

# COMUNE DI MASSA

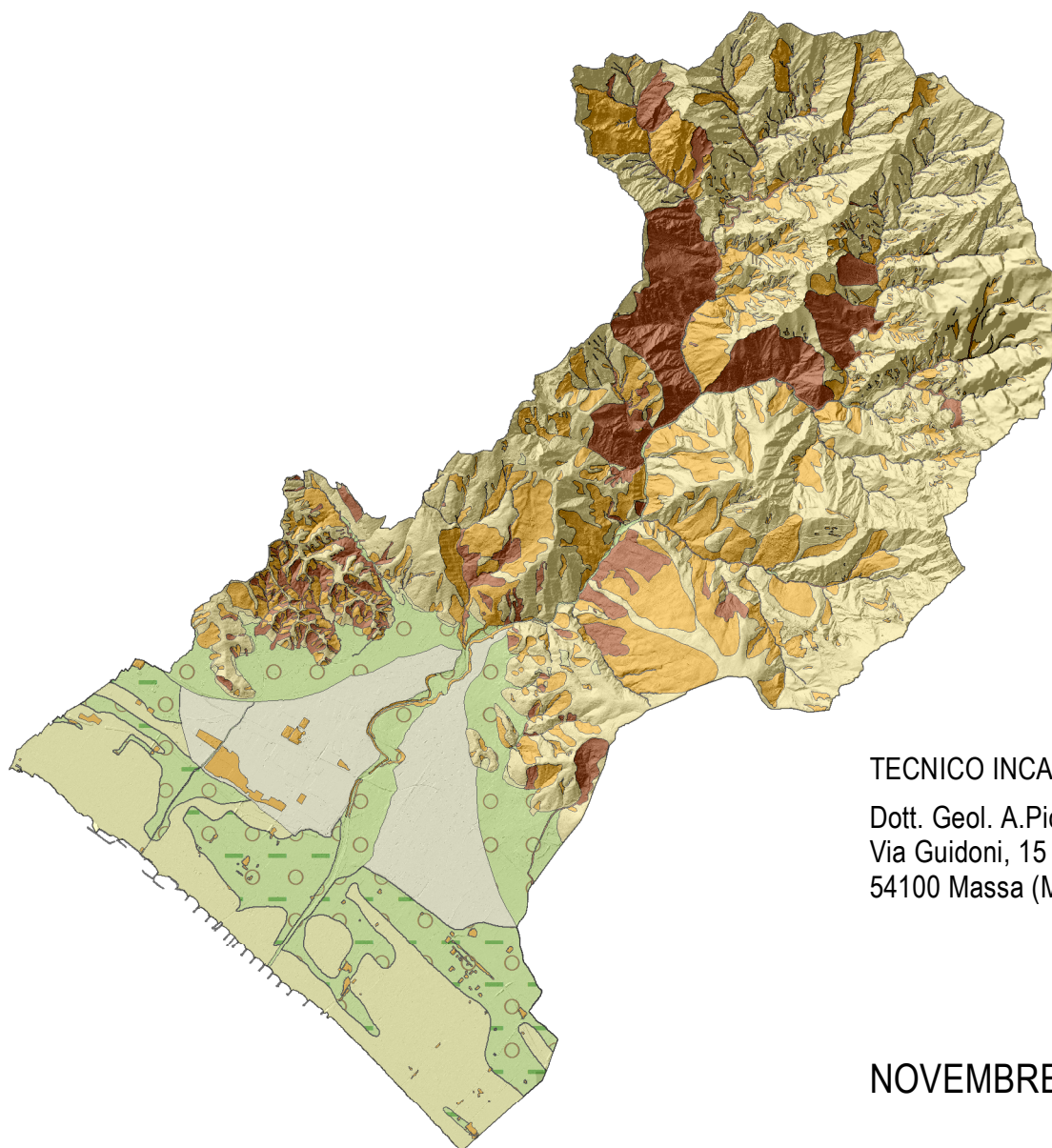


## REGOLAMENTO

## URBANISTICO

AGGIORNAMENTO DEL QUADRO CONOSCITIVO GEOLOGICO  
DEL PIANO STRUTTURALE AI SENSI DEL DPGR 53/R DEL 25/10/2011

### DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' GEOLOGICA DEL TERRITORIO DEL COMUNE DI MASSA RELAZIONE TECNICA



TECNICO INCARICATO:

Dott. Geol. A.Piccinini  
Via Guidoni, 15  
54100 Massa (MS)

NOVEMBRE 2014

## INDICE

1.	<b>INTRODUZIONE</b> .....	3
2.	<b>METODOLOGIA DI STUDIO ED ELABORATI PRODOTTI</b> .....	4
3.	<b>CARTA GEOMORFOLOGICA</b> .....	6
3.1	Analisi delle forme e dei depositi quaternari.....	6
4.	<b>PERICOLOSITA' GEOLOGICA</b> .....	21
4.1	Quadro normativo di riferimento per la pericolosità geologica ed indirizzi tecnici per la valutazione degli aspetti geomorfologici .....	22
4.1.1	Pericolosità geologica secondo il 53/R.....	22
4.1.2	Pericolosità geomorfologica secondo il PAI .....	25
4.2	Pericolosità geologica del Piano Strutturale del Comune di Massa aggiornato secondo il 53/R .....	27
4.2.1	Metodologia utilizzata per la definizione della pericolosità geologica del territorio comunale.....	28
4.2.1.1.	Definizione delle classi di pericolosità geologica.....	28
4.2.1.2.	Definizione dei criteri previsionali.....	33
4.2.1.3.	Definizione dei criteri cartografici utilizzati per la delimitazione delle aree a diversa pericolosità geologica .....	35
4.3.	Coerenza e rapporto di corrispondenza tra le classi di pericolosità geologica di PS e quelle di pericolosità geomorfologica del PAI.....	47
4.4	Distribuzione della pericolosità geologica su scala comunale .....	47

**CARTOGRAFIA FUORI TESTO:**

***CARTA GEOMORFOLOGICA DELL'INTERO TERRITORIO COMUNALE:***

13 TAVOLE (scala 1:5.000);

***CARTA DELLA PERICOLOSITÀ GEOLOGICA DELL'INTERO TERRITORIO COMUNALE:***

13 TAVOLE (scala 1:5.000);

***CARTA DELLA PERICOLOSITÀ GEOLOGICA - TAVOLA DI SINTESI:***

1 TAVOLA (scala 1:15.000);

***CARTA GEOMORFOLOGICA DELLE 26 ZONE SOGGETTE A MISURE DI SALVAGUARDIA:***

7 TAVOLE (scala 1:2.000; SCALA 1:3.000);

***CARTA DELLA PERICOLOSITÀ GEOLOGICA DELLE 26 ZONE SOGGETTE A MISURE DI SALVAGUARDIA:***

7 TAVOLE (scala 1:2.000; scala 1:3.000);

**ALLEGATI FUORI TESTO:**

**ALL.1:** Quadro di ubicazione delle Aree sottoposte a misure di salvaguardia (scala 1:30.000).

**ALL.2:** Studio sulle discariche e i depositi di origine antropica - Novembre 2013  
(Relazione tecnica + Tavola 1A "Carta delle discariche e dei depositi di origine antropica (scala 1:10.000)" e Tavola 1 B "Carta delle discariche e dei depositi di origine antropica: dettaglio di alcune aree (scale varie)").

## 1. INTRODUZIONE

Su incarico del **Comune di Massa** (Determinazione Dirigenziale n°1718 del 09/05/2013), “*Settore Mobilità e Qualità Urbana, Protezione Civile e Salvaguardia idrogeologica*” è stato predisposto un aggiornamento del quadro conoscitivo geomorfologico dell'intero territorio comunale finalizzato alla stesura della Carta della Pericolosità geologica ai sensi del DPGR 53/R del 25/10/2011.

Il presente studio aggiorna il quadro conoscitivo del Piano Strutturale comunale (PS) vigente ed è propedeutico alla formazione del nuovo Regolamento Urbanistico del Comune di Massa.

Occorre ricordare che il quadro geomorfologico di riferimento (e di conseguenza la carta della pericolosità ad esso associata) del PS vigente approvato con Deliberazione del Consiglio Comunale n°66 del 09/12/2010 descrive il quadro del territorio così come si presentava a Gennaio 2008, data di protocollo delle indagini geologiche successivamente adottate e poi approvate ai sensi del precedente regolamento in materia di indagini geologiche (DPGR 26/R del 27/04/2007).

Dal Gennaio 2008 ad oggi il territorio del Comune di Massa è stato interessato da numerosi eventi pluviometrici significativi tra i quali si ricordano quelli dell' Aprile 2009, Dicembre 2009, Gennaio 2010, Luglio 2010, gli eventi estremi del 31 Ottobre/1 Novembre 2010 e del 10/11 Novembre 2012 e da ultimo le piogge del Gennaio 2014 che hanno prodotto, nel complesso, un numero molto elevato di frane in diverse parti del territorio comunale.

Lo studio che si presenta nei capitoli successivi costituisce il completamento, su intera scala comunale, di quello già effettuato per la località Candia nell'Ottobre 2013 successivamente adottato e poi approvato con Deliberazione del Consiglio Comunale n°29 dell'11/06/2014.

La località Candia rappresenta una delle 27 zone soggette a misure di salvaguardia, così come definite dall'art. 150 della Disciplina di Piano a corredo del Piano Strutturale.

Le rimanenti 26 zone sono state trattate nel presente lavoro con l'ausilio di rilievi geomorfologici e carte della pericolosità geologica specifiche alla scala 1:2.000 e/o 1:3.000.

Si ricorda infine che il perimetro di salvaguardia fissato per le 27 zone di cui sopra è scaturito, nel Dicembre del 2010, dall'analisi delle criticità evidenziate dal Comune di Massa a seguito dell'evento alluvionale verificatosi nella notte compresa tra il 31 Ottobre e il 1 Novembre 2010. Le piogge cadute in quei giorni hanno causato numerosi fenomeni di dissesto idrogeologico, perdita di vite umane e numerosi danni soprattutto al tessuto produttivo, con particolare riferimento al settore vitivinicolo, e alla rete infrastrutturale sia provinciale che comunale.



## 2. METODOLOGIA DI STUDIO ED ELABORATI PRODOTTI

Per questo progetto i depositi quaternari (frane, falde di detrito, detrito di versante, ravaneti, discariche ecc...) sono stati investigati nel dettaglio aggiornando le cartografie esistenti (carta geomorfologica) poiché di cruciale importanza per la definizione delle caratteristiche utili alla definizione della pericolosità geologica sia dei depositi stessi sia del territorio circostante. Il rilevamento, effettuato attraverso numerosi sopralluoghi di campagna e aereofoto interpretazione è stato condotto con particolare dettaglio soprattutto in prossimità dei centri abitati, interpretando ed utilizzando tutti i dati messi a disposizione dagli uffici comunali relativamente sia al censimento dei singoli dissesti noti che alle informazioni circa le indagini geognostiche e strumentali esistenti.

Per l'aggiornamento della carta geomorfologica si è partiti dall'analisi delle informazioni contenute nei seguenti elaborati esistenti:

- Continuum Geologico della Regione Toscana in scala 1:10.000, in cui per ragioni legate alle finalità del progetto i depositi quaternari sono sia sottorappresentati sia scarsamente documentati allo scopo di dare maggior risalto alle caratteristiche del substrato;
- Banche Dati IFFI e aggiornamenti della Regione Toscana, relativi alle frane, anche in questo caso i corpi di frana risultano sottorappresentati;
- Piano strutturale del Comune di Massa in scala 1:5.000, in cui i depositi quaternari sono ben rappresentati anche se aggiornati al 2007; oltre ai necessari aggiornamenti si è reso necessario una parziale riclassificazione dei fenomeni franosi sia per quanto riguarda la tipologia che le geometrie dei corpi di frana;
- Carta geologica tecnica in scala 1:10.000, contenuta all'interno dello studio di Microzonazione sismica (maggio 2013) sviluppato dall'Università di Siena; in questo studio è contenuta una revisione geomorfologica che è stata di prezioso aiuto per l'aggiornamento geomorfologico descritto di seguito anche se, per ragioni legate alle finalità del progetto (individuazione di microzone sismiche dal punto di vista sismico) e per la scala utilizzata (1:10.000), i depositi quaternari risultano sottorappresentati.

La metodologia applicata per l'aggiornamento della carta geomorfologica è stata sviluppata attraverso i seguenti punti:

1. raccolta dei dati relativi a studi e rilievi precedenti eseguiti o commissionati dal Comune di Massa oltre che quelli eseguiti da privati;
2. sopralluoghi e rilievi di campagna;
3. aereofoto interpretazione di tutto il territorio comunale utilizzando foto aeree recenti; l'analisi di foto aeree del 2009, 2010 e 2013 ha consentito un'analisi di dettaglio dei fe-

nomeni franosi prodotti dai recenti eventi pluviometrici estremi con particolare riferimento agli eventi alluvionali del 2010 e 2012;

4. aereofoto interpretazione dell'asta del Fiume Frigido mediante foto aeree del 1937 e del 1971; tale analisi ha consentito un'analisi di dettaglio delle forme fluviali relitte (superfici di terrazzo, orli di scarpata obliterati da modificazioni antropiche, porzioni di alveo abbandonate artificialmente);
5. Interpretazione e verifica delle forme su base LIDAR.

Le informazioni rese disponibili mediante i dati LIDAR relativi a voli effettuati nel 2008 (da parte del MATTM) e nel 2012 (da parte della RT) hanno permesso, grazie al dettaglio delle informazioni morfologiche in esso contenute (cella 1 m x 1 m), di raffinare il rilievo di campagna e verificare l'analisi effettuata mediante aereofoto interpretazione.

I dati LIDAR (*Ligth Detection and Ranging*), sono ottenuti tramite sistemi di misurazione laser a scansione montati su aeromobili e permettono di ottenere misure topografiche di elevata precisione. I dati grezzi sono costituiti da una nuvola di punti disposti irregolarmente sul territorio, di cui sono note le coordinate, la quota e l'intensità di riflessione. I principali prodotti che si ottengono dall'elaborazione di questi punti sono il DTM (*Digital Terrain Model*) e il DSM (*Digital Surface Model*). In particolare, nel presente studio, si è utilizzato un modello DTM ottenuto dai dati puntuali x, y, z "*last pulse*", corrispondenti alla rappresentazione tridimensionale della sola superficie fisica del suolo. Per l'area collinare montana del Comune di Massa il DTM Lidar utilizzato ha una cella 1 m x 1 m.

L' utilizzo dei dati di cui sopra ha permesso di realizzare un rilievo geomorfologico con dettaglio in scala 1:2.000 sull'intero territorio comunale.

Il layout utilizzato per la stampa delle tavole è la scala 1:5.000 derivata però dalla riduzione della cartografia CTR in scala 1:2000. Ogni tavola in scala 1:5000 conserva pertanto tutte le forme geomorfologiche rilevate digitalizzate a scala 1:2.000.

Sia per la carta geomorfologica che per quella della pericolosità geologica il territorio comunale è stato suddiviso in 13 tavole alla scala 1:5.000.

Per descrivere le 26 zone soggette a misure di salvaguardia, date le dimensioni più contenute delle aree coinvolte, il layout utilizzato per la stampa delle tavole è stato o la scala originale di digitalizzazione 1:2.000 o la scala 1:3.000.

Nel complesso lo studio ha prodotto n° 41 Tavole di seguito elencate:

- **Carta Geomorfologica dell'intero territorio comunale:** 13 Tavole (scala 1:5.000);
- **Carta della Pericolosità geologica dell'intero territorio comunale:** 13 Tavole (scala 1:5.000);
- **Carta Geomorfologica delle 26 zone soggette a misure di salvaguardia:** 7 Tavole

(scala 1:2.000; scala 1:3.000);

- **Carta della Pericolosità geologica delle 26 zone soggette a misure di salvaguardia:**  
7 Tavole (scala 1:2.000; scala 1:3.000);

Oltre agli elaborati di cui sopra il presente lavoro si correda di uno “*Studio sulle discariche e i depositi di origine antropica*” redatto nel Novembre del 2013 che ha costituito la base conoscitiva per la definizione della pericolosità geologica delle discariche presenti nell’ambito di fondovalle e costiero del Comune di Massa.

### **3. CARTA GEOMORFOLOGICA**

La carta geomorfologica descrive le forme del rilievo e la loro dinamica considerando l'effetto della struttura, degli agenti endogeni ed esogeni, l'evoluzione e l'età del rilievo, la distribuzione spaziale delle differenti forme ed associazioni di forme. In tale carta sono state riportate le forme ed i processi geomorfologici legati sia alla dinamica di versante che alla dinamica fluviale con particolare riferimento al Fiume Frigido che rappresenta l'asta idrica più importante del Comune di Massa.

La legenda utilizzata nella cartografia del PS vigente è stata aggiornata ed integrata sulla base delle nuove informazioni desunte dal rilievo geomorfologico di maggior dettaglio descritto nel presente studio. In particolare, è stata ridefinita la classificazione tipologica delle frane presenti sul territorio comunale in accordo con lo studio di microzonazione sismica, effettuato dall'Università di Siena, ed in coerenza con l'attuale letteratura scientifica di settore.

La legenda illustra circa 70 elementi geomorfologici riscontrati nel territorio del Comune di Massa suddivisi tra forme poligonali (34), lineari (22) e puntuali (11).

#### **3.1 Analisi delle forme e dei depositi quaternari**

Di seguito si elencano le forme descritte dalla carta geomorfologica contenuta nel presente studio, soffermandosi sulla descrizione di alcuni elementi di novità rispetto alla carta del PS vigente o su alcune forme che hanno subito una modifica/aggiornamento significativo. Per il dettaglio oltre che per un approfondimento di tutti gli elementi descritti si rimanda all'esame delle Tavole geomorfologiche unite al presente lavoro.

**FORME DI VERSANTE, PROCESSI E DEPOSITI DOVUTI ALLA GRAVITA'**

**Forme di denudazione:** vi rientrano gli orli di scarpata naturale, quelli di frana (indipendentemente dal loro stato di attività), le principali crepacciature e/o gli avvallamenti (rilevate soprattutto lungo le principali infrastrutture viarie), gli orli di scarpata di cava e/o di degradazione artificiale (legati a fattori antropici), le frane puntuali e l'indicazione puntuale di caduta massi;

**Forme di accumulo e relativi depositi**

Tra le forme di accumulo più significative vi sono le frane. Il settore montuoso e collinare del Comune di Massa è caratterizzato dalla presenza di numerosi fenomeni gravitativi di diversa tipologia e stato di attività. La forte energia del rilievo, con dislivelli prossimi ai 1600 metri realizzati in 3-4 km, l'approfondimento fluviale, l'assetto giaciturale, le caratteristiche litotecniche del substrato, l'uso del suolo e la carenza diffusa di opere di regimazione idraulica sono tra i principali fattori predisponenti il dissesto dell'area. Si distinguono fenomeni di dimensioni e spessori coinvolti nel movimento molto vari, da pochi metri a parecchie decine di metri.

