



PROTEZIONE CIVILE
Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della Protezione Civile



CONFERENZA DELLE REGIONI E
DELLE PROVINCE AUTONOME

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

MICROZONAZIONE SISMICA

Regione Emilia Romagna
Comune di Ottone



Regione



Studio realizzato con il contributo regionale (determina n. 13338/2021) reso disponibile con DGR 566/2021

Soggetto realizzatore



GEOINVEST s.r.l.
Geologia-Geofisica
Via della Conciliazione 45/A Piacenza
geoinvest@geoinvest.it - 0523 593622

Data

gennaio 2023

Sommario

1	INTRODUZIONE.....	3
1.1	Inquadramento geografico.....	4
2	DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO.....	5
2.1	Caratteristiche sismotettoniche.....	5
2.2	Sismicità del territorio.....	9
2.3	Classificazione sismica comunale.....	11
3	ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA.....	13
3.1	Inquadramento geologico.....	13
3.2	Inquadramento geomorfologico.....	19
4	DATI GEOTECNICI E GEOFISICI.....	21
5	MODELLO DEL SOTTOSUOLO.....	22
6	INTERPRETAZIONI E INCERTEZZE.....	23
7	METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI.....	23
8	ELABORATI CARTOGRAFICI.....	24
8.1	Carta delle indagini.....	24
8.2	Carta Geologico-Tecnica per la microzonazione sismica (CGT_MS).....	25
8.3	Carta delle frequenze naturali (f_0) dei terreni.....	27
8.4	Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (Carta delle MOPS).....	29
8.5	Carta delle velocità delle onde di taglio S (V_s).....	34
8.6	Carte di Microzonazione Sismica di secondo livello (Carta di MS).....	35
8.7	Carte della distribuzione dei valori di H_{SM}	38
9	CONFRONTO CON LA DISTRIBUZIONE DEI DANNI DEGLI EVENTI PASSATI.....	39
10	BIBLIOGRAFIA.....	41
11	ALLEGATI.....	42

1 INTRODUZIONE

A seguito dell'incarico ricevuto dall' Unione Montana Valli Trebbia e Luretta - Bobbio (PC), con Determina n.63 del 05/10/2021, sono state condotte le analisi geologiche e geofisiche a supporto del presente Studio di Microzonazione Sismica (MS) di Livello 2, per il territorio del Comune di Ottone (Provincia di Piacenza).

Gli studi di Microzonazione Sismica hanno l'obiettivo di razionalizzare le conoscenze in merito alle alterazioni che lo scuotimento sismico può subire in superficie e di fornire informazioni utili al governo del territorio, alla progettazione, alla pianificazione per l'emergenza nonché alla ricostruzione post sisma.

La MS consente di suddividere il territorio esaminato in base alla distribuzione degli eventuali fenomeni di instabilità e deformazione permanente attivati dal sisma e di amplificazione sismica stratigrafica, legati cioè alle caratteristiche litostratigrafiche e morfologiche delle aree considerate.

L'insieme di queste conoscenze riguardanti il comportamento dei terreni durante un evento sismico e gli effetti indotti dall'evento stesso è un indispensabile strumento di prevenzione e di riduzione del rischio sismico, particolarmente efficace se realizzato e applicato durante la fase di pianificazione urbanistica, per indirizzare le scelte di trasformazione verso aree a minore pericolosità.

Tutte le attività svolte, in particolare l'elaborazione e la redazione degli elaborati richiesti, sono state effettuate nel rispetto dei seguenti riferimenti tecnici:

- “Microzonazione sismica - Standard di rappresentazione e archiviazione informatica” - Versione 4.2, Roma, dicembre 2020.
- “Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica” (ICMS) approvati dal Dipartimento della Protezione Civile e dalla Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome nel 2008 più le successive modifiche e integrazioni.

Il presente studio di Microzonazione Sismica di Livello 2, in conformità a quanto stabilito dai riferimenti tecnici sopraelencati, mira a:

- approfondire le indagini nelle aree zone stabili suscettibili di amplificazioni locali e nelle zone suscettibili di instabilità, definite al Livello 1 di approfondimento.
- quantificare, per le zone di cui sopra, l'amplificazione locale del moto sismico di base mediante differenti fattori di amplificazione.
- fornire una stima del parametro di pericolosità H_{SM} .

Per l'inserimento dei dati alfanumerici dei siti, delle indagini e dei parametri è stato utilizzato il plugin MzSTools di QGIS, sviluppato nel Laboratorio GIS dell'Istituto di Geologia Ambientale e Geoingegneria (IGAG) del CNR di Roma (<https://plugins.qgis.org/plugins/MzSTools/>).

I dati cartografici sono stati allestiti in formato vettoriale (*shapefile*) e gli elaborati sono stati prodotti in versione digitale (pdf con risoluzione di 300 dpi).

Le aree oggetto di MS presentano una superficie complessiva di 2.27 km², corrispondente a circa il 2.3% dell'intero territorio comunale (98.75 km²).

1.1 Inquadramento geografico

Il territorio del Comune di Ottone (Fig. 1), situato nel settore SW della provincia di Piacenza, ricade nell'ambito montano dell'Appennino piacentino, tra l'alta pianura e i primi contrafforti montani, con una altimetria compresa tra 405 e 1225 m s.l.m.



Fig. 1. Ubicazione su mappa del rilievo Google Earth dell'area oggetto di studio (in rosso).

Dal punto di vista amministrativo:

- a ovest confina con i Comuni di Fabbrica Curone (AL) e Cabella Ligure (AL), dai quali è separato dal crinale che congiunge l'impluvio del Fosso Ortegheio con il Monte Carmo;
- a sud confina con la Liguria (Gorreto (GE), Rezzoaglio (GE), Rovegno (GE)), dove il confine è rappresentato dallo spartiacque della testata della Val Boreca dal M. Carmo fino a poco sotto il crinale M. Busasca – M. Zucchello, quindi scende su un crinale secondario fino al T. Terenzone e da qui sino a poche centinaia di metri dalla confluenza con il F. Trebbia.; da poco a nord di Gorreto, per impluvi e crinali, passando per le cime dei monti Oramara e Pessino il confine raggiunge il T. Aveto nei pressi di Castagnola;
- a est il torrente Aveto costituisce il confine con il comune di Ferriere, fino alla loc. Bosco Grande di Ferriere;
- a ovest il confine con Cerignale inizia nei pressi della località Bosco Grande passando per il Monte Serra fino a Monte Veri, da qui segue in buona parte il crinale che va da Monte Veri a M. delle Tane passando poco ad ovest di M. Gorelle, e da M delle Tane a Rocca dell'Aquila, passando per la cima di Monte Bellocchio, quindi nel fondovalle del F. Trebbia;

- il confine con il Comune di Zerba è rappresentato a nord dall'intero corso del Fosso Ortegheio fino alla confluenza con il T. Boreca e dallo stesso T. Boreca fino alla confluenza con il F. Trebbia (tra Losso e Traschio), e a sud-est dal F. Trebbia fino all'altezza della Rocca dell'Aquila.

2 DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO

2.1 Caratteristiche sismotettoniche

Un elemento fondamentale nella valutazione del rischio sismico di un'area è l'identificazione delle faglie attive: infatti, molte di esse sono considerate sorgenti sismiche, sebbene esistano anche strutture a scorrimento lento asismico (fault creep o tectonic creep).

Nelle faglie attive lo scorrimento istantaneo dei due blocchi, che avviene allorché lo stress supera la resistenza delle rocce, genera il rilascio di onde elastiche che si propagano in tutte le direzioni: a tali strutture sismogenetiche è associato il maggior rischio.

Normalmente, una faglia si definisce attiva se vi è la possibilità che essa si muoverà in futuro. D'altra parte, le faglie che hanno la maggiore probabilità di muoversi in un futuro prossimo sono da ricercarsi tra quelle che si sono attivate nelle fasi più recenti della storia geologica. Perciò, una delle definizioni più comunemente accettate è quella della U.S Nuclear Regulatory Commission (1982), che definisce attive le faglie che presentano: un'attivazione negli ultimi 35.000 anni o almeno due attivazioni negli ultimi 500.000 anni.

La Carta Sismotettonica della Regione Emilia-Romagna alla scala 1:250.000, che può essere considerata lo schema di sintesi dell'attività neotettonica in Emilia-Romagna, oltre che individuare le strutture potenzialmente sismogenetiche offre anche un quadro delle relazioni esistenti fra l'attività tettonica attuale e i rischi naturali (Fig. 2).

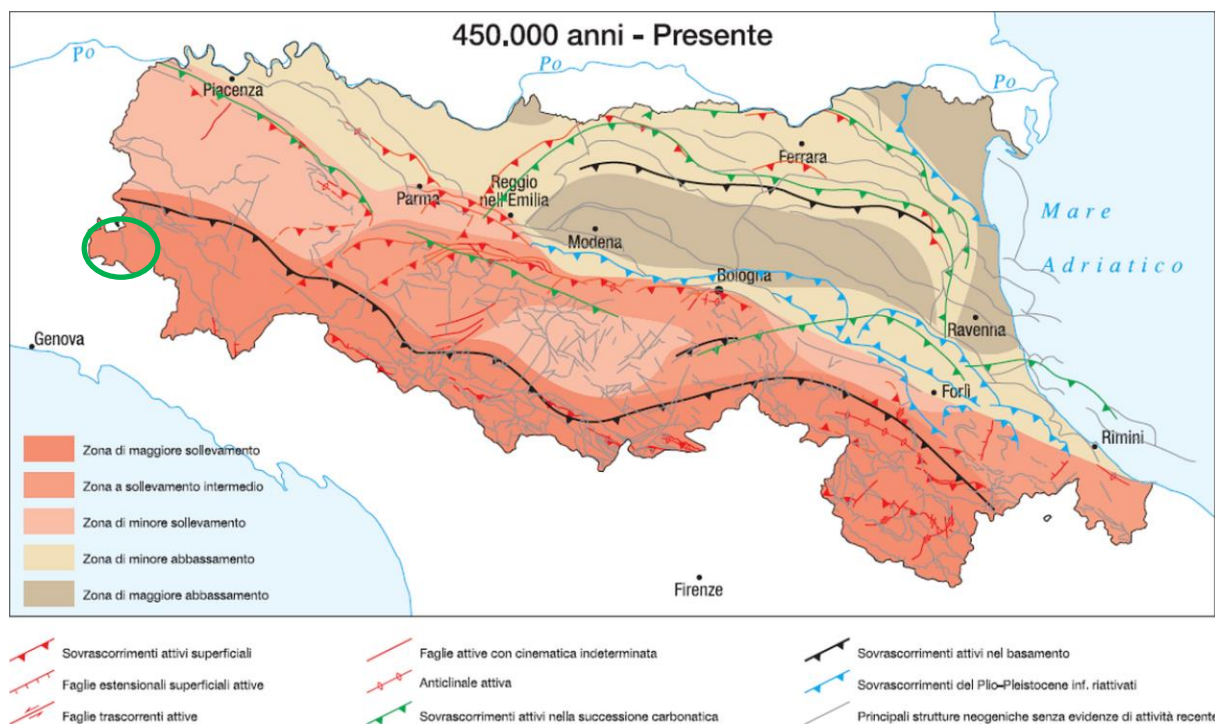


Fig. 2. Schema di sintesi sull'attività neotettonica in Emilia-Romagna; con ellisse verde è individuata l'area di Ottone.

Esaminando la Carta Sismotettonica emerge che le zone a maggiore sollevamento, con tassi >1 mm/anno, sono situate nella parte alta della catena appenninica, che corrisponde al settore a monte del principale raddoppio crostale, a conferma dell'attività di questa struttura.

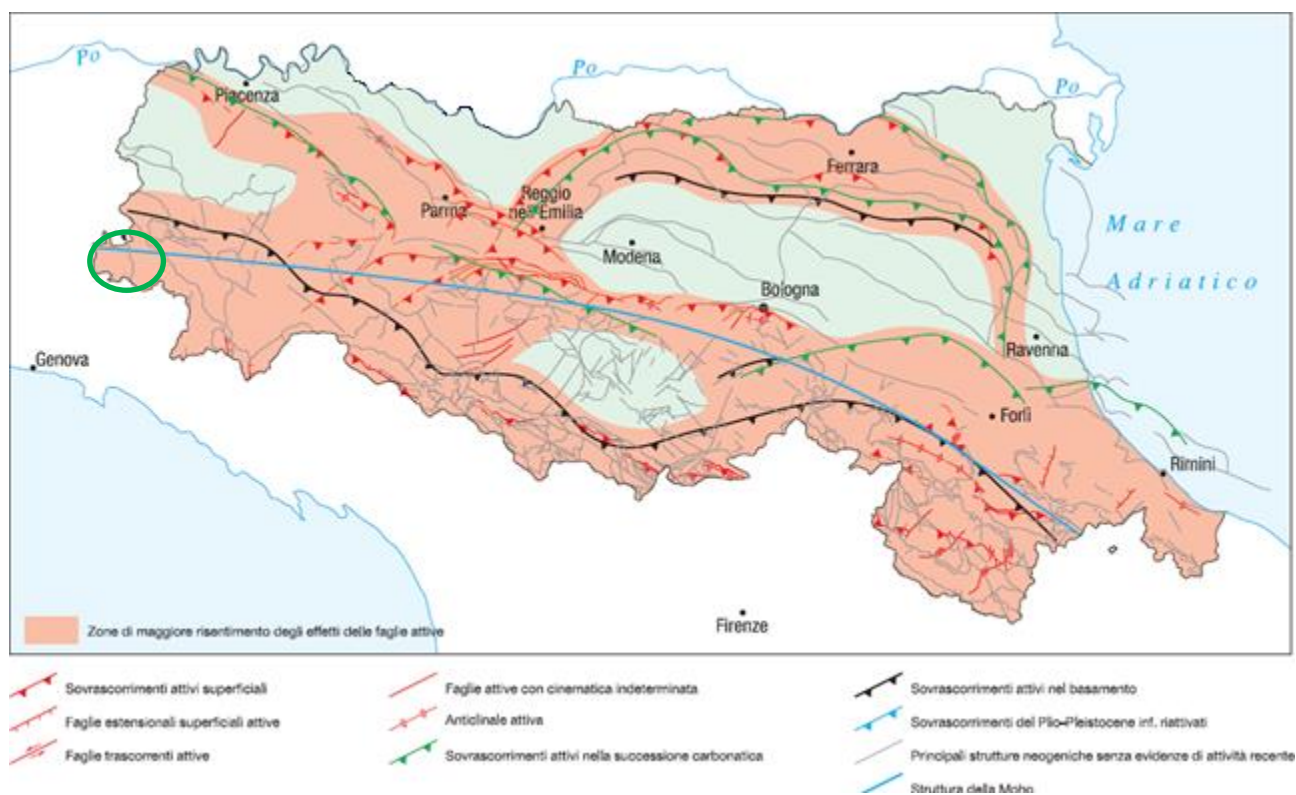


Fig. 3. Zonazione delle aree che maggiormente risentono delle faglie attive; con ellisse verde è individuata l'area di Ottone.

L'area a sollevamento intermedio, con tassi ≥ 1 mm/anno, corrisponde al settore immediatamente retrostante la struttura superficiale che da Bologna si estende verso NW fino alla valle del Taro. Le aree a minore sollevamento (< 1 mm/anno) si collocano immediatamente a valle del raddoppio crostale.

In pianura, le zone di minore abbassamento, con tassi < 1 mm/anno, corrispondono alle aree maggiormente interessate dalle strutture attive sepolte. In particolare, il sistema attivo delle Pieghe Emiliane a nord di Parma corrisponde al limite tra la zona di minore sollevamento della catena e la zona di minore abbassamento della pianura.

La sismicità legata alle strutture superficiali, con ipocentri a una profondità mediamente inferiore a 15 km, risulta molto diffusa in catena e più localizzata in pianura, soprattutto in corrispondenza della dorsale ferrarese. I meccanismi focali calcolati risultano compressivi e trascorrenti e indicano direzioni di compressione sia NE-SW che NW-SE. I meccanismi focali distensivi sono nettamente secondari; si ha quindi che la cinematica delle principali strutture attive superficiali è di tipo transpressivo.

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

La sismicità più profonda, con ipocentri oltre i 35 km, è sempre diffusa nel settore di catena e in corrispondenza del margine appenninico-padano e decisamente meno diffusa in pianura. I meccanismi focali calcolati sono in accordo con quanto riscontrato nei livelli strutturali superiori. Ne risulta così un modello geodinamico attivo, in cui le strutture superficiali delle coperture, quelle crostali nonché quelle del mantello, sebbene tra loro distinte, sono tutte coerenti fra loro e ascrivibili a un sistema transpressivo.

In Fig. 3 è riportata la distribuzione delle strutture attive della copertura, della crosta e del mantello pertanto è riportata la zonazione delle aree che maggiormente risentono della loro attività (in rosso). Per questa zonazione gli autori hanno tenuto in considerazione anche gli effetti superficiali quali: il sollevamento in catena, l’abbassamento in pianura e la frequenza dei fenomeni franosi. Il comune di Ottone è situato in una zona di maggior risentimento degli effetti delle faglie attive.

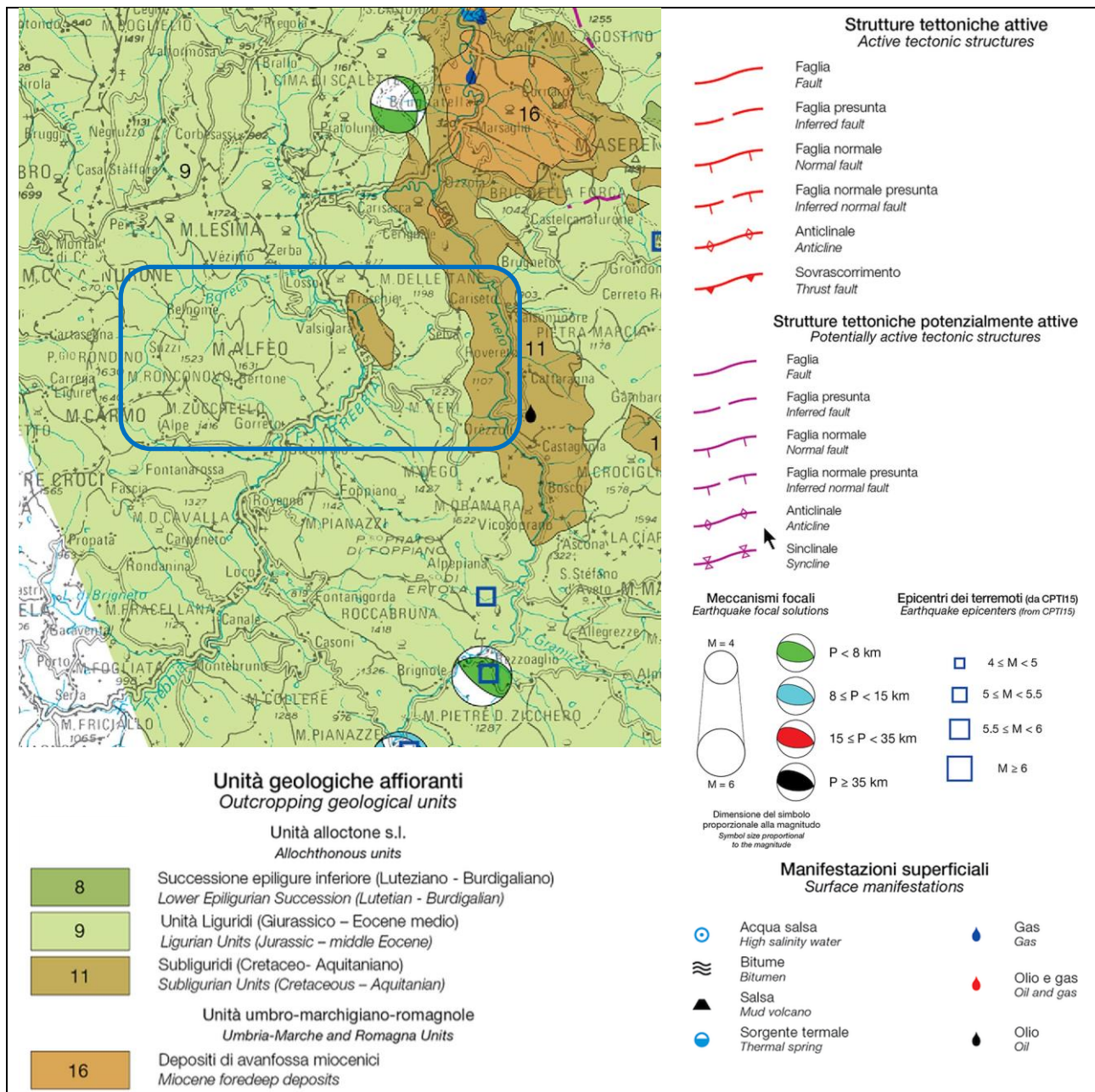


Fig. 4. Stralcio della Carta Sismotettonica della Regione Emilia-Romagna comprendente il Comune di Ottone.

