

PIANO URBANISTICO ATTUATIVO DI RICOSTRUZIONE DEI NUCLEI STORICI DELLE FRAZIONI

PUA Castiglione di Croce

Decreto n. 20/VCOMM16 del 10.09.2019

PUA Valcimarra (Colle e Valle)

Decreto n. 22/VCOMM16 del 10.09.2019

PUA Castello di Croce

Decreto n. 23/VCOMM16 del 10.09.2019

TAV. G07	RELAZIONE GEOLOGICA
Agg.: Settembre 2021	

Comune di Caldarola

AMMINISTRAZIONE COMUNALE

Sindaco:

Dott. Luca Maria Giuseppetti

Vice Sindaco

Assessore ai lavori pubblici, urbanistica, attività produttive, demanio, ricostruzione, personale, viabilità, associazioni, sicurezza, polizia municipale:

Avv. Giorgio Di Tomassi

Assessore istruzione beni e servizi, servizi sociali, famiglia, sanità e SAE
Dott.ssa Minnucci Teresa

SETTORE URBANISTICA – LLPP.PP – EDILIZIA PRIVATA

Responsabile:

Ing. Andrea Spinaci

Ufficio Ricostruzione urbanistica
ed edilizia privata:

Geom. Lucia Maria Rossi

Arch. Ilenia Gianfelici

Geom. Sabrina Passarini

Gruppo tecnico

Studio ERRE 4 S.r.l. – Società di Ingegneria
Ing. Giuseppe Rotondo & Partners

Aspetti geomorfologici
geol. Mauro Cataldi

Rilievo e modellazione 3D
Flyengineering



Caldarola Laboratorio Ricostruzione

Coordinamento Tecnico-Scientifico:
Area Urbanistica Dipartimento SIMAU
Università Politecnica delle Marche
Prof. Arch. Giovanni Marinelli
Ing. Luca Domenella

Gruppo di lavoro:
Dott. Ing. Jun. Paolo Marsili
Massimiliano Palummeri

#laboratorioricostruzione



1.0 PREMESSA E METODOLOGIA DI INDAGINE.....	4
2.0 QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO	9
3.0 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO, COROGRAFICO E TOPOGRAFICO DEL SITO	11
4.0 QUADRO DI RIFERIMENTO PROGRAMMATICO E CONFORMITÀ IN MATERIA URBANISTICA, AMBIENTALE E PAESAGGISTICA	15
4.1 PIANIFICAZIONE DI LIVELLO NAZIONALE	16
4.2 PIANIFICAZIONE DI LIVELLO REGIONALE E PROVINCIALE.....	24
4.3 PIANO STRALCIO DI BACINO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO	28
5.0 CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO	30
5.1 ASPETTI LITOSTRATIGRAFICI E STRUTTURALI GENERALI DELL'AREA DI STUDIO	30
5.2 STRATIGRAFIA E MODELLO GEOLOGICO DEL TERRENO	31
5.3 TETTONICA E SUBSIDENZA.....	34
5.4 ASPETTI GEOMORFOLOGICI DELL'AREA DI STUDIO E DEL SITO DEGLI INTERVENTI	36
5.5 ASPETTI IDROLOGICI E IDROGEOLOGICI DELL'AREA DI STUDIO.....	45
5.6 VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ E DEL RISCHIO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DEL TERRITORIO IN ESAME E DEL SITO OGGETTO DEGLI INTERVENTI.....	47
5.7 VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ E DEL RISCHIO IDRAULICO DEL TERRITORIO IN ESAME E DEL SITO OGGETTO DEGLI INTERVENTI	53
5.7.1 VERIFICA DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA.....	53
5.7.2 INVARIANZA IDRAULICA DELLE TRASFORMAZIONI TERRITORIALI.....	56
6.0 CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE SISMICA DEL SITO	56
6.1 SISMICITÀ STORICA	56
6.2 SISMICITÀ RECENTE	58
6.3 CONDIZIONE SISMICA LOCALE.....	60
6.3.1 ACCELERAZIONE E ZONAZIONE SISMICA	60
6.3.2 ZONAZIONE SISMOGENETICA E VALUTAZIONE DELLA MAGNITUDO	61
6.3.3 STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA ESISTENTI.....	71
6.4 VALUTAZIONE DEL RISCHIO SISMICO DEL TERRITORIO	72
6.5 VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE.....	77
7.0 CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA DEL SITO.....	78
7.1 LITOSTRATIGRAFIA E CARATTERIZZAZIONE FISICA E MECCANICA DEI TERRENI E DELLE ROCCE	78

TAVOLE NEL TESTO

- INQUADRAMENTO GEOGRAFICO (TAV. 01 – SCALA 1: 25.000)
- INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO (TAV. 02 – SCALA 1: 10.000)
- INQUADRAMENTO CATASTALE (TAV. 03 – SCALA 1: 5.000)

ALLEGATI NEL TESTO

- RAPPORTO TECNICO INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE ESEGUITE E REPERITE:
 - N. 9 SONDAGGI A CAROTAGGIO CONTINUO, SONDAGGI A DISTRUZIONE DI NUCLEO E TRINCEE ISPEZIONABILI.
 - N. 2 PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE
 - N. 4 STENDIMENTI SISMICI MASW
 - N. 1 STENDIMENTO SISMICO A RIFRAZIONE
 - N. 6 ANALISI MICROTREMORI A STAZIONE SINGOLA HVSR

TAVOLE FUORI TESTO

- CARTA GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA CON INQUADRAMENTO IDROLOGICO/IDRAULICO ED IDROGEOLOGICO (TAV. G08 – SCALA 1: 2.000)
- CARTA LITOTECNICA (TAV. G09 – SCALA 1: 2.000)
- CARTA DELLE PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICHE ED IDRAULICHE (TAV. G10 – SCALA 1: 2.000)
- CARTA DELLE ZONE A MAGGIORI PERICOLOSITÀ SISMICHE LOCALI (TAV. G11 – SCALA 1: 2.000)
- CARTA DELLE INDAGINI (TAV. G12 – SCALA 1: 2.000)

1.0 PREMESSA E METODOLOGIA DI INDAGINE

La presente relazione è stata redatta su incarico dell'Amministrazione comunale di Caldarola, interessata all'effettuazione di uno studio di tipo geologico e geomorfologico necessario per la redazione dei Piani Attuativi per la ricostruzione del capoluogo, ai sensi dell'Ordinanza del Commissario Straordinario n. 25 del 23 maggio 2017 *"Criteri per la perimetrazione dei centri e nuclei di particolare interesse che risultano maggiormente colpiti dagli eventi sismici verificatisi a far data dal 24 agosto 2016"* e della successiva Ordinanza n. 39 dell'8 settembre 2017 *"Principi di indirizzo per la pianificazione attuativa connessa agli interventi di ricostruzione nei centri storici e nuclei urbani maggiormente colpiti dagli eventi sismici verificatisi a far data dal 24 agosto 2016"*.

La perimetrazione è uno strumento di ricostruzione dedicato ai centri storici ed ai nuclei urbani sia cittadini che rurali che abbiano caratteristiche tipologiche, architettoniche e paesaggistiche di particolare interesse. Le condizioni necessarie per poter eseguire la perimetrazione sono le seguenti:

1. la presenza di un patrimonio culturale particolare interesse e pregio storico, architettonico, archeologico, naturale e paesaggistico;
2. che il centro storico o i nuclei urbani siano stati gravemente colpiti dal sisma;
3. che il centro storico o i nuclei urbani e rurali siano in condizioni di pericolosità anche al di fuori di fenomeni di natura sismica.

Il territorio comunale di Caldarola è stato interessato dalla sequenza sismica iniziata il 24 agosto 2016, a seguito della quale si sono verificati ingenti danni e l'inagibilità della gran parte dei fabbricati presenti nel territorio; inoltre, si è evidenziata la necessità di adeguare le previsioni dettate dall'attuale PRG alle sopravvenute esigenze al fine di accelerare e facilitare il processo di ricostruzione. Sulla base del danno riscontrato e nel pieno rispetto dei criteri e indirizzi riportati nelle Ordinanze precedentemente riportate, il Comune di Caldarola ha individuato le aree da perimetrare per le quali gli interventi sono attuati previa approvazione di apposito piano urbanistico con gli atti di seguito elencati:

- Deliberazione Consiglio Comunale n. 15 del 09.04.2019, *"Sisma 2016. Perimetrazioni ai sensi dell'Ordinanza Commissario Straordinario n. 25 del 23 maggio 2017 e s.m.i. – provvedimenti"* in cui viene approvata la proposta di perimetrazione del territorio comunale, e relativi elaborati grafici, per le seguenti aree:
 - a) Capoluogo: porzione del Centro Storico ed aree interessate dalla realizzazione della nuova bretella;
 - b) Castello di Croce: area storica del castello;
 - c) Castiglione di Croce: porzione della frazione;
 - d) Valcimarra: porzione della frazione.

- Deliberazione Giunta Comunale n. 62 del 18.06.2019, *“Sisma 2016. Perimetrazioni ai sensi dell’Ordinanza Commissario Straordinario n. 25 del 23 maggio 2017 e s.m.i. – aggiornamento aree perimetrate”*.
- Deliberazione Consiglio Comunale n. 42 del 29.10.2019, *“Sisma 2016. Perimetrazioni ai sensi dell’Ordinanza Commissario Straordinario n. 25 del 23 maggio 2017 e s.m.i. – approvazione definitiva”*.
- Deliberazione Giunta Comunale n. 67 del 20.06.2020, *“Sisma 2016. Perimetrazioni ai sensi dell’Ordinanza Commissario Straordinario n. 25 del 23 maggio 2017 e s.m.i. – rettifica errore materiale nelle cartografie delle aree perimetrate”* in cui si rende necessario procedere all’aggiornamento delle cartografie delle aree perimetrate in quanto, per mero errore materiale, l’area catastalmente individuata al foglio 8, particella n. 83, in corrispondenza di Via Lungara del Rio, non era stata riportata nelle cartografie relative alle perimetrazioni; in tal modo, vengono approvati definitivamente gli elaborati grafici dell’ambito urbano e confermati i perimetri relativi alle frazioni.

Per quanto riguarda i nuclei frazionali, oggetto del presente studio, sono stati individuati tre distinti ambiti di perimetrazione caratterizzati da obiettivi e finalità distinti:

Prima perimetrazione: località Valcimarra (Colle e Valle).

L’area perimetrata è composta in larga parte da edifici con caratteri storico/identitari fortemente danneggiati e da edifici di più recente edificazione che ricadono in ambiti urbani strategici per la riconfigurazione degli spazi urbani in termini di sicurezza pubblica, accessibilità e salubrità degli edifici e degli spazi pertinenziali. Sono altresì presenti all’interno dell’area perimetrata spazi pubblici pertinenziali che riguardano sia la viabilità che i percorsi pedonali (vicoli). Inoltre, all’interno dell’ambito individuato ricade un tratto di strada comunale che funge da collegamento tra i nuclei di Colle - Valle Valcimarra e il nucleo frazionale Valcimarra con la viabilità principale lungo lago/gola di Bistocco.

Obiettivi degli interventi previsti sono:

1. ristrutturazione urbanistica del nucleo di Colle e delle aree in cui insistono edifici e spazi pertinenziali maggiormente danneggiati. Inoltre, nel rispetto dei valori storico/identitari esistenti, si provvederà, ove possibile, a ridurre la vulnerabilità complessiva del nucleo frazionale; abbassando i livelli di esposizione al rischio degli abitanti attraverso il potenziamento dell’accessibilità sulle vie adiacenti e delocalizzando quota parte delle volumetrie danneggiate;
2. migliorare l’accessibilità in sicurezza per mezzi di soccorso in caso di emergenza e rendere il transito pedonale e carrabile di collegamento a ridosso del versante più stabile e sicuro.

Seconda perimetrazione: località Castello di Croce.

L'area perimetrata è composta in larga parte sia da edifici con caratteri storico/identitari fortemente danneggiati dal sisma che dalla chiesa del castello di Croce, edificio quest'ultimo incluso tra i beni culturali e pertanto soggetto a particolare tutela. Inoltre, ricadono sempre all'interno del perimetro individuato sia una serie di spazi pubblici pertinenziali che riguardano sia la viabilità che i percorsi pedonali (vicoli), sia un insieme di aree pertinenziali direttamente collegate al complesso principale.

L'ambito perimetrato include tessuti edilizi realizzati con materiali e tecniche della tradizione connessa da spazi pubblici, slarghi, cortili, vicoli e passaggi che collegano l'area del castello di Croce con gli altri manufatti del nucleo frazionale. Come per i casi precedenti, la scelta di operare gli interventi di ricostruzione mediante lo strumento della perimetrazione si rende la più adeguata per via della densità edilizia presente caratterizzata da fabbricati costruiti in agglomerati in cortina continua con edifici in parte interclusi all'interno di un tessuto edilizio compatto. Tale condizione morfologica associata all'incertezza della suddivisione del sistema proprietario per i diversi immobili, rende necessario la ridefinizione unitaria del tessuto edilizio del nucleo di Croce.

La perimetrazione proposta si pone come obiettivo il raggiungimento di due finalità:

1. la prima finalità è quella della sia degli edifici danneggiati dal sisma che la riparazione delle aree e degli spazi pertinenziali, come le strade e le piazze, che compongono il tessuto urbano dell'area perimetrata, e ciò avverrà nel rispetto dei valori storico/identitari esistenti. Contemporaneamente si provvederà a ridurre la vulnerabilità complessiva del nucleo frazionale, abbassando, ove possibile, i livelli di esposizione al rischio degli abitanti attraverso il potenziamento dell'accessibilità sulle vie adiacenti e qualora sia necessario delocalizzando parte degli edifici danneggiati.
2. la seconda finalità è quella di rendere il transito pedonale e carrabile di collegamento più stabile e sicuro e contestualmente migliorare l'accessibilità per mezzi di soccorso in caso di emergenza.

Terza perimetrazione: località Castiglione di Croce.

L'area perimetrata è composta in larga parte da edifici con caratteri storico/identitari fortemente danneggiati dal sisma e da edifici di più recente edificazione che ricadono in ambiti urbani strategici per la riconfigurazione degli spazi urbani in termini di sicurezza pubblica, accessibilità e salubrità degli edifici e degli spazi pertinenziali. Sono altresì presenti all'interno dell'area perimetrata spazi pubblici pertinenziali che riguardano la sia la viabilità che i percorsi pedonali (vicoli).

L'ambito si caratterizza per una particolare morfologia di versante, sulla quale è presente un'elevata densità edilizia composta da fabbricati costruiti in adiacenza l'uno con l'altro. Vista la complessità del tessuto edilizio presente ed una significativa acclività dei percorsi pedonali e carrabili di accesso, si rende

necessaria una ridefinizione unitaria del tessuto edilizio stesso, volta a ridurre il rischio di isolamento a seguito di eventi calamitosi e un innalzamento del livello di sicurezza dell'intero nucleo. Pertanto, obiettivo degli interventi proposti, sarà quello della ristrutturazione del tessuto urbanistico nel rispetto dei valori storici-identitari esistenti volti a ridurre la vulnerabilità complessiva del centro storico, abbassando i livelli di esposizione al rischio degli abitanti attraverso il potenziamento dell'accessibilità sulle vie adiacenti e delocalizzando ove si renda necessario parte delle volumetrie danneggiate, al fine di individuare ed implementare il sistema di sicurezza locale.

Si avverte che i contenuti di questa indagine sono finalizzati esclusivamente alla redazione di un modello geologico e sismico, imprescindibile dalla successiva caratterizzazione e modellazione geotecnica, di cui, nella presente, se ne fa comunque accenno. Eventuali verifiche in condizioni statiche agli Stati Limite Ultimi (SLU - "Capacità di evitare crolli, perdite di equilibrio e dissesti gravi, totali o parziali, che possono compromettere l'incolumità delle persone, ovvero comportare la perdita di beni, ovvero provocare gravi danni ambientali e sociali, ovvero mettere fuori servizio l'opera" e agli Stati Limite di Esercizio (SLE - "Capacità di garantire le prestazioni previste per le condizioni di esercizio") ed eventuali verifiche in condizioni sismiche agli Stati Limite della Vita (SLV) e agli Stati Limite di Danno (SLD) presenti in tale relazione, hanno valore prettamente indicativo. Tali verifiche dovranno essere approfondite in apposita relazione geotecnica.

Lo studio, in conformità con le linee guida indicate dal Consiglio Nazionale dei Geologi per la redazione della Relazione Geologica (Progetto Qualità 2010 e Raccomandazioni per la redazione della "Relazione geologica" ai sensi delle Norme Tecniche sulle Costruzioni) ed in congruità con la Circolare dell'Ordine dei Geologi delle Marche n. 177/15RE (Linee guida per la valutazione degli elaborati geologici, geotecnici e sismici di competenza della figura del geologo), è stato articolato nel modo di seguito indicato:

Indagini preliminari

- Ricerca ed analisi dei dati esistenti: cartografie tecnico-scientifiche pubblicate, dati catastali, vincolistica, sismicità storica, sondaggi geognostici e/o scavi ispezionabili, prove in situ o in laboratorio geotecnico, dati bibliografici, indagini geologiche, geofisiche e/o geotecniche precedenti.
- Esecuzione di una analisi aero-fotogrammetrica dell'area indagata.
- Pianificazione del programma di indagine e progettazione dello stesso sulla base dell'inquadramento geologico della zona e in funzione dei dati che è necessario acquisire per pervenire ad una ricostruzione geologica di dettaglio che possa risultare adeguata ed utile per la caratterizzazione e la modellazione geologica del sottosuolo.

Indagini di terreno

- Esecuzione di sopralluoghi volti a individuare gli aspetti geologici (riconoscimento delle formazioni, acquisizione delle giaciture e delle strutture tettoniche), geomorfologici ed idrogeologici dell'area oggetto di indagine, per un intorno significativo, con particolare riferimento sia a processi morfologici e dissesti attivi o quiescenti e loro tendenza evolutiva e sia a processi erosivi connessi al ruscellamento superficiale e all'evoluzione del reticolo idrografico. Analisi delle interferenze con i manufatti circostanti.
- Acquisizione di n. 3 misure di rumore sismico ambientale a stazione singola (metodo di Nakamura o metodo HVSR da *Horizontal to Vertical Spectral Ratios* o semplicemente H/V).

Elaborazione dei dati raccolti

- Caratterizzazione e modellazione geologica.
- Descrizione dei risultati ottenuti e delle difficoltà incontrate. Esposizione ed interpretazione dei dati risultanti dalle indagini e dalle prove eseguite - caratteristiche intrinseche delle singole unità litologiche (terreni o rocce) con particolare riguardo ad eventuali disomogeneità, discontinuità, stati di alterazione e fattori che possano indurre anisotropia delle proprietà fisiche dei materiali.
- Analisi e ricostruzione degli aspetti idrogeologici dell'area fornendo lo schema della circolazione idrica superficiale e sotterranea. Valutazione delle permeabilità/trasmissività. Definizione geometrica e dinamica degli acquiferi e delle relazioni fra acque superficiali e sotterranee.
- Considerazioni specifiche sulla stabilità dei versanti (opportunamente estese ad un intorno significativo) tenendo conto di quanto previsto dal P.A.I. o altro strumento di programmazione idrogeologica (es. P.T.C.) e dell'analisi delle forme e dei processi geomorfologici, processi erosivi e dinamiche evolutive del reticolo idrografico. Definizione del modello concettuale di franosità ed individuazione delle possibili tipologie di evento potenzialmente atteso (caratteristiche geometriche ed evolutive del versante) anche sulla base di deduzioni relativa alla franosità pregressa.
- Modellazione sismica. Analisi e descrizione della sismicità storica. Definizione del terremoto di progetto, magnitudo. Definizione delle forme spettrali. Eventuale analisi della risposta sismica locale, calcolo della $V_{s,eq}$ per la definizione della categoria del suolo di fondazione. Spettro di risposta elastico. Potenziale di liquefazione.
- Caratterizzazione e modellazione geotecnica.
- Stesura degli elaborati grafici (cartografie e sezioni litostratigrafiche) e descrittivi.

- Stesura finale della presente relazione con sintesi di quanto realizzato, giudizio sulla fattibilità geologica degli interventi proposti ed eventuale esplicazione degli stessi per renderli compatibili con l'assetto idrogeologico dell'area ed in particolare con le pericolosità ambientali definite in funzione delle indagini eseguite.

2.0 QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO

L'indagine è stata predisposta nel rispetto delle norme e disposizioni recate dai seguenti provvedimenti:

- D.P.R. n. 328 del 05.06.2001, *Modifiche ed integrazioni della disciplina dei requisiti per l'ammissione all'esame di Stato e delle relative prove per l'esercizio di talune professioni, nonché della disciplina dei relativi ordinamenti.*
- D.M. 17.01.2018, *Aggiornamento delle "Norme Tecniche per le Costruzioni".*
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, Circolare n. 7 del 21.01.2019, *Istruzioni per l'applicazione dell'“Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni” di cui al D.M. 17.01.2018.*
- 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.
- O.P.C.M. n. 3274 del 20.03.2003, *Norme tecniche per il progetto, la valutazione e l'adeguamento sismico degli edifici.*
- O.P.C.M. n. 3519 del 28.04.2006, *Criteri generali per l'individuazione delle Zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone.*
- O.P.C.M. n. 3316 del 02.10.2003, *Modifiche ed integrazioni dell'Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20.03.2003.*
- O.P.C.M. n. 3907 del 13.11.2010, *Contributi per gli interventi di prevenzione del rischio sismico.*
- 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 II: Progettazione assistita da prove di laboratorio.* UNI.
- Eurocodice 7.3 (2002), *Progettazione geotecnica - Parte II: Progettazione assistita con prove in sito.* UNI.

- D.M. LL.PP. 11.03.1988, *Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e il sostegno delle terre e delle opere di fondazione*. G.U. Repubblica Italiana n. 127.
- D.M. LL.PP. 16.01.1996, *Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche*. G.U. Repubblica Italiana n. 29 del 05.02.1996.
- D.L. 03.03.2006 n. 152, *Norme in materia ambientale*. (G.U. Repubblica Italiana n. 88 del 14.04.2006 - S.O. n. 96).
- D.A.C.R. del 03.11.1989 n. 197, *Piano Paesistico Ambientale Regionale (P.P.A.R.)*.
- Deliberazione di Consiglio Provinciale del 11.12.2001 n. 75, *Piano Territoriale di Coordinamento provinciale (P.T.C.)*.
- Ordinanza n. 25 del 23 maggio 2017, *Criteri per la perimetrazione dei centri e nuclei di particolare interesse che risultano maggiormente colpiti dagli eventi sismici verificatisi a far data dal 24 agosto 2016*.
- Ordinanza n. 39 dell'08 settembre 2017, *Principi di indirizzo per la pianificazione attuativa connessa agli interventi di ricostruzione nei centri storici e nuclei urbani maggiormente colpiti dagli eventi sismici verificatisi a far data dal 24 agosto 2016*.
- Ordinanza n. 107 del 22 agosto 2020, *Linee Guida sui Programmi Straordinari di Ricostruzione, indirizzi per la pianificazione e ulteriori disposizioni di accelerazione della ricostruzione privata*.

Nell'elaborazione della presente indagine sono state consultate le seguenti pubblicazioni e cartografie:

- Antonini G., et alii (1993) – *Carta inventario dei movimenti franosi della Regione Marche ed aree limitrofe (scala 1: 100.000)*. CNR – IRPI Perugia, CNR – GNDCI. Pubbl. CNDICI n. 580.
- Barchi M., et alii (1988) – *Sezioni geologiche bilanciate attraverso il sistema a pieghe umbro-marchigiano*. Boll. Soc. Geol. It., 107: 109-130.
- Boni C., et alii (1986) – *Schema idrogeologico dell'Italia Centrale*. Mem. Soc. Geol. It., 35: 991-1012.
- Boni C., et alii (2009) – *Studio idrogeologico nel settore nord-occidentale dei monti sibillini: un contributo alla cartografia idrogeologica ufficiale*. Italian Journal of Engineering and Environment, 1: 25-40.
- Calamita F., et alii – *Analisi dell'evoluzione tettonico – sedimentaria ... Il Bacino di Camerino*. Studi Geologici Camerti, V.
- Centamore E. (1986) – *Carta Geologica delle Marche (scala 1: 250.000)*. Litografia Artistica Cartografica - Firenze.
- Centamore E., Deiana G. (1986) – *La geologia delle Marche*. Numero speciale, Studi Geologici Camerti.

- Centamore E. *et alii* (1991) - *Carta geologica, geomorfologica ed idrogeologica delle Marche (scala 1: 100.000)*. A cura della Regione Marche, Assessorato Urbanistica - Ambiente. S.E.L.C.A. - Firenze.
- Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti (1990) - *Zonazione e riclassificazione sismica. Atti del Convegno*. Pisa, 25-27 giugno 1990. Consiglio Nazionale delle Ricerche.
- *Linee guida per la stabilizzazione delle frane e strategie di mitigazione del rischio*. Programma comune per l'integrazione e l'aggiornamento della cartografia del rischio frana del Piano di Bacino.
- Regione Marche - Giunta Regionale (1991) - *L'ambiente fisico delle Marche: geologia, geomorfologia, idrogeologia*.
- Autorità di Bacino Regionale (2001) - *Piano stralcio di bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.)*.
- Regione Marche - Ufficio Urbanistica e Cartografia (1999-2001) - *Carta geologica regionale (scala 1: 10.000)*.
- Arch. Recchi O. e Ing. Scoppa E. (2013), *Piano Regolatore Generale del Comune di Caldarola*. D.C.C. n. 27 del 30.11.2013, adeguamento alle prescrizioni della Provincia di Macerata ai sensi dell'art. 26 comma 6 lett. a) L.R. 34/1992, D.C.C. n. 4 del 18.02.2013 e D.G.P. n. 357 del 19.11.2012.
- Geol. Cataldi M. (2017), *Microzonazione Sismica di Livello I*. Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n. 77 OCDPC n. 293/2015. Programma regionale degli Studi ed Indagini di Microzonazione Sismica, annualità 2014.
- Geol. Cataldi M. (2018), *Microzonazione Sismica di Livello III*. Ordinanza del Commissario Straordinario n. 24 registrata il 15 maggio 2017 al n. 1065.
- Geol. Pucciarelli R. (2020), *Aggiornamento dello Studio di Microzonazione Sismica di Livello III*. Studio di approfondimento delle instabilità di versante (Capoluogo - Castello Pallotta - Località Colle - Valle Valcimarra) ai sensi dell'Ordinanza del Commissario Straordinario n. 79 registrata il 12 agosto 2019 al n. 1719.

3.0 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO, COROGRAFICO E TOPOGRAFICO DEL SITO

Le tre aree oggetto di studio sono ubicate nel Comune di Caldarola (Regione Marche, Provincia di Macerata), rispettivamente:

località Valcimarra (Colle e Valle): l'area si snoda in corrispondenza della parte terminale di un versante particolarmente articolato in tratti a pendenza variabile (media del 30%), esposto a N e caratterizzato da un'incisione in direzione S-N, dove scorre in Fosso di Valcimarra; la quota media di

referimento è di 370 m s.l.m. per l'aggregato di Colle (WGS84: Lat. 43,135693 – Lng. 13,173214) e di 400 m s.l.m. per l'aggregato di Valle (WGS84: Lat. 43,134691 – Lng. 13,172153).

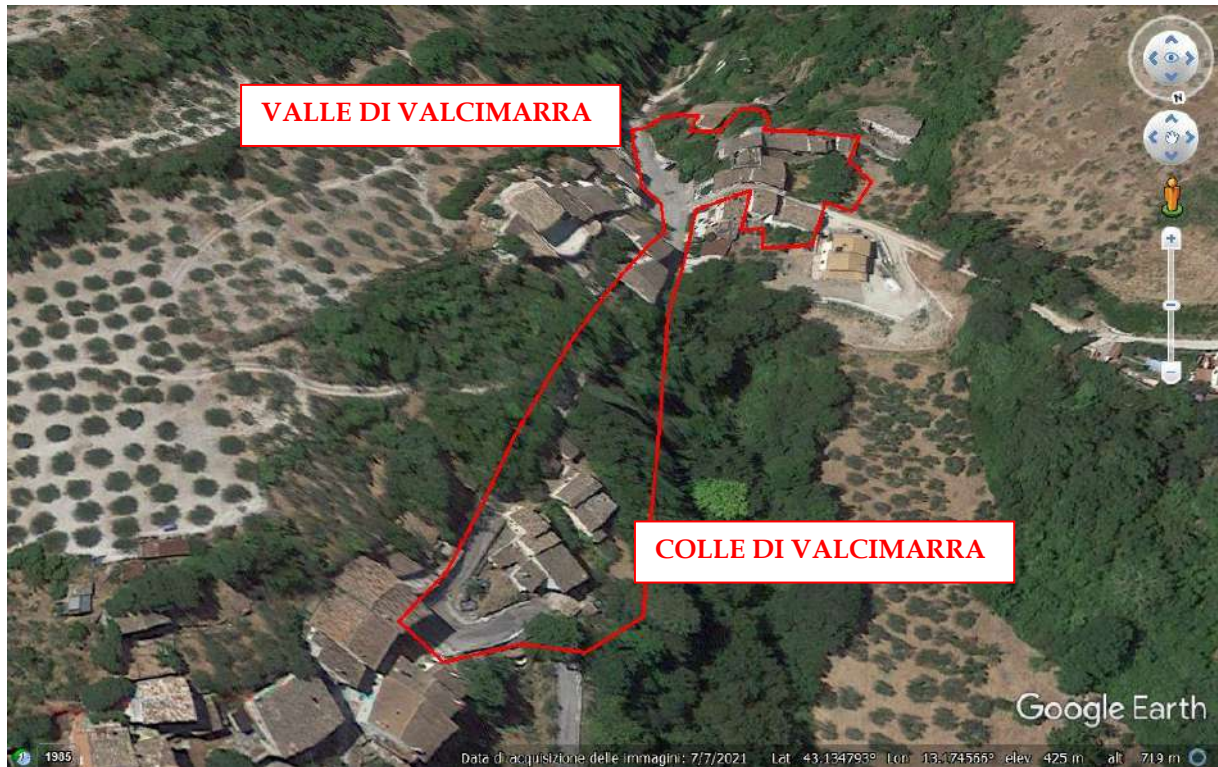


Figura 1 - Inquadramento aero-satellitare con indicata l'area oggetto di studio.

località Castello di Croce: l'area è ubicata in corrispondenza di un poggio posto in aderenza ad un versante esposto ad E, collegato ad esso da una piccola sella; le pendenze medie sono superiori al 25% mentre la quota media di riferimento è di 520 m s.l.m. (WGS84: Lat. 43,125490 – Lng. 13,204404).



Figura 2 - Inquadratura aero-satellitare con indicata l'area oggetto di studio.

località Castiglione di Croce: l'area è ubicata in corrispondenza della porzione medio-terminale di un versante esposto ad E, con pendenza media superiore al 25%; la quota media di riferimento è di 540 m s.l.m. (WGS84: Lat. 43,128163 – Lng. 13,203595).



Figura 3 - Inquadramento aero-satellitare con indicata l'area oggetto di studio.

Il vento, la cui direzione si considera generalmente orizzontale, esercita sulle costruzioni azioni che variano nel tempo e nello spazio provocando, in generale, effetti dinamici. Si forniscono al progettista i valori dei parametri per la determinazione della velocità base di riferimento v_b , considerando che i siti oggetto di studio ricadono nella Zona 3 (Tabella 3.3.I delle N.T.C. 2018):

$v_{b,0}$ (m/s)	27
a_0 (m)	500
k_s	0,37

Per la definizione del coefficiente di esposizione c_e , strettamente legato alla categoria di esposizione del sito dove sorge la costruzione, viene offerto un valore della distanza media dalla costa corrispondente a circa 48 km (Figura 3.3.2, N.T.C. 2018). Il coefficiente di topografia c_t viene posto pari a 1. Pertanto, assumendo una Classe di rugosità del terreno (Tabella 3.3.III, N.T.C. 2018) pari a B (aree urbane, suburbane, industriali e boschive), i parametri per la definizione del coefficiente di esposizione (Tabella 3.3.II, N.T.C. 2018) vengono consigliati come segue:

Categoria di esposizione del sito	IV
k_r	0,22
z_0 (m)	0,30
z_{min} (m)	8

Per quanto riguarda l'azione della neve, ricadendo l'area in Zona II ($a_s > 200$ m), considerando una quota massima di 400 m s.l.m. per Valcimarra (Colle e Valle) e di 540 m s.l.m. per Croce (Castello e Castiglione), viene posto il carico q_{sk} rispettivamente pari a 1,44 kN/m² e 1,92 kN/m² (Figura 3.4.1, N.T.C. 2018). Il coefficiente di esposizione C_E , utilizzato per modificare il valore del carico neve in copertura in funzione delle caratteristiche specifiche dell'area in cui sorge l'opera si assumerà uguale a $C_E = 1,0$.

Nella cartografia ufficiale, i siti oggetto di studio sono presenti nella *Carta Topografica d'Italia - Foglio 124 "Macerata" - Quadrante II, Tavoletta NO "San Ginesio" e Quadrante III, Tavoletta NE "Polverina"* (Tavola 01, scala 1: 25.000).

In particolare, con maggiore precisione, le aree ricadono nella *Carta Tecnica delle Marche - Foglio 313 "Camerino" - Sezione 313070 "Caldarola"* (Tavola 02, scala 1: 10.000).

Catastralmente, le zone ricadono nei *Fogli 10, 13 e 22 del Comune di Caldarola* (Tavola 03, scala 1: 2.000).

4.0 QUADRO DI RIFERIMENTO PROGRAMMATICO E CONFORMITÀ IN MATERIA URBANISTICA, AMBIENTALE E PAESAGGISTICA

Il quadro di riferimento programmatico è stato sviluppato allo scopo di fornire gli elementi conoscitivi sulle relazioni tra l'opera progettata e gli strumenti di pianificazione e programmazione settoriale e territoriale.

In seguito, sarà evidenziata la coerenza tra il progetto e gli indirizzi di pianificazione a diversa scala.

Per lo svolgimento del lavoro, sono stati esaminati gli strumenti di pianificazione/programmazione vigenti per il territorio in esame e per i settori che hanno relazione diretta o indiretta con il progetto.

Tali strumenti sono pubblicamente disponibili ai seguenti link:

<http://www.sit.provincia.mc.it:8081/pmapper/map.phtml>

<http://www.sitap.beniculturali.it/>

La normativa e gli strumenti di programmazione che possono avere una relazione diretta o indiretta con il progetto in esame sono:

Livello nazionale

- R.D. del 30/12/1923 n. 3267, *Vincolo Idrogeologico*.
- D.P.R. dell'08/09/1997 n. 357, *Regolamento recante attuazione della direttiva 92/43 CEE relativa alla conservazione degli habitat naturali e semi naturali, nonché della flora e della fauna selvatica*.
- D.L. del 22/01/2004 n. 42, *Codice dei beni culturali e del paesaggio, ai sensi dell'articolo 10 della legge 6 luglio 2002, n. 137*.

- D.L. dell'11/05/1999 n. 152, *Disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento e recepimento della direttiva 91/271/CEE concernente il trattamento delle acque reflue urbane.*
- L. del 05/01/1994 n. 36, *Disposizioni in materia di risorse idriche.*

Livello regionale e provinciale

- Deliberazione di Consiglio Regionale del 21.01.2004 n. 116, *Piano stralcio di bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.).* Supplemento n. 5 BUR Marche n. 15 del 13.02.2004.
- D.A.C.R. del 03.11.1989 n. 197, *Piano Paesistico Ambientale Regionale (P.P.A.R.).*
- Deliberazione di Consiglio Regionale del 23.12.1985 n. 8, *Individuazione delle aree di notevole interesse pubblico sotto il profilo ambientale e paesistico.* BUR Marche n. 44 del 02.05.1986.
- Deliberazione di Consiglio Provinciale del 11.12.2001 n. 75, *Piano Territoriale di Coordinamento provinciale (P.T.C.).*

Livello comunale

- D.C.C. n. 27 del 30.11.2013, adeguamento alle prescrizioni della Provincia di Macerata ai sensi dell'art. 26 comma 6 lett. a) L.R. 34/1992, D.C.C. n. 4 del 18.02.2013 e D.G.P. n. 357 del 19.11.2012, *Piano Regolatore Generale del Comune di Caldarola.*

4.1 PIANIFICAZIONE DI LIVELLO NAZIONALE

Il Vincolo Idrogeologico grava su terreni “di qualsiasi natura e destinazione” al fine di preservare l'ambiente fisico e impedire forme di utilizzazione (anche contrastanti con le norme di cui agli artt. 7, 8 e 9), che possano determinare ai terreni denudazione, innesco di fenomeni erosivi, perdita di stabilità, nonché turbamento del regime delle acque ecc., con possibilità di danno pubblico (art. 1). Pertanto, tutti gli interventi e le opere che comportano una modifica dello stato di luoghi ricadenti in aree sottoposte a vincolo per scopi idrogeologici, necessitano del rilascio di preventivi nulla osta o autorizzazioni da parte della Regione ai sensi degli artt. 7 e 8.

In linea generale, i principali procedimenti nell'ambito dei quali è necessario richiedere il Nulla osta/parere sono i seguenti:

- proposta e approvazione delle variazioni in ordine all'imposizione del Vincolo Idrogeologico nelle zone non boscate;
- istruttorie finalizzate al rilascio del Nulla Osta per la trasformazione dei boschi in altra qualità di coltura, dei terreni saldi in terreni soggetti a periodica lavorazione, nonché per l'esecuzione di movimenti terra di qualsiasi tipo legati a molteplici interventi/attività (bonifiche agrarie, attività estrattive, interventi di mitigazione idrogeologica, movimenti terra nell'ambito di interventi urbanistico-edilizi, condoni edilizi salvo il III Condono di cui alla L. 326/2003 - L.R.

23/2004, in ottemperanza a quanto previsto, oltre che dal R.D.L. n. 3267/23, dal D.M. 14.01.2008 e dal Regolamento Edilizio Tipo della Regione Marche), sia su istanze di parte che su procedimenti attivati tramite SUAP, SUE, Conferenze dei Servizi (anche legate a procedimenti di attività estrattiva, interventi di mitigazione del rischio idrogeologico, ecc.);

- in relazione al combinato disposto tra l'art. 7 del R.D.L. 3267/1923 e l'art. 11 della L.R. 6/2005, che ha esteso il Vincolo Idrogeologico a tutti i boschi marchigiani, istruttorie per il rilascio del Nulla osta per l'esecuzione di qualsiasi intervento di movimento terra anche se l'area in cui esso viene eseguito, precedentemente alla emanazione della legge, era esclusa dalla perimetrazione di cui al R.D. 3267/23 ed ora vi ricade per la presenza di un'area boscata.
- rilascio di pareri in qualità di SCA nell'ambito di procedimenti di VIA, VAS, AUA, Varianti Urbanistiche di PRG ecc.
- imposizione buone pratiche agricole ai sensi dell'art. 72 delle Prescrizioni di Massima e Polizia Forestale su terreni agricoli privi o con carenti sistemazioni idraulico agrarie;
- imposizione lavori riparatori (art. 24 e segg. R.D.L. 3267/1923) nell'ambito di interventi eseguiti in violazione del Vincolo Idrogeologico (interventi non autorizzati o eseguiti in modo difforme rispetto all'autorizzazione rilasciata).

La Legge Forestale disciplina le azioni e gli interventi diretti allo sviluppo del settore forestale, nonché alla salvaguardia dei boschi, delle siepi, degli alberi e dell'assetto idrogeologico del territorio" (art. 1).

Per la prima volta ed in modo chiaro riporta la definizione di "bosco" (art. 2 comma 1 punto e), nonché altre definizioni (albero di alto fusto, formazioni non boscate ecc. (art. 2 comma 1).

A seguito dell'approvazione da parte della Regione del "Regolamento del Verde Urbano" (DGR n. 603/2015) e dell'abrogazione definitiva della L.R. n. 7/85 "Disposizioni per la salvaguardia della flora marchigiana", la L.R. 6/2005 è diventata l'unica norma vigente a livello regionale in materia di tutela delle essenze arboree e delle formazioni vegetali.

Le competenze della Regione nell'ambito della stessa sono le seguenti:

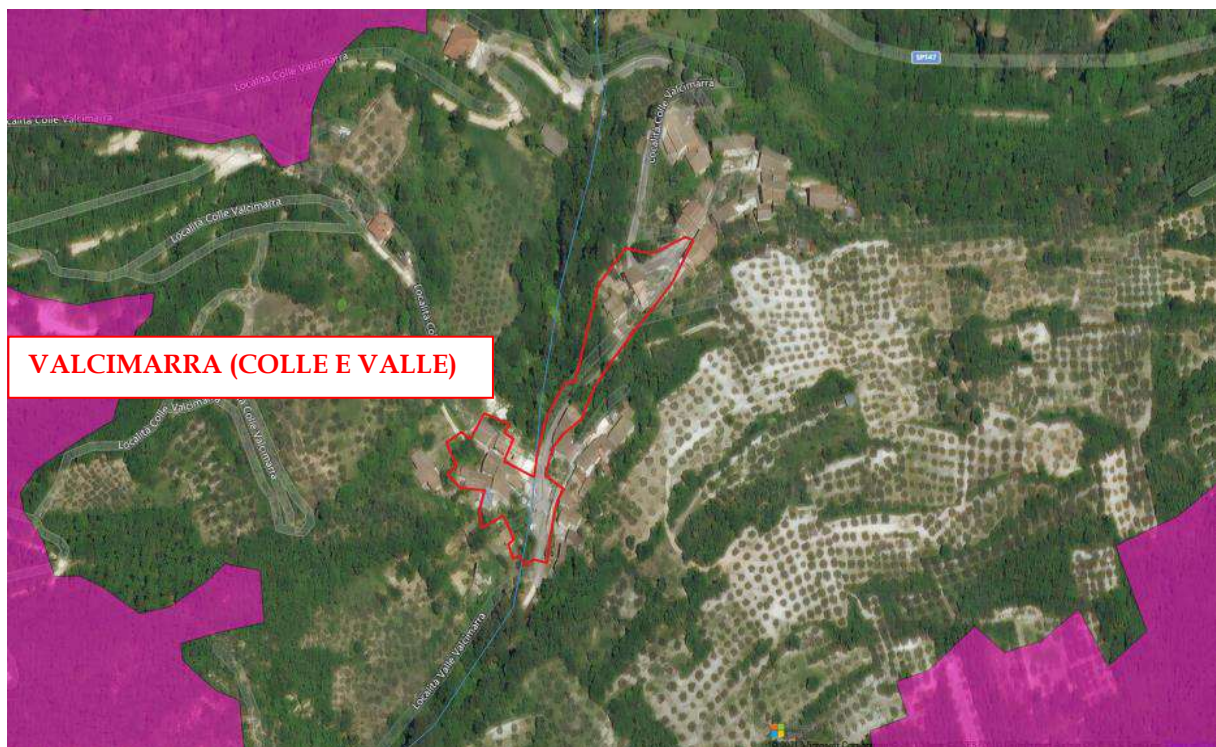
- Autorizzazione di tagli boschivi nelle aree esterne alle Unioni Montane (art. 10).
- Estensione del Vincolo Idrogeologico a tutti i boschi delle Marche (art. 11).
- Autorizzazione all'esecuzione di interventi di riduzione di superfici boscate con compensazione ambientale (art. 12).
- Dichiarazione di fallimento di rimboschimenti eseguiti con fondi pubblici (art. 13).
- Competenze in materia di "Interventi forestali di pubblica incolumità" al di fuori delle Unioni Montane (art. 15 quater) e di "accordi bonari per la realizzazione degli interventi forestali" al di fuori delle Unioni Montane (art. 15 quinquies).

Esiste una forte connessione tra il Vincolo Idrogeologico (R.D.L. 3267/1923) e la Legge Forestale Regionale (L.R. 6/2005).

Il Vincolo Idrogeologico, attraverso il regolamento attuativo “Prescrizioni di Massima e Polizia Forestale”, norma tra le altre cose anche le modalità di gestione dei tagli boschivi (D.G.R. 2585 del 06/11/2001 “D.P.R. 24 luglio 1977 n. 616 – R.D.L. 30/12/1923 n. 3267. Emanazione delle Prescrizioni di Massima e Polizia Forestale Regionale e delle Norme per la gestione dei boschi marchigiani”).

Da parte sua, la L.R. 6/2005, ribadisce la competenza regionale in materia di tagli boschivi fuori dai territori delle Unioni Montane (art. 10 comma 2) ed estende il Vincolo Idrogeologico a tutti i boschi marchigiani (art. 11).

Nel caso specifico, le zone oggetto di indagine NON RICADONO all’interno del vincolo idrogeologico (Figura 4).