Nella carta geomorfologica, per ciascuna delle tipologie di frana descritte sono state distinte le forme attive da quelle quiescenti. Nello studio è stato deciso di non effettuare la classificazione delle frane inattive sia per la mancanza di dati provenienti da indagini strumentali sia per un approccio di tipo cautelativo. Le frane inattive incontrate sono state quindi classificate nel presente lavoro come frane quiescenti.

**Frane complesse (a1cma, a1cmq)**

Sono le frane generate da due o più tipi di movimento. La complessità è data dalle dimensioni talvolta notevoli che raggiungono i fenomeni e la varietà dei contesti in cui si osservano. Si tratta in genere di grandi frane i cui corpi sono caratterizzati, spesso, da geometrie complesse, talvolta coalescenti e con piede che assume di frequente la tipica forma a lobo. Le evidenze geomorfologiche suggeriscono, in generale, tipologie quiescenti anche se sono individuabili riattivazioni di singole porzioni degli originali corpi di frana. Più rare risultano le riattivazioni totali.

Nella maggior parte dei casi nella parte alta si osservano corone associate a trincee e contropendenze che suggeriscono una componente rotazionale del movimento mentre nella parte bassa il corpo di frana assume un aspetto più ondulato e a volte una tipica forma a lobo che ne indicherebbe un movimento prevalente per colamento. Data la presenza di rotture di pendio associate al movimento, in corrispondenza di queste spesso si sono impostati i centri abitati del settore montano. E' questo il caso di Bergiola Maggiore, Casette, Antona, Resceto, Debbio-Canevara e Forno (versante lato cimitero) dove versanti con sviluppi anche superiori al chilometro sono interessati da grandi movimenti gravitativi con spessori della massa coinvolta che può raggiungere i 30-40 metri. Inoltre, gli ammassi rocciosi coinvolti sono in genere scompaginati e, a seconda delle litologie coinvolte, possono presentare blocchi di dimensioni plurimetriche o ammassi rocciosi scomposti con un abbondante frazione sabbioso-argillosa proveniente dall'alterazione del substrato.



*Fig. 3.1 Frana di tipo complesso in località Lavacchio originata da un movimento di scorrimento evoluto poi in una colata di detrito (debris flow) molto rapida (31 Ottobre 2010)*

### **Frane di scorrimento (a1sa, a1sq)**

Sono caratterizzate dalla presenza di una zona di corona arcuata ben marcata e dalla presenza di morfologie tipicamente associate alla rotazione di blocchi o ammassi terrosi quali contropendenze, gradini e trincee.





*Fig. 3.2 Frana di scorrimento attiva in località Poggio Piastrone conseguenza della riattivazione di una porzione di un'antica frana complessa quiescente (Gennaio 2014)*

### **Frane di colamento (a1coa, a1coq)**

Sono prevalentemente colate di detrito e terra che interessano le coperture detritiche superficiali, le coperture pedogenetiche insistenti direttamente sul substrato e i corpi detritici in passato già mobilizzati da frane attualmente quiescenti. Sono generalmente di dimensioni molto limitate ma hanno una velocità di evoluzione molto rapida. Tali dissesti sono conosciuti in letteratura come "soil slip" e definiscono frane che si verificano per saturazione e fluidificazione della coltre eluvio-colluviale. Il materiale altamente fluidificato, assimilabile ad una miscela solido-liquida, si muove verso il fondovalle con velocità notevoli, direttamente condizionate dalla pendenza del versante, dalla quantità d'acqua accumulata e dalla scabrezza della superficie sulla quale scivola la massa. Le principali cause scatenanti sono gli eventi meteorici critici o prolungati nel tempo durante i quali le coperture detritiche e le coltri di alterazione superficiale si imbibiscono di acqua e fluidificano rapidamente a causa dell'abbondante percentuale sabbioso-limoso presente. In corrispondenza dei versanti e dei fondo valli abitati costituiscono un forte fattore di rischio anche perché spesso le modificazioni della topografia (terrazzamenti, edilizia, rete viaria ecc..) e dell'idrografia superficiale ne favoriscono l'insacco.

La pericolosità di tali fenomeni è determinata dalla rapidità di sviluppo, dall'imprevedibile punto d'insacco, e dall'elevata densità di distribuzione delle singole frane le cui traiettorie di discesa sul pendio hanno perciò una notevole probabilità d'intercettare aree urbanizzate.





*Fig. 3.3. Frane attive di colamento rapido di terra e detrito sui versanti dell'area del Monte Pretina in località Candia (Novembre 2012)*

### **Frane di crollo (a1ca, a1cq)**

Si osservano in corrispondenza delle scarpate verticali, favorite spesso dalla presenza di fratture, dove si verificano distacchi di ammassi rocciosi e ribaltamenti di prismi. Non sono processi continui ma evolvono attraverso episodi con tempi di ritorno difficilmente valutabili e comunque variabili da caso a caso. In alcuni casi gli accumuli permangono al piede delle scarpate mentre più spesso questi sono rimossi ad opera di successivi processi gravitativi trovandosi spesso su pendenze notevoli.

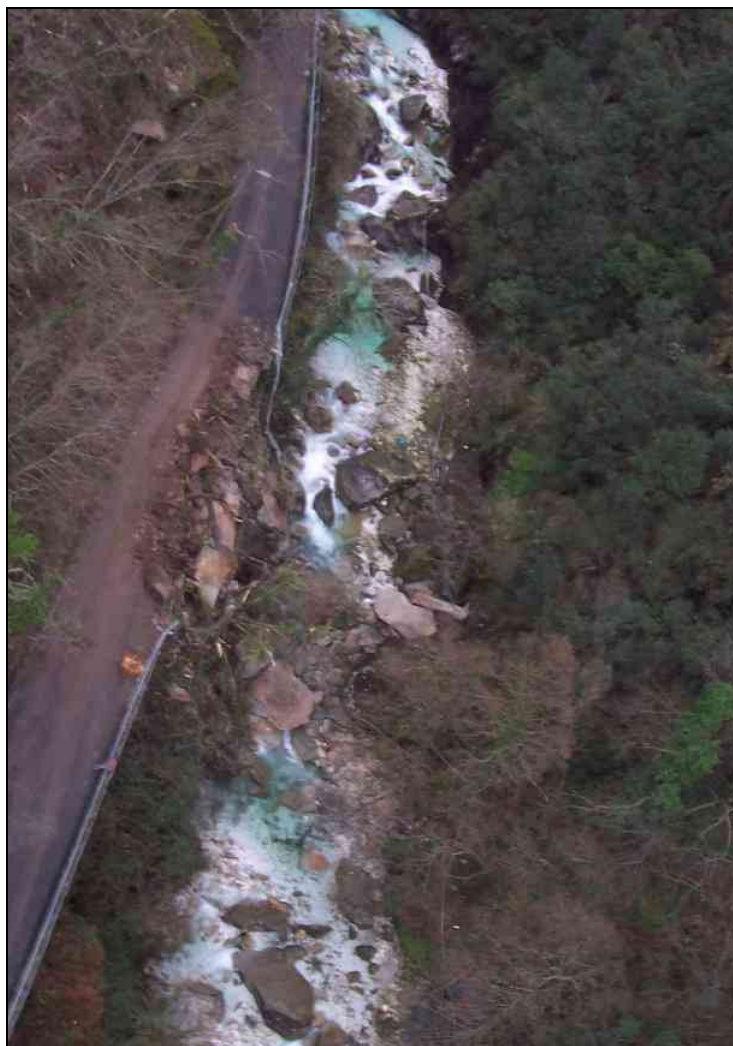


Fig. 3.4. Frana di crollo in località Guadine (27 Febbraio 2007). Il crollo di grossi blocchi provocò ingenti danni alla viabilità sottostante (via Alta Tambura)

L'utilizzo di tecniche GIS ha permesso la costruzione di una banca dati che contiene tutti gli elementi descrittivi associati ai singoli eventi franosi cartografati, la riclassificazione degli elementi geomorfologici contenuti nella carta del PS vigente sulla base di più attributi e l'esecuzione di operazioni di conteggio, o calcoli di statistica descrittiva sulle informazioni contenute nelle tabelle (es. area totale occupata dalle frane, numero totale di frane). I risultati dei conteggi effettuati sono descritti nella Tab. 3.1 e nei grafici di Fig. 3.5.e.3.6.

Tipologia di Frana	N° Frane	ATTIVE		QUIESCENTI	
		Numero	Sup. (kmq)	Numero	Sup. (kmq)
<b>Corpo di frana complessa</b>	232	28	0,55	204	4,72
<b>Corpo di frana di colamento</b>	359	308	0,22	51	0,27
<b>Corpo di frana di crollo o ribaltamento</b>	28	13	0,09	15	0,20
<b>Corpo di frana di scorrimento</b>	241	112	0,24	129	0,53
	<b>860</b>	<b>461</b>	<b>1,1</b>	<b>399</b>	<b>5,72</b>

Tab. 3.1. Inventario dei fenomeni franosi riscontrati sul territorio comunale, divisi per tipologia e stato di attività con indicazione delle relative superfici occupate



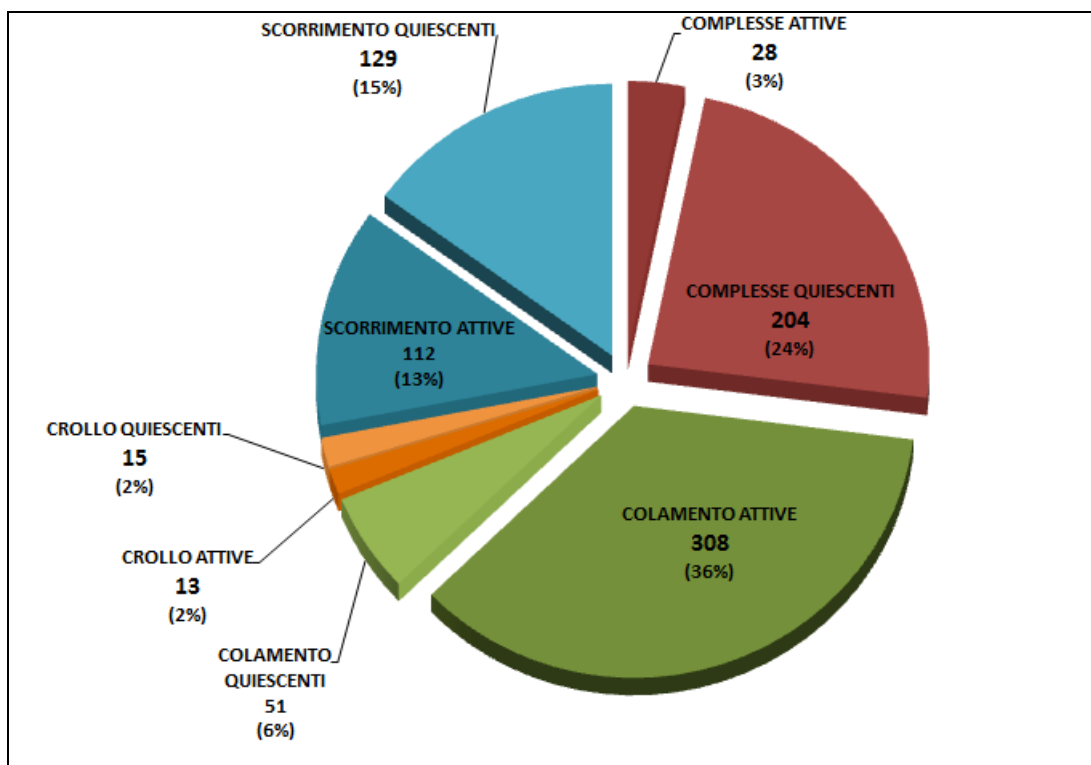


Fig. 3.5. Suddivisione del numero complessivo delle frane censite sul territorio comunale (n° 860) sulla base della loro tipologia

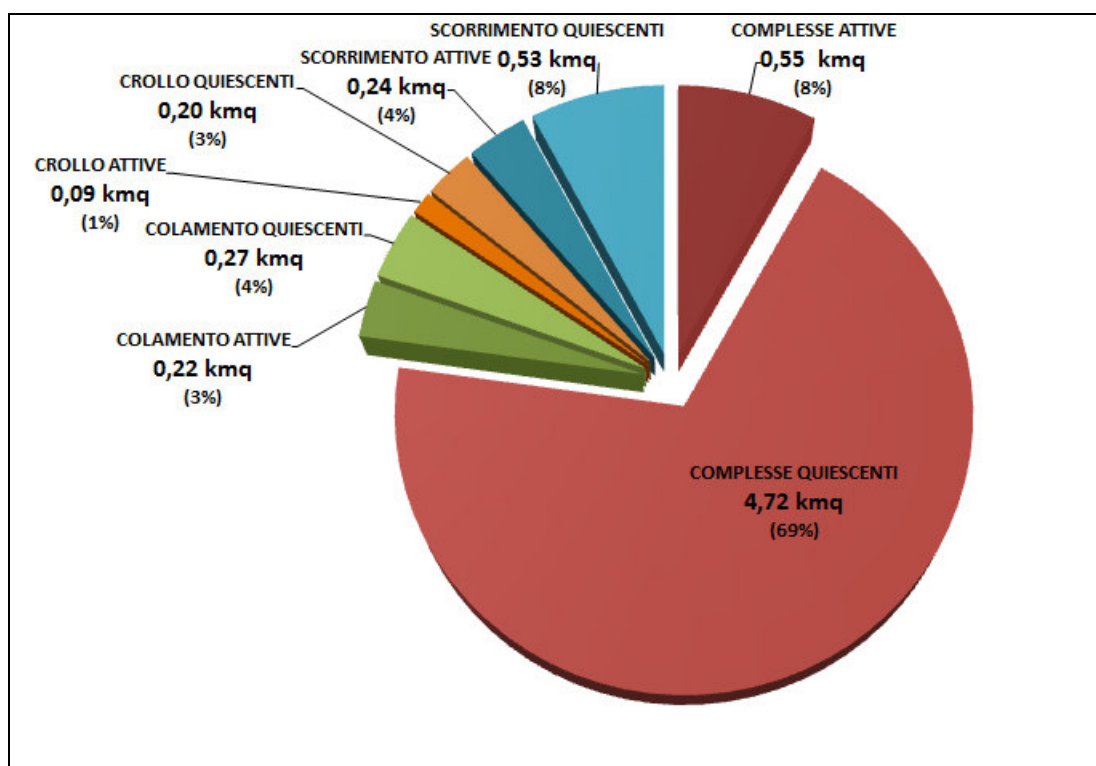


Fig. 3.6. Suddivisione della superficie complessiva delle frane censite sul territorio comunale (c.a. 7 km²) sulla base della loro tipologia

Il rilievo geomorfologico ha evidenziato un numero complessivo di **860 frane** distribuite sull'intero territorio comunale. L'analisi dei dati mostra i rapporti esistenti tra il numero delle fra-

ne associato a ciascuna tipologia con la superficie di territorio complessivamente occupata. Si nota ad esempio che nonostante la tipologia di frana più numerosa sia rappresentata dai colamenti questi occupano una superficie molto limitata rispetto a quella rappresentata dalle frane complesse che arealmente risultano di gran lunga le più rappresentate.

### **Deformazioni gravitative profonde di versante (DGPV)**

Si tratta di processi indotti da una lenta deformazione gravitativa che si esplica in estesi settori del versante e che genera elementi morfologici secondari come sdoppiamento di creste, trincee, gradini, contropendenze e scarpate utili per il loro riconoscimento. La descrizione di questi lenti processi gravitativi, ampiamente noti in letteratura, è stata possibile grazie al prezioso contributo fornito dalle informazioni morfologiche contenute nei rilievi DTM eseguiti su base LIDAR. Sono state cartografate due tipologie di fenomeni:

- DGPV tipo *Sackung* che caratterizzata il versante nord-occidentale del Monte Belvedere con specifico riferimento al versante sovrastante il paese di Pariana, al versante in prossimità della località Debbio Canevara e al versante in prossimità della località Canalacci;
- DGPV tipo *Block slide* che caratterizzata una porzione del versante, in località Forno, sito in prossimità della Filanda e il versante in località Campareccia costituente la porzione sudorientale del Monte di Antona.

<b>Tipologia di DGPV</b>	<b>Sup. (kmq)</b>
<b>DGPV tipo Sackung</b>	1,96
<b>DGPV tipo Block slide</b>	0,40
	<b>2,36</b>

Tab. 3.2. Estensione (kmq) dei versanti interessati da DGPV

**Elementi morfologici associati alle DGPV:** vi rientrano gli orli di scarpata di DGPV, gli orli di gradino di DGPV, gli orli di gradino associati ad una contropendenza e le trincee di DGPV.

### **FORME FLUVIALI, PROCESSI E DEPOSITI DOVUTI AD ACQUE CORRENTI SUPERFICIALI**

**Forme di denudazione o erosione:** vi rientrano gli orli di scarpata di erosione fluviale o di terrazzo classificati sulla base del loro stato di attività oltre che gli orli di terrazzo documentati su base morfologica e/o storica; l'alveo fluviale attuale e quello abbandonato artificialmente, i paleoalvei, i tratti di corsi d'acqua e impluvi interessati da sovralluvionamento, le superfici di terrazzo e/o i ripiani di erosione fluviale, i ruscellamenti diffusi e quelli concentrati.

Il rilievo degli orli di terrazzo descritti su base morfologica e/o storica, gli alvei abbandonati artificialmente e le superfici di terrazzo è stato condotto grazie all'aereofoto interpretazione di serie storiche di foto aeree con particolare riferimento ai voli del 1937 e del 1965.

La definizione dei paleoalvei è invece stata condotta mediante tecniche di telerilevamento, analisi del DTM eseguito su base LIDAR, analisi della cartografia storica e anche sulla base delle informazioni ricavate direttamente da indagini geognostiche (carotaggi) e geofisiche (sismica a rifrazione e tomografia elettrica) condotte dallo scrivente (paleoalveo del cimitero del Forno).

**Forme di accumulo:** vi rientrano i conoidi alluvionali di deiezione olocenici e pleistocenici (conoide del Fiume Frigido del Pleistocene superiore) in carta distinti con specifica simbologia.

Si tratta dei depositi alluvionali del Fiume Frigido e delle conoidi alluvionali poste alla base dei versanti.

La forma più rappresentata è quella della conoide alluvionale del F. Frigido oggi solo parzialmente conservata ed osservabile a causa sia dei processi di rielaborazione superficiale sia della forte antropizzazione. Tuttavia, la zona apicale presenta una pendenza maggiore che diminuisce gradualmente nella parte mediana e distale. Nella parte distale la conoide è caratterizzata dalla presenza di una scarpata alta fino a 7-8 m con andamento sub parallelo alla costa che costituisce i resti della falesia associabile con la massima trasgressione marina olocenica e i depositi si rinvengono in discordanza al di sotto delle successioni marine ed eoliche oloceniche. La deposizione della conoide è legata alle fasi fredde del Pleistocene superiore e ad un livello marino più basso dell'attuale. Le condizioni fredde ed aride durante l'Ultima Glaciazione hanno favorito la produzione di notevoli quantità di detrito all'interno del bacino del Frigido e la loro redistribuzione allo sbocco nella pianura e lungo parte della piattaforma continentale. La deposizione e il modellamento della conoide si è fermata in corrispondenza del miglioramento climatico olocenico quando la risalita del livello marino e la diminuzione di carico solido del corso d'acqua ha favorito la sua incisione nella porzione apicale.