Lo stralcio della Carta Sismotettonica della Regione Emilia-Romagna comprendente il Comune di Ottone è riportato in Fig. 4.

Un catalogo delle sorgenti sismogenetiche e delle faglie attive e capaci è costituito dal DISS 3.3.0 (rev. dicembre 2021), ossia il “Database delle Sorgenti Sismogenetiche Italiane”, che comprende le sorgenti potenzialmente in grado di generare sismi con magnitudo superiore a M_w 5.5 nell’area italiana.

Con riferimento all’immagine di Fig. 5, le sorgenti sismogenetiche nell’intorno dell’area di studio, le quali sono connesse con la subduzione denominata [ITSD002](#), sono le seguenti:

- [ITCS018 - Rivanazzo-Stradella](#), con magnitudo massima attesa M_w =6.8;
- [ITCS044 - Portalbera-Cremona](#), con una magnitudo massima attesa M_w =6.7;
- [ITCS045 - San Giorgio Piacentino-Fornovo di Taro](#), con una magnitudo massima attesa M_w =7.2;
- [ITCS026 - Lunigiana](#), con una magnitudo massima attesa M_w =7.0.

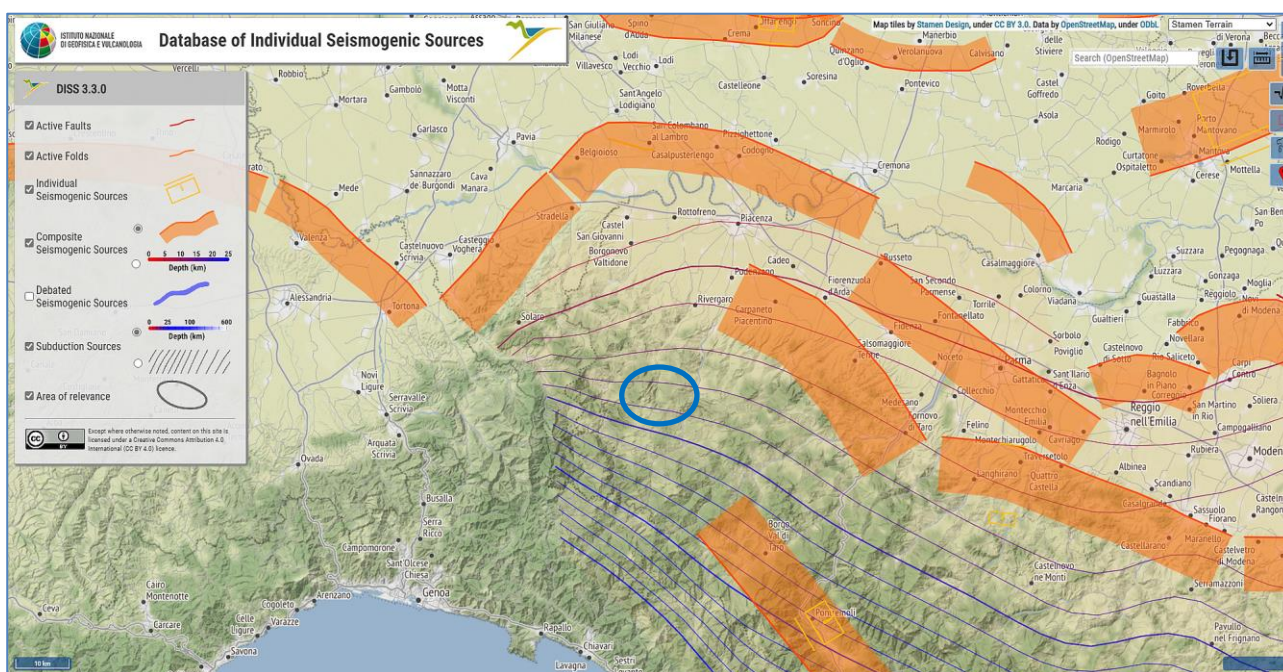


Fig. 5. Ubicazione delle sorgenti sismogenetiche del DISS 3.3.0; con ellisse blu l’area oggetto di interesse.

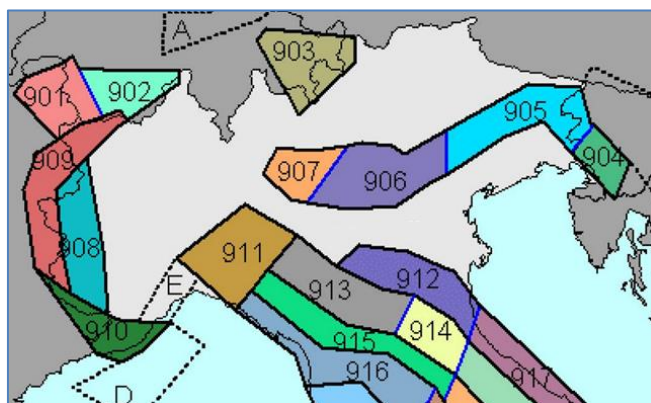


Fig. 6. Stralcio della Zonazione sismogenetica ZS9.

Allo scopo di associare la sismicità dell'area con i meccanismi responsabili dell'innescò dei terremoti, si è fatto riferimento alla Zonazione Sismogenetica ZS9 (a cura del gruppo di lavoro coordinato da C. Meletti e G. Valensise, 2004).

Il Comune di Ottone ricade nella zona 911 (Fig. 6), che comprende il cosiddetto "arco di Pavia" e le strutture ad esso relative. Si suppone che la funzione delle strutture comprese all'interno di tale zona sia di "svincolo" cinematico del sistema supposto in migrazione.

L'area mostra una non trascurabile sismicità (magnitudo massima osservata $M_w \approx 5,7$), la fagliazione è prevalentemente di tipo trascorrente lungo strutture trasversali.

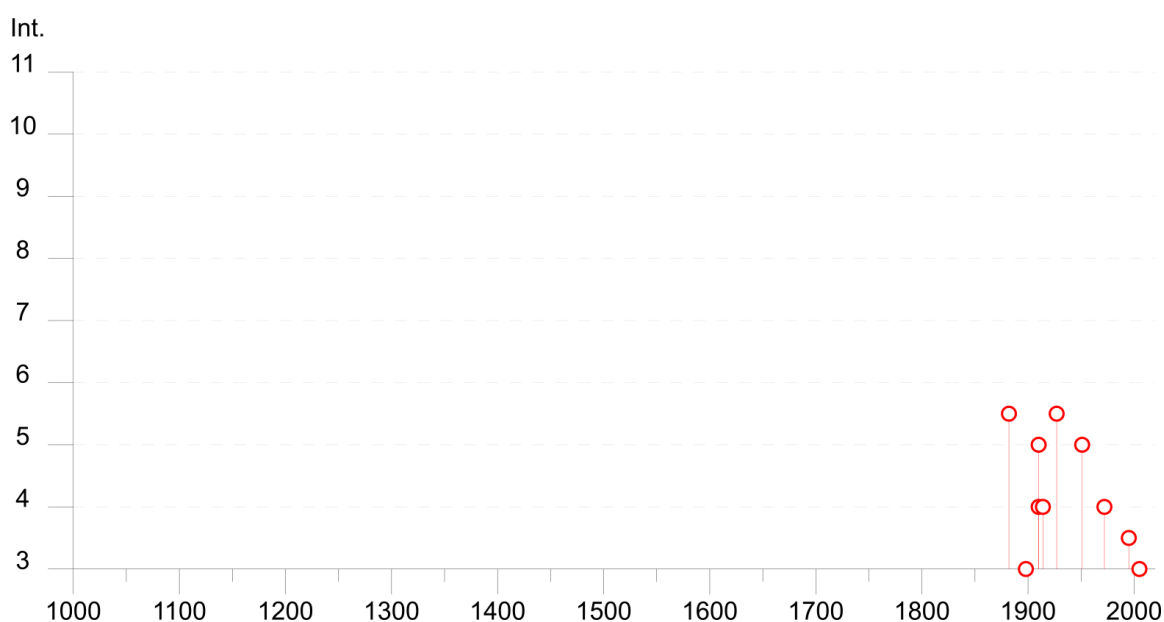
2.2 Sismicità del territorio

Nella valutazione della pericolosità sismica di una determinata area occorre, in primo luogo, definire la pericolosità di base attraverso una corretta analisi della sismicità, evidenziando sia la distribuzione spazio-temporale degli eventi sia l'intensità degli stessi; in secondo luogo, occorre effettuare una valutazione della pericolosità locale determinata dagli aspetti geologico-morfologici del territorio.

La storia sismica comunale è stata dedotta dal database DBMI15 (v. 4.0, aggiornato al gennaio 2022), utilizzato per la compilazione del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15 v4.0, aggiornato al gennaio 2022), nel quale sono riportate le osservazioni macrosismiche relative all'abitato di Ottone.

Nella tabella di Fig. 7 sono elencati gli eventi che hanno interessato il comune di Ottone; per ciascuno di essi è indicato: l'anno, il mese (Me), il giorno (Gi), l'ora (Ho), il minuto (Mi) ed, eventualmente, il secondo (Se) in cui l'evento si è verificato, nonché la denominazione dell'area epicentrale, il numero di dati di intensità macrosismica (NMDP), l'intensità massima epicentrale in scala MCS (Io) e la magnitudo momento (M_w).

Dalla lettura delle informazioni riportate in Fig. 7 si evidenzia che per Ottone la massima intensità al sito secondo la scala MCS (colonna Int.) si è registrata in occasione dei due eventi del 1882 e del 1927, con epicentri rispettivamente in Val Borbera e in alta Val di Taro.



Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
5-6	1882	02	15	05			Val Borbera	18	6	4.77
NF	1897	07	06	20	44		Mar Ligure	62	5	4.22
3	1898	03	04	21	05		Parmense	313	7-8	5.37
NF	1905	05	30	04	55		Cuneese	121	5-6	4.65
4	1910	01	23	01	50		Piacentino	118	5	4.39
5	1910	09	06	03	20		Appennino ligure	19	5	4.13
4	1914	10	27	09	22		Lucchesia	660	7	5.63
5-6	1927	10	28	21	49		Alta Val di Taro	39	6	4.66
5	1951	05	15	22	54		Lodigiano	179	6-7	5.17
4	1972	10	25	21	56	1	Appennino settentrionale	198	5	4.87
NF	1980	11	23	18	34	5	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81
3-4	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
3	2005	04	18	10	59	1	Valle del Trebbia	284	4	3.97

Fig. 7. Eventi sismici verificatisi con effetti in corrispondenza del territorio di Ottone (DBMI15).

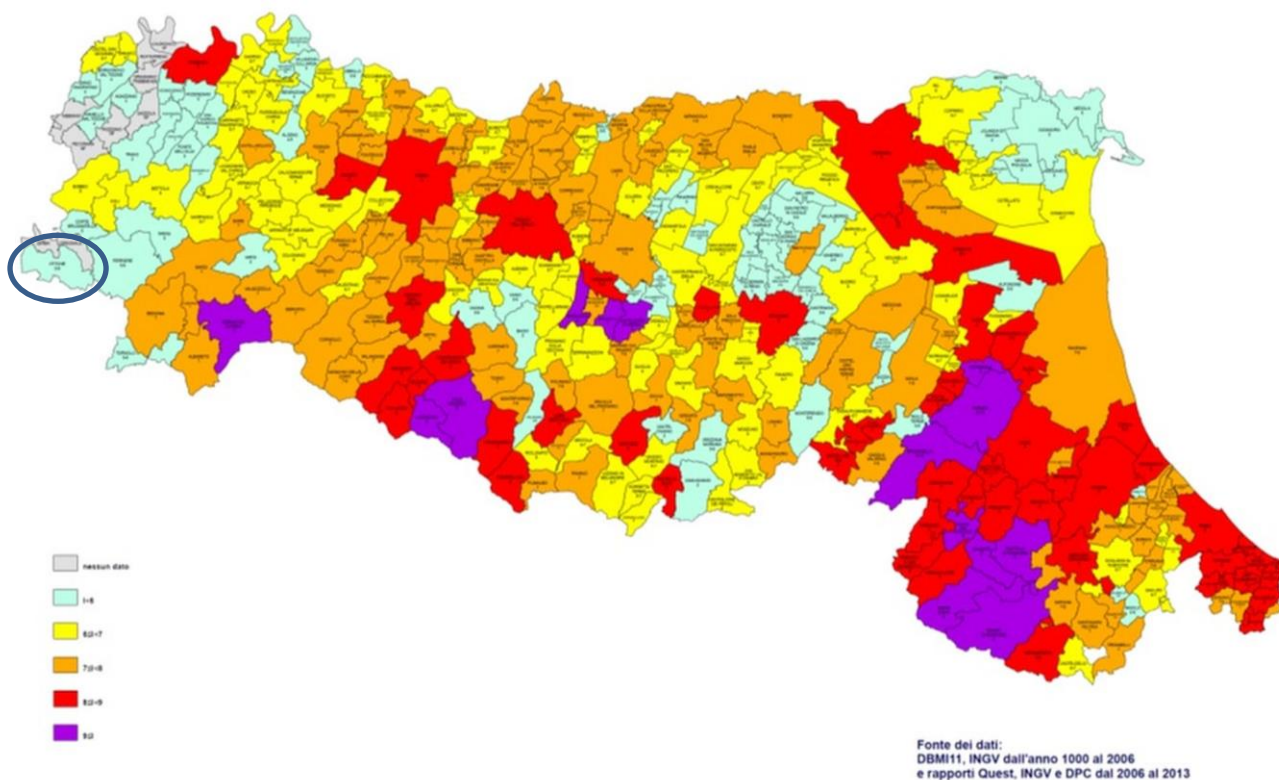


Fig. 8. Carta delle massime intensità macrosismiche risentite in Emilia-Romagna (1000-2017).

Tale valutazione trova riscontro anche in un altro studio elaborato per il Dipartimento dalla Protezione Civile, a cura di D. Molin, M. Stucchi e G. Valensise, “Massime intensità macrosismiche osservate nei comuni italiani”, determinate a partire dalla banca dati macrosismici del GNDT e dai dati del Catalogo dei Forti Terremoti in Italia di ING/SGA.

La valutazione fatta da Regione Emilia-Romagna inserisce il territorio di Ottone nella classe “6-7” (Fig. 8).

2.3 Classificazione sismica comunale

La classificazione sismica dei comuni su tutto il territorio nazionale è stata stabilita dall’Allegato 1, punto 3 dell’Ordinanza n. 3274 del 20 marzo 2003, che utilizza e aggiorna la precedente, proposta nel 1998.

La suddivisione è articolata in 4 zone: le prime 3 corrispondono alle zone di sismicità alta (S=12), media (S=9) e bassa (S=6), contemplate nella Legge 64/74, mentre la zona 4 è di nuova introduzione. Ciascuna zona è contraddistinta da un diverso valore dell’accelerazione di picco orizzontale del suolo (a_g), con probabilità di superamento del 10% in 50 anni (Fig. 9).

Di fatto, vengono eliminate le aree del territorio classificate come non sismiche: in questo modo, ad ogni area del territorio nazionale viene attribuito un differente livello di pericolosità sismica.

La Regione Emilia-Romagna, con [DGR 1164 del 23/07/2018 "Aggiornamento della classificazione sismica di prima applicazione dei comuni dell'Emilia-Romagna"](#), ha aggiornato quanto definito nella precedente classificazione (Fig. 10).

Zona	Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni	Accelerazione orizzontale massima convenzionale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico
1	$0,25 < a_g \leq 0,35g$	0,35g
2	$0,15 < a_g \leq 0,25g$	0,25g
3	$0,05 < a_g \leq 0,15g$	0,15g
4	$\leq 0,05g$	0,05g

Fig. 9. Zona sismica - Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (a_g).

La classificazione vigente, identifica il Comune di Ottone in zona 3, a cui corrispondono valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo (a_g), con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni, compresi tra $0,05 * g$ e $0,15 * g$.

Con l’obiettivo di ridurre il rischio sismico, in adempimento agli obblighi della normativa nazionale, la Regione Emilia-Romagna, con Deliberazione dell’Assemblea legislativa n. 112 del 2 maggio 2007, ha approvato l’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 a "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica". L’atto di indirizzo è stato aggiornato con DGR n° 2193/2015 e, più recentemente, con DGR n° 630/2019, cui seguono aggiornamenti parziali del solo Allegato 4 con DGR n° 476/2021 (e integrazione DGR 564/2021).

Scopo di tali documenti è quello di fornire i criteri per la microzonazione sismica del territorio, in modo da orientare le scelte verso le aree caratterizzate da minore pericolosità sismica, e per l’individuazione delle aree per soggette a effetti locali.

In questi documenti si afferma che la pericolosità sismica dipende sia dalle caratteristiche sismiche dell'area, cioè dalle sorgenti sismiche, ossia dall'energia, dal tipo e dalla frequenza dei terremoti (aspetti comunemente indicati come "pericolosità sismica di base"), sia dalle caratteristiche geologiche e morfologiche del territorio. Queste ultime, infatti, possono modificare le caratteristiche del moto sismico in superficie e costituire elementi predisponenti al verificarsi di effetti locali quali: fenomeni di amplificazione o di instabilità dei terreni (aspetti comunemente indicati come "pericolosità sismica locale").

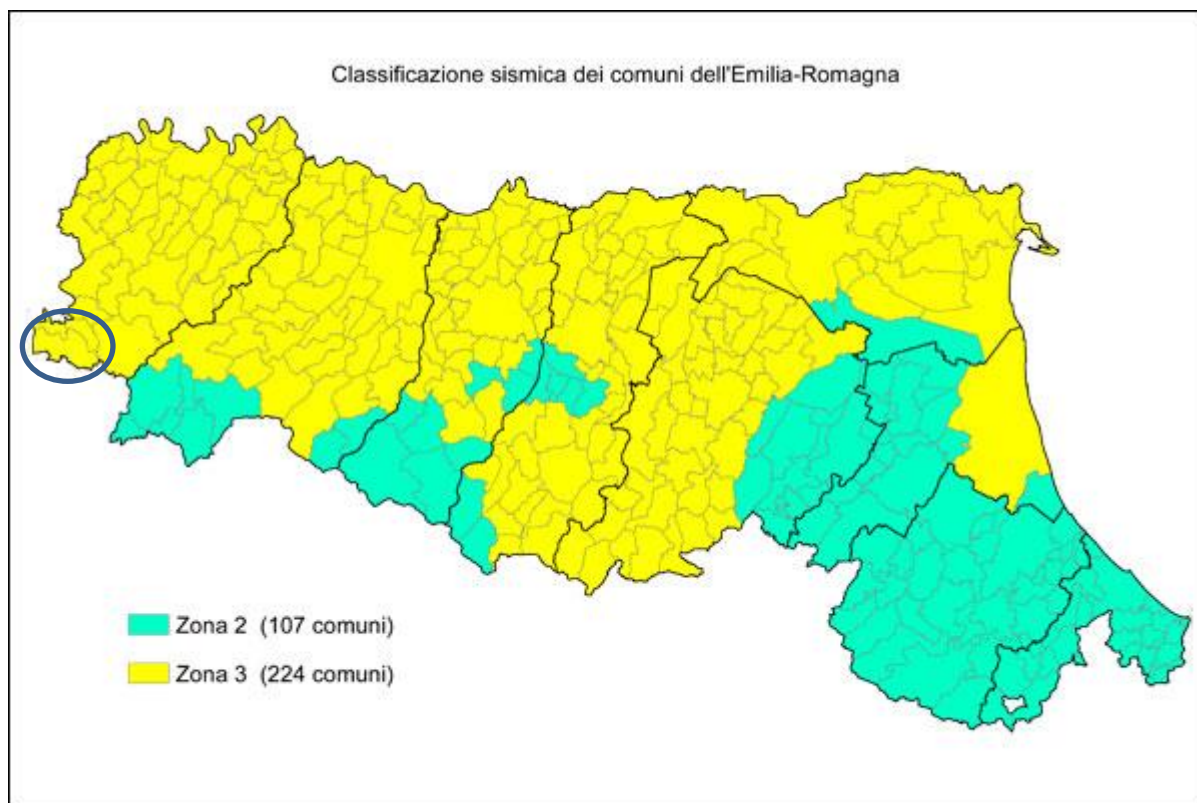


Fig. 10. Classificazione sismica della Regione Emilia-Romagna, 2018.

