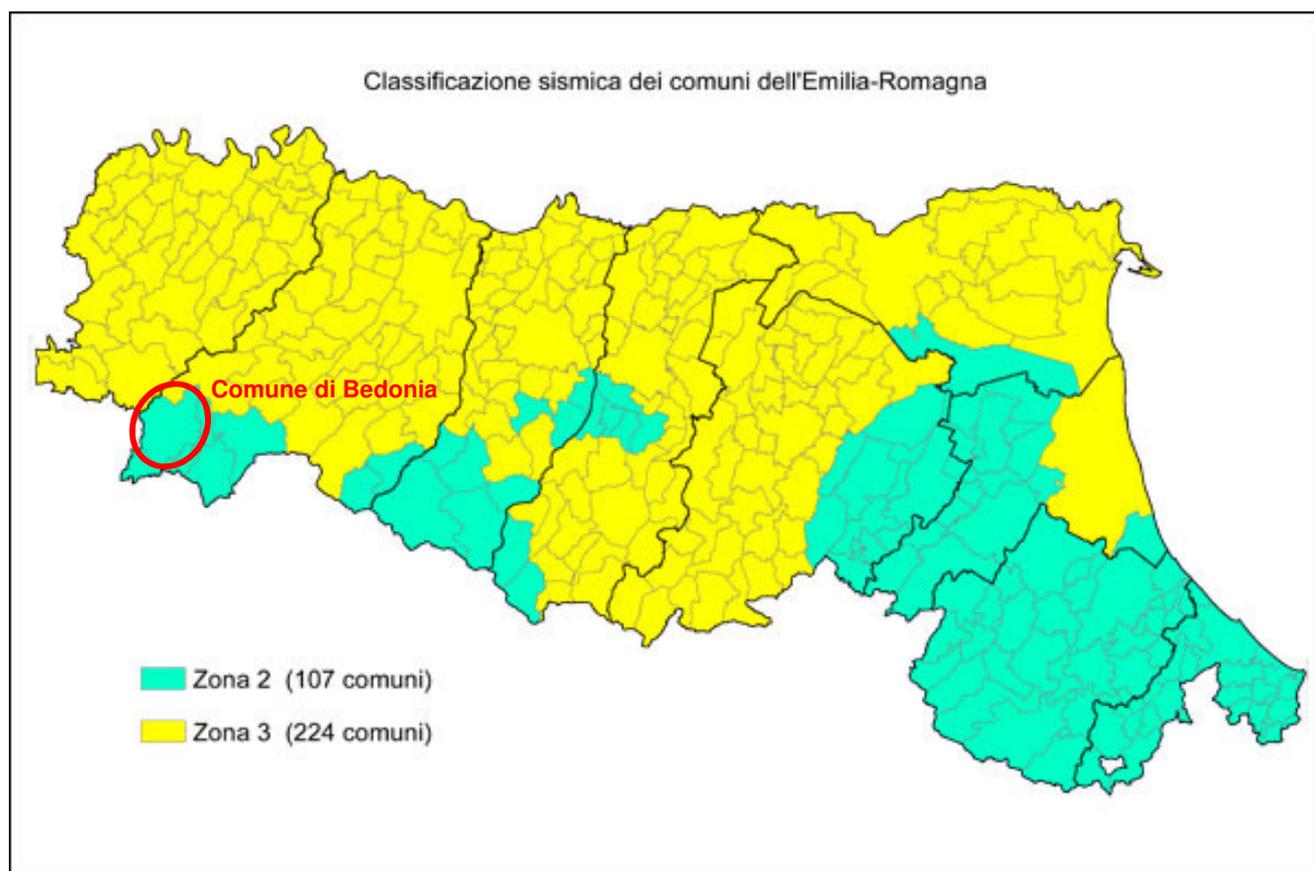


FIGURA 5-2 – CLASSIFICAZIONE SISMICA DEI COMUNI DELLA REGIONE EMILIA-ROMAGNA

Tale classificazione ha tuttavia valore esclusivamente a fini amministrativi; alle Norme Tecniche per le costruzioni del D.M. 14-01-2008, è infatti allegato un documento sulla pericolosità sismica (Allegato A), nel quale l'azione sismica sulle costruzioni è valutata a partire dalla pericolosità sismica di base, più



semplicemente chiamata pericolosità sismica che costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

Le azioni di progetto si ricavano, ai sensi delle N.T.C., dalle accelerazioni a_g e dalle relative forme spettrali. Le forme spettrali previste sono definite, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione dei tre parametri:

- a_g accelerazione orizzontale massima del terreno;
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_C^* periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Questi tre parametri sono definiti in corrispondenza dei punti di un reticolo (reticolo di riferimento; cfr. Figura 5-3), i cui nodi non distano fra loro più di 10 km, per diverse probabilità di superamento in 50 anni e per diversi periodi di ritorno.

Per determinare il tempo di ritorno (T_R) si utilizza l'espressione:

$$T_R = \frac{V_R}{\ln(1 - P_{V_R})}$$

dove V_R è il periodo di riferimento della costruzione, mentre P_{V_R} è la probabilità di superamento nel periodo di riferimento.

Il periodo di riferimento ottenuto dai parametri dell'opera in progetto, come già indicato nel paragrafo 1.3, nel caso in esame è pari a 75 anni.

Mentre, quali probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{V_R} , con riferimento alla Tab. 3.2.I del Paragrafo 3.2.1 delle NTC 01/2018, sono stati definiti, per lo stato limite ultimo di Salvaguardia della Vita (SLV), una probabilità pari al 10% e, per lo stato limite di esercizio di Danno (SLD), una probabilità pari al 63%.

Dato che la porzione di territorio in cui sono previsti gli interventi non ricade nei nodi del reticolo di riferimento, i valori dei parametri a_g , F_0 , T_C^* sono ricavati come media pesata dei valori assunti nei quattro vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento contenente il punto in esame, utilizzando come pesi gli inversi delle distanze tra il punto in questione e i quattro vertici.