I depositi sono prevalentemente ghiaiosi con spessori che possono superare gli 80 metri osservati nei sondaggi più profondi.

Lungo la fascia al piede dei versanti i vari corsi d'acqua hanno prodotto una serie di conoidi alluvionali di età olocenica.

Alle conoidi pedemontane fa eccezione solo la conoide di deiezione olocenica del Fiume Frigido, ubicata sulla piana, in corrispondenza della località Puliche, evidenziata grazie all'analisi del DTM generato sulla base dei dati Lidar. L'apice della conoide si colloca poco più a monte del ponte sul Fiume Frigido di via Marina Vecchia, mentre il ventaglio si estende verso mare abbracciando quasi tutta la località Puliche e presentando uno sviluppo maggiore nel settore collocato in destra idrografica del F. Frigido (vedi Fig. 3.9). Tale conoide testimonia una consistente attività di trasporto solido esercitata dal Fiume Frigido allo sbocco in mare in corrispondenza di una antica scarpata marina incisa ed erosa dal fiume in un periodo successivo all'optimum climatico postglaciale.

Ritornando alle conoidi pedemontane, la loro forma è ben riconoscibile anche se i processi responsabili della loro formazione sono oggi inattivi a causa della regimazione dei corsi d'acqua e dell'intensa antropizzazione. Le dimensioni così come la pendenza delle conoidi è variabile e funzione sia dell'importanza dei corsi d'acqua che li alimentano sia dell'intensità dei processi di messa in posto dei depositi. Le conoidi con minor pendenza sono quelle alimentate dai corsi d'acqua con bacino di alimentazione più esteso e con minor energia del rilievo provenienti da NO (ad es. Canale della Foce, Fosso Castagnara) mentre le più pendenti sono quelle i cui bacini di alimentazione presentano minor estensione e maggior pendenza dei versanti (Fosso Colombera che diventa poi Canale del Rotino, Fosso di San Remigio e Torrente Canal Magro). A questo proposito si segnala la conoide generata dal Fosso Colombera, attualmente inattiva, su cui sorgono gli abitati di Castagnetola e di Ortola posta in posizione più prossimale ai rilievi che è molto acclive e profondamente re-incisa dal corso d'acqua attuale (Canale del Rotino).

Le conoidi più piccole e con minor pendenza sono quelle che interessano la zona del centro storico e il sistema di rilievi del Castello e del Monte di Pasta (Canale delle Grondini e Canale

della Bocchetta) a causa delle limitate dimensioni dei sistemi vallivi interessati. I depositi alluvionali collegati a queste conoidi pedemontane si trovano in discordanza sui sottostanti depositi alluvionali della conoide alluvionale del Pleistocene superiore del Fiume Frigido. Sono costituiti da depositi eterometrici prevalentemente sabbioso-limosi con ghiaie angolose e sub-angolose a supporto di matrice, localmente con abbondante frazione argillosa (vedi stratigrafie della località Codupino).

### **FORME CARSICHE**

Sono cartografati i principali inghiottitoi ricavati dalla consultazione dei database regionali.

### **FORME, PROCESSI E DEPOSITI DOVUTO ALL'UOMO E MANUFATTI**

**Forme e depositi artificiali:** vi rientrano i terreni di riporto, i ravaneti, le discariche di rifiuti urbani e/o speciali e i depositi di origine antropica. Per le informazioni relative alle discariche comunali si rimanda allo studio di dettaglio eseguito nel Novembre 2013 che si unisce al presente lavoro (Allegato 2 fuori testo).

Per quanto riguarda i ravaneti (*h3*), che come noto costituiscono gli accumuli degli scarti di lavorazione presenti al piede delle aree estrattive, il rilievo di dettaglio compiuto in questo studio ha permesso una loro precisa delimitazione consentendo una stima reale della loro estensione all'interno del territorio comunale (vedi Tab. 3.3.). I ravaneti costituiscono di fatto delle discariche di inerti le cui dimensioni dipendono molto sia dalle dimensioni che dall'età dell'attività estrattiva che li ha generati. Possono costituire estese coperture con angoli di riposo molto elevati costituiti da ammassi caotici di ghiaie e blocchi con dimensioni fino a plurimetriche. Il contenuto in matrice è variabile. Sono depositi da sciolti fino a molto addensati, non cementati. I ravaneti di età recente, caratterizzati da una granulometria fine significativa oltre che da una caoticità degli ammassi detritici, talvolta, sono interessati dalla formazione di frane di colamento tipo debris flow.

<b>Tipologia coperture antropiche</b>	<b>Sup. (kmq)</b>
<b>Ravaneti</b>	1,7

Tab. 3.3. Estensione (kmq) dei ravaneti presenti nel territorio del Comune di Massa



Fig. 3.7 Panoramica del ravaneto della cava Romana presente in località Biforco. Si osservi come nello scarto della lavorazione predomini la componente terrosa (foto scattata da elicottero, Settembre 2003)

**Strutture antropiche:** vi rientrano le briglie, i rilevati stradali o ferroviari e le trincee artificiali per strade o ferrovie;

**Opere marine e lacuali:** vi rientrano le scogliere e soffolte e i laghi artificiali;

**Cave e miniere:** vi rientrano le aree interessate dall'attività estrattiva, le cave (attive e inattive sia a cielo aperto che in sotterraneo), i saggi di cava e le miniere inattive; si specifica che i poligoni relativi alle aree estrattive descrivono le aree di versante che sotto il profilo geomorfologico risultano marcatamente obliterate dall'attività estrattiva. Non vi è pertanto nessuna relazione geometrica con il perimetro catastale associato alle concessioni degli agri marmiferi.

### **FORME E DEPOSITI GLACIALI**

Sono stati cartografati gli orli di circo glaciale e/o le nicchie nivali oltre ad alcuni depositi ad essi correlati (till indifferenziato e depositi di versante periglaciale). Durante l'Ultima Glaciazione sulle parti alte dei rilievi sono state modellate numerose forme glaciali e crio-nivali mentre i depositi corrispondenti sono presenti in lembi ridotti prevalentemente nelle valli esposte a N dove l'accumulo glaciale era maggiore.

**FORME, PROCESSI E DEPOSITI DOVUTI ALLA DINAMICA MARINA**

Vi rientrano la "paleoripa marina", la linea di costa in erosione, i cordoni sabbiosi litoranei, la spiaggia recente ed attuale e le depressioni palustri.

Con riferimento alla paleoripa marina (paleolinea di massima ingressione del mare dovuta alla trasgressione olocenica attribuibile all'optimum climatico datato circa 7.000 anni BP), il rilievo condotto ha evidenziato la natura dei vari tratti ancora ben conservati lungo un allineamento parallelo alla costa posto in corrispondenza del tracciato autostradale. In particolare è stata evidenziata l'origine per erosione fluviale prodotta dal Fiume Frigido di un tratto visibile in destra idrografica del fiume omonimo in corrispondenza dell'antica località Ad Taberna Frigida dove ha sede la chiesa di San Leonardo di epoca altomedioevale (vedi Fig. 3.9.).

La ripa, descritta per la prima volta dal Sestini nel 1950, è da attribuirsi appunto ad una azione erosiva del mare che nel corso dell'Olocene, in un periodo coincidente con l'optimum climatico postglaciale, ha determinato lo scalzamento dell'unghia dell'imponente conoide di deiezione depositata dal Fiume Frigido (Fig. 3.8.).

Questo lineamento morfologico identifica quindi la porzione superiore di una falesia marina al cui piede dovrebbe essere posta l'effettiva linea di riva della massima ingressione del mare olocenico succeduta ad una fase di massima espansione delle alluvioni ciottolose trasportate ad opera del Fiume Frigido.

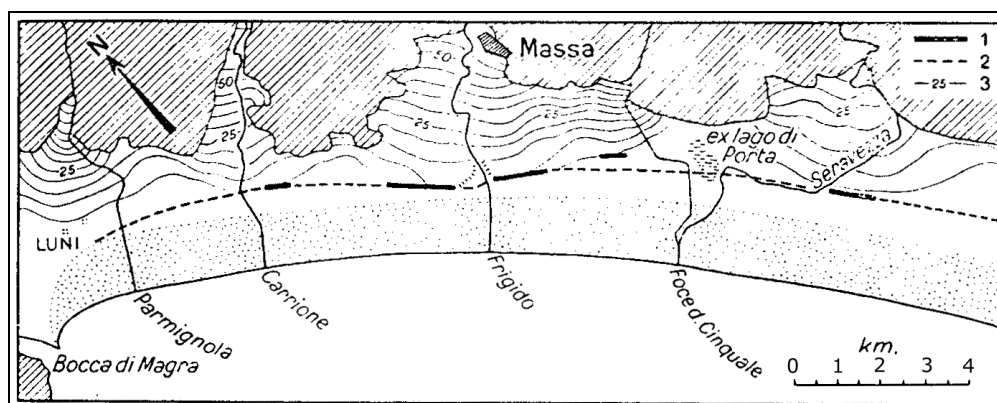


Fig. 3.8 Pianura costiera apuana (da Sestini, 1950). - 1. Tratti di ripa visibili. - 2. Probabile posizione della linea di costa durante l'ultima trasgressione. - 3. Curve di livello con equidistanza di 5m (solo sui coni di deiezione). La punteggiatura indica la zona sabbiosa, il tratteggio distingue le formazioni montane delle Apuane.



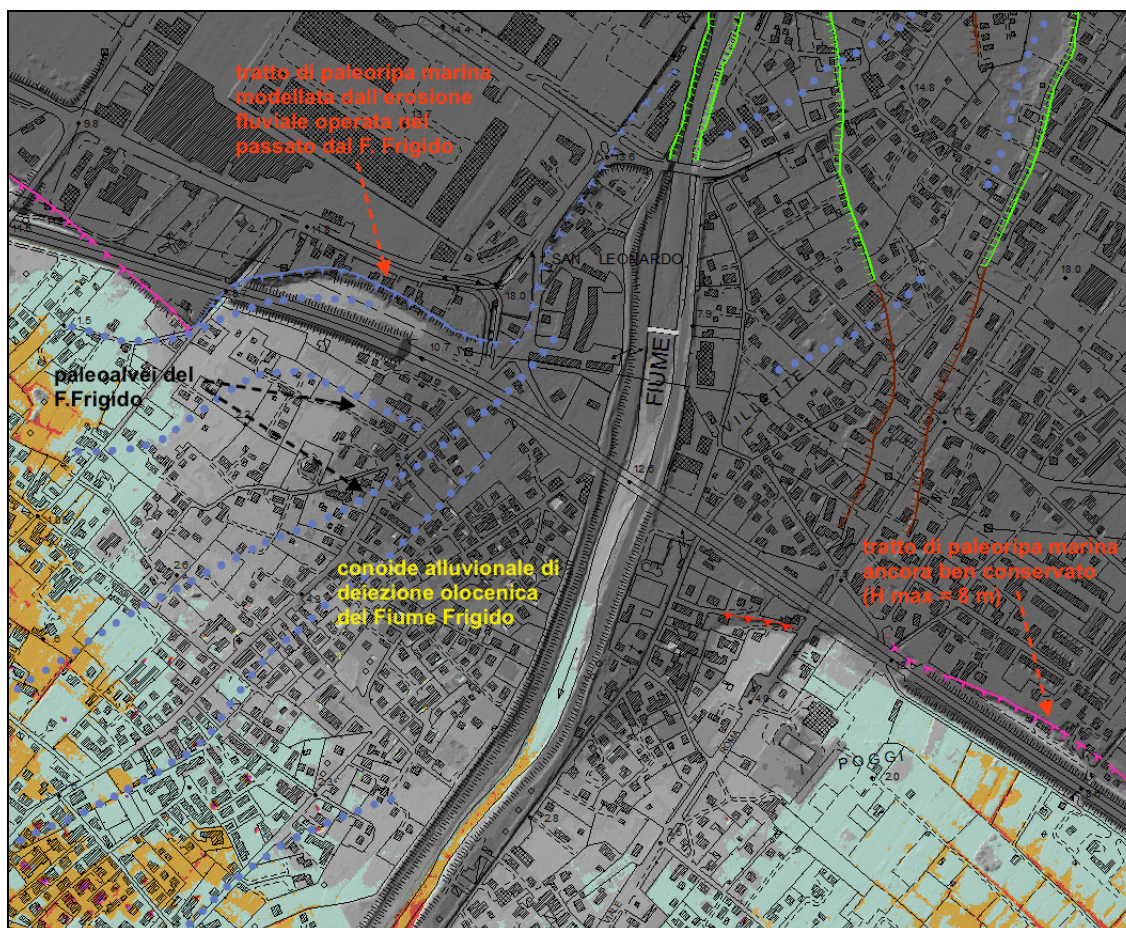


Fig. 3.9 Ubicazione dei tratti visibili della paleoripa marina, dei paleovalvei e della conoide alluvionale di deiezione olocenica del Fiume Frigido ben evidenziata dall'analisi condotta su DTM ricavato dai dati LIDAR (2008)

L'aerofoto interpretazione condotta su voli storici (1937) unita alle informazioni ricavate su dati Lidar ha inoltre permesso di tracciare le creste dei principali cordoni sabbiosi litoranei non ancora del tutto obliterati dall'azione antropica. Questi, disposti in direzione NO-SE, costituiscono il sistema di avanzamento della linea di costa successivo alla massima trasgressione olocenica attribuibile all'optimum climatico. Tale avanzamento è legato all'incremento del carico solido del Fiume Frigido oltre che a quello delle aste idriche secondarie dotate di uno sbocco a mare.

Si tratta di un sistema complesso di cordoni litoranei, barre sabbiose e dune costiere di origine marina il cui riconoscimento è oggi quasi completamente impedito dalla forte antropizzazione dell'area. L'analisi su base Lidar ha consentito però il riconoscimento di alcuni tratti che, seppur molto erosi, sono ancora visibili come quello sito in località Partaccia nella porzione più occidentale della fascia costiera comunale. In particolare, il sistema maggiormente conservato risulta quello visibile all'interno della proprietà Sarteschi (Fig.3.10) caratterizzato da cordoni sabbiosi con larghezza di circa 40 m allineati in serie parallela lungo un allineamento NO-SE analogo allo sviluppo della linea di costa. In questo settore di costa, l'altezza media dei cordoni sabbiosi descritti varia da 60/70 cm ad un massimo di 1,20/1,50 m.

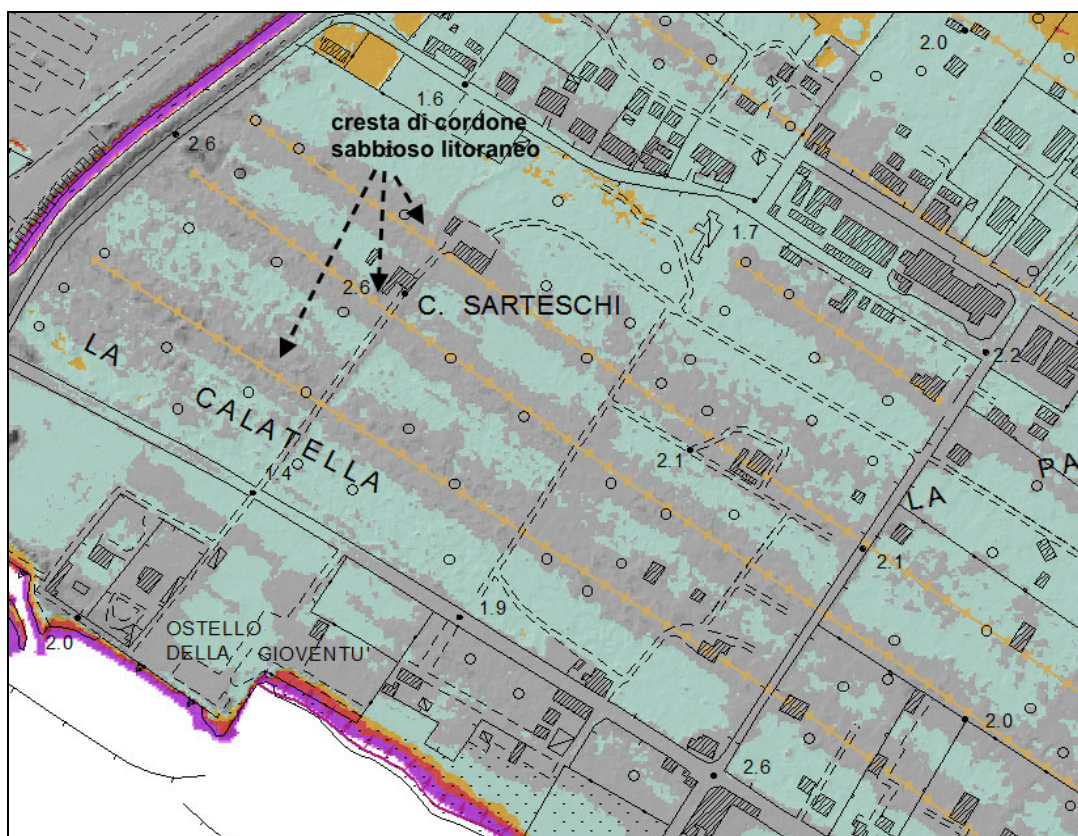


Fig. 3.10 Allineamento NO-SE dei cordoni sabbiosi litoranei ancora visibili in prossimità della proprietà Sarteschi così come evidenziati dall'analisi condotta su DTM ricavato dai dati LIDAR (2008)

Il sistema di cordoni litoranei, originariamente, comprendeva anche aree di retroduna occupate da piccoli stagni o interessate da fenomeni di ruscellamento che ne rielaboravano i depositi. Queste aree depresse erano originariamente occupate da lagune costiere che in seguito all'apporto detritico da parte dei corsi d'acqua si trasformavano in stagni e paludi oggi quasi completamente occupate e trasformate dall'antropizzazione, soprattutto nell'area prossima alla fascia costiera. In alcuni settori, tuttavia, sono ancora osservabili delle aree umide relitte (e3) come quella descritta in località "La Bandita" in prossimità della foce del Magliano, quella presente in via Livorno (Fig. 3.11.) e quelle riconoscibili in località Buca degli Sforza.





*Fig. 3.11 Area umida relitta ubicata in località Ronchi (via Livorno) caratterizzata dalla presenza di vegetazione tipica degli ambienti palustri*

#### 4. PERICOLOSITA' GEOLOGICA

Nell'ambito della ricerca scientifica così come negli studi connessi ad attività di pianificazione territoriale la pericolosità geologica viene definita come la “*probabilità di occorrenza di un fenomeno potenzialmente distruttivo in una determinata area ed in un determinato periodo di tempo*” (Varnes et al., 1984).