Conseguentemente, gli studi della pericolosità sismica hanno come obiettivo:

- l'individuazione delle aree dove, in occasione dei terremoti attesi, possono verificarsi effetti locali;
- la suddivisione del territorio in sottozone a diversa pericolosità sismica locale (Microzonazione Sismica, MZ);
- la stima quantitativa della risposta sismica locale dei depositi e delle morfologie presenti nell'area di indagine (Analisi della Risposta Sismica Locale, RSL).

Per questi studi sono previsti diversi livelli di approfondimento:

- Livello 1: volto a definire gli scenari di pericolosità sismica locale, cioè a identificare le parti di territorio suscettibili di effetti locali (amplificazione del moto sismico, instabilità dei versanti, fenomeni di liquefazione, rotture del terreno, ecc.).

Sulla base dei risultati della prima fase, nella seconda fase si attuano due diversi livelli di approfondimento:

- Livello 2: un'analisi semplificata è richiesta per la predisposizione e approvazione degli strumenti generali di pianificazione urbanistica comunale.
- Livello 3: un'analisi approfondita
 - può essere svolta dal Comune nell'ambito della predisposizione e approvazione degli strumenti generali di pianificazione urbanistica comunale, al fine di accertare gli effettivi fattori limitanti o condizionanti le trasformazioni urbane presenti in detti areali;
 - è comunque richiesta obbligatoriamente per la predisposizione e approvazione degli strumenti di pianificazione urbanistica attuativa che prevedano la localizzazione e l'attuazione in detti areali dei seguenti interventi:
 - 1. nuove urbanizzazioni;
 - 2. l'addensamento e la sostituzione urbana
 - 3. la ristrutturazione urbanistica
 - 4. edifici di interesse strategico e opere infrastrutturali la cui funzionalità durante gli interventi sismici assume rilievo fondamentale per le finalità di protezione civile e edifici e opere infrastrutturali che possono assumere rilevanza in relazione alle conseguenze di un eventuale collasso.

3 ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA

3.1 Inquadramento geologico

L'Appennino Settentrionale risulta dalla sovrapposizione tettonica di due grandi insiemi, diversi per litologia, struttura ed origine paleogeografica: un Insieme Esterno Umbro-toscano ed un Insieme Interno Ligure-emiliano.

L'insieme Esterno è costituito essenzialmente da uno zoccolo continentale, appartenente alla Placca Apula (Adriatico-Padana Auctt.) su cui poggiano, anche se scollate e deformate, le successioni mesozoico-terziarie che ne rappresentano l'originale copertura sedimentaria.

L'insieme Interno consta di una serie di unità tettoniche che, per la presenza di ofioliti (rocce ignee basiche ed ultrabasiche tipiche della litosfera oceanica) si sono invece originate in un oceano estendendosi eventualmente anche sulla parte più assottigliata dei margini continentali adiacenti (vedere i capitoli sulle ofioliti). Queste unità hanno comunque abbandonato il loro substrato originario, che è scomparso in subduzione, per sovrascorrere da ovest verso est (vergenza appenninica) sull'Insieme Esterno, che ha avuto ruolo di avampaese, costituendo perciò una coltre alloctona.

La catena deriva quindi dalla complessa deformazione dei sedimenti depositi nei differenti domini paleogeografici meso-cenozoici: il **Dominio ligure**, corrispondente in larga misura all'area oceanica, il **Dominio epiligure**, che si imposta a partire dall'Eocene medio sulle unità liguri già tettonizzate, il **Dominio subligure**, sviluppato sulla crosta assottigliata africana adiacente alla zona oceanica, e il **Dominio toscumbro**, di pertinenza africana.

In Fig. 11 è riportato un estratto della Carta Geologica di Sintesi della Regione Emilia-Romagna in cui è possibile osservare i domini che interessano l'area oggetto di studio, sostanzialmente il dominio ligure con due piccole aree interessate da formazioni del dominio sub-ligure.

Nel dettaglio del territorio comunale di Ottone si possono riconoscere due settori ben distinti (Fig. 12) idealmente suddivisi dall'incisione del Fiume Trebbia.

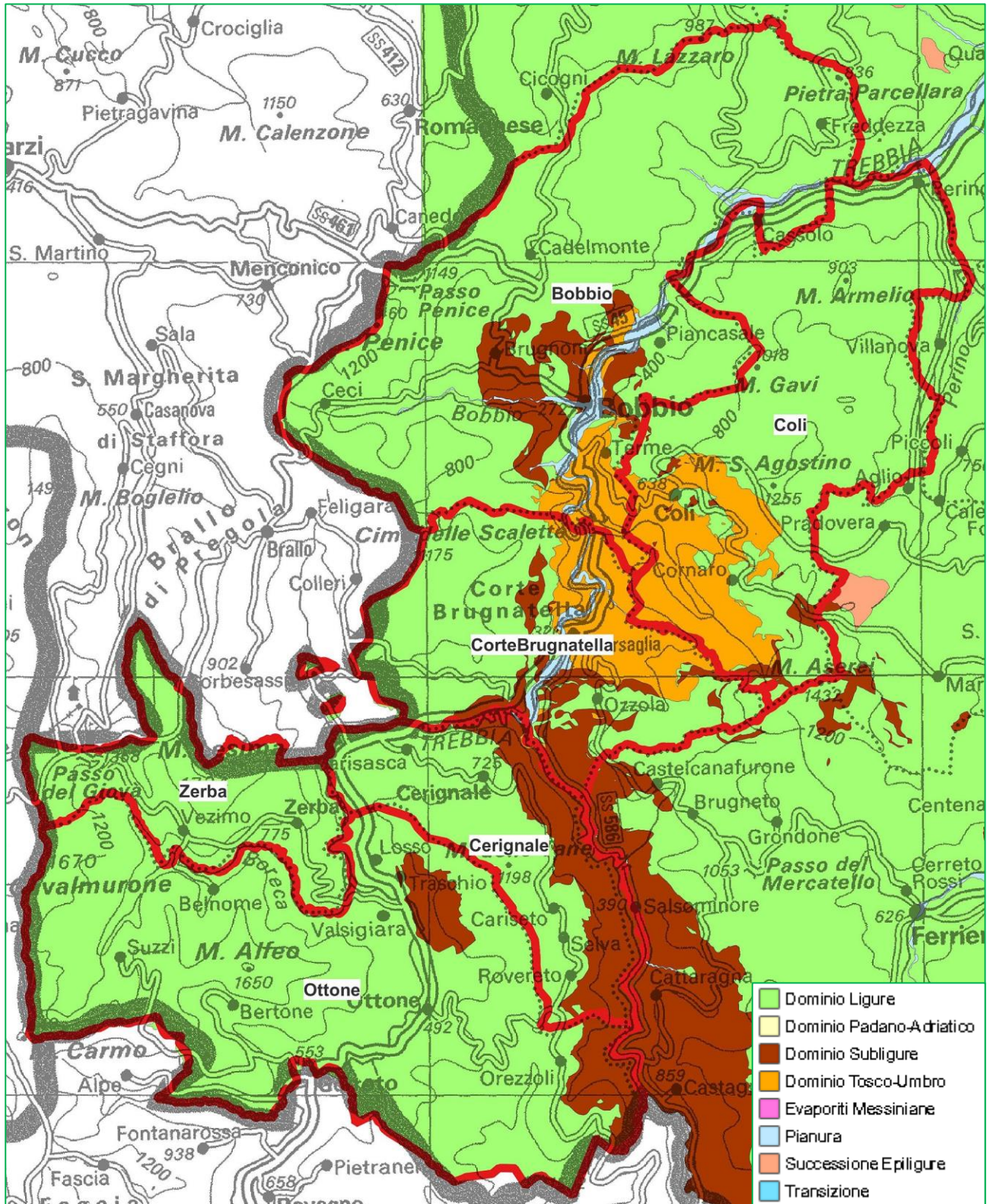


Fig. 11. Estratto della Carta Geologica di sintesi della Regione Emilia-Romagna (fuori scala).

Nell'area ovest affiora estesamente l'Unità tettonica Antola, in particolare rappresentata dalla **Formazione di Monte Antola (FAN)**, di età *Campaniana*; solamente sul versante in sinistra Trebbia (per esempio in loc. Campi) è possibile osservare anche la presenza delle **Argilliti di Montoggio (MGG)** e delle **Arenarie di Gorreto (AGO)**.

Sempre nel basso versante in sponda sinistra del F. Trebbia affiorano l'Unità tettonica Portello (qui rappresentata da **Formazione di Ronco (ROC)**, **Formazione di Monte Lavagnola (FLV)**), l'Unità tettonica Due Ponti (**Formazione di Canale (FCL)**, **Formazione di Monte Lavagnola (FRV)**), l'Unità tettonica Gottero (**Argille a Palombini (APA)**)

Nel settore centro-orientale sono invece rappresentate le unità tettoniche liguri Ottone (**Complesso di Casanova (CCV)**, **Complesso di Monte Veri (MVE)**, **Flysch di Ottone (OTO)**), e subliguri Canetolo (**Argille e Calcari di Canetolo (ACC)**) e Aveto (**Formazione della Val d'Aveto (AVE)**).

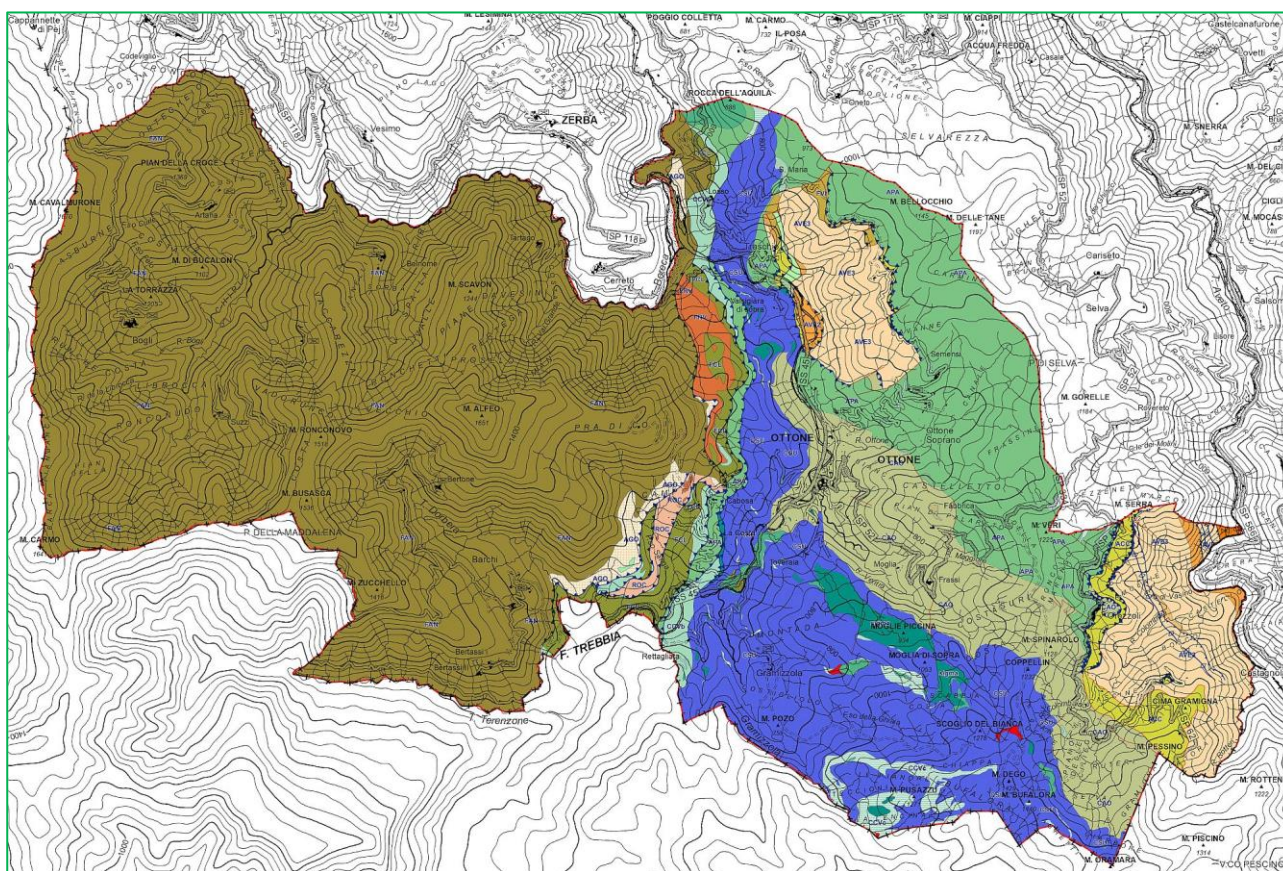


Fig. 12. Estratto della Carta Geologica 1:10.000 della Regione Emilia-Romagna (fuori scala).

Di seguito vengono descritte le principali caratteristiche delle unità individuate.

L'Unità tettonica Antola affiora estesamente occupando gran parte delle alte valli dei Torrenti Borbera, Curone e Staffora a nord, fino alla Val Vobbia ad ovest e alla Val Trebbia a sud e occupando tutto il crinale che separa la Val Trebbia dalle valli degli affluenti dello Scrivia (Monte Lesima, Monte Alfeo, Monte Chiappo e Monte Carmo).

La Formazione di Monte Antola (**FAN**) è formata da una potente e monotona successione (almeno 1000 m) di torbiditi carbonatiche calcareo-marnose (Fig. 13). Si tratta, in prevalenza di strati torbiditici di spessore da medio a molto spesso e in modo subordinato da strati sottili e megastrati piano paralleli e molto continui lateralmente.

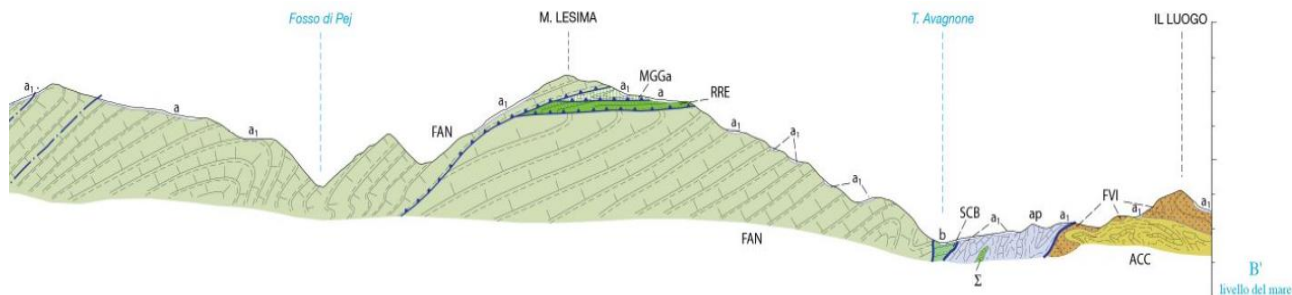


Fig. 13. Sezione geologica esemplificativa SW-NE passante poco a nord dell'abitato di Artana (fuori scala).

La formazione delle Arenarie di Gorreto (**AGO**) affiora alla base dell'Unità Antola in affioramenti discontinui lungo il limite orientale dell'unità tettonica, in sinistra orografica del Fiume Trebbia da Gorreto, Strassera-Ca Trebbiasca, Ca Cuccioli, Aglio e lungo il Fiume Trebbia fino all'altezza del paese di Losso. Le Arenarie di Gorreto sono costituite da strati di torbiditi da sottili a medi formate dall'alternanza di areniti medio-fini e siltiti a composizione mista con argilliti e marne-siltose. Come le sottostanti Argilliti di Montoggio, anche le Arenarie di Gorreto sono intensamente deformate da pieghe e da zone di taglio. La successione completa delle Arenarie di Gorreto non è quindi mai visibile interamente e lo spessore massimo osservabile si aggira intorno ai 150 m.

Le Argilliti di Montoggio (**MGG**) affiorano con spessori limitati alla base delle Arenarie di Gorreto. Le Argilliti di Montoggio sono costituite da argilliti e siltiti varicolori (rosse, grigio scure e verdi) caratterizzate da rare intercalazioni di torbiditi costituite da areniti medio-fini a composizione mista in strati sottili e medi privi di strutture sedimentarie o caratterizzati da una laminazione debolmente convoluta. Queste argilliti sono deformate in modo pervasivo e pertanto risulta difficile valutarne l'originale spessore, che doveva comunque essere superiore a 100 m.

L'Unità tettonica **Portello** affiora nella Val Trebbia in corrispondenza del settore compreso fra i paesi di Gorreto e Losso. Essa si trova geometricamente compresa fra l'Unità tettonica Antola con cui viene a contatto attraverso un importante sovrascorrimento caratterizzato dalla presenza di scaglie tettoniche visibili lungo la strada Gorreto-Alpe. Il contatto fra l'Unità Portello e la sottostante Unità Due Ponti è caratterizzato dalla presenza di una zona di taglio fragile, come osservabile sulle pendici orientali del Monte Alfeo, nei pressi di Aglio. L'assetto tettonico dell'Unità Portello è sostanzialmente normale anche se non mancano settori a giacitura rovesciata. Lo spessore massimo apparente è di circa 400 m.

La Formazione di Ronco (**ROC**) è costituita da strati torbiditici sottili e medi, caratterizzati da alternanze di areniti fini, siltiti-marnose ed argilliti. La Formazione di Ronco passa stratigraficamente verso il basso alla Formazione delle Argille a Palombini. Al tetto invece viene a contatto con la Formazione di Monte Lavagnola attraverso un contatto stratigrafico discordante erosivo.

La Formazione di Monte Lavagnola (**FLV**) è costituita da un complesso clastico grossolano contenente ofioliti. Si tratta infatti di torbiditi a composizione silicoclastica costituite da alternanze di strati sottili di siltiti

ed arenarie finissime con strati medi e spessi di peliti prive di carbonati. Gli strati non mostrano una buona continuità laterale anche alla scala dell'affioramento. Lo spessore di queste torbiditi è generalmente sottile ed il rapporto arenite/pelite < 1.

L'Unità tettonica **Due Ponti** affiora nel settore compreso fra gli abitati di Gorreto e Valsigiara e presenta un assetto prevalentemente rovesciato ed è caratterizzata alla base ed al tetto da superfici di sovrascorrimento che la separano dalla sovrastante Unità Vermallo e dalla sottostante Unità Gottero. Lo spessore apparente dell'unità tettonica è valutabile in circa 500 m. L'Unità Due Ponti è costituita da una successione torbiditica.

