



Comune di  
**Castelfranco di Sopra**

Provincia di Arezzo

# Piano Strutturale

Arch. Marco Novedrati  
*Progettista*

Arch. Gabriele Banchetti  
*Ufficio di Piano*



Geol. Luca Pagliuzzi  
con la collaborazione di  
Geol. Serena Vannetti  
*Indagini geologiche*



Ing. Luca Rosadini - Ing. Leonardo Marini  
con la collaborazione di  
Ing. Jr. Valentina Lavacchini  
*Studi idraulici*

Arch. Marco Novedrati  
*Responsabile del Procedimento*

Dicembre 2013

Approvato con Delibera di C.C. nr. 49 del 29 Dicembre 2013

## ELABORATO 4.7.7

## RELAZIONE ILLUSTRATIVA DELLA CARTA DELLE MOPS

Tavola modificata a seguito dell'accoglimento delle osservazioni



## INDICE

Premessa .....	1
Riferimenti normativi.....	2
Elaborati prodotti ed Individuazione Aree di indagine.....	3
Inquadramento generale.....	4
Pericolosità sismica di base .....	6
Dati di base.....	7
Carta delle Indagini.....	9
Carta delle Frequenze Fondamentali dei depositi .....	10
Carta geologico-tecnica.....	12
Effetti locali e di sito per la riduzione del rischio sismico .....	15
Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS).....	15
Procedura semiquantitativa di valutazione della qualità della carta MOPS di livello1 .....	20
SEZIONI GEOLOGICHE SIGNIFICATIVE.....	25

## PREMESSA

La presente Relazione, redatta ai sensi del *Regolamento di attuazione dell'articolo 62 della legge regionale 3 gennaio 2005, n. 1 (Norme per il governo del territorio) in materia di indagini geologiche* (Decreto del Presidente della Giunta Regionale 25 ottobre 2011 n. 53/R pubblicato nella Sezione I del Bollettino Ufficiale della Regione Toscana n. 51 del 2 novembre 2011), è di supporto alla *Variante al Piano Strutturale* del Comune di Castelfranco di Sopra (Provincia di Arezzo).

Il nuovo Piano Strutturale andrà a sostituire il precedente, attualmente vigente, supportato da indagini geologico-tecniche redatte nel 1999 secondo una normativa previgente.

Le indagini geologico sono dirette a verificare la pericolosità del territorio sotto il profilo geologico, idraulico e sismico, anche in attuazione degli atti di pianificazione sovraordinati, al fine di valutare le condizioni ed i limiti di trasformabilità, garantire e mantenere condizioni di equilibrio idrogeologico e recuperare eventuali situazioni di criticità esistenti.

In particolare, le indagini geologiche hanno previsto la realizzazione di uno studio di Microzonazione Sismica (MS) di Livello 1, in ottemperanza a quanto previsto dal Regolamento 53/R, facendo riferimento all'Allegato A, §2. Punto B.7 e C.5.

Il livello 1 di Microzonazione Sismica costituisce un livello propedeutico caratterizzato essenzialmente da una raccolta organica e ragionata di dati di natura geologica, geofisica e geotecnica e di ulteriori informazioni, finalizzata alla suddivisione del territorio in microzone qualitativamente omogenee dal punto di vista del comportamento sismico.

La presente relazione tecnica illustrativa descrive nel dettaglio tutti gli elementi caratterizzanti gli elaborati che costituiscono lo studio di microzonazione, indicandone le problematiche, le metodologie di indagine, le procedure di analisi ed elaborazione utilizzate ed infine i risultati prodotti, attenendosi a quanto prescritto nella Deliberazione 6 agosto 2012 n. 741 L.R. 58/2009 - OPCM 4007/2012 ART.2 COMMA 1. LETT. A - *Studi di microzonazione sismica. Approvazione delle nuove specifiche tecniche regionali per l'elaborazione di indagini e studi di microzonazione sismica.*

## RIFERIMENTI NORMATIVI

Lo studio di Microzonazione Sismica di Livello 1 è stato condotto secondo le specifiche tecniche contenute nei seguenti testi di riferimento normativo.

- OPCM n. 3907 del 13.11.2010 e OPCM n. 4007 del 29 febbraio 2012, che disciplinano i contributi economici per gli interventi di prevenzione del rischio sismico, previsti dalla Legge Regionale 58/2009;
- DPGR n. 53/R del 25 ottobre 2011, pubblicato nella Sezione I del Bollettino Ufficiale della Regione Toscana n. 51 del 2 novembre 2011, Allegato A, §2. Punto B.7 e C.5;
- DGRT n. 261 del 18.04.2011, recepimento a livello regionale dell' OPCM n. 3907/2010 con riferimento all'Allegato A che individua i territori nei quali è prioritaria la realizzazione degli studi di Microzonazione Sismica, le modalità di predisposizione delle specifiche tecniche per la realizzazione dei suddetti studi e le modalità di recepimento e utilizzo dei risultati degli studi di MS in fase pianificatoria;
- DGRT n. 741 del 6 agosto 2012, approvazione delle nuove specifiche tecniche regionali per l'elaborazione di indagini e studi di microzonazione sismica;
- Indirizzi e Criteri di Microzonazione Sismica del Dipartimento della Protezione Civile Nazionale (ICMS), approvati il 13 novembre 2008 dalla Conferenza delle regioni e delle Province autonome;
- Istruzioni Tecniche del Programma VEL (Valutazione Effetti Locali) della Regione Toscana;
- Indicazioni contenute nel Volume di Ingegneria Sismica 2/2011;
- Standard di rappresentazione ed archiviazione informatica - Commissione Tecnica per la Microzonazione Sismica (articolo 5, comma 7 OPCM 3907/2010) - Versione 2.0beta-II.

## ELABORATI PRODOTTI ED INDIVIDUAZIONE AREE DI INDAGINE

Per lo studio di Microzonazione Sismica di Livello 1 sono stati prodotti i seguenti elaborati, che costituiscono parte integrante del Piano Strutturale:

- 4.5 Carta delle indagini
- 4.5.1÷3 Dati di base
- 4.5.4 Dati di base, Indagini geofisiche
- 4.5.5 Carta delle frequenze fondamentali dei depositi
- 4.6 Carta geologico-tecnica
- 4.7 Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica

Ad esclusione della Carta delle Indagini, che fornisce una copertura sull'intero territorio comunale, gli altri elaborati sono stati redatti solo in corrispondenza dei centri urbani maggiormente significativi, individuati dal Comune di Castelfranco di Sopra di concerto con l'autorità competente, secondo le specifiche tecniche di cui al §1.B.1.2 delle Istruzioni Tecniche del Programma VEL ed i criteri definiti al §3.4.2 degli ICMS.

I centri urbani significativi sono riportati nelle tavole di Piano Strutturale e di Regolamento Urbanistico e sono identificati nelle aree: Pulicciano, Caspri, Castelfranco di Sopra, Certignano, Fornace, Botriolo.

## INQUADRAMENTO GENERALE

Per quanto riguarda gli approfondimenti di carattere geologico, geomorfologico e idrogeologico si rimanda a quanto ampiamente trattato nella Relazione del Piano Strutturale.

Di seguito si riassumono brevemente gli aspetti salienti del territorio, al fine di fornire un inquadramento generale.