Per la valutazione e la zonazione della pericolosità, qualunque metodologia si fonda su quattro principi di base, ampiamente condivisi dagli esperti del settore (Varnes et al., 1984; Carrara et al., 1991; Hutchinson & Chandler, 1991; Hutchinson, 1995; Turner & Schuster, 1995) che possono essere così riassunti.

§ Le frane lasciano caratteri morfologici evidenti; la maggior parte di questi possono essere riconosciuti, classificati e cartografati sia in campagna sia attraverso tecniche di investigazione remota, prevalentemente foto aeree (Rib & Liang, 1978; Varnes, 1978; Hansen, 1984; Hutchinson, 1988; Dikau et al., 1996);

§ I meccanismi che determinano le frane sono controllati da leggi fisiche che possono essere determinate empiricamente, statisticamente o in modo deterministico. Le condizioni che causano le frane (fattori d'instabilità) direttamente o indirettamente collegati all'evento, possono essere raccolti ed utilizzati per definire modelli predittivi di occorrenza di frana (Dietrich et al., 1995);

§ Il passato ed il presente sono la chiave per il futuro (Varnes et al., 1984; Carrara et al., 1991; Hutchinson, 1995). Il principio si ispira a quello dell'attualismo, implica che le frane nel futuro potranno avvenire con maggiore probabilità a causa delle stesse condizioni che le hanno sviluppate nel passato e nel presente. Da ciò deriva che la comprensione della franosità storica risulta essenziale nella definizione della pericolosità da frana;

§ L'occorrenza delle frane, nello spazio e nel tempo, può essere dedotta da investigazioni di tipo euristico, elaborate attraverso l'analisi di informazioni ambientali, o dedotte da modelli fisici. Per tale motivo, un territorio può essere zonato secondo classi di pericolosità distinte a seconda della diversa probabilità di occorrenza.

La valutazione completa della pericolosità, come conseguenza dei postulati fondamentali sopra esposti, prevede, dunque, i seguenti passi (Hartlén & Viberg, 1988):

- a. *previsione tipologica*: previsione del tipo di frana che può verificarsi nell'area considerata;
- b. *previsione spaziale*: previsione di dove, entro una data area, si può verificare una frana;
- c. *previsione temporale*: previsione di quando può avvenire una frana in un determinato contesto spaziale;
- d. *previsione dell'intensità*: previsione delle dimensioni (areali e/o volumetriche), della velocità o dell'energia di una frana.
- e. *previsione dell'evoluzione*: previsione della distanza di propagazione, dei limiti di retrogressione o di espansione laterale.

In considerazione di quanto sopra risulta che per la definizione delle classi di pericolosità geo-

logica, da corrispondersi alle varie aree del territorio del Comune di Massa, risulti prioritario stabilire i criteri di analisi previsionale per un dato dissesto geomorfologico rilevato oltre che atteso. Prima di descrivere i criteri e la metodologia di studio applicata nel presente studio appare necessario passare in rassegna gli indirizzi tecnici contenuti nella normativa di settore della Regione Toscana.

#### 4.1 Quadro normativo di riferimento per la pericolosità geologica ed indirizzi tecnici per la valutazione degli aspetti geomorfologici

La normativa di riferimento per la redazione della carta della pericolosità geologica è il D.P.G.R. 53/R del 25/10/2011 ed il Piano di Assetto Idrogeologico del Bacino Regionale Toscana Nord (PAI) approvato con D.C.R.T n°11 del 25/01/2005.

Il nuovo elaborato andrà a sostituire la carta della pericolosità geomorfologica del PS vigente redatta ai sensi del D.P.G.R. 26/R del 27/04/2007 (precedente Regolamento di attuazione in materia di indagini geologiche).

##### 4.1.1 Pericolosità geologica secondo il 53/R

La pericolosità geologica così come concepita dal 53/R deve costituire la sintesi delle diverse criticità territoriali, rispetto agli specifici fenomeni che le generano, connesse a fattori geologici s.s., geomorfologici e/o di dinamica costiera.

Il 53/R individua le quattro classi di pericolosità di seguito riportate:

<b>Classi di Pericolosità</b>	<b>descrizione</b>
<b>MOLTO ELEVATA (G4)</b>	aree in cui sono presenti fenomeni attivi e relative aree di influenza, aree interessate da soliflussi.
<b>ELEVATA (G3)</b>	aree in cui sono presenti fenomeni quiescenti; aree con potenziale instabilità connessa alla giacitura, all'acclività, alla litologia, alla presenza di acque superficiali e sotterranee, nonché a processi di degrado di carattere antropico; aree interessate da intensi fenomeni erosivi e da subsidenza; aree caratterizzate da terreni con scadenti caratteristiche geotecniche; corpi detritici su versanti con pendenze superiori al 25%.
<b>MEDIA (G2)</b>	aree in cui sono presenti fenomeni franosi inattivi e stabilizzati (naturalmente o artificialmente); aree con elementi geomorfologici, litologici e giaciturali dalla cui valutazione risulta una bassa propensione al dissesto; corpi detritici su versanti con pendenze inferiori al 25%.
<b>BASSA (G1)</b>	aree in cui i processi geomorfologici e le caratteristiche litologiche, giaciturali non costituiscono fattori predisponenti al verificarsi di processi morfologici evolutivi.

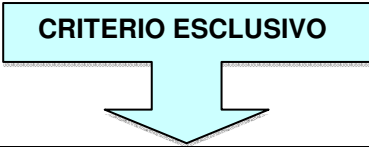
Tab 4.1 Classi di pericolosità geologica 53/R

Il regolamento non specifica il tipo di metodologia da utilizzare per la redazione della carta della pericolosità geologica.

Per quanto riguarda la definizione della pericolosità legata ai fenomeni franosi il 53/R nella valutazione delle varie classi di pericolosità di cui sopra utilizza lo stato di attività delle frane come criterio esclusivo (Tab 4.2.).

Secondo il 53/R la pericolosità per frana P risulta quindi correlata allo stato di attività o frequenza (F) dei fenomeni franosi come riportato nella tabella che segue:

$$P = f(F);$$




<b>Classi di Pericolosità</b>	<b>Stato di attività fenomeni franosi (frequenza)</b>
<b>MOLTO ELEVATA (G4)</b>	Attivo
<b>ELEVATA (G3)</b>	Quiescente
<b>MEDIA (G2)</b>	Inattivo e stabilizzato (naturalmente o artificialmente)

Tab 4.2 Correlazione utilizzata nel 53/R tra Pericolosità dei fenomeni franosi e loro frequenza.

Il 53/R introduce nella classe G4 anche i soliflussi o processi erosivi di soliflussione che corrispondono a movimenti di massa a lenta velocità che interessano il suolo senza interessare il substrato sottostante.

La frequenza dei fenomeni franosi secondo il 53/R risulta espressa (vedi "B. 3 Elementi per la valutazione degli aspetti geomorfologici") secondo la scala di occorrenza di seguito riportata (Tab 4.3.):

<b>Stato di attività</b>	<b>descrizione</b>
<b>ATTIVO</b>	qualora siano presenti evidenze morfologiche di movimento che, non avendo esaurito la loro evoluzione, <b><u>possono considerarsi recenti, riattivabili nel breve periodo con frequenza e/o con carattere stagionale</u></b>
<b>QUIESCENTE</b>	qualora siano presenti evidenze morfologiche che, non avendo esaurito la loro evoluzione, <b><u>hanno la possibilità di riattivarsi</u></b>
<b>INATTIVO</b>	qualora gli elementi morfologici siano riconducibili a condizioni morfoclimatiche diverse dalle attuali o <b><u>non presentano condizioni di riattivazione o di evoluzione</u></b>



Tab 4.3 Scala di frequenza dei fenomeni franosi secondo il DPGR 53/R

Per quanto riguarda la definizione della pericolosità legata ai restanti fattori geologici produttori di instabilità, il 53/R nella valutazione delle varie classi di pericolosità utilizza invece la corrispondenza visibile dalla tabella che segue (Tab. 4.4.).

<b>Classi di Pericolosità</b>	<b>Fattori geologici e idro-geomorfologici produttori di instabilità</b>
<b>MOLTO ELEVATA (G4)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aree interessate da soliflussi (processi erosivi di soliflussione del suolo superficiale)</li> </ul>
<b>ELEVATA (G3)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aree con <b>potenziale instabilità</b> connessa alla giacitura, all'acclività, alla litologia, alla presenza di acque superficiali e sotterranee;</li> <li>• Processi di degrado di carattere antropico;</li> <li>• Aree interessate da intensi fenomeni erosivi;</li> <li>• Aree interessate da subsidenza;</li> <li>• Aree caratterizzate da terreni con scadenti caratteristiche geotecniche;</li> <li>• <u>Corpi detritici su versanti con pendenze superiori al 25% (&gt;14°)</u></li> </ul>
<b>MEDIA (G2)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aree con elementi geomorfologici, litologici e giaciture dalla cui valutazione risulta una bassa propensione al dissesto;</li> <li>• <u>corpi detritici su versanti con pendenze inferiori al 25% (&lt;14°)</u></li> </ul>
<b>BASSA (G1)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Processi geomorfologici le cui caratteristiche litologiche e giaciture non costituiscono fattori predisponenti al verificarsi di processi morfoevolutivi</li> </ul>

Tab 4.4 Classi di pericolosità del 53/R associate ai vari fattori geologici e idro-geomorfologici produttori di instabilità

Come si evince dall'analisi dei fattori di instabilità considerati nel regolamento, risulta importante sottolineare che il 53/R rispetto al precedente regolamento (26/R) introduce una precisa soglia clivometrica (14°) che segna il passaggio dalla classe di pericolosità media G2 (corpi detritici su versanti con pendenze inferiori al 25%) alla classe elevata G3 (corpi detritici su versanti con pendenze superiori al 25%).

Nelle varie classi di pericolosità descritte dalla 53/R non vi è cenno a correlazioni con l'intensità dei fenomeni attesi. Occorre ad ogni modo ricordare che un richiamo a tale problematica viene fatta nei criteri ed indirizzi tecnici contenuti al punto "B. 3 Elementi per la valutazione degli aspetti geomorfologici" in cui si afferma che:

*"Nel caso in cui nel territorio indagato siano evidenziate aree con particolari problematiche di dissesto attivo che interessino direttamente, o per effetto indotto, elementi rilevanti esposti a rischio, centri urbani e UTOE potenzialmente interessate da previsioni insediative e infrastrutturali, occorre distinguere le seguenti zone:*

**zona 1 - area in dissesto** (riferita all'area caratterizzata da fenomeni attivi);

**zona 2 - area di influenza** (riferita all'area di possibile evoluzione del dissesto).

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

*Per le frane a cinematica lenta come gli scorrimenti, gli scorrimenti-colata e le colate lente, le*

aree di possibile evoluzione possono essere generalmente limitate alle immediate vicinanze delle frane stesse.

Per le frane a cinematica veloce (crolli, cadute massi, ribaltamenti, scivolamenti in roccia), le aree di possibile evoluzione possono comprendere le pareti rocciose o i tratti di versanti molto acclivi e le sottostanti aree di accumulo di detrito (coni detritici).

Per le frane a cinematica rapida (colate di detrito o di terra), le aree di possibile evoluzione normalmente coincidono con gli impluvi di ordine inferiore, ma vanno ulteriormente valutate le situazioni morfologiche potenzialmente interessate all'evoluzione del dissesto.”

#### 4.1.2 Pericolosità geomorfologica secondo il PAI

Per quanto riguarda il Piano di assetto idrogeologico del Bacino Regionale Toscana Nord (PAI), a cui occorre interfacciarsi per un'analisi di coerenza delle varie classi di pericolosità individuate dallo studio, questo definisce due classi di pericolosità geomorfologica di seguito riportate:

<b>Classi di Pericolosità</b>	<b>descrizione</b>
<b>MOLTO ELEVATA (PFME)</b>	Aree interessate da fenomeni franosi attivi e relative aree di influenza, nonché le aree che possono essere coinvolte dai suddetti fenomeni. Rientrano comunque nelle aree a pericolosità geomorfologica molto elevata le aree che possono essere coinvolte da processi a cinematica rapida e veloce quali quelle soggette a colate rapide incanalate di detrito e terra, nonché quelle che possono essere interessate da accertate voragini per fenomeni carsici
<b>ELEVATA (PFE)</b>	Aree interessate da fenomeni franosi quiescenti e relative aree di influenza, le aree con indizi di instabilità connessi alla giacitura, all'acclività, alla litologia, alla presenza di acque superficiali e sotterranee, nonché a processi accertati di degrado di carattere antropico, le aree interessate da intensi fenomeni erosivi e da subsidenza

Tab 4.5 Classi di pericolosità geomorfologica del PAI

Per quanto riguarda la definizione della pericolosità legata ai fenomeni franosi il PAI nella valutazione delle varie classi di pericolosità, a differenza del 53/R, utilizza, per la classe PFME, sia lo stato di attività delle frane (criterio prevalente) che la loro intensità (correlata alla tipologia).

Secondo il PAI la pericolosità per frana P risulta quindi, per le frane attive, correlata sia allo stato di attività (F) dei fenomeni franosi che alla loro intensità come riportato nella tabella che segue:

$$P = f(F, I);$$

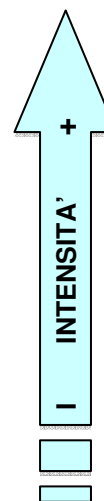


<b>Classi di Pericolosità</b>	<b>Stato di attività dei fenomeni franosi</b>	<b>Tipologia (intensità)</b>
<b>MOLTO ELEVATA (PFME)</b>	Attivo	Colate rapide incanalate di detrito e terra (processi a cinematica rapida e veloce)
<b>ELEVATA (PFE)</b>	Quiescente	

Tab 4.6. Correlazione utilizzata nel PAI tra Pericolosità dei fenomeni franosi, frequenza di occorrenza e intensità dell'evento (correlata alla tipologia).

La pericolosità geomorfologica definita dal PAI risulta quindi fortemente condizionata dall'intensità del fenomeno franoso con particolare riferimento alla velocità dello stesso. Il richiamo a processi a cinematica rapida e veloce (a più elevata intensità) per la classe molto elevata (PFME) è in accordo con la letteratura scientifica che fissa una scala di intensità dei fenomeni franosi in base alla tipologia secondo lo schema indicativo di seguito riportato:

<b>Tipologia fenomeno franoso</b>	<b>Velocità dell'evento</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Crollo, caduta massi;</li> <li>• Ribaltamento;</li> <li>• Scivolamento in roccia</li> </ul>	Veloce
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Colata rapida di detrito e terra</li> </ul>	Rapida
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aree soggette a franosità diffusa</li> <li>• Scorrimenti</li> <li>• Scorrimenti colata</li> <li>• Colate lente</li> </ul>	Lenta
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aree soggette a deformazioni gravitative profonde</li> <li>• Aree soggette a deformazioni plastiche superficiali</li> </ul>	Molto lenta



Tab 4.7. Scala di intensità dei fenomeni franosi in base alla tipologia e alla loro velocità (a parità di volume).

Per quanto riguarda la definizione della pericolosità legata ai restanti fattori geologici produttori di instabilità, il PAI nella valutazione delle varie classi di pericolosità utilizza invece la corrispondenza visibile in Tab. 4.8.

<b>Classi di Pericolosità</b>	<b>Fattori geologici e idro-geomorfologici produttori di instabilità</b>
<b>MOLTO ELEVATA (PFME)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Accertate voragini per fenomeni carsici</li> </ul>
<b>ELEVATA (PFE)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aree con <b>indizi di instabilità</b> connessi alla giacitura, all'acclività, alla litologia, alla presenza di acque superficiali e sotterranee;</li> <li>• Processi accertati di degrado di carattere antropico;</li> <li>• Aree interessate da intensi fenomeni erosivi;</li> <li>• Aree interessate da subsidenza (accertata).</li> </ul>

Tab 4.8. Classi di pericolosità del PAI associate ai vari fattori geologici e idro-geomorfologici produttori di instabilità

Per quanto riguarda il fenomeno della subsidenza, il quadro conoscitivo di corredo al PAI, con specifico riferimento alla Tavola 5 “Carta delle opere a mare e propensione alla subsidenza” (scala 1:100.000) descrive per il bacino Toscana Nord una subsidenza potenziale (“Aree potenzialmente soggette a subsidenza”) pertanto, di fatto, tale fenomenologia risulta esclusa dalla classe PFE così come si evince dalla lettura delle tavole di piano.

Al di fuori delle aree a pericolosità elevata e molto elevata il PAI individua le seguenti tre “macrozone” a cui non risulta correlata una specifica pericolosità geomorfologica:

1. Ambito collinare e montano;
2. Ambito di fondovalle;
3. Ambito costiero.

#### **4.2 Pericolosità geologica del Piano Strutturale del Comune di Massa aggiornato secondo il 53/R**

La definizione della Carta della pericolosità geologica avviene attraverso la zonazione spaziale (dall'inglese “zonation”) della pericolosità (per frana e per gli altri fattori geologici e idro-geomorfologici produttori di instabilità) che consiste nella rappresentazione grafica della pericolosità secondo carte che possono essere realizzate con metodi diretti o indiretti.

Rispetto alla tematica “centrale” della previsione temporale (previsione di quando può avvenire una frana o altro dissesto geologico in un determinato contesto spaziale), Hartlen e Viberg (1988) distinguono una *pericolosità relativa* (o *suscettibilità*), che è il grado di pericolosità di un'area rispetto a quello delle altre ed una pericolosità assoluta, ovvero, nel caso della pericolosità di frana, il calcolo del fattore di sicurezza (approccio deterministico) oppure della probabilità di rottura (approccio probabilistico) di un certo versante in un certo tempo. Poiché risulta molto difficile definire il fattore tempo, per la scarsità di dati relativi alla ricorrenza degli eventi, quelle che comunemente vengono definite “carte di pericolosità”, nell'ambito degli studi di pianificazione, sono in realtà delle “carte di suscettibilità”, in quanto indicano semplicemente la localizzazione geografica delle aree a diverso grado di pericolosità (Brabb, 1984).



#### **4.2.1 Metodologia utilizzata per la definizione della pericolosità geologica del territorio comunale**

Tenuto conto dei principi generali sopra ricordati e degli indirizzi tecnici dettati dalla normativa di settore (53/R e PAI), così come ampiamente ricordati ed esaminati nel paragrafo 3.1, la metodologia di analisi utilizzata nel presente studio per la definizione della pericolosità geologica (pericolosità relativa) del territorio del Comune di Massa è quella nota in letteratura come **metodo o approccio geomorfologico**.

La rappresentazione cartografica della pericolosità secondo l'approccio geomorfologico costituisce un metodo diretto e qualitativo di tipo empirico ovvero basato sul giudizio esperto del geologo rilevatore nella stima della franosità attuale e potenziale del territorio indagato.