La Formazione di Canale (**FCC**) affiora in Val Trebbia nel settore compreso fra Gorreto e Valsigiara. I migliori affioramenti sono quelli lungo la S.S.45 nei pressi di Ca Trebbiasca, di Rio Senga e di Sorba. Lo spessore massimo di questa formazione non supera i 400 m. Si tratta di torbiditi a composizione litoarenitica rappresentate da strati a geometria piano parallela di spessore variabile da pochi cm a 3 m con rapporto arenite/pelite ≈ 1.

Al tetto della Formazione di Canale è presente un complesso clastico grossolano contenente ofioliti che è stato denominato Formazione di Roccavanna (**FRV**) distinto per la prima volta nel Foglio Cabella Ligure (nelle ultime interpretazioni è stato considerato facente parte del "Complesso di Roccavanna - Formazione di Monte Lavagnola (FRV)" (geoportale Servizio Geologico RER). Gli affioramenti migliori di questa formazione si trovano a sud-ovest del paese di Roccavanna, in Val Trebbia, lo spessore massimo non supera i 100 m. La Formazione di Roccavanna rappresenta il deposito di chiusura della successione ed è costituita dall'associazione di torbiditi sottili a composizione principale silicoclastica con argilliti.

L'Unità tettonica **Gottero** risulta compresa fra l'Unità Due Ponti, al tetto, e l'Unità Ottone alla base, da cui viene separata dalla Linea Ottone-Levanto. La successione stratigrafica dell'Unità Gottero, e più in generale quella delle Unità Liguri Interne, è stata interpretata come il risultato della sedimentazione pelagica e quindi torbiditica di mare profondo al di sopra della litosfera oceanica del Dominio oceanico Ligure-Piemontese rappresentata dalla sequenza ofiolitica giurassica.

Le Argille a Palombini (**APA**) affiorano estesamente in alta Val Trebbia. Gli affioramenti principali sono quelli a sud di Ca Trebbiasca nel letto del Fiume Trebbia, lungo la strada per Campi in località La Costa e ad ovest del paese di Valsigiara di Sopra. Lo spessore massimo di questa formazione non supera i 200 m. Questa formazione è rappresentata da depositi torbiditici costituiti dall'alternanza di strati calcareo-marnosi ed emipelagiti prive di carbonati.

I principali affioramenti dell'Unità tettonica **Ottone** (*Cretacico superiore*) si trovano lungo la Val Trebbia in corrispondenza dei paesi di Gorreto, Gramizzola, Ponte Rocca Corvi, Ottone fino a Ponte Organasco. L'Unità Ottone è sovrascorsa dalla Sottounità Loco facente parte dell'Unità Gottero e sovrascorre a sua volta le Unità Subliguri Canetolo e Aveto.

Il Complesso di Casanova (**CCV**) è costituito da depositi torbiditici e da depositi da scivolamenti in massa e flussi gravitativi (colate di detrito). Nel Complesso di Casanova sono state distinte tre litofacies, in eteropia e/o in alternanza tra loro senza un apparente ordine stratigrafico: a) Arenarie ofiolitiche, b) Breccie monogeniche a matrice pelitica, c) Breccie poligeniche a matrice arenitica. Nel geoportale RER è indicato dalla sigla **CSU** (Arenarie di casanova).

Il Complesso di Monte Veri (**MVE**) è costituito da olistoliti riferibili alla formazione delle Argille a Palombini intercalate in un'abbondante matrice pelitica interpretata come un sedimento "rigenerato", derivato dalla frazione pelitica delle Argille a Palombini.

Il Flysch di Ottone (**OTO**) affiora in Val Trebbia nei pressi di Ottone e ad est di Ponte Organasco per spessori massimi di 200 m. Questa formazione è costituita da torbiditi calcaree caratterizzate da alternanze ritmiche di marne calcaree, calcari marnosi e marne in strati da medi a molto spessi e in banchi con base arenitica medio-fine e geometria piano parallela. Nel geoportale RER è indicato dalla sigla **CAO**.

All'Unità tettonica **Canetolo** (Subligure) sono state attribuite formazioni torbiditiche calcareo-marnose e calcareo-pelitiche di età terziaria correlabili con le formazioni affioranti nella zona tipo in Val Parma. L'Unità tettonica Canetolo è qui suddivisa in due sottounità, la Sottounità tettonica Penice (Flysch di Monte Penice) e la Sottounità tettonica Vico (Argille e Calcari di Canetolo e Flysch di Vico).

La formazione delle Argille e Calcari di Canetolo (**ACC**) affiora in modo limitato nel settore est del Foglio prevalentemente lungo la Val Trebbia nei pressi di Ponte di Lovaia, a est di Traschio e ad ovest del paese di Lenzino. A causa dell'intensa deformazione e laminazione tettonica la formazione non raggiunge spessori superiori ai 100 m. Le Argille e Calcari di Canetolo sono costituite dall'alternanza di peliti scure con torbiditi carbonatiche e da strati spessi e molto spessi di calcari e calcari marnosi.

L'Unità tettonica **Aveto** è costituita da una successione che comprende la Formazione della Val d'Aveto e le Marne di Traschio. La Formazione della val d'Aveto è stata suddivisa a sua volta in tre membri, denominati rispettivamente membro pelitico-arenaceo, membro conglomeratico e membro arenaceo.

La Formazione della Val d'Aveto (**AVE**) affiora nel Foglio Cabella Ligure esclusivamente nella Finestra di Traschio, a nord dell'abitato di Ottone. Lo spessore totale della successione è di almeno 1000 m.

Il membro pelitico-arenaceo (**AVE₁**) è rappresentato da torbiditi in strati medi e spessi di arenarie silicoclastiche, di argilliti e di siltiti. Sono localmente presenti livelli ad andamento lenticolare di conglomerati poligenici. Presenti, inoltre, torbiditi calcaree rappresentate da strati medi di calcari marnosi e strati sottili di marne argillose. Nella parte basale alle sequenze arenacee si intercala una litofacies (**AVE_{1a}**) costituita da strati medi e spessi di argilliti non carbonatiche di colore rosso-verdastro affioranti lungo la strada che dal fondovalle del T. Aveto porta al paese di Cattaragna.

Il membro conglomeratico (**AVE₂**). È costituito da conglomerati in banchi e strati amalgamati spessi e molto spessi costituiti da ciottoli arrotondati di rocce metamorfiche (gneiss, micascisti anfiboliti e quarziti), magmatiche (graniti, pegmatiti ed andesiti) e in subordine di rocce sedimentarie (calcari micritici, calcari marnosi e siltiti) le cui dimensioni variano dal centimetro fino al metro.

Il membro arenaceo (**AVE₃**) affiora in modo limitato in destra orografica del Fiume Trebbia dall'altezza di Ponte di Lovaia fino a Santa Maria. I migliori affioramenti sono quelli del Rio Magliato e del Rio Traschio. Lo spessore di questo membro all'interno del Foglio non supera i 300 m. Questo membro è costituito prevalentemente da facies arenacee ed arenaceo-pelitiche a cui sono associati subordinati livelli ad andamento lenticolare di conglomerati poligenici. Si tratta di sequenze di strati spessi, molto spessi e banchi di arenarie medio-grossolane gradate, con buona continuità laterale.

Si segnala infine che in corrispondenza del confine con la val d'Aveto sono stati riconosciuti due geositi (Fig. 14) per interesse stratigrafico:

- geosito di rilevanza locale Monte Veri: “Area di riferimento del Complesso di Monte Veri, in affioramento tra le Argille a Palombini. Si tratta di una unità litostratigrafica caotica dei complessi di base interpretata come deposito frana sottomarina che coinvolge le Argille a Palombini stesse”;
- geosito di rilevanza regionale Val d’Aveto: “Tratto vallivo profondamente incassato tra affioramenti di litologie arenacee e conglomeratiche riferite alla Formazione della Val d’Aveto. Di particolare interesse il membro conglomeratico nel quale sono abbondanti grandi elementi andesitici verdi”.

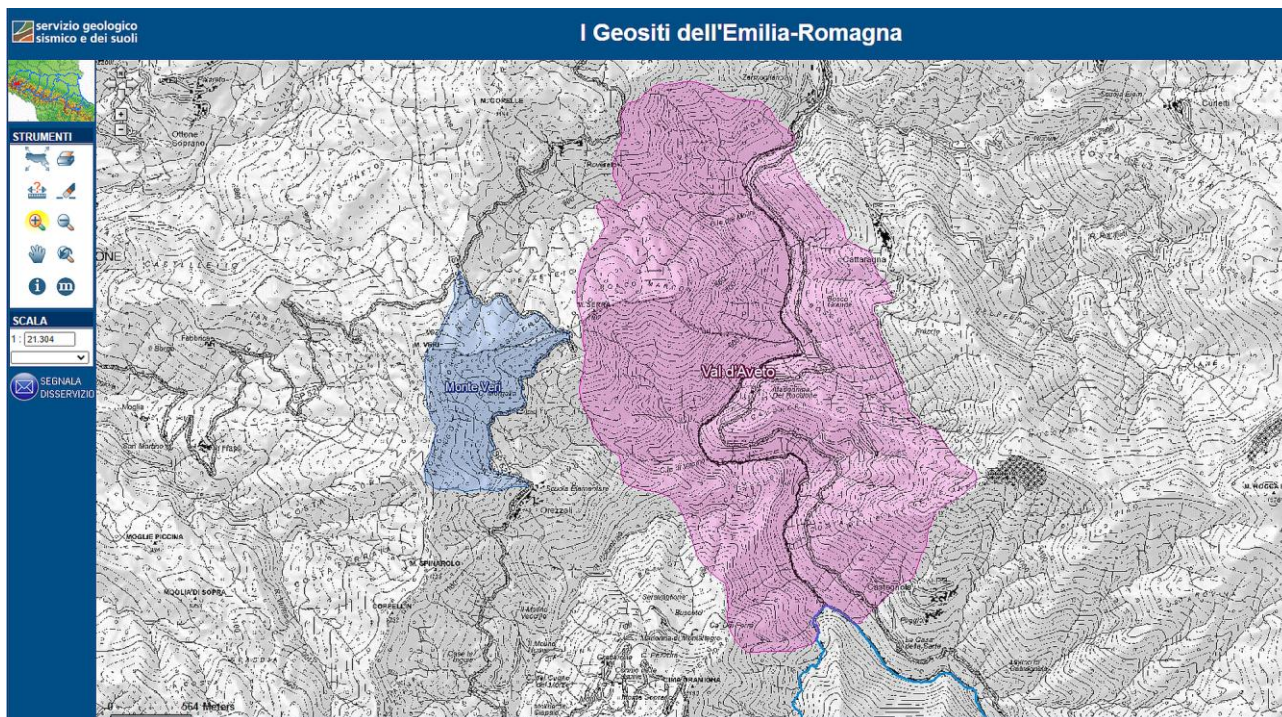


Fig. 14. Estratto del geoportale del Servizio Geologi Regionale “I Geositi dell'Emilia-Romagna”.

3.2 Inquadramento geomorfologico

Le diverse unità geologiche presenti sul territorio, in funzione delle proprie caratteristiche gomecchaniche, danno al paesaggio un aspetto morfologico differente. Di seguito si schematizzano i principali caratteri delle diverse unità litologiche del substrato, nonché delle coperture più recenti.

Da sottolineare la corrispondenza tra l’assetto geometrico-strutturale della dominante Formazione di Monte Antola e la configurazione delle valli Boreca e Dorbera, che a grande scala da origine ad un caratteristico profilo asimmetrico (*cuestas*) in cui il versante a *franapoggio* (generalmente rivolto verso SW) mostra un’inclinazione coincidente con la superficie di strato e viceversa il versante a *reggipoggio* si presenta generalmente ripido e severo.

Con riferimento alla tettonizzazione, inoltre, è possibile osservare come la valle principale e quelle laterali si siano impostate in corrispondenza delle zone più intensamente fratturate.

Ulteriore elemento geomorfologico degno di nota è la presenza di paleosuperfici residuali sommitali e di versante, che caratterizzano le parti superiori dei rilievi: le prime corrispondono alla fase terminale (maturità) del ciclo morfogenetico sviluppatosi nell'Appennino Settentrionale dopo le ultime fasi orogenetiche del

Pliocene sup.-Pleistocene inf.; le paleosuperfici di versante invece, marcate rotture di pendenza con deciso addolcimento del declivio, sono geneticamente ricollegabili alle ripetute fasi erosive operate dai corsi d'acqua (ringiovanimento morfologico).

Dal punto di vista della franosità dei versanti si può osservare che la maggior parte delle frane (a1-a2), anche di importanti dimensioni, si concentra nel settore orientale del territorio (Fig. 15), in cui le litologie presenti associate a fratturazioni estese creano le condizioni per il verificarsi del fenomeno. Viceversa, il settore occidentale del comune mostra frane più modeste e localizzate e una maggior presenza di zone interessate da detrito di versante (a3) o depositi eluvio-colluviali (a4).

Le impervie forme dei rilievi attorno alla val Boreca e Dorbera hanno favorito la conservazione delle bellezze naturali del paesaggio, anche perché l'urbanizzazione è stata resa difficoltosa dalla stessa configurazione del territorio. Percorrendo la strada che si snoda lungo gli scoscesi versanti della valle a marcata morfologia fluviale (valle a "V") si intravedono emergere, dal fitto manto boscoso, alcuni paesini raggiungibili fino ad alcuni anni fa (agevolmente) solo a piedi (Bogli, Artana, Belnome, Pizzonero, Suzzi, Bertone, Tartago).

Gli unici depositi fluviali con spessori significativi sono riscontrabili nella valle del Trebbia, nel settore centrale del territorio di Ottone, oltre che allo sbocco dei torrenti Boreca e Botasso e sono rappresentate da:

- Alluvioni attuali mobilizzabili dell'alveo attivo (b1).
- Alluvioni medio recenti (AES): caratterizzate da ghiaie prevalenti in scarsa matrice sabbioso limosa con copertura di suolo poco sviluppata e sopraelevati di circa 1,0 – 2,0 m rispetto alle alluvioni attuali.

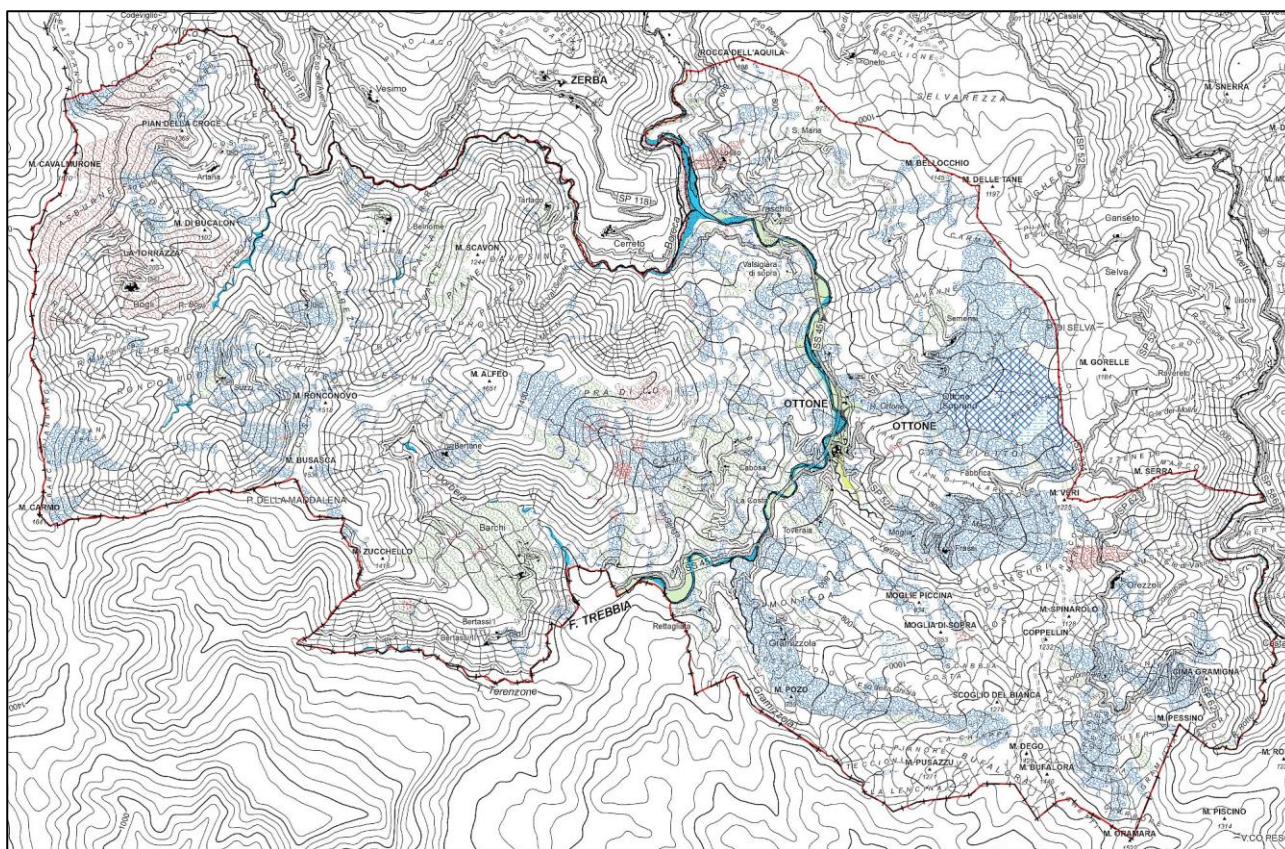


Fig. 15. Estratto delle coperture quaternaria della Carta Geologica 1:10.000 della Regione Emilia-Romagna (fuori scala).

4 DATI GEOTECNICI E GEOFISICI

Ai fini della ricostruzione dettagliata del Modello geologico di sottosuolo, della realizzazione della Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS) e della Carta delle frequenze naturali (f_0) dei terreni, tutti prodotti nel livello 1, è stata effettuata un'approfondita ricerca bibliografica dei dati geotecnici e geofisici presenti negli areali oggetto di studio e sono state acquisite 12 nuove prove HVSR.

In particolare, sono stati consultati:

- “Carta Geologica d’Italia” alla scala 1: 50.000, Foglio 197 “Bobbio”, Foglio 196 “Cabella Ligure” e relative Note Illustrative;
- Carta Geologica della Regione Emilia-Romagna, scala 1: 10.000 e portale cartografico online (database prove sottosuolo);
- Portale del Servizio Geologico d'Italia (ISPRA), in particolare l'archivio 'Indagini del sottosuolo' (L. 464/84);
- Archivi comunali ed Indagini geologico-tecniche di supporto agli strumenti urbanistici vigenti o studi di frane.

Nel secondo livello sono state integrate nuove indagini, con acquisizione di ulteriori 54 prove HVSR e 16 prove MASW.

Sulla base di questi nuovi dati, sono stati revisionati e aggiornati i prodotti di primo livello; sono state inoltre realizzate: la Carta delle velocità delle onde di taglio Vs, le Carte di Microzonazione sismica di secondo livello e la Carta della distribuzione dei valori di H_{SM} .

In totale, sono stati inseriti (Fig. 16) i dati relativi a:

- n. 91 indagini puntuali
- n. 22 indagini lineari

Le ubicazioni delle indagini raccolte, sia pregresse che di nuova realizzazione, sono state riportate nella Tav.01 (Carta delle Indagini), realizzate in formato digitale (pdf) in scala 1: 10.000.