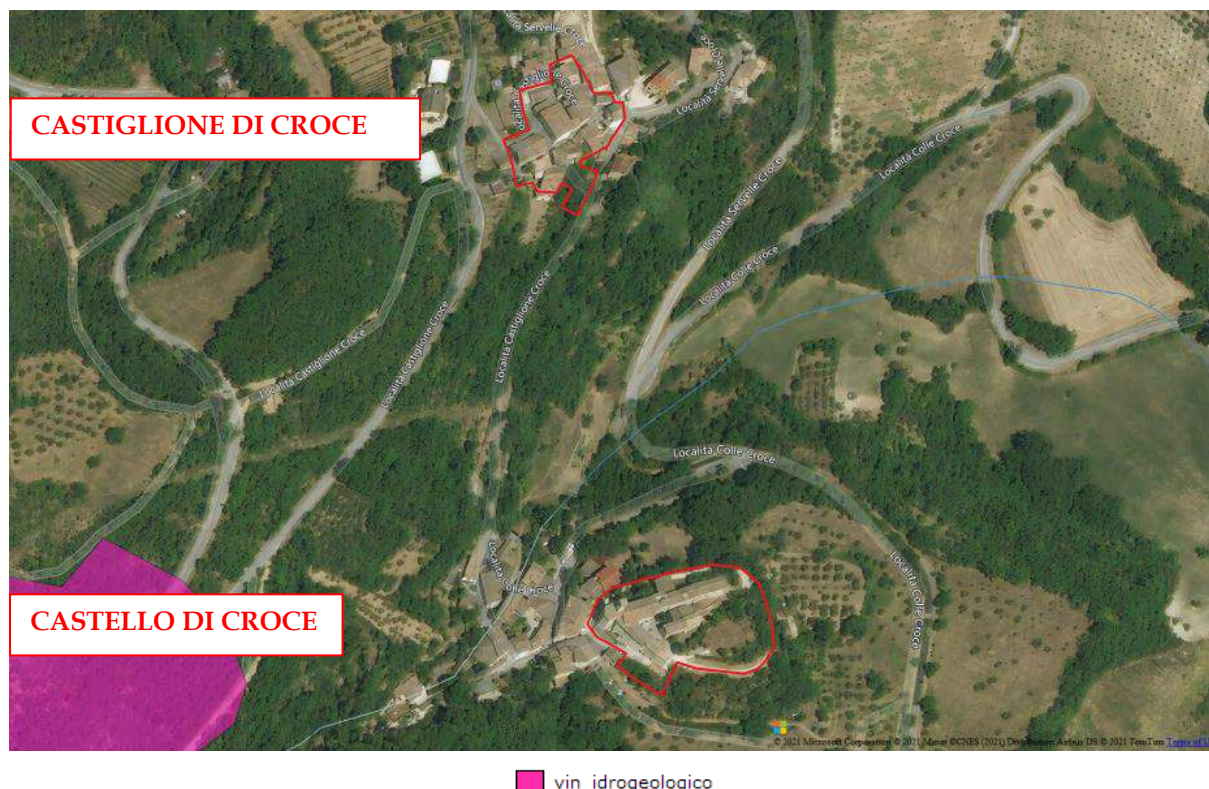


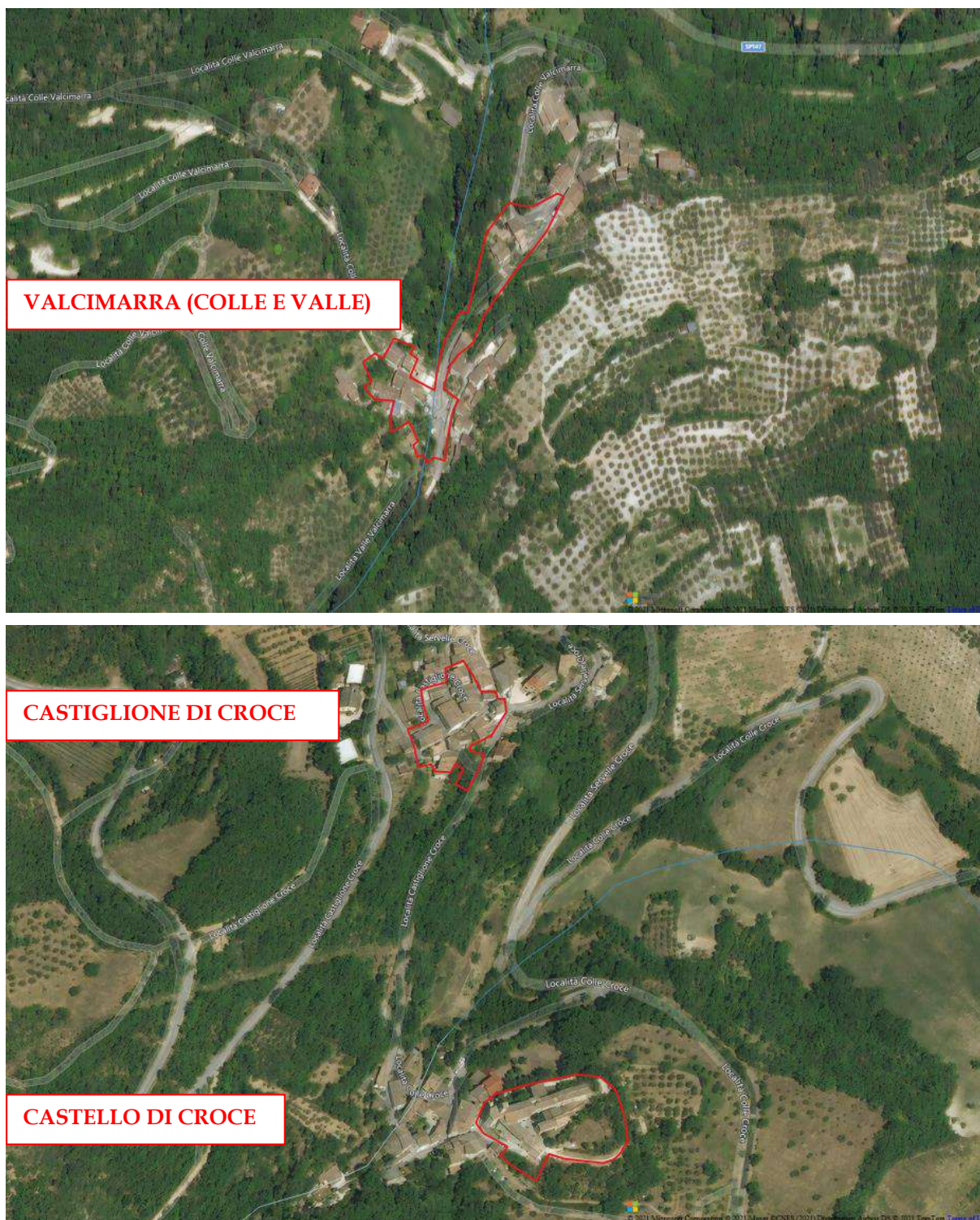
Figura 4 - Vincolo idrogeologico (colore rosa). In rosso, le aree oggetto di indagine.

Il D.P.R. 08/09/1997 n. 357 prevede, ai fini della salvaguardia delle biodiversità mediante la conservazione di definiti habitat naturali e di specie della flora e della fauna, l'istituzione di "Siti di Importanza Comunitaria - SIC" e di "Zone Speciali di Conservazione". In tali aree sono previste norme di tutela per le specie faunistiche e vegetazionali (art.li 8, 9 e 10).

Successivamente a tale decreto, è stato emesso il D.M. 03 Aprile 2000 del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, con il quale è stato reso pubblico l'elenco dei siti di importanza comunitaria proposti, ai sensi della direttiva 92/43/CEE, unitamente all'elenco delle zone di protezione speciale designate ai sensi della direttiva 79/409/CEE del Consiglio del 02 Aprile 1979, concernente la conservazione degli uccelli selvatici.

La Regione Marche ha, a sua volta, emanato la delibera della G.R. n. 1791 dell'01/08/2000 con la quale, in recepimento delle direttive 79/409/CEE e 92/43/CEE, sono state individuate le "Zone a Protezione Speciale - ZPS" e definiti gli adempimenti procedurali in ordine della valutazione di incidenza di cui all'art. 5 del D.P.R. 357/97. Tali aree si aggiungono ai SIC già definiti per adempiere agli obblighi comunitari.

Nel caso specifico, le zone oggetto di indagine NON RICADONO all'interno del vincolo SIC e ZPS (Figura 5).



■ sic

▨ zps

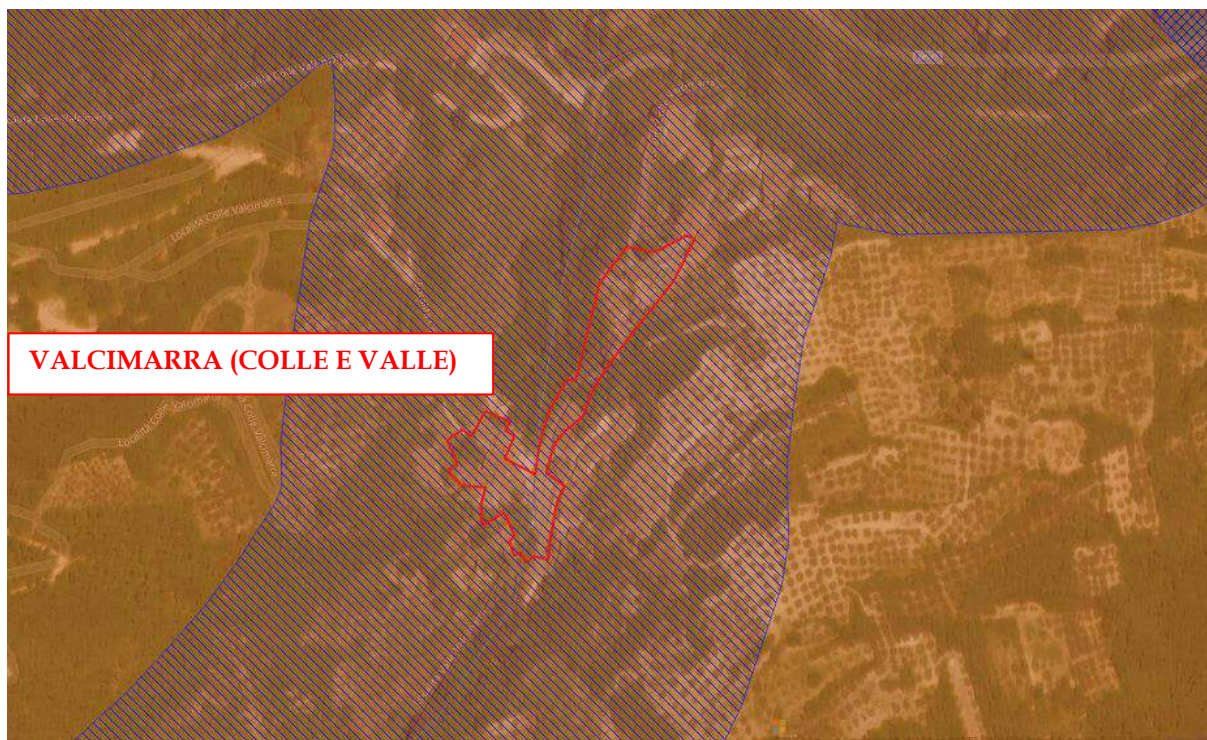
Figura 5 – SIC e ZPS. In rosso, le aree oggetto di indagine.

Il Decreto Legislativo del 22 gennaio 2004, n. 42 “Codice dei beni culturali e del paesaggio, ai sensi dell’art. 10 della legge 6 Luglio 2002, n. 137”, già L. 1497/39 “Protezione delle bellezze naturali”, abrogando il precedente D.L. 490/99 “Testo unico delle disposizioni legislative in materia di beni culturali e ambientali, a norma dell’articolo 1 della legge 8 ottobre, n. 352”, detta una nuova classificazione degli oggetti e dei beni da sottoporre a tutela e introduce diversi elementi innovativi per quanto concerne la gestione della tutela stessa.

In particolare, il nuovo decreto identifica, all’art. 1, come oggetto di tutela e valorizzazione il “patrimonio culturale” costituito dai “beni culturali e paesaggistici” (art. 2).

Il Codice è suddiviso in 5 parti delle quali la Parte II è relativa ai beni culturali (es. siti di interesse artistico, archeologico, con storia politica, militare o letteraria, ville, parchi, giardini, siti minerari) e la Parte III ai beni paesaggistici (es. singolarità geologica, bellezza naturale, parchi, bellezza panoramiche, fiumi, corsi d’acqua, boschi e foreste, zone umide, vulcani).

Nel caso specifico, la località di Valcimarra (Colle e Valle) RICADE all’interno del vincolo (Aree di rispetto di 150 metri dalle sponde dei fiumi, torrenti e corsi d’acqua iscritti negli elenchi delle Acque Pubbliche, e di 300 metri dalla linea di battigia costiera del mare e dei laghi, vincolate ai sensi dell’art.142 c. 1 lett. a), b), c) del Codice - Figura 6). Il Fosso della Valle di Valcimarra è infatti iscritto nell’elenco delle Acque Pubbliche della Provincia di Macerata (R.D. n. 7132 del 07.11.1902). Inoltre, sempre la località di Valcimarra, per la L. 1497/39 “Protezione delle bellezze naturali”, è inclusa in 2 aree vincolate: DPGR n. 10093 del 23/12/1982 (notevole interesse pubblico del lago di Caccamo) e DPGR n. 22211 del 03/07/1985 (notevole interesse pubblico nei comuni di Caldarola e Camerino).



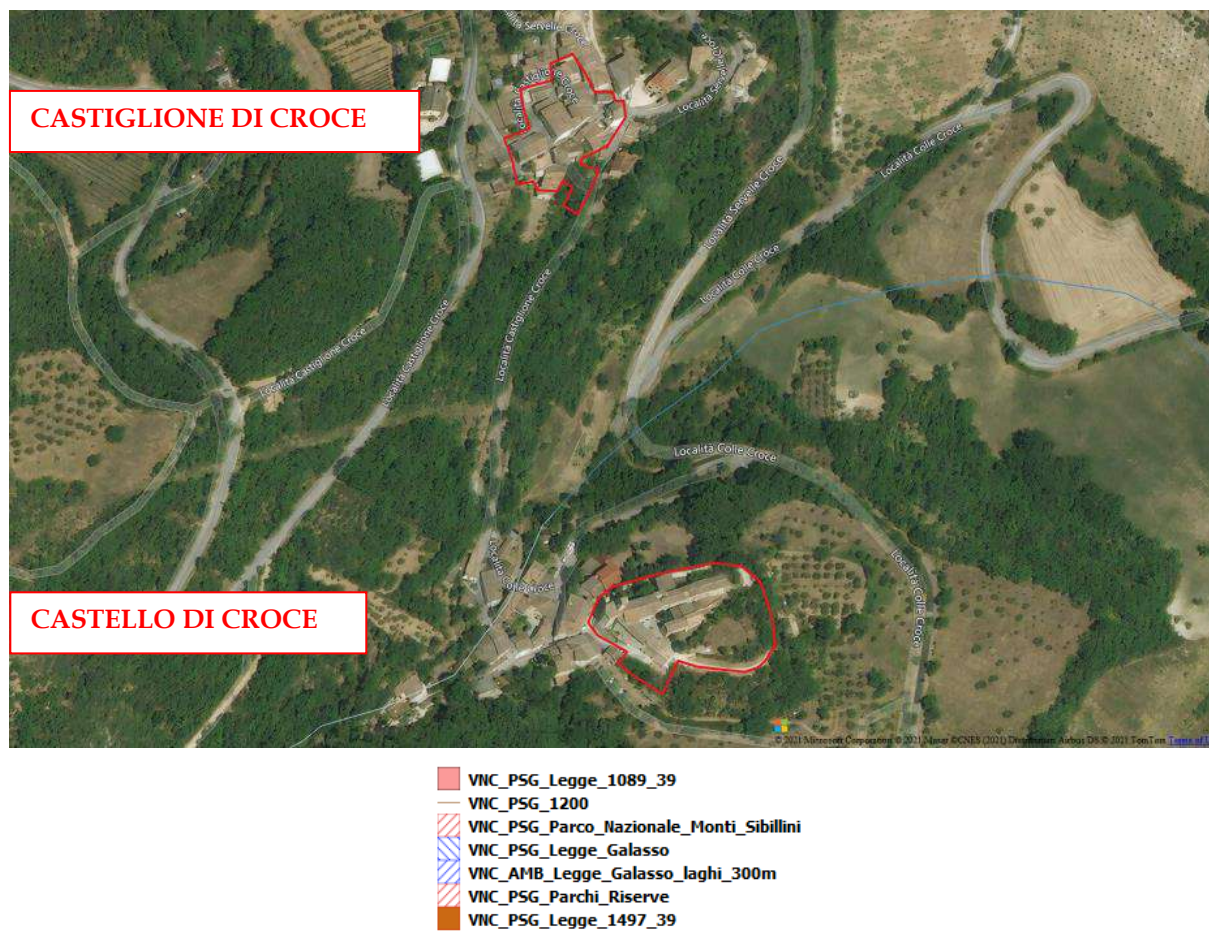


Figure 6 - Vincolo D.L. 42/2004. In rosso, le aree oggetto di indagine.



Figura 7 – Vincolo Del. 23.12.1985 n. 8 “galassini”. In rosso, le aree oggetto di indagine.

4.2 PIANIFICAZIONE DI LIVELLO REGIONALE E PROVINCIALE

La pianificazione a valenza ambientale nella Regione Marche viene attuata attraverso il Piano Paesistico Ambientale Regionale, approvato con delibera n. 197 del 03/11/1989. Tale Piano ha seguito quanto disposto dalla ex L. 431/85, ora D.L. 42/04.

A livello provinciale si seguono le direttive dettate dal Piano Territoriale di Coordinamento provinciale (P.T.C.), approvato con deliberazione di Consiglio Provinciale del 11.12.2001 n. 75.

Dall'analisi degli strumenti sotto riportati (Figura 8, 9 e 10) risulta che in sintesi le aree oggetto di indagine sono interessate dalla seguente vincolistica:

località Valcimarra (Colle e Valle)

- VERSANTI CON SITUAZIONI DI DISSESTO ATTIVO O QUIESCENTE E CON PENDENZE SUPERIORI AL 30% (art. 25.3.1 NTA del PTC);
- CORPO DI FRANA PER CROLLO-RIBALTAMENTO (QUIESCENTE);
VINCOLI SOVRAORDINATI (VINCOLI SOPRINTENDENZA PER I BENI AMBIENTALI E ARCHITETTONICI);
- VINCOLO AI SENSI DEL DECRETO LGS n. 42/2004 (GIÀ VINCOLO DECRETO PGR n. 10093 DEL 23/12/1982);
- VINCOLO AI SENSI DEL DECRETO LGS n. 42/2004 (GIÀ VINCOLO DECRETO PGR n. 22211 DEL 03/07/1985);

LIVELLO ALTO DI TUTELA

ZONE RURALI NTA DEL PRG: EM – AGRICOLE MONTANE / EA – AGRIGOLE DI SALVAGUARDIA PAESISTICO AMBIENTALE;

- VERSANTI (art. 31 NTA del PPAR): ambito di tutela permanente – aree con pendenza superiore al 30%;
ZONE RURALI NTA DEL PRG: EA – AGRICOLE DI SALVAGUARDIA PAESISTICO AMBIENTALE;
- AMBITO DI TUTELA PERMANENTE DEI CORSI D'ACQUA (art. 29 NTA del PPAR);
- TUTELA INTEGRALE;
- Fascia di tutela permanente delle strade panoramiche e dei percorsi storici – aree di alta percettività visiva (art. 23, art. 43 NTA del PPAR TAV. 7);
- AMBITO DI TUTELA DELLE SORGENTI (D. LGS. n. 152/99 – ACCORDO STATO-REGIONI 12/2002).

località Castello di Croce

- VERSANTI STABILI E CON PENDENZA SUPERIORE AL 30% (art. 25.3.3 NTA del PTC);

LIVELLO ALTO DI TUTELA

ZONE RURALI NTA DEL PRG: EM – AGRICOLE MONTANE / EA – AGRIGOLE DI SALVAGUARDIA PAESISTICO AMBIENTALE;

- VERSANTI (art. 31 NTA del PPAR): ambito di tutela permanente – aree con pendenza superiore al 30%;
- TUTELA INTEGRALE;
- Fascia di tutela permanente delle strade panoramiche e dei percorsi storici – aree di alta percettività visiva (art. 23, art. 43 NTA del PPAR TAV. 7);

LIVELLO MEDIO DI TUTELA

ZONE RURALI NTA DEL PRG: EP – AGRICOLE DI INTERESSE PAESISTICO:

- CRINALI (art. 30 NTA del PPAR): ambito di tutela permanente.

località Castiglione di Croce:

- VERSANTI STABILI E CON PENDENZA SUPERIORE AL 30% (art. 25.3.3 NTA del PTC);

LIVELLO ALTO DI TUTELA

ZONE RURALI NTA DEL PRG: EM – AGRICOLE MONTANE / EA – AGRICOLE DI SALVAGUARDIA PAESISTICO AMBIENTALE:

- VERSANTI (art. 31 NTA del PPAR): ambito di tutela permanente – aree con pendenza superiore al 30%;
- TUTELA INTEGRALE.

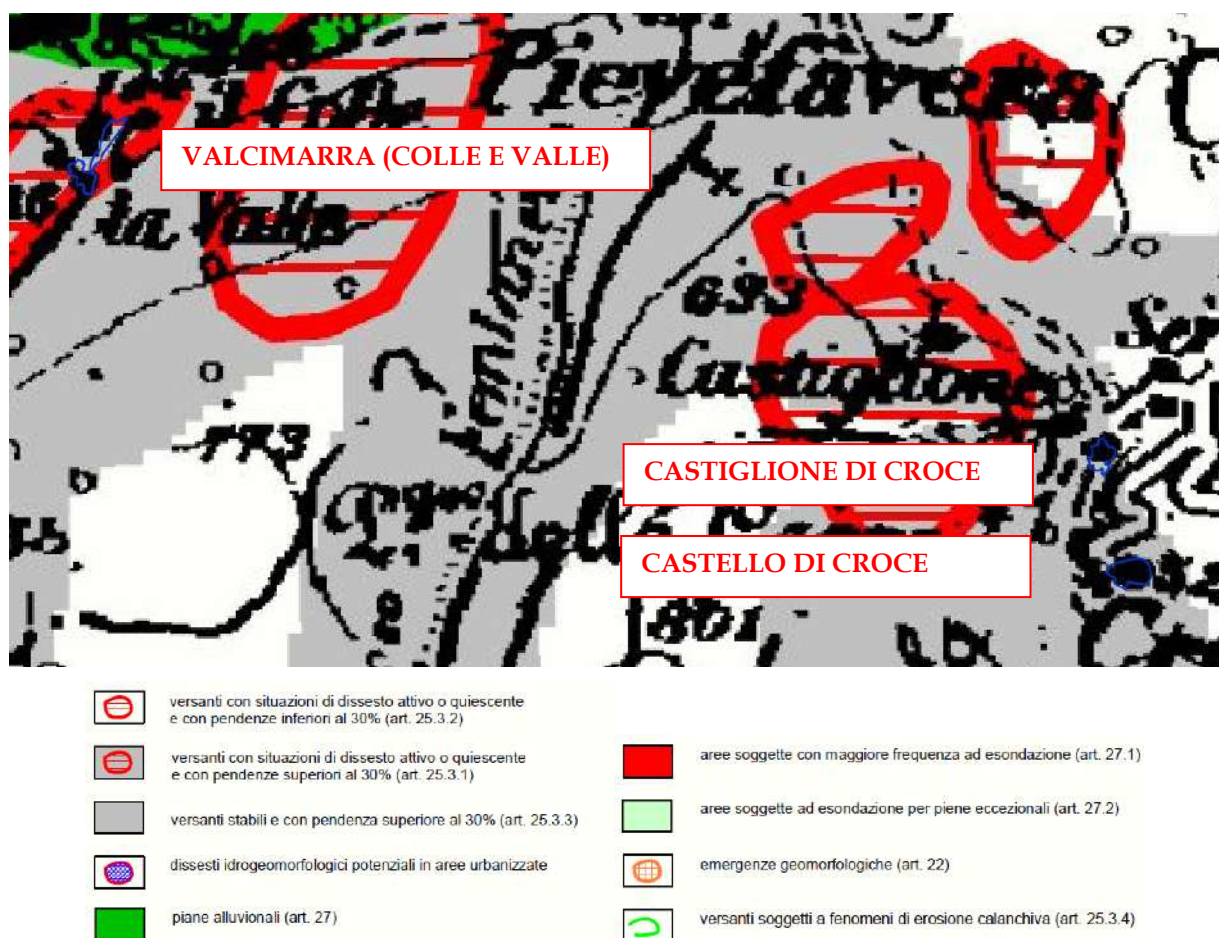
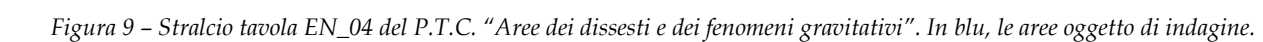
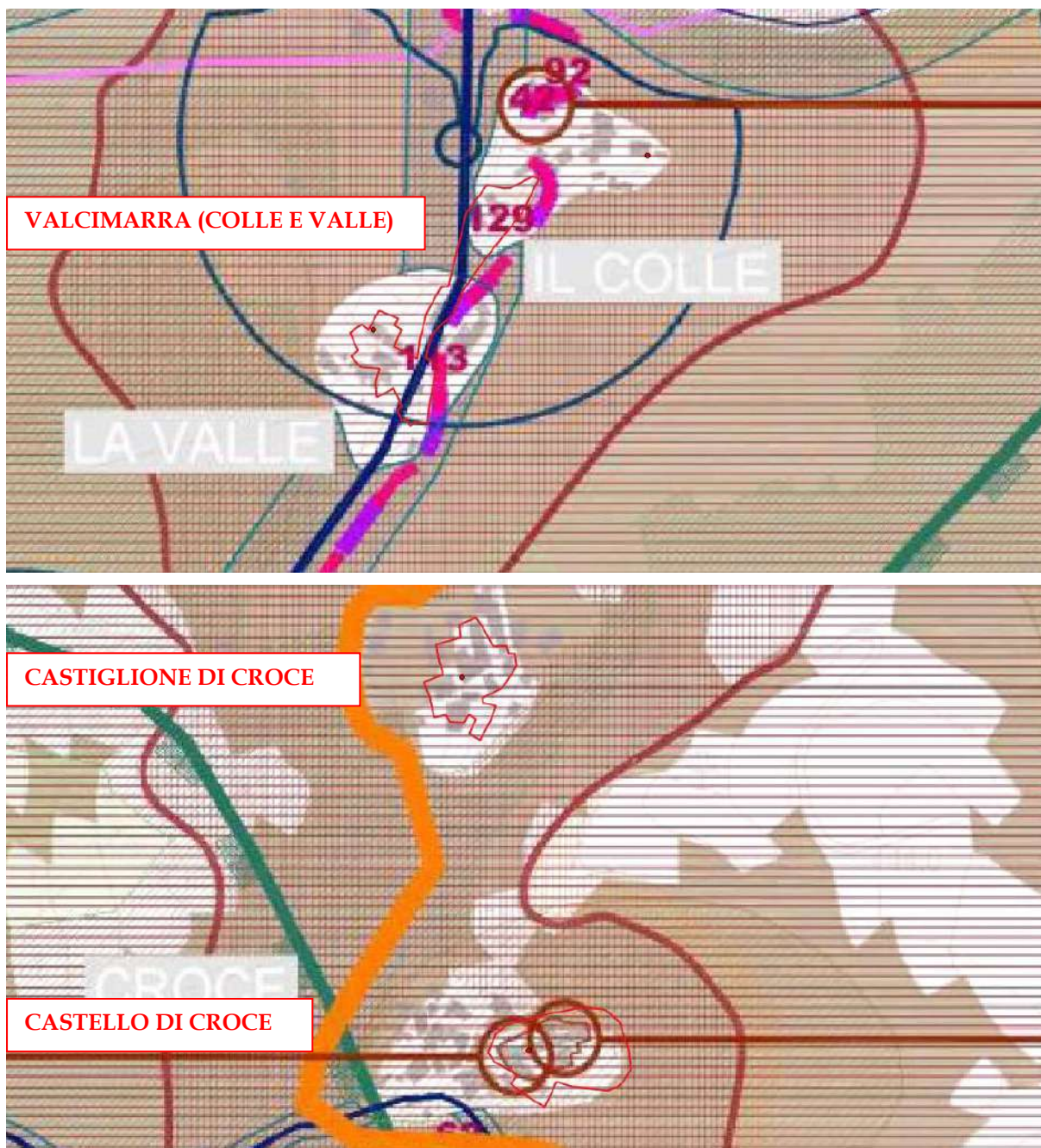


Figura 8 – Stralcio tavola EN_03b del P.T.C. “Categoria della struttura geomorfologica”. In blu, le aree oggetto di indagine.





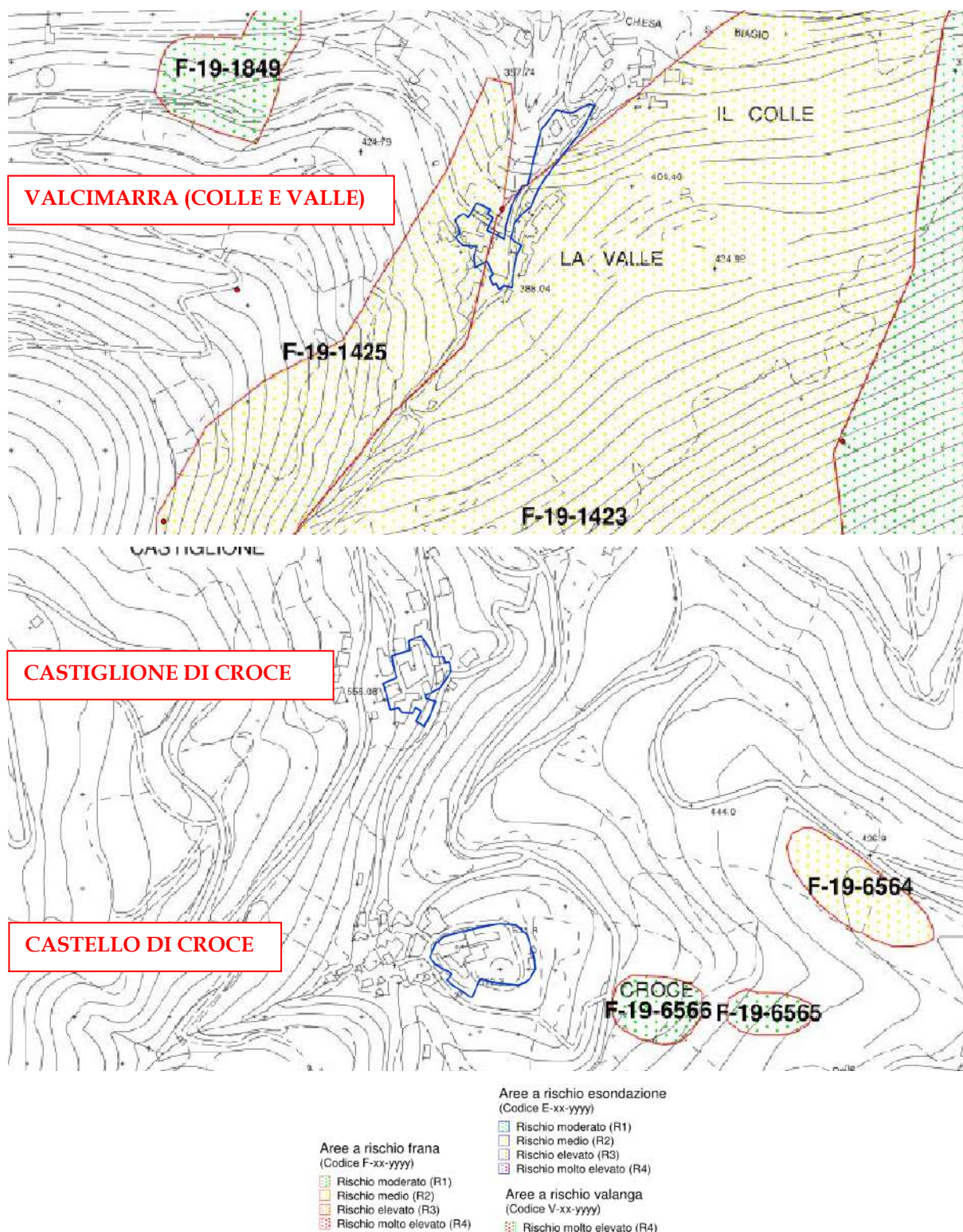


Figura 11 - Vincolo P.A.I.. In blu, le aree oggetto di indagine.

5.0 CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO

La caratterizzazione e la modellazione geologica del sito consistono nella ricostruzione dei caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici e, più in generale, di pericolosità geologica e geomorfologica del territorio.

5.1 ASPETTI LITOSTRATIGRAFICI E STRUTTURALI GENERALI DELL'AREA DI STUDIO

L'area oggetto della presente indagine, secondo un'analisi omogenea dal punto di vista del rilievo, dell'assetto morfologico complessivo e della posizione geografica precedentemente presa in considerazione, effettuata a partire dalla Carta Geologica delle Marche (1: 250.000) e dalla Carta Geologica d'Italia (1: 100.000), appartiene alla regione fisiografica "Massicci e dorsali montuose", tra i Sistemi "Aa" e "Ad", rispettivamente caratterizzati dalla presenza di catene montuose calcaree dell'Appennino umbro-marchigiano e marchigiano e di zone di raccordo tra tali rilievi montuosi calcarei e/o calcareo-marnosi e le adiacenti depressioni: sono presenti calcari stratificati, calcari marnosi, marne calcaree e calcari selciferi depositi a partire dal Cretacico superiore, con assetto strutturale stratificato e piegato.





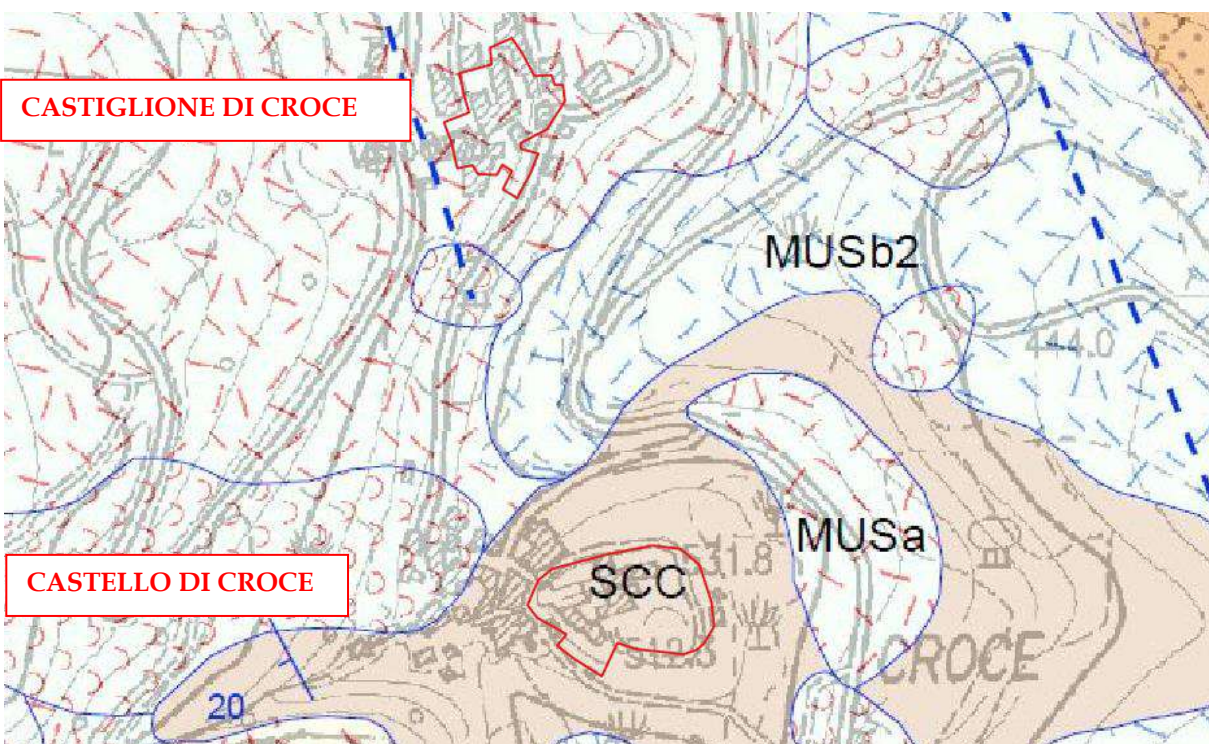
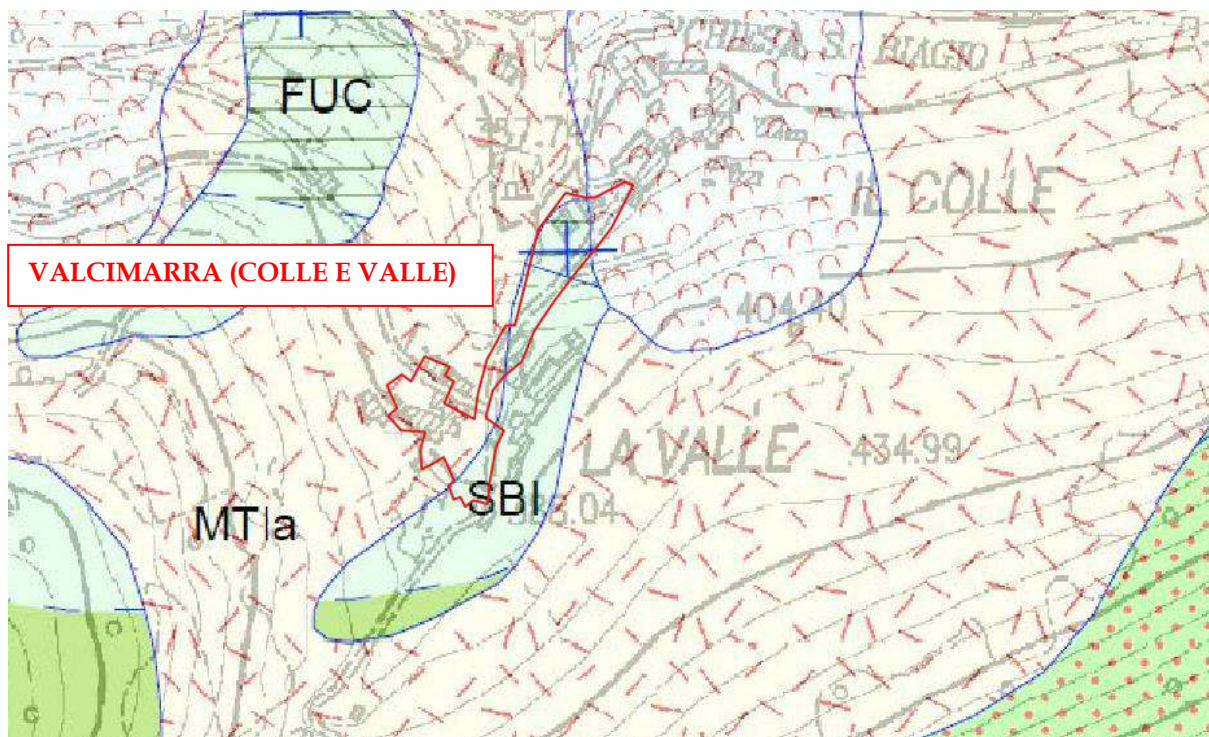
Figura 12 - Inquadramento geologico. Stralcio della Carta Geologica d'Italia (scala 1: 100.000) - Foglio 124 "Macerata". Nel cerchio, in blu, le aree oggetto di indagine.

Nel caso in esame (Figura 12), è ben visibile come i litotipi presenti, depositi in periodi a partire dal Cenomaniano (100,5 Ma) in ambiente pelagico, siano riconducibili ad unità appartenenti alle formazioni della Scaglia rossa e della Scaglia variegata e cinerea: la prima è rappresentata da calcari e calcari marnosi rossi/rosati con selce rossa in liste e noduli e con intercalazioni di calcare detritico e breccie nummulitiche; l'altro litotipo invece è costituito generalmente da marne e calcari marnosi grigio/verdastri, variegati di rosso, a frattura scheggiata passanti a marne grigio/verdastre nella parte alta.

I depositi superficiali frequenti nei sistemi "Aa" e "Ad" sono rappresentati dai detriti stratificati di versante che regolarizzano ampie aree e che possono presentare anche spessori di diversi metri (alla base di scarpate, in corrispondenza di valleciole concave, ecc...).

5.2 STRATIGRAFIA E MODELLO GEOLOGICO DEL TERRENO

In riferimento alla figura seguente (Figura 13) e ad un rilievo geologico di dettaglio effettuato (elaborato G08 - Carta geologica e geomorfologica con inquadramento idrologico/idraulico ed idrogeologico), è possibile determinare, dal termine più recente a quello più antico, la seguente successione stratigrafica:



SINTEMA DEL MUSONE
(OLOCENE)



MUSa1

Frane in evoluzione



MUSa

Depositi di versante

SINTEMA DI MATELICA
(PLEISTOCENE SUPERIORE)



MT|a

Depositi di versante

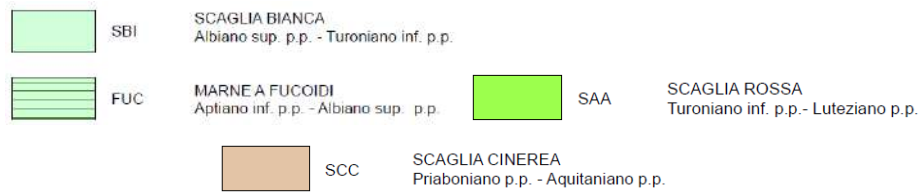


Figura 13 – Stralcio della Carta Geologica Regionale (Scala 1: 10.000) – Sezione 313070 “Caldarola”. In rosso, le aree oggetto di indagine.

COPERTURA

SINTEMA DEL FIUME MUSONE (Olocene)

DEPOSITI DI VERSANTE [MUSa]

SINTEMA DI MATELICA (Pleistocene superiore)

DEPOSITI DI VERSANTE [MTIa]

Si tratta di accumuli di frammenti calcarei a spigoli vivi, appiattiti, di piccole dimensioni (generalmente di 2-5 cm di lunghezza) e deposti in livelli, sia open work, sia più ricchi in matrice, inclinati dai 15° ai 30° secondo il pendio, talvolta dislocati da movimenti gravitativi. Le rocce di origine sono rappresentate essenzialmente dai calcari della Scaglia rossa e della Maiolica. I detriti di versante vengono riferiti a processi di gelificazione su versanti privi di vegetazione, di ruscellamento diffuso e di soliflusso in ambiente periglaciale. Spesso si interdigitano con i depositi alluvionali del 2° e 3° ordine. Si osservano a diverse latitudini sui versanti, dove riempiono spesso incisioni ed irregolarità preesistenti, ed alla loro base, dove raggiungono talora dimensioni imponenti.

SUBSTRATO

SCAGLIA CINEREA APPENNINICA [SCC] (Priaboniano p.p. – Aquitaniano p.p.)

È l'unità che chiude la sedimentazione del gruppo cretaceo-paleogenico. Essa è formata dall'alternarsi di marne calcaree, calcari marnosi, marne e marne argillose e, subordinatamente, di micriti. Nella parte inferiore della formazione prevalgono le litofacies più calcaree in strati sottili o medi, con una colorazione rossastra, mentre in quella medio-superiore, di colore grigio-verdastro, si osserva un progressivo e deciso aumento del contenuto marnoso-argilloso. L'unità, di spessore variabile da 100 a 250 m, è frequentemente interessata da diffuso clivaggio che spesso oblitera la stratificazione.

SCAGLIA ROSSA APPENNINICA [SAA] (Turoniano inferiore p.p. – Luteziano p.p.)

Si rinviene al di sopra della Scaglia bianca, pochi metri dopo il Livello Bonarelli. Spesso è possibile distinguere tre membri: un membro inferiore [SAA1] costituito da calcari e calcari marnosi rosati, a luoghi con bande policrome, con selce rossa in liste e noduli; un membro intermedio [SAA2] che ha spessori maggiori, costituito da marne e marne calcaree, a frattura concoide o scagliosa, di colore rosato o rosso mattone; un membro superiore [SAA3] costituito da calcari e calcari marnosi rosati con selce rossa in liste

e noduli. La stratificazione è in genere netta, con strati da medi a spessi; molto frequenti sono gli slumpings. Gli spessori totali della formazione può arrivare anche a 450 m. L'unità può essere interessata anche da un diffuso clivaggio ed è facilmente degradabile sotto l'azione degli agenti esogeni in minute scagliette. Si formano così estese coperture detritiche anche di notevole spessore.

SCAGLIA BIANCA [SBI] (*Albiano superiore p.p. – Turoniano inferiore p.p.*)

Questa unità è formata da micriti bianche, a frattura scagliosa, in strati sottili e medi, con selce nera d'aspetto zonato; nella parte superiore, quasi al passaggio con la soprastante Scaglia rossa, è presente il classico livello guida conosciuto come Livello Bonarelli (Scisti ittiolitici o Scisti bituminosi Auct.) costituito da argilliti euxiniche nerastre, talora silicee, dello spessore massimo di 1,50 m.

MARNE A FUCOIDI [FUC] (*Aptiano inferiore p.p. – Albiano superiore p.p.*)

Durante la deposizione della porzione medio-alta delle Maiolica appenninica, i fenomeni di subsidenza differenziata subiscono un arresto, le depressioni vengono pressoché colmate e si osserva un relativo appiattimento della morfologia. Con la Maiolica termina la sedimentazione prevalentemente carbonatica che aveva caratterizzato il Giurassico e subito dopo si osserva un netto cambiamento delle condizioni generali, con ricambio delle microfaune ed un notevole apporto in contenuto argilloso. Ciò in relazione ad eventi generali, quali la trasgressione tardo-cretacea e i fenomeni di stagnazione. Nelle Marne a Fucoidi si individuano due membri: l'inferiore decisamente più marnoso ed uno superiore, prevalentemente calcareo. Il membro marnoso, dello spessore di 40-50 m, è costituito da marne e marne argillose policrome, in strati sottili, con rare e sottili intercalazioni micritiche avana o verdastre. Il membro calcareo, con spessore variabile tra 50 e 80 m, è costituito da calcari e calcari marnosi, marne e marne calcaree in strati sottili e medi, di colore biancastro o verdolino, talora roseo, con bande policrome, con sottili intercalazioni di marne argillose verdastre: il contenuto marnoso-argilloso va diminuendo verso l'alto in concomitanza con l'apparizione e l'aumento della selce policroma, in liste e noduli. A luoghi, nell'unità in esame, si rinvenivano calcareniti laminate, con selce nerastra in liste e noduli, in strati medio-spessi e calciruditi a geometria lenticolare.

5.3 TETTONICA E SUBSIDENZA

È noto che la regione marchigiana è interessata da uno stile tettonico prevalentemente plicativo, con pieghe e sovrascorrimenti ad andamento NW-SE, cioè, grosso modo, parallelo al bordo costiero adriatico, spesso rovesciate verso oriente. Dall'osservazione dello schema strutturale del Foglio 124 (Figura 14), si nota che tutto il territorio comunale di Caldarola risulta essere a cavallo tra il settore indicato come "Anticlinale M. San Vicino – M. Letegge – M. Fiegini – M. Sassotetto" e la "Sinclinale Castel San Pietro – San Severino – Cessapalombo – Sarnano".

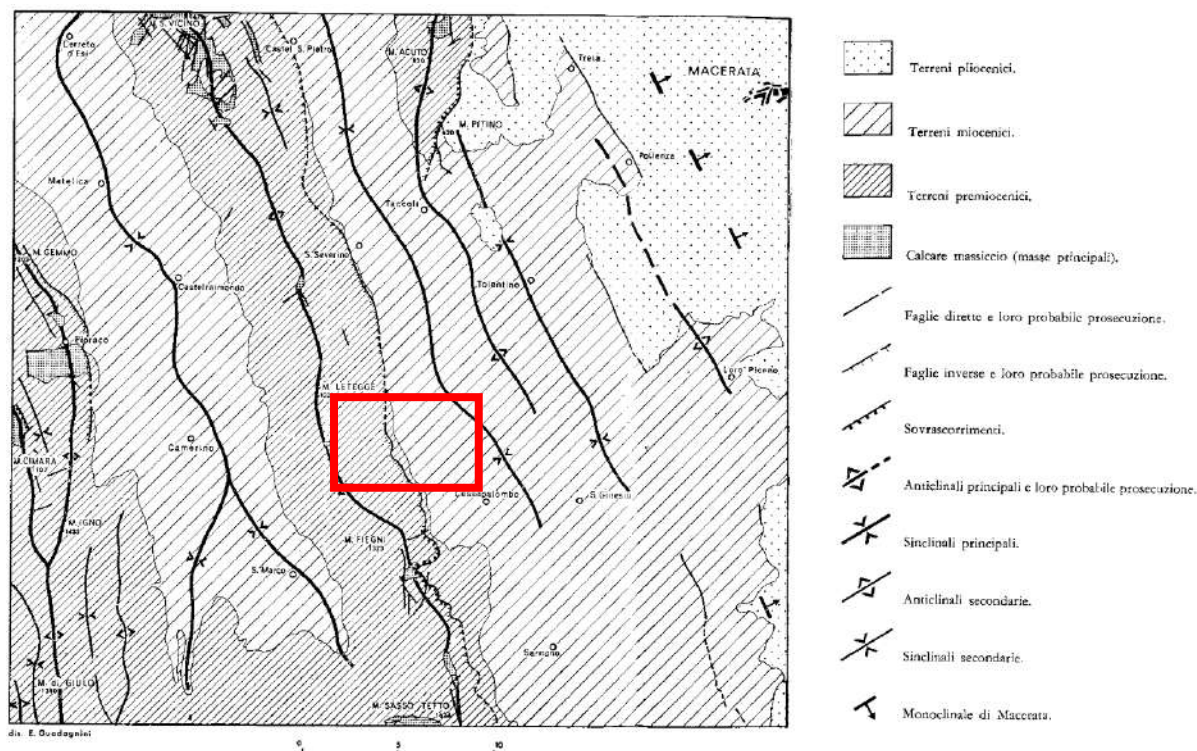


Figura 14 – Schema strutturale del Foglio 124. In blu, il settore oggetto di indagine.