Il rilievo geomorfologico di dettaglio eseguito nell'ambito del presente lavoro, compiuto secondo le modalità già ampiamente descritte nel capitolo 2, ha permesso, grazie anche all'incrocio di informazioni correlate ad un numero elevato di fattori geologici ambientali, di compiere una previsione spaziale e tipologica dei vari fenomeni di dissesto e fornito indicazioni per l'identificazione dei fenomeni potenzialmente riattivabili. Il passo successivo è consistito nella zonazione dei versanti, adesso non interessati da fenomeni franosi, in modo da prevedere anche le frane di prima generazione, caratterizzate da rottura fragile e potenzialmente più distruttive. Questo approccio è inoltre stato integrato con l'utilizzo di tecniche GIS che hanno permesso una agevole sovrapposizione di più tematismi oltre che l'esatta valutazione, in coerenza con la normativa di settore, di alcuni fattori quali ad esempio l'inclinazione dei versanti grazie all'elaborazione digitale compiuta sulle basi dati LIDAR a disposizione dell'amministrazione comunale.

L'utilizzo di tecniche GIS ha permesso inoltre, come illustrato nei capitoli precedenti, la costruzione di una banca dati che contiene tutti gli elementi descrittivi dei singoli eventi franosi rilevati, consentendo l'esecuzione di operazioni di conteggio, o calcoli di statistica descrittiva sulle informazioni contenute nelle tabelle (area totale occupata dalle frane, numero totale di frane, numero di frane per kmq, tipologia più rappresentata, ecc.).

I dati di input, sulla cui base si è giunti all'accertamento della pericolosità geologica (susceptibilità) ed alla sua zonazione, sono stati quindi determinati sulla base dei numerosi rilievi di dettaglio e stime eseguiti durante i sopralluoghi ed osservazioni di campagna, con l'ausilio dell'interpretazione di foto aeree e grazie al rilievo e all'analisi dei dati condotta su base LIDAR.

##### **4.2.1.1. Definizione delle classi di pericolosità geologica**

Sulla base di quanto argomentato nei paragrafi precedenti, a seguito di un'attenta analisi di coerenza con le direttive tecniche regionali disciplinate dal DPGR n°53/R del 25/10/2011 ("Regolamento di attuazione dell'articolo 62 della legge regionale 3 gennaio 2005, n.1 in materia di indagini geologiche") e dal Piano di Assetto Idrogeologico del Bacino Regionale Toscana Nord

approvato con D.C.R.T n°11 del 25/01/2005 si è arrivati ad una classificazione della pericolosità geologica, specifica per il territorio del Comune di Massa, secondo le definizioni riportate nella seguente tabella:

<b>G.1</b>	<p><b>Classe G.1: Pericolosità bassa</b></p> <p>Aree in cui i processi geomorfologici e le caratteristiche litologiche e giaciture non costituiscono fattori predisponenti al verificarsi di processi morfoevolutivi. Aree di conoide del F. Frigido senza condizionamenti d'ordine geologico in senso lato.</p>
<b>G.2</b>	<p><b>Classe G.2: Pericolosità media</b></p> <p>Aree in cui sono presenti fenomeni franosi inattivi e stabilizzati (naturalmente o artificialmente); aree con elementi geomorfologici, litologici e giaciture dalla cui valutazione risulta una bassa propensione al dissesto. Aree nelle quali sono al massimo prevedibili, sulla base di valutazioni geologiche, litotecniche e clivometriche (corpi detritici su versanti con pendenze inferiori al 25%) limitati processi di degrado riconoscibili e neutralizzabili a livello di intervento diretto.</p>
<b>G.3a</b>	<p><b>Classe G.3.a: Pericolosità medio-elevata</b></p> <p>Aree in cui necessita particolare attenzione per la prevenzione dei dissesti idrogeologici per la presenza di elementi geomorfologici, litologici e giaciture dalla cui valutazione risulta una media propensione al dissesto (aree di ambito collinare e montano). Vi ricadono i corpi detritici con pendenze superiori al 25% e i versanti in roccia o con roccia sub-affiorante.</p>
<b>G.3b</b>	<p><b>Classe G.3.b: Pericolosità elevata</b></p> <p>Aree in cui sono presenti fenomeni quiescenti e relative aree di influenza con indicatori geomorfologici precursori di fenomeni di instabilità che fanno prevedere attivazioni o riattivazioni di movimenti di massa di media intensità; aree con indizi di instabilità connessi alla giacitura, all'acclività, alla litologia, alla presenza di acque superficiali e sotterranee, a intensi fenomeni erosivi e a processi accertati di degrado antropico. Tale classe include le frane non attive interessate (e non interessate) da fenomeni di ruscellamento diffuso e/o concentrato con pendenze superiori al 40% e i terreni di copertura s.l. in condizioni di instabilità geomorfologica potenziale. Vi ricadono anche le aree interessate da coperture detritiche con pendenze superiori al 60% e le aree esposte a possibili fenomeni di caduta massi.</p>
<b>G.4</b>	<p><b>Classe G.4: Pericolosità molto elevata</b></p> <p>Aree in cui sono presenti fenomeni franosi attivi e relative aree di influenza, nonché le aree che possono essere coinvolte dai suddetti fenomeni. Corrispondono alle aree con dissesto in atto al momento del rilevamento quanto a fenomeni inattivi che presentano però indicatori geomorfologici precursori di fenomeni di instabilità che fanno prevedere attivazioni o riattivazioni di movimenti di massa di elevata intensità. Tale classe include le aree che possono essere coinvolte da processi a cinematica rapida e veloce quali quelle soggette a colate rapide incanalate di detrito e terra, le aree esposte a fenomeni accertati di caduta massi e quelle interessate da soliflussi.</p>

#### Pericolosità per caratteristiche geotecniche

<b>G.3l</b>	<p><b>Classe G.3l: Pericolosità medio-elevata</b></p> <p>Aree potenzialmente soggette a cedimenti differenziali per la presenza di terreni compressibili con caratteristiche geotecniche variabili da mediocri a scadenti. Aree caratterizzate da situazioni geologiche apparentemente stabili sulle quali occorrono degli approfondimenti da effettuarsi a livello di indagine geognostica di supporto alla progettazione edilizia.</p>
-------------	--

#### Pericolosità per subsidenza

<b>G.3s</b>	<p><b>Classe G.3s: Pericolosità medio-elevata</b></p> <p>Aree potenzialmente soggette a subsidenza per caratteri stratigrafici, litotecniche ed idrogeologici.</p>
-------------	--

La valutazione delle classi di pericolosità di cui sopra, discendono dalla sovrapposizione ragionata delle carte di base del PS vigente, dalla valutazione delle esperienze locali in termini di fragilità geomorfologica, nonché da quanto suggerito dalle leggi e dagli specifici indirizzi tecnici dettati dalla pianificazione di bacino.

Per la definizione di tali classi, con particolare riferimento alle classi elevata (G.3b) e molto elevata (G.4), la pericolosità geologica delle frane come quella degli altri fenomeni di instabilità dei versanti, è stata correlata sia allo stato di attività (F) dei vari fenomeni indagati che alla loro intensità secondo la correlazione  $P = f(F, I)$  come riportato nella tabella che segue:

<b>Classi di Pericolosità del PS</b>	<b>Stato di attività fenomeni franosi</b>	<b>Tipologia (intensità)</b>
<b>MOLTO ELEVATA (G.4)</b>	Attivo	aree con dissesto in atto al momento del rilevamento e con fenomeni inattivi che presentano però <b><i>indicatori geomorfologici precursori di fenomeni di instabilità che fanno prevedere attivazioni o riattivazioni di movimenti di massa di elevata intensità</i></b> ; aree che possono essere coinvolte da processi a cinematica rapida e veloce quali quelle soggette a colate rapide incanalate di detrito e terra, le aree esposte a fenomeni accertati di caduta massi
<b>ELEVATA (G.3b)</b>	Quiescente	fenomeni quiescenti con <b><i>indicatori geomorfologici precursori di fenomeni di instabilità che fanno prevedere attivazioni o riattivazioni di movimenti di massa di media intensità</i></b>

Tab 4.9. Correlazione utilizzata nel PS tra Pericolosità dei fenomeni franosi, frequenza di occorrenza e intensità dell'evento.

La definizione delle classi di pericolosità ereditata dal PS vigente è stata rivista alla luce delle modifiche introdotte dalla 53/R e sulla base delle richieste avanzate da parte degli uffici tecnici dell'Autorità di Bacino Toscana Nord con specifico riferimento ad una nuova formulazione della classe G.3a (Pericolosità medio-elevata) più aderente agli indirizzi tecnici del PAI.

È stata quindi mantenuta la suddivisione della classe G.3 della DPGR n°53/R in 4 classi distinte

differenziate sulla base di specifiche criticità reali e/o potenziali che vanno a determinare un grado di pericolosità distinto per singoli fattori di instabilità geologica secondo lo schema di seguito riportato:

<b>Classe di Pericolosità Elevata DPGR 53/R</b>	<b>Classi di Pericolosità G.3 PS Comune di Massa</b>	<b>Fattori di instabilità geologica</b>
<b>ELEVATA (G.3)</b>	<b>ELEVATA (G.3b)</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Frane quiescenti su versanti con acclività superiore al 40% con indicatori geomorfologici che fanno prevedere attivazioni o riattivazioni di media intensità;</li> <li>2. Aree con indizi di instabilità connessi alla giacitura, all'acclività, alla litologia, alla presenza di acque superficiali e sotterranee;</li> <li>3. Aree interessate da intensi fenomeni erosivi;</li> <li>4. Aree interessate da processi accertati di degrado di carattere antropico (ravaneti, discariche ecc.);</li> <li>5. Aree con terreni di copertura s.l. in condizioni di instabilità geomorfologica potenziale (dim);</li> <li>6. Aree interessate da coperture detritiche su versanti con pendenze superiori al 60%;</li> <li>7. Aree esposte a possibili fenomeni di caduta massi</li> </ol>
	<b>MEDIO - ELEVATA (G.3a)</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Aree caratterizzate da elementi geomorfologici, litologici e giaciturali dalla cui valutazione risulta una media propensione al dissesto,</li> <li>2. Frane quiescenti su versanti a bassa inclinazione (pendenze comprese tra 25% e 40%);</li> <li>3. Aree interessate da coperture detritiche su versanti con pendenze comprese tra il 25% e il 60%;</li> <li>4. Versanti in roccia o con roccia sub-affiorante</li> </ol>
	<b>MEDIO - ELEVATA (G.3I)</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Aree potenzialmente soggette a cedimenti differenziali per la presenza di terreni compressibili con caratteristiche geotecniche variabili da mediocri a scadenti</li> </ol>
	<b>MEDIO - ELEVATA (G.3s)</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Aree potenzialmente soggette a subsidenza per caratteri stratigrafici, litotecnici ed idrogeologici</li> </ol>

Tab 4.10. Suddivisione della pericolosità elevata G.3 in più classi e correlazione con i fattori di instabilità geologica.

La suddivisione della classe G.3 sopra riportata ha consentito di:

1. differenziare in maniera più rigorosa la pericolosità del territorio comunale sulla base dei diversi tipi di frana o di altri tipi di instabilità geologica (es. subsidenza o cedimenti differenziali) in modo da realizzare anche una previsione tipologica dei fenomeni in base alla diversa zonazione; in questo modo è stato possibile evidenziare, anche sotto il profilo cartografico, la fragilità geomorfologica della zona collinare e montana dagli aspetti puramente geotecnici delle aree di pianura oltre che dai possibili fenomeni di subsidenza che in esse potrebbero verificarsi.
2. consentire una zonazione della pericolosità dell'area collinare montana più aderente alle criticità realmente riscontrate; in alternativa infatti, data anche l'introduzione normativa della soglia clivometrica del 25% (14°) ad opera del 53/R, la quasi totalità dell'area collinare e montana del Comune di Massa, caratterizzata da pendenze medie di gran lunga superiori al 25%, sarebbe interamente rientrata nella classe elevata non consentendo, al di fuori delle aree caratterizzate da frane attive (ricadenti in G.4), una stima del grado di pericolosità di un versante rispetto ad un altro.

#### **Classe G.4: Pericolosità geologica molto elevata**

Comprende le aree del territorio comunale caratterizzate da criticità idrogeologiche e fattori di instabilità più elevati. Per questa classe è risultato fondamentale individuare le aree di possibile evoluzione del dissesto con particolare riferimento alle aree urbanizzate che possono essere coinvolte dall'evoluzione dei dissesti come già visto per l'area del Candia (nel lavoro consegnato nell'Ottobre del 2013) e come illustrato in seguito nei criteri di delimitazione cartografica (vedi Esempi da 1 a 6 nel paragrafo 4.2.1.3.).

Per quanto riguarda l'areale del Candia, il presente lavoro, rispetto allo studio già approvato, ha leggermente modificato la pericolosità G.4 della parte alta di alcuni versanti a seguito del riposizionamento di frane effettuato sulla base di foto aeree successive all'alluvione del 2012 non disponibili al momento del rilievo.

In classe G.4 rientrano anche tutti i canali e tutti quei tratti di corsi d'acqua, a forte acclività, che presentano evidenti fenomeni di sovralluvionamento sia per motivi naturali che per fattori antropici. Si tratta di quei canali caratterizzati da depositi eterometrici con granulometrie variabili dai blocchi, alle ghiaie alle sabbie grossolane trasportate per meccanismi misti di trasporto idrico e gravitativo (vedi le sigle *di* e *dis* nella carta geomorfologica). Si mobilizzano in corrispondenza degli eventi meteorici critici a causa dell'innescò lungo i versanti di fenomeni gravitativi che trasportano all'interno dei canali masse costituite da detrito frammisto a suolo e resti di vegetazione.

In classe G.4 sono inoltre state inserite, oltre alle frane attive, tutte quelle aree interessate da ricorrenti fenomeni di crollo e caduta massi. Le aree più colpite che rientrano in tale classe sono

il versante in destra idrografica del Torrente Renara e quello, sempre in destra idrografica, del Canale di Resceto detto anche della Tambura (versante che sovrasta la via Alta Tambura dal ponte in corrispondenza della confluenza del Torrente Renara nel Fiume Frigido fino al paese di Resceto) e il versante compreso tra la località Il Fornello e il paese di Cagliiglia, versante anche questo sito a ridosso della viabilità comunale.

Per quanto riguarda i soliflussi va specificato che sono stati mantenuti nella classe G.4, come previsto dalla 53/R, pur costituendo una fenomenologia non rappresentata nel territorio del Comune di Massa.

### ***Classe G.2: Pericolosità geologica media***

Tale classe è per lo più ascrivibile ai depositi sabbiosi presenti nell'Ambito costiero.

Nell'ambito collinare e montano questa classe è scarsamente rappresentata e corrisponde per lo più ad aree a bassa pendenza (<14°) o addirittura pianeggianti presenti nella fascia collinare o pedecollinare per le quali sono al massimo prevedibili, sulla base di valutazioni geologiche, litotecniche e clivometriche limitati processi di degrado riconoscibili e neutralizzabili a livello di indagine geognostica di supporto alla progettazione edilizia.

Tali aree sono riconoscibili in alcune zone delle frazioni di San Carlo, Tombara, Mirteto e in alcuni settori pedecollinari presenti sia in sinistra che in destra idrografica del Fiume Frigido.

### ***Classe G.1: Pericolosità geologica bassa***

In questa classe rientra la vasta area di pianura costituita dalle alluvioni della conoide del Fiume Frigido comprendente gran parte del centro cittadino di Massa e gran parte della zona industriale apuana. In tale area si ritiene che i processi geomorfologici e le caratteristiche litologiche e giaciture non costituiscano fattori predisponenti al verificarsi di movimenti di massa. Si ritiene comunque necessario eseguire, per opere edilizie di un certo rilievo, indagini geognostiche che confermino la bassa propensione al dissesto dell'area e che escludano la presenza di eventuali livelli fini (limosi o limo sabbiosi) in corrispondenza di orizzonti rilevanti per la portanza dei terreni.

#### **4.2.1.2. Definizione dei criteri previsionali**

Per la definizione delle classi di pericolosità geomorfologica è risultato prioritario stabilire i criteri di analisi previsionale per un dato fenomeno di instabilità geologica.

La suddetta analisi previsionale, escludendo il fattore temporale per i motivi ricordati in precedenza, si è basata sui seguenti quattro aspetti:

a. ***previsione spaziale***, intesa come previsione che una determinata area possa essere coinvolta o meno da frane o da fenomeni di instabilità geologica; essa è stata effettuata attraverso un'analisi approfondita basata sull'instabilità storica ed attuale dei vari versanti oltre che su va-

lutazioni semiquantitative basate sulla indicizzazione dei principali fattori generali condizionanti la franosità (evidenze geomorfologiche, litologia, acclività, struttura e giacitura, uso del suolo);

b. **previsione tipologica**, intesa come previsione della tipologia di frana che può verificarsi, con più elevata probabilità, in ogni parte dell'area considerata. Sulla base di questa valutazione nel territorio esaminato è stato, ad esempio, possibile riscontrare che sulle formazioni arenacee del Macigno (località Candia) il tipo di frana più atteso è quello di colata di terra e detrito, che gli scorrimenti interessano per lo più le formazioni filladiche e che le frane di crollo risultano più frequenti sui litotipi calcarei tipo Marmi e/o Grezzoni.

Per quanto riguarda le zone già interessate da fenomeni franosi è stato tenuto in debita considerazione la possibilità di un'evoluzione di tipo complesso, ovvero che una frana generatisi con un determinato meccanismo possa evolvere, in una fase successiva, con un meccanismo diverso. E' per esempio comune il caso di frane di scivolamento in terra che possono essere riattivate come colamenti, oppure quello di crolli o scivolamenti di roccia che si riattivano come colate di detrito.

Per quanto riguarda le zone potenzialmente instabili il tipo di frana atteso è stato previsto sulla base delle tipologie di dissesto presenti in zone con caratteristiche geologiche, geomorfologiche, vegetazionali e antropiche simili.

c. **previsione dell'intensità**: intesa come previsione dell'energia del fenomeno stimata sulla base delle dimensioni (areali e volumetriche) con specifico riferimento alla cinematica (velocità) dell'evento atteso, tenendo conto delle seguenti definizioni orientative:

dimensione	
modesta	larghezza media < 10 m e volume inferiore ai 100 mc
media	larghezza media compresa tra 10 e 20 m; volume compreso tra 100 e 1.500 mc
grande	larghezza media > 20 m; volume >1.500 mc

velocità	
lenta	velocità < 1 m/anno
moderata	velocità compresa tra 1 m/giorno e 1 m/anno
rapida	velocità > 1 m/giorno

intensità	
bassa	frana di modeste o medie dimensioni ed a lenta velocità di spostamento
media	frana di modeste o medie dimensioni ed a moderata velocità di spostamento; frana di grandi dimensioni ed a lenta velocità di spostamento
elevata	frana di grandi dimensioni ed a moderata velocità di spostamento; frana di qualsiasi dimensione ma a rapida velocità di spostamento

In generale la tipologia di frane prevedibili nel territorio del Comune di Massa è per lo più riconducibile a fenomeni caratterizzati da intensità di tipo media ed elevata.

d. **previsione dell'evoluzione**: intesa come previsione della distanza di propagazione, dei limiti di retrogressione o di espansione laterale.

La previsione dell'evoluzione consente di individuare l'area che può essere interessata, direttamente o indirettamente, da una frana. Nel caso di frane di scivolamento l'area di possibile evo-

luzione è generalmente limitata all'estensione del versante o a una sua porzione; nel caso di colate di detrito, che interessano spesso impluvi o aste fluviali montane o pedecollinari, esso coincide spesso con un bacino in senso idrografico.