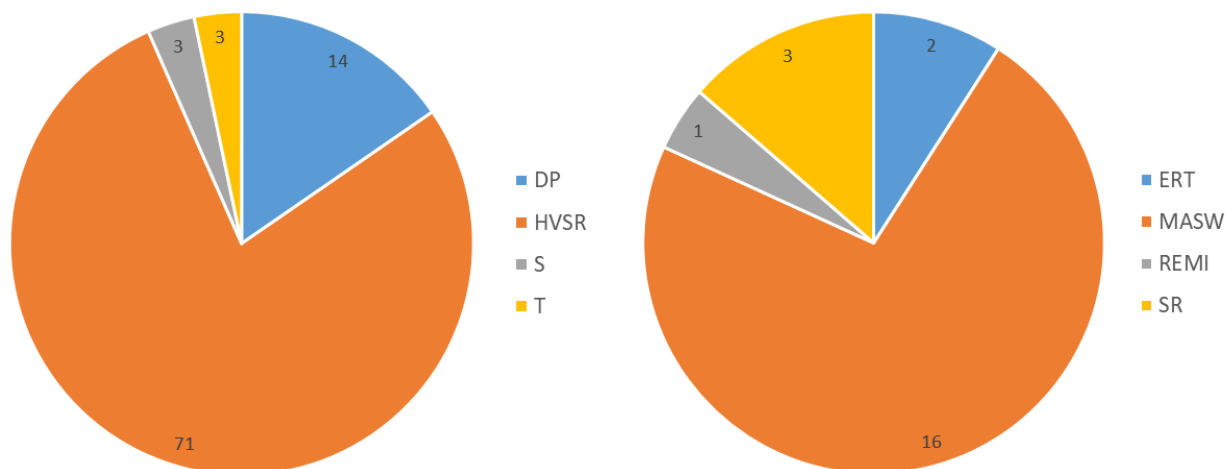


Fig. 16. Suddivisione per tipologia delle informazioni raccolte (indagini puntuali a sinistra e lineari a destra).

I dati sono stati rappresentati in forma simbolica e per tipologia, utilizzando la legenda e le simbologie previste dagli 'Standard di Rappresentazione e Archiviazione Informatica' redatti dal DPC (versione 4.2, dicembre 2020).

5 MODELLO DEL SOTTOSUOLO

La base per uno studio di microzonazione sismica è la definizione, quanto più accurata possibile, del modello geologico del sottosuolo, sviluppata al fine di ricostruire la successione stratigrafica del sottosuolo delle aree in esame e la profondità del substrato rigido.

Per l'area comunale di Ottone, il modello del sottosuolo è stato ricostruito sulla base dei risultati delle indagini geognostiche e geofisiche pregresse disponibili e delle differenti cartografie tematiche del Servizio Geologico regionale, a diverse scale di dettaglio.

Allo scopo di migliorare la comprensione del modello geologico locale, nella Tavola allegata alla presente Relazione, sono proposte 13 sezioni geologico-tecniche (Fig. 17) orientate sia trasversalmente che longitudinalmente ai principali elementi geologici/geomorfolologici riscontrabili nelle aree di approfondimento.

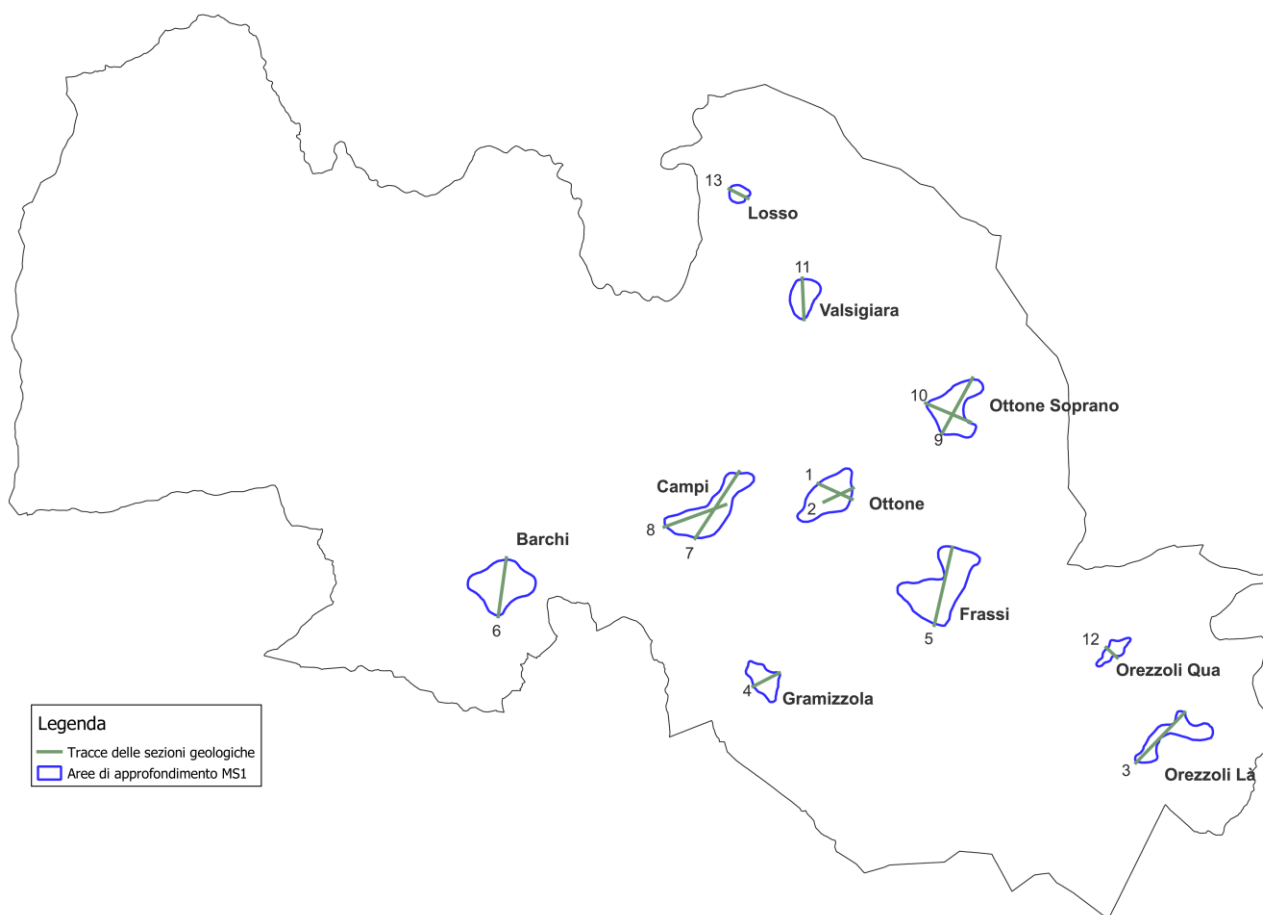


Fig. 17. Mappa d'insieme delle aree di approfondimento e relative sezioni geologico-tecniche.

In Fig. 18 è riportata una sezione esemplificativa tra quelle riportate nella tavola allegata.

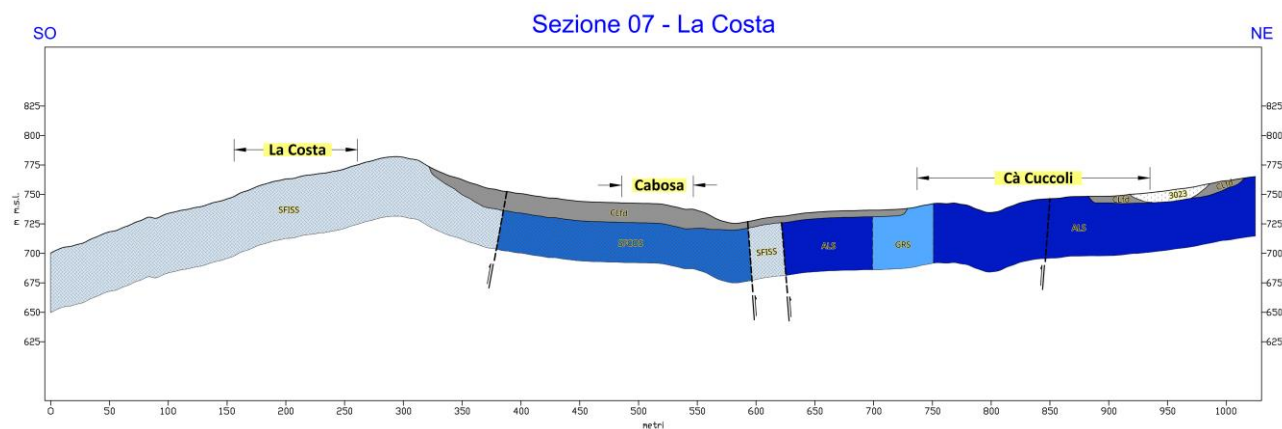


Fig. 18. Stralcio della Sezione n. 7 (La Costa).

6 INTERPRETAZIONI E INCERTEZZE

La definizione del modello del sottosuolo, descritto nel capitolo precedente, deriva dal combinato disposto dei seguenti dati:

- geologia di vasta area del contesto comunale e intercomunale in esame;
- indagini dirette e indirette eseguite nel territorio comunale nel corso degli anni, loro numerosità e posizione;
- studi precedenti su scala regionale realizzati da altri autori a supporto di altri lavori;
- prove acquisite ex novo: misure di microtremore ambientale (HVSR) e prove in array tipo MASW.

L'analisi combinata di tali dati ha dunque permesso di differenziare le coperture presenti sulla base delle loro caratteristiche litotecniche: l'area oggetto di studio presenta un'estrema mutevolezza morfologica, dunque importanti incertezze legate, in particolare, a:

- estensione del territorio, dunque considerevole variabilità geologica, tipica del contesto appenninico;
- talvolta esiguo numero di indagini disponibili all'interno delle aree oggetto di approfondimento;
- livello di affidabilità delle prove raccolte, talora non sufficiente all'ottenimento di informazioni precise.

Comunque, l'acquisizione di nuove prove ha consentito di ricavare informazioni aggiuntive, quindi di aggiornare il modello del terreno che era stato proposto nel primo livello.

7 METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI

La ricostruzione del modello del sottosuolo, lo studio geomorfologico dell'area e l'analisi dei dati geofisici e geotecnici esistenti e di nuova acquisizione (paragrafo 4), hanno permesso di produrre i diversi elaborati e prodotti cartografici richiesti dal secondo livello di approfondimento. Tutti i prodotti cartografici sono stati realizzati in scala 1:10.000.

Sulla base degli Standard di rappresentazione e archiviazione informatica approvati dal Dipartimento della Protezione Civile e dalla Conferenza delle Regioni e delle Province autonome (Versione 4.2), i risultati dello studio di Microzonazione Sismica (Livello 1 e 2) sono rappresentati dai seguenti prodotti:

- **Carta delle Indagini**, dove sono riportate le indagini pregresse e quelle acquisite nel corso della campagna di raccolta dati effettuata.
- **Carta Geologico Tecnica per la Microzonazione Sismica (CGT_MS)**, in cui è rappresentata una sintesi degli elementi geologici e geomorfologici presenti all'interno dell'area di studio, tale da poter visualizzare la distribuzione dei terreni di copertura.
- **Carta delle frequenze naturali dei terreni f_0** , che riporta l'ubicazione dei punti di misura delle prove di sismica passiva a stazione singola (HVSr) e l'indicazione del valore f_0 del picco significativo, corrispondente alla frequenza di risonanza fondamentale del terreno.
- **Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (Carta delle MOPS)**, che mostra la divisione del territorio in: zone stabili, zone suscettibili di amplificazioni e zone suscettibili di instabilità.
- **Carta delle velocità delle onde di taglio S**, che contiene l'ubicazione delle prove MASW e l'indicazione, per ciascuna di esse, del valore di V_{sH} , che corrisponde alla velocità dello spessore equivalente di copertura al di sopra del bedrock sismico o alla velocità del substrato se affiorante.
- **Carte di Microzonazione Sismica (MS)**: si tratta di carte che rappresentano le amplificazioni stimate, per ciascuna MOPS, tramite procedure semplificate.
- **Carta della distribuzione dei valori di H_{SM}** , parametro che esprime lo scuotimento atteso in superficie, espresso in frazione di g.

8 ELABORATI CARTOGRAFICI

8.1 Carta delle indagini

La carta delle indagini è comprensiva di tutte le indagini, pregresse e di nuova esecuzione, che sono comprese all'interno del territorio comunale. Esse sono state distinte, in base alla tipologia, in:

Esse sono state distinte in base alla tipologia in:

- Indagini puntuali
 - DP prova penetrometrica dinamica pesante
 - HVSr misura di microtremore a stazione singola
 - S sondaggio a carotaggio continuo
 - T trincea o pozzetto esplorativo
- Indagini lineari
 - ERT Electrical Resistivity Tomography (Sezione Tomografia elettrica)
 - MW Multichannels Analysis Surface Waves (Prova sismica M.A.S.W.)
 - REMI Refraction Microtremor (Prova sismica Re.Mi.)
 - SR Seismic Refraction (Sezione sismica a rifrazione)

Al fine di apprezzare visivamente la distribuzione delle indagini puntuali, si riporta una mappa di densità delle informazioni puntuali raccolte sul territorio comunale (Fig. 19).

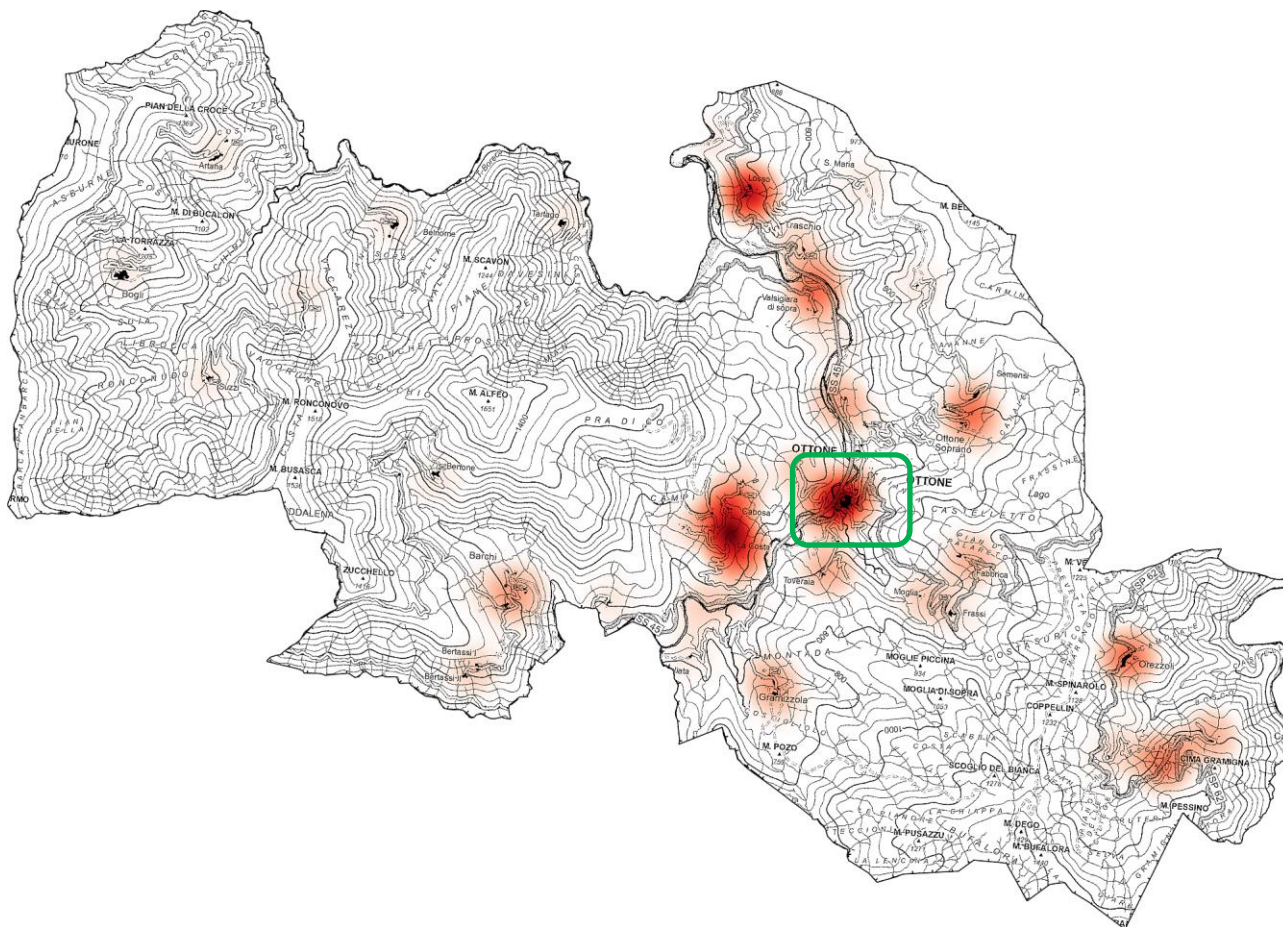


Fig. 19. Mappa di densità delle indagini puntuali raccolte (con riquadro verde Ottone).

8.2 Carta Geologico-Tecnica per la microzonazione sismica (CGT_MS)

Nella Carta geologico-tecnica sono state riportate le informazioni di base (geologia, geomorfologia, caratteristiche litotecniche, geotecniche e idrogeologiche) derivate da elaborati esistenti e da indagini geognostiche/geofisiche pregresse. Questi dati hanno consentito di definire il modello di sottosuolo e sono risultate funzionali alla realizzazione delle Carta delle MOPS (Livello 1).

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

- elaborati del Quadro Conoscitivo del PSC Vigente;
- “Carta Geologica d’Italia” alla scala 1: 50.000, Foglio 197 “Bobbio”, Foglio 196 “Cabella Ligure” realizzati secondo le indicazioni del Progetto CARG;
- Carta Geologica dell’Emilia-Romagna, scala 1: 10.000, realizzata dalla Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli Regione della Emilia-Romagna;
- Cartografia del dissesto della Regione Emilia-Romagna (webgis e geoportale);
- indagini puntuali, per la descrizione delle quali si rimanda al precedente paragrafo;

Nella Carta geologico tecnica sono rappresentate le caratteristiche litologiche dei terreni dei primi cinque metri di profondità dal piano campagna, classificati sulla base della tessitura prevalente (Fig. 20).

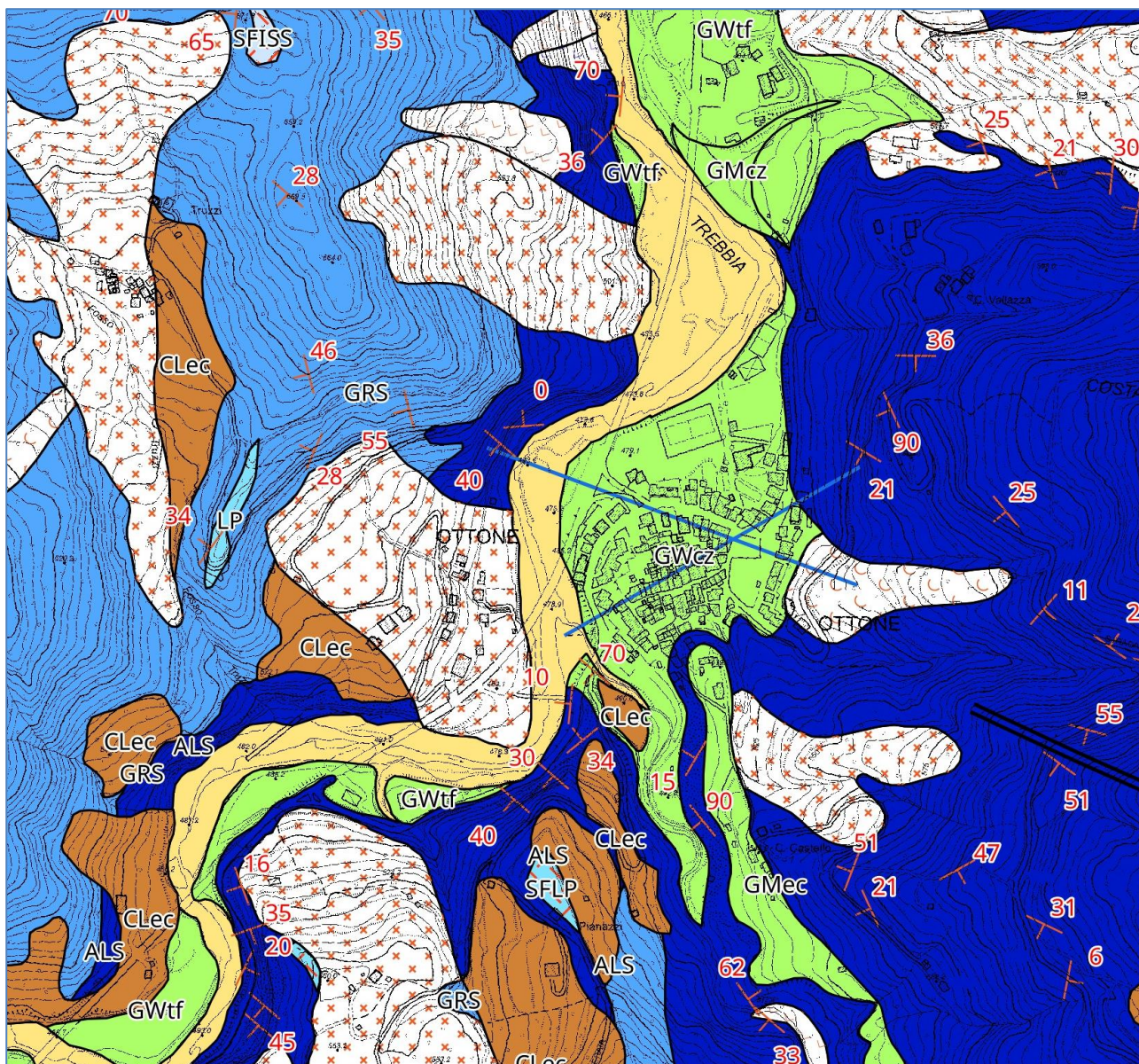


Fig. 20. Estratto della Carta Geologico-Tecnica (CGT_MS) (fuori scala).