L'anticlinale, nel territorio comunale di Caldarola, presenta una struttura tranquilla rispetto al proseguimento verso N e si avvertono, a tratti, motivi di rovesciamento verso E nel suo fianco orientale, complicato da un motivo compressivo (sovrascorrimento). La formazione che vi affiora più estesamente è la scaglia cretacea-eocenica che fa passaggio, in qualche punto, ai termini più antichi della serie, messi a nudo dall'erosione del fiume Chienti. Si rinviene così il modesto lembo di Calcare massiccio nei pressi di Campolarzo, vicino al nucleo abitato di Bistocco. Il tratto centrale dell'anticlinale è interessato da faglie di tipo estensivo la cui maggiore evidenza, oltre ad una importante fascia cataclastica, è data dal contatto Calcare massiccio – Maiolica in destra idrografica del fiume Chienti e dal contatto Calcari diasprini – Maiolica, in sinistra. A Sud, la struttura anticlinale si collega a quella più complessa dei Monti Sibillini attraverso i monti Fiegni e Sasso Tetto.

Verso oriente, come detto in precedenza, si passa alla struttura sinclinalica costituita al nucleo da terreni del Messiniano. Questa struttura è interessata da fenomeni disgiuntivi, diretti da NNW a SSE, complicati da numerose fratture trasversali e tra loro parallele, a debole rigetto. I rapporti con l'anticlinale sono abbastanza regolari, con limitati fenomeni di rovesciamento dei termini della Scaglia cinerea appenninica, del Bisciaro e, in parte, dello Schlier al di sopra delle unità pre-evaporitiche.

I litotipi che costituiscono la struttura sinclinalica si sono depositati a partire dal Miocene, quando viene a cessare la relativa uniformità delle condizioni ambientali e sedimentarie instauratesi nel bacino umbro-marchigiano a partire dal Cretaceo inferiore. Questo è raggiunto dalla compressione che, in rapida

progressione da W verso E, ne modificano continuamente la morfologia del fondo. Esso assume via via i caratteri di un'avanfossa torbidityica migrante verso E a spese dell'avampaese ed ubicata sul fronte della catena appenninica in evoluzione. Le torbiditi (Membro pre-evaporitico...ecc...) poggiano quindi sulle emipelagiti di avampaese (Bisciario, Schlier) alle quali passano anche lateralmente.

Nel Messiniano medio, in relazione con la crisi di salinità del Mediterraneo occidentale, si instaura un diffuso ambiente evaporitico che porta alla deposizione della Formazione gessoso-solfifera.

Nel Messiniano superiore, l'area corrispondente all'attuale fascia appenninica è in via di corrugamento, mentre il bacino della Laga è ancora sede di deposizione torbidityica di mare profondo (Membro post-evaporitico, Formazione di San Donato). Nei bacini intrappenninici minori (*piggy-back basins*), in un ambiente decisamente salmastro, si depongono invece le Argille a Colombacci. Si hanno spesso discordanze tra depositi evaporitici e post-evaporitici, indicative di particolare intensità della tettonica compressiva dell'area marchigiana. I flussi gravitativi sono convogliati nelle aree deposizionali lungo strette valli trasversali controllate dalla tettonica (es. linea trasversale Fiastrone-Fiastrella).

L'area si solleva ed emerge intorno al Pliocene superiore, in relazione al perdurare di compressioni iniziate nel Pliocene inferiore-medio. Tale attività compressiva cessa nel Pleistocene inferiore: a questo punto si sviluppano esclusivamente movimenti verticali, almeno sino al Pleistocene medio-superiore, differenziati a causa delle faglie trasversali che creano una divisione in blocchi. Tali sistemi di faglie presentano un andamento generale del tipo NE-SW. La sedimentazione è strettamente controllata dalla tettonica che condiziona l'impostazione dell'attuale reticolo idrografico.

5.4 ASPETTI GEOMORFOLOGICI DELL'AREA DI STUDIO E DEL SITO DEGLI INTERVENTI

Per quanto concerne le forme del terreno e i processi geomorfici, l'area mostra i caratteri tipici della regione fisiografica precedentemente denominata "Massicci e dorsali montuose": le quote sono variabili, anche superiori agli 800 m, il rilievo è medio-alto, spesso superiore al centinaio di metri e l'acclività medio-alta, frequentemente compresa tra il 20% e il 40%, con versanti generalmente non regolarizzati (articolati in sezioni a diversa pendenza - Figura 15). In genere, in tali aree, oltre ai diffusi ruscellamenti, i processi morfogenici prevalenti sono rappresentati dalle frane di tipo colamento, scorrimento rotazionale e soprattutto di tipo misto (scorrimento + colamento) che interessano generalmente le coperture alteritiche dei litotipi marnoso-argillosi e, talora, anche parte del substrato roccioso. Possono essere presenti importanti accumuli di frane antiche di vario tipo posti al passaggio con la catena montuosa dell'Appennino.

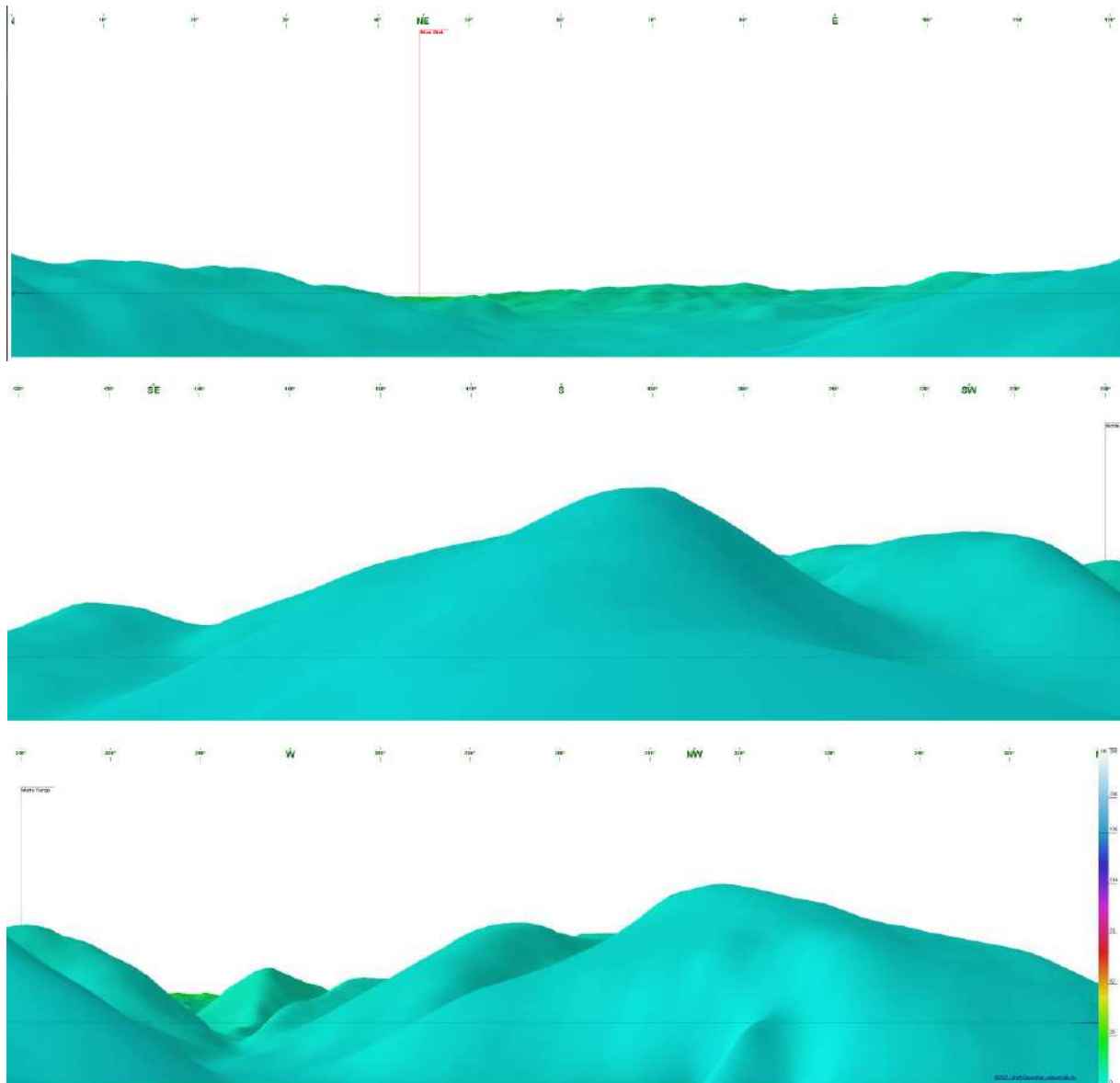


Figura 15 – Assetto geomorfologico: ricostruzione 3D, con vista a 360°, delle morfologie presenti intorno all'area oggetto di studio (http://www.udeutschle.selfhost.pro/panoramas/makepanoramas_en.htm).

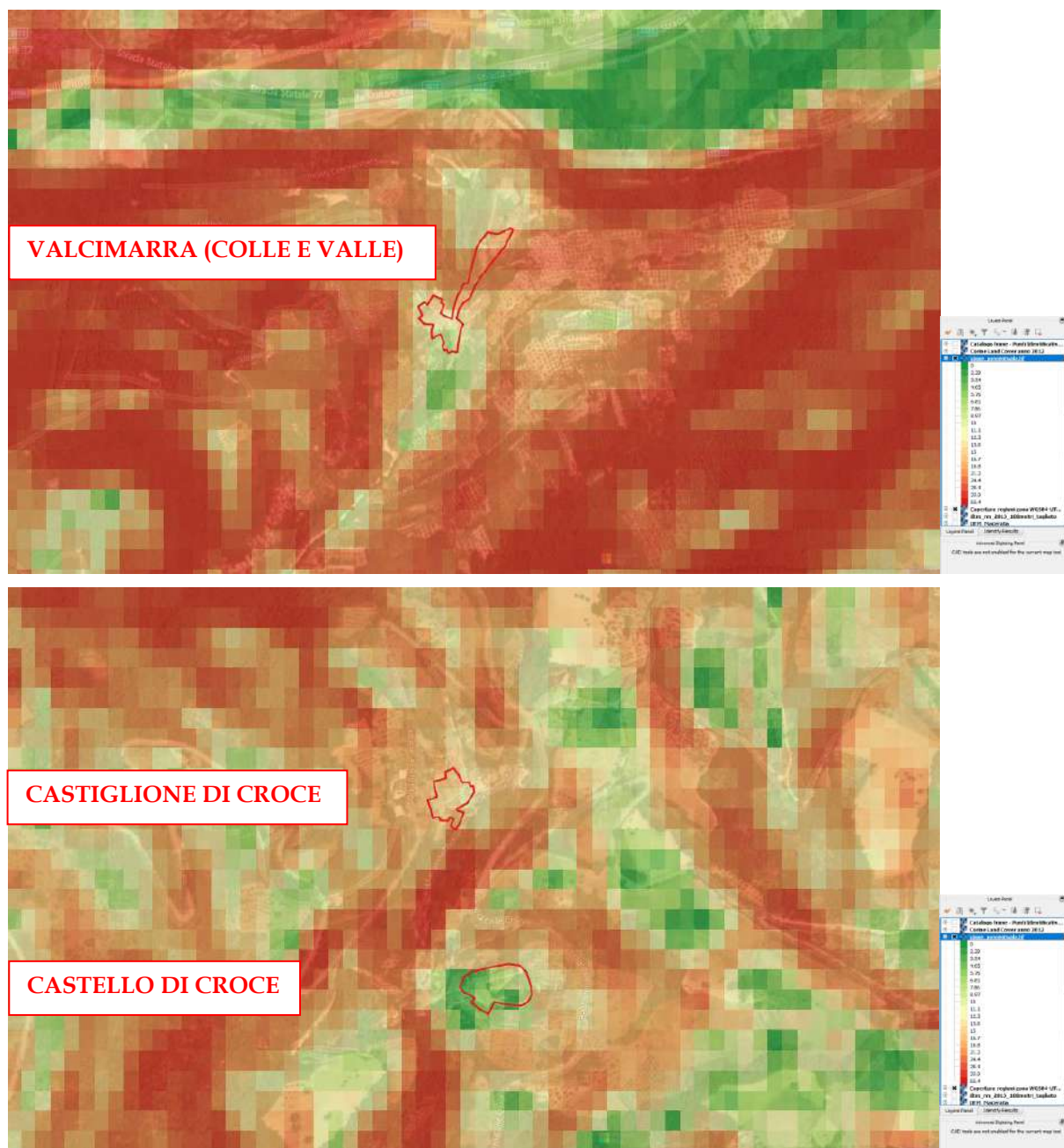


Figura 16 – Carta delle pendenze realizzata mediante il comando “r.slope” dell’applicativo GIS GRASS. In rosso, le aree oggetto di indagine.

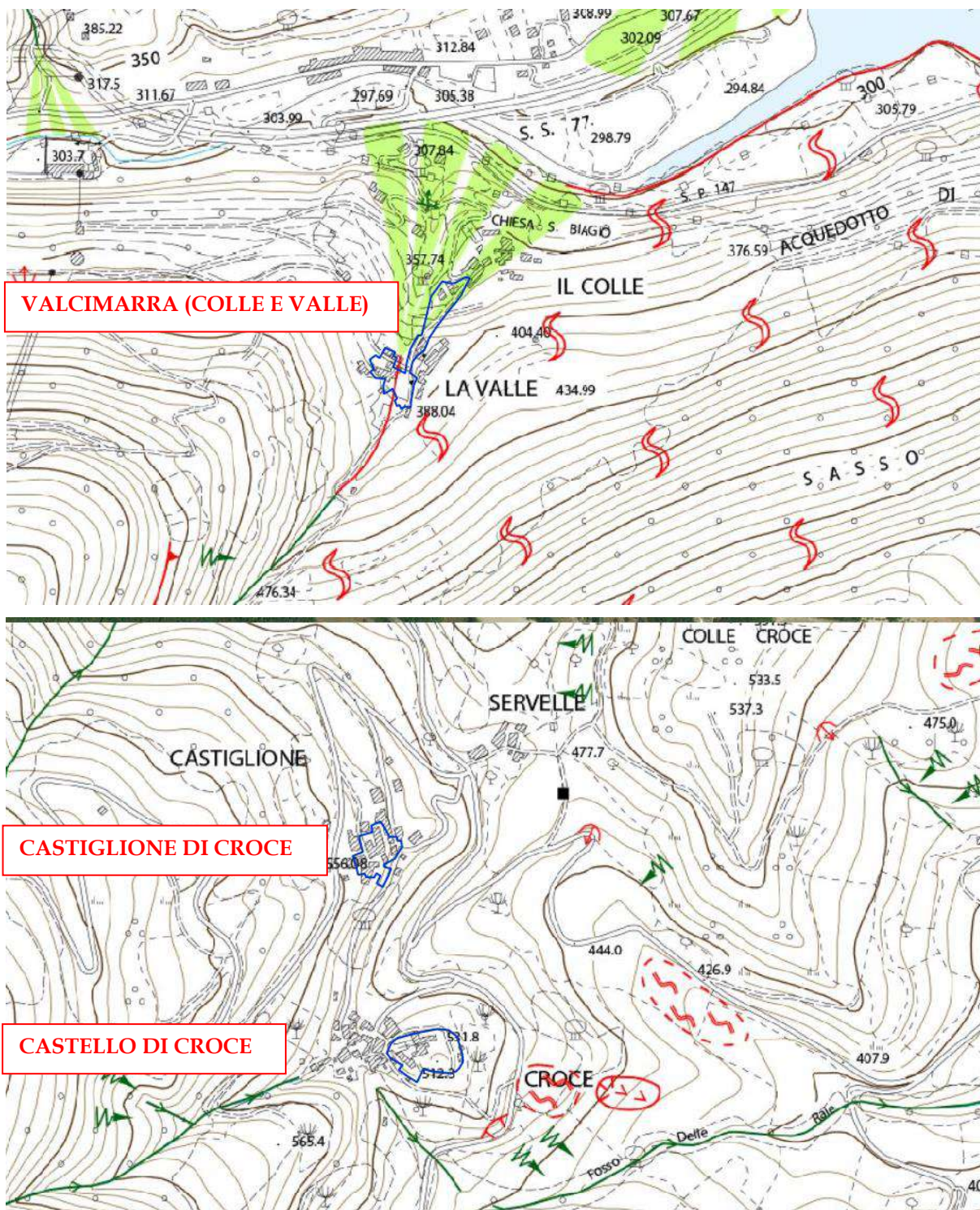
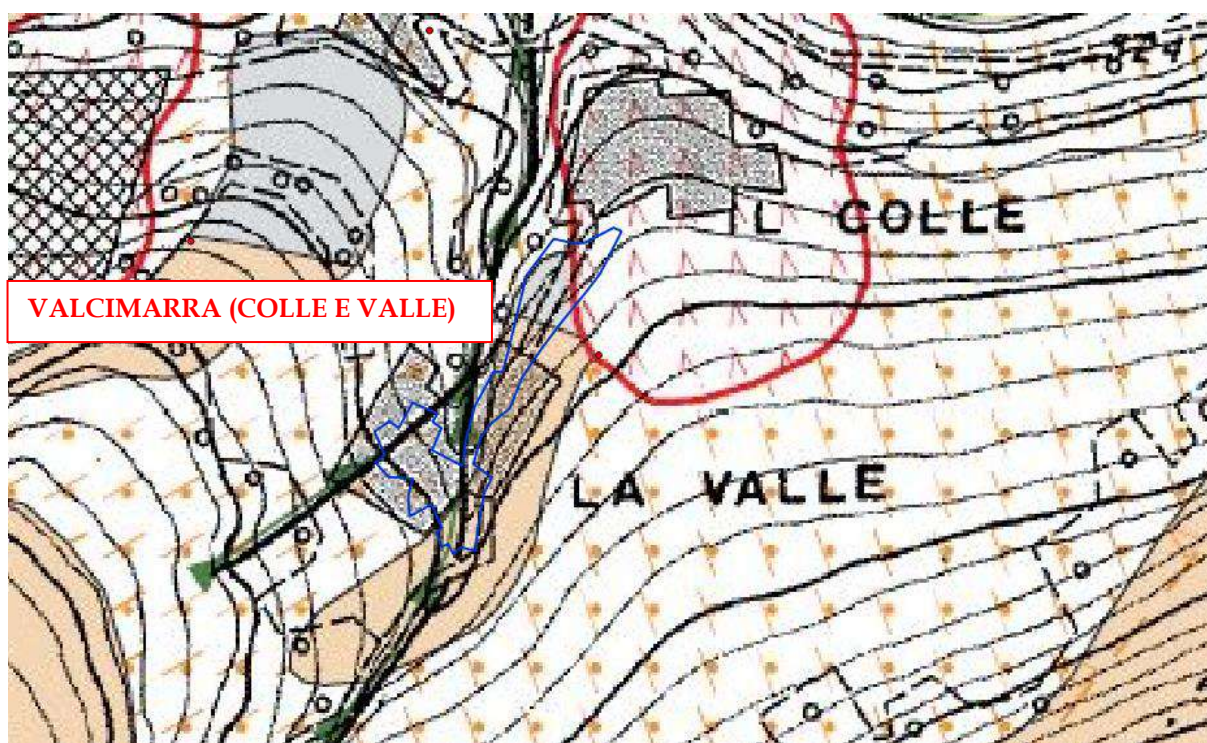




Figura 17 – Stralcio della Carta geomorfologica – adeguamento al PTC. In blu, le aree oggetto di indagine.



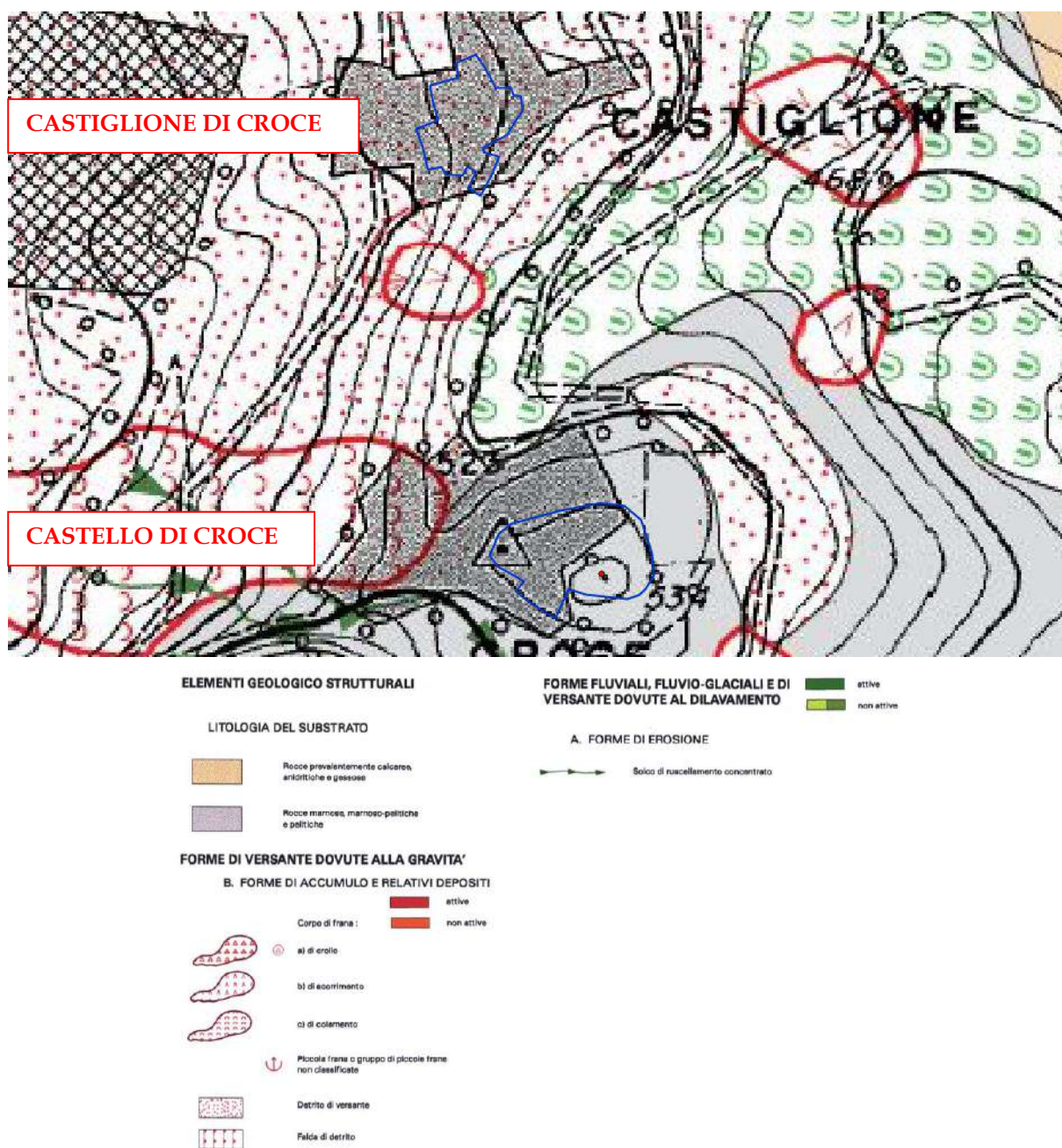


Figura 18 – Stralcio della Carta Geomorfologica Regionale (Scala 1: 10.000) – Sezione 313070 “Caldarola”. In blu, le aree oggetto di indagine.

località Valcimarra (Colle e Valle): come detto in precedenza, l’area si snoda in corrispondenza della parte terminale di un versante particolarmente articolato in tratti a pendenza variabile (media del 30%), esposto a N e caratterizzato da un’incisione in direzione S-N, dove scorre in Fosso di Valcimarra. Dall’analisi della cartografia esistente e nel corso di un sopralluogo eseguito nel sito oggetto di intervento, vengono rilevate le seguenti morfologie:

FORME DI EROSIONE E DI ACCUMULO FLUVIALI, FLUVIO-GLACIALI E DOVUTE AL DILAVAMENTO: l'elemento dominante è rappresentato dal Fosso di Valcimarra, in parte intubato in corrispondenza dell'abitato di Valle, caratterizzato da erosione/incisione lineare con tendenza all'approfondimento e dalla presenza di scarpate di erosione.

FORME ANTROPICHE: data l'acclività dei luoghi, si rileva la presenza di scarpate di scavo e muri di sostegno.

FORME DI EROSIONE E DI ACCUMULO DOVUTE ALLA GRAVITÀ: non si ha uniformità dal punto di vista cartografico e sullo stato di attività per l'eventuale presenza di forme dovute alla gravità in località Valcimarra, in quanto si è in assenza di monitoraggio strumentale e di dati morfoevolutivi certi. Pertanto, in accordo con il recente studio di approfondimento delle instabilità di versante (Ordinanza del Commissario Straordinario per la Ricostruzione n. 79/2019) e con le linee guida della Carta Geomorfologica d'Italia, viene classificato il sito come un esteso corpo di frana a cinematismo complesso di tipo relitto, cioè non più in evoluzione sotto l'azione dell'agente genetico che le ha generate e non più riattivabili per lo stesso processo, nel contesto geomorfologico e nelle condizioni morfoclimatiche attuali. Nel lavoro sopracitato si legge: *“Tale corpo di frana coinvolge la porzione basale del versante ove si sviluppano le frazioni “Colle” e “Valle” di Valcimarra; a nord (N.d.R.) è delimitato dall'alveo del F. Chienti, ad ovest dal Fosso di Valcimarra. Si tratta di un corpo di frana identificabile unicamente grazie alla morfologia del paesaggio; si distingue la nicchia di distacco relitta nonché la parte “svuotata” del corpo di frana. Tale processo gravitativo, verosimilmente connesso alle dinamiche fluviali del sottostante Fiume Chienti ed, in particolare, ai processi di erosione lineare e laterale dello stesso, ha coinvolto i litotipi rocciosi del substrato geologico. Non esistono indizi di una possibile riattivazione della frana, né allo stato attuale né in futuro, neanche in condizioni dinamiche in quanto non sussistono più le condizioni che hanno determinato l'innescio del movimento di massa.*

.



Figura 19 – Esteso corpo di frana relitta presente in località Valcimarra.

località Castello di Croce: come descritto in precedenza, l'area è ubicata in corrispondenza di un poggio posto in aderenza ad un versante esposto ad E, collegato ad esso da una piccola sella; le pendenze medie sono superiori al 25%. Dall'analisi della cartografia esistente e nel corso di un sopralluogo eseguito nel sito oggetto di intervento, vengono rilevate le seguenti morfologie:

FORME LITO-STRUTTURALI: sono presenti scarpate di erosione selettiva di altezza superiore anche a 10 m disposte in maniera concentrica intorno al poggio.

FORME ANTROPICHE: data l'acclività dei luoghi, si rileva la presenza di scarpate di scavo e muri di sostegno.



Foto 1 – Esempio di scarpata di erosione selettiva.

località Castiglione di Croce: come descritto in precedenza, l'area è ubicata in corrispondenza della porzione medio-terminale di un versante esposto ad E, con pendenza media superiore al 25% e caratterizzato dalla presenza estesa di una falda detritica. Dall'analisi della cartografia esistente e nel corso di un sopralluogo eseguito nel sito oggetto di intervento, vengono rilevate le seguenti morfologie:

FORME DI EROSIONE E DI ACCUMULO DOVUTE ALLA GRAVITÀ: in corrispondenza della strada comunale che unisce gli abitati di Castiglione di Croce e Castello di Croce, è stata evidenziata la presenza di una zona in dissesto di tipo scorrimento con cinematismo prevalente rotazionale che ha coinvolto il materiale detritico composto prevalentemente da ghiaie calcaree eterometriche a spigoli vivi di colore rosato e biancastro, con matrice sabbiosa. Tale movimento franoso, in passato, ha causato lo sprofondamento dell'intera strada e di alcuni sottoservizi e ha richiesto, recentemente, l'intervento di ripristino dell'arteria mediante la realizzazione di una palificata.

FORME ANTROPICHE: data l'acclività dei luoghi, si rileva la presenza di scarpate di scavo e muri di sostegno.

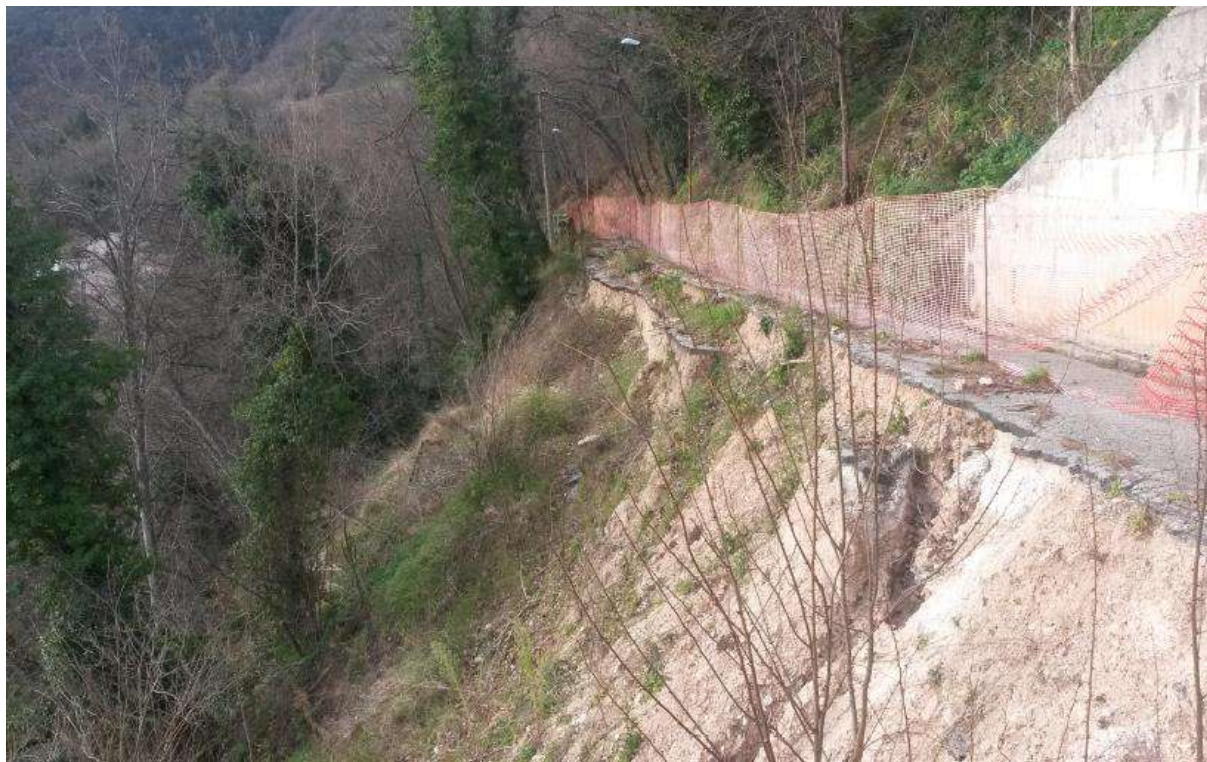


Foto 2 – Scorrimento attivo che ha coinvolto la strada comunale tra Castiglione di Croce e Castello di Croce.

5.5 ASPETTI IDROLOGICI E IDROGEOLOGICI DELL'AREA DI STUDIO

località Valcimarra (Colle e Valle): per quanto riguarda le caratteristiche idrologiche superficiali dell'area oggetto di studio, è evidente che il Fosso di Valcimarra, affluente in destra idrografica del Fiume Chienti, rappresenta la via di drenaggio naturale preferenziale per le acque superficiali. Dal punto di vista idrogeologico (Figura 12), l'area viene definita come "Complesso idrogeologico della Scaglia": è costituito dai litotipi della Scaglia bianca, rossa e variegata ed è sostenuto dall'acquiclude delle Marne a Fucoidi. Tale complesso alimenta il maggior numero di sorgenti delle dorsali carbonatiche, con portate massime generalmente inferiori a 10 l/s e raramente superiori a 50 l/s. Le sorgenti con portate più basse vengono alimentate da bacini di modesta estensione in cui il segnale stagionale, termico e del chimismo è sempre presente. In alcuni casi l'estensione del bacino di alimentazione è tale da attenuare il segnale stagionale, in altri casi il bacino di alimentazione è caratterizzato da cospicue riserve e da tempi di circolazione elevati. Tale complesso è caratterizzato da una doppia circolazione: veloce per fessurazione e carsismo e lenta per microfratturazione.

La facies idrochimica è bicarbonato-calcica con tenore salino tra 0,3 e 0,5 g/l. Il coefficiente di esaurimento varia da 1×10^{-2} a 5×10^{-3} g⁻¹; i tassi di rinnovamento vanno dal 50% al 95%; i tempi di rinnovamento variano da 1,1 a 1,5 anni e l'infiltrazione efficace da 550 a 650 mm/anno.

La vulnerabilità degli acquiferi e delle sorgenti della Scaglia è molto alta; in particolare quella delle sorgenti dipende principalmente dalle caratteristiche idrogeologiche e morfologiche delle zone di

emergenza piuttosto che dai caratteri idrodinamici del bacino di alimentazione. Macrofessurazione e condotti carsici nell'area prossima all'emergenza permettono un rapido apporto delle acque di pioggia, attraverso la zona insatura, alle sorgenti. La pericolosità potenziale di inquinamento di questo complesso è molto bassa ed è dovuta essenzialmente ai rari insediamenti abitativi, all'attività zootecnica ed all'allevamento allo stato brado. Per quanto riguarda le coperture, si hanno livelli ghiaiosi e ghiaioso-sabbiosi che hanno la trasmissività che varia da $1,5 \times 10^{-2}$ a $9,0 \times 10^{-3}$ m²/s, la permeabilità da $7,0 \times 10^{-2}$ a $2,0 \times 10^{-3}$ m/s (classe di permeabilità buona e/o discreta), la velocità effettiva, misurata nei depositi ghiaiosi in condizioni di moto perturbato, da 2 a 30 m/h; la porosità dinamica dal 2 al 7%.

LOCALITÀ CASTIGLIONE DI CROCE E CASTELLO DI CROCE: per quanto riguarda le caratteristiche idrologiche superficiali dell'area oggetto di studio, nella parte bassa del versante, in direzione E, le acque vengono drenate e convogliate nel Fosso delle Raie, affluente in sinistra idrografica del Rio delle Conce, a sua volta affluente in destra idrografica del Fiume Chienti. La configurazione idrogeologica che caratterizza il sottosuolo del sito di intervento vede sostanzialmente la presenza di una successione litoide a bassa e/o nulla permeabilità dei litotipi; tali valori possono risultare più elevati a causa del grado di fratturazione dell'ammasso roccioso e/o per la presenza di litologie maggiormente permeabili. Proprio perché legate principalmente al grado di fratturazione, le circolazioni idriche presenti in questi litotipi risultano di difficile previsione sia in termini di quantità che di profondità. Comunque, nel complesso idrogeologico delle marne, marne argillose, marne calcaree e calcari marnosi dello Schlier, Bisciaro e Scaglia cinerea (Miocene-Oligocene), essendo la circolazione idrica in tali depositi a bassa o molto bassa permeabilità (Coefficiente di Permeabilità k compreso tra 10^{-5} e 10^{-7} m/s) e legata essenzialmente alla fratturazione, le poche sorgenti alimentate da questo complesso, con portate esigue, sono associate ai livelli più calcarei in zone intensamente fratturate. La facies idrochimica è bicarbonato-calcica con tenore salino superiore a 0,5 g/l. Tale complesso, per motivi stratigrafici e strutturali, funge da acquiclude per gli acquiferi della Scaglia. Il ruscellamento prevale sull'infiltrazione. Per quanto riguarda le coperture presenti soprattutto in località Castiglione di Croce, si hanno livelli ghiaiosi e ghiaioso-sabbiosi che hanno la trasmissività che varia da $1,5 \times 10^{-2}$ a $9,0 \times 10^{-3}$ m²/s, la permeabilità da $7,0 \times 10^{-2}$ a $2,0 \times 10^{-3}$ m/s (classe di permeabilità buona e/o discreta), la velocità effettiva, misurata nei depositi ghiaiosi in condizioni di moto perturbato, da 2 a 30 m/h; la porosità dinamica dal 2 al 7%.

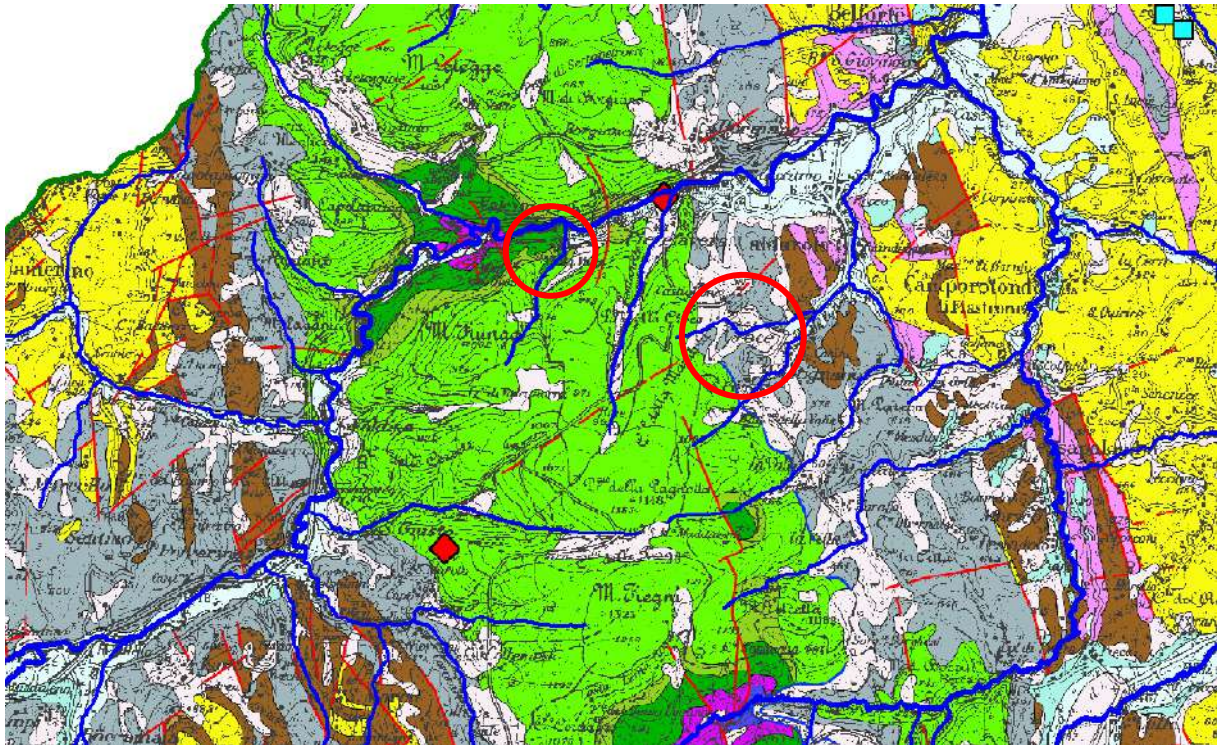


Figura 20 - Stralcio delle Schema idrologico della Regione Marche (2002). Nel cerchio, in rosso, le aree oggetto di studio. Il “verde” indica il Complesso idrogeologico della Scaglia (Priaboniano-Cenomaniano p.p.), il “grigio” il Complesso idrogeologico delle marne calcaree e calcari marnosi dello Schlier, Bisciaro e Scaglia cinerea (Miocene-Oligocene), il “bianco” il complesso idrogeologico dei depositi eluvio-colluviali o detritici di versante (Olocene – Pleistocene superiore).

5.6 VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ E DEL RISCHIO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DEL TERRITORIO IN ESAME E DEL SITO OGGETTO DEGLI INTERVENTI

Per pericolosità geologica, si intende quella relativa a processi erosivi, franosi, alluvioni e legata esclusivamente alla natura litologica del terreno.

Il rischio viene invece definito come “valutazione dell’intensità del fenomeno” dove per fenomeno si intende tutta la tipologia dei processi visti in precedenza.

Già il P.A.I. identifica e quantifica le situazioni di degrado sotto il profilo idrogeologico ed individua le relative presumibili cause, in funzione del livello di conoscenza già raggiunto e con la previsione di aggiornamenti dinamici in funzione del completamento delle conoscenze e dell’evoluzione dei fenomeni, In particolare sono individuate:

- le situazioni di pericolosità dell’assetto fisico-territoriale (assetto idrogeologico), che si determinano in seguito dell’alterazione degli equilibri naturali del sistema stesso sotto il profilo della stabilità del terreno (frane ed erosioni) e di regolamentazione del deflusso delle acque;
- le situazioni di rischio per il sistema antropico, che si determinano quando esso interferisce con la dinamica del sistema fisico-territoriale, provocando danni a persone o cose.

Attualmente, secondo quanto riportato dalla cartografia esistente del P.A.I. sopra-citato (Figura 11) e dallo stralcio della cartografia dell’Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia (Progetto IFFI – Figura 21), l’area oggetto di studio, in particolare la località di Valcimarra (Colle e Valle) RISULTA essere interessata da processi morfogenici dovuti alla gravità (movimenti di versante).

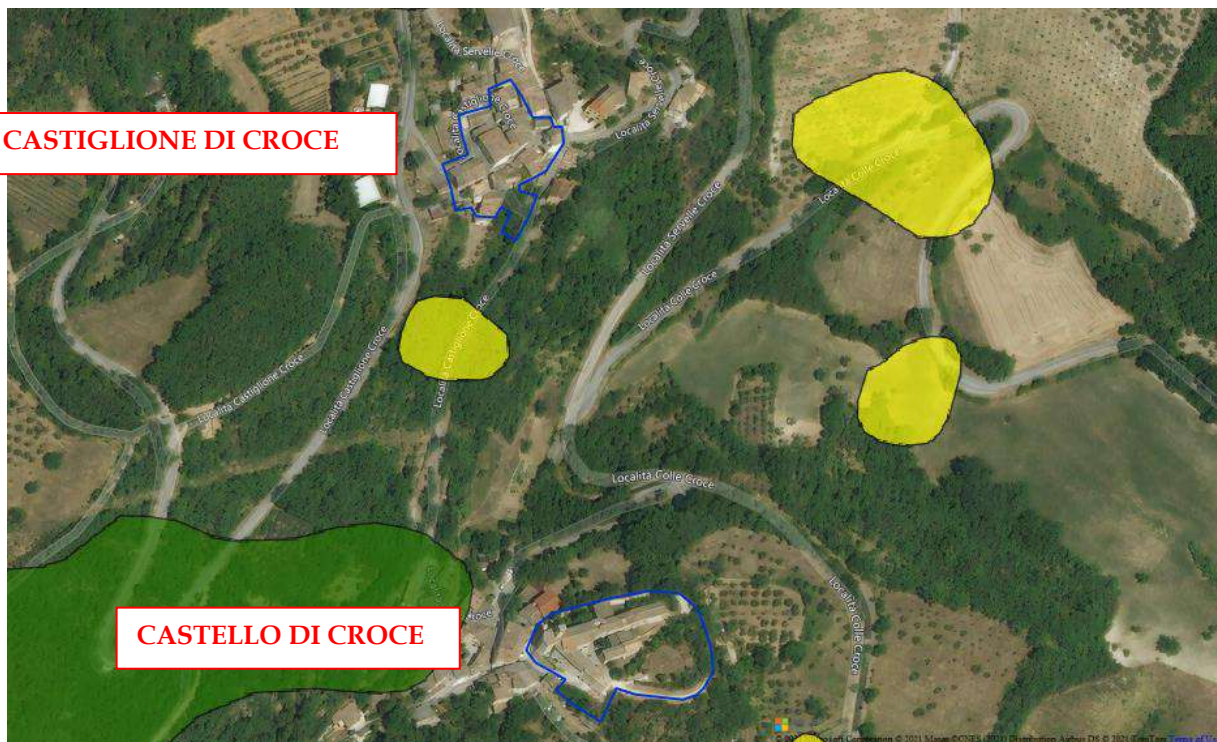
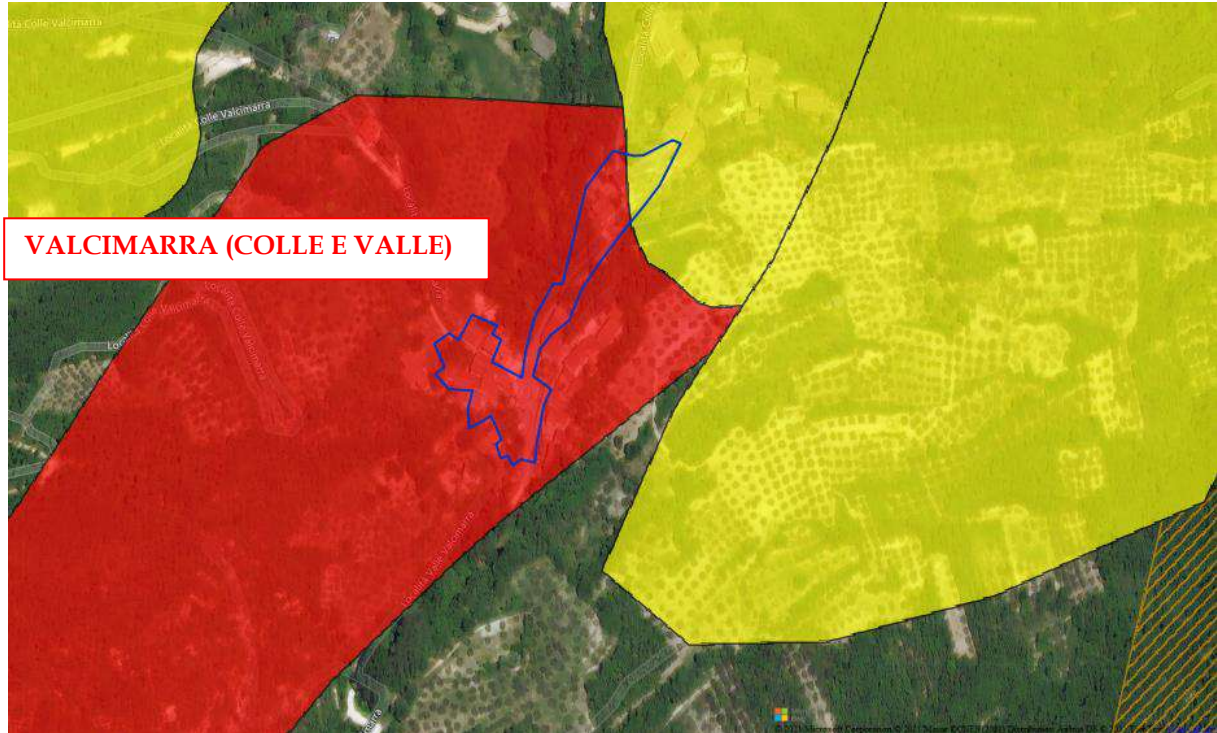




Figura 21 - Stralcio della carta *Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia* (Progetto IFFI). Nel cerchio, in rosso, l'area oggetto di studio.