La previsione dell'evoluzione di una frana prevede i seguenti tre punti:

- previsione della distanza di propagazione;
- previsione dei limiti di retrogressione;
- previsione dell'espansione areale.

La previsione della distanza di propagazione (run-out) si è resa particolarmente importante nel caso di frane di crollo e nel caso di colate rapide per flusso di terre granulari e fango, che sono spesso caratterizzate da un'elevata mobilità (vedi area collinare del Candia).

In generale per la previsione della distanza di propagazione, così come per l'espansione laterale sono stati impiegati criteri geomorfologici: l'altezza, l'inclinazione e la forma (convessità, concavità, irregolarità geomorfologiche) del pendio costituiscono i principali parametri sui quali è stata impostata la previsione su base empirica.

Molto spesso le frane di tipo colata sono caratterizzate da un marcato controllo geomorfologico e tendono ad incanalarsi entro gli avvallamenti e le depressioni topografiche, pertanto in molti casi è stato sufficiente un attento esame della morfologia del terreno per prevedere l'estensione della possibile propagazione delle frane in atto o potenziali.

La previsione dei limiti di retrogressione di una frana si è basata essenzialmente sulla base dei caratteri geomorfologici osservabili sul terreno, in fase di inventario e cartografia delle frane, riferibili alla distribuzione dell'attività che indicano la possibilità di retrogressione (fratture di tensione, crepacciature, contropendenze, ecc.).

#### **4.2.1.3. Definizione dei criteri cartografici utilizzati per la delimitazione delle aree a diversa pericolosità geologica**

I criteri utilizzati per la delimitazione cartografica delle aree a diversa pericolosità geologica, in accordo con gli indirizzi normativi di settore, ha tenuto conto sia dello stato di attività dei dissesti che della loro intensità. Tra questi due fattori, l'intensità dei fenomeni, con particolare riferimento alla loro potenziale velocità di occorrenza, ha giocato un ruolo primario nella previsione dell'evoluzione dei dissesti.

Come previsto dagli indirizzi tecnici della 53/R contenuti al punto "B. 3 Elementi per la valutazione degli aspetti geomorfologici", nel caso in cui nel territorio indagato siano state evidenziate aree con particolari problematiche di dissesto attivo che interessino direttamente, o per effetto indotto, elementi rilevanti esposti a rischio quali aree urbanizzate, centri urbani e/o infrastrutture viarie, in fase di definizione della pericolosità, è stato sviluppato un modello ragionato basato sulla delimitazione delle seguenti zone (vedi Esempi 1/6 descritti nelle pagine successive):

**zona 1 - area in dissesto** (riferita all'area caratterizzata da fenomeni attivi);



**zona 2 - area di influenza** (riferita all'area di possibile evoluzione del dissesto sia in termini di retrogressione dell'evento che di ampliamento laterale e a valle);

**zona 2a - area che può essere coinvolta dall'evoluzione dei dissesti** : con particolare riferimento all'area urbanizzata (centri urbani, case sparse, infrastrutture viarie, ecc...) interna all'area di influenza che risulta esposta a rischio per il possibile evolversi dei dissesti; in mancanza di area urbanizzata la zona 2a coincide di solito con gli impluvi primari e/o secondari e con i depositi detritici di fondovalle.

In accordo con gli indirizzi normativi, l'area di possibile evoluzione del dissesto è stata valutata coerentemente con la tipologia del fenomeno e con le ipotesi cinematiche ad esso connesse.

Per le frane a cinematica veloce (crolli, cadute massi, ribaltamenti, scivolamenti in roccia), le aree di possibile evoluzione hanno interessato le pareti rocciose e i tratti di versanti molto acclivi oltre che le sottostanti aree di accumulo di detrito (coni detritici).

Per le frane a cinematica rapida (colate di detrito o di terra), le aree di possibile evoluzione hanno interessato gli impluvi di ordine inferiore, ma sono state valutate, caso per caso, le situazioni morfologiche potenzialmente interessate all'evoluzione del dissesto.

Per le frane a cinematica lenta come gli scorrimenti, gli scorrimenti-colata e le colate lente, le aree di possibile evoluzione hanno generalmente interessato una limitata porzione del versante intorno alle frane stesse.

I criteri cartografici utilizzati per la delimitazione delle aree più vulnerabili del territorio, ovvero quelle a pericolosità molto elevata ed elevata, suddivisi sulla base dello stato di attività dei dissesti e per classe di pericolosità, possono distinguersi in criteri fissi e criteri variabili su base esperta secondo la seguente articolazione:

<b>Criteri di delimitazione fissi</b>	<b>Fenomeni attivi</b>	<b>classe G.4</b>
---------------------------------------	------------------------	-------------------

**Criterio 1\_G4\_generale:** Come regola generale, per le frane attive la perimetrazione della pericolosità G4, indipendentemente dalla tipologia del fenomeno, è riferita all'area interessata dal dissesto franoso (*area in dissesto da frana*). Nel caso in cui sia presente l'orlo di scarpata di frana, l'area in dissesto comprende l'intero settore di versante compreso tra la corona e il piede della frana (Esempio 1, Fig. 4.2. e 4.3.);

**Criterio 2\_G4\_crollo:** per le tipologie frane da crollo, cadute massi, ribaltamenti, scorrimenti in roccia caratterizzati da fenomeni evolutivi a cinematica veloce, la delimitazione delle zone G4 è avvenuta cartografando oltre ai singoli dissesti (zona 1) anche la zona 2 (area di influenza) compresa tra i crinali dei versanti, sede di potenziale distacco di massi, e il fondovalle sottostante. Seguendo il criterio di cui sopra, la zona 2a (area che può essere coinvolta dall'evoluzione dei dissesti), rappresentata, di frequente, da centri abitati o infrastrutture viarie poste sul fondovalle di versanti ad elevata pendenza, risulta in questo modo inglobata nella delimitazione G4

dell'area (Esempio 5 e 6);

<b>Criteria di delimitazione variabili</b>	<b>Fenomeni attivi</b>	<b>classe G.4</b>
--	------------------------	-------------------

Per le restanti tipologie di frana l'area di possibile evoluzione del dissesto è stata valutata su base esperta coerentemente con la tipologia del fenomeno e con le ipotesi cinematiche ad esso connesse (vedi Esempi 2, 3 e 4).

La buona conoscenza dei fenomeni di dissesto geomorfologico presenti sul territorio comunale, derivata dalla scala di dettaglio utilizzata per l'esecuzione del rilievo geomorfologico, ha portato ad escludere l'utilizzo di una "fascia di rispetto" (Buffer) intorno all'area in dissesto da frana.

<b>Criteria di delimitazione fissi</b>	<b>Fenomeni quiescenti</b>	<b>classe G.3b</b>
--	----------------------------	--------------------

**Criterio 3\_G3b\_orlo di terrazzo:** lungo le scarpate del Fiume Frigido e del Canale del Rotino caratterizzate da dislivelli altimetrici significativi (fino a 23 m per il Fiume Frigido), la presenza di zone a potenziale instabilità connessa alla litologia (depositi incoerenti di ghiaie e ciottoli calcarei alternati a livelli conglomeratici che possono presentare cavità dovute a processi di dissoluzione e ricristallizzazione tipici delle litologie calcaree), all'acclività, all'altezza delle scarpate fluviali e a processi di degrado di carattere antropico, ha determinato l'applicazione di una fascia di rispetto (Buffer) con ampiezza di 10 m rispetto al ciglio della scarpata fluviale. Tale fascia di rispetto insieme alla scarpata fluviale sottostante (vedi Fig. 4.1.) è stata cartografata nel presente studio come area a pericolosità geologica di tipo elevato (G.3b);



Fig 4.1. Posizione della scarpata fluviale del F. Frigido in località Borgo del Ponte e buffer delimitante la fascia di rispetto. In corrispondenza della scuola materna (edificio indicato dalla punta della freccia rossa) la scarpata fluviale presenta un'altezza massima di circa 23 m. In alto a sinistra è visibile la scarpata associata al canale del Rotino

<b>Criteria di delimitazione variabili</b>	<b>Fenomeni quiescenti</b>	<b>classe G.3b</b>
--	----------------------------	--------------------

Per la delimitazione delle restanti aree G.3b, in considerazione della minore frequenza ed intensità dei fenomeni trattati rispetto a quelli descritti per la classe 4, non è stato applicato un criterio analogo al *criterio 1\_G4\_generale* ritenuto per questa classe eccessivamente conservativo. Pertanto, per le frane quiescenti, la scelta di allargare l'area occupata dal corpo della frana fino alla zona di corona è stata valutata caso per caso su base esperta.

In maniera analoga, indipendentemente dalle tipologie di frana esaminate, l'area di influenza dei dissesti è stata valutata sempre su base esperta coerentemente con la tipologia del fenomeno atteso.

Anche in questo caso, la buona conoscenza dei dissesti ha portato ad escludere l'utilizzo di una "fascia di rispetto" (Buffer) intorno alle frane.

Di seguito si riportano n° 6 esempi relativi all'applicazione cartografica dei criteri di delimitazione seguiti per la definizione delle aree a pericolosità geologica molto elevata.

**Esempio 1.** Tratta il caso di una frana attiva (singola) di scorrimento sita in località Poggio Piastrone. Tale frana che interessa la parte più bassa del versante nord occidentale del Monte Antona si colloca in sinistra idrografica del Fiume Frigido in corrispondenza di una briglia in cls (vedi foto Fig. 3.2.). Questo rappresenta il caso più semplice di applicazione del "*Criterio 1\_G4\_generale*" nel quale la perimetrazione della pericolosità G4 viene associata all'*area in dissesto da frana* che comprende l'intero settore di versante interposto tra la corona e il piede della frana (vedi Fig. 4.2 e 4.3.); In questa situazione la zona di possibile evoluzione del dissesto non può che coincidere con l'asta idrica posta alla base del settore di versante in frana che nel caso in specie è rappresentata dal Fiume Frigido;

**Esempio 2.** Tratta il caso di un versante, sito alla base del paese di Casette, caratterizzato dalla presenza di più frane attive (due frane complesse attive contigue interessate da una frana di colamento di neoformazione; vedi Fig. 4.4.). Le frane complesse costituiscono la riattivazione del piede di una frana complessa quiescente ben più grande (su cui insiste parte dell'abitato della frazione di Casette oltre che al suo cimitero) che termina nel fosso delle Casette. In questo caso la zona 1 è costituita dall'area occupata dalle frane attive con estensione sino agli orli di scarpata di frana relativi, la zona 2 (area di influenza) comprende una zona di corona posta a cavallo delle frane e a monte delle linee di scarpata (estesa sino alle crepacciature visibili sulla viabilità comunale posta poco più a monte) mentre la zona 2a (area di possibile evoluzione del dissesto) coincide con il fosso delle Casette posto alla base del versante in frana (vedi Fig. 4.5.);

**Esempio 3.** Tratta il caso di una frana attiva (singola) di colamento rapido di terra e detrito sita in via Vaccà in località Candia. Tale frana si è originata come riattivazione recente di parte di una frana preesistente di scorrimento quiescente e ha interessato la parte pedecollinare di un versante caratterizzato da insediamenti di civile abitazione (vedi Fig. 4.6.). In questo caso la zona 1 è costituita dall'area occupata dalla frana attiva mentre la zona 2 (area di influenza) è stata determinata includendovi sia la frana quiescente potenzialmente riattivabile che un intorno di monte sede di possibili fenomeni di retrogressione della frana attiva. La zona 2a posta alla base del versante delimita una parte di area urbanizzata che può essere coinvolta dall'evoluzione potenziale della frana di colamento di cui sopra (vedi Fig. 4.7.).

**Esempio 4.** Tratta il caso di un versante, interessato dalla presenza di diverse frane attive di colamento rapido di terra e detrito, ubicato in via del Pozzo sempre in località Candia. Anche in questo caso le frane si sono originate dalla riattivazione recente di parti di frane preesistenti di varia tipologia e ha interessato la parte pedecollinare di un versante caratterizzato da insediamenti di civile abitazione (vedi Fig. 4.8.). In questo caso, la zona 1 è costituita dall'area occupata dalle frane attive mentre la zona 2 (area di influenza) è stata determinata dalla fusione di più aree che possono essere influenzate dalla riattivazione dei fenomeni franosi di cui sopra. In maniera analoga la zona 2a, posta alla base del versante, è stata delimitata tenendo conto di un'area urbanizzata che può essere coinvolta dall'evoluzione delle colate di terra e detrito secondo diverse possibili traiettorie di discesa (vedi Fig. 4.9.).

**Esempio 5.** Tratta il caso di una frana di crollo attiva, sita in località Canevara, che interessa il versante in destra idrografica del Fiume Frigido collocato qualche centinaia di metri a monte dell'abitato. Il rilievo geomorfologico ha evidenziato, oltre al corpo di una frana di crollo anche una zona di crinale sede di possibili cadute di massi (vedi Fig. 4.10.). Questo rappresenta il caso più semplice di applicazione del "*Criterio 2\_G4\_crollo*" nel quale la perimetrazione della pericolosità G4 è avvenuta cartografando oltre al singolo dissesto (zona 1) anche la zona 2 (area di influenza) compresa tra il crinale del versante, sede di potenziale distacco di massi, e il fondovalle sottostante che coincide con l'asta idrica del Fiume Frigido. In questa situazione la zona di possibile evoluzione del dissesto (zona 2a) coinvolge la sottostante via Alta Tambura che rappresenta l'unica infrastruttura viaria che conduce alle frazioni poste a monte di Canevara (vedi Fig. 4.11).

**Esempio 6.** Tratta il caso di una frana di crollo attiva, sita in località Resceto, che interessa il versante orientale del Monte Castagnolo che sovrasta l'abitato posto alle sue pendici. Tale frana, a sua volta, rappresenta la parte attiva sommitale di una grossa frana complessa quiescente che interessa tutto il versante in oggetto che si è generata nel tempo dall'evoluzione dei pro-

cessi di caduta ancora oggi attivi (vedi Fig. 4.12).

Anche in questo caso l'applicazione del "*Criterio 2\_G4\_crollo*" ha portato alla perimetrazione della pericolosità G4 avvenuta cartografando oltre al singolo dissesto (zona 1) anche la zona 2 (area di influenza) in questo caso rappresentato dal corpo della frana complessa quiescente che termina nel canale di Resceto sottostante. In questo scenario la zona 2a di possibile evoluzione del dissesto (interna alla zona di influenza) va ad interessare direttamente l'abitato di Resceto che per effetto diretto costituisce il potenziale elemento di rilievo esposto a rischio (vedi Fig. 4.13).



<b>ESEMPIO 1</b>	<b>FENOMENI ATTIVI</b>	<b>CLASSE G.4</b>
------------------	------------------------	-------------------

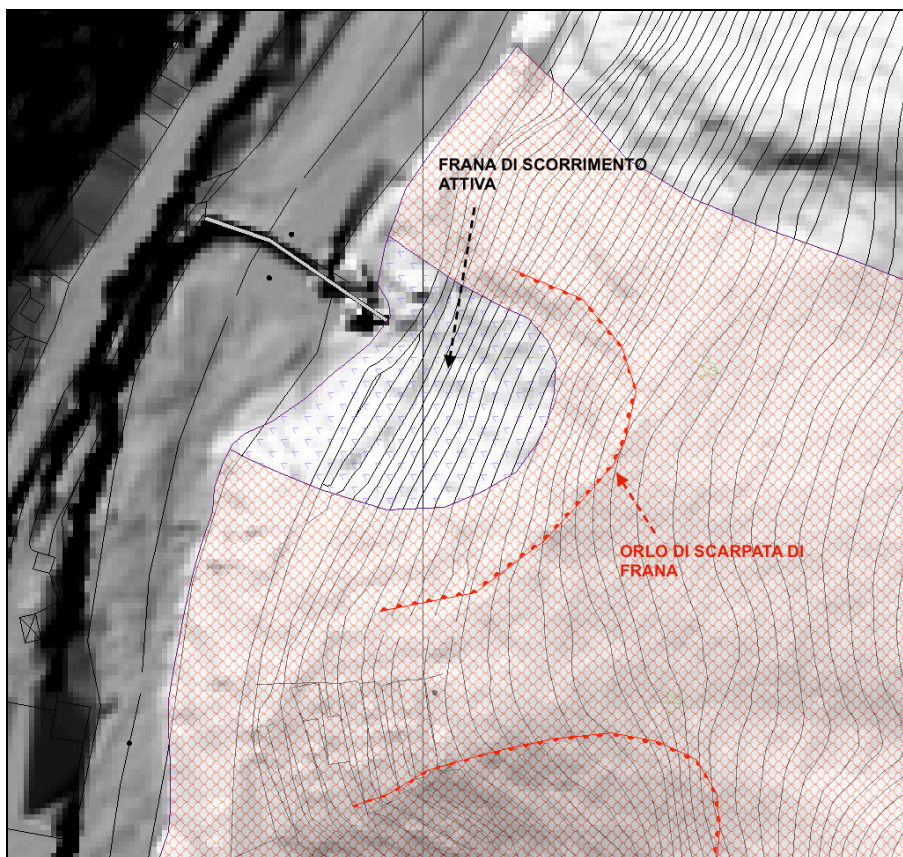


Fig 4.2.

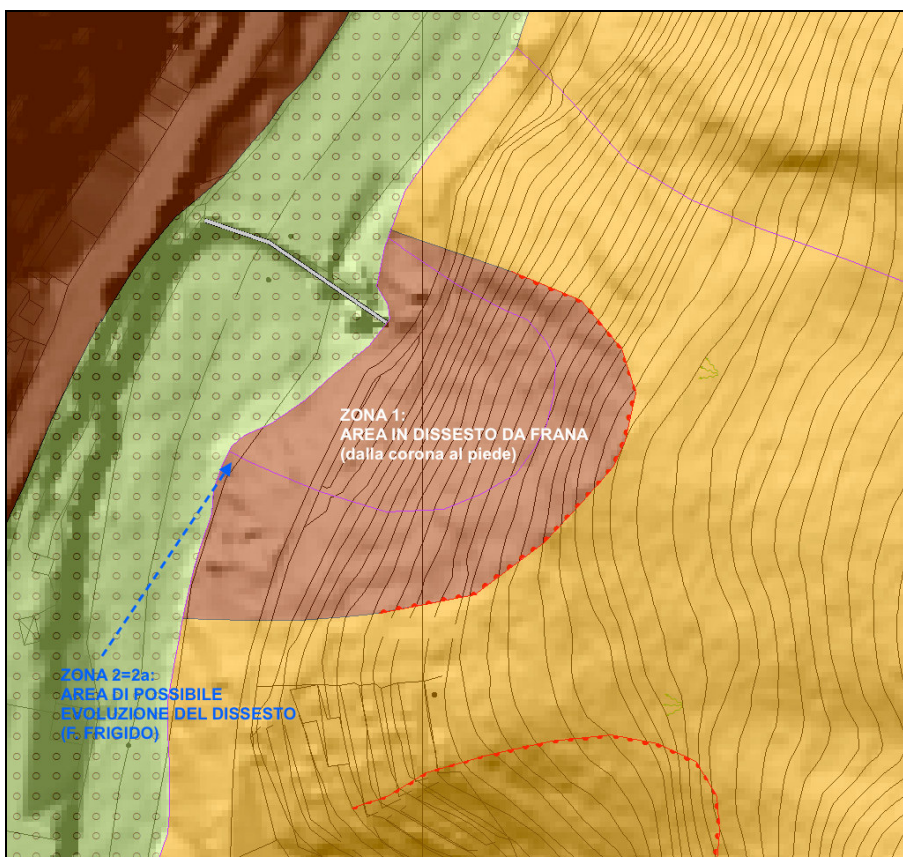


Fig 4.3.