La rappresentazione di un substrato affiorante corrisponde a una copertura di spessore inferiore a tre metri; la presenza del substrato geologico, nell'area di studio, è ricondotta alle seguenti unità geotecniche:

- ALS Alternanza di litotipi stratificato
- COS Coesivo sovraconsolidato stratificato
- GR Granulare cementato
- GRS Granulare cementato stratificato
- LP Lapideo
- LPS Lapideo stratificato
- SFCOS Coesivo sovraconsolidato, stratificato fratturato / alterato
- SFISS Substrato geologico incoerente o poco consolidato, stratificato fratturato / alterato
- SFLP Substrato geologico lapideo fratturato / alterato

Sono inoltre rappresentati i terreni di copertura, classificati sulla base della tessitura prevalente e della loro genesi. Sulla base degli Standard di rappresentazione, sono state distinte le seguenti unità di copertura:

- CL Argille inorganiche di media-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre, associate a depositi eluvio-colluviali (ec) e falda detritica (fd)
- GM Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo, associate a conoidi di deiezione (cz), depositi eluvio-colluviali (ec), depositi di terrazzo fluviale (tf)
- GW Ghiaie pulite con granulometria ben assortita, miscela di ghiaia e sabbie, associate a conoidi di deiezione (cz) e ai terrazzi fluviali (tf)
- LC Litoide di copertura, associato a falda detritica (fd)
- PT Torbe ed altre terre fortemente organiche, associate a depositi palustri (pa)
- SW Sabbie pulite e ben assortite, sabbie ghiaiose, associabili a depositi di bacino intramontano (in)

Le instabilità di versante sono identificate da un codice del tipo 30xy: in Tabella 1 sono riportate tutte le casistiche previste dagli ICMS/08. Nella tabella sono messe in evidenza le classi presenti all'interno del territorio comunale di Ottone.

Sono state recuperate informazioni su alcuni sondaggi mentre al momento non è stato possibile recuperare informazioni su sondaggi profondi.

L'area non mostra le caratteristiche necessarie per il verificarsi del fenomeno di liquefazione dei terreni.

Nella carta sono state inserite infine le seguenti informazioni:

- giaciture di strato, da banca dati Geologia 10.000 Regione Emilia-Romagna,
- faglie/fratture, da banca dati Geologia 10.000 Regione Emilia-Romagna,
- sondaggi che hanno raggiunto il substrato geologico,
- i depositi franosi, suddivisi per tipologia,
- la traccia della sezione geologica rappresentativa del modello di sottosuolo.

Instabilità di versante	1 – crollo o ribaltamento	2 – scorrimento	3 – colata	4 – composita	5 – non definito
1 – attiva	3011	3012	3013	3014	3015
2 – quiescente	3021	3022	3023	3024	3025
3 – inattiva	3031	3032	3033	3034	3035
4 – non definita	3041	3042	3043	3044	3045

Tabella 1. Codici relativi alle instabilità di versante rappresentate nella CGT: in evidenza le tipologie che si riscontrano all'interno del territorio comunale di Ottone.

8.3 Carta delle frequenze naturali (f_0) dei terreni

Sulla base dei dati HVSR acquisiti, è stata aggiornata la Carta delle frequenze naturali (f_0) dei terreni, nella quale sono state riportate le ubicazioni dei 72 punti di misura e i valori delle frequenze fondamentali (Fig. 21). Per ogni sito di misura, il valore di f_0 si riferisce al picco, fra quelli eventualmente presenti, avente minore frequenza. Non sono stati presi in considerazione i picchi con frequenze superiori a 20 Hz, essendo questi non significativi in prospettiva sismica.

Gli indirizzi tecnici di riferimento prescrivono di utilizzare colori differenti a seconda del valore della frequenza fondamentale e diverse dimensioni del simbolo in relazione all'ampiezza del picco. In particolare, si è fatto riferimento allo schema di legenda proposto dal plugin MzStools (Fig. 22).

Dalla Carta delle frequenze naturali (f_0) dei terreni si evince che, all'interno del Comune di Ottone, sono presenti picchi presso le seguenti località: Barchi, Bertassi II, Bertone, Busceto (frana), Case le Inguie, Connio delle Cascine (frana), Fabbrica (frana), Frassi (frana), Gramizzola (frana), Moglia (frana), Orezza (frana), Ottone Paese (est), Ottone Soprano (frana), Strassera, Tartago, Toveraia, Trascio e Valsigara di Sopra.

Al contrario, non sono presenti picchi significativi presso Bertassi I, Ca' Dei Ferre, Campi, Connio delle Cascine, Losso (frana), Moglie (frana), Orezza, Ottone Paese (ovest), Ottone Soprano (paese), Semesi (frana) e, in generale, in tutta la porzione ovest del Comune di Ottone (Artana, Belnome, Bogli, Pizzonero e Suzzi).

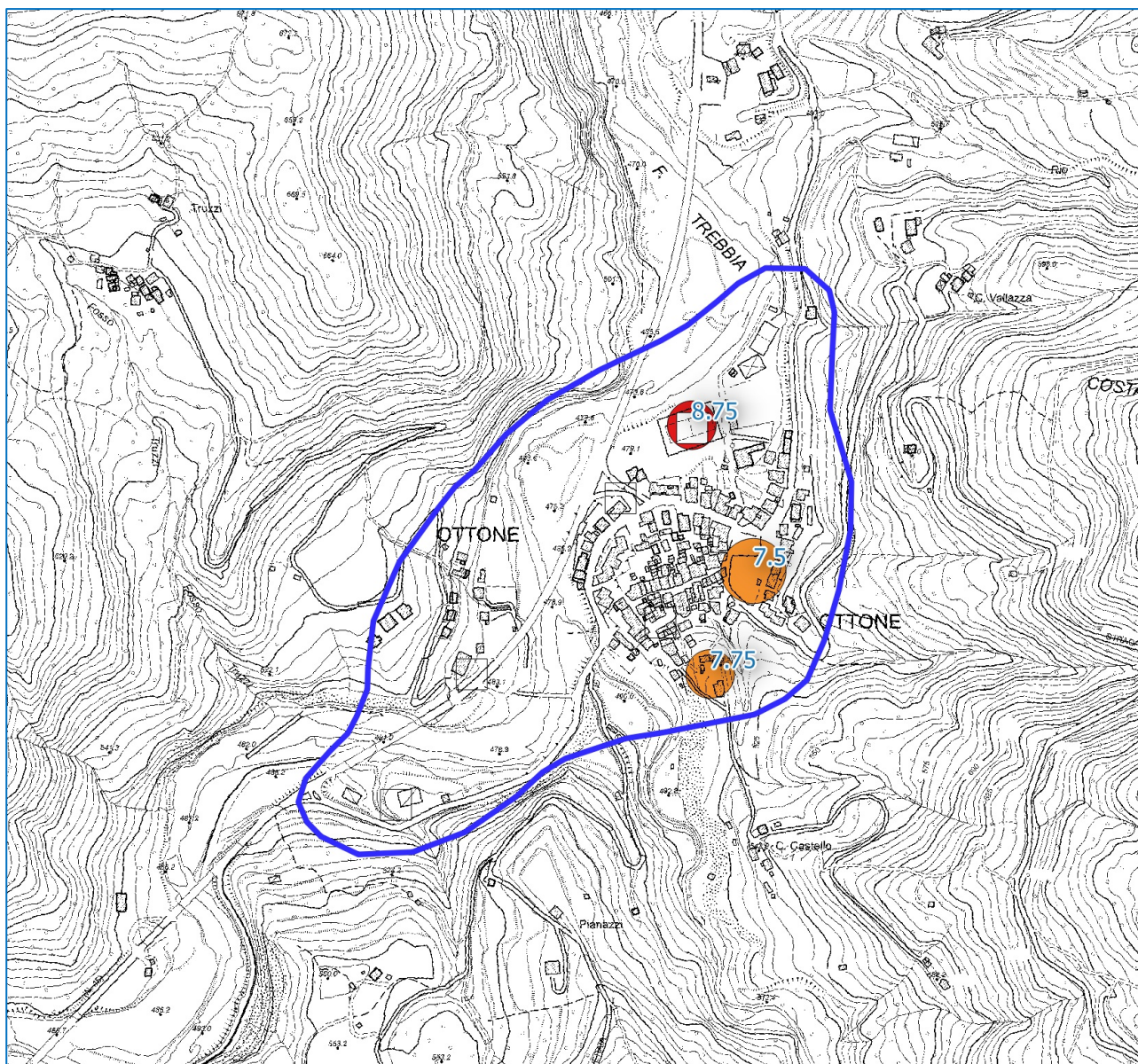


Fig. 21. Estratto della Carta delle Frequenze naturali (f_0) dei terreni (fuori scala).

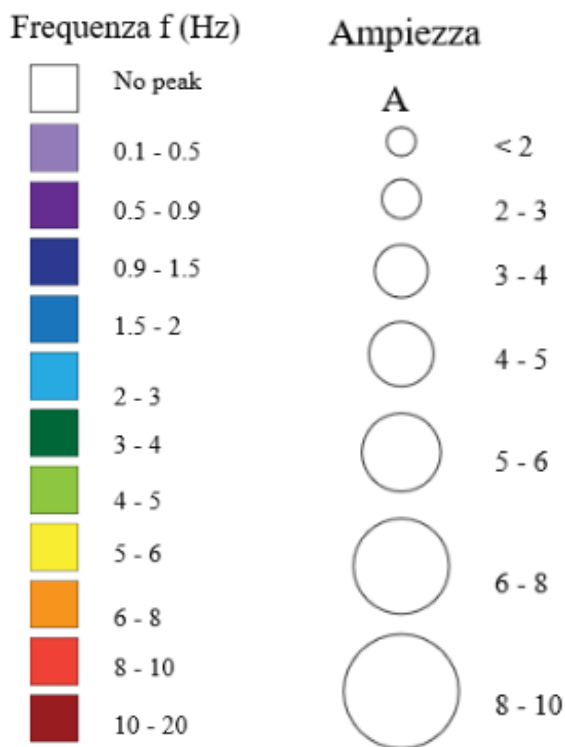


Fig. 22. Estratto della legenda della Carta delle Frequenze naturali (f_0) dei terreni.

I picchi messi in evidenza sono stratigrafici e rappresentano i riflettori che segnano il passaggio fra il substrato e le coperture, siano esse costituite da materiale fine eluviale/colluviale o ghiaioso-sabbioso alluvionale oppure da depositi di instabilità gravitativa di versante.

Solo nel caso di Valsigiara di Sopra è documentata amplificazione stratigrafica su bedrock, rispettivamente su substrato fratturato alterato (Serpentiniti) e su substrato non rigido (Arenarie di Casanova). In questo caso, i picchi di risonanza osservati sono da attribuire verosimilmente a un'estensione maggiore dei depositi franosi mappati. Comunque, per una migliore comprensione dell'area in questione si rimanda il problema al Livello 3 di approfondimento, in occasione del quale verrebbero acquisiti ulteriori dati a supporto.

Infine, si ritiene importante evidenziare il fatto che i depositi di instabilità gravitativa di versante non presentano necessariamente una frequenza di risonanza (o più). L'assenza del picco di risonanza è da intendersi come un'assenza del contrasto di impedenza fra il bedrock e il deposito franoso, che si traduce spesso in un ridotto spessore del deposito stesso, circostanza che si verifica prevalentemente in corrispondenza delle testate delle frane stesse.

8.4 Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (Carta delle MOPS)

La Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica rappresenta il documento fondamentale del primo livello di approfondimento. La Carta individua, sulla base di osservazioni geologiche e geomorfologiche e di dati geognostici e geofisici, le microzone in cui possono verificarsi gli effetti locali o di sito prodotti dall'azione sismica.

Nel presente studio di secondo livello, la Carta delle MOPS prodotta nel primo livello è stata aggiornata, sulla base dei nuovi dati geofisici disponibili (Fig. 23).

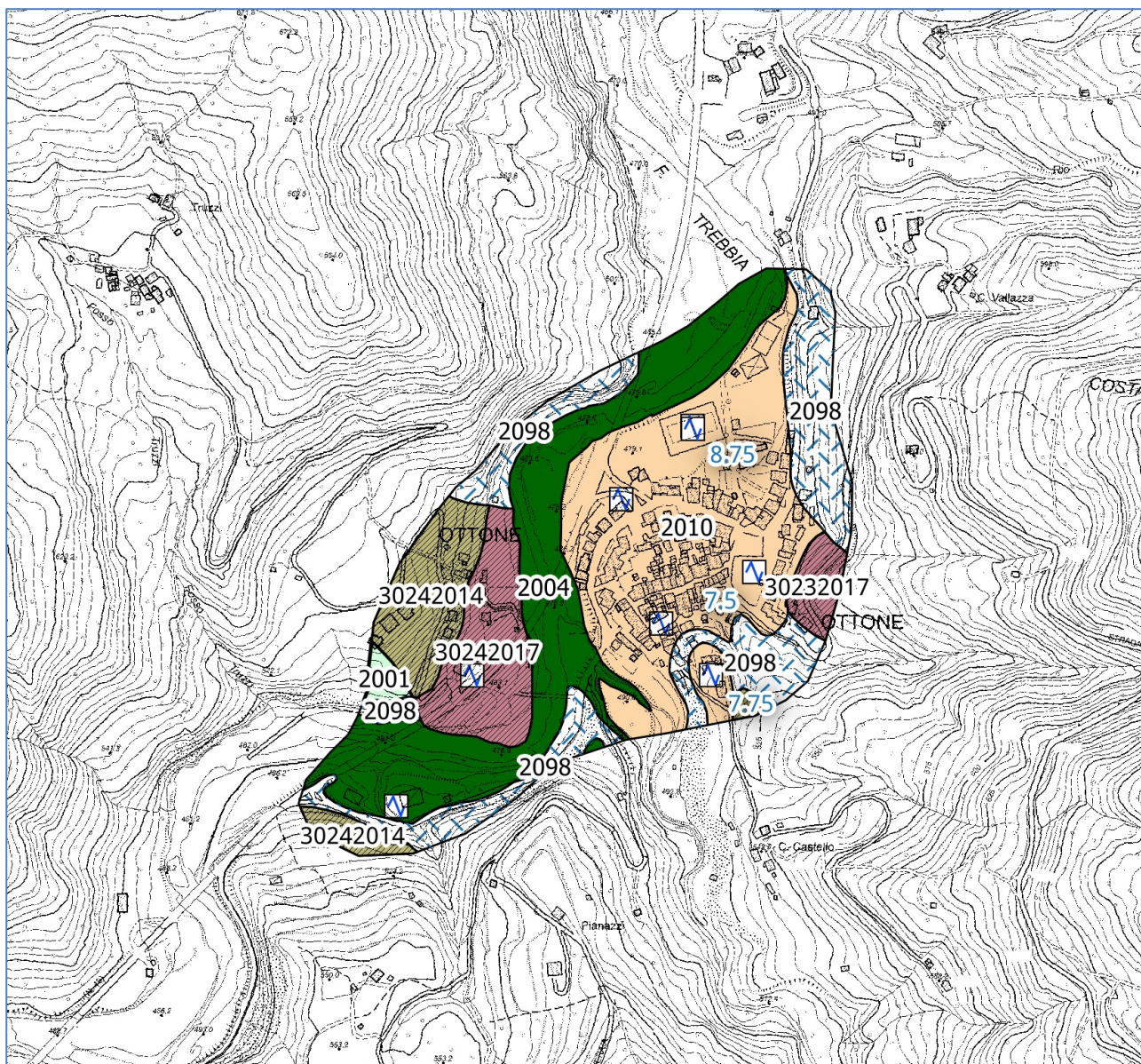


Fig. 23. Estratto della Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (Carta delle MOPS) (fuori scala).

Nella Carta delle MOPS, il territorio in esame viene distinto a seconda dell'appartenenza a una delle seguenti categorie:

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

La Carta delle MOPS è stata realizzata per le aree urbanizzate e urbanizzabili ritenute più significative in base al numero di residenti e/o villeggianti (individuate dal Comune) e per quelle designate come zone di emergenza dal Piano di Emergenza Comunale.

La cartografia e il geodatabase ad essa associato sono stati realizzati tenendo conto delle indicazioni fornite negli ICMS/08, nelle specifiche tecniche regionali e negli “Standard di rappresentazione e archiviazione Informatica” - Versione 4.2.

Zone stabili

Alla luce delle indagini integrative svolte per la seconda fase, questa classe non risulta rappresentata nel territorio di Ottone. L’analisi dei profili Vs desunti dalle prove MASW ha permesso di verificare che il substrato roccioso dell’area in esame non può definirsi rigido dal punto di vista sismico, non raggiungendo velocità Vs > 800 m/s.

Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali ¹

Sulla base delle caratteristiche litostratigrafiche, sono state identificate 15 Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica. Esse sono distinte in coperture prevalentemente fini o grossolani, differenziati sulla base degli spessori e a seguire dei substrati prevalenti.

Per il substrato affiorante non rigido, è stata istituita una specifica classe (2098), in analogia con la classe 2099 che identifica il substrato alterato/fratturato (anch’esso di fatto non rigido).

Per ogni zona, in funzione delle attuali conoscenze, è stata redatta una specifica colonna stratigrafica e sono state descritte le litologie prevalenti (Fig. 24). Di seguito vengono evidenziate in **giallo** le zone individuate nel territorio comunale di Ottone.

- **Zona 2001:** Copertura eluvio-colluviale tendenzialmente fine, di spessore variabile fra 3 e 10 m, su substrato marino non rigido.
- **Zona 2002:** Copertura eluvio-colluviale tendenzialmente fine, di spessore variabile fra 3 e 10 m, su substrato fratturato/alterato non rigido.
- **Zona 2003:** Copertura eluvio-colluviale tendenzialmente fine, di spessore variabile fra 3 e 10 m, su substrato rigido.
- **Zona 2004:** Depositi alluvionali di bacino intramontano, di terrazzo fluviale e di conoide alluvionale, materiali tendenzialmente grossolani, di spessore variabile fra 3 e 10 m, su substrato marino non rigido.
- **Zona 2005:** Depositi alluvionali di bacino intramontano, di terrazzo fluviale e di conoide alluvionale, materiali tendenzialmente grossolani, di spessore variabile fra 3 e 10 m, su substrato fratturato/alterato non rigido.
- **Zona 2006:** Depositi alluvionali di bacino intramontano, di terrazzo fluviale e di conoide alluvionale, materiali tendenzialmente grossolani, di spessore variabile fra 3 e 10 m, su substrato rigido.