Alla luce di quanto sopradescritto i valori dei tre parametri necessari per la determinazione delle azioni sismiche sono riportati nella seguente Tabella 5-2.

Stato Limite	Tempo di ritorno T_R (anni)	a_g (g)	F_0	T_C^* (s)
SLO	45	0.066	2.419	0.242
SLD	75	0.088	2.373	0.249
SLV	712	0.218	2.431	0.275
SLC	1462	0.278	2.432	0.282

TABELLA 5-2 - VALORI DEI PARAMETRI a_g , F_0 E T_C^* PER I TEMPI DI RITORNO ASSOCIATI A CIASCUN STATO LIMITE

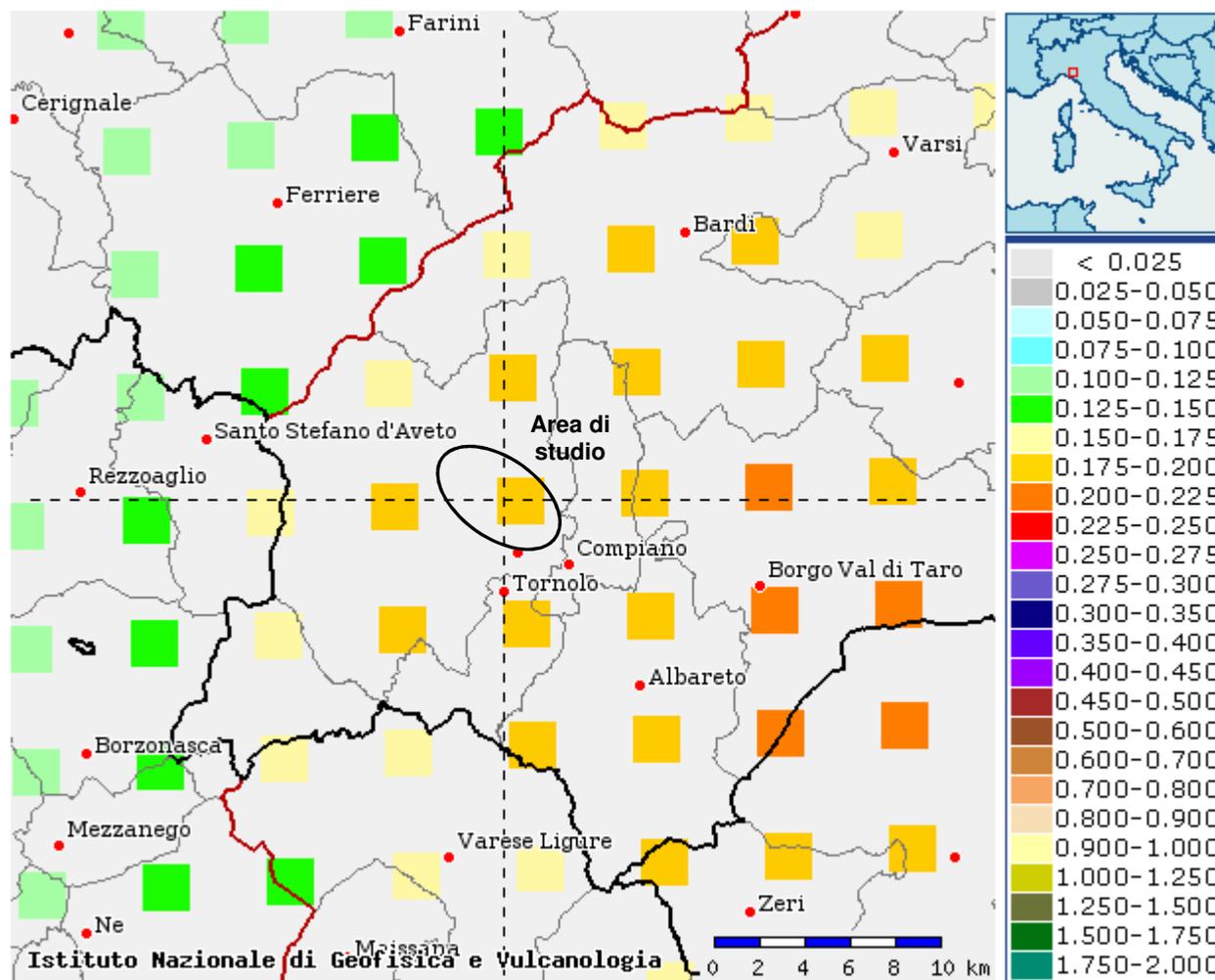


FIGURA 5-3– MAPPATURA DELL'ACCELERAZIONE ORIZZONTALE MASSIMA DEL TERRENO (a_g) CON TEMPI DI RITORNO DI 475 ANNI

5.3. CATEGORIA DI SOTTOSUOLO E AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA

Oltre a quanto indicato nel paragrafo 5.2, va considerato che i valori dei tre parametri necessari per un'eventuale determinazione delle azioni sismiche vanno calcolati tenendo conto anche delle possibili amplificazioni, sia di carattere stratigrafico che topografico, che potrebbero verificarsi in un territorio quale quello oggetto di studio.

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, il D.M. 17-01-2018 definisce 5 categorie in cui suddividere i terreni d'imposta in base ai valori di velocità equivalente delle onde sismiche trasversali fino al substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzato da V_s non inferiore a 800 m/s.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ è definita dal parametro $V_{s,30}$, ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.



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

TABELLA 5-3 - CATEGORIE SISMICHE DEI TERRENI

La velocità equivalente delle onde sismiche di taglio nei primi 30 m sotto il piano di posa della fondazione (V_{seq}) è definita come:

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

dove h_i e V_i sono lo spessore e la velocità delle onde dello strato i -esimo entro i 30 m dalla fondazione, N il numero degli strati e H la profondità del substrato.