<b>ESEMPIO 2</b>	<b>FENOMENI ATTIVI</b>	<b>CLASSE G.4</b>
------------------	------------------------	-------------------

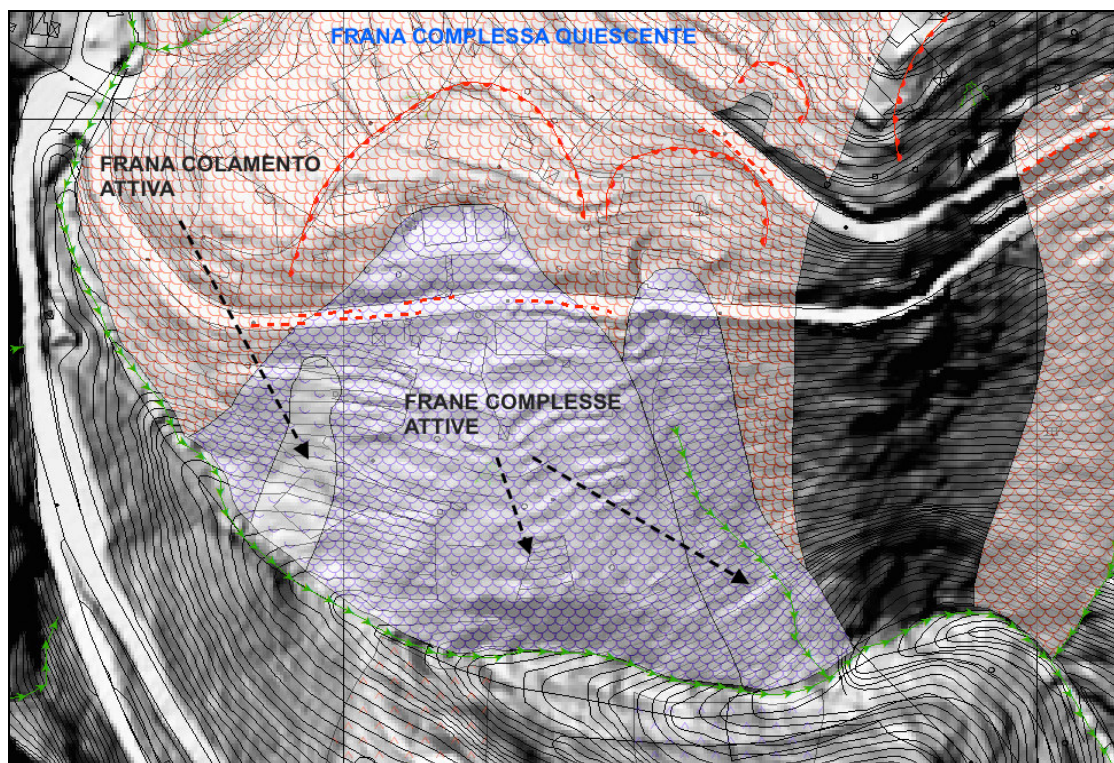


Fig 4.4.

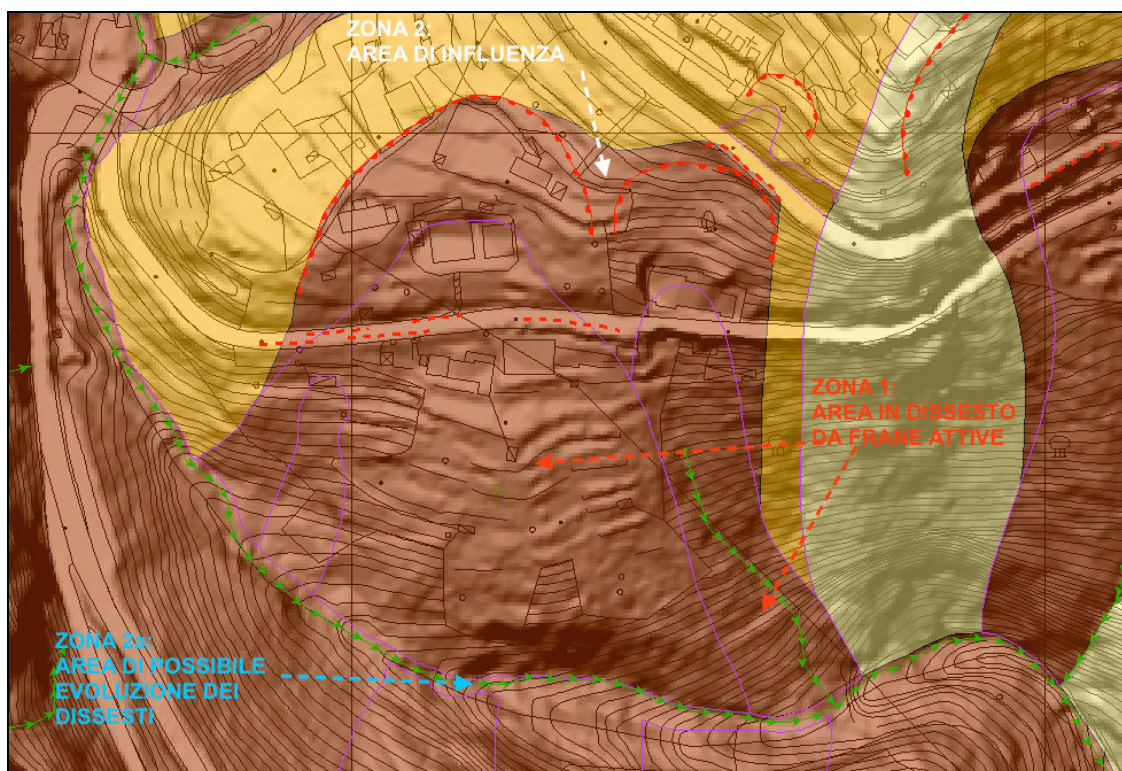


Fig 4.5.



<b>ESEMPIO 3</b>	<b>FENOMENI ATTIVI</b>	<b>CLASSE G.4</b>
------------------	------------------------	-------------------

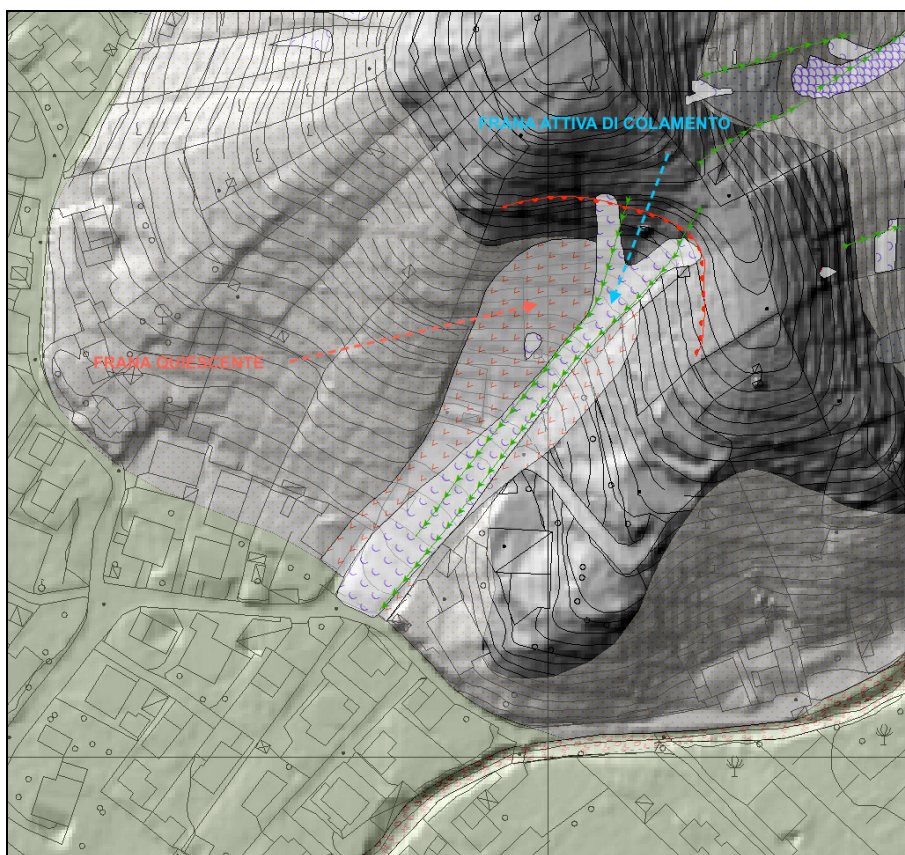


Fig 4.6.

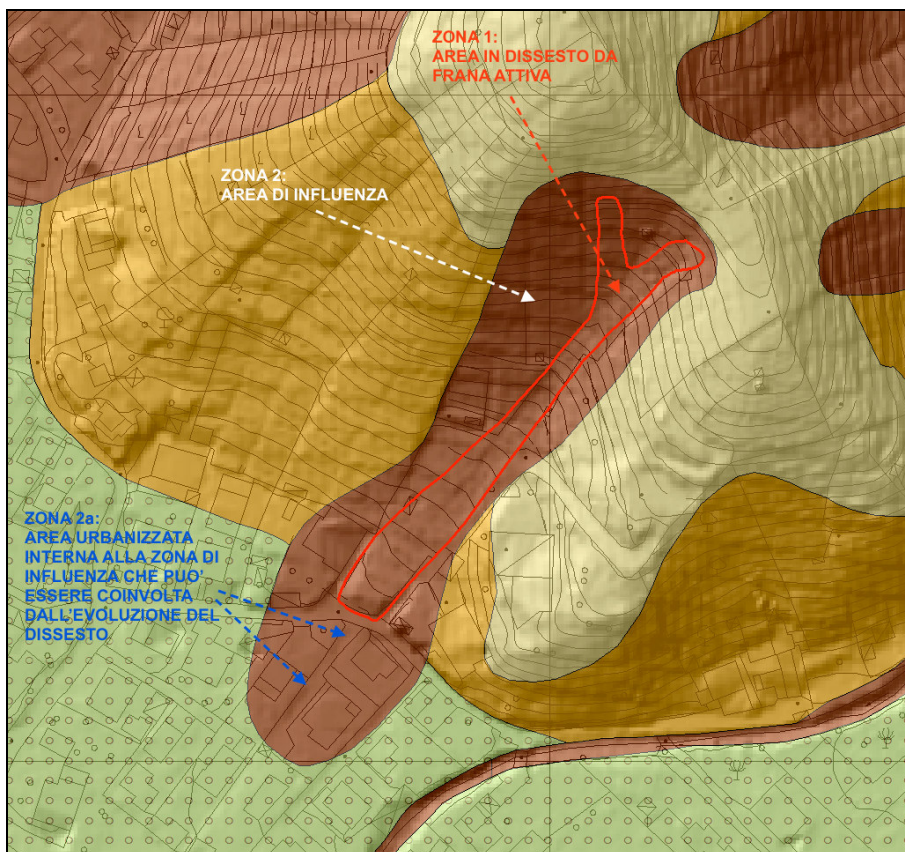


Fig 4.7.



<b>ESEMPIO 4</b>	<b>FENOMENI ATTIVI</b>	<b>CLASSE G.4</b>
------------------	------------------------	-------------------

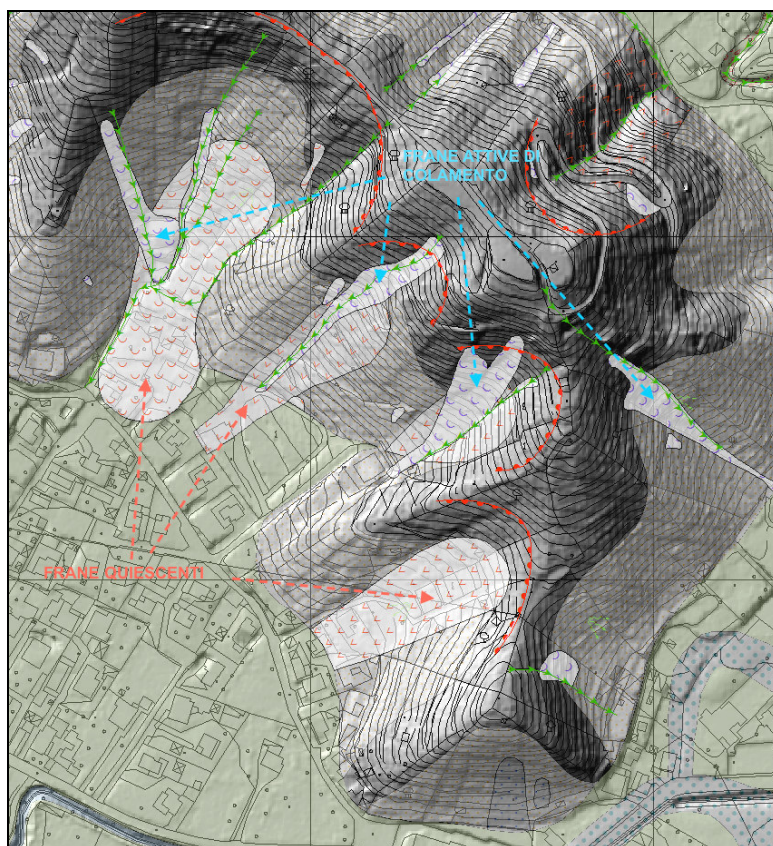


Fig 4.8.

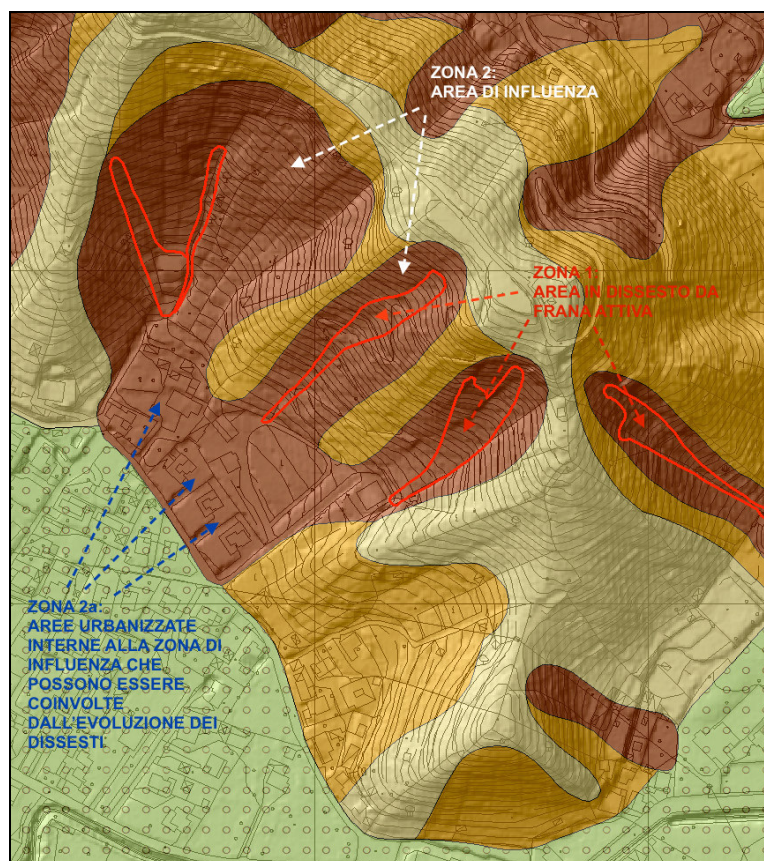


Fig 4.9.



<b>ESEMPIO 5</b>	<b>FENOMENI ATTIVI</b>	<b>CLASSE G.4</b>
------------------	------------------------	-------------------

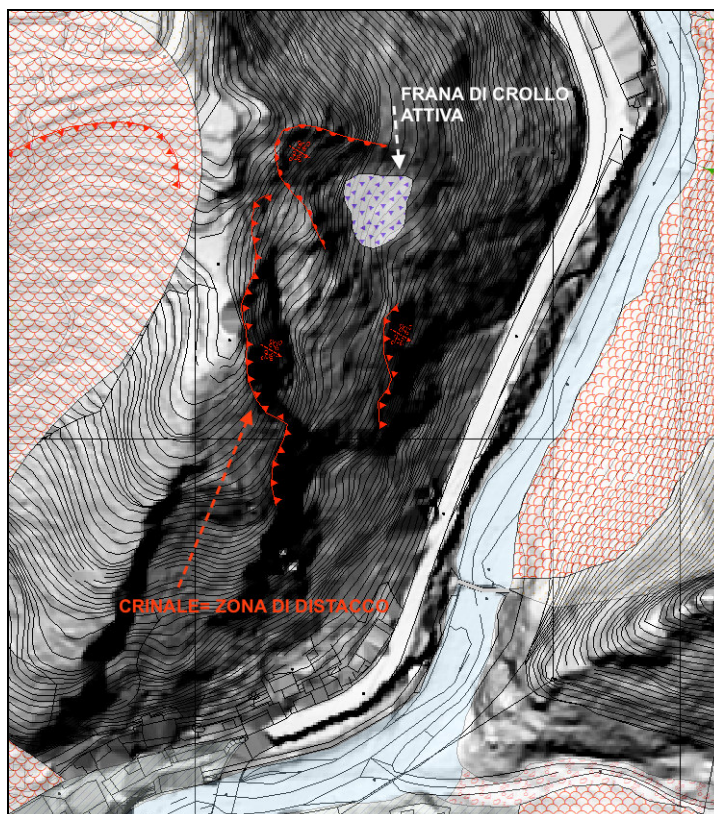


Fig 4.10.