Tuttavia, dal rilievo geologico e geomorfologico eseguito e, in particolare, sulla base di studi precedenti mirati all'approfondimento delle instabilità di versante (Ordinanza del Commissario Straordinario per la Ricostruzione n. 79/2019), per quanto riguarda l'abitato di Valcimarra, è stato assimilato il sito ad un esteso corpo di frana a cinematismo complesso di tipo relitto, cioè non più in evoluzione sotto l'azione dell'agente genetico che le ha generate e non più riattivabili per lo stesso processo, nel contesto geomorfologico e nelle condizioni morfoclimatiche attuali. Per quanto riguarda le analisi di stabilità, in base alle osservazioni di sito ed ai dati raccolti, è stato affermato che le località oggetto di approfondimento, per diverse ragioni, non presentano situazioni di criticità in atto o potenziali tali da essere indagate con analisi di maggiore dettaglio. Il Centro di Microzonazione Sismica, pertanto, nel rispetto della responsabilità assunta dal professionista incaricato degli studi di approfondimento e dalla sua autonomia decisionale in tal senso, non ha condotto ulteriori approfondimenti condividendo le conclusioni a cui è giunto il professionista incaricato.

Per l'eventuale presenza di spostamenti a danni dell'edificato, in assenza di monitoraggio strumentale e di dati morfoevolutivi certi, è stata eseguita in via preliminare un'analisi dei dati interferometrici (*Persistent Scatterers Interferometry* o *PSI*) attraverso i dati acquisiti dai satelliti ESA ERS-1 (1991-2000), ERS-2 (1995-2011) e ENVISAT (2002-2012). Non sono invece disponibili dati COSMO-SkyMed (> 2007). I siti in esame presentano diversi punti misura ma non vengono evidenziate situazioni arealmente apprezzabili di dissesto (velocità sempre $\ll 16$ mm/anno), confermando la buona stabilità dei siti di Valcimarra (Colle e Valle) di Castello di Croce e di Castiglione di Croce, oggetto di perimetrazione ai sensi dell'Ordinanza del Commissario Straordinario n. 25/2017.

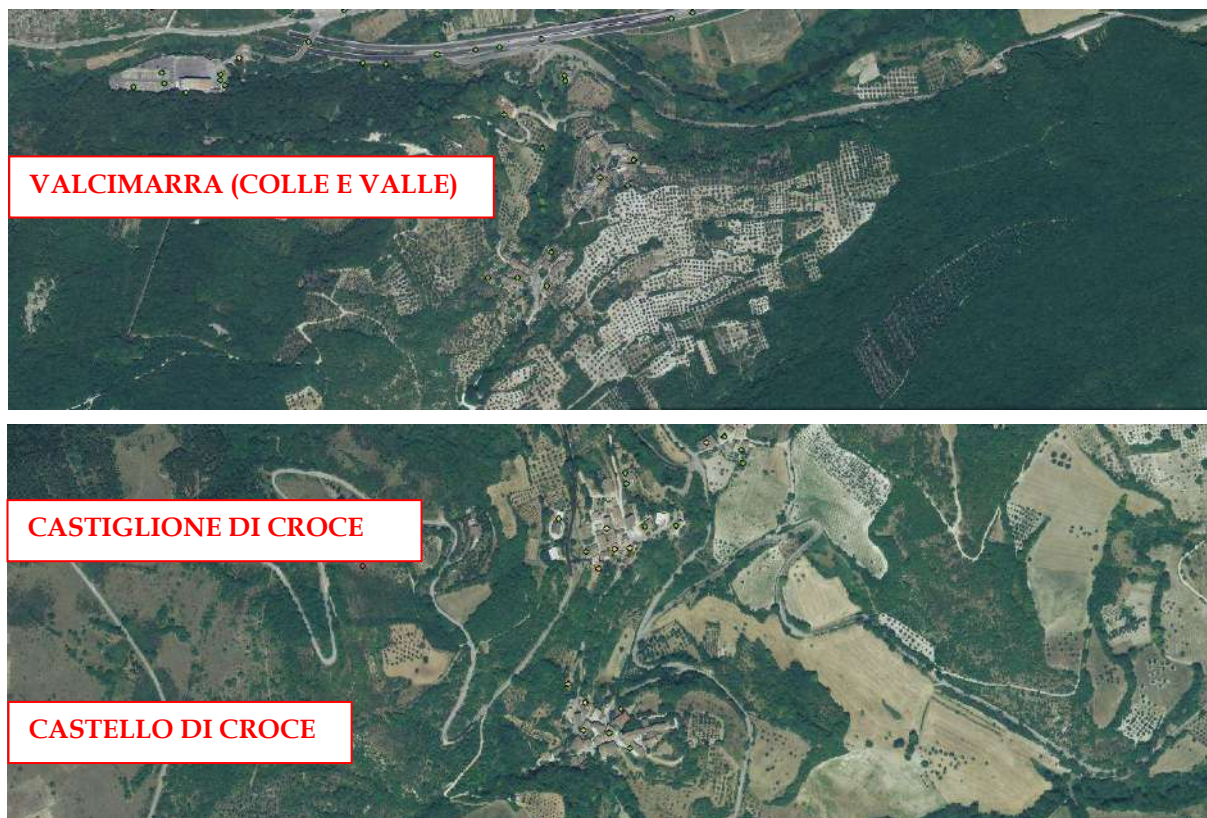


Figura 22 – Dati interferometrici satellitari ERS (ascending) nel periodo 1991-2011.

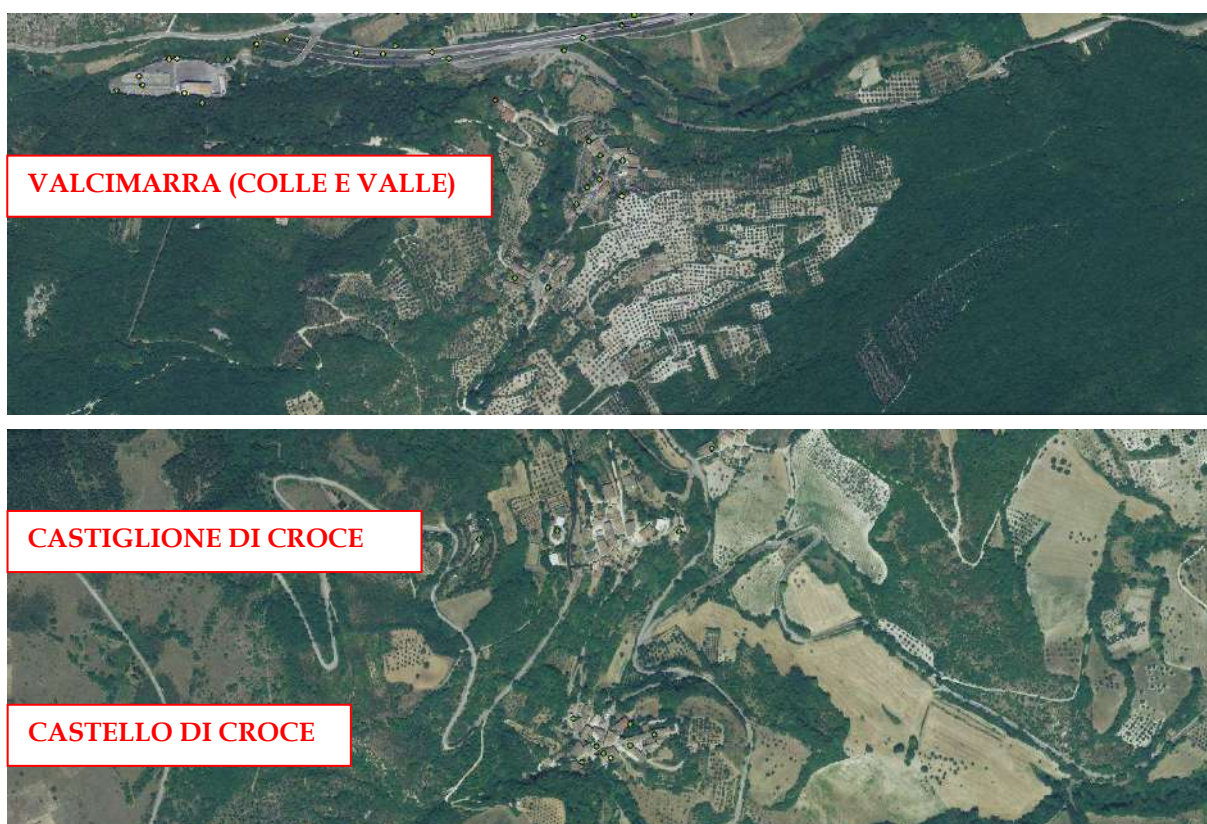


Figura 23 – Dati interferometrici satellitari ERS (descending) nel periodo 1991-2011.

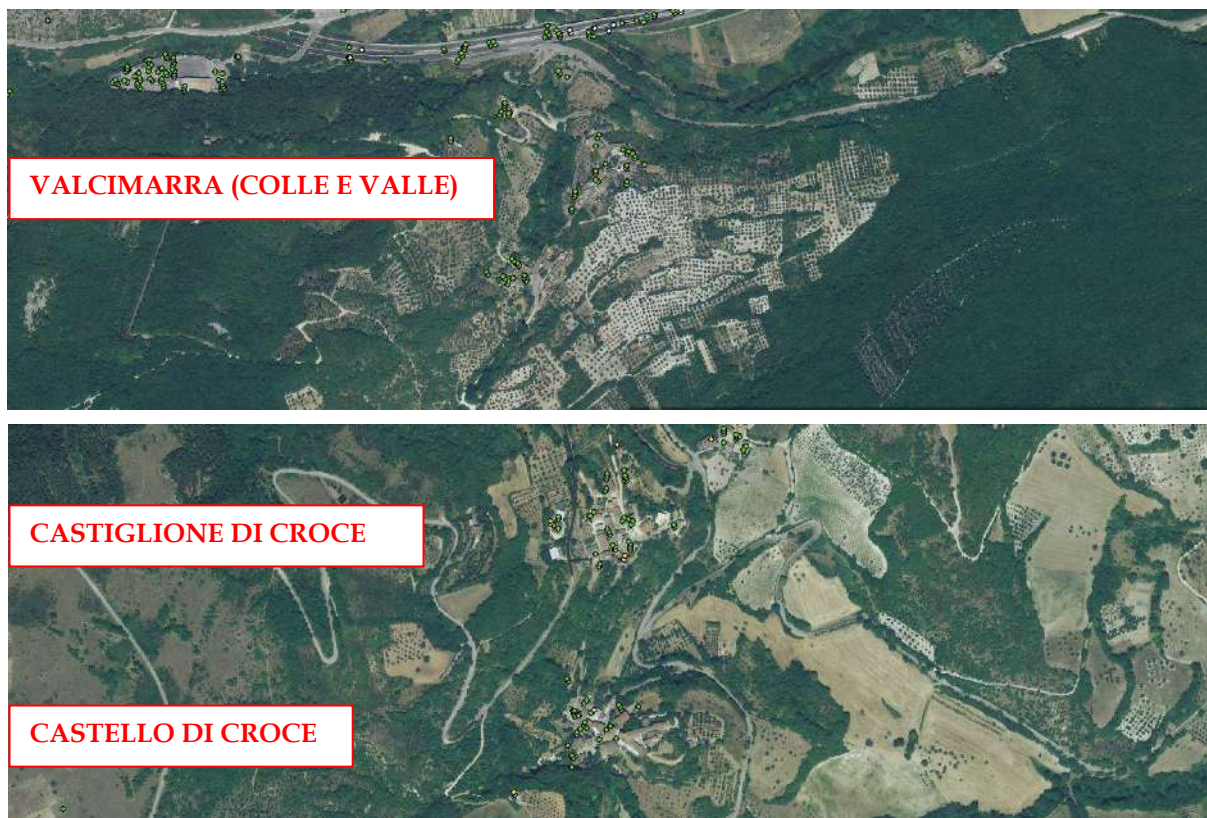


Figura 24 – Dati interferometrici satellitari ENVISAT (ascending) nel periodo 2002-2012.

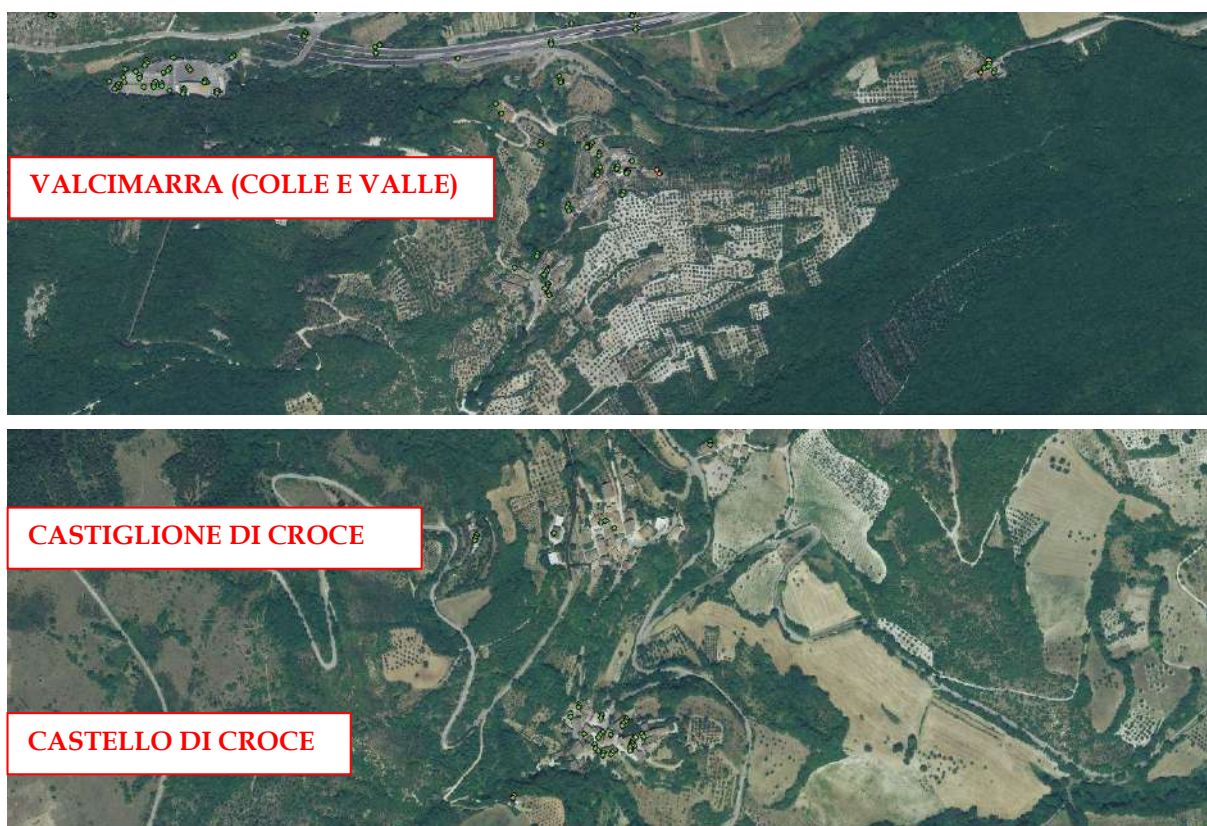


Figura 25 – Dati interferometrici satellitari ENVISAT (descending) nel periodo 2002-2012.

Classe	Descrizione	Danni osservabili	Velocità	(m/s)
7	Estremamente rapido	Catastrofe di eccezionale violenza. Edifici distrutti per l'impatto del materiale spostato. Molti morti. Fuga impossibile.	5 m/s	5
6	Molto rapido	Perdita di alcune vite umane. Velocità troppo elevata per permettere l'evacuazione delle persone.	3m/min	5×10^{-2}
5	Rapido	Evacuazione possibile. Distruzione di strutture, immobili ed installazioni permanenti.	1.8 m/h	5×10^{-4}
4	Moderato	Alcune strutture temporanee o poco danneggiabili possono essere mantenute.	13m/mese	5×10^{-6}
3	Lento	Possibilità di intraprendere lavori di rinforzo e restauro durante il movimento. Le strutture meno danneggiabili possono essere mantenute con frequenti lavori di rinforzo se il movimento totale non è troppo grande durante una particolare fase di accelerazione.	1.6 m/anno	5×10^{-8}
2	Molto lento	Alcune strutture permanenti possono non essere danneggiate dal movimento.	16 mm/anno	5×10^{-10}
1	Estremamente lento	Impercettibile senza strumenti di monitoraggio. Costruzione di edifici possibile con precauzioni		

Figura 26 - Scala di intensità delle frane basata sulla velocità e sul danno prodotto (Cruden & Varnes, 1996).

In definitiva, per quanto riguarda l'attribuzione del grado di pericolosità dell'area, similmente all'allegato "B" del P.A.I., *Ricognizione dei dissesti gravitativi*, in cui si fa riferimento all'analisi critica dei dissesti presenti, in particolare alla tipologia e stato di attività e alla presenza di cavità, è stato suddiviso il territorio in esame sulla base degli elementi presenti nella tabella di seguito (elaborato G10 – Carta delle pericolosità geomorfologiche ed idrauliche).

Tabella 1 - Attribuzione grado di pericolosità (Allegato "B" - Ricognizione dei dissesti gravitativi, Piano Assetto Idrogeologico P.A.I.).

Definizione grado di pericolosità	Indice di pericolosità	Indicatori
ELEVATA	P3	Evidenziata da movimenti di massa in atto, con una dinamica geomorfologica tendente più o meno all'estensione areale della pericolosità. Presenza di cavità sotterranee con episodi di distacco.
MEDIA	P2	Evidenziata da indicatori geomorfologici diretti, quali l'esistenza di antichi corpi di frana, di segni precursori di movimenti gravitativi (ondulazioni, contropendenze, lacerazioni, ecc...) periodiche
MODERATA	P1	Evidenziata sulla base di caratteri fisici territoriali (litologia e caratteri geotecnici dei materiali, struttura e giacitura, processi di degradazione meteorica, dinamica geomorfologica in atto), vegetazionali e di uso del suolo, ma prive al momento di indicazioni morfologiche dei fenomeni, sia superficiali che profondi, che possono riferirsi a processi erosivi capaci di innescare fenomeni franosi o a movimenti gravitativi veri e propri.

5.7 VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ E DEL RISCHIO IDRAULICO DEL TERRITORIO IN ESAME E DEL SITO OGGETTO DEGLI INTERVENTI

Per *inondazione* si intende il fenomeno di invasione ed espansione delle acque su vaste aree prodotto da una rottura o un sormonto d'argine naturale o artificiale, connesso ad un evento di piena di un corso d'acqua. I territori coperti dalle acque sono inondati, mentre il corso d'acqua che esce dal suo letto esonda. Il termine generale *alluvione* è utilizzato per indicare tutti i danni prodotti da un evento di piena di un corso d'acqua, sia quelli legati all'inondazione di territori, sia quelli più profondamente connessi con l'instabilità delle sue sponde, l'erosione accelerata alla testata del bacino e l'instabilità dei versanti.

Il fenomeno di inondazione di un territorio o esondazione di un corso d'acqua risulta sempre connesso ad un evento di piena del corso d'acqua stesso. Per piena di un corso d'acqua si intende il fenomeno del rapido sopraelevamento della superficie libera dovuto all'aumento della portata che, a sua volta, è causato da precipitazioni di forte intensità e, più raramente nel nostro paese, dalla rapida fusione di nevai e ghiacciai.

Il rischio idraulico scaturisce dalla possibilità di danno a persone e/o beni in conseguenza dei principali fenomeni di trasporto in alveo e può essere suddiviso in:

- rischio da esondazione: connesso al trasporto di massa liquida;
- rischio da dinamica d'alveo: connesso al trasporto di massa solida;
- rischio da inquinamento: connesso al trasporto di massa inquinante.

5.7.1 VERIFICA DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA

L'ambito di applicazione territoriale della L.R. 22/2011 riguarda l'intero territorio regionale; in particolare si considerano in grado di modificare il regime idraulico e conseguentemente da assoggettare a VCI per previsione legislativa:

- a) Strumenti di pianificazione territoriale generale e loro varianti che comportano maggiore capacità edificatoria o un incremento del rapporto di copertura vigenti alla data di approvazione dei presenti criteri (per rapporto di copertura si intende quello tra la superficie fondiaria e la superficie territoriale complessiva);
- b) Strumenti di pianificazione territoriale generale e loro varianti, pur non incrementando il rapporto di copertura vigente, riguardino aree comunque denominate, interessanti superfici maggiori di 2 ha, che non possono essere considerate di completamento in quanto non rispondenti ai requisiti di cui all'art. 2, lett. b) del D.M. 1444/1968;
- c) Strumenti di pianificazione territoriale generale e loro varianti che, pur non rientrando nelle fattispecie delle precedenti lettere a) e b), introducono destinazioni d'uso che possono determinare un aumento dell'esposizione al rischio idraulico, valutate secondo lo schema riportato in Appendice, tra le Definizioni, alla voce "Esposizione";

- d) Strumenti di pianificazione territoriale attuativa previsti dalla Legge Regionale 34/1992 e dalle vigenti disposizioni normative di altri settori.

La verifica si sviluppa su diversi livelli di approfondimento che possono corrispondere a fasi successive:

- a) Verifica Preliminare: Analisi Idrografica-Bibliografica-Storica;
- b) Verifica Semplificata: Analisi Idrografica-Bibliografica-Storica e Analisi Geomorfologica;
- c) Verifica Completa: Analisi Idrografica-Bibliografica-Storica, Analisi Geomorfologica e Analisi Idrologica-Idraulica di dettaglio;

La Verifica Preliminare (Analisi Idrografica-Bibliografica-Storica) è da sviluppare sempre.

Ad esito della Verifica Preliminare verrà valutato se sottoporre lo strumento di pianificazione ai successivi livelli di analisi della Compatibilità Idraulica (Semplificata e/o Completa).

I successivi livelli di approfondimento della Verifica di Compatibilità Idraulica, attraverso l'Analisi Geomorfologica ed eventualmente l'Analisi Idrologica-Idraulica, vanno sviluppati per i corsi d'acqua:

- a) che rientrano tra quelli demaniali, individuati nelle mappe catastali;
- b) per i quali sono individuate criticità legate a fenomeni di esondazione/allagamento in strumenti di programmazione o in altri studi eventualmente disponibili;
- c) sui quali si sono verificati in passato eventi di esondazione/allagamento.

Per quanto riguarda il rischio idraulico da esondazione, oggetto del presente capitolo, trae origine dalla eventualità che una determinata area sia invasa dalle acque fuoriuscite dalle reti di drenaggio naturali e/o artificiali per insufficiente capacità di smaltimento delle portate in transito nella stessa rete, oppure per rotture di opere di contenimento. Per capacità di smaltimento, si deve intendere la capacità di un tratto di un corso d'acqua a far transitare una determinata portata con un'altezza d'acqua contenibile entro le sommità spondali o arginali. A parità di portata, la capacità di smaltimento del tratto può variare nel tempo per cause sistematiche e/o accidentali quali, ad esempio:

- interventi plano-altimetrici;
- variazioni di scabrezza;
- occlusioni localizzate.

La rottura delle opere di contenimento è conseguente alla perdita di stabilità di strutture arginali e di opere di sbarramento: si manifesta in generale durante l'evento alluvionale (es. sifonamento e/o scalzamento di un rilevato arginale).

In parte, connesso al rischio di esondazione, è il fenomeno del ristagno che si verifica in quelle zone che per caratteristiche geomorfologiche non dispongono di efficienti capacità di drenaggio superficiale

e/o profondo e pertanto suscettibili al trattenimento di acque sulla superficie del terreno, siano esse di esondazione, meteoriche o di falda.

Nel caso specifico, la Verifica Preliminare (Analisi Idrografica-Bibliografica-Storica) ha permesso di individuare che:

- il Piano stralcio di bacino per l'Assetto Idrogeologico - PAI (Figura 11), il Piano Gestione Rischio Alluvioni - PGRA 2021 e il progetto Areas of Potential Significant Flood Risk - APSFR (Figura 27) non individuano alcuna zona inondabile, con tempi di ritorno fino ad almeno 200 anni;
- non sono disponibili informazioni su eventi di esondazione/allagamento che hanno interessato la zona in passato;
- ritenendo comunque l'area inondabile per piene eccezionali, viene tracciata, su base geomorfologica, una fascia di pertinenza fluviale e individuate le eventuali direzioni di flusso che interessano aree a situazione morfologica sfavorevole (basso morfologico).

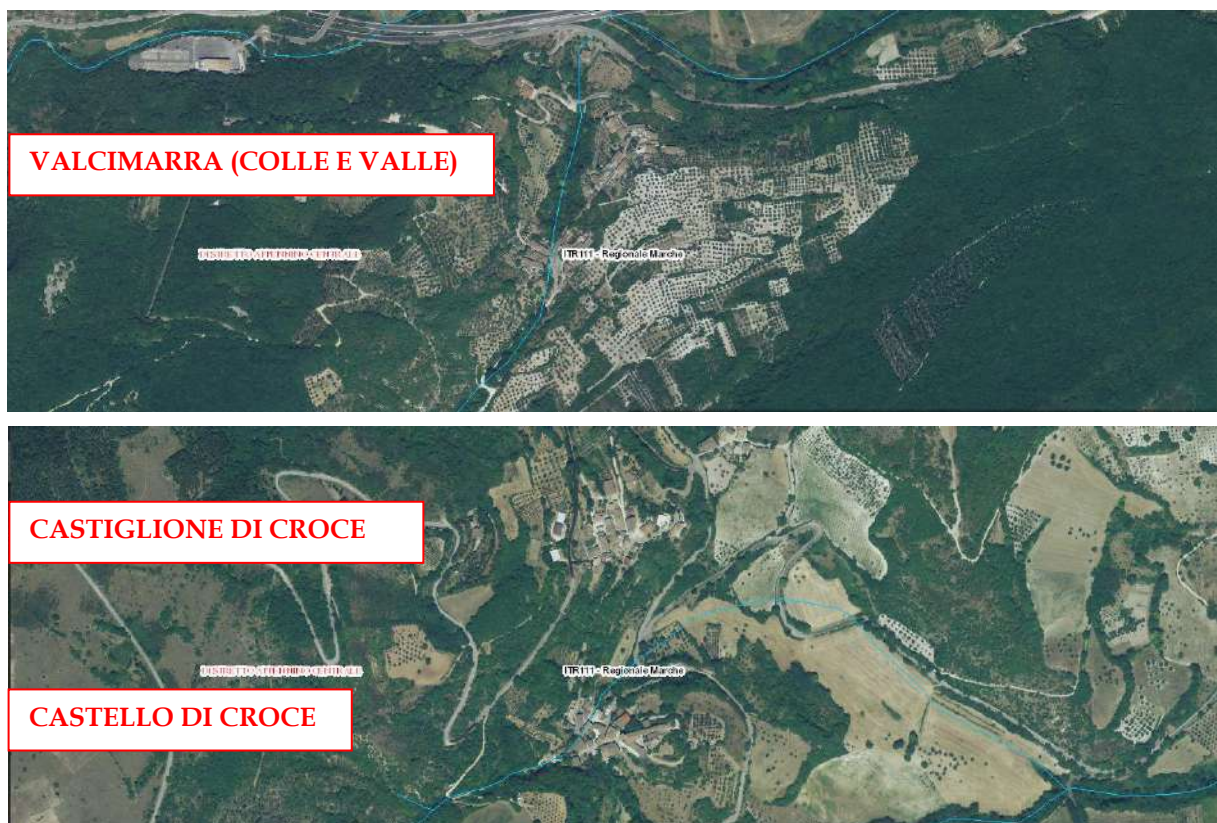


Figura 27 – Valutazione preliminare del rischio alluvioni.

Inoltre, è stata considerata una fascia di rispetto idraulica di cui al R.D. 523/1904 “Testo unico sulle opere idrauliche”, art. 96, comma f) che definisce almeno 10 m dal piede degli argini e loro accessori o dal ciglio di sponda dell'alveo.

5.7.2 INVARIANZA IDRAULICA DELLE TRASFORMAZIONI TERRITORIALI

Ogni intervento che provoca impermeabilizzazione dei suoli ed aumento delle velocità di corrivazione deve prevedere azioni correttive volte a mitigarne gli effetti e tali azioni sono da rilevare essenzialmente nella realizzazione di volumi di invaso finalizzati alla laminazione; se la laminazione è attuata in modo da mantenere i colmi di piena prima e dopo la trasformazione inalterati, si parla di *invarianza idraulica* delle trasformazioni di uso del suolo (L.R. 23.11.2011, ART. 10, C. 4 – *DELIBERA DI GIUNTA REGIONALE N. 53/27-1-2014, Criteri, modalità e indicazioni tecnico operative per la redazione della verifica di compatibilità idraulica degli strumenti di pianificazione territoriale e per l'invarianza idraulica delle trasformazioni territoriali*).

Il principio dell'invarianza idraulica stabilisce che la portata di colmo di piena risultante dal drenaggio di un'area urbana debba essere costante prima e dopo la trasformazione dell'uso del suolo dell'area.

Nel caso specifico, se all'interno delle aree perimetrate saranno previsti interventi che provocheranno trasformazione delle superfici, nel rispetto della tabella 1 del paragrafo 3.4 della normativa sopracitata, dovranno essere introdotte soluzioni tecnologiche atte a garantire un drenaggio sostenibile. Si fa presente che in ogni caso, laddove sussistano condizioni idrogeologicamente compatibili, vanno favoriti prioritariamente i processi di infiltrazione delle acque nel sottosuolo oggetto di trasformazione o comunque in un suo intorno significativo.

6.0 CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE SISMICA DEL SITO

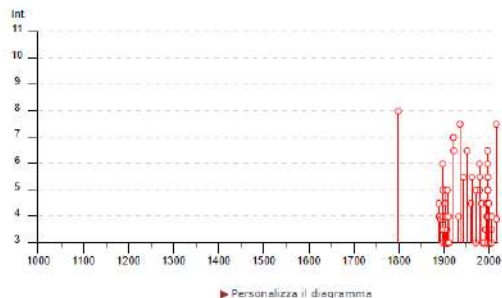
L'O.P.C.M. n. 3519 del 28.04.2006, *Criteri generali per l'individuazione delle Zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone* e il D.M. 17.01.2018, *Aggiornamento delle "Norme Tecniche per le Costruzioni"*, pongono l'attenzione del progettista sulla determinazione delle azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione.

6.1 SISMICITÀ STORICA

È stata compiuta una ricerca degli eventi sismici più rilevanti dal DataBase Macrosismico Italiano 2015 v3.0 utilizzato per la composizione del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15 v3.0), disponibile per un lasso di tempo che va dall'anno 1000 fino al 2019 e che fornisce un set omogeneo di intensità da diverse fonti relativo a terremoti con intensità massima ≥ 5 (Figura 28).

Caldara

PlaceID IT_51576
Coordinate (lat, lon) 43.137, 13.226
Comune (ISTAT 2015) Caldara
Provincia Macerata
Regione Marche
Numero di eventi riportati 81



Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Mo	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	MEDP	Io	MW
8	1799	07	18	22	05		Appennino marchigiano	70	9	6.18
4-5	1889	11	28	18	10		Monti Sibillini	10	4-5	4.19
4	1889	12	08				Gargano	122	7	5.47
4	1891	08	07	01	06	14	Vallis d'Ilse	403	8-9	5.87
F	1893	08	02	00	59		Valnerina	84	5-6	4.55
MF	1895	05	18	18	55	12	Florentino	401	5	5.50
2-3	1895	05	20	15	32	57	Valle Umbra	27	5-6	4.49
2-3	1895	08	09	17	38	20	Adriatico centrale	103	6	5.11
2-3	1895	08	28	00	17	10	Sellano	13	5	4.28
6	1897	09	21				Marche settentrionali	44	7	5.40
F	1897	10	28	10	40		Fermano	25	4-5	4.16
3-4	1897	12	18	07	24	20	Alta Valciberina	132	7	5.09
4	1898	06	27	23	38		Reatino	186	5	5.50
4	1898	08	25	16	37	46	Valnerina	67	7	5.03
5	1898	11	27	01			San Ginesio	35	5-6	4.39
3	1899	04	21	00	57	55	Narni	45	4	3.96
3-4	1899	06	23	13	20		Corridonia	39	5	4.08
4-5	1903	11	02	21	52		Valnerina	33	6	4.81
3	1904	06	20	01	24		Assisi	24	5	4.10
5	1904	09	02	11	21		Maceratese	59	5-6	4.63
2-3	1904	11	17	05	02		Fistoclese	204	7	5.10
4	1905	11	30	21			Caldara	9	4	3.70
3	1905	12	09	21	41		Valle Umbra	42	5	4.24
3	1906	02	05	16	34		Valnerina	55	5	4.41
3-4	1907	01	23	00	25		Adriatico centrale	93	5	4.75
5	1908	03	17	03	59		Marche meridionali	54	5-6	4.61
3	1909	01	13	00	45		Emilia Romagna orientale	867	6-7	5.36
3	1910	06	29	13	52		Valnerina	58	7	4.93
3	1910	12	22	13	34		Monti della Laga	19	5	4.30
4	1910	12	26	16	30		Monti della Laga	50	5-6	4.56
3	1911	02	19	07	18	30	Forlivese	181	7	5.26
7	1921	08	28	10	45		Monti Sibillini	12	7	4.66
6-7	1922	06	08	07	47		Valle del Chienti	47	6	4.73
2-3	1930	11	09	01	33		Monti Sibillini	17	5	4.31
4	1933	09	26	03	33	29	Macella	325	5	5.90
7-8	1936	12	09	07	34		Caldara	31	6-7	4.76
5-6	1943	10	03	08	28	29	Ascolano	170	5	5.67
6-7	1951	09	01				Monti Sibillini	80	7	5.25
4-5	1960	02	24	01	51		Appennino umbro-marchigiano	25	5	4.32
5-6	1962	10	08	23	00	43	Appennino maceratese	16	5-6	4.38
3	1971	04	02	01	43	54	Valnerina	68	6	4.50
5	1972	11	26	16	03		Marche meridionali	73	5	5.48
6	1979	09	19	21	35	37	Valnerina	694	8-9	5.33
5	1980	02	28	21	04	40	Valnerina	146	6	4.97
5-6	1980	05	24	20	16	04	Monti Sibillini	58	5-6	4.45
4-5	1984	04	29	03	02	59	Umbria settentrionale	709	7	5.62
3	1986	10	13	05	10	0	Monti Sibillini	322	5-6	4.46
3	1989	09	11	02	46	2	Marche meridionali	60	5	4.04
2-3	1989	12	22	06	45	1	Valle Umbra	114	5	4.44
3-4	1993	06	04	21	36	0	Valle del Topino	80	5-6	4.39
3-4	1993	06	05	19	16	1	Valle del Topino	326	6	4.72
4-5	1995	12	30	15	22	0	Fermano	106	5	4.15
4	1996	01	01	12	21	4	Maceratese	91	5-6	4.20
4	1996	01	22	18	37	4	Fermano	76	5	3.96
3	1997	05	03	22	07	0	Appennino umbro-marchigiano	62	6	4.54
4	1997	09	07	23	28	0	Appennino umbro-marchigiano	57	5-6	4.19
3	1997	09	09	16	51	0	Appennino umbro-marchigiano	39	5-6	3.78
3	1997	09	10	06	46	5	Appennino umbro-marchigiano	47	5	3.85
6-7	1997	05	26	00	33	1	Appennino umbro-marchigiano	760	7-8	5.66
5	1997	09	26	09	40	0	Appennino umbro-marchigiano	559	5-9	5.97
3-6	1997	10	03	08	55	2	Appennino umbro-marchigiano	490	5	5.22
5	1997	10	06	23	24	5	Appennino umbro-marchigiano	437	5	4.47
5	1997	10	14	15	28	1	Valnerina	786	5	5.62
4	1997	10	23	08	55	4	Appennino umbro-marchigiano	56	3	3.96
4-5	1997	11	09	19	07	3	Valnerina	150	4	4.87
4	1998	02	07	00	59	4	Appennino umbro-marchigiano	62	4	4.41
5	1998	03	21	16	45	0	Appennino umbro-marchigiano	141	5	5.00
5-6	1998	03	26	16	26	1	Appennino umbro-marchigiano	409	5	5.28
5	1998	04	05	15	52	2	Appennino umbro-marchigiano	395	4	4.75
4	1998	06	02	23	11	23	Appennino umbro-marchigiano	53	4	4.25
4	1999	11	29	03	20	3	Monti della Laga	62	5-6	4.15
4	2000	09	02	03	17	0	Appennino umbro-marchigiano	115	5	4.40
4-5	2000	10	24	07	52	0	Monti Sibillini	65	5	4.11
3	2003	05	25	17	15	1	Ascolano	88	4-5	3.81
3	2004	12	09	02	44	2	Torano	213	5	4.09
4	2005	04	12	00	31	5	Maceratese	131	4	3.74
3-4	2005	12	15	13	28	3	Val Nerina	350	5	4.14
3-4	2006	04	10	19	03	3	Maceratese	211	5	4.06
4	2006	10	21	07	04	1	Anconetano	227	5	4.21
7-8	2016	10	30	06	40	1	Valnerina	379	6	6.61
7	2017	01	15	10	14	9	Aquilano	280	5	5.70

Figura 28 - DBMI15 (v3.0), risultato dell'interrogazione per località (https://emidius.mi.ingv.it/CPT15-DBMI15/query_place/).

L'interrogazione ha fornito l'estrazione di 81 risultati.

Gli eventi più significativi in termini di danni sono stati comunque i seguenti accadimenti:

<i>Data</i>	<i>Area epicentrale</i>	<i>Mw</i>	<i>Intensità nella località</i>
28/07/1799	Appennino marchigiano	6,18	VIII
09/12/1936	Caldarola	4,76	VII-VIII
30/10/2016	Valnerina	6,61	VII-VIII
28/08/1921	Monti Sibillini	4,66	VII
08/06/1922	Valle del Chienti	4,73	VI-VII
01/09/1951	Monti Sibillini	5,25	VI-VII
26/09/1997	Appennino umbro-marchigiano	5,66	VI-VII

Inoltre, sulla base di osservazioni effettuate su versioni obsolete di cataloghi precedenti (CPTI99, CPTI04, CPTI11, DBMI04, DBMI11), sicuramente vanno presi in esame anche i seguenti accadimenti:

<i>Data</i>	<i>Area epicentrale</i>	<i>Mw</i>
30/04/1279	Appennino umbro-marchigiano	6,20
01/12/1328	Valnerina	6,49
12/05/1730	Valnerina	6,04
24/04/1741	Fabrianese	6,17
17/04/1747	Appennino umbro-marchigiano	6,05
12/03/1873	Appennino marchigiano	5,85
19/09/1979	Valnerina	5,83

Infine, sono state analizzate due fonti di dati sismologici di lungo periodo, lo *European Archive of Historical Earthquake Data (AHEAD)* e lo *SHARE European Earthquake Catalogue (SHEEC)* da cui emerge come significativo per l'area oggetto di studio, l'evento occorso nel 1703, il cui impatto sul territorio fu sensibilmente più grave rispetto a quanto è emerso a seguito della fase sismica del 2016/17, in quanto accompagnato da una successiva scossa avente epicentro nell'aquilano (Mw 6,67 del 02/02/1703):

<i>Data</i>	<i>Area epicentrale</i>	<i>Mw</i>
14/01/1703	Valnerina	6,92

6.2 SISMICITÀ RECENTE

È stata compiuta una ricerca degli eventi sismici recenti più rilevanti attraverso l'Italian Seismological Instrumental and Parametric Data-basE (I.S.I.D.E. – Figura 29), servizio di sorveglianza sismica nazionale dell'INGV.

L'interrogazione, effettuata per un periodo di cinque anni, compreso tra Agosto 2016 e la data della stesura del presente paragrafo (Agosto 2021) e che ha riguardato un raggio di 30 km dal Comune di Caldarola e una magnitudo M_w compresa tra 2,0 e 10,0, ha fornito 5.143 risultati che rappresentano l'intensa sequenza sismica in parte ancora in atto (sequenza sismica Amatrice-Norcia-Visso) seguente alle violente scosse di Amatrice, Accumuli e Norcia del 24/08/2016 (M_w 6,0 e 5,3), di Castelsantangelo sul

Nera e Visso del 26/10/2016 (M_w 5,4 e 5,9), ancora Norcia del 30/10/2016 (M_w 6,5) e Montereale, Capitignano del 18/01/2017 (M_w 5,1, 5,5, 5,4 e 5,0) con ipocentri tra gli 8 e 11 km.

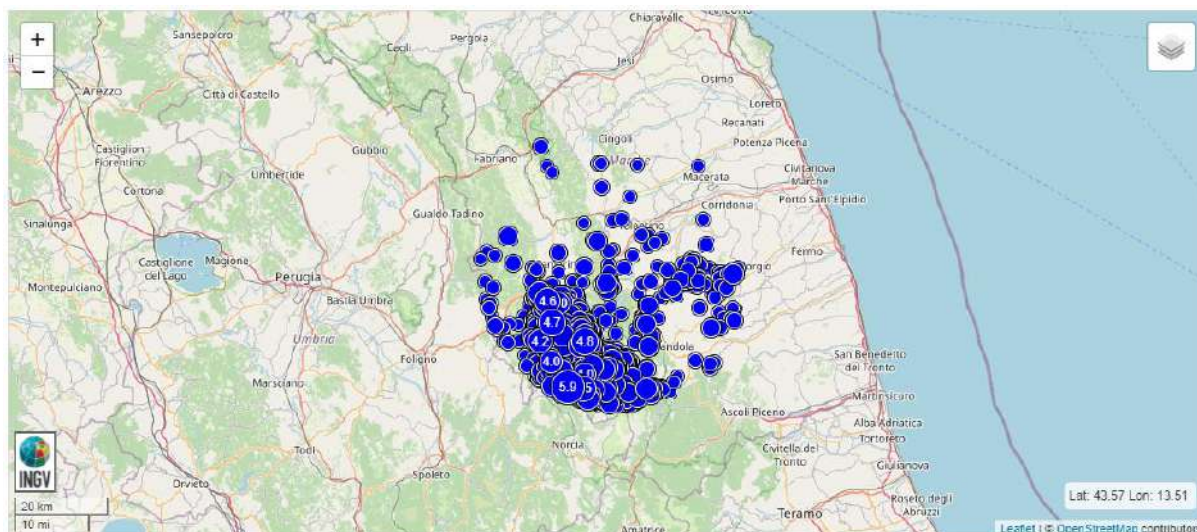


Figura 29 - Localizzazione degli ultimi eventi sismici significativi registrati (ISIDE - <http://cnt.rm.ingv.it/iside>).

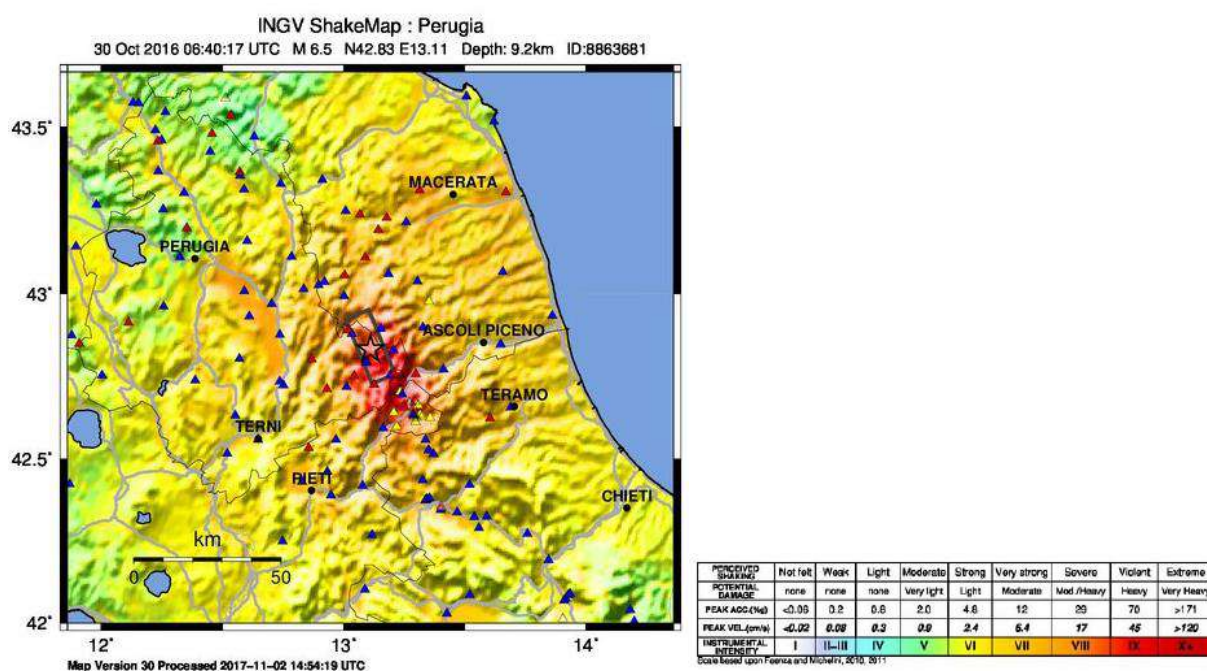


Figura 30 - Elaborazione ShakeMap del sisma occorso il 30/10/2016, per la stima dei parametri di scuotimento del suolo sulla base dei dati registrati dai sismometri e degli accelerometri e delle successive interpolazioni basate sulle conoscenze sismologiche (<http://cnt.rm.ingv.it/event/8863681>).

6.3 CONDIZIONE SISMICA LOCALE

6.3.1 ACCELERAZIONE E ZONAZIONE SISMICA

Per la determinazione delle azioni sismiche, l'elemento di conoscenza primario è costituito dalla pericolosità sismica. I criteri per l'aggiornamento della mappa di pericolosità sismica sono stati definiti dall'O.P.C.M. n. 3519/2006 che ha suddiviso l'intero territorio nazionale (*local hazard*) in quattro zone sismiche sulla base del valore di accelerazione orizzontale massima attesa a_g (*reference peak ground acceleration*) in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A) e che ha una probabilità del 10% di essere superata in 50 anni.

Viene poi mostrata la disaggregazione della pericolosità sismica, operazione che permette di valutare i contributi delle diverse sorgenti sismiche alla pericolosità di un sito; la forma proposta è quella bidimensionale in magnitudo e distanza (M-R) che consente di definire il contributo delle sorgenti sismogenetiche poste a distanza R e capaci di generare terremoti di magnitudo M. In altre parole, la disaggregazione dei valori di a_g dei terremoti occorsi in magnitudo-distanza fornisce statisticamente il terremoto che domina lo scenario di pericolosità (terremoto di scenario) inteso come l'evento di magnitudo M a distanza R dal sito oggetto di studio che contribuisce maggiormente alla pericolosità sismica del sito oggetto di intervento (scuotimento stimato in termini probabilistici).

Tabella 2 – Suddivisione delle zone sismiche in relazione all'accelerazione di picco su suolo rigido (OPCM 3519/06).