¹ In funzione del fatto che la presente microzonazione viene eseguita per più Comuni confinanti, facenti parte della medesima Unione di Comuni, in ottica di omogeneità di lettura si è scelto di predisporre un’unica classificazione delle zone per l’intero territorio dell’Unione Montana. Ciò comporta che nella Carta delle MOPS di alcuni Comuni possano mancare in mappa alcune zone.

- **Zona 2007:** Copertura eluvio-colluviale tendenzialmente fine, di spessore variabile fra 10 e 20 m, su substrato marino non rigido.
- **Zona 2008:** Copertura eluvio-colluviale tendenzialmente fine, di spessore variabile fra 10 e 20 m, su substrato fratturato/alterato non rigido.
- **Zona 2009:** Copertura eluvio-colluviale tendenzialmente fine, di spessore variabile fra 10 e 20 m, su substrato rigido.
- **Zona 2010:** Depositi alluvionali di bacino intramontano, di terrazzo fluviale e di conoide alluvionale, materiali tendenzialmente grossolani, di spessore variabile fra 10 e 20 m, su substrato marino non rigido.
- **Zona 2011:** Depositi alluvionali di bacino intramontano, di terrazzo fluviale e di conoide alluvionale, materiali tendenzialmente grossolani, di spessore variabile fra 10 e 20 m, su substrato fratturato/alterato non rigido.
- **Zona 2012:** Depositi alluvionali di bacino intramontano, di terrazzo fluviale e di conoide alluvionale, materiali tendenzialmente grossolani, di spessore variabile fra 10 e 20 m, su substrato rigido.
- **Zona 2013:** Depositi alluvionali di bacino intramontano, di terrazzo fluviale e di conoide alluvionale, materiali tendenzialmente grossolani, di spessore superiore a 20 m, su substrato marino non rigido.
- **Zona 2098:** Substrato marino non rigido ($V_s < 800$ m/s) con livello di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 3 metri.
- **Zona 2099:** Substrato fratturato/alterato non rigido ($V_s < 800$ m/s) con livello di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 3 metri.

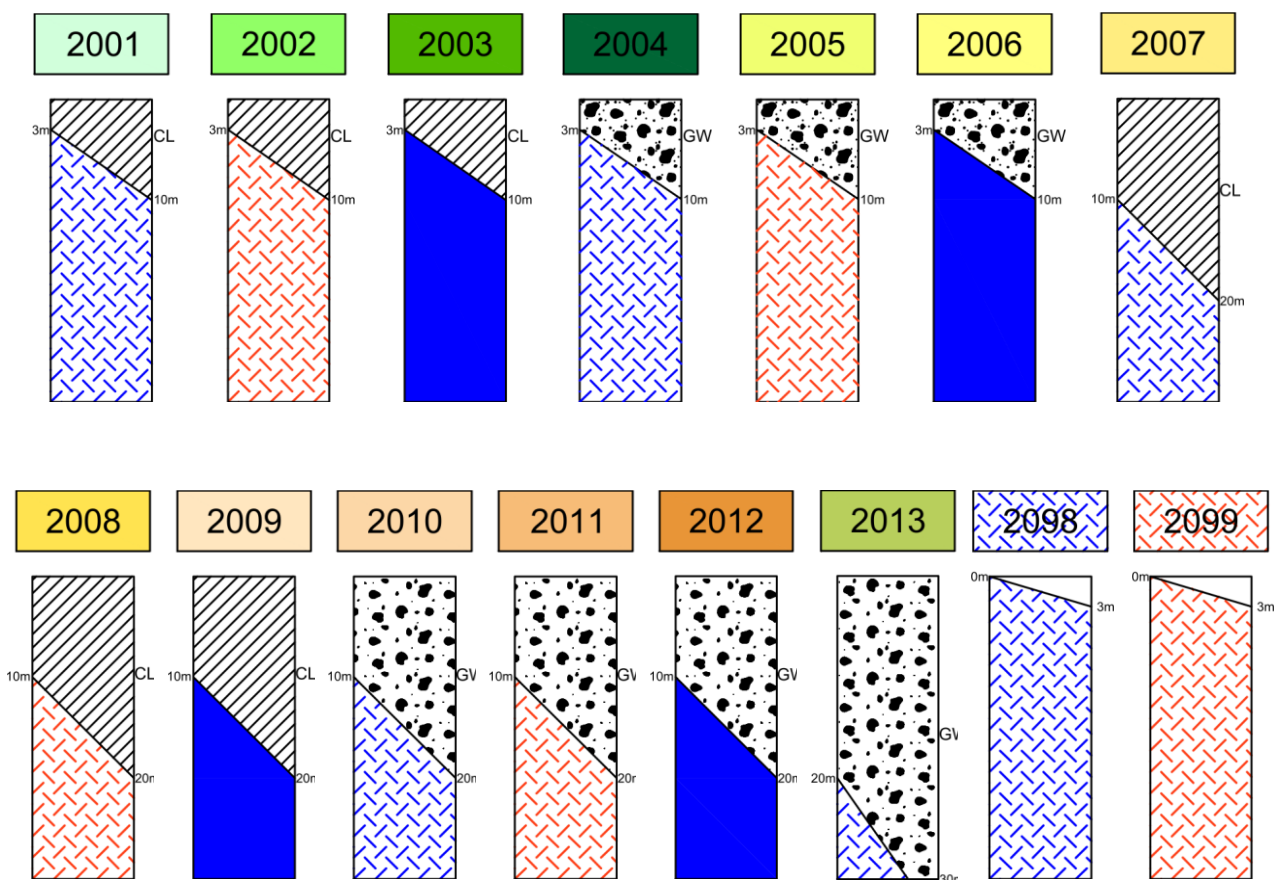


Fig. 24. Rappresentazione stratigrafica schematica media delle zone stabili suscettibili di amplificazioni.

Zone di Attenzione per instabilità di versante ZA_{FR}^2

Sulla base delle caratteristiche litostratigrafiche, sono state identificate 7 Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica. Si tratta di zone caratterizzate da instabilità gravitative di versante, quiescenti o attive, che coinvolgono materiali prevalentemente fini con presenza eventuale di materiale più grossolano.

Le zone sono state distinte in funzione dello spessore del materiale instabile e del differente basamento su cui esso insiste. Gli spessori sono stati valutati sulla base delle indagini pregresse disponibili e delle registrazioni di microtremore ambientale di nuova esecuzione (HVSr), realizzate a tale scopo.

Per ogni zona è stata redatta una specifica colonna stratigrafica tipo, riferita ai primi 30 m di sottosuolo. La simbologia prevista per i fenomeni di dissesto dagli “Standard di rappresentazione e archiviazione Informatica” (Versione 4.2) consiste in un retino obliquo nero, dove il colore di fondo dipende dallo spessore del materiale coinvolto e dal tipo di substrato (Fig. 25).

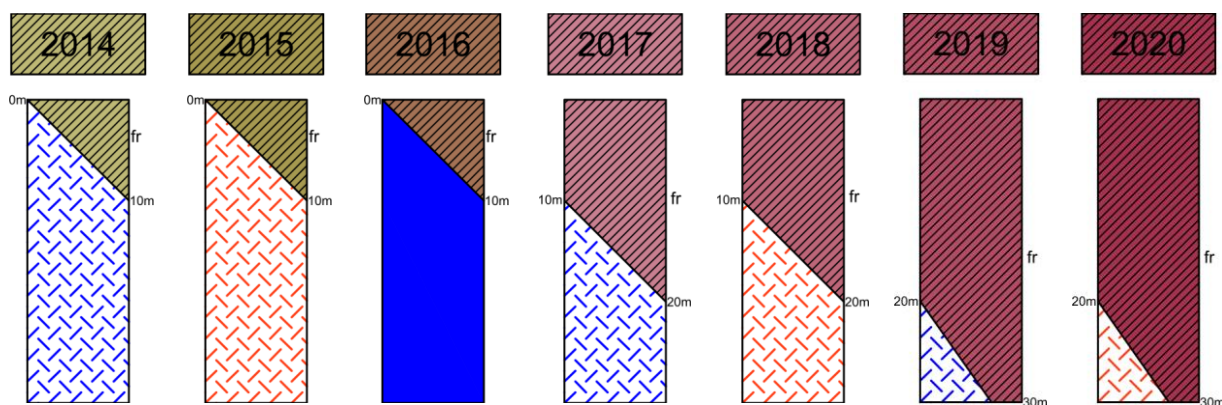


Fig. 25. Rappresentazione schematica della stratigrafia delle Zone di Attenzione per instabilità di versante ZA_{FR} .

Di seguito viene fornita una breve descrizione di ciascuna microzona; sono evidenziate in **giallo** quelle presenti nel territorio comunale di Ottone.

- **Zona 2014**: Deposito detritico di frana tendenzialmente fine, di spessore inferiore a 10 m, su substrato marino non rigido.
- **Zona 2015**: Deposito detritico di frana tendenzialmente fine, di spessore inferiore a 10 m, su substrato fratturato/alterato non rigido, spessori fino a 10 m.
- **Zona 2016**: Deposito detritico di frana tendenzialmente fine, di spessore inferiore a 10 m, su substrato rigido.
- **Zona 2017**: Deposito detritico di frana tendenzialmente fine, di spessore variabile fra 10 e 20 m, su substrato marino non rigido.
- **Zona 2018**: Deposito detritico di frana tendenzialmente fine, di spessore variabile fra 10 e 20 m, su substrato fratturato/alterato non rigido.

² Poiché il presente studio di Microzonazione Sismica è stato eseguito contemporaneamente per tutti i comuni facenti parte dell’Unione Montana dei Comuni della Val Trebbia e Val Luretta, al fine di garantire omogeneità di lettura, si è scelto di predisporre un’unica classificazione delle zone per l’intero territorio dell’Unione. Da ciò ne deriva che alcune zone di seguito elencate non sono presenti nella Carta delle MOPS di questo Comune.

- **Zona 2019**: Deposito detritico di frana tendenzialmente fine, di spessore superiore a 20 m, su substrato marino non rigido.
- **Zona 2020**: Deposito detritico di frana tendenzialmente fine, di spessore superiore a 20 m, su substrato fratturato/alterato non rigido.

8.5 Carta delle velocità delle onde di taglio S (Vs)

Nella Carta è riportata l'ubicazione delle misure effettuate (16 prove MASW) per la definizione del profilo di velocità delle onde di taglio nei terreni compresi all'interno delle aree di approfondimento (Fig. 26). In particolare, l'analisi dei dati geofisici ha permesso di ricostruire un contesto caratterizzato da coperture su un substrato non rigido, avente $V_s < 800$ m/s.

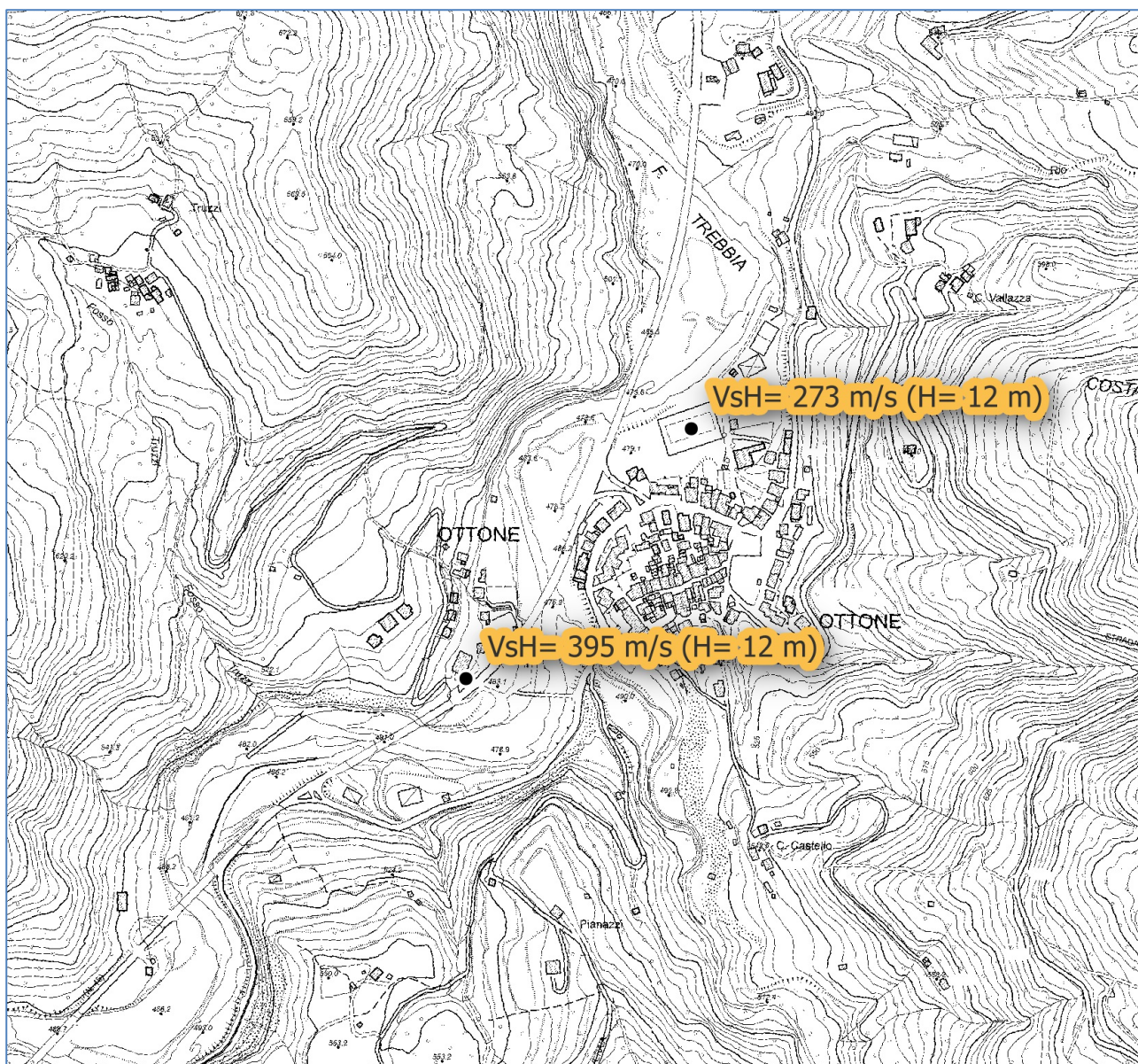


Fig. 26. Estratto della Carta delle velocità delle onde di taglio S (Vs) (fuori scala).

L'analisi congiunta dei diversi dati geofisici a disposizione ha quindi permesso di definire lo spessore totale (H in m) dei terreni di copertura e la velocità equivalente delle onde di taglio per lo spessore considerato (V_{SH} in m/s) del deposito di copertura, con V_{SH} definita dalla seguente equazione:

$$V_{SH} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S_i}}}$$

Dove: N è il numero di strati del profilo sismico corrispondenti alla copertura (fino al bedrock sismico), h_i è lo spessore (in m) dello strato i-esimo, V_{S_i} è la velocità (in m/s) dello strato i-esimo (fino al bedrock sismico).

Per l'area di studio, lo spessore H è da intendersi come: spessore del terreno di copertura poggiante su un substrato non rigido, avente $V_s < 800$ m/s. L'analisi dei dati mette in luce valori di V_{SH} variabili e compresi tra 209 m/s e 395 m/s, rispettivamente misurati presso le località Barchi e Ottone Paese.

8.6 Carte di Microzonazione Sismica di secondo livello (Carta di MS)

Le Carte di Microzonazione Sismica hanno lo scopo di quantificare, per ciascuna MOPS, l'amplificazione locale del moto sismico di base mediante differenti fattori di amplificazione (FA). La stima dell'amplificazione stratigrafica è stata effettuata tramite procedure semplificate, attraverso la consultazione di appositi Abachi regionali (DGR 476/2021), dopo aver definito H e V_{SH} (cfr. Paragrafo 8.5).

Le tabelle relative al settore appenninico, con coperture poggianti su substrato non rigido, sono il riferimento per la stima semplificata dell'amplificazione stratigrafica nelle aree collinari e montane dell'Emilia-Romagna, come nel caso delle aree di approfondimento comprese all'interno del Comune di Ottone (Fig. 27).

I FA riportati nelle tabelle sono stati calcolati per un tempo di ritorno $T_R=475$ anni, con smorzamento $\zeta=5\%$, e sono relativi ai seguenti parametri rappresentativi dello scuotimento sismico:

- **accelerazione di picco orizzontale, PGA** (Fig. 28);

- **intensità spettrale SA** $= \int_{T_1}^{T_2} A(T, \zeta) dT$ (Fig. 29);

Dove: A è lo spettro di risposta in accelerazione, T è il periodo proprio e ζ è lo smorzamento; sono stati considerati tre intervalli di periodo proprio T, ottenendo tre valori di intensità spettrale:

- **SA1 o FA₀₁₀₅**: $T_1 = 0,1$ s e $T_2 = 0,5$ s
- **SA2 o FA₀₄₀₈**: $T_1 = 0,4$ s e $T_2 = 0,8$ s
- **SA3 o FA₀₇₁₁**: $T_1 = 0,7$ s e $T_2 = 1,1$ s

- **intensità spettrale SI** $= \int_{T_1}^{T_2} V(T, \zeta) dT$ (Fig. 30).

Dove: V è lo spettro di risposta in velocità, T è il periodo proprio e ζ è lo smorzamento; sono stati considerati due intervalli di periodo proprio T, ottenendo due valori di intensità spettrale:

- **SI1 o FH₀₁₀₅**: $T_1 = 0,1$ s e $T_2 = 0,5$ s
- **SI2 o FH₀₅₁₀**: $T_1 = 0,5$ s e $T_2 = 1,0$ s

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

Fattore di Amplificazione **PGA**

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Fig. 27. Abachi utilizzati per la stima dei FA, relativi al settore Appennino con coperture su substrato non rigido avente Vs < 800 m/s.

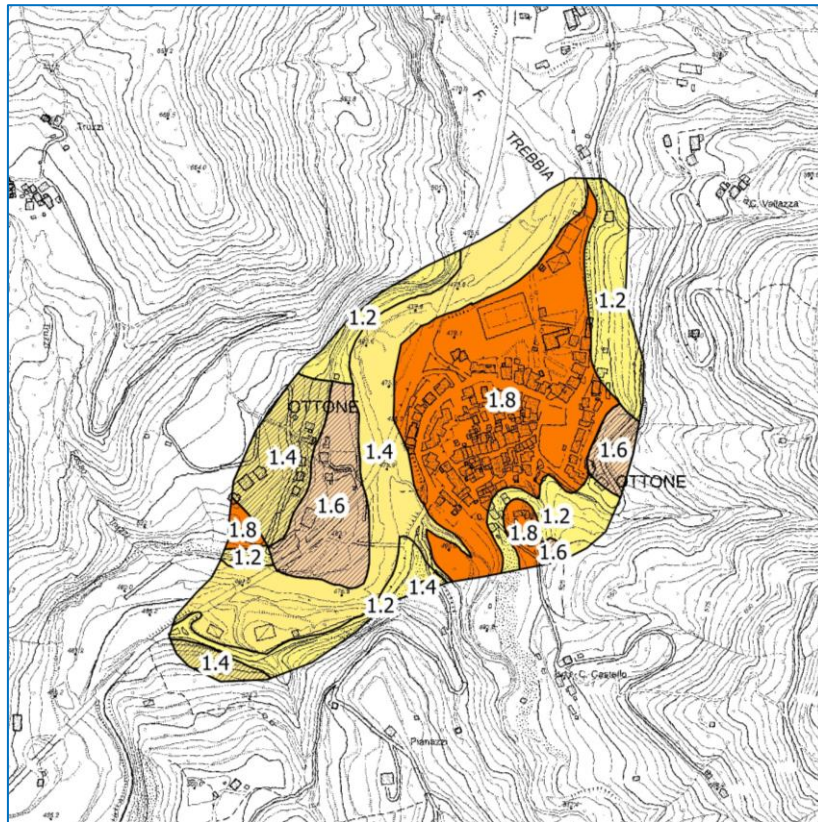


Fig. 28. Estratto della Carta di Microzonazione Sismica F(PGA) (fuori scala).