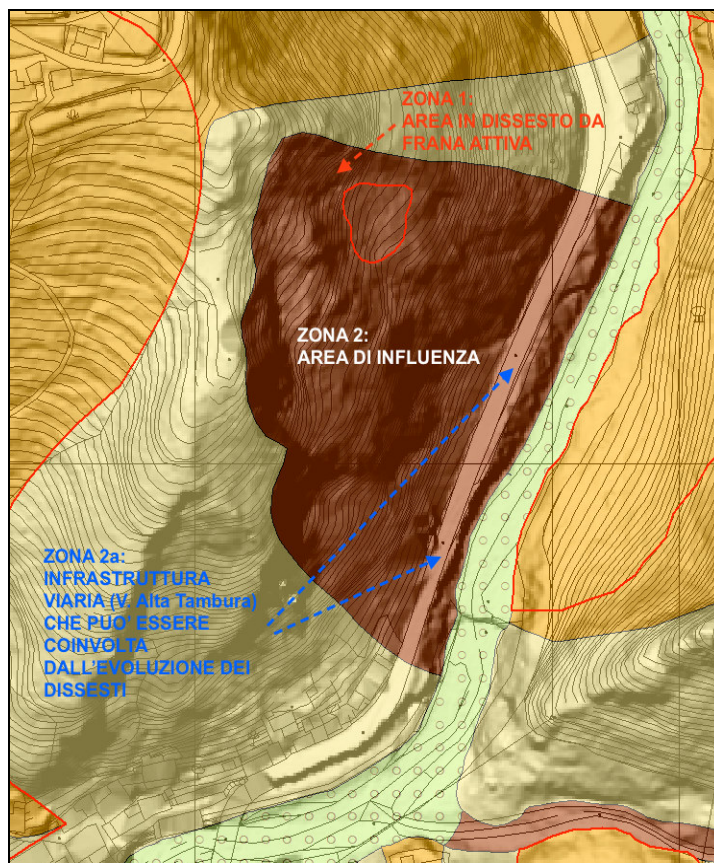


Fig 4.11.



<b>ESEMPIO 6</b>	<b>FENOMENI ATTIVI</b>	<b>CLASSE G.4</b>
------------------	------------------------	-------------------

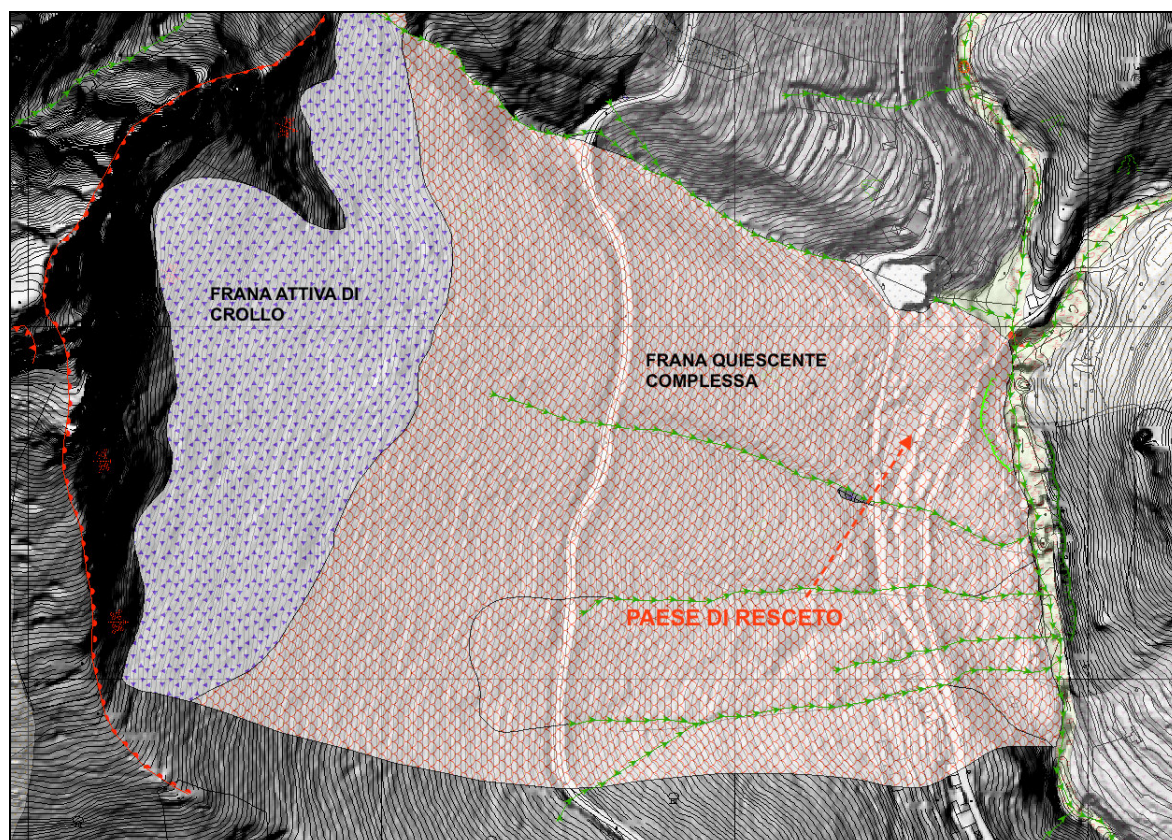


Fig 4.12.

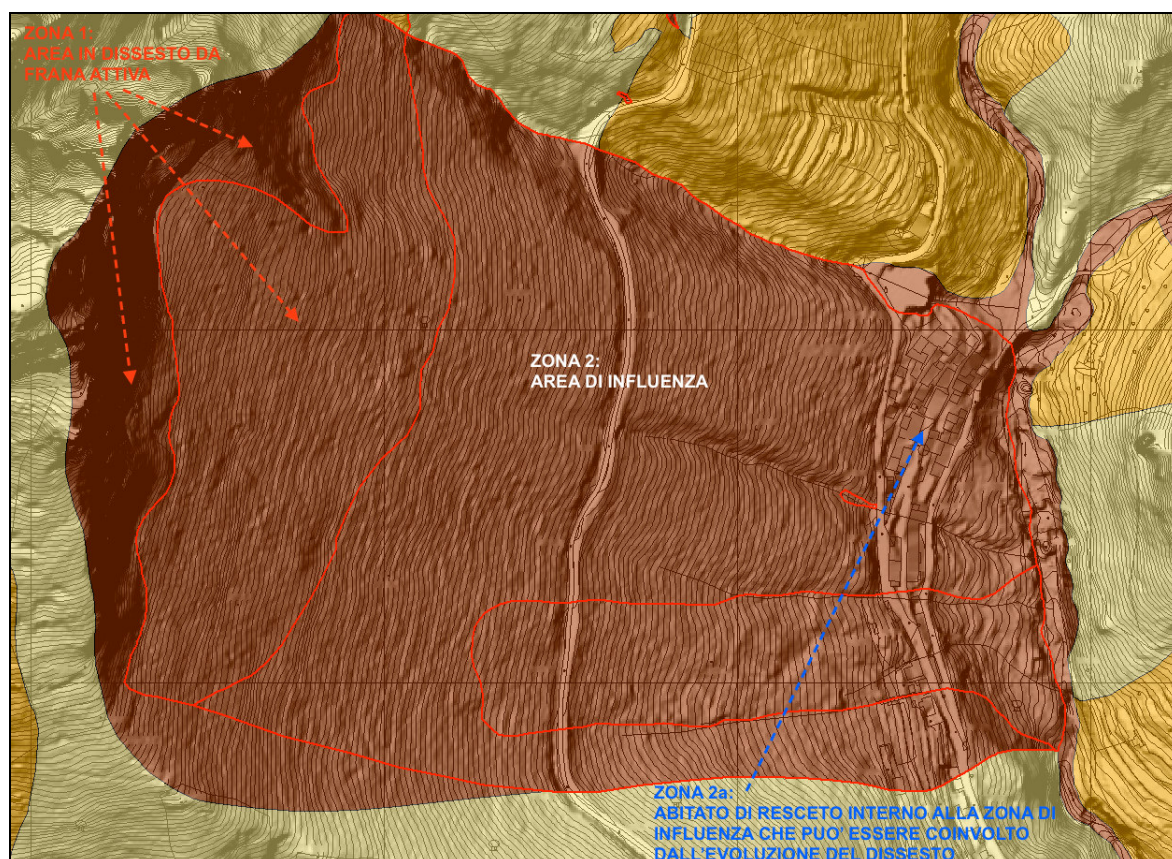


Fig 4.13.



#### 4.3. Coerenza e rapporto di corrispondenza tra le classi di pericolosità geologica di PS e quelle di pericolosità geomorfologica del PAI

I criteri metodologici utilizzati per la definizione delle classi di pericolosità geologica, così come descritti nei paragrafi precedenti, hanno permesso di sviluppare classi di pericolosità coerenti con i criteri contenuti nel PAI e di definire, per le classi elevata e molto elevata una corrispondenza secondo la seguente relazione (vedi Tab. 4.11.):

classe PFME del PAI = classe G.4 del PS;

classe PFE del PAI = classe G.3b del PS

<i>Classi di Pericolosità PAI</i>	<i>Rapporto di Corrispondenza</i>	<i>Classi di Pericolosità PS</i>
<b>MOLTO ELEVATA (PFME)</b>	=	<b>MOLTO ELEVATA (G.4)</b>
<b>ELEVATA (PFE)</b>	=	<b>ELEVATA (G.3b)</b>

Tab 4.11. Rapporto di corrispondenza tra classi di pericolosità (PAI-PS)

#### 4.4 Distribuzione della pericolosità geologica su scala comunale

L'utilizzo di tecniche GIS ha permesso di valutare in che modo le varie tipologie di pericolosità geologica sono distribuite all'interno del territorio comunale (Tab. 4.12 e Fig. 4.14)

<i>Classi di Pericolosità geologica PS</i>	<i>Sigla classe</i>	<i>Sup. (kmq)</i>	<i>% Sup. comunale</i>
<b>BASSA</b>	<b>G.1</b>	8	9
<b>MEDIA</b>	<b>G.2</b>	9	10
<b>MEDIO-ELEVATA</b>	<b>G.3a</b>	38	41
<b>MEDIO-ELEVATA</b>	<b>G.3l</b>	6	6
<b>MEDIO-ELEVATA</b>	<b>G.3ls</b>	7	7
<b>ELEVATA</b>	<b>G.3b</b>	17	18
<b>MOLTO ELEVATA</b>	<b>G.4</b>	9	9
		<b>94</b>	

Tab 4.12. Distribuzione delle classi di pericolosità geologica sull'intero territorio comunale



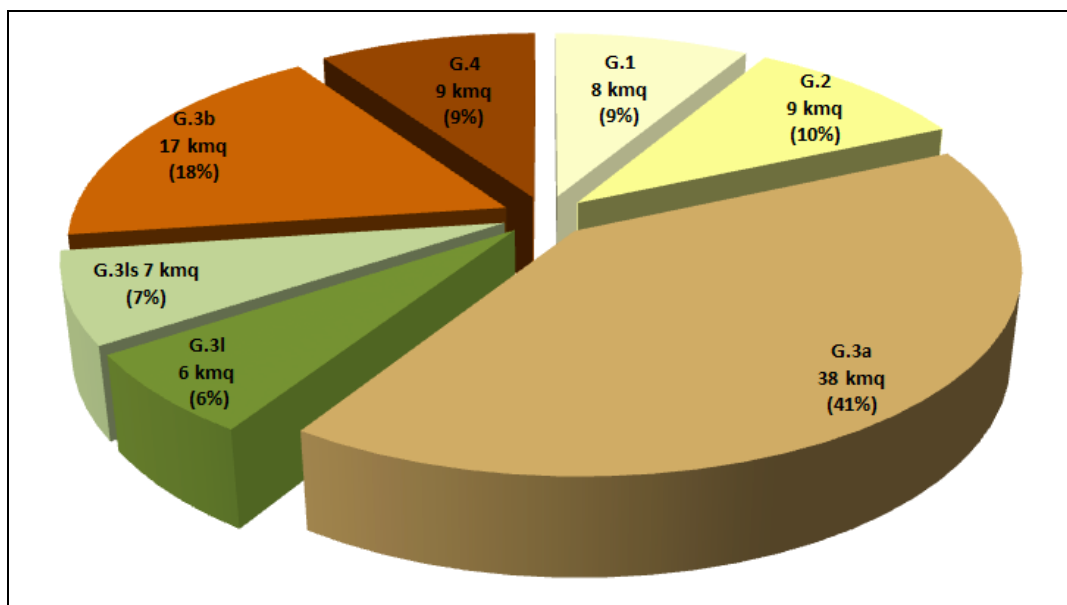


Fig 4.14. Grafico della distribuzione delle classi di pericolosità geologica sul territorio comunale

La stessa analisi è stata effettuata per singoli ambiti geografici (vedi Tab. 4.13 e 4.14).

**Dall'analisi dei dati emerge con chiarezza la forte criticità del settore collinare e montano del territorio del Comune di Massa caratterizzato per circa il 40% dalle classi G.4 a pericolosità geologica molto elevata e G.3b a pericolosità elevata (vedi Fig. 4.15 e 4.16).**

Classi di Pericolosità geologica PS	Sigla classe	Sup. (kmq)	% Sup. Ambito
MEDIA	G.2	0,24	0,4
MEDIO-ELEVATA	G.3a	38,29	60,6
ELEVATA	G.3b	15,78	24,9
MOLTO ELEVATA	G.4	8,93	14,1
		<b>63,23</b>	

Tab 4.13. Distribuzione delle classi di pericolosità geologica nell'ambito collinare e montano

Classi di Pericolosità geologica PS	Sigla classe	Sup. (kmq)	% Sup. Ambito
BASSA	G.1	8,00	26
MEDIA	G.2	8,94	29
MEDIO-ELEVATA	G.3l	6,10	20
MEDIO-ELEVATA	G.3ls	6,82	22
ELEVATA	G.3b	0,77	3
		<b>30,63</b>	

Tab 4.14. Distribuzione delle classi di pericolosità geologica nell'ambito di fondovalle e costiero

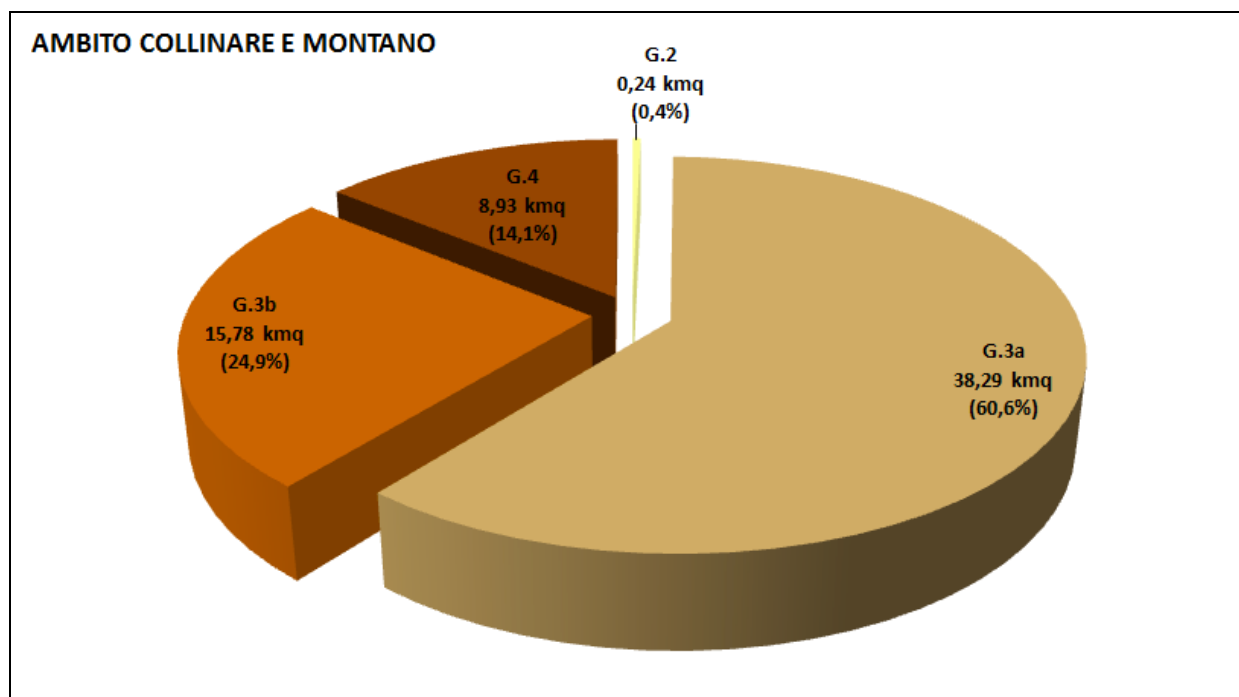


Fig 4.15. Grafico della distribuzione delle classi di pericolosità geologica nell'ambito collinare e montano

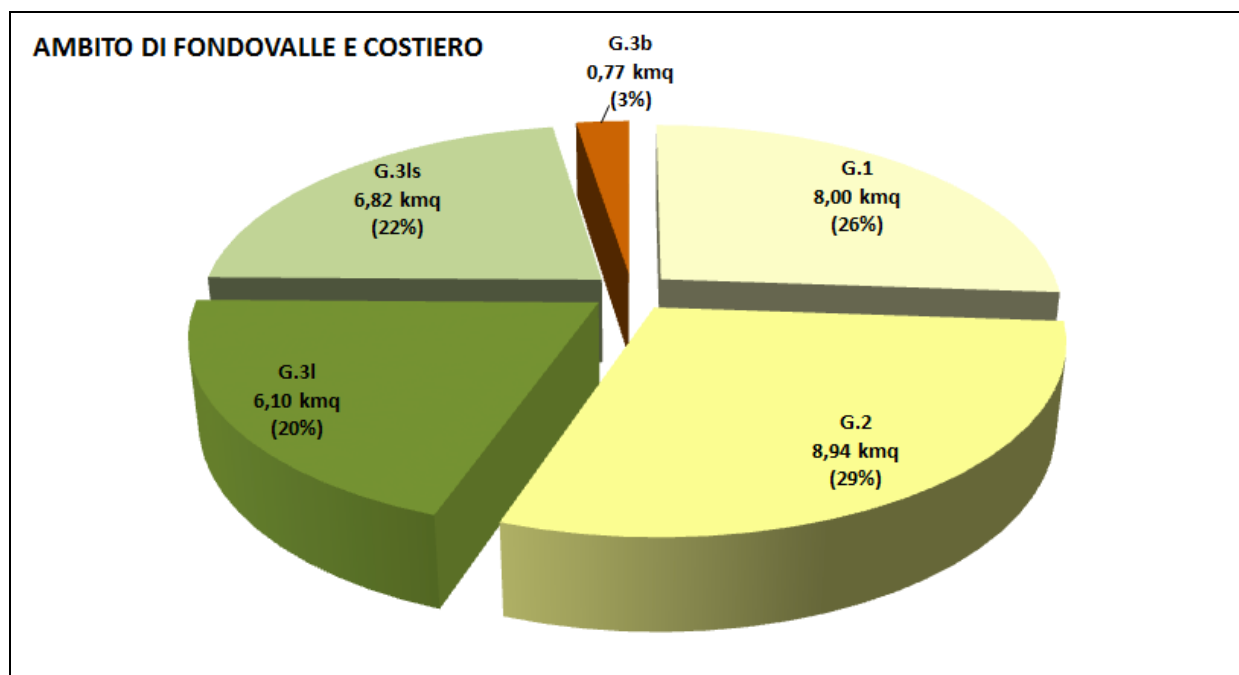


Fig 4.16. Grafico della distribuzione delle classi di pericolosità geologica nell'ambito di fondovalle e costiero

Massa, 18 Novembre 2014

Dott. Geol. Andrea Piccinini