Zona sismica	Fenomeni riscontrati	Accelerazione con probabilità di superamento del 10% in 50 anni
1	Zona con pericolosità sismica alta. Indica la zona più pericolosa, dove possono verificarsi forti terremoti	$a_g \geq 0,25g$
2	Zona con pericolosità sismica media, dove possono verificarsi terremoti abbastanza forti	$0,15 \leq a_g < 0,25g$
3	Zona con pericolosità sismica bassa, che può essere soggetta a scuotimenti modesti	$0,05 \leq a_g < 0,15g$
4	Zona con pericolosità sismica molto bassa. È la zona meno pericolosa, dove le possibilità di danni sismici sono basse	$a_g < 0,05g$

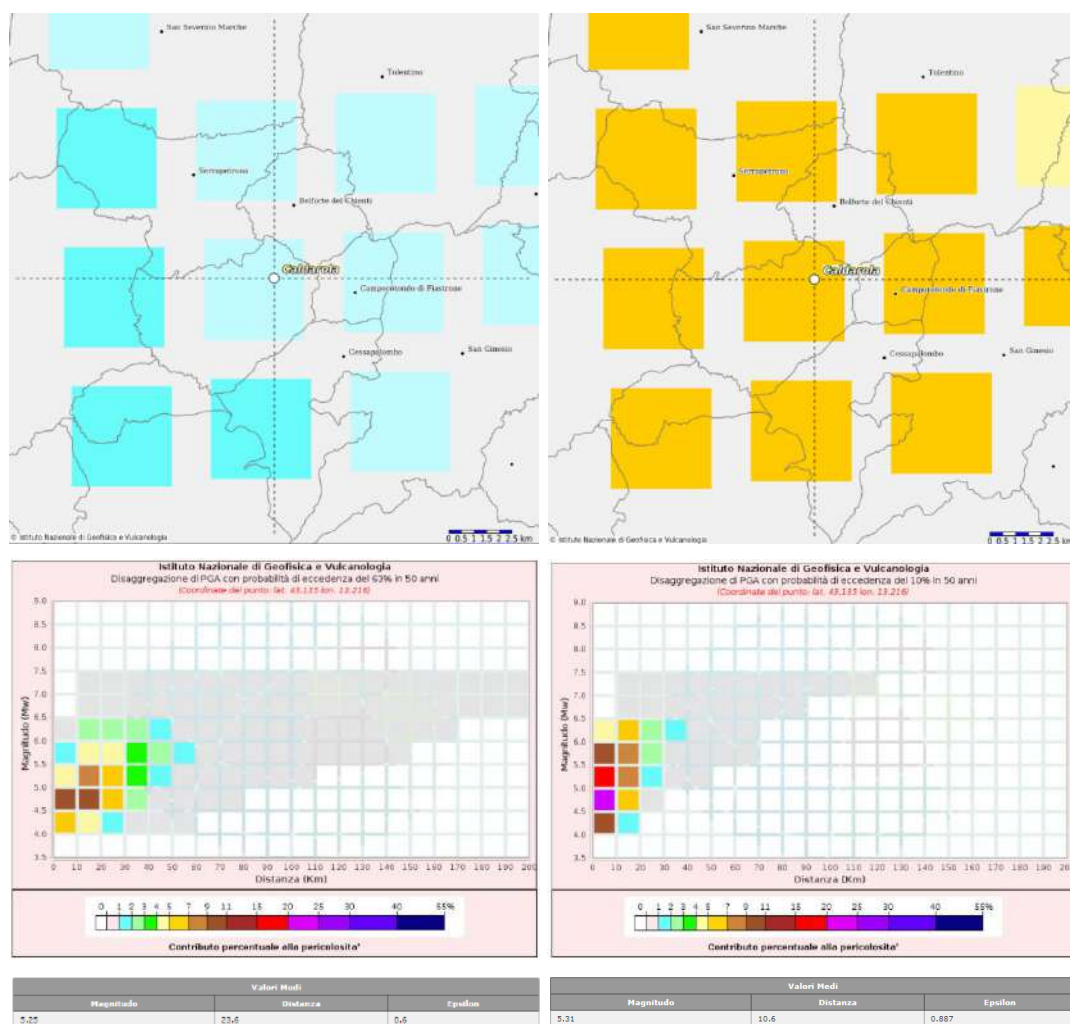


Figura 31 - Mappe interattive di pericolosità sismica allo SLD e SLV e grafico di disaggregazione del valore di ag con probabilità di eccedenza del 63% e del 10% in 50 anni.

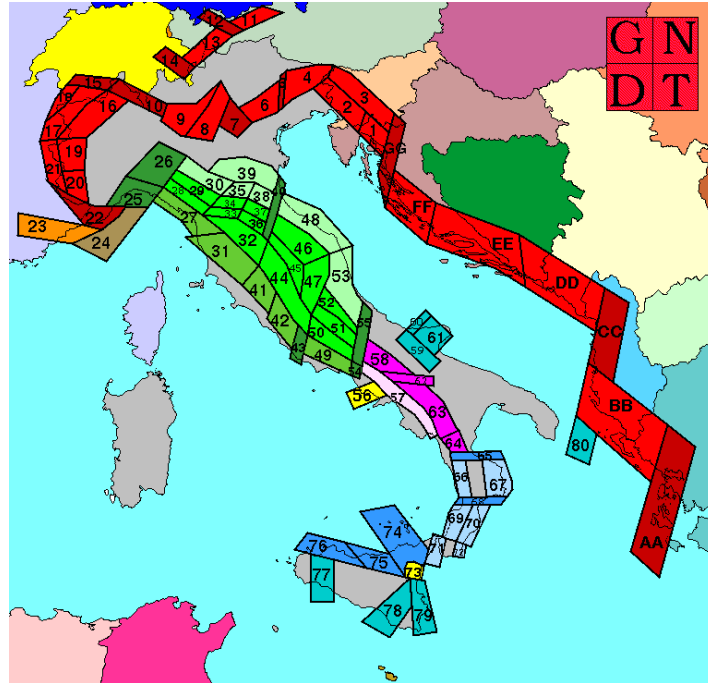
Dal grafico si può osservare immediatamente come per tempi di ritorno uguali a 475 anni, il sito in esame sia caratterizzato da terremoti modesti (M_w 5,310 – terremoto di scenario) originati da sorgenti sismiche anche piuttosto vicine ($R \sim 10$ km). Tuttavia, sono possibili sismi molto forti aventi magnitudo M_w di circa 6,5 da sorgenti ubicate fino a 40 km dal sito oggetto di intervento.

6.3.2 ZONAZIONE SISMOGENETICA E VALUTAZIONE DELLA MAGNITUDO

Negli ultimi anni e fino al 2002, la zonazione simogenetica ZS4 (Figura 32 - http://emidius.mi.ingv.it/GNDT/ZONE/zone_sismo.html; Scandone e Stucchi, 2000), ha rappresentato il punto di riferimento per la maggior parte delle valutazioni di pericolosità simica dell'area italiana.

Tale zonazione era stata realizzata da Scandone e colleghi nel 1996 ma gli sviluppi più recenti delle conoscenze in materia di sismogenesi hanno evidenziato alcune inconsistenze di tale modello di zonazione, a cui a partire dal 1999 si è aggiunta una non completa coerenza con il catalogo CPTI (Catalogo

Parametrico dei Terremoti Italiani, pubblicato in quell'anno dal Gruppo di Lavoro CPTI); inoltre, a causa delle ridotte dimensioni delle zone sismogenetiche, anche utilizzando questo catalogo, il campione di terremoti disponibili per molte delle zone sismogenetiche è scarso, tale da rendere instabili le stime dei ratei di sismicità.



A. Zone di interazione tra piastra adriatica e piastra europea (Alpi e Sudalpino) e zone di interazione tra piastra adriatica e sistema dinarico (Dinaridi ed Ellenidi fino allo svincolo di Cefalonia). L'asse di compressione massima, suborizzontale segue i vettori di spostamento dell'indenter insubrico.

- 1.1. Aree con meccanismi di rottura attesi di tipo thrust e transpressivi
- 1.2. Aree di svincolo, con meccanismi di rottura attesi di tipo transpressivo o strike-slip

B. Zone legate al margine interno della piastra padano-adriatico-ionica in subduzione sotto la catena appenninica.

- 2.1. Fascia padano-adriatica in compressione. Meccanismi di rottura attesi: thrust e strike-slip
- 2.2. Fascia intermedia. Meccanismi di rottura attesi: misti, con prevalenza di dip-slip
- 2.3. Fascia tirrenica in distensione. Meccanismi di rottura attesi: dip-slip
- 2.4. Zone di svincolo (transfer). Meccanismi di rottura attesi: misti, con prevalenza di strike-slip.

Non è ancora definitivamente chiarito se l'Arco Calabro appartiene a questo gruppo o al gruppo 3. Nella prima ipotesi:

- 2.5.a. Fasce sismogenetiche longitudinali. Meccanismi di rottura attesi: misti, con prevalenza di dip-slip
- 2.5.b. Zone di svincolo. Meccanismi di rottura attesi: strike-slip

C. Zone legate al recente sollevamento della catena appenninica, successivo ad una lunga storia di migrazione spazio-temporale del sistema catena-avampese.

- 3.1. Fascia appenninica principale. Meccanismi di rottura attesi: dip-slip e subordinatamente strike-slip
- 3.2. Margine tirrenico. Meccanismi di rottura attesi: dip-slip

D. Zone legate ad un regime compressivo giovane impostato su un precedente regime distensivo.

- 4.1. Mar Ligure. Meccanismi di rottura attesi: thrust e strike-slip
- 4.2. Liguria occidentale. Meccanismi di rottura attesi: strike-slip e transpressione

E. Zone di rottura all'interno della piastra di avampese e lungo i suoi margini in flessione.

- 5. Belice, Isole, Scarpata Ibleo-Maltese, Gargano-Tremonti, Canale d'Otranto. Meccanismi di rottura attesi: misti, con prevalenza di dip-slip nelle aree di flessura e lungo la scarpata di Malta e di strike-slip nelle altre

F. Zone vulcaniche

- 6. Ischia-Flegrei, Vesuvio ed Etna, con terremoti molto superficiali. Meccanismi di rottura attesi per i terremoti meno superficiali: dip-slip per l'area campana e misti (dip-slip e strike-slip) per l'Etna

Figura 32 – Zonazione sismogenetica ZS4 adottata dal GNDT nel 1996 e relativa legenda (da

http://emidius.mi.ingv.it/GNDT/ZONE/zone_sismo.html).

Per superare questo stato di cose si è convenuto di disegnare una nuova zonazione, denominata ZS9 (Figura 33) che soddisfacesse i seguenti requisiti:

- a) Essere basata prevalentemente sul background informativo e sull'impianto generale di ZS4, che deriva dall'approccio cinematico all'elaborazione del modello sismotettonico;
- b) Recepire le informazioni delle sorgenti sismogenetiche italiane messe a disposizione da DISS 2.0 (Database of Potential Sources for Earthquake Larger than M5.5 in Italy, Valensise e Pantosti, 2001) e da altre compilazioni regionali di faglie attive;
- c) Considerare le indicazioni e gli spunti che derivano dall'analisi dei dati relativi ai terremoti più importanti verificatisi successivamente alla predisposizione di ZS4, alcuni dei quali (Bormio 2000, Monferrato 2001, Merano 2001, Palermo 2002, Molise 2002) localizzati al di fuori delle zone-sorgente in essa definite;
- d) Superare il problema delle ridotte dimensioni delle zone-sorgente e della conseguente limitatezza del campione di terremoti che ricade in ciascuna di esse;
- e) Essere utilizzabile in congiunzione con il nuovo catalogo CPTI2 utilizzato per i calcoli dei tassi di sismicità all'interno di questo progetto (ZS4 era stata tracciata anche sulla base del quadro di sismicità storica che derivava da NT.4);
- f) Fornire una stima di profondità "efficace", definita come l'intervallo di profondità nel quale viene rilasciato il maggior numero di terremoti in ogni zona-sorgente, utilizzabile in combinazione con le relazioni di attenuazione determinate su base regionale;
- g) Fornire per ogni ZS un meccanismo di fagliazione prevalente utilizzabile in combinazione con le relazioni di attenuazione sulla base dei coefficienti proposti da Bommer et al. (2003).

Nel caso in esame, il territorio comunale di Caldarola, seguendo la zonazione ZS9, si trova all'interno della zona sismogenetica 918 (Figura 34 - Zona "Medio-Marchigiana/Abruzzese") che risulta dalla scomposizione della fascia che da Parma si estende fino all'Abruzzo. Tale zona è caratterizzata da terremoti prevalentemente compressivi nella porzione nord-occidentale e probabilmente distensivi nella porzione più sud-orientale (zona di transizione a carattere misto); si possono altresì avere movimenti trascorrenti nelle zone di svincolo che dissecano la continuità longitudinale delle strutture. L'intera fascia è caratterizzata da terremoti storici che raramente hanno raggiunto valori molto elevati di magnitudo (M_w max 6,37); le profondità ipocentrali sono mediamente maggiori delle fasce esterne (profondità efficace 13 km): lo testimoniano quegli eventi che hanno avuto risentimenti su aree piuttosto vaste (1799 Camerino, 1873 Appennino marchigiano, 1950 Gran Sasso). A tale zona sono associate anche sorgenti "silenti" (Monti della Laga, Campo Imperatore), legate a fagliazione normale. Studi paleosismologici lungo le espressioni superficiali delle sorgenti suggeriscono una ripetuta attivazione nel corso dell'Olocene con magnitudo attese che, sulla base della lunghezza della rottura di superficie, vengono stimate tra 6,5 e 7,0 (Galadini e Galli, 2000).

In adiacenza alla zona sismogenetica 918, nel settore occidentale, sono ubicate le fasce 919 (Figura 35 – Zona “Appennino Umbro”) e 923 (Figura 36 – Zona “Appennino Umbro”), che di corredo con la zona 915, rappresentano una fascia che dalla Lunigiana arriva fino al confine Abruzzo-Molise e nella zonazione ZS4 veniva indicata come l’area con il maggior rilascio di energia dell’Appennino centro-settentrionale. Essa corrisponde al settore più interno della catena appenninica, generalmente interessato da importanti faglie primarie e relative sorgenti sismogenetiche, con faglie e sistemi di faglie legati all’estensione appenninica. Tali strutture immergono verso NE nel settore compreso tra la Toscana settentrionale e l’Umbria settentrionale e verso SW nel settore che si estende dall’Umbria centrale fino a tutto l’Abruzzo (Galadini et al., 2001; Valensise e Pantosti, 2001). Questa lunga fascia include le sorgenti sismogenetiche responsabili dei terremoti di più elevata magnitudo che hanno caratterizzato l’arco appenninico settentrionale e centrale. Nonostante le limitate dimensioni, la zona 919 (profondità efficace 8 km) è caratterizzata da un elevato numero di terremoti, molti dei quali di magnitudo maggiore o uguale a 5 (Mw max 6,37). Nella zona più meridionale (923, a sud della Valnerina, profondità efficace 9km) sono presenti invece le sorgenti più estese ed i terremoti a magnitudo più elevata (Mw max 7,06).

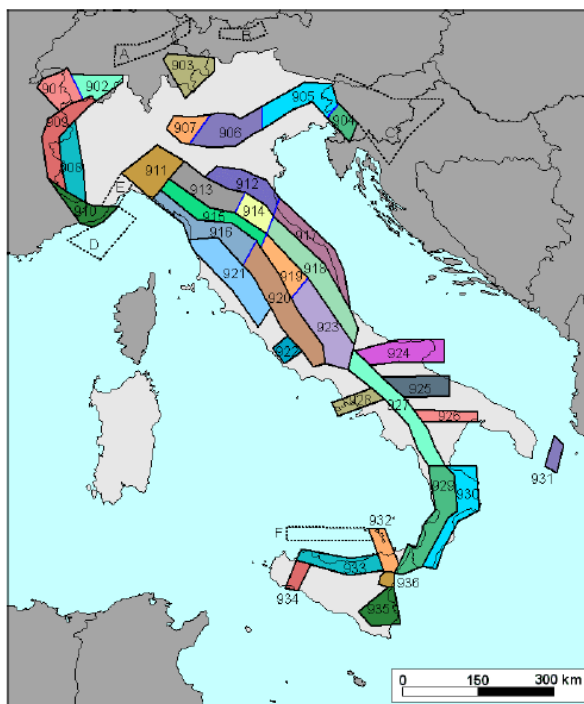


Figura 33 - Zonazione sismogenetica ZS9 (da <http://zonesismiche.mi.ingv.it/documenti/App2.pdf>).

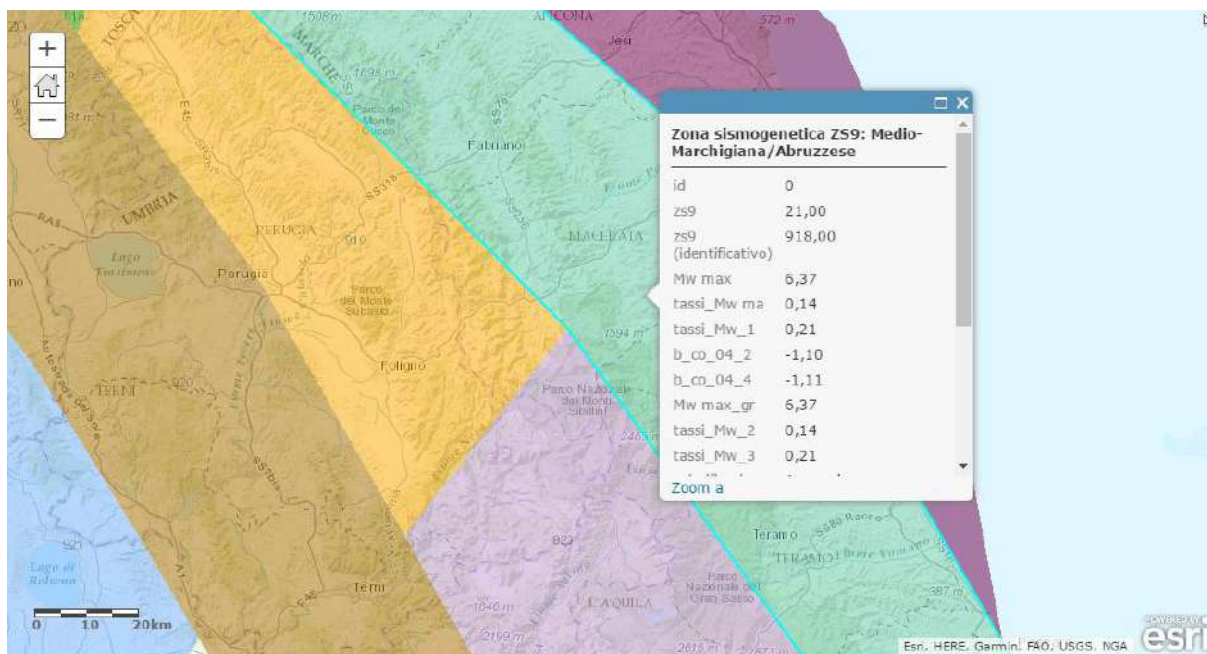


Figura 34 - Zona sismogenetica ZS9 n. 918 (verde acqua) – Zona “Medio-Marchigiana/Abruzzese” (da <http://www.arcgis.com/home/webmap/viewer.html?webmap=8c5d55e0d3b34ea78346e802fd4f6d73>).

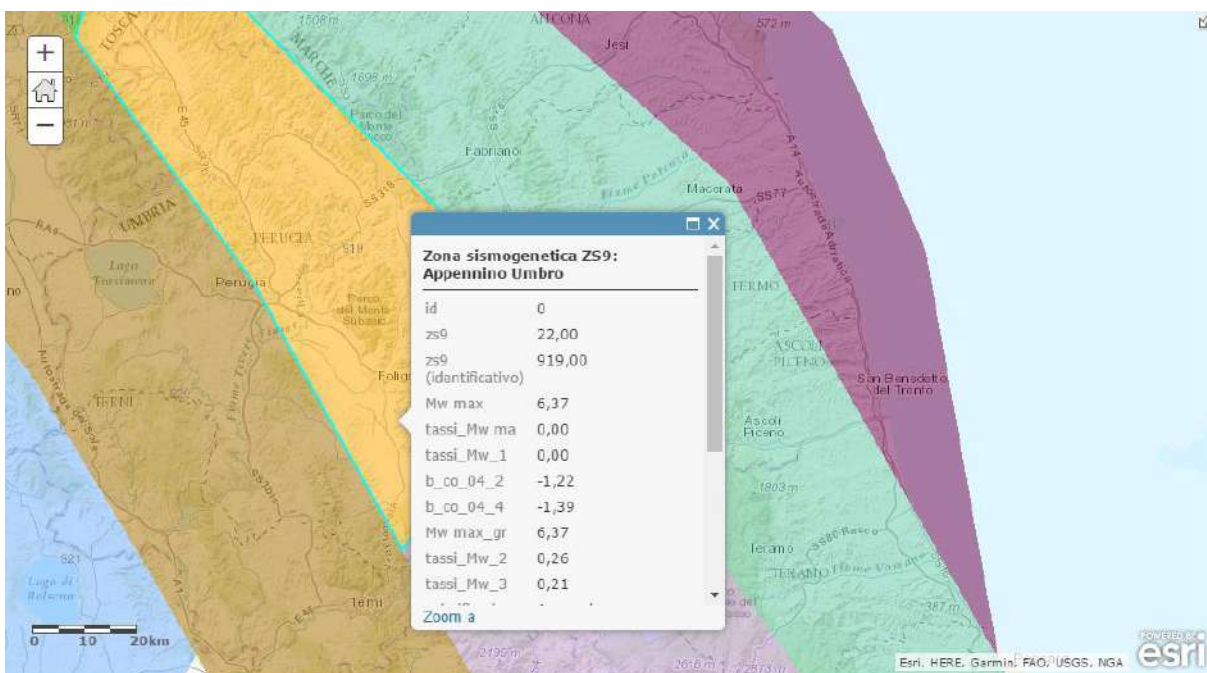


Figura 35 - Zona sismogenetica ZS9 n. 919 (giallo) – Zona “Appennino Umbro” (da <http://www.arcgis.com/home/webmap/viewer.html?webmap=8c5d55e0d3b34ea78346e802fd4f6d73>).

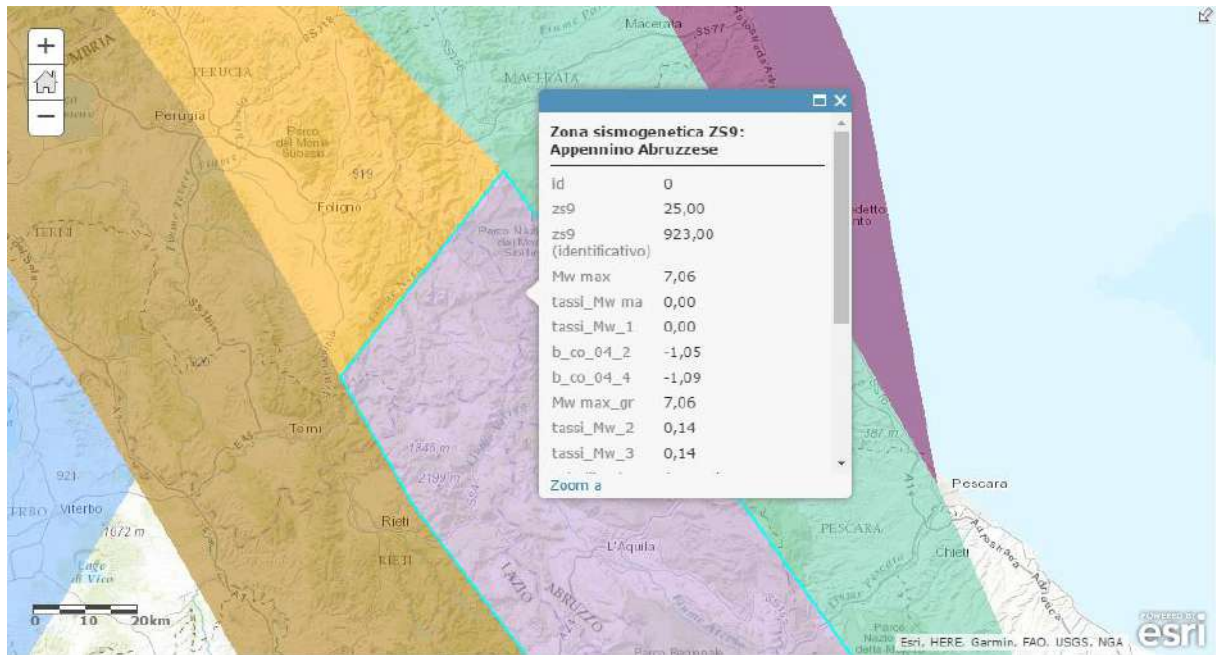


Figura 36 - Zona sismogenetica ZS9 n. 923 (viola) – Zona “Appennino Abruzzese” (da <http://www.arcgis.com/home/webmap/viewer.html?webmap=8c5d55e0d3b34ea78346e802fd4f6d73>).

Il database DISS è stato concepito negli anni '90 da un gruppo di scienziati dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia: è stato poi notevolmente migliorato attraverso rilasci successivi. Diversi autori, tra cui Bommer, definisce il DISS come il database più avanzato per le sorgenti sismogenetiche sviluppate in un contesto sismotettonico europeo.

Inoltre, rappresenta uno strumento indispensabile per lo sviluppo di futuri modelli di pericolosità sismica (Scotti, 2010).

Dopo la prima versione del DISS, rilasciata nel luglio del 2000, sono succedute altre versioni, fino a giungere all'attuale 3.2.1, rilasciata nel 2018 (Figura 37), consultabile anche su software gratuito Google Earth, che facilita la ricerca ai propri utenti ed espande le proprie capacità di diffusione dei dati.

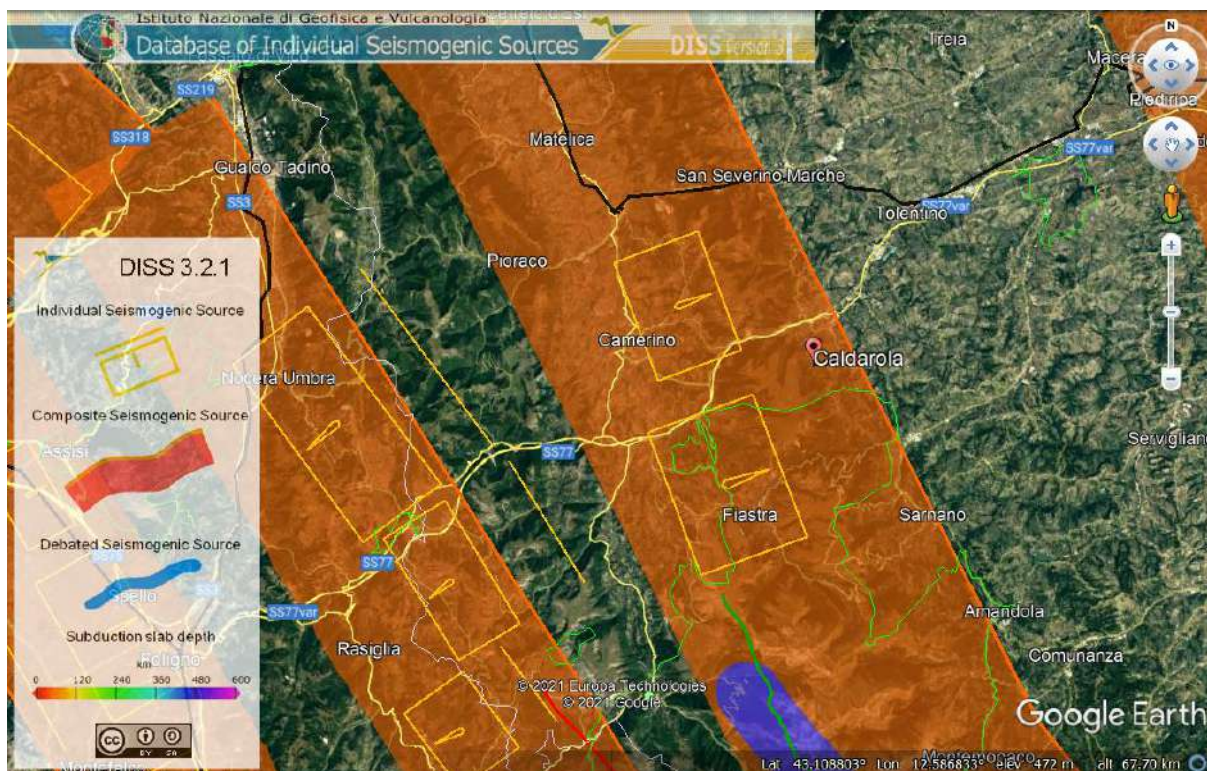


Figura 37 - Database delle strutture sismogeniche (DISS vers. 3.2.1).

Si può osservare che il territorio del Comune di Caldarola è compreso in un'ampia fascia sismogenetica composita avente andamento Nord-Sud e indicata come ITCS027 "Bore-Montefeltro-Fabriano-Laga", localizzata tra 12 e 22 km di profondità e rappresentata dalla proiezione di un thrust che emerge verso est lungo la costa adriatica, come ben individuato dal CROP03 (Barchi et al., 1998). Viene associata una magnitudo massima M_w max di 6,2 (terremoto di progetto) valutata usando la relazione di Wells & Coppersmith (1994).

All'interno di questa ampia fascia sono presenti singole sorgenti sismogenetiche, che da Nord a Sud sono: Loiano (ITIS058), Cagli (ITIS047), Fabriano (ITIS048), Camerino (ITIS049) e Sarnano (ITIS055).

Attualmente la regione interna marchigiana che ricade in tale fascia è caratterizzata da una bassa attività sismica: tuttavia terremoti estremamente dannosi hanno colpito questa zona negli ultimi 3 secoli, con epicentri allineati lungo una stretta striscia: Fabriano (1741, M_w 6,2), Cagli (1781, M_w 6,2), Camerino (1799, M_w 5,8) e Appennino marchigiano/Sarnano (1873, M_w 6,0).

I parametri delle strutture caratterizzanti le zone sismogenetiche prossime al Comune di Caldarola (Camerino e Sarnano) vengono riassunte nella tabella sottostante.

Tabella 3 – Caratteristiche delle zone sismogenetiche prossime al territorio comunale di Caldarola.

Codice	ITIS049	ITIS055
Nome	Camerino	Sarnano
Localizzazione (Lat/Lon)	43,1552/13,1022	43,0537/13,1399
Lunghezza (km)	8	9,5
Ampiezza (km)	6	7,5
Profondità Min (km)	14	14
Profondità Max (km)	16,1	16,6
Strike (°)	160	160
Dip (°)	20	20
Rake (°)	90	90
Slip per evento (m)	0,4	0,5
Slip Rate (mm/y)	0,1-0,5	0,1-0,5
Magnitudo max (Mw)	5,8	6
Ultimo evento	28 lug 1799	12 mar 1873
Penultimo evento	Sconosciuto	Sconosciuto

Ad occidente delle zone sismogenetiche analizzate, troviamo un'altra fascia denominata ITCS028 "Colfiorito-Campotosto" a cui viene associata una magnitudo massima Mw max di 6,5 e caratterizzata da un sistema di faglie normali a basso angolo, immergenti a SW e profondità compresa tra 2,5 e 14 km. A questa zona vengono associati numerosi terremoti distruttivi, che da nord a sud sono stati: Gubbio (1593, Mw 5,5), il doppio terremoto di Fiuminata (1747, Mw 5,9), Gualdo Tadino (1751, Mw 6,3), Camerino (1279, Mw 6,3) ed il recente doppio terremoto che ha colpito le zone di Colfiorito e Sellano, cioè il 26 settembre e il 14 ottobre 1997 (Mw 5,8 e 5,7 rispettivamente). A sud di questa zona, da segnalare il terremoto della Valnerina (1838, Mw 5,6), Norcia (1328, Mw 6,4) e Appennino Reatino (1703, Mw 6,8).

Nella tabella seguente vengono riassunti i parametri delle faglie presenti nelle zone sismogenetiche ubicate ad occidente del territorio comunale di Caldarola. Per quanto riguarda la zona ITIS016 "Bacino Norcia", i dati sono stati ricavati dalla precedente versione del database, cioè dal DISS 3.1.1, in quanto nella versione attuale sembrerebbe essere stata rimossa.

Tabella 4 – Caratteristiche delle zone sismogenetiche poste ad Ovest del territorio comunale di Caldarola.

Codice	ITIS017	ITIS018	ITIS019	ITIS016
Nome	Colfiorito Nord	Colfiorito Sud	Sellano	Bacino Norcia
Localizzazione (Lat/Lon)	43,0874/12,8358	42,999/12,9267	42,9133/12,9342	42,7587/13,0932
Lunghezza (km)	14	9	6	25
Ampiezza (km)	8	6	6	13,6
Profondità Min (km)	3,4	4	2,5	3
Profondità Max (km)	8,5	7,8	6,5	13,4
Strike (°)	143	148	144	150
Dip (°)	40	40	40	50
Rake (°)	275	277	260	270
Slip per evento (m)	0,33	0,38	0,28	0,64
Slip Rate (mm/y)	0,1-1	0,1-1	0,1-1	0,1-0,6
Magnitudo max (Mw)	6	5,7	5,6	6,5
Ultimo evento	26 set 1997	26 set 1997	14 ott 1997	30 ott 2016
Penultimo evento	30 apr 1279 (?)	Sconosciuto	<150 a.C.	14 gen 1703

L'area colpita dalla sequenza sismica del 2016-17 è caratterizzata da sistemi di faglia attivi, già descritti nella letteratura geologica pubblicata a partire dagli anni '90 del XX secolo. In particolare, il settore

appenninico compreso tra l'area di Campotosto a sud e Colfiorito a nord è interessato da sistemi di faglie con direzione da NW-SE a NNW-SSE, con espressioni superficiali di lunghezza complessiva nell'ordine di 20-30 km, costituiti da segmenti minori di lunghezza pari a 5-10 km. Come descritto in precedenza, si ritiene che queste faglie normali costituiscano l'espressione superficiale di sorgenti sismogenetiche potenzialmente in grado di generare terremoti con magnitudo compresa tra 5,5 e 7,0.

L'evidenza dell'attività recente - tranne che nel caso del sistema di faglia di Colfiorito - è riferibile alla dislocazione di depositi e forme attribuiti al Pleistocene superiore-Olocene (da circa 125.000 anni) e in molti casi è corroborata dai risultati di indagini paleosismologiche.

Di seguito vengono fornite sintetiche informazioni sui sistemi di faglia (Figura 38), come desumibili dalla ricca bibliografia disponibile.

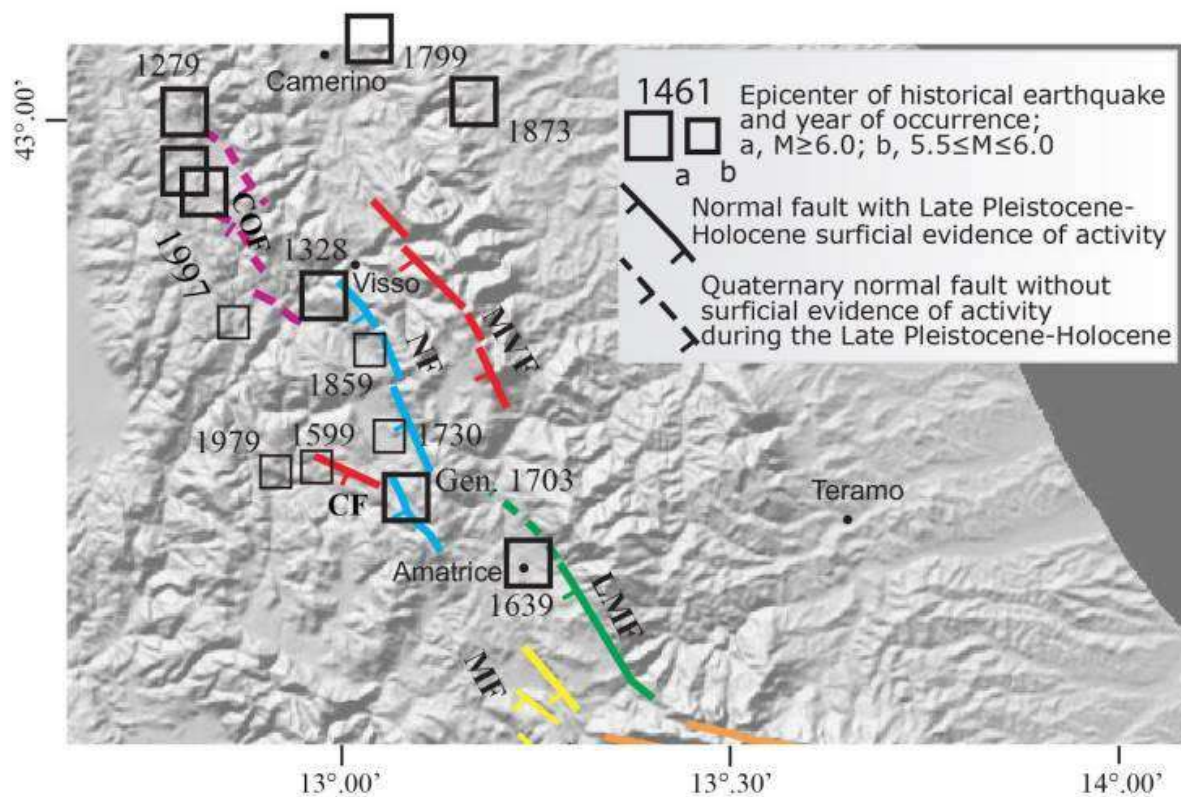


Figura 38 – Schema delle faglie quaternarie e/o attive nell'area compresa tra il bacino di Montereale (sud) e l'area di Colfiorito (nord): COF, faglia di Colfiorito; MVF, faglia del Monte Vettore; NF, faglia di Norcia; CF, faglia di Cascia; LMF, faglia dei Monti della Laga; MF, faglie del bacino di Montereale.

1) Sistema di faglie del M. Vettore (MVF), fra il versante settentrionale della valle del Tronto e la zona di Ussita. Comprende segmenti identificati lungo i versanti occidentali del M. Vettore, M. Argentella, Palazzo Borghese, M. Porche e M. Bove (Calamita e Pizzi, 1992; Coltorti e Farabollini, 1995; Cello et al., 1997; Pizzi et al., 2002; Galadini e Galli, 2003; Pizzi e Galadini, 2009). La sismicità che ha interessato questa zona a partire dal 24 agosto è stata attribuita all'attivazione dell'intero sistema di faglia.

Considerando le evidenze di attività olocenica e la mancanza di terremoti storici ad essa associati, la faglia è stata in passato considerata “silente”, intendendo che a essa era presumibilmente legato un gap sismico (Galadini e Galli, 2000). È da notare che in corrispondenza di un segmento minore al margine del Piano di Castelluccio – oggetto di indagini paleosismologiche mediante la realizzazione di trincee nel 1999 (Galadini e Galli, 2003) – è stata osservata fagliazione di superficie a seguito del terremoto del 30 ottobre.

2) Sistema di faglie di Colfiorito (COF), caratterizzato da tre segmenti distribuiti lungo i bacini di Colfiorito (nord) e Cesi-San Martino e in corrispondenza della zona di Mevale (sud). Si ritiene che questo sistema di faglia costituisca l'espressione superficiale delle sorgenti sismogenetiche che hanno generato la sequenza sismica del 1997 (Cinti et al., 1999; Pantosti et al., 1999; Cello et al., 2000; Calamita et al., 2000; Vittori et al., 2000; Messina et al., 2002; Chiaraluce et al., 2005; Barchi and Mirabella, 2009). In riferimento all'attività quaternaria, la dislocazione complessiva è stata stimata nell'ordine di alcune centinaia di metri. Tuttavia, sembrerebbe che essa sia prevalentemente il risultato di movimenti attribuibili al Pleistocene inferiore, mentre l'attività dal Pleistocene medio in poi, legata a movimenti in superficie lungo la faglia, sarebbe trascurabile (Messina et al., 2002). Pertanto, l'attuale attività della faglia è stata considerata compatibile con il comportamento sismogenetico osservato nel corso della sequenza del 1997, caratterizzata da terremoti con M non superiore a 6 (Messina et al., 2002).

3) Sistema di faglie di Norcia (NF), tra gli abitati di Cittareale a sud e Preci a nord, costituita da quattro segmenti, di cui tre al margine di depressioni che hanno ospitato sedimentazione nel corso del Quaternario (Norcia, Campi, Preci) e uno (Cittareale-Castel Santa Maria) in un settore di catena privo di bacino intermontano e caratterizzato da evidenze geomorfologiche di deformazioni gravitative profonde di versante (Calamita e Pizzi, 1992; Calamita et al., 1982; 1995; 1999; 2000; Blumetti et al., 1990; Blumetti, 1995; Brozzetti e Lavecchia, 1994; Cello et al., 1998; Galadini e Galli, 2000; Pizzi e Scisciani, 2000; Pizzi et al., 2002; Galadini, 2006; Gori et al., 2007). Questo sistema di faglia è generalmente considerato come l'espressione della sorgente che ha generato il terremoto del 14 gennaio 1703 (es. Galadini e Galli, 2000; Boncio et al., 2004a), come peraltro evidenziato dai risultati delle indagini paleosismologiche (Galli et al., 2005). Da notare che al sistema di Norcia sono stati anche associati terremoti di più piccola magnitudo (1328, 1730, 1859, 1979) (Galadini et al., 1999). A est di Norcia, la depressione di Cascia (CF) è bordata da una faglia caratterizzata da attività quaternaria (Calamita et al., 1982; Cello et al., 1997), cui è stato attribuito il terremoto del 1599 (es. Galadini et al., 1999). Tuttavia, la relazione tra questa e il sistema di Norcia non è chiara.

4) Sistema di Faglie della Laga (LMF), tra la valle del Vomano (sud) e la valle del Tronto (nord). Lungo l'espressione in superficie delle faglie si identificano due diversi domini geomorfologici, vale a dire

il bacino di Amatrice e l'altopiano di Campotosto (Cacciuni et al., 1995; Galadini e Messina, 2001; Boncio et al., 2004b). Mentre l'attività tardo-quadernaria lungo l'emergenza della faglia nel settore di Amatrice è trascurabile, nell'area di Campotosto si hanno invece chiare evidenze di dislocazione nel corso del Pleistocene superiore-Olocene. Per questa ragione sono stati in passato distinti due diversi segmenti (Galadini e Messina, 2001). Da notare anche che le indagini paleosismologiche effettuate nel 1998 lungo il segmento di Campotosto evidenziarono movimenti ripetuti nel corso dell'Olocene (Galadini e Galli, 2003). La segmentazione proposta sembra compatibile con le indicazioni sismologiche. In effetti, al segmento di Amatrice potrebbe essere associato il terremoto del 1639. Lo stesso avrebbe in parte contribuito a generare il terremoto del 24 agosto. Al contrario, non sono stati identificati terremoti storici attribuibili al segmento di Campotosto, per cui in passato, similmente al caso del Vettore, è stato ipotizzato un gap sismico (Galadini e Galli, 2003).

5) Sistema di faglie di Montereale (MF), lungo il bordo orientale del bacino e sul fianco occidentale della dorsale carbonatica NW-SE di San Giovanni. L'attività quadernaria è stata ipotizzata in alcuni articoli sulla base di dati geologici e geomorfologici (Blumetti, 1995; Cacciuni et al., 1995; Galadini e Messina, 2001; Chiarini et al., 2014; Civico et al., 2016). La relazione tra queste faglie e le altre che interessano l'area dell'Aquila (M. Marine, Pettino), associate al terremoto del 2 febbraio 1703, è tuttora non chiara. È possibile che uno dei terremoti della sequenza del 1703 (16 gennaio) sia stato originato da queste faglie o da una di esse (nel qual caso, forse, quella che borda il bacino, a ridosso dell'abitato di Capitignano).

6.3.3 STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA ESISTENTI

Viene definita la Microzonazione Sismica (MS) come la "valutazione della pericolosità sismica locale attraverso l'individuazione di zone del territorio caratterizzate da comportamento sismico omogeneo. In sostanza, la MS individua e caratterizza le zone stabili, le zone stabili suscettibili di amplificazione locale del moto sismico e le zone suscettibili di instabilità (ora Zone di attenzione per instabilità, N.d.R.)."

Per quanto riguarda il Comune di Caldarola, uno studio riguardante indagini di Microzonazione Sismica di Livello 1 è stato condotto a seguito dell'emanazione dell'O.C.D.P.C. 293/2015 "Individuazione dei territori della Regione Marche dove attuare il programma degli studi e indagini di microzonazione sismica e analisi CLE - V annualità". Tale studio di Livello 1 è stato svolto seguendo gli "Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica" del 2008.

Successivamente, a seguito dei forti eventi sismici che hanno caratterizzato il Centro Italia a partire dal 24/08/2016, è stato emanato il D.L. n. 8 del 9 febbraio 2017, Nuovi interventi urgenti in favore delle popolazioni colpite dagli eventi sismici del 2016 e del 2017, convertito con modificazioni dalla Legge n. 45 del 7 aprile 2017 mentre il 12 maggio 2017, è stata emanata l'Ordinanza n. 24 da parte del Commissario del Governo per la ricostruzione, "Assegnazione dei finanziamenti per gli studi di microzonazione sismica di III

livello ai Comuni interessati dagli eventi sismici verificatisi a far data dal 24 agosto 2016”, in cui, all’Appendice 2 – Elenco dei Comuni interessati dagli studi di MS e raggruppamenti territoriali, risulta essere presente anche il Comune di Caldarola. Lo scopo di tale livello 3 è quello di associare valori dei fattori di amplificazione FA e spettri medi di risposta alle zone stabili soggette ad amplificazione, già definite nel precedente livello 1, successivamente aggiornate durante gli studi per il livello 3. Il livello 1 può essere applicato alla sola pianificazione del territorio, mentre il livello 3 si applica alla pianificazione del territorio e può fornire elementi di supporto alle valutazioni che il progettista responsabile degli interventi sui manufatti deve comunque fare sotto la sua esclusiva responsabilità, anche indipendentemente dai risultati della Microzonazione di livello 3. Vengono inoltre definite 3 classi di intervallo dei periodi di vibrazione di interesse in relazione al numero dei piani in elevazione degli edifici presenti, o di futura edificazione, nell’area studiata (con caratteristiche omogenee): 0,1 – 0,5 s, 0,4 – 0,8 s e 0,7 – 1,1 s. Tali risultati vengono riportati nell’elaborato G11 – Carta delle zone a maggiori pericolosità sismiche locali.

Infine, in ottemperanza alle disposizioni contenute nell’Ordinanza n. 79 del 23 maggio 2019 *“Assegnazione dei finanziamenti per gli approfondimenti conoscitivi e studi prototipali in zone di attenzione per cavità e instabilità di versante, sismoindotte o in conseguenza di dissesti idrogeologici, individuate con gli studi di microzonazione sismica condotti ai sensi dell’Ordinanza n. 24 del 12 maggio 2017”* è stato effettuato un aggiornamento dello studio di Microzonazione Sismica del Comune di Caldarola (studio di approfondimento delle instabilità di versante del Capoluogo/Castello Pallotta, località Colle e località Valle di Valcimarra).