Il Comune di Castelfranco di Sopra si trova sul versante orientale del bacino del Valdarno Superiore, ed il suo territorio ha una forma allungata sud-ovest nord-est, trasversale rispetto all'asse del bacino, disposta sud-est nord-ovest.

La superficie del territorio comunale è di 3760 chilometri quadrati, pari a 3760 ettari.

Nella cartografia della Carta Tecnica Regionale il territorio di Castelfranco di Sopra rientra nelle seguenti Sezioni, in scala 1:10.000: 276110, 276120, 276150, 276160 e 287030.

Il territorio comunale si estende dalla pianura alluvionale dell'Arno fino alla catena del Pratomagno, con una altimetria minima di circa 127 metri, lungo la Strada Provinciale degli Urbini, fino a 1.533 metri, in corrispondenza del Poggio dell'Uomo di Sasso.

La morfologia del territorio, estremamente variabile, ma strettamente legata alla litologia dei terreni affioranti, si sviluppa in paesaggi fortemente differenti tra loro, che mostrano andamenti all'incirca paralleli all'asse del bacino.

La pianura alluvionale dell'Arno occupa una porzione estremamente limitata del territorio comunale, lungo la già citata Strada Provinciale degli Urbini, che segna il confine con il territorio del Comune di Figline Valdarno.

Pianure alluvionali minori, ma di notevole importanza per il territorio comunale, sono quelle originate dal Torrente Faella a nord ovest, dal Borro della Spina a sud est e dal suo affluente destro Borro del Mulinaccio.

I due corsi d'acqua maggiori costituiscono affluenti di destra dell'Arno e segnano il confine con il comune di Pian di Scò e di Terranuova Bracciolini.

La fascia di territorio che si trova immediatamente a monte dei depositi alluvionali, delimitata da quelli depositi dall'Arno, dal Faella e dai Borri della Spina e del Mulinaccio, presenta forme dolci tipiche dei depositi palustro-lacustri a litologia limoso argillosa prevalente, che raccordano le pianure alluvionali ai depositi granulari che contraddistinguono le cosiddette "balze".

Questa morfologia è il frutto dell'azione delle forme dovute alla gravità ed all'azione delle acque, sia libere che incanalate, che agendo su litologie limoso-argillose, generano forme mammellari.

A monte di questa fascia dalle forme dolci è presente una fascia con forme molto più aspre, dovute alla presenza di depositi granulari costituiti da sabbie, ghiaie e ciottolami. Si tratta delle "balze", unità morfologica tipica del Valdarno Superiore.

Al tetto delle balze è presente un pianalto, corrispondente alla superficie di chiusura dei depositi fluvio-lacustri del Valdarno Superiore, che raccorda le balze al massiccio del Pratomagno.

Quest'ultimo paesaggio è rappresentato dal versante occidentale della catena montuosa preappenninica ove affiorano estesamente depositi arenacei di origine torbidityca.

I litotipi arenacei costituiscono anche un substrato da punto di vista sismico, ovvero un 'bedrock sismico'; mentre i depositi palustro-lacustri, che sono il substrato dei depositi alluvionali in corrispondenza del fondovalle oppure affiorano alla base dei versanti, seppur costituiti prevalentemente da litologie limoso-argillose sovraconsolidate, non raggiungono velocità tali da considerarsi 'bedrock sismico'.

Il substrato dunque è affiorante nella porzione orientale del territorio e si approfondisce bruscamente fino a profondità nell'ordine di centinaia di metri in corrispondenza dei fondovalle, sovrastato da depositi di conoide alluvionale in prossimità del passaggio, poi, proseguendo verso valle, da depositi palustro-fluvio-lacustri e depositi alluvionali.

## PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

Gli effetti locali prodotti da eventi sismici assumono una diversa rilevanza in funzione della sismicità di base del territorio comunale e della relativa accelerazione di ancoraggio dello spettro di risposta elastico.

Il Comune di Castelfranco di Sopra è stato dichiarato sismico con Decreto Ministeriale 19 marzo 1982 e classificato in seconda categoria con grado di sismicità  $s = 9$ .

L'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 ha inserito il Comune di Castelfranco di Sopra in zona 2, caratterizzata da valori dell'accelerazione orizzontale, con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni, compresi tra 0.15 e 0.25 g. Con la Delibera della Giunta Regionale n. 431 del 19 giugno 2006 concernente la riclassificazione sismica del territorio regionale in attuazione del Decreto Ministeriale 14 settembre 2005 e dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28 aprile 2006, il Comune di Castelfranco di Sopra è passato da zona 2 a zona 3s; tuttavia con tale passaggio di zona non è stato modificato il livello di sicurezza e protezione e le costruzioni devono essere progettate e realizzate con le azioni sismiche della zona 2.

Secondo la nuova mappa di aggiornamento della classificazione sismica regionale, ai sensi del Decreto del Presidente della Giunta Regionale 22 ottobre 2012, n. 58/R *"Regolamento di attuazione dell'articolo 117, comma 2, lettera g) della legge regionale 3 gennaio 2005, n. 1 (Norme per il governo del territorio). Verifiche nelle zone a bassa sismicità. Determinazione del campione da assoggettare a verifica."*, il territorio comunale è stato confermato in zona 3.

Ai fini della suddivisione del territorio in microzone qualitativamente omogenee dal punto di vista sismico, secondo la normativa vigente (Regolamento 53R) risulta necessaria l'acquisizione di tutte le indagini in modo tale da definire un Modello geologico di sottosuolo sul quale effettuare gli approfondimenti necessari e finalizzati alla stesura della Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS).

Il comune di Castelfranco di Sopra non rientra nel Programma VEL (Valutazione Effetti Locali) della Regione Toscana, pertanto non è stato possibile acquisire dati e conoscenze da tale progetto.

## DATI DI BASE

Ai fini dell'aggiornamento delle indagini geognostiche effettuate sul territorio comunale, in funzione della ricostruzione dettagliata del Modello geologico di sottosuolo e della stesura della Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS), è stata realizzata una approfondita ricerca bibliografica ed in rete.

In particolare sono stati consultati:

- Archivi comunali;
- Le indagini geologico-tecniche di supporto al Piano Strutturale;
- Archivi del ns. studio;
- Portale del Servizio Geologico d'Italia, in particolare l'archivio 'Indagini del sottosuolo' (L. 464/84);
- Consultazione degli archivi della Regione Toscana, in particolare della Banca Dati del sottosuolo (LaMMA), della Banca Dati indagini geotematiche (BDIG) e della Banca Dati stratigrafica della Toscana (SIRA).
- Sistema Informativo Territoriale della Provincia di Arezzo, Progetto WaterPRO, Servizio WEBWater, relativamente alle stratigrafie dei pozzi.

In totale sono stati raccolti i dati relativi a 167 indagini geognostiche.

Le indagini geognostiche sono costituite variamente da sondaggi a carotaggio continuo, saggi geognostici, prove penetrometriche, sia statiche che dinamiche, analisi e prove geotecniche di laboratorio, indagini geofisiche con varie metodologie.

Le indagini sono state svolte su tutto il territorio comunale, maggiormente in corrispondenza dei centri abitati.