Nel presente studio per definire la categoria di sottosuolo si è fatto riferimento ai risultati di una prova HVSR effettuata dal dott. geol. Gabriele Oppo, nell'ambito dello studio di microzonazione sismica di secondo livello del Comune di Bedonia, ubicata circa un centinaio di metri a sud del terzo tratto d'intervento (cfr. Figura 5-4) e in un contesto sismostratigrafico, sotto l'aspetto dell'amplificazione stratigrafica, sostanzialmente peggiore di quello delle aree ove sono previsti gli interventi in progetto

Come è possibile osservare nel report, allegato nelle pagine seguenti, detta prova ha fornito un valore di $V_{s,30}$ pari a **444 m/s**

Conseguentemente si è assunto che l'intero territorio in esame presenta la **categoria di sottosuolo B**.



Identificativo Prova
N°034003P98

COMUNE: BEDONIA	IDENTIFICATIVO PROVA: 034003P98	AMBITO: CAVADASCA-CEIO		
CLASSE DI QUALITÀ DELLA MISURA	<input checked="" type="checkbox"/> A	<input checked="" type="checkbox"/> B1	<input type="checkbox"/> B2	<input type="checkbox"/> C

SESAME HVSR MEASUREMENT FIELD SHEET

Comune: Bedonia		Località: Casa Bella		
Attività da svolgere: Microzonazione Sismica		Data: 23/06/2014	Ora: 17.00	
DATI TECNICI				
Operatore: Oppo Gabriele		Prova n° 034003P98	Codice file /	
Strumento: Geofono triassiale da 2 Hz "GEMINI 2" PASI Instruments		Freq. Campionamento: 500 Hz	Durata (min): 18 min	

CONDIZIONI ATMOSFERICHE

Vento	<input checked="" type="checkbox"/> assente	<input type="checkbox"/> debole (<5m/s)	<input type="checkbox"/> medio (5>v>30 m/s)	<input type="checkbox"/> forte (>30 m/s)
Pioggia	<input checked="" type="checkbox"/> assente	<input type="checkbox"/> debole	<input type="checkbox"/> media	<input type="checkbox"/> forte

TERRENO DI PROVA

Suolo	<input checked="" type="checkbox"/> argilloso-limoso soffice	<input type="checkbox"/> argilloso-limoso duro	<input checked="" type="checkbox"/> con erba	<input type="checkbox"/> senza erba
	<input type="checkbox"/> ghiaia	<input type="checkbox"/> sabbia	<input type="checkbox"/> roccia	
	<input checked="" type="checkbox"/> suolo asciutto	<input type="checkbox"/> suolo umido	<input type="checkbox"/> suolo saturo	
Pavimentazione artificiale	<input type="checkbox"/> rilevato in ghiaia	<input type="checkbox"/> cemento/cls	<input type="checkbox"/> asfalto	<input type="checkbox"/> ceramica <input type="checkbox"/> altro:
Accoppiamento sensore	<input checked="" type="checkbox"/> piedini infissi <input type="checkbox"/> piedini da pavimento	<input type="checkbox"/> accoppiamento artificiale		<input type="checkbox"/> sabbia <input type="checkbox"/> altro

STRUTTURE CIRCOSTANTI

Abitazioni	<input type="checkbox"/> assenti	<input checked="" type="checkbox"/> sparse	<input type="checkbox"/> fitte	<input type="checkbox"/> molto fitte
Fabbriche	<input checked="" type="checkbox"/> assenti	<input type="checkbox"/> sparse	<input type="checkbox"/> fitte	<input type="checkbox"/> molto fitte
Ponti	<input checked="" type="checkbox"/> assenti		<input type="checkbox"/> presenti	
Strutt.sotterr.	<input checked="" type="checkbox"/> assenti		<input type="checkbox"/> presenti: descrizione	
Piante	<input type="checkbox"/> assenti	<input checked="" type="checkbox"/> sparse	<input type="checkbox"/> fitte	<input type="checkbox"/> molto fitte

SORGENTI DI RUMORE

Disturbo discontinuo	assente	raro	moderato	forte	molto forte	Distanza (m)
	auto		<input checked="" type="checkbox"/>			
	camion		<input checked="" type="checkbox"/>			
	passanti altro	<input checked="" type="checkbox"/>				
Disturbo continuo	<input checked="" type="checkbox"/> assente		<input type="checkbox"/> presenti: descrizione			



**Identificativo Prova:
034003P98**

COMUNE DI BEDONIA

Microzonazione sismica di Livello 2 con analisi delle condizioni limite per l'emergenza (CLE)

LOCALITA': Casa Bella, Comune di Bedonia (PR)

DATA ACQUISIZIONE: 23 06 2014

ORA: 17.00

Horizontal-to-Vertical Spectral Ratio from passive seismics

Dataset: SITE_20140623_1700Numero152CLEAN.SAF

Sampling frequency (Hz): 128

Window length (sec): 20

Length of analysed temporal sequence (min): 8.7

Tapering (%): 10

Smoothing (%): 20

=====
In the following the results considering the data in the 0.5-20.0Hz frequency range

Peak frequency (Hz): 18.6 (± 2.2)

Peak HVSR value: 3.4 (± 0.6)

==== **Criteria for a reliable H/V curve** =====

- #1. $[f_0 > 10/L_w]$: 18.6 > 0.5 (OK)
- #2. $[n_c > 200]$: 19007 > 200 (OK)
- #3. $[f_0 > 0.5\text{Hz}; \sigma_A(f) < 2 \text{ for } 0.5f_0 < f < 2f_0]$ (OK)

==== **Criteria for a clear H/V peak (at least 5 should be fulfilled)** =====

- #1. $[\text{exists } f \text{ in the range } [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2]$: yes, at frequency 11.8Hz (OK)
- #2. $[\text{exists } f^+ \text{ in the range } [f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2]$: (NO)
- #3. $[A_0 > 2]$: 3.4 > 2 (OK)
- #4. $[f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%]$: (OK)
- #5. $[\sigma_A < \epsilon(f_0)]$: 2.200 > 0.932 (NO)
- #6. $[\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)]$: 0.567 < 1.58 (OK)

Please, be aware of possible industrial/man-induced peaks or spurious peaks due to meaningless numerical instabilities.