Da tale studio è emerso che: *“il professionista incaricato afferma che, sulla base del modello geologico e geotecnico ricostruito tramite rilievi di sito ed indagini, non sussistono condizioni di criticità e, pertanto, non ha condotto analisi di stabilità preliminari. Il centroMS, nel rispetto della responsabilità in capo al professionista, non ha pertanto potuto condurre analisi più approfondite. È tuttavia importante segnalare che il centroMS, anche grazie ai sopralluoghi effettuati in sito nella prima fase del lavoro, condivide sostanzialmente le affermazioni del professionista in quanto non si rilevano evidenze di campo che mettano in luce la presenza di dissesti in atto (attivi o quiescenti) né sussistono le condizioni geometriche e geotecniche per l’insorgenza di fenomeni significativi.”*.

Non sono disponibili studi di Microzonazione di Livello 3 per le località di Castello di Croce e Castiglione di Croce.

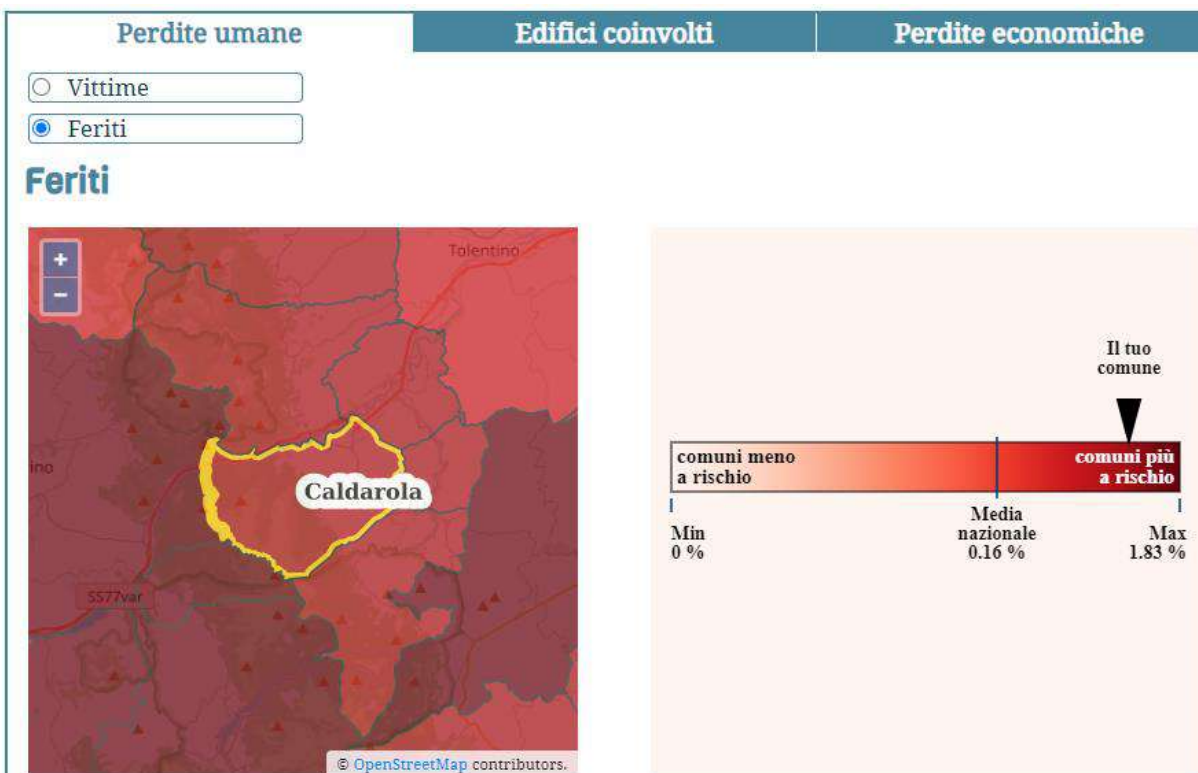
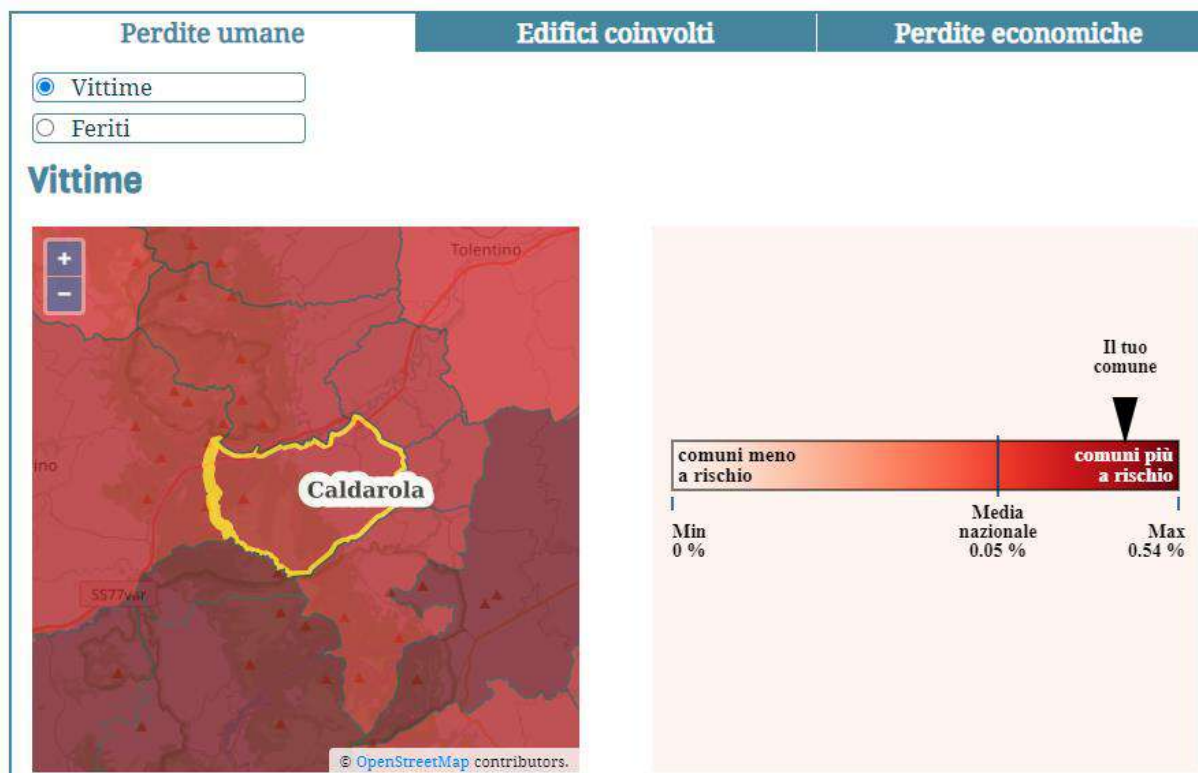
6.4 VALUTAZIONE DEL RISCHIO SISMICO DEL TERRITORIO

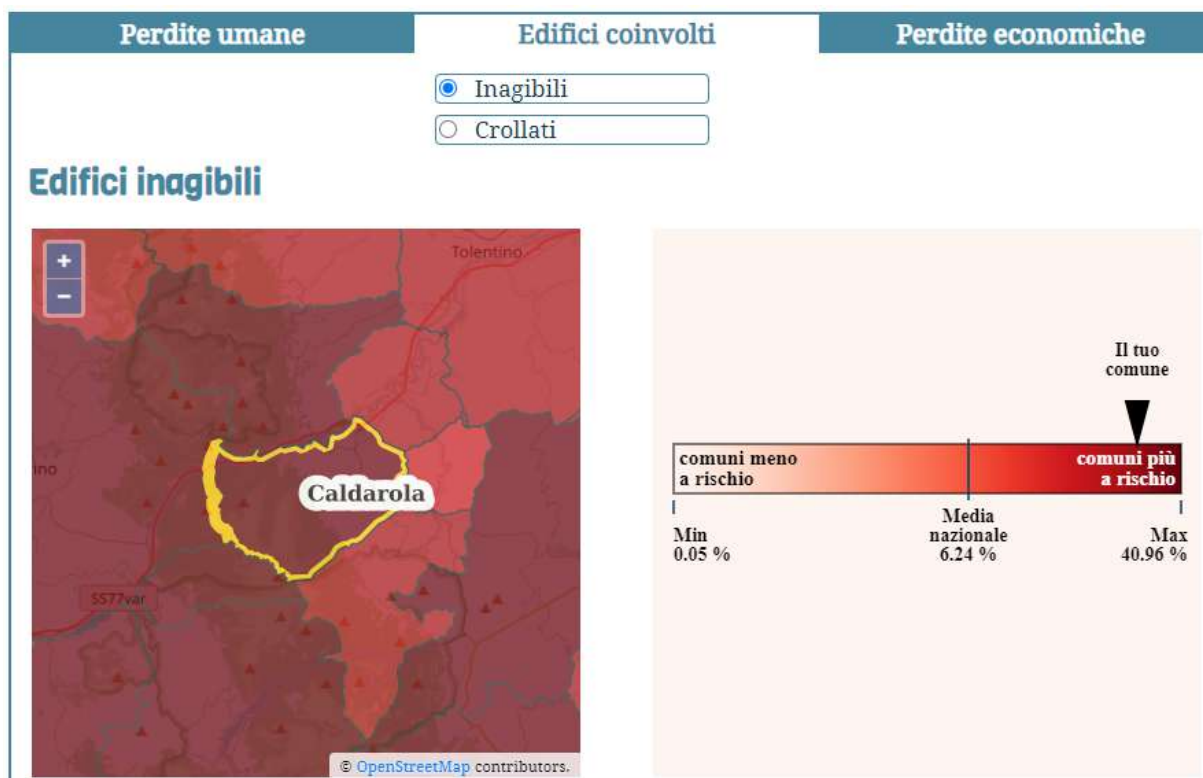
Da un’analisi della Tav. EN_07b del P.T.C. della Provincia di Macerata (Figura 39), risulta che il Comune di Caldarola, caratterizzato da una popolazione residente pari a 1.681 (ISTAT all’01/01/2021), possieda un grado di sismicità pari a 9 e un indice di sismicità pari a 0,4673: essendo quest’ultimo superiore alla media nazionale (0,0455), il sito oggetto di intervento viene fatto ricadere nella categoria *“Comuni ad elevato rischio sismico”*.



Figura 39 – Intensità massime osservate nei comuni nella Provincia di Macerata (PTC Tav. EN_07b).

Inoltre, attraverso il nuovo portale SICURO+, disponibile al link sicuropiu.it/index.html, viene fornito il rischio sismico di ogni comune, ossia una valutazione delle possibili conseguenze negative sugli edifici (inagibilità, crollo, perdite economiche) e sulla popolazione residente (vittime, feriti) dovute a terremoti che possono accadere in futuro. Di seguito vengono mostrati i risultati per quanto riguarda il Comune di Caldarola, relativamente a perdite umane (vittime e feriti), edifici coinvolti (inagibili e crollati) e perdite economiche.





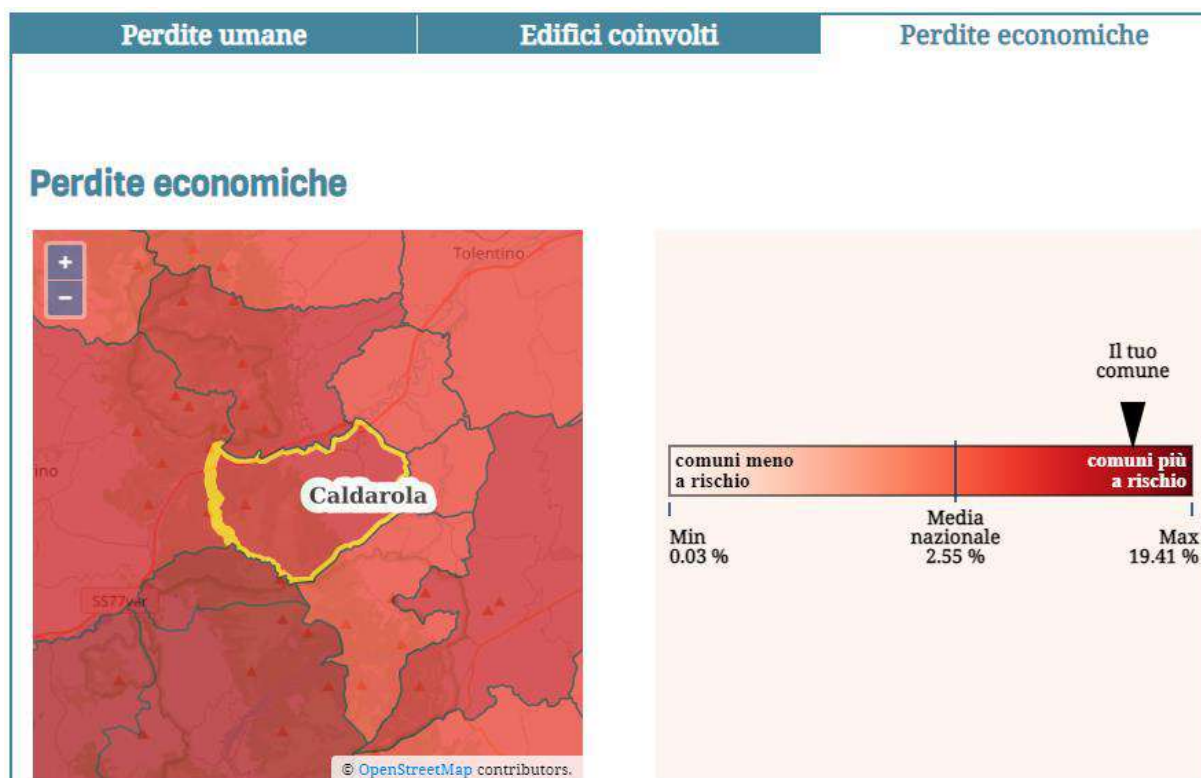


Figura 40 – Espressione del rischio sismico del Comune di Caldarola attraverso il progetto Sistema Informativo di ComUnicazione del Rischio - SICURO+.

In definitiva:

PERDITE UMANE – VITTIME: nel tuo comune in 50 anni le vittime potrebbero essere meno dell'1% (circa 1 vittima su 804). A livello nazionale, in termini di vittime, l'11% dei comuni ha un rischio superiore a quello del tuo comune.

PERDITE UMANE – FERITI: nel tuo comune in 50 anni i feriti potrebbero essere meno dell'1% (circa 1 ferito su 231). A livello nazionale, in termini di feriti, il 10% dei comuni ha un rischio superiore a quello del tuo comune.

EDIFICI COINVOLTI – INAGIBILI: nel tuo comune in 50 anni gli edifici inagibili potrebbero essere il 20% (circa 1 edificio inagibile su 5). A livello nazionale, in termini di edifici inagibili, il 5% dei comuni ha un rischio superiore a quello del tuo comune.

EDIFICI COINVOLTI – CROLLATI: nel tuo comune in 50 anni gli edifici crollati potrebbero essere l'1% (circa 1 edificio crollato su 78). A livello nazionale, in termini di edifici crollati, il 9% dei comuni ha un rischio superiore a quello del tuo comune.

PERDITE ECONOMICHE: nel tuo comune in 50 anni le perdite economiche potrebbero essere il 7% (pari a € 7.006.447,65) rispetto al totale del valore dell'edificato. A livello nazionale, in termini di perdite economiche, l'8% dei comuni ha un rischio superiore a quello del tuo comune.

6.5 VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

Il sito presso il quale è ubicato il manufatto deve essere stabile nei confronti della liquefazione, intendendo con tale termine quei fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, sollecitati da azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni non drenate.

Se il terreno risulta suscettibile di liquefazione e gli effetti conseguenti appaiono tali da influire sulle condizioni di stabilità di pendii o manufatti, occorre procedere ad interventi di consolidamento del terreno e/o trasferire il carico a strati di terreno non suscettibili di liquefazione.

In assenza di interventi di miglioramento del terreno, l'impiego di fondazioni profonde richiede comunque la valutazione della riduzione della capacità portante e degli incrementi delle sollecitazioni indotti nei pali.

In base al D.M. 17.01.2018, *Aggiornamento delle "Norme Tecniche per le Costruzioni"*, la verifica a liquefazione può però essere omessa, qualora sia verificata almeno una delle seguenti condizioni (§ 7.11.3.4.2):

- accelerazioni massime al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
- profondità media stagionale della falda superiore ai 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
- depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60} > 30$ oppure $q_{c1N} > 180$, dove $(N_1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e q_{c1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
- distribuzione granulometrica esterna a determinate fasce critiche (Figura 41).

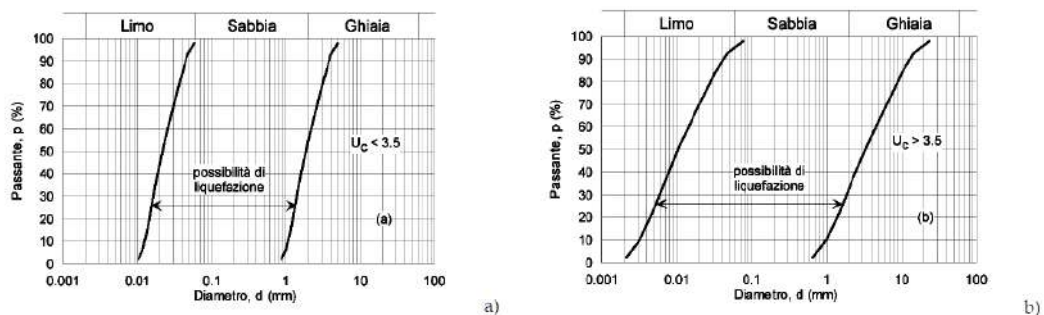


Figura 41 - Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione.

Nel territorio in esame, la verifica nei confronti del fenomeno della liquefazione può essere omessa in quanto le granulometrie emerse durante le indagini sono esterne alle fasce critiche sopracitate.

7.0 CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA DEL SITO

Vengono esplicitati i risultati ottenuti da eventuali indagini e prove geotecniche, descritte la caratterizzazione e la modellazione geotecnica dei terreni interagenti con l'opera. Inoltre, vengono riassunti i risultati delle analisi svolte per la verifica delle condizioni di sicurezza e la valutazione delle prestazioni nelle condizioni di esercizio del sistema costruzione – terreno. L'intero studio riguarda essenzialmente il volume significativo.

7.1 LITOSTRATIGRAFIA E CARATTERIZZAZIONE FISICA E MECCANICA DEI TERRENI E DELLE ROCCE

Per quanto riguarda la ricostruzione dell'assetto litostratigrafico e successiva caratterizzazione geomeccanica, si è fatto ricorso al reperimento di n. 9 sondaggi a carotaggio continuo, a distruzione di nucleo o trincee ispezionabili e n. 2 indagini penetrometriche dinamiche (elaborato G12 – Carta delle indagini).

Tali dati, trattati con spirito critico e con esperienza geologica acquisita in zona, vengono illustrati di seguito (elaborato G09 – Carta litotecnica).

Litotipo "GW" (in subordine "GP" e "GM") – Ghiaie, ghiaie sabbiose, ghiaie limose

Di colore avana con clasti prevalentemente calcarei a spigoli vivi, anche grossolani, originati dai litotipi della Scaglia rossa. Da poco a mediamente addensato. Presenta capacità portante e stabilità generalmente buona. L'incremento di intensità risentita rispetto ai terreni a più elevata rigidità è compreso tra 1 e 2 n.

PARAMETRO	UNITÀ	
Peso di volume	γ (t/m ³)	1,85-1,95
Resistenza non drenata	cu (kPa)	0,00
Angolo di resistenza al taglio	ϕ' (°)	28-35
Modulo elastico	E (kPa)	>30.000

Litotipo "ALS" – Marne, marne calcaree e marne argillose

Di colore grigio-verdastro. Presente diffuso clivaggio che altera la stratificazione e la compattezza. Presenta capacità portante e stabilità da buona a ottima.

PARAMETRO	UNITÀ	
Peso di volume	γ (t/m ³)	2,15-2,20
Angolo di resistenza al taglio	ϕ' (°)	>35
Resistenza a compressione monoassiale	σ_c (MPa)	>50
Modulo elastico	E (kPa)	>30.000

Litotipo “LPS” – Calcari e calcari marnosi con selce

Di colore rosato o biancastro. Presente stratificazione netta e compatta (strati generalmente medi). Presenta capacità portante e stabilità da buona a ottima.

PARAMETRO	UNITÀ	
Peso di volume	γ (t/m ³)	2,20-2,30
Angolo di resistenza al taglio	ϕ' (°)	>35
Resistenza a compressione monoassiale	σ_c (MPa)	>100
Modulo elastico	E (kPa)	>50.000

Sulla base degli accorgimenti contenuti nelle N.T.C. del 17.01.2018, si consiglia di considerare i parametri geotecnici precedentemente riportati come valori medi (valori nominali) e non caratteristici (stima ragionata e cautelativa del valore considerato nello stato limite considerato) o di progetto.

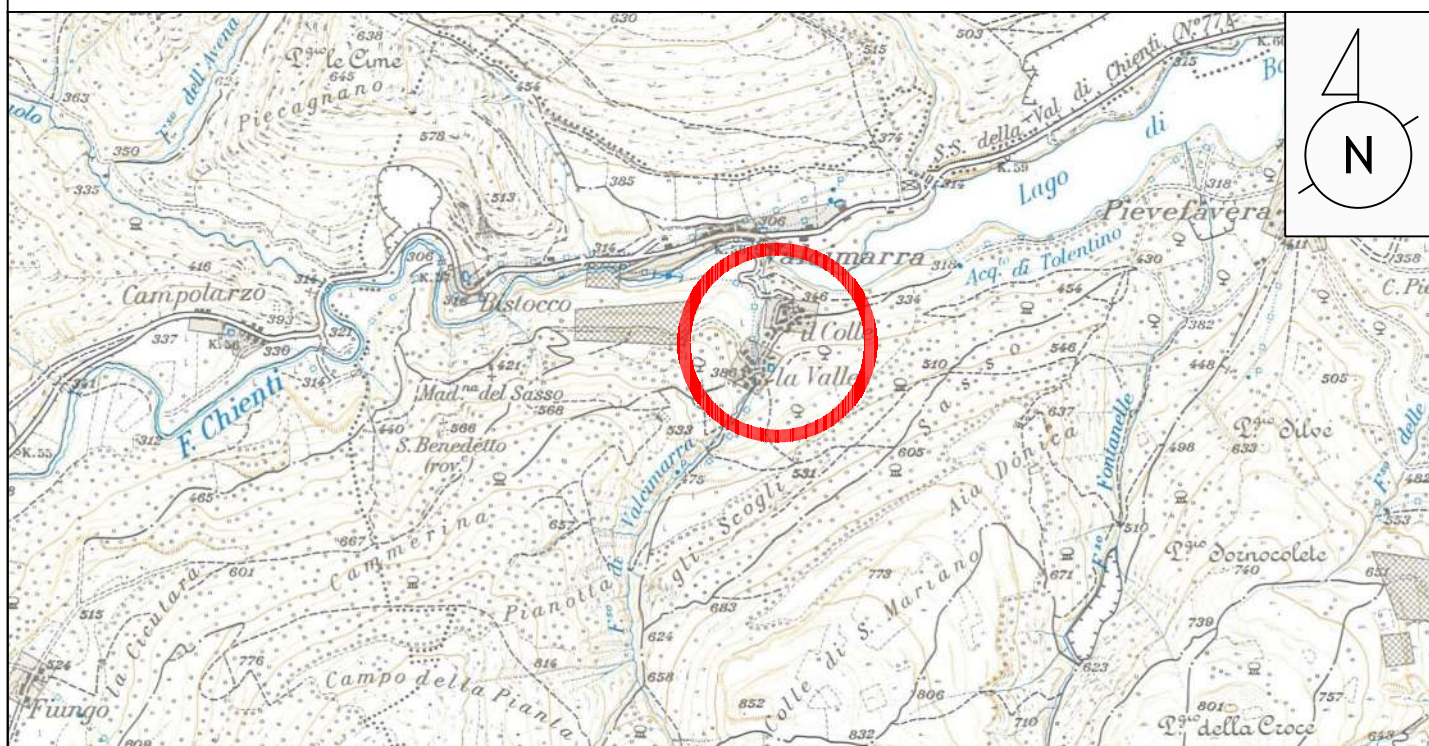
TAVOLE E ALLEGATI

INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

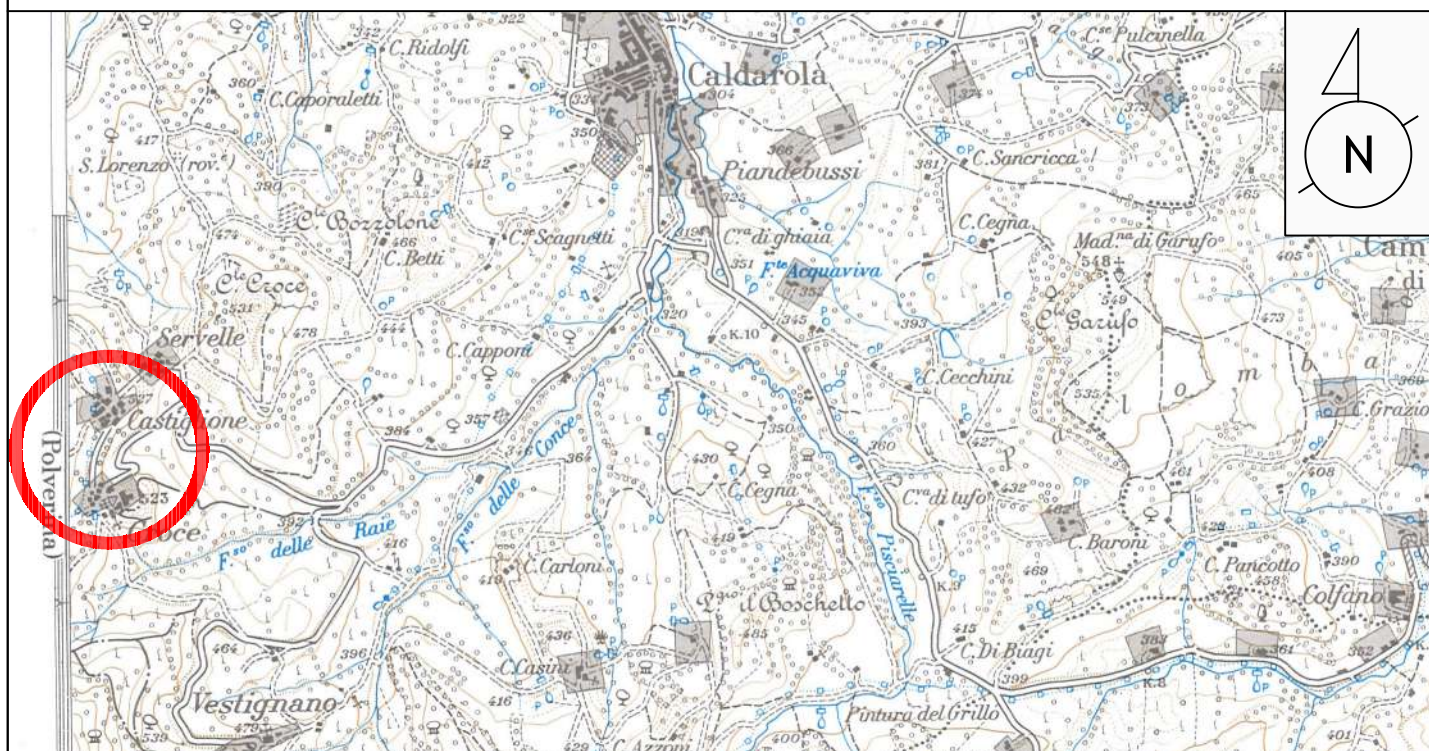
CARTA TOPOGRAFICA D'ITALIA

SCALA 1: 25.000

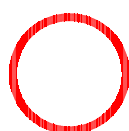
TAVOLA 01



FOGLIO 124 "MACERATA" – QUADRANTE II – TAVOLETTA NO "SAN GINESIO"



FOGLIO 124 "MACERATA" – QUADRANTE III – TAVOLETTA NE "POLVERINA"



Aree oggetto di indagine

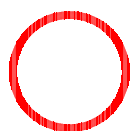
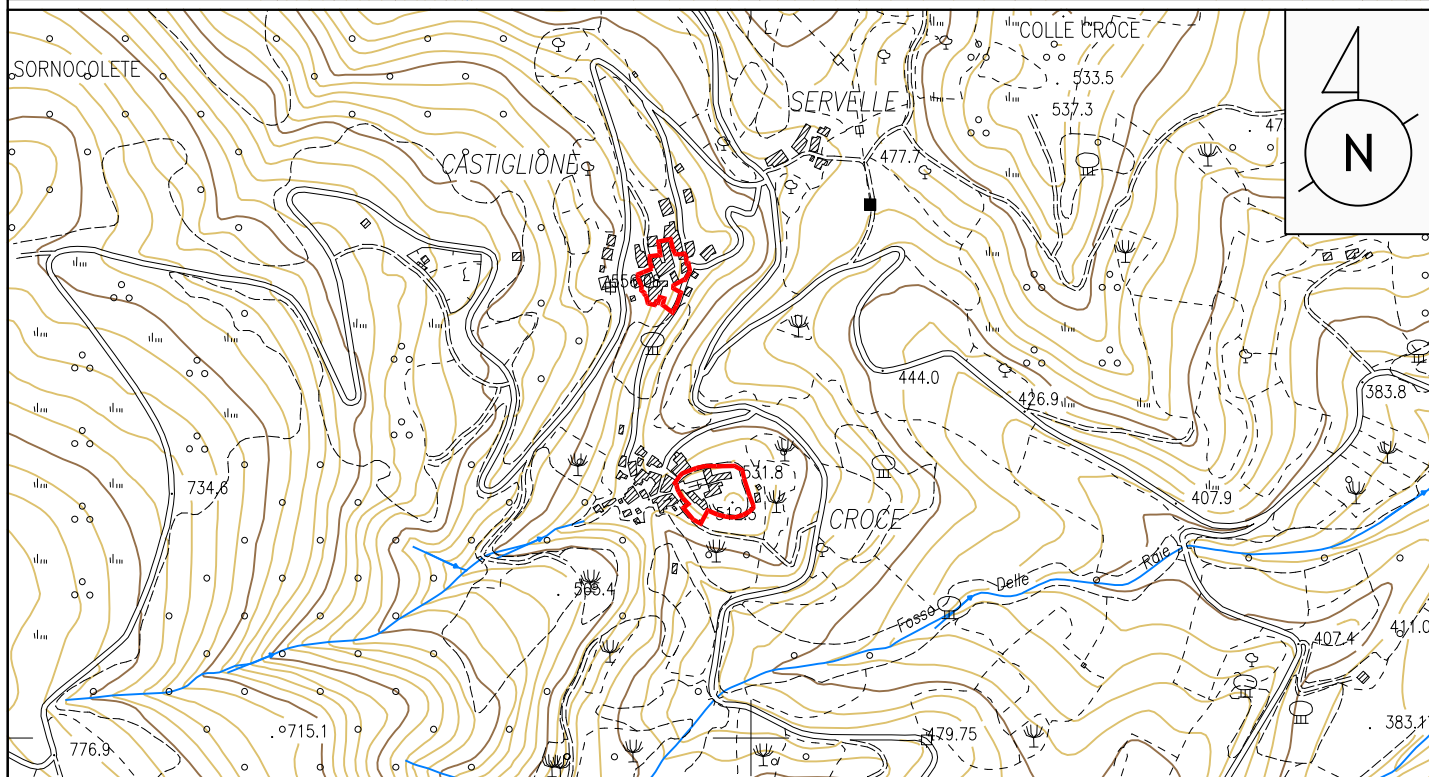
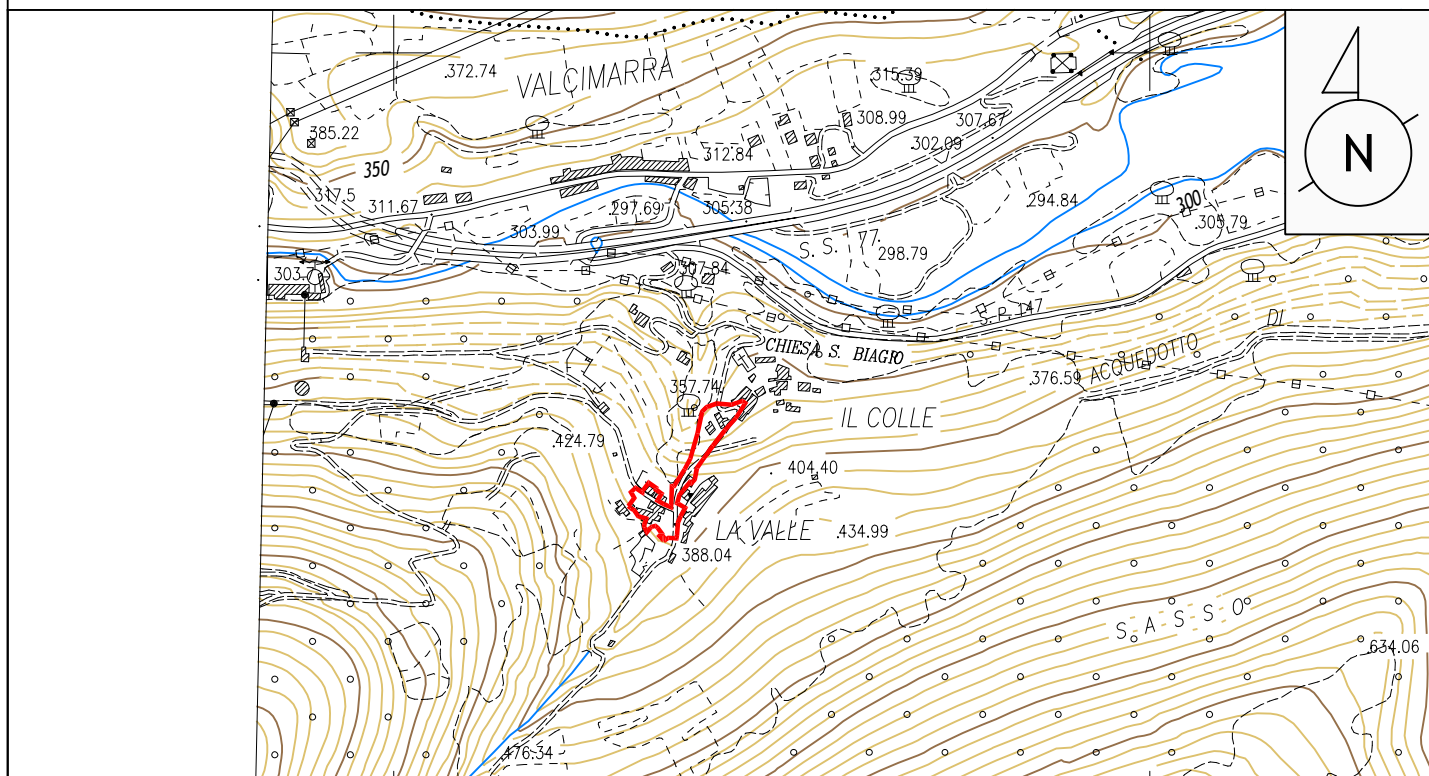
INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO

CARTA TECNICA REGIONALE

FOGLIO 313 "CAMERINO" – SEZIONE 313070 "CALDAROLA"

SCALA 1: 10.000

TAVOLA 02

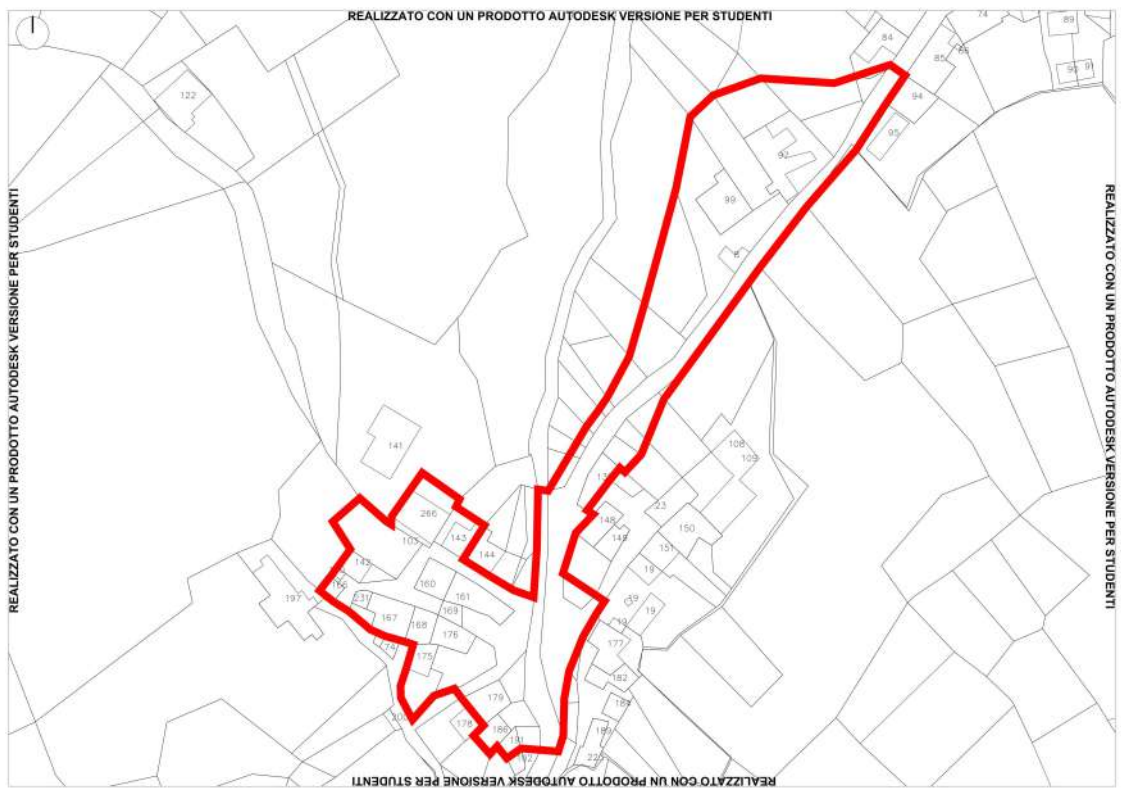


Aree oggetto di indagine

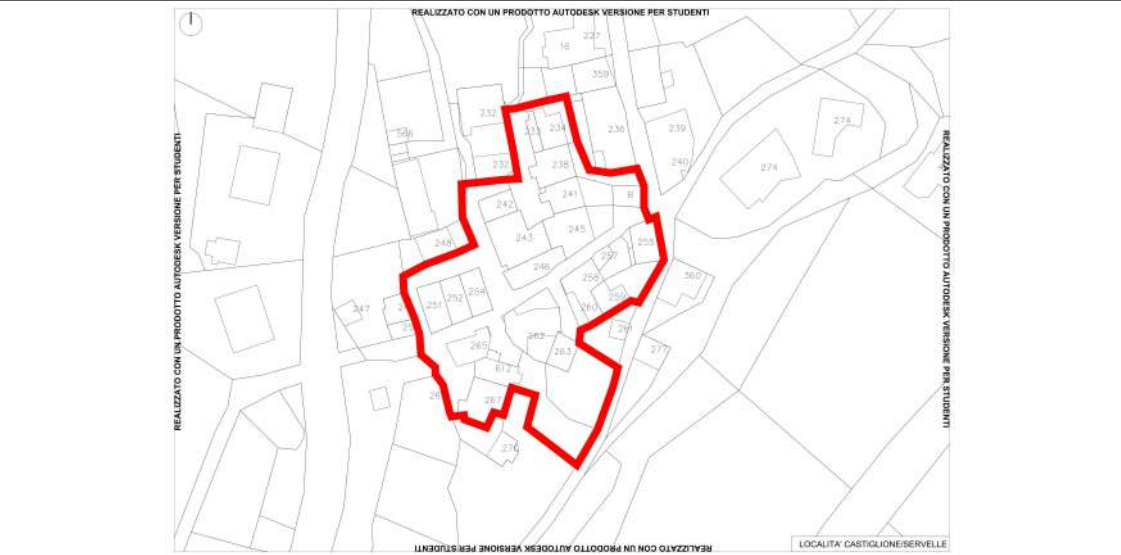
INQUADRAMENTO CATASTALE
COMUNE DI CALDAROLA – FOGLI 10, 13 e 22

SCALA 1: 2.000

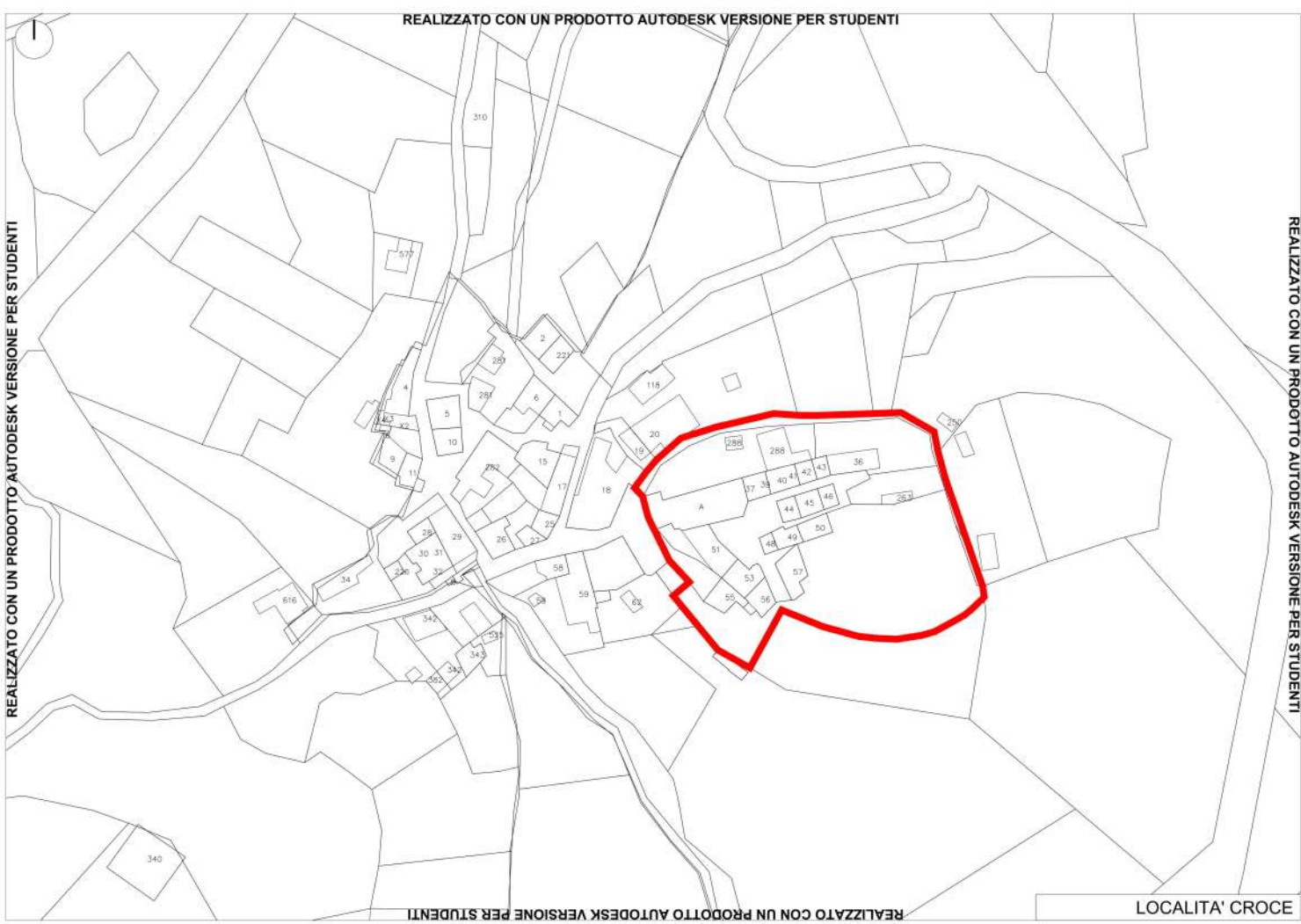
TAVOLA 03



VALCIMARRA (COLLE E VALLE)

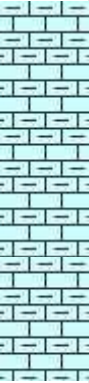



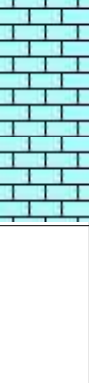





CASTIGLIONE DI CROCE



CASTELLO DI CROCE


Committente Amm.ne Comunale Caldarola	Profondità raggiunta 10 m	Quota Ass. P.C. 398	Certificato n° 1	
Operatore Claudio De Angelis	Indagine MZS Comunde di Caldarola - Approfondimento instabilità di versante			Inizio/Fine Esecuzione 19/12/2019
Responsabile Geol. Roberto Pucciarelli	Sondaggio S3	Tipo Carotaggio Carotaggio continuo	Tipo Sonda REND 900	Coordinate X Y 43.125387 - 13.203519

Scala (m)	Litologia	Descrizione	Quota	S.P.T.	Campioni	Cass. Catalog.
-1		Calcarei di colore bianco con zonature rosate	3.90	RIFIUTO -1.50 PC		
		Stratificazione ben evidente				
		Abbondanti livelli di selce rossa				
-2		Calcarei molto alterati e fratturati	6.10			
-3		(SUBSTRATO ALTERATO - FORMAZIONE DELLA SCAGLIA ROSSA)				
-4		Calcaridi colore variabile dal bianco al rosa chiaro con livelli di selce rossa				
-5		Stratificazione ben evidente				
-6		(SUBSTRATO ALTERATO - FORMAZIONE DELLA SCAGLIA ROSSA)				
-7						
-8						
-9						
-10						
-11						
-12						
-13						
-14						
-15						


Responsabile

Committente Amm.ne Comunale Caldarola	Profondità raggiunta 10 m	Quota Ass. P.C. 370	Certificato n° 1	
Operatore Claudio De Angelis	Indagine MZS Comunde di Caldarola - Approfondimento instabilità di versante			Inizio/Fine Esecuzione 18/12/2019
Responsabile Geol. Roberto Pucciarelli	Sondaggio S2	Tipo Carotaggio Carotaggio continuo	Tipo Sonda REND 900	Coordinate X Y 43.119554 - 13.222901

Scala (m)	Litologia	Descrizione	Quota	S.P.T.	Campioni	Cass. Catalog.
		Ghiaie calcaree a spigoli vivi di piccole dimensioni e blocchetti di cemento (MASSICCIAIA)	0.20			
-1		Limi argilloso - sabbiosi di colore marrone - grigio con pezzame calcareo eterometrico (TERRENO DI RIPORTO)	1.20			
-2		Calcari e calcari marnosi di colore variabile dal grigio chiaro al rosato; a luoghi sottili intercalazioni (interstrato) argillose Calcari alterati e fratturati (SUBSTRATO ALTERATO - FORMAZIONE DELLA SCAGLIA BIANCA)	1.20	RIFIUTO ←-1.55 PC →		
-3		Calcari e calcari marnosi di colore bianco - grigiastro (o verdastro)				
-4		Stratificazione ben evidente				
-5		A luoghi macchie rosate				
-6			7.40			
-7		(SUBSTRATO INTEGRO - FORMAZIONE DELLA SCAGLIA BIANCA)				
-8						
-9						
-10						
-11						
-12						
-13						
-14						
-15						