Le indagini specifiche per la Microzonazione Sismica sono state invece svolte in corrispondenza dei centri urbani maggiormente significativi, individuati dal Comune di Castel-franco di Sopra di concerto con l'autorità competente, secondo le specifiche tecniche di cui al §1.B.1.2 delle Istruzioni Tecniche del Programma VEL e secondo i criteri definiti al §3.4.2 degli ICMS.

In particolare queste sono consistite in:

- n. 44 misure di sismica passiva con tecnica a 'stazione singola' (HVSR);
- n. 2 misure di sismica passiva acquisite con *array* bidimensionali elaborati in modalità ESAC;
- n. 2 misure di sismica attiva acquisite con *array* monodimensionale e tecnica MASW;
- n. 1 misura di sismica attiva acquisita con *array* monodimensionale e tecnica a rifrazione per la definizione della velocità del bedrock affiorante.

Per le metodologie di indagine ed i risultati completi relativi alle indagini geofisiche si rimanda per completezza alla relazione dell'elaborato 4.5.4 Dati di base - Indagini geofisiche.

Ai fini dell'analisi e dello studio per la stesura delle MOPS non sono state prese in considerazione le prove penetrometriche dinamiche leggere (se non erano le sole indagini esistenti in un limitato areale) e le stratigrafie di sondaggi o pozzi di dubbia attendibilità.

La raccolta organica e ragionata dei dati ha permesso, oltre alla loro catalogazione, di effettuare opportune correlazioni al fine di individuare caratteristiche comuni da mettere in evidenza nella stesura delle MOPS.

## **CARTA DELLE INDAGINI**

Le ubicazioni delle indagini raccolte, sia pregresse che di nuova realizzazione, sono state riportate nella Carta delle indagini, realizzata sia in formato cartaceo che digitale (GIS) in scala 1:10.000. I dati sono stati rappresentati in forma simbolica e per tipologia, utilizzando la legenda e le simbologie previste dagli 'Standard di Rappresentazione e Archiviazione Informatica' redatti dal DPC (versione 2.0beta -II, Giugno 2012).

I dati sono identificati univocamente con un numero o una sigla progressivi cui corrisponde il documento disponibile nei tomi 'Dati di Base'. Nel caso in cui in uno stesso sito si sovrappongono indagini di varia tipologia, non distinguibili con simboli diversi all'attuale scala della carta, è stata utilizzata una nuova simbologia indicante 'Indagini multiple', rimandando per le ubicazioni puntuali agli estratti contenuti nelle singole schede corrispondenti.

La Carta delle Indagini rappresenta quella prevista nell'ambito del vigente 53/R e degli studi di Microzonazione Sismica.

La Carta delle Indagini è stata inoltre utilizzata per la verifica di qualità prevista dalla procedura semiquantitativa di cui all'Appendice 3 delle Specifiche Tecniche Regionali per la Microzonazione Sismica.

## CARTA DELLE FREQUENZE FONDAMENTALI DEI DEPOSITI

Dalle indagini specifiche di natura geofisica per lo studio di Microzonazione Sismica è stata realizzata, in corrispondenza principalmente dei centri abitati, la Carta delle frequenze fondamentali dei depositi, in scala 1:2.000. Tale elaborato riporta l'ubicazione di tutte le misure di rumore ambientale mediante tecnica a stazione singola (HVSr), con i relativi valori della frequenza fondamentale ( $f_0$ ) e dell'ampiezza dei picchi fondamentali ( $A_0$ ).

Per le metodologie di indagine ed i risultati completi relativi alle indagini geofisiche si rimanda per completezza alla relazione dei 4.5.4 Dati di base - Indagini geofisiche.

La campagna di misure strumentali è stata realizzata in corrispondenza dei centri abitati significativi individuati e distribuita in maniera uniforme, tenendo conto della distribuzione delle altre indagini pregresse disponibili e delle condizioni litostratigrafiche e geologiche del sito.

La rappresentazione grafica scelta è stata quella semplificata con l'ubicazione dei punti di misura distinti con dei cerchi di colore variabile in funzione della frequenza del picco e con raggio variabile in funzione dell'ampiezza; ad uno stesso punto di misura sono stati talvolta associati più cerchi a seconda del numero di picchi fondamentali individuati.

Lo scopo di tale indagine è stato quello di individuare qualitativamente zone caratterizzate o meno da fenomeni di risonanza significativi e quelle caratterizzate da alti contrasti di impedenza.

Inoltre l'elaborazione dei risultati ottenuti ha fornito indicazioni e conferme ai fini della ricostruzione del Modello geologico di sottosuolo per la stesura delle MOPS, con particolare riferimento al confronto tra lo spessore delle coperture stimate e le frequenze fondamentali (*Albarello et al.*, 2010). Infatti la frequenza di risonanza del sedimento dipende dallo spessore  $H$  e dalla velocità media delle  $V_s$  dello stesso secondo la relazione:  $v = V_s/4H$ .

Come emerge dai risultati ottenuti le misure sismiche realizzate rispecchiano in generale l'assetto geologico.

Infatti tra le misure effettuate si individuano tre gruppi di frequenze ricorrenti: a 0.3 hz, su 1.0 hz e frequenze superiori a 2.0 hz.

La frequenza più bassa intorno agli 0.3 hz indica il contrasto di impedenza più forte e più profondo rappresentato dal substrato geologico (Arenarie del Monte Falterona). I litotipi riferibili al substrato sono presenti in affioramento a monte dell'abitato del capoluogo e, tramite la linea di sismica a rifrazione ST01, ne è stata determinata la velocità che per le onde di taglio è risultata pari a circa 1000-1200 m/sec. La velocità così definita è servita ad interpretare i profili di  $V_s$  ricavati dalle elaborazioni congiunte delle indagini di sismica passiva Esac e H/V, dalle quali sono emersi contrasti evidenti sui 1000-1200 m/sec a profondità dell'ordine di alcune centinaia di metri in località Botriolo, e a profondità nell'ordine di qualche decina di metri in corrispondenza del capoluogo, coerentemente con la situazione geologica locale.

La frequenza intorno ad 1.0-1.5 hz evidenzia l'eterogeneità dei materiali di copertura,

probabilmente i contrasti di impedenza con le argille sovraconsolidate del Pleistocene inferiore, poste a profondità dell'ordine di un centinaio di metri.

Le frequenze più elevate superiori a 2.0 hz sono state riscontrate in due zone distinte: nelle zone di fondovalle e nella porzione settentrionale dell'abitato del capoluogo.

Per quanto riguarda le zone di fondovalle, tali frequenze sono riferibili alla presenza dei depositi alluvionali del Torrente Faella e del Borro della Spina, con spessori nell'ordine della decina di metri, sovrastanti depositi palustro-lacustri sovraconsolidati; invece, per quanto riguarda la porzione settentrionale del capoluogo, le frequenze alte indicano la progressiva diminuzione di profondità del substrato geologico, spostandosi dalla porzione centrale al margine della conoide alluvionale, come si nota anche nella misura passiva ESAC1.

In prossimità del contatto tra i depositi di conoide ed il substrato nella parte alta del capoluogo, ove il passaggio tra questi litotipi avviene entro alcune decine di metri, si sono registrati contrasti di impedenza sismica più elevati. Verso il centro del bacino le misure passive Esac mostrano contrasti evidenti solo a profondità nell'ordine di centinaia di metri (località Botriolo - Esac 2), ove è presumibile la presenza del substrato, sovrastato dai depositi alluvionali e da quelli palustro-fluvio-lacustri.