Remember that SESAME criteria should be considered in a flexible perspective and that if you modify the processing parameters they can change.



Identificativo Prova:
034003P98

show data reset show location

step1f (optional) - decimate
128Hz new frequency resample

step1g - H/V computation
remove events sub. rad. & tr. clean axes
20 window length (s)
10 tapering (%)
20% spectral smoothing (triangular window)
 show particle motion (raw data)
 full output compute

step1h (optional) - directivity analysis
compute max freq: 32 Hz

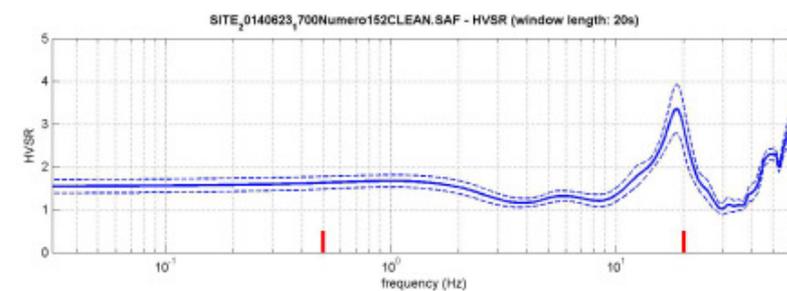
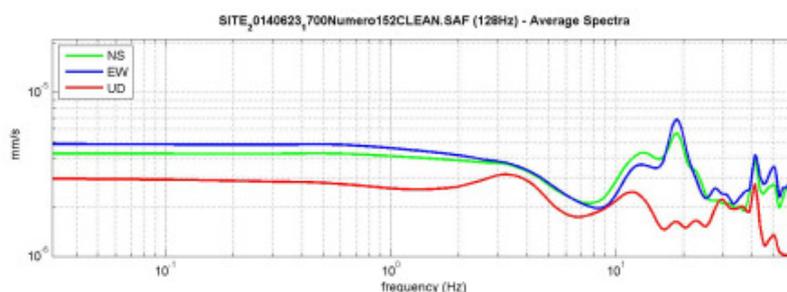
step1i (optional) - directivity over time
directivity in time time step: 90 s

save - option1: save HVSR as it is
Save HV from 0.45 to 64 Hz
save HV curve (as it is)

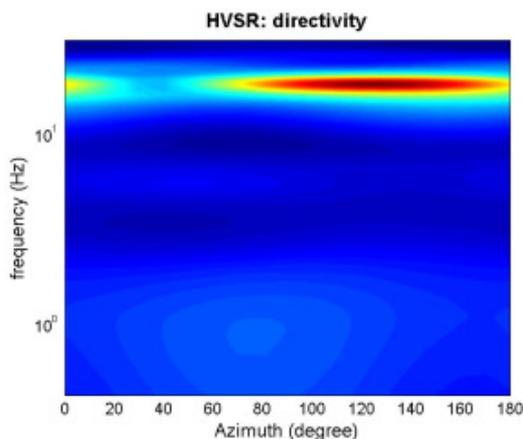
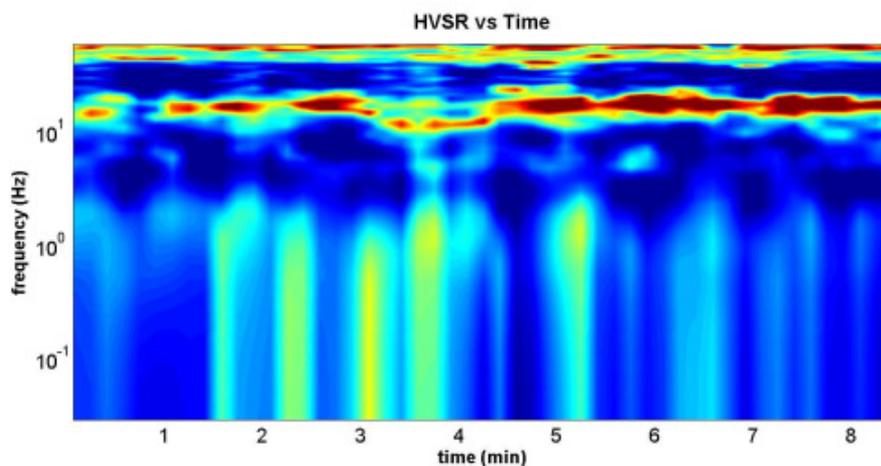
save - option2: picking HV curve
pick HV curve save picked HV
compute SESAME for picked curve

quick analysis (V-Vs/W)
100 average Vs (m/s) (from surface to bedrock)
20 depth of the bedrock (m)
1000 Vs of the bedrock
clean compute

www.winmasw.com



To model the HVSR (also jointly with MASW or Ref&ESAC data), save the HV curve, go to the "Velocity Spectrometry, Modeling & Picking" panels and upload the saved HV curve

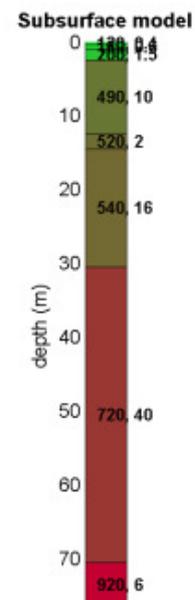
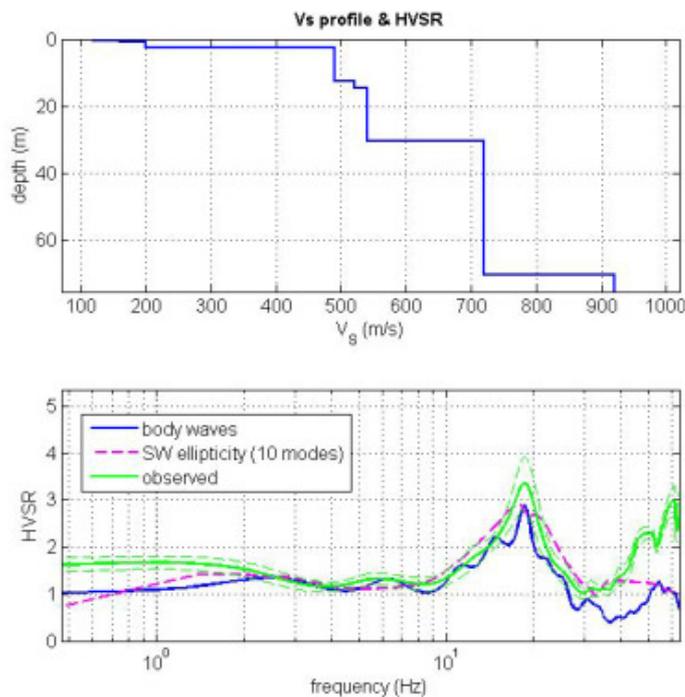




**Identificativo Prova
N°034003P98**

Tabella A - Stratigrafia sismica e parametri determinati.

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	Velocità onde di taglio Vs[m/s]	Rapporto di Poisson
1	0	0,4	120	0,35
2	0,4	0,6	160	0,35
3	1,0	1,5	200	0,35
4	2,5	10,0	490	0,35
5	12,5	2,0	520	0,35
6	14,5	16,0	540	0,30
7	30,5	40,0	720	0,25
8	70,5	Inf.	920	0,20



CATEGORIA B
Vs30 (m/s): 444

Tabella B - Picchi delle frequenze di risonanza determinate negli intervalli di frequenze di interesse ingegneristico.

PICCHI DELLA FREQUENZA IN SITO (da 0, 5 a 20 HZ)				
PICCHI RILEVATI	CRITERI SESAME	FREQUENZA [Hz]	VALORE DEL RAPPORTO H/V [Ampiezza]	QUALITÀ DELLA MISURA
PICCO PRINCIPALE F0	NO	18,6 +/- 2,2	3,4 +/- 0,6	CLASSE B1
PICCO SECONDARIO F1	/	/	/	

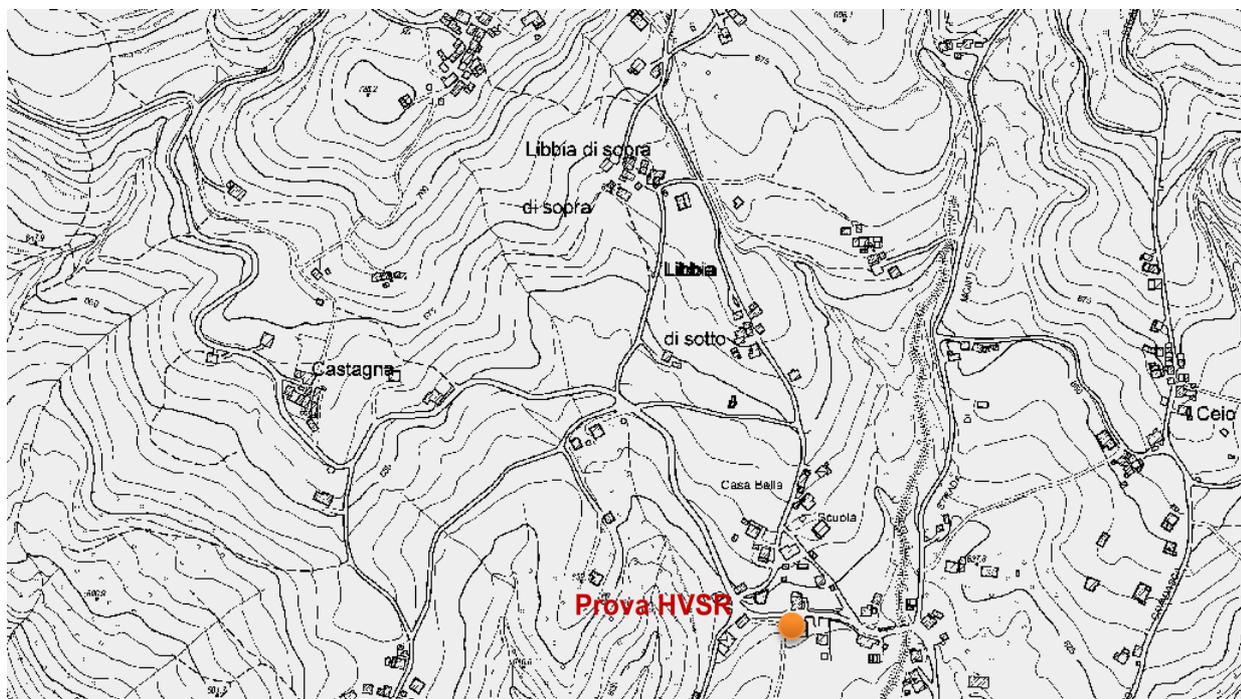


FIGURA 5-4– UBICAZIONE DELLA PROVA HVSr EFFETTUATA NELL’AMBITO DELLO STUDIO DI MICROZONAZIONE DI SECONDO LIVELLO DEL COMUNE DI BEDONIA A FIRMA DEL DOTT. GEOL. GABRIELE OPPO

A seconda della categoria di appartenenza del terreno il D.M. 17-01-2018 introduce i coefficienti S_s (coefficiente di amplificazione stratigrafica) e C_c (coefficiente funzione della categoria di sottosuolo) per tener conto dell’amplificazione stratigrafica del valore dell’azione sismica di progetto.

Per le categorie B, C, D e E, questi due parametri possono essere calcolati attraverso le espressioni riportate in Tabella 5-4, dove i valori di F_0 e T_c^* sono relativi al sottosuolo di categoria A, g è l’accelerazione di gravità e il tempo è espresso in secondi.

Categoria	S_s	C_c
A	1.00	1.00
B	$1.00 \leq 1.40 - 0.40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1.20$	$1.10 \cdot (T_c^*)^{-0.20}$
C	$1.00 \leq 1.70 - 0.60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1.50$	$1.05 \cdot (T_c^*)^{-0.33}$
D	$0.90 \leq 2.40 - 1.50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1.80$	$1.25 \cdot (T_c^*)^{-0.50}$
E	$1.00 \leq 2.00 - 1.10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1.60$	$1.15 \cdot (T_c^*)^{-0.40}$

TABELLA 5-4 - VALORI DEI PARAMETRI S_s E C_c



L'analisi della superficie topografica dei siti oggetto di studio, consente, invece, di considerare o meno la presenza di effetti locali legati ad elementi morfologici.

In assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico S_T .

Considerato che l'area in esame si colloca lungo un versante caratterizzato da inclinazione media di circa 20°, cui corrisponde una **categoria topografica T2** “Pendii con inclinazione media > 15°” va assunto un valore del coefficiente $S_T = 1.20$ ”.

Andrebbe inoltre considerato che la variazione spaziale del coefficiente di amplificazione topografica è definita da un decremento lineare con l'altezza del pendio del rilievo, dalla sommità o dalla cresta, dove S_T assume il valore massimo riportato sopra, fino alla base, dove S_T assume valore unitario.

Conseguentemente a quanto precedentemente indicato, con i valori dei parametri a_g , F_0 , T_c^* riportati in Tabella 5-2, si ottengono i parametri di amplificazione per l'area oggetto di studio, riportati in Tabella 5-5.

	Ss	Cc	St	Amax (m/s ²)	Beta	Kh	Kv
SLO	1.200	1.460	1.200	0.933	0.200	0.019	0.010
SLD	1.200	1.450	1.200	1.234	0.200	0.025	0.013
SLV	1.190	1.420	1.200	3.050	0.280	0.087	0.044
SLC	1.130	1.420	1.200	3.693	0.280	0.105	0.053

TABELLA 5-5 - COEFFICIENTI SISMICI DI PROGETTO

5.4. RISCHIO DI LIQUEFAZIONE

In base a quanto descritto nei capitoli precedenti, si esclude la presenza di strati di terreno granulare a grana fine (sabbie), a bassa densità, con spessori pari o superiori al metro nei primi 15 metri di profondità, sotto falda.

Ciò consente di affermare che il rischio di liquefazione è da considerarsi nullo.



6. POTENZIALI CAVE DI PRESTITO

Nel corso del presente studio è stata fatta una ricerca per individuare le potenziali cave di prestito, ove reperire i modesti quantitativi di materiali da rilevato (circa 600 m³) necessari per la realizzazione degli interventi in progetto.

Sulla base di quanto indicato nel catasto delle attività estrattive e delle informazioni fornite dall'ufficio cave della provincia, si è valutato che gli ambiti più idonei siano le cave 226 e 333 (numerazione da Catasto Provinciale Attività Estrattive), di cui di seguito sono riassunte le principali caratteristiche e la cui ubicazione è rappresentata in Figura 6-1.

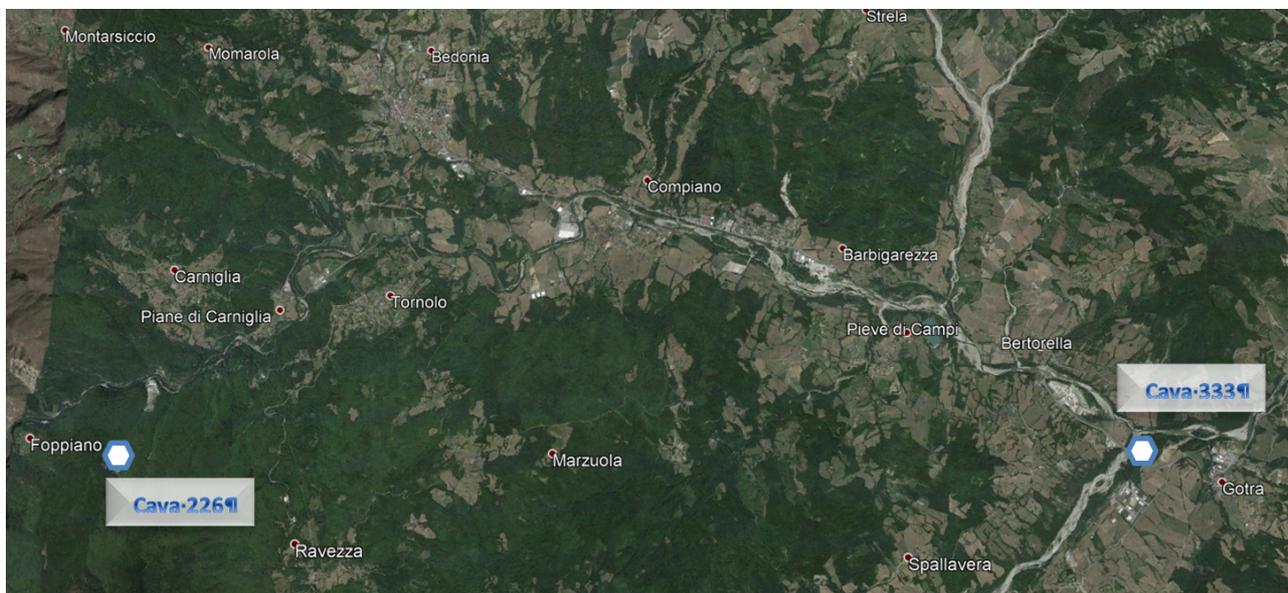


FIGURA 6-1– UBICAZIONE DELLA POTENZIALI CAVE DI PRESTITO

- ✓ Cava n° 333:
 - Denominazione: Ambito Gotra
 - Comune: Albareto
 - Materiale estratto: Ghiaie
 - Stato di attività: Attiva
 - Volume di scavo autorizzato: 43'200 m³
 - Volume da scavare al 31/11/2018 (ultimo aggiornamento disponibile): 43'200 m³
 - Denuncia d'esercizio in data: 28/06/2018
 - Esercente: Frantoio Valtaro S.r.l.
- ✓ Cava n° 226
 - Denominazione: Ambito Gotra
 - Comune: Bedonia
 - Materiale estratto: Pietrischi e pietre da taglio



- Stato di attività: Attiva
- Volume di scavo autorizzato: 52'746 m3 di pietrischi; 52'782 m3 di pietre da taglio
- Volume da scavare al 31/11/2018 (ultimo aggiornamento disponibile): 100'873 m3
- Denuncia d'esercizio in data: 13/07/2018
- Esercente: CCF Filiberti S.r.l.



7. COMPATIBILITÀ DEGLI INTERVENTI CON LO STATO DEI DISSESTI

Nel paragrafo 3.2 si è visto che il tratto d'intervento individuato alla progressiva media Km 88+930 (terzo tratto), ricade all'interno di una vasta area interessata da una frana quiescente di tipo complesso.

Tale frana risulta censita nella Tavola C2 - Carta del dissesto – Sezione 215080, in scala 1:10'000, del Piano Territoriale Comprensoriale della Provincia (P.T.C.P.) di Parma, come rappresentato nello stralcio di Figura 6-1, che la classifica come area a pericolosità elevata.

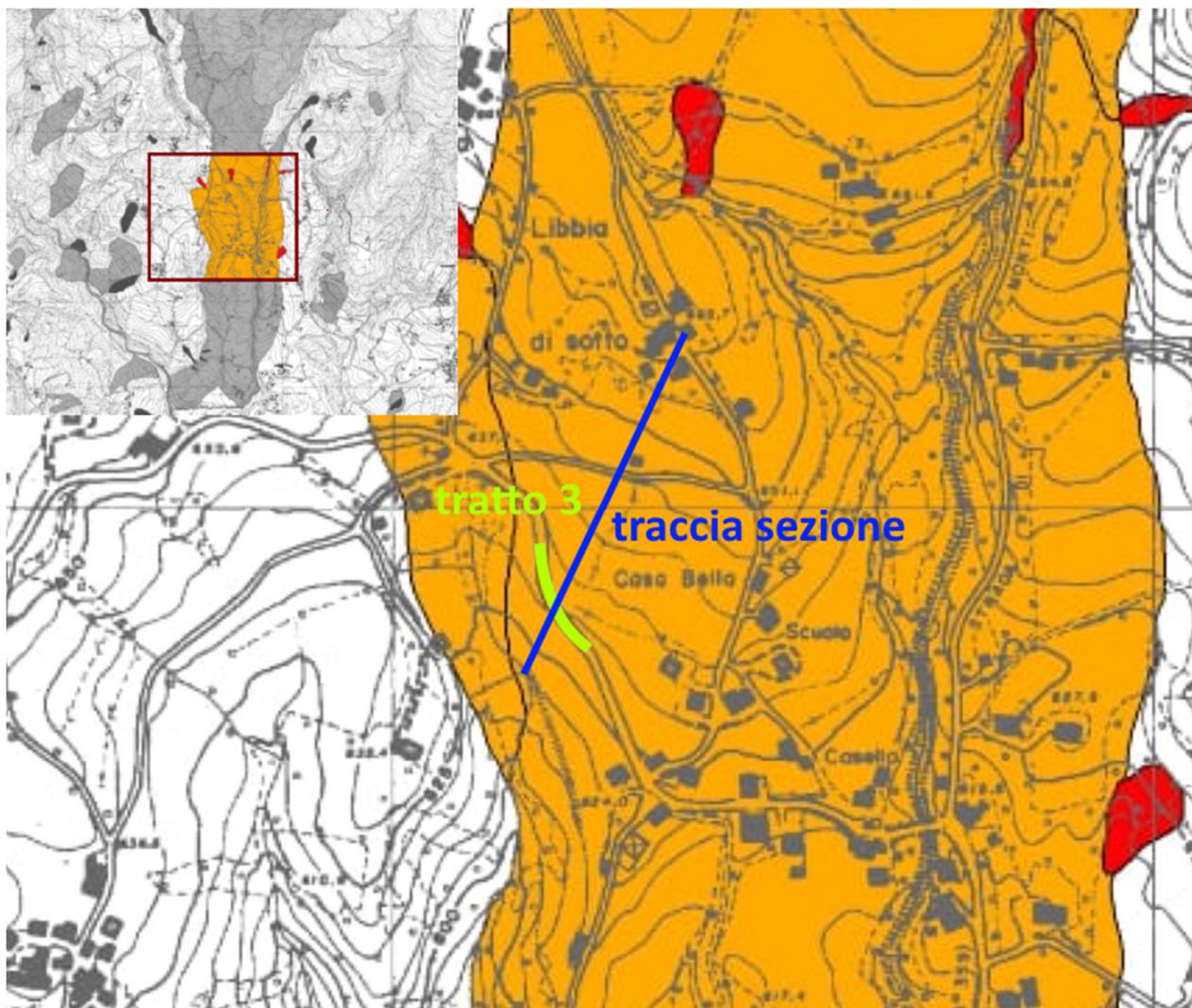


FIGURA 7-1– STRALCIO DELLA TAVOLA C2 - CARTA DEL DISSESTO – SEZIONE 215080, IN SCALA 1:10'000, DEL PIANO TERRITORIALE COMPRESORIALE DELLA PROVINCIA DI PARMA

In queste aree vige l'art. 22 delle Norme Tecniche di Attuazione dello stesso P.T.C.P, in base al quale (comma 2) sono fatti salvi gli interventi di cui al comma 3 dall'art. 21, tra cui, (cfr. lettera g): “la ristrutturazione e la realizzazione di infrastrutture lineari e a rete riferite a servizi pubblici essenziali non altrimenti localizzabili, previo studio di compatibilità dell'intervento con lo stato di dissesto esistente, validato dalla Amministrazione Comunale.”.



Nel caso in esame, al fine di dimostrare l'ininfluenza delle lavorazioni in progetto con la stabilità globale del versante su cui verranno realizzate, è stata redatta, in base ai valutazioni di carattere geomorfologico, la sezione di Figura 7-2., la cui traccia è riportata in Figura 7-1.

Detta sezione, pur essendo riferita a un tratto limitato (250 m) del movimento gravitativo - lungo circa 2 km e con larghezza variabile tra i 200 e i 500 m - evidenzia come i movimenti terra previsti per la riqualifica e il miglioramento della strada provinciale, riferiti alla sezione peggiore, risultano insignificanti rispetto alla vastità del corpo di frana.

Ciò consente di affermarne la compatibilità con lo stato di dissesto esistente.

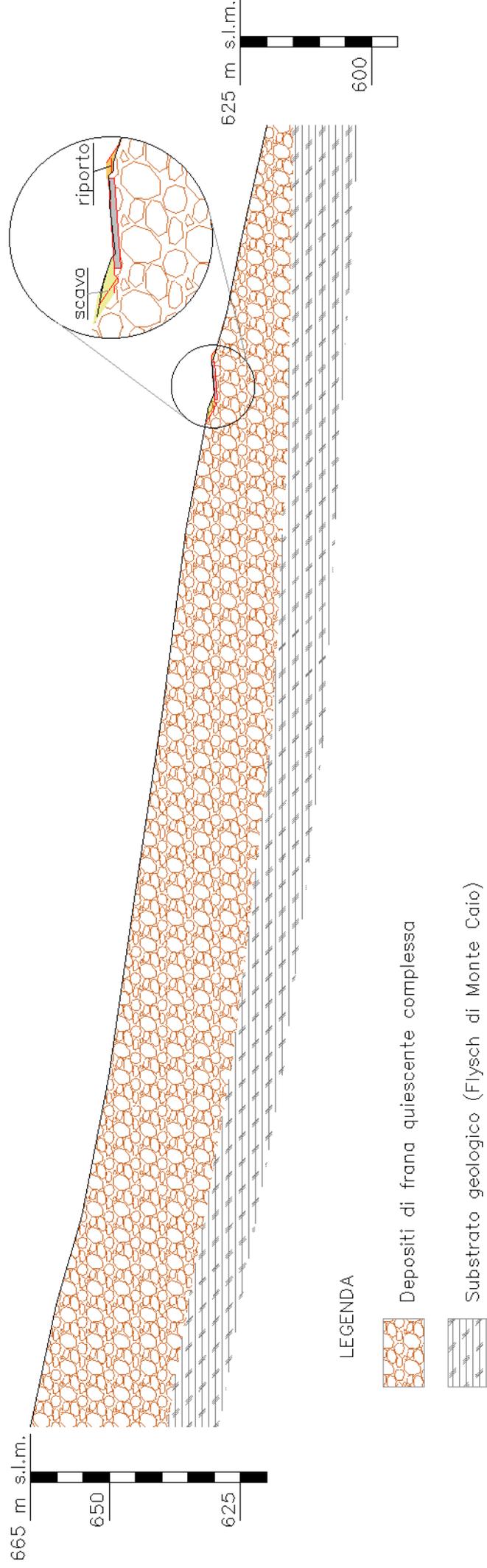


FIGURA 7-2– SEZIONE GEOLOGICA LA CUI TRACCIA È RAPPRESENTATA IN FIGURA 7-1



8. CONCLUSIONI

Gli studi effettuati e i rilievi svolti consentono di formulare le seguenti considerazioni conclusive:

1. *L'assetto del territorio in esame desunto da rilievi di campagna e dallo studio della documentazione pregressa, evidenzia che in zona è presente un substrato, costituito dalla formazione del Flysch di Monte Caio, costituito da alternanze di livelli calcarenitici, marnosi e argillosi, quasi sempre mascherato da depositi quaternari eluvio-colluviali o di frana.*
2. *Sotto l'aspetto geomorfologico, va segnalato che il tratto d'intervento individuato alla progressiva media Km 88+930 (terzo tratto), ricade all'interno di una vasta area interessata da un movimento gravitativo quiescente di tipo complesso, storicamente documentato. A riguardo, nel capitolo 7, viene dimostrata la compatibilità delle opere in progetto con lo stato di dissesto esistente.*
3. *Nel capitolo 4 viene descritto il modello litostratimetrico e i parametri geotecnici caratteristici da utilizzare nelle verifiche di legge.*
4. *Secondo la delibera della giunta regionale 23 luglio 2018 n.1164 che aggiorna la classificazione sismica di prima applicazione dei comuni dell'Emilia Romagna, il comune di Bedonia, all'interno dei cui confini ricade l'area oggetto di studio, è stato identificato in zona 2 (a sismicità media).*
5. *I parametri per la determinazione della pericolosità sismica, nel rispetto delle Norme Tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 17.01.2018 sono stati indicati nel capitolo 5.*
6. *Utilizzando le informazioni relative alle velocità delle onde di taglio S desunte da una prova tomografica pregressa, si osserva che il territorio in esame ricade in categoria di sottosuolo B: "Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s".*
7. *Considerato che l'intervento in progetto è ubicato su un versante con inclinazione nell'ordine dei 20°, nelle verifiche, andrà considerata anche l'amplificazione topografica associata all'appartenenza alla categoria T2 "Pendii con inclinazione media $i > 15$ ".*



8. *„Dal punto di vista idrogeologico, si è constatato che l'intera area oggetto di studio ricade all'interno di zone con presenza di livelli acquiferi nel primo sottosuolo, cartografate come “rocce-magazzino” o “coperture detritiche di versante in connessione”.*
9. *Nel corso del presente studio è stata fatta una ricerca, i cui risultati sono illustrati nel capitolo 6, per individuare le potenziali cave di prestito, ove reperire i modesti quantitativi di materiali da rilevato necessari per la realizzazione degli interventi in progetto.*
10. *La validità delle ipotesi effettuate dovrà essere controllata durante la costruzione considerando, oltre ai dati raccolti in fase di progetto, anche quelli ottenuti con misure e osservazioni nel corso dei lavori per adeguare, eventualmente, le opere alle situazioni riscontrate.*

Alla luce di quanto sopra esposto si esprime parere geologico e geotecnico favorevole al presente progetto, purché si operi tenendo conto delle prescrizioni indicate.

Dott. Geol. Carlo Caleffi



Dott. Geol. Francesco Cerutti