-5.00



-10.00

Responsabile

dr. geol. Fabrizio Tombolini
Via L. Zampeschi, 66 - 62029 Tolentino (MC)
tel./fax 0733/961154 - 0347/1778017

Comune: Caldarola (MC)
Cantiere: località Castiglione
Committente: Sig. Ridolfi Francesco

S3

[illegible]

ott. Geol. Roberto Pucciarelli

STUDIO DI GEOLOGIA AMBIENTALE
Via XXX Giugno, 40 - 62029 Tolentino (MC)
Tel./fax 0733/960504 - Cell. 0339/8990588
E.F. PCC RRT 68P18 L191Q
I. 01280050434

SCAVO ISPEZIONABILE Sc1

comune : Caldarola

località : Castiglioni

committente : Sig. Furiassi Antonia

data : 06/03/2001

metodo di perforazione : Escavatore meccanico


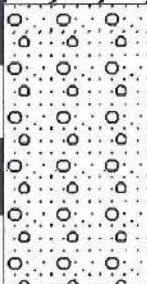




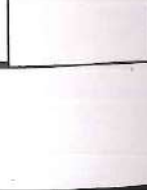
S4

STRATIGRAFIA spessore strati(m)	DESCRIZIONE	campioni	acqua	quote (m)	Pocket penetrometer		NOTE
					valore (kg/cm ²)	quote (m)	
0,25	Fondazione in pietra calcarea realizzata con i litotipi appartenenti alla formazione della Scaglia rosata.						
0,70	Detrito di versante costituito da ghiaie calcaree a spigoli vivi, in matrice limoso-argillosa di colore marrone scuro, a luoghi abbondante.						

dr. geol. Fabrizio Tombolini
Via L. Zampeschi, 66 - 62029 Tolentino (MC)
tel./fax 0733/961154 - 0347/1778017

Comune: Caldarola (MC)
Cantiere: località Castiglione
Committente: Sig. Butinelli Domenico

S5

STRATIGRAFIA		QUOTE		TIPO LITOLOGICO	Campioni		Pocket pen. Rp Kg/cm ²	Falda acquifera profondità in metri	OSSERVAZIONI
		p.c.	parz.		■ Ind.	□ Rim.			
					N.	Quote			
m.		0.60	0.60	Ghiaie sabbiose e ciottoli (terreno di riporto).					
1				Sabbie a granulometria fine, local- mente poco cementate, con ghiaie sparse e ciottoli calcarei e calcareo- marnosi, di colore beige (depositi colluviali).					
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
									-2.50 m fine sondaggio

dr. geol. Fabrizio Tombolini
Traversa F. Filelfo, 20/22 - 62029 Tolentino (MC)
tel. 0733/961154 - 347/1778017

Comune: Caldarola (MC)
Cantiere: località Castiglione
Committente: Sig. Butinelli Domenico

S6

[illegible]

tel. 0733/961154 - 347/1778017

Committente: Sig. Butinelli Domenico

S7

[illegible]

STUDIO GEOLOGICO-TECNICO

dr. geol. Fabrizio Tombolini

Via L. Zampeschi, 66 - 62029 Tolentino (MC)

tel./fax 0733/961154 - 0347/1778017


SONDAGGIO S1 (escavatore)

S8

Comune: Caldarola (MC)

Cantiere: località Castiglione

Committente: Sig. Butinelli Domenico

STRATIGRAFIA		QUOTE		TIPO LITOLOGICO	Campioni		Pocket pen. Rp Kg/cm ²	Falda acquifera profondità in metri	OSSERVAZIONI
		p.c.	parz.		<input checked="" type="checkbox"/> Ind.	<input type="checkbox"/> Rim.			
					N.	Quote			
m.		0.40	0.40	Ghiaie sabbiose e ciottoli (terreno di riporto). Sabbie a granulometria fine, localmente poco cementate, con ghiaie sparse e ciottoli calcarei e calcareo-marnosi, di colore beige (depositi colluviali).					
1									
2									
3									-2.50 m fine sondaggio
4									Il piano di posa della fondazione è posto alla profondità di 0.95 m dal p.c..
5									
6									
7									
8									
9									
10									

SCALA 1 : 50

Pagina 1/1

S9

[illegible]

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SUPER PESANTE n.1

(DPSH - 63,5 (90°))

Committente: Binotti Alessandro

Località: Valcimarra

note: acqua non rinvenuta

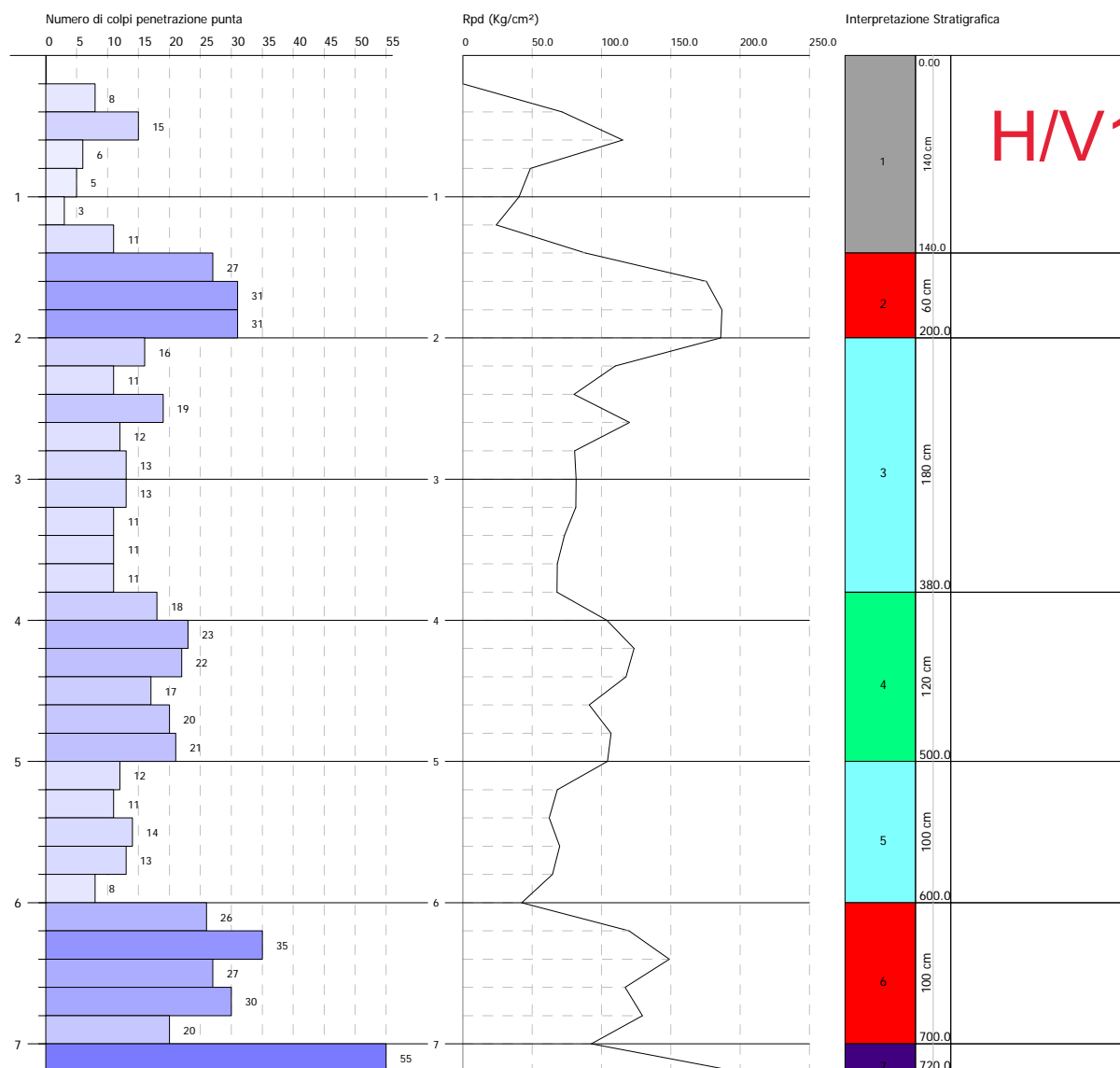
data: 05/09/07

m	N	Qd (kg/cm²)	N _{SPT} equiv	N colpi	Profondità (m)	Litologia	Terreni granulari			Terreni coesivi		
							ϕ' (°)	E ₅₀ (kg/cm²)	M ₅₀ (kg/cm²)	Cu (kg/cm²)	Eu (kg/cm²)	Ed (kg/cm²)
0,2	2	17,9	3,0	2	0,2	Riporto limoso con clasti	22	88	49			
0,4	8	71,6	12,1	8	0,4		28	132	81			
0,6	14	125,4	21,1	14	0,6		33	176	113			
0,8	11	98,5	16,6	11	0,8		31	154	97			
1	11	91,5	16,6	11	1,0		31	154	97			
1,2	8	66,6	12,1	8	1,2	Detrito limoso	28	132	81			
1,4	9	74,9	13,6	9	1,4		29	139	86			
1,6	7	58,2	10,6	7	1,6					1,06	116	53
1,8	3	25,0	4,5	3	1,8	Detrito limoso localmente plastico	23			0,45	50	23
2	4	31,1	6,0	4	2,0		25			0,60	62	30
2,2	3	23,3	4,5	3	2,2		23			0,45	47	23
2,4	5	38,9	7,6	5	2,4		26			0,76	78	38
2,6	4	31,1	6,0	4	2,6		25			0,60	62	30
2,8	10	77,7	15,1	10	2,8	Detrito Limoso con clasti	30	147	91			
3	7	51,0	10,6	7	3,0		28	124	75			
3,2	5	36,5	7,6	5	3,2		26			0,76	73	38
3,4	4	29,2	6,0	4	3,4		25			0,60	58	30
3,6	3	21,9	4,5	3	3,6		23			0,45	44	23
3,8	5	36,5	7,6	5	3,8		26			0,76	73	38
4	5	34,3	7,6	5	4,0		26			0,76	69	38
4,2	7	48,1	10,6	7	4,2		28	124	75			
4,4	6	41,2	9,1	6	4,4		27			0,91	82	45
4,6	9	61,8	13,6	9	4,6		29	139	86			
4,8	6	41,2	9,1	6	4,8		27			0,91	82	45
5	5	32,4	7,6	5	5,0		26			0,76	65	38
5,2	8	51,9	12,1	8	5,2		31			1,21	104	60
5,4	11	71,4	16,6	11	5,4		31	154	97			
5,6	11	71,4	16,6	11	5,6		31	154	97			
5,8	9	58,4	13,6	9	5,8		29	139	86			
6	8	49,2	12,1	8	6,0	Detrito calcarea (con limi)				1,21	98	60
6,2	7	43,0	10,6	7	6,2					1,06	86	53
6,4	7	43,0	10,6	7	6,4					1,06	86	53
6,6	9	55,3	13,6	9	6,6		29	139	86			
6,8	11	67,6	16,6	11	6,8		31	154	97			
7	23	134,4	34,7	23	7,0	Substrato calcarea fessurato	38	242	161			
7,2	16	93,5	24,2	16	7,2		34	191	124			
7,4	26	151,9	39,3	26	7,4		39	264	177			
7,6	26	151,9	39,3	26	7,6		39	264	177			
7,8	65	379,8	98,2	65	7,8							
8					8,0							
8,2					8,2							
8,4					8,4							
8,6					8,6							
8,8					8,8							
9					9,0							
9,2					9,2							
9,4					9,4							
9,6					9,6							
9,8					9,8							
10					10,0							

Committente: Amministrazione Comunale
Cantiere: Valcimarra
Località: Caldarola (MC)

Data: 20/12/2019

Scala 1:50



I - PROFILO SISMICO Onde P - S

MW1

MASW

B

G24

Endshot2

Offset4

250 - 340 (P)
150 - 200 (S)

950 - 1050 (P)
410 - 480 (S)

540 - 580 (S)

610 - 660 (S)

830 - 1150 (S)

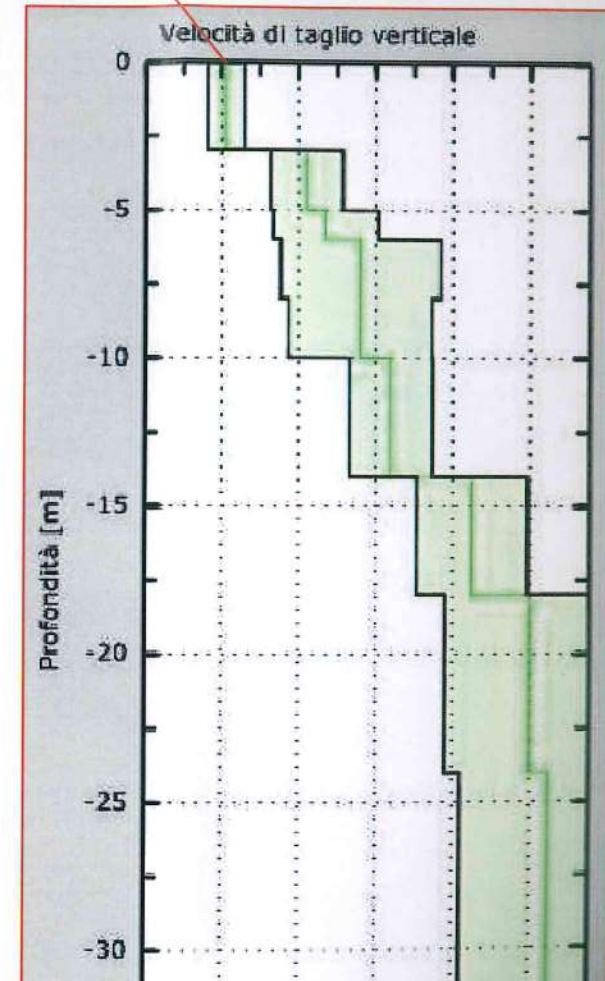
1 - Detrito limoso

2 - Detrito limoso con clasti

3 - Detrito limoso con clasti (più addensato)

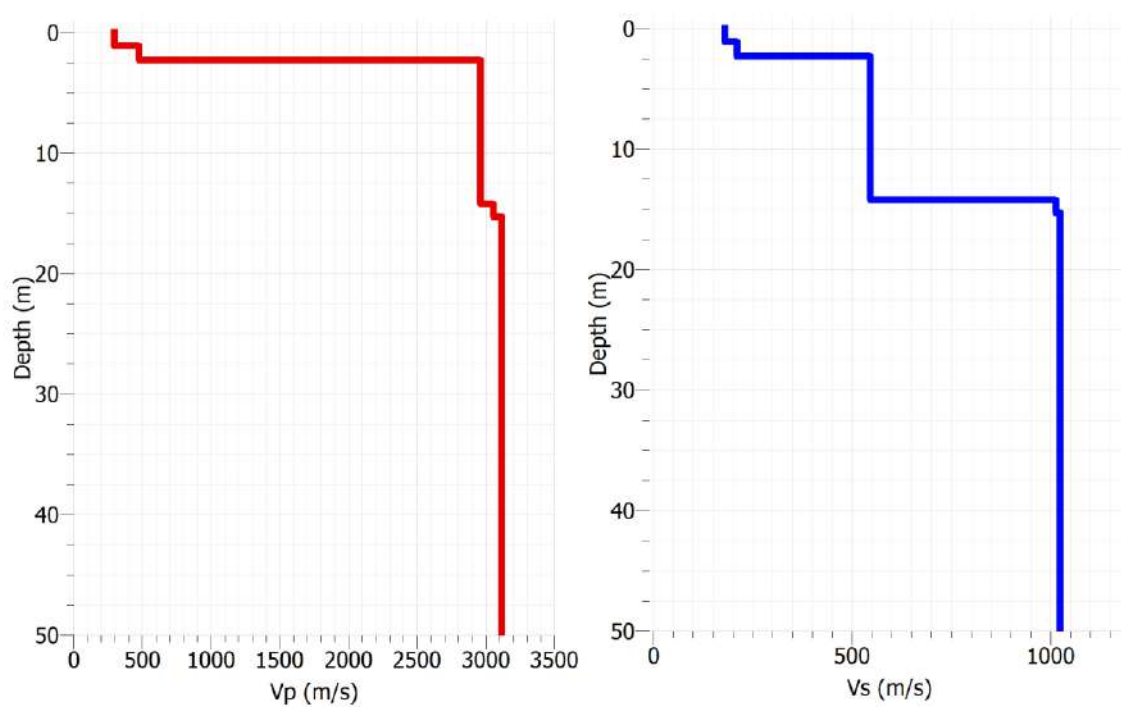
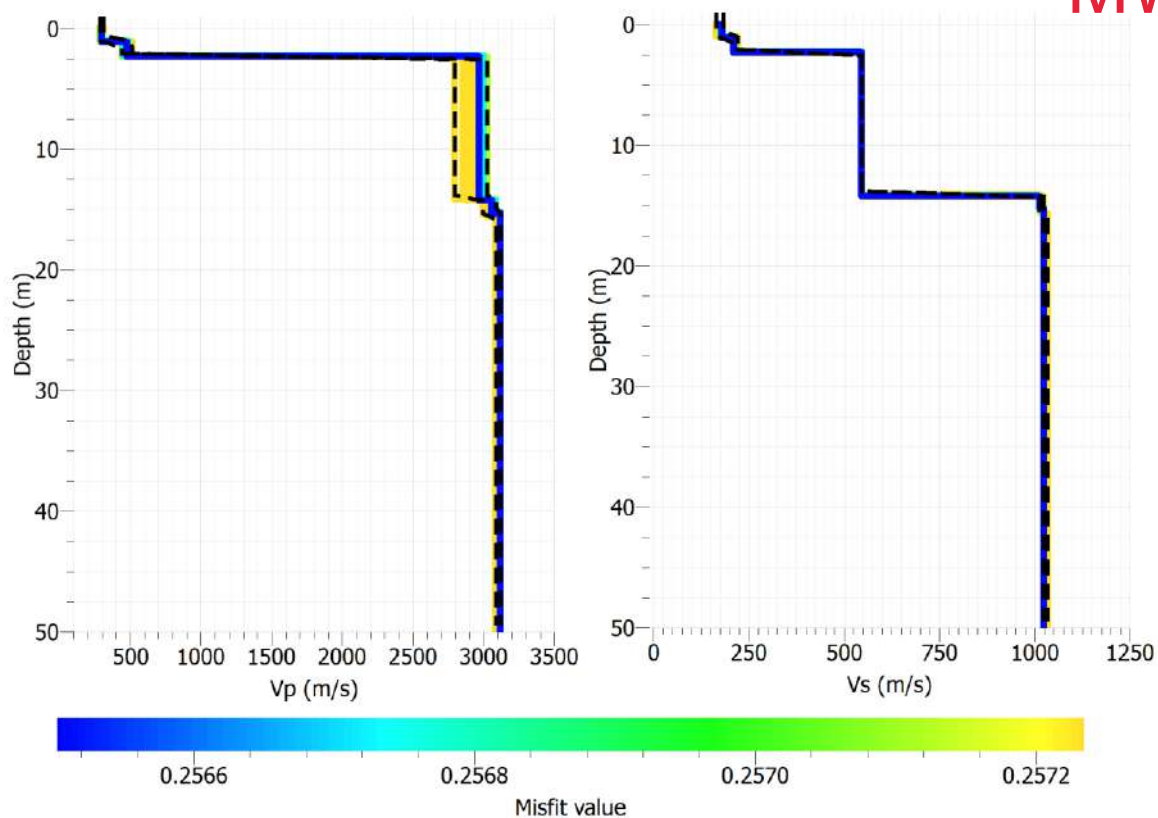
4 - Detrito calcareo

5 - Probabile formazione calcarea da fratturata a poco fratturata



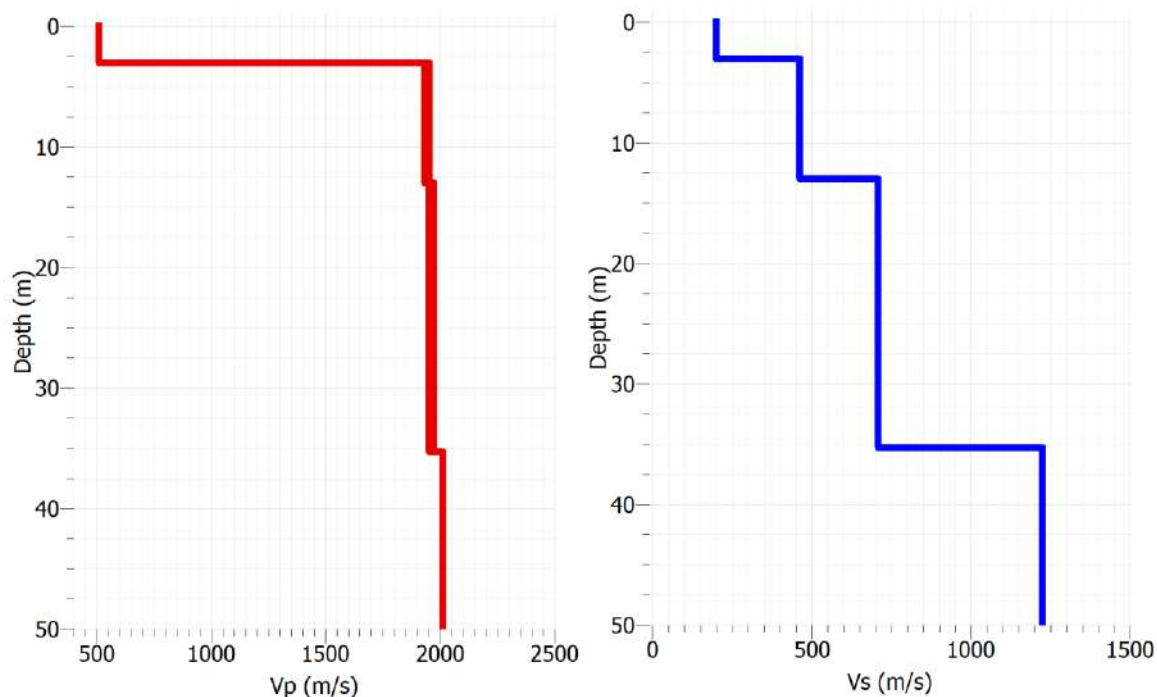
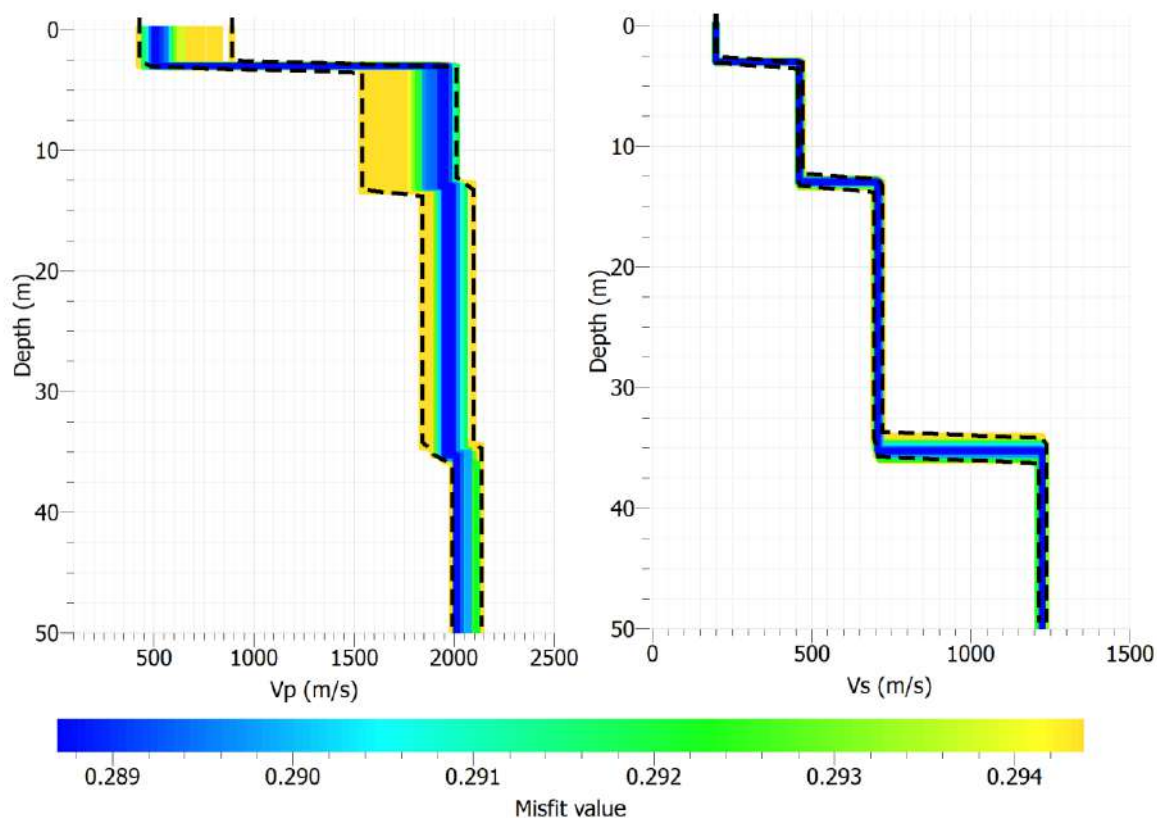
con il valore più basso individuato.

MW2

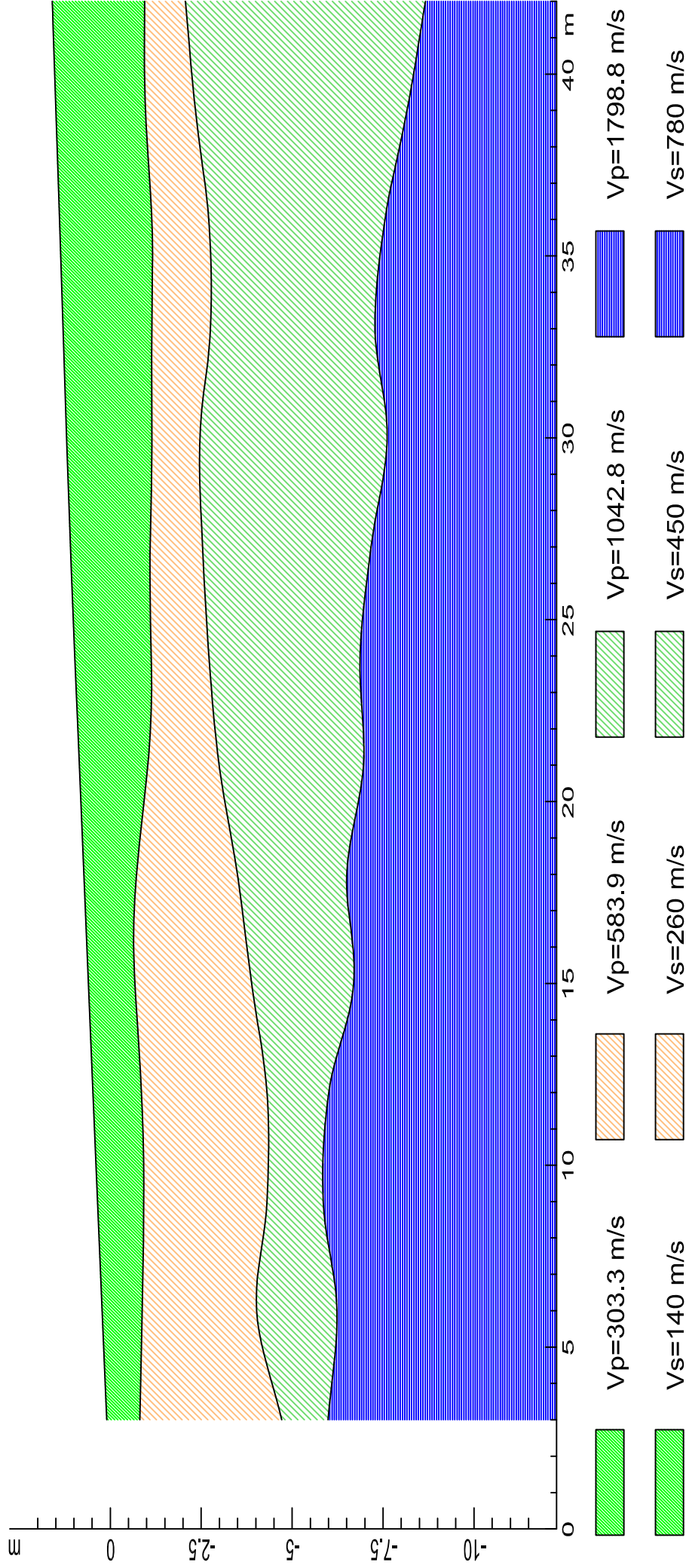


vengono riportate le variazioni delle velocità V_p e V_s per i valori di misfit più bassi e quello con il valore più basso individuato.

MW3



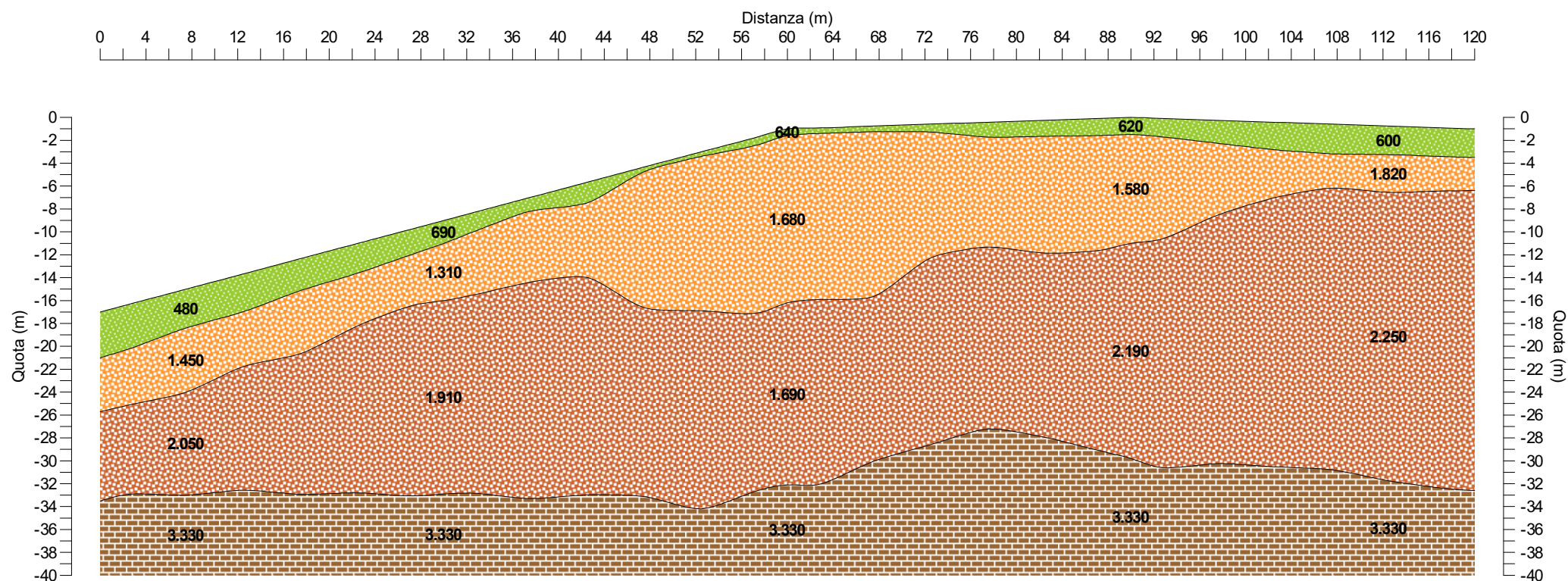
SEZIONE VERTICALE



SISMICA A RIFRAZIONE SR1

Scala 1:500

TAV. 2



LEGENDA




	Sismostrato 1	480	Velocità onde P (m/s)
	Sismostrato 2		
	Sismostrato 3		
	Sismostrato 4		

GRAFICO RAPPORTO HVSR

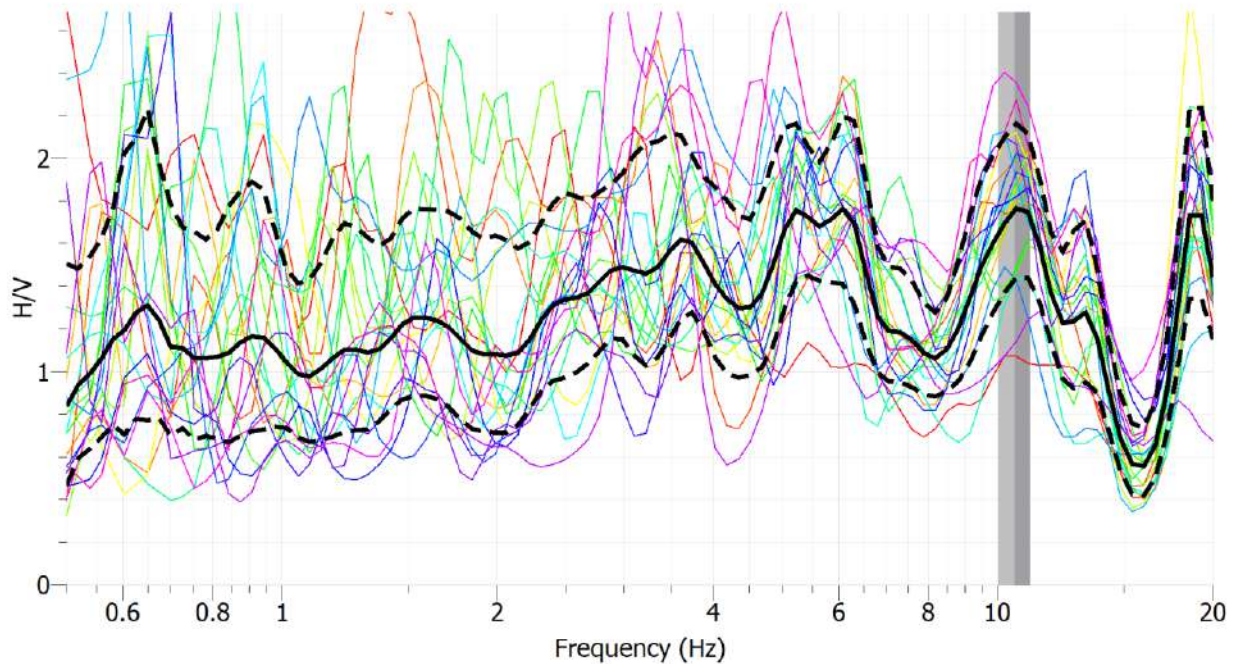


Figura 4 – Rapporto H/V

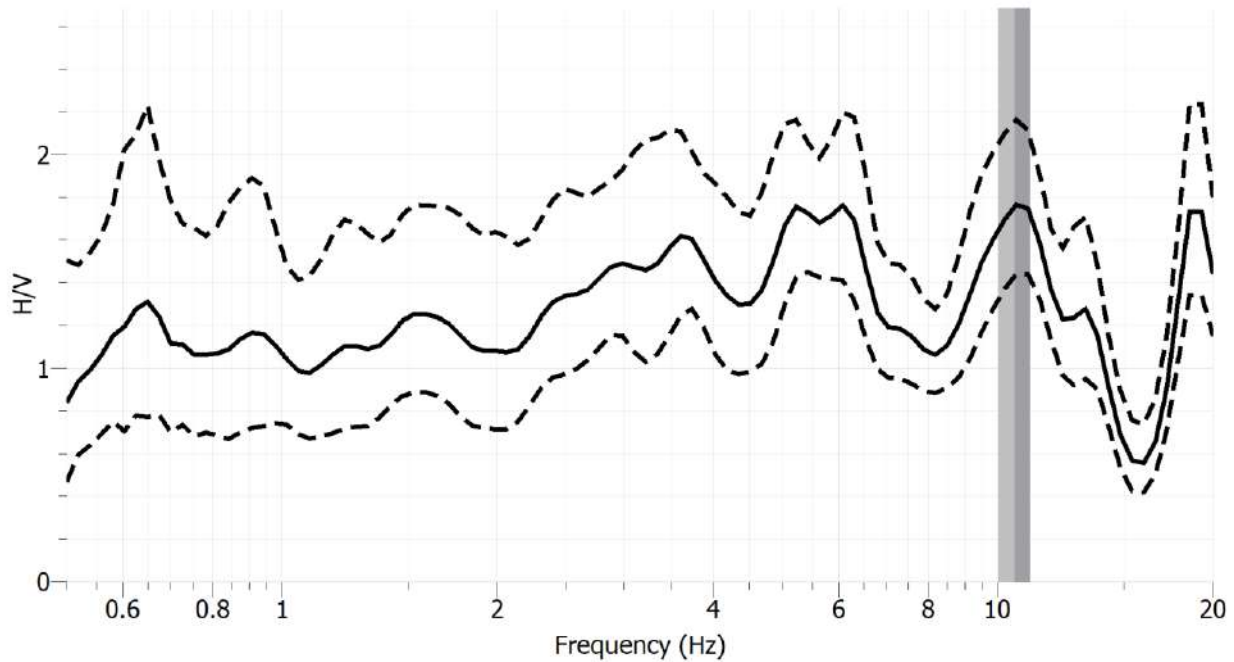
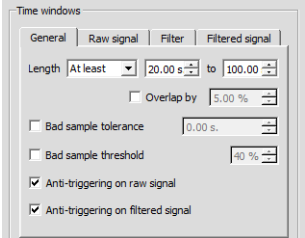
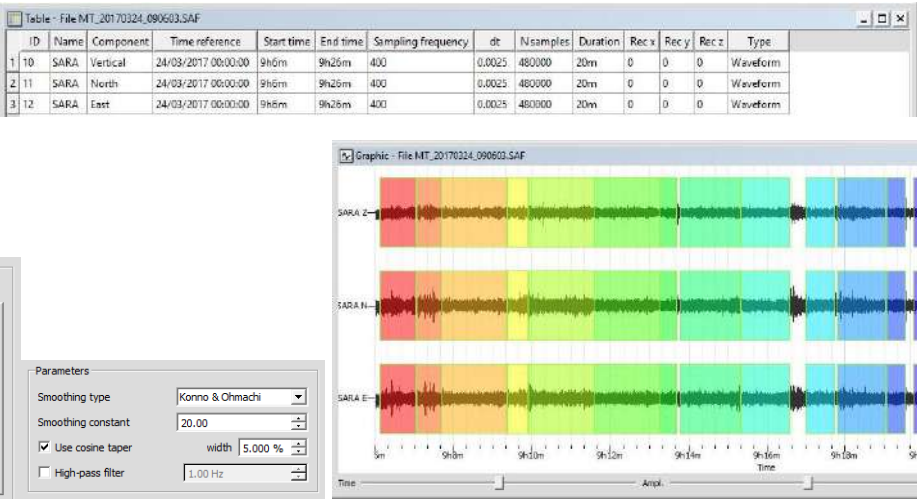


Figura 5 - Deviazione standard (linea tratteggiata), media (linea continua).

In relazione all'intervallo di frequenze considerato (0.5-20Hz), si è evidenziato 1 picco di frequenza di risonanza $f_0=10.62\text{Hz}$ con un'ampiezza $A_0=1.76$ (H/V).



Parameters

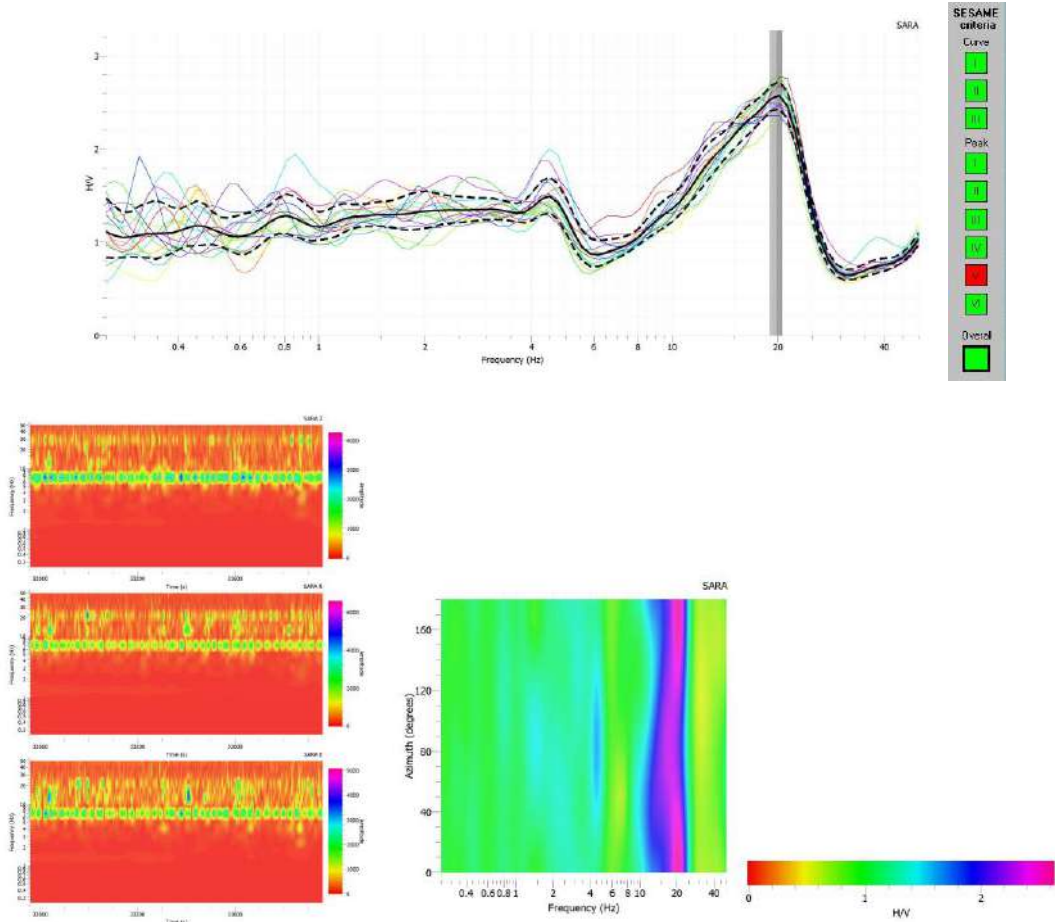
Smoothing type

Konno & Ohmachi

Smoothing constant 20.00

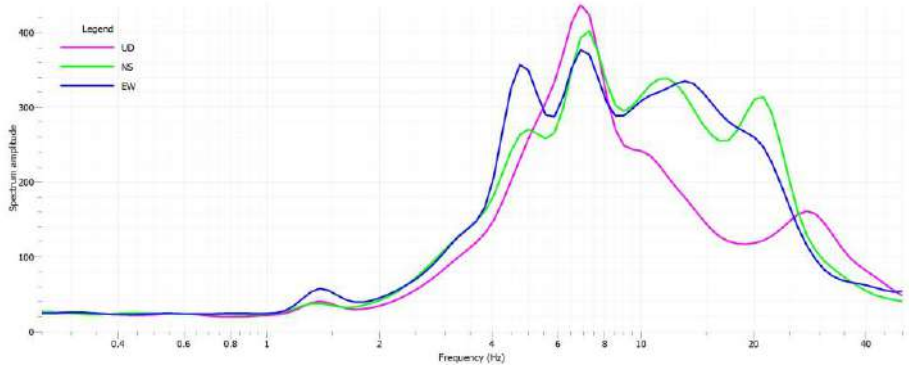
☒ Use cosine taper width 5.000 %☐ High-pass filter 1.00 Hz

Max HVSR at 19.7467 ± 0.811001 Hz (in the range 0.25 – 50.00 Hz)



Time Frequency Analysis

Directional HVSR



Spectrum summary

STATION INFORMATION

Station code: 001

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS45PACK (integrated 4.5 Hz sensors)

Notes: -

PLACE INFORMATION

Place ID: 001

Address: Località Castello Croce

Latitude: 43.125599°

Longitude: 13.204711°

Coordinate system: WGS84

Elevation: 519 m s.l.m.