Talvolta in corrispondenza del substrato geologico in affioramento o con presenza di coperture detritiche con spessori minimi, si sono rilevati picchi in frequenze alte o molto alte. Considerate le evidenze geologiche queste risultanze sono state interpretate come uno spessore di alterazione e fratturazione del substrato roccioso o interstrati argillitici alterati.

Per tali motivazioni le zone suddette non sono state considerate come Zona stabili, anche se in presenza di substrato affiorante, bensì sono state distinte nelle Zona stabili suscettibili di amplificazioni locali, riportando, nelle colonne stratigrafiche corrispondenti, una apposita simbologia indicante l'alterazione dei litotipi rocciosi.

## CARTA GEOLOGICO-TECNICA

Sulla base di una accurata revisione a scala di dettaglio delle cartografie già redatte, in particolare di quelle geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche, unitamente all'elaborazione dei dati litologici, stratigrafici, litotecnici e sismici acquisiti, nonché ad un controllo in situ mediante rilevamento, è stata elaborata e redatta la Carta geologico-tecnica in scala 1:10.000 ed in scala 1:2.000 di dettaglio, quale carta di sintesi ed elaborato propedeutico alla stesura della Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS).

La Carta geologico-tecnica è stata realizzata sia in formato cartaceo che digitale (GIS), utilizzando la simbologia prevista dagli 'Standard di Rappresentazione e Archiviazione Informatica' redatti dal DPC (versione 2.0beta -II, Giugno 2012).

Nell'ambito di tale revisione è stata posta particolare attenzione alla mappatura dei depositi di copertura, alla ricostruzione dettagliata delle forme geomorfologiche, dei fenomeni gravitativi di versante e/o delle aree instabili ed all'individuazione del substrato roccioso.

In particolare è stato individuato il substrato roccioso affiorante o sub-affiorante, costituito dalla formazione delle Arenarie del Monte Falterona, e rappresentato graficamente il suo stato di alterazione e fratturazione. Il substrato lapideo rigido stratificato (LPS) costituisce un 'bedrock sismico'.

Sono stati indicati anche elementi puntuali geologici ed idrogeologici, quali la giacitura degli strati in corrispondenza del substrato e l'indicazione della profondità del substrato rigido raggiunto da sondaggi o pozzi, nonché la profondità della falda nelle zone di fondovalle.

Si precisa che il substrato rigido viene incontrato, attraverso le indagini di sottosuolo disponibili, solo nella porzione settentrionale dell'abitato del capoluogo in corrispondenza del contatto con i depositi della porzione apicale della conoide alluvionale, in quella settentrionale dell'abitato di Certignano, ed in corrispondenza di Pulicciano e Caspri.

Proseguendo dalle porzioni apicali e centrali della conoide (in corrispondenza dell'abitato di Castelfranco e Certignano) verso le porzioni più centrali del bacino del Valdarno (in corrispondenza degli abitati di Faella e Botriolo), il substrato rigido si approfondisce bruscamente, sovrastato, ai margini del bacino, dalle successioni dei depositi di conoide alluvionale e poi da quelle dei depositi palustro-fluvio-lacustri, con i depositi alluvionali superficiali, in corrispondenza delle pianure alluvionali maggiori (Fiume Arno, Torrente Faella e Borro della Spina).

Gli spessori delle successioni dei depositi di copertura del substrato, articolati in conoidi alluvionali e depositi palustro-lacustri verso il centro del bacino, sono superiori a 150-200 m.

Per quanto riguarda i terreni di copertura, questi sono stati raggruppati in funzione della litologia prevalente e dell'ambiente deposizionale che li ha originati.

Nella Tavola 4.6.0 Carta geologico-tecnica (1:10.000) sono riportate le tracce delle Sezioni Geologiche significative, riportate in allegato alla presente relazione.

Sono stati dunque distinti i seguenti gruppi, secondo la classificazione proposta dalle Specifiche Tecniche Regionali:

***Depositi alluvionali (GM)***

Comprendono terreni con stato di addensamento da addensato a sciolto costituiti da materiale prevalentemente granulare non cementato o con lieve grado di cementazione; sono prevalentemente costituiti da ghiaie limose, sabbie e limi.

***Depositi palustro-lacustri (CL)***

Comprendono terreni coesivi con consistenza elevata e sono costituiti da argille e limi argillosi, in subordine argille sabbiose. Costituiscono il substrato palustro-lacustre dei depositi alluvionali e sono affioranti alla base dei versanti collinari che bordano le pianure alluvionali.

***Depositi palustro-fluvio-lacustri (SM, SW)***

Comprendono terreni con stato di addensamento medio costituiti da materiale prevalentemente granulare parzialmente cementato; sono prevalentemente costituiti da sabbie e sabbie limose. Affiorano lungo i versanti collinari, sono sovrastanti i depositi palustro-lacustri (CL) e caratterizzano la porzione mediana delle scarpate acclivi denominate 'balze'.

***Depositi di conoide alluvionale (GM)***

Comprendono 'rocce deboli' costituite da materiale prevalentemente granulare con grado di cementazione medio basso, che presentano caratteristiche intermedie fra quelle delle rocce e quelle dei terreni in senso stretto; sono prevalentemente costituiti da conglomerati e ciottolami cementati in matrice sabbiosa e caratterizzano l'abitato di Castelfranco ed in parte quello di Certignano. E' comunque da precisare che quella di Castelfranco è una conoide alluvionale 'fossile'.

***Depositi detritici (SW, GW)***

Comprendono depositi eluvio-colluviali e detrito di falda, di bassa consistenza, con granulometria variabile dalle sabbie alle ghiaie sabbiose con limi. Sono presenti con spessori più rilevanti nell'ambito delle zone marginali dell'abitato di Castelfranco, in corrispondenza delle zone di contatto tra i depositi di conoide alluvionale ed il substrato ed in corrispondenza del margine esterno del pianalto.

Per quanto riguarda gli aspetti relativi alle forme e processi geomorfologici legati alla dinamica di versante, questi sono stati analizzati e cartografati relativamente al loro stato di

attività, ai sensi del Regolamento Regionale 53/R, e riportati analogamente alla Carta Geomorfologica:

- stato attivo, qualora siano presenti evidenze morfologiche di movimento che, non avendo esaurito la loro evoluzione, possono considerarsi recenti, riattivabili nel breve periodo con frequenza e/o con carattere stagionale;
- stato quiescente, qualora siano presenti evidenze morfologiche che, non avendo esaurito la loro evoluzione, hanno la possibilità di riattivarsi;
- stato inattivo, qualora gli elementi morfologici siano riconducibili a condizioni morfoclimatiche diverse dalle attuali o non presentino condizioni di riattivazione o di evoluzione.
- stato indeterminato, qualora non sia determinabile allo stato attuale, da considerarsi comunque potenzialmente riattivabili.

L'area di possibile evoluzione del dissesto è stata valutata coerentemente con la tipologia del fenomeno e con le ipotesi cinematiche ad esso connesse.