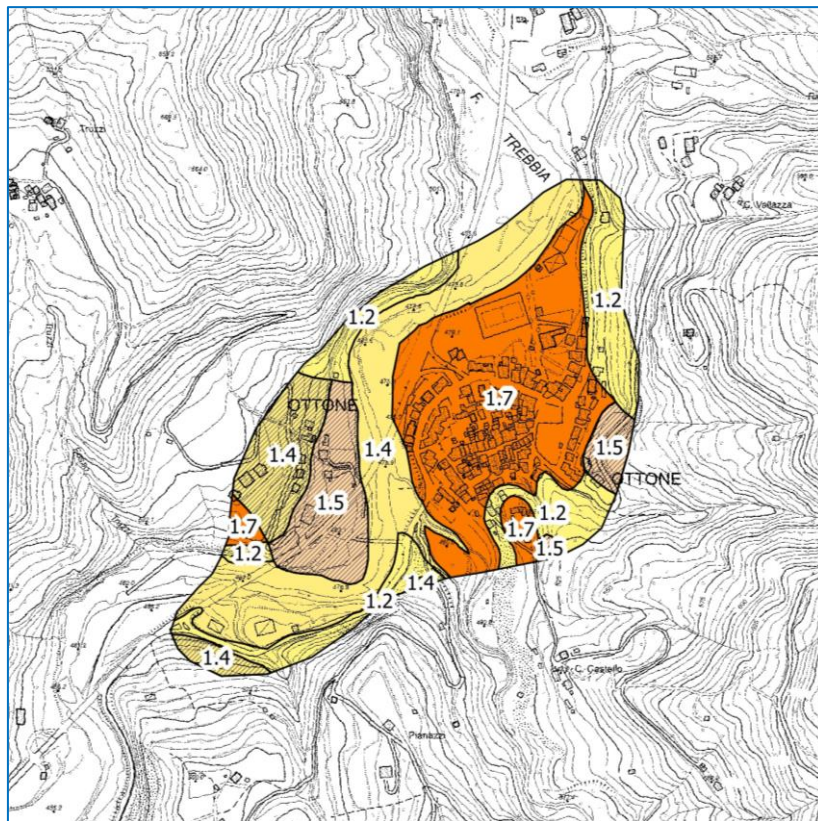


Fig. 29. Estratto della Carta di Microzonazione Sismica FA_{0.105} (fuori scala).

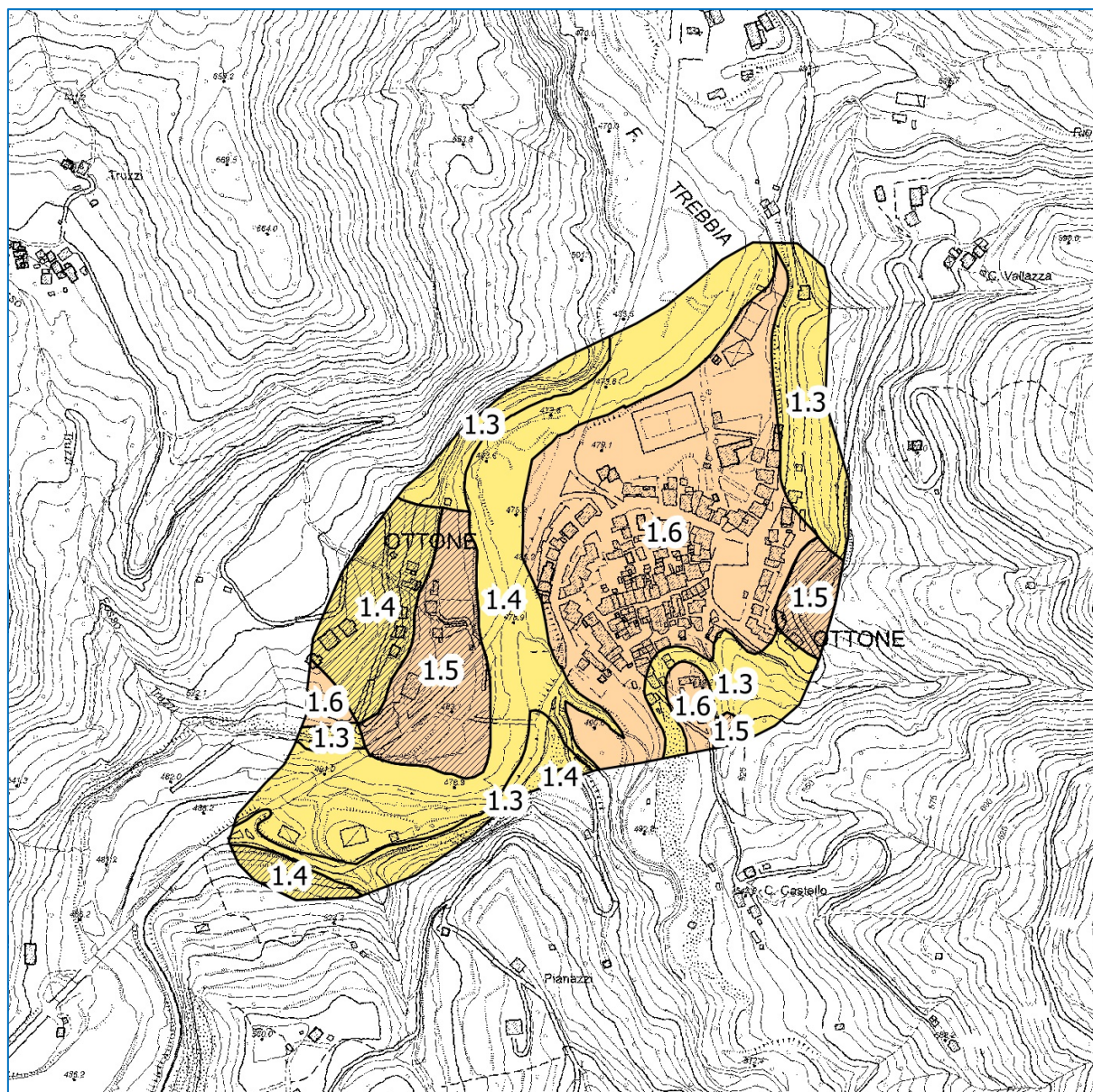


Fig. 30. Estratto della Carta di Microzonazione Sismica FH₀₁₀₅ (fuori scala).

8.7 Carte della distribuzione dei valori di H_{SM}

E' stata infine prodotta una carta della distribuzione sul territorio dei valori di H_{SM} (Fig. 31), parametro che esprime lo scuotimento atteso al sito in valore assoluto (accelerazione in %g), dato dal prodotto del parametro Acceleration Spectrum Intensity (ASI_{UHS}), valore integrale dello spettro di riferimento in accelerazione calcolato per l'intervallo di periodi $0,1s \leq T \leq 0,5s$, diviso per ΔT (in questo caso pari a 0,4 s), per il fattore di amplificazione in accelerazione (FA) calcolato per lo stesso intervallo di periodo.

I valori di ASI_{UHS}/ΔT derivano dal file *all_4_coord.kmz* messo a disposizione dal Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna. I valori puntuali della griglia di riferimento RER sono stati interpolati linearmente al fine di creare un grid continuo e quindi interrogati in funzione del centroide calcolato per ogni area omogenea.

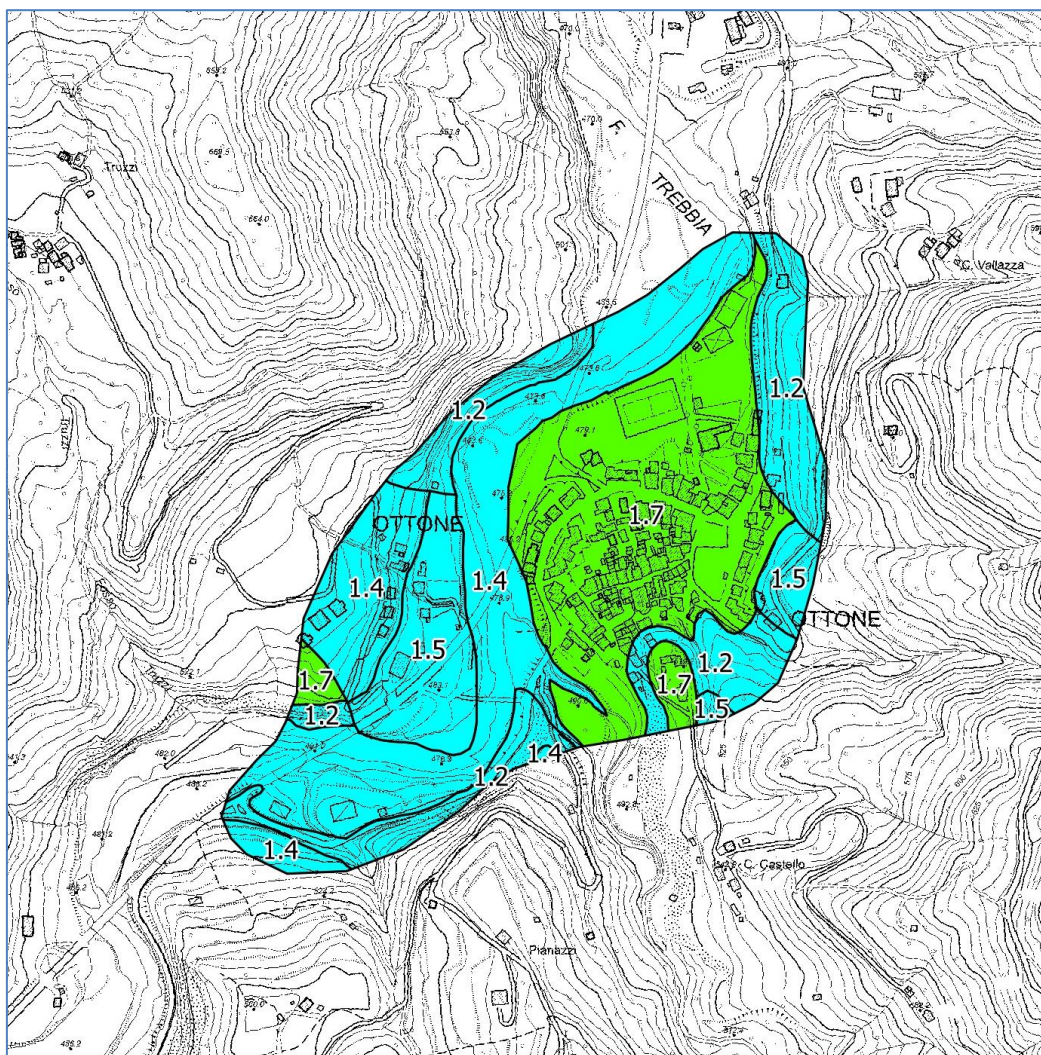


Fig. 31. Estratto della Carta della distribuzione dei valori di HSM (fuori scala).

9 CONFRONTO CON LA DISTRIBUZIONE DEI DANNI DEGLI EVENTI PASSATI

Per tentare un confronto tra quanto emerso dal presente studio e la distribuzione dei danni degli eventi passati si è provveduto a verificare le informazioni riportate nel Catalogo dei Forti Terremoti in Italia (CFTI), di cui si riporta un estratto in Fig. 32.

Dei sette terremoti censiti, in cinque casi *“i commenti storico-critici su questa sequenza sismica e le descrizioni degli effetti nelle varie località non sono attualmente disponibili”*. Viceversa, per il terremoto del 04/03/1898 si riporta che *“La scossa, della durata di 2s, fu avvertita da poche persone che si trovavano in stato di quiete; causò leggero tremolio di mobili e di oggetti”*, mentre per il terremoto dell’Irpinia 1980 si rileva che *“La scossa non fu avvertita”*.

Allo stato attuale delle conoscenze bibliografiche, non essendo stati rilevati danni agli edifici, non è di conseguenza possibile effettuare tale confronto.

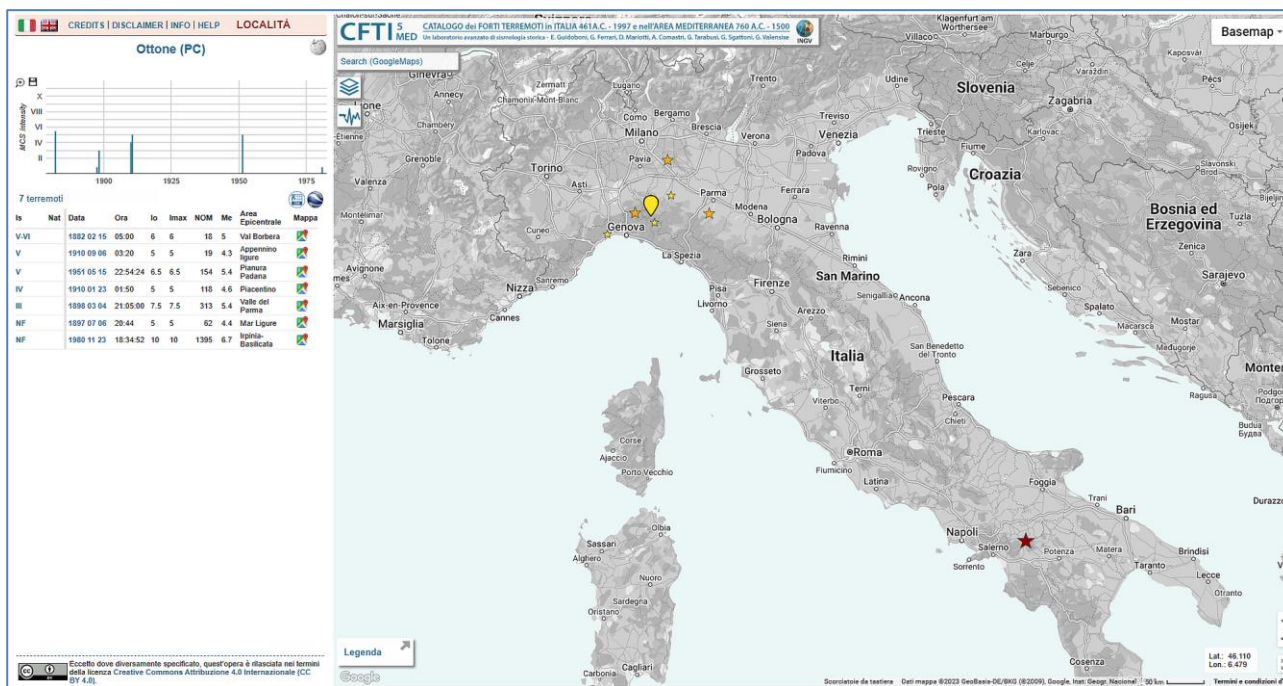


Fig. 32. Estratto del Catalogo dei Forti Terremoti in Italia (CFTI) per il Comune di Ottone.

10 BIBLIOGRAFIA

- Albarello D. & Castellaro S. (2011). *Tecniche sismiche passive: indagini a stazione singola*. Ingegneria Sismica, Anno XXVIII - n. 2, Appendice I e II, pp 50-62.
- DISS Working Group (2021). *Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Version 3.3.0: A compilation of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in Italy and surrounding areas*. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/diss3.3.0>
- Gruppo di lavoro MS (2008). *Indirizzi e criteri per la Microzonazione Sismica*. Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome - Dipartimento della Protezione Civile, Roma, 3 vol. e Dvd. http://www.protezionecivile.it/cms/view.php?dir_pk=395&cms_pk=15833
- Guidoboni E., Ferrari G., Mariotti D., Comastri A., Tarabusi G., Sgattoni G. & Valensise G. (2018). *CFT15Med, Catalogo dei Forti Terremoti in Italia (461 a.C.-1997) e nell'area Mediterranea (760 a.C.-1500)*. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). doi: <https://doi.org/10.6092/ingv.it-cft15>
- Guidoboni E., Ferrari G., Tarabusi G., Sgattoni G., Comastri A., Mariotti D., Ciuccarelli C., Bianchi M.G. & Valensise G. (2019). *CFT15Med, the new release of the catalogue of strong earthquakes in Italy and in the Mediterranean area*. Nature, Scientific Data 6, No. 80 (2019). doi: <https://doi.org/10.1038/s41597-019-0091-9>
- ITHACA Working Group (2019). *ITHACA (ITaly HAZard from Capable faulting), A database of active capable faults of the Italian territory. Version December 2019*. ISPRA Geological Survey of Italy. Web Portal <http://sgi2.isprambiente.it/ithacaweb/Mappatura.aspx>
- Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A., Azzaro R., D'Amico S. & Antonucci A. (2022). *Database Macrosismico Italiano (DBMI15), versione 4.0*. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/DBMI/DBMI15.4>
- Madiati C., Facciorusso J. Vannucchi G. & Martelli L. (2012) – *Microzonazione sismica, uno strumento consolidato per la riduzione del rischio. L'esperienza della Regione Emilia Romagna*. RER 2012.
- Martelli L., Calabrese L., Ercolessi G., Severi P., Tarabusi G., Pileggi D., Rosselli S., Minarelli L., Pergalani F., Compagnoni M., Vannucchi G., Madiati C., Facciorusso J., Fioravante V., Giretti D., Mucciarelli M., Priolo E. & Laurenzano G. (2014). *Cartografia speditiva dell'amplificazione e del rischio di liquefazione nelle aree epicentrali del terremoto dell'Emilia 2012 (ML=5.9)*. Atti del 32 convegno GNGTS 2013.
- Martelli L., Severi P., Biavati G., Rosselli S., Camassi R., Ercolani E., Marcellini A., Tento A., Gerosa D., Albarello D., Guerrini F., Lunedei E., Pileggi D., Pergalani F., Compagnoni M., Fioravante V. & Giretti D. (2014). *Analysis of the local seismic hazard for the stability tests of the main bank of the Po River (northern Italy)*. Boll. Geof. Teor. Appl., 55, 119-134.
- Meletti C. & Valensise G. (2004). *Zonazione Sismogenetica ZS9-APP. 2 Al rapporto conclusivo*. In: Gruppo di Lavoro MPS (2004). Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCm 3274 del 20 marzo 2003. Rapporto per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici.
- Molin D., Stucchi M. & Valensise G. (1996). *Massime intensità macrosismiche osservate nei comuni italiani*. Elaborato per il Dipartimento dalla Protezione Civile.
- Naso G., Martelli L., Baglione M., Brammerini F., Castenetto S., D'Intinosante V. & Ercolessi G. (2019). *Maps for land management: from geology to seismic hazard*. Boll. Geof. Teor- Appl., Vol. 60.
- Regione Emilia-Romagna – ENI, Agip (1998). *Riserve idriche sotterranee della Regione Emilia-Romagna*. A cura di G. Di Dio.

- Regione Emilia-Romagna, Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli. *Carta Geologica della Regione Emilia-Romagna, Foglio 179 "Ponte dell'Olio", alla scala 1: 50.000.*
- Regione Emilia-Romagna, Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli - CNR - Istituto di Geoscienze e Georisorse, Sezione di Firenze (2004). *Carta Sismotettonica della regione Emilia-Romagna – Scala 1:250.000.*
- Regione Emilia-Romagna, Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli (2012). *Microzonazione sismica, uno strumento consolidato per la riduzione del rischio. L'esperienza della Regione Emilia-Romagna.*
- Rota M., Zuccolo E., Taverna L., Corigliano M., Lai C. G. & Penna A. (2012). *Mesozonation of the Italian territory for the definition of real spectrum-compatible accelerograms.* Bulletin of Earthquake Engineering, Vol. 10, No. 5, pp. 1357-1375.
- SESAME European research project (2004). *Guidelines for the implementation of the H/V spectral ratio technique on ambient vibration measurements, processing and interpretation.*

11 ALLEGATI

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

- All. 1 - Tavola Sezioni geologico-tecniche rappresentative, scala 1: 2.500
- All. 2 - Monografie prove MASW eseguite
- All. 3 - Monografie prove HVSR eseguite

Piacenza, gennaio 2023

Dr. Geol. Davide Roverselli