Weather: cielo sereno, no vento

Notes: -

PHOTOGRAPHIC REFERENCES



SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 300 Hz

Recording start time: 2021/02/21 10:39:57

Recording length: 15 min

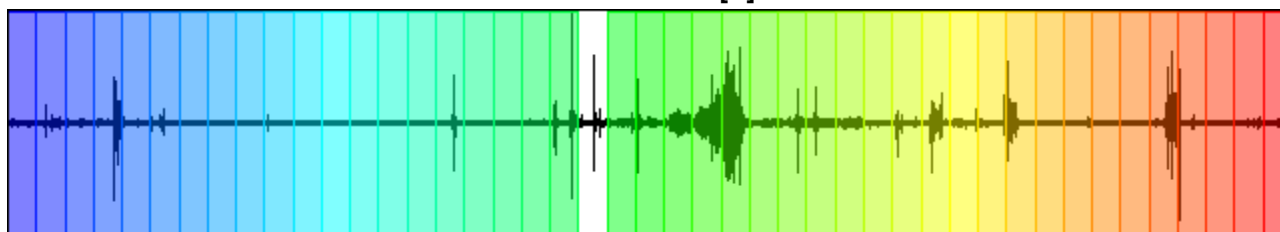
Windows count: 44

Average windows length: 20

Signal coverage: 97.78%

2219 Counts

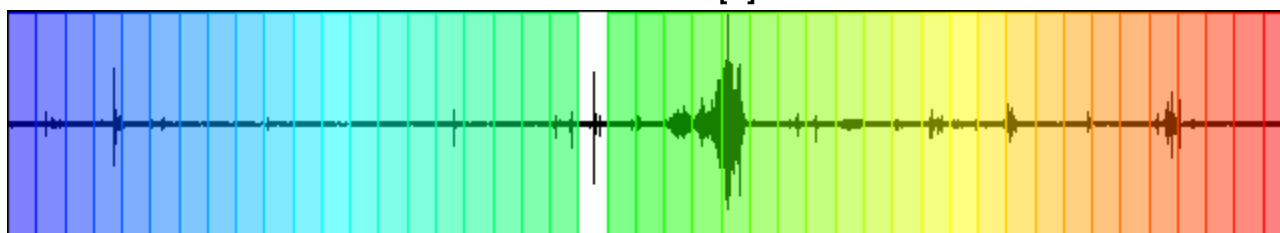
CHANNEL #1 [V]



-1942 Counts

4204 Counts

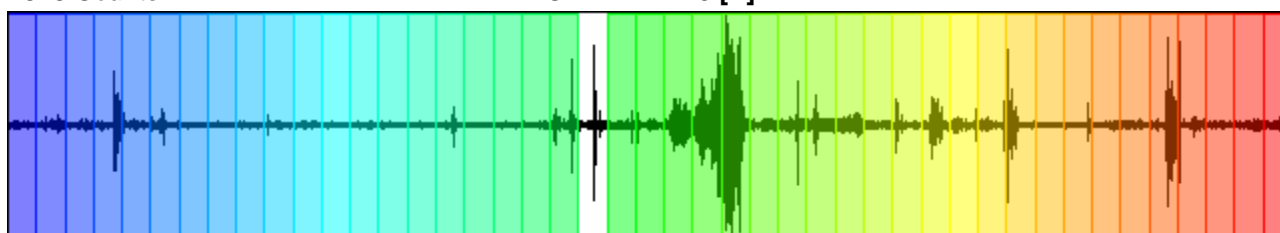
CHANNEL #2 [N]



-3216 Counts

2525 Counts

CHANNEL #3 [E]



-2511 Counts

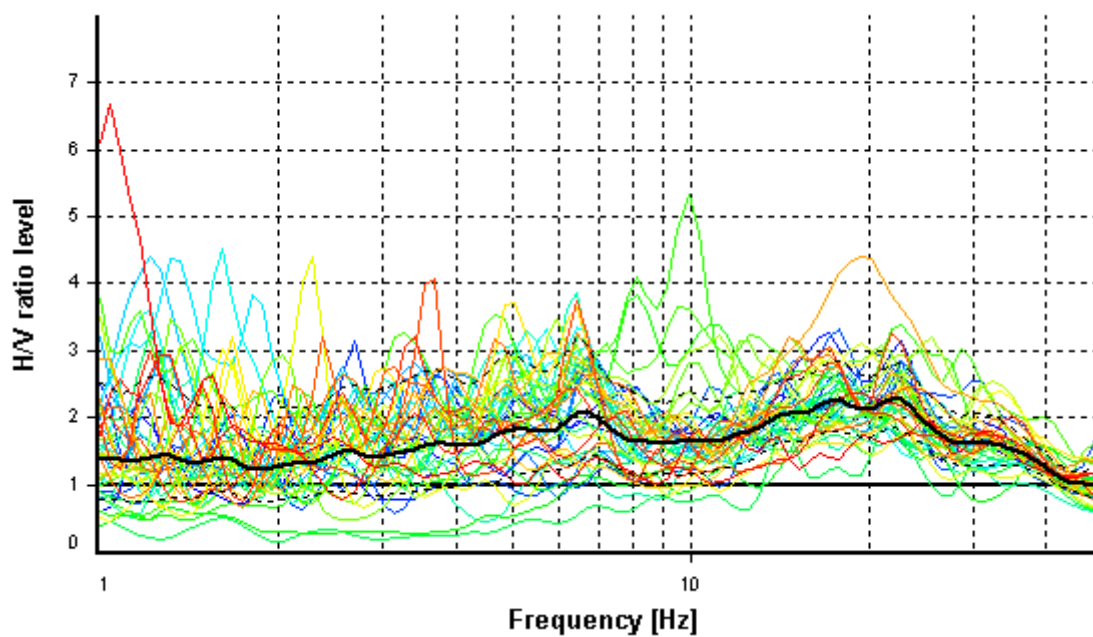
HVSr ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 40%)

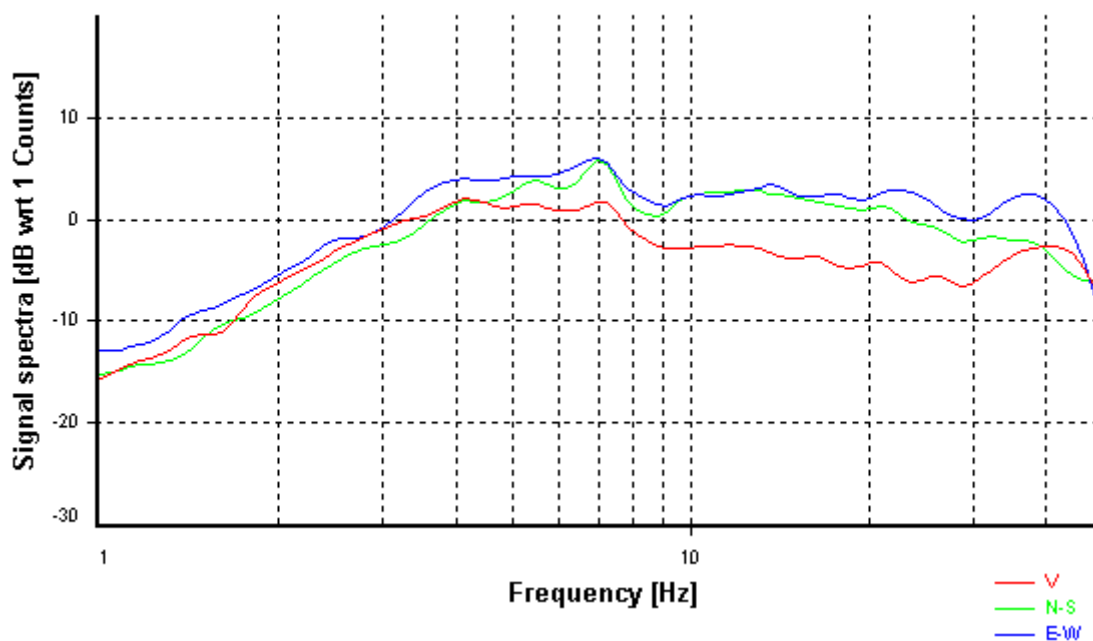
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

HVSr average

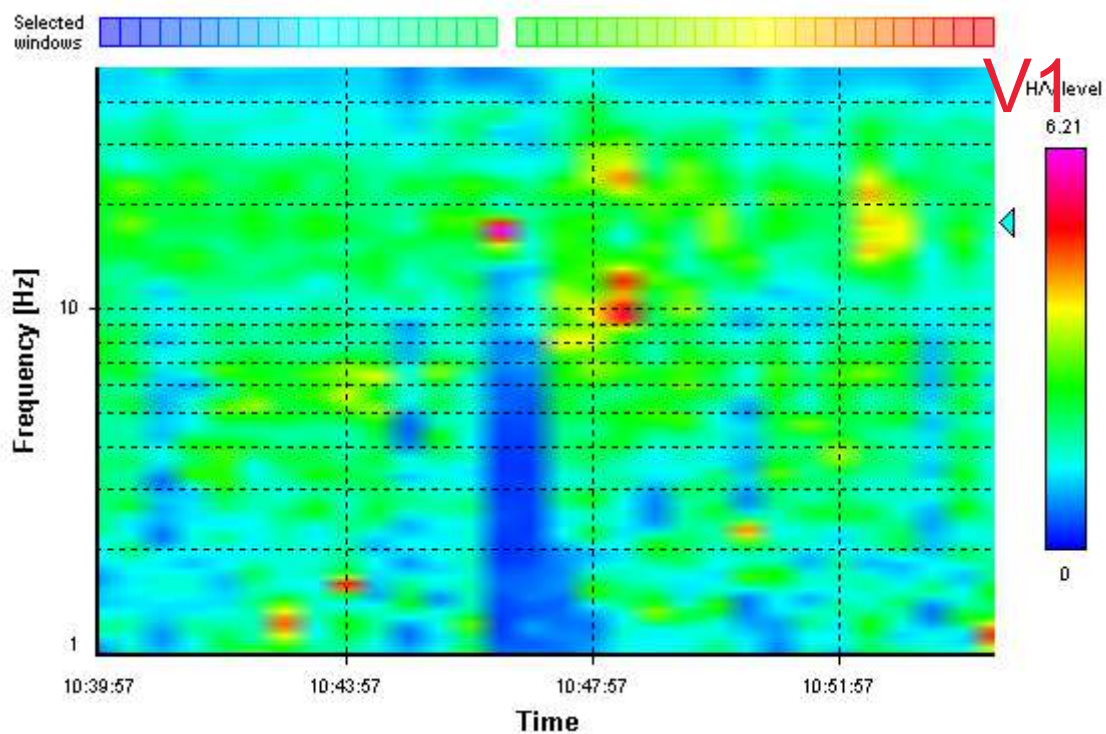


Signal spectra average

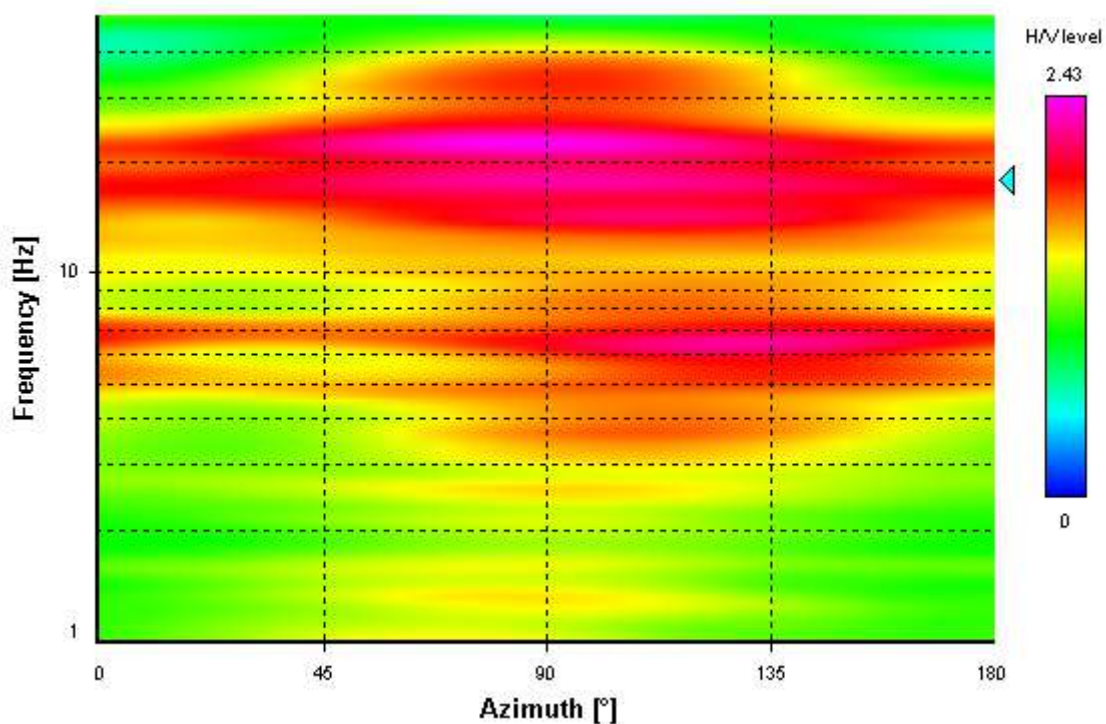


HVSr n. 1

HVSr time-frequency analysis (30 seconds windows)



HVSr directional analysis



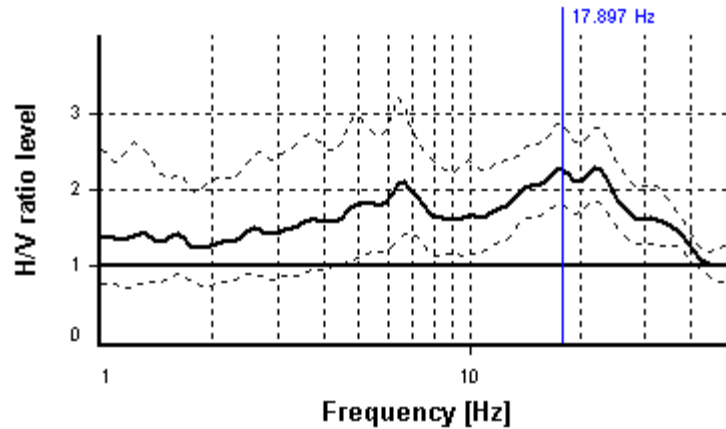
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

17.897 Hz

A_0 amplitude = 2.266

Average $f_0 = 18.777 \pm 3.330$



HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	44 valid windows (length > 0.56 s) out of 44	OK
$n_c(f_0) > 200$	15749.2 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 35	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f \text{ in } [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	0 Hz	NO
$\exists f^+ \text{ in } [f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	42.68986 Hz	OK
$A_0 > 2$	2.27 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	21.84% > 5%	NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	3.33003 >= 0.89484	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.26245 < 1.58	OK
Overall criteria fulfillment		NO

STATION INFORMATION

Station code: 001

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS45PACK (integrated 4.5 Hz sensors)

Notes: -

PLACE INFORMATION

Place ID: 002

Address: Località Castello Croce

Latitude: 43.125320°

Longitude: 13.204472°

Coordinate system: WGS84

Elevation: 522 m s.l.m.

Weather: cielo sereno, no vento

Notes: -

PHOTOGRAPHIC REFERENCES



SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 300 Hz

Recording start time: 2021/02/21 11:09:53

Recording length: 15 min

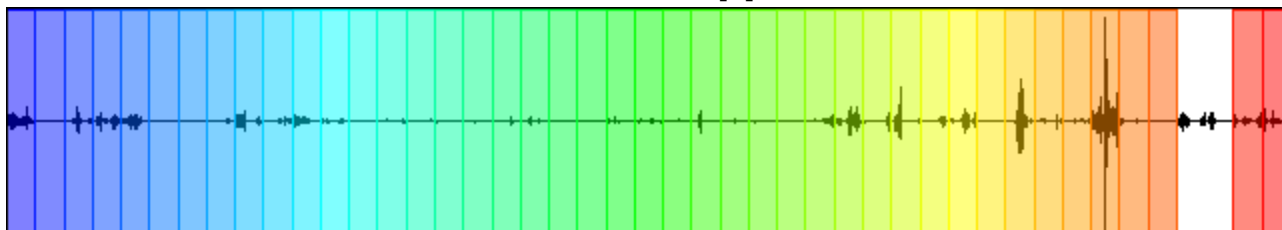
Windows count: 43

Average windows length: 20

Signal coverage: 95.56%

10270 Counts

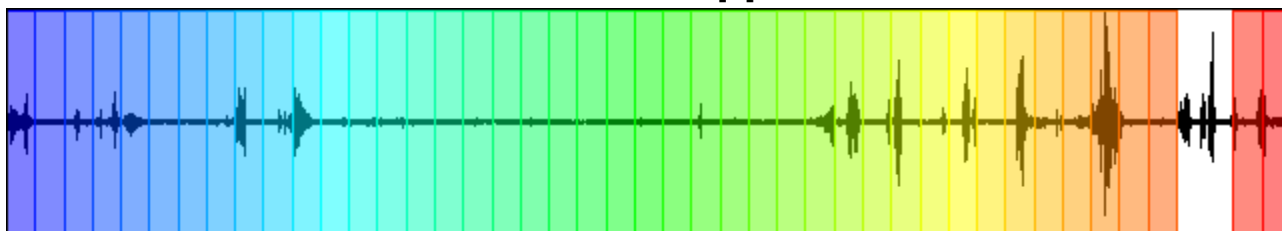
CHANNEL #1 [V]



-10964 Counts

5698 Counts

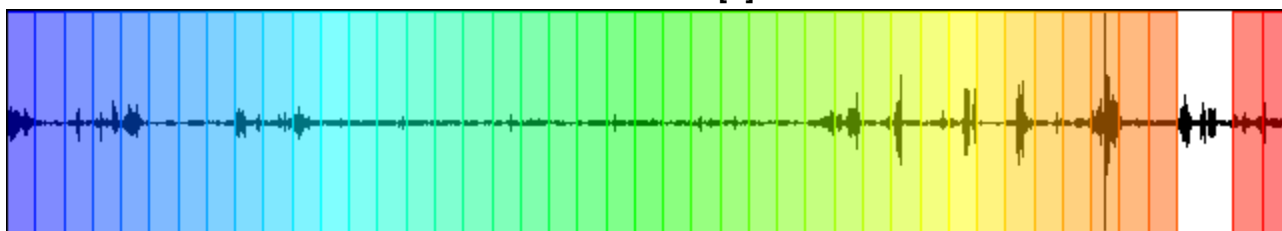
CHANNEL #2 [N]



-4830 Counts

8113 Counts

CHANNEL #3 [E]



-7811 Counts

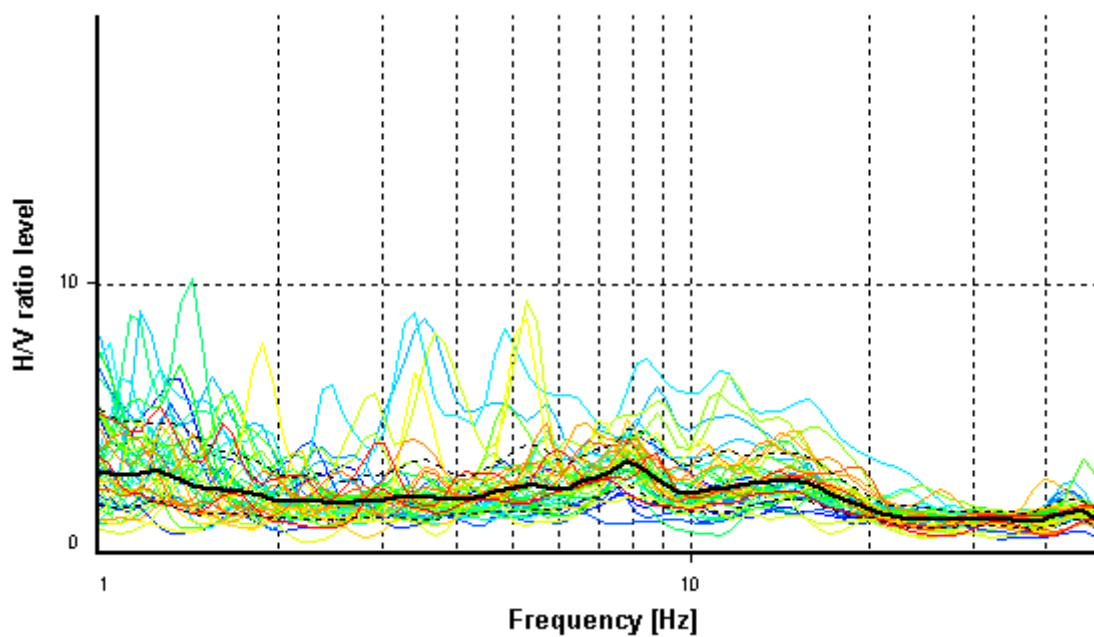
HVSr ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 40%)

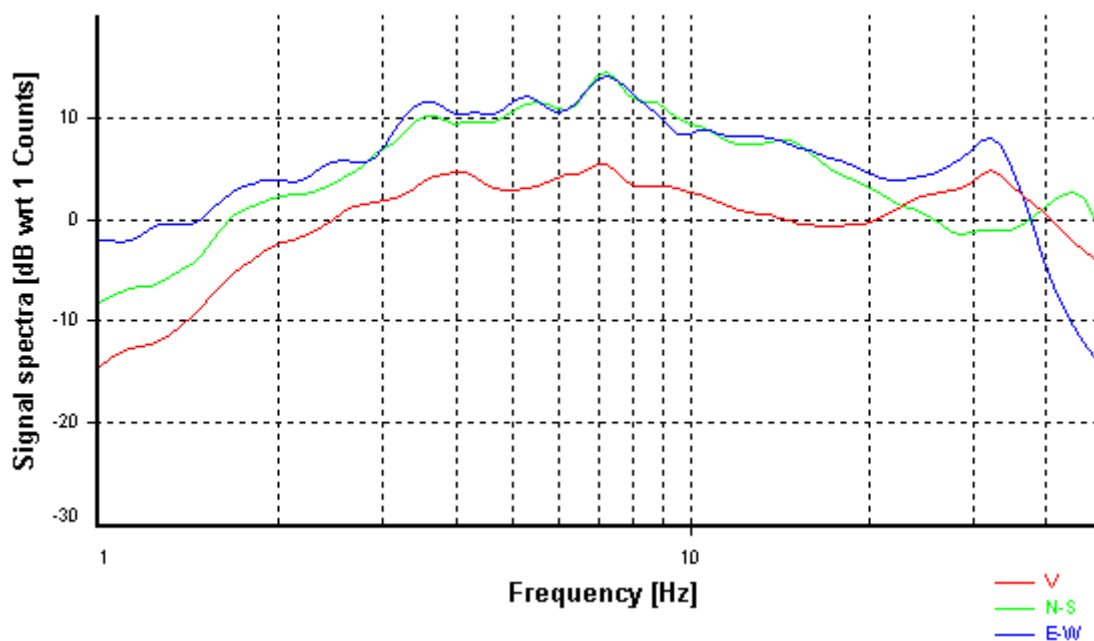
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

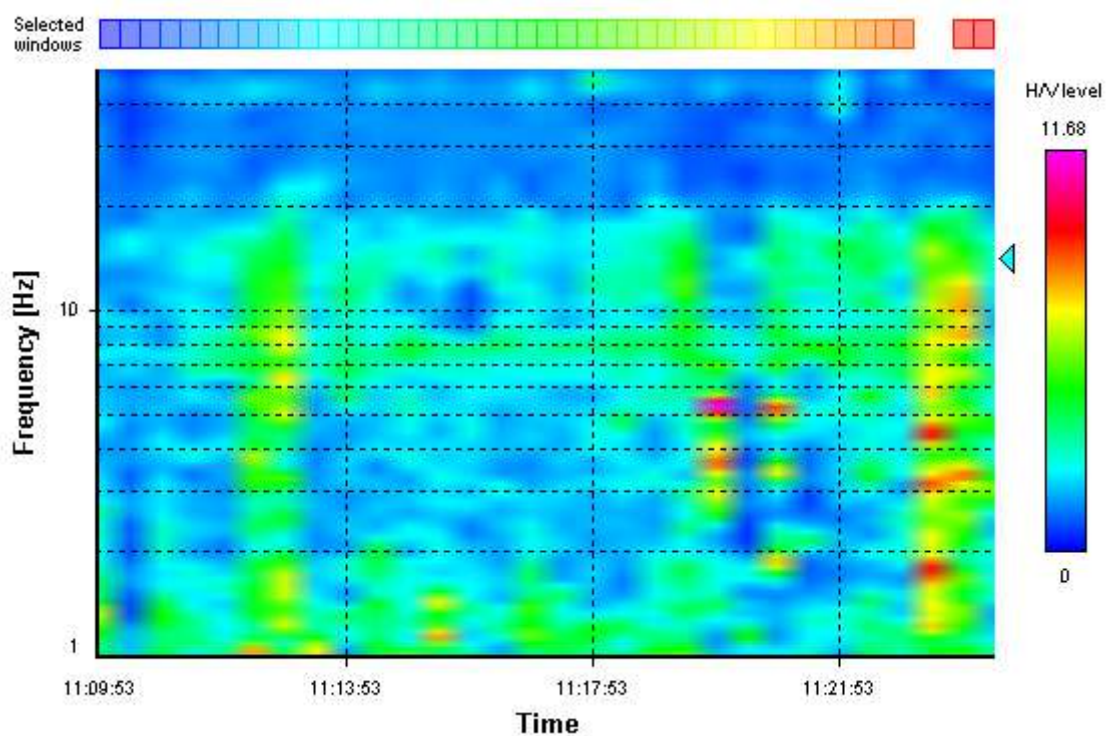
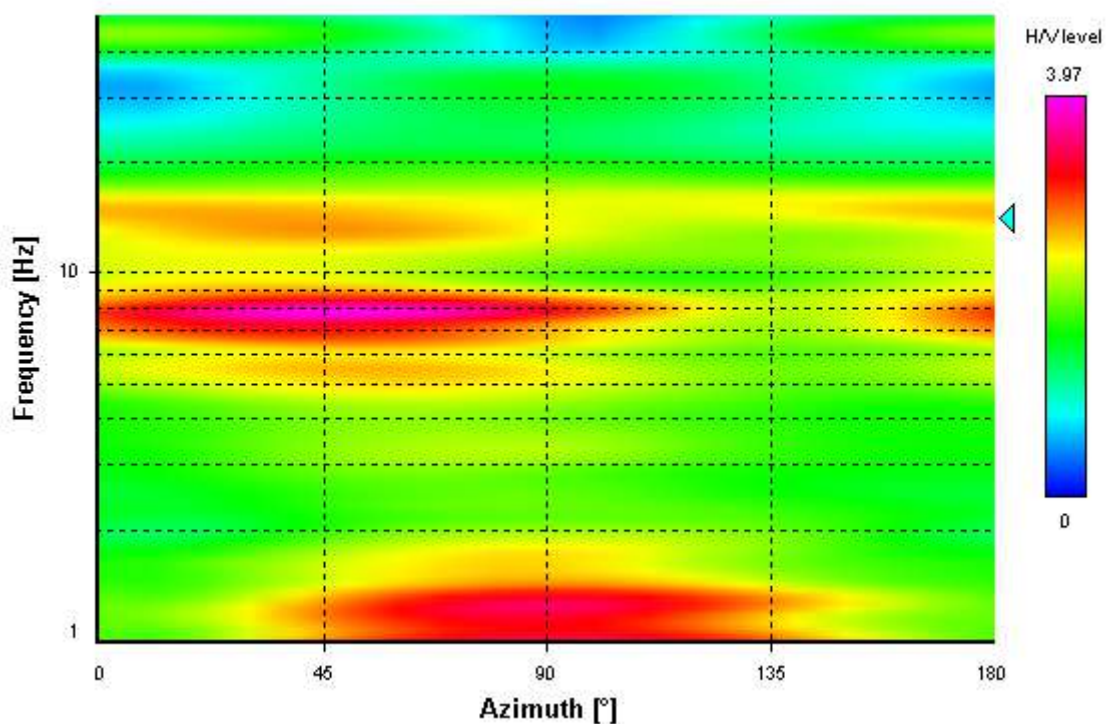
Instrumental correction: Disabled

HVSr average



Signal spectra average



HVSr time-frequency analysis (30 seconds windows)**HVSr directional analysis**

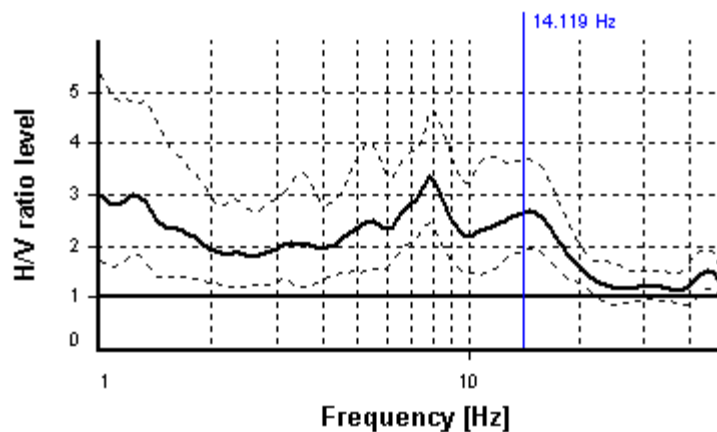
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

14.119 Hz

A_0 amplitude = 2.656

Average f_0 = 13.370 ± 2.059

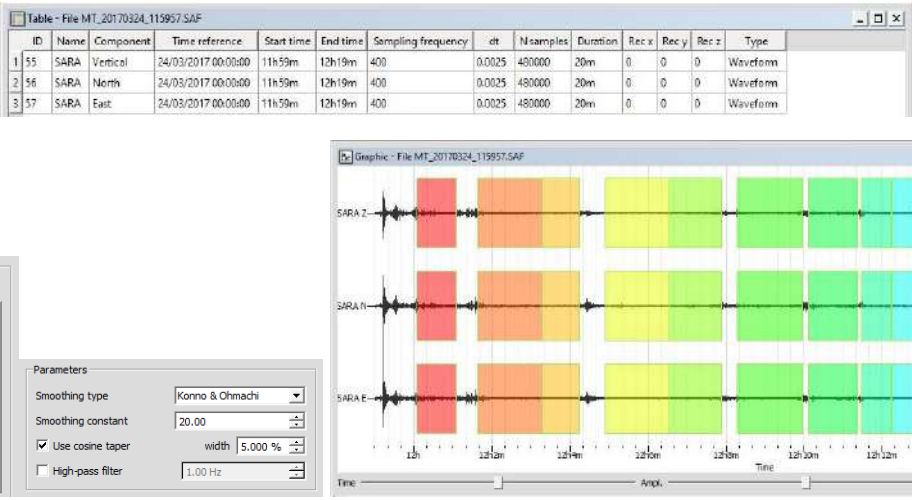


HVSR curve reliability criteria

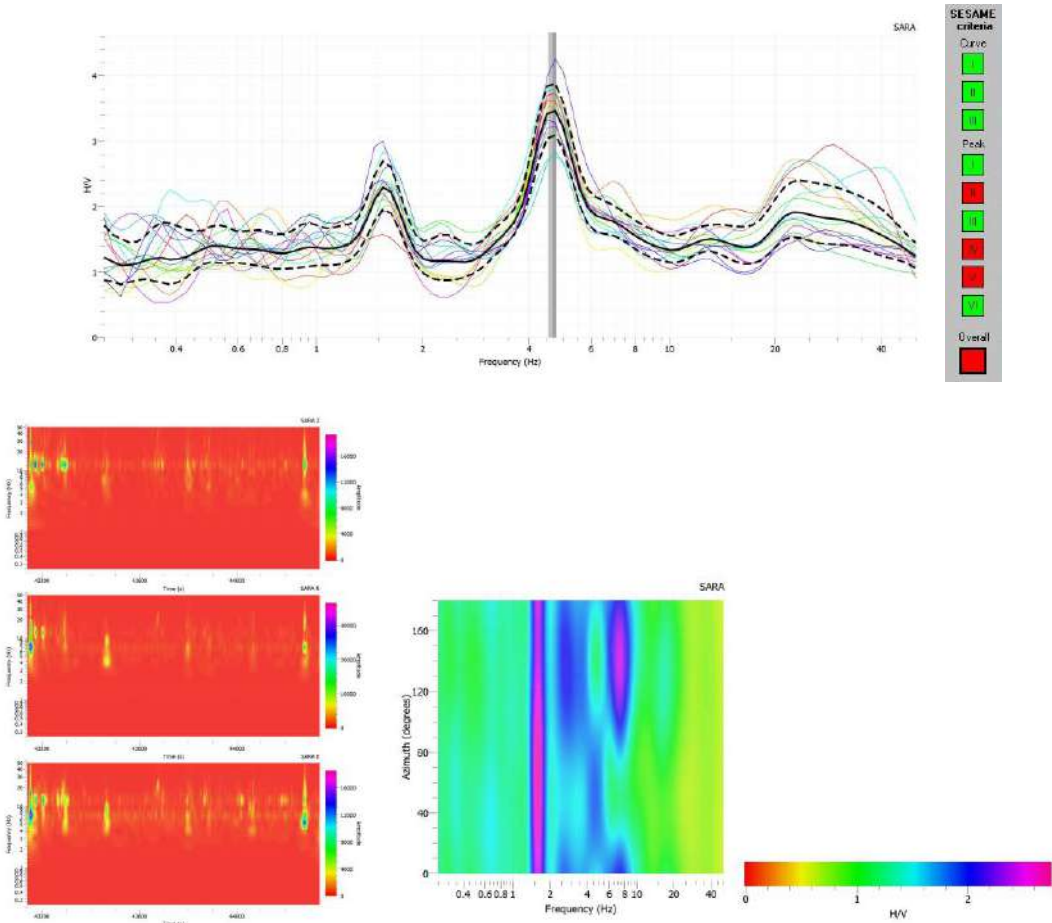
$f_0 > 10 / L_w$	43 valid windows (length > 0.71 s) out of 43	OK
$n_c(f_0) > 200$	12142.45 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 35	OK

HVSR peak clarity criteria

$\exists f \text{ in } [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	0 Hz	NO
$\exists f^+ \text{ in } [f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	22.68526 Hz	OK
$A_0 > 2$	2.66 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	17.93% > 5%	NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	2.05941 >= 0.70596	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.39004 < 1.58	OK
Overall criteria fulfillment		NO

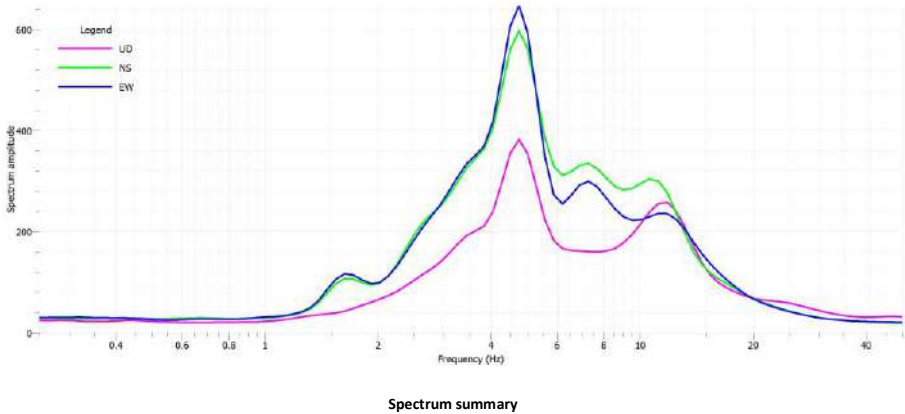


Max HVSR at 1.59721 ± 0.0528266 Hz (in the range 0.25 – 50.00 Hz)



Time Frequency Analysis

Directional HVSR



STATION INFORMATION

Station code: 001

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS45PACK (integrated 4.5 Hz sensors)

Notes: -

PLACE INFORMATION

Place ID: 003

Address: Località Castiglione

Latitude: 43.128230°

Longitude: 13.203508°

Coordinate system: WGS84

Elevation: 541 m s.l.m.

Weather: cielo sereno, no vento

Notes: -

PHOTOGRAPHIC REFERENCES



SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 300 Hz

Recording start time: 2021/02/21 11:56:17

Recording length: 15 min

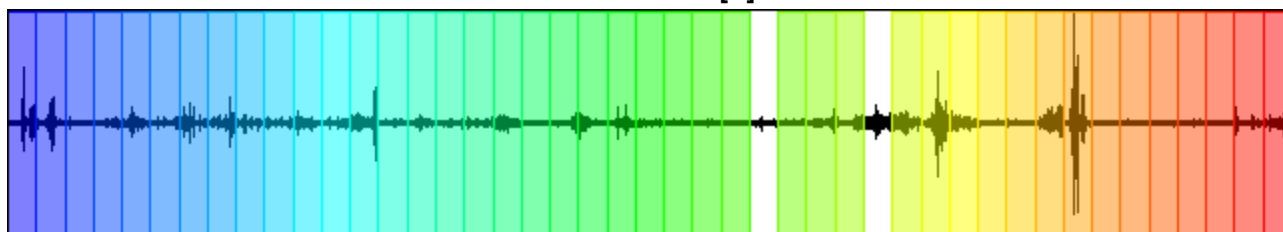
Windows count: 43

Average windows length: 20

Signal coverage: 95.56%

3131 Counts

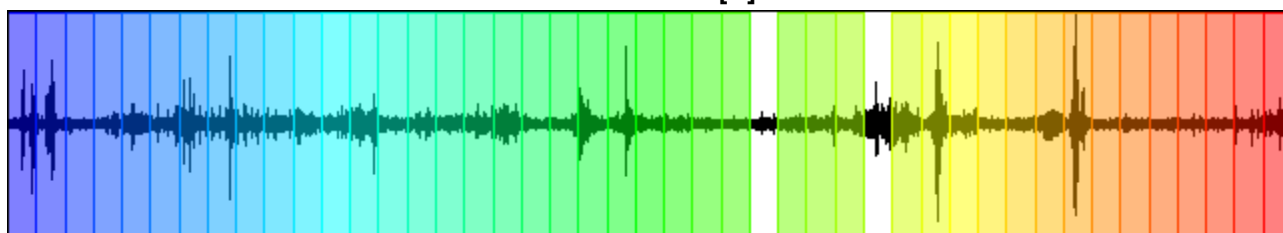
CHANNEL #1 [V]



-2592 Counts

1525 Counts

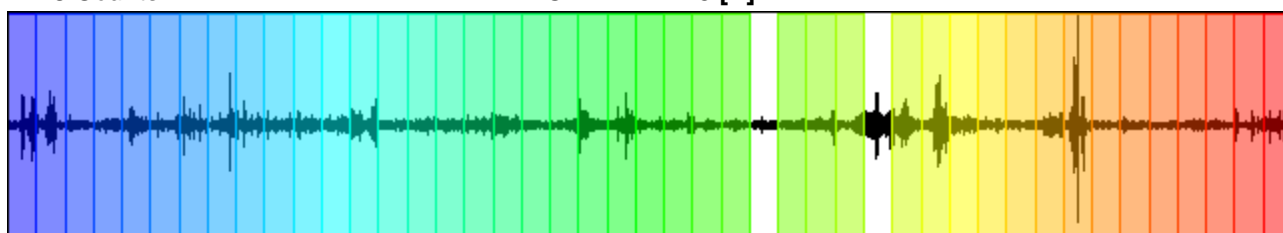
CHANNEL #2 [N]



-1338 Counts

2418 Counts

CHANNEL #3 [E]



-2127 Counts

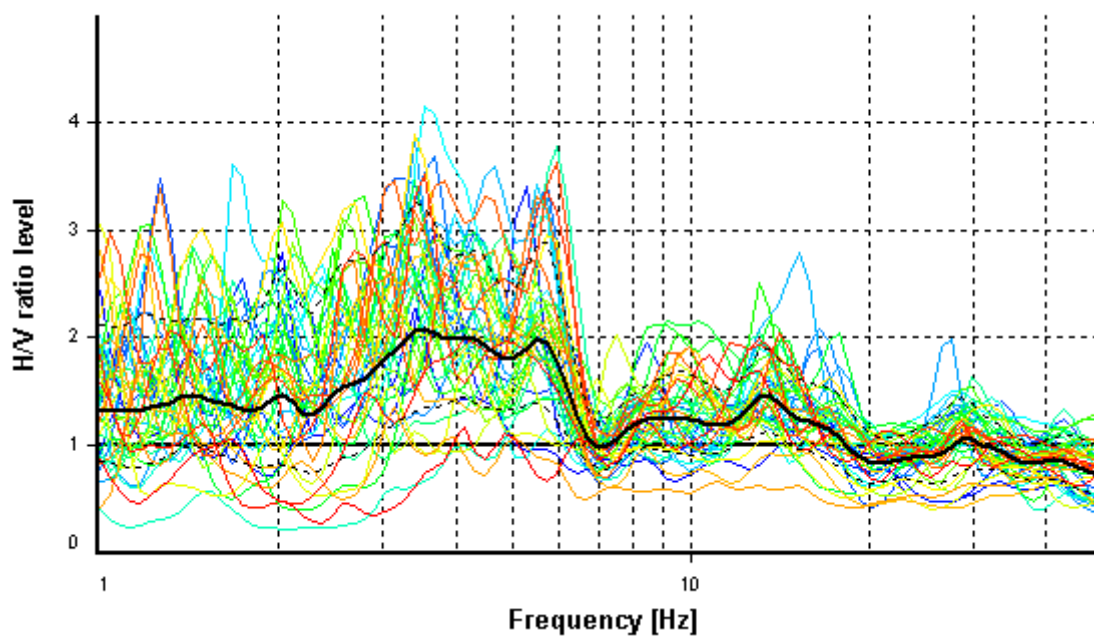
HVSr ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 40%)

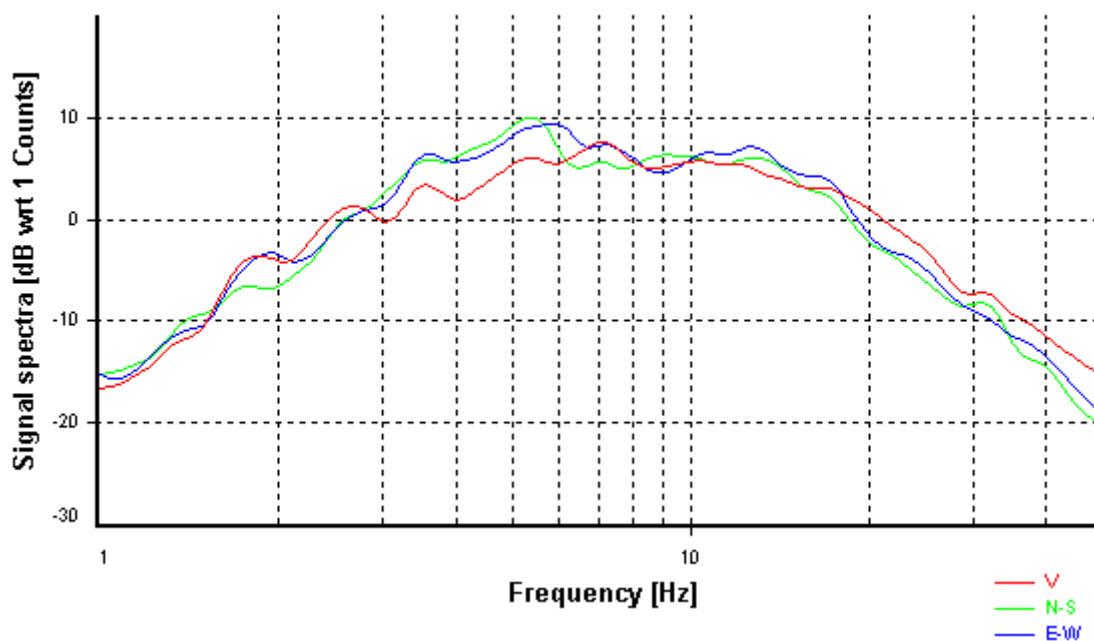
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

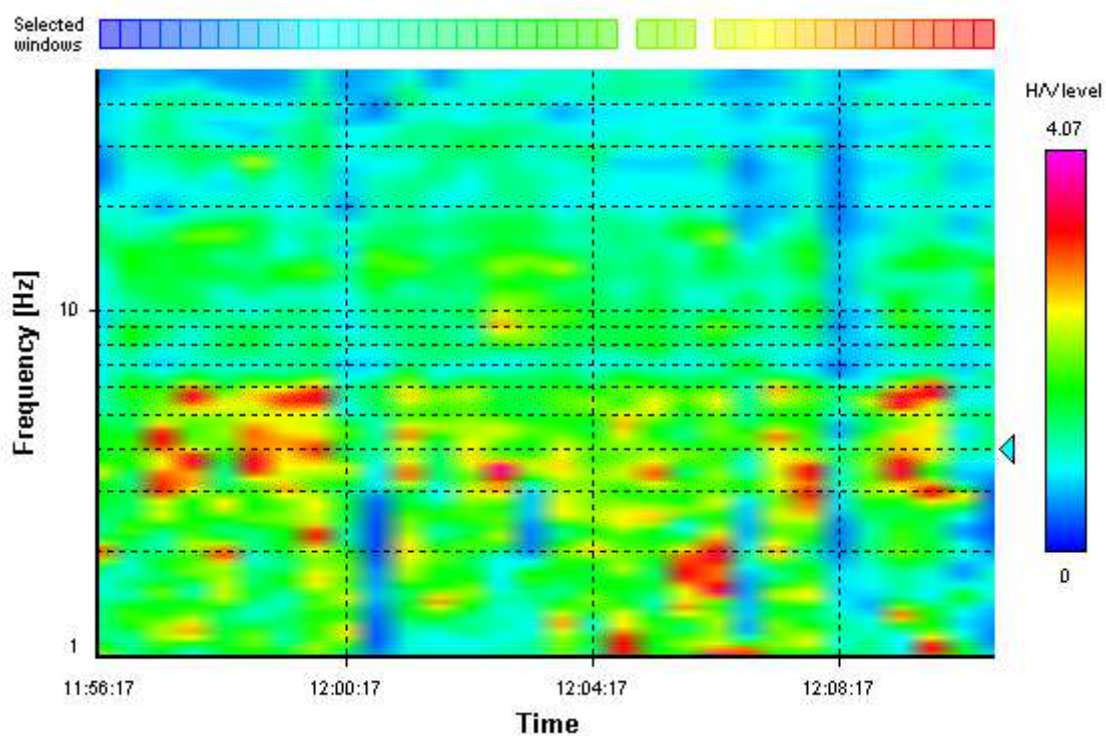
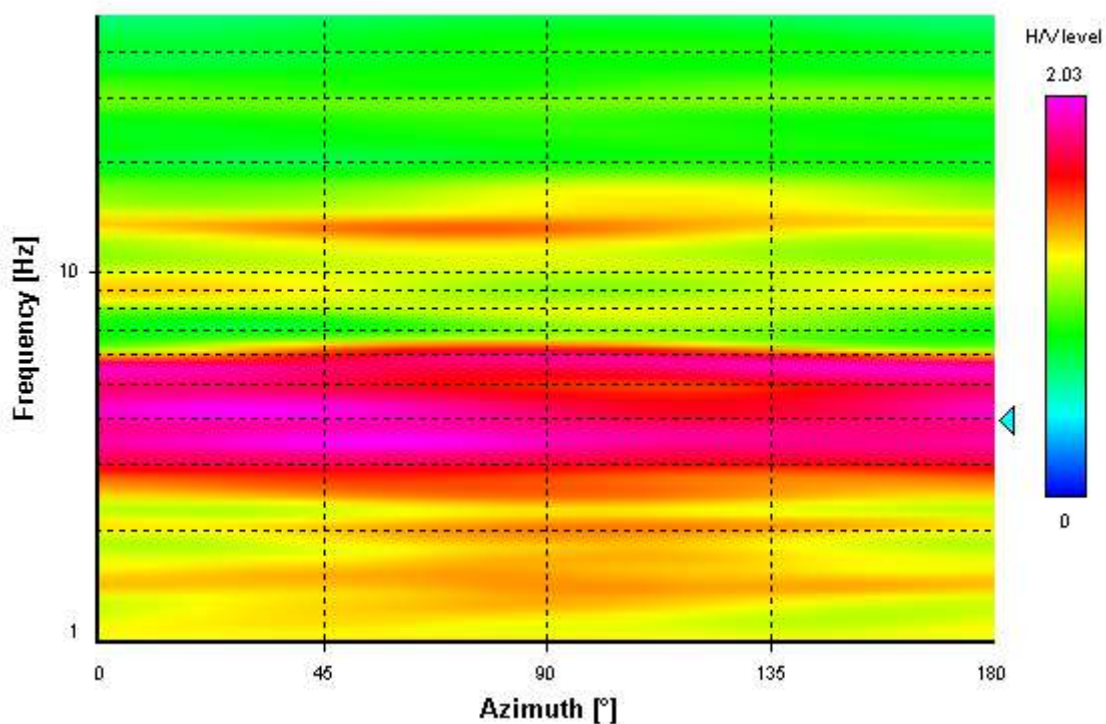
Instrumental correction: Disabled

HVSr average



Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)**HVSR directional analysis**

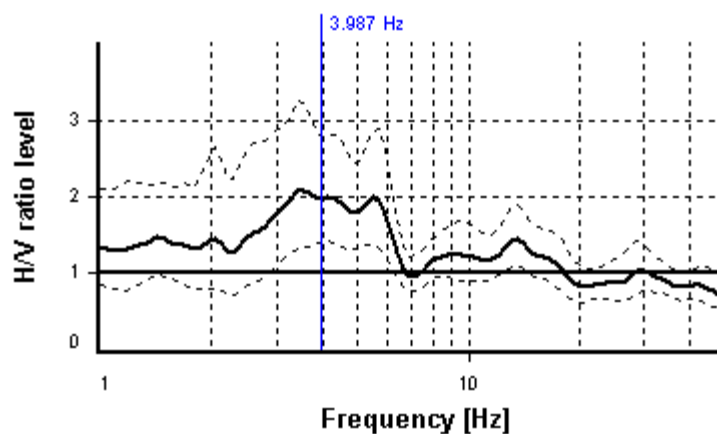
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

3.987 Hz

A_0 amplitude = 1.985

Average $f_0 = 4.056 \pm 0.987$



HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	43 valid windows (length > 2.51 s) out of 43	OK
$n_c(f_0) > 200$	3428.82 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 35	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f \text{ in } [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	0 Hz	NO
$\exists f^+ \text{ in } [f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	6.93273 Hz	OK
$A_0 > 2$	1.98 <= 2	NO
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	14.62% > 5%	NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.98684 >= 0.19935	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.39498 < 1.58	OK
Overall criteria fulfillment		NO