Le frane presenti nel territorio sono essenzialmente del tipo a cinematica lenta (scorrimenti, soliflussi e colamenti) e quindi le aree di possibile evoluzione sono limitate alle immediate vicinanze dei movimenti di versante stessi, tranne nel caso dei colamenti in cui possono estendersi fino ai fondovalle. Le aree di influenza non sono state quindi evidenziate all'interno della Carta geomorfologica. Per le aree in dissesto si è tenuto conto delle relative aree di influenza, riferite alle aree di possibile evoluzione del fenomeno, nella redazione della Carta delle aree a Pericolosità Geologica e della Carta delle aree a Pericolosità Sismica, così come concordato con la struttura tecnica dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno. Infatti le aree inserite in Pericolosità geologica molto elevata (G.4) ed in Pericolosità sismica molto elevata (S.4) individuano, oltre al dissesto stesso, l'area di possibile evoluzione; inoltre le aree limitrofe sono state inserite in Pericolosità geologica elevata (G.3).

Gli abitati presenti nei fondovalle sono interessati marginalmente da fenomeni gravitativi a cinematica lenta tipici delle litologie limoso argillose presenti in corrispondenza dei versanti posto a monte dei centri abitati.

L'abitato di Castelfranco è caratterizzato dall'orlo superiore delle scarpate in erosione attiva, evidenziate sia nella Carta geomorfologica che nella Carta delle aree a pericolosità geologica, ove è stato attribuito a queste zone un grado di pericolosità elevata. Inoltre nelle prescrizioni geologiche del Regolamento Urbanistico (e nelle Norme Tecniche di Attuazione) si sono vietati interventi nella fascia di territorio prossima alle scarpate.

## **EFFETTI LOCALI E DI SITO PER LA RIDUZIONE DEL RISCHIO SISMICO CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA (MOPS)**

Relativamente agli aspetti sismici le indagini geologico-tecniche hanno previsto la realizzazione di uno studio di Microzonazione Sismica (MS) di Livello 1, in ottemperanza a quanto previsto dal Regolamento 53/R, facendo riferimento all'Allegato A, §2. Punto B.7 e C.5, finalizzato ad evidenziare gli elementi prioritari per la valutazione degli effetti locali e di sito per la riduzione del rischio sismico e scaturito nella realizzazione della Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS).

In relazione alla riduzione del rischio sismico gli elementi evidenziati per la valutazione degli effetti locali e di sito, sono stati quelli ritenuti utili alle successive fasi di caratterizzazione sismica dei terreni e di parametrizzazione dinamica riferite alla realizzazione o verifica dell'edificato. A tal fine, oltre all'acquisizione di ogni informazione esistente finalizzata alla conoscenza del territorio sotto il profilo geologico e geomorfologico, sono stati acquisiti elementi per una ricostruzione e successiva rappresentazione del modello geologico-tecnico di sottosuolo, sia in termini di geometrie sepolte e di spessori delle litologie presenti (mediante la raccolta delle indagini che costituiscono la Carta delle Indagini), sia in termini di parametrizzazione dinamica principalmente in relazione a misure dirette delle Vsh e di rumore ambientale mediante tecnica a stazione singola (HVSr).

Nello specifico la Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS) individua, sulla base di osservazioni geologiche, geomorfologiche e dell'acquisizione, valutazione ed analisi dei dati geognostici e geofisici, le microzone ove possono verificarsi diverse tipologie di effetti locali o di sito prodotti dall'azione sismica.

In particolare nella valutazione degli effetti locali o di sito ai fini della riduzione del rischio sismico è stata posta particolare attenzione ai seguenti aspetti:

- ricostruzione del Modello geologico-tecnico dell'area;
- individuazione dei litotipi che possono costituire il substrato rigido, accompagnata da una stima approssimativa della profondità ed una stima del contrasto di impedenza sismica atteso;
- individuazione di eventuali discontinuità e morfologie sepolte;
- presenza di faglie e/o strutture tettoniche;
- contatti tra litotipi a caratteristiche fisico-meccaniche significativamente differenti;
- accentuazione della instabilità dei pendii;
- terreni suscettibili a liquefazione e/o addensamento;
- terreni soggetti a cedimenti diffusi e differenziali.

L'elaborazione della Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS) è stata realizzata solo sui centri urbani maggiormente significativi, individuati dal Comune di Castelfranco di Sopra di concerto con l'autorità competente, identificati nelle aree: Pulicciano, Caspri, Castelfranco di Sopra, Certignano, Fornace, Botriolo.

La carta è stata redatta sia in formato cartaceo che vettoriale (GIS), tenendo conto delle indicazioni fornite negli Indirizzi e Criteri di Microzonazione Sismica, nelle Specifiche Tecniche Regionali e nel rispetto degli 'Standard di Rappresentazione e Archiviazione Informatica' redatti dal DPC (versione 2.0beta -II, Giugno 2012).

Nello specifico la Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS) individua e caratterizza:

1. Zone stabili: zone nelle quali non si ipotizzano effetti locali di alcuna natura (litotipi assimilabili al substrato rigido in affioramento con morfologia pianeggiante o poco inclinata) e pertanto gli scuotimenti attesi sono equivalenti a quelli forniti dagli studi di pericolosità di base.
2. Zone stabili suscettibili di amplificazione sismica: zone in cui il moto sismico viene modificato a causa delle caratteristiche litostratigrafiche e/o geomorfologiche del territorio.
3. Zone di Attenzione per le instabilità: zone suscettibili di riattivazione dei fenomeni di deformazione permanente del territorio indotti o innescati dal sisma (instabilità di versante, liquefazioni, fagliazioni superficiali).

Per quanto riguarda il substrato questo è stato distinto in base all'affioramento in corrispondenza di zone morfologicamente subpianeggianti oppure caratterizzate da maggiore acclività, inoltre sulla base allo stato di alterazione e fratturazione della porzione superficiale; per quanto concerne i terreni di copertura, questi sono stati raggruppati in funzione della litologia prevalente, degli spessori e dell'ambiente deposizionale che li ha originati.

### ***Zone Stabili***

Nel territorio comunale, limitatamente ai centri urbani significativi, sono state individuate zone stabili in corrispondenza del substrato rigido in affioramento con morfologia subpianeggiante o poco inclinata solo in corrispondenza dell'abitato di Caspri.

Nelle altre zone, ove le pendenze risultano più elevate, il substrato è stato invece assimilato alle Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali (substrato geologico rigido molto fratturato).

Inoltre il substrato è stato assimilato alle Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali ove si sono riscontrati dalle misure H/V picchi in alta frequenza anche in corrispondenza di litotipi affioranti; tali situazioni sono state interpretate come uno spessore di alterazione e fratturazione del substrato roccioso o interstrati argillitici alterati, riportando, nelle colonne stratigrafiche corrispondenti, una apposita simbologia indicante l'alterazione dei litotipi rocciosi.

Il substrato rigido (riferibile alle Arenarie del Monte Falterona) dunque è affiorante

nella porzione orientale del territorio e si approfondisce bruscamente fino a profondità nell'ordine di centinaia di metri in corrispondenza dei fondovalle, sovrastato da depositi di conoide alluvionale in prossimità del passaggio, poi, proseguendo verso valle, da depositi palustro-fluvio-lacustri e depositi alluvionali.

### ***Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali***

All'interno di questa classe sono state raggruppate tutte le zone caratterizzate dalla presenza di depositi alluvionali, depositi palustro-fluvio-lacustri e depositi di conoide alluvionale; inoltre sono riportati i depositi detritici ed eluvio-colluviali, limitatamente alle zone in cui lo spessore risulta di maggiore entità, ai fini di un possibile effetto di amplificazione sismica locale.

Sono stati inoltre riportati in questa classe anche i litotipi arenacei che costituiscono il substrato rigido fratturato, per le motivazioni sopra riportate.

Deve essere precisato che i litotipi arenacei costituiscono un 'bedrock sismico'; mentre i depositi palustro-lacustri, che sono il 'substrato' dei depositi alluvionali in corrispondenza del fondovalle oppure affiorano alla base dei versanti, seppur costituiti prevalentemente da litologie limoso-argillose sovraconsolidate, non raggiungono velocità tali da considerarsi 'bedrock sismico'.

Le cartografie redatte per Botriolo e la Fornace risultano piuttosto simili, essendo centri abitati posti in corrispondenza del fondovalle delle pianure alluvionali del Torrente Faella e del Borro della Spina, che si estendono fino alla base dei versanti collinari.

Pertanto in queste aree sono suddivisi in microzone distinte dal punto di vista sismico i seguenti terreni: i depositi alluvionali (Zona 1) sovrastanti il substrato palustro-lacustre, i depositi palustro-lacustri (Zona 2), sia come substrato dei depositi alluvionali che affioranti alla base dei versanti collinari, e, limitatamente ad alcune porzioni marginali a monte degli abitati, depositi palustro-fluvio-lacustri che affiorano sui versanti e nelle scarpate acclivi denominati 'balze' (Zona 3); sono inoltre distinte quelle zone con presenza di riporti superficiali.

Non si è ritenuto fattibile effettuare ulteriori suddivisioni all'interno delle zone caratterizzate dalla presenza di depositi alluvionali in quanto le variazioni di spessore sono minime, nell'ordine di alcuni metri, dunque non significative ai fini del presente studio.

Per ogni zona è stata redatta una colonna stratigrafica e sono descritte in legenda le litologie prevalenti.

Si distinguono in modo sostanziale dai precedenti gli abitati del capoluogo e di Certignano, essendo contraddistinti, nella porzione settentrionale, dall'affioramento del substrato rigido, e nelle porzioni centrali e meridionali, dai depositi di conoide alluvionale.

Nella cartografia redatta per Castelfranco sono state individuate microzone distinte in funzione dello spessore dei depositi di conoide alluvionale, sovrastanti il substrato rigido, rilevato da un'attenta analisi dei dati di base raccolti e catalogati, in particolare le stratigrafie dei sondaggi o dei pozzi (Zona 3, 4, 5, 6).

Diversamente sono rappresentate quelle microzone ove il substrato rigido è sovrastato da modesti spessori di depositi eluvio-colluviali e detritici (Zona 2).

Come si evince dalle colonne stratigrafiche riportate in legenda si nota l'approfondimento del substrato a partire dalle porzioni apicali verso quelle centrali e distali della conoide alluvionale; le indagini sismiche effettuate per questo studio confermano l'assetto geologico descritto.

### ***Zone suscettibili di instabilità***

Infine sono state individuate le zone corrispondenti a quelle 'instabili', cartografate nella Carta geomorfologica ed in quella Geologico-Tecnica come frane attive FR<sub>A</sub> (raggruppando in queste anche i soliflussi), frane quiescenti FR<sub>Q</sub>, frane inattive FR<sub>I</sub> e frane con stato di attività non definito FR<sub>n</sub>.

In prossimità del contatto tra i depositi di conoide ed il substrato nella parte alta del capoluogo e di Certignano, ove il passaggio tra questi litotipi avviene entro alcune decine di metri, si sono registrati contrasti di impedenza sismica più elevati rispetto alla porzione centrale della conoide, ove invece il substrato si approfondisce bruscamente. Verso il centro del bacino le misure passive Esac mostrano contrasti evidenti solo a profondità nell'ordine di centinaia di metri, ove è presumibile la presenza del substrato, sovrastato dai depositi alluvionali e da quelli palustro-fluvio-lacustri.

Questo influisce in maniera sostanziale sulla definizione delle aree a pericolosità sismica. In particolare la pericolosità sismica più elevata (S.3) si attribuisce alle porzioni apicali della conoide alluvionale, nella parte alta del capoluogo, ove la profondità modesta alla quale si intercetta il substrato, nell'ordine di alcune decine di metri, dà luogo a contrasti di impedenza più elevati rispetto alle porzioni centrali ove lo spessore dei depositi di conoide aumenta in maniera considerevole.

In corrispondenza dei fondovalle, l'indagine geofisica ESAC ha mostrato contrasti evidenti solo a profondità nell'ordine di centinaia di metri, vista la presenza dei depositi alluvionali e di quelli palustro-lacustri, sovrastanti il substrato roccioso; pertanto a tali zone è stata attribuita una pericolosità sismica media (S.2).

Nelle porzioni di territorio in cui il substrato rigido risulta affiorante è stata comunque attribuita una pericolosità sismica media (S.2) poiché quasi ovunque la morfologia locale risulta da mediamente acclive ad acclive e sono presenti locali fenomeni di dissesto, sia quiescenti che attualmente inattivi. Talvolta in corrispondenza del substrato geologico in affioramento o con presenza di coperture detritiche con spessori minimi, si sono rilevati picchi in frequenze alte o molto alte, che sono state interpretate come uno spessore di alterazione e fratturazione del substrato roccioso o interstrati argillitici alterati.

Per tali motivazioni le zone suddette non sono state considerate come Zona stabili, anche se in presenza di substrato affiorante, bensì sono state distinte nelle Zona stabili su-

scettibili di amplificazioni locali, riportando, nelle colonne stratigrafiche corrispondenti, una apposita simbologia indicante l'alterazione dei litotipi rocciosi, e conseguentemente ad esse è stata comunque attribuita una pericolosità sismica media (S.2).

In corrispondenza della porzione settentrionale del capoluogo e di Pulicciano sono state individuate zone interessate dalle deformazioni dovute a faglie attive e capaci. Per tali zone è stato definito un buffer di 20 metri rispettivamente da una parte e dall'altra della linea tettonica ed attribuita una pericolosità sismica elevata (S.3).

Non sono state individuate zone caratterizzate da depositi soggetti a liquefazione (sulla base delle risultanze di alcune indagini geognostiche costituenti i dati di base, che escludono, viste le caratteristiche granulometriche ed il grado di addensamento dei depositi, la possibilità di liquefazione) e zone in cui sono possibili cedimenti differenziali.

Per tali aspetti risulta comunque opportuno, a livello di intervento diretto, effettuare adeguate indagini geognostiche come previsto dalla normativa vigente, che accertino la presenza localizzata di eventuali problematiche.

Considerate le caratteristiche di risposta e contrasto sismico presenti nel territorio comunale, non si ritiene che vi siano aree che necessitano di ulteriore approfondimento di livello successivo.

## **PROCEDURA SEMIQUANTITATIVA DI VALUTAZIONE DELLA QUALITÀ DELLA CARTA MOPS DI LIVELLO 1**

La procedura con cui si è valutato, in via semiquantitativa, la qualità della Carta di sintesi MOPS ottenuta è quella indicata dagli ICMS, mediante il foglio di calcolo messo a disposizione on-line dal servizio sismico della regione.

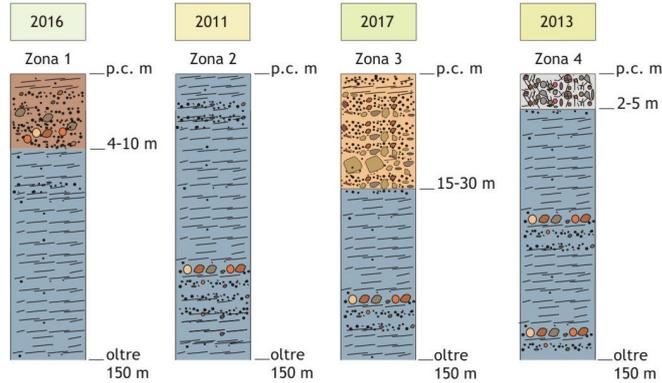
La procedura ha previsto 4 fasi:

1. E' stato costruito un reticolato di celle quadrate orientate N-S e E-W, con lato di 250 m, sulle aree indagate
2. E' stata compilata la tabella che prevede 6 parametri ai quali viene assegnato un peso
3. Si è applicata la formula (sommatoria) indicata per determinare il Fattore di qualità FQ
4. Si è associata al Fattore di qualità la corrispondente Classe di qualità

Di seguito si riporta la scheda di valutazione. Il risultato finale è pari a 75.4, corrispondente ad una qualità A, per la quale *"Carta di livello 1 di ottima qualità"*.

Il punteggio ottenuto risente ovviamente del fatto di non riscontrare, per la maggior parte del territorio comunale, il bedrock sismico rigido a profondità tali (oltre alcune centinaia di metri) da poter essere raggiunto con le indagini geognostiche necessarie.

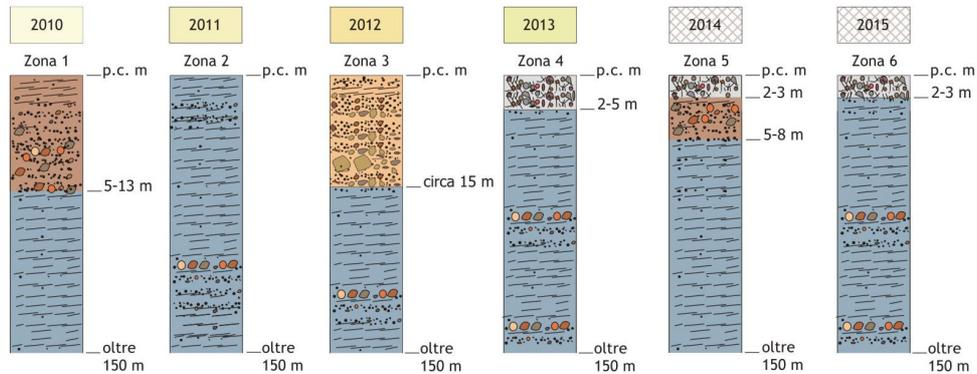
**ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI LOCALI**



**Litologia dei terreni di copertura**

-  Coperture detritiche ed eluvio-colluviali
-  Depositi alluvionali  
Limi e limi sabbiosi da scarsamente a mediamente addensati  
Sabbie, sabbie limose medio-grossolane e ghiaie sciolte con ciottoli di natura calcarea e arenacea arrotondati di dimensioni centimetrico-decimetriche
-  Limi sabbiosi e sabbie limose mediamente addensati con livelli di limi argillosi
-  Ciottolami ad elementi arenacei in matrice sabbiosa grossolana, con intercalazioni sabbioso-limose
-  Limi argilloso sabbiosi grigi, sabbie limose e argille sabbiose grigio azzurre con intercalazioni sabbiose talora arrossate e con paleosuoli, da consolidati a sovraconsolidati

**ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI LOCALI**



**Litologia dei terreni di copertura**

-  Coperture detritiche ed eluvio-colluviali
-  Coperture antropiche
-  Depositi alluvionali  
Limi e limi sabbiosi da scarsamente a mediamente addensati  
Sabbie, sabbie limose medio-grossolane e ghiaie sciolte con ciottoli di natura calcarea e arenacea arrotondati di dimensioni centimetrico-decimetriche
-  Limi sabbiosi e sabbie limose mediamente addensati con livelli di limi argillosi
-  Ciottolami ad elementi arenacei in matrice sabbiosa grossolana, con intercalazioni sabbioso-limose
-  Limi argilloso sabbiosi grigi, sabbie limose e argille sabbiose grigio azzurre con intercalazioni sabbiose talora arrossate e con paleosuoli, da consolidati a sovraconsolidati

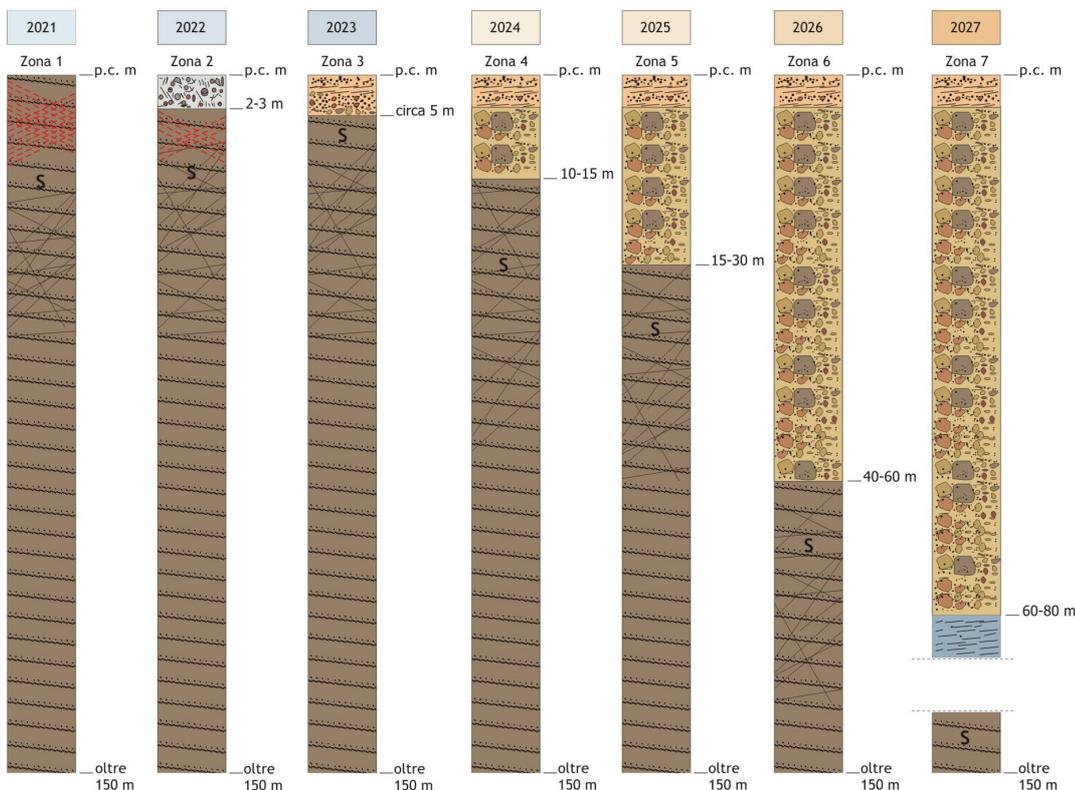
**ZONE SUSCETTIBILI DI INSTABILITA'**

**Instabilita' di versante (FR)  
Tipo prevalente per scorrimento**

-  3012 Frana attiva - FRa
-  3022 Frana quiescente - FRq
-  3032 Frana inattiva - Fri
-  3042 Frana non definita - Frn

Figura 1 - Colonne stratigrafiche rappresentative per gli abitati di Botriolo e Fornace.

**ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI LOCALI**



2021

Substrato rigido lapideo stratificato (LPS) fratturato ed alterato nella porzione superficiale  
Arenarie torbiditiche quarzoso-feldspatiche-micacee con strati pelitici

**Litologia dei terreni di copertura**

Coperture detritiche ed eluvio-colluviali

Limi sabbiosi e sabbie limose mediamente addensati con livelli di limi argillosi

Ciottolami ad elementi arenacei in matrice sabbiosa grossolana, con intercalazioni sabbioso-limose

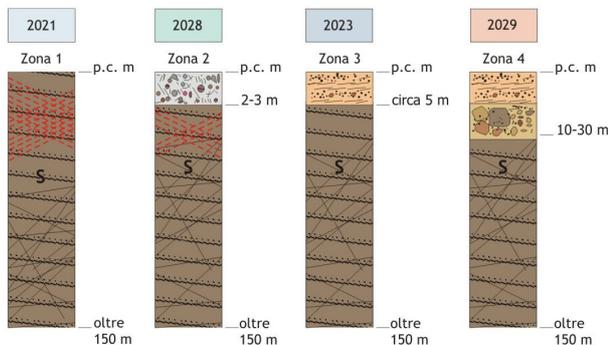
Limi argilloso sabbiosi grigi, sabbie limose e argille sabbiose grigio azzurre con intercalazioni sabbiose talora arrossate e con paleosuoli, da consolidati a sovraconsolidati

**ZONE SUSCETTIBILI DI INSTABILITA'**

**Instabilita' di versante (FR)  
Tipo prevalente per scorrimento**

- 3012 Frana attiva - FRa
- 3022 Frana quiescente - FRq
- 3032 Frana inattiva - Fri
- 3042 Frana non definita - Frn

**ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI LOCALI**



2021

Substrato rigido lapideo stratificato (LPS) fratturato ed alterato nella porzione superficiale  
Arenarie torbiditiche quarzoso-feldspatiche-micacee con strati pelitici

**Litologia dei terreni di copertura**

Coperture detritiche ed eluvio-colluviali

Limi sabbiosi e sabbie limose mediamente addensati con livelli di limi argillosi

Ciottolami ad elementi arenacei in matrice sabbiosa grossolana, con intercalazioni sabbioso-limose

Figura 2 - Colonne stratigrafiche rappresentative per gli abitati di Castelfranco e Certignano.

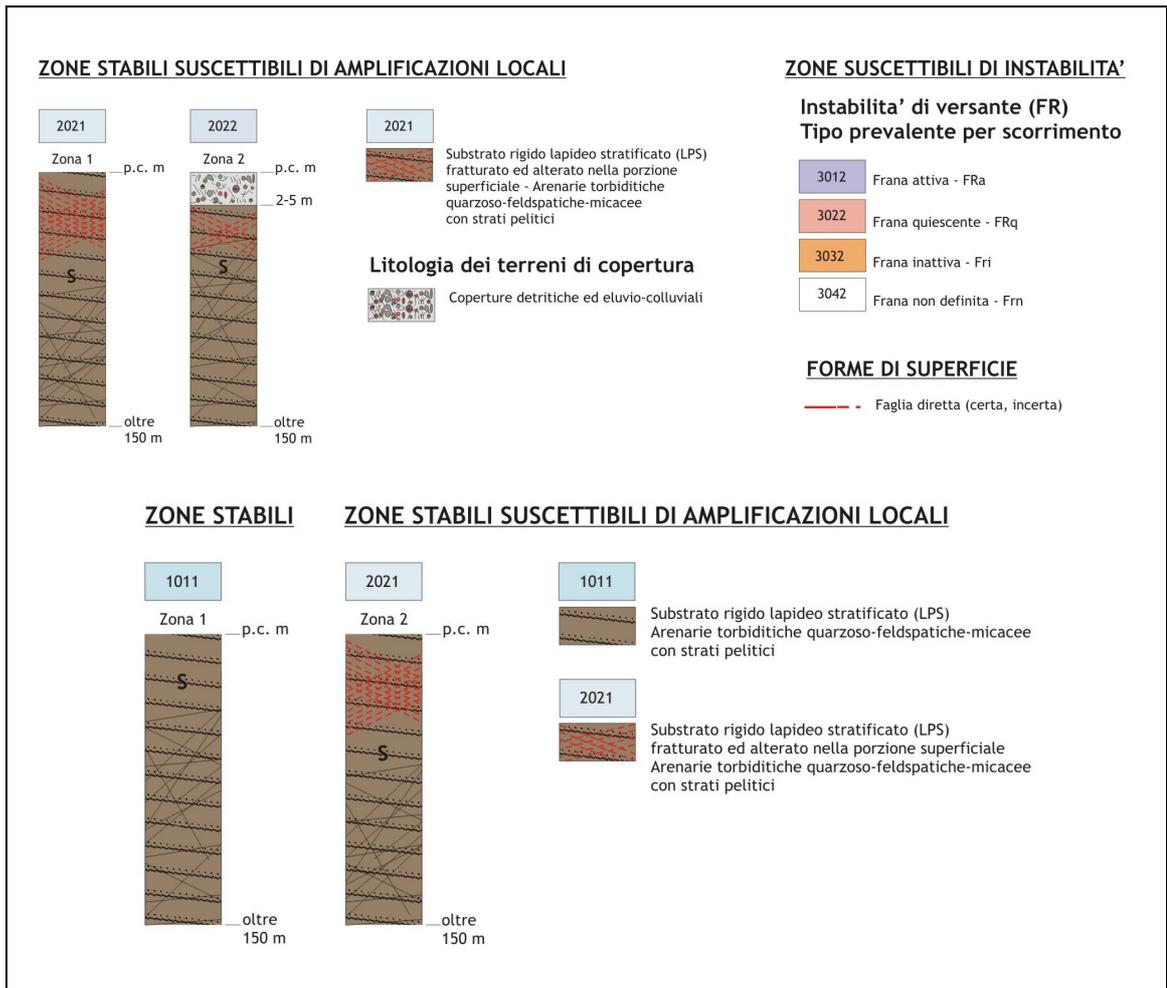


Figura 3 - Colonne stratigrafiche rappresentative per gli abitati di Pulicciano e Caspri.



**SEZIONI GEOLOGICHE SIGNIFICATIVE**  
(Traccia riportata nella Tavola 4.6.0 Carta geologico-tecnica